ITU-R

كتيب عن تنفيذ شبكات وأنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض

طبعة 2016

كتيب عن تنفيذ
شبكات وأنظمة الإذاعة
التلفزيونية الرقمية للأرض

الطبعة العربية 2016

مكتب الاتصالات الراديوية

تصدير بقلم المحررين

نشر الاتحاد الدولي للاتصالات، في عام 2002، أول كتيّب له عن التلفزيون الرقمي للأرض بعنوان: *الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في نطاق الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)*[1]، وكان بمثابة توجيهات للمهندسين المسؤولين عن تنفيذ الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB). وقد ورد في ذلك الكتيّب بالتفصيل شرح تقنيات الإذاعة الرقمية الجديدة، حيث تضمن على سبيل المثال وصفاً رائعاً لتشفير تحويل جيب التمام المتقطع (DCT) الذي هو أساس جميع أنظمة الانضغاط التلفزيونية السابقة والحالية، فضلاً عن فصل مفيد جداً عن تجميع قدرة الإشارة.

ولا يتكرر معظم ذلك المحتوى في هذا الكتيب الجديد عن تنفيذ شبكات وأنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض. ولذلك، فإن الإصدار 1.01، الذي نشره الاتحاد في عام 2002، لم يفقد قيمته وينبغي مواصلة الرجوع إليه.

ومنذ عام 2002، تطورت الإذاعة DTTB بشكل كبير، لا من الناحية التقنية فحسب وإنما في الجوانب التنظيمية أيضاً. من ذلك مثلاً أن فريق خبراء الصور المتحركة (MPEG) شرع، منذ مطلع القرن، في تطوير مخطط انضغاط MPEG-4، ولم يكن التشفير الفيديوي عالي الكفاءة (HEVC) معروفاً على الإطلاق. وفي دورتين، في عامي 2004 و2006، عقد الاتحاد الدولي للاتصالات مؤتمراً هاماً في جنيف، هو المؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية (RRC-06)، الذي اتفق على خطة تردد جديدة للإذاعة الرقمية في الإقليم 1 (باستثناء منغوليا) وفي إيران. وقرر المؤتمر، بالنسبة لجميع محطات الموجات الديسيمترية (UHF)، أن تنتهي الفترة الانتقالية من الإذاعة التماثلية إلى الإذاعة الرقمية بحلول 15 يونيو 2015. واليوم نجد أن غالبية البلدان المتقدمة قد اعتمدت البث التلفزيوني الرقمي وأوقفت خدماتها التلفزيونية التماثلية. غير أن العديد من البلدان النامية لم تبدأ هذه العملية إلا منذ حين.

وقد حددت المؤتمرات العالمية المتعاقبة للاتصالات الراديوية طيفاً جديداً للخدمة المتنقلة في النطاقات التقليدية للإذاعة بالموجات الديسيمترية (UHF). ونتيجة لذلك، أصبح الطيف المتاح للبث التلفزيوني للأرض، وكذلك للخدمات المساعدة لإعداد البرامج (SAP) أو الخدمات المساعدة للإذاعة (SAB)، أكثر ندرة ضمن نطاقات البث UHF الحالية. ولا يسع مخططات الإرسال والانضغاط الأكثر كفاءة من حيث استعمال الطيف سوى أن تعوّض بعضاً من تلك الخسارة، ذلك لأن المتطلبات الجديدة لتحسين الدقة، مثل التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) والتلفزيون فائق الوضوح (UHDTV)، تحتاج إلى معدلات بيانات أعلى بكثير. كما أن الأنساق الجديدة للصوت المتعدد القنوات قد تحتاج إلى كميات كبيرة من البيانات المرسلة. وذلك أيضاً هو شأن الكميات المتزايدة باستمرار من البيانات الوصفية وخدمات النفاذ.

واليوم، وقد ظهرت شبكات بروتوكول الإنترنت عريضة النطاق (السلكية واللاسلكية)، أصبحت التفاعلية أمراً شائعاً. وأصبح معظم أجهزة التلفزيون الحديثة مجهزة بواجهة من أجل خط المشترك الرقمي (DSL) أو شبكة Wi-Fi لاسلكية بالإضافة إلى مدخلات الهوائي التقليدية للتلفزيون الرقمي للأرض أو الساتلي أو الكبلي.

وهذا الكتيّب الجديد، الذي يصدره الاتحاد بعنوان *"تنفيذ شبكات وأنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض"*، يركز على هذه التطورات الجديدة التي برزت إبان السنوات الخمس عشرة الماضية. وهو، في هذا السياق، يكمل المبادئ التوجيهية التي وضعها قطاع تنمية الاتصالات من أجل الانتقال من الإذاعة التماثلية إلى الإذاعة الرقمية[2] والتي تستعين بالمعلومات التقنية والتشغيلية والإجرائية المستمدة من قطاع الاتصالات الراديوية، ويتركز الاهتمام في المقام الأول على التحول من الإذاعة التماثلية إلى الإذاعة الرقمية في البلدان النامية.

---

1 **قطاع الاتصالات الراديوية**: كتيب الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) – الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في نطاق الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)، الإصدار 1.01، المرجع https://www.itu.int/pub/R-HDB-39

2 **قطاع تنمية الاتصالات**: *المبادئ التوجيهية للانتقال من خدمة التلفزيون التماثلية إلى نظيرتها الرقمية*، المرجع https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/Documents/AtoDguidelinesV3.pdf

وقد شارك العديد من الخبراء العاملين في إطار فرقة العمل 6A (البث الإذاعي للأرض)، وفي لجنة الدراسات 6 الرئيسية لدى قطاع الاتصالات الراديوية، في وضع هذا الكتيب الجديد. وأسماء هؤلاء المساهمين مدرجة في قسم "شكر وعرفان" من هذا الكتيب.

ومع ذلك، لا بد من التنويه هنا بفضل شخص واحد تقديراً لتفانيه المتميز، حيث نتوجه بالشكر إلى المؤلف الرئيسي، البروفيسور أوليغ غوفايزن (أوكرانيا)، الذي قاد عملية وضع هذا الكتيب والذي عمل دون كلل إلى أن اكتمل.

وقد اعتمدت لجنة الدراسات 6 هذا الكتيب الجديد في جلستها المعقودة في 28 أكتوبر 2016.

فريق التحرير الأساسي: كريستوف دوش وديفيد همنغواي ووليد سامي
جنيف، أكتوبر 2016

شكر وعرفان

عندما تقرر وضع هذا الكتيب، أنشأت فرقة العمل 6A فريقاً خاصاً للمقررين، برئاسة البروفيسور أوليغ غوفايزن (أوكرانيا)، عمل جاهداً طوال سنوات في جمع المساهمات العديدة التي أدرجت في مشروع الكتيب. وقد نظرت فرقة العمل 6A في هذا المشروع في اجتماعها المعقود في يناير وفبراير 2016. وشُكل فريقُ عمل بالمراسلة تولى مهمة وضع الكتيب في صيغته النهائية قبل اجتماع فرقة العمل 6A في أكتوبر 2016. وشارك في رئاسة فريق العمل بالمراسلة السيد كريستوف دوش (الرئيس الأسبق للجنة الدراسات 6 ونائب رئيس لجنة الدراسات 6 حالياً) والسيد ديفيد همنغواي (هيئة الإذاعة البريطانية، نائب رئيس فرقة العمل 6A)، بمساعدة من السيد وليد سامي (اتحاد الإذاعات الأوروبية، نائب رئيس لجنة الدراسات 6 وفرقة العمل 6A). وانضم آخرون إلى المساهمة في إنجاز هذا العمل.

وفيما يلي قائمة بأسماء الخبراء الذين ساهموا في وضع هذا الكتيب، وهم يستحقون كل الشكر والتقدير.

الاسم	المنظمة/الإدارة
الدكتور عبد الله صالح العريمي	عُمان
الدكتور بابلو أنغويرا بوسيتا	إسبانيا
الدكتور فلاديمير باليار	أوكرانيا
السيد فيتوريو بارونشيني	إيطاليا
السيد إيستفان بوشوكي	قطاع تنمية الاتصالات في الاتحاد
السيد روجر بنش	أستراليا
السيد خوسيه رامون كامبلور	وزارة الصناعة والطاقة والسياحة، إسبانيا
السيد بيريس دي ليما	إسبانيا
السيد كريستوف دوش	IRT
الدكتور تشارلز آينولف	CBS
الدكتور جوزف فلاهرتي	الولايات المتحدة الأمريكية
البروفيسور أوليغ غوفايزن	أوكرانيا
الدكتور دافيد غويرا بيريدا	جامعة بلاد الباسك
السيد جان جاك غيتو	فرنسا
السيد فام هاي	قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد
السيد ديفيد همنغواي	BBC
الدكتور شوجي هيراكاوا	اليابان
السيد كلاوس هوبر	LS Telcom
السيد مارك جوردان	Arqiva
الدكتورة ألينا كارفوفسكا لامبارسكا	بولندا
الدكتور ألكساندر كولود	سويسرا
السيدة كيونغ مي كيم	كوريا
السيدة لوسيا لويزا لا فرانشيسكينا	Rai Way SpA
السيد ستيفان ميبالي إيكومى	فرنسا
الدكتور ألبرتو موريللو	RAI
السيد أمير حسن نافذ	إيران
السيد أكيرا نيغيشي	NHK
السيد يوكيهيرو نيشيدا	اليابان

الاسم	المنظمة/الإدارة
السيد كيونغسوك أوه	كوريا (TTA)
السيد لاري أولسون	الولايات المتحدة الأمريكية
البروفيسور بان شانغيونغ	جامعة شينخوا، الصين
السيد رولي بورنومو	إندونيسيا
السيد آري ريفيك	TDF
الدكتور وليد سامي	اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU)
السيد إيلي سوفر	إسرائيل
السيد سوباتراسيت سوانسوك	NBTC، تايلاند
السيدة ساتو تيليمي	IRT
السيدة آن ليز تيبليمون	Qualcomm
السيد كينغو تسودا	NHK
السيد ألجو فان ديجكن	هولندا
الدكتور مانويل ماريا فيليز إيلورد	إسبانيا
السيد توبياس فيراكير	IRT
الدكتور ديفيد وود	اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU)
السيدة نورافيدا يوسف	ماليزيا
السيد خوان ساباتا	كولومبيا

وبالإضافة إلى ذلك، نتوجه ببالغ الشكر إلى جميع أعضاء لجنة الدراسات 6، السابقين والحاليين، الذين ساهموا – بصورة مباشرة أو غير مباشرة – في وضع هذا الكتيب.

ولا بد من التوجه بالشكر الخاص إلى البروفيسور مارك كريفوشيف (الاتحاد الروسي)، الرئيس الفخري للجنة الدراسات 6، تقديراً لتوجيهاته المتواصلة طوال عملية الصياغة.

إخلاء المسؤولية

الآراء المعرب عنها في هذا المنشور هي آراء المحررين والمؤلفين ولا تعكس بالضرورة آراء الاتحاد الدولي للاتصالات. والغرض الوحيد من هذا المنشور هو توفير المعلومات. وقد بذلت كل الجهود لتوفير معلومات واضحة وصحيحة، ومع ذلك لا يمكن تحميل الاتحاد أو المساهمين في هذا الكتيب المسؤولية عن أي قرار يتخذ أو أي استثمار يتم بناء على هذا الكتيب.

تمهيد – ما هو الغرض من هذا الكتيّب

الغرض من هذا الكتيب هو تقديم المساعدة في المسائل التقنية وفي مجال الخدمات، مثل الشبكات والأنظمة والجودة السمعية المرئية وجودة الإرسال فضلاً عن المسائل الأخرى ذات الأهمية لدى اعتماد البث التلفزيوني الرقمي للأرض (من أنظمة الوسائط المتعددة إلى التلفزيون فائق الوضوح) في مختلف البلدان. ويأخذ الكتيب في الحسبان التقدم والتقارب بين مختلف التقنيات وبيئات الإنتاج، والتوزيع الأولي والثانوي للبرامج الإذاعية، فضلاً عن جوانب الخبرة في توفير جودة الخدمة في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB).

ومن باب التفصيل، ينظر الكتيب فيما يلي:

1) الجوانب التقنية في مجال اعتماد الإذاعة الرقمية للأرض والوسائط المتعددة.

2) معلومات عن الأنظمة الإذاعية المقيّسة في شبكات الإذاعة الرقمية للأرض والوسائط المتعددة، وبعض الإرشادات بشأن تنفيذها.

3) الإحالات المرجعية إلى الوثائق الناظمة (المعايير والمواصفات التقنية والتقارير والتوصيات والوثائق الأخرى) ذات الأهمية فيما يتعلق بالنطاق الأساسي (بيانات الصوت والفيديو) وجودة الإرسال، فضلاً عن خدمات البث DTTB بما فيها التلفزيون التفاعلي وخدمات النفاذ.

4) استخدام أنظمة DTTB في تجميع الأخبار إلكترونياً ومساهمة المحتوى السمعي المرئي.

ومحتوى الكتيب منظوم على النحو التالي:

الجزء 1 – جوانب التوصيل الشبكي في البث التلفزيوني الرقمي

الفصل 1 "**الجوانب العامة للبث التلفزيوني الرقمي**" يسلط الضوء على الجوانب العامة والمفاهيم والاتجاهات في تقنيات البث التلفزيوني الرقمي. والفصل مفيد في تعريف الاستراتيجيات العامة لتطوير وتنفيذ الأنظمة والتقنيات للتلفزيون الرقمي للأرض والوسائط المتعددة.

الفصل 2 "**استراتيجيات اعتماد البث التلفزيوني الرقمي للأرض**" يقدم استراتيجيات ملموسة بغية اعتماد التلفزيون الرقمي للأرض، بما في ذلك معلومات عن مخططات التوزيع ذات الصلة، مثل التلفزيون الكبلي أو البث الساتلي، وتكلفة تنفيذ شبكات الإذاعة للأرض، وتقاسم الطيف مع الخدمات الراديوية الأخرى، وما إلى ذلك.

الفصل 3 "**متطلبات تنفيذ شبكات البث التلفزيوني الرقمي للأرض**" يصف متطلبات المستعمل والخدمة والطيف لشبكات الإذاعة للأرض (وظائف المستعمل، والمعلمات المتعلقة بمتطلبات المستعملين، ومجموعة الخدمات، وعناصر جودة التجربة، واستخدام الترددات، وما إلى ذلك).

الفصل 4 "**تخطيط الشبكات الإذاعية**" يحدد معماريات الشبكات الإذاعية والجوانب الأساسية للشبكات الإذاعية للأرض (نموذج الشبكة، وتأثير اختيار المعلمات لنظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض على معمارية الشبكة، وبنية الشبكة لمختلف أساليب استعمال الترددات وغيرها).

الفصل 5 "**التقاسم والحماية**" يتناول على وجه التحديد التداخل من الخدمات والأنظمة الأخرى في البث DTTB وكذلك التداخل الذي قد يتسبب عن البث DTTB في خدمات أخرى في نفس النطاق أو في النطاقات المجاورة.

الفصل 6 "**التنسيق عبر الحدود**" يوفر معلومات عن تخصيصات التردد وتعيينات التردد المستخدمة في تخطيط ترددات الشبكة الإذاعية فضلاً عن إجراءات التنسيق في الشبكات للأرض ويصف المعلمات والإجراءات والنهج الأساسية المستخدمة في تخطيط شبكات الإذاعة للأرض.

الفصل 7 "**جودة الخدمة في البث التلفزيوني**" يحتوي على مبادئ توجيهية بشأن اعتبارات الجودة من طرف إلى طرف في مستوى التردد الراديوي والتردد الوسيط. للاطلاع على اعتبارات جودة النطاق الأساسي، انظر الفصل 12، وللاطلاع على المتطلبات المتعلقة بمعدلات البيانات السمعية المرئية، انظر الفصل 3.

الفصل 8 "**المساعدة الساتلية**" يتناول الكيفية التي يمكن بها استخدام السواتل لتغذية شبكات الأرض ودعمها من أجل توفير الخدمات التلفزيونية والإذاعية المتعددة الوسائط.

الجزء 2 – جوانب الأنظمة في البث التلفزيوني الرقمي

الفصل 9 "**أنظمة البث التلفزيوني الرقمي للأرض**" يتضمن معلومات منسقة عن نماذج المعماريات والتقنيات الرئيسية والطبقات المادية وطبقات التوصيل وأداء النظام وميزانية الوصلة لأنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (ATSC وISDB-T وDTMB وDVB-T وDVB-T2) وكذلك عما يسمى أنظمة البث المتعدد الوسائط، مثل T-DMB أو ISDB-T أو DVB-H أو ATSC-M/H أو DVB-T2 Lite. وعلاوة على ذلك، تُعرض عناصر طبقات النظام في أنظمة الإذاعة الرقمية (طرائق تعدد إرسال الخدمة ومعلومات الخدمة وكدسة البروتوكولات وتقنيات إرسال البيانات والخدمات عبر الأنظمة الرقمية للأرض والوسائط المتعددة وواجهات النقل، وما إلى ذلك).

الفصل 10 "**التفاعلية والتعاون بين أنظمة البث التلفزيوني الرقمي للأرض والأنظمة غير الإذاعية**" يغطي تقنيات التلفزيون التفاعلي عبر البيئة للأرض بتوفير المعلومات عن جوانب التفاعلية ونماذج الأنظمة وأنظمة IBB (HbbTV وHybridcast وغيرها) وعمليات تنفيذ قنوات التفاعل للأرض، ويصور الاتجاهات والنهج العامة للترابط ما بين التقنيات الإذاعية وغير الإذاعية (ولا سيما النطاق العريض) فيما يتعلق بطبقات التطبيقات والشبكات والخدمات.

الفصل 11 "**النفاذ المشروط وحماية المحتوى في البث التلفزيوني الرقمي**" يحتوي على تعاريف ونهج عامة لتنفيذ النفاذ المشروط وحماية المحتوى في البث التلفزيوني الرقمي.

الفصل 12 "**جودة إشارة النطاق الأساسي**" يعرّف جودة الخدمة لتطبيقات البث التلفزيوني ويوفر، على وجه الخصوص، معلومات عن تعاريف الجودة ومتطلبات الجودة وتقدير/تقييم الجودة أثناء انضغاط الإشارات وإرسالها، وذلك لأمثلة شتى من أنظمة التلفزيون.

الفصل 13 "**مستقبلات التلفزيون الرقمي**" يتناول المتطلبات المتعلقة بمستقبلات البث DTTB بحسب نمط المستهلك، بما في ذلك الاعتبارات المتعلقة بالبرمجيات الوسيطة ووظائف البث والنطاق العريض الهجينة.

الفصل 14 "**جوانب نفاذ المعوقين**" يصف أنظمة النفاذ في البث DTTB المخصصة للأشخاص ذوي الإعاقة والمجموعات الأخرى ذوات الاحتياجات الخاصة.

الجزء 3 – جوانب المساهمة وتجميع الأخبار إلكترونياً في إنتاج البرامج الرقمية

الفصل 15 "**أنظمة المساهمة وتجميع الأخبار إلكترونياً**" يتناول المسائل المتعلقة بالتصنيف والمفاهيم والتردد ومتطلبات المستعمل من أجل الإنتاج الخارجي وجمع الأخبار للتلفزيون عادي الوضوح (SDTV) أو عالي الوضوح (HDTV) أو فائق الوضوح (UHDTV)، ويصف بعض معايير الإرسال لروابط مساهماتها.

جدول المحتويات

الصفحة

الجزء 1 جوانب الشبكة 1

الفصل 1 الجوانب العامة للبث التلفزيوني الرقمي 3

1.1 استبانة الاتجاهات في البث التلفزيوني الرقمي للأرض 3

2.1 اعتماد البث على إمكانية التشغيل البيني 3

3.1 البث التلفزيوني الرقمي للأرض في بيئة الوسائط 4

4.1 استمرار تطور البث التلفزيوني الرقمي للأرض 4

5.1 نموذج البث DTTB الذي وضعه الاتحاد الدولي للاتصالات 5

الفصل 2 استراتيجيات اعتماد البث التلفزيوني الرقمي للأرض 9

1.2 العوامل التي يتعين النظر فيها لدى اعتماد البث DTTB 9

2.2 تكاليف الشبكات والتشكيل 12

3.2 اعتماد نظام DTTB يضم تشكيلات شبكية مختلفة 13

4.2 تقاسم الطيف بين الخدمات الإذاعية وغير الإذاعية 13

5.2 الخلاصة 14

الفصل 3 متطلبات تنفيذ شبكات البث التلفزيوني الرقمي للأرض 15

1.3 مقدمة 15

2.3 متطلبات المستعملين والخدمات 15

3.3 المتطلبات من الطيف 22

4.3 المتطلبات المرتبطة بالمستقبلات 23

الفصل 4 تخطيط الشبكات الإذاعية 25

1.4 شبكات التلفزيون الرقمي للأرض 25

2.4 المصطلحات والتعاريف الرئيسية 25

3.4 اعتبارات شبكات البث DTTB: الطبقة المادية والمعلمات 30

4.4 تخطيط الشبكات الإذاعية 31

5.4 تغطية الشبكات الإذاعية 33

6.4 تخطيط الشبكات المتعددة الترددات 44

7.4 تخطيط الشبكات الوحيدة التردد (SFN) 48

الملحق 1 بالفصل 4 – تشكيلات التخطيط المرجعي والشبكات المرجعية في الاتفاق GE06 55

الملحق 2 بالفصل 4 – مثال لسيناريوهات التنفيذ 64

الفصل 5 التقاسم والحماية 83

1.5 مقدمة 83

2.5 فئات التداخل 83

3.5 مصادر الخصائص التقنية العامة ومعايير التقاسم 84

4.5 مصادر مرجعية تتعلق بالتوافق بين البث DTTB والخدمة المتنقلة 85

5.5 مصادر مرجعية تتعلق بمسائل التوافق الأخرى المتصلة بالبث DTTB 86

6.5 مؤشرات بشأن التقاسم الفعلي بين نظام DTTB والخدمات SAB/SAP 86
الفصل 6 التنسيق عبر الحدود 89
1.6 إجراءات التنسيق 89
2.6 أمثلة عن التنسيق 91
الفصل 7 جودة الخدمة في اللبث التلفزيوني 99
1.7 نظرة عامة: سلسلة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)..... 99
2.7 أمثلة مواصفات لتمكين جودة الخدمة..... 100
3.7 قياسات لرصد جودة الخدمة 100
4.7 أمثلة عن جودة الإرسال في التلفزيون الرقمي 102
5.7 الإطناب كوسيلة للحفاظ على جودة الخدمة..... 102
الفصل 8 المساعدة الساتلية 105
1.8 مقدمة 105
2.8 السواتل بوصفها وصلات تغذية لشبكات الإذاعة التلفزيونية للأرض..... 105
3.8 استخدام السواتل بمثابة قنوات عودة بروتوكول الإنترنت في التلفزيون التفاعلي 106
4.8 الاستخدام المشترك للإذاعة للأرض والإذاعة الساتلية 106
الجزء 2 جوانب الأنظمة..... 109
الفصل 9 أنظمة البث التلفزيوني الرقمي للأرض..... 111
1.9 تقنيات الأنظمة الإذاعية 111
2.9 أنظمة التلفزيون الرقمي للأرض والبث المتعدد الوسائط..... 141
3.9 لجنة أنظمة التلفزيون المتقدمة (ATSC) 143
4.9 النظامان DVB-T وDVB-T2 156
5.9 الإذاعة الرقمية المتكاملة الخدمات للأرض (ISDB-T) 202
6.9 الإذاعة الرقمية متعددة الوسائط للأرض DTMB وDTMB-A 221
7.9 نظام الإذاعة الرقمي متعددة الوسائط للأرض (T-DMB)..... 235
8.9 نظام المعلومات السمعية البصرية في الوقت الفعلي (RAVIS) 240
9.9 وسائط الوصلة الأمامية فقط (MediaFLO) 247
الفصل 10 التفاعلية والتعاون بين نظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) والأنظمة غير الإذاعية 257
1.10الجوانب العامة وفرص التعاون..... 257
2.10التعاون في طبقة الخدمة 257
3.10القواسم المشتركة التقنية..... 259
4.10التعاون على مستوى الشبكة..... 259
5.10مناقشة مفصلة للتلفزيون التفاعلي 261
الفصل 11 النفاذ المشروط وحماية المحتوى في البث التلفزيوني الرقمي 265
1.11الجوانب العامة 265
2.11نُهُج تنفيذ أنظمة النفاذ المشروط (CAS) 266
3.11حماية المحتوى وإدارة النسخ..... 269
الفصل 12 جودة إشارة النطاق الأساسي..... 271

1.12مقدمة 271
2.12تقدير الجودة الموضوعية لأنظمة الانضغاط في التلفزيون الرقمي 272
3.12تقدير الجودة الذاتي لأنظمة الانضغاط في التلفزيون الرقمي..... 274
الفصل 13 مستقبلات التلفزيون الرقمي 277
1.13الجوانب العامة لمستقبلات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)..... 277
2.13المتطلبات من أجل مستقبلات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)..... 277
3.13البرمجيات الوسيطة من أجل مستقبلات التلفزيون الرقمي (DTV) 282
4.13وظيفية النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض..... 282
الفصل 14 جوانب قابلية نفاذ المعاقين 285
1.14الاتحاد الدولي للاتصالات والحاجة إلى خدمات النفاذ 285
2.14خدمات نفاذ المعاقين ذات الصلة بالإذاعة التلفزيونية 286
3.14خدمات النفاذ المعالجة في جهاز الاستقبال مقابل الخدمات القائمة على البث..... 287
4.14استخدام النصوص الجارية/الوصفية 287
5.14الأهمية الخاصة للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB) 287
6.14إنتاج خدمات النفاذ – بعض الجوانب 291
7.14استنتاجات 291
الجزء 3 جوانب المساهمات وتجميع الأخبار إلكترونياً لإنتاج البرامج الرقمية..... 293
الفصل 15 أنظمة المساهمات وتجميع الأخبار 295
1.15مقدمة 295
2.15تجميع الأخبار والمساهمات في الاتصالات للأرض 298
قائمة المختصرات..... 317

الجزء 1

جوانب الشبكة

مقدمة للجزء 1

إن أكثر البيئات دينامية وأعقدها تقنياً من حيث توزيع المحتوى التلفزيوني هي الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB). وكانت الإذاعة التلفزيونية تقليدياً تخدم أجهزة استقبال ثابتة في المنزل. أما اليوم فإن المستعمل يتطلب توفر المعلومات وأشكال الترفيه في أي مكان وفي أي وقت وفي أي جهاز، وإذا أمكن بشكل تفاعلي وعلى أعلى مستوى ممكن من جودة الخدمة. وتسعى مفاهيم البث الحديثة إلى مجاراة هذه المطالب التي لا يمكن تلبيتها إلا بواسطة التقنيات الرقمية. ويمكن تصميم الإذاعة الرقمية للأرض بحيث تعمل بهوائيات المنصوبة على الأسطحة وكذلك بهوائيات صغيرة مدمجة في أجهزة محمولة وللاستقبال المتنقل. وفي حالة وقوع كارثة، من المرجح أن تستمر في خدمة الجمهور الأجهزة التي لا تعتمد على هوائيات كبيرة، من قبيل التلفزيون الساتلي الذي يعتمد على هوائيات مكافئية.

وكثيراً ما تكون مناطق خدمة خطط الإذاعة للأرض محدودة بحكم التداخل. ويأتي التداخل من مرسلات بث قريبة في نفس القناة وفي القنوات المجاورة ومن المرسلات في خدمات أخرى. وتتطلب الإذاعة للأرض تخطيطاً دقيقاً للترددات من أجل الاستفادة المثلى من طيف الترددات المتاح.

ويتعين النظر في هذه العوامل المذكورة أعلاه عند تصميم وبناء شبكات الإذاعة التلفزيونية للأرض. ومن شأن المعلومات الواردة في الجزء 1 أن تمكّن الإدارات والهيئات الإذاعية، عند التحول من الإذاعة التماثلية إلى الإذاعة الرقمية للأرض أو لدى إقامة إذاعة تلفزيونية رقمية للأرض، من اختيار أنجع وسيلة للتنفيذ وفقاً لما تنفرد به من احتياجات ومن الاستفادة إلى أقصى حد ممكن من التقنيات الرقمية من حيث موارد الطيف وجودة الإشارة وتكلفة اعتماد هذه التقنيات. ويستكشف الجزء 1 من هذا الكتيب هذه الاعتبارات.

الفصل 1

الجوانب العامة للبث التلفزيوني الرقمي

البث الرقمي هو تقنية بث تستند إلى إرسال معلومات الوسائط السمعية المرئية في شكل تدفقات من البتات. وتتألف إشارة البث من الفيديو والصوت وتشمل أيضاً خدمات البيانات، من قبيل النصوص التلفزيونية أو النصوص الجارية (النصوص المغلقة) أو أدلة البرامج الإلكترونية (EPG). وبالإضافة إلى ذلك، ترسل البيانات الوصفية والتقنية لغرض تعرّف البرنامج وتشكيل المستقبِل (مثال ذلك، المعلومات عن محطة البث وأنظمة انضغاط الفيديو والصوت المستخدمة وعن ترتيب قناة الصوت أو بيانات التحكم بشأن التفاعلية والنسبة الباعية ومعلومات كثيرة أخرى). وعلاوة على ذلك يمكن إدراج خدمات النفاذ، مثل الوصف السمعي أو الفيديو بلغة الإشارات، ضمن إشارة تعدد إرسال البث. ويستعين أسلوب البث الحديث بطائفة من التقنيات التي تسمح، مجتمعة، باستحداث إشارة البث وتوصيلها إلى المستعمل النهائي.[3]

1.1 استبانة الاتجاهات في البث التلفزيوني الرقمي للأرض

ما زالت تكنولوجيا الوسائط تتطور استجابة لتغير احتياجات المستهلك ورغباته ونتيجة للبحث والتطوير. ولا بد من مراعاة وربط هذين العنصرين إذا أردنا خدمة الجمهور [1.1].

ويتوقف إقبال المستهلك على شراء المنتجات والخدمات على طائفة من العوامل. وأول هذه العوامل هي أنواع المحتوى المتاحة، ثم التكلفة المطلقة ودخل المستهلك، وسهولة استعمال المعدات والخدمات (من جانب المستعمل النهائي)، وهي تشمل إضافات إلى البث التلفزيوني – أي وسائل التسليم الأخرى التي يمكنها الاستعانة بالمعدات ودعمها.

2.1 اعتماد البث على إمكانية التشغيل البيني

إمكانية التشغيل البيني واحدة من المفاهيم الهامة للبث. ومن الممكن التوصيل بين أنظمة مختلفة أو عناصر مختلفة في نظام ما شرط أن تكون قابلة للتشغيل فيما بينها، أي أنها تستخدم واجهات متفق عليها. وعليه فإن أنظمة التلفزيون الرقمي تتضمن مكونتين أساسيتين:

- عناصر نوعية: وهي عناصر تنطبق أياً كان نظام التسليم (للأرض أو كبلي أو ساتلي، وما إلى ذلك). ويمكنها أن تستخدم المعدات والبرمجيات المشتركة وأن تجعل إقامة مستقبلات نظام متعدد التسليم أسهل وأرخص. ومن أبرز الأمثلة على هذه التقنيات النوعية أنظمة انضغاط الفيديو والصوت؛
- عناصر خاصة بالتطبيقات: وهي عناصر مختلفة بالضرورة، ومنها مثلاً أجهزة التشكيل وإزالة التشكيل الخاصة بالتلفزيون الساتلي وللأرض.

ومن المتطلبات الأخرى للبث هي القدرة على توصيل معلومات الوسائط إلى العملاء بمستويات مختلفة من الجودة. ومن الأمثلة على ذلك مرحلة الانتقال من التلفزيون عادي الوضوح إلى التلفزيون عالي الوضوح. ذلك لأن إشارات التلفزيون عالي الوضوح هذه قد تستخدم مخططات تشفير أحدث وأكثر كفاءة من حيث استعمال الطيف ولكنها قد لا تكون متوافقة. ويمكن بثها في آن واحد مع صيغة ذات جودة تقليدية من البرنامج، وذلك لخدمة أجهزة الاستقبال في التلفزيون التقليدي والتلفزيون عالي الوضوح في نفس الوقت.

وليس هذا هو السيناريو الوحيد لبث تلفزيون المستقبَل عالي الوضوح ولكنه افتراض معقول في ضوء التطور المستمر لتقنيات التشفير.

---

[3] ميز قطاع الاتصالات الراديوية، تقليدياً، في توصياته بين البث التلفزيوني والبث المتعدد الوسائط. ومردّ ذلك أن البث إلى الأجهزة المحمولة والمتنقلة ينبغي أن يتسم بمعدلات بيانات منخفضة، ومن ثم بدرجة أدنى من الجودة في الفيديو والصوت مما هي في التلفزيون المقصود للاستقبال الثابت. واليوم، ازداد تدفق شبكات الاتصالات وأصبحت جميع الأجهزة المحمولة باليد قادرة على عرض محتوى سمعي مرئي عالي الجودة. وهكذا بدأت تتلاشى الحاجة إلى التمييز بين البث التلفزيوني والبث المتعدد الوسائط.

3.1 البث التلفزيوني الرقمي للأرض في بيئة الوسائط

تقدم خدمات البث التلفزيوني الرقمي للأرض (DTTB) بالتوازي مع وسائط توصيل أخرى، مثل التلفزيون الساتلي أو التلفزيون الكبلي أو تلفزيون بروتوكول الإنترنت (تلفزيون على الخط عبر شبكات نطاق عريض مدارة) وخدمات التدفق عبر الإنترنت المفتوحة (غالباً ما يسمى التلفزيون المتاح على الإنترنت (OTT) أو التلفزيون على الخط). ويوفر التلفزيون الساتلي والتلفزيون الكبلي عموماً عدداً أكبر من القنوات التلفزيونية مما يوفره البث DTTB نظراً لعرض نطاق القناة الأوسع (الحالة الساتلية) وطيف الترددات الأوسع للتلفزيون الكبلي. ومن الناحية النظرية، في حالة تلفزيون بروتوكول الإنترنت (IPTV) أو التدفق عبر الإنترنت المفتوحة، يكون عدد البرامج التلفزيونية المتاحة غير محدود. وعلى الرغم من السعة المنخفضة، يتسم البث DTTB عموماً بقدر كبير من الأهمية بالنسبة لمستقبَل البث التلفزيوني. **وتنص مذكرة تفاهم مبادرة التلفزيون للأرض (الصادرة عن مستقبَل الإذاعة التلفزيونية FOBTV) [3.1] على ما يلي:**

"يعتبر البث للأرض هاماً للغاية لأنه لاسلكي (يدعم المستقبلات المتنقلة) وقابل للتوسع بلا حدود (من نقطة إلى عدة نقاط ومن معمارية واحدة إلى معماريات عديدة) ومحلي (قادر على تقديم محتوى محلي جغرافياً) ومتوفر في الوقت المطلوب (تسليم المحتوى في الوقت الفعلي وغير الفعلي) ومرن (يدعم الخدمات المجانية والخدمات بموجب اشتراك). ومن شأن ميزة التوصيل اللاسلكي لمحتوى الوسائط إلى عدد غير محدود من المستقبلات أن تجعل من البث للأرض تقنية حيوية في شتى أنحاء العالم. فالبث الإذاعي هو في الواقع أكثر الوسائل اللاسلكية كفاءة من حيث استخدام الطيف من أجل تقديم محتوى وسائط رائج، سواء في الوقت الفعلي أم على أساس الملفات".

وعند الاقتضاء، فيما يتعلق بالخدمات التفاعلية مثلاً، يشير هذا الكتيب أيضاً إلى توصيلات بروتوكول الإنترنت.

4.1 استمرار تطور البث التلفزيوني الرقمي للأرض

تواجه الهيئات التنظيمية وهيئات إدارة الطيف وهيئات البث مسألة كيفية مواصلة تقديم خدماتها الإذاعية القائمة وتوسيعها وكيفية إدخال خدمات بث جديدة بطريقة تتسم بالكفاءة والفعالية من حيث التكلفة، مع مراعاة جملة أمور منها المسائل التالية:

- متطلبات السوق المحلية؛
- شبكات الإرسال والمستقبلات القائمة؛
- الوسائل البديلة لتوصيل المحتوى، بما في ذلك نطاق بروتوكول الإنترنت العريض، عبر الشبكات المتنقلة والثابتة والساتلية؛
- المتطلبات التنظيمية الإقليمية والدولية المتعلقة باستعمال طيف الترددات، ولا سيما أثر القرارات المعتمدة في المؤتمرات WRC 07 وWRC-12 وWRC-15 فيما يتعلق بالتوزيع المشترك للنطاقين 800 MHz و700 MHz للخدمة المتنقلة وتحديدهما من أجل الاتصالات المتنقلة الدولية (IMT)؛
- معايير البث الإذاعي القائمة والتطورات المقبلة؛
- الطلب على الطيف من خدمات أخرى غير الإذاعة (إنتاج البرامج والأحداث الخاصة مثلاً).

ويتعين على التطورات في الإذاعة للأرض أن تأخذ في الاعتبار إنتاج محتوى على درجة أعلى من الجودة إلى جانب عرض معلومات جديدة وإضافية وخدمات تفاعلية، مما يؤدي كله إلى ارتفاع معدلات إرسال البيانات.

كما يتعين على شبكات البث الرقمية أن تتكيف باستمرار مع بيئات الوسائط المتغيرة والمتطلبات الجديدة، وذلك في ضوء:

- الطلب على المزيد من الخدمات ذات الجودة التقنية العالية مع تحسين التغطية؛
- التكنولوجيا الجديدة المؤدية إلى تحسين الكفاءة في استعمال الطيف؛
- تغيير اللوائح المتعلقة باستعمال الطيف؛
- طائفة أوسع من أجهزة المستهلك، من الشاشات الكبيرة والمعدات السمعية متعددة القنوات إلى الأجهزة المحمولة باليد.

وعلاوة على ذلك، فإن تطور البث التلفزيوني مستوحى من عمليات شتى، منها:

أ) تقديم كل الخدمات التلفزيونية بجودة عالية الوضوح، في عدد متزايد من البلدان.

ب) توقع اعتماد أنساق جديدة، مثل التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV) والتلفزيون ثلاثي الأبعاد (3DTV) والشاشات المصاحبة والتلفزيون التفاعلي (مثل منصات النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض) وغيرها، في بيئة للأرض في المستقبل القريب.

ج) تزايد مساحة الشاشة للعرض المنزلي (أقطار بأكثر من 50 بوصة أصبحت شائعة بالفعل) وقد بدأ استخدام أنساق 1080p/50 أو 1080p/60 بالفعل لتنفيذها في مختلف شبكات DTTB. ومن ناحية أخرى، هناك أيضاً اتجاه واضح نحو استقبال متنقل ومحمول على شاشات أصغر مساحة.

د) تنفيذ التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV) في بعض البلدان بتسخير أنظمة الانضغاط المتقدمة، مثل التشفير الفيديوي عالي الكفاءة (HEVC)[4].

هـ) توفر نظام الانضغاط الجديد مزدوج الكفاءة، الذي يطلق عليه اسم HEVC، في عام 2015. ويتسم النظام بقدر من كفاءة التشفير أعلى مرتين من MPEG-4/AVC. ويمكن أن يستخدم في البداية في خدمات التلفزيون UHDTV الجديدة، ولكن من المرجح أيضاً استخدام نظام انضغاط الفيديو هذا في خدمات التلفزيون عالي الوضوح في المستقبل في إطار DTTB.

و) تنفيذ أنظمة الإرسال من الجيل الثاني في عدد متزايد من البلدان لتوفير سعة كافية في شبكات DTTB من أجل:

- تقديم رزمة جذابة من خدمات التلفزيون HDTV.
- معاوضة تخفيض نطاق التلفزيون بالموجات الديسيمترية (UHF) نظراً لإدخال الاتصالات المتنقلة الدولية في أجزاء من الطيف الإذاعي.

ز) تغاير توقعات سوق التلفزيون المتنقل (MTV). هنالك أنظمة عديدة، إما كأنظمة MTV مكرسة، أو كجزء من أسرة معايير إرسال DTTB. وبالإضافة إلى ذلك، تنمو خدمات الوسائط المتعددة عبر شبكات الاتصالات المتنقلة (3G و4G) بمعدلات مرتفعة جداً.

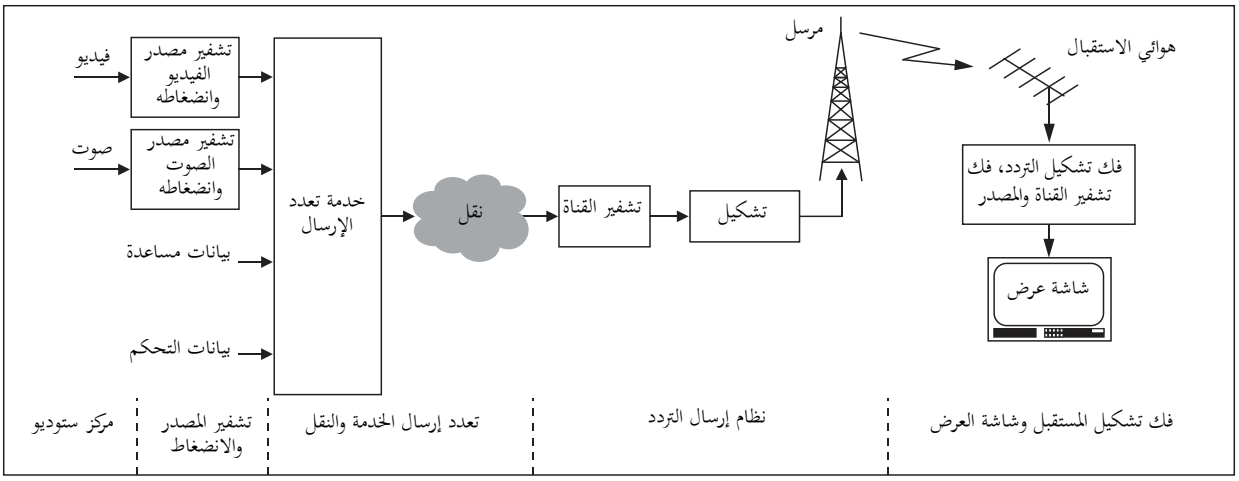
5.1 نموذج البث DTTB الذي وضعه الاتحاد الدولي للاتصالات

في عام 1995، شرعت فرقة المهام 11/3 في قطاع الاتصالات الراديوية في نشر دليل لنطاقات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض بالموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF). ونشرت صيغة محدثة منه بوصفها الوثيقة 11-3/3 في يناير 1996 [4.1]. وقد أرسى هذا العمل التصميم الأولي لنموذج البث التلفزيوني الرقمي للأرض (DTTB) المعروض بإيجاز في الشكل 1.1.

[4] في هذا الكتيب، يستخدم التشفير HEVC بالترادف مع MPEG-H وITU-T H.265.

الشكل 1.1

نموذج نظام التلفزيون الرقمي[5]



DTTB-01-01

وينقسم هذا النموذج إلى أربعة أنظمة فرعية كما هو مبين في الشكل:

- تشفير وانضغاط المصدر؛
- تعدد إرسال الخدمة والنقل؛
- الطبقة المادية التي تتألف من (أ) تشفير قناة التردد وتشكيلها وانتشارها، و(ب) جهاز الاستقبال بما فيه إزالة التشكيل وفك تشفير القناة وإزالة انضغاط المحتوى.

وبموازاة ذلك، يتعين النظر في عوامل التخطيط (بما فيها عوامل التخطيط في الإرسال والاستقبال) واستراتيجيات التنفيذ.

ويشير "تشفير المصدر" إلى طرائق خفض معدل البتات، المعروفة أيضاً باسم تقنيات انضغاط البيانات والحماية من الأخطاء، التي تكون ملائمة للتطبيق على تدفق الفيديو والصوت والبيانات الرقمية المساعدة. وتشمل "البيانات المساعدة" بيانات التحكم، بما فيها التحكم في النفاذ المشروط، والبيانات المرتبطة بالبرامج السمعية والخدمات الفيديوية، مثل النصوص الوصفية المغلقة. ويمكن أن تشير البيانات المساعدة أيضاً إلى خدمات البرامج والبيانات المستقلة.

ويشير "تعدد إرسال الخدمة والنقل" إلى وسائل تقسيم تدفق البيانات الرقمية إلى "رزم" من المعلومات، ووسائل تحديد هوية فريدة لكل رزمة أو نمط من الرزم، والوسائل المناسبة لتعدد إرسال رزم تدفق البيانات الفيديوية، ورزم تدفق البيانات السمعية، ورزم تدفق البيانات المساعدة في تدفق بيانات وحيد. ويجب أن تكون إمكانية التشغيل البيني أو المواءمة بين الوسائط الرقمية، مثل الإذاعة للأرض والتوزيع الكبلي والتوزيع الساتلي ووسائط التسجيل والواجهات الحاسوبية، موضع اعتبار رئيسي لدى وضع آلية نقل ملائمة.

وتشير "الطبقة المادية" إلى وسائل استعمال معلومات تدفق البيانات الرقمية لتشكيل الإشارة المرسلة، وهي تشمل ما يسمى تشفير القناة، أي الحماية الأمامية من الأخطاء لحماية إشارة البث من الخطأ في فك شفرة البتات.

وتشمل "عوامل التخطيط واستراتيجيات التنفيذ" مناقشة الاستراتيجيات الملائمة لإدخال وتنفيذ خدمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض. ويجب أن تراعي خطط أي من هذه الاستراتيجيات خصائص التداخل في وسائط البث عبر الأثير والقيود العملية المفروضة على المستقبِل.

ويتناول الفصل 4 بالتفصيل الطبقة المادية وعوامل التخطيط وكذلك جوانب التخطيط الاستراتيجي وتعدد إرسال الخدمة والنقل.

---

5 يلاحظ أن أنظمة الإرسال والتشكيل المتقدمة من الجيل الثاني استدعت إدخال فدرة إضافية بين تعدد إرسال الخدمة والنقل، ما يسمى البوابة (كما هو موضح في الفصل 7).

بيبليوغرافيا للفصل 1

[1.1] **Wood D**, *European strategies, approaches, and projects for new media*/David Wood//SP: IC (20), October-November 2005. No. 9-10. P. 789-800

[2.1] **قطاع تنمية الاتصالات**، *الاتجاهات في الإذاعة: نظرة عامة على التطورات*، فبراير 2013، المرجع https://www.itu.int/en/ITU-D/Technology/Documents/Broadcasting/TrendsinBroadcasting.pdf

[3.1] **FOBTV,** Future of Broadcast Terrestrial Television Initiative Memorandum of Understanding: ref: www.fobtv.org

[4.1] قطاع الاتصالات الراديوية (ITU-R)، الوثيقة 11-3/3 – *دليل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في نطاق الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)*، يناير 1996. http://happy.emu.id.au/lab/tut/dttb/dttbtuti.htm وثيقة لاحقة (أبريل 1996)، 11/4-1، متاحة في http://www.itu.int/itudoc/itu-r/archives/rsg/1996-97/rsg11/33390.html لمستعملي النظام TIES فقط.

الفصل 2

استراتيجيات اعتماد البث التلفزيوني الرقمي للأرض

إن توفير الخدمات التلفزيونية، ومن ثم اعتماد البث التلفزيوني الرقمي للأرض (DTTB)، مسألة سياسية إلى حد كبير، ومن المرجح أيضاً أن تكون على درجة عالية من التنظيم. ويعتبر الاستعداد الشامل، بما في ذلك التدابير التنظيمية اللازمة لإرضاء أصحاب المصلحة ومراعاة المصلحة العامة، إلى جانب تقييمات الآثار الخاصة بكل منها، شرطاً أساسياً لا غنى عنه لاعتماد هذا النظام.

ويقدم هذا القسم لمحة عامة موجزة للخيارات السياسية والتنظيمية المرتبطة باعتماد خدمات البث DTTB. ويمكن الاطلاع على معلومات أكثر تفصيلاً في الجزأين 2 و3 من كتيب قطاع تنمية الاتصالات في الاتحاد [1.2].

1.2 العوامل التي يتعين النظر فيها لدى اعتماد البث DTTB

1.1.2 أثر نصيب التلفزيون التماثلي للأرض في السوق الراهنة

إذا كان التلفزيون (التماثلي) للأرض هو المنصة التلفزيونية المهيمنة في سوق ما، فمن المعقول أن نتصور أن البث DTTB، في محاولة لمحاكاة تلك الخدمة، سوف يُعتمد بناء على استقبال على أسطحة المباني. ولكي يتمكن المستعمل من معاودة استخدام هوائيات الاستقبال القائمة، قد يكون من المفيد معاودة استخدام مواقع المرسلات القائمة قدر الإمكان.

ولكن ذلك يؤدي إلى خطة DTTB غير مستمثلة لأن المتطلبات التقنية لنظام DTTB تختلف عن المتطلبات التقنية للتلفزيون التماثلي. وبصفة عامة، هناك حاجة إلى إيجاد التوازن الصحيح بين الكفاءة المثلى للشبكات والتكاليف الإضافية اللازمة. وقد اعتمدت غالبية الشبكات في البلدان التي أدخلت نظام DTTB إلى حد كبير على إعادة استخدام البنية التحتية القائمة المستخدمة بالفعل للتلفزيون التماثلي.

2.1.2 الأسباب الداعية إلى اختيار النظام DTTB

يعود اعتماد هذا النظام بصفة عامة إلى دوافع سياسية، وإن كان جزئياً استجابة للضغوط التجارية. وتشمل الضغوط التجارية توفير عدد أكبر من البرامج التلفزيونية (بما في ذلك من مقدمي برامج جدد) وتحرير الطيف لاستخدامات أخرى (خدمات النطاق العريض المتنقل مثلاً).

ويمكن أن تشمل الدوافع الاستراتيجية لاختيار DTTB ما يلي:

- نظام DTTB آمن وطنياً كوسيلة توزيع يخضع للسيطرة الوطنية، مقارنة بالتوزيع الساتلي "الخاضع لسيطرة غير وطنية"، مما يضمن فرض تنظيم الوسائط الوطنية وليس تجاوزها.
- نظام DTTB سهل الاستخدام بسيط التركيب والاستعمال، ولا سيما في أجهزة التلفزيون التي تضم مولّفات مدمجة وتستخدم هوائيات صغيرة داخل المباني أو خارجها.
- نظام DTTB فعال من حيث التكلفة للمواطنين لأنه يوفر مجاناً عبر الأثير (وكذلك مقابل الدفع) النفاذ إلى المحتوى بتكلفة تركيب منخفضة جداً، وبذلك يضمن المنافسة بين منصات التوزيع. وتكلفة جهاز الاستقبال، في جهاز فك تشفير خارجي أو ضمن جهاز التلفزيون، منخفضة.
- نظام DTTB يمكّن الهيئات الإذاعية من تقديم المحتوى إلى جمهور كبير على الصعيد الوطني أو دون الوطني بتكلفة ثابتة. ويمكن أيضاً تخفيض تكلفة حقوق التوزيع بموجب تغطية محدودة لنظام DTTB مقارنة بتغطية ساتلية كبيرة. والبث الإذاعي للأرض وسيلة فعالة جداً لتزويد جميع السكان بالمعلومات في الأحوال العادية وفي حالات الطوارئ، إلى جانب التعليم والترفيه.
- نظام DTTB هو عامل تمكين لمنشآت الأعمال يتيح الفرص للإعلانات المحلية والوطنية، وهو أكثر استهدافاً في شبكة للأرض مما هو في شبكة ساتلية. ومن شأنه أيضاً توفير فرص عمل محتملة قد تنجم عن تطوير إنتاج محتوى محلي ووطني.

- نظام DTTB مبتكر يتسم عموماً بكفاءة عالية من حيث استخدام الطيف بفضل استخدام تقنيات متقدمة في الانضغاط الفيديوي والتشكيل وإمكانية استخدام الشبكات الوحيدة التردد (SFN). ويمكن توزيع التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) بل والتلفزيون فائق الوضوح (UHDTV) عبر الاتصالات للأرض. وتوفر أنظمة النطاق العريض الإذاعي التفاعلي (مثل HbbTV أو Hybridcast، وما إلى ذلك) تجارب جديدة للمستعمل. والتوزيع في المنزل لنظام DTTB من خلال شبكة Wi-Fi ممكن باستخدام التقنيات القائمة ذات الكفاءة من حيث التكلفة.
- نظام DTTB ناجح: في عام 2015، كانت 118 مليون أسرة تتلقى وتشاهد البث DTTB في أوروبا، بما يوفر أكثر من 2000 قناة تلفزيونية.

3.1.2 تقاسم البنية التحتية

تبيّن في بعض البلدان أن تقاسم مواقع المرسلات عملية مفيدة. وفي هذا النموذج، يمكن أن يختار العديد من المشغلين تجميع مواقعهم القائمة وبناء شبكات إرسال استناداً إلى بعض هذه المواقع أو كلها، مما قد يخفض من تكلفة الاستثمار المرتفعة لكل مشغل في اقتناء وبناء مواقع جديدة للمرسلات. وقد اعتمد هذا النهج في ألمانيا، مثلاً. ويؤثر عدد طبقات تعدد الإرسال التي يمكنها أن تتقاسم البنية التحتية تأثيراً كبيراً على تكاليف النشر الإجمالية.

وبالإضافة إلى ذلك، من شأن تقاسم البنية التحتية أن يقلل من تعقيد تخطيط الشبكات، لا سيما عندما تتقاسم كل الشبكات نفس منظومة الهوائيات.

وفي بعض البلدان لم تطبق ممارسة تقاسم البنية التحتية في نظام التلفزيون التماثلي. وكانت المرسلات التلفزيونية التماثلية لكل هيئة بث في موقع مختلف داخل نفس منطقة الخدمة. وفي هذه الحالة، كان ينبغي لبعض المشاهدين تركيب أكثر من هوائي استقبال تشير إلى اتجاهات مختلفة لكي يتمكنوا من استقبال جميع البرامج. ولذلك من المحتمل أيضاً أن يعود تقاسم البنية التحتية لنظام DTTB بالفائدة على المشاهدين.

وأي قرارات بشأن تقاسم البنية التحتية يجب أن تتخذ في نهاية المطاف على أساس وطني.

4.1.2 النظام DTTB كعامل تمكين للمنافسة

إذا كانت المنصات الكبلية والساتلية تخدم أصلاً المشاهدين في سوق ما، فإن على نظام DTTB أن يتنافس معها. وقد تلعب عملية النظيم دوراً رئيسياً في هذا الشأن، وذلك لتمكين المنافسة وإرسائها بين مختلف المنصات.

وإذا كانت الشبكة للأرض تؤدي دور أقلية في السوق، فإنه يتعين على الهيئات التنظيمية أن تدرك أن المنصات الأخرى قد تمارس ضغطاً على مقدمي خدمات البرامج الذين يفكرون في إطلاق خدمة محتملة في نظام DTTB. وفي هذه الحالة، قد يكون من الصعب إنشاء منصة DTTB جديدة على أساس السوق فقط. وقد يكون توفير قدر من التنظيم شرطاً أساسياً مسبقاً لنجاح نشر نظام DTTB.

وبالنسبة لكل من المشاهدين ومقدمي خدمات البث، هنالك في بلدان عديدة وضع شبه احتكار لتوزيع البرامج. وهذا ينطوي على مخاطر تهدد بتشويه عوامل السوق، من قبيل تضخيم الأسعار بشكل مصطنع.

ولا بد من الإشارة إلى أن من غير الممكن عموماً، بالنسبة للتوزيع الساتلي، الحد من رقعة التغطية تبعاً للحدود السياسية. فالحلول الوحيدة في معظم الحالات لمسائل الحقوق التي تنشأ هي تجفير الإشارة – مع كل ما تنطوي عليه من آثار – أو التفاوض بشأن حقوق البرامج بما يتجاوز نطاق السوق المطلوبة. وفي الحالة الأولى، يتعين على المشاهد شراء جهاز فك التشفير مع نفاذ مشروط متكامل، كما يتعين عليه الحصول على البطاقة الذكية المرتبطة به. وكلاهما ينطوي على تكلفة إضافية للمشاهد أو مقدم الخدمة أو كليهما. ففي فرنسا مثلاً تبلغ تكلفة جهاز فك التشفير لاستقبال ساتلي خمسة أضعاف تكلفة جهاز فك التشفير في نظام DTTB.

ويؤدي التوزيع الكبلي عموماً إلى أسواق رأسية ذات منتجات مسجلة الملكية قد تكون ميسورة للمستعمل إلى حد ما، حيث ينبغي شراء جهاز فك تشفير مسجل الملكية في معظم الحالات، وتكون القنوات المتاحة مجفرة.

5.1.2 منافع التعاون في دوائر الصناعة لنجاح اعتماد نظام DTTB

ليس من الصعوبة، عموماً وبالنسبة إلى الوظائف الأساسية، أن تكون الغالبية العظمى من المستقبلات متوافقة مع إشارات البث DTTB. ومع ذلك من غير الواضح، بالنسبة للخصائص المحددة لمعيار DTTB التي يتم تنفيذها بتكاليف تطوير إضافية، أن يتم تنفيذ هذه الميزة بشكل صحيح في جميع المعدات المتاحة في السوق، وخاصة إذا كان إدخال أجهزة فك التشفير يتوقف على عوامل السوق فقط. ويمكن تشجيع قابلية التشغيل البيني بإشراك جميع أصحاب المصلحة (هيئات البث، ومقدمي البنية التحتية، ومصنعي الإلكترونيات الاستهلاكية، والهيئات التنظيمية، وما إلى ذلك) في علامة تجارية لمنصة قوية، مع ترخيص للعلامات التجارية لمعدات الاستقبال، على غرار ما حدث مثلاً في المملكة المتحدة باعتماد العلامة التجارية Freeview لنظام DTTB. وإذا كانت متطلبات المواصفة متشددة جداً، فقد يكون من المفيد نقل المسؤولية عن المواصفات وضمان قابلية التشغيل البيني إلى هيئة تنسيق تضم أصحاب المصلحة ودوائر الصناعة. ويوصى جداً بإنشاء "فريق مهام" يضم جميع أصحاب المصلحة، مثل الهيئات التنظيمية وهيئة الوسائط ودوائر الصناعة ومشغلي شبكات البث ومركبي الهوائيات ومقدمي البرامج.

6.1.2 جوانب الترخيص – ترخيص تعدد الإرسال أو ترخيص البرامج

ثمة جانب آخر جوهري في تحديد مدى تقدم المنصة DTTB وهو تكوين تعدد الإرسالات. وفي بعض البلدان، يخصص تعدد الإرسالات مباشرة لمقدمي البرامج. ومن شأن ذلك تبسيط عملية التنظيم ويمكنه أيضاً أن يسمح بتعدد إرسال إحصائي أفضل، حيث يمكن للمشغل استمثال المحتوى ومعدل البيانات في الوقت نفسه.

ومما يؤخذ على هذا النهج هو أن أهم مقدمي البرامج فقط هم الذين يمكنهم النفاذ بسهولة إلى تعدد الإرسالات، مما قد يقلل بدوره من إمكانية ظهور خدمات جديدة ودخول مشغلين جدد. وعلى العكس من ذلك، بما أن التراخيص تمنح على أساس البرامج، قد تزداد الصعوبة التنظيمية، حيث يتعين تخصيص معدل البيانات والتشوير والبيانات المصاحبة بطريقة عادلة.

وثمة نموذج ثالث يتمثل في ترخيص تعدد الإرسالات لمنشآت مكرسة فقط لتشغيل هذه الإرسالات المتعددة. وتعمل هذه المنشآت بمثابة "وسيط" بين مقدمي البرامج ومشغلي شبكات البث. وهي تتعاقد مع مشغلي الشبكات لاستخدام البنية التحتية للإرسال وتبيع السعة المتاحة إلى مقدمي البرامج المهتمين. وقد يكون من الضروري تنظيم الطريقة التي يوزع بها مشغل تعدد الإرسال هذه السعة ويدير أي تعدد إرسال إحصائي لضمان معاملة جميع مقدمي البرامج على قدم المساواة.

ويمكن لأي عملية تحوّل من بث تماثلي إلى بث رقمي أن تحقق مزايا لدوائر صناعة البث، ولكن هذه المزايا تختلف من بلد لآخر تبعاً للظروف السائدة في السوق. وكمثال على ذلك، لم يكن بالمستطاع وقف البث التماثلي في فرنسا إلا بترخيص برنامج إضافي عند إدخال DTTB وآخر في نهاية عملية التحول. وعلى النقيض من ذلك، مكنت عملية التحول في المملكة المتحدة من استعمال قدرات إرسال أعلى وأساليب إرسال أعلى، مما أدى إلى زيادة السعة ومكن مشغلي تعدد الإرسال من إضافة المزيد من خدمات البرامج.

7.1.2 عملية التحول

يمثل التحول من البث التماثلي إلى البث الرقمي مرحلة حاسمة لإدخال النظام DTTB. وبصفة عامة، يمكن ملاحظة اتجاهين للتحول:

- فترة بث متآون أطول من أجل تيسير انتقال سلس للمواطن.
- فترة بث متآون أقصر لتمكين استخدام موارد الطيف بمزيد من الكفاءة وفي الوقت المناسب.

وفي بعض الحالات، وبعد تشغيل الخدمات الرقمية للأرض في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية، يتم ارتقاء سريع للمنشآت المحلية وما يترتب على ذلك من نجاح كبير في خدمات DTTB. وفي الوقت نفسه، ونظراً لنقص موارد الطيف، من المحتمل أن يتعذر تعزيز الشبكة (من حيث عدد البرامج بل ومن حيث مساحة المنطقة المشمولة) دون تحرير الطيف الذي تشغله خدمات التلفزيون التماثلي. لذلك، قد يكون هناك ضغط للاستعجال في تاريخ إيقاف البث التماثلي.

ومن مآخذ البث المتآون لفترة أطول هي التكاليف الإضافية المرتبطة بالإرسال المزدوج والحاجة إلى حماية التلفزيون التماثلي من التداخل أثناء الفترة الانتقالية. وبصفة عامة، يمكن للاستقبال التماثلي أن يعتمد على العديد من حالات ملء الفراغ التي قد يتعين تعديلها لتحرير الطيف من أجل البث DTTB. ولا يمكن تحقيق ذلك دون تكاليف مرتفعة في إعادة الهندسة. ففي فرنسا، على سبيل المثال، تم تمويل إعادة هندسة حالات ملء الفراغ هذه بفرض ضريبة على الوافدين الجدد.

ويحتوي التقرير ITU-R BT.2140 [2.2] على معلومات مستفيضة عن عملية التحول في كثير من بلدان العالم، ويتضمن إرشادات بشأن المشاكل الرئيسية والحلول الممكنة المرتبطة بعملية الانتقال.

وثمة المزيد من المعلومات عن الانتقال من البث التماثلي إلى البث الرقمي في كتيب قطاع تنمية الاتصالات [1.2].

8.1.2 خدمات النفاذ والخدمات المساعدة

من المزايا التي يتفوق بها النظام DTTB على نظام البث التلفزيوني التماثلي هو زيادة القدرة على توفير خدمات النفاذ. وهي تشمل:

- أشرطة صوت للغة ثانية (ولغات أخرى)؛
- تحسين النصوص الجارية، بما في ذلك بلغات متعددة؛
- الوصف السمعي؛
- الترجمة بلغة الإشارات.

ويمكن لكل من هذه المزايا أن يوفر خدمة هامة للمشاهدين المستبعدين عادة من جماهير التلفزيون، ولكن كلاً منها يتطلب سعة إضافية للبيانات يتعين التخطيط لها عند وضع ميزانيات بيانات تعدد الإرسال. ويتعين النظر في وسائل النفاذ إلى هذه الخدمات (باختيار بسيط في جهاز التحكم عن بعد، مثلاً)، ولكن يتعين أن تؤخذ هذه الوظيفة في الاعتبار عند تحديد جهاز فك التشفير المستخدم.

وبالإضافة إلى خدمات النفاذ هذه، قد ترغب هيئات البث أيضاً في تقديم خدمات (مساعدة) أخرى تتطلب هي أيضاً سعة إضافية للبيانات، مثل أشرطة الصوت الخالية من التعليق للأحداث الرياضية، أو خدمات البيانات.

وثمة المزيد من المعلومات في الفصل 14 من هذا الكتيب عن جوانب إمكانية نفاذ المعاقين في أنظمة DTTB.

9.1.2 اعتبارات أخرى

يتطلب النجاح في إدخال النظام DTTB بيئة تنظيمية مناسبة تحفز نشر التلفزيون التجاري. وإذا كان التلفزيون الرقمي للأرض يستهدف أساساً أجهزة التلفزيون الثانية أو الثالثة، فقد ينطوي ذلك على صعوبة. إذ يتم تمويل التلفزيون التجاري عادة عن طريق الإعلان، حيث يرتبط مستوى الإعلان مباشرة بحصته من السوق. ولكن في العديد من البلدان يقتصر قياس حصة السوق من المشاهدين على جهاز التلفزيون الأول. وينبغي أن يؤخذ ذلك في الاعتبار عند إدخال التلفزيون الرقمي للأرض في سوق تهيمن فيها المنصات الساتلية والكبلية، كما هو الحال في ألمانيا مثلاً.

وخلاصة القول، لا يزال القرار لتشجيع المنافسة بين منصات التوزيع أو تعزيز نشر نظام DTTB قراراً سياسياً. ولا بد من الإشارة إلى أن القرار في جميع البلدان تقريباً التي أطلقت نظام DTTB كان قراراً سياسياً في المقام الأول.

2.2 تكاليف الشبكات والتشكيل

من الحوافز الممكنة لحض المشغلين القائمين على التحول إلى نظام DTTB هو خفض تكاليف الشبكات.

وبالنسبة للتلفزيون التماثلي، ليس من الممكن مزامنة اثنين من المرسلات في نفس التردد. ولا بد من استكمال كل جهاز إرسال عالي القدرة بمرسلات طاقة منخفضة (حشوات الفراغ) في ترددات أخرى.

ويمكن استعمال الشبكات الوحيدة التردد (SFN) لتشغيل نظام DTTB. ويمكنها توسيع التغطية بما يتجاوز تغطية المرسلات التي تعمل بمفردها دون استخدام مرسلات وموارد طيف إضافية. ففي ألمانيا مثلاً، تم إيقاف جميع حشوات الفراغ عند الانتهاء من

عملية التحول. ومع ذلك، وحيثما كان الاستقبال الثابت على الأسطحة مهيمناً، قد يحتاج مستخدمو حشوات الفراغ إلى استبدال أو إعادة توجيه الهوائيات القائمة لديهم.

ويتوقف مدى المنطقة التي يمكن أن تغطيها شبكة SFN بشكل حاسم على النمط المختار من البث DTTB. وكقاعدة عامة، كلما كان النمط أكثر متانة كانت البيانات التي يمكن نقلها أقل وكان حجم الشبكة SFN أكبر. ومقاس فاصل الحراسة أيضاً عامل هام. ففي ألمانيا، تم اختيار نمط قوي نوعاً ما مع فاصل حراسة واسع (16-QAM 2/3 فاصل الحراسة 1/4) من أجل استيعاب شبكات SFN واسعة. أما في فرنسا، فقد تم اختيار نمط كبير السعة مع فاصل حراسة ضيق (64-QAM 2/3 فاصل الحراسة 1/32). وهذا يقلل من إمكانية استخدام شبكات SFN واسعة.

ويتحدد أيضاً الحجم الأقصى المرغوب فيه لشبكة SFN بالمساحات المتوخاة التي يراد أن تغطيها. وبما أن جميع المرسلات في شبكة SFN يجب أن تحمل تدفقات بيانات متطابقة، فلا يمكن لشبكة SFN أن تتجاوز نطاق أصغر مساحة متوخاة للبرامج المنفذة.

ومع ذلك، يمكن من الناحية النظرية نشر شبكة SFN فوق أي مساحة كبيرة اعتباطياً شريطة أن تكون الشبكة كثيفة بما فيه الكفاية، مع مراعاة المتانة المختارة وفاصل الحراسة. ومع ذلك، عندما يسعى مشغلو شبكات البث خفض تكاليف نشر هذه الشبكات، ينبغي النظر بعناية في الآثار المترتبة على تكلفة الشبكة الأكثر كثافة.

ومن العوامل الإضافية التي تؤدي إلى ارتفاع تكاليف الشبكة هو عدد الطبقات التي ينبغي توفيرها، لا سيما إذا لم تكن جزءاً من خطة الشبكة الأصلية (كتلك المخطط لها في المؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية لعام 2006). وبطبيعة الحال، فإن بعض التطور في الخطة أمر ممكن، ولكن أي رغبة في زيادة عدد الطبقات تؤدي حتماً إلى المزيد من الشبكات الخلوية (بسبب الحاجة إلى حماية الخدمات في المناطق المجاورة) التي تصحبها زيادة في التكلفة.

3.2 اعتماد نظام DTTB يضم تشكيلات شبكية مختلفة

يمثل البث DTTB، في العديد من البلدان، الوسيلة الرئيسية للتوزيع المجاني عبر الأثير، ولكن تكلفة نشر البنية التحتية مرتفعة للغاية. ولئن كان من واجب هيئات البث العامة تغطية البلد بأكمله فإن السوق هي التي تقرر مدى النشر بالنسبة للقنوات التجارية (وربما تحدد الهيئات التنظيمية قدراً أدنى مطلوباً من التغطية).

ومن وجهة نظر تجارية بحتة، قد يكون من المكلف جداً تغطية 100 في المائة من مساحة البلد أو سكانه. وقد يكون الدافع وراء التغطية على الصعيد الوطني حوافز تنظيمية: من قبيل منح التراخيص رهناً بحد أدنى من التغطية أو إيلاء الخدمات قدراً من الأولوية في شبكات التوزيع الكبلية شريطة أن تكون قابلة للاستقبال محلياً في نظام DTTB.

ففي فرنسا مثلاً، تعتمد نسبة 5 في المائة من السكان، الذين لا يشملهم البث DTTB، على منصة ساتلية، مما يؤدي إلى تكاليف مرتفعة جداً لسكان الريف، حيث إن تكلفة معدات الاستقبال الساتلي أعلى بخمسة أضعاف على الأقل من تكاليف الاستقبال DTTB.

4.2 تقاسم الطيف بين الخدمات الإذاعية وغير الإذاعية

عند التخطيط لنشر نظام DTTB، لا بد من إيلاء بعض الاعتبار لسيناريوهات التعايش الممكنة للخدمات غير الإذاعية مع الخدمات الإذاعية. وفي أوروبا، خلافاً لما هو الحال في الولايات المتحدة، لم يتم تناول المكاسب الرقمية إلا بعد إدخال DTTB مع بضع عواقب غير مواتية:

- تواجه أجهزة الاستقبال القائمة تداخلاً شديداً ما لم تتخذ تدابير كافية (ما يسمى "تقنيات التخفيف") للحد منها. وتقنيات التخفيف هذه لها مآخذ قد تفوق فوائد استخدام نطاق تردد أدنى. ولا بد من (إعادة) تحديد مواصفات المستقبلات الملائمة، من قبيل النطاق الدينامي ونسب الحماية في القنوات المجاورة، لمراعاة وجود الخدمات غير الإذاعية في المدى الترددي المصمم للمستقبِل.
- يحتاج الأمر إلى جهود وتكاليف كبيرة لإعادة تخطيط الشبكات القائمة (بما في ذلك الاحتياجات المحتملة للتنسيق الدولي) ولإعادة هندسة البنية الأساسية للشبكات القائمة.

- تضاؤل فرص المستعملين الآخرين للطيف "المشذر". إذ يُستخدم الطيف بين إرسالات DTTB بالفعل في كثير من البلدان من جانب الخدمات المساعدة للإذاعة (مثل الميكروفونات الراديوية). وتبحث بعض الإدارات أيضاً في استعمال الطيف المشذر لأجهزة "النطاقات البيضاء". ويؤدي خفض الطيف المتاح لاستعمال البث DTTB إلى تخفيض غير متناسب في الطيف لهذه الخدمات، وقد ينخفض إلى النقطة التي لا يمكن فيها استغلاله سواء لإنتاج البرامج أم لأجهزة النطاقات البيضاء.

ومن ثم فإن هناك مزايا واضحة في اتخاذ القرارات بشأن أي مكاسب رقمية مقترحة قبل اعتماد نظام DTTB.

5.2 الخلاصة

خلاصة القول هو أن إدخال النظام DTTB يعتمد أساساً على القرارات السياسية. ومن الضروري توضيح وتقييم مختلف سيناريوهات اعتماد النظام DTTB وتوضيح الدور الذي يعتزم أن يؤديه البث DTTB في سوق معينة.

وينبغي، حيثما أمكن، اتخاذ قرار بشأن إمكانية تقاسم الطيف مع الخدمات الأخرى أو تحرير الطيف لخدمات أخرى قبل إدخال نظام DTTB.

بيبليوغرافيا للفصل 2

[1.2] **قطاع تنمية الاتصالات**، *المبادئ التوجيهية للانتقال من خدمة التلفزيون التماثلية إلى نظيرتها الرقمية*، يناير 2014، https://www.itu.int/en/ITU-D/Regional-Presence/AsiaPacific/Documents/AtoDguidelinesV3.pdf

[2.2] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2140، *الانتقال من الإذاعة التماثلية للأرض إلى نظيرتها الرقمية*.

الفصل 3

متطلبات تنفيذ شبكات البث التلفزيوني الرقمي للأرض

1.3 مقدمة

يمكن، بوجه عام، تجميع المتطلبات التي يتعين تحديدها لتنفيذ شبكات البث الرقمي للأرض في ثلاثة أجزاء:

متطلبات المستعمل والخدمة. وهي تشمل ما يلي:

- جودة الصورة (عادية الوضوح (SD)، عالية الوضوح (HD)، فائقة الوضوح (UHD)، ...)
- جودة الصوت (عدد القنوات السمعية ...)
- نمط وعدد الخدمات الإضافية (دليل البرامج الإلكتروني (EPG)، خدمات النفاذ ...)
- أسلوب الاستقبال (ثابت، محمول، متنقل)
- عدد البرامج (فيديو + صوت وبيانات مصاحبة)
- المنطقة المستهدفة/التغطية السكانية (النسبة المئوية من المساحة الوطنية أو من عدد السكان، والالتزام الممكن من حيث مهمة الخدمة العامة أو الأمن القومي)
- تيسر الخدمة (موقع الاستقبال المستهدف واحتمالات الوقت)

متطلبات الطيف. وهي تشمل ما يلي:

- أسلوب استعمال الطيف (شبكة متعددة الترددات (MFN) أو شبكة وحيدة التردد (SFN))
- نطاقات التردد المستهدفة (النطاق III وIV وV) ومدى الطيف اللازم لتنفيذ شبكات DTTB التي تلبي جميع المتطلبات الواردة أعلاه.

متطلبات المستقبِل. وهي تشمل ما يلي:

- الحد الأدنى من المواصفات التقنية لاستقبال برامج DTTB (الحساسية، الانتقائية، مدى التردد التشغيلي، وما إلى ذلك).
- خصائص التوصيلية وإمدادات الطاقة الممكنة للهوائي النشط من خلال المغذي.
- البرمجية الوسيطة لنظام النطاق العريض الإذاعي الهجين المعتمد.
- مقدرات النفاذ المشروط.

2.3 متطلبات المستعملين والخدمات

1.2.3 جودة الصورة والصوت

تُستخدم استبانة الصورة التلفزيونية لأمداء البث DTTB من الوضوح العادي (SD) إلى الوضوح الفائق (UHD). وكانت عمليات التنفيذ الأولى من DTTB توفر بالدرجة الأولى الصور بوضوح عادي والتي لا تختلف عن صور البث PAL (الخط المتناوب للطور) وSECAM (التتابع اللوني مع ذاكرة) التماثلية الجيدة. ثم بدأ التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) في الانتشار عندما أصبحت شاشات العرض الكبيرة المسطحة متاحة على نطاق واسع وانخفضت أسعارها إلى حد كبير. وبمرور الوقت، أصبحت الشاشات المسطحة الأكبر بوضوح 4k (تتجاوز 55 بوصة) متاحة أيضاً على نطاق واسع، وما فتئت أسعارها تتناقص باستمرار.

ومن حيث الصوت، تتراوح الجودة من سماع ستيريو (عبر قناتين) إلى سماع محيطي (5.1 قنوات).

ويتوقف معدل البتات المطلوب لبرنامج سمعي مرئي وحيد بمستوى معين من جودة الصورة والصوت على تقنيات الانضغاط المستخدمة.

وتستند الأرقام الواردة في الجداول من 1.3 إلى 4.3 أدناه إلى معلومات تفصيلية مبينة في المعيارين EBU TR036 [1.3] وEBU TR015 [2.3]. وهي مرتبطة بتقنية انضغاط المحتوى السمعي المرئي للنطاق الأساسي، ومن ثم فهي مستقلة عن نظام الإرسال DTTB.

ويفترض لكل برنامج معدل بتات قدره 800 kbit/s للبيانات السمعية والبيانات المصاحبة، وهو مدرج في الجداول الواردة أدناه. وتظهر الأرقام بشأن الفيديو فقط (معدل بتات الفيديو)، وتلك التي تتضمن معدل البتات المطلوب للبيانات الصوتية والبيانات المصاحبة، في صفوف منفصلة في كل جدول أدناه.

ويفترض أيضاً أن تكون مكاسب تعدد الإرسال الإحصائي لأربعة برامج (أو أكثر) عادة بنسبة 20% في المتوسط.[6] ويطبق ذلك لاشتقاق معدلات بتات تعدد الإرسال الإحصائي بتقسيم الزمن (statmux) من معدل البتات بدون تعدد الإرسال الإحصائي بتقسيم الزمن في الجداول الواردة أدناه.

ملاحظة – القيم المبينة في الجداول من 1.3 إلى 4.3 أدناه نموذجية ولكنها إرشادية. وقد تكون هناك فوارق بين هذه القيم وما يستخدم أو سوف يستخدم في الشبكات على صعيد الواقع. وتعتمد معدلات البيانات الفعلية التي تستخدمها فرادى هيئات الإذاعة على مفاضلة بين اقتصاديات السعة المتاحة في تعدد إرسال ما، بما في ذلك عدد البرامج التي يتعين توفرها وجودة الصورة المرغوبة. وستكون هناك أيضاً فوارق بسبب أداء الكودكات الفيديوية وقت التنفيذ. وعلاوة على ذلك، قد يتفاوت معدل البتات الإضافي للبيانات السمعية والبيانات المصاحبة تبعاً لجودة الصوت المطلوبة والبيانات المصاحبة.

الجدول 1.3

معدل البتات المقدر لكل برنامج لنسق عادي الوضوح (SD)

كل القيم بوحدة Mbits/s	SD، H.264 بدون statmux	SD، H.264 مع statmux (4 برامج أو أكثر/مجمع)	SD، HEVC بدون statmux	SD، HEVC مع statmux (4 برامج أو أكثر/مجمع)
معدل بتات الفيديو	[1]1,875	[2]1,5	لا ينطبق[3]	لا ينطبق
معدل بتات الفيديو +0.8 Mbits/s صوت وبيانات	2,675	2,3	لا ينطبق	لا ينطبق

الملاحظة 1 – EBU TR036 [1.3]، القسم 1.2:

SD MPEG2: 3 Mbits/s

SD MPEG2 فيديو بدون statmux (إلغاء نقص بنسبة 20%): (1-0,2)/3 = 3,75 Mbits/s

SD H.264 فيديو بدون statmux (50% نسبة إلى MPEG2): 1,875 Mbits/s

SD H.264 برنامج بدون statmux (0,8+) = 2,675 Mbits/s

الملاحظة 2 – 20% كسب إزاء القيمة الأسبق مع statmux.

الملاحظة 3 – ليس من المزمع وجود تشفير فيديوي عالي الكفاءة (HEVC) بناء على خدمات التلفزيون عادي الوضوح. انظر البند 14.5 في المعيار ETSI TS 101 154 V2.2.1 (06/2015) [6.3] للاطلاع على "المواصفات المشتركة لجميع مستقبلات–مفككات التشفير المتكاملة HEVC IRDs وتدفقات البتات".

6 الكسب بنسبة 20% هو الكسب المتوسط بين 15% (لأربعة برامج) و25% (لعشرة برامج) المبين في الجدول 5.3.

الجدول 2.3

معدل البتات المقدر لكل برنامج من أجل نسق HD 720p/50 أو 1080i/25

كل القيم بوحدة Mbits/s	HD 720p/50 أو 1080i/25، H.264 بدون statmux	HD 720p/50 أو 1080i/25، H.264 مع statmux (4 برامج أو أكثر/مجمع)	HD 720p/50 أو 1080i/25، HEVC بدون statmux	HD 720p/50 أو 1080i/25، HEVC مع statmux (4 برامج أو أكثر/مجمع)
معدل بتات الفيديو	[1]6	[2]4,8	[3]3,5-2,8	2,8-2,3
معدل بتات الفيديو +0.8 Mbits/s صوت وبيانات	6,8	5,6	4,3-3,6	3,5-2,9

الملاحظة 1 – EBU TR036 [1.3] الجدول 1 الخلية الأولى. يلاحظ أن EBU TR015 [2.3] بتاريخ 2012 يشير إلى توقع 7 Mbits/s بعد بضع سنوات. وهذا يعني أن أداء معدات تشفير H.264/AVC قد تحسّن أكثر مما كان متوقعاً منذ 2012.

الملاحظة 2 – 20% كسب إزاء الرقم الأسبق مع statmux.

الملاحظة 3 – في EBU TR036 [1.3]، الجدول 1 الخلية الثانية (النهج 1) يشير إلى معدل بتات فيديو 3,5 من أجل 720p/50 بينما يشير التفسير أسفل الجدول 3 (النهج 2) إلى معدل بتات فيديو 2,8 Mbits/s من أجل 1080i/25 HD (الذي يتطلب معدل بتات مماثلة كما في 720p/50). ويجد هذا المدى الواسع تفسيره في اختلاف جيل المشفرات في كل من النهجين. وتشير التوصية ITU-R BT.2073-0 [3.3] في الجدول 1a.1 إلى الحد الأقصى المطلوب لمعدل البتات الثابت للمتواليات الحرجة بمقدار 10-15 Mbits/s.

الجدول 3.3

معدل البتات المقدر لكل برنامج من أجل نسق HD 1080p/50

كل القيم بوحدة Mbits/s	HD 1080p/50 H.264 بدون statmux	HD 1080p/50 H.264 مع statmux (4 برامج أو أكثر/مجمع)	HD 1080p/50 HEVC بدون statmux	HD 1080p/50 HEVC مع statmux (4 برامج أو أكثر/مجمع)
معدل بتات الفيديو	[1]8-6	[2]6,4-4,8	[3]3,6-3,5	[3]3,0-2,8
معدل بتات الفيديو +0.8 Mbits/s سمعية وبيانات	8,8-6,8	7,2-5,6	[4]4,4-4,3	[5]3,8-3,6

الملاحظة 1 – يشير EBU TR015 [2.3] بتاريخ 2012 إلى توقع 10 Mbits/s بعد بضع سنوات. ولكن، كما جاء في الجدول 2.3 أعلاه لحالة HD 720p/50، فقد تحسّن أداء معدات تشفير H.264/AVC أكثر مما كان متوقعاً منذ 2012، لذلك يشار إلى مدى 6 إلى 8 Mbits/s.

الملاحظة 2 – 20% كسب إزاء الرقم الأسبق مع statmux.

الملاحظة 3 – الأرقام من الخلية الأدنى – 0,8 Mbits/s.

الملاحظة 4 – EBU TR036 [1.3] الجدول 5 الخلية الثانية. لأغراض المقارنة تشير التوصية ITU-R BT.2073-0 [3.3] في الجدول 1a.1 إلى الحد الأقصى المطلوب لمعدل البتات الثابت للمتواليات الحرجة بمقدار 10-15 Mbits/s.

الملاحظة 5 – EBU TR036 [1.3] الجدول 5 الخلية الثانية.

الجدول 4.3

الحد الأعلى والأدنى لمجموع معدل البيانات المقدر لكل برنامج من أجل نسق UHD 2160p/50

كل القيم بوحدة Mbits/s[1]	UHD 2160p/50 بدون HEVC statmux	UHD 2160p/50 مع HEVC statmux
الحد الأدنى	14,8-10,4	12,0-9,25
الحد الأعلى	[2]22,5	[3]20,7

الملاحظة 1 – جميع القيم مأخوذة من EBU TR036 [1.3] الجدول 8.

الملاحظة 2 – لأغراض المقارنة تشير التوصية ITU-R BT.2073-0 [3.3] في الجدول 1a.1 إلى الحد الأقصى المطلوب لمعدل البتات الثابت للمتواليات الحرجة بمقدار 30-40 Mbits/s.

الملاحظة 3 – مع كسب statmux قدره 8% لبرنامجين في تعدد الإرسال.

2.2.3 الصوت المصاحب والبيانات المصاحبة

الصوت: 0,2 إلى 0,5 Mbits/s (0,25 Mbits/s مستخدمة في الجداول الواردة أعلاه) – تبعاً لعدد القنوات السمعية (ستيريو/صوت محيطي/متعدد اللغات)؛

معلومات الخدمة ودليل البرامج الإلكتروني (EPG): 0,1 إلى 0,3 Mbits/s (0,15 Mbits/s مستخدمة في الجداول الواردة أعلاه)؛

التفاعلية/النص التلفزيوني: 0,1 إلى 1,0 Mbits/s (0,2 Mbits/s مستخدمة في الجداول الواردة أعلاه)؛

خدمات النفاذ (نصوص جارية/وصف سمعي/نصوص منطوقة): 0,2 Mbits/s.

خدمات النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض:

التوصية ITU-R BT.2075 [7.3] تنظر في ثلاثة من الأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB): HbbTV وHybridcast ومنصة تلفزيون ذكية قائمة على لغة الوسم HTML5.

وفيما يتعلق بمعدل البتات المطلوب لخدمات IBB في تعدد الإرسال في التلفزيون الرقمي للأرض (DTT)، فإن ذلك يعتمد على التخصيص من جانب هيئة البث للمحتوى IBB الذي يتعين أن يرسل عبر DTT والمحتوى الذي يتعين أن يرسل عبر وصلة النطاق العريض (الإنترنت).

وفي الأحوال التي تكون فيها توصيلات الإنترنت سريعة وموثوق بها، من المرجح أن يتم توفير معظم محتوى IBB عبر الإنترنت. وفي هذه الحالة كل ما يلزم هو الحصول على عروض IBB موصولة بالخدمات المناسبة (في HbbTV مثلاً يقابل ذلك بروز "الزر الأحمر" الصحيح عند كل برنامج تلفزيوني). ويتوقف معدل البيانات المطلوب في تعدد الإرسال DTT على عدد تطبيقات النظام IBB في العرض. ولدى أخذ HbbTV كمثال، يحتاج الأمر إلى 2 kbits/s لتطبيق واحد فقط. وبما أن هناك عدة خدمات تلفزيونية في تعدد إرسال DTT ما وثمة عدة تطبيقات مقترحة في كل خدمة، فمن المرجح أن يحتاج الأمر إلى عدة عشرات kbits/s في تعدد إرسال DTT واحد.

وفي الأحوال التي تكون فيها توصيلات الإنترنت بطيئة وحيث تتوفر سعة تعدد إرسال احتياطي، يمكن إرسال تطبيقات النظام IBB عبر قناة البث DTT نفسها. وفي مثال HbbTV، يتم ذلك باستخدام دوامة بيانات الأوامر والتحكم في وسائط التخزين الرقمي (DSM-CC)؛ انظر المواصفة HbbTV 2.0 [8.3]. وفي هذه الحالة، قد يحتاج الأمر إلى عدة Mbit/s لعرض جذاب، يشتمل على صور مثلاً، والتحميل في وقت معقول. وتتراوح معدلات البيانات النموذجية لاستخدام من هذا القبيل في المدى من 500 kbits/s إلى 2 Mbits/s.

لمزيد من التفصيل عن الأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض، انظر الفصل 10.

3.2.3 البرامج الراديوية الصوتية القائمة بذاتها (راديو الصوت عبر النظام DTTB)

يمكن استعمال أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) لإرسال البرامج الراديوية الصوتية القائمة بذاتها كجزء من خدمات تعدد الإرسال. وبالإضافة إلى البيانات المخصصة للمكونة الصوتية في هذه البرامج، قد يحتاج الأمر إلى قدر من معدل البيانات من أجل نص وصفي (مثلاً) يعرض على الشاشة أثناء التوالف مع الخدمة الصوتية. ويمكن تحقيق ذلك بمجرد 5-10 kbit/s.

ويتوقف معدل البيانات اللازم للمكونة الصوتية على نظام التشفير المستخدم، وكذلك على النسق الصوتي المختار. مثال ذلك، يمكن تنفيذ برنامج أحادي بتشفير AC3 بمعدل 64 kbit/s أو أقل، بينما قد يتطلب برنامج متعدد القنوات 300 kbit/s أو أكثر.

وكانت أنظمة DTTB الأقدم تستخدم تشفير الطبقة MPEG 2، ومن ثم كانت تتطلب معدلات بيانات أعلى للخدمات الصوتية: يمكن عموماً استخدام 160 kbit/s في برنامج ستيريو.

4.2.3 أسلوب الاستقبال

ثمة أربعة أنماط استقبال ممكنة في نظام DTTB:

- استقبال هوائي ثابت على السطح
- استقبال داخلي/خارجي محمول[7]
- استقبال محمول باليد
- استقبال متنقل

ويتوقف اشتراط أي من أنماط الاستقبال هذه على الوضع القائم في البلد. ففي البلدان التي لا يزال يستخدم فيها الاستقبال الثابت على السطح على نطاق واسع، يجري عادة تنفيذ النظام DTTB لهذا النمط من الاستقبال. وفي البلدان التي لديها معدلات تغلغل كبيرة في السواتل والكبلات، غالباً ما يقع الخيار على وسائط الاستقبال المحمولة والمتنقلة.

ويقدم الفصل 4 المعلمات التقنية لنظام DTTB المناسبة لكل من أنماط الاستقبال هذه.

5.2.3 عدد البرامج السمعية المرئية

يتوقف عدد البرامج السمعية المرئية التي يمكن استيعابها في قناة واحدة بتردد 6 أو 7 أو 8 MHz على معدل البتات المطلوب لبرنامج وحيد (موضح في القسم 1.2.3) وسعة القناة التي تتوقف على نظام التشكيل المستخدم وما إذا كان تعدد الإرسال الإحصائي مستخدم أم لا.

ويرد في الملحق 2 بالفصل 4 وصف لعدد من سيناريوهات DTTB القائمة على مختلف أنظمة DTTB. وباستخدام هذه السيناريوهات، يمكن حساب عدد برامج الوضوح العادي والعالي والفائق التي يمكن استيعابها في تعدد الإرسال.

وتوخياً للوضوح، تستخدم أرقام كسب تعدد الإرسال الإحصائي المبلغ عنها في المرجع [1.3]، وهي مستنسخة في الجدول 5.3. وتعطى قيمة معينة لكل عدد من البرامج لكل تعدد إرسال. وهي أكثر تفصيلاً من القيم التمثيلية المستخدمة في البند 1.2.3. وينبغي ألا يغرب عن البال أن هذه الأرقام هي قيم متوسطة وليدة التجربة وأنها قد تختلف قليلاً من حالة لأخرى.

---

7 ملاحظة بشأن "الاستقبال الداخلي الثابت": في البلدان التي تتبع مبدأ التخطيط على أساس "المحمول الخارجي" (يسمى أيضاً RPC2 في خطة التردد GE06 لدى الاتحاد) يمكن استقبال إشارة التلفزيون داخل المباني ضمن مساحة كبيرة نسبياً حول مرسل التلفزيون. وهكذا، يمكن تشغيل أجهزة فك التشفير الثابتة وأجهزة التلفزيون ذات الهوائيات الداخلية الصغيرة الموصولة بجهاز استقبال DTTB. وألمانيا مثال على ذلك، حيث تَستخدم (أو يمكن أن تَستخدم) جميع الأسر في التجمعات الحضرية هوائياً داخلياً لاستقبال DTTB، موصولاً بشكل دائم بأجهزة فك التشفير الثابتة لديها أو أجهزة التلفزيون (ذات الشاشة الكبيرة عموماً).

الجدول 5.3

كسب تعدد الإرسال الإحصائي كدالة لعدد البرامج لكل تعدد إرسال
(مقتبس من المرجع [1.3])

عدد البرامج لكل تعدد إرسال	كسب تعدد الإرسال الإحصائي (%)
1	0
2	8
3	12
4	15
5	17,5
6	19
7	21
8	23
9	24
10	25

ويبين الجدول 6.3 النتائج المتعلقة بعدد من أمثلة السيناريوهات الموصوفة من حيث معدل البيانات التي يوفرها نظام DTTB في قناة بتردد 6 أو 7 أو 8 MHz. ويمكن الاطلاع على أرقام محددة لمعدلات البيانات لأنظمة DTTB المختلفة في الملحق 2 بالفصل 4.

ويلاحظ أن أعداد البرامج في هذا الجدول تتضمن كسوراً عشرية، علماً بأنه لا يمكن في الواقع العملي سوى استيعاب عدد صحيح من البرامج. كما تم تضمين مكاسب تعدد الإرسال الإحصائية استناداً إلى الجدول 5.3.

ويلاحظ أن النتائج من أجل الاستبانة 720p/50 يفترض أن تكون مماثلة لنتائج الاستبانة 1080p/50.

الجدول 6.3

عدد البرامج في قناة بتردد 6 أو 7 أو 8 MHz

تبعاً لمعدل البيانات المعروض في أمثلة سيناريوهات تنفيذ النظام DTTB

السيناريو	1	2	3	4
	(مثال DVB-T2، استقبال ثابت على السطح باستعمال قناة 8 MHz وتخطيط MFN – انظر 1.1.2.A4 من الملحق 2 للفصل 4)	(مثال ISDB-T، استقبال ثابت على السطح باستعمال جزء (طبقة) من قناة 6 MHz – انظر 2.2.A4 من الملحق 2 للفصل 4)	(مثال DTMB، استقبال ثابت على السطح باستعمال قناة 8 MHz وتخطيط MFN – انظر 1.3.2.A4 من الملحق 2 للفصل 4)	(مثال ATSC، استقبال ثابت على السطح باستعمال قناة 6 MHz – انظر 4.2.A4 من الملحق 2 للفصل 4)
معدل البيانات	Mbit/s 40,2	Mbit/s 16,85	Mbit/s 32,486	Mbit/s 19,39
SDTV H.264 statmux	18,2	7,4	14,7	8,6
HDTV 720p/50 أو 1080i/25 H.264 statmux	7,3	2,7	5,6	3,2
HDTV 1080p/50 H.264 statmux	7,3-5,4	2,7-2,1	5,6-4,3	3,2-2,4
HDTV 720p/50 أو 1080i/25 HEVC statmux	13,9-11,7	5,4-4,5	11,2-9,4	6,3-5,3
HDTV 1080p/50 HEVC statmux	11,7-11,5	4,5-4,4	9,4-9,2	5,3-5,1
UHDTV 2160p/50 HEVC statmux كحد أقصى	4,2-2,9	1,5-1,1	3,3-2,3	1,7-1,2
UHDTV 2160p/50 HEVC statmux كحد أدنى	1,7	0,7	1,4	0,8

ملاحظة – الغرض من الجدول الوارد أعلاه هو مجرد بيان كيفية اشتقاق عدد البرامج التي يمكن تقديمها بحسب أمثلة معدلات البيانات. وتشير معدلات بيانات الإرسال المختارة إلى عروض نطاقات مختلفة، والأهم من ذلك إلى مستويات مختلفة من المتانة (مثل مخططات مختلفة للحماية من الأخطاء). ولذلك، ينبغي ألا يستخدم الجدول لمقارنة أداء أنظمة DTTB من حيث معدلات البيانات المعروضة. لمزيد من التفصيل، انظر الملحق 2 بالفصل 4.

6.2.3 التغطية المستهدفة

إن التغطية المستهدفة، كما ذكر في الفصل 2، هي مسألة تنظيمية واقتصادية بالنسبة للبلد الذي ينفذ شبكات DTTB. وفي بعض البلدان، تفرض التزامات الخدمة العامة تغطية شاملة (تقترب من 100%) على الإقليم أو السكان. وفي بلدان أخرى، أو لأغراض البث التجاري، يمكن تحديد قدر أقل من التغطية. وتقابل التغطية المستهدفة المحددة منطقة خدمة البث المعتزمة. ويتناول الفصل 4 حماية منطقة الخدمة هذه.

7.2.3 توفر الاستقبال

يؤثر توفر الاستقبال المطلوب في المواقع وفي الوقت المحدد على مستويات إشارة التخطيط. وكلما ارتفع هدف التوفر ارتفعت اشتراطات الشبكة من حيث قدرة الإرسال ومتطلبات الطيف (وذلك لخفض مستويات التداخل على المدى القصير بين المرسلات الإذاعية البعيدة). وتتمثل القيم النمطية لتوفر الاستقبال بنسبة 95% بالنسبة لاستقبال ثابت على السطح واستقبال داخلي/خارجي محمول واستقبال في جهاز محمول باليد و99% بالنسبة لاستقبال متنقل. وقد تختار الهيئات الإذاعية أو التنظيمية قيماً أخرى لأسباب خاصة بها.

لمزيد من التفصيل، انظر البند 7.5.4 في الفصل 4.

3.3 المتطلبات من الطيف

يعبر عن المتطلبات من الطيف لشبكة DTTB من حيث مدى الطيف اللازم لتنفيذ الشبكة، وإن لم يستخدم كل الطيف في كل نقطة من الإقليم. ومرد ذلك هي الحاجة إلى منطقة عازلة حول مرسل ما حيث لا يمكن إعادة استعمال نفس تردد هذا المرسل في شبكة متعددة الترددات (MFN). وحتى لو كان أسلوب الشبكة وحيدة التردد (SFN) جذاباً لتحسين كفاءة الطيف الذي تقدمه، فإن هناك العديد من الحالات التي يكون فيها أسلوب MFN هو الخيار الأفضل أو الخيار العملي الوحيد. وهذا هو الحال مثلاً عندما لا يمكن أن يكون المحتوى متماثلاً عبر مساحات واسعة (إما بسبب تغيير المحتوى المحلي أو ببساطة بين جانبين من الحدود). وهي كذلك الحالة عندما تعتبر تكلفة شبكات SFN عالية جداً من حيث التنفيذ الفعال (حيث يحتاج الأمر إلى معدات خاصة إضافية وتخطيط دقيق جداً) أو من حيث تخفيض السعة بسبب الحاجة إلى فاصل حراسة أكبر لتنفيذ شبكات SFN كبيرة.

وفي عدد متزايد من البلدان، يجري اختيار نظام مختلط من شبكات MFN وSFN. ويتألف ذلك من تنفيذ "جزر" من شبكات MFN وSFN. ويتيح ذلك مفاضلة مفيدة بين قيد نقص السعة بسبب استخدام فواصل حراسة كبيرة وقيد خفض كفاءة الطيف نظراً لاستخدام شبكات MFN المعتادة.

ويقدم الفصل 4 شرحاً وافياً لأساليب شبكات MFN وSFN.

ويمكن أن يشمل المدى المطلوب من الطيف مدى الموجات المترية (VHF) (47-68 MHz و174-216 MHz في الولايات المتحدة مثلاً، و174-230 MHz في الإقليم 1) وكل أو جزء من مدى الموجات الديسيمترية (UHF) (470-862 MHz). وتتمثل الفوارق الرئيسية بين هذين المديين في خصائص الانتشار (أبعد في الموجات المترية (VHF) مما هو في الموجات الديسيمترية (UHF)) وأحجام الهوائيات المطلوبة (أكبر في الموجات المترية (VHF) مما هو في الموجات الديسيمترية (UHF)).

وبينما يركز هذا الكتيب على نطاقات الترددات دون 1 GHz، التي صممت لها أنظمة DTTB وخططت لها شبكات DTTB، جدير بالذكر أن هناك نطاقات أخرى موزعة أيضاً للإذاعة، من قبيل النطاق L، 452 1-492 1 MHz، المخطط لها في أوروبا من أجل الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض (T-DAB).

ويتعين مواءمة نطاق (نطاقات) الطيف المطلوب لتنفيذ نظام DTTB لأن ذلك يهيئ الظروف اللازمة لإنتاج معدات الإرسال والاستقبال في السوق بكميات كبيرة، مما يخفض أسعارها ويسمح في الوقت ذاته بتحسين الأداء.

وقد أجرى قطاع الاتصالات الراديوية استقصاءين بشأن الاحتياجات من الطيف للبث الإذاعي:

1) بين مايو 2012 ومارس 2014 للإقليم 1 وجمهورية إيران الإسلامية. ويقدم التقرير ITU-R BT.2302 [4.3] نتائج هذا الاستقصاء. واستناداً إلى هذا التقرير، يُستنتج أن ما لا يقل عن 28 قناة بعرض نطاق 8 MHz (224 MHz) في المدى 470-694/698 MHz مطلوبة لتلبية المتطلبات من الطيف للخدمة الإذاعية بالنسبة لمعظم الإدارات التي ردت على الاستقصاء. وقد تأكد ذلك من خلال عملية إعادة التخطيط التي أجريت في منطقة البث الإفريقي قبل المؤتمر WRC-15 (انظر الفصل 6).

2) بين ديسمبر 2014 ويوليو 2015 لجميع الدول الأعضاء في الاتحاد وأعضاء القطاعات. يقدم التقرير ITU-R BT.2387 [5.3] نتائج هذا الاستقصاء. ومن الردود على الاستقصاء، يلاحظ النقاط التالية:

(أ) هناك هجرة نحو الموجات الديسيمترية (UHF) من نطاقات الموجات المترية (VHF) I وII وIII من أجل تنفيذ النظام DTTB، ويعمد عدد كبير من البلدان إلى خفض الطيف الذي يشغله النظام DTTB في نطاقات الموجات الديسيمترية (UHF). ونتيجة لذلك، سيكون النطاق الذي يستعمله النظام DTTB أساساً بعد إيقاف البث التماثلي وإعادة تكديس القنوات ضمن 470–694/698 MHz؛

(ب) أشارت جميع البلدان تقريباً، التي تشغّل أو تخطط التشغيل نظام DTTB، إلى الرغبة في خدمات إذاعية جديدة ومعززة. والخدمة الجديدة التي تغلب الإشارة إليها هي التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) حيث يعمل معظم البلدان على تشغيلها أو تخطط لتنفيذها. والإقبال لا بأس به على التلفزيون UHDTV أيضاً في عدد من البلدان التي تختبر الأنظمة وتدرس المتطلبات. كما أُعرب عن الاهتمام أيضاً في التلفزيون ثلاثي الأبعاد وفي عدد من التحسينات في مجال الصوت والفيديو؛

(ج) تتقاسم غالبية البلدان نطاقات البث التلفزيوني لديها مع خدمات أولية أو ثانوية أخرى، على الرغم من أن عدد البلدان التي يوزع فيها الطيف للخدمات الأولية الأخرى ضمن ترددات التشغيل الدنيا والقصوى في الخدمة DTTB أقل بكثير، ولا سيما بعد أخذ إعادة التكديس في الاعتبار؛

(د) على الرغم من عدد البلدان التي أوقفت أو تعتزم إيقاف البث التماثلي، من المثير للاهتمام أن نلاحظ أن العديد منها ينظر بالفعل في الخيارات المستقبلية للمضي في تطوير DTTB، من قبيل التلفزيون HDTV وUHDTV؛

(هـ)يجري توفير خدمات DTTB على نطاق واسع في بعض البلدان.

4.3 المتطلبات المرتبطة بالمستقبلات

الخصائص التشغيلية والتقنية للمستقبِل DTTB (بما في ذلك أجهزة فك التشفير وأجهزة التلفزيون وهوائيات الاستقبال) ضرورية للاستقبال الكافي للخدمات.

وينبغي أن تستند المواصفات التقنية إلى سيناريو تنفيذ نظام DTTB المختار، من حيث حساسية مستقبِل DTTB.

كما ينبغي أن تستند الانتقائية ومدى التردد التشغيلي للمستقبل DTTB إلى التوزيعات الوطنية للطيف إلى خدمات DTTB وإلى الخدمات الأخرى في النطاقات المجاورة.

ويتطلب استعمال الهوائيات النشطة في البلدان التي يخطط فيها للاستقبال المتنقل والمحمول توفير الهوائي الخارجي بالقدرة عبر كبل الهوائي مباشرة من المستقبل.

ويتطلب توفر خدمات النطاق العريض الهجين على منصة DTTB تحديد قدرة وتوصيلية مناسبة للمستقبل DTTB إلى منصة النطاق العريض بالإضافة إلى قدرة وتوصيلية المستقبل بالمنصة الإذاعية.

ويتعين أيضاً تحديد قدرة المستقبل على تشغيل البرمجية المرتبطة بنظام النطاق العريض للإذاعة الهجينة في متطلبات المستقبِل.

ويقدم الفصل 13 "مستقبلات التلفزيون الرقمي" نظرة عامة تفصيلية على متطلبات المستقبل DTTB.

ويتطلب استعمال النفاذ المشروط لتوفير التلفزيون المدفوع على منصة DTT خصائص تقنية وتشغيلية إضافية لمستقبل DTTB. وتعالج جوانب النفاذ المشروط بمزيد من التفصيل في الفصل 11 "النفاذ المشروط وحماية المحتوى في البث التلفزيوني الرقمي".

بيبليوغرافيا للفصل 3

[1.3] **EBU** Tr036, TV programme accommodation in a DVB-T2 multiplex for (U)HDTV with HEVC video coding, Technical report, version 1.0, Geneva March 2016.

[2.3] **EBU** Tr015, Defining Spectrum Requirements of Broadcasting in the UHF Band, July 2012.

[3.3] التوصية **ITU-R** BT.2073-0 – استعمال معيار التشفير الفيديوي عالي الكفاءة (HEVC) من أجل بث التلفزيون فائق الوضوح وعالي الوضوح، فبراير 2015.

[4.3] التقرير **ITU-R** BT.2302-0 – متطلبات الإذاعة التلفزيونية للأرض من الطيف في النطاق UHF في الإقليم 1 وجمهورية إيران الإسلامية، أبريل 2014.

[5.3] التقرير **ITU-R** BT.2387-0 – متطلبات الطيف/التردد للنطاقات الموزعة للإذاعة على أساس أولي، يوليو 2015.

[6.3] **ETSI** Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream, TS 101 154, V2.2.1, 06/2015.

[7.3] التوصية **ITU-R** BT.2075 – النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض.

[8.3] **HbbTV Association** HbbTV 2.0 Specification, 01/05/2015.

الفصل 4

تخطيط الشبكات الإذاعية

1.4 شبكات التلفزيون الرقمي للأرض

يتعين توزيع إشارات البث DTTB المشفرة بين الأستوديو هات ومراكز التشفير/تعدد الإرسال، ومن ثم إلى مواقع المرسلات (شبكات "التوزيع الأولي"). وكثيراً ما توزع هذه الإشارات كتدفقات نقل MPEG-2 أو MPEG-4، على الرغم من أنها يمكن أن تتطور في المستقبَل إلى تدفقات النقل ITU-T H.265 (HEVC) أو وصلات بروتوكول الإنترنت. ويمكن توفير دارات التوزيع هذه من جانب هيئة الإذاعة أو مشغل الاتصالات الذي يوفر توصيلية لمسافات طويلة. ويتوقف قرار اختيار أي من هذه على اعتبارات اقتصادية و/أو تنظيمية.

والخيارات الممكنة للتقنية التي يتعين استخدامها في شبكات التوزيع هي الألياف البصرية والكبلات المتحدة المحور والسواتل والموجات الصغرية والأزواج المفتولة بواسطة تقنيات التراتب الرقمي متقارب التزامن (PDH) أو تراتب رقمي متزامن – أسلوب نقل لا متزامن (SDH ATM) أو إذاعة فيديوية رقمية (DVB) أو بروتوكول الإنترنت (IP). وبطبيعة الحال، يمكن لأي شبكة فعلية أن تستخدم أي توليفة من هذه التقنيات. ويجب التحكم في توقيت التوزيع للتأكد من أنه لا يحفز الارتعاش في أجهزة فك التشفير، ولضمان تزامن مستقر للمرسلات المتعددة وأجهزة التشكيل. وقد أُعدت الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB) المعايير لنقل إشارات MPEG-2 أو MPEG-4 في شبكات التوزيع الأولية. وثمة المزيد من الإرشادات في المعيار ETSI TR 101 200 [1.4].

وترد في الفصل 7 اعتبارات أخرى بشأن الجودة المطلوبة لشبكات التوزيع الأولية هذه.

وتحمل شبكة "التوزيع الثانوي" الإشارات الرقمية من شبكات التوزيع الأولية إلى أجهزة التلفزيون. وتتألف هذه الشبكات من توليفة من المرسلات والمكررات (حشوات الفراغ) التي تعمل في قدرات تتراوح من عشرات الكيلوواط إلى بضعة واطات فقط. وبوجه عام، يمكن للتغطية الوطنية القائمة على استخدام البنية التحتية للإذاعة للأرض أن تحقق تغطية نسبة عالية من السكان. وتشكل مبادئ هذه الشبكات، واعتبارات التخطيط اللازمة لها، ما تبقى من هذا الفصل.

2.4 المصطلحات والتعاريف الرئيسية

1.2.4 الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)

لقد تم تقييس مجموعة متنوعة من مختلف أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في التوصيات التالية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية:

- التوصية BT.1306 – طرائق تصحيح الأخطاء وترتيل البيانات والتشكيل والإرسال في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض [2.4]، تحتوى تفاصيل أربعة أنظمة: ATSC وDVB-T وISDB-T وDTMB.
- التوصية BT.1877 – طرائق تصحيح الأخطاء وترتيل البيانات والتشكيل والبث المتعلقة بالجيل الثاني من أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض [3.4]، تحتوي تفاصيل DVB-T2.
- التوصية BT.2016 – طرائق تصحيح الأخطاء وترتيل البيانات والتشكيل والإرسال فيما يتعلق بالإذاعة متعددة الوسائط للأرض من أجل الاستقبال المتنقل باستعمال أجهزة الاستقبال المحمولة باليد في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) [4.4]، تحتوي تفاصيل 6 أنظمة: T-DMB وAT-DMB وISDB-T للاستقبال المتنقل وDVB-SH وDVB-H وDVB-T2 Lite.

وترد مناقشة هذه الأنظمة بمزيد من التفصيل في الفصل 9.

2.2.4 نطاقات التردد

ننظر، في هذا الكتيب، في نطاقات التردد الثلاثة التالية الموزعة للخدمة الإذاعية والتي تُستخدم للبث التلفزيوني:

- **النطاق III**: مدى التردد 174-230 MHz في الإقليم 1، و174-216 MHz في الإقليم 2، و174-223 MHz في الإقليم 3. وهنالك في الإقليم 3 توزيعات على أساس أولي مشترك للخدمة الثابتة وللخدمة المتنقلة. وفي الإقليم 1، يستخدم هذا النطاق أيضاً للبث السمعي الرقمي.
- **النطاق IV**: مدى التردد: 470-582 MHz. وزع المؤتمر WRC-15 [5.4] أيضاً كل هذا المدى أو أجزاء منه للخدمة المتنقلة في عدد قليل من البلدان في الإقليمين 2 و3.
- **النطاق V**: مدى التردد: 582-862 MHz (الإقليم 1)، و582–890 MHz (الإقليمان 2 و3). وبالنسبة للإقليم 1، وزعت المؤتمرات WRC-2007 [6.4] و2012 [7.4] و2015 [5.4] أيضاً، في ثلاث خطوات، الجزء الأعلى من النطاق V (694-862 MHz) إلى الخدمة المتنقلة على أساس أولي. وفي الإقليم 2 ثمة توزيعات إضافية للخدمة المتنقلة من المدى 698-890 MHz، وفي الإقليم 3 ثمة احتمالات مختلفة للخدمة المتنقلة في كامل مدى الموجات الديسيمترية (UHF) للتلفزيون حتى 890 MHz. للاطلاع على الخدمات الأخرى الموزعة في الإقليم 1، راجع الوثائق الختامية للمؤتمر WRC-15 [5.4].

وللاطلاع على تفاصيل التوزيعات المتنقلة والثابتة في جميع هذه النطاقات، انظر المادة **5** من لوائح الراديو، طبعة 2015 [8.4].

والنطاق III هو جزء من مدى تردد الموجات المترية (VHF)، والنطاقان IV وV هما جزء من مدى تردد الموجات الديسيمترية (UHF).

3.2.4 منطقة التغطية

منطقة التغطية لأي محطة إذاعية أو مجموعة محطات إذاعية هي المنطقة التي تعادل فيها شدة المجال المطلوبة، أو تتجاوز، شدة المجال المستعملة المحددة لظروف استقبال معينة ولنسبة مئوية متوخاة من مواقع الاستقبال المشمولة بالتغطية.

ويتّبع في تحديد منطقة التغطية لكل حالة من حالات الاستقبال نهج من ثلاثة مستويات:

- المستوى 1: موقع الاستقبال – أصغر وحدة هي موقع الاستقبال؛ ويمكن التوصل إلى أحوال الاستقبال المثلى بتحريك الهوائي مسافة 0,5 متر في أي اتجاه. ويعتبر موقع الاستقبال مغطى إذا كان مستوى الإشارة المطلوبة عالياً بما يكفي للتغلب على الضوضاء والتداخل خلال نسبة مئوية معينة من الزمن.
- المستوى 2: تغطية منطقة صغيرة – المستوى الثاني هو "منطقة صغيرة" (عموماً، 100 متر × 100 متر). وفي هذه المنطقة الصغيرة تكون النسبة المئوية لمواقع الاستقبال المغطاة مبينة.
- المستوى 3: منطقة التغطية – تتألف منطقة التغطية لأي محطة إذاعية، أو مجموعة محطات إذاعية، من مجموع المناطق الصغيرة التي يصل الاستقبال فيها إلى نسبة مئوية معلومة (ما بين 70% و99% عموماً).

ويرد في القسم 5.4 وصف مفصل لطرائق حساب منطقة التغطية والمعلومات المتعلقة بتقييمها.

4.2.4 منطقة الخدمة

هي الجزء من منطقة التغطية التي يكون للإدارة فيها حق طلب توفير شروط الحماية المتفق عليها.

5.2.4 أساليب الاستقبال

يمكن التخطيط لشبكة إذاعية للأرض لمختلف أساليب الاستقبال الرئيسية: استقبال هوائي ثابت على سطح مبنى، أو استقبال محمول لاستقبال ساكن، أو استقبال مشاة لجهاز محمول باليد واستقبال متنقل في سيارة.

1.5.2.4 استقبال هوائي ثابت على سطح مبنى

يعرّف الاستقبال الثابت بأنه الاستقبال الذي يُستخدم له هوائي استقبال اتجاهي على مستوى السطح.

ويفترض توفر شروط استقبال قريبة من المثالية (ضمن مساحة من السطح صغيرة نسبياً) عند تركيب الهوائي.

ولدى حساب شدة المجال لاستقبال هوائي ثابت، يعتبر أن ارتفاع هوائي الاستقبال بمقدار 10 أمتار فوق سطح الأرض هو الارتفاع المعهود للخدمة الإذاعية.

وعند تخطيط الشبكة يؤخذ كسب هوائي الاستقبال وتمييز الهوائي في الحسبان. وتوفر التوصية ITU-R BT.417 [9.4] المعلمات التي يتعين استخدامها في هذه الحسابات.

ملاحظة – عند تركيب هوائيات الاستقبال ضيقة النطاق (وعالية الكسب عادة)، ينبغي ألا تستخدم لاستقبال إشارات DTTB باستعمال ترددات خارج النطاق المحدد للهوائي.

2.5.2.4 الاستقبال المحمول

يعرّف الاستقبال المحمول بأنه الاستقبال في وضع الراحة (الاستقبال الثابت) أو بسرعة منخفضة جداً (سرعة المشي) حيث يستعمل جهاز الاستقبال المحمول مع هوائي خارجي (هوائي تلسكوبي أو سماعة رأس سلكية مثلاً) أو هوائي مندمج على ارتفاع لا تقل عن 1,5 متر فوق مستوى الأرض. ويتم الاستقبال المحمول في ظل مجموعة كبيرة ومتنوعة من الظروف (خارج المباني وفي الأماكن المغلقة والطابق الأرضي والطوابق العليا):

- الصنف A (خارج المبنى)، يعني الاستقبال بجهاز استقبال محمول ملحق أو مدمج به هوائي ويستخدم خارج المباني على ارتفاع لا يقل عن 1,5 متر فوق مستوى الأرض؛
- الصنف B (الطابق الأرضي أو داخل المبنى)، يعني الاستقبال بجهاز استقبال محمول ملحق أو مدمج به هوائي ويستخدم داخل المباني على ارتفاع لا يقل عن 1,5 متر فوق مستوى الأرض في غرف تتسم بما يلي:

  أ) تقع في الطابق الأرضي؛

  ب) ولها نافذة في جدار خارجي.

ويعتبر الاستقبال المحمول داخل المباني في الطابق الأول أو الطوابق الأعلى استقبالاً من الصنف B مع تطبيق تصحيحات لمستوى الإشارة.

ويفترض في الصنفين A وB ما يلي:

- التوصل إلى ظروف استقبال مثلى بتحريك الهوائي (أو المستقبل إذا كان يحتوي الهوائي) بمقدار يصل إلى 0,5 متر في أي اتجاه؛
- عدم تحريك المستقبل المحمول أثناء الاستقبال وكذلك عدم تحريك الأشياء الكبيرة قرب المستقبل؛
- صرف النظر عن الحالات المتطرفة، كالاستقبال في أماكن مدرّعة.

3.5.2.4 الاستقبال في جهاز محمول باليد

يعرّف الاستقبال في جهاز محمول باليد بأنه الاستقبال في وضع الراحة (الاستقبال الثابت) أو بسرعة منخفضة جداً (سرعة المشي) حيث يستعمل جهاز استقبال له هوائي خارجي (هوائي تلسكوبي أو سماعة رأس سلكية مثلاً) أو هوائي مندمج بارتفاع لا يقل عن 1,5 متر فوق مستوى الأرض. وقد تتأثر أجهزة الاستقبال المحمولة باليد أيضاً بخسارة امتصاص الجسم/الانعكاس في ظروف معينة، عندما يكون المستقبل في الجيب مثلاً. ويتم استقبال الأجهزة المحمولة في ظل مجموعة كبيرة ومتنوعة من الظروف (في الخارج وفي الأماكن المغلقة والطابق الأرضي والطوابق العليا). وبالإضافة إلى ذلك، ربما يتنقل جهاز الاستقبال المحمول (بسرعة المشي) أثناء مشاهدته. ونتيجة لذلك، تستخدم معلمات تخطيط مختلفة للاستقبال في الأجهزة المحمولة باليد مقارنة بالحالة المماثلة للاستقبال المتنقل.

وبالنسبة لأسلوب الاستقبال في جهاز محمول باليد، من الممكن في كثير من الأحيان تحسين الاستقبال بتحريك المستقبل و/أو موضع الهوائي و/أو بواسطة هوائي ذي كفاءة أعلى. ومن المتوقع أن يكون هناك تباين كبير في ظروف الاستقبال الداخلي المحمول، وهو ما قد يتوقف أيضاً على مستوى الطابق حيث يكون الاستقبال مطلوباً. وسوف يكون هناك أيضاً تباين كبير في خسارة اختراق

المباني من مبنى إلى آخر وتفاوت كبير من جزء لآخر من الغرفة. ومن المتوقع غالباً ألا تتحقق "التغطية المحمولة" إلا في المناطق الحضرية والضواحي.

4.5.2.4 الاستقبال المتنقل

يعرّف الاستقبال المتنقل بأنه استقبال إشارة بجهاز استقبال متحرك بهوائي لا يقل ارتفاعه عن 1,5 متر فوق مستوى الأرض. ويمكن أن يكون ذلك مثلاً في مستقبِل سيارة أو جهاز محمول باليد.

ويشمل مصطلح الحركة معدلات سرعة من شخص يمشي إلى سيارة يقودها على الطريق السريعة. ويمكن أيضاً النظر في حالة القطارات والحافلات والمركبات الأخرى عالية السرعة.

والعامل السائد فيما يتعلق بتأثيرات الاستقبال المحلي هو الخبو في قناة Rayleigh. والغرض من هوامش الخبو هو معاوضة هذه التأثيرات. وتتوقف هوامش الخبو على التردد وعلى السرعة.

والقيود الرئيسية للاستقبال المتنقل هي أن هوائي الاستقبال لا يمكن تعديله أثناء الحركة. ونتيجة لذلك، تكون متطلبات شدة المجال أعلى من نظيرتها بالنسبة للاستقبال المحمول والمستقر (انظر أيضاً القسم 2.1.A4).

6.2.4 تخطيط التخصيصات

عند تخطيط التخصيصات تخصص قناة محددة إلى موقع إرسال مفرد ذي خصائص إرسال معينة (من حيث القدرة المشعة وارتفاع الهوائي، وما إلى ذلك). ثمة المزيد من التفاصيل في البند 1.2.4.4.

7.2.4 تخطيط التعيينات

عند تخطيط التعيينات "تعطى" قناة محددة إلى إدارة ما لتتيح لها تغطية منطقة بعينها ضمن الإقليم التابع لها، وتسمى منطقة التعيين. وتكون مواقع الإرسال وخصائصه غير معروفة في مرحلة التخطيط ويتم تحديدها عند تحويل التعيين إلى تخصيص أو أكثر. ثمة المزيد من التفاصيل في البند 2.2.4.4.

8.2.4 نقاط القياس

نقطة القياس هي موقع محدد جغرافياً تجرى عنده حسابات محددة.

9.2.4 شدة المجال غير المطلوبة

شدة المجال غير المطلوبة (E_n) المعبر عنها بوحدة dB(μV/m) هي شدة المجال، بالنسبة إلى 50% من المواقع ولنسبة مئوية معينة من الزمن، لإشارة غير مطلوبة صادرة من أي مصدر تداخل محتمل، تضاف إليها نسبة الحماية ذات الصلة بوحدة dB.

الملاحظة 1 – لا بد من أن تؤخذ في الحسبان، عند الاقتضاء، القيمة المناسبة بوحدة dB لتمييز الاتجاهية أو الاستقطاب لهوائي الاستقبال.

الملاحظة 2 – عندما يكون هنالك عدة إشارات غير مطلوبة، تطبق طريقة للجمع بين فرادى حالات شدة المجال غير المطلوبة، مثل طريقة جمع قيم القدرة أو طريقة أخرى مناسبة لجمع الإشارات، بغية معرفة مجموع شدة المجال غير المطلوبة الناتجة.

10.2.4 شدة المجال الدنيا القابلة للاستعمال/شدة المجال الدنيا التي يتعين حمايتها

هي القيمة الدنيا لشدة المجال اللازمة لتوفير جودة استقبال مطلوبة، في ظروف استقبال معينة، في وجود ضوضاء طبيعية أو اصطناعية، ولكن في غياب تداخل من مرسلات أخرى.

الملاحظة 1 – يقابل مصطلح "شدة المجال الدنيا القابلة للاستعمال" مصطلح "شدة المجال الدنيا التي يتعين حمايتها" الوارد في كثير من نصوص الاتحاد، كما يقابل أيضاً مصطلح "القيمة الدنيا لمتوسط شدة المجال" الوارد في هذا الفصل برمز E_{med} المستعمل للتغطية بجهاز إرسال واحد فقط.

11.2.4 شدة المجال القابلة للاستعمال

هي القيمة الدنيا لشدة المجال المطلوبة اللازمة لتوفير جودة الاستقبال المرغوبة، في ظروف استقبال معينة، في وجود ضوضاء طبيعية واصطناعية وفي وجود تداخل، سواء في حالة راهنة أو حسبما يتحدد بموجب الاتفاقات أو خطط التردد.

الملاحظة 1 – يقابل مصطلح "شدة المجال القابلة للاستعمال" مصطلح "شدة المجال اللازمة" الذي يرد في كثير من نصوص الاتحاد.
الملاحظة 2 – تحتسب شدة المجال القابلة للاستعمال بالجمع بين فرادى حالات شدة المجال غير المطلوبة (E_n) وعامل تصحيح الموقع المجمّع. ومن إسهامات فرادى حالات شدة المجال غير المطلوبة القيمة الدنيا لمتوسط شدة المجال (E_{med}) التي تمثل مستوى الضوضاء.

12.2.4 شدة المجال المرجعية

هي القيمة المتفق عليها لشدة المجال التي يمكن أن تتخذ مرجعاً أو أساساً لتخطيط الترددات.
الملاحظة 1 – رهناً بظروف الاستقبال والجودة المطلوبة قد يكون هنالك في الخدمة الواحدة عدة قيم لشدة المجال المرجعية (من أجل سيناريوهات استقبال مختلفة).

13.2.4 الحد الأدنى لشدة المجال المتوسطة، E_{med} ((dB(μV/m))

القيمة المناسبة لشدة المجال الدنيا القابلة للاستعمال والتي يتعين أن تستخدم للتغطية بجهاز إرسال واحد فقط، وهي قيمة لنسبة 50% من المواقع و50% من الزمن على ارتفاع 10 أمتار عن مستوى الأرض.
الملاحظة 1 – تتوقف قيمة E_{med} على القيمة المتوسطة لشدة المجال الدنيا (E_{min}) في مكان الاستقبال والمطلوبة لنسبة مئوية معينة من المواقع ونسبة مئوية معينة من الزمن لكفالة تحقيق سوية الإشارة الدنيا اللازمة لكي يتمكن جهاز الاستقبال من فك شفرة الإشارة.
الملاحظة 2 – تُحسب قيمة E_{med} من شدة المجال الدنيا (E_{min}) بإضافة عوامل التصحيح الملائمة، عند الاقتضاء، من قبيل خسارة الارتفاع وخسارة دخول المبنى وما إلى ذلك، على النحو الموصوف في التذييل 4.3 من الفصل 3 من الملحق 2 في الاتفاق GE06 [10.4].
الملاحظة 3 – في حالة إشارات النطاق العريض التي قد لا تكون كثافة القدرة الطيفية فيها ثابتة عبر النطاق المشغول، يُستعاض في كثير من الأحيان عن مصطلح "شدة المجال" بمصطلح "شدة المجال المكافئة". وشدة المجال المكافئة هي شدة مجال موجة حاملة وحيدة RF بدون تشكيل ويتم إشعاعها بنفس القدرة التي تعادل مجموع القدرة المشعة لإشارة النطاق العريض.

14.2.4 شدة مجال عتبة التنسيق

هي سوية شدة المجال التي تحدد، في حالة تجاوزها، ضرورة إجراء التنسيق (ويشار إليها أيضاً بتعبير عتبة شدة المجال).

15.2.4 تشكيلات الشبكات: المتعددة الترددات (MFN) أو الوحيدة التردد (SFN) أو مزيج من الإثنين

هناك أيضاً اختيار من المعماريات للبنية التحتية للإرسال: شبكات MFN أوSFN أو مزيج MFN-SFN (انظر أدناه).

ويتوقف نمط الشبكة المنفذة على مدى توفر الترددات ونمط التغطية المطلوبة وعدد الإرسالات المتعددة التي يتعين توفيرها.

1.15.2.4 الشبكة المتعددة الترددات (MFN)

الشبكة المتعددة الترددات، في الاتفاق GE06 [10.4]، هي شبكة من محطات إرسال تستخدم عدة قنوات للتردد الراديوي.

وفي هذه الشبكة، يستخدم كل مرسل قناة مختلفة ويعمل بشكل مستقل ويكون له منطقة تغطية خاصة به. وإعادة استخدام القنوات ممكن، على أن يتوفر فصل جغرافي كاف بين مناطق التغطية.

2.15.2.4 الشبكة الوحيدة التردد (SFN)

الشبكة الوحيدة التردد في الاتفاق GE06 [10.4] هي شبكة من محطات إرسال متزامنة تشع إشارات متماثلة على قناة التردد نفسها.

ومن شأن تقنية تشكيل تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) في الموجات الحاملة المتعددة أن يسهل استعمال الشبكات SFN التي تمكن الاستقبال، وفي بعض الظروف التجميع البنّاء لأكثر من إشارة تردد مفيدة.

3.15.2.4 مزيج الشبكات MFN-SFN

يمكن أيضاً تصور بيئة مختلطة من شبكات MFN-SFN. وقد يصادف ذلك في الحالات التالية:

- ضمن شبكة MFN تستخدم محطات رئيسية عالية القدرة، إذا لم توفر محطة من هذا القبيل تغطية كاملة، يمكن لمحطات ترحيل منخفضة القدرة (حشوات فراغ أو مكررات) أن تستكمل التغطية باستعمال التردد نفسه للمحطة الرئيسية المصاحبة. ويسمى هذا التكوين أحياناً شبكة MFN-SFN هجينة؛
- قد تتضمن حالة أخرى، على سبيل المثال، استعمال بنية MFN لبث تعدد إرسال وطني وسلسلة من بنى الشبكات SFN لبث تعدد إرسال إقليمي؛
- في حالات أخرى، يمكن أن ينشأ هذا النوع من سيناريوهات الشبكات المختلطة من نُهُج مختلفة في البلدان المجاورة (من قبيل نهج MFN في بلد ما ونهج SFN في البلد الآخر).

16.2.4 تشكيل التخطيط المرجعي (RPC)

هي تجميع تمثيلي لمعايير ومعلمات التخطيط التي يتعين استخدامها لأغراض تخطيط الترددات.

17.2.4 الشبكة المرجعية (RN)

هي بنية شبكة نوعية تمثل شبكة حقيقية، غير معلومة بعد، لأغراض إجراء تحليل للتوافق. والغرض الأساسي هو تحديد احتمالات وإمكانيات تعرض شبكات الإذاعة الرقمية النمطية للتداخل.

18.2.4 بند مدرج في الخطة الرقمية

تخصيص أو تعيين أو مجموعة تخصيصات قد تقترن أو لا تقترن بتعيين وحيد وتعامَل، لأغراض تنفيذ خطة من قبيل GE06 [10.4]، بمثابة كيان واحد.

3.4 اعتبارات شبكات البث DTTB: الطبقة المادية والمعلمات

لا بد من الاعتراف بأن تخطيط الترددات للإذاعة الرقمية هو موضوع متعدد الأبعاد يتطلب العديد من المدخلات التقنية:

- معايير من قبيل الحد الأدنى لسويات الإشارة ونسب الحماية
- ومعلمات من قبيل المسافة بين المرسلات وارتفاع هوائي الإرسال وأنماط الاستقبال.

وليس هنالك من حل وحيد وشامل. وفي نهج أول لتخطيط مبدئي، قد يكون من الضروري قصر دراسات التخطيط على مجموعة فرعية تمثيلية من المعايير والمعلمات.

وعلاوة على ذلك، ولدى تصميم شبكة رقمية للأرض، لا بد من أن يؤخذ في الحسبان أن تغطية الخدمة التلفزيونية الرقمية تتسم بانتقال سريع للغاية من الاستقبال شبه التام إلى عدم الاستقبال مطلقاً، وبذلك يصبح من الأهمية الحاسمة أن يكون بالإمكان تحديد المناطق التي سيتم تغطيتها والمناطق التي لن يتم تغطيتها.

ويمكن لتشكيلات الشبكة وأساليب الاستقبال أن تتطور من تشكيلة إلى أخرى نظراً لمرونة الأنظمة الرقمية. ويمكن للشبكات أن توفر المرونة من أجل تلبية الطلبات في المستقبل (فقد يتطلب مثلاً التحول من استقبال هوائي ثابت إلى استقبال محمول ومتنقل تطوراً من شبكة MFN عالية القدرة وعالية البرج إلى تشكيل SFN أكثر تجانساً). وترد سيناريوهات ممكنة شتى للنشر في الملحق 2 بالفصل 4.

وتحدد معايير DTTB أسلوباً تراتبياً وآخر غير تراتبي. وتقسم الأساليب التراتبية، عند الاقتضاء، القناة إلى قناتين بمتطلبات مختلفة (وقابلة للتعديل) من حيث النسبة *C/N*. وهذا يمكّن من ظروف استقبال مختلفة لنفس محتوى البرنامج أو لمحتويات برامج مختلفة.

1.3.4 بدائل النظام DTTB

تنطوي معايير DTTB على مرونة تمكن مخططي البث من تكييف شبكاتهم من خلال تنفيذ أنسب البدائل بين مختلف أساليب التشغيل الممكنة.

وينبغي أن تكون أنظمة DTTB قابلة للتشغيل في القنوات التلفزيونية الحالية بترددات 6 و7 و8 MHz وأن يعتمد اختيار نظام البث على ظروف محددة، مثل توفر الطيف ومتطلبات التغطية وبنية الشبكة القائمة وشروط الاستقبال.

ويمكن الاطلاع على مختلف الأنظمة DTTB التي يمكن استخدامها في نطاقات تردد مختلفة وعلى وصف تخطيطي لها في التقرير ITU-R BT.2295 [11.4].

ويرد فيما يلي وصف موجز للأنظمة الحالية المتاحة لتنفيذ شبكة DTTB.

ATSC[8]. هي مجموعة من المعايير وضعتها لجنة أنظمة التلفزيون المتقدمة (ATSC) من أجل الإرسال التلفزيوني الرقمي عبر الشبكات للأرض والشبكات الكبلية والساتلية. ونظام التلفزيون الرقمي المتنقل للجنة ATSC هو تعزيز للنظام ATSC لتقديم خدمات متعددة الوسائط تشمل الفيديو والمواد السمعية وخدمة البيانات التفاعلية لمستقبلات صغيرة (تتسم بكفاءة استهلاك الطاقة) من أجل بيئات الاستقبال الثابتة وبالأجهزة المحمولة باليد والأجهزة المثبتة على مركبات.

DTMB. البث الرقمي المتعدد الوسائط للأرض (DTMB) هو معيار تلفزيوني للمطاريف المتنقلة والثابتة. ونظام DTMB متوافق مع استقبال ثابت (داخل المبنى وخارجه) والتلفزيون الرقمي المتنقل للأرض. ويتوافق الاستقبال المتنقل مع البث التلفزيوني الرقمي عادي الوضوح، والبث السمعي الرقمي، والبث المتعدد الوسائط، وخدمة بث البيانات. والاستقبال الثابت، بالإضافة إلى الخدمات السابقة، يدعم أيضاً البث التلفزيوني الرقمي عالي الوضوح.

DVB-T. البث DVB-T هو المعيار للبث الإذاعي للتلفزيون الرقمي للأرض. ويرسل النظام الصوت الرقمي المنضغط والفيديو الرقمي والبيانات الأخرى في تدفق نقل MPEG-2 باستخدام تعدد الإرسال COFDM.

DVB-H وDVB-SH. هما نظامان للبث من طرف إلى طرف لتسليم أي نمط من أنماط المحتويات والخدمات الرقمية باستعمال آليات قائمة على بروتوكول الإنترنت تم استمثالها من أجل أجهزة تخضع لقيود من حيث الموارد الحاسوبية والبطاريات. ويتكون كل منهما من مسير بث أحادي الاتجاه يمكن دمجه مع مسير تفاعلي خلوي متنقل (2G/3G) ثنائي الاتجاه. ويستعمل المسير الإذاعي للنظام DVB-SH شبكات مشتركة أو متكاملة ساتلية وللأرض.

DVB-T2. هو الجيل الثاني من نظام البث الإذاعي للأرض. وكان الغرض الرئيسي منه هو زيادة السعة والمتانة والمرونة لنظام DVB-T. وDVB-T2 Lite هو جانبية لنظام DVB-T2 مصممة لتقديم التلفزيون والإذاعة بكفاءة للأجهزة المتنقلة مثل الهواتف والحواسيب اللوحية.

ISDB-T. صممت أسرة ISDB-T (ISDB-T، ISDB-TSB، أنظمة ISDB-T متعددة الوسائط) استناداً إلى مخطط الإرسال OFDM بتقطيع النطاق. ويقابل كل تقطيع OFDM 1/13 من عرض نطاق قناة تلفزيونية. ويمكن اختيار عدد المقاطع لهذا النظام بحسب عرض النطاق المتاح والتطبيق.

4.4 تخطيط الشبكات الإذاعية

1.4.4 المبادئ الأساسية لتخطيط الترددات

إن تخطيط وتنسيق نظام DTTB في أسلوب MFN أو SFN يتبع، بصفة عامة، نفس الخطوط والقواعد المعروفة جيداً في إجراءات التنسيق للخدمات الإذاعية التماثلية. ومع ذلك، فإن بعض الميزات الجديدة للنظام DTTB لها أيضاً أثر على الطريقة التي يتعين أن يتم بها تنسيق الخدمات الرقمية الجديدة.

---

8 ملاحظة بشأن ATSC 3,0 – تعكف لجنة أنظمة التلفزيون المتقدمة حالياً على وضع مواصفات نظام الجيل التالي من ATSC، باسم ATSC 3,0. وسوف يستخدم هذا النظام تعدد الإرسال COFDM لتحسين الاستقبال المتنقل؛ وسيكون تعدد الإرسال قائماً على بروتوكول الإنترنت (مثل خدمات التدفق) بدلاً من استخدام تدفق النقل MPEG. وحين إعداد هذا الكتيب، لم يتم بعد وضع المواصفات في صيغتها النهائية والموافقة عليها. وبناء على ذلك، لم تدرج ATSC 3,0 بعد في أي من توصيات الاتحاد.

وكثيراً ما يُنظر إلى نهج التعيين على أنه الطريقة الأنسب لوصف مناطق خدمة الشبكات SFN في إجراءات التنسيق، ذلك لأن منطقة التغطية في شبكة SFN هي منطقة فريدة وغير قابلة للتجزئة، وهي تقابل في نهج التعيين منطقة الخدمة المتوخاة.

2.4.4 مناهج التخطيط

1.2.4.4 تخطيط التخصيصات

كان تخطيط التلفزيون للأرض (ومعظم أشكال البث الأخرى) في أوروبا يتم في الماضي في إطار مؤتمرات التخصيص. ولدى تخطيط التخصيصات، يحتاج الأمر إلى قدر كبير من التخطيط لكل محطة على حدة استعداداً لمؤتمر تخطيط.

ولدى تخطيط التخصيصات، تخصص قناة محددة لموقع مرسل مفرد ذي خصائص إرسال محددة (من قبيل القدرة المشعة وارتفاع الهوائي، وما إلى ذلك). وعند الانتهاء من خطة التخصيصات، تعرف مواقع وخصائص جميع المرسلات ويمكن وضع هذه المرسلات في الخدمة دون مزيد من التنسيق.

وتخطيط التخصيص، بناء على بنية مصفوفة، للتلفزيون الرقمي للأرض مناسب حيث يمكن افتراض أن جميع مواقع المرسلات لها نفس الخصائص. وهذا لا يعني أن خصائص المحطة ثابتة لجميع الأوقات. مثال ذلك، يسمح اتفاق استوكهولم ST-61 [12.4] ببعض المرونة، وقد تم بالفعل إدخال العديد من التعديلات والإضافات على الخطة.

وتوفر خطة التخصيصات تردداً لكل محطة، وعند اكتمال عملية تخطيط التخصيصات، تعرف مواقع وخصائص المرسلات في منطقة التخطيط. ويمكن وضع المرسلات في الخدمة دون المزيد من التنسيق.

ولأسباب عملية، يحدد عادة حد أدنى للقدرة المشعة بالنسبة للمحطات لكي يُنظر فيها في عملية التخطيط الإقليمي (في المؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية في جنيف لعام 2006 مثلاً). وعندئذ تدرج في الخطة لاحقاً المحطات ذات القدرة المشعة التي تقل عن السوية المحددة. ففي الاتفاق GE06 مثلاً، تم تعيين الحد الأدنى بمقدار 50 W لمحطات الموجات المترية (VHF) و250 W لمحطات الموجات الديسيمترية (UHF).

2.2.4.4 تخطيط التعيينات

حظيت إمكانية الحصول على تعيينات في مؤتمر إذاعي للأرض بالاهتمام في السنوات الأخيرة، لا سيما بسبب الفرص التي تتيحها شبكة SFN. وقد تنطبق التعيينات أيضاً على تخطيط الشبكة MFN حيث لا يكون لدى بلد ما خطط لاستخدام مواقع مرسلات محددة وهو يرغب في الاحتفاظ ببعض المرونة في المستقبل.

وفي تخطيط التعيينات، تعطى "قناة" محددة لإدارة ما لكي توفر تغطية لمنطقة محددة، تسمى منطقة التعيين. والمعلمات المطلوبة للتخطيط هي منطقة التعيين والقناة والتداخل المحتمل في التعيين. ولا تعرف مواقع المرسلات وخصائصها أثناء التخطيط وينبغي تحديدها وقت تحويل التعيين إلى تخصيص أو أكثر.

وهكذا من الضروري، للقيام بالتخطيط، تحديد بعض شروط الإرسال المرجعية الواقعية إلى حد معقول، والتي تمثل التداخل المحتمل الذي يمكن أن يحدث، بحيث يمكن إجراء أي حسابات توافق ضرورية. وتدعى هذه الشروط الشبكات المرجعية، ويقدم الملحق 3.A1 مزيداً من التفصيل في هذا الشأن.

وتبين خطة التعيين الناتجة الترددات التي يتعين استخدامها في مناطق معينة دون تحديد المحطات التي تخصص لها الترددات.

3.2.4.4 الصلة بين تخطيط التعيينات وتخطيط التخصيصات

تتضمن خطة التخصيصات بيانات المرسل المفصلة اعتباراً من اليوم الذي يوضع فيه ومن ثم تسمح بالتنفيذ فور دخول الخطة حيز النفاذ. ومع ذلك، من المرجح أن تتطلب التغييرات اللاحقة في الشبكة التنسيق مع الأطراف المجاورة المعنية.

ويمكن ربط منطقة التغطية لتخصيص ما بتعيين ما من خلال تقدير منطقة التغطية الخاصة به حسب الاقتضاء. ومع ذلك، فإن نهج تخطيط التخصيصات يحدد ضمناً شكلاً ما من أشكال التغطية.

ومن الضروري، من أجل تنفيذ تعيين ما، تحويل التعيين إلى تخصيصات مرسلات فردية. ويخطط عادة للخصائص التقنية التفصيلية للمرسلات في أعقاب مؤتمر التخطيط، ولكن يمكن أيضاً أن تنشأ خلال المؤتمر، إذا لزم الأمر. وقد يتضمن كل تعيين عندئذ عدة مرسلات تشكل شبكة SFN أو، في أبسط حالة، مرسلاً واحداً. ونظراً لتحديد تعيين ما، يمكن في وقت لاحق تعديل المرسلات أو المرسل دون تنسيق، شرط ألا تتجاوز التداخلات الصادرة المدى المسموح به للتعيين في الخطة.

ولا بد من التشديد على أن أي تعيين ينبغي ألا يعتبر بأنه مرتبط حتماً "بالتغطية الوطنية" أو بشبكة SFN باعتباره البنية الوحيدة الممكنة للشبكة. وقد أظهر التخطيط الذي أجري مؤخراً لنظام T-DAB أن التعيينات يمكن أن تكون طريقة مناسبة لتخطيط مناطق صغيرة أو حتى مناطق صغيرة جداً.

5.4 تغطية الشبكات الإذاعية

عند حساب تغطية شبكة البث، يتعين النظر في عوامل شتى. ويقدم هذا القسم أهمها ويناقش أثرها على تغطية الشبكة.

ويمكن استعمال الطرائق الموصوفة في هذا القسم لحساب منطقة تغطية خدمات DTTB في غياب التداخل، والتخفيض في منطقة التغطية هذه بسبب التداخل. ويأخذ حساب هامش الحماية، بدلاً من حساب شدة المجال المطلوبة، في الاعتبار أثر التداخل.

وترد تعاريف المصطلحات المتعلقة بالانتشار في التوصية ITU-R P.310 [13.4].

وبينما يكون الانحطاط في الأداء تدريجياً في الأنظمة التماثلية عند الاقتراب من حافة منطقة التغطية، فإن سمة الانحطاط "الفجائي" في الأنظمة الرقمية تعني أن مجرد قدر بسيط من عدم التطابق بين التنبؤات والقياسات يمكن أن يؤدي إلى اختلاف كبير بين التنبؤات ومناطق التغطية الفعلية.

وللتعمق في طرائق التنبؤ وبرمجيات التخطيط، يقدم التقرير ITU-R BT.2137 "طرائق التنبؤ بالتغطية وبرمجيات التخطيط لشبكات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)" [14.4] أيضاً موجزاً لنتائج المقارنات بين سويات الإشارة المتوقعة والمقيسة حسبما أبلغت عنها بعض الإدارات.

1.5.4 نماذج الانتشار

للقيام بأي تقييم للتغطية بنظام DTTB، يحتاج الأمر إلى نموذج لانتشار الموجات الراديوية. ويتوقف اختيار النموذج على مدى توفر بيانات ارتفاع التضاريس لا بالنسبة لمنطقة الخدمة فحسب بل بالنسبة لمسيرات الانتشار بين المرسلات المسببة للتداخل ومنطقة التغطية أيضاً.

ويرد في التوصية ITU-R P.1546 [15.4] وصف طريقة التنبؤ بالانتشار الموصى بها حالياً للخدمة DTTB. وتوفر الطريقة قيم التنبؤ بشدة المجال من نقطة إلى منطقة على الأرض استناداً إلى التحليل الإحصائي للبيانات التجريبية. ويقدم الملحق 6 من هذه التوصية الإجراء التفصيلي خطوة خطوة في تطبيق هذه التوصية، وهو موجز فيما يلي:

- أولاً، بالنسبة لقيمة 1 kW من القدرة المشعة الفعالة (e.r.p.) في مناطق معتدلة تحتوي على بحار باردة ودافئة[9]، يتم توفير مجموعة من قيم شدة المجال التي يتم تجاوزها لمدة 50% و10% و1% من الوقت وفي 50% من المواقع داخل أي مساحة تبلغ عادة 500 × 500 متر في شكل رسوم بيانية وكذلك في شكل جداول حاسوبية. وتعطى هذه القيم لبعض الترددات الاسمية، لمجموعة من ارتفاعات هوائيات الإرسال وبعض ارتفاعات هوائيات الاستقبال، ولسيناريو كل من المسيرين البري والبحري.
- ثانياً، تسمح الإجراءات العامة للاستكمال الداخلي والاستقراء والتصحيح بحساب التنبؤ بشدة المجال على طول مسيرات برية/بحرية مختلطة وبترددات أخرى، وبالنسبة إلى ارتفاعات أخرى للهوائيات ونسب مئوية للوقت والمواقع ومساحات المناطق ولأقاليم مناخية أخرى. وترد معلمات الدخل وحدودها بشأن صحة الطريقة في الجدول 4 من الملحق 6 بالتوصية [15.4] بحيث يمكن إجراء التنبؤات لأمداء المعلمات التالية:
  - مدى التردد 30-000 3 MHz؛

[9] يمكن الاطلاع على معلومات تقسيمات البحار الباردة/الدافئة في التوصية ITU-R P.620 [16.4].

- مسافة المسير 1-000 1 كيلومتر؛
- النسبة المئوية من الوقت 1-50%؛
- النسبة المئوية للمواقع 1-99%؛
- ارتفاعات البث الفعالة حتى 000 3 متر.

ويشير تغاير المواقع إلى الإحصاءات المكانية لتغيرات التغطية المحلية على الأرض وليس إلى تغيرات المسير بأكمله ولا إلى التغيرات في المسيرات المتعددة. ويمكن استخدام هذه الطريقة بالاستناد إلى قاعدة بيانات لارتفاعات التضاريس أو بدونها. وفي حال توفر هذه البيانات، يمكن حساب التصحيحات الخاصة بالانتثار التروبوسفيري وأنواع مختلفة من العوائق المحلية المحيطة بموقع الاستقبال، بما في ذلك المسيرات القصيرة للمناطق الحضرية/الضواحي، ومن المتوقع عندئذ زيادة دقة التنبؤ.

– أخيراً، يعطي القسم 17 من الملحق 5 بالتوصية [15.4] طريقة للتحويل من شدة المجال المحسوبة من أجل 1 kW من القدرة المشعة الفعالة (e.r.p.) إلى خسارة الإرسال الأساسية المكافئة.

ولتحسين دقة التنبؤ، في الحالات التي تتوفر فيها بيانات ارتفاع التضاريس، يمكن استعمال الطريقة الواردة في التوصية ITU-R P.1812 [17.4] بدلاً من التوصية [15.4]. وهي موجزة فيما يلي:

– أولاً، يتم تقييم خسارة الإرسال الأساسية، التي لا يتم تجاوزها للنسبة المئوية السنوية المطلوبة، *p*%، و50% من المواقع داخل أي منطقة تبلغ مساحتها عادة 500 × 500 متر، على النحو المبين في البنود 2.4–6.4 في الملحق 1 بالتوصية [17.4] (أي خسائر الإرسال الأساسية الناجمة عن الانتشار في خط البصر، والانتشار بالانعراج، والانتشار بواسطة الانتثار التروبوسفيري، والانتشار بواسطة انعكاس المجرى/الطبقة وأي توليفة من آليات الانتشار هذه).

– ثانياً، يرد في الأقسام 7.4–10.4 من الملحق 1 بالتوصية [17.4]، وصف إجراءات مراعاة آثار العوائق المطرافية (في المناطق الريفية والحضرية)، وآثار تغاير الموقع وخسارة دخول المبنى. وهذه الإجراءات أكثر دقة من تلك الواردة في [15.4] وهي تستند إلى بيانات ارتفاع التضاريس. ومن الضروري إجراء تحليل لجانبية المسير من أجل اشتقاق المعلمات المشار إليها في الجدول 4 من الملحق 1 [17.4]. ويتم بناء جانبية المسير من بيانات ارتفاع التضاريس وفقاً للإجراء الموضح في المرفق 1 من الملحق 1 [17.4]. وطريقة الانتشار محددة بالمسير بحيث تتكون التنبؤات من نقطة إلى منطقة باستخدام هذه الطريقة من سلسلة من تنبؤات عديدة من نقطة إلى نقطة، حيث تتوزع مواقع الاستقبال بشكل موحد عبر مناطق التغطية الافتراضية. وينبغي أن يكون عدد النقاط كبيراً بما يكفي لضمان توصيف دقيق لتغاير المسير في منطقة الخدمة. وبالنسبة لمعظم التطبيقات العملية لهذه الطريقة يقتضي هذا الافتراض توفر قاعدة بيانات رقمية لارتفاع التضاريس، مشفوعة بمرجع إلى إحداثيات العرض والطول بالنسبة لبيانات جيوديسية متسقة. ويرد في الملحق 1 في التوصية ITU-R P.1058 [18.4] إرشادات بشأن نوع المعلومات التي ينبغي إدراجها في قواعد البيانات الطبوغرافية (ارتفاع التضاريس وانتشار المباني). وترد معلمات المدخلات الأخرى وحدودها من أجل صحة الأسلوب في الجدول 1 من الملحق 1 في [17.4]. وتحسب خسارة الانعراج بطريقة تقوم على هيكلية Deygout المقتبسة من التوصية ITU-R P.452 [19.4]. وقد تبين أن هذه الطريقة لها قيود. ولمزيد من المعلومات عن الانعراج، انظر التوصية ITU-R P.526 [20.4].

– وأخيراً يقدم البند 11.4 في المرجع [17.4] تعابير رياضية تنسب خسارة الإرسال الأساسية إلى شدة المجال محسوبة من أجل 1 kW e.r.p.

وتوفر كلتا الطريقتين تصحيحات لتغاير الموقع تشير إلى الإحصاءات المكانية لتغايرات الغطاء الأرضي المحلي التي تتبع تقريباً توزيعاً لوغاريتمياً عادياً [15.4]، [17.4]. ولا يأخذ أي منهما في الحسبان التغايرات في المسيرات المتعددة بسبب الانعكاسات والانعراجات المحلية التي ينبغي أن تؤخذ في الحسبان في الاستقبال المتنقل والمحمول. ويختلف أثر هذه العوامل باختلاف الأنظمة، ذلك لأنه يتوقف على عرض النطاق والتشكيل ومخطط التشفير. وتقدم التوصية ITU-R P.1406 في القسم 3 من الملحق 1 إرشادات بشأن نمذجة هذه التأثيرات سريعة الخبو [21.4]. وعلاوة على ذلك، فإن الخبو الأبطأ بسبب التغيرات في حجب المستقبِل يُدرس بدقة أكبر مما هو عليه في [15.4] و[17.4]. ويتوفر تقدير إحصائي قائم على القياس لخسارة المسير بسبب الحجب في المناطق الريفية والحضرية الكبيرة وكذلك في المناطق الصغيرة، أي الغطاء الأرضي المحلي. وفي كلتا الحالتين، يتبع التقدير توزيعاً لوغاريتمياً عادياً. وفي القسم 4 من الملحق 1 [21.4]، تعطى إجراءات حساب انتشار التأخير بسبب عوامل الانتثار القريبة والبعيدة استناداً إلى تحليل الاستجابة

النبضية للقناة (CIR). ويرد في القسم 1.5 من الملحق 1 إرشادات بشأن قيم أثر إزالة الاستقطاب وتغاير الوقت والتردد. ويرد في القسم 2.5 من الملحق 1 وصف لآثار كسب الارتفاع السالب بسبب موقع الهوائي. ويرد في القسم 4.5 من الملحق 1 وصف أوجه عدم التطابق بين الكسب النظري للهوائي المتنقل والقيمة المقيسة.

ويمكن حساب التوهين الناجم عن الغطاء الأرضي بمزيد من الدقة بواسطة تصويبات إضافية بسبب التوهين الناجم عن الغطاء النباتي (وخاصة الأشجار) كتلك الواردة في التوصية ITU-R P.833 [22.4].

وبالنسبة لتغاير خسارة دخول المباني بسبب مواد البناء المختلفة وآثار تعدد المسيرات بسبب المباني، انظر التوصية ITU-R P.1238 [23.4].

وقد ألغيت الآن التوصية السابقة ITU-R P.370 [24.4]، ويجب الاستعاضة عنها بدراسات الانتشار بالطرائق المبينة في هذا القسم. ويلاحظ أن اتفاق GE-89 [25.4] لا يزال نافذاً في بعض البلدان في بعض نطاقات التردد.[10] وباستثناء تلك البلدان والنطاقات، حيث لا تزال منحنيات الانتشار الواردة في الاتفاق نافذة، ينبغي استعمال طرائق الانتشار الواردة في هذا القسم.

وخلاصة القول، إن طرائق التنبؤ بشدة المجال الموصى بها من أجل نظام DTTB هي ثلاث توصيات ITU-R متكاملة: [15.4] و[17.4] و[21.4]. ومع ذلك، هناك طرائق أخرى يمكن استخدامها في أحوال محددة:

- طريقة **Okumura-Hata** في البيئة الحضرية موصوفة في الملحق 8 في التوصية [15.4]، حيث تجرى مقارنة مع الطريقة الموصى بها. وهذه الطريقة أنسب ما تكون لحسابات تغطية الخلايا الحضرية في تطبيقات الاتصالات الراديوية المتنقلة، ومع ذلك فقد توسعت لتشمل الضواحي والمناطق الريفية. ويمكن إجراء التنبؤات لأمداء المعلمات التالية: التردد 100-500 1 MHz؛ مسافة المسير حتى 20 كم، تمتد إلى 100 كم؛ ارتفاع هوائي الإرسال 30–200 متر؛ ارتفاع هوائي الاستقبال 1–10 أمتار. ولا تَستعمل هذه الطريقة بيانات التضاريس، ولا تأخذ في الاعتبار سوى الارتفاع الفعال لهوائي الإرسال وارتفاع هوائي الاستقبال فوق الأرض.
- طريقة **Cost-231** (أو **Cost-Hata**) هي الصيغة الموسعة لطريقة Okumura-Hata للترددات تصل إلى 000 2 MHz. وبالإضافة إلى ذلك، يقتصر النموذج على الأحوال التي يكون فيها هوائي الإرسال فوق أسطح المباني المجاورة. وتسمح الطريقة بارتفاعات أدنى للهوائيات المتنقلة مما تسمح به طريقة Okumura-Hata.
- طريقة **Cost-231 Walfish-Ikegami** هي أنسب طريقة لحسابات تغطية الخلايا الحضرية التي تتوفر لها بيانات ارتفاع المباني ومواقعها من أجل حساب انتشار "الأخاديد الحضرية" على نحو أكثر دقة.
- طريقة **Longley-Rice للتضاريس غير المنتظمة** (ITM) تستخدم للتنبؤ بتوهين الإشارات الراديوية لوصلة في مدى التردد من 20 MHz إلى 20 GHz. وقد استحدثت هذه الطريقة لتلبية احتياجات تخطيط الترددات في البث التلفزيوني في الولايات المتحدة في الستينيات ولا تزال تستخدمها لجنة الاتصالات الاتحادية لهذا الغرض. وهي تحسب التوهين بالنسبة إلى الفضاء الحر باستخدام ملامح التضاريس بوصفها دالة للمدى الذي تعزى إليه صراحة ثلاث آليات انتشار رئيسية هي: خط البصر (ربما مع انعكاس أرضي منتشر محتمل)، وانعراج التضاريس، والانتشار التروبوسفيري. ويحتسب الانتشار الشاذ، بسبب انعكاس المجرى/الطبقة والظواهر الأخرى النادرة الحدوث، بصورة غير مباشرة عن طريق مواصفات المناخ الراديوي وتغاير الوقت. وبما أن النموذج تجريبي فإن التوهين المرغوب فيه بالنسبة لطول المسير الفعلي، مع مراعاة التجزيئات المحددة (من جانب المستعمل) من حيث الوقت والمواقع والأحوال (أي عامل الثقة)، يتم الحصول عليه بطريقة توليف تستند إلى الانحرافات المعيارية الملحوظة تجريبياً من التوهين المرجعي المتنبأ به. لمزيد من التفصيل، انظر [26.4].

وهناك تطبيقات برمجية لمعظم الطرائق المقترحة. وبعضها مجاني لأن بعض الإدارات قد أتاحتها.

ويرد في التقرير ITU-R BT.2137 [14.4] تجارب من بلدان شتى، بما في ذلك أدوات التخطيط الوطنية التي أدخلت لتقليل الخطأ في نماذج التخطيط.

---

[10] لا يزال الاتفاق GE-89 نافذاً بالنسبة للنطاق 47–68 MHz (تقتصر الخطة على النطاق 54–68 MHz في البلدان التالية: بوتسوانا، بوروندي، ليسوتو، ملاوي، ناميبيا، رواندا، جنوب إفريقيا، سوازيلند، زائير، زامبيا، زمبابوي)؛ وبالنسبة للنطاقين 230–238 MHz و246–254 MHz للبلدان المدرجة في الرقم **252.5** من لوائح الراديو.

ولإكمال حساب التغطية، ينبغي مراعاة بعض الجوانب العملية فيما يتعلق بالتنبؤ بشدة المجال:

- **الهوائيات:** خصائص هوائيات الإرسال على الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) معرّفة في التوصية ITU-R BS.1195 [27.4]. ومخططات هوائيات الاستقبال الثابتة المفترضة معرّفة في التوصية ITU-R BT.419 [28.4] وفي التوصية ITU-R BS.599 [29.4] بالنسبة لنطاق الموجات المترية (VHF). وبالنسبة للمستقبلات المحمولة والمتنقلة، ترد القيم النموذجية لكسب الهوائي في القسم 4 في الملحق 5 في التوصية ITU-R BT.1368 [30.4].
- **المتطلبات:** (تحظى بمعالجة متعمقة في التوصيتين ITU-R BT.1368 [30.4] وITU-R BT.2033 [31.4])

- الحد الأدنى من شدة المجال القابلة للاستعمال (MUFS) والنسبة *C/N*. وتتوفر قيم MUFS لأنظمة الاستقبال الثابتة ATSC DTV وDVB-T وDTMB وISDB-T في [30.4] وللإذاعة DVB-T2 في [31.4]. وتقدم أيضاً قيم *C/N* لنظامي DVB-H وISDB-T في الأجهزة المحمولة باليد لكل من الاستقبال المحمول في الخارج وفي الداخل وفي الاستقبال المتنقل في [30.4]. ويمكن أن تكون قيم النسبة *S/N* التي توفرها التوصية ITU-R BS.1114 [32.4] مفيدة لأنظمة T-DMB.[11]
- تتوفر نسب الحماية للإشارات الرقمية أو التماثلية المطلوبة المتداخلة مع الإشارات الرقمية أو التماثلية غير المطلوبة في [30.4] بالنسبة لأنظمة ATSC DTV وDVB-T وDTMB وISDB-T في [30.4] وللإذاعة DVB-T2 في [31.4]. ولذلك يتعين أن تضم نتيجة "احتمال التغطية" احتمالين: احتمال تجاوز شدة مجال معينة لإشارة مفيدة (مجمعة)، واحتمال تجاوز النسبة *C/I* المطلوبة، مع مراعاة جميع مسببات التداخل. ونظراً لتفاوت شدة المجال بتفاوت الزمن فلا بد، في بعض الحالات، من قبول خطر التداخل لنسبة مئوية محددة من الوقت في مواقع استقبال مقصودة مختلفة.
- تعدد المسيرات. تعمد الأنظمة الرقمية إلى تنفيذ آليات لمراعاة انتشار التأخير. ومع ذلك، إذا تجاوزت قيم التأخير قيم فترة الرمز، يحدث تداخل بين الرموز يمكن أن يؤدي إلى ارتفاع نسب الخطأ في البتات. ومن ناحية أخرى، قد يكون للانعكاسات المحلية أيضاً الأثر المفيد لملء ظلال عميقة إلى حد ما، وقد صممت الأنظمة بحيث تتغاضى عن الانعكاسات القصيرة التأخير.
- يمكن أن تؤدي قيم عتبة انتشار Doppler إلى قيود على سرعة المستقبلات المتنقلة داخل منطقة التغطية من أجل الحصول على استقبال جيد.

2.5.4 الترابط بين مواقع الإرسال ونمط نظام البث

لدى نشر الإذاعة الرقمية للأرض يمكن استخدام مواقع قائمة أو مواقع جديدة أو مزيج من الاثنين. ويتوقف ذلك، إلى حد ما، على اختيار نمط الإذاعة الرقمية للأرض ونطاق التردد المطلوب استخدامه. وفي بعض البلدان، يتعين استخدام نفس مواقع البث التماثلي للبث الرقمي، مما قد يكون له بعض الأثر على أنماط الأنظمة التي يمكن نشرها بنجاح. وفي بلدان أخرى، على النقيض من ذلك، يستطيع المشغلون اختيار الاستفادة من تعدد الإرسال OFDM لأنواع جديدة من الخدمات مثل التغطية المحمولة داخل المبنى، ولكن قد يكون لذلك أيضاً أثر على البنية التحتية للموقع الذي يتعين استخدامه.

ولذلك، فإن مسافات الفصل بين مواقع المرسلات، ومن ثم عدد المواقع المطلوبة، تختلف من بلد لآخر وتتوقف على نمط النظام وأسلوب الاستقبال (ثابت أو محمول أو متنقل) ومساحة البلد وحالات الحدود. وبالنسبة للإذاعة الرقمية للأرض، قد تتفاوت المسافة الفاصلة بين مواقع المرسلات من أقل من 30 كم إلى 125 كم.

وفي شبكة SFN (انظر القسم 7.4)، وباستخدام المعايير المناسبة للبث الرقمي للأرض، تؤثر مسافة الفصل بين المرسلات على اختيار فاصل الحراسة، مما يحد بدوره من الحجم الأقصى للشبكة. وتؤثر مسافة الفصل والارتفاع الفعال على القدرة المشعة الفعالة (e.r.p.). وعلى العكس من ذلك، إذا كان ثمة حاجة إلى فاصل حراسة أقصى معين (لتعزيز سعة البيانات، مثلاً)، فإن ذلك يؤثر على أكبر مسافة فصل ممكنة للمرسلات.

---

[11] T-DMB هو صيغة فيديوية من T-DAB.

وفي حالة الشبكات SFN، يمكن أن يوفر استخدام "الشبكات الكثيفة" بعض المزايا نسبة إلى الشبكات القائمة على مرسلات عالية القدرة مفصولة بمسافات كبيرة (أكثر من 60 كم، مثلاً). ومن الممكن، وخصوصاً في حالة الشبكات SFN الإقليمية، ولكن في حالة الشبكات SFN الوطنية أيضاً، النظر في أشكال مختلفة من الشبكات الكثيفة، حيث تستخدم جميع المرسلات نفس القناة، ولكن بانخفاض كبير في القدرة e.r.p. عما هو مطلوب من مرسل واحد يخدم نفس المنطقة. وبالنسبة للإذاعة الرقمية للأرض، يمكن لمفهوم "الإرسال الموزع" أن يوفر شدة المجال اللازمة في منطقة الخدمة بأكملها بواسطة عدد من مرسلات SFN المتزامنة ذات القدرة المنخفضة، تقع على مصفوفة منتظمة إلى حد ما، أو تستخدم مكررات على القناة تستقبل إشارتها خارج الأثير من جهاز الإرسال الرئيسي، وذلك لتحسين تغطية المرسل الرئيسي. وفي هذه الحالة الأخيرة، لا تحتاج المكررات إلى المزيد من التزامن، ولا حاجة إلى بنية تحتية للتوزيع الأولي موازية لتوصيل الإشارة إلى تلك المكررات على القناة.

وعلاوة على ذلك، يمكن استخدام شبكات SFN عالية الكثافة المحلية لاستكمال شبكات SFN كبيرة في المناطق التي تكون فيها التغطية لولا ذلك غير كافية، ربما بسبب التضاريس أو عوائق المباني. وأخيراً، فإنها توفر تخفيضاً لتأثير التداخل في نفس القناة على حدود منطقة الخدمة، وذلك بتقليص هامش تناقص شدة المجال. ويمكن تحسين ذلك بالاستغلال المناسب لاتجاهية هوائي الإرسال.

ومن الممكن مثلاً تصور طبولوجيا مرسلات تغطي فيها الجزء المركزي من منطقة الخدمة شبكة SFN كبيرة (تضم مرسلات عالية القدرة مفصولة بمسافات كبيرة)، ولكن يتم بالقرب من الحدود تركيب شبكة أكثف من المرسلات (بقدرة مشعة فعالة e.r.p. منخفضة وهوائيات توجيهية منخفضة الارتفاع). وهذا يسمح للقدرة e.r.p. بأن تكون "مصممة" وفقاً لكفاف منطقة الخدمة، مما يقلل من التداخل في المناطق المجاورة ويحافظ على توفر الخدمة بدرجة عالية داخل المنطقة المطلوبة. ويمكن أن تكون هذه التقنية مفيدة أيضاً على الحدود بين الشبكات SFN الوطنية.

3.5.4 مخططات إشعاع هوائيات الإرسال

يكون لهوائيات الإرسال مخطط شامل الاتجاهات أو اتجاهي. وبالنسبة للمحطات الواقعة على طول حدود البلد أو المحطات الواقعة على السواحل أو بالقرب منها، يفضل استخدام الهوائيات الاتجاهية للحد من التداخل خارج مناطق الخدمة المتوخاة. ويؤدي ذلك إلى تقليل مسافة إعادة الاستعمال للترددات المعنية وإلى حماية مناطق تغطية محطات التلفزيون الأخرى. وينطبق ذلك بصفة خاصة على محطات الطاقة العالية والمتوسطة، ويؤدي عموماً إلى زيادة كفاءة استخدام طيف الترددات.

وميل الحزمة، الذي يطبق على هوائيات ذات ارتفاع فعال يزيد عن 100 متر، هو أداة فعالة لاستهداف القدرة المشعة لمحطات القدرة العالية في الجزء الخارجي من منطقة التغطية وهو يقلل في الوقت نفسه من احتمال التداخل في مسافات كبيرة وفي خدمة الطيران.

4.5.4 العوامل التي تؤثر على المسافة الفاصلة بين الترددات

للمسافة الفاصلة بين الترددات أثر كبير على عدد فدرات التردد أو القنوات اللازمة لتغطية مساحة أكبر تشمل عدة بلدان أو مناطق، لكل منها برامجه الخاصة المرسلة في فدرة أو قناة تردد واحدة.

وتؤدي مناطق التغطية التي تخدمها المرسلات الواقعة على امتداد المحيط والتي تستعمل هوائيات اتجاهية تشير نحو الداخل (أي في شبكة مغلقة) إلى مسافات لفصل الترددات أقصر نوعاً ما مقارنة بالتغطية المكافئة التي يحققها استعمال هوائيات غير اتجاهية (أي في شبكة مفتوحة). وفي حالة مسيرات الانتشار التي تشمل قدراً كبيراً من البحر، تكون مسافات الفصل أكبر مما هي للمسيرات البرية فقط.

5.5.4 نماذج القنوات

تنتشر الموجات الكهرمغنطيسية عبر وسط يبين التغايرات العشوائية لخصائصها الفيزيائية، وقد تتعرض الإشارات لظواهر خبو متعددة المسيرات، حيث يكون لشدة المجال المستقبلة في منطقة الخدمة تقلبات من حيث الزمان والمكان، يمكن وصفها بتوزيعات إحصائية مختلفة.

قناة غوسية: في نموذج القناة هذا، تقتصر الضوضاء الغوسية البيضاء المضافة (AWGN) على الإشارة، وليس هنالك سوى مسير واحد. وترد مواصفات السلوك الإحصائي لهذا النمط من القنوات في التوصية ITU-R P.1057 [33.4].

توزيع لوغاريتمي عادي: هو توزيع متغير موجب يكون للوغاريتمية توزيع غوسي. وخلافاً للتوزيع الغوسي، يكون التوزيع اللوغاريتمي العادي لا تناظرياً إلى أقصى حد. وغالباً ما يُصادف التوزيع اللوغاريتمي العادي في الانتشار، أساساً لمقادير مرتبطة إما بسوية قدرة أو شدة مجال أو بزمن. ولا يعبر عموماً عن سويات القدرة أو شدة المجال إلا بوحدة ديسيبيل، ولذلك يشار في بعض الأحيان إلى التوزيع اللوغاريتمي العادي باعتباره مجرد توزيع عادي. ولا يوصى بهذا الاستعمال. وفي حالة الزمن (فترات الخبو مثلاً)، يُستعمل دائماً التوزيع اللوغاريتمي العادي صراحةً لأن المتغير الطبيعي هو الثانية أو الدقيقة وليس لوغاريتمها. وهذا التوزيع موصوف في المرجع [33.4].

توزيع رايلي: عندما تكون الإشارة هي مجموع مكونات خبو عديدة متفرقة بسبب تعدد المسيرات، ويمكن تمثيلها باستعمال توزيع رايلي [33.4]. وتستخدم هذه القناة عموماً في خدمة متنقلة تعمل في بيئة حضرية تكثر فيها العوائق ولا تقع في خط البصر نحو المرسل أو لشروط الاستقبال المحمول في الداخل أو الخارج.

توزيع رايس: تستخدم قناة رايس لوصف شروط استقبال هوائي على سطح مبنى في بيئة حضرية ذات عوائق. وهي مرتبطة بالحالة التي يكون فيها لدى إحدى مكونات الإشارة المستقبَلة، كتلك المصاحبة لمسير خط البصر مع المرسِل مثلاً، قدرةً ثابتة طوال وقت الخبو في المسيرات المتعددة. وبعبارة أخرى، فإن هذا النموذج مناسب للإشارات التي لها مكونة حاسمة وعدة مكونات عشوائية. وقد يكون السيناريو عموماً لوصلات من نقطة إلى نقطة، حيث يمكن نمذجة الخبو الكلي للإشارة بواسطة توزيع Nakagami-Rice [33.4].

المشاة في الداخل (PI) والمشاة في الخارج (PO): استحدث التعبير لوصف الاستقبال في جهاز محمول باليد وهو معرّف في [30.4].

نماذج قنوات التنوع: تستخدم قناة MISO (دخل متعدد، خرج وحيد) وقناة MISO Rayleigh وقناة MISO Rice لأنظمة الجيل الثاني من DTTB التي تطبق تقنيات التنوع في المرسل.

ويمكن تعريف الاستجابة النبضية للقناة (CIR) لنموذج قناة معين إحصائياً عن طريق الاتساعات والتأخيرات الزمنية للإشارات الواصلة عند المستقبل. ويمكن استخلاص عدة معلمات تصف قناة الانتشار استناداً إلى الاستجابة CIR (انظر التوصية ITU-R P.1407) [34.4]. وفيما يتعلق بالأنظمة ذات معدلات البيانات المرتفعة، قد يحتاج الأمر إلى معرفة أكثر تفصيلاً للاستجابة CIR التي تتضمن تقنيات تتبع الأشعة أو إطلاق الأشعة بالاقتران مع تطبيق بيانات عالية الاستبانة للمباني.

6.5.4 الحد الأدنى من نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء ونسبة الحماية

1.6.5.4 اعتبارات عامة

يستند تخطيط الترددات لإدخال خدمة إذاعية جديدة إلى معلمتين رئيسيتين لنظام الإرسال: الحد الأدنى لنسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء $C/N_{\min}$ ونسبة الحماية (PR) اللازمة لبلوغ هدف جودة معين للخدمة المقدمة. وتشير النسبة $C/N_{\min}$ إلى الكمية التي يجب أن تتجاوز فيها سوية الإشارة المطلوبة C سوية الضوضاء N من أجل تحقيق الاستقبال بالجودة المتوخاة. وتصف النسبة PR الكمية التي يجب أن تتجاوز فيها سوية الإشارة المطلوبة C إشارة مسببة للتداخل I من أجل تحقيق الاستقبال بالجودة المتوخاة. وتسمى $(C/N)_{\min}$ أيضاً 'نسبة C/N المطلوبة' أو في بعض الأحيان، مجرد 'C/N'. وفي الحالة الأخيرة، يتعين استخلاص المعنى الدقيق من السياق.

وينطوي إدخال أنظمة البث التلفزيوني الرقمي على قدر من إعادة النظر في إجراءات التخطيط، وذلك من أجل مراعاة السلوك المختلف لهذه الأنظمة، وهو يتطلب بعض التوضيح في تفسير هاتين المعلمتين المشار إليهما.

2.6.5.4 الاعتماد على قناة الإرسال

خصائص قناة الإرسال للأرض هي متغيرات عشوائية تبعاً لموقع الاستقبال وهوائي الاستقبال وكذلك للوقت. وفي الواقع، فإن عدد الأصداء واتساعاتها والتأخيرات والأطوار تختلف من مكان لآخر (ومن وقت لآخر). ولذلك تختلف استجابة التردد في القناة في كل موقع. وحتى عندما تكون تأخيرات الصدى ضمن فاصل الحراسة، تتوقف النسبة C/N التي يتطلبها النظام على خصائص القناة. ويؤدي وجود الأصداء إلى توهينات انتقائية للترددات (ثُلْمات) ضمن عرض نطاق الإشارة، والتي تتوقف أعماقها على اتساع

الصدى. ويعزى سبب حساسية النظام لخصائص القناة إلى أن الثلمات توهن بشدة بعض الموجات الحاملة OFDM (بينما يبقى مستوى الضوضاء ثابتاً)، مما يزيد من معدل الخطأ في البتات (BER) غير المشفر. ويتيح استعمال الرموز الداخلية القوية (من قبيل معدلات التشفير 1/2 أو 2/3 أو 3/4) استعادة جيدة لمعلومات الموجات الحاملة الموهنة عن طريق المعلومات التي تحملها الموجات الحاملة الأخرى. ولذلك، فإن استعمال معدلات التشفير هذه يقلل من حساسية النظام لخصائص القناة. وقد تتراوح خسارة هامش الضوضاء بين القناة الغوسية وقناة رايلي ما بين 2 و9 dB، تبعاً لخصائص الصدى ومعدل التشفير الداخلي.

ويمكن لتعدد الإرسال OFDM أن يستغل قدرة أصداء متعددة بمعنى أن النسبة *C/N* المتاحة عند دخل المستقبل تزداد، نتيجة لتجميع قدرة المساهمات *C*، ولكن يمكن في الوقت نفسه أن يتراجع أداء المستقبل (زيادة في نسبة *C/N* المطلوبة). ونتيجة لهذين الأثرين، يمكن أن يكون هناك صافي كسب أو خسارة في الأداء في استقبال متعدد المسيرات وإسهامات SFN. وبصرف النظر عن أساليب معدل التشفير المنخفض (التشفير بمعدل 1/2 مثلاً)، يمكن لمساهمة واحدة في خط البصر (قناة غوسية) أن توفر أداء إجمالياً أفضل من صديين بمقدار 0 dB (قناة رايلي). وعلى العكس من ذلك، عندما يكون عدد أصداء 0 dB أكبر من اثنين، فإن النسبة *C/N* المطلوبة لا تزداد، ويتحسن الأداء الإجمالي وفقاً لنمو النسبة *C/N* المتاحة. وتنطبق اعتبارات مماثلة على التداخل من إشارة غير مطلوبة، أي نسبة الحماية PR.

7.5.4 تعريف التغطية

1.7.5.4 اعتبارات عامة

من الأسئلة الرئيسية التي تُطرح عند بناء شبكات رقمية جديدة للأرض هو تقييم منطقة الخدمة وعدد السكان الذين تشملهم التغطية. وتجرى هذه التقييمات من خلال تقدير مستوى الإشارة (الإشارات) المطلوبة ومستوى الإشارات الدخيلة. ومن معلمات التخطيط ذات الصلة في هذا السياق هي نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء المطلوبة ونسبة الحماية، وذلك لوصف حساسية النظام قيد النظر إزاء الضوضاء وإزاء التداخل.

ومن المعروف أنه عندما تنخفض سوية الإشارة ونسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء *(C/N)* أو نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل *(C/I)* إلى ما دون قيمة معينة، يمكن أن تختفي الصورة تماماً جراء انخفاض سوية الإشارة دون حوالي 1 dB. ويشار إلى هذا السلوك عموماً بأنه "سمة الفشل السريع للنظام الرقمي"، وتكون القيمة الحدية هي الحد الأدنى المطلوب لشدة المجال. وإذا استخدم تعريف التغطية للتلفزيون التماثلي لتعريف التغطية للتلفزيون الرقمي، فإن ذلك يعني أن 50% من المواقع لن تشملها الخدمة عند حافة[12] منطقة الخدمة أو بالقرب منها أو في أي من المناطق الأخرى ذات الإشارة المنخفضة نتيجة العوائق المحلية. ولذلك، ولأن نسبة 50% فقط من المواقع تتلقى صورة غير مقبولة بالطبع، فلا بد من اختيار قيم أعلى لنسبة المواقع لتمكين الاستقبال في عدد مرضٍ من المواقع المزودة بأجهزة استقبال اعتيادية. ويشار عادة إلى قيم تتراوح من 70 إلى 99% للإرسالات التلفزيونية الرقمية.

وتتوقف القيمة المحددة المختارة على مستوى جودة الخدمة المستهدف، ولهذا يمكن أن تختلف القيم من بلد لآخر أو حتى من هيئة بث لأخرى داخل بلد معين. ومع ذلك، تم اختيار قيم النسب 70% و95% و99% من المواقع في تعاريف التغطية المقترحة.

وفي ظل هذه الاعتبارات، فإن بعض الأدوات الأبسط، المستخدمة في عمليات تقييم التغطية التلفزيونية التماثلية، ليست مرضية تماماً، ومن الضروري إجراء حسابات أكثر تعقيداً.

وبوجه عام، يواجه استقبال الخدمات الرقمية بيئة متعددة الإشارات، تشتمل على عدة مسببات للتداخل وكذلك على إشارات متعددة مطلوبة في حالة الشبكة SFN. ولتقييم أحوال شدة المجال الناتجة المطلوبة وغير المطلوبة، يتعين تجميع فرادى الإشارات. وبما أن أحوال شدة الإشارة موصوفة بكميات إحصائية، فلا بد من تجميعها إحصائياً.

---

[12] مصطلح "حافة" يعني أي انتقال بين منطقة مشمولة ومنطقة غير مشمولة. ويمكن أن تحدث هذه "الحواف" عند الحدود الخارجية لمنطقة التغطية أو عند حدود أي منطقة غير مشمولة قد تكون داخل المنطقة الكلية، ويكون ذلك عادة نتيجة لعرقلة محلية على مسير الإشارة المطلوبة.

وهذا يصح أساساً على كل من إحصاءات الموقع والزمن. ومع ذلك، من المعتاد التعامل معها بأساليب مختلفة. وتؤخذ إحصاءات الزمن في الحسبان باستخدام منحنيات انتشار شدة المجال الخاصة بالنسب المئوية المناسبة. ويتم التعامل مع إحصائيات الموقع باستخدام توزيعات شدة المجال.

2.7.5.4 إحصاءات المواقع

1.2.7.5.4 تغطية موقع استقبال وحيد

إذا أريد تغطية موقع استقبال ما بخدمة البث الرقمي، فلا بد من أن تكون سوية الموجة الحاملة C للإشارة المطلوبة، معبراً عنها بوحدة dB، أعلى من سوية الضوضاء N بقيمة معينة، وهي الحد الأدنى $C/N_{\min}$. ويمكن التعبير عن ذلك (بوحدة dB) بالعلاقة:

$$C > C/N_{\min} + N$$

وبنفس المنوال، للتغلب على أثر مصدر التداخل، يجب أن تكون سوية الموجة الحاملة C للإشارة المطلوبة أعلى من سوية التداخل I من ذلك المصدر بقيمة معينة تسمى نسبة الحماية PR لهذا النمط الخاص من مصادر التداخل. ويمكن أيضاً التعبير عنه (بوحدة dB) بالعلاقة:

$$C > PR + I$$

وكثيراً ما يشار إلى حاصل الجمع $PR + I$ (نسبة الحماية + شدة مجال مصدر التداخل) على أنه مجال الإزعاج. وعلى الصعيد العملي، قد يتعين أيضاً أن يؤخذ في الحسبان تمييز هوائي الاستقبال إزاء الإشارة المسببة للتداخل:

$$C > PR + I - Ad$$

حيث Ad هو تمييز هوائي الاستقبال في سمت مصدر التداخل.

وعلى الصعيد العملي، يتعين أن تستوفي الإشارة المطلوبة كلا الشرطين اللذين يمكن التعبير عنهما على النحو التالي:

$$C > C/N_{min} + N + PR + I - Ad$$

وفي حال مصادفة أكثر من إشارة مطلوبة وأكثر من إشارة غير مطلوبة، يمكن التعبير عن شرط الاستقبال على النحو التالي:

$$\Sigma PC > P(N + C/N_{min}) + \Sigma P(PR+I-Ad)$$

حيث:

ΣPC: مجموع قدرة الإشارات المطلوبة

$P(N + C/N_{\min})$: مكافئ قدرة الضوضاء + نسبة C/N المطلوبة

$\Sigma P(PR+I-Ad)$: مجموع قدرة مجالات الإزعاج.

2.2.7.5.4 تغطية مساحة صغيرة

لا يمكن، من الناحية العملية، معرفة القيم الحقيقية لشدة المجال لكل موقع استقبال من أجل تطبيق الصيغة السابقة وتحديد منطقة التغطية على وجه الدقة. والأرقام الوحيدة التي يمكن تقييمها هي القيم المتوسطة لشدة المجال في مساحات صغيرة (100 م × 100م، عادة). وغالباً ما يسمى التغاير عبر مساحة صغيرة من هذا القبيل بالخبو الطويل الأجل أو الخبو جراء الحجب.

وتكمن المشكلة عندئذ في معرفة ما إذا كانت مساحة صغيرة معينة تقع داخل منطقة التغطية أم خارجها وفي حساب احتمال الاستقبال الجيد في هذه المناطق. ويمثل هذا الاحتمال النسبة المئوية لمواقع الاستقبال التي يمكنها أن تتلقى إشارة مُرضية (أي المواقع

التي تكون فيها القدرة المطلوبة أكبر من أو تساوي مجموع قدرات الضوضاء والإزعاج) داخل المنطقة الصغيرة. وتعتبر المنطقة الصغيرة مغطاة – ومن ثم فهي تنتمي إلى منطقة التغطية – إذا كان الاحتمال أعلى من عتبة معينة، 70% أو 90% أو 95% على سبيل المثال. ويناقش هذا الجانب بمزيد من التفصيل أدناه.

ويتم حساب الاحتمال – باستخدام القيم المناسبة لسوية الضوضاء ونسب الحماية لكل نوع من أنواع التداخل – بالنسبة إلى أحوال شدة المجال، وهي متغيرات عشوائية. ويعطي التنبؤ بشدة المجال السوية الوسطى لأحوال/لشدة المجال المطلوبة والإشارات غير المطلوبة باستخدام أسلوب التنبؤ، في التوصية ITU R P.1546 [15.4] مثلاً، أو نماذج التنبؤ باستخدام مصارف بيانات التضاريس.

ولكن نظراً لأن القوى المطلوبة وقوى الإزعاج هي متغيرات عشوائية لا تُعرف إلا من خلال متوسطها وانحرافها المعياري، فإن الصيغ الواردة في القسم السابق لا يمكن تطبيقها إلا على متوسطات القوى المطلوبة وقوى الإزعاج. ومن الضروري الرجوع إلى النماذج الرياضية لتوزيع شدة المجال مع المواقع واستخدام الأساليب الرياضية للحصول على نتيجة الجمع بين عدة إشارات موزعة عشوائياً. ويرد الحديث عن ذلك بمزيد من التفصيل أدناه.

والجانب الآخر الذي يتعين ذكره في هذا السياق هو أن كل نموذج انتشار يتأثر بخطأ في التنبؤ يضفي عنصراً إحصائياً آخر. ويختلف خطأ التنبؤ من نموذج انتشار بعينه لآخر. وفي كثير من الأحيان يعالج خبو الحجب وخطأ التنبؤ معاً، ويفترض أن يغطي الانحراف المعياري المطبق لشدة المجال كلا الأثرين.

3.2.7.5.4 التنبؤ بالانتشار وخلفيته الإحصائية

تنتشر إشارات الإذاعة للأرض عبر الغلاف الجوي بين المرسل والمستقبل. وتؤدي خصائص قناة الانتشار إلى تفاوت زمني إحصائي وتغير موقع إحصائي لشدة المجال. والاختلاف الزمني للمجال المطلوب ضئيل جداً عموماً مقارنة بتغير موقعه. وتدمج هذه التغيرات الإحصائية في نماذج انتشار معروفة كتلك الواردة في التوصية ITU-R P.1546 [15.4].

وعند مناقشة إحصاءات شدة المجال الواردة، يتحدد تغير الإشارة المطلوبة فوق مساحة صغيرة تكون فيها للإشارة قيمة متوسطة ونمط لوغاريتمي عادي للتغير حول هذه القيمة المتوسطة، مع انحراف معياري معروف. وتتراوح قيمة الانحراف المعياري عادة بين 3 و6 dB. ولدى تخطيط خدمات الإذاعة الرقمية كثيراً ما تستخدم قيمة قدرها 5,5 dB. ويجب أن تكون المناطق التي تسري فيها هذه القيمة ذات مساحة مناسبة. وبعبارة أخرى، لا يمكن أن تكون المنطقة "كبيرة جداً" أو "صغيرة جداً". وتكون مساحتها عموماً في حدود 100 م × 100 م. وتطلق على منطقة ذات مساحة مناسبة تسمية "منطقة اختبار" أو "بيكسل".

وكمثال توضيحي مقابل، يكون لقياسات شدة المجال فوق مساحة تمتد من موقع المرسل نحو دائرة متحدة المركز على مسافة 100 كم بالتأكيد انحرافاً معيارياً يزيد عن 5,5 dB. ومن ثم لن تكون هذه مساحة اختبار. وكذلك، إذا كانت المنطقة تتألف من مجرد عدد قليل من النقاط القريبة بعضها من بعض، فإن الانحراف المعياري للموقع سيكون أقل من 5,5 dB.

ويجب ألا يغرب عن البال أن قيم شدة المجال التي توفرها نماذج الانتشار الإحصائية لا تعطي معلومات عن نقاط محددة وإنما عن مناطق اختبار فقط. مثال ذلك، يمكن بلوغ (أو تجاوز) سوية شدة مجال، X، عند 50% من المواقع على مسافة معينة من مرسل له ارتفاع هوائي فعال معين وقدرة e.r.p. معينة؛ ويمكن بلوغ (أو تجاوز) سوية شدة مجال أخرى (أدنى)، Y، عند نسبة 99% من نفس المواقع بنفس شروط الإرسال. والفرق، X–Y، متناسب مع الانحراف المعياري، ويمثل الباع الذي تقع ضمنه معظم قيم شدة المجال عندما تقاس عند نقاط داخل منطقة الاختبار. ولا تقدم معلومات عما هي فرادى المواقع/النقاط داخل منطقة الاختبار التي تتلقى شدة مجال مساوية لسوية شدة مجال معينة، أو عما هي فرادى المواقع/النقاط التي تتلقى شدة مجال تتجاوز سوية شدة المجال المعينة.

وإذا زيدت قدرة المرسل الآن بمقدار ثابت (3 dB، مثلاً)، فإن شدة المجال الواردة تزداد عند كل موقع/نقطة بهذا المقدار (3 dB)، وتكون شدة المجال في مواقع/نقاط أكثر من ذي قبل تساوي أو تتجاوز سوية شدة المجال المعينة (X أو Y). ولكن لا يزال من غير المعروف أين هي تلك المواقع/النقاط المعينة التي يحدث فيها ذلك. وعلى أي حال، من المنطق القول بأن شدة المجال قد ارتفعت بمقدار 3 dB في جميع المواقع/النقاط قيد النظر أو، على نحو مكافئ، أن سوية شدة المجال المعنية (X أو Y) قد تم بلوغها أو تجاوزها عند نسبة مئوية أعلى من المواقع/النقاط (أي أعلى من 50% أو 99%، على التوالي).

3.7.5.4 إحصاءات الزمن

تؤخذ في الاعتبار إحصاءات الزمن للمجالات المسببة للتداخل بإجراء الحسابات على أساس منحنيات انتشار الزمن بنسبة 1%،[13] بينما تستند حسابات المجالات المطلوبة إلى منحنيات انتشار الزمن بنسبة 50% (أو 99%). ولا يتم عادة إجراء معالجة أكثر تفصيلاً لإحصاءات الزمن في حسابات التغطية الخاصة بخدمات الإذاعة الرقمية. بل ليست هنالك في الواقع طرائق متوفرة للقيام بذلك. ولهذا النهج ما يبرره إلى حد ما – بالنسبة للإشارات المطلوبة على الأقل – نظراً لأن تغير الزمن بالنسبة للمسافات الأقصر (أقل من 100 كم) أقل بكثير من تغير الموقع.

وفيما يتعلق بتجميع الإشارات، تعامل مجالات التداخل الذاتي كإشارات "عادية" غير مطلوبة. وتستخدم منحنيات انتشار الزمن بنسبة 1%، وتضاف إلى المصدر الآخر للتداخل المحتمل من خارج الشبكة SFN.

8.5.4 شروط الاستقبال الدنيا

1.8.5.4 حالة إشارة وحيدة

توصف إحصاءات الموقع، بالنسبة لشدة مجال مفردة (موزعة لوغاريتمياً) وصادرة من مرسل واحد، بواسطة توزيع عادي يتميز بمعلمتين، القيمة المتوسطة والانحراف المعياري. وبناء على ذلك، يتم توزيع قدرة الإشارة على أساس لوغاريتمي عادي.

وقد سبق البحث في الدور الرئيسي لأهداف احتمالات التغطية كمعلمات تخطيط لنظام رقمي. وتتصل هذه الأرقام المستهدفة بمعلمات توزيع شدة المجال. ويتحدد احتمال التغطية بنسبة 50% على أساس متوسط قيمة التوزيع، ولحساب احتمالات التغطية الأعلى (والأدنى كذلك) يحتاج الأمر إلى كل من القيمة المتوسطة والانحراف المعياري لتوزيع الإشارات.

وفي حالة إشارة وحيدة، حيث تعرف معلمات التوزيع من التنبؤ بالانتشار، يمكن بسهولة حساب هوامش الاحتمالات لتلبية احتمالات التغطية الأعلى، ويمكن تحديد متوسط شدة المجال الدنيا للتخطيط. وينطبق ذلك أيضاً على هوامش الاحتمال لنسب الحماية عندما يتعلق الأمر بمجال مطلوب وآخر غير مطلوب. ويرد التعريف الدقيق لهامش الحماية لاحقاً في هذا الفصل.

وترد في القسم 2.7.5.4 الصيغة العامة لشروط الاستقبال الدنيا. وفي حالة إشارة واحدة مطلوبة وإشارة واحدة غير مطلوبة، يكون ذلك (بإهمال تمييز هوائي الاستقبال توخياً للبساطة) كما يلي:

$$C > C/N_{min} + N + PR + I$$

وفي غياب مصدر التداخل، تحدد شدة المجال الدنيا $F_{\min}$ كما يلي:

$$F_{min} = C/N_{min} + N$$

ومن أجل الاستقبال الملائم، يجب تجاوز $F_{\min}$ من جانب الإشارة المطلوبة C، وهي موصوفة – كمتغير إحصائي بتوزيع عادي – بقيمة متوسطة C_{mean} وانحراف معياري σC:

$$C > F_{min}$$

أو، على نحو أدق:

$$P(C > F_{min}) > p$$

حيث تشير $P(A)$ إلى احتمال وقوع الحدث A وتشير p إلى احتمال تغطية الموقع المتوخاة. وعلى أساس معلمات توزيع C المعطاة واحتمال التغطية المتوخاة p يمكن تقييم متوسط شدة المجال المكافئة الدنيا للتخطيط ***(FMME)*** كما يلي:

---

[13] أي شدة مجال مصدر التداخل التي يتم تجاوزها لنسبة 1% فقط من الزمن.

$$FMME = F_{min} + (\mu p * \sigma C)$$

و*FMME* هي معلمة التخطيط التي يجب تجاوزها بمقدار متوسط القيمة C_{mean} للإشارة المطلوبة *C* لضمان الاستقبال السليم مع احتمال التغطية المتوخاة. ويسمى مقدار $\mu p * \sigma C$، الذي تكون فيه *FMME* أكبر من F_{min}، هامش الاحتمال. وهو دالة تتبع الانحراف المعياري وعامل المئين μp. وترد في الجدول 1.4 أدناه قيم μp لاحتمالات التغطية النموذجية *p*. وكثيراً ما يطلق على هامش الاحتمال أيضاً تسمية هامش الانتشار.

الجدول 1.4

معامِلات المئينات للاحتمالات النموذجية *p*

μp	*p*
0,00	0,50
0,52	0,70
1,64	0,95
2,33	0,99

وثمة اعتبار مماثل يصلح عند النظر في تداخل الإشارة المطلوبة (بسوية *C*) من إشارة غير مطلوبة (بسوية *I*). وللاستقبال السليم، يجب أن تستوفي الإشارة المطلوبة الشرط:

$$C > PR + I$$

أو، في شكل إحصائي:

$$P(C > PR + I) > p$$

ويجعل تقييم هذا التعبير الشرط اللازم للقيمة المتوسطة C_{mean} للمجال المطلوب كما يلي:

$$C_{mean} > I_{mean} + PR + \mu p * \sqrt{(\sigma_C^2 + \sigma_I^2)}$$

ويحتوي هامش الاحتمال $\mu p * \sqrt{(\sigma C2 + \sigma I2)}$ الآن على الانحراف المعياري لكل من الإشارة المطلوبة والإشارة غير المطلوبة لأن كلتيهما متغير إحصائياً. ويتقلص هامش الاحتمال إلى الصيغة $\sqrt{2}*\mu p*\sigma$، عندما يُفترض نفس الانحراف المعياري للإشارة المطلوبة والإشارة غير المطلوبة، أي عندما تكون $\sigma_C = \sigma_I = \sigma$.

وبما أن الانحراف المعياري للمجال المطلوب والمجال غير المطلوب معروف (وهو معلمة خرج لنموذج التنبؤ بشدة المجال)، يمكن حساب هوامش الاحتمال في حالة الإشارة الوحيدة واستخدامها كمعلمات تخطيط صالحة عموماً.

وتتضمن المعالجة المجتمعة للضوضاء ومصدر التداخل، كما سبقت الإشارة إليه في القسم 1.2.7.5.4، عناصر من المجموع الإحصائي وهي لذلك تبحث في القسم التالي.

2.8.5.4 حالة الإشارات المتعددة

من حيث المبدأ، تنطبق نفس شروط الاستقبال الدنيا المذكورة في القسم السابق أيضاً في حالة تعدد الإشارات. ولكن بما أن الأمر يتناول الآن مجاميع إحصائية للإشارات المطلوبة والإشارات غير المطلوبة فإن تقييم التغطية يصبح أكثر تعقيداً. وتشكيلات الإشارات المتعددة المسببة للتداخل معروفة جيداً في كثير من أحوال البث، في حين أن الإشارات المطلوبة المتعددة هي جانب معين من الشبكات الوحيدة التردد.

وعندما تصادَف حالة إشارات متعددة فإن معلمات توزيع الإشارات الناتجة لا تكون معروفة مسبقاً. ويتوقف متوسط القيمة، ولا سيما الانحراف المعياري، إلى حد كبير على التوليفة المعينة من الإشارات قيد النظر. ونتيجة لذلك، فإن أحوال شدة المجال الدنيا وهوامش الاحتمالات ليس لها قيم ثابتة، بل تصبح بدلاً من ذلك متغيرات تبعاً لعدد وقوة وانتشار فرادى أحوال شدة المجال. ومع ذلك، يمكن استبانة اتجاهين عامين: أولاً، القيمة المتوسطة للإشارة المركبة أكبر من المجموع الحسابي لفرادى المتوسطات، وثانياً، الانحراف المعياري للإشارة المركبة أصغر من الانحراف المعياري لفرادى الإشارات. وفي حالة الإشارات المطلوبة، تُحدث هاتان الظاهرتان الأثر المعروف باسم "كسب الشبكة".

ويمكن أن يعطي المثال التالي انطباعاً عن أهمية آثار تجميع أحوال شدة المجال. ويتحقق أقصى كسب للشبكة الإحصائية إذا كانت المجالات المساهمة متساوية في موقع الاستقبال. وفي حالة ثلاث إشارات وحيدة مثلاً فإنها تبلغ نحو 6 dB وهي تخفض من متوسط شدة المجال الدنيا للتخطيط عند ذلك الموقع بهذا المقدار. وإذا لم تكن شدة الإشارات الثلاث متساوية فإن كسب الشبكة يتراوح بين 0 و6 dB. وعلى نفس المنوال، تنخفض هوامش الاحتمالات لنسب الحماية نتيجة آثار تجميع الإشارات. ويبين المثال أن آثار تجميع الإشارات في الشبكة SFN قد تؤثر إلى حد كبير على تغطية خدمة رقمية.

وقد سبقت الإشارة إلى أن آثار تجميع الإشارات تزيد من القيمة المتوسطة وتخفض من الانحراف المعياري لتوزيع تجميع الإشارات الناتج مقارنة بنتيجة المعاملة غير الإحصائية. وهذه نتيجة هامة، لأنها توفر إمكانية إصلاح نتائج المعاملة غير الإحصائية كحد أعلى لتقديرات التخطيط الأولية. وهي تسمح بقدر من هامش التنفيذ الإضافي، وبذلك تشكل أساساً ملائماً للتخطيط عندما لا تتوفر معلومات مفصلة عن خصائص المرسل لشبكة ما، عند وضع خطة تعيينات مثلاً.

ومن ناحية أخرى، يتعين على التخطيط المفصل، من أجل تنفيذ شبكة مرسلات حقيقية مثلاً، أن يأخذ في الحسبان آثار تجميع الإشارات. وعندئذ لا تشكل هوامش الاحتمالات لشدة المجال الدنيا ونسب الحماية معلمات تخطيط مناسبة. ولا بد من الاستعاضة عنها بأهداف احتمالات التغطية الأساسية.

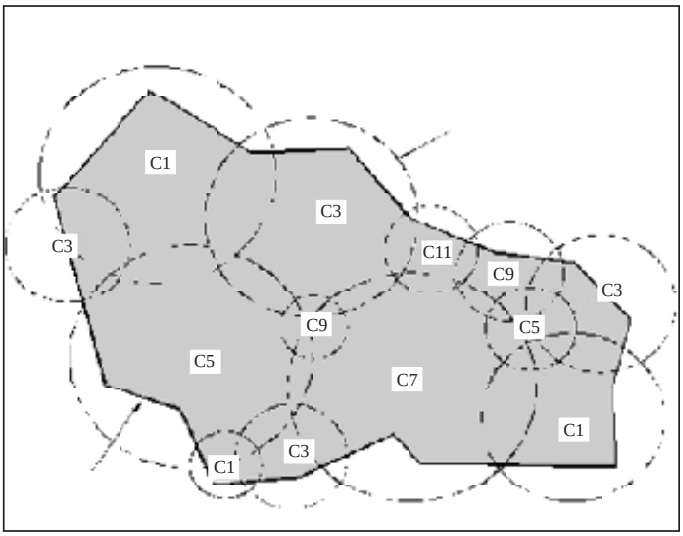
ولما كان كسب الشبكة سمة أساسية من سمات الشبكات الوحيدة التردد، فإن هذا الجانب يناقش بمزيد من التفصيل في القسم 4.7 أدناه.

6.4 تخطيط الشبكات المتعددة الترددات

الشبكة المتعددة الترددات (MFN) هي شبكة تخصص تردداً مختلفاً لكل مرسل، أي لعدد N من المرسلات يُستخدم عدد N من قنوات التردد. ومن شأن استعمال ترددات متعددة أن يتجنب التداخل غير المقبول في نفس القناة بين المرسلات، على الرغم من أنه في معظم الشبكات العملية لن يكون هناك قنوات تردد كافية لاستخدام كل منها مرة واحدة فقط، ولذلك يعاد استعمال الترددات عموماً على مسافة كافية كي لا تتسبب في تداخل غير مقبول (انظر الشكل 1.4).

الشكل 1.4

شبكة متعددة الترددات (MFN)



DTTB-04-01

ونظام لجنة الأنظمة التلفزيونية المتقدمة (ATSC)، الذي اعتمد في الولايات المتحدة وكندا وجمهورية كوريا والمكسيك، هو النظام الوحيد للموجة الحاملة الوحيدة الوارد وصفه في التوصية ITU-R BT.1306 [2.4]، وهو ينفذ بصفة عامة باعتباره شبكة MFN. وتَستخدم الصيغة ATSC v3,0 تقنية الموجات الحاملة المتعددة، ومن ثم فقد أزيل هذا القيد.

ويمكن أيضاً استعمال مفهوم الشبكة MFN في أنظمة DTTB متعددة الموجات الحاملة، مثل الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB) أو الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDB). وقد يكون مفيداً بوجه خاص أثناء الانتقال من الإذاعة التماثلية إلى الإذاعة الرقمية، حيث يمكن معاودة استعمال جزء كبير من البنية التحتية للشبكة التماثلية القائمة، ولا سيما للاستقبال الثابت، مما يسمح للمشاهدين بإعادة استخدام هوائي الاستقبال ونظام التغذية القائمين لديهم. وخلال الفترة الانتقالية لتعايش الخدمات التماثلية والرقمية، ولا سيما في أول إدخال للخدمات الرقمية، قد يكون من المهم عدم وضع أعباء تنفيذ لا داعي لها على عاتق المشاهدين.

وتخطيط الشبكة MFN مفيد في هذه الحالة بسبب الافتراض المتأصل بأن الخدمة التماثلية القائمة، التي قد تخدم نسبة كبيرة جداً من السكان في بلد ما، سوف تبقى قيد الاستخدام لبضع سنوات وأن تغييرات قليلة نسبياً ستحدث في المحطات التماثلية خلال ذلك الوقت. وعلى وجه الخصوص، من غير المحتمل حدوث تغييرات واسعة النطاق في القنوات أو المواقع ضمن الشبكات التماثلية. ولذلك فإن شبكات DTTB الجديدة سوف يتعين إدراجها بين القنوات التماثلية أثناء الفترة الانتقالية. ومع ذلك، قد يكون من المستحسن إدخال عدد محدود من التغييرات في القنوات، أو حتى في المواقع، في بعض المحطات التماثلية التي قد يكون لها خلاف ذلك أثر سلبي كبير على فرص تنفيذ المحطات والخدمات الرقمية.

وقد لا توفر بعض شبكات MFN، التي تتألف من محطات رئيسية ذات قدرة أعلى فقط، تغطية كاملة. ويمكن لمحطات المكررات ذات القدرة الأدنى (حشوات الفراغ) أن تستكمل التغطية باستعمال التردد نفسه الذي تستعمله المحطة الرئيسية المصاحبة (كجزء من شبكة وحيدة التردد، SFN) أو كتخصيصات منفصلة في شبكة MFN. وشبكة SFN هي خيار يمكن أن يساعد في محاكاة معمارية الشبكة التماثلية.

وثمة ميزة في شبكة MFN وهي سهولة بناء الشبكات لأنه لا حاجة إلى المزامنة بين المرسلات الرقمية (وهي ضرورية في شبكة SFN) مما قد يقلل من المعدات وميزانية البناء. وثمة فائدة أخرى وهي أنه قد يكون من الأسهل العثور على عدد من الترددات المتاحة لشبكة MFN أثناء فترة البث المتزامن للتلفزيون التماثلي والرقمي من العثور على تردد مناسب لاستعمال شبكات SFN في منطقة واسعة.

1.6.4 إجراءات التخطيط

الخطوة 1: تحديد منطقة الخدمة المطلوبة

من المهم جداً تحديد منطقة الخدمة المطلوبة لنظام DTTB. ومن الشائع أن تكون منطقة الخدمة DTTB هي نفسها المنطقة التي يغطيها نظام البث التلفزيوني التماثلي. ومن مزايا التكنولوجيا الرقمية إمكانية خفض قدرة المرسلات حتى 16 dB مقارنة بقدرة المرسلات التماثلية إلى جانب تغطية نفس المنطقة (تبعاً لأسلوب الإرسال DTTB المختار).

الخطوة 2: أسلوب الاستقبال

لقد صممت أنظمة DTTB لتكون قابلة للاستقبال عبر هوائيات ثابتة (على السطح) أو أجهزة استقبال محمولة أو حتى أجهزة محمولة باليد. ولعل أسلوب الاستقبال المرغوب هو الدافع الأكثر أهمية في تخطيط الترددات لخدمات DTTB، ولذا يجب النظر فيه في مرحلة مبكرة جداً من العملية.

الخطوة 3: معلمات التخطيط

نظراً للانحطاط "المفاجئ" في أنظمة DTTB (حيث يحدث انحطاط سريع في جودة الاستقبال عند عتبة الاستقبال)، فمن الضروري بوجه عام التأكد من توفرها لنسب مئوية عالية من احتمالات الزمن والموقع. مثال ذلك، يَفترض الاتفاق GE06 [10.4] ضرورة أن تكون الخدمات متاحة لأكثر من 99% من الوقت. وتتوقف النسبة المئوية للمواقع التي يتعين أن تتوفر فيها الخدمة على أسلوب الاستقبال المختار.

وينبغي عندئذ تحديد شدة المجال الدنيا الصالحة للاستعمال تبعاً لاحتمالات الزمن والموقع المطلوبة وارتفاع هوائي الاستقبال وخصائص نظام الاستقبال.

وعندئذ يمكن حساب قدرة الإرسال المناسبة لتغطية منطقة الخدمة المطلوبة على أساس كسب هوائي مرسل معين.

ويمكن أن توفر أنظمة DTTB، ضمن قناة تردد وحيدة (قد تكون بعرض 6 أو 7 أو 8 MHz)، معدلات تاريخ تتراوح ما بين 4 و40 Mbit/s، تبعاً لأسلوب الاستقبال المختار والمعلمات الأخرى. وبصورة عامة، توفر عروض النطاق الأوسع معدلات بيانات أعلى.

ويتناول القسم 8.4 بمزيد من التفصيل اختيار معلمات الإرسال.

وترد هذه المعلمات في التوصية ITU-R BT.1306 [2.4] بالنسبة لأنظمة الجيل الأول وفي التوصية ITU-R BT.1877 [3.4] بالنسبة لأنظمة الجيل الثاني.

الخطوة 4: تخصيص التردد

بالنظر إلى اختيار أسلوب الاستقبال ومعدل البيانات المطلوب، يمكن تحديد نسبة الحماية المطلوبة للمستقبِل.

ويمكن بعدئذ اختبار التردد المرشح للتأكد من أن نسبة الحماية للمستقبِل لأي نقطة في منطقة الخدمة تتجاوز النسب ما بين الإشارات المطلوبة وغير المطلوبة *(C/I)* وأن المرسل الجديد لا يتسبب في خسارة غير مقبولة في الخدمة لصالح المرسلات الأخرى. وفي حال استيفاء هذه المعايير، يصبح التردد المرشح مناسباً للاستخدام في ذلك الموقع.

وإلا ينبغي تكرار الحسابات باستخدام تردد بديل أو تعديل معلمات المرسل إلى أن تُستوفى معايير نسبة الحماية.

ويلاحظ أنه قد لا يكون من الممكن توفير التغطية المطلوبة في كل نقطة في منطقة الخدمة أو إزالة التداخل كلياً في المرسلات القائمة الأخرى. وفي هذه الحالة، قد يكون من الضروري، بعد دراسة الترددات ومعلمات الإرسال البديلة، النظر في استخدام توزيع للترددات دون المستوى الأمثل.

الخطوة 5: التنسيق

بعد فهم التداخل في مرسل جديد والتداخل الناجم عنه، قد يحتاج الأمر إلى التنسيق بين مرسلات DTTB للحد من التداخل غير المقبول. وقد يؤدي ذلك إلى تعديل قدرة الإرسال ومكاسب الهوائي ومخططات الإشعاع و/أو إمكانية تغيير موقع المرسل.

وقد يحتاج الأمر أحياناً إلى التنسيق بين بلدين أو أكثر. ويتناول الفصل 6 من هذا الكتيب بمزيد من التفصيل عملية التنسيق الدولية.

الخطوة 6: ملء الثغرات

على الرغم من أن المرسلات تقام في مواقع مرتفعة توخياً لتغطية أوسع، فقد يتبقى بعض المناطق دون تغطية. وبالإضافة إلى ذلك، قد لا تتوفر شدة مجال كافية من مرسل رئيسي للإشارة DTTB لاستقبالها داخل المباني أو تحت الأرض. ويمكن تغطية هذه المناطق المحجوبة بحشوات منخفضة القدرة لملء الثغرات. وقد يكون من الممكن العثور على ترددات مناسبة في نظام MFN لتغطية مناطق صغيرة محجوبة، نظراً لأن حشوات ملء الثغرات أقل تعرضاً للتداخل الضار عند استخدام مرسلات منخفضة القدرة ومنخفضة الارتفاع.

2.6.4 معلمات التخطيط

1.2.6.4 نظام الاستقبال المرجعي لتخطيط الترددات

خصائص أنظمة الاستقبال المرجعية لأنظمة التلفزيون الرقمي للأرض هي الأساس لتخطيط ترددات خدمات التلفزيون الرقمي للأرض في نطاقي الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF). وهذه الخصائص لأنظمة DTTB من الجيل الأول والثاني معرّفة في التوصية ITU-R BT.2036 [35.4].

وتنقسم جميع خصائص المستقبلات لتخطيط الترددات إلى فئتين:

- خصائص مشتركة للمستقبِل تنطبق على أي من أنظمة التلفزيون الرقمي للأرض؛
- خصائص للمستقبِل تنطبق على نظام محدد من أنظمة التلفزيون الرقمي للأرض.

وتشمل الخصائص المشتركة للمستقبِل ما يلي:

- ارتفاع هوائي المستقبِل فوق الأرض (مثال ذلك، 1.5 متر لمستقبل محمول و10 أمتار لمستقبل ثابت فوق السطح)؛
- اتجاهية هوائي الاستقبال (انظر التوصية ITU-R BT.419 [28.4])؛
- عامل ضوضاء المستقبِل (تبعاً للتردد – من 6 إلى 10 dB، انظر التوصية ITU-R BT.2036 [35.4])؛
- كسب الهوائي (تبعاً للتردد – من 4 إلى 12 dB، انظر التوصية ITU-R BT.2036 [35.4])؛
- خسارة المغذي (تبعاً للتردد – من 1 إلى 5 dB، انظر التوصية ITU-R BT.2036 [35.4])؛

وتعرّف خصائص المستقبلات المحددة لأنظمة الجيل الأول من DTTB (DVB-T وATSC وISDB-T) وللجيل الثاني من أنظمة DTTB (DVB-T2) في التوصية ITU-R BT.2036 [35.4]). ويلاحظ أن هذه التوصية لا تحتوي على خصائص المستقبِل لأنظمة DTMB.

2.2.6.4 قيم شدة المجال الدنيا ونسب الحماية

ترد معايير التخطيط ونسب الحماية لأنظمة الجيل الأول في التوصية ITU-R BT.1368 [30.4] ولأنظمة الجيل الثاني في التوصية ITU-R BT.2033 [31.4]. ومعايير الحماية لأنظمة الإذاعة متعددة الوسائط للأرض من أجل الاستقبال المتنقل باستعمال مستقبلات محمولة باليد في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) معرّفة في التوصية ITU-R BT.2052 [36.4].

وفي الملحق 2 بالفصل 4 تُستكشف مختلف سيناريوهات التنفيذ التي تستمد شدة المجال الدنيا القابلة للاستعمال مع مراعاة منشآت الاستقبال الشائعة.

ولدى تحديد نسب الحماية يتعين النظر في طبيعة التداخل. وترد هذه المعلومات الموحدة في التقرير ITU-R BT.2382 [37.4].

7.4 تخطيط الشبكات الوحيدة التردد (SFN)

1.7.4 اعتبارات عامة

توفر الشبكات الوحيدة التردد (SFN) التغطية المطلوبة باستعمال مرسلات متعددة تعمل في نفس التردد وتحمل نفس المحتوى. ويسهل تشغيل شبكات DTTB[14] في تشكيل وحيد التردد باستعمال تقنية تشكيل تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM)، التي تمكن الاستقبال (والتجميع البنّاء) لأكثر من إشارة تردد مفيدة (حصانة تعدد المسيرات).

وفي شبكة SFN، يمكن لأكثر من مرسل أن يخدم العديد من مواقع الاستقبال داخل منطقة التغطية. وحيثما يحدث ذلك يتكون مستوى معين من الإطناب لاستقبال الإشارة ويمكنه تحسين مدى توفر الخدمة. وتُظهر شدة المجال من مرسل واحد تغايرات إحصائية بسبب وجود عوائق على مسير الانتشار، ولا سيما بالنسبة للاستقبال المحمول والمتنقل. ويمكن تخفيض هذا التغاير في شدة المجال بوجود عدة مرسلات موضوعة في اتجاهات مختلفة من منظور المستقبل، ذلك لأنه عندما يحتجب مصدر ما يمكن استقبال المصادر الأخرى بسهولة. ويؤدي هذا الجانب من الشبكة SFN إلى "كسب في الشبكة"، وهو ما يُستكشف بالتفصيل في القسم اللاحق. ويمكن تصميم شبكة SFN لتوفير توزيع شدة مجال أكثر تجانساً في كل منطقة تغطيتها مما يوفره مرسل واحد يغطي نفس المنطقة.

وفي شبكة وحيدة التردد تَستخدم جميع مرسلات الشبكة نفس التردد. وهي تشمل منطقة تغطية مشتركة ولا يمكن تشغيلها بشكل مستقل. وهذا ما يبدو في الشكل 2.4 حيث توصف شبكة SFN تضم 10 مرسلات تعمل على القناة C1. ويبين الشكل منطقة الخدمة وكذلك منطقة التغطية المشتركة للمرسلات.

وعند التشغيل في شبكة SFN، ينبغي أن تكون الإشارات المرسلة من فرادى المرسلات:

- متزامنة (أو بتأخير محكم بدقة)؛
- متسقة اسمياً في التردد (في حدود بضعة Hz)؛
- مشكّلة بتدفقات بتات متماثلة.

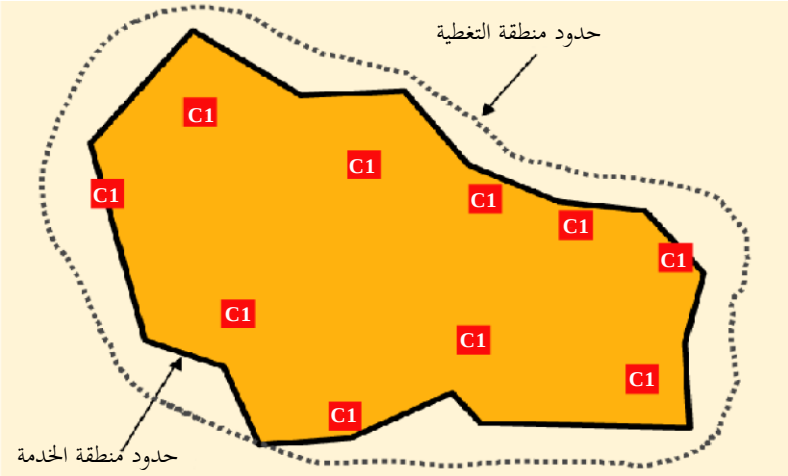
وينبغي تصميم الشبكة بحيث تقلل إلى الحد الأدنى من التداخل الذاتي وتستفيد من الإشارات المطلوبة التي تنتجها المرسلات الأخرى في الشبكة SFN. ويتوقف التأخير بين الإشارات الواردة إلى المستقبل على الفرق في طول مسيرات الانتشار بين المستقبل ومختلف المرسلات في الشبكة SFN؛ وقد يكون التأخير في حدود بضع عشرات إلى بضع مئات من الميكروثانية تبعاً للمسافة الفاصلة للمرسل والتنفيذ الفعلي لفرادى التأخيرات المحددة في كل مرسل في الشبكة.

---

[14] باستثناء ATSC. انظر القسم 6.4.

الشكل 2.4

شبكة وحيدة التردد (SFN)



DTTB-04-02

ويمكن تنفيذ الشبكات الوحيدة التردد بواحد من نوعين نظريين من البنية. يسمى أحدهما شبكة "مفتوحة" والآخر شبكة "مغلقة". ويفترض أن كلا النوعين من الشبكات مصمم لتوفير الحد الأدنى من شدة المجال المطلوبة عند حدود منطقة التغطية:

- في شبكة مفتوحة، لا تتخذ أي تدابير لتقليل سوية الإشعاع نحو المناطق الواقعة خارج منطقة التغطية. وفي الحالة المقيدة، يمكن أن تتكون الشبكة المفتوحة من مرسل وحيد متعدد الاتجاهات.
- في شبكة مغلقة، تخفض عمداً سوية الإشعاع نحو المناطق الواقعة خارج منطقة التغطية دون تخفيض تغطية المنطقة المتوخاة. ويمكن تحقيق ذلك باستعمال هوائيات اتجاهية في محطات الإرسال بالقرب من محيط منطقة التغطية.

وفي شبكة حقيقية تغطي مساحة كبيرة قد يكون هناك مسافات كبيرة بين أجهزة الإرسال. وإذا صممت في شكل شبكة مغلقة فإنها سوف تتسبب في تداخل أقل عند مسافة معينة خارج منطقة تغطيتها عما لو كانت مصممة في شكل شبكة مفتوحة. والسبب في ذلك هو أن سوية التداخل تتوقف أساساً على القدرة المشعة من المرسلات الأقرب إلى حدود منطقة التغطية في الاتجاه قيد النظر.

أما في شبكة مغلقة تغطي منطقة صغيرة، فإن القدرة المشعة من المرسلات على جانب منطقة التغطية المقابلة للاتجاه قيد النظر تسهم بقدر أكبر نسبياً في مستوى التداخل الصادر عما هو في شبكة مغلقة تغطي مساحة كبيرة. ومن ثم، فإن استعمال هوائيات الإرسال الاتجاهية في المرسلات بالقرب من حدود منطقة تغطية صغيرة يعود بقدر أقل من المزايا مما هو الحال في الشبكات التي تغطي مساحات أكبر. ويمكن التخفيف من ذلك، جزئياً على الأقل، باستخدام تقنيات من قبيل إمالة الحزمة.

ويتبين مما سبق، بالنسبة لمناطق التغطية الكبيرة نسبياً، أن المسافة الفاصلة بين المناطق المشتركة في نفس القناة أقل عموماً في الشبكات المغلقة مما هي في الشبكات المفتوحة. وبالنسبة لمناطق التغطية الأصغر، قد تقترب المسافة الفاصلة في الشبكات المغلقة من المسافة الفاصلة في الشبكات المفتوحة.

وهناك العديد من بدائل شبكة SFN لتوفير تغطية مساحة واسعة، وإن كانت تختلف في المظهر أكثر من اختلافها في الواقع. ويكمن الفرق الأساسي في التباعد بين مواقع المرسلات. فهنالك من جهة أولى شبكة منشأة في مواقع قائمة ربما كانت أو لا تزال تستخدم للخدمات التماثلية، وقد يبعد بعضها عن الآخر 80 كم أو أكثر. ومن جهة أخرى هنالك شبكة كثيفة مع تباعد بين المرسلات بمسافة 10 أو 20 كم فقط. ومن المرجح، على صعيد الواقع، أن تتألف أي شبكة حقيقية من بعض عناصر كلتا الحالتين. وحتى الشبكة المبنية أساساً في مواقع محطات تماثلية قائمة أو سابقة ستحتاج على الأرجح إلى عدد من محطات الترحيل ويمكن أن يكون لهذه المحطات تباعد صغير نسبياً بين المواقع المتجاورة. وعلى العكس من ذلك، من المحتمل أن تنطوي شبكة كثيفة على "بعض الثغرات" حيث الكثافة السكانية منخفضة جداً بحيث لا يمكن اقتصادياً تبرير بناء بعض المحطات.

2.7.4 المرونة في استعمال الطيف

ينطوي تشكيل الشبكات SFN على مرونة كبيرة جداً في استعمال الطيف. فعلى سبيل المثال، يمكن تصميم الشبكة في البداية لتوفير تغطية للهوائيات الثابتة على مستوى السطح، ولكن يمكن تطويرها في وقت لاحق، دون الحاجة إلى ترددات إضافية، لتوفير خدمات متنقلة أو محمولة بإضافة محطات إرسال إضافية.

ومن أوجه المرونة الأخرى في الشبكات SFN هي الحرية التي يتمتع بها مشغل البث في إقامة محطات جديدة لتحسين التغطية داخل شبكة قائمة، دون الحاجة إلى استعمال طيف إضافي.

3.7.4 أثر معلمات نظام DTTB على أداء الشبكة SFN

إن أحد المنافع الرئيسية للشبكات SFN هو تحسين استخدام الطيف وجعل تخطيط الطيف أقل تعقيداً، ومع ذلك لا بد، من ناحية أخرى، من تحديد معلمات النظام والتخطيط بعناية.

ويتعين، في المقام الأول، اختيار طوبولوجيا مناسبة للشبكة. ومن الممكن، من حيث المبدأ، اتباع نهجين: البرج العالي والطاقة العالية (HTHP) أو البرج المنخفض والطاقة المنخفضة (LTLP)، وأمداء بينهما. وفي حالة توزيع المحتوى الإذاعي، يكون النهج HTHP عملي عادة لأنه يسمح بإعادة استعمال البنية التحتية القائمة للمرسل. وثانياً، يتعين تحديد التغطية المستهدفة وأسلوب الاستقبال.

ويتحدد بذلك اختيار معلمات النظام التي تختلف بين أنظمة DTTB (للاطلاع على التفاصيل، انظر الفصل 9).

وكمثال على ذلك، تكون الخطوة الأولى، في حالة الشبكة DVB-T2 SFN، هي تحديد طول فاصل الحراسة تبعاً للحجم المادي للشبكة SFN أو مسافات الفصل بين المرسلات داخل الشبكة، علماً بأنه قد يكون من الممكن طبعاً أن تكون فواصل المرسلات أكبر من فواصل الحراسة وذلك تبعاً لاعتبارات عملية مثل التضاريس والانتشار ومتانة النظام وما إلى ذلك. وإلى جانب اختيار طول فاصل الحراسة يحتاج الأمر إلى تحديد جزء فاصل الحراسة. وينطوي جزء فاصل الحراسة على النظر في حجم تحويل فوريه السريع (FFT) المرتبط بسيناريو الاستقبال: استقبال ثابت على السطح أو محمول أو متنقل. وفي حالة الاستقبال الثابت على السطح، يبدو من المستصوب استخدام نظام FFT أكبر حيث يؤدي ذلك إلى خفض جزء فاصل الحراسة وزيادة السعة المتاحة. وبالنسبة للاستقبال المحمول والمتنقل، قد يتعين النظر في حجم FFT أدنى من قبيل 16k أو 8k أو حتى 4k، ولا سيما للاستقبال المتنقل عندما يكون أثر دوبلر قيداً. ويحدد اختيار التشكيل معدل البتات (السعة)، ولكن له أيضاً تأثير كبير على متانة النظام؛ ذلك لأن مخططات التشكيل من المرتبة الأعلى، التي توفر قدراً أكبر من السعة، تكون أكثر تأثراً. وبالإضافة إلى ذلك، هناك عدد من أنماط الأدلة (PP) المتفرقة المتاحة في DVB-T2، من PP1 إلى PP8. ويحدد اختيار أنماط الأدلة أداء الإشارات المتأخرة الواصلة خارج فاصل الحراسة، بحسب حد Nyquist. ويعني تجاوز حد Nyquist هذا أن قناة المعادلة غير صحيحة حتى إذا كان جزء التداخل بين الرموز (ISI) صغيراً (لمزيد من التفاصيل، انظر الملحق 2).

ويمكن الاطلاع على معلومات أوفى عن الشبكات SFN في التقرير ITU-R BT.2386 – الإذاعة الرقمية للأرض: تصميم وتنفيذ الشبكات وحيدة التردد (SNF) [38.4]، حيث يوصف العديد من الأمثلة العملية أيضاً بهدف تبادل الخبرات وتقديم التوجيه في التصميم والتنفيذ لأولئك الذين يعتزمون نشر هذا النوع من الشبكات.

4.7.4 كسب الشبكات

يمكن في شبكة SFN لأكثر من مرسل تغطية العديد من مواقع الاستقبال، مما يؤدي إلى إدخال مستوى معين من الإطناب في مصادر الإشارة وتحسين توفر الخدمة. ويتسم هذا التحسن بأهمية خاصة في الاستقبال المحمول حيث تبين شدة المجال من مرسل واحد تغايرات إحصائية بسبب وجود عوائق على مسير الانتشار. ويمكن تخفيض هذا التغاير في شدة المجال بوجود عدة مرسلات تقع في اتجاهات مختلفة، بحيث إذا حُجب مصدر واحد يمكن بسهولة استقبال مصادر أخرى. ويعرف هذا باسم "كسب الشبكة". وقد تكون فائدة كسب الشبكة للاستقبال الثابت، بسبب استعمال هوائيات الاستقبال الاتجاهية، محدودة ولكنها يمكن أن تكون أكثر أهمية بالنسبة للاستقبال المحمول حيث مواقع الاستقبال غير مواتية وهوائيات الاستقبال أقل تطوراً.

ونتيجة لكسب الشبكة، يمكن تشغيل SFN في مستوى قدرات أدنى، ويكون توزيع شدة المجال أكثر تجانساً بالمقارنة مع نظيره في الشبكة MFN. ويبدو أن نهج الشبكة SFN هو الأسلوب الأرشد لتوفير تغطية مُرضية للمناطق الأوسع، ولا سيما عندما يتوخى الاستقبال المحمول.

وتحتوي التوصية ITU-R SM.1875 [39.4] على الوصف التالي لكسب الشبكة:

"في حال إمكانية استقبال الإشارات من أجهزة إرسال مطلوبة متعددة داخل شبكة وحيدة التردد ضمن فاصل الحراسة، يمكن عندها تحسين جودة الاستقبال وتخفيض شدة المجال الدنيا المطلوبة من كل مرسل. بيد أن كسب الهوائي لا يعادل مجموع قيم شدة المجال المطلوبة من المرسلات التي يتم استقبال إشاراتها، بل هو يمثل بالكاد احتمالاً متنامياً لاستقبال إشارة أفضل من اتجاه إضافي بدلاً من مرسل وحيد فقط.

وكسب الشبكة هو الفارق بين قيم شدة مجال الاستقبال داخل الشبكات وحيدة التردد والشبكات متعددة التردد، اللازمة لنفس احتمال الموقع.

وفي شبكة وحيدة التردد، يؤدي العدد المتنامي من أجهزة الإرسال إلى توزيع أكثر تجانساً لشدة المجال في منطقة التغطية. ويكون الانحراف المعياري σ لقيم شدة المجال أقل."

مثال ذلك: تكون قيمة شدة المجال المتوسطة الدنيا (E_{med}) لبديل معين للنظام هي 61,3 dB(µV/m). وينطبق ذلك، حسب التعريف، على احتمال للموقع يصل إلى 50%. وتصل شدة المجال الدنيا المطلوبة (E_{min}) لاحتمال للموقع مقداره 95% في شبكة وحيدة التردد إلى 66,7 dB(µV/m) وفي شبكة متعددة التردد إلى 70,3 dB(µV/m). وهكذا يبلغ كسب الشبكة 3,6 dB.

5.7.4 التداخل الذاتي

تُعامل قدرة جميع الإشارات في الشبكة SFN الواردة ضمن عرض الزمن لفاصل الحراسة بوصفها مفيدة وتسهم في إجمالي قدرة الإشارة المتاحة. وخارج فاصل الحراسة، لا يرتبط سوى جزء من قدرة الصدى بنفس رمز تعدد الإرسال OFDM بمثابة الإشارة الأولية، ومن ثم يسهم إيجابياً في إجمالي قدرة الإشارة المفيدة.

ويرتبط الجزء الآخر من قدرة الصدى برمز تعدد الإرسال OFDM السابق أو اللاحق وينتج تداخلاً بين الرموز. ولذلك، عندما يزداد تأخير الإشارة تدريجياً بما يتجاوز فاصل الحراسة، تنخفض المساهمة المفيدة ويزداد التداخل بين الرموز.

ويؤدي ذلك إلى فرض قيدين على شبكة SFN. أولاً، بالنسبة إلى موقع استقبال معين، تأتي الإشارات المساهمة الرئيسية عموماً من المرسلات القريبة. ولإبقاء هذه المساهمات بناءة، يجب ألا يتجاوز التأخير الزمني بينها فاصل الحراسة بشكل ملحوظ، مما يعني أن المرسلات المجاورة يجب أن تحتفظ بحد أعلى معين من المسافة بينها.

وثانياً، حتى إذا تم الاحتفاظ بأقصى مسافة فصل للمرسلات المجاورة، فإن المرسلات البعيدة في الشبكة يمكن أن تسهم إسهاماً هداماً. وقد يكون هناك تمديد أقصى لمنطقة الشبكة SFN يجب عدم تجاوزه من أجل إبقاء عدد مرسلات التداخل الذاتي المعنية صغيراً.

وتتوقف أهمية التداخل الذاتي ومسافة الفصل القصوى الناتجة بين المرسلات المتجاورة وما إذا كان هناك تمديد إجمالي أقصى لمنطقة الخدمة SFN في فاصل الحراسة المختار وحساسية النظام فيما يتعلق بالتداخل الذاتي، التي يشار إليها بقيمة *C/N*، وكثافة المرسلات في الشبكة.

وفي شبكة SFN كبيرة، قد يكون من الصعب تخطيط الشبكة بحيث تكون الإشارات الصادرة عن المرسلات البعيدة عن المستقبل دائماً ذات سوية مهملة مقارنة بالمرسلات القريبة. وتزداد هذه الصعوبة لسببين:

- يتعين حساب سويات الإشارة من المرسلات البعيدة لنسب مئوية صغيرة من الزمن (1% عموماً) لضمان حماية الاستقبال لنسب مئوية عالية من الزمن (99% عموماً)،
- هوائي المستقبلات المحمولة والمتنقلة غير اتجاهي.

وفي شبكة SFN كبيرة، من الممكن أن يؤدي تأخير الانتشار للإشارات الصادرة عن المرسلات البعيدة إلى وضعها خارج فاصل الحراسة في المحطات المحلية الأقرب. ويمكن خفض هذا التأثير إما بتقديم أو تأخير زمن إرسال الخدمة من بعض المرسلات نسبة إلى

مرجع ثابت ما. وبالنسبة إلى شبكة SFN كبيرة ومعقدة، فإن الحساب المفصل لتوقيت المرسل النسبي هو أداة يمكن استخدامها للتقليل من التداخل الذاتي ومن ثم تحسين تغطية الشبكة.

6.7.4 مزامنة المرسل

لكي تعمل الشبكة SFN على نحو صحيح، يتعين أن تكون جميع المرسلات في الشبكة متزامنة فيما بينها. ويصح هذا الاشتراط في كل من ميدان التردد والزمن.

1.6.7.4 مزامنة التردد

يتعين أن تكون دقة تردد المرسل الرقمي مستقرة جداً. ولتقليل أي انحراف، ينبغي ربط جميع المرسلات بمصدر مرجعي، إشارة توقيت النظام العالمي لتحديد المواقع (GPS) مثلاً.

2.6.7.4 مزامنة التوقيت

رغبة في خفض التداخل بين الرموز، يمكن تعديل الوقت الذي يُطلق فيه رتل إشارة معين من كل مرسل في الشبكة (توقيت المرسل النسبي). ويمكّن استمثال هذا التأخير من وصول الإشارات من المرسلات القريبة والبعيدة إلى المستقبل ضمن فاصل الحراسة، وبذلك تكون بناءة وليست هدامة. ويمكن تعديل توقيت المرسل النسبي ليكون قبل نقطة مرجعية أو بعدها.

ومع ذلك، يتعين في كل الحالات ربط وقت إرسال الإشارة في كل مرسل في الشبكة بمرجع زمني. ويتعين أيضاً النظر في توزيع محتوى الخدمة بحيث يُرسل نفس رتل البيانات خلال نفس الفترة الزمنية، مع التأخير المطلوب أو بدونه. وفي شبكة واسعة، وطنية مثلاً، قد يتفاوت وصول معلومات المحتوى إلى المرسلات تفاوتاً كبيراً. وأحد الخيارات هو إرسال إشارة المحتوى مباشرة إلى مواقع الشبكة باستخدام التوزيع الساتلي. وثمة خيار آخر هو توفير تخزين مؤقت متغاير في دخل كل مرسل، يرتبط بمرجع التوقيت.

وفي شبكة SFN صغيرة، أي شبكة لا يزيد قطرها عن قدرة الإشارة على العبور في فاصل الحراسة، لن يكون من الضروري النظر في هذا العنصر من عناصر تخطيط الشبكة.

وعند تصميم تشكيل الشبكة في البداية، يتعين على المخطط التنبؤ بكل من التغطية المطلوبة واحتمال التداخل لكل مرسل. وينبغي تنفيذ هذه التنبؤات بنسبة 50% من الزمن بالنسبة للخدمة المطلوبة و1% من الزمن بالنسبة لمصدر التداخل. ولدى ضبط تأخير التوقيت النسبي عند الصفر يمكن اشتقاق تغطية الشبكة بأكملها. وعندئذ يمكن حساب التداخل الكلي الذي يتسبب فيه كل مرسل في الشبكة SFN.

وبصفة عامة تكون تخصيصات أعلى سويات القدرة هي التي تتسبب في أكبر قدر من التداخل، ومن المعقول التركيز عليها في البداية. ومع ذلك، يمكن أن يؤدي ضبط توقيت المواقع بقدر أدنى من تدفق القدرة المشعة الفعالة (e.r.p.) إلى مكاسب تغطية لا بأس بها حول محيط مناطق خدمتها.

وحالما يتم تحديد المرسلات الهدامة يمكن تعديل أوضاع توقيت الشبكة وإعادة حساب التداخل. وجدير بالملاحظة أن المرسل الذي يتسبب في أكبر قدر من التداخل قد لا يكون المرسل الذي يتعين تعديله، ذلك لأن أي تغيير قد يسبب ببساطة مشكلة في جزء مختلف من الشبكة. وقد تكون الاستراتيجية الأفضل هي تعديل الموقع (المواقع) الأصغر بحيث تُستقبل إشاراتها ضمن فاصل الحراسة في موقع القدرة العالية البعيد.

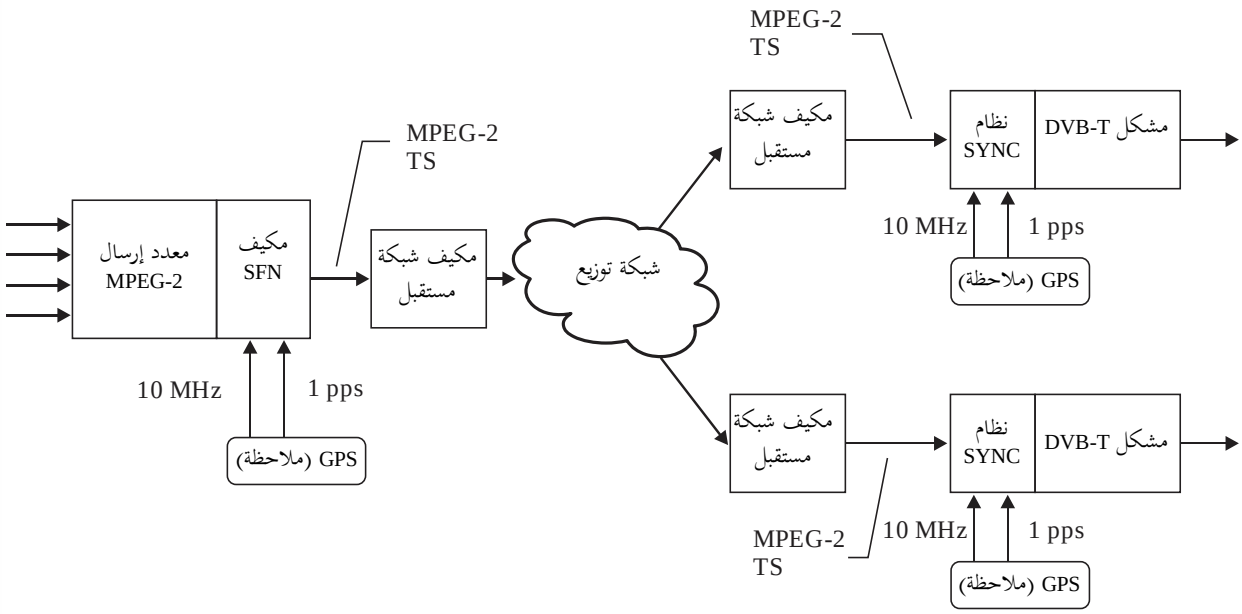
وينبغي أيضاً إيلاء الاعتبار لكيفية تأثير نوافذ تحويل فورييه السريع (FFT) في المستقبل على التغطية المتوقعة. ومع ذلك، وبما أن المصنعين يمانعون في الكشف عن تفاصيل كيفية عمل مستقبلاتهم، فمن الصعب إعطاء توجيهات عامة. وتناقش استراتيجيات التزامن الشائعة في المرجع [40.4].

وعندما يوزع تدفق نقل MPEG-2 نحو شبكة من المرسلات، من الممكن تعديل تأخيرات النقل بواسطة مكيّف شبكة SFN. وكما هو مبين في المثال الوارد في الشكل 3.4، والمقتطف من المواصفة التقنية لمعيار *TS 101 191 للإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB)* الصادرة عن ETSI [41.4]، فإن الهدف من مكيّف شبكة المرسل هو توليد رتل MPEG-2 عملاق وإدراج رزم تعرّف هوية الرتل العملاق

(MIP) التي تنقل تخالف الوقت بين آخر نبضة من نظام GPS ووقت بدء الرتل العملاق. وتبحث مكيفات شبكة الإرسال في رزم MIP وتدرج التأخير المطلوب قبل تسليم إشارة MPEG-2 إلى مشكّل تعدد الإرسال OFDM وشبكة التوزيع الثانوية.

الشكل 3.4

توزيع DVB-T SFN مع مكيف شبكة



DTTB-04-03

3.6.7.4 أثر خسارة المزامنة

إذا سُمح لمرسل بالانحراف عن المزامنة مع باقي الشبكة فإنه سيصبح مصدراً للتداخل في تغطية باقي الشبكة. وسيكون هذا ملحوظاً كمنطقة من التغطية المفقودة نحو محيط منطقة خدمة المرسل غير المتزامنة، ما يسمى منطقة "التشوش". وكلما انحرف المرسل مبتعداً عن التزامن مع باقي الشبكة أصبحت منطقة التشوش أوسع تدريجياً. وجدير بالملاحظة أن من غير المرجح أن يتأثر الاستقبال القريب من المرسل المنحرف، حيث شدة المجال الواردة عالية. وهذا يمكن أن يجعل من الصعب اكتشاف الخلل بناء على تقارير مشاهدي الاستقبال المشوّش.

7.7.4 المكررات في القناة

المكرر في القناة (المعروف أيضاً باسم مالئ الثغرات) هو جهاز يستقبل الإرسال DTTB للأرض في تردد معين في الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) ويضخم القناة الواردة ويعيد إرسالها في نفس التردد. ويستخدم هذا المكرر لتوسيع تغطية شبكة قائمة من خلال إرسالات في تردد وحيد دون الحاجة إلى مرسلات إضافية. والفوائد الرئيسية من المكررات، بالمقارنة مع المرسلات العادية، هي سهولة النشر وانخفاض التكلفة.

ويجب أن يكون التأخير الناجم عن عملية الاستقبال والتضخيم والإرسال بأكملها أقصر بكثير من فاصل الحراسة لأسلوب DTTB المستعمل (بتأخير شائع بمقدار 5 µs مثلاً)، بحيث يستقبل المستقبل الإشارات من كل من المرسل والمكرر في القناة ولا يتعين عليه التعامل مع التداخل ولكن مع إضافة بناءة من الإشارات.

غير أن هناك عقبات في نشر هذه المكررات. ويمكن معاودة تغذية الإشارة المرسلة في دخل المكررات، مما ينشئ عروة تغذية مرتدة تولد نوعين من المشكلات: تموج في وظيفة نقل الجهاز، وفي أسوأ الأحوال عدم استقرار الجهاز. وللتغلب على هذه المشكلات، لا بد من عزل كاف بين هوائيات الاستقبال والإرسال، أو من استخدام شكل من تقنيات إلغاء الصدى في المكرر (مما يزيد من التعقيد، وبالتالي من التكلفة).

8.7.4 اختيار معلمات النظام

ليس هنالك من أسلوب فريد لتنفيذ شبكة DTTB، ويتوقف اختيار معلمات النظام أساساً على متطلبات الشبكة. ويحتوي الملحق 2 بالفصل 4 على أمثلة لمعلمات مختلف سيناريوهات التنفيذ بالنسبة لشبكات DVB وISDB وDTMB وATSC.

وهنالك أمثلة على تطبيقات شبكة DTTB يمكن الاطلاع عليها في الوثائق التالية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية:

- التقرير ITU-R BT.2140 – *الانتقال من الإذاعة التماثلية للأرض إلى نظيرتها الرقمية* [42.4]
- التقرير ITU-R BT.2254 – *الجوانب المتعلقة بالترددات وتخطيط الشبكة في النظام DVB-T2* [43.4]
- التقرير ITU-R BT.2294 – *تقنية بناء شبكة محطة ترحيل أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) لأنظمة الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات للأرض (ISDB-T)* [44.4]
- التقرير ITU-R BT.2343 – *تجميع التجارب الميدانية للتلفزيون فائق الوضوح على شبكات التلفزيون الرقمي للأرض (DTT)* [45.4]
- التقرير ITU-R BT.2385 – *الحد من الآثار البيئية للأنظمة الإذاعية للأرض* [46.4]
- التقرير ITU-R BT.2386 – *الإذاعة الرقمية للأرض: تصميم وتنفيذ الشبكات وحيدة التردد (SNF)* [38.4]

الملحق 1 بالفصل 4

تشكيلات التخطيط المرجعي والشبكات المرجعية في الاتفاق GE06

1.1.A4 اعتبارات عامة

تسمح تقنيات التلفزيون الرقمي للأرض (DTT) بمجموعة واسعة ومتنوعة من تشكيلات التنفيذ. ورغبة في تصنيف هذه التشكيلات تم تعريف ما يسمى تشكيلات التخطيط المرجعي في مؤتمر التخطيط GE06[15]. ويرد وصف هذه التشكيلات في القسم 2.1.A4.

ويتصور الاتفاق GE06 [10.4] تخطيط عمليات تنفيذ DTT على أساس بنود مدرجة في خطة التعيينات وفي خطة التخصيصات. ويرد وصف التعيينات والتخصيصات بمزيد من التفصيل في القسمين 6.2.4 و7.2.4 وفي القسم 2.4.4.

وبالنسبة للبنود المدرجة في خطة التخصيصات تعطى خصائص المرسل، بينما تتميز البنود المدرجة في خطة التعيينات بما يسمى الشبكات المرجعية. ويرد الحديث عن الشبكات المرجعية في القسم 3.1.A4.

وللاطلاع على البيانات التفصيلية اللازمة لخصائص البنود المدرجة في خطة التخصيصات وخطة التعيينات، راجع الملحق 1 في الوثيقة الختامية للاتفاق GE06 [10.4].

2.1.A4 مثال لتشكيلات التخطيط المرجعية (من أجل DVB-T)

يجري تخطيط شبكة DTTB من أجل أساليب استقبال رئيسية مختلفة. ومن ثم يمكن تجميع تشكيلات التخطيط المرجعية (RPC) بحسب أسلوب الاستقبال ونطاق التردد.

وقد جرى تجميع أساليب الاستقبال على النحو التالي:

- الاستقبال الثابت؛
- الاستقبال المحمول خارج المباني والاستقبال المتنقل والاستقبال المحمول داخل المباني بجودة تغطية متدنية؛
- الاستقبال المحمول داخل المباني بجودة تغطية عالية.

وشدة المجال المطلوبة الدنيا المناسبة لاستقبال هوائي ثابت على السطح ليست مناسبة للاستقبال المتنقل والمحمول باليد بسبب الفارق في ارتفاع هوائي الاستقبال. وبناء على ذلك، فإن شبكات البث المكرسة لمحطات ثابتة على السطح أو محمولة أو متنقلة أو محمولة باليد تحتاج إلى معماريات مختلفة.

والترددات المرجعية هي:

- 200 MHz (موجات مترية VHF)؛
- 650 MHz (موجات ديسيمترية UHF).

ويرد في الجدول 1.1.A4 تلخيص لتشكيلات التخطيط المرجعية للإذاعة DVB-T.

---

[15] وافق المؤتمر GE06 على النظر فقط في البث الفيديوي الرقمي للأرض (DVB-T) في منطقة التخطيط الخاصة به، ولذلك تم تصميم تشكيلات التخطيط المرجعي والشبكات المرجعية الواردة هنا من منظور البث DVB-T. ويمكن استخدام مفاهيم مشابهة جداً لأنظمة DTTB أخرى مع تعديلات طفيفة فقط.

الجدول 1.1.A4

تشكيلات التخطيط المرجعية (RPC) للإذاعة DVB-T

RPC	RPC 1	RPC 2	RPC 3
احتمالية الموقع المرجعية	%95	%95	%95
نسبة *C/N* المرجعية (dB)	21	19	17
$(E_{med})_{ref}$ المرجعية (dB(μV/m)) في التردد f_r = 200 MHz	50	67	76
$(E_{med})_{ref}$ المرجعية (dB(μV/m)) في التردد f_r = 650 MHz	56	78	88

$(E_{med})_{ref}$: القيمة المرجعية لمتوسط شدة المجال الدنيا

RPC 1: RPC للاستقبال الثابت

RPC 2: RPC للاستقبال المحمول خارج المباني أو الاستقبال المحمول داخل المباني بجودة تغطية متدنية، أو الاستقبال المتنقل

RPC 3: RPC للاستقبال المحمول داخل المباني بجودة تغطية عالية

وبالنسبة للترددات الأخرى، يمكن تعديل قيم شدة المجال المرجعية في الجدول 1.1.A4 بإضافة عامل تصحيح محدد تبعاً للقاعدة التالية:

- $(E_{med})_{ref}(f) = (E_{med})_{ref}(f_r) + \text{Corr}$؛
- للاستقبال الثابت، $\text{Corr} = 20 \log_{10} (f/f_r)$، حيث f هي التردد الفعلي وf_r التردد المرجعي للنطاق المعني المذكور في الجدول 1.1.A4؛
- للاستقبال المحمول والاستقبال المتنقل، $\text{Corr} = 30 \log_{10} (f/f_r)$ حيث f هي التردد الفعلي وf_r التردد المرجعي للنطاق المعني المذكور في الجدول 1.1.A4.

إن معلمات تشكيلات التخطيط المرجعية (RPC) الواردة في الجدول 1.1.A4 (احتمالية الموقع، والنسبة *C/N*، ومتوسط شدة المجال الدنيا) ليست مرتبطة بنمط نظام DVB-T معين أو بتنفيذ شبكة DVB-T حقيقية، بل هي تمثل عدداً كبيراً من عمليات تنفيذ حقيقية مختلفة. وعلى سبيل المثال، فإن أي خدمة DVB-T للاستقبال المتنقل قد تستخدم كمعلمات تنفيذ حقيقية احتمالية موقع 99% ونظام DVB-T متين مع نسبة *C/N* قدرها 14 dB. إلا أن هذه الخدمة تمثلها RPC 2 باحتمالية موقع مرجعية 95% ونسبة *C/N* مرجعية 19 dB دون تقييد لإمكانيات تنفيذ الخدمة "الحقيقية" لاستقبال الإذاعة DVB-T المتنقل.

ملاحظة – بالنسبة إلى أساليب الاستقبال الثابتة على السطح والمحمولة (داخل المباني أو خارجها)، من المعتاد تحديد مدى توفر الاستقبال المستهدف، أو احتمالية الموقع، بنسبة 95%. وتعتبر هذه السوية مرتفعة بما فيه الكفاية (بالمقارنة مع السوية المستهدفة 50% المستخدمة تاريخياً للتخطيط التلفزيوني التماثلي) لتوفير هامش كاف فوق الحد الأدنى المطلوب من شدة المجال بحيث تستقبل الغالبية العظمى (95% على وجه التحديد) من المواقع في منطقة الاستقبال الصغيرة المستخدمة للتخطيط (انظر البند 3.2.7.5.4) سوية تتجاوز الحد الأدنى. وهذا الهدف الأعلى في التلفزيون الرقمي بالمقارنة مع التلفزيون التماثلي يرجع إلى تأثير الانحطاط المفاجئ لجودة الإشارة الرقمية عندما تنخفض إلى الحد الأدنى، بينما يكون الانحطاط في التلفزيون التماثلي تدريجياً ويستمر في توفير درجة مفهومة من الصورة والصوت حتى في سويات استقبال دون الحد الأدنى.

وتتلقى المواقع المتبقية، التي تمثل 5%، سوية شدة مجال DTT دون الحد الأدنى، ولن يكون لها من حيث المبدأ أي استقبال (تأثير الانحطاط المفاجئ). ومع ذلك، يمكن استعادة الاستقبال في هذه المواقع بإجراء بعض التعديلات في تجهيزات الاستقبال. ويشمل ذلك على سبيل المثال تحريك هوائي الاستقبال قليلاً للحصول على ذروة محلية لشدة المجال أو تركيب هوائي ذي كسب أعلى. وهذا ممكن فقط عندما يكون الاستقبال ثابتاً (على السطح) أو محمولاً (في حالة سكون) داخل المباني أو خارجها.

وبالنسبة للاستقبال المتنقل، علماً بأن من الضروري توفير الاستقبال في جميع المواقع تقريباً حيث يمكن للمستقبل أن يتحرك فيها، لا يمكن إجراء التعديلات المذكورة أعلاه أثناء التنقل. ولذلك من المنطق تحديد رقم مستهدف أولي أعلى لاحتمالية الموقع. ويتم عادة تعيين سوية 99% لاحتمالية الموقع كهدف في تخطيط شبكة DTT للاستقبال المتنقل.

ويكون الانحراف المعياري لحساب عامل تصحيح الموقع لكل تشكيلة تخطيط مرجعي (RPC) على النحو التالي:

- لكل من RPC 1 وRPC 2: 5,5 dB في كل من الموجات المترية VHF والديسيمترية UHF،
- للتشكيلة RPC 3: 6,3 dB في الموجات المترية VHF و7,8 dB في الموجات الديسيمترية UHF.

3.1.A4 مثال لشبكات مرجعية (من أجل DVB-T)

1.3.1.A4 اعتبارات عامة

لقد صممت أربع شبكات مرجعية (RN) لتغطية شتى متطلبات تنفيذ شبكات الإذاعة DVB-T.

ولتحديد ميزانية قدرة الشبكات المرجعية، تُكيف ارتفاعات وقدرات الهوائيات بحيث تكفل تحقيق احتمالات التغطية المطلوبة في كل موقع في منطقة الخدمة.

وتَستخدم طريقة تكييف ميزانية قدرة الشبكة أساساً محدود الضوضاء، ومن المعروف أنها ليست ذات كفاءة كبيرة من حيث طيف الترددات. وللتغلب على هذا المأخذ يتعيّن زيادة قدرات المرسلات في الشبكات المرجعية بقيمة 3 dB. (انظر الجداول من 2.1.A4 إلى 5.1.A4.)

وتستخدم قيمة 150 متراً بمثابة قيمة وسطية للارتفاعات الفعالة لهوائيات المرسلات في الشبكات المرجعية.

وقد اختيرت بنية شبكة مفتوحة للشبكات المرجعية، إذ من المفترض أن عمليات تنفيذ الشبكات الحقيقية تشبه عادةً هذا النمط من الشبكات. وتعرّف منطقة الخدمة بأنها مسدس يزيد بنحو 15% عن المسدس الذي تكونه المرسلات المحيطية. ومع هذا، ولكي تنفذ الشبكات بإمكانات تداخل منخفضة للغاية، تطبق أيضاً شبكة مرجعية بنيتها نصف مغلقة. (انظر الشبكة المرجعية 4 في الفقرة 5.3.1.A4.)

وفي بعض الحالات تبالغ احتمالات التداخل للشبكات المرجعية إلى حد كبير في تقدير الاحتمالات الحقيقية للتداخل عند تنفيذ الشبكات، حيث تختلف الهندسية القياسية للشبكة المرجعية كثيراً عن الشكل الذي تأخذه فعلاً منطقة الخدمة الحقيقية. وفي هذه الحالات يمكن للإدارات أن تعتمد طريقة مناسبة يُتفق عليها على أساس ثنائي من أجل نمذجة أفضل لاحتمالات التداخل للشبكة المرجعية.

2.3.1.A4 الشبكة المرجعية 1 (شبكة وحيدة التردد (SFN) لمنطقة خدمة كبيرة)

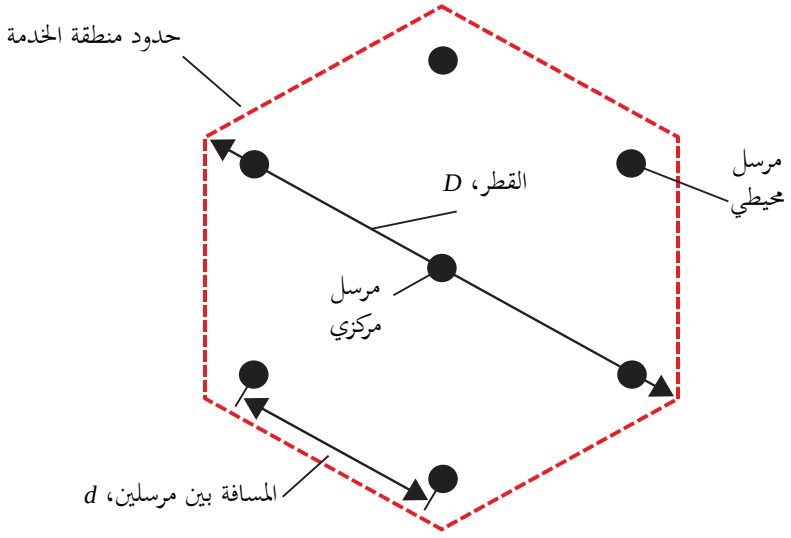
تتألف هذه الشبكة من سبعة مرسلات تقع في المركز وعند أطراف شبكة سداسية. وقد اختير صنف الشبكة المفتوحة، أي الذي تكون فيه للمرسلات أنماط هوائيات غير اتجاهية ويفترض أن تتجاوز منطقة الخدمة مسدس المرسلات بنحو 15%. وترد هندسة الشبكة في الشكل 1.1.A4.

وتنفذ هذه الشبكة المرجعية (RN 1) في حالات مختلفة: الاستقبال الثابت (RPC 1) والاستقبال خارج المباني/المتنقل (RPC 2) والاستقبال داخل المباني (RPC 3) في النطاقات III وV/IV.

والغرض من الشبكة المرجعية 1 (RN 1) هو تغطية شبكة وحيدة التردد (SFN) لمنطقة خدمة كبيرة. ويفترض أن تشكل مواقع الإرسال الرئيسية ذات الارتفاع الفعال الملائم للهوائي العمود الفقري لهذا النمط من الشبكات. وبالنسبة للاستقبال المحمول والمتنقل يقتصر حجم مناطق الخدمة الحقيقية لهذا النمط من التغطية بالشبكات SFN على مساحة يتراوح قطرها من 150 إلى 200 كيلومتر وذلك بسبب الانحطاط جراء التداخل الذاتي، ما لم تستخدم أنماط متينة جداً من أنظمة DVB-T، أو يطبق مفهوم الشبكات الكثيفة.

الشكل 1.1.A4

الشبكة المرجعية RN 1 (شبكة SFN لمنطقة خدمة كبيرة)



DTTB-04-01-01

الجدول 1-6.3.A

معلمات الشبكة المرجعية 1 (شبكة SFN لمنطقة خدمة كبيرة)

RPC ونمط الاستقبال		RPC 1 هوائي ثابت	RPC 2 محمول خارج المباني ومتنقل	RPC 3 محمول داخل المباني
نمط الشبكة		مفتوحة	مفتوحة	مفتوحة
هندسة منطقة الخدمة		مسدسة	مسدسة	مسدسة
عدد المرسلات		7	7	7
هندسة شبكية المرسل		مسدسة	مسدسة	مسدسة
المسافة بين المرسلات d (km)		70	50	40
قطر منطقة الخدمة D (km)		161	115	92
ارتفاع هوائي الإرسال (m)		150	150	150
مخطط هوائي الإرسال		لا اتجاهي	لا اتجاهي	لا اتجاهي
القدرة e.r.p.* (dBW)	النطاق III	34,1	36,2	40,0
	النطاقان V/IV	42,8	49,7	52,4

ملاحظة – القدرة المشعّة الفعالة (e.r.p.) مبينة للتردد 200 MHz في النطاق III والتردد 650 MHz في النطاقين V/IV، وبالنسبة للنطاقات الأخرى (التردد f بوحدة MHz) يضاف عامل تصحيح التردد التالي: $20 \log_{10} (200/f)$ أو $30 \log_{10} (650/f)$ لتشكيلة RPC 1 و$30 \log_{10} (200/f)$ أو $30 \log_{10} (650/f)$ لكل من RPC 2 وRPC 3. وتتضمن القدرة المشعة الفعالة (e.r.p.) المبينة في هذا الجدول هامش قدرة إضافية يبلغ 3 dB.

وبالنسبة لطول فاصل الحراسة فإن القيمة القصوى T_u 1/4 للأسلوب FFT 8k هي القيمة المفترضة. والمسافة بين مرسلين في أي شبكة SFN ينبغي ألا تتجاوز كثيراً المسافة المكافئة لمدة فاصل الحراسة. وفي هذه الحالة، تكون مدة فاصل الحراسة هي 224 µs وهو ما يقابل مسافة 67 كيلومتراً. وتؤخذ المسافة بين مرسلين للتشكيلة RPC 1 على أنها 70 كيلومتراً. وبالنسبة للتشكيلتين RPC 2 وRPC 3 تعتبر مسافة 70 كيلومتراً كبيرة للغاية من ناحية ميزانية القدرة. ولذا اختيرت قيم أصغر للمسافة بين مرسلين، وهي 50 كيلومتراً للتشكيلة RPC 2 و40 كيلومتراً للتشكيلة RPC 3.

3.3.1.A4 الشبكة المرجعية 2 (شبكة SFN لمنطقة خدمة صغيرة، شبكة SFN كثيفة)

تتألف الشبكة من ثلاثة مرسلات عند زوايا مثلث متساوي الأضلاع. وقد اختير لذلك نمط شبكة مفتوحة، أي للمرسلات مخططات هوائيات غير اتجاهية. ويفترض أن تكون منطقة الخدمة مسدسة كما هو مبين في الشكل 2.1.A4.

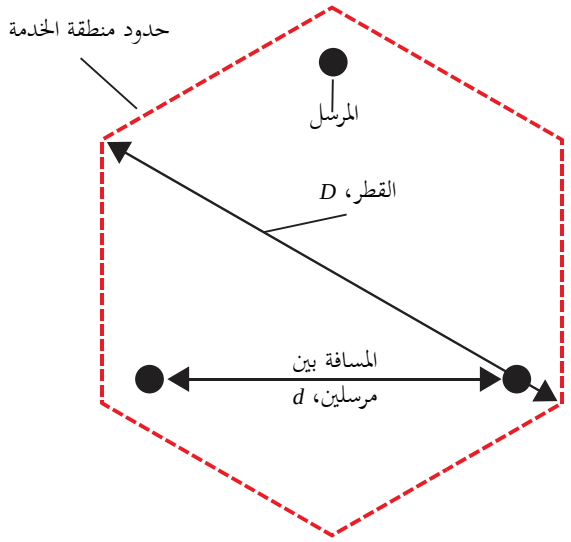
وهذه الشبكة المرجعية (RN 2) تنفذ في حالتين مختلفتين: الاستقبال الثابت (RPC 1)، والاستقبال خارج المباني/المتنقل (RPC 2) والاستقبال داخل المباني (RPC 3) في كل من النطاقين III وV/IV.

والغرض من الشبكة المرجعية 2 تغطية شبكة SFN لمنطقة خدمة صغيرة. ويفترض توفر مواقع مستقبلات ذات ارتفاع هوائيات فعال ملائم لهذا النمط من الشبكات وينبغي أن تكون قيود التداخل الذاتي محدودة. ويتراوح قطر منطقة الخدمة عادة بين 30 و50 كيلومتراً.

ومن الممكن أيضاً تغطية مناطق خدمة كبيرة بهذا النوع من الشبكات SFN الكثيفة. ولكن يحتاج الأمر عندئذ إلى عدد كبير جداً من المرسلات. ولذا يبدو من المعقول اختيار الشبكة المرجعية RN 1 لمناطق الخدمة الكبيرة وإن كان المتوخى هو بنية شبكة كثيفة.

الشكل 2.1.A4

الشبكة المرجعية 2 (شبكة SFN لمنطقة خدمة صغيرة)



DTTB-04-01-02

والمسافة بين مرسلين في الشبكة المرجعية 2 هي 25 كيلومتراً في حالة التشكيلتين RPC 2 وRPC 3. ولذا يمكن استخدام قيمة T_u 1/8 (FFT 8k) لفاصل الحراسة مما يزيد من سعة البيانات المتاحة، مقارنة باستعمال فاصل حراسة T_u 1/4 في الشبكة المرجعية 1. وكذلك يمكن تطبيق قيمة فاصل الحراسة نفسها على التشكيلة RPC 1، على أساس المسافة الأكبر بين المرسلات البالغة 40 كيلومتراً، إذ إن الاستقبال الثابت في سوية السقف أقل حساسية للتداخل الذاتي بسبب الخصائص الاتجاهية لهوائي الاستقبال.

ويرد في الجدول 3.1.A4 معلمات وميزانيات قدرة الشبكة المرجعية 2.

الجدول 3.1.A4

معلمات الشبكة المرجعية 2 (شبكة SFN في منطقة خدمة صغيرة)

RPC ونمط الاستقبال		RPC 1 هوائي ثابت	RPC 2 محمول خارج المباني ومتنقل	RPC 3 محمول داخل المباني
نمط الشبكة		مفتوحة	مفتوحة	مفتوحة
هندسة منطقة الخدمة		مسدسة	مسدسة	مسدسة
عدد المرسلات		3	3	3
هندسة شبكية المرسل		مثلثة	مثلثة	مثلثة
المسافة بين مرسلين d (km)		40	25	25
قطر منطقة الخدمة D (km)		53	33	33
ارتفاع هوائي الإرسال (m)		150	150	150
مخطط هوائي الإرسال		لا اتجاهي	لا اتجاهي	لا اتجاهي
القدرة e.r.p.* (dBW)	النطاق III	24,1	26,6	34,1
	النطاقان IV/V	31,8	39,0	46,3

ملاحظة – القدرة المشعّة الفعالة (e.r.p.) مبينة للتردد 200 MHz في النطاق III والتردد 650 MHz في النطاقين V/IV، وبالنسبة للنطاقات الأخرى (التردد f بوحدة MHz) يضاف عامل تصحيح التردد التالي: $20 \log_{10} (200/f)$ أو $(650/f)$ لتشكيلة RPC 1 و$30 \log_{10} (200/f)$ أو $(650/f)$ لكل من RPC 2 وRPC 3. وتتضمن القدرة المشعة الفعالة (e.r.p.) المبينة في هذا الجدول هامش قدرة إضافية يبلغ 3 dB.

4.3.1.A4 الشبكة المرجعية 3 (شبكة SFN لمنطقة خدمة صغيرة في بيئة حضرية)

هندسة المرسلات في الشبكة المرجعية 3 ومنطقة الخدمة مماثلة لهندسة الشبكة المرجعية 2 (انظر الشكل 2.1.A4).

وتطبق الشبكة المرجعية 3 في حالات مختلفة: الاستقبال الثابت (RPC 1) والاستقبال خارج المباني/المتنقل (RPC 2) والاستقبال داخل المباني (RPC 3) في كل من النطاق III والنطاقين V/IV.

والغرض من الشبكة المرجعية 3 هو تغطية شبكة SFN لمنطقة خدمة صغيرة في بيئة حضرية. وهي مماثلة للشبكة المرجعية 2 سوى أنها تستخدم أرقام خسارة بسبب الارتفاع في بيئة حضرية. وهذا يزيد من القدرة المطلوبة لمرسلات شبكة SFN بنحو 5 dB بالنسبة لكل من RPC 2 وRPC 3.

ويرد في الجدول 4.1.A4 معلمات وميزانيات قدرة الشبكة المرجعية 3.

الجدول 4.1.A4

معلمات الشبكة المرجعية 3 (شبكات SNF في منطقة خدمة صغيرة في بيئة حضرية)

RPC ونمط الاستقبال		RPC 1 هوائي ثابت	RPC 2 محمول خارج المباني ومتنقل	RPC 3 محمول داخل المباني
نمط الشبكة		مفتوحة	مفتوحة	مفتوحة
هندسة منطقة الخدمة		مسدسة	مسدسة	مسدسة
عدد المرسلات		3	3	3
هندسة شبكية المرسل		مثلثة	مثلثة	مثلثة
المسافة بين مرسلين d (km)		40	25	25
قطر منطقة الخدمة D (km)		53	33	33
ارتفاع هوائي الإرسال (m)		150	150	150
مخطط هوائي الإرسال		لا اتجاهي	لا اتجاهي	لا اتجاهي
القدرة e.r.p.* (dBW)	النطاق III	24,1	32,5	40,1
	النطاقان IV/V	31,8	44,9	52,2

ملاحظة – القدرة المشعّة الفعالة (e.r.p.) مبينة للتردد 200 MHz في النطاق III والتردد 650 MHz في النطاقين V/IV، وبالنسبة للنطاقات الأخرى (التردد f بوحدة MHz) يضاف عامل تصحيح التردد التالي: $20 \log_{10} (200/f)$ أو $(650/f)$ لتشكيلة RPC 1 و$30 \log_{10} (200/f)$ أو $(650/f)$ لكل من RPC 2 وRPC 3. وتتضمن القدرة المشعة الفعالة (e.r.p.) المبينة في هذا الجدول هامش قدرة إضافية يبلغ 3 dB.

5.3.1.A4 الشبكة المرجعية 4 (شبكة SFN شبه مغلقة لمنطقة خدمة صغيرة)

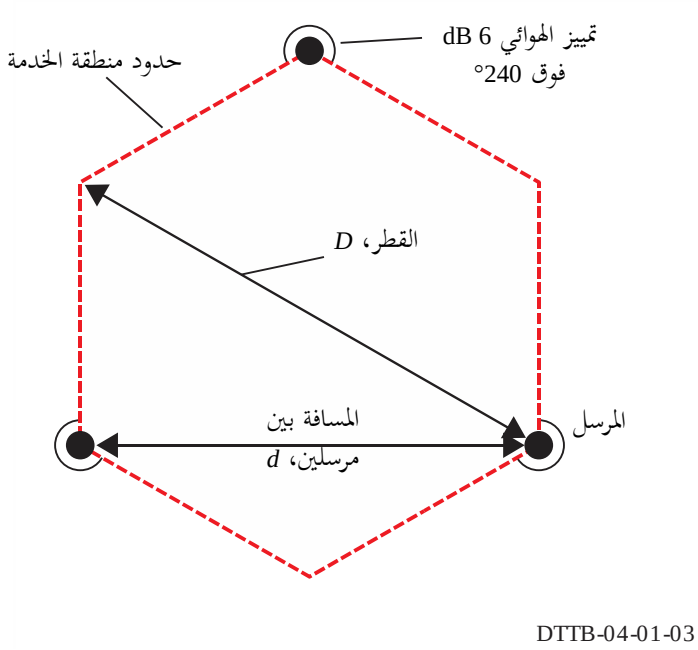
تُستخدم هذه الشبكة المرجعية للحالات التي تبذل فيها جهود تنفيذ متزايدة تتعلق بمواقع المرسلات ومخططات الهوائيات بغية الحد من التداخل الخارج من الشبكة.

وهندسة الشبكة المرجعية 4 مماثلة لهندسة الشبكة المرجعية 2 إلا بالنسبة لمخططات هوائيات المرسلات التي تنخفض فيها شدة المجال الخارجة بمقدار 6 dB فوق 240° (أي أنها شبكة مرجعية شبه مغلقة). ويبين الشكل 3.1.A4 منطقة خدمة هذه الشبكة المرجعية. ويفترض حدوث تخفيض حاد بمقدار 6 dB في الاتجاهات الزاويّة المبينة.

وتطبق الشبكة المرجعية 4 في حالات مختلفة: الاستقبال الثابت (RPC 1) والاستقبال خارج المباني/المتنقل (RPC 2) والاستقبال داخل المباني (RPC 3) في كل من النطاق III والنطاقين V/IV.

الشكل 3.1.A4

الشبكة المرجعية 4 (شبكة SFN لمنطقة خدمة صغيرة شبه مغلقة)



DTTB-04-01-03

الجدول 5.1.A4

معلمات الشبكة المرجعية 4 (شبكة SFN لمنطقة خدمة صغيرة شبه مغلقة)

RPC		RPC 1	RPC 2	RPC 3
نمط الشبكة ونمط الاستقبال		شبه مغلقة هوائي ثابت	شبه مغلقة محمول خارج المباني ومتنقل	شبه مغلقة محمول داخل المباني
هندسة منطقة الخدمة		مسدسة	مسدسة	مسدسة
عدد المرسلات		3	3	3
هندسة شبكية المستقبل		مثلثة	مثلثة	مثلثة
المسافة بين مرسلين d (km)		40	25	25
قطر منطقة الخدمة D (km)		46	29	29
ارتفاع هوائي الإرسال (m)		150	150	150
نمط هوائي الإرسال		اتجاهي بتخفيض 6 dB فوق 240°	اتجاهي بتخفيض 6 dB فوق 240°	اتجاهي بتخفيض 6 dB فوق 240°
القدرة e.r.p.* (dBW)	النطاق III	22,0	24,0	32,5
	النطاقان V/IV	29,4	37,2	44,8

ملاحظة – القدرة المشعّة الفعالة (e.r.p.) مبينة للتردد 200 MHz في النطاق III والتردد 650 MHz في النطاقين V/IV، وبالنسبة للنطاقات الأخرى (التردد f بوحدة MHz) يضاف عامل تصحيح التردد: 20 $\log_{10}$ (200/f أو 650/f) لتشكيلة RPC 1 و30 $\log_{10}$ (200/f أو 650/f) لكل من RPC 2 وRPC 3. وتتضمن القدرة المشعة الفعالة (e.r.p.) المبينة في هذا الجدول هامش قدرة إضافية يبلغ 3 dB.

والفرق بين الشبكة المرجعية 4 والشبكة المرجعية 2 هو التداخل الخارج (احتمال التداخل). فاحتمال التداخل في الشبكة المرجعية 4 أقل مما هو في الشبكة المرجعية 2. ولهذا السبب تكون المسافة التي يمكن فيها إعادة استخدام التردد نفسه أصغر عندما يخطط لتعيينين في الشبكة المرجعية 4.

وثمة مفاضلة بين احتمال التداخل الأدنى هذا والتكاليف المتزايدة للتنفيذ لدى استعمال الهوائيات الاتجاهية. وينبغي أخذ هذا في الاعتبار عند اختيار هذه الشبكة المرجعية للتخطيط. وهناك كذلك تخفيض في قطر كل من مناطق الخدمة مقارنة بحالة الشبكة المرجعية 2.

ويرد في الجدول 5.1.A4 أعلاه معلمات وميزانيات قدرة الشبكة المرجعية 4.

الملحق 2 بالفصل 4

مثال لسيناريوهات التنفيذ

ليس هنالك من طريقة فريدة لتنفيذ شبكة DTTB، ويعتمد اختيار معلمات النظام أساساً على متطلبات الشبكة. ويحتوي هذا الملحق على أمثلة لسيناريوهات التنفيذ المختلفة لأنظمة DVB-T2 وISDB وDTMB وATSC.

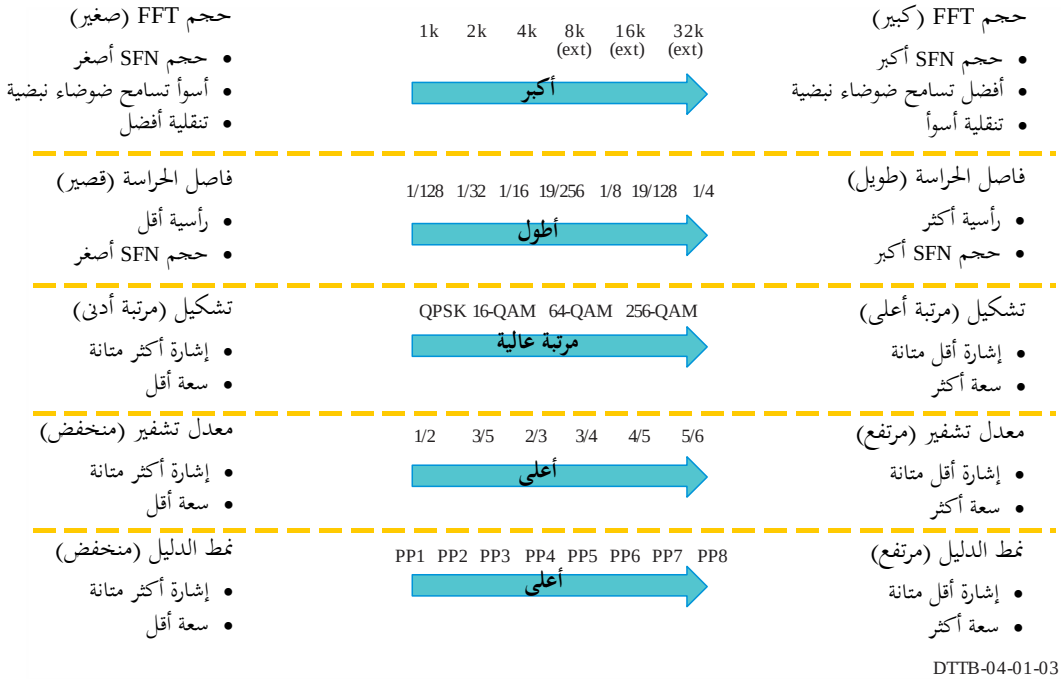
1.2.A4 سيناريوهات تنفيذ النظام DVB-T2

يوفر النظام DVB-T2 خيارات من المعلمات واسعة إلى حد كبير، وليس من الممكن النظر في جميع التوليفات الممكنة. ويبحث هذا القسم في عدد من التطبيقات الشائعة لنظام DVB-T2 ويناقش بعض مجموعات المعلمات الممكنة التي قد تكون مناسبة لكل من السيناريوهات (لمزيد من المعلومات، انظر التقرير ITU-R BT.2254 [43.4]).

ويبرز الشكل 1.2.A4 بعض المعلمات التي يمكن تحديدها في شبكة DVB-T2 ويلخص أثر هذه الخيارات عليها.

الشكل 1.2.A4

خيار معلمات DVB-T2



أولاً، يرد وصف لعدد من السيناريوهات المناسبة للاستقبال الثابت على مستوى السطح. وهي تشمل نهج الشبكتين MFN وSFN على السواء.

ثانياً، يرد وصف خمسة سيناريوهات مناسبة بشكل خاص لاستقبال البث DTT المحمول والمتنقل. وتستند جميع السيناريوهات الخمسة إلى نهج الشبكة SFN وتشمل فواصل حراسة كبيرة نسبياً للتقليل إلى أدنى حد من التداخل داخل الشبكة SFN والسماح بفصل أكبر بين المرسلات. ولا يطبق أسلوب 32k FFT لنفس السبب، إذ من المتوقع أن يكون هذا الأسلوب عرضة بشكل خاص لانحطاط Doppler وقد لا يكون مناسباً للشبكات المتنقلة والمحمولة.

وتستند المعلمات إلى المعلومات الواردة في مواصفات المعهد ETSI والمبادئ التوجيهية للتنفيذ – TS 102 831 [47.4]، وEN 302 755 [48.4]. وتستخرج أرقام النسبة *C/N* ومعدلات البيانات ذات الصلة وفقاً للمنهجية الموصوفة في التقرير ITU-R BT.2254 [43.4] (الفقرة 5.2 والملحق 2).

وفي السيناريوهين 1 و4، تعطى أيضاً المعلمات الخاصة بأسلوب البث DVB-T المقابل لغرض المقارنة. وتؤخذ قيم النسبة *C/N* من أجل البث DVB-T من مواصفات ETSI، المعيار EN 300 744 [49.4]، بما في ذلك هامش تنفيذ قدره 3 dB.

1.1.2.A4 السيناريو 1: استقبال MFN على السطح وحالة انتقالية

قد يكون هذا السيناريو مناسباً لبلد يرغب في تنفيذ شبكة عالية القدرة مناسبة للاستقبال على السطح. وهو يغطي أيضاً الحالة التي يرغب فيها البلد في الانتقال من شبكة DVB-T قائمة إلى شبكة تستخدم النظام DVB-T2. ويقدم هذا السيناريو مثالاً لكيفية حدوث هذا الانتقال ويتضمن كذلك بعض الاعتبارات العملية الشائعة.

وبالطبع يتعين على المستعمل النهائي، في الحالة الأخيرة، اقتناء جهاز فك تشفير جديد أو جهاز تلفزيون جديد قادر على إزالة تشكيل إشارات DVB-T2 لأن هذا النظام غير متوافق رجعياً مع نظام DVB-T. وبناء على ذلك، قد يستدعي الأمر فترة طويلة بما فيه الكفاية من البث المتزامن للبرامج التلفزيونية في نظامي DVB-T وDVB-T2. ويمكن الاطلاع على المزيد من المعلومات عن الانتقال من DVB-T إلى DVB-T2 في الفصل 6 من التقرير ITU-R BT.2254 [43.4]، حيث ترد، في جملة أمور، بدائل DVB-T2 المتوافقة مباشرة مع الاتفاق GE06 [10.4].

وعلى الرغم من أن النظام DVB-T2 قد يمكّن من تحسين أو استمثال تغطية شبكة قائمة، فإن تغطية الشبكة القائمة تعتبر في كثير من الأحوال كافية ومن ثم من الأفضل الإبقاء على ثبات التغطية مع زيادة سعتها مما يتيح إدخال خدمات جديدة. وفي هذه الظروف، يستحسن إعادة استخدام البنية التحتية القائمة، مثل محطات الإرسال والمرسلات والمدمجات وأنظمة الهوائيات. والمثال الوارد أدناه يسمح لهذا النوع من الانتقال بحد أدنى من التغييرات – الشرط الوحيد أساساً هو الارتقاء بأجهزة التشكيل. ويتعين على جانب الإرسال من الشبكة، الذي يبقى خلاف ذلك دون تغيير، الحفاظ على تغطية ثابتة أساساً.[16]

ولأغراض المقارنة، تقدم مجموعتان من المعلمات، واحدة لشبكة DVB-T وأخرى لشبكة DVB-T2. ومما يتسم بالأهمية أن مجموعتي المعلمات تؤديان إلى نسبة *C/N* مماثلة، أي إذا تم الحفاظ على هوائيات الإرسال وقدرات الشبكة DVB-T من أجل DVB-T2 فإن تغطية الشبكة تبقى أساساً دون تغيير. وكلتا مجموعتي المعلمات تتضمن أيضاً نفس فترة فاصل الحراسة على الرغم من أن جزء فاصل الحراسة ينخفض إلى حد كبير في حالة DVB-T2. وكذلك، إذا ظلت هوائيات الإرسال والقدرات المشعة ثابتة في كلتا الشبكتين، فإن توقيت SFN في شبكة DVB-T يترجم مباشرة إلى شبكة DVB-T2 مع تغير طفيف في التغطية.

الجدول 1.2.A4

استقبال MFN على السطح وحالة انتقالية

	DVB-T	**DVB-T2**
عرض النطاق:	MHz 8	MHz 8
حجم FFT:	2k	32k
أسلوب الموجة الحاملة:	لا ينطبق	ممدد
نمط الدليل المشتت:	لا ينطبق	PP7
فاصل الحراسة:	1/32 (µs 7)	1/128 (µs 28)
التشكيل:	64-QAM	256-QAM
معدل الشفرة:	2/3	2/3
C/N (Rice):	dB 20,1	dB 19,7
معدل البيانات الناتج:	**Mbit/s 24,1**	**Mbit/s 40,2**

16 لم تؤخذ في الاعتبار التغييرات في شبكة التوزيع وغير ذلك من التفاصيل المماثلة.

2.1.2.A4 السيناريو 2: استقبال SFN على السطح، تغطية قصوى

يرمي هذا السيناريو إلى تحقيق أقصى قدر ممكن من التغطية في شبكة SFN مع توفير استقبال على السطح. وفي هذه الحالة، من الضروري استخدام أسلوب DVB-T2 متين نسبياً. ويمكن استخدام عدة أطوال ممكنة لفواصل الحراسة تبعاً لبنية الشبكة التي يتعين استخدامها ومسافة المرسل والقدرة المشعة والتضاريس. ونظراً للمتانة العالية نسبياً لهذا الأسلوب، قد يكون من الممكن تقصير فاصل الحراسة إلى 1/16 (224 µs) بالنسبة إلى شبكات SFN كبيرة جداً – وهو تغيير من شأنه أن يزيد من السعة.

الجدول 2.2.A4

استقبال SFN على السطح، تغطية قصوى

عرض النطاق:	8 MHz
حجم FFT:	32k
أسلوب الموجة الحاملة:	ممدد
نمط الدليل المشتت:	PP2
فاصل الحراسة:	1/8 (448 µs)
التشكيل:	16-QAM
معدل الشفرة:	2/3
C/N (Rice):	11,6 dB
معدل البيانات الناتج:	**16,7 Mbit/s**

3.1.2.A4 استقبال SFN على السطح، تغطية معتدلة

يمكن، بوجه عام، تحديد خيارين مختلفين لمجموعات معلمات DVB-T2:

- عندما يتعين أن يحل نظام DVB-T2 محل DVB-T في شبكة SFN قائمة تخدم مساحة متوسطة، حتى قطر 100 كم مثلاً. ويبدو أيضاً أن هذه المساحة هي عادة مساحة تعيين في الخطة GE06.
- عندما يحتاج الأمر إلى مساحة SFN كبيرة "غير محدودة" في نظام DVB-T2. في هذه الحالة، من الصعب استخدام نظام DVB-T بسبب التداخل الذاتي في الشبكة SFN.

وفي ضوء النتائج المحدودة من التجارب الميدانية DVB-T2، قد يكون من السابق لأوانه إجراء اختيار واضح لمعدل الشفرة لحالة الشبكة SFN. وهناك مرشحان رئيسيان: معدل الشفرة 3/5 و2/3. وتستند السيناريوهات المعروضة هنا إلى استخدام معدل الشفرة 2/3 الذي يوفر سعة أكبر.

ويقترح في هذه السيناريوهات استخدام حجم 32k FFT. وجدير بالذكر أن أسلوب 32k يستخدم أساساً في استقبال ثابت على السطح نظراً للحساسية إزاء تأثير Doppler. ولا يزال يتعين البرهان على أن أساليب 32k مناسبة أيضاً لاستقبال محمول داخل المباني. وهذا يعني أن أساليب 16k قد تكون أكثر ملاءمة في الحالات التي يكون فيها من الضروري توفير استقبال على السطح وفي الأماكن المغلقة *على السواء*. وهذا يؤدي إلى استخدام جزء أكبر من فاصل الحراسة، ومن ثم إلى انخفاض في السعة، لمراعاة فترة فاصل الحراسة المطلوبة.

4.1.2.A4 السيناريو 3a: استقبال على السطح لشبكة SFN محدودة المساحة

يكون فاصل الحراسة في هذا السيناريو هو أطول فاصل حراسة في أسلوب DVB-T (224 µs) باستخدام التحويل 8k FFT. ولكن في هذه الحالة يسمح نظام DVB-T2 باستخدام جزء أدنى من فاصل الحراسة (1/16) من أجل لزيادة السعة، وذلك نظراً لتوفر التحويل 32k FFT. ويمكن أيضاً استخدام الجزء "الجديد" من فاصل الحراسة 19/256 (266 µs) كخيار في بعض الحالات من أجل تحسين الوضع الذي يحدث فيه تداخل ذاتي للشبكة SFN عند استعمال الفاصل 1/16.

ولا بد من الإشارة إلى أنه في حالة الاستقبال على السطح، قد لا تكون آثار التداخل الذاتي للشبكة SFN كبيرة كما في الحالات المتنقلة أو المحمولة التي تستخدم فيها هوائيات استقبال شاملة الاتجاهات. وقد يمكّن ذلك من تخفيض إضافي في جزء فاصل الحراسة إلى 1/32 (112 µs) مثلاً في بعض الحالات.

أما بالنسبة إلى شبكات SFN كبيرة المساحة، فمن الممكن أيضاً من حيث المبدأ استخدام الجزء 19/128 (532 µs) من فاصل الحراسة، إلا أن النتائج الأولية تبين أن فاصل الحراسة 448 µs كافٍ لتجنب التداخل الذاتي في شبكات SFN كبيرة "بلا حدود".

الجدول 3.2.A4

استقبال DVB-T2 على السطح لشبكة SFN محدودة المساحة

عرض النطاق:	8 MHz
حجم FFT:	32k
أسلوب الموجة الحاملة:	ممدد
نمط الدليل المشتت:	PP4
فاصل الحراسة:	1/16 (224 µs)
التشكيل:	256-QAM
معدل الشفرة:	2/3
C/N (Rice):	20,5 dB
معدل البيانات الناتج:	**37,0 Mbit/s**

5.1.2.A4 السيناريو 3b: استقبال على السطح لشبكة SFN كبيرة المساحة

تستخدم مجموعة المعلمات هذه في الحالات التي يمكن فيها إنشاء شبكة SFN كبيرة المساحة، من أجل "تغطية على الصعيد الوطني". ويتعين أن يكون الجزء من فاصل الحراسة أعلى مقارنة بالحالة السابقة من أجل تجنب التداخل الذاتي في الشبكة SFN.

الجدول 4.2.A4

استقبال DVB-T2 على السطح في شبكة SFN كبيرة

عرض النطاق:	8 MHz
حجم FFT:	32k
أسلوب الموجة الحاملة:	ممدد
نمط الدليل المشتت:	PP2
فاصل الحراسة:	1/8 (448 µs)
التشكيل:	256-QAM
معدل الشفرة:	2/3
C/N (Rice):	21,2 dB
معدل البيانات الناتج:	**33,4 Mbit/s**

6.1.2.A4 السيناريو 4: الاستقبال المحمول (معدل البيانات الأقصى)

يصف السيناريو 4 مجموعة معلمات للاستقبال المحمول. ويتم تكييف المعلمات مع عمليات تنفيذ البث DTT الحالية على أساس نظام DVB-T في ألمانيا. وهي مصممة للاستقبال المحمول وتستند إلى نهج شبكة SFN. ويتم اختيار الأسلوب 16k بفاصل حراسة قدره 224 µs. ويسمح ذلك بشبكات SFN يصل قطرها إلى حوالي 150 كم.

الجدول 5.2.A4

الاستقبال المحمول DVB-T2 (معدل البيانات الأقصى) – أسلوب 16k FFT

	DVB-T	DVB-T2
عرض النطاق:	MHz 8	MHz 8
حجم FFT:	8k	16k
أسلوب الموجة الحاملة:	لا ينطبق	ممدد
نمط الدليل المشتت:	لا ينطبق	PP3
فاصل الحراسة:	(µs 224) 1/4	(µs 224) 1/8
التشكيل:	16-QAM	64-QAM
معدل الشفرة:	2/3	2/3
C/N (Rice):	dB 17,2	dB 17,8
معدل البيانات الناتج:	**Mbit/s 13,3**	**Mbit/s 26,2**

ونظراً لأن تنفيذ النظام DVB-T المقابل (أسلوب 8k، تشكيل 16-QAM-2/3، فاصل 1/4) يسمح بمعدل بيانات قدره 13,3 Mbit/s، فإن سيناريو النظام DVB-T2 يوفر تقريباً ضعف معدل البيانات.

وإذا تبين أن أسلوب 32k بعينه مناسب للاستقبال المحمول، تكون مجموعة المعلمات التالية ممكنة:

الجدول 6.2.A4

الاستقبال المحمول DVB-T2 (معدل البيانات الأقصى) – أسلوب 32k FFT

عرض النطاق:	MHz 8
حجم FFT:	32k
أسلوب الموجة الحاملة:	ممدد
نمط الدليل المشتت:	PP4
فاصل الحراسة:	(µs 224) 1/16
التشكيل:	64-QAM
معدل الشفرة:	2/3
C/N (Rice):	dB 17,8
معدل البيانات الناتج:	**Mbit/s 27,7**

ولكن لا يزال يتعين البرهان على صلاحية الأسلوب 32k للاستقبال المحمول في التجارب الميدانية، بينما يتضح الآن من التجارب الميدانية أن هذا الأسلوب غير مناسب للاستقبال المتنقل.

7.1.2.A4 السيناريو 5: الاستقبال المحمول (توسيع منطقة التغطية القصوى)

يمكن، من ناحية أخرى، استعمال النظام DVB-T2 لتوسيع التغطية (DVB-T) القائمة مع الإبقاء على معدل البيانات (DVB-T). ويمكن تحقيق ذلك بتطبيق بديل أمتن من نظام DVB-T2. وقد يكون مثال ذلك السيناريو التالي:

الجدول 7.2.A4

الاستقبال المحمول DVB-T2 (التغطية القصوى)

عرض النطاق:	8 MHz
حجم FFT:	16k
أسلوب الموجة الحاملة:	ممدد
نمط الدليل المشتت:	PP3
فاصل الحراسة:	1/8 (224 µs)
التشكيل:	16-QAM
معدل الشفرة:	1/2
C/N (Rice):	9,6 dB
معدل البيانات الناتج:	**13,1 Mbit/s**

ومقارنة بتنفيذ النظام DVB-T المقابل، يتحقق كسب بحوالي 7–8 dB. وقد يكفي ذلك لتزويد أجزاء كبيرة من منطقة ما باستقبال محمول لم يكن ممكناً فيها من قبل سوى الاستقبال الثابت، أو لتوفير استقبال محمول داخل المباني حيث لم يكن ممكناً في السابق سوى الاستقبال المحمول خارج المباني.

8.1.2.A4 السيناريو 6: الاستقبال المحمول (الاستخدام الأمثل للطيف)

يستهدف هذا السيناريو الاستخدام الأمثل للطيف بمعنى أن مناطق خدمة البث DTTB التي لها نفس محتوى تعدد الإرسال (MUX) تغطيها شبكة SFN واحدة (ربما كبيرة جداً). ولهذا الغرض، يتعين اختيار فاصل حراسة كبير جداً. وهذا النهج هو الأنسب لمناطق الخدمة الوطنية. ومع ذلك، ينبغي ألا يغرب عن البال أن الخطة GE06 الحالية [10.4] لا توفر مناطق تعيين كبيرة كهذه. ومن ثم، يحتاج الأمر إلى تنسيق إضافي لتنفيذ هذا السيناريو.

الجدول 8.2.A4

الاستقبال المحمول DVB-T2 (الاستخدام الأمثل للطيف)

عرض النطاق:	8 MHz
حجم FFT:	16k
أسلوب الموجة الحاملة:	ممدد
نمط الدليل المشتت:	PP1
فاصل الحراسة:	1/4 (448 µs)
التشكيل:	64-QAM
معدل الشفرة:	2/3
C/N (Rice):	18,2 dB
معدل البيانات الناتج:	**22,6 Mbit/s**

وبالمقارنة مع السيناريو 4، فإن القدر الأعلى من كفاءة الطيف المتوقعة يتحقق بمعدل بيانات أدنى يبلغ حوالي 22,6 Mbit/s.

9.1.2.A4 السيناريو 7: الاستقبال المتنقل (عرض 1,7 MHz في النطاق III)

يوفر النظام DVB-T2 إضافة إلى ذلك أسلوب تشغيل بعرض نطاق 1,7 MHz. ويمكّن ذلك من تنفيذ يمتثل لبنية فدرات تردد الإذاعة السمعية الرقمية (DAB) في الخطة GE06. وبهذه الطريقة يمكن أيضاً دعم خدمات الصوت والتلفزيون المتنقل (بمعدل بتات منخفض).

وفي السيناريو المعروض، يتم اختيار أسلوب 4k الذي يسمح بمعدل بيانات مرتفع نسبياً. ولكن كما كان الحال في سيناريو سابق، لا يزال يتعين البرهان، في التجارب الميدانية، على صلاحية أسلوب FFT بهذا القدر الضئيل من الفصل بين الموجات الحاملة.

الجدول 9.2.A4

الاستقبال المتنقل DVB-T2 – PP2

عرض النطاق:	MHz 1,7
حجم FFT:	4k
أسلوب الموجة الحاملة:	عادي
نمط الدليل المشتت:	PP2
فاصل الحراسة:	1/8 (µs 278)
التشكيل:	16-QAM
معدل الشفرة:	1/2
C/N (Rice):	dB 10,0
معدل البيانات الناتج:	**Mbit/s 2,5**

ويقع الخيار في هذا السيناريو على طول فاصل حراسة مماثل لنظيره في النظام T-DAB. ومع ذلك، من المتوقع أن يكون أداء الشبكة SFN أسوأ بالنسبة إلى نظام DVB-T2 لأن خصائص الانحطاط في DVB-T2 أكثر حرجاً من خصائص الانحطاط في T-DAB. ولذلك، قد يكون من الضروري اختيار فاصل حراسة أكبر لسيناريو DVB-T2 لاستيعاب مناطق شبكة SFN كبيرة. وقد يكون السيناريو الممكن لهذا الغرض كما يلي:

الجدول 10.2.A4

الاستقبال المتنقل DVB-T2 – PP1

عرض النطاق:	MHz 1,7
حجم FFT:	4k
أسلوب الموجة الحاملة:	عادي
نمط الدليل المشتت:	PP1
فاصل الحراسة:	1/4 (µs 555)
التشكيل:	16-QAM
معدل الشفرة:	1/2
C/N (Rice):	dB 10,0
معدل البيانات الناتج:	**Mbit/s 2,2**

وفي النهاية، يحتاج الأمر إلى إجراء عمليات محاكاة وتجارب ميدانية لتقييم فاصل الحراسة المناسب لهذا السيناريو.

10.1.2.A4 السيناريو 8: الاستقبال المحمول والمتنقل (استعمال تعدد إرسال مشترك في خدمات مختلفة) – أنابيب الطبقة المادية (PLP) المتعددة

يصف هذا السيناريو استعمالاً مشتركاً لتعدد الإرسال DVB-T2 في خدمات مختلفة (معدل بيانات مرتفع/منخفض، نظام متين/أقل متانة، وما إلى ذلك). ومن الأمثلة الشائعة التلفزيون السمعي/المتنقل من جهة والتلفزيون عادي/عالي الوضوح (SD/HDTV) من جهة أخرى. وهذا ممكن في النظام DVB-T2 بفضل مرونته العالية فيما يتعلق بالاختيار المنفصل للتشكيل أو معدل الشفرة أو تشذير الزمن لكل خدمة. ولا بد من مراعاة بعض القيود فيما يتعلق باختيار أسلوب التحويل FFT ونمط الدليل المشتت. وهذه الأمور شائعة في جميع الخدمات، ولذلك ينبغي اختيارها على النحو الملائم.

الجدول 11.2.A4

الاستقبال المحمول والمتنقل – PLP المتعددة

عرض النطاق:	MHz 8
حجم FFT:	8k
أسلوب الموجة الحاملة:	ممدد
نمط الدليل المشتت:	PP1
فاصل الحراسة:	1/4 (µs 224)
خدمة معدل بيانات مرتفع (تلفزيون)	
التشكيل:	64-QAM
معدل الشفرة:	2/3
C/N (Rice):	dB 18,2
معدل البيانات الأقصى:	**Mbit/s 22,4** (100% معدل بيانات مرتفع، 0% خدمة معدل بيانات منخفض)
خدمة معدل بيانات منخفض (تلفزيون صوت/متنقل)	
التشكيل:	16-QAM
معدل الشفرة:	1/2
C/N (Rice):	dB 10,0
معدل البيانات الأقصى:	**Mbit/s 11,2** (0% معدل بيانات مرتفع، 100% خدمة معدل بيانات منخفض)

ومن تقسيمات تعدد الإرسال (MUX) الممكنة ما يلي:

- Mbit/s 1,5 لخدمة معدل بيانات منخفض (13% من سعة MUX)
- Mbit/s 19,4 لخدمة معدل بيانات مرتفع (87% من سعة MUX)

وتمثل الجانبية DVB-T2-Lite تنفيذاً محدداً لمفهوم استعمال تعدد الإرسال المشترك في خدمات مختلفة. ويرد وصف ذلك بمزيد من التفصيل في الملحق 5 من التقرير ITU-R BT.2254 "الجوانب المتعلقة بالترددات وتخطيط الشبكة في النظام DVB-T2" [43.4].

2.2.A4 سيناريوهات تنفيذ النظام ISDB-T

يعتمد نظام ISDB-T تقنية OFDM (تعدد الإرسال بتقسيم التردد المتعامد) التي توفر متانة إزاء تداخلات تعدد المسيرات. ويرد في التوصية ITU-R BT.1368 [30.4] وصف معايير التخطيط، بما فيها النسبة *C/N* المطلوبة ونسبة الحماية لكل معلمة. ويقدم التقرير ITU-R BT.2294 [44.4] إرشادات بشأن إقامة شبكة وحيدة التردد (SFN).

ومن سمات النظام ISDB-T هو نظام الإرسال OFDM المجزأ، الذي يمكّن من استقبال ثابت واستقبال متنقل في نفس القناة. ويقدم الجدول 2.1.2.A4 مثالاً لمعلمة إرسال توفر كلتا الخدمتين الثابتة والمحمولة في قناة واحدة.

وفيما يلي مثال على معلمة ISDB-T للخدمة المتنقلة والثابتة في نفس القناة MHz 6.

الجدول 12.2.A4

الاستقبال المحمول والثابت ISDB-T

	الطبقة A	الطبقة B
نمط الاستقبال:	استقبال متنقل	استقبال ثابت
عدد الأجزاء:	1	12
أسلوب FFT:	8k	
فاصل الحراسة:	1/8	
التشكيل:	QPSK	64-QAM
معدل الشفرة:	2/3	3/4
معدل البيانات:	kbit/s 416	Mbit/s 16,85
المحتويات:	LDTV + بيانات	HDTV + بيانات

3.2.A4 سيناريوهات تنفيذ النظام DTMB

يقدم النظم DTMB طائفة واسعة من المعلمات تعتمد على كوكبة التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC)، وفاصل الحراسة، وتشذير الزمن، والأدلة، وتدوير أطوار الضوضاء شبه العشوائية (PN)، وهناك في المجموع 330 أسلوباً في البث DTMB. وليس من الممكن النظر في جميع التوليفات الممكنة. ويتناول هذا القسم عدداً من التطبيقات الشائعة للبث DTMB ويسلط الضوء على بعض مجموعات المعلمات الممكنة التي قد تكون مناسبة لكل من السيناريوهات.

أولاً، يوصف عدد من السيناريوهات المناسبة للاستقبال الثابت على السطح. وهي تشمل نهج الشبكة MFN ونهج الشبكة SFN على السواء. وتختلف هذه السيناريوهات من حيث التغطية ومتطلبات المتانة.

ثانياً، توصف ثلاثة سيناريوهات مناسبة بوجه خاص للاستقبال المتنقل. ويمكن استعمال هذه الأساليب الثلاثة في إطار الشبكة SFN أو MFN. وتختلف هذه السيناريوهات من حيث التغطية ومتطلبات المتانة.

وتستند المعلمات إلى المعلومات الواردة في المواصفة GB20600-2006 [50.4] للبث DTMB والمبادئ التوجيهية للتنفيذ GB/T26666-2011 [51.4]. وتشتق قيم *C/N* ومعدلات البيانات ذات الصلة وفقاً للمنهجية الموصوفة في التوصية ITU-R BT.1368 [30.4].

1.3.2.A4 السيناريو 1: استقبال الشبكة MFN على السطح بأعلى معدل بتات

الغرض من هذا السيناريو هو تغطية بلدة أو مدينة صغيرة للاستقبال على السطح. وفي هذه الحالة، قد لا يكون أسلوب DTMB المتين حرجاً إلى حد كبير ولكن معدل البتات مهم جداً. ومن الممكن استخدام أقصر فاصل حراسة (1/9، 56 µs)، وأكثر معدل شفرة FEC 0,8 كفاءة، وكوكبة 64-QAM. وبهذه التوليفة يمكن تحقيق أعلى معدل بتات.

الجدول 13.2.A4

استقبال DTMB MFN على السطح (أعلى معدل بتات)

عرض النطاق:	8 MHz
الموجات الحاملة الفرعية	3780
تعرف هوية PN	عامل
الأدلة	خاملة
تشذير الزمن	720
فاصل الحراسة:	1/9 (56 µs)
التشكيل:	64-QAM
معدل الشفرة:	0,8
C/N (Rice):	19,8 dB
معدل البيانات الناتج:	**32,486 Mbit/s**

2.3.2.A4 السيناريو 2: استقبال SFN على السطح، تغطية قصوى

الغرض من هذا السيناريو هو تحقيق أقصى قدر من التغطية في شبكة SFN إلى جانب دعم استقبال قوي عال على السطح. وفي هذه الحالة، من الضروري استخدام أسلوب DTMB قوي نسبياً. ويمكن النظر في عدة أطوال ممكنة لفواصل الحراسة تبعاً لبنية الشبكة المطلوب استخدامها ومسافة المرسل والقدرات المشعة وعوامل التضاريس. ولمعالجة الصدى الطويل لأقصى قدر من التغطية يستخدم أطول فاصل حراسة، 1/4 (125 µs). ومن أجل الحفاظ على معدل بيانات حمولة نافعة عال، يقع الخيار على 64-QAM في هذا السيناريو.

الجدول 14.2.A4

استقبال DTMB في شبكة SFN على السطح (تغطية قصوى 64-QAM)

عرض النطاق:	8 MHz
الموجات الحاملة الفرعية	3780
تعرف هوية PN	عامل
الأدلة	خاملة
تشذير الزمن	720
فاصل الحراسة:	1/4 (125 µs)
التشكيل:	64-QAM
معدل الشفرة:	0,6
C/N (Rice):	16,6 dB
معدل البيانات الناتج:	**21,658 Mbit/s**

3.3.2.A4 السيناريو 2: استقبال SFN على السطح، تغطية قصوى، متانة عالية

الغرض من هذا السيناريو هو تحقيق أقصى قدر من التغطية في شبكة SFN إلى جانب دعم استقبال قوي جداً على السطح. وفي هذه الحالة من الضروري استخدام أسلوب DTMB قوي نسبياً. ويمكن النظر في عدة أطوال ممكنة لفواصل الحراسة تبعاً لبنية الشبكة المطلوب استخدامها ومسافة المرسل والقوى المشعة وعوامل التضاريس. ومن أجل معالجة الصدى الطويل في أقصى تغطية، يستخدم أطول فاصل حراسة 1/4 (125 µs). ومن أجل تحقيق استقبال قوي جداً، يقع الخيار على 16-QAM في هذا السيناريو.

الجدول 15.2.A4

استقبال DTMB في شبكة SFN على السطح (تغطية قصوى – 16-QAM)

عرض النطاق:	8 MHz
الموجات الحاملة الفرعية	3780
تعرف هوية PN	عامل
الأدلة	حاملة
تشذير الزمن	720
فاصل الحراسة:	1/4 (125 µs)
التشكيل:	16-QAM
معدل الشفرة:	0,8
C/N (Rice):	14,3 dB
معدل البيانات الناتج:	**19,251 Mbit/s**

4.3.2.A4 السيناريو 3: استقبال MFN على السطح، تغطية معتدلة

في ضوء النتائج المستخلصة من التجارب الميدانية للبث DTMB، لتغطية معتدلة واستقبال على السطح، هنالك خياران من معلمات التشغيل. ومعلمات هذين الأسلوبين مختلفة تماماً، من حيث عدد الموجات الحاملة الفرعية ومعدل الشفرة والكوكبة وفاصل الحراسة. ولهذين الأسلوبين معدل بتات مماثل للحمولة النافعة.

5.3.2.A4 السيناريو 3a: الاستقبال على السطح لشبكة MFN محدودة المساحة، معدل بيانات عال

يكون اختيار فاصل الحراسة في هذا السيناريو 1/9 (55,6 µs)، باستعمال 3780 موجة حاملة فرعية ومعدل الشفرة 0,6 والكوكبة 64-QAM.

ونظراً لاستخدام موجات حاملة متعددة، فإن الغرض من هذا الأسلوب هو أن يستخدم في مدينة كبيرة أو حيث يتغير تأثير تعدد المسيرات للقناة بسرعة تبعاً للزمن.

الجدول 16.2.A4

استقبال DTMB في شبكة SFN على السطح (64-QAM)

عرض النطاق:	8 MHz
الموجات الحاملة الفرعية	3780
تعرف هوية PN	عامل
الأدلة	حاملة
تشذير الزمن	720
فاصل الحراسة:	1/9 (125 µs)
التشكيل:	64-QAM
معدل الشفرة:	0,6
C/N (Rice):	16,6 dB
معدل البيانات الناتج:	**24,365 Mbit/s**

6.3.2.A4 السيناريو 3b: الاستقبال على السطح لشبكة MFN محدودة المساحة، معدل بيانات عال

يكون اختيار فاصل الحراسة في هذا السيناريو 1/6 (78,7 µs)، باستعمال تشكيل موجة حاملة وحيدة ومعدل شفرة 0,8 والكوكبة 32-QAM.

ونظراً لاستخدام موجة حاملة وحيدة فإن الغرض من هذا الأسلوب هو أن يستخدم في منطقة مفتوحة واسعة أو حيث يتغير تأثير القناة متعددة المسيرات ببطء تبعاً للزمن.

الجدول 17.2.A4

استقبال DTMB في شبكة MFN على السطح (32-QAM)

عرض النطاق:	8 MHz
الموجات الحاملة الفرعية	1
تعرف هوية PN	عامل
الأدلة	خاملة
تشذير الزمن	720
فاصل الحراسة:	1/6 (78,7 µs)
التشكيل:	32-QAM
معدل الشفرة:	0,8
C/N (Rice):	16,6 dB
معدل البيانات الناتج:	**25,989 Mbit/s**

7.3.2.A4 السيناريو 4: استقبال MFN/SFN على السطح، معدل بيانات معتدل، متانة عالية

في ضوء النتائج المستخلصة من التجارب الميدانية للبث DTMB، لتغطية معتدلة واستقبال عالي المتانة على السطح، هنالك خياران من معلمات التشغيل. ومعلمات هذين الأسلوبين مختلفة تماماً، من حيث الموجات الحاملة الفرعية ومعدل الشفرة والكوكبة وفاصل الحراسة. ولهذين الأسلوبين معدل بتات مماثل للحمولة النافعة.

8.3.2.A4 السيناريو 4a: الاستقبال على السطح لشبكة MFN/SFN محدودة المساحة

يكون اختيار فاصل الحراسة في هذا السيناريو هو 1/9 (55,6 µs)، باستعمال 3780 موجة حاملة فرعية ومعدل الشفرة 0,8 والكوكبة 16-QAM.

ونظراً لاستخدام موجات حاملة متعددة، فإن الغرض من هذا الأسلوب هو أن يستخدم في مدينة كبيرة أو حيث يتغير تأثير تعدد المسيرات للقناة بسرعة تبعاً للزمن.

الجدول 18.2.A4

استقبال MFN/SFN على السطح (فاصل حراسة 55.6 µs)

عرض النطاق:	8 MHz
الموجات الحاملة الفرعية	3780
تعرف هوية PN	عامل
الأدلة	خاملة
تشذير الزمن	720
فاصل الحراسة:	1/9 (125 µs)
التشكيل:	16-QAM
معدل الشفرة:	0,8
C/N (Rice):	14,0 dB
معدل البيانات الناتج:	**21,658 Mbit/s**

9.3.2.A4 السيناريو 4b: استقبال على السطح لشبكة MFN/SFN محدودة المنطقة

يكون اختيار فاصل الحراسة في هذا السيناريو هو 1/6 (78,7 µs)، باستعمال تشكيل موجة حاملة وحيدة ومعدل شفرة 0,8 والكوكبة 16-QAM.

ونظراً لاستخدام موجة حاملة وحيدة، فإن الغرض من هذا الأسلوب هو أن يستخدم في منطقة مفتوحة واسعة أو حيث يتغير تأثير القناة متعددة المسيرات ببطء تبعاً للزمن.

الجدول 19.2.A4

استقبال على السطح لشبكة MFN/SFN (فاصل حراسة 78.7 µs)

عرض النطاق:	8 MHz
الموجات الحاملة الفرعية	1
تعرف هوية PN	عامل
الأدلة	خاملة
تشذير الزمن	720
فاصل الحراسة:	1/6 (78,7 µs)
التشكيل:	16-QAM
معدل الشفرة:	0,8
C/N (Rice):	13,3 dB
معدل البيانات الناتج:	**20,791 Mbit/s**

10.3.2.A4 السيناريو 5: استقبال متنقل (منطقة تغطية قصوى)

يمكن للبث DTMB أن يدعم الاستقبال المتنقل. ولدعم هذه الوظيفة في منطقة واسعة يحتاج الأمر إلى فاصل حراسة طويل وكوكبة من مرتبة منخفضة ومعدل شفرة قوي. ويمكن استخدام المعلمات التالية.

الجدول 20.2.A4

استقبال DTMB متنقل (تغطية قصوى)

عرض النطاق:	8 MHz
الموجات الحاملة الفرعية	3780
تعرف هوية PN	عامل
الأدلة	خاملة
تشذير الزمن	720
فاصل الحراسة:	1/4 (125 µs)
التشكيل:	16-QAM
معدل الشفرة:	0,6
C/N (Rice):	11,2 dB
معدل البيانات الناتج:	**14,438 Mbit/s**

11.3.2.A4 السيناريو 6: استقبال متنقل (منطقة تغطية قصوى، متانة عالية)

رغبة في توفير تغطية قصوى واستقبال متنقل عالي المتانة، يُنظر في استخدام معدل شفرة متين جداً. ويكون فاصل الحراسة في هذا السيناريو هو 1/4 (125 µs)، باستعمال 3780 موجة حاملة فرعية ومعدل شفرة 0,4 وتكون الكوكبة 16-QAM.

ونظراً لاستخدام الموجات الحاملة المتعددة، فإن الغرض من هذا الأسلوب هو أن يستخدم في مدينة كبيرة أو حيث يتغير تأثير تعدد المسيرات للقناة بسرعة كبيرة تبعاً للزمن.

الجدول 21.2.A4

استقبال DTMB متنقل (تغطية قصوى، متانة عالية)

عرض النطاق:	8 MHz
الموجات الحاملة الفرعية	3780
تعرف هوية PN	عامل
الأدلة	خاملة
تشذير الزمن	720
فاصل الحراسة:	1/4 (125 µs)
التشكيل:	16-QAM
معدل الشفرة:	0,4
C/N (Rice):	8,7 dB
معدل البيانات الناتج:	**9,626 Mbit/s**

12.3.2.A4 السيناريو 7: استقبال متنقل (منطقة تغطية معتدلة، متانة عالية)

يكون اختيار فاصل الحراسة في هذا السيناريو هو 1/6 (78,7 µs)، باستعمال تشكيل موجة حاملة وحيدة ومعدل شفرة 0,8، وتكون الكوكبة 4-QAM. ونظراً لاستخدام الكوكبة 4-QAM، يمكن لهذا الأسلوب أن يدعم أيضاً الاستقبال المتنقل.

الجدول 22.2.A4

استقبال DTMB متنقل (منطقة تغطية معتدلة، متانة عالية)

عرض النطاق:	8 MHz
الموجات الحاملة الفرعية	1
تعرف هوية PN	عامل
الأدلة	خاملة
تشذير الزمن	720
فاصل الحراسة:	1/6 (78,7 µs)
التشكيل:	4-QAM
معدل الشفرة:	0,8
C/N (Rice):	6,5 dB
معدل البيانات الناتج:	**10,396 Mbit/s**

4.2.A4 سيناريوهات التنفيذ لمعيار لجنة الأنظمة التلفزيونية المتقدمة (ATSC)

تستخدم لجنة الأنظمة التلفزيونية المتقدمة (ATSC) تقنية الإرسال في النطاق الجانبي المتبقي 8-VSB (وهي إشارة نطاق جانبي متبق مخمد الموجة الحاملة مشكل الاتساع عالي معدل البيانات وحيد الموجة الحاملة من 8 مستويات). ويدعم أسلوب الإذاعة للأرض إشارة DTV واحدة في قناة 6 MHz وحيدة. وترد في الجدول 23.2.A4 معلمات أسلوب الإرسال للأرض 8-VSB.

الجدول 23.2.A4

معلمات أسلوب الإرسال للأرض 8-VSB

المعلمة	الأسلوب للأرض
عرض نطاق القناة	MHz 6
عرض نطاق الحراسة	11,5 في المائة
معدل الرموز	10,76... ميغا رمز/ثانية
عدد بتات لكل رمز	3
شبكية FEC	معدل 2/3
Reed-Solomon FEC	(207 187) 10 = T
طول الجزء	832 رمزاً
تزامن الجزء	4 رموز لكل جزء
تزامن الرتل	1 لكل 313 جزءاً
رفض التماثل في نفس القناة	مرشاح رفض التماثل في المستقبِل
مساهمة قدرة الدليل	dB 0,3
عتبة *C/N*	dB 14,9 ~
معدل بيانات الحمولة النافعة	**Mbps 19,39**

ويرد في التوصية ITU-R BT.1368 [30.4] وصف لمعايير التخطيط، بما فيها النسبة *C/N* المطلوبة ونسب الحماية لنظام ATSC. ويرد في التوصية ITU-R BT.2036 [35.4] وصف خصائص نظام استقبال ATSC.

وبالنسبة لمحطات التلفزيون الرقمي، تقيّم الخدمة باستخدام أكفة محدودة الضوضاء تحددها عوامل تخطيط التلفزيون الرقمي (DTV) بالتوالف مع منحنيات شدة المجال المشتقة من أجل 50% من المواقع و90% من الزمن. ويعرض الجدول 24.2.A4 عوامل التخطيط المستخدمة في استقبال ATSC.

الجدول 24.2.A4

عوامل التخطيط للاستقبال باستخدام النظام (ATSC)

المعلمات	الرمز	VHF الأدنى	VHF الأعلى	UHF
التردد (MHz)	*F*	68-47	216-174	806-470
عامل ثنائي الأقطاب (dBm إلى dBµV/m)	K_d	111,8–	120,8–	130,8–
ضبط عامل ثنائي الأقطاب	K_a	0,0	0,0	انظر الملاحظة
الضوضاء الحرارية (dBm)	N_t	106,2–	106,2–	106,2–
كسب الهوائي (dBd)	*G*	4	6	10
خسارة كبل التحميل (dB)	*L*	1	2	4
عامل ضوضاء المستقبِل (dB)	N_s	10	10	7
النسبة الإشارة إلى الضوضاء (dB) المطلوبة	*S/N*	15,19	15,19	15,19
نسبة الإشعاع الأمامي إلى الإشعاع الخلفي في الهوائي (رقمي، ATSC)		10	12	14
نسبة الإشعاع الأمامي إلى الإشعاع الخلفي في الهوائي (تماثلي، NTSC)		6	6	6

ملاحظة – يضاف عامل الضبط، $K_a = 20 \log (615/(\text{التردد الأوسط للقناة}))$، إلى K_d لمراعاة قيم شدة المجال الأعلى المطلوبة في الترددات UHF العالية وقيم شدة المجال الأدنى المطلوبة في الترددات UHF الأدنى.

ويمكن اشتقاق شدة المجال الدنيا المحددة لتغطية نظام ATSC من القيم الواردة في الجدول 24.2.A4 والمعادلة التالية:

$$\text{شدة المجال (dBµV/m)} = S/N + N_t + N_s + L - G - K_d - K_a \quad (1)$$

ويبين الجدول 25.2.A4 قيم شدة المجال المحددة لخدمة التلفزيون الرقمي. وهي تستخدم أولاً لتحديد المنطقة الخاضعة للحساب باستخدام منحنيات شدة المجال، ومن ثم لتحديد ما إذا كانت الخدمة موجودة في نقاط معينة داخل هذه المنطقة باستخدام التنبؤ المعتمِد على التضاريس Longley-Rice. وتمتد المنطقة الخاضعة للحساب من موقع المرسل إلى المسافة التي تنخفض فيها شدة المجال المتنبأ بها إلى القيمة المحددة في الجدول 25.2.A4.

الجدول 25.2.A4

قيم شدة المجال التي تحدد منطقة الخدمة المحدودة بالضوضاء الخاضعة للحساب لمحطات التلفزيون الرقمي

القنوات	التردد (MHz)	تحديد شدة المجال (dBµV/m) (يتعين التنبؤ بها لنسبة 50% من المواقع و90% من الزمن)
6 - 2	68-47	28
13 - 7	216-174	36
69 - 14	806-470	41-20 log {615/(منتصف تردد القناة بوحدة MHz)}

بيبليوغرافيا للفصل 4

[1.4] **ETSI TR 101 200** – *Digital Video Broadcasting (DVB); A guideline for the use of DVB specifications and standards*

[2.4] **التوصية ITU-R BT.1306**، *طرائق تصحيح الأخطاء وترتيل البيانات والتشكيل والإرسال في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[3.4] **التوصية ITU-R BT.1877**، *طرائق تصحيح الأخطاء وترتيل البيانات والتشكيل والبث المتعلقة بالجيل الثاني من أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[4.4] **التوصية ITU-R BT.2016**، *طرائق تصحيح الأخطاء وترتيل البيانات والتشكيل والإرسال فيما يتعلق بالإذاعة متعددة الوسائط للأرض من أجل الاستقبال المتنقل باستعمال أجهزة الاستقبال المحمولة باليد في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)*

[5.4] **الوثائق الختامية للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية، 2015**

[6.4] **الوثائق الختامية للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية، 2007**

[7.4] **الوثائق الختامية للمؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية، 2012**

[8.4] **لوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد**، طبعة 2015

[9.4] **التوصية ITU-R BT.417**، *القيم الدنيا لشدة المجال التي قد تستدعي طلب الحماية عند التخطيط لخدمة تلفزيونية تماثلية للأرض*

[10.4] **جنيف 2006** الوثائق الختامية للمؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية لتخطيط خدمة الإذاعة الرقمية للأرض في مناطق من الإقليمين 1 و3، في نطاقات التردد 174-230 MHz و470-862 MHz (المؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية لعام 2006)"

[11.4] **التقرير ITU-R BT.2295**، *أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[12.4] **Stockholm 1961** – *Final acts of the European Broadcasting Conference in the VHF and UHF bands (RRC ST61)*

[13.4] **التوصية ITU-R P.310**، *تعريف بعض المصطلحات المتعلقة بالانتشار في وسط غير متأيّن*

[14.4] **التقرير ITU-R BT.2137**، *طرائق التنبؤ بالتغطية وبرمجيات التخطيط لشبكات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)*

[15.4] **التوصية ITU-R P.1546**، *طريقة التنبؤ بالانتشار من نقطة إلى منطقة بالنسبة إلى خدمات الأرض في مدى الترددات بين 30 MHz و3 000 MHz*

[16.4] **التوصية ITU-R P.620**، *بيانات الانتشار المطلوبة لتقدير مسافات التنسيق في مدى الترددات 100 MHz إلى 105 GHz*

[17.4] **التوصية ITU-R P.1812**، *طريقة تنبؤ بانتشار خاصة بمسير لخدمات الأرض من نقطة-إلى-منطقة في نطاقات الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF)*

[18.4] **التوصية ITU-R P.1058**، *قاعدة بيانات طوبوغرافية رقمية لدراسات الانتشار*

[19.4] **التوصية ITU-R P.452**، *إجراء التنبؤ الخاص بتقدير التداخل في الموجات بين المحطات على سطح الأرض عند الترددات فوق 0,1 GHz تقريباً*

[20.4] **التوصية ITU-R P.526**، *الانتشار بالانعراج*

[21.4] **التوصية ITU-R P.1406**، *آثار الانتشار المتعلقة بالخدمتين المتنقلة البرية والإذاعية للأرض في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)*

[22.4] **التوصية ITU-R P.833**، *التوهين الناتج عن الغطاء النباتي*

[23.4] **التوصية ITU-R P.1238**، *بيانات الانتشار وطرائق التنبؤ لتخطيط أنظمة الاتصالات الراديوية العاملة داخل المباني وشبكات المنطقة المحلية الراديوية العاملة في مدى الترددات بين 300 MHz و100 GHz*

[24.4] **التوصية ITU-R P.370**، *منحنيات انتشار الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) لمدى تردد الخدمات الإذاعية من 30 MHz إلى 1 000 MHz (ملاحظة: ألغيت في 01/10/22)*

[25.4] **جنيف 1989** – *الوثائق الختامية للمؤتمر الإقليمي الإداري لتخطيط البث التلفزيوني بالموجات المترية والموجات الديسيمترية (VHF/UHF) في منطقة الإذاعة الإفريقية والبلدان المجاورة* (RRC-GE89)

[26.4] **OET Bulletin No. 69** – *Federal Communications Commission Longley-Rice Methodology for Evaluating TV Coverage and Interference*

[27.4] **التوصية ITU-R BS.1195**، *خصائص هوائيات الإرسال على الموجات المترية (VHF) والموجات الديسيمترية (UHF)*

[28.4] **التوصية ITU-R BT.419**، *اتجاهية وتمييز الاستقطاب للهوائيات عند استقبال الإذاعة التلفزيونية*

[29.4] **التوصية ITU-R BS.599**، *اتجاهية هوائيات استقبال الإذاعة الصوتية في النطاق 8 (VHF)*

[30.4] **التوصية ITU-R BT.1368**، *معايير تخطيط خدمات التلفزيون الرقمي للأرض في نطاق الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)، بما في ذلك نسب الحماية*

[31.4] **التوصية ITU-R BT.2033**، *معايير التخطيط للجيل الثاني من أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)، بما في ذلك نسب الحماية*

[32.4] **التوصية ITU-R BS.1114**، *أنظمة الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض الموجهة إلى مستقبلات ثابتة ومحمولة ومركبة على متن مركبات، في مدى الترددات 30-000 3 MHz*

[33.4] **التوصية ITU-R P.1057**، *توزيعات الاحتمال المتعلقة بنمذجة انتشار الموجات الراديوية*

[34.4] **التوصية ITU-R P.1407**، *الانتشار عبر مسيرات متعددة ووضع معلمات خصائصه*

[35.4] **التوصية ITU-R BT.2036**، *خصائص نظام استقبال مرجعي لتخطيط ترددات أنظمة التلفزيون الرقمي للأرض*

[36.4] **التوصية ITU-R BT.2052**، *معايير التخطيط لإذاعة الوسائط المتعددة للأرض من أجل الاستقبال المتنقل بواسطة مستقبلات محمولة باليد في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)*

[37.4] **التوصية ITU-R BT.2382**، *وصف التداخل في مستقبِل التلفزيون الرقمي للأرض (DTT)*

[38.4] **التقرير ITU-R BT.2386**، *الإذاعة الرقمية للأرض: تصميم وتنفيذ الشبكات وحيدة التردد (SNF)*

[39.4] **التوصية ITU-R SM.1875**، *قياسات تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض والتحقق من معايير التخطيط*

[40.4] **EBU Technical Review OFDM Receivers** – *Impact on Coverage of Inter-Symbol Interference and FFT window positioning*

[41.4] **ETSI TS 101 191** – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization*

[42.4] **التقرير ITU-R BT.2140**، *الانتقال من الإذاعة التماثلية للأرض إلى نظيرتها الرقمية*

[43.4] **التقرير ITU-R BT.2254**، *الجوانب المتعلقة بالترددات وتخطيط الشبكة في النظام DVB-T2*

[44.4] **التقرير ITU-R BT.2294**، *تقنية بناء شبكة محطة ترحيل أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) لأنظمة الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات للأرض (ISDB-T)*

[45.4] **التقرير ITU-R BT.2343**، *تجميع التجارب الميدانية للتلفزيون فائق الوضوح على شبكات التلفزيون الرقمي للأرض (DTT)*

[46.4] **التقرير ITU-R BT.2385**، *الحد من الآثار البيئية للأنظمة الإذاعية للأرض*

[47.4] **ETSI TS 102 831** – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*

[48.4] **ETSI EN 302 755** – *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*

[49.4] **ETSI EN 300 744** – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*

[50.4] **GB 20600-2006** – *Framing structure, channel coding and modulation for digital television terrestrial broadcasting system*

[51.4] **GB/T 26666-2011** – *Implementation guidelines for transmission system of digital terrestrial television broadcasting*

الفصل 5

التقاسم والحماية

1.5 مقدمة

تتعرض الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)، شأن أي نظام للاتصالات الراديوية، للتداخل من الأنظمة الإلكترونية الأخرى التي تنبعث منها، عن قصد أو غير قصد، إشارات راديوية. ويعتبر فهم وإدارة إشارات التداخل هذه جزءاً رئيسياً من عمل مشغلي الشبكات الإذاعية وهيئات تنظيم الطيف. والعكس صحيح أيضاً، أي أن الإذاعة DTTB تنطوي على احتمال التسبب في تداخل في الأنظمة الراديوية الأخرى.

ويصف القسم 2.5 مختلف فئات التداخل.

ويتضمن القسم 3.5 مصادر الخصائص التقنية والمعلمات المطلوبة لتحليل التوافق بين الأنظمة أو داخل النظام الواحد فيما يتعلق بالبث DTTB.

ويقدم القسم 4.5 مصادر مرجعية للمعايير والطرائق والدراسات والتقارير الميدانية المتعلقة بمسائل التقاسم والتوافق بين البث DTTB والاتصالات المتنقلة الدولية IMT. ويتطرق هذا القسم أيضاً إلى التوافق بين الأنظمة DTTB وغيرها من أنظمة الاتصالات اللاسلكية التي يمكن إدخالها على أساس ثانوي في نطاق الموجات الديسيمترية (UHF) في بعض البلدان، من قبيل أجهزة النطاقات غير المشغولة (WSD) ثنائية الاتجاه عريضة النطاق "التقليدية" وربما أحادية الاتجاه الممكنة في المستقبل من 470 MHz فما فوق. ويختلف هذا الاستخدام عن نظام إنتاج البرامج والأحداث الخاصة (PMSE) ضيق النطاق (انظر القسم 6.5).

ويشير القسم 5.5 إلى مختلف مسائل التوافق التي تتناول البث DTTB: التأثير الناجم عن الأنظمة الساتلية الإذاعية المستقرة بالنسبة إلى الأرض، وتوربينات الرياح، وأنظمة الاتصالات عبر خطوط الطاقة (PLC)، وأنظمة النطاق الواسع جداً (UWB) في أنظمة DTTB.

ويتناول القسم 6.5 مسائل التقاسم الفعلي بين أنظمة DTTB والخدمات المساعدة للإذاعة/لإعداد البرامج (SAB/SAP) في نطاقات البث.

2.5 فئات التداخل

يمكن، بصفة عامة، أن ينشأ التداخل في البث DTTB من أنظمة أخرى (التوافق بين الأنظمة) مصممة لبث إشارات راديوية (مثل شبكات النطاق العريض المتنقل) أو من أنظمة غير مصممة لبث إشارات راديوية ولكنها تفعل ذلك على أي حال (مثل شبكات خطوط نقل الكهرباء). وثمة حالة ثالثة تتسبب باضطراب إشارات البث DTTB من الأجسام المادية التي تقع في مسير الإشارة بين المرسل والمستقبل (مثل مولدات توربينات الرياح).

وقد يكون التداخل نتيجة لانبعاثات غير مطلوبة خارج عرض النطاق اللازم لمصدر التداخل الذي يحدث في المجال "خارج النطاق"[17] أو المجال "الهامشي"[18] الذي يتداخل مع قناة DTTB المطلوبة أو قد ينجم عن اضطرابات، داخل مستقبلات DTTB، ناتجة عن الحمل الزائد أو التشكيل المتقاطع أو التشكيل البيني الذي يتضمن إشارات قوية من أنظمة اتصالات راديوية أخرى تعمل في نطاقات التردد نفسها أو المجاورة لها.

وفي حالة التداخل داخل النطاق (الناجم عن إرسالات في نفس نطاق التردد أو القناة الذي تمر فيه أو فيها إشارة DTTB المطلوبة) يتم التخفيف عموماً باستخدام عناصر تصميم الشبكة، مثل التباعد الجغرافي أو تمييز الهوائي.

---

[17] في حدود 250% من عرض النطاق اللازم.

[18] أبعد من المجال خارج النطاق عموماً.

وفيما يتعلق بالتداخل خارج النطاق والتداخل الهامشي (الذي ينشأ في نطاقات أو قنوات تردد أخرى، نطاقات مجاورة عادة) من المعتاد تحديد مستويات البث المقبولة خارج النطاق والبث الهامشي للمعدات قبل وصولها إلى السوق.

أما بالنسبة للانبعاثات غير المطلوبة من المعدات غير المصممة لبث إشارات راديوية على الإطلاق، فمن المعتاد تحديد مستويات البث المقبولة للمعدات قبل وصولها إلى السوق.

وبالإضافة إلى ذلك، يمكن أيضاً تحسين انتقائية جهاز استقبال DTTB وكذلك التباعد الجغرافي وتمييز الهوائي للتغلب على مختلف آليات التداخل التي يمكن أن تنشأ.

وفي الأساس، يمكن أيضاً أن تحدث نفس آلية التداخل بين أنظمة DTTB (التوافق داخل النظام) إما داخل شبكة معينة أو بين شبكات مختلفة (داخل الحدود الوطنية أو عبرها). ويتمثل الفرق مع حالة التداخل مع أنظمة خدمات أو تطبيقات الاتصالات الراديوية الأخرى في إدارة التداخل:

- داخل الحدود الوطنية،
  - من أجل التوافق بين إرسالات DTTB بالذات، يكون مشغلو الشبكات الإذاعية عادة هم الذين يحملون تراخيص محطات إرسال DTTB والذين يضمنون التوافق من خلال التصميم السليم للشبكة. للحصول على وصف تفصيلي لتخطيط شبكة البث، انظر الفصل 4.
  - من أجل التوافق بين إرسالات DTTB وإرسالات خدمات أو تطبيقات الاتصالات الراديوية الأخرى، تقع على عاتق الجهة التنظيمية الوطنية مسؤولية ضمان التوافق أو البت في حالات التداخل إذا حدثت.
- عبر الحدود الوطنية، يكفل عادة التوافق بين الإرسالات DTTB نفسها أو بين إرسالات DTTB وخدمات الاتصالات الراديوية الأخرى الجهات التنظيمية ومشغلو الشبكات (للبث والخدمات الأخرى) في البلدان المجاورة. وهم يقومون بتنسيق الاستخدام التفصيلي للتردد وخصائص الإرسال لتجنب التداخل عبر الحدود. ومكتب قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد على استعداد لتقديم المساعدة في عملية التنسيق وفي فض حالات التداخل المحتملة. ويقدم الفصل 7 مزيداً من المعلومات عن إجراءات التنسيق.

3.5 مصادر الخصائص التقنية العامة ومعايير التقاسم

يستوجب إجراء دراسات التقاسم تحديد خصائص أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB). ويمكن الاطلاع على المعلومات ذات الصلة في التوصيات والتقارير التالية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية:

- التوصية ITU-R BT.419 – اتجاهية وتمييز الاستقطاب للهوائيات عند استقبال الإذاعة التلفزيونية.
- التوصية ITU-R BT.500 – منهجية التقدير الشخصي لنوعية الصور التلفزيونية.
- التوصية ITU-R BT.1195 – خصائص هوائيات الإرسال على الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF).
- التوصية ITU-R BT.1206 – أقنعة حدود الطيف في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض.
- التوصية ITU-R BT.1306 – طرائق تصحيح الأخطاء وترتيل البيانات والتشكيل والإرسال في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض.
- التوصية ITU-R BT.1877 – طرائق تصحيح الأخطاء وترتيل البيانات والتشكيل والبث المتعلقة بالجيل الثاني من أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض.
- التقرير ITU-R BT.2138 – خصائص مخطط إشعاع تلفزيون الموجات الديسيمترية (UHF).
- التقرير ITU-R BT.2383 – خصائص أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) في نطاق التردد 862-470 MHz لتحليلات تقاسم/تداخل الترددات.

ومن المعلمات الهامة لضمان الحماية من الخدمات الأخرى هي نسبة الحماية. وبالنسبة للجيل الأول من أنظمة DTTB، ترد الأرقام ذات الصلة لنسب الحماية في التوصية التالية:

– التوصية ITU-R BT.1368 – معايير تخطيط خدمات التلفزيون الرقمي للأرض في نطاق الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)، بما في ذلك نسب الحماية.

وبالنسبة إلى أنظمة الجيل الثاني من النظام DTTB، ترد الأرقام ذات الصلة لنسب الحماية في التوصية التالية:

– التوصية ITU-R BT.2033 – معايير التخطيط للجيل الثاني من أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)، بما في ذلك نسب الحماية.

وبالنسبة للإذاعة المتعددة الوسائط للأرض للاستقبال المتنقل باستخدام المستقبلات المحمولة باليد، ترد الأرقام ذات الصلة لنسب الحماية في التوصية التالية:

– التوصية ITU-R BT.2052 – معايير التخطيط لإذاعة الوسائط المتعددة للأرض من أجل الاستقبال المتنقل بواسطة مستقبلات محمولة باليد في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF).

ويتعين أيضاً مراعاة اللاخطية في أجهزة التلفزيون لأنها يمكن أن تتسبب في تداخلات وسيطة. ولهذا الغرض، تعرض الدراسات ذات الصلة في التقرير التالي:

– التقرير ITU-R BT.2298 – النموذج المرجعي الذي يتعين استعماله لتقييم التداخل في خدمة الإذاعة التلفزيونية من أجل مراعاة اللاخطية في أنظمة استقبال الترددات الراديوية التلفزيونية.

ويرد في التقرير التالي وصف لآلية التداخل في مستقبل DTTB:

– التقرير ITU-R BT.2382 – وصف التداخل في مستقبِل التلفزيون الرقمي للأرض (DTT).

وثمة مصدر عام ولكنه هام يتناول معايير الحماية لأنظمة الإذاعة للأرض في التوصية التالية:

– التوصية ITU-R BT.1895 – معايير الحماية من أجل الأنظمة الإذاعية للأرض.

وفيما يتعلق بمنهجية تقييم أثر التداخل على التغطية الإذاعية، يرد وصف للطريقة المفاهيمية في التقرير التالي:

– التقرير ITU-R BT.2248 – إطار مفاهيمي لتمثيل خسارة التغطية الإذاعية.

4.5 مصادر مرجعية تتعلق بالتوافق بين البث DTTB والخدمة المتنقلة

فيما يتعلق بالتقاسم بين الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض والخدمة المتنقلة، ترد الدراسات ذات الصلة في التقارير التالية:

– التقرير ITU-R BT.2247 – القياس والتحليل الميدانيان للتوافق بين أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) والاتصالات المتنقلة الدولية.

– التقرير ITU-R BT.2337 – دراسات التقاسم والتوافق بين الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض وتطبيقات النطاق العريض المتنقل للأرض، بما في ذلك الاتصالات المتنقلة الدولية في نطاق التردد 470-698/694 MHz.

– التقرير ITU-R BT.2339 – دراسات الاشتراك في تقاسم القنوات والتوافق بين إذاعة التلفزيون الرقمي للأرض والاتصالات المتنقلة الدولية في نطاق التردد 694-790 MHz في منطقة تخطيط GE06.

ولتقييم التداخل من الخدمة المتنقلة إلى الخدمة الإذاعية، تعرض الدراسات ذات الصلة في التقارير التالية:

– التقرير ITU-R BT.2265 – مبادئ توجيهية لتقييم التداخل في الخدمة الإذاعية.

– التقرير ITU-R BT.2296 – أمثلة على تطبيق التوصية ITU-R BT.1895 والتقرير ITU-R BT.2256 لتقييم التداخل في خدمة الإذاعة الناتج عن تأثير الأنظمة المتنقلة الدولية للمكبرات المقامة على الأبراج في أنظمة توزيع التلفزيون الجماعية.

وقد أدخل عدد من البلدان مؤخراً خدمات متنقلة جديدة، لا سيما الاتصالات المتنقلة الدولية (IMT) التي تستعمل جزءاً من نطاق الموجات الديسيمترية (UHF) حيث تتاح للخدمة الإذاعية والخدمة المتنقلة توزيعات أولية مشتركة. ولحماية خدمات DTTB بالاقتران مع الاتصالات المتنقلة الدولية، ترد الدراسات ذات الصلة في التقرير التالي:

- التقرير ITU-R BT.2301 – التقارير الميدانية الوطنية عن إدخال الاتصالات المتنقلة الدولية في النطاقات بدون توزيع على أساس أولي مشترك للإذاعة والخدمات المتنقلة.

5.5 مصادر مرجعية تتعلق بمسائل التوافق الأخرى المتصلة بالبث DTTB

قد يؤدي وجود توربينات الرياح في منطقة التغطية بمرسل DTTB إلى حدوث اضطراب في الاستقبال في بعض أجزاء هذه المنطقة. وتقدم وثائق قطاع الاتصالات الراديوية التالية الوصف المطلوب للاضطراب والمنهجية اللازمة لتقييمه:

- التقرير ITU-R BT.2142 – أثر الانتشار الذي يطرأ على الإشارات التلفزيونية الرقمية من توربينات الرياح.
- التوصية ITU-R BT.1893 – طرائق تقييم الانحطاط الذي تسببه توربينات الرياح للاستقبال التلفزيوني الرقمي.

ويدرس التأثير المحتمل لأجهزة النطاق العريض جداً على الخدمة الإذاعية في التقرير التالي:

- التقرير ITU-R SM.2057 – دراسات عن تأثير الأجهزة التي تستعمل تكنولوجيا النطاق الواسع جداً على خدمات الاتصالات الراديوية.

وينظر التقرير التالي في التأثير المحتمل للساتل الإذاعي المستقر بالنسبة إلى الأرض (GSO) وغير المستقر بالنسبة إلى الأرض (non-GSO) على الخدمة الإذاعية[19]:

- التقرير ITU-R BT.2075 – متطلبات حماية الخدمات الإذاعية التلفزيونية للأرض العاملة في النطاق MHz 790-620 من التداخل المحتمل من الأنظمة والشبكات الإذاعية الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض وغير المستقرة بالنسبة إلى الأرض.

وفيما يتعلق بالأثر المحتمل لأنظمة اتصالات خطوط الطاقة (PLC) على أنظمة البث DTTB، يلاحظ أن أنظمة PLC القائمة على النحو المحدد في التوصية ITU-T G.9964 – المرسلات والمستقبلات الموحدة القائمة على خط سلكي عالي السرعة والمستعملة للتواصل الشبكي المنزلي – مواصفات الكثافة الطيفية للقدرة، تتسم بسرعة تبدد القدرة فوق حوالي 80 MHz. ومع ذلك، فإن تطورات PLC خارج قطاع تقييس الاتصالات مستمرة والنية معقودة على استخدام ترددات متزايدة الارتفاع، لا سيما بالنسبة للتوزيع داخل المنزل للإشارات التلفزيونية عالية الوضوح (HD) وفائقة الوضوح (UHD). ومن المحتم أن هذه الأجهزة سوف تعمل في ترددات أعلى وتزيد من الإشعاع عندما تستخدم مثلاً الأسلاك الأرضية فضلاً عن الأسلاك الحية والمحايدة في شبكة الكهرباء. وسوف يتسبب نشر هذه الأنظمة أيضاً في مشكلة بالنسبة للأنظمة DTTB العاملة في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) فضلاً عن أنظمة الاتصالات الراديوية الأخرى العاملة في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) المنخفضة.

6.5 مؤشرات بشأن التقاسم الفعلي بين نظام DTTB والخدمات SAB/SAP

تتقاسم الخدمات المساعدة للإذاعة/البرامج (SAB/SAP) بشكل فعال الطيف الذي تستخدمه أنظمة DTTB على أساس توزيع ثانوي. وثمة معلومات عن هذه الأنظمة في التقريرين التاليين:

- التقرير ITU-R BT.2238 – الخدمات المساعدة للإذاعة/للبرامج التي تستعمل الطيف في الإقليم 1 وآثار التوزيع على أساس أولي مشترك للخدمة المتنقلة في نطاق التردد MHz 790-694.
- التقرير ITU-R BT.2244 – معلومات بشأن المعلمات التقنية والخصائص التشغيلية وسيناريوهات النشر للخدمات المساعدة للإذاعة/للبرامج كما هي مستعملة في الإذاعة.

---

[19] ليس هنالك حالياً استخدام معروف للأنظمة الساتلية الإذاعية المستقرة بالنسبة إلى الأرض أو غير المستقرة بالنسبة إلى الأرض في النطاقات III وIV وV.

والأسلوب المعتاد لاستيعاب الخدمات SAB/SAP في الموجات المترية/الديسيمترية (VHF/UHF) هو إما بواسطة قاعدة بيانات جغرافية تبين الترددات المتاحة للاستخدام أو بواسطة برمجية حاسوبية لحساب الترددات المتاحة في موقع معين. وقد يكون هناك تدخل من مشغل (هيئة تنظيمية أو غيرها) لتنسيق هذا الاستخدام.

الفصل 6

التنسيق عبر الحدود

1.6 إجراءات التنسيق

نظراً لمحدودية مورد الترددات الراديوية وتزايد استخدام التقنيات الراديوية، من الضروري القيام ببعض إجراءات تنسيق الترددات التي ترمي إلى التقليل إلى أدنى حد من تأثير خدمة راديوية ما على الخدمات الراديوية الأولية القائمة التي تتقاسم نفس نطاق الترددات.

وتنسيق التردد هو عملية التفاوض بين إدارتين أو أكثر للاتفاق على شروط التشغيل (التردد، والقدرة المشعة الفعالة، وارتفاع الهوائي، ومخطط الإشعاع، وما إلى ذلك) في محطات هذه الإدارات. والهدف من هذه المفاوضات هو منع المحطات المسببة للتداخل الضار عند بدء خدمتها (أو على الأقل، لتقليل هذا التداخل إلى مستوى مقبول).

وهنالك أساساً إجراءان من إجراءات التنسيق (لا يستبعد أحدهما الآخر):

- التنسيق داخل منطقة التخطيط لاتفاق إقليمي
- التنسيق خارج منطقة التخطيط لاتفاق إقليمي

1.1.6 التنسيق داخل منطقة التخطيط لاتفاق إقليمي

في حال وجود اتفاق إقليمي، مثل الاتفاق GE06 في الإقليم 1[20]، من الضروري تطبيق الإجراءات المنصوص عليها في الاتفاق للحصول على الاعتراف الدولي والحق في حماية الخدمات من التداخل الضار، دون الإخلال بإمكانية تطبيق إجراءات تنسيق أخرى مسبقة أيضاً، مثل التنسيق من خلال مناقشة ثنائية أو متعددة الأطراف (انظر القسم 3.1.6). وفي هذه الحالة، وعند التبليغ عن تخصيص إلى السجل الأساسي الدولي للترددات (MIFR)، يقوم مكتب الاتصالات الراديوية بإجراء فحصين للتحقق من المطابقة:

- التحقق من المطابقة مع جدول توزيع الترددات؛
- التحقق من المطابقة مع الاتفاق الإقليمي والخطة (الخطط) المصاحبة.

ويستند النص التالي إلى الحالة المحددة في الاتفاق GE06. ويقدم القسم 1 من الملحق 4 من الاتفاق GE06 المنهجية المتفق عليها لتحديد مجال التنسيق. ويكون التنسيق مطلوباً مع الإدارات التي تقع أراضيها كلياً أو جزئياً داخل منطقة التنسيق.

ويجري إدراج محطة جديدة في الخطة، أو تعديل المعلمات المسجلة لمحطة ما، وفقاً لإجراء تعديل الخطة المحدد في المادة 4 من الاتفاق GE06.

ويتألف هذا الإجراء من نشر المحطة مع مواصفاتها التقنية على النحو المبين في الجزء A من القسم الخاص في النشرة الإعلامية الدولية للترددات الصادرة عن مكتب الاتصالات الراديوية (BRIFIC). ويعتبر النشر في الجزء A بمثابة مشاورة رسمية لتنسيق الترددات مع الإدارات الأخرى. وتتضمن النشرة BRIFIC قائمة بالإدارات التي يتعين التنسيق معها والتي تكون موافقتها ضرورية. وتنتهي في غضون 75 يوماً الفترة التي يجوز فيها لإدارة ما طلب المزيد من المعلومات أو تقديم تعليقات أو شروط أو اعتراضات إما مباشرة إلى الإدارة المبلغة أو من خلال مكتب الاتصالات الراديوية. وبعد تلك الفترة، إذا لم ترد الإدارة التي تكون موافقتها مطلوبة، يعتبر الطلب مرفوضاً. ومع ذلك، وإذا كان هناك طلب من الإدارة المبلغة، يرسل المكتب رسالة تذكير إلى الإدارة (الإدارات) المتأثرة ويمنح فترة إضافية للتعليق عليها خلال 40 يوماً. ويعني عدم الرد في غضون هذا الموعد النهائي الجديد أن الإدارة المستشارة ليس لديها أي اعتراض.

[20] يشمل الاتفاق GE06 الإقليم 1 بأكمله باستثناء منغوليا، ويشمل أيضاً جمهورية إيران الإسلامية.

وحالما يتم التوصل إلى الاتفاق بين الإدارة أو الإدارات المعنية، يجوز للإدارة المبلغة أن تطلب نشر المحطة مع المواصفات التقنية المتفق عليها في الجزء B من القسم الخاص GE06 في النشرة BRIFIC. ويشهد النشر في الجزء B بدخول المحطة رسمياً في الخطة GE06.

ويسمح الاتفاق GE06 ببعض المرونة، المعروفة باسم "مفهوم المغلف". حيث لا يُطلب من المحطات التشغيلية أن تتبع جميع المعلمات المسجلة مسبقاً. غير أن معلمات التشغيل الفعلية يجب ألا تتسبب بمزيد من التداخل، أو تطالب بمزيد من الحماية، عما هي حال المحطة (المحطات) المسجلة في الخطة. فعلى سبيل المثال، يمكن لمحطة مسجلة أن تبدأ خدمتها بقدرة مشعة فعالة أقل أو ارتفاع هوائي أدنى من القيمة المسجلة.

ومن الممكن أيضاً إلغاء (أو "وقف") محطة مسجلة في GE06. وفي هذه الحالة، تطلب الإدارة القائمة نشر هذه المحطة في الجزء C من القسم الخاص GE06 من النشرة BRIFIC.

2.1.6 التنسيق خارج منطقة التخطيط لاتفاق إقليمي

عندما لا يكون هناك اتفاق إقليمي، من أجل التبليغ عن التخصيص في السجل الأساسي الدولي للترددات (MIFR)، لن يتحقق مكتب الاتصالات الراديوية إلا من مطابقة التخصيص مع جدول توزيع الترددات. ويترك أي تنسيق بين البلدان المجاورة للإدارات المعنية، ولا يتحمل المكتب مسؤولية إلزامية في هذا الصدد.

3.1.6 المباحثات الثنائية أو المتعددة الأطراف

في أي من الحالتين الواردتين أعلاه، يجوز للإدارات أن تختار التشاور فيما بينها من خلال مباحثات ثنائية أو متعددة الأطراف. ويمكن التباحث بالمراسلة (البريد العادي أو الإلكتروني، أو غير ذلك) و/أو بالاجتماع. ويمكن تطبيق ذلك بين الإدارات التي ليست طرفاً في اتفاق إقليمي أو إدارات داخل منطقة اتفاق تخطيط إقليمي عندما ترغب في "التنسيق المسبق" قبل تقديم تخصيصاتها رسمياً إلى مكتب الاتصالات الراديوية أو بعد تقديمها عندما يقرر مكتب الاتصالات الراديوية الحاجة إلى التنسيق.

والتباحث عن طريق المراسلة إجراء عام عندما تكون علاقات الإدارات التي قد تتأثر داخل منطقة التنسيق جيدة في ميدان الاتصالات الراديوية. وتجري المناقشة بتوفير الخصائص التقنية المخطط لها للمحطة المراد تنسيقها. وفي هذه الحالة، يمكن إجراء استعلامات التنسيق إما مباشرة أو من خلال مكتب الاتصالات الراديوية. ومن حيث المبدأ، ليس هنالك من مواعيد نهائية يتعين ضمنها طلب المزيد من المعلومات أو تقديم تعليقات أو شروط أو اعتراضات ما لم توافق الإدارات المعنية على تحديد موعد نهائي من هذا القبيل. وتطبق بعض الإدارات في الإقليم 1، على سبيل المثال، نفس المواعيد النهائية المنصوص عليها في الاتفاق GE06.

وفي حالة المناقشة بالمراسلة، يجوز للإدارات المعنية أن تبلغ مكتب الاتصالات الراديوية بالاتفاق الذي تم التوصل إليه بين الإدارات بتقديم وثائق مكتوبة في هذا الشأن.

وإذا لم تنجح المناقشة بالمراسلة، يمكن عقد اجتماع تنسيقي من أجل إحراز تقدم في المفاوضات.

ويمكن أن تكون هذه الاجتماعات ثنائية، بحضور إدارتين فقط، أو متعددة الأطراف عندما يشارك أكثر من إدارتين في عملية التنسيق.

وتعقد اجتماعات التنسيق عادة في مدينة تقع في إقليم أي من الإدارات المعنية، ولكن يمكن عقدها أيضاً في أماكن أخرى، في جنيف مثلاً، حسبما تراه الإدارات المعنية مناسباً.

والأطراف المشاركة في هذه الاجتماعات هي إدارات أو هيئات تنظيمية أخرى. ويمكن دعوة هيئات البث أو الهيئات السمعية البصرية أو المشغلين أو غيرهم بناء على اختيار الإدارات نفسها.

ورغبة في تقييم حالات التوافق أثناء الاجتماعات، قد يكون من المفيد توفير الوسائل لحساب التوافق في الاجتماع. وينصح أيضاً بأن تضع كل إدارة مسبقاً الأهداف الرئيسية لكل اجتماع، لأن ذلك يساعد في تقدم أعمال الاجتماع. وتقوم إحدى الإدارات عادة بإعداد محاضر لهذه الاجتماعات بالاتفاق مع الأطراف الأخرى، ويوافق عليها كل منها إما في نهاية الاجتماع أو بعده. ويمكن تخصيص جزء من الاجتماع لاستعراض المحاضر قبل نهاية الاجتماع (إذا تم إعدادها في الوقت المناسب) حتى يتسنى الموافقة عليها من قبل جميع الأطراف. وبديلاً من ذلك، يمكن تعميم المحاضر بعد الاجتماع والموافقة عليها بالمراسلة، أو في جلسة لاحقة.

وعندما تختتم المفاوضات، ينعكس الاتفاق الذي تم التوصل إليه عادة في محضر اجتماع التنسيق، أو في وثيقة منفصلة تتفق عليها جميع الأطراف. ويجوز للإدارات المعنية أن توافق على إبلاغ مكتب الاتصالات الراديوية بالنتيجة، ربما بتقديم نسخة من محضر الاجتماع.

ويبين الجدول 1.6 مزايا ومآخذ إجراءات التنسيق.

الجدول 1.6

مزايا ومآخذ إجراءات التنسيق

	بالمراسلة	بالاجتماع
المزايا	يمكن تحديد الخصائص التقنية قبل تطبيق إجراء التنسيق في الاتحاد.	القدرة على حلحلة المسائل التي لم تحسم، والحصول على اتفاقات في أطر زمنية أقصر بكثير. تعزيز علاقات العمل بين الإدارات.
المآخذ	قد تمتد إلى أجل غير مسمى، لا سيما عندما لا تكون الإدارة المستشارة متحمسة لتلبية الطلب لأسباب استراتيجية أو غير ذلك.	من الضروري الإعداد مسبقاً من قبيل تبادل الوثائق اللازمة لضمان فعالية الاجتماع.

وينبغي التشديد على أن المواد المستخدمة في هذا الفصل هي ذات طبيعة إعلامية فحسب ولا تشكل بأي حال من الأحوال أو تحل محل أي حكم/إجراء إلزامي سبق الاتفاق عليه أو يتفق عليه الاتحاد الدولي للاتصالات على النحو الوارد في الاتفاقات الإقليمية ذات الصلة والاتفاقات المبرمة بموجب المادة 6 من لوائح الراديو.

2.6 أمثلة عن التنسيق

1.2.6 الإقليم 1

في الإقليم 1، تقع جميع البلدان باستثناء منغوليا وإضافة إيران في منطقة التخطيط GE06. وينبغي أن ترجع البلدان الواقعة ضمن منطقة التخطيط GE06 إلى إجراء التنسيق الوارد في الاتفاق GE06 [1.6]. وينبغي للبلدان التي لديها بلدان مجاورة خارج منطقة التخطيط GE06 أن تنسق مع تلك البلدان المجاورة حسب الحاجة.

وفيما يلي بعض أمثلة التنسيق والتخطيط في الإقليم 1.

1.1.2.6 إسبانيا والبلدان المجاورة

إسبانيا بلد يقع على حافة أوروبا، وهو ما يتطلب التنسيق مع إدارات في بلدان المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات (CEPT) وبلدان غير أعضاء في هذا المؤتمر، غالباً ما يكون لها مصالح متباينة.

وتتطلب المحطات القريبة من الحدود البرية التنسيق مع أندورا وفرنسا والبرتغال، بينما تتطلب المحطات القريبة من الساحل التنسيق مع الجزائر والمغرب وأحياناً مع إيرلندا وإيطاليا ومالطة وموريتانيا وموناكو والمملكة المتحدة وتونس.

أما مسيرات الانتشار فهي، في معظم الحالات، مسيرات برية على وجه الحصر، ولكنها في بعض الحالات مسيرات برية/بحرية مختلطة مع نسبة مئوية من بحر بارد (حول شمال إسبانيا) أو بحر دافئ (في البحر المتوسط وحول جزر الكناري) حيث تحدث ظواهر انكسار شديد في بعض الأحيان، وخاصة في فصل الصيف.

وإسبانيا هي جزء من الاتفاق الإقليمي GE06، شأن جميع الإدارات المجاورة لها. وإذا وافقت الإدارات على ذلك، فإن المعايير التقنية المستخدمة للتنسيق يمكن أن تختلف عن معايير GE06 من أجل التكيف مع طوبولوجيا البلدان المشاركة في التنسيق.

ونظراً لتنوع الإدارات التي تنسق معها، والأحوال المختلفة لمسيرات الانتشار، تستخدم إسبانيا معايير تقنية مختلفة للتنسيق تبعاً للإدارة المعنية. بيد أنه لم يكن ممكناً دائماً أن تتوصل إسبانيا إلى اتفاقات مع بعض الإدارات المجاورة لها لاستخدام معايير تقنية مختلفة عن المعايير الواردة في الاتفاق GE06.

وكان التنسيق، مع بعض الإدارات، أكثر تواتراً وتوصلت إسبانيا إلى اتفاق بشأن استخدام بعض معايير التنسيق التقنية على النحو المبين في الجدول التالي:

الجدول 2.6

مثال لمعايير التنسيق

تقييم التوافق بين محطات DTT	معايير داخلية (إسبانيا)	معايير داخلية (بلد مجاور)	معايير لتنسيق ثنائي
منطقة حماية	منطقة خدمة		
شدة المجال المقدرة للإشارة المطلوبة	التوصية ITU-R P.526 (نموذج Fresnel-Deygout)		
شدة المجال المقدرة للإشارة المتداخلة (مسير بري)	التوصية ITU-R P.526 (نموذج Fresnel-Deygout)		
شدة المجال المقدرة للإشارة المتداخلة (مسير بحري)	التوصية ITU-R P.1546		
استيفاء في مسيرات برية–بحرية مختلطة (التوصية ITU-R P.1546)	مكافئي		
مراعاة زاوية الخلوص في التضاريس (التوصية ITU-R P.1546)	نعم		
النسبة المئوية من زمن التداخل	%1		
نمط التضاريس* (عوائق)	لا		
نسب الحماية	التوصية ITU-R BT.1368		
تمييز هوائيات الاستقبال	لا		
تمييز الاستقطاب المتصالب	لا		
هامش الحماية C/I	dB 0		
ارتفاع هوائي الاستقبال	m 10		
شدة المجال الدنيا في استقبال هوائي ثابت	55 dBµV/m+20log[*f*(MHz)/650]		
النموذج الرقمي للتضاريس/الاستبانة	1:200 m/200 m × 200 m		

* في المناطق غير المأهولة وفي قمم الجبال، يفترض عدم وجود تداخل.

وعندما يحتاج الأمر إلى تنسيق اشتراط ما مع بلدان مجاورة أعضاء في المؤتمر CEPT ومع بلدان غير أعضاء فيه، تبدأ إسبانيا بالتشاور المباشر مع تلك الإدارات، وعند اللزوم تعقد أيضاً اجتماعات تنسيق ثنائية. وعند التوصل إلى اتفاق، تطبق إسبانيا إجراء النشر في قسم خاص من الاتفاق الإقليمي GE06.

وفي حالة التنسيق فقط مع إدارات غير أعضاء في المؤتمر CEPT، تبدأ إسبانيا بتطبيق إجراء التنسيق عن طريق النشر في قسم خاص من الاتفاق الإقليمي GE06، وإذا لزم الأمر، يُعقد اجتماع تنسيق ثنائي لمواصلة عملية النشر في الاتفاق الإقليمي GE06 (انظر القسم 1.1.6).

2.1.1.6 إفريقيا جنوب الصحراء

أجرى الاتحاد الإفريقي للاتصالات (ATU)، بمساعدة الاتحاد الدولي للاتصالات، عملية تفاوض وتنسيق دامت 18 شهراً بين عامي 2011 و2013 لاستكمال تعديل الخطة GE06 في النطاق 470–694 MHz من أجل تحرير نطاقات التردد فوق 694 MHz (النطاقين 700 MHz و800 MHz) من البث الإذاعي.

ويمكن تلخيص السمات الرئيسية لعملية إعادة التخطيط والتنسيق هذه ونتائجها على النحو التالي:

– شارك 47 بلداً (كما هو مبين في الشكل 1.6) في العملية (باستثناء موريشيوس).

الشكل 1.6

إقليم إفريقيا جنوب الصحراء GE06

DTTB-06-01

– أطلقت العملية رسمياً من خلال قمتين إفريقيتين (عقدتا في نيروبي في عام 2011 وأكرا في عام 2012).

– عقدت ثلاثة اجتماعات للتخطيط والتنسيق في باماكو وكمبالا ونيروبي أثناء العملية. وبالإضافة إلى ذلك، عقدت عدة اجتماعات للمجموعات دون الإقليمية (منظمة شرق إفريقيا للاتصالات (EACO) والجماعة الاقتصادية لدول غرب إفريقيا (ECOWAS) والجماعة الإنمائية للجنوب الإفريقي (SADC)، وغيرها) بمشاركة مكتب الاتصالات الراديوية في الاتحاد.

– تم تحديد العدد المستهدف لطبقات التغطية (تعدد الإرسالات) لكل موقع بأربعة.

– استدعى الأمر 33 عملية تكرار لتحليل التوافق، بناء على المتطلبات المقدمة من الإدارات. وقام مكتب الاتصالات الراديوية بتوليد المتطلبات للبلدان المتغيبة بناء على طلب الاتحاد الإفريقي للاتصالات.

– تم تقديم 7107 متطلبات تردد في النطاق 470–694 MHz (قارن مع 11406 متطلبات تردد في المؤتمر الإقليمي RRC-06 بالنسبة للنطاق 470–862 MHz بأكمله).

– في نهاية العملية بلغ متوسط النسبة المئوية من المتطلبات المستوفاة 97.37%.

– استغرق استكمال العملية 18 شهراً.

ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات المفصلة في الموقعين التاليين:

– "مساعدة الاتحاد لاجتماعات تنسيق الترددات GE06 في إفريقيا جنوب الصحراء (ATU) ومنطقة الدول العربية (ASMG)" – إلهام غازي، رئيسة شعبة الخدمات الإذاعية، مكتب الاتصالات الراديوية، الاتحاد الدولي للاتصالات. عرض في الندوة الدولية للاتحاد الدولي للاتصالات بشأن التحول الرقمي، 17 يونيو 2015. انظر الموقع:
http://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Pages/default.aspx

– الصفحة الإلكترونية للاتحاد الدولي للاتصالات "تنسيق الترددات GE06 في إفريقيا جنوب الصحراء". انظر الموقع:
http://www.itu.int/net/ITU-R/terrestrial/broadcast/ATU/

3.1.1.6 البلدان العربية (شمال إفريقيا والشرق الأوسط)

بدأ الفريق العربي لإدارة الطيف (ASMG)، بمساعدة من مكتب الاتصالات الراديوية، عملية تنسيق في مارس 2014 بهدف ضمان الطيف الكافي للبث في النطاق 470–694 MHz، وللتمكن من تحرير النطاقين 700 MHz و800 MHz.

ويمكن تلخيص السمات الرئيسية لعملية إعادة التخطيط والتنسيق هذه ونتائجها على النحو التالي:

– شارك 17 بلداً (كما هو مبين في الشكل 2.6) في العملية.

الشكل 2.6

منطقة البلدان العربية GE06

DTTB-06-02

– أطلقت هذه العملية رسمياً من قبل اللجنة العربية الدائمة للاتصالات والمعلومات (القاهرة، 4 و5 مارس 2014) ومساهمات الأمانة الفنية لمجلس الوزراء العرب للاتصالات والمعلومات.

– عقدت ثلاثة اجتماعات للتخطيط والتنسيق في دبي والحمامات ومراكش أثناء هذه العملية.

– تم تحديد هدف من أربع طبقات لكل إدارة، علماً بأنه يمكن زيادة هذا العدد في المستقبل، إفرادياً، ووفقاً لاحتياجات الدول العربية، عملاً بالمادة 4 من الاتفاق GE06.

– دعت الحاجة إلى 27 عملية تكرار لتحليل التوافق، بناء على المتطلبات المقدمة من الإدارات. وقام مكتب الاتصالات الراديوية بتوليد متطلبات البلدان المتغيبة بناء على طلب من الفريق ASMG.

– قدم 4 346 متطلب تردد في النطاق 470–694 MHz (قارن مع 9 151 في المؤتمر الإقليمي RRC-06 بالنسبة للنطاق 470–862 MHz بأكمله).

– في نهاية العملية بلغ متوسط النسبة المئوية من المتطلبات المستوفاة 76.87%.

– استغرق استكمال العملية 11 شهراً.

ويمكن الاطلاع على المزيد من المعلومات المفصلة في الموقعين التاليين:

– "مساعدة الاتحاد لاجتماعات تنسيق الترددات GE06 في إفريقيا جنوب الصحراء (ATU) ومنطقة الدول العربية (ASMG)" – إلهام غازي، رئيسة شعبة الخدمات الإذاعية، مكتب الاتصالات الراديوية، الاتحاد الدولي للاتصالات. عرض في الندوة الدولية للاتحاد الدولي للاتصالات بشأن التحول الرقمي، 17 يونيو 2015. انظر الموقع:
http://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Pages/default.aspx

– الصفحة الإلكترونية للاتحاد الدولي للاتصالات "الفريق العربي المعني بإدارة الطيف (ASMG) – اجتماعات تنسيق الترددات GE06". انظر الموقع:
http://www.itu.int/en/ITU-R/terrestrial/broadcast/ASMG/Pages/default.aspx

4.1.1.6 أوروبا الغربية

بعد الانتهاء من الدراسة الأولى للمكاسب الرقمية للمؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات (CEPT)، أشارت مجموعة من الإدارات إلى رغبتها في مناقشة تبعات تنفيذ المكاسب الرقمية من منظور استراتيجي. وأسست هذه الإدارات منصة تنفيذ المكاسب الرقمية في أوروبا الغربية (WEDDIP).

ووضعت مجموعة الإدارات هذه (وهي تضم ثماني إدارات: بلجيكا وألمانيا وفرنسا وإيرلندا ولكسمبرغ وهولندا وسويسرا والمملكة المتحدة) اختصاصات اتفقت فيها على تنسيق أنشطة تنسيق الترددات التي تنفذها بلدانها الأعضاء من أجل تنفيذ المكاسب الرقمية بهدف:

أ) تحقيق التوافق المتبادل لموارد الطيف المقرر استعمالها في نطاقي الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) بعد تنفيذ المكاسب الرقمية للخدمتين الإذاعية و/أو المتنقلة على السواء؛

ب) تسهيل إجراء أي تعديلات مترتبة على ذلك على خطة الاتفاق GE-06؛

ج) الاستمرار في احترام مبدأ النفاذ المنصف إلى الموارد من الطيف في ظل روح الاتفاق GE-06، مع مراعاة التطورات المستقبلية ذات الصلة.

وتعهدت المجموعة بأن يعمل أعضاؤها على أساس التوافق في الآراء.

1.4.1.1.6 وضع النطاق 800 MHz

توفر المنصة WEDDIP لأعضائها منبراً لمناقشة تحرير النطاق 800 MHz، بما يسهل أنشطة التفاوض. وتوفر أيضاً لأعضائها إمكانية تبادل نتائج هذه المفاوضات في اجتماعاتها. وقد تم ذلك على أساس طوعي حيث اتخذ بعض الأعضاء قراراً بشأن تحرير النطاق 800 MHz من الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)، بينما دخلت إدارات أخرى في النقاش على أساس تقني نظري فقط.

وفي 11 اجتماعاً (بدأت في سبتمبر 2009)، ناقش أعضاء المنصة WEDDIP تبعات تحرير النطاق 800 MHz على أساس مبادئ العمل المتفق عليها الموصوفة أعلاه لتحرير هذا النطاق. ولما كانت هذه هي المحاولة الإقليمية الأولى لمناقشة مسألة إعادة توزيع الترددات وهي مسألة متسمة بالتعقيد، كان على الأعضاء معرفة كيفية التوصل إلى حلول تلائم كل المواقف المطلوبة. وعقدت المنصة في ديسمبر 2012 اجتماعها الحادي عشر الذي خلص إلى أن غالبية الاحتياجات كانت مقبولة. وكان هناك موضوع معلق لم يتسن حسمه من خلال عملية المنصة WEDDIP.

2.4.1.1.6 وضع النطاق 700 MHz

عندما قرر المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية WRC-12 أن يوزع النطاق 700 MHz (790-694 MHz) على أساس أولي مشترك للخدمة المتنقلة وحدده من أجل الاتصالات المتنقلة الدولية (IMT)، بدأت المنصة WEDDIP النظر في كيفية تحرير النطاق 700 MHz من التلفزيون الرقمي للأرض (DTT).

وبينما كان تحرير النطاق 700 MHz، بالنسبة لبعض الإدارات، يمثل قضية حقيقية لأن القرار اتخذ على المستوى السياسي بقصر استعمال النطاق على الخدمة المتنقلة، كانت إدارات أخرى تنظر في الاستمرار في توزيع التلفزيون الرقمي للأرض (DTT) في هذا النطاق.

ومع ذلك أقرت المنصة WEDDIP بأن تحرير النطاق 700 MHz من التلفزيون الرقمي للأرض (DTT) سيكون مسألة وقت ليس إلا.

وعلى الرغم من أن فريق المنصة WEDDIP كان يعمل على أساس طوعي فقد رأى أن عملية تحرير النطاق 700 MHz ستحتاج إلى اتفاقات يغلب عليها الطابع الرسمي. وكان ضيق الوقت أحد الأسباب التي دفعت بعض الأعضاء إلى تحرير النطاق 700 MHz خلال مهلة قصيرة.

واتفق أعضاء المنصة WEDDIP على أن يُضمن لكل بلد توزيع معقول للتلفزيون. فإذا كان هناك 6 تعددات إرسال مثلاً تعمل في بلد ما لنشر 25 برنامجاً فينبغي في الوضع الجديد أيضاً أن تكون تعددات الإرسال المتاحة قادرة على توزيع نفس العدد من

البرامج. وأُقر بضرورة احترام شروط الترخيص، التي تختلف من بلد لآخر. كما ينبغي، قدر الإمكان، الإبقاء على توزيع البنى التحتية كما هو. وعلى الرغم من إمكانية اختلاف التردد أو مناطق التغطية ينبغي، قدر الإمكان، الإبقاء على مواقع الإرسال كما هي. وسيكون النظام DVB-T2 مبدأ التخطيط الوحيد لأنه يتيح للأعضاء الاستفادة من المزايا التي يتفوق بها على مبدأ التخطيط لنظام DVB-T الذي وضعت على أساسه خطة ترددات الاتفاق GE-06.

واتفق أعضاء المنصة WEDDIP أيضاً على مناطق التنسيق التي يتعين الالتزام بها. وعلاوة على ذلك، وافق الفريق على استخدام قاعدة بيانات تضم جميع قنوات النطاق MHz 700 الخاضعة لعملية إعادة التوزيع وجميع القنوات في النطاق DTTB المتبقي (MHz 694-470). وينبغي تحديد هذه القنوات على أنها:

- قيد الاستعمال؛
- قيد الترخيص (ولكنها لم تدخل مرحلة التشغيل بعد)؛
- قنوات قيد البحث وقنوات غير مستعملة ولا مرخصة ولكن متفق عليها نتيجة لمفاوضات ثنائية أو متعددة الأطراف.

واتفق الأعضاء، في عملية تحرير النطاق MHz 700، على الكشف عن جميع الخطط الوطنية (كما هي قائمة في منطقة التنسيق). وإبان مناقشة الخيارات، أخذ الأعضاء في اعتبارهم الجوانب الاقتصادية والأهداف المحددة كما هي في كل بلد.

وفيما يتعلق بمناهج التداخل، تم الاتفاق على شدة الإشارة المطلوبة المستعملة في منطقة التغطية المطلوبة والمستويات القصوى لشدة المجال عند نقاط اختبار محددة (عند حدود منطقة الخدمة أو على مسافة معينة من حدود البلد) ومناطق الخدمة المحددة وطريقة حساب نسبة الموجة الحاملة إلى التداخل *(C/I)* وهوامش الحسابات. وقد تختلف القيم المتفق عليها بحسب الاتفاق المبرم بين عضوين أو أكثر.

وبما أن هذه الأنشطة تتطلب العديد من اجتماعات التخطيط التقني على مستوى ثنائي أو متعدد الأطراف فقد عُقدت هذه الاجتماعات أيضاً فيما بين اجتماعات "المراجعة" الرئيسية للمنصة WEDDIP.

واستخدمت المنصة WEDDIP أيضاً من أجل الاتفاق على ترتيبات الانتقال، على الرغم من أن مسؤولية هذه الترتيبات تقع على عاتق الإدارات المعنية.

ومن أجل النجاح في وضع خطة جديدة للترددات، تم الاتفاق على جدول زمني وعلى خارطة طريق. ويشمل الجدول الزمني/خارطة الطريق تبادل الطلبات/الاحتياجات بالنسبة للبث DTTB في النطاق MHz 694-470 ونوع الاحتياجات المقدمة (تعديل أو حذف أو إضافة) وتحليل لمدى الاحتياجات المقدمة.

وحدد الجدول الزمني أيضاً سلسلة من الاجتماعات التي وافق الأعضاء على الانتهاء فيها من وضع خطة الترددات. بل تم الاتفاق على "موعد نهائي".

وانتهت عملية تحرير النطاق MHz 700 بتوقيع اتفاق. ويلخص هذا الاتفاق ترتيبات الترددات المتفق عليها فضلاً عن القضايا التي لا يوجد بشأنها اتفاق آنذاك.

وفي الإجمال، عقدت المنصة WEDDIP 13 اجتماعاً، ما بين عامي 2013 و2016، تناولت تحرير النطاق MHz 700.

وبعد النجاح في إتمام عملية تحرير النطاق MHz 700، علقت المنصة WEDDIP أنشطتها إلى حين. وستدعو المنصة إلى عقد اجتماع إذا طلب أحد أعضائها ذلك.

استنتاجات

منصة تنفيذ المكاسب الرقمية في أوروبا الغربية (WEDDIP) هي مجموعة من البلدان المستقلة التي تتعامل مع تبعات تنفيذ المكاسب الرقمية. وكانت المنصة وما زالت تسهل تحرير النطاقين MHz 800 وMHz 700 وما يترتب عليه من إعادة توزيع قنوات DTTB دون التردد MHz 694؛ ومع أن المنصة تنهض بدور رئيسي في هذه العملية، فإن المسؤولية الشاملة تبقى على عاتق كل من أفرادها. وبما أن تحرير النطاق MHz 800 استغرق أكثر من ثلاث سنوات وتحرير النطاق MHz 700 حوالي سنتين، ترى المنصة نفسها كمثال على أن النهج (دون) الإقليمي إزاء القضايا الحساسة المتعلقة بأنشطة التفاوض على الترددات يمكن أن يفيد البلدان المعنية. وبما أن مناطق

أوروبية أخرى أقرت بذلك، بدأت مجموعتان إقليميتان أخريان أنشطتهما. ففي شمال شرق أوروبا هنالك منصة تنفيذ المكاسب الرقمية في الشمال الشرقي (NEDDIF) وفي جنوب شرق أوروبا هنالك منصة تنفيذ المكاسب الرقمية في الجنوب الشرقي (SEDDIF).

2.2.6 الإقليم 2

ليس هنالك، في الإقليم 2، اتفاق إقليمي على غرار الاتفاق GE06. ومع ذلك، تطبق إجراءات التنسيق في مجموعات دون إقليمية، مثل السوق المشتركة لبلدان المخروط الجنوبي MERCOSUR (السوق المشتركة الجنوبية)[21]. وفيما يلي بعض أمثلة التنسيق في الإقليم 2.

1.2.2.6 أمريكا الشمالية

يتم التنسيق في أمريكا الشمالية من خلال اتفاقات ثنائية. وقد أبرمت هذه الاتفاقات بين مختلف الهيئات التنظيمية في الولايات المتحدة (هيئة الاتصالات الفدرالية (FCC) والإدارة الوطنية للاتصالات والمعلومات (NTIA))، وكندا (الابتكار والعلوم والتنمية الاقتصادية الكندية (ISED))، والمكسيك (أمانة الاتصالات والنقل (SCT) والمعهد الاتحادي للاتصالات (IFT)).

2.2.2.6 بلدان السوق المشتركة MERCOSUR

ثمة اتفاقات بين الأرجنتين والبرازيل وباراغواي وأوروغواي وفنزويلا بشأن إجراءات التنسيق في نطاقات التردد FM والتلفزيون التي وضعتها اللجان التقنية للكتلة دون الإقليمية MERCOSUL. وقد أنشئت مناطق تنسيق ووضعت معايير تقنية بين البلدان وتم تطبيقها بنجاح منذ التسعينيات. وتعقد اجتماعات تقنية دورياً لمناقشة مسائل التنسيق ومواءمة استخدام الطيف في المناطق العابرة للحدود. واعتباراً من عام 2016، أصبحت إجراءات التنسيق للتلفزيون الرقمي في المرحلة النهائية من الموافقة، والتي ستكون خطوة هامة للتحول الرقمي في المنطقة. وبالنسبة للبلدان التي لا تشملها الاتفاقات الإقليمية، هناك حاجة إلى تنسيق ثنائي أو متعدد الأطراف.

3.2.6 الإقليم 3

على الرغم من عدم وجود اتفاق في الإقليم 3، على غرار الاتفاق GE06،[22] فإن لدى بلدان رابطة أمم جنوب شرق آسيا (ASEAN)[23] أحكام خاصة بها. وتستند عمليات تنفيذي البث DTTB في هذه البلدان إلى اتفاق متبادل. وتتفاوض البلدان التي لها جيران عبر الحدود خارج منطقة الاتفاق مع البلدان المجاورة لها عن طريق التنسيق الثنائي أو المتعدد الأطراف حسب الحاجة.

وفيما يلي بعض أمثلة التنسيق في الإقليم 3.

1.3.2.6 رابطة أمم جنوب شرق آسيا

اتفقت بلدان رابطة أمم جنوب شرق آسيا (ASEAN) على اعتماد نظام الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB). وفيما بين بعض هذه البلدان (الحدود بين ماليزيا وتايلاند أو بين ماليزيا وبروني مثلاً)، ينقسم عدد القنوات المتاحة في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) للخدمات الإذاعية بالتساوي نتيجة الاجتماعات الثنائية. ويطبق المبدأ نفسه أيضاً على الحدود بين ماليزيا وسنغافورة وإندونيسيا في اجتماع ثلاثي الأطراف. وهنا يتم تقسيم القنوات بالتساوي على ثلاثة. وتستخدم هذه البلدان عرض نطاق قدره 7 MHz في الموجات المترية (VHF) و8 MHz في الموجات الديسيمترية (UHF).

وبالإضافة إلى ذلك، اتفقت ماليزيا وتايلاند أيضاً على منطقة تنسيق يشترط فيها تنسيق كل محطة DTTB وتسجيلها في قاعدة بيانات يتفق عليها الطرفان.

---

[21] الدول الأعضاء في السوق المشتركة لبلدان المخروط الجنوبي هي الأرجنتين والبرازيل وباراغواي وأوروغواي وفنزويلا، والبلدان المنتسبة إليها هي بوليفيا وشيلي وبيرو وكولومبيا وإكوادور وسورينام.

[22] باستثناء جمهورية إيران الإسلامية التي تقع في منطقة التخطيط GE06.

[23] الدول الأعضاء في رابطة أمم جنوب شرق آسيا هي بروني دار السلام وكمبوديا وإندونيسيا وجمهورية لاوس الديمقراطية الشعبية وماليزيا وميانمار والفلبين وسنغافورة وتايلاند وفيتنام.

2.3.2.6 الصين والبلدان المجاورة

عقدت الصين وروسيا، في السنوات الأخيرة، اجتماعات ثنائية بشأن تخطيط الترددات وتنسيق الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في المناطق الحدودية. ونظام الإذاعة DTTB الذي يعمل في الصين هو الإذاعة الرقمية للوسائط المتعددة للأرض (DTMB) بينما تستخدم روسيا نظام الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB-T2). وفي كلا البلدين، تحتل كل قناة من قنوات النظام DTTB عرض نطاق 8 MHz في نطاقات الموجات المترية/الديسيمترية (VHF/UHF).

ورغبة في تحقيق التوافق بين تخصيصات التردد في نظام DTTB، عُرضت طريقة على النحو التالي. يصنف مستوى التداخل بحسب ثلاث فئات: التداخل الطفيف والتداخل المتوسط والتداخل الشديد. وبالنسبة للتداخل الطفيف، يتعين أن يتفق الطرفان على ما إذا كان مقبولاً أم لا. وإذا تعذر التوصل إلى اتفاق، يتعين على تخصيصات النظام DTTB أن تتخذ تدابير تقنية لإزالة التداخل. وبالنسبة للتداخل المتوسط، ينبغي اتخاذ تدابير تقنية ممكنة لإزالة التداخل أو لتخفيض التداخل المتوسط إلى تداخل طفيف. وبالنسبة للتداخل الشديد، يتعين على الجانبين النظر فيما إذا كان من الممكن إزالة التداخل من خلال التدابير التقنية الممكنة. وإذا كان الأمر كذلك، يتعين على تخصيصات النظام DTTB أن تتخذ تدابير تقنية لإزالة التداخل أو التقليل منه إلى أدنى حد. وإلا يتعين القيام بمزيد من التنسيق. والطريقة المذكورة والمعلومات التفصيلية بشأنها واردة في المحاضر الموجزة للاجتماعات التي عقدت بين الصين وروسيا.

بيبليوغرافيا للفصل 6

[1.6] **قطاع الاتصالات الراديوية**، *الوثائق الختامية للمؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية لتخطيط خدمة الإذاعة الرقمية للأرض في مناطق من الإقليمين 1 و3، في نطاقي التردد 174-230 MHz و470-862 MHz (RRC-06)*، جنيف، 15 مايو – 16 يونيو 2006.

الفصل 7

جودة الخدمة في اللبث التلفزيوني

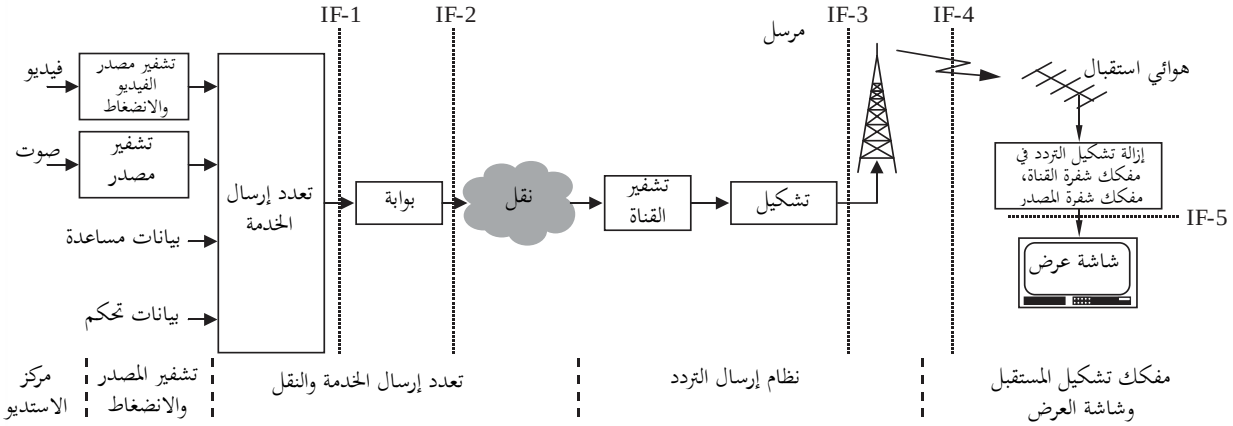
1.7 نظرة عامة: سلسلة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)

نموذج نظام التلفزيون الرقمي (DTV) الوارد في الشكل 1.7 مقتبس من النموذج المبين في الفصل 1، مع إضافة تسميات للواجهات بين مكونات النظام.[24]

وتتوقف جودة الاستقبال، بما فيها جودة الصورة والصوت، على عوامل متعددة. ويلاحظ أن التخطيط الإجمالي للخدمة يشمل السلسلة بأكملها حتى الواجهة IF-4، ويتضمن بعض الافتراضات بشأن أداء نظام الاستقبال، مثل هامش تنفيذ المستقبِل. بيد أن الأداء الفعلي لنظام الاستقبال لا يمكن أن يتأثر بتخطيط الخدمة ولا يخضع لسيطرة مشغل البث أو مشغل الشبكة الإذاعية.

الشكل 1.7

نموذج نظام DTTB



DTTB-07-01

ويمكن تعريف متطلبات جودة الخدمة عند الواجهات IF-1 وIF-2 وIF-3. ويمكن توسيع ذلك من خلال التخطيط المفصل ووضع الافتراضات بشأن قناة الانتشار ونظام استقبال اعتيادي. ولتجنب مشكلة عجز المستقبل عن استقبال الإشارة كما هو مخطط لها، ينبغي وضع مواصفات دنيا للمستقبِل.

وتضبط جودة الصورة والصوت في الفدرات (تشفير وضغط مصدر الصوت والفيديو) في الجانب الأيسر في الشكل 1.7 أعلاه، قبل الواجهة IF-1. وفي أنظمة DTTB لا تتغير جودة الصورة الواردة تدريجياً بتغير جودة الإشارة الواردة. وتكون إما جودة كاملة، إذا أمكن فك الشفرة، أو لا صورة على الإطلاق. ويقدم الفصل 3 دلائل على معدلات البتات المطلوبة لاختيار أنساق فيديوية مختلفة.

ولتحسين التغطية، يمكن استخدام مرسلات صغيرة، ما يسمى مرسلات ملء الثغرات. وهي مرسلات تستقبل الإشارة من محطة DTT. وهي إما تعيد إرسال الإشارة بتأخير قصير جداً (مكررٌ على القناة أو ترجمةٌ إلى تردد مختلف) أو إعادة توليد إشارة التردد الراديوي مع ما يترتب عليه من زيادة التأخير. وينبغي أن تفي مرسلات ملء الثغرات هذه ببعض المتطلبات الدنيا لضمان جودة الخدمة. وفي بعض الحالات، قد يكون من المقبول أن تكون متطلبات الجودة أقل صرامة في استخدام مرسلات ملء الثغرات وذلك لتحسين نسبة التكلفة/المنفعة بالنسبة للمنشآت الصغيرة.

---

24 توفر "البوابة" كل المعلومات اللازمة إلى المرسلات، بحيث يمكنها أن تولد إشارات الترددات الراديوية بشكل صحيح ولكي تضمن، في جملة أمور، التشغيل السليم للشبكات SFNs والأنابيب PLPs، وغيرها. والبوابة في نظام DVB-T خيارية، أما في نظام DVB-T2 فهي إلزامية.

2.7 أمثلة مواصفات لتمكين جودة الخدمة

كمثال على المعلومات الضرورية المتضمنة في تدفق البيانات في نظام DVB-T، هنالك مواصفات لقواعد التشغيل في بلدان شمال أوروبا (NorDig)[25]، وهي تستخدم أيضاً في إيرلندا.

وتحتوي قواعد التشغيل على مجموعة من قواعد الإرسال الدنيا، وهي ضرورية – بالإضافة إلى المعايير الأخرى المعمول بها – لدعم الوظائف الأساسية للمستقبلات الممتثلة لنظام NorDig في الشبكات الأولية والثانوية. ويفترض أن الإرسالات الموجهة إلى المستقبلات الرقمية NorDig هذه تمتثل لمواصفات NorDig الموحدة.

ولتشغيل شبكة DVB-T2 H.264 بوضوح عادي (SD) وعالٍ (HD) هناك أيضاً مواصفات استقبال NorDig يمكن استخدامها بمثابة الأساس لوضع مواصفات دنيا محددة.

وتحدد متطلبات NorDig الموحدة لمفككات تشفير مستقبلات متكاملة (الجزء للأرض) مجموعة من متطلبات المعدات لاستقبال الخدمات القائمة على البث DVB. وتغطي المواصفات المستقبلات إما بوصفها وحدات منفصلة (أجهزة فك تشفير) أو كجزء من جهاز تلفزيون رقمي متكامل. ولتبسيط التحقق من استيفاء المستقبل للمتطلبات تم أيضاً نشر خطة اختبار مفصلة.

وهنالك أيضاً مواصفات مستقبل لنظام DVB-T2 H.265، عالي الوضوح في ألمانيا[26]. وجدير بالذكر أن الجزء المتعلق بالترددات الراديوية مماثل لمواصفات NorDig.

ولدى وضع متطلبات دنيا تتجاوز ما أشير إليه أعلاه تقدم المواد التالية، الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية، المزيد من الإرشاد.

إذ توفر التوصية ITU-R BT.1868 [1.7] متطلبات المستعمل التي يمكن تطبيقها على مواصفات وتصميم واختبار أنظمة إرسال الإشارات التلفزيونية. كما توفر التوصية ITU-R BT.1122-2 [2.7] متطلبات المستعملين لكودكات من أجل البث التلفزيوني عادي الوضوح (SDTV) وعالي الوضوح (HDTV).

وإذا كان يتعين أيضاً نشر أنظمة متكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB)، من قبيل التلفزيون عالي الوضوح (HbbTV)، فإن التوصية ITU-R BT.2053 [3.7] توصي بأن يؤخذ في الحسبان التصويب 1 (2013/01) للتوصية ITU-T J.205 (2012) "متطلبات من أجل إطار للتحكم في التطبيق باستعمال الخدمات المتكاملة للإذاعة والتلفزيون الرقمي عريض النطاق" [4.7] عند تحديد أنظمة IBB. ويبين التذييل 1 لهذه التوصية أن المتطلبات الواردة في التوصية ITU-T J.205 ذات صلة بالسيناريو الموجه نحو البث.

وتوفر التوصيات التالية إرشادات تتعلق بمكونة الصوت من الإرسال:

- توصي التوصية ITU-R BS.775-3 [5.7] بنظام صوتي مجسّم متعدد القنوات عالمي موحّد مع ثلاث قنوات أمامية وقناتين خلفية/جانبية وقناة تأثيرات خيارية تعمل بتردد منخفض (LFE).
- تحدِّد التوصية ITU-R BS.1548 [6.7] المتطلَّبات المتعلقة باستعمال أنظمة التشفير السمعي في مصدر الإذاعة الصوتية، بما في ذلك التلفزيون.
- تحدِّد التوصية ITU-R BS.1909 [7.7] *"متطلبات الأداء من أجل نظام صوتي مجسم متعدد القنوات متقدم للاستعمال مع صورة مصاحبة أو بدونها. وأي نظام كهذا أو مشتق منه يمكن أن يكون بمثابة تطبيق للمكونات الصوتية الخاصة ببرامج العرض الرقمي الموسع للصور على الشاشات العريضة*[27] *وبرامج التلفزيون الرقمي فائق الوضوح."*

3.7 قياسات لرصد جودة الخدمة

هنالك عدد وافر من المعلمات التي يتعين رصدها لضمان توفير الخدمة على النحو الصحيح.

---

[25] يمكن الاطلاع على هذه المواصفات في الموقع: http://nordig.org/specifications/

[26] يمكن الاطلاع على هذه المواصفات في الموقع:
http://www.tv-plattform.de/images/stories/pdf/MinimumRequirements_DVB-T2_Germany.zip

[27] تسلسل تراتبي موسع لأنساق الصور الرقمية في الشاشات الكبيرة. انظر التوصية ITU-R BT.1769.

وبالنسبة للإذاعة DVB-T2، يحدد المعيار ETSI TR 101 290 [8.7] المعلمات التي يمكن استخدامها لرصد توصيل الإشارات وتحديد مواطن الخلل المحتملة. وهو يسرد عدة نقاط في السلسلة التي يمكن عندها إجراء القياسات. وينبغي رصد كل هذه المتطلبات المحددة، في المعيار ETSI TR 101 290 [8.7] مثلاً، لضمان الوفاء بجودة الخدمة.

1.3.7 القياسات عند الواجهة IF-1

عند الواجهة IF-1 في الشكل 4.7، يكون تدفق البيانات إما تدفق نقل (TS) أو تدفق نقل مغلف في بروتوكول الإنترنت (IP). وهو يحتوي على بيانات الفيديو والصوت، وكذلك بيانات الخدمة التي يتعين إرسالها.

وينبغي إجراء هذه القياسات قبل بدء الإرسال وأثناء التشغيل على السواء. والأخطاء التي تحدث هنا قد يكون لها أثر على جودة الاستقبال في كل مستقبل.

وبالنسبة للإذاعة DVB-T2، تكون الواجهة IF-1 مماثلة للواجهة A في المرجع [8.7]. ويرد تفصيل القياسات التي يتعين القيام بها في القسم 5 من المعيار ETSI TR 101 290 [8.7].

2.3.7 القياسات عند الواجهة IF-2

عند الواجهة IF-2 في الشكل 1.7، يكون تدفق البيانات إما تدفق نقل (TS) أو تدفق نقل مغلف في بروتوكول الإنترنت (IP). وقد أضافت البوابة المعلومات اللازمة لتمكين المرسل من بناء الإشارة المطلوبة.

وينبغي إجراء هذه القياسات قبل بدء الإرسال وأثناء التشغيل على السواء. والأخطاء التي تحدث هنا قد يكون لها أثر على جودة الاستقبال في كل مستقبل.

وبالنسبة للإذاعة DVB-T2، تكون الواجهة IF-2 مماثلة للواجهة B في المعيار ETSI TR 101 290 [8.7]. ويرد تفصيل القياسات التي يتعين القيام بها في القسم 2.11 من المرجع [8.7].

3.3.7 القياسات عند الواجهة IF-3

يحدد الشكل 1.7 الواجهة IF-3 عندما تقاس مباشرة عند خرج المرسل باستخدام مُقرن اتجاهي، أو في المختبر باستعمال مولد إشارة. ويكون نسق الإشارة هو إشارة تردد راديوي مستحدثة بالكامل.

وينبغي إجراء هذه القياسات قبل بدء الإرسال للتأكد من أن الإشارة المرسلة تستوفي المتطلبات.

وبالنسبة للإذاعة DVB-T2، تكون الواجهة IF-3 مماثلة للواجهة C في المعيار ETSI TR 101 290 [8.7]. ويرد تفصيل قياسات خرج المرسل التي يتعين القيام بها في القسم 3.11 من المعيار ETSI TR 101 290 [8.7].

وإذا لم توفر التوصية ITU-R BT.2033 [9.7] نسبة الحماية اللازمة للتخطيط، فيمكن اشتقاقها بإجراء قياسات مخبرية عند الواجهة IF-3 باستخدام مولد إشارة DTT. ويمكن بعدئذ أن تستخدم النتائج أيضاً للتخطيط التغطية المتوخاة.

4.3.7 القياسات عند الواجهة IF-4

تعرّف الواجهة IF-4 بأنها الواجهة التي تجري فيها القياسات في الميدان. ويكون نسق الإشارة مماثل لإشارة التردد الراديوي المنبعثة من محطة DTT ولكنها ستكون قد تغيرت جراء آثار قناة انتشار التردد الراديوي.

ومع ذلك، وبالمقارنة مع الواجهة IF-3، ليس كل القياسات ضرورية في الميدان. وينبغي أن ينصب التركيز على معلمات شدة المجال وجودة الإشارة الواردة. ويمكن استخدام هذه المعلمات بعدئذ للتحقق من نمذجة التغطية أو تحسينها ومن ثم تحسين جودة الخدمة.

وبالنسبة للإذاعة DVB-T2، تكون الواجهة IF-4 مماثلة للواجهة C المعيار ETSI TR 101 290 [8.7]. ويرد تفصيل القياسات التي يتعين القيام بها في القسم 3.11 من المرجع [8.7].

5.3.7 القياسات عند الواجهة IF-5

عند الواجهة IF-5 في الشكل 1.7، يكون تدفق البيانات إما تدفق نقل (TS) أو تدفق نقل مغلف في بروتوكول الإنترنت (IP). وهو يحتوي على بيانات الفيديو والصوت، وكذلك بيانات الخدمة.

وهناك سيناريوهان يمكن فيهما تطبيق هذا القياس لضمان جودة الخدمة. وفي أي من الحالتين، يحتاج الأمر إلى مستقبِل قياس لتحليل بيانات تدفق النقل.

وفي السيناريو الأول يكون تشغيل رصد الشبكة عن بعد، حيث لا يرصد القياس في مكان ما في الميدان شدة إشارة التردد الراديوي وجودتها كما هو محدد للواجهة IF-4 فحسب بل يقوم أيضاً بإجراء قياسات على مستوى تدفق النقل.

وقد يكون السيناريو الآخر اختباراً لمستقبلات في المختبر للتحقق مما إذا كان مستقبل محلي ما يعمل على ما يرام مع الإشارة المحددة. ويمكن أن يشمل ذلك مستقبل قياس يتحقق مما إذا كان التشوير صحيحاً ومن ثم يقوم بفحص إضافي على المستقبل المحلي قيد الاختبار للتأكد من أن المستقبل يعمل على ما يرام. مثال ذلك، يمكن التحقق مما إذا كان يمكن النفاذ إلى المعلومات المرسلة أو إذا تم فك تشفير الصورة بشكل صحيح أم لا.

وبالنسبة للإذاعة DVB-T2، تكون الواجهة IF-5 مماثلة للواجهة D في المعيار ETSI TR 101 290 [8.7]. ويرد تفصيل القياسات التي يتعين القيام بها في القسم 5 في المعيار ETSI TR 101 290 [8.7].

4.7 أمثلة عن جودة الإرسال في التلفزيون الرقمي

ترد في التقرير ITU-R BT.2389 [18.7] أمثلة لتقدير جودة الإرسال عند مستوى الإشارات المشكّلة وعند مستوى تدفق النقل MPEG. للاطلاع على أمثلة لتقديرات التغطية، انظر المراجع [10.7] إلى [17.7].

5.7 الإطناب كوسيلة للحفاظ على جودة الخدمة

إن الوفاء بكل من المتطلبات المبينة أعلاه ورصدها لا يكفل جودة الخدمة ما لم تستوف البنية التحتية الأساسية لمحطات الإرسال DTT أيضاً بعض المتطلبات.

ولضمان توفر وقت طويل جداً من الضروري النظر في ثلاثة جوانب أخرى على الأقل:

- الإمداد بالطاقة: قد لا تتوفر باستمرار شبكة الإمداد بالطاقة الكهربائية "الاعتيادية"، لذا قد يكون من الضروري تشغيل مولد إضافي في الموقع للحد من انقطاع التيار الكهربائي إلى أقصى حد ممكن.
- التوزيع الأولي: ينبغي للتوزيع الأولي، الذي يغذي الإشارات عبر الواجهتين IF-1 وIF-2، أن يفي بحد أدنى من التوفر المطلوب. ويمكن تعظيم موثوقية أي من الواجهتين بتقاسم موقع المعدات على أي من جانبي الواجهة، وتقصير المسافة التي يتعين على الإشارة أن تقطعها. ومع ذلك، وفي حالة الواجهة IF-2، يتعين عادة إرسال الإشارة إلى موقع مرسل ناءٍ أو أكثر. وقد تكون التكلفة باهظة لتحسين دارة توزيع واحدة إلى المستوى المطلوب. ولذلك قد يكون من الأنجع توفير دارة توزيع ثانية لضمان درجة عالية جداً من التوفر.
- عطل في مكونات النظام: يمكن تحسين الإتاحة بتوفير المعدات الاحتياطية. وقد يكون ذلك بتوفير جهاز إرسال إضافي أو مكونات جهاز إرسال يمكن تشغيله في حالة تعطل المعدات. وفي الحالات القصوى، يمكن توفير موقع إرسال منفصل مجهز بالكامل على مقربة من الموقع الرئيسي.

ويتوقف مفهوم الإطناب الفعلي على عدد من الجوانب الاقتصادية والتشغيلية. وهو يتحدد بأهمية محطة DTTB معينة (تحدد عادة بمدى التغطية السكانية).

وقد يكون تحليل المخاطر نقطة بداية مفيدة عند تحديد هدف الإتاحة.

بيبليوغرافيا للفصل 7

[1.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1868، *متطلبات المستعمل لكودكات إرسال الإشارات التلفزيونية عبر شبكات المساهمة والتوزيع الأولي وجمع الأخبار بالساتل*

[2.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1122-2، *متطلبات المستعمل الخاصة بكودكات أنظمة الإرسال والتوزيع الثانوي للتلفزيون SDTV و HDTV*

[3.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.2053، *الخصائص التقنية لأنظمة النطاق العريض المتكاملة للإذاعة (IBB)*

[4.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R J.205 (2012) التصويب 1 (01/2013)، *متطلبات من أجل إطار للتحكم في التطبيق باستعمال الخدمات المتكاملة للإذاعة والتلفزيون الرقمي عريض النطاق*

[5.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BS.775-3، *النظام الصوتي المجسم متعدد القنوات مع صورة مصاحبة أو بدونها*

[6.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BS1548.1868، *متطلبات المستعمل لأنظمة التشفير السمعي من أجل البث الرقمي*

[7.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BS.1909، *متطلبات الأداء من أجل نظام صوتي مجسم متعدد القنوات متقدم للاستعمال مع صورة مصاحبة أو بدونها*

[8.7] **ETSI** TR 101 290: *Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems* http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101200_101299/101290/01.03.01_60/tr_101290v010301p.pdf

[9.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.2033، *معايير التخطيط للجيل الثاني من أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)، بما في ذلك نسب الحماية*

[10.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1125، *الأهداف الأساسية لتخطيط الأنظمة الإذاعية التلفزيونية الرقمية للأرض وتنفيذها*

[11.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1735-1، *طرائق التقييم الموضوعي لجودة استقبال إشارات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض للنظام B المحددة في التوصية ITU-R BT.1306*

[12.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R SM.1875، *قياسات تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض والتحقق من معايير التخطيط*

[13.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2035، *مبادئ توجيهية وتقنيات لتقييم أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض بما في ذلك تقييم مناطق تغطيتها*

[14.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2137، *طرائق التنبؤ بالتغطية وبرمجيات التخطيط لشبكات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)*

[15.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2143، *تقييم حد التغطية لإشارات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[16.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2248، *إطار مفاهيمي لتمثيل خسارة التغطية الإذاعية*

[17.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2252، *التقييم الموضوعي لنوعية التغطية لإشارات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض للنظامين A و B*

[18.7] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2389، *مبادئ توجيهية بشأن قياسات من أجل أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

الفصل 8

المساعدة الساتلية

1.8 مقدمة

يصف هذا الفصل كيف يمكن للسواتل أن تساعد في توفير خدمات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض.

وبالنسبة لتغطية منطقة واسعة (وطنية ودولية)، من الشائع استخدام البث التلفزيوني عبر السواتل. وهذه الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) ليست موضوع هذا الكتيب، وتتوفر معلومات محددة عن هذه الخدمة في وثائق لجنة الدراسات 4 لقطاع الاتصالات الراديوية.

غير أن السواتل، لا سيما في الخدمة الثابتة الساتلية (FSS) وفي الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS)، لها أهمية كبيرة لخدمة الإذاعة التلفزيونية للأرض. مثال ذلك، يمكن استخدام السواتل لتغذية شبكات الإرسال DTTB، وهي مفيدة أيضاً كقنوات عودة في التلفزيون التفاعلي في الحالات التي لا يتوفر فيها شبكات اتصالات أخرى لهذا الغرض. وبإمكان السواتل الإذاعية والبث التلفزيوني للأرض، من حيث المبدأ، أن تتعاون من أجل تحقيق القدر الأمثل من التغطية الإذاعية. وكثيراً ما تسمى هذه المفاهيم الإذاعة الهجينة على الرغم من أن المصطلح نفسه غير معرّف في لوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد، ولا تُعرف تطبيقات هذه المخططات حالياً إلا بالنسبة لبث الصوت والبيانات رقمياً.

ملاحظة – ثمة تطبيق مفيد جداً لإنتاج التلفزيون وهو تجميع الأخبار ساتلياً (SNG)، وهو شكل محدد من أشكال تجميع الأخبار إلكترونياً (ENG)، الذي يُبحث بمزيد من التفصيل في الفصل 15.

2.8 السواتل بوصفها وصلات تغذية لشبكات الإذاعة التلفزيونية للأرض

يمكن توزيع تعدد إرسال البث المتولد مركزياً بواسطة ساتل للخدمة الثابتة الساتلية (FSS) من أجل تغذية شبكة إذاعية للأرض. وهذا مفيد بصفة خاصة لمناطق خدمة إذاعية واسعة، وعندما لا تتوفر وصلات التغذية للأرض، مثل الألياف الضوئية أو وصلات الترحيل اللاسلكي.

وتبعاً للتردد الساتلي المستعمل، قد تحدث انقطاعات أثناء هطول الأمطار الغزيرة أو لدى تراكم الثلج أو الجليد الرطب في هوائي الاستقبال المكافئي في محطة إرسال الإذاعة. وفي ترددات أعلى من حوالي 10 GHz، يمكن أن يؤدي التوهين بالمطر إلى انقطاعات في الوصلة الهابطة. وتكون الوصلة الصاعدة في النطاق Ku أو Ka أكثر استقراراً، حيث يطبق التحكم في القدرة والتنوع الفضائي في حالة توهين الإشارة.[28] وباستخدام التغذية الساتلية يمكن تحقيق نسبة عالية من الموثوقية. ومع ذلك لا يمكن ضمان البث 100 في المائة.

وفي حالة تغذية شبكة وحيدة التردد (SFN) للأرض، يجب ممارسة العناية الواجبة للتعويض عن الفوارق في وقت الانتشار في مختلف مواقع الاستقبال. ويتباين طول المسير بين الساتل وكل مرسل إذاعي للأرض كما يتباين أيضاً زمن الانتشار بالنسبة لإشارة الساتل. وتكون الفوارق الزمنية عادة في حدود الميكروثانية. أما بالنسبة للشبكات SFN، فيجب الحرص على أن يكون زمن الإرسال متساوٍ اسمياً في كل موقع إرسال للأرض (يلاحظ مع ذلك أن من الممكن استخدام نوبات زمنية محددة من أجل التشغيل الأمثل لشبكة SFN على النحو المبين في الفصل 4). ومن ثم ينبغي تخزين إشارة الساتل الواردة مؤقتاً من أجل البث المتزامن. ولهذا الغرض، كثيراً ما تستخدم الإشارة الزمنية التي توفرها سواتل الملاحة. وإذا لم يراع التزامن فإن جزءاً من فاصل الحراسة يُفقد ومن ثم تُفقد مرونة إشارات البث بتعدد الإرسال المشفر بتقسيم تعامدي للتردد (COFDM) إزاء التداخل المتعدد المسيرات.

---

[28] يزيد التحكم في القدرة من قدرة الوصلة الصاعدة للمحطة الساتلية للأرض وفقاً لتوهين الإشارة المقيس أثناء هطول المطر. ويمكن استعمال محطة ثانية للأرض تقع على مسافة كبيرة من المحطة الرئيسية كمحطة احتياطية وحيث تكون الأمطار في المحطة الرئيسية غزيرة بحيث لا يكفي التحكم في القدرة للتغلب على التوهين. وبالطبع يجب أن تكون المحطة الاحتياطية موصولة بالمحطة الرئيسية عبر وصلة موثوقة لا تخضع للتوهين بالمطر، من قبيل الألياف الضوئية أو الوصلات الراديوية العاملة بترددات أقل من 10 GHz.

3.8 استخدام السواتل بمثابة قنوات عودة بروتوكول الإنترنت في التلفزيون التفاعلي

تحتاج التفاعلية، في التلفزيون الحديث للأرض، إلى توصيل إضافي لجهاز التلفزيون أو جهاز فك التشفير بشبكة اتصالات، وهي عادة شبكة نطاق عريض قائمة على بروتوكول الإنترنت تسمح بالنفاذ إلى الإنترنت (WLAN، DSL، شبكة متنقلة، وما إلى ذلك). وفي الحالات التي لا تتوفر فيها شبكة للأرض من هذا القبيل، يمكن النفاذ في كثير من الأحيان عبر محطة مطراف ذي فتحة صغيرة جداً (VSAT) توفر هذا النفاذ إلى بروتوكول الإنترنت في موقع المستهلك عبر الساتل. وقد تم تجهيز الهوائي المكافئي بمرسل تردد ثنائي يسمح بفصل الوصلات الصاعدة والهابطة. وبما أن الوصلة الصاعدة تقتصر عادة على معدلات البيانات المنخفضة (مثل طلب المحتوى)، فإن قدرة إرسال هذه المطاريف VSAT يمكن أن تكون منخفضة نسبياً (بضعة واطات) وكذلك قطر الهوائي المكافئي (في حدود متر في النطاق Ku).

ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات عن التفاعلية والأنظمة المستخدمة في تطبيقات النطاق العريض للإذاعة المتكاملة في الفصل 10.

4.8 الاستخدام المشترك للإذاعة للأرض والإذاعة الساتلية

يتم توفير المحتوى التلفزيوني للمطاريف إما من خلال البنى التحتية للأرض أو، بديلاً من ذلك، من خلال التوزيع الساتلي. وفي ضوء إدخال الاستقبال التلفزيوني المتنقل وتطبيقات الوسائط المتعددة عموماً، ثمة مطلب من جانب المستعمل لضمان استمرارية الخدمة التي يمكن أن تقدمها الأنظمة الهجينة التي تجمع ما بين الإذاعة الساتلية والإذاعة للأرض، والتي تستعمل شرائح تردد راديوي مشتركة تستقبل إما إرسالات ساتلية أو إرسالات للأرض وتقوم على تقنيات أجهزة الراديو المعرّفة بالبرمجية (SDR).

وهناك نوعان من بنى الأنظمة: نظام ساتلي/للأرض هجين ونظام خدمة متنقلة ساتلية (MSS) متكامل، على النحو المبين في التعاريف التالية. وتقدم هذه النصوص كأمثلة لتوضيح مبدأ هذه الأنظمة، لأنها لا تستخدم حالياً إلا للإذاعة الراديوية أو بث البيانات.

1.4.8 تعريف النظام الساتلي/للأرض الهجين

وفقاً للمعهد الأوروبي لتقييس الاتصالات (ETSI)، فإن النظام الساتلي/للأرض الهجين هو "نظام يستخدم مكونات ساتلية وللأرض حيث تكون هذه المكونات الساتلية وللأرض مترابطة ولكنها تعمل بشكل مستقل بعضها عن بعض. وفي هذه الأنظمة يكون للمكونات الساتلية وللأرض أنظمة منفصلة لإدارة الشبكات ولا تستخدم بالضرورة نفس التشكيل" [1.8]. وبالإضافة إلى ذلك، جدير بالملاحظة أن المكونتين لا تعملان عادة في نفس نطاق التردد.

مثال ذلك، من شأن الجمع بين البنية التحتية الساتلية وللأرض استمثال تكاليف الاستثمار بتوفير الإشارة في مناطق ذات كثافة سكانية منخفضة، أما في المناطق المكتظة بالسكان، حيث يصعب استقبال الإشارة الساتلية، فتستخدم البنية التحتية للأرض لتقديم نفس المحتوى في نفس النطاق. وقد تبث هذه البنية التحتية للأرض برامج محلية بالإضافة إلى البرامج التي تُبث بالساتل.

2.4.8 تعريف نظام الخدمة المتنقلة الساتلية المتكامل

تبعاً للمعهد الأوروبي لتقييس الاتصالات (ETSI) وقطاع الاتصالات الراديوية (ITU-R) في الاتحاد، فإن نظام الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS) المتكامل هو "نظام يستخدم مكونة ساتلية ومكونة أرضية، حيث تكمل المكونة الأرضية المكونة الساتلية وتعمل كجزء لا يتجزأ من نظام الخدمة المتنقلة الساتلية. وفي هذه الأنظمة، يتحكم المورد الساتلي ونظام إدارة الشبكة في المكونة الأرضية. وعلاوة على ذلك، تستخدم المكونة الأرضية نفس أجزاء نطاقات التردد للخدمة المتنقلة الساتلية المستخدمة في النظام الساتلي المتنقل العامل ذي الصلة." [1.8] و[2.8] و[3.8]

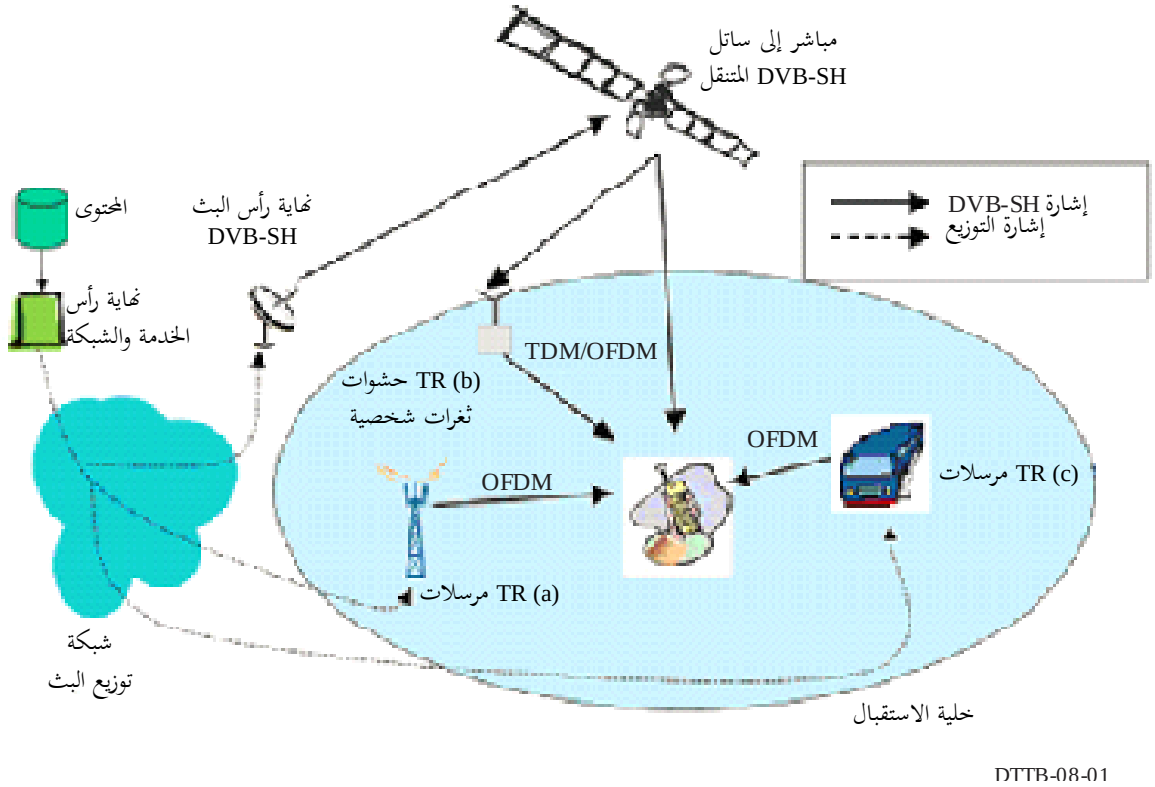
ويشار إلى هذه الأنظمة باسم المكونة المساعدة للأرض في الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS-ATC) في الولايات المتحدة وكندا والمكونة التكميلية الأرضية في الخدمة المتنقلة الساتلية (MSS-CGC) في أوروبا، وهي تنفذ في نطاقات 1–3 GHz.

وكما هو مبين في الشكل 1.8، فإن المكونة الأرضية للنظام المتكامل ليست شبكة مستقلة قائمة بذاتها وهي تستخدم نفس الترددات المخصصة لمكونة ساتلية، على الرغم من أن المكونتين لا تستخدمان بالضرورة نفس الترددات في وقت واحد في نفس المنطقة

الجغرافية. ويوفر هذا التقاسم الطيفي خدمة أكثر فائدة بتحسين كفاءة الطيف إجمالاً بالسماح بقدر أكبر من إعادة استخدام الترددات. وهذا يتيح بدوره وفورات الحجم الهامة للحد من تكاليف الشبكة.

الشكل 1.8

مثال لشبكة ساتلية وللأرض متنقلة متكاملة



بيبليوغرافيا للفصل 8

[1.8] **ETSI** *TR 103 124 Satellite Earth Stations and Systems (SES); Combined Satellite and Terrestrial Networks scenarios*

[2.8] مفردات **قطاع الاتصالات الراديوية**:
http://www.itu.int/net/ITU-R/asp/terminology-definition.asp?lang=en&rlink={FB87FE16-E1BC-42E6-92BC-567849F31903}

[3.8] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BS.2173، *تقنيات الإرسال القائم على موجات حاملة متعددة في الأنظمة الساتلية*

الجزء 2

جوانب الأنظمة

مقدمة للجزء 2

تناول الجزء 1 جوانب التوصيل الشبكي للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) بصفة عامة وأساساً في شكل مستقل عن النظام، أما الجزء 2 فيركز على جوانب النظام. وينطلق الجزء 2 من وصف تفصيلي وشامل لمختلف أنظمة الإذاعة الرقمية للأرض، ثم يتناول التفاعلية والتعاون بين تقنيات الإذاعة والنطاق العريض، ويقدم معلومات عن النفاذ المشروط بما في ذلك حماية المحتوى.

ويتم تحديد الجودة السمعية البصرية في الإشارات الرقمية بشكل مختلف مقارنة بخدمة التلفزيون التماثلي. وبينما تهيمن ضوضاء النقل والتداخل إلى حد كبير على خدمة التلفزيون التماثلي فإن الإشارة الرقمية لا تعاني من هذه الاضطرابات طالما لا يحدث تجاوز مستويات معينة من الضوضاء والتداخل. وعلى النقيض من ذلك، ليس هنالك ما يسمى الانحطاط التدريجي. ونظراً للتصحيح الأمامي للأخطاء، هنالك هامش بأقل من 1 dB بين الاستقبال المثالي والفشل الكلي. وتعزى الآثار المرئية (الاهتزاز) إلى نظام الانضغاط المستخدم على النحو المطبق في أنظمة التشغيل والتشفير لدى الهيئات الإذاعية.

وبالطبع يتعين على أجهزة الاستقبال أن توفر الأداء المناسب. ويرد وصف وظائف هذه الأجهزة في فصل محدد. وثمة مسألة هامة تتعلق بخدمات نفاذ الأشخاص ذوي الإعاقة أو ذوي الاحتياجات الخاصة. ويوفر التلفزيون الرقمي المزيد من الإمكانات والتسهيل في تنفيذ هذه الخدمات، وهي تعود بالفائدة على الجميع وليس فقط على الأشخاص ذوي الإعاقة.

الفصل 9

أنظمة البث التلفزيوني الرقمي للأرض

1.9 تقنيات الأنظمة الإذاعية

1.1.9 طرائق تعدد إرسال الخدمة ونقلها

1.1.1.9 مقدمة

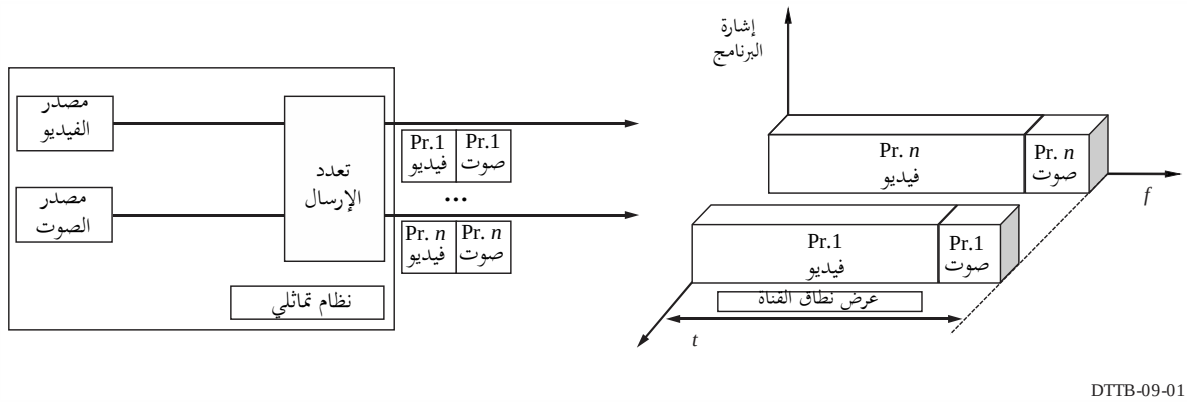
على النقيض من البث التلفزيوني التماثلي، حيث ترسل مكونات البرامج التلفزيونية (مثل الصورة أو الصوت المصاحب، وما إلى ذلك) بشكل منفصل، تقوم أنظمة الإذاعة الرقمية على مبدأ الإرسال المتآون لإشارات الفيديو والصوت والبيانات والتحكم.

وفي الأنظمة الإذاعية التماثلية، ينقل الفيديو والصوت لأي برنامج في قنوات تردد منفصلة، على أساس أن إشارة برنامج واحدة تشغل كامل عرض نطاق القناة (الشكل 1.9).

أما في أنظمة الإذاعة الرقمية، فيستعمل أسلوب الإرسال المتآون ضمن قناة تردد واحدة لتقديم تدفقات بيانات تحتوي على رزم متولدة من معلومات سمعية وفيديوية من برنامج أو أكثر (Pr. 1, Pr. 2 … Pr. n)، وتدفقات بيانات إضافية، مع تجزئة افتراضية لعرض نطاق الزمن والتردد (الشكل 2.9).

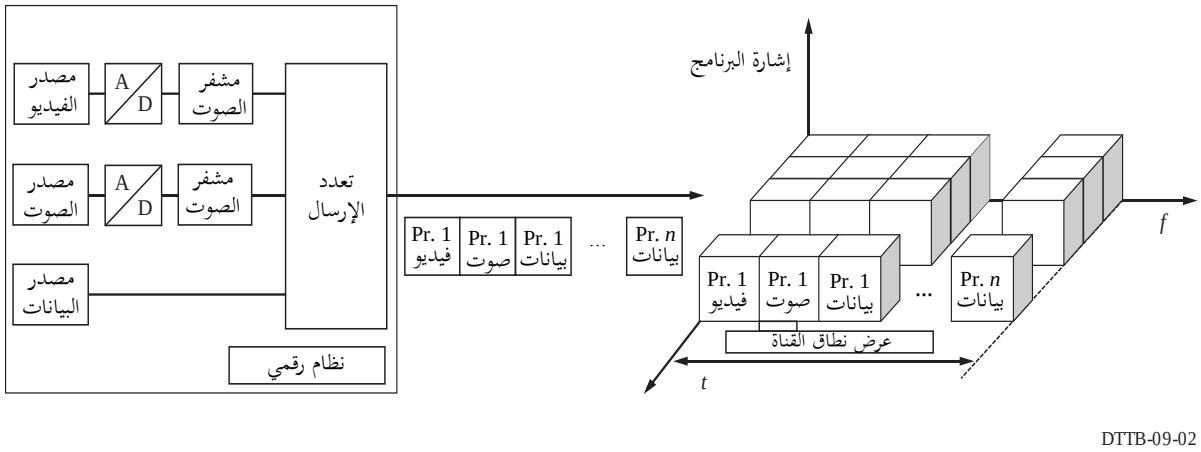
الشكل 1.9

مبدأ الإرسال المتعدد البرامج في أنظمة الإذاعة التماثلية



الشكل 2.9

مبدأ الإرسال المتعدد البرامج في أنظمة الإذاعة الرقمية



وأصبح من الممكن توفير إرسال متآون لمكونات برامج متعددة باستخدام تقنيات معالجة الإشارات الرقمية وتقنيات الاتصالات الرقمية، ولا سيما طرائق خفض البيانات القائمة على الإطناب الخاص بنوع معين من الوسائط (مثل الإطناب البصري والإطناب الصوتي النفسي والإطناب الإحصائي). وقد جعل توالف استخدام كل هذه التقنيات من الممكن استخدام الطيف الراديوي بكفاءة متزايدة، مما أدى إلى خفض كبير في سعة القناة اللازمة لنقل المعلومات.

2.1.1.9 طرائق تعدد إرسال الخدمة

يمكن، في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)، لتعدد إرسال رقمي واحد أو أكثر أن ينقل عدة خدمات تلفزيونية، يتألف كل منها من مكونة فيديوية أو أكثر ومن مكونة سمعية أو أكثر، ومكونات أخرى اختيارية، مثل البيانات المساعدة. ومن الضروري أيضاً إرسال بيانات إضافية لتمكين أجهزة المستعمل من تحديد موقع الخدمة المطلوبة (والمكونات المطلوبة في هذه الخدمة) وتمكين أجهزة المستعمل من توفير بيئة تصفح مناسبة لتمكين سهولة نفاذ المستعمل إلى الخدمات الرقمية المتاحة.

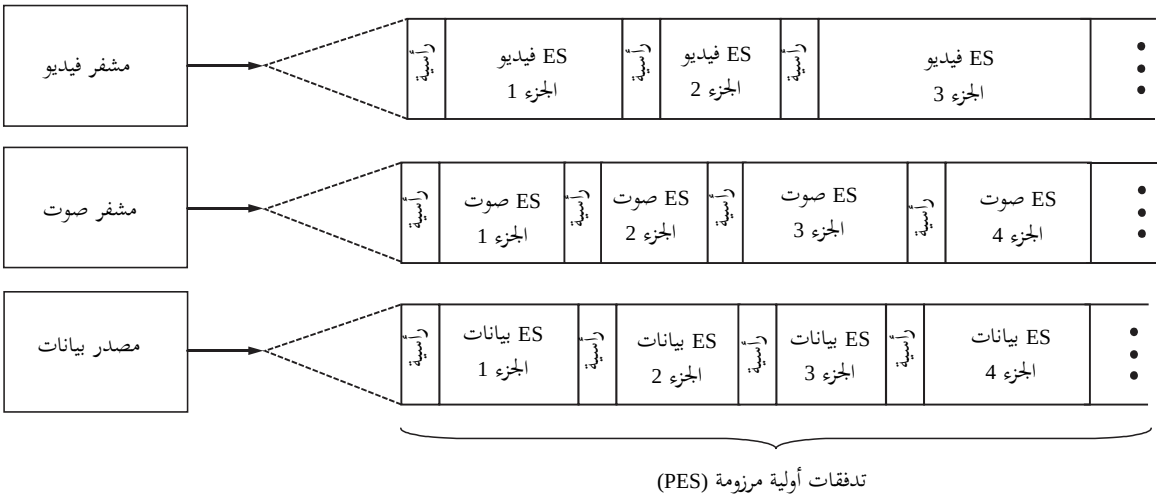
ويمكن تنفيذ تعدد إرسال الخدمة باستعمال الإرسال المنظم (طريقة التخصيص الثابت) أو نقل الرزم (طريقة التخصيص المتغير) أو توليفة من الاثنين. وتتسم هذه النهج بمزايا كبيرة لمختلف عمليات تنفيذ الخدمة.

تعدد إرسال الرزم الثابتة والمتغيرة الطول. يمكن تصور نهج تعدد الإرسال الإجمالي للنظام بمثابة توليفة من تعدد الإرسال في طبقتين مختلفتين. في الطبقة الأولى (طبقة البرنامج)، تتشكل تدفقات بتات برمجية مفردة بتعدد إرسال الرزم من تدفق بتات أولية أو أكثر (الشكل 3.9)، وفي الطبقة الثانية (طبقة النقل)، يتم توليف عدد من تدفقات بتات برمجية مفردة لتشكيل تدفق نقل أو أكثر.

ويتم في خرج مشفر المصدر (مشفرات الفيديو والصوت) تنظيم المعلومات في شكل سلسلة من تدفقات منفصلة، تسمى التدفقات الابتدائية (ES) (الشكل 3.9).

الشكل 3.9

مبدأ التدفقات الأولية المرزومة



DTTB-09-03

وكل تدفق من هذه التدفقات الأولية مرزوم لأنه يتشكل من سلسلة من الرزم المتغايرة الطول يحتوي كل منها على جزء معين من المعلومات عن الصورة المرسلة أو متواليات الصوت أو البيانات. ويمكن في أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية إرسال تدفقات البيانات كما هو الحال في الحمولة النافعة في التدفق الأولي المرزوم (PES) أو باستخدام آليات أخرى، محددة في القسم 4.1.9.

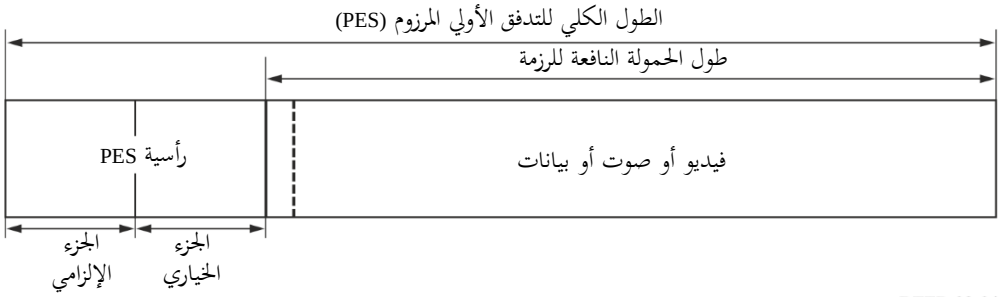
ويتوقف طول رزمة التدفق الأولي على عوامل كثيرة، من قبيل مدى الأهمية الحاسمة لانضغاط المحتوى وتراكب التخزين الاحتياطي لمشفر المصدر، وما إلى ذلك. وتقتصر سعة الرزمة القصوى على 64 كيلوبايتة.

ويبين الشكل 4.9 بنية رزمة PES مع بيان العناصر الأساسية. وتتكون رزمة PES من الرأسية والتدفق الأولي التالي من الإشارات الفيديوية أو السمعية المعايرة بحسب فريق خبراء الصور المتحركة (MPEG) أو التدفق الأولي لخدمات البيانات، وطولها متغاير (كل من رأسية ومحتوى الرزمة متغاير).

وتتكون رأسيات رزم PES من أجزاء إلزامية وأخرى اختيارية. ويتضمن الجزء الإلزامي من رأسية رزمة PES، الذي يبلغ طوله 6 بايتات، معلومات عن بداية الرزمة (3 بايتات) (تشير إلى بداية رزمة PES)، ومعرف هوية التدفق، وتعريف نمط التدفق، وما هو الجزء المحمول في رزمة PES هذه (1 بايتة)، وقيمة طول رزمة PES (2 بايتة).

الشكل 4.9

بنية رزمة PES



DTTB-09-04

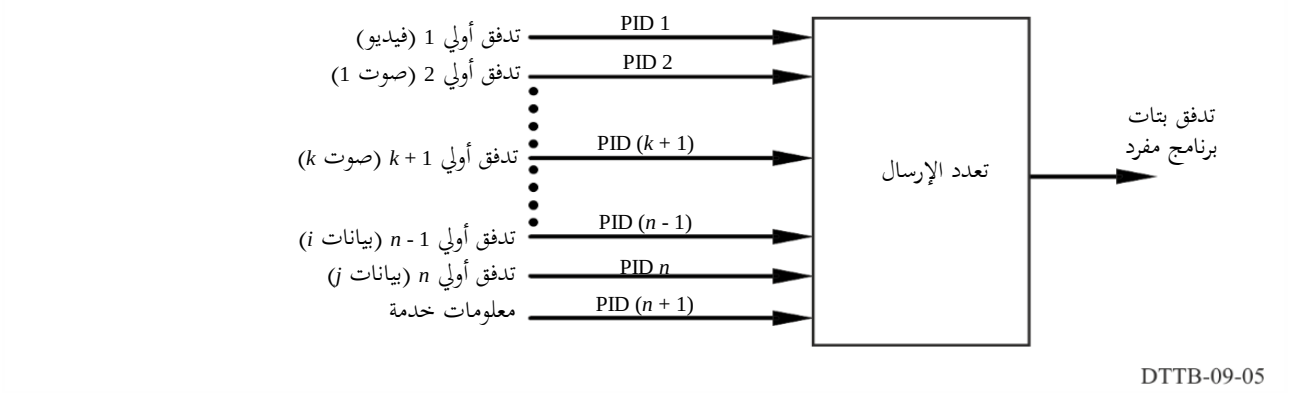
ويتوقف توفر الجزء الخياري من رأسية PES على متطلبات التطبيق. وفي حالة التطبيق، يحتوي هذا الجزء المتغاير الطول من الرأسية معلومات عن استخدام التخليط في التدفق الأولي، وما إذا كانت مواد الحمولة النافعة في رزمة PES المصاحبة تخضع لحقوق الملكية المسجلة أم لا، وما إذا كانت محتويات الحمولة النافعة في رزمة PES أصلية أم مستنسخة، والعدد الإجمالي للبايتات في الحقول الخيارية وبايتات الحشو الواردة في رأسية رزمة PES هذه. وبالإضافة إلى ذلك، يمكن تطبيق حقول خيارية مختلفة، لا سيما الحقول التي تحتوي على معلومات عن خاتم زمن العرض (PTS) وعلى خاتم زمن فك التشفير (DTS)، وهي ضرورية لتزامن الصوت والفيديو.

ويرد تفصيلاً في التوصية ITU-R BT.1209-1 [1.9] نسق الرزمة PES، وكذلك القيود المفروضة على مختلف أنواع التدفقات (تدفقات PES الفيديوية، وتدفقات PES الصوتية).

وبالنسبة لتدفق بتات برمجية مفرد، يتطلب تشكيل تدفق بتات متعدد الإرسال أن تكون فرادى تدفقات البتات الأولية المرزومة (PES) متوالفة مع معرفات هوية فرادى الرزم (PID) تتقاسم قاعدة زمنية مشتركة، وتدفق بتات تحكم مرزوم (القناة الفرعية لمعلومات الخدمة) يصف البرنامج.

الشكل 5.9

توضيح تعدد الإرسال لتشكيل تدفق برنامجي مفرد



وبالنسبة لأنظمة الإذاعة الرقمية المتعددة الوسائط، يتم تحديد مخطط تعدد إرسال يشتمل على رزم متغيرة الأطوال، يدعى تعدد الإرسال بحسب النمط–الطول–القيمة (TLV). وثمة مواصفات لمخططات نقل رزم بروتوكول الإنترنت عبر القنوات الإذاعية: نسق التغليف، ونسق رزمة بروتوكول الإنترنت المنضغطة في الرأسية، وإشارات التحكم في الإرسال. لمزيد من التفصيل، انظر التوصية ITU-R BT.1869 [2.9] والمرجعين [78.9، 86.9].

تعدد الإرسال الإحصائي. تستخدم على نطاق واسع كودكات انضغاط المعلومات السمعية البصرية مع تشفير معدل بتات متغاير (VBR). وفي انضغاط كودك من هذا القبيل، تستخدم خوارزمية لتخصيص سعة بيانات معينة لمشاهد صورة تعتبر حاسمة لجودة الانضغاط. وإلا يستخدم عدد أقل من البتات.

ويؤدي ذلك إلى إمكانية حدوث تغاير في معدل البتات عند خرج المشفر السمعي أو الفيديوي تبعاً لطبيعة المشهد أو التتابع الصوتي الذي تجري معالجته أو تبعاً لمتطلبات البرنامج المعين. ومع ذلك فإن مواصلة المعالجة في نظام البث غالباً ما تستدعي الحصول على معدل بتات مستقل عن الزمن. ولتوفير ذلك، يضاف تبطين المعلومات إلى البيانات. ولكن كفاءة استخدام الطيف تنخفض في ظل هذه الظروف.

ومن المستحسن جداً في الإذاعة الرقمية استخدام سعة القناة المتاحة بما يتسم بالفعالية والكفاءة. وبما أن معدل البتات المطلوب للحصول على جودة الصورة المرغوبة يتوقف على محتوى الصورة، فإن استعمال التشفير بمعدل بتات ثابت يؤدي إلى تغايرات كبيرة في جودة الصورة وعدم الكفاءة في استخدام سعة القناة. ويشير ذلك إلى أن مخطط انضغاط معدل بتات متغاير يسمح بتخصيص سعة القناة دينامياً بين البرامج يؤدي إلى تحسين إجمالي في جودة الصورة و/أو الوفورات في عرض النطاق. ومن أجل تنفيذ تخصيص

البتات عبر البرامج، يجب العمل بآلية تحكم تعرف باسم التحكم في التشفير المشترك. ويشار إلى هذه التقنية باسم تعدد الإرسال الإحصائي (على الرغم من عدم وجود آلية مراقبة إجمالية في تعدد الإرسال الإحصائي التقليدي).

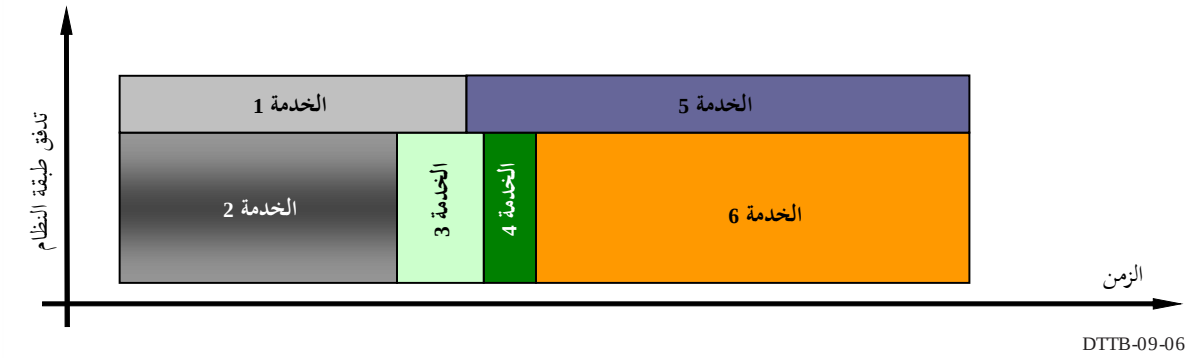
ومشفرات MPEG المتاحة في السوق اليوم مصممة لدعم معدل بيانات خرج متغاير. وفي بيئة متعددة البرامج، يمكن التحكم في معدلات البيانات لعدة برامج متعددة الإرسال بطريقة مشتركة بحيث تتحقق جودة الصورة المطلوبة لكل برنامج باستخدام مخطط تشفير معدل بتات متغاير، مع الحفاظ على ثبات معدل البتات الكلي عند معدل القناة.

وتحدد التوصيتان ITU-R BT.1437 [3.9] وITU-T J.180 [4.9] المبادئ الأساسية والمتطلبات اللازمة لتعدد الإرسال الإحصائي.

ولذلك من الممكن زيادة كفاءة استخدام القناة إلى حد ما عن طريق استخدام تعدد الإرسال الإحصائي (الشكل 6.9).

الشكل 6.9

مثال لتعدد الإرسال الإحصائي



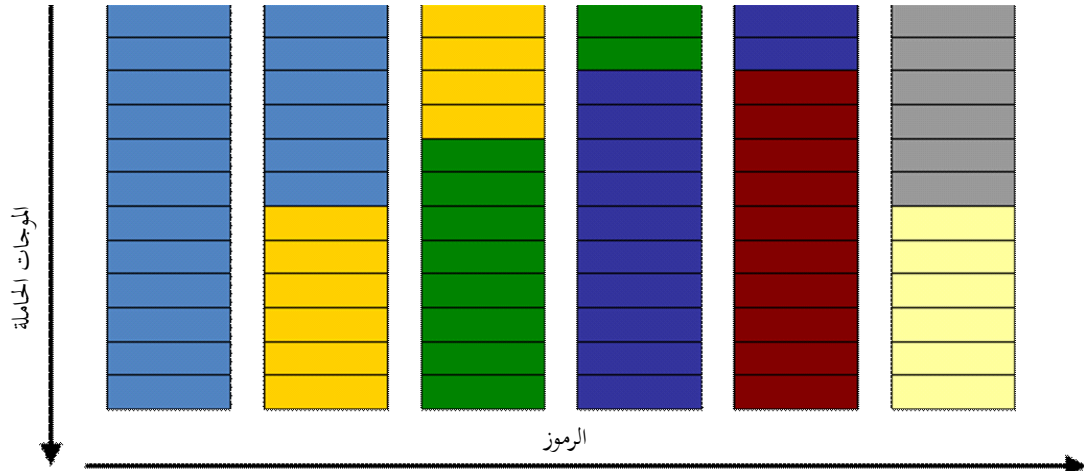
وفي حالة تعدد الإرسال الإحصائي، يجري توزيع موارد القناة المشتركة على الخدمات المحمولة في تدفق طبقة النظام (الخدمة من 1 إلى 6 في الشكل 6.9) تبعاً لمعدل البتات المطلوب في كل جزء من أجزاء الزمن. وفي هذه الحالة، يستخدم مورد القناة بطريقة أكثر كفاءة مما هو عليه في حالة تعدد الإرسال الثابت، عندما يخصص لكل خدمة حجم قناة ثابت. وتتمثل إحدى مآخذ تعدد الإرسال الإحصائي في تعقيد أنظمة التحكم بالمقارنة بالطريقة المعتادة لتعدد الإرسال الثابت وتوزيع موارد القنوات التي تتطلب جدولة إضافية مع ضمان نفاذ جميع الخدمات إلى مورد القناة. وبالإضافة إلى ذلك، قد تحدث الحالة عندما يؤدي التخفيض غير المتوقع للموارد المخصصة لبرامج إحدى هيئات البث إلى انخفاض الجودة أو غير ذلك من أسباب الإزعاج بالنسبة إلى هيئات بث أخرى تتقاسم نفس مورد تعدد الإرسال.

وفي حالة الجيل الثاني من أنظمة DTTB، يستعمل مخطط تعدد الإرسال الإحصائي الخاص الذي يسمى أنبوب الطبقة المادية (PLP). وقد تكون قناة PLP قناة فرعية منطقية أو افتراضية مرتّبة داخل قناة مادية معينة. ويستخدم الأنبوب PLP لنقل بيانات الخدمة وبيانات التشوير للطبقات الأخرى غير الطبقة L1 (الطبقة المادية).

ويمكن كل أنبوب PLP خدمة من نقل البيانات بشكل مستقل عن بنيتها، مع قدر محدد من المتانة يختار بحرية يقتصر على المعلمات المادية للقناة PLP المستخدمة (انظر الشكل 7.9) [87.9]. ويتيح هذا النهج إمكانية تنفيذ الحماية الخاصة بالخدمة والاستخدام الأكفأ لموارد القناة استناداً إلى المستوى النمطي المطلوب من حماية الخدمة ونسق التشكيل (انظر الشكل 8.9) [71.9].

الشكل 7.9

مفهوم نظام DVB-T2 لأنابيب الطبقة المادية الشفافة كلياً

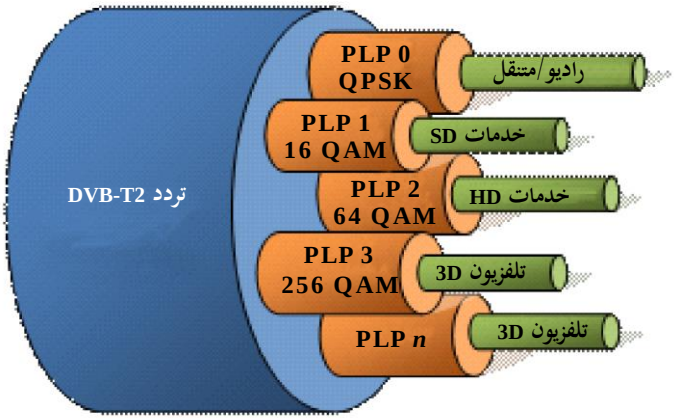


DTTB-09-07

وتسمح مواصفة النظام DVB-T2 [8.9] بتخصيص كوكبة ومعدل شفرة وعمق تشذير زمني لكل أنبوب PLP بمفرده. وعلاوة على ذلك، يتبع إنساق المحتوى نفس بنية رتل النطاق الأساسي التي يستخدمها النظام DVB-S2. ويمكن تعديل كل من السعة الموزعة والمتانة لتلائم الاحتياجات الخاصة لدى مقدمي المحتوى/الخدمة، تبعاً لنمط المستقبل وبيئة الاستخدام التي يتعين معالجتها.

الشكل 8.9

المفهوم المحدد بالخدمة القائم على أساس PLPs



DTTB-09-08

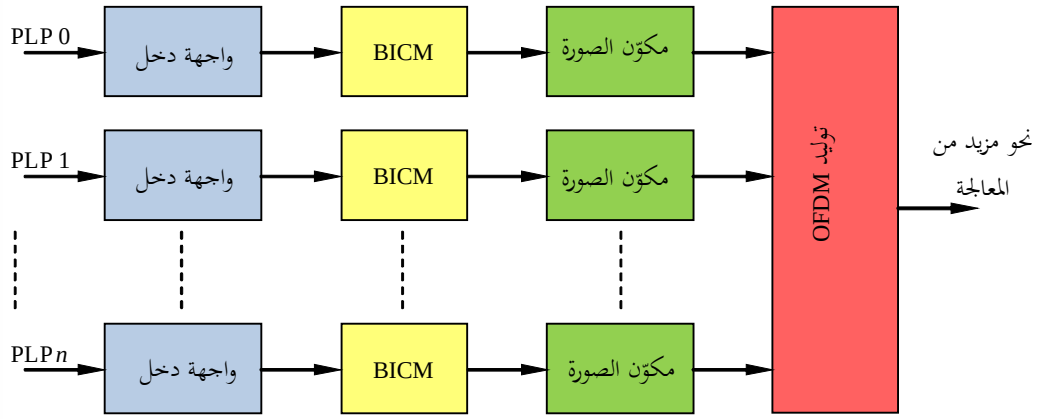
وهناك نوعان من أنابيب PLPs: المشتركة (التي تحتوي على معلومات مشتركة لعدة أنابيب PLPs (تسمى أيضاً مجموعة من أنابيب PLPs)، مثل معلومات الخدمة أو معلومات أخرى) وأنابيب PLPs البيانات من النمط 1 والنمط 2. والغرض من أنابيب البيانات PLPs هو حمل خدمات T2 الفعلية. ويكمن الفرق بين النمطين من أنابيب البيانات PLPs في إمكانيات التجزئة الفرعية وتوفير الطاقة.

ومن ثم يتعين على المستقبلات فك شفرة ما يصل إلى إثنين من PLPs في نفس الوقت عند تلقي خدمة واحدة: PLP البيانات وما يرتبط بها من أنبوب PLP مشترك.

ويتم تعريف أسلوبي الدخل العامين: أسلوب الدخل A يستخدم PLP واحد (وهذه الحالة نموذجية بالنسبة إلى أنظمة الإذاعة الرقمية من الجيل الأول) بينما يستخدم أسلوب الدخل B العديد من PLPs (الشكل 9.9).

الشكل 9.9

أسلوب الدخل B مع أنابيب PLPs متعددة



DTTB-09-09

وقد يكون من المستصوب لأنبوب PLP مشترك في مجموعة أن يستخدم تشكيلاً وتشفيراً مختلفين من PLPs البيانات، للتعويض عن انخفاض تنوع الزمن لأنبوب PLP مشترك مقارنة بالنمط 2 من PLPs مع تجزيئاتها الفرعية المتعددة. ويمكن استيعاب ذلك إذا كانت البيانات المشتركة مرتبة بحيث يكون لها معدل بيانات ثابت.

وقد يحتوي النظام DVB-T2 على مجموعات مختلفة من PLPs لكل منها تشفير وتشكيل مختلفين، شريطة أن يكون معدل البتات الكلي داخل كل مجموعة ثابتاً.

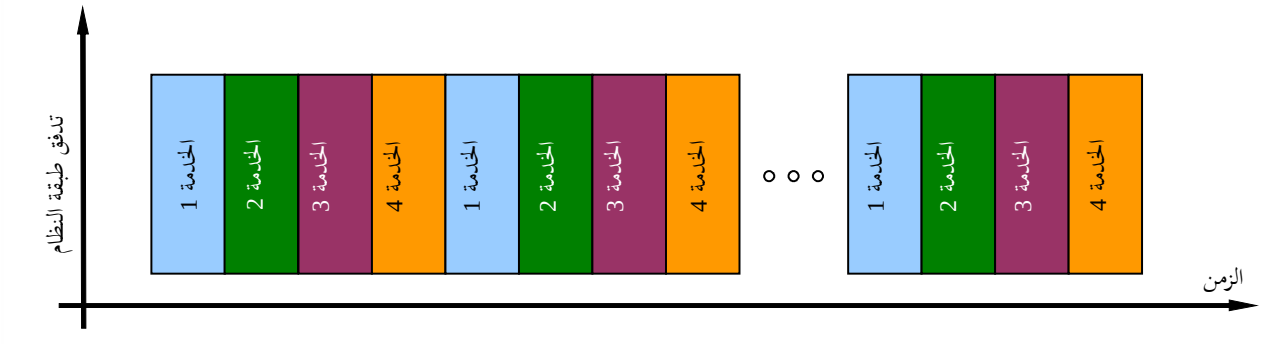
ويمكن، من حيث المبدأ، إجراء تعدد إرسال إحصائي متقدم بين PLPs المزودة بمعدلات شفرة مختلفة أو تشكيلات مختلفة. وفي حالة معدلات شفرات مختلفة، يتعين على معدد الإرسال الإحصائي أن يخصص بتات لكل خدمة بما يتناسب مع معدل الشفرة لأنبوب PLP مصاحب، بحيث يبقى مجموع معدل البتات الإجمالي ثابتاً. وباستخدام نموذج "تدفق نقل كبير واحد"، يكون لتدفق النقل الكبير معدل يقابل كامل السعة التي تعطى لأنبوب PLP ذي أعلى معدل شفري.

تعدد الإرسال المقسم إلى شرائح. (ويسمى أيضاً تعدد الإرسال المقسم إلى شرائح مع تحصيص تدفق النظام من حيث الزمن أو التردد أو ميدان الزمن–التردد.) والهدف من تقسيم الزمن إلى شرائح هو تخفيض متوسط استهلاك الطاقة في المطراف وتمكين تسليم الخدمة على نحو انسيابي سلس.

وعند تقسيم الزمن إلى شرائح، ينظم تعدد الإرسال على النحو المبين في الشكل 10.9.

الشكل 10.9

مبدأ تقسيم الزمن إلى شرائح



DTTB-09-10

وفي حالة تنظيم تعدد الإرسال من هذا القبيل، ينقسم التدفق الرقمي الأصلي لكل خدمة إلى شرائح، تكون أحجامها كافية لتقديم عرض مستمر من المعلومات إلى المستعمل. ويرسل كل من هذه الشرائح خلال فترات زمنية قصيرة. وترسل تدفقات خدمات مختلفة شريحة تلو الأخرى، ولا يتم تجاوز الفاصل بين الشرائح المتتالية من خدمة واحدة بحلول الزمن اللازم لاستقبال وفك شفرة وعرض المعلومات التي تحملها الشريحة. ويمكّن تقسيم الزمن إلى شرائح المستقبل من أن يبقى نشطاً لجزء يسير فقط من الزمن، أي عند استقبال رشقات من الخدمة المطلوبة.

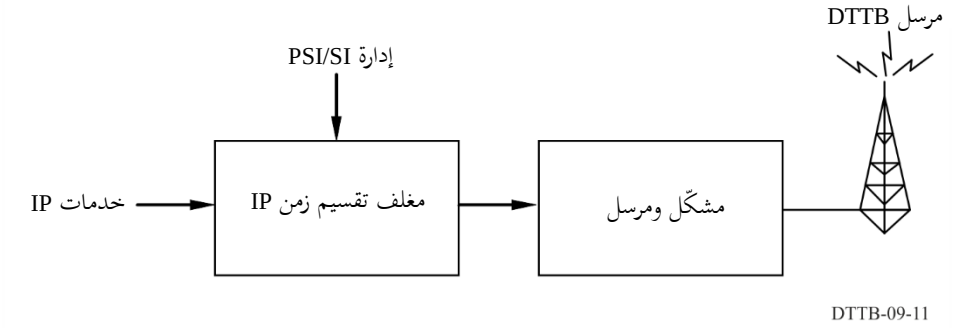
وثمة بدائل متعددة لتقسيم الزمن إلى شرائح في الإذاعة الرقمية للأرض: باستعمال تعدد إرسال مخصص أو تعدد إرسال مختلط أو إرسال تراتبي.

ويبين الشكل 11.9 بديل تقسيم الزمن إلى شرائح بناء على تعدد إرسال مخصص مع تغليف متعدد البروتوكولات (MPE) في حالة إرسال خدمات بواسطة بروتوكول الإنترنت فقط.

ومن المفترض أن يتحمل مغلّف بروتوكول الإنترنت مسؤولية توليد أقسام التغليف MPE من مخططات بيانات بروتوكول الإنترنت الواردة، إلى جانب إضافة بيانات المعلومات الخاصة بالبرامج/بالخدمة (PSI/SI) المطلوبة. ويتألف تدفق خرج مغلّف بروتوكول الإنترنت من رزم النقل MPEG-2.

الشكل 11.9

مثال لعملية تقسيم الزمن إلى شرائح باستخدام تعدد إرسال مخصص

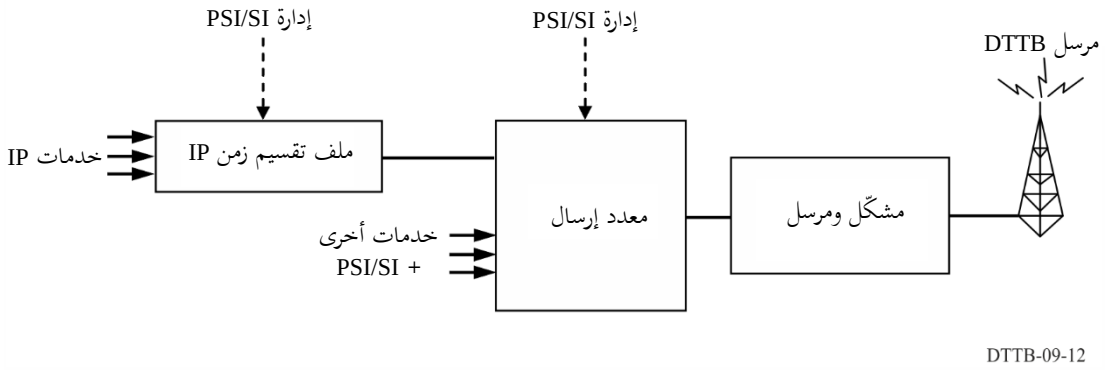


ونظراً لعدم وجود خدمات أخرى (أي ليس هنالك من خدمات غير مقسمة إلى شرائح زمنية) تبقى الوظيفة بسيطة. وتتولد رشقات شرائح الزمن في مغلف بروتوكول الإنترنت. ويمكن للرشقة أن تستعمل الحد الأقصى من معدل البتات. ويمكن ملء أي "فترة توقف" (أي الوقت الذي لا ترسل فيه أي رشقات بيانات لأي تدفق ابتدائي) برزم فارغة. ويمكن نشر أقسام PSI/SI عبر تدفق النقل بتخصيص معدل بتات ثابت له.

ويوضح الشكل 12.9 تكوين نهاية الرأسية لتعدد الإرسال التي تحتوي على خدمات بروتوكول الإنترنت وخدمات (تلفزيون رقمي) أخرى. والفارق الرئيسي مقارنة بحالة تعدد الإرسال المكرس هو اشتراط وجود معدد الإرسال.

الشكل 12.9

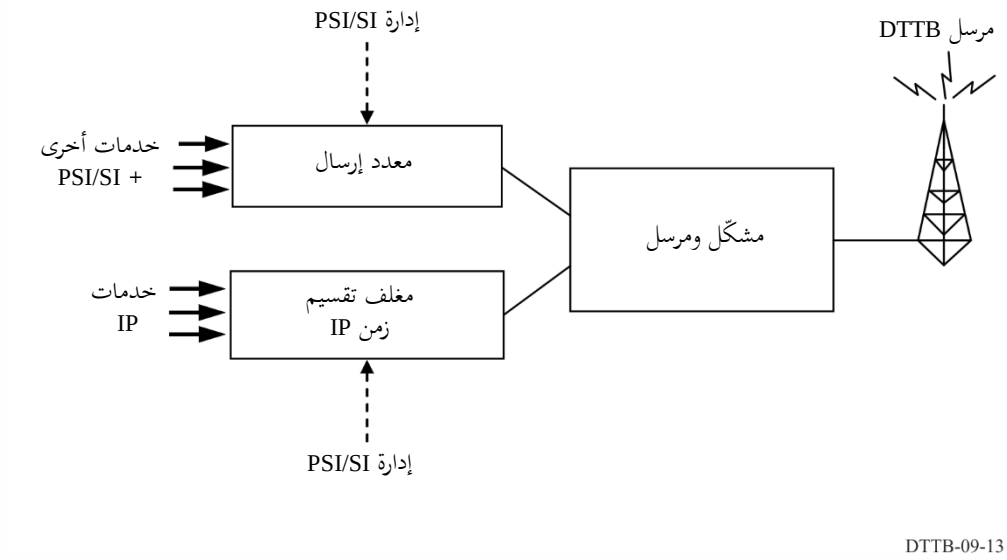
مثال لعملية تقسيم الزمن إلى شرائح باستخدام تعدد إرسال مختلط



ومن الوسائل الممكنة لتجنب مزج تدفقات مقسمة وتدفقات غير مقسمة إلى شرائح زمنية في تعدد إرسال مشترك – ومن ثم تجنب استعمال معدد إرسال – هو استعمال أسلوب إرسال تراتبي. وفي هذه الحالة يبث تعدد الإرسال الذي يحتوي على خدمات مقسمة إلى شرائح زمنية على أساس أولوية عالية – ما يضمن متانة أفضل في بيئة متنقلة – بينما يبث تعدد الإرسال للخدمات غير المقسمة إلى شرائح زمنية على أساس أولوية منخفضة – مما يعطي معدل بتات أعلى لخدمات الاستقبال الثابتة. وهذا يدعم بشكل فعال اثنين من تعددات الإرسال ضمن بث واحد. ويرد في الشكل 13.9 مخطط بياني مبسط يبين دعم الإرسال التراتبي.

الشكل 13.9

بديل لعملية تقسيم الزمن إلى شرائح باستخدام البث التراتبي

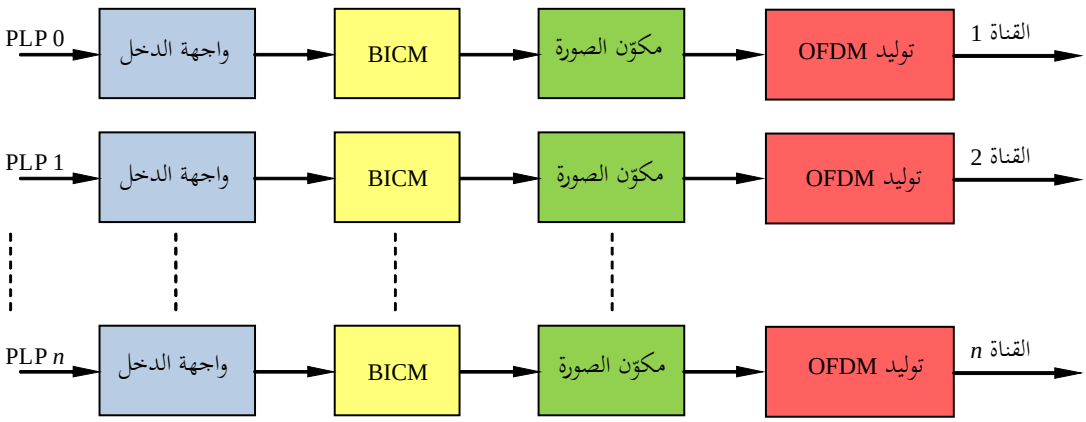


ويرد تعريف تقسيم الزمن–التردد إلى شرائح (TFS) في الجيل الثاني من DTTB في المرجع [8.9]. وفي طريقة تقسيم الزمن–التردد (TFS) ترسل الشرائح الفرعية من PLP عبر ترددات راديوية متعددة أثناء رتل النظام. وهذا يفضي إلى تعدد إرسال إحصائي ثنائي الميدان – إما في الزمن أو في التردد.

وتطبق المخططات الأساسية الواردة في الشكل 14.9 عند استعمال TFS، ولكن يتم تعديل وحدات إنشاء الرتل ووحدات توليد OFDM لتشمل سلاسل إضافية بحيث يكون هناك فرع واحد لكل من قنوات التردد الراديوي N في النظام TFS.

الشكل 14.9

مخطط بياني DVB-T2 عالي المستوى في أسلوب تقسيم الزمن–التردد (TFS)



DTTB-09-14

وفي حالة TFS فإن معدلات البتات القصوى تُقابل المعدلات في الأسلوب العادي للتشغيل. ولكن في حالة التطبيق هذه، يوفر TFS تعدد إرسال إحصائي أكثر مرونة وأفضل أداء للمستقبل من حيث ميزانية الوصلة ومعالجة الإشارات على نحو أكثر كفاءة في أسلوبي دخل متعدد، خرج متعدد/دخل وحيد، خرج متعدد (MIMO/SIMO) في جانب المستقبل.

وثمة المزيد من المعلومات عن TFS في التقرير التقني 35 الصادر عن اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU) [5.9].

3.1.1.9 طرائق نقل الخدمة

الطبقة الثانية من تعدد الإرسال هي تعدد إرسال تدفقات البرامج لتشكيل تدفق وحيد، يدعى تدفق النقل (TS).

وتستخدم أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية والوسائط المتعددة للإرسال المتآون لأنماط مختلفة من البيانات، مستقلة عن عرض نطاق القناة، حالياً تدفق النقل MPEG-2، المعرّف في التوصية ITU-T H.222.0 [6.9]، والمعيار ISO/IEC 13818-1 [7.9]، ونقل الوسائط MPEG (MMT) [75.9] أو تدفق النطاق الأساس \(BB))، المعرّف في المعيار ETSI EN 302 755 [8.9] (انظر أيضاً التوصية ITU-R BO.1784 [9.9] والمعيار ETSI EN 302 307 [151.9]).

تعدد إرسال تدفق النقل MPEG-2. من الاعتبارات الأساسية لدى وضع آلية النقل هي قابلية التشغيل بين الوسائط الرقمية، من قبيل الإذاعة للأرض والتوزيع الكبلي والتوزيع الساتلي ووسائط التسجيل والواجهات الحاسوبية. ويوصي قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد بأن تَستعمل أنظمة التلفزيون الرقمي قواعد تركيب تدفق النقل MPEG-2 TS من أجل ترزيم الإشارات الفيديوية والسمعية وإشارات البيانات وتعديد إرسالها في أنظمة الإذاعة الرقمية. وقد وضعت هذه القواعد MPEG-2 TS (انظر التوصيات ITU-R BT.1207 [10.9] و ITU-R BT.1209-1 [1.9] و ITU-R BT.1299 [25.9]) للتطبيقات التي يكون فيها عرض نطاق القناة أو سعة وسائط التسجيل محدودين، ويكون فيها لشرط وجود آلية نقل فعالة أهمية بالغة.

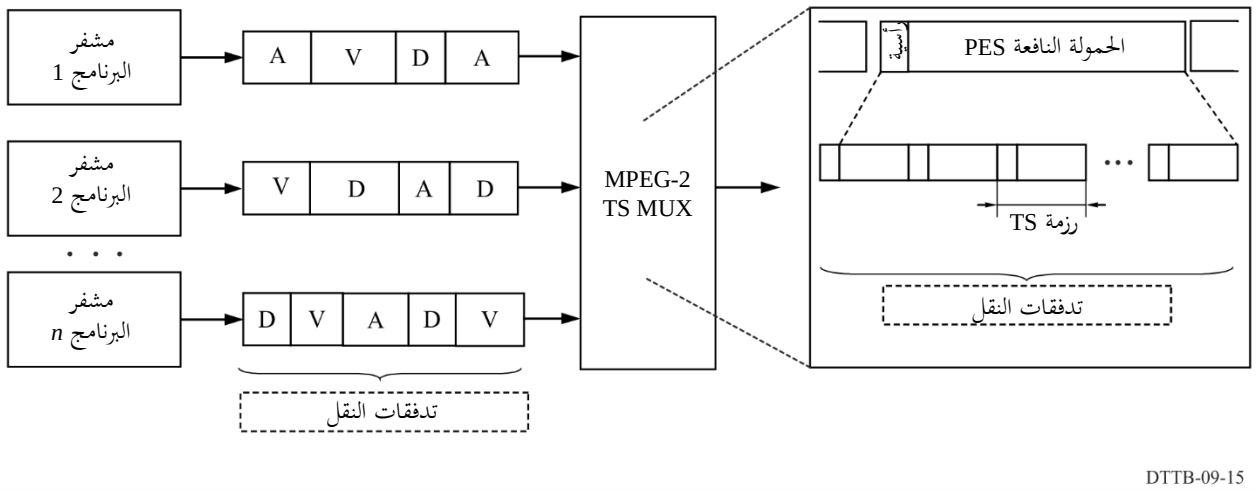
وتحدد التوصية ITU-R BT.1300-3 [11.9] طرائق الترتيل والإرسال وتحديد البيانات ضمن تدفق متعدد البرامج في أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض القائمة على أساس MPEG-2 TS. وهي تغطي المسائل المتعلقة بوسائل تقسيم تدفق البيانات الرقمية إلى "رزم" من المعلومات، ووسائل التحديد الفريد لكل رزمة أو نمط الرزمة، والطرائق المناسبة لتعدد إرسال رزم تدفق بيانات الفيديو، ورزم تدفق البيانات السمعية ورزم تدفق البيانات المساعدة في تدفق بيانات واحد يتكون من تتابع رزم TS من 188 بايتة.

وترد في الشكل 15.9 طبقة النظام لتعدد الإرسال في حالة أسلوب تدفق نقل وحيد.

وتقدم تدفقات البرامج المرزومة (PS) التي تحتوي على معلومات عن الفيديو (V) أو الصوت (A) أو البيانات (D)، المشكّلة على مستوى النظام السابق، إلى معدد إرسال تدفق نقل MPEG-2، حيث يجري مقابلة البرامج المرزومة متغايرة الطول مع نسق تدفق نقل مرزوم بطول رزمة ثابت.

الشكل 15.9

تشكيل تدفق نقل MPEG-2

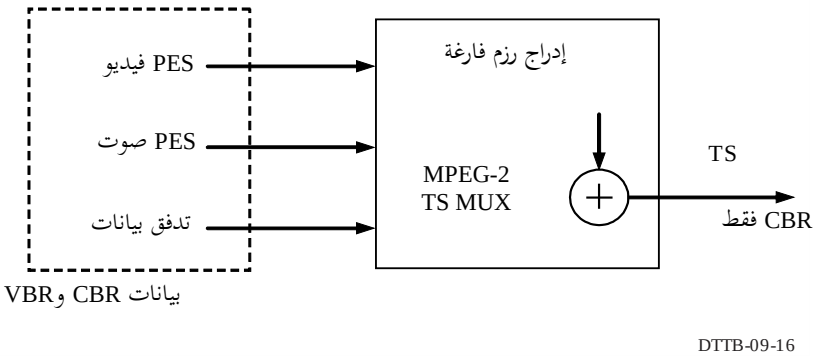


وتوزع رزمة تدفق أولي (PES) واحدة على عدة رزم لتدفق النقل. وبما أن طول الرزمة PES بالبايتات ليس دائماً من مضاعفات 184، فإن بعض رزم النقل (التي تحتوي على بقايا رزم PES) لن تكون مملوءة إلا جزئياً. أما الأجزاء المتبقية من رزم النقل فيجري تبطينها *بحقل تكييف*، يساوي طوله الفرق بين 184 بايتة والجزء المتبقي من PES. وتستخدم حقول التكييف هذه (في بعض الحالات) كقناة توصيل مدمجة لبعض معلومات الخدمة (مثل أختام مرجع ميقاتية البرنامج).

ويتم استمثال تدفق النقل للإرسال عبر بيئة إذاعية، حيث يوفر معدل بتات ثابت عند خرج معدد إرسال النقل. وبما أن التدفقات عند دخل معدد الإرسال قد تكون ذات معدل بتات متغاير (VBR)، بالنسبة للانتقال إلى معدل بتات ثابت (CBR)، فإن الأمر يستدعي إدراج رزم فارغة (انظر الشكل 16.9).

الشكل 16.9

تكييف معدل تدفق بيانات الأولي المرزوم (PES) للبيئة الإذاعية



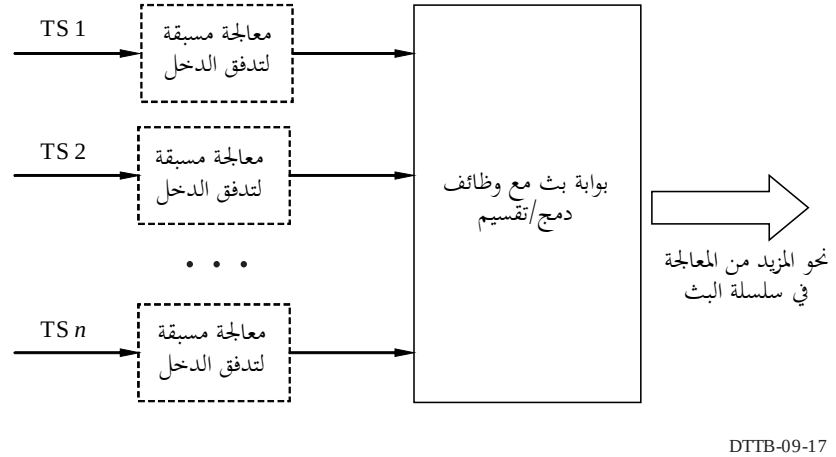
وفي بعض التطبيقات تستخدم الرزم الفارغة كقناة قياس مدمجة لإشارات اختبار الإرسال أو المعلومات التشخيصية.

ويسمح التقدم الحالي في تقنيات الاتصالات والبث بالإرسال ضمن نظام البث التلفزيوني الرقمي لا لتدفق نقل واحد فحسب بل يسمح أيضاً بعدد من تدفقات النقل، ولا يحد من عددها سوى سعة أرتال النظام. وبناء على ذلك، يمكن، تبعاً لتنفيذ النظام، الانتقال من "أسلوب التدفق المفرد" إلى "أسلوب التدفق المتعدد"، مما يوفر مدى واسعاً من الإمكانات، مثل تشكيل تدفق وحيد، يحتوي على معلومات من أي تدفق نقل، من أجل المزيد من إعادة الإرسال.

ويوضح الشكل 17.9 مبدأ "أسلوب التدفق المتعدد".

الشكل 17.9

مبدأ "أسلوب التدفق المتعدد"



وبعد المعالجة المسبقة، تدخل تدفقات نقل الدخل المتعددة بوابة البث، حيث يتم اندماجها لتكوين تدفق مستمر وحيد مع تقسيم إضافي إلى فدرات طبقة الوصلة (الرزم والأرتال وما إلى ذلك). وبالإضافة إلى ذلك، يمكن استخدام الجدولة في بوابة البث، وتطبيق المجموعة المطلوبة من المعلمات والأداء، مثل استخدام فدرات البيانات الوهمية أو الحشو. وهكذا، تنقسم القناة إلى مجموعة من الأنابيب المنطقية المنفصلة، يمكن أن يوفر كل منها إرسال المعلومات من تدفقات نقل منفصلة.

وبوابة البث مطلوبة في الجيل الثاني، بوابة DVB-T2 مثلاً.

وينطوي الترحيل إلى معمارية DVB-T2 على إدراج بوابة T2 في طرف رأسية DTTB وتحديث أجهزة تشكيل DVB-T إلى أجهزة تشكيل DVB-T2، فضلاً عن استبدال أجهزة فك التشفير (STBs) أو أجهزة التلفزيون المتكاملة مع أجهزة DVB-T2 الأمامية. وتبقى المعمارية نفسها بالنسبة إلى أسلوب PLP وحيد أو أسلوب PLP متعدد (M-PLP) [71.9].

وتهدف البوابة T2 إلى تغليف التدفق MPEG-2 TS الوارد في أرتال النطاق الأساسي وإدراج معلومات التزامن للإذاعة SFN والتحكم في تشكيل المحولات وجدولة تشكيل M-PLP، فضلاً عن توزيع تقسيم الزمن–التردد (TFS).

وتتلقى مشكّلات T2 التشكيل من بوابة T2 وتنفذ تشفير القناة بإضافة معلومات التصحيح الأمامي للأخطاء وتبني أرتال T2 وتشكل الإشارة قبل إرسالها عبر الأثير. ويمكن استعمال مكبر DVB-T لبث DVB-T2 عن طريق تحديث مشكّل DVB-T إلى مشكّل DVB-T2.

وقد حدد المعيار DVB-T2 واجهة بروتوكول جديدة هي واجهة مشكّل T2 (T2-MI) للاتصال بين بوابة T2 والمشكّل (المشكّلات). وتحمل الرزم T2-MI البيانات المغلفة في أرتال النطاق الأساسي وتوفر معلومات التزامن عند البث عبر الشبكة SFN وتشمل جميع معلومات التشوير المطلوبة للإرسال. وجميع خصائص PLP وTFS وSFN مجدولة من بوابة T2 وموصوفة ضمن رزم T2-MI المحددة [71.9] و[150.9].

وهناك عدة سبل لتنفيذ مبدأ "أسلوب تعدد التدفقات": تدفقات TS منفصلة ذات تحكم مشترك، وتدفق TS بمعدل بتات مرتفع.

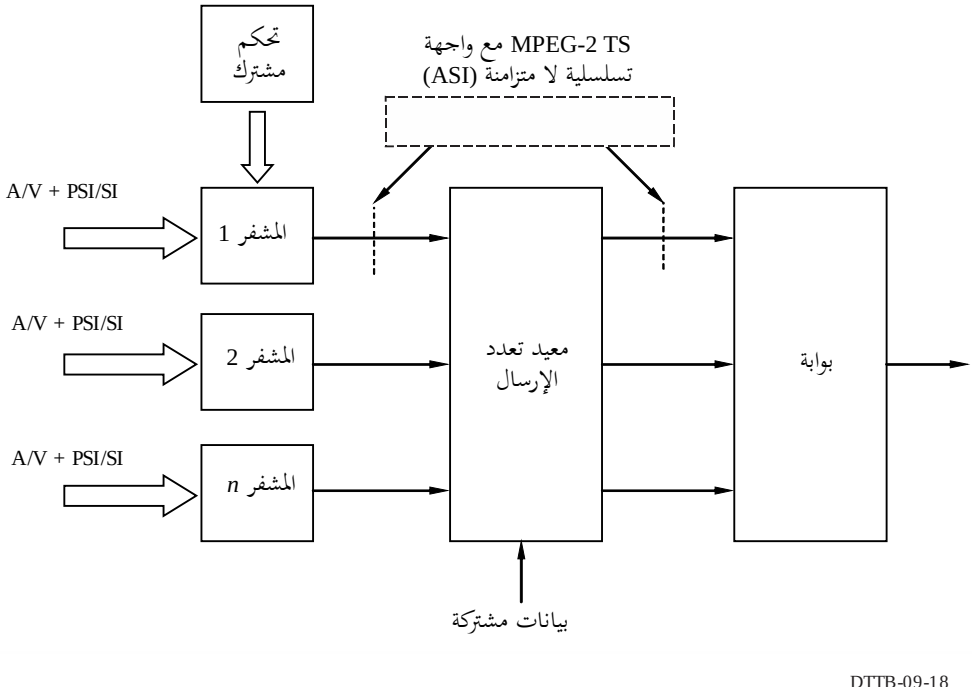
وفي حالة تدفقات TSs منفصلة ذات تحكم مشترك (انظر الشكل 18.9)، يستعمل عدد N من المشفرات بمعدل بتات متغاير. وكل منها ينتج التدفق TS بمعدل بتات ثابت يحتوي على خدمة واحدة (فيديو، إلى جانب مكونات سمعية ومكونات ممكنة أخرى)، حيث تتفاوت نسبة الرزم الفارغة تبعاً لمعدل البتات الآني. وتضمن وحدة تحكم مركزية أن مجموع البيانات (أي بصرف النظر عن الرزم الفارغة) لا يتجاوز الحد الأقصى للسعة الكلية.

وللسماح بإدخال البيانات المشتركة في التدفقات TSs، يجب أن يكون لعدد *N* من التدفقات TSs نفس معدل البتات وينبغي أن تتضمن رزماً فارغة ذات توقيت مشترك بمعدل بتات لا يقل عن معدل البيانات المشتركة. وتدرج هذه البيانات المشتركة في وقت لاحق في السلسلة، لتحل محل الرزم الفارغة ذات التوقيت المشترك، وتحمل في أنبوب PLP المشترك. وينبغي أن يساوي معدل البتات لكل تدفق TS على الأقل ذروة مجموع معدل بتات الخدمة ومعدل بتات البيانات المشتركة.

ومن ثم يتلقى معيد تعدد الإرسال، الذي يفضل أن يتقاسم الموقع مع المشفرات، التدفقات TSs هذه ويستبدل بعض الرزم الفارغة ذات التوقيت المشترك مع البيانات المشتركة، وفقاً لقواعد تقسيم التدفقات TSs إلى أنابيب PLPs البيانات وأنبوب PLP مشترك. ومن ثم يُخرج معيد تعدد الإرسال العدد *N* من التدفقات TSs إلى البوابة بالخصائص المطلوبة. وبهذه الطريقة لا يتعين تعديل قيم مرجع ميقاتية البرنامج (PCR) في أي مكان في السلسلة. وجدير بالذكر، في سياق التنفيذ العملي، أن معيد تعدد الإرسال والبوابة قد يكونا قطعة واحدة من المعدات.

الشكل 18.9

مثال لتدفقات نقل منفصلة ذات تحكم مشترك



DTTB-09-18

وفي حالة تدفق TS بمعدل بتات مرتفع، قد تكون إحدى عمليات التنفيذ باستخدام تعدد إرسال إحصائي بتقسيم الزمن (statmux) عادي ومن ثم تقسيمه إلى عدد *N* من التدفقات TS. ويتم أولاً توليد عدد *N* من التدفقات TS على النحو الوارد أعلاه، ولكن دون اشتراط نفس معدل البتات والبيانات المشتركة ذات التوقيت المشترك، ثم يتم تلقيمها في معدد إرسال. ويقوم معدد الإرسال بعد ذلك بتجميع تدفق TS كبير يحتوي على جميع خدمات التدفقات TS ويشمل أيضاً جميع المعلومات الخاصة بالبرامج/الخدمة (PSI/SI) وغيرها من البيانات المشتركة وفقاً لقواعد التفريع. ويجب ألا يتجاوز معدل البتات لتدفق ST الكبير (مرة أخرى بصرف النظر عن الرزم الفارغة) حدود سعة عدد *N* من التدفقات TSs. واستخدام توزيع TS التقليدي يعني أنه يمكن نقل التدفق TS الكبير إلى موقع آخر، حيث يحدث التفريع.

ويتم تفريع التدفق TS الكبير أخيراً إلى عدد *N* من التدفقات TS باتباع خطوتين:

1) استنساخ التدفق TS الكبير إلى عدد *N* من التدفقات TS المتماثلة؛

2) لكل من هذه التدفقات TS، تستبقى فقط الرزم من أجل أنبوب PLP واحد في التدفق TS باستبدال جميع رزم التدفق TS الأخرى برزم فارغة.

ويكون حاصل عملية التفريع هذه عدد *N* من التدفقات TS، يحتفظ كل منها بمعدل بتات التدفق TS الكبير، ويشتمل على خدمة واحدة وعلى البيانات المشتركة بالزمن مع تدفقات TS أخرى. وبالإضافة إلى ذلك، يتعين تعديل المعلومات PSI/SI في التدفق TS الأصلي بحيث يمكن مثلاً تفريع جدول وصف الخدمات (SDT) (الفعلي) المفرد في دخل التدفق TS إلى عدد *N* من جداول SDT (الفعلية) الجديدة، واحد لكل خرج تدفق TS. ويمكن إجراء العمليات المنفذة في "الموقع الآخر" باستخدام معدات منفصلة لمعدد الإرسال والبوابة أو كقطعة واحدة من المعدات.

والتعقيد الكلي أقل في الحالة الأولى، في حين تتميز الحالة الثانية بإمكانية استخدام تعددات الإرسال statmuxes التقليدية لتوليد التدفق TS الكبير الوحيد.

وثمة فائدة أخرى ممكنة للترتيب الثاني وهي أنه يسمح لمستقبل محترف بإعادة توليد وخرج دخل التدفق TS الكبير الأصلي من خلال فك التشفير ودمج جميع الأنابيب PLP، لأن الرزم الفارغة ستكون في مواقع تكميلية. وقد يكون ذلك مفيداً لتطبيقات إعادة البث أو الرأسية النهائية أو الأرشفة.

ترتيل النطاق الأساسي. تستخدم أرتال النطاق الأساسي (BB) في أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية من الجيل الثاني بوصفها حاويات البيانات الرئيسية، مما يسمح بحمل بيانات تدفق الدخل في نسق MPEG-2 (الأسلوب المتوافق رجعياً) و/أو في نسق تدفق عمومي (GS) مستمر أو مرزوم. وفي حالة حمل تدفقات مرزومة، يمكن مقابلة الرزم مع أرتال النطاق الأساسي بشكل متزامن أو غير متزامن، أي أن كل رتل في النطاق الأساسي قد يحتوي على عدد كامل من الرزم، أو قد تكون الرزم مجزأة عبر رتلين في النطاق الأساسي.

وبعد المعالجة المسبقة للنظام يجري ترتيل النطاق الأساسي بمقابلة رزم المستعمل (UP) في دخل التدفقات المرزومة مباشرة في حقل بيانات الرتل (DATA FIELD) بطول حقل البيانات (DFL). وفي هذه الحالة، يمكن استعمال تدفقات النقل MPEG-2 وأنواع أخرى من التدفقات المدعومة بمثابة تدفقات دخل. وفي حالة تدفق مستمر، تجري عملية التجزئة على قدرات البيانات. وفي حالة إرسال تدفق نقل MPEG-2، يستعاض عن كل بايتة تزامن في رزمة النقل بطول رزمة المستعمل (UPL) بفحص مجموع الإطناب الدوري (CRC-8)، الذي يوفر الحماية من الأخطاء على مستوى الرزم.

نقل الوسائط MPEG (MMT). بروتوكول نقل الوسائط MPEG معرّف في المعيار ISO/IEC 23008-1 [12.9] وفي التوصية ITU-R BT.2074-0 [75.9]. وهو يحدد نسق تغليف مكونات الوسائط وبروتوكول التسليم ومعلومات التشوير لمختلف التطبيقات، بما فيها التطبيقات الإذاعية.

وقد وُضع المعيار ISO/IEC 23008-1 لدعم تسليم بيانات الوسائط عبر الشبكات غير المتجانسة، بما في ذلك قنوات البث وشبكات النطاق العريض. وفي الأنظمة القائمة على نقل الوسائط MMT، يتم تغليف مكونات الوسائط، مثل المكونات الفيديوية والسمعية ومكونات العرض النصي المغلق (cc)، التي تشكل برنامجاً تلفزيونياً، ضمن وحدات تجزئة الوسائط (MFU)/وحدات معالجة الوسائط (MPU). وتُحمل كحمولات نافعة وفق بروتوكول MMT (MMTP) في رزم هذا البروتوكول وتسلَّم في رزم IP. وتغلَّف أيضاً تطبيقات البيانات التي تتعلق ببرنامج تلفزيوني في الوحدات MFU/MPU وتُحمل في رزم البروتوكول MMTP وتسلَّم في رزم IP.

ويتعدد إرسال رزم IP المتولدة على هذا النحو عبر قنوات البث بمخطط تعدد إرسال IP، يشار إليه أيضاً ببروتوكول الطبقة 2 (L2)، ومثال ذلك، مخطط تعدد إرسال قيمة طول النمط (TLV) الموصوف في التوصية ITU-R BT.1869 [2.9].

وفي قنوات البث، يتم تعدد إرسال المكونات الثلاث في تدفق واحد لبيانات IP وتسلَّم في تدفق واحد في الطبقة 2، حيث تسلَّم جميع المعلومات المرسلة إلى جميع مطاريف الاستقبال. ومن ناحية أخرى، تسلَّم المكونات في شبكات النطاق العريض كتدفق بيانات IP منفصل، حيث تسلَّم كل مكونة إلى مطراف الاستقبال الذي يطلبها.

وفي أنظمة الإذاعة القائمة على نقل الوسائط MPEG (MMT)، يمكن بسهولة إدراج مكونات الوسائط المسلَّمة في قنوات مختلفة في رزمة MMT واحدة. وتدعم أنظمة الإذاعة القائمة على MMT التسليم الهجين لمحتوى الوسائط المتعددة.

ولذلك، فإن البروتوكول القائم على MMT يمكّن تلفزيون الإذاعة الهجينة عريضة النطاق (HbbTV) ويُستخدم أيضاً في بعض التطبيقات.

2.1.9 معلومات الخدمة في أنظمة التلفزيون الرقمي

من الممكن، في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)، لتعدد إرسال رقمي واحد أو أكثر أن ينقل عدة خدمات تلفزيونية، يتألف كل منها من مكونة فيديوية أو أكثر ومن مكونة سمعية أو أكثر، ومكونات أخرى خيارية، مثل البيانات المساعدة. ومن الضروري أيضاً إرسال بيانات إضافية لتمكين أجهزة المستعمل من تحديد موقع الخدمة المطلوبة (والمكونات المطلوبة في هذه الخدمة) وتمكين أجهزة المستعمل من توفير بيئة تصفح مناسبة لتمكين سهولة نفاذ المستعمل إلى الخدمات الرقمية المتاحة.

ولتنفيذ ذلك في أنظمة الإذاعة الرقمية للأرض في طبقة البرامج والأنظمة، تدرج المعلومات التي يمكن تصنيفها في مجموعتين فرعيتين: معلومات الخدمة الخاصة بالبرامج (PSI)، والمعلومات التي تدرج على مستوى النظام (SI).

والعناصر الأساسية لمعلومات الخدمة معرفة في التوصية ITU-T H.222.0 [6.9] والمعيار ISO/IEC 13818-1 [7.9]. وتنظم جميع معلومات الخدمة في جداول وتحتوي على بيانات يمكن استخدامها في جهاز الاستقبال من أجل المعالجة والتزامن في طبقات مختلفة: الشبكة والنقل والتطبيقات، وما إلى ذلك.

المعلومات الخاصة بالبرامج MPEG-2. تتألف هذه المعلومات في الحالة العامة، حسبما جاء في [9.6] و[9.7]، من ستة جداول:

- جدول معلومات الشبكة (NIT): يحدد معلمات الشبكة DTTB من قبيل تردد الموجة الحاملة وعرض نطاق القناة ومعلمات تشفير القناة وما إلى ذلك، ويشير إلى معرّف هوية الرزمة (PID) في الشبكة الذي يحمل بيانات يحدد تعريفها وبنيتها في نظام بث رقمي معين.
- جدول ترابط البرامج (PAT): يوفر التقابل بين رقم البرنامج وقيمة معرف هوية الرزمة (PID) لرزم تدفق النقل (TS) التي تحمل معلومات البرنامج.
- جدول تقابل البرامج (PMT): يحدد أنماط المكونات الأولية التي تشكل الخدمة ومعرف هوية الرزمة (PID) في تدفق النقل (TS) الذي يحملها.
- جدول النفاذ المشروط (CAT): يدعم احتياجات التحكم في النفاذ، وهو يصاحب تدفقاً أو أكثر من تدفقات رسائل إدارة التخويل الخاص ويكون لكل منها قيمة PID وحيدة.
- جدول وصف تدفق النقل (TSDT): يتضمن بيانات يمكن أن تشير إلى طريقة إدراج بيانات خاصة في تدفق النقل (TS) أو إلى حمل واصفات يشمل نطاقها جميع الخدمات المحمولة في تدفق النقل (TS).
- جدول معلومات التحكم في بروتوكول إدارة الملكية الفكرية وحمايتها IPMP (ICIT): يستخدم لإدارة الملكية الفكرية وحمايتها (كما هو محدد في المعيار ISO/IEC 13818-11:2004 [76.9]) استناداً إلى معايير إدارة الحقوق الرقمية (DRM) المقتبسة من مواصفات تمديد البروتوكول MPEG-4 IPMP. وتنفيذ نقل ICIT ضمن التدفق MPEG-2 TS معرف في [6.9] و[7.9].

معلومات الخدمة القائمة على MPEG-2. إضافة إلى المعلومات الخاصة بالبرامج (PSI)، تسمح معلومات الخدمة (أو النظام) (SI) بتعرف هوية/اختيار الخدمات أو الأحداث لصالح المستعمل في النظام TS ويمكن أن تقدم أيضاً معلومات عن الخدمات التي تنقلها مختلف معددات الإرسال وحتى الشبكات الأخرى. وتكمل بيانات المعلومات SI جداول المعلومات PSI المحددة في [6.9] و[7.9] بتوفيرها بيانات تساعد في التوليف الأوتوماتي للمستقبلات، ومعلومات مخصصة للعرض على شاشة المستعمل. وتحدد معلومات الخدمة المحددة بالنظام كما يلي:

- تتولد المعلومات SI بحسب لجنة الأنظمة التلفزيونية المتقدمة (ATSC) كما هو محدد في المراجع [88.9-92.9]. وتحدد المواصفات قاعدة بيانات لجدول دليل رئيسي وجدول قناة تقديرية. وقد يشير الجدولان إلى معلومات تخص الأحداث

ورسائل نصوص موسعة تُنقل في تدفقات معرّف هوية رزمة (PID) أخرى، أو قد يحتويان على معلومات تتعلق بأحداث موجودة عبر معددات إرسال نقل أو قنوات تماثلية أخرى.

- المعلومات DVB-T SI محددة في المراجع [96.9-93.9]. وتحدد مواصفة معلومات الخدمة عدداً من الجداول المنقولة في عدة قيم PID مخصصة مسبقاً. وتشمل جدول معلومات الشبكة (NIT) وجدول وصف الخدمات (SDT) وجدول معلومات الحدث (EIT) وجدول تخالف الوقت (TOT) وجدول حالة التشغيل (RST) وجدول الساعة والتاريخ (TDT) وجدول ترابط الباقات (BAT).
- المعلومات ISDB-T SI والمبادئ التوجيهية لاستعمالها محددة في المراجع [99.9-97.9]. ويحدد معيار المعلومات SI هذا عدداً من الجداول المنقولة في عدة قيم PID مخصصة مسبقاً. وتشمل جدول معلومات الشبكة (NIT)، وجدول وصف الخدمات (SDT)، وجدول معلومات الحدث (EIT)، وجدول تخالف الوقت (TOT)، وجدول حالة التشغيل (RST)، وجدول الساعة والتاريخ (TDT)، وجدول ترابط الباقات (BAT)، وجدول معلومات الأحداث المحلية (LIT)، وجدول علاقات الأحداث (ERT)، وجدول إرسال الدليل (ITT)، وجدول الإعلان عن المحتويات جزئياً (PCAT)، وجدول الحشو (ST)، وجدول معلومات الهيئة الإذاعية (BIT)، وجدول معلومات لوحة الشبكة (NBIT)، وجدول الوصف المترابط (LDT).

معلومات خدمة MMT. يستخدم بروتوكول نقل وسائط MPEG (MMT) النوع الخاص به من معلومات الخدمة ويعاد استخدام بعض عناصر المعلومات MPEG-2 SI.

وهناك ثلاثة أنواع من معلومات تشوير MMT: الرسالة والجدول والواصف. وقد تكون هذه الأنواع من المعلومات مشتركة بالنسبة لجميع الأنظمة أو قد تكون خاصة بنظام محدد.

وتستخدم الرسائل MMT المشتركة لأنظمة البث للإشارة إلى بداية معلومات التشوير MMT، ورسالة معلومات عرض الوسائط (MPI)، وتسليم المعلومات المتعلقة بالميقاتية، ومعلومات عن قدرات الأجهزة المطلوبة لاستهلاك المحتوى وغيرها من المعلومات. وفيما يلي جداول معلومات التشوير MMT المشتركة من حيث النمط:

- جدول النفاذ إلى الرزمة (PA): يقدم معلومات عن جميع جداول التشوير الأخرى (مثل جدول النفاذ إلى الرزمة (PAT) في أنظمة MPEG-2).
- جدول معلومات عرض نقل الوسائط (MPI): يقدم معلومات العرض.
- جدول رزمة MMT (MP): يقدم معلومات التشكيل عن رزمة MMT، من قبيل قوائم الأصول ومواقعها.
- جدول معلومات علاقة الميقاتية (CRI): يقدم واصف معلومات علاقة الميقاتية (CRI).
- جدول معلومات قدرات الجهاز (DCI): يقدم معلومات عن قدرات الجهاز المطلوبة لاستهلاك الرزمة.
- جدول قائمة الرزمة: يقدم تدفق بيانات IP ومعرف هوية الرزمة في رسالة النفاذ إلى الرزمة (PA) لرزمة MMT كخدمة إذاعية.

وتوفر واصفات معلومات التشوير MMT من النوع المشترك العلاقة بين خاتم الزمن MMT وميقاتية النظام MPEG-2 من أجل المزامنة ووقت عرض فدرة بيانات MMT، وما إلى ذلك.

3.1.9 كدسة البروتوكولات لنظام الإذاعة التلفزيوني الرقمي

1.3.1.9 مبادئ عامة

يحدد التقرير ITU-R BT.1223 [13.9] النماذج الطبقية لأنظمة الإذاعة الرقمية. ووفقاً لهذا التقرير، تم اختيار نموذج التوصيل البيني للأنظمة المفتوحة (OSI) كنموذج للنظام الأساسي مع تقسيم معالجة الإشارات إلى سبع طبقات: المادية والوصلة والشبكة والنقل والدورة والعرض والتطبيق.

وفي كل من هذه الطبقات، تنفذ وظائف معينة في بيانات خدمة البث. وتم لكل نظام تعريف كدسة البروتوكولات التي توفر هذه الوظائف.

وكل من البروتوكولات هو عبارة عن واجهة لطبقتين مجاورتين، وهو يحدد ترتيب ومبادئ تحويل البيانات لنقلها إلى الطبقات العليا والسفلى من كدسة البروتوكولات.

ومع مراعاة الطبيعة المتباينة نوعاً ما للإذاعة الرقمية وأنظمة الاتصالات التقليدية، تحدد كدسة البروتوكولات في أنظمة الإذاعة الرقمية حتى الطبقة الرابعة من النموذج OSI. ولا تحدد الطبقات المتبقية في غالبية مواصفات النظام وإنما تحدد مباشرة بواسطة التطبيقات التي يحملها النظام.

وبما أن نقل المعلومات لا يقتصر على البيئات الإذاعية التقليدية، مثل الاتصالات للأرض والكبلية والساتلية، بل يشمل أيضاً شبكات الاتصالات الأخرى، مثل الإنترنت، فإن كدسة البروتوكولات يمكن أن تتغير من عملية تنفيذ لأخرى.

2.3.1.9 النموذج الطبقي لنظام البث

في ضوء ما تقدم، وبما أنه يمكن في حالة الأنظمة التفاعلية تنظيم قناة العودة بواسطة أي شبكة اتصالات أخرى، فإن البروتوكولات حتى الطبقة الرابعة من النموذج OSI محددة في أنظمة الإذاعة الرقمية نفسها. وتحدد أيضاً بروتوكولات أخرى مستقلة عن الأنظمة.

وبالإضافة إلى ذلك، وبما أن عمليات تنفيذ الأنظمة تختلف إلى حد ما، قد تكون كدسة البروتوكولات متنوعة أيضاً. ولهذا يعرض فيما يلي أدناه نموذج بروتوكول معمم لأنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية، دون الإشارة إلى كدسة البروتوكولات الخاصة بالتنفيذ، والتي سوف تحدد في القسم 2.9 من هذا الكتيب. ويستند هذا النموذج المعمم إلى التوصيات والمواصفات القائمة للتطبيقات التالية: الإذاعة التلفزيونية والوسائط المتعددة، والخدمات القائمة على بروتوكول الإنترنت، وبث البيانات غير القائم على بروتوكول الإنترنت (انظر الشكل 19.9).

الشكل 19.9

كدسة البروتوكولات المعممة لنظام البث

<table>
<tr><td>الخدمات القائمة على IP</td><td colspan="2">خدمات الوسائط المتعددة A/V</td><td>خدمات البيانات</td><td>خدمات التلفزيون</td></tr>
<tr><td>البيانات</td><td colspan="2">الفيديو والصوت</td><td>البيانات والتحكم</td><td>الفيديو والصوت</td></tr>
<tr><td colspan="2">IP أو بروتوكول تشوير آخر</td><td>قسم MPEG-2</td><td>MPEG-2 PES</td></tr>
<tr><td colspan="2">نطاق أساس قائم على تغليف تدفق نوعي (GSE) أو تدفق نظام آخر</td><td colspan="2">MPEG-2 TS</td></tr>
<tr><td colspan="5">طبقة النقل (التلفزيون للأرض والواجهات الهوائية لبث الوسائط المتعددة،
من قبيل DVB-T وATSC وISDB-T FLO وT-DMB)</td></tr>
<tr><td colspan="5">الطبقة المادية (القناة للأرض)</td></tr>
</table>

DTTB-09-19

3.3.1.9 النموذج الطبقي في الأنظمة التفاعلية والتطبيقات الجديدة

بما أن من الممكن اليوم تنفيذ التطبيقات الإذاعية بأساليب متناظرة وغير متناظرة، فيتعين النظر في نوعين من كدسات البروتوكولات–كدسة البروتوكولات لتطبيقات البث الأحادي الاتجاه، وكدسة البروتوكولات لتطبيقات البث ثنائي الاتجاه. ويطبق كل من كدسات البروتوكولات على الأنظمة الإذاعية النموذجية التي تحتوي على قناة إرسال من محطة البث إلى المستعمل أو على الخدمات التفاعلية ضمن خدمات البث مع قناة إرسال من محطة البث إلى المستعمل ومن المستعمل إلى محطة البث على السواء.

ولذلك، تم اختيار مفهوم الفصل بين البروتوكولات إلى مجموعتين – مجموعة تعتمد على الشبكة ومجموعة مستقلة عن الشبكة.

وتوجد البروتوكولات التي تعتمد على الشبكة في كدسة البروتوكولات حتى الطبقة 4 من النموذج OSI – أي في الطبقات المادية ووصلة البيانات والنقل والشبكة. وقد وضعت البروتوكولات التي تعتمد على الشبكة فيما يتعلق بالإذاعة التلفزيونية والوسائط

المتعددة من خلال عدة أنظمة منها لجنة الأنظمة التلفزيونية المتقدمة (ATSC) والإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDB) والإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB)، وغيرها. وقد اعتمد بعض البروتوكولات من شبكات الاتصالات (النظام العالمي للاتصالات المتنقلة GSM والاتصالات اللاسلكية الرقمية المعزَّزة DECT والجيل الثالث 3G، وغيرها) لاستخدامها في شبكات الاتصالات التفاعلية. ويسمح استخدام شبكات الاتصالات من أجل تنظيم القناة التفاعلية باستخدام البنية التحتية للاتصالات القائمة، وإلى حد ما، بتخفيض الاستثمارات المطلوبة لتنفيذ التفاعلية في الأنظمة الإذاعية.

وتوضع البروتوكولات المستقلة عن الشبكة في كدسة البروتوكولات من الطبقة الرابعة من نموذج OSI فما فوق وهي غير محددة في معظم الحالات بمعايير نظام البث. وهنالك بعض الاستثناءات في معايير البرمجيات الوسيطة (المنصة المنزلية لتعدد الوسائط MHP، والمنصة المحلية المتعددة الوسائط التي يمكن تنفيذها عالمياً GEM، والنظام الساتلي Ginga، ورابطة صناعات ودوائر الأعمال في مجال الاتصالات الراديوية (اليابان) ARIB، وبيئة دعم التطبيقات الموزعة DASE، وإدارة الملكية الفكرية IMP، وفريق خبراء تشفير المعلومات متعدّدة الوسائط الترابطية MHEG، وغيرها) المستقلة عن الشبكة. وتطبيق هذه البيئات الوسيطة خياري تحدده قوى السوق.

وتستخدم البروتوكولات المستقلة عن الشبكة في التطبيقات التفاعلية وتقديم البيانات من أي نوع إلى المستعمل. ويمكن تصنيف جميع هذه البروتوكولات في نوعين: بروتوكولات لنقل البيانات من أجل الخدمات التفاعلية والإذاعية (صوت و/أو فيديو و/أو بيانات)، وبروتوكولات لتنزيل/تحميل البيانات وتفاعلها من خلال قنوات البث أو القنوات التفاعلية.

وتطبيق البروتوكولات المستقلة عن الشبكة ليس جديداً على الأنظمة الإذاعية وليس ابتكاراً للخدمات التفاعلية. ومن الممكن النظر في بروتوكولات MPEG وغير MPEG في طبقة العرض التقديمي التي تحدد بنية ومعلمات تدفق رقمي من المحتوى المشفر. ومن الأمثلة على البروتوكولات المستقلة عن الشبكة إمكانية استخدام أساليب الانضغاط مثل MPEG-2 وMPEG-4/AVC/SVC وMPEG-HEVC وVC-1 ضمن أنظمة التلفزيون الرقمي وبث الوسائط المتعددة.

ويمكن، في نقل المعلومات غير الصوت والفيديو، استخدام بروتوكول مستقل عن الشبكة مثل الأوامر والتحكم في وسائط التخزين الرقمية (DSM-CC) [22.9].

وعلاوة على ذلك، ولإمكانية نقل بيانات الخدمات التفاعلية، يمكن استخدام البروتوكولات المنتشرة المستقلة عن الشبكة مثل بروتوكول مخطط بيانات المستعمل (UDP) وبروتوكول الإنترنت (IP) وبروتوكول النقل في الوقت الفعلي (RTP)، وغيرها. وثمة معلومات أكثر تفصيلاً واردة في التوصية ITU-R BT.1434 {14.9]، وكذلك في الأسس الناظمة التي تتناول أنظمة الإذاعة الراهنة.

4.1.9 تقنيات نقل البيانات عبر أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)

1.4.1.9 الجوانب العامة

بالإضافة إلى نقل الصوت والفيديو والبيانات المساعدة إلى البرنامج التلفزيوني (مثل النصوص الجارية والنصوص التلفزيونية، وما إلى ذلك)، تسمح أنظمة التلفزيون الرقمية بنقل أنواع أخرى من بيانات الخدمة غير الإذاعية. وقد أصبح ذلك ممكناً في المقام الأول بفضل تطبيق أساليب جديدة لانضغاط المعلومات السمعية البصرية والتقنيات الأخرى مما يسمح بتقليل عرض النطاق اللازم لتسليم الصوت والفيديو عالي الجودة، ومما يؤدي إلى تحرير بعض قدرات القناة لتدفقات بيانات إضافية. وتسمح هذه المرونة بمفهوم استخدام النظام بمثابة "حاوية"، علماً بأن السعة المستخدمة للبيانات لا يمكن استخدامها أيضاً لمحتوى برنامج صوت/فيديو.

ويرد شرح المبادئ الأساسية لبث البيانات في التقارير ITU-R BT.956 [32.9] وITU-R BT.1210 [127.9] وITU-R BT.1225 [128.9].

وبصفة عامة، يستند بث البيانات في نظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية إلى مبادئ معينة محددة في التوصية ITU-R BT.807 [15.9].

ووفقاً لهذه التوصية، ورغبة في توفير إمكانية التشغيل مع أنظمة الاتصالات الأخرى، ينبغي أن تستند معمارية الأنظمة الإذاعية للبث إلى النهج متعدد الطبقات للتوصيل البيني للأنظمة المفتوحة (OSI) لدى المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) للمرجع الأساسي الموصوف في المعيار ISO 7498 [16.9].

ويرد في الجدول 1.9 النموذج المرجعي الأساسي OSI لدى ISO في سياق البث الإذاعي.

ولا تشير البنود الوظيفية المدرجة في كل مستو تراتبي إلى حلول تنفيذ محددة وإنما إلى السمات المنطقية الشاملة التي تعتبر كافية لتوصيف خدمة وأداء أي نظام نموذجي للبث الإذاعي.

ولا تزال شبكات البث أحادية الاتجاه أساساً. وحتى في حالة إدخال خدمات تفاعلية جديدة، يستخدم مسير العودة في معظم الحالات نمطاً مختلفاً من الشبكات (من قبيل شبكات بروتوكول الإنترنت). وهذه الحالة مدرجة ضمن نموذج OSI من 7 طبقات بمفهوم عملية "عديمة الوصلة". وفي الاتصالات الشائعة، تشير فئة الإرسال عديمة الوصلة عادة إلى بروتوكول أحادي الاتجاه افتراضي، حيث توجد مسيرات بيانات ثنائية الاتجاه مادية، ولكنها تستخدم فقط في اتجاه واحد. ومع ذلك، فإن المفهوم يشمل أيضاً حالة أحادية الاتجاه مادياً. وفي كلتا الحالتين، يحتاج الأمر إلى اتفاق مسبق على غرض وأهمية بث البيانات. وفي حالة بث البيانات، يجب وضع هذا الاتفاق عن طريق وسائل اتصال أخرى، على الرغم من أنه سيكون في كثير من الأحيان ضمنياً، كما هو الحال في الغرض من المعدات المبيعة إلى المستعمل.

الجدول 1.9

النموذج المرجعي الأساسي ISO OSI في سياق البث الإذاعي

الطبقة	الوظيفة الرئيسية	التصنيف
7 التطبيق	استعمال المعلومات في مستوى التطبيق	بروتوكول معلومات الخدمة
6 التقديم	تحويل وتقديم المعلومات	
5 الدورة	انتقاء المعلومات والنفاذ إليها	
4 النقل	استبانة مجموعات البيانات	
3 الشبكة	استبانة القناة المنطقية	نظام بث البيانات
2 وصلة البيانات	الوصل مع وحدة الإرسال المنطقي	
1 المادية	الإرسال المادي	نظام الإذاعة للأرض

وآليات بث البيانات ضمن نظام الإذاعة الرقمية محددة في سلسلة معايير المعهد الأوروبي لتقييس الاتصالات (ETSI) ورابطة صناعات ودوائر الأعمال في مجال الاتصالات الراديوية (اليابان) (ARIB) ولجنة الأنظمة التلفزيونية المتقدمة (ATSC) (انظر المرجعين [29.9 و30.9] بالنسبة للإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB) و[100.9] بالنسبة إلى ATSC و[101.9] و[31.9] من أجل الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDB).

ووفقاً لهذه الوثائق، ينبغي النظر في الآليات التالية:

- أنابيب البيانات؛
- تدفق البيانات؛
- التغليف؛
- دوامة البيانات؛
- دوامة الأشياء؛
- البروتوكولات الأعلى القائمة على تدفقات البيانات غير المتزامنة.

ويستمثل كل من هذه الآليات لتطبيقات معينة ويسمح بمفاضلة معينة بين استعمال نطاق التردد ومدة تسليم البيانات ورأسية النظام. وبناء عليه، يتحدد اختيار آلية إرسال معينة بموجب متطلبات التطبيق.

وفي الوقت الحاضر، فإن سلسلة معيار MPEG-2، التي اختيرت كأساس لمستوى النظام DTTB، هي الأساس لتعريف آليات إرسال البيانات. ومن بينها من الممكن التمييز بين هذه المعايير بحسب المراجع [6.9، 7.9] [22.9]، بما في ذلك التمديدات للأوامر

والتحكم في وسائط التخزين الرقمي (DSM-CC). وقد تم أثناء تطوير أنظمة الإذاعة الرقمية الحالية والمستقبلية على السواء تنفيذ بعض التحسينات لتوسيع قدرات الأنظمة مقارنة بمعايير النظام الأساسية.

وكموجة حاملة أساسية لخدمات البيانات، يستخدم تدفق النقل MPEG-2 وتدفق النطاق الأساسي، حيث تدرج المعلومات المطلوبة عن طريق الآليات المذكورة أعلاه وتسلم إلى المستعمل من خلال نظام البث. وفي هذه الحالة، يمكن استخدام أي من عناصر النظام ومستوى النقل على النحو المطلوب، بما في ذلك حقول الحشو أو التكييف.

أنابيب البيانات. يستخدم مبدأ "أنبوب البيانات"، في الوقت الراهن، في تنفيذ البث الإذاعي للبيانات في الجيل الأول من أنظمة التلفزيون الرقمي للأرض والوسائط المتعددة، وهو مقبول كمبدأ أساسي في أنظمة الجيل الثاني، حيث يمكن تطبيق أنابيب الطبقة المادية (PLPs) التي تمكّن من نقل البيانات مهما كانت بنيتها على أساس معلمات مادية محددة بأنبوب PLP قابل للاختيار بحرية.

وتستعمل آلية الإرسال عبر أنابيب البيانات في خدمات بث البيانات التي تتطلب توصيلاً بسيطاً وغير متزامن من طرف إلى طرف من خلال شبكات البث.

ويرد في الجدول 2.9 نموذج عام لأنابيب البيانات.

الجدول 2.9

نموذج عام لأنابيب البيانات في بيئة MPEG-2 TS

التطبيق
خاص بالخدمة
أنابيب البيانات
تدفق النقل MPEG-2

ويتم، في أثناء الإرسال في التدفق MPEG-2 TS بواسطة آلية أنابيب البيانات، الإدراج المباشر لفدرات البيانات بعد التجزئة (إذا لزم الأمر) في الحمولة النافعة لرزم النقل مع معلومات الخدمة المقابلة لتوفير إمكانية التعرف واستخلاص هذه البيانات في مطراف المستعمل.

تدفق البيانات. أصبحت آلية الإرسال هذه منتشرة على نطاق واسع في تطبيقات معدل البتات المنخفض، مثل تدفق الفيديو عبر الإنترنت، حيث تجري معالجة مسبقة مشتركة للفيديو لفدرة البيانات الحالية والتخزين المؤقت لفدرات البيانات التالية اللازمة لعرض بيانات الفيديو. ويرد في الجدول 3.9 النموذج العام لتدفق البيانات.

الجدول 3.9

النموذج العام لتدفق البيانات في بيئة MPEG-2 TS

التطبيقات
خاص بالخدمة
تدفق البيانات
التدفق الأولي للبرنامج
تدفق النقل MPEG-2

وأثناء تدفق البيانات، وتبعاً لمتطلبات التطبيق، قد يحتاج الأمر أو لا يحتاج لنقل متآون أو متزامن للبيانات.

ويعرّف تدفق البيانات المتآون بأنه تدفق البيانات مع متطلبات التوقيت بمعنى أنه يمكن إعادة توليد البيانات والميقاتية عند المستقبل في تدفق بيانات متآون.

ويعرّف تدفق البيانات المتزامن بأنه تدفق البيانات مع متطلبات التوقيت بمعنى أنه يمكن استعادة تسجيل البيانات داخل التدفق بالتزامن مع أنواع أخرى من تدفقات البيانات (مثل الصوت والفيديو).

ويعرّف تدفق البيانات غير المتآون بأنه تدفق البيانات فقط دون أي متطلبات توقيت.

ومن الممكن توفير هذه المتطلبات في نظام البث بطرائق المزامنة، المعرّفة مباشرة في معيار النظام MPEG-2 مع المزامنة المدمجة.

2.4.1.9 النصوص الجارية والنصوص المصاحبة المغلقة

تعرّف لغة الوسم HTML5 النصوص الجارية بأنها "كتابة أو ترجمة للحوار ... عندما يكون الصوت متاحاً ولكنه غير مفهوم" من قبل المشاهد (الحوار بلغة أجنبية مثلاً) والنصوص الوصفية بأنها "كتابة أو ترجمة للحوار، والمؤثرات الصوتية، والإشارات الموسيقية ذات الصلة، وغيرها من المعلومات الصوتية ذات الصلة ... عندما يكون الصوت غير متوفر أو غير مسموع بشكل واضح" (عندما يكون الصوت مخمداً أو المشاهد أصماً أو ضعيف السمع). ويقال إن النصوص الوصفية "مغلقة" عندما تكون غير مرئية عادة وتحتاج إلى اختيار من قبل المشاهد.

وفي عملية البث، يمكن استخدام نفس التقنية لتقديم كل من النصوص الجارية والوصفية، ولذلك غالباً ما يستخدم المصطلحان أحدهما مكان الآخر.

وأياً كان المصطلح المستخدم، فإن النصوص الجارية أو الوصفية تضفي قيمة للمشاهد في فهم القصة والمشهد والسياق في برامج البث سواء من قبل المشاهدين الذين يعانون من صعوبات في السمع، أو من قبل المشاهدين الذين يكون التسجيل الصوتي في البرنامج لديهم بلغة أجنبية.

وقد استخدمت صناعة البث هذه الأنظمة لفترة طويلة – وكانت متاحة على نطاق واسع في التلفزيون التماثلي. ويتيح الانتقال إلى التلفزيون الرقمي إمكانية تقديم مجموعات متعددة من النصوص الجارية/الوصفية: في البلدان المتعددة اللغات مثلاً، يمكن توفير نصوص جارية منفصلة في كل لغة. ويمكن استخدامها لا لتمثيل الحوار المنطوق فقط، وإنما لتمثيل أصوات أخرى هامة لفهم البرنامج.

وهناك أنواع مختلفة من النصوص الجارية. إذ يحدد المعيار ETSI EN 300 743 [79.9] مثلاً الطريقة التي يمكن بها ترميز النصوص ونقلها في تدفقات نقل الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB). ويستند نقل العناصر الرسومية المشفرة إلى نظام MPEG-2 الموصوف في المرجعين [6.9، 7.9].

وهناك أنساق أخرى لتقديم النصوص الجارية (انظر [17.9]) وهي:

- معايير ARIB للنصوص الوصفية المغلقة استناداً إلى تحسينات مخطط تشفير السمات؛
- نسق SMPTE للنص الموقوت؛
- نسق EBU للنص الموقوت (EBU-TT)؛
- لغة وسم النص الموقوت بحسب ARIB (ARIB-TTML)؛
- جانبيات النص والصورة TTML لنصوص وسائط الإنترنت الجارية والوصفية 1,0 (IMSC-1)؛
- النصوص الجارية لتلفزيون الإذاعة الهجينة عريضة النطاق (HbbTV).

ويقدم الفصل 14 في هذا الكتيب المزيد من المعلومات عن النصوص الجارية والنصوص الوصفية.

ويشمل المعيار ETSI TS 102 823 [77.9] تعريف الكيفية التي يمكن بها تشفير تدفقين أساسيين أو أكثر من خدمة معينة بحيث تراعى قواعد نموذج التوقيت ومن ثم ضمان إمكانية مزامنتها ضمن المستقبِل. وبينما يركز وصف نموذج التوقيت هذا على الفيديو والصوت فإنه ينطبق على أي نوع من تدفق البيانات. وتستخدم فعلاً مواصفات DVB الحالية لنقل النظام B للنص التلفزيوني لدى القطاع ITU-R في تدفقات بتات DVB وأنظمة النصوص الجارية. ولكنها غير قابلة للتوسيع بسهولة لتطبيقها على نقل أنواع أخرى من البيانات "المساعدة" التي يتعين مزامنتها.

3.4.1.9 البروتوكولات الأعلى القائمة على تدفقات البيانات غير المتزامنة

من شأن استخدام البروتوكولات الأعلى لبث البيانات بالاستناد إلى تدفقات البيانات غير المتزامنة أن يدعم إرسال البروتوكولات التي تتطلب توصيل بيانات غير متزامنة موجهة نحو التدفق عبر شبكات البث. ويجري حمل أرتال بيانات هذه البروتوكولات في التدفق الأولي المرزوم (PES) المحدد في أنظمة MPEG-2.

1.3.4.1.9 دوامة البيانات

تستخدم دوامة البيانات للتطبيقات التي تتطلب نقلاً دورياً عبر شبكات بث البيانات، والتي قد تتكرر بشكل دوري أو يمكن تحديثها من وقت لآخر. ومن أمثلة هذا التطبيق النصوص التلفزيونية، مما يسمح بالتنقل عبر مجموعة من صفحات المعلومات مع إمكانية الوصول إلى أي منها.

ويرد في الجدول 4.9 نموذج عام لدوامة البيانات.

الجدول 4.9

نموذج معمم لدوامة البيانات في بيئة MPEG-2 TS

التطبيقات
خاص بالخدمة
دوامة البيانات
بيانات DSM-CC
القسم
تدفق النقل MPEG-2

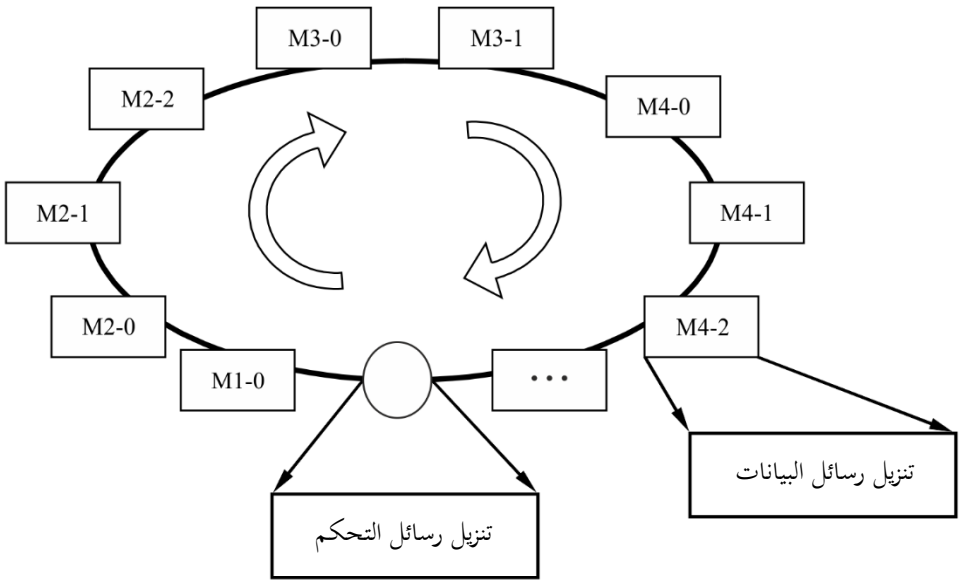
وقد تم اختيار معيار ISO/IEC 13818-6، الذي يحتوي على المبادئ الرئيسية لدوامة الأوامر والتحكم في وسائط التخزين الرقمي (DSM-CC)، كأساس لمختلف تطبيقات دوامة البيانات. وتم توسيع نطاق تنفيذ المواصفات الأساسية لدوامة البيانات في مختلف أنظمة البث للسماح بإدخال معلومات خدمة إضافية، وتوسيع سلسلة عناصر الدوامة، وما إلى ذلك.

وفدرة البيانات الأولية في دوامة البيانات هي "النميطة"، التي يمكن بثها كوحدة منفردة، أو مندمجة في مجموعات و/أو مجموعات كبرى (الشكل 20.9). وللسماح بتحديث أو تصحيح أو استبدال المعلومات في دوامة البيانات، يمكن إدراج نمائط منفصلة أو إزالتها أو تحديثها أثناء التشغيل ("على الماشي").

وترسل كل نميطة بشكل دوري وتحتوي على رسائل بيانات التنزيل، ويتم تعريف كل منها باستخدام مواصفات الأوامر والتحكم DSM-CC. ويعتمد عدد هذه الرسائل على حجم النميطة والحمولة النافعة القصوى لكل رسالة بيانات تنزيل. ويتم توفير معلومات تصف كل نميطة وأي تجميع منطقي لها بواسطة رسائل التحكم في التنزيل.

الشكل 20.9

مبدأ دوامة البيانات



DTTB-09-20

وتحدد التوصية ITU-R BT.653 [18.9] المبادئ الأساسية لإرسال النصوص في الأنظمة التلفزيونية. وهي توفر معلومات عن أنظمة النصوص التلفزيونية، التي وضعت للاستخدام أساساً في أنظمة التلفزيون الواردة في التوصية ITU-R BT.470 [19.9]. والغرض من خدمة النص التلفزيوني هو في المقام الأول عرض نص أو مواد مصورة في شكل ثنائي الأبعاد أعيد بناؤه من البيانات المشفرة على شاشات أجهزة الاستقبال التلفزيونية المجهزة تجهيزاً مناسباً.

وتحدد التوصية ITU-R BT.1301 [20.9] والمعيار ETSI EN 300 472 [21.9] الطريقة التي يمكن أن ينقل بها نظام النص التلفزيوني، وفقاً للمرجع [18.9]، في تدفقات بتات الإذاعة الفيديوية الرقمية. وتهدف آلية النقل هذه إلى الوفاء بالشروط التالية:

- أن تدعم، عند الحاجة، تحويل شفرة بيانات النص التلفزيوني إلى فترة الطمس الرأسية (VBI) في نظام فيديوي تماثلي؛
- أن تكون الإشارة، بعد تحويل شفرتها، متوافقة مع مستقبلات التلفزيون القائمة المجهزة بمفككات تشفير النص التلفزيوني؛
- أن تكون آلية الإرسال قادرة على إرسال النصوص الجارية مع توقيت دقيق بالنسبة إلى الإشارة الفيديوية (أي في حدود دقة الرتل أو ما يقاربها).

وتنقل بيانات النص التلفزيوني في رزم أولية PES تُحمل في رزم من تدفق النقل المحددة في المرجعين [6.9 و7.9]. ويتحدد معرف هوية الرزمة (PID) لتدفق نص تلفزيوني مرتبط بخدمة ما في جدول تقابل البرامج (PMT) من المعلومات الخاصة بالبرامج (PSI) لهذه الخدمة.

تحديثات برمجيات النظام. ما فتئت برمجيات المستقبلات تزداد تعقيداً. ولضمان وظيفية جهاز الاستقبال وكذلك زيادة وظائفه بعد نشره في الميدان، يحتاج الأمر إلى خدمة لتحديث البرمجيات. ويحدد المعيار ETSI TS 102 006 [78.9] آلية قياسية للإشارة إلى خدمة تحديث البرمجيات والوسائل اللازمة لنقل البيانات من أجل خدمة تحديث البرمجيات هذه. وهي تستند إلى المعايير ISO/IEC 13818-6 وETR 162 وETSI EN 300 468 للتشوير ومعيار ETSI EN 301 192 لنقل البيانات. ويستند بروتوكول الإرسال إلى مواصفات دوامة البيانات DSM-CC (ISO/IEC 13818-6) وإلى مواصفات دوامة البيانات DVB. ويستخدم المرجع [31.9] في أنظمة الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDB).

وترسل تحديثات برمجيات الأنظمة المتعددة لمصنعين متعددين كمجموعات في دوامة بيانات من طبقتين. وتستخدم رسالة استهلال تنزيل المخدم DSI (DownloadServerInitiate) كنقطة دخول في الدوامة ويتقاسمها العديد من المصنعين. ويمكن أن يكون لمصنّع

واحد تحديثات متعددة، وكل تحديث في مجموعة منفصلة. ويفترض أن من الممكن إرسال جميع المجموعات والنمائط في تدفق أولي مشترك.

2.3.4.1.9 دوامة الأشياء

تستخدم دوامة الأشياء للتطبيقات التي تتطلب البث الدوري للأشياء من مستعمل إلى مستعمل (U-U) في الأوامر والتحكم في وسائط التخزين الرقمي (DSM-CC) عن طريق شبكات البث. وفي هذه الحالة يجري بث البيانات وفقاً لدوامة أشياء DSM-CC ومواصفة دوامة بيانات DSM-CC المحددتين في MPEG-2 DSM-CC (انظر ISO/IEC 13818-6 [22.9]).

ويمكن تصنيف الأشياء وفقاً لمواصفات DSM-CC بشأن الدليل أو الملف أو التدفق أو البوابة لغرض التقييم.

ومن شأن دوامة أشياء DSM-CC أن تسهل إرسال مجموعة منظمة من الأشياء من مخدم البث إلى مستقبلات البث (العملاء) باستخدام أشياء الدليل وأشياء الملف وأشياء التدفق. ويوجد الدليل الفعلي والمحتوى (عمليات تنفيذ الأشياء) في المخدم. ويقوم المخدم مراراً بإدراج الأشياء المذكورة في تدفق النقل MPEG-2 باستخدام بروتوكول دوامة الأشياء. ويحتوي الدليل المرسَل والأشياء في الملف على محتوى الأشياء، بينما تكون أشياء التدفق المرسلة إحالات مرجعية إلى تدفقات أخرى أثناء البث. وقد تحتوي أشياء التدفق أيضاً على معلومات عن أحداث DSM-CC التي تُبث ضمن تدفق معين. ويمكن بث الأحداث DSM-CC في بيانات تدفق منتظم ويمكن استخدامها لإطلاق تطبيقات DSM-CC.

4.4.1.9 التغليف

يطبق التغليف في أنظمة الإذاعة الرقمية لتوفير إمكانية التشغيل بين أنظمة الاتصالات باستخدام بروتوكولات الشبكات الأخرى. ويسمح ذلك بأن يُنظر إلى نظام البث لا كمجرد منصة تقليدية لتوصيل الصورة والصوت إلى المستعمل بل بوصفه أيضاً منصة لتقديم طائفة واسعة من الخدمات، مثل إرسال بيانات الوسائط المتعددة والنفاذ إلى الإنترنت أو التطبيقات التفاعلية الأخرى.

واليوم تحدد في بيئة البث السلسلة الكاملة من عملية تنفيذ التغليف، التي تقوم أساساً على المعيار ISO/IEC 13818-6 [22.9].

التغليف المتعدد البروتوكولات (MPE). يتم نقل وحدات البيانات وفقاً لمواصفة التغليف MPE التي تستخدم في معظم الحالات في أنظمة الجيل الأول من نظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) بتغليف وحدات البيانات في أقسام DSM-CC (انظر [22.9])، والتي تمتثل لنسق القسم الخاص MPEG-2 (انظر [6.9] و[7.9]).

ويرد في الجدول 5.9 النموذج العام للتغليف المتعدد البروتوكولات (MPE).

الجدول 5.9

النموذج العام للتغليف المتعدد البروتوكولات

التطبيقات
خاص بالخدمة
خاص بوحدة البيانات
التغليف المتعدد البروتوكولات
البيانات الخاصة DSM-CC
القسم
تدفق النقل MPEG-2

وتتم أثناء عملية التغليف مقابلة البيانات المطلوبة في تدفق النظام باستخدام أدوات خاصة، وتكون محددة لكل من أنساق تدفق النظام. ولذلك، يتم في حالة MPEG-2 مثلاً استخدام أقسام تدفق النقل لإدراج البيانات.

ويوفر التغليف MPE آلية لنقل بروتوكولات شبكة البيانات فوق تدفقات النقل MPEG-2. وقد تم استمثالها لنقل بروتوكول الإنترنت، ولكن يمكن استخدامها لنقل أي بروتوكول شبكة أخرى. وهي تشمل البث الأحادي (وحدات البيانات موجهة إلى مستقبل واحد)، والبث المتعدد (وحدات البيانات موجهة إلى مجموعة من المستقبلات) والبث الواسع (وحدات البيانات موجهة إلى جميع المستقبلات).

ونظراً لطبيعة البث في شبكات الإرسال التلفزيوني، فإن أمن البيانات مسألة هامة جداً. وتتيح عملية التغليف النقل الآمن للبيانات من خلال دعم تجفير الرزم وتغيير عناوين التحكم في النفاذ إلى الوسائط (MAC) دينامياً.

ويحدد التغليف المتعدد البروتوكولات جدول تبليغ IP/MAC (INT). ويوفر هذا الجدول آلية مرنة لنقل المعلومات بشأن موقع تدفقات IP/MAC.

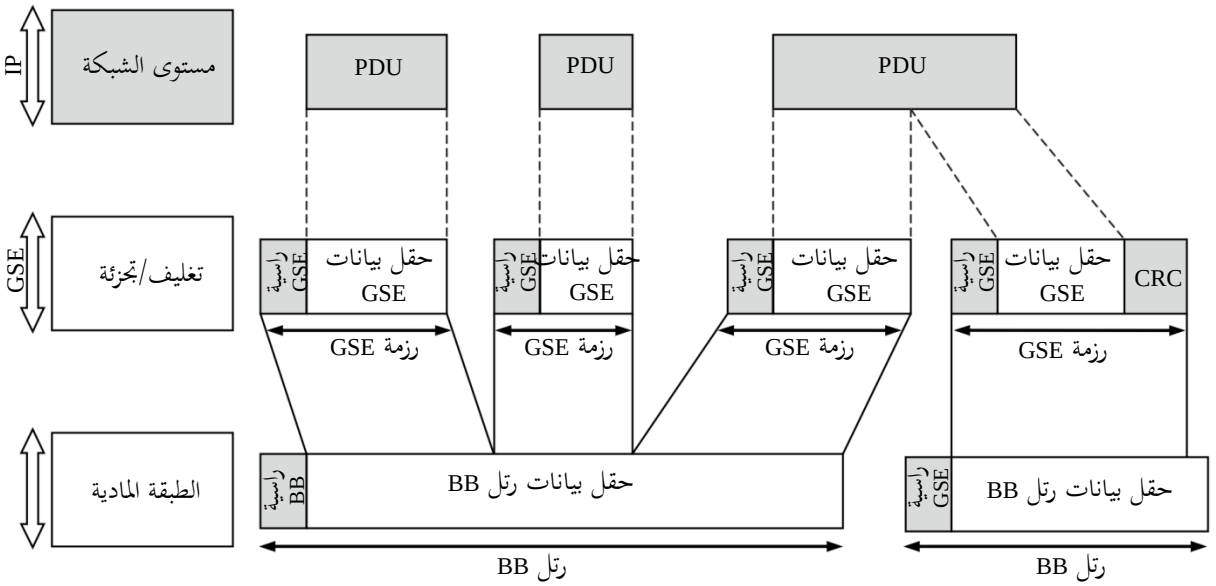
تغليف التدفق النوعي (GSE). يتم في معيار أنظمة الجيل الثاني اختيار تدفق النطاق الأساسي (BB) بمثابة تدفق نظام. ويسمح ذلك بالتوافق الرجعي مع نسق تدفق أنظمة الجيل الأول، ويحدد كذلك استعمال تدفق رزم متغايرة الطول – تدفق نوعي (الشكل 21.9). وهكذا، كثيراً ما يُنظر إلى هذا التدفق على أنه ينطوي على نوعين – نوع مرزوم ونوع مستمر (وهو في الجوهر نفس التدفق المرزوم، ولكن طول الرزمة فيه يتجاوز طول رتل نظام واحد). وبالإضافة إلى ذلك، تم تحديد آلية لإدراج أي نوع آخر من البيانات في التدفق بواسطة تغليف التدفق النوعي ([9.9]، [78.9]، [86.9]، [129.9]).

ويسمح بروتوكول GSE بالتغليف الفعال لرزم بروتوكول الإنترنت وغيرها من رزم طبقة الشبكة فوق الطبقة المادية "النوعية". والغرض من هذه الطبقة المادية "النوعية" هو أن تكون بمثابة أسلوب نقل يحمل سلسلة من بتات البيانات أو رزم البيانات، ربما تكون مرتبةً في أرتال، ولكن بدون قيود زمنية محددة.

وتوفر عملية التغليف GSE تشغيل نظام أكثر كفاءة للأنظمة التفاعلية التي تستخدم تقنيات الطبقة المادية المتقدمة، من قبيل التشفير والتشكيل التكيفيين (ACM). ومن شأن تغاير معدل القناة المتأصل الذي تشهده أنظمة ACM أن يجعل نسق التدفق النوعي أكثر ملاءمة من تدفق النقل. وتوفر الخدمة GSE طريقة تجزئة وتغليف مرنة، مما يسمح باستخدام جهاز جدولة ذكي لاستمثال أداء النظام، إما بزيادة إجمالي الصبيب و/أو بتحسين متوسط تأخير الرزمة من طرف إلى طرف. وبالإضافة إلى ذلك، تؤدي المرونة في نظام GSE إلى انخفاض في خسارة الرزم في ظروف تغايرات الخبو، مما يسمح لجهاز الجدولة في المرسل بتغيير معلمات الإرسال دينامياً (نسق التشكيل ومعدل التشفير مثلاً) في رزمة طبقة شبكة معينة.

الشكل 21.9

تغليف التدفق النوعي (GSE) ضمن مكدسات بروتوكولات DVB



وعلاوة على ذلك، يوفر استخدام التغليف GSE الإمكانات التالية:

- دعم التغليف متعدد البروتوكولات (IPv4 وIPv6 وMPEG وATM وإثرنت وشبكات VLAN بمعيار 802.1pQ، وما إلى ذلك).
- الشفافية إزاء وظائف طبقة الشبكة، بما فيها تجفير بروتوكول الإنترنت وانضغاط رأسيات بروتوكول الإنترنت.
- دعم العديد من أساليب العنونة: فهو يدعم، إلى جانب عنوان MAC من 6 بايتات (بما في ذلك البث المتعدد والبث المنفرد)، أسلوباً من أساليب MAC بدون عنوان، وأسلوب عنوان اختيارياً من 3 بايتات.
- آلية لتجزئة وحدات بيانات بروتوكول الإنترنت أو غيرها من رزم طبقة الشبكة عبر أرتال النطاق الأساسي لدعم التشفير والتشكيل التكيفيين/المتغيرين (ACM/VCM).
- دعم ترشيح المعدات.
- قابلية التمديد: يمكن إدراج بروتوكولات وصلات إضافية من خلال قيم محددة لنمط البروتوكول (من قبيل أمن الطبقة 2، وانضغاط رأسية بروتوكول الإنترنت، وغير ذلك).
- درجة أقل من التعقيد.
- رأسية منخفضة.

وفي نظام الإذاعة الرقمية، يتم تحديد إمكانية الإرسال المتآون لتدفقات GSE وMPEG (الأسلوب المختلط) لتدفق أو عدة تدفقات GSE ("تدفق نوعي فقط").

5.1.9 إرسال البيانات عبر شبكات الإذاعة المتعددة الوسائط للأرض

التغليف، بصفة عامة، هو الآلية الأساسية لنقل البيانات في الأنظمة الإذاعية المتعددة الوسائط. ويرد في المرجع [102.9] سرد لأنماط الوسائط الملائمة لعناصر المحتوى في الأنظمة الإذاعية المتعددة الوسائط للاستقبال المتنقل.

وطبقا للتوصية ITU-R BT.2054 [23.9]، قد يكون لأنظمة الإذاعة متعددة الوسائط للاستقبال المتنقل نفس مخططات تعدد الإرسال والنقل كتلك الخاصة بالاستقبال الثابت. ويمكن مواءمة البث والاتصالات إذا استخدمت بعض التقنيات المستخدمة في أنظمة الاتصالات المتنقلة في أنظمة الإذاعة متعددة الوسائط للاستقبال المتنقل.

وترسل إشارات الوسائط المتعددة، مثل الصوت أو الفيديو أو أي نوع آخر من البيانات، إلى جهاز استقبال، ثم تعرض في الوقت المناسب وبطريقة سليمة. ومن أجل إرسال المحتوى وعرضه، يتعين القيام بالوظائف التالية:

التغليف. يتم تغليف إشارات الوسائط المتعددة في أنساق مناسبة مع معلومات التوقيت للعرض.

الإنساق. يتم إنساق إشارات الوسائط المتعددة بشكل مناسب للتسليم. ويشمل هذا الإنساق تجميع الإشارات المتعددة الوسائط المغلفة وتعدد إرسالها وتجزئتها.

التحكم في التغليف والإنساق والعرض. تقدم المعلومات المتعلقة بتغليف المحتوى المتعدد الوسائط وإنساقه وعرضه إلى المستقبل.

وتتوفر هذه الوظائف بواسطة مخططات النقل. وترد في الجدول 6.9 مخططات النقل الملائمة في أنظمة الإذاعة متعددة الوسائط للاستقبال المتنقل.

الجدول 6.9

مخططات النقل

المخطط	الوصف
MPEG-2 TS (تدفق النقل)	يستخدم على نطاق واسع في أنظمة البث للاستقبال الثابت. وهو يوفر معلومات التوقيت من أجل المزامنة في طبقة التدفق الأولي المرزوم (PES) ورزمة ذات طول ثابت للإنساق.
MPEG-4 SL (طبقة المزامنة)	يستخدم في طبقة المزامنة لمزامنة المحتوى السمعي البصري سواء زمانياً أو مكانياً. ويمكن تنفيذه في رزم MPEG-2 TS أو رزم بروتوكول النقل في الوقت الفعلي (RTP).
IP (انظر [24.9])	بروتوكول وسيط لنقل الوسائط. وهو يعمل مع بروتوكول الطبقة العليا لنقل الوسائط ويمكن تنفيذه في رزم MPEG-2 TS.
GSE (انظر [2.9])	تقنيات التغليف لمختلف أنواع الرزم بما في ذلك رزم بروتوكول الإنترنت. يحتاج الأمر إلى بروتوكول نقل وسائط عبر بروتوكول الإنترنت.

وترد في الجدول 7.9 بروتوكولات نقل الوسائط بواسطة بروتوكول الإنترنت الملائمة في الأنظمة الإذاعية المتعددة الوسائط للاستقبال المتنقل.

الجدول 7.9

بروتوكولات نقل الوسائط بواسطة بروتوكول الإنترنت

البروتوكول	الوصف
RTP (بروتوكول النقل في الوقت الفعلي)	بروتوكول فريق مهام هندسة الإنترنت (IETF) المستخدم لخدمات التدفق.
FLUTE (تسليم الملفات من خلال نقل أحادي الاتجاه)	بروتوكول IETF المستخدم لتسليم أي نوع من الملفات.

وتختلف خصائص أخطاء القناة بين الاستقبال الثابت والاستقبال المتنقل لأن ظروف الاستقبال قد تتغير بانتقال المستقبل. ويُضمن التسليم الموثوق في ظل هذه الظروف بتقديم بيانات إضافية.

وترد في الجدول 8.9 المخططات الملائمة لضمان التسليم الموثوق في أنظمة الإذاعة المتعددة الوسائط للاستقبال المتنقل.

الجدول 8.9

مخططات التسليم الموثوق

المخطط	الوصف
دوامة البيانات	تنتقل البيانات مراراً، بحيث يمكن استقبال الأجزاء المفقودة أثناء دورة الإرسال التالية.
التصحيح الأمامي للأخطاء في طبقة التطبيقات (AL-FEC)	طريقة لتوليد بيانات مطنبة من مصدر البيانات. يمكن إعادة بناء الأجزاء المفقودة من البيانات المطنبة عن طريق عملية التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC).

6.1.9 واجهات النقل لأنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)

1.6.1.9 اعتبارات عامة

تعرّف الواجهة بأنها توصيل أحادي الاتجاه أو ثنائي الاتجاه بين فدرة أو أكثر من فدرات التجهيزات الوظيفية من نفس النوع أو من أنواع مختلفة. ويمكن اعتبار هذه التوصيلات إما على المستوى المادي أو على المستوى المنطقي. وبما أن مسألة إنشاء الواجهات تترك للمصنعين، فإن الفقرات التالية تنظر في المبادئ الرئيسية للتنفيذ على المستوى المنطقي.

ويمكن تصنيف جميع الواجهات بحسب الفئات الرئيسية التالية:

- مجال التطبيق: الواجهات المهنية وشبه المهنية وغير المهنية؛
- أسلوب الإرسال المادي: بالتسلسل أو بالتوازي؛
- أسلوب إرسال القناة: متزامن أو غير متزامن؛
- الاتجاهية: واجهات أحادية الاتجاه أو ثنائية الاتجاه.

وبالنظر إلى أنه يمكن، أثناء تقديم المعلومات السمعية البصرية و/أو البيانات إلى المستعمل، أو أثناء التوزيع بين أجزاء منفصلة من سلسلة البث، استخدام مختلف أساليب الاتصال/الإذاعة أو أي نوع آخر من الشبكات، فقد تم تحديد مجموعة من الواجهات التي يمكن استخدامها في توليفات مختلفة في شبكة البث التلفزيوني الرقمي.

2.6.1.9 الواجهات المتزامنة

بالنسبة للتطبيقات التي تتطلب تسليم معلومات سمعية بصرية متزامنة، يمكن استعمال الواجهات المتزامنة المتسلسلة أو المتوازية. وقد وضعت هذه الواجهات للتوافق مع واجهات الأستوديو التي تسمح بتبسيط التفاعل بين الأستوديو ونقل فدرات المعدات الوظيفية. وتستخدم هذه الواجهات على نطاق واسع في التوزيع الأولي أو في تبادل تدفقات رقمية بين فدرات الأستوديو الوظيفية.

وفي حالة الواجهات المتزامنة، يبلغ طول رزمة تدفق النقل 188 بايتة. وتتم مزامنة نقل البيانات إلى ميقاتية البايتة لتدفق البيانات، وهو تدفق النقل MPEG. ويتم تحديد واجهة متوازية متزامنة لتغطية المسافات القصيرة أو المتوسطة، أي للأجهزة القريبة بعضها من بعض.

3.6.1.9 الواجهات اللامتزامنة

تتميز واجهة النقل اللامتزامنة باستعمال واسع في تجهيزات أنظمة البث، وهي مستخدمة في إرسال تدفق نقل MPEG-2 بمعدل بتات قدره 270 Mbit/s.

ويرد وصف المبادئ والمتطلبات الرئيسية لواجهة المسير المادي في المعيارين EN 50083-9 [26.9] و ETSI TR 101 891 [132.9]. والواجهة التسلسلية اللامتزامنة (ASI) هي وصلة إرسال أحادية الاتجاه لنقل البيانات بين معدات الفيديو الرقمية المهنية.

وأثناء الإرسال عبر واجهة لا متزامنة، يمكن استعمال أسلوبين مستمثلين لتطبيقات مختلفة. وفي أسلوب الرزم، عندما تكون البيانات غير كافية لتوفير معدل بتات قدره 270 Mbit/s، يدرج حقل حشو يحتوي على توليفة خاصة من الرموز الثنائية بين رزم تدفق النقل. وفي أسلوب الرشقات، يدرج حقل الحشو بين كل بايتة من رزم تدفق النقل، حسب الاقتضاء.

4.6.1.9 الواجهات مع شبكات التلفزيون الكبلي

تستخدم في بعض الأحيان أنظمة التوزيع الكبلي (مثل CATV/SMATV/MATV) لتوزيع إشارات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB). وتعرف الواجهات بحيث تحقق التوافق بين الشبكات.

وفي الحالة التي يوفر فيها نظام التلفزيون الرقمي مسيراً تفاعلياً ينبغي استخدام واجهات وفقاً للتوصية ITU-R BT.1436 [27.9] والتوصية ITU-T J.112 [28.9]. ويستخدم المرجعان [130.9، 131.9] في حالة النفاذ المشروط (CA) وأنظمة DVB.

5.6.1.9 الواجهات مع شبكات الاتصالات

كانت تقنيات أسلوب النقل اللامتزامن (ATM) والتراتب الرقمي متقارب التزامن/المتزامن (PDH/SDH) تستخدم منذ أمد طويل لربط إشارات الأستوديو بمرسلات البث. أما اليوم فإن معظم هذه الاتصالات تستند إلى بروتوكول الإنترنت، إما عن طريق وصلات راديوية للأرض أو وصلات ساتلية أو وصلات ألياف بصرية.

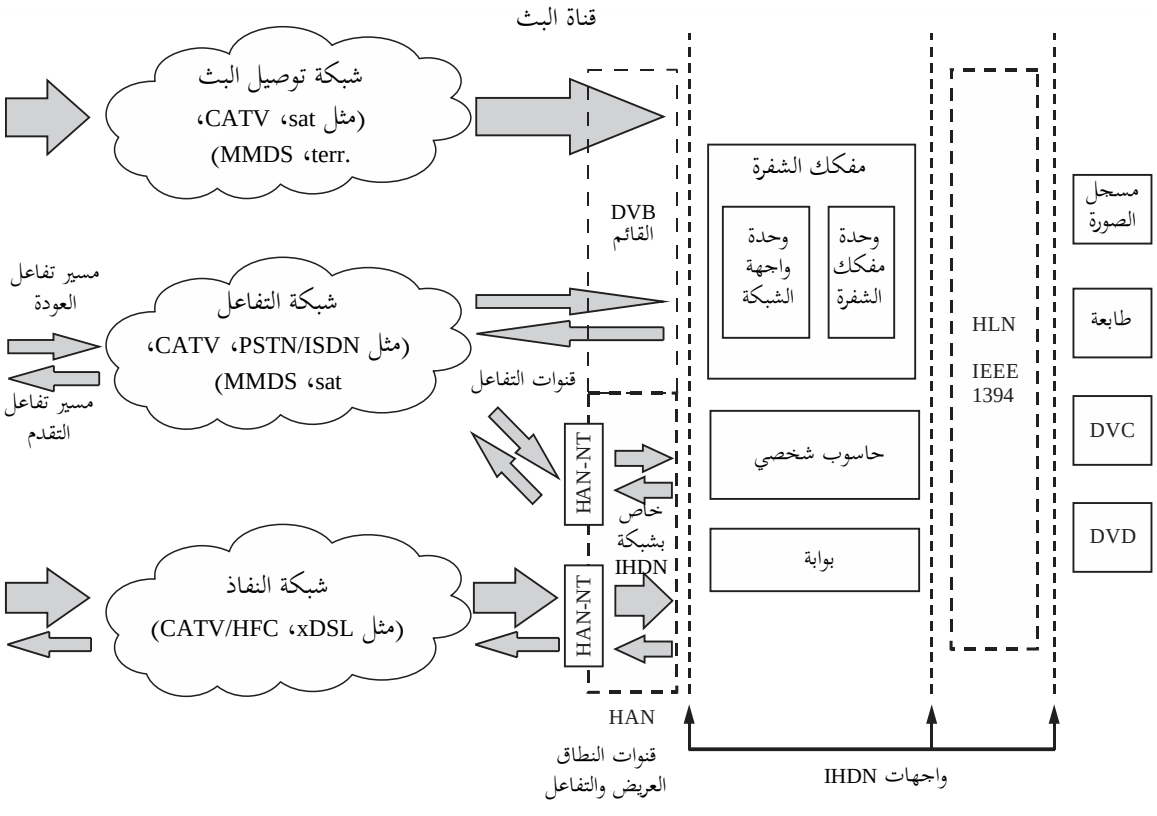
6.6.1.9 الواجهات مع الشبكات المنزلية

يتقاسم المستعملون على نحو متزايد المعلومات السمعية والبصرية من خلال الاتصال بشبكة منزلية. وقد يكون ذلك عبر عدة أجهزة، أو من خلال الاستخدام المشترك لجهاز واحد. وبالنظر إلى الإمكانات التي يمكن أن يوفرها البث التلفزيوني الرقمي، فإن التفاعل بين الشبكات الإذاعية والشبكات المحلية المنزلية مسألة مثيرة للاهتمام على نحو متزايد.

وفي الماضي، كانت الحلول التقنية تقوم غالباً على معيار IEEE 1394 (باستخدام تقنية أسلوب النقل اللامتزامن (ATM)، الاسم التجاري "Firewire"). ويصور الشكل 22.9 هذا التشكيل بالاقتران مع مختلف شبكات النفاذ.

الشكل 22.9

البنية العامة لشبكة رقمية في المنزل (مثال للمعيار IEEE 1394)



ويلاحظ أن الشكل 3.10 الوارد في الفصل 10 يوفر مخططاً مشابهاً ولكنه يقتصر على خدمة التلفزيون التفاعلي، أي على التعاون في توصيل الإذاعة وشبكة التفاعل.

وفي الوقت الحاضر، انتشرت شبكات بروتوكول الإنترنت في المنازل على نطاق واسع، ومن ثم أصبحت الحلول الجاهزة القائمة على بروتوكول الإنترنت تهيمن على السوق. للاطلاع على مثال لكيفية تحقيق ذلك، انظر الفصل 10 (الشكل 2.10).

وتعتبر الحلول القائمة على المعيار IEEE 1394 متقادمة إلى حد ما. واليوم، يتم بناء الشبكات المحلية المنزلية عادة باستخدام مواصفات تحالف شبكات المعيشة الرقمية (DLNA).[29]

وعلى النقيض من معيار IEEE 1394، الذي يستهدف أساساً الشبكات المنزلية الكبلية والتي تستخدم نوعاً محدداً من الكبلات والموصلات، فإن معيار DLNA يستند إلى تكنولوجيا IP القياسية. والمواصفات تدعم المعدات والبروتوكولات من أجل منشآت إيثرنت وWLAN وMoCA (رابطة الوسائط المتعددة عبر الكبل [85.9]). وأوسع استخدام لمعيار DLNA هو بالتوالف مع WLAN منزلية، أي شبكة IP لاسلكية مدارة مخصصة. وتسمح هذه الشبكة أيضاً بتضمين بسيط لمحوال SAT-to-IP أو DTTB-to-IP.

ويستخدم التحالف DLNA مواصفات التوصيل والتشغيل الموحد (UPnP) [80.9]، [81.9]، 82.9]، ومع ذلك، يقصر DLNA تطبيق UPnP على الوسائط السمعية والبصرية. وثمة وصف مسهب لمفهوم DLNA وUPnP في المرجع [83.9].

ومن اليسير إقامة شبكة DLNA HLN لأن معدات أماكن العملاء (CPEs) لدى DLNA تتمتع بشهادة وتميل إلى تركيب وتوصيل بيني تلقائي. وبفضل ميزات UPnP، يمكن إضافة أجهزة المستعمل أو إزالتها في أي وقت في شكل قياسي وبسيط. وتعمل أجهزة المستهلك مع عنوان IP يتم الحصول عليه عبر DHCP أو AutoIP. ومن أجل تحري أجهزة المستهلك تلقائياً، تستخدم UPnP وظيفيات بروتوكول اكتشاف الخدمة البسيط (SSDP) [84.9]. وكدسة البروتوكولات لنظام UPnP موصوفة في الشكل 23.9.

الشكل 23.9

كدسة البروتوكولات لنظام التوصيل والتشغيل الموحد (UPnP)

<table>
<tr><td colspan="5">بائع UPnP</td></tr>
<tr><td colspan="5">منتدى UPnP</td></tr>
<tr><td colspan="5">معمارية أجهزة UPnP</td></tr>
<tr><td colspan="2">SOAP GENA HTTP</td><td>SSDP</td><td>HTTP U
(بث مفرد)</td><td>GENA SSDP HTTP MU
(بث متعدد)</td></tr>
<tr><td colspan="2">TCP</td><td colspan="3">UDP</td></tr>
<tr><td colspan="5">IP</td></tr>
</table>

ملاحظة – SOAP: بروتوكول نفاذ الأغراض البسيطة

GENA: معمارية التبليغ عن الأحداث العامة

تنقسم GENA بين الناشر والمشترك. حيث يشترك المشترك (عميل UPnP) لدى الناشر (مخدم UPnP، عادة مسيّر UPnP في الشبكة المحلية المنزلية) لكي يكون على علم بأي تغيير يطرأ في التشكيل.

7.1.9 الاستقبال المتنوع لأنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)

ثمة اتجاه آخر يتمثل في الاستخدام المتزايد لتنوع الاستقبال في تكنولوجيا DTTB. ويوفر تنوع استقبال لإشارات DTTB تحسناً كبيراً في التغطية بالخدمات التلفزيونية. وتؤثر قناة الخبو الانتقائي للترددات بشكل خاص على الاستقبال المتنقل في أنظمة الإذاعة

---

29 تحالف شبكات المعيشة الرقمية (DLNA) هو مبادرة صناعة تضم أكثر من 150 عضواً من قطاع تكنولوجيا المعلومات والترفيه. والمهمة الرئيسية لدى التحالف هي تطوير وصيانة المبادئ التوجيهية DLNA وكذلك التصديق على الأجهزة لضمان مطابقتها للمعايير. وهذه المبادئ التوجيهية متاحة في الموقع: http://www.dlna.org/guidelines

للأرض، حيث تتغير خصائص الانتشار بسرعة. ومن ثم، فإن مدى التقلب في شدة المجال الناجم عن الحجب أو الانعكاس أكبر في الاستقبال المتنقل عما هو في الاستقبال الثابت. ومن السبل الفعالة لتحسين أداء الاستقبال هو استخدام تكنولوجيا تنوع الاستقبال في الفضاء، حيث تستعمل هوائيات استقبال متعددة ويتم انتقاء الإشارات الواردة أو توليفها.

وقد أُبرزت الجوانب الأساسية لاختبارات تنوع الاستقبال في التقرير ITU-R BT.2139 [74.9] وفي البندين 1.4.9 و2.5.9. ويمكن أيضاً الاطلاع على نتائج الاختبارات التي أجريت في إيطاليا واليابان بصدد الاستقبال المتنقل للتلفزيون الرقمي للأرض في المرجع [74.9]. كما يمكن الاطلاع على معلمات التخطيط للاستقبال المتنقل في مختلف معايير DTTB في التوصية ITU-R BT.1368 [42.9].

2.9 أنظمة التلفزيون الرقمي للأرض والبث المتعدد الوسائط

لقد تم اقتراح وتقييس العديد من الأنظمة التلفزيونية الرقمية للأرض والأنظمة الإذاعية المتعددة الوسائط. ولكل منها أداء وخصائص وتطبيقات ممكنة. ويقدم هذا القسم توضيحاً بشأن بدائل النظام الممكنة لتقديم إرشادات بشأن الأنظمة الإذاعية الراهنة وتنفيذها.

وقد أخذ يتلاشى التمييز بين الأنظمة التلفزيونية الرقمية للأرض والأنظمة الإذاعية المتعددة الوسائط. وهناك ثلاثة أسباب رئيسية لذلك:

- تلاشي التمييز بين الاستقبال الثابت والمتنقل، حيث تصمم أنظمة الجيل الثاني لكلا أسلوبي الاستقبال.
- كانت أوائل أنظمة الإذاعة المتعددة الوسائط تستند في معظمها إلى بروتوكول الإنترنت. ولما أصبح للأجيال اللاحقة من مستقبلات DTTB أيضاً واجهات IP للتوصيل بشبكات لاسلكية، فإن هذا التمييز أخذ يتلاشى أيضاً.
- كان لأوائل مستقبلات الوسائط المتعددة أيضاً استبانة شاشة محدودة، يقابلها أداء تردد راديوي محدد للشبكات المصممة لها. وأخذت تتلاشى هذه الفروق بين أجهزة التلفزيون الرقمي للأرض وأجهزة البث الإذاعي المتعدد الوسائط، بل إن الأجهزة المحمولة المنخفضة التكلفة مجهزة الآن بشاشات عالية الوضوح.

وترد في الجدول 9.9 أنظمة الإذاعة الرقمية والوسائط المتعددة المقيّسة في قطاع الاتصالات الراديوية. وترد فيما بعد معلومات عن كل معيار في هذا الفصل وفي الأجزاء ذات الصلة من توصيات القطاع.

والجيل الأول من أنظمة التلفزيون الرقمي للأرض محدد في التوصية ITU-R BT.1306 [33.9] أما أنظمة الجيل الثاني فهي محددة في التوصية ITU-R BT.1877 [34.9].

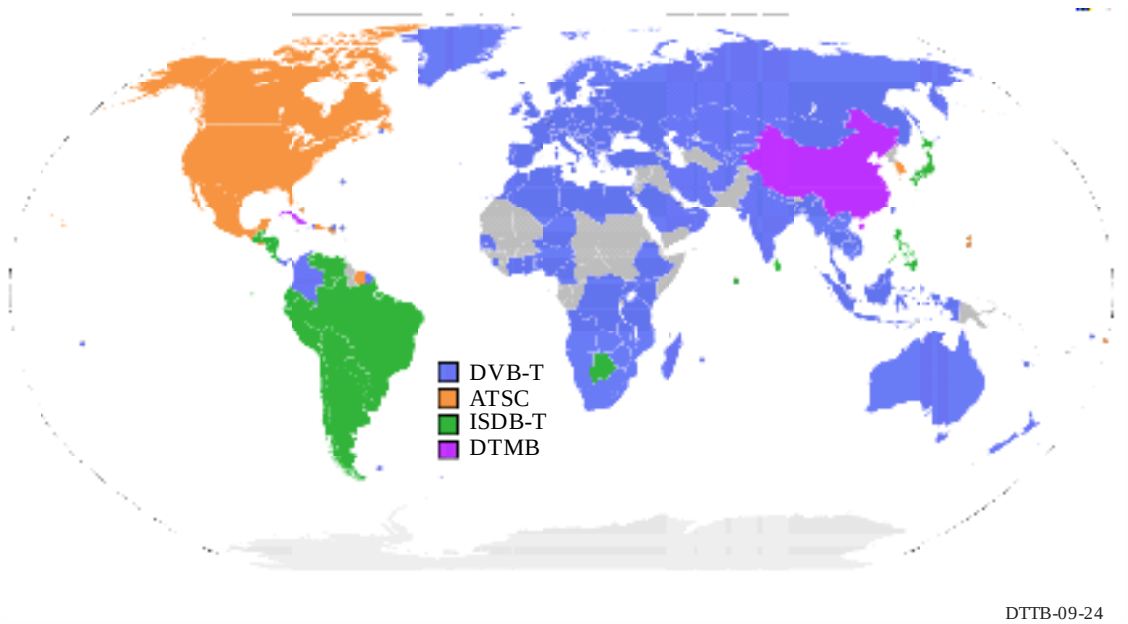
وأنظمة الوسائط المتعددة الرقمية للأرض محددة في التوصية ITU-R BT.1833 [35.9].

وحدود تشكيل الطيف لنظام DTTB محددة في التوصية ITU-R BT.1206 [133.9].

ويبين الشكل 24.9 الحالة الراهنة لإدخال معايير DTTB في جميع أنحاء العالم.

الشكل 24.9

حالة إدخال معايير التلفزيون الرقمي (سبتمبر 2016)



وفي الشكل 24.9، تشمل الإشارة إلى "DVB-T" النظام DVB-T2، وتشمل الإشارة إلى ISDB-T النظام البرازيلي للتلفزيون الرقمي (SBTVD).

الجدول 9.9

المعايير الإذاعية لدى القطاع ITU-R

النظام الوطني/الدولي	نظام ITU-R	القسم في الكتيب
أنظمة التلفزيون الرقمي للأرض (DTT)		
ATSC (الملاحظة 1)	DTT System A	3.9
DVB-T	DTT System B	1.4.9
ISDB-T	DTT System C	5.9
DTMB	DTT System D	6.9
DTMB-A	DTT System E	6.9
DVB-T2	نظام DTT من الجيل الثاني	2.4.9
أنظمة الوسائط المتعددة الرقمية للأرض (DTM)		
T-DMB/AT-DMB	DTM System A	8.7.9
ATSC-M/H	DTM System B	3.9
الإذاعة متعددة الوسائط بنظام ISDB-T للاستقبال المتنقل	DTM System F	2.5.9
DVB-SH (متقادم)	DTM System I	1.4.9
DVB-H (متقادم) (الملاحظة 2)	DTM System H	1.4.9
MEDIA FLO (متقادم)	DTM System M	9.9
مواصفة T2 بسيطة للنظام DVB-T2 (الملاحظة 2)	نظام DTM من الجيل الثاني	2.4.9

الملاحظة 1 – يسمى البديل الأصلي لمعيار ATSC الآن ATSC 1,0. ويطلق على تطوير جديد لمعيار ATSC من أجل الخدمات في غير الوقت الفعلي اسم ATSC 2,0؛ انظر البند 2.3.9. ويرد في البند 3.3.9 وصف لمعيار بث مستقبلي يسمى ATSC 3,0.

الملاحظة 2 – بدأت دراسات بشأن تطوير الجيل التالي من DVB-H (DVB-NGH) ونتيجة لذلك تم نشر مشروع المواصفات التقنية ETSI EN 303 105 (DVB BlueBook A160، نوفمبر 2012) [73.9]. ويَستخدم معيار DVB-NGH عملياً نفس التقنيات المستخدمة في DVB-T2 Lite، التي ترمي إلى تمديد أداء DVB-T2 للاستقبال المحمول باليد. وقد صدر المشروع المستقر التالي للمعيار ETSI بشأن هذا النظام في أكتوبر 2016.

3.9 لجنة أنظمة التلفزيون المتقدمة (ATSC)

تصف معايير لجنة أنظمة التلفزيون المتقدمة (ATSC) نظاماً لنقل البيانات الفيديوية والصوتية عالية الجودة والبيانات الإضافية عبر قناة 6 MHz واحدة. ويمكن لنظام ATSC الأصلي (يدعى أيضاً ATSC 1,0) تقديم تدفق النقل MPEG-2 بمعدل 19,39 Mbit/s من الصبيب في قناة إذاعة للأرض بتردد 6 MHz (نظام التلفزيون الرقمي للأرض A لدى القطاع ITU-R). ومع أن الأنظمة الفرعية للإرسال ATSC مصممة خصيصاً للتطبيقات للأرض والكبلية، فإن الهدف هو أن تكون الأنظمة الفرعية للفيديو والصوت وخدمة تعدد الإرسال/النقل مفيدة في التطبيقات الأخرى. ولتوصيل محتوى التلفزيون الرقمي إلى أجهزة متنقلة أو محمولة، يستخدم ATSC تمديد الجهاز المتنقل/المحمول (M/H) الذي يسمى أيضاً ATSC M/H (النظام الرقمي المتعدد الوسائط للأرض B لدى القطاع ITU-R).

وثمة تمديد إضافي لمعيار ATSC (يسمى ATSC 2,0) يمكّن من تسليم المحتوى على أساس الملفات في "غير الوقت الفعلي" (NRT)، بما في ذلك البرامج والمقاطع إلى كل من مستقبلات التلفزيون الرقمي في المواقع الثابتة والمتنقلة. كما يوفر المعيار ATSC 2,0 أيضاً خدمات تفاعلية تسمح لهيئات البث بربط برمجة البث مع خدمات إضافية تتعلق بتلك البرمجة.

وفي الوقت الراهن، تعكف لجنة أنظمة التلفزيون المتقدمة على وضع مواصفات نظام ATSC من الجيل التالي، باسم ATSC 3,0. وسوف يستخدم هذا النظام تعدد الإرسال المشفر بتقسيم تعامدي للتردد (COFDM) لتحسين الاستقبال المتنقل، وسوف يكون تعدد الإرسال مبنياً على بروتوكول الإنترنت (مثل خدمات التدفق) بدلاً من استخدام تدفق النقل MPEG. وفي وقت إعداد هذا الكتيب، لم يستكمل بعد وضع هذه المواصفة. وبناء على ذلك، لم يدرج المعيار ATSC 3,0 بعد في توصية صادرة عن الاتحاد. ويمكن الاطلاع على معايير ATSC التي استكملت وحظيت بموافقة ATSC في الموقع الإلكتروني www.atsc.org. ويرد في البند 3.3.9 ملخص لأداء ATSC 3,0 المتوقع.

1.3.9 النظام ATSC 1.0

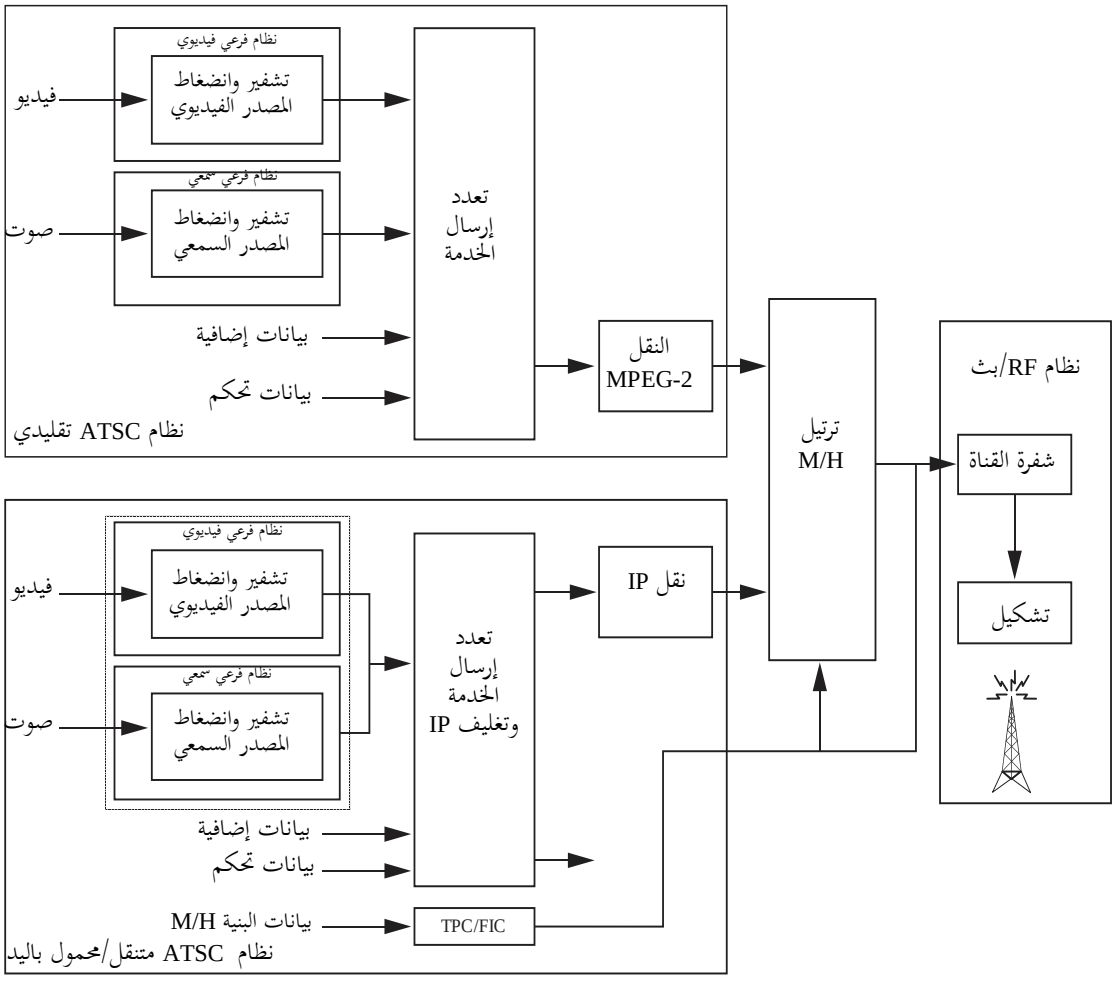
1.1.3.9 نموذج معمارية النظام ATSC 1.0

يشمل نظام بث ATSC معايير الخدمة الرئيسية ([48.9]-[53.9]) وتمديد المتنقل/المحمول باليد (M/H) ([54.9]-[63.9]). ويوضح الشكل 25.9 مخططاً بيانياً لنظام ATSC 1,0. ويتألف نظام التلفزيون الرقمي ATSC من ثلاثة أنظمة فرعية.

- تشفير المصدر وانضغاطه؛
- تعدد إرسال الخدمة والنقل؛
- بث الترددات الراديوية.

الشكل 25.9

نظام البث ATSC المتضمن لخدمات تدفق النقل الرئيسية والخدمات المتنقلة/المحمولة باليد



DTTB-09-25

وتتقاسم الخدمة ATSC M/H نفس القناة RF كأي خدمة إذاعية ATSC قياسية موصوفة في المعيار ATSC A/53، والتي تعرف أيضاً "بالخدمة الرئيسية" (أو على نحو أدق بتدفق النقل الرئيسي (TS-M)). ويجري تفعيل الخدمة M/H باستعمال جزء قدره 19,4 Mbit/s من مجمل عرض النطاق المتاح وباستخدام التسليم عبر النقل بواسطة IP.

وهنالك في صلب التمديد M/H إضافات للطبقة المادية لنظام الإرسال ATSC يمكن تفكيك شفرتها بسهولة في ظل ظروف معدلات Doppler عالية. وتساعد التتابعات الإضافية والعملية الإضافية للتصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) على استقبال التدفق المعزز/التدفقات المعززة.

2.1.3.9 التقنيات الرئيسية في النظام ATSC 1.0

التقنيات الرئيسية المستخدمة في النظام ATSC 1,0 هي كما يلي:

خدمة النظام ATSC الرئيسية

- **نسق تدفق النظام:** تدفق نقل MPEG-2 المعدل مع إمكانية توصيل المعلومات من تطبيقات التلفزيون التقليدية (نصوص جارية، نصوص تلفزيونية، دليل برامج إلكتروني، وغيرها) وتطبيقات من قبيل معلومات إضافية عن البرامج التلفزيونية (ربما من الإنترنت) والتطبيقات التفاعلية، وما إلى ذلك؛
- **خوارزميات التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC):** شفرة فدرة ترددات سلسالية (207 و187 و10) ومشفر تلافيف/تفاضلي حالة–4 بمعدل شفرة 2/3 كجزء من اثني عشر مشفراً في تشبيك. ترتيب سلسالي أيضاً R = 1/2 أو R = 1/4؛
- **التشذير:** يتوفر التشذير إلى عمق تشذير بحوالي 4 ms. والمشذر المستخدم هو مشذر بايتات تلافيفي بدرجة تشذير B = 52 وزيادة تدريجية في عدد البايتات في كل صف M = 4؛ Nyquist
- **التشكيل في نطاق جانبي متبق 8-VSB:** تستعمل الرموز من 8 مستويات مقترنة بإشارات المزامنة لتشكيل الموجة الحاملة المكبوتة في موجة حاملة وحيدة. ويزال النطاق الجانبي السفلي فيما عدا منطقة انتقال صغيرة. وتستعمل استجابة مرشاح Nyquist في طور خطي مرفوع الجذر لجيب التمام من أجل التشكيل الطيفي في المرسل. ويستعمل المشكّل VSB رموز 10,76 ميغا رمز في الثانية، وإشارة بيانات مركبة مشفرة في مستوى تشبيك 8 (مع إضافة دليل وتزامن). ومن الناحية الاسمية، فإن الانحطاط في المرسل له استجابة مرشاح جيب التمام مرفوع الجذر في طور خطي حيث α (عامل الانحدار) يساوي 0,1152؛
- **تعويض القناة ومزامنتها:** يضاف إلى الإشارة دليل صغير في تردد موجة حاملة مكبوتة (اسمياً 309 kHz من حافة النطاق الدنيا) وفي طور مع الموجة الحاملة المكبوتة؛
- **عرض نطاق القناة:** يَستخدم النظام ATSC عرض نطاق قناة قدره 6 MHz؛
- **الشبكات وحيدة التردد (SFN):** يمكن تنفيذ أسلوب الشبكات SFN مع تزامن الأرتال المحدد في المعيار ATSC [64.9] مع بعض المتطلبات الإضافية في مكافئات مستقبل ATSC.

التمديد للأجهزة المتنقلة/المحمولة باليد (ATSC M/H)

- **تشفير المصدر:** التشفير MPEG-4 AVC/SVC (التوصية ITU-T Rec. H.264 | المعيار ISO/IEC 14496-10) للفيديو و MPEG-4 HE-AAC v2 (ISO/IEC 14496-3 مع التعديل 2) للصوت في أساليب ثنائية/أحادية.
- **حماية الخدمة/المحتوى:** يقوم نظام حماية الخدمة ATSC-M/H على الجانبية OMA BCAST DRM. وهنالك في هذه الجانبية أسلوبان لحماية الخدمة: 1) الأسلوب التفاعلي 2) أسلوب البث فقط. ففي الأسلوب التفاعلي، يدعم المستقبل قناة تفاعلية للتواصل مع مورّد خدمة للحصول على الخدمة و/أو حقوق حماية المحتوى. أما في أسلوب البث فقط، فلا يستعمل المستقبل قناة تفاعلية للتواصل مع مورّد الخدمة. وتقدم الطلبات من المستعمل من خلال بعض الآليات خارج النطاق للتواصل مع مورّد الخدمة، مثل مهاتفة مورّد الخدمة أو النفاذ إلى موقعه على شبكة الويب؛

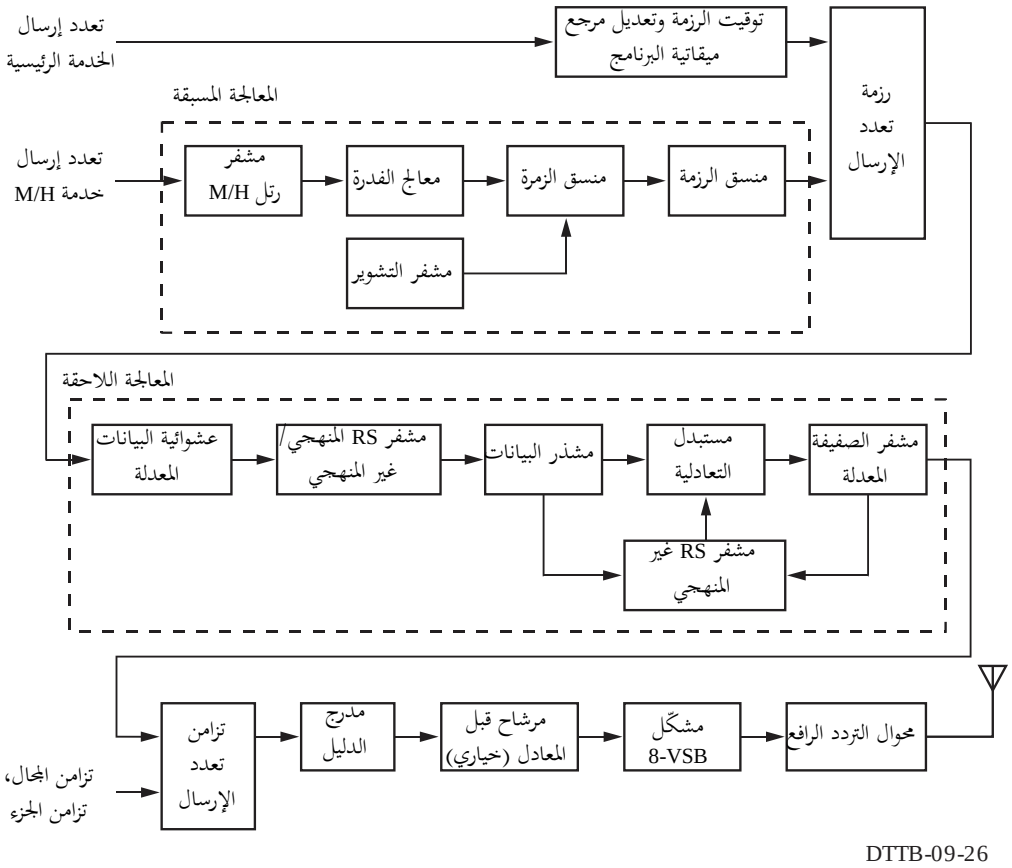
- **النظام الفرعي لتصحيح الأخطاء الأمامي (FEC) المعزز**: للحصول على استقبال جيد على الأجهزة المتنقلة/المحمولة باليد يستخدم قدر إضافي من تشفير Reed Solomon/فحص الإطناب الدوري (RS/CRC). ومن شأن تسليل مشفر تلافيفي إضافي بمشفرات تعدد الإرسال بانضغاط الزمن (TCM) أن يوفر شفرة توربو تقابل شفرة تلافيفية سلسالية متسلسلة (SCCC). وتتوفر متانة إضافية في القنوات اللاسلكية المتغايرة الزمن باستخدام مشذر الرموز. وبالنسبة لقناة التشوير، تستخدم شفرة تلافيفية سلسالية متوازية (PCCC) بمعدل شفرة 1/4 للحماية؛
- **تعويض القناة المعزز**: يُدرِج نظام الإرسال المتنقل/المحمول باليد (M/H) متواليات تجريبية طويلة ومتباعدة بانتظام توفر أكبر فائدة لعدد معين من رموز التجريب في ظروف معدل Doppler مرتفع. ويوفر طول متواليات التجريب اقتناء سريعاً للقناة أثناء تشغيل الرشقة الموفرة للطاقة في مزيل التشكيل؛
- **قناة التشوير المتقدمة**: يتم تنظيم البيانات في النظام M/H بواسطة معلومات في قناة التشوير M/H. وتستخدم قناتان (قناة معلمات الإرسال (TPC) وقناة المعلومات السريعة (FIC)) للتشوير. وتحمل قناة FIC معلومات عبر الطبقات لتمكين الحصول السريع على خدمة M/H. وتحدد قناة TPC المعلومات المتعلقة باستعادة البيانات المطلوبة من الرتل M/H.

3.1.3.9 الطبقة المادية وطبقة الوصلات في النظام ATSC 1.0

يعرض الشكل 26.9 مخططاً بيانياً لوظائف معالجة مسير الخدمة ATSC الرئيسي.

الشكل 26.9

مخطط بياني لوظائف الخدمات الرئيسية وخدمات M/H في النظام ATSC



DTTB-09-26

وتخضع البيانات الواردة في قناة الخدمة الرئيسية لعملية توزيع عشوائي ثم يتم تشفيرها باستخدام تشفير Reed-Solomon للتصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) وتشذير سُدس مجال البيانات وتشكيل مشفر تشبيك بمعدل الثلثين. ولا تطبق عمليات التوزيع العشوائي والتصحيح FEC على بايتات المزامنة في رزم النقل، وهي ممثلة في الإرسال بإشارات مزامنة جزء البيانات. وبعد التوزيع العشوائي

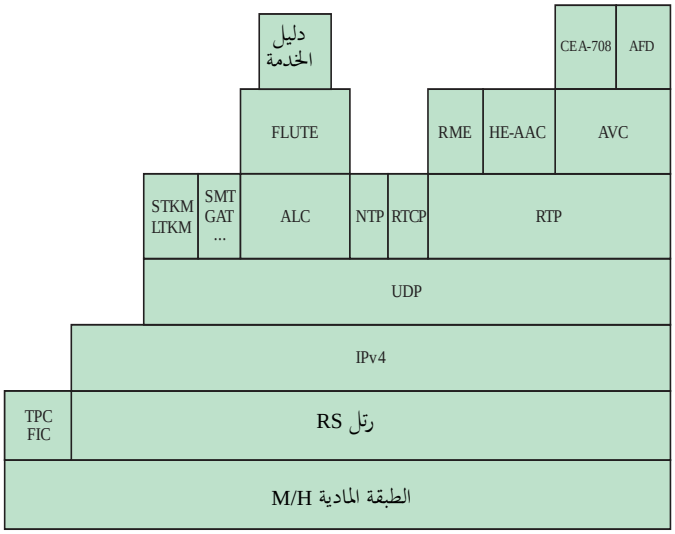
ومعالجة التصحيح الأمامي للأخطاء، يتم انساق رزم البيانات في أرتال البيانات للإرسال، وتضاف مزامنة جزء البيانات ومزامنة حقل البيانات. ويتم تشكيل الإشارة وتدرج موجة حاملة تجريبية صغيرة قبل تحويل التردد الراديوي.

ويتلقى التمديد M/H لنظام الإرسال مجموعتين من تدفقات الدخل: تتألف الأولى من رزم تدفق النقل MPEG لبيانات الخدمة الرئيسية، وتتألف الثانية من بيانات خدمة M/H. وعلى مستوى عال، تكون وظيفة نظام الإرسال M/H توليف من هذين النوعين من التدفقات في تدفق واحد من رزم MPEG ومعالجتها وتشكيلها في إشارة 8-VSB مشفرة شبكياً في معيار ATSC العادي.

ويقسم النظام ATSC-M/H إلى وحدات وظيفية منطقية منفصلة تقابل كدسة البروتوكولات في الشكل 27.9. ويستخدم النظام الإرسال المتعدد الوسائط القائم على بروتوكول الإنترنت لتمكين خدمات الفيديو والصوت AVC/HE-AAC وتقديم المحتوى المكيف شخصياً. ويتطلب بروتوكول الإنترنت كدسة بروتوكولات وحدة بيانات المستعمل/بروتوكول النقل في الوقت الفعلي (UDP/RTP) لخدمات الفيديو والتحكم في التشفير الطبقي اللامتزامن (ALC) لتسليم الملفات من خلال نقل أحادي الاتجاه (FLUTE)/دليل الخدمة.

الشكل 27.9

كدسة بروتوكولات النظام ATSC-M/H



DTTB-09-27

وتقسم البيانات M/H في طبقة الوصلات إلى مجموعات تضم كل منها خدمة واحدة أو أكثر. ويمكن تشفير كل مجموعة إلى سويات مختلفة من الحماية من الأخطاء تبعاً للتطبيق. ويشمل التشفير M/H عملية التصحيح FEC على كل من مستوى الرزمة ومستوى التشبيك، بالإضافة إلى إدراج متواليات تجريبية طويلة ومتباعدة بانتظام في بيانات M/H. كما تدرج بيانات تحكم قوية وموثوقة لاستعمالها في المستقبلات M/H. ويوفر النظام M/H الإرسال الرشقي للبيانات M/H، وهو ما يمكّن المستقبل M/H من تدوير القدرة في المولّف ومزيل التشكيل بغية توفير الطاقة.

وترسل البيانات M/H في إشارة 8-VSB على أساس شرائح زمنية، مما يسهل استقبال الأسلوب الرشقي للأجزاء المختارة فقط من البيانات M/H بمستقبل M/H. ويقسم كل فاصل زمني في الرتل M/H إلى خمسة فواصل فرعية متساوية الطول تسمى الأرتال M/H الفرعية. ويقسم كل رتل M/H فرعي بدوره إلى أربعة أقسام فرعية طول كل منها 48,4 ms، وهو الزمن اللازم لإرسال رتل VSB واحد. ويقسم كل من هذه الفواصل الزمنية للرتل VSB بدوره إلى أربع فتحات M/H (لعدد إجمالي من الفتحات في كل رتل فرعي M/H قدره 16 فتحة M/H).

ومن أجل التوافق مع المستقبلات 8-VSB الموروثة، يتم تغليف بيانات الخدمة M/H في رزم تدفق نقل MPEG-2 خاصة، محددة بوصفها رزم تغليف M/H. ويمكن لنظام الإرسال M/H أن يستوعب بيانات الخدمة المغلفة في أي نسق مطلوب. مثال ذلك،

الخدمات التي يتم نقلها في تدفقات النقل MPEG، من قبيل الفيديو/الصوت MPEG-2 أو MPEG-4، والبيانات الأخرى، أو الخدمات التي تحملها رزم IP.

ويؤدي تعدد الإرسال بتقسيم الزمن للبيانات الرئيسية وبيانات M/H إلى إدخال تغييرات في وقت إرسال رزم تدفق الخدمة الرئيسية مقارنة بالتوقيت الذي يمكن أن يحدث في حال عدم وجود تدفق M/H. والتغييرات ضرورية للتعويض كلياً عن الزحزحة الزمنية عند نقطة التوليف بحيث تمتثل الإشارة المرسلة لمعايير MPEG وATSC لحماية المستقبلات الموروثة. ويتم تنفيذ هذه الوظائف في فدرة "توقيت الرزم وتعديل مرجع ميقاتية البرنامج (PCR)" المبينة في الشكل 26.9.

وتنقسم عمليات نظام الإرسال M/H بشأن بيانات M/H إلى مرحلتين: ما قبل المعالج وما بعد المعالج.

وتتمثل وظيفة ما قبل المعالج في إعادة ترتيب بيانات الخدمة M/H في بنية بيانات M/H، وتعزيز متانة بيانات الخدمة M/H بعمليات تصحيح FEC إضافية، وإدراج متواليات تجريبية، وبعد ذلك تغليف البيانات المعززة المعالجة في رزم تغليف تدفق النقل (MHE). وتشمل عمليات ما قبل المعالج تشفير الرتل M/H، ومعالجة الفدرات، وإنساق المجموعة، وإنساق الرزم، وتشفير التشوير M/H.

وتتمثل وظيفة ما بعد المعالج في معالجة بيانات الخدمة الرئيسية من خلال تشفير 8-VSB عادي ومناولة بيانات الخدمة M/H المعالجة مسبقاً في التدفق المولّف لضمان التوافق مع مستقبلات ATSC 8-VSB. وتجري معالجة بيانات الخدمة الرئيسية في التدفق المولّف تماماً بنفس الطريقة المتبعة في الإرسال 8-VSB العادي: التوزيع العشوائي، والتشفير RS، والتشذير، والتشفير الشبكي. أما بيانات الخدمة M/H في التدفق المولّف فتعالج بشكل مختلف عن معالجة بيانات الخدمة الرئيسية من حيث إن بيانات الخدمة M/H المعالجة مسبقاً تتجاوز موزع البيانات العشوائي.

وتتم معالجة بيانات الخدمة M/H المعالجة مسبقاً بواسطة مشفر RS غير منهجي. وتجرى عمليات إضافية على بيانات الخدمة M/H المعالجة مسبقاً لتهيئة ذاكرات مشفر التشبيك في بداية كل متوالية تجريبية تم تضمينها في بيانات الخدمة M/H المعالجة مسبقاً. ويسمح تشفير RS غير المنهجي بإدراج متواليات تجريبية طويلة ومتباعدة بانتظام دون تعطيل الاستقبال في المستقبلات الموروثة.

وتعمل قناة المعلومات السريعة (FIC)، وهي قناة بيانات منفصلة عن قناة البيانات، عبر أرتال RS. والغرض الرئيسي من القناة FIC هو التسليم الفعال للمعلومات الأساسية من أجل سرعة الحصول على الخدمة M/H. وتشمل هذه المعلومات بالدرجة الأولى معلومات الربط بين الخدمات M/H ومجموعات M/H التي تحملها إضافة إلى معلومات الصيغة بشأن قناة تشوير الخدمة M/H في كل مجموعة M/H.

4.1.3.9 أداء النظام ATSC 1.0

إن نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء (C/N) في قناة ضوضاء غوسية بيضاء مضافة (AWGN) هي 15,19 dB لتشفير شبكي بمعدل 2/3. وكذلك فإن نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء C/N هي 9,2 dB لتشفير شبكي سلسالي بمعدل 1/2، و6,2 dB لتشفير شبكي سلسالي بمعدل 1/4. وثمة المزيد من المعلومات عن أداء مستقبل ATSC في الممارسة الموصى بها A/74 لدى اللجنة ATSC [65.9].

وتبرز متطلبات C/N بالنسبة إلى ATSC-M/H في الممارسة الموصى بها A/74 لدى ATSC [66.9] بشأن أداء المستقبل المتنقل. وبالإضافة إلى ذلك، يتم تقدير الحساسية القصوى، التي تسمى الحساسية المتناحية الكلية (TIS) فيما يلي أدناه. وترد هذه المتطلبات في الجدولين 10.9 و11.9 للأجهزة ذات الهوائيات المدمجة.

الجدول 10.9

حساسية متناحية كلية (TIS) نموذجية من أجل أجهزة موجات ديسيمترية (UHF) تنطوي على أنظمة هوائيات

صنف الجهاز	هامش التنفيذ	رقم الضوضاء	كفاءة الهوائي	AWGN C/N لمعدل 1/4	TIS عند MHz 584
متنقل محمول باليد	dB 3	dB 6	dB 8,6−	dB 3	dBµV/m 46,5
جهاز استعادة تسجيل شخصي	dB 3	dB 6	dB 5,6−	dB 3	dBµV/m 43,5

الجدول 11.9

حساسية متناحية كلية (TIS) نموذجية من أجل أجهزة موجات مترية (VHF) تنطوي على أنظمة هوائيات

صنف الجهاز	هامش التنفيذ	رقم الضوضاء	كفاءة الهوائي	AWGN C/N لمعدل 1/4	TIS عند MHz 584
متنقل محمول باليد	dB 3	dB 6	dB 25−	dB 3	dBµV/m 53,4
جهاز استعادة تسجيل شخصي	dB 3	dB 6	dB 22−	dB 3	dBµV/m 50,4

5.1.3.9 خلاصة معلمات نظام ATSC 1.0

يلخص الجدول 12.9 خصائص النظام ATSC 1,0 (انظر أيضاً التقرير ITU-R BT.2295-1 [43.9]).

الجدول 12.9

الخصائص الرئيسية للنظام ATSC

الخصائص	ATSC
أساليب الاستقبال:	
– ثابت	+
– محمول	+
– محمول باليد	+
– متنقل	+
عرض نطاق القناة	أ) 6 MHz؛ ب) 7 MHz؛ ج) 8 MHz
معدلات البيانات الصافية	تبعاً للتشكيل ومعدل الشفرة: أ) 4,23–19,39 Mbit/s ب) 4,72–21,62 Mbit/s ج) 5,99–27,48 Mbit/s
كفاءة الطيف (bit/s/Hz)	1,48-0,55
شبكات وحيدة التردد (SFN)	
أنماط البث:	
– صوت	
– وسائط متعددة	+
– تلفزيون	+
أنماط إرسال البيانات/الخدمة	فيديو، صوت، بيانات
نطاقات التردد	VHF، UHF
عرض النطاق المستعمل	عند –3 dB: أ) 5,38 MHz؛ ب) 6,00 MHz؛ ج) 7,00 MHz
عدد الأجزاء	1
عدد الموجات الحاملة الفرعية في كل جزء	1
المباعدة بين القنوات الحاملة الفرعية	–
مدة نشاط الرمز	أ) 92,9 ns؛ ب) 83,3 ns؛ ج) 71,4 ns
مدة/نسبة فاصل الحراسة	–
مدة الرتل	أ) 48,4 ms؛ ب) 43,4 ms؛ ج) 37,2 ms
مزامنة الوقت/التردد	تزامن الأجزاء، موجة حاملة دليلة، تزامن الرتل
طرائق التشكيل	8-VSB
FEC داخلي	2/3 شبكية، أو سلسالية 1/2 أو 1/4 شبكية
التشذير الداخلي	تدفقات مشفرة تشفيراً مستقلاً ومشذرة زمنياً أ) 12؛ ب) 24؛ ج) 28
FEC خارجي	RS (207، 187، T = 10)، RS سلسالية (184، 164، T = 10)
التشذير الخارجي	تلافيفي من 52 جزءاً مع تشذير البايتات سلسالي من 46 جزءاً مع تشذير البايتات
عشوائية البيانات/تشتت الطاقة	تتابع إثنيني شبه عشوائي (PRBS) من 16 بتة
الإرسال التراتبي	–
تشوير معلمات الإرسال	رمز الأسلوب في تزامن الرتل

6.1.3.9 ميزانيات الوصلات لنظام ATSC 1.0

تقدم التوصية ITU-R BT.1368 [42.9] ميزانيات الوصلات من حيث مقادير شدة المجال الدنيا للتلفزيون الرقمي للأرض بنظام ATSC 1,0 (الخدمة الرئيسية) كما هو مبين في الجدول 13.9 أدناه.

الجدول 13.9

الاشتقاق بطريقة عامل الجدارة نظام ATSC بتردد 6 MHz*

معلمة التخطيط[1]	موجات مترية (VHF) دنيا MHz 88-54	موجات مترية (VHF) عليا MHz 216-174	موجات ديسيمترية (UHF) MHz 806-470
التردد (MHz)	69	194	615
(dB) C/N	[2]19,5	[2]19,5	[2]19,5
(dB) k	228,6−	228,6−	228,6−
(dB(Hz)) (6 MHz) B	67,8	67,8	67,8
(dB) G_{1m2}	1,8−	7,3	17,2
(dB) G_D	6	8	10
(dB) G_I	8,2	10,2	12,2
خسارة خط الإرسال (dB) α_{line}	1,1	1,9	3,3
خسارة 300/75 لمحول توازن الهوائي (dB) α_{balun}	0,5	0,5	0,5
رقم ضوضاء المستقبِل (dB)	5	5	10
(K) T_{rx}	627,1	627,1	2 610
(K) T_{line}	65,0	102,9	154,4
رقم ضوضاء مكبر منخفض الضوضاء (LNA) (dB)	5	5	5
كسب مكبر منخفض الضوضاء (LNA) (dB)	20	20	20
(dB) T_{LNA}	627,1	627,1	627,1
(K) T_{balun}	31,6	31,6	31,6
(K) T_a	9 972,1	569,1	مهملة
(K) $T_a\ \alpha_{balun}$	8 885,1	507,1	مهملة
(K) $T_{line}/\alpha\ G$	0,8	1,6	3,3
(K) $T_{rx}/\alpha\ G$	8,1	9,7	55,8
(K) T_e	9 552,6	1 176,8	717,8
(dB(K)) 10 log(T_e)	39,8	30,7	28,6
(dB) G_A	7,7	9,7	11,7
(TBC) E_{rx} (dB(μV/m)) [2], [3]	35	33	39

ملاحظات – احتسبت القيم الواردة في الجدول على افتراض نسبة C/N مع مراعاة انحطاط نمطي للاستقبال متعدد المسيرات وتقسيم متساوٍ للضوضاء والتداخل. ونموذج نظام الاستقبال هو جهاز استقبال نمطي قريب من حافة التغطية ويتألف من هوائي خارجي ومكبر منخفض الضوضاء (LNA) مُرَكَّب على الهوائي وكبل توصيل هابط ومستقبِل ATSC.

(1) للاطلاع على التعاريف انظر المرفق 1 للملحق 1 في التوصية ITU-R BT.1368 [42.9].

(2) ينبغي تعديل الأرقام انخفاضاً (نحو أداء أفضل) بمقدار 6 dB من أجل تشفير شبكي سلسالي بمعدل 1/2 أو بمقدار 9 dB من أجل تشفير شبكي سلسالي بمعدل 1/4.

(3) للاطلاع على الصيغة انظر المرفق 1 للملحق 1 في التوصية ITU-R BT.1368 [42.9].

ويرد في الجدول 14.9 تلخيص لمثال تقدير ميزانية وصلة M/H ATSC لمستقبل متنقل خارجي (على متن مركبة) (باستخدام كسب الهوائي) وأجهزة هوائيات مدمجة.

الجدول 14.9

مثال لميزانية وصلة لأجهزة ذات هوائيات خارجية على متن مركبة

البند	شخصي محمول باليد MHz 584	شخصي محمول باليد MHz 195
الحرارة المرجعية للنظام، K	298,0	298,0
قدرة ضوضاء الحرارة المرجعية للنظام، dBm	106,5−	106,5−
حرارة ضوضاء الجهاز (6 dB NF)، K	1192,0	1192,0
خسارة التنفيذ (إشعاع ذاتي) (0 dB)، K	0,0	0,0
حرارة ضوضاء البيئة، K	372,5	2384,0
حرارة ضوضاء دخل النظام الكلية، K	1564,5	3576,0
قدرة ضوضاء الدخل الفعالة، dBm	99,3−	95,7−
C/N لمعدل مختلط ومجموعة اختبار TU-6، dB	17,0	17,0
قدرة دخل المستقبل المطلوبة، dBm	82,3−	78,7−
كسب الهوائي، dBi	0,0	3,0−
شدة المجال التشغيلية، dBµV/m	50,2	47,3
الحرارة المرجعية للنظام، K	298,0	298,0
قدرة ضوضاء الحرارة المرجعية للنظام، dBm	106,5−	106,5−
حرارة ضوضاء الجهاز (6 dB NF)، K	1192,0	1192,0
خسارة التنفيذ (إشعاع ذاتي) (3 dB)، K	1192,0	1192,0
حرارة ضوضاء البيئة، K	372,5	2384,0
حرارة ضوضاء دخل النظام الكلية، K	2756,5	4768,0
قدرة ضوضاء الدخل الفعالة، dBm	96,9−	94,5−
C/N لمعدل مختلط ومجموعة اختبار TU-6، dB	17,0	17,0
قدرة دخل المستقبل المطلوبة، dBm	79,9−	77,5−
كسب الهوائي، dBi	8,6−	25,0−
شدة المجال التشغيلية، dBµV/m	61,3	80,0

2.3.9 النظام ATSC 2.0

الغرض من النظام ATSC 2.0 هو الارتقاء بتجربة التلفزيون في أجهزة الاستقبال الثابتة إلى المستوى الأعلى بإدخال عدد من الميزات المعززة على أساس المعايير التي وضعت حديثاً والتطبيق المركز للمعايير القائمة.

والنظام ATSC 2.0، في الطبقة المادية، متوافق رجعياً مع النظام ATSC 1.0. والميزات الجديدة مدخلة أساساً على المستوى الأعلى من هذا النظام DTTB.

وتمكّن أجهزة المستهلك الموصولة بالإنترنت نماذج التوزيع والاستهلاك الجديدة لبرامج الترفيه التلفزيونية والمعلومات.

ويمكن توصيل العديد من المنتجات الإلكترونية الاستهلاكية، مثل أجهزة ألعاب الفيديو ومشغلات أقراص Blu-ray™ والحواسيب الشخصية، بالإنترنت مما يتيح لها استقبال المحتوى والخدمات من مزودي الخدمات القائمة على الإنترنت. كما يمكن أيضاً توصيل أجهزة التلفزيون بالإنترنت.

ومن شأن تطورات جوهرية أخرى في تقنية الفيديو، أدرجت في النظام ATSC 2.0، أن تدخل تحسيناً كبيراً في تشغيل أنظمة التلفزيون. ومنذ إدخال أول تقنية للانضغاط الفيديوي، MPEG-2، نشرت على نطاق واسع قبل بضعة عقود، أصبح كودك الفيديو AVC (H.264) يستخدم الآن على نطاق واسع لتوفير توزيع فيديوي عالي الجودة والكفاءة، وهو شائع في خدمات التدفق في الإنترنت وكذلك في معيار ATSC للتلفزيون الرقمي المتنقل. وهنالك أيضاً كودكات صوتية جديدة ذات كفاءة عالية في أحدث خدمات الفيديو المتوفرة.

والنظام ATSC 2.0 مصمم ليكون متوافقاً رجعياً في النطاق، مما يعني أنه على الرغم من عدم توقع تشغيل خدمات ATSC 2.0 في مستقبلات ATSC الحالية، فإن إدخال خدمات ATSC 2.0 في الإرسال مصمم بحيث يكون متوافقاً مع قدرة المستقبلات ATSC الراهنة على تلقي خدمات ATSC الحالية في هذا الإرسال. ويوفر المعيار ATSC A/107 [67.9] مواصفات رفيعة المستوى للخدمات التلفزيونية الرقمية للإذاعة الثابتة ATSC 2.0 التي تعزز خدمات التلفزيون الرقمي المحددة في معايير ATSC A/53 في المراجع [48.9] إلى [53.9].

1.2.3.9 الخدمات في غير الوقت الفعلي

يصف المعيار ATSC A/103 في غير الوقت الفعلي (NRT) [68.9] تقييس التشوير والإعلان والنقل في غير الوقت الفعلي أساساً. وتقدم الخدمات في غير الوقت الفعلي للبث الثابت ضمن الشبكات الفرعية IP؛ ويتم تحديد الشبكات الفرعية هذه المرتبطة بقناة افتراضية معينة بمراجع في جدول القنوات الافتراضية للأرض (TVCT) وجداول ترابط/تقابل البرامج (PAT/PMT) المرتبطة بها. وهنالك سبعة نماذج استهلاك حددها المعيار في غير الوقت الفعلي.

2.2.3.9 الخدمات التفاعلية

يسمح المعيار ATSC A/105 للخدمات التفاعلية [69.9] لهيئات البث بتوصيل البرامج مع خدمات إضافية متعلقة بها. وفي صميم هذا النظام الأشياء الإعلانية (DOs) التي توفر تجربة المستعمل التفاعلية. ويمكن لكل من هيئة البث والمشاهد أن يشرع في إدخال تغييرات في حالة العمر الافتراضي للأشياء الإعلانية وتعديلها (بإطلاق شيء إعلاني أو إلغائه). ويسمح النظام بتوسيع نطاق هذه الخدمات لتشمل الشاشات الإضافية كما يسمح بتوفير الموارد اللازمة عبر مسير الإنترنت.

وبالإضافة إلى الخدمات التي تشكل بالفعل جزءاً من التلفزيون التقليدي للأرض، تشمل الخدمات الموصوفة في معيار الخدمات التفاعلية ما يلي:

- إضفاء الطابع الشخصي
- الإبلاغ عن استعمال الخدمة
- نفاذ المستقبل إلى المخدِّمات في شبكة الإنترنت
- دعم الإدراك التلقائي للمحتوى.

ويتوفر الدعم لثلاثة سياقات للتفاعلية في معيار الخدمات التفاعلية ومعايير ATSC ذات الصلة:

- تشغيل خدمات البيانات التفاعلية المساعدة
- خدمات تفاعلية أخرى في غير الوقت الفعلي
- تطبيقات تفاعلية غير مرتبطة بالخدمة.

وفي كل حالة يتم توفير التفاعلية من قبل أشياء إعلانية (DOs) تمتثل لمواصفات معيار الخدمات التفاعلية.

3.3.9 النظام ATSC 3.0

ما زال نظام التقييس ATSC 3.0، وقت إعداد هذا الكتيّب، قيد التطوير. ومع ذلك، ووفقاً للمواد الصادرة عن القطاع ITU-R، من المتوقع أن يوفر النظام ATSC 3.0 الخدمات التالية [70.9]:

- التلفزيون عالي الوضوح؛
- البث المتعدد للوسائط المتعددة؛
- الصوت الرقمي المحيطي 5.1؛
- أدلة البرامج الإلكترونية؛
- النصوص الوصفية المغلقة؛
- التحسينات المتوافقة رجعياً.

وفيما يلي متطلبات الطبقة المادية لنظام ATSC 3.0 [70.9]:

- نظام إرسال مرن وقوي؛
- سعة أكبر (المزيد من bits/Hz)؛
- القدرة على المفاضلة بين السعة والمتانة؛
- متانة اكتشاف النظام والتشوير؛
- قدرات متنقلة/محمولة باليد متكاملة؛
- مرونة في معدل البتات وخيارات منطقة التغطية؛
- تمكين المكررات على القناة لاستقبال قوي داخل المباني وأثناء التنقل؛
- الترابط بين القنوات يسمح بتقاسم الطيف؛
- خيار قناة العودة للأسواق الناشئة؛
- كفاءة استعمال الطيف.

خصائص الطبقة المادية المتوقعة هي كما يلي [70.9]:

- أحجام تحويل فورييه السريع (FFT) من 8K و16K و32K؛
- خيار تعدد الإرسال بتقسيم الزمن؛
- مفهوم أنبوب الطبقة المادية (PLP) هو نفسه، والأنابيب المتعددة هي حالة استعمال محتملة؛
- التمهيدات التراتبية تسبق الأرتال؛
- اختبار التعادلية منخفض الكثافة من أجل التصحيح الأمامي للأخطاء مماثل، ولكن هناك شفرات جديدة مع معدلات تشفير مختلفة؛
- تتمتع إشارة bootstrap بأداء C/N قوي بمقدار 10 dB للمزامنة وتتبع أنماط الأنظمة؛
- توفر الكوكبات غير المتماثلة كسباً في الأداء بأكثر من 1 dB؛
- خيارات أعلى في مرتبة التشكيل (تصل إلى 4096-QAM)؛
- تعدد الإرسال في تقسيم الطبقات يعالج منطقة خدمة قوية؛
- مدى أوسع من نقاط تشغيل نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) (من −6 dB إلى أكثر من 30 dB)؛
- 4 أنابيب في الطبقة المادية (PLPs) لكل تخصيص خدمة لتشغيل انسيابي (صوت قوي وخيارات تشفير فيديوي قابل للتوسيع)؛
- الترابط بين القنوات يسمح بتقاسم الطيف.

الإدارة المتوقعة والبروتوكولات هي كما يلي [70.9]:

- طبقة الإدارة والبروتوكولات؛
- تقديم الخدمات والتزامن؛
- إعلان الخدمة وإضفاء الطابع الشخصي؛
- الخدمات التفاعلية وشاشات العرض المصاحبة؛
- دعم إعادة التوزيع/العلامات المائية؛
- يستخدم نقل بروتوكول الإنترنت (فقط) في البث الإذاعي لكل من التدفق ومحتوى الملفات؛
- البث هو جزء من الإنترنت.

أداء الفيديو ATSC 3.0 المتوقع هو كما يلي [70.9]:

- التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV) هو هدف رئيسي في النظام ATSC 3,0 – 4k هو التركيز الحالي، مع إمكانية 8k في المستقبل؛
- استبانة بمقدار 2160×3840؛
- معدل أرتال قدره 60 Hz (120 Hz قيد النظر)؛
- مدى دينامي واسع؛
- سلم ألوان واسع (بحسب التوصية ITU-R BT.2020)؛
- 10 بتات/بيكسل؛
- توفير تلفزيون عادي الوضوح (HDTV) في الأجهزة المتنقلة والمحمولة باليد مثل الألواح الحاسوبية.

وسوف يستغل نظام الفيديو ATSC 3.0 التطورات الحديثة في تقنيات التشفير كما يلي:

- تشفير فيديوي عالي الكفاءة MPEG HEVC (يجري حالياً دراسة التشفير الفيديوي القابل للتوسيع)؛
- فرص جذابة لتحقيق مكاسب ممكنة في الكفاءة؛
- قد يمثل تعقيد النظام مشكلة؛
- نظام يبشر بإمكانية التوصيل إلى منصات متعددة؛
- تشفير فيديوي عالي الكفاءة (HEVC) مع تمديدات قابلة للتوسيع (يعرف أيضاً باسم SHVC): قابلية مضاعفة التوسيع المكاني بين الطبقة الأساسية (BL) وطبقة التعزيز (EL)؛ استمثال الطبقة الأساسية للاستقبال المتنقل؛ استمثال طبقة التعزيز من أجل استبانة فائقة (UHD).

الأداء الصوتي ATSC 3.0 [70.9]:

- ميزات صوت غامر توفر استبانة مكانية عالية في تعرف موقع مصدر الصوت؛
- السمت والارتفاع والمسافة (زيادة غمار الصوت لتعزيز شعور "ما لا يصدق")؛
- توجيه الصوت ATSC 3.0 إلى مختلف الأجهزة–الثابتة والمتنقلة والمحمولة باليد؛
- مختلف ترتيبات بث الصوت، وسماعات الرأس، بما في ذلك ترتيبات دون الحد الأمثل؛
- تمكين الصوت ATSC 3.0 في مكونات صوت قابلة للاختيار والمزج؛
- التحكم في الحوار: يمكن رفع مستوى الحوار لضعاف السمع؛
- المسالك الصوتية البديلة: المسالك المتعددة اللغات والتعليقات الخاصة والموسيقى ومسالك التأثيرات الصوتية؛
- تمكين المشاهدين من اختيار عناصر في مزيج من البرامج وتكييف هذه العناصر بحسب رغبتهم.

4.9 النظامان DVB-T وDVB-T2

وفقاً للمعيارين ETSI EN 300 744 [36.9] وETSI EN 302 755 [8.9]، يعرّف النظامان DVB-T/DVB-T2 بأنهما فدرتان وظيفيتان تعملان على تكييف إشارات التلفزيون في النطاق الأساسي، من خرج معدد إرسال النقل إلى خصائص القناة للأرض. ولإرسال إشارات البث التلفزيوني، يستخدم عرضا نطاق القناة 1,7 MHz و7 MHz في نطاق التردد 174–230 MHz وعرض نطاق القناة 8 MHz في النطاق 470–862 MHz.

وبالإضافة إلى ذلك، فإن النظامين DVB-T وDVB-T2 هما وسيلة فعالة لإيصال الإشارات الرقمية في حالة تعدد المسيرات، ومن ثم يمكن استعمالهما في تطبيقات أخرى مثل تجميع الأخبار إلكترونياً (ENG) أو نظام توزيع الموجات الصغرية (انظر المعيار ETSI EN 301 701 [37.9] للإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض). ويتناول الفصل 15 استعمال أنظمة الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB) في تطبيقات تجميع الأخبار إلكترونياً.

وبفضل أنساق الدخل المدعومة عالمياً للمعلومات المرسلة، والمرونة العالية في اختيار المعلمات لتمكين المفاضلة بين سعة القناة وقوة إشارة دخل المستقبل، وإمكانية الأداء القوي في مختلف أنماط شبكات الإذاعة (الشبكات المتعددة الترددات أو الشبكات الوحيدة التردد) وظروف الاستقبال (الثابت أو المحمول أو المتنقل)، يُستخدم النظامان DVB-T وDVB-T2 كمعايير رئيسية للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في كثير من البلدان (انظر الخارطة في الشكل 24.9). وترد معلومات أكثر تفصيلاً عن وضع إدخال هذه المعايير في موقع مشروع الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB) على الويب (www.dvb.org).

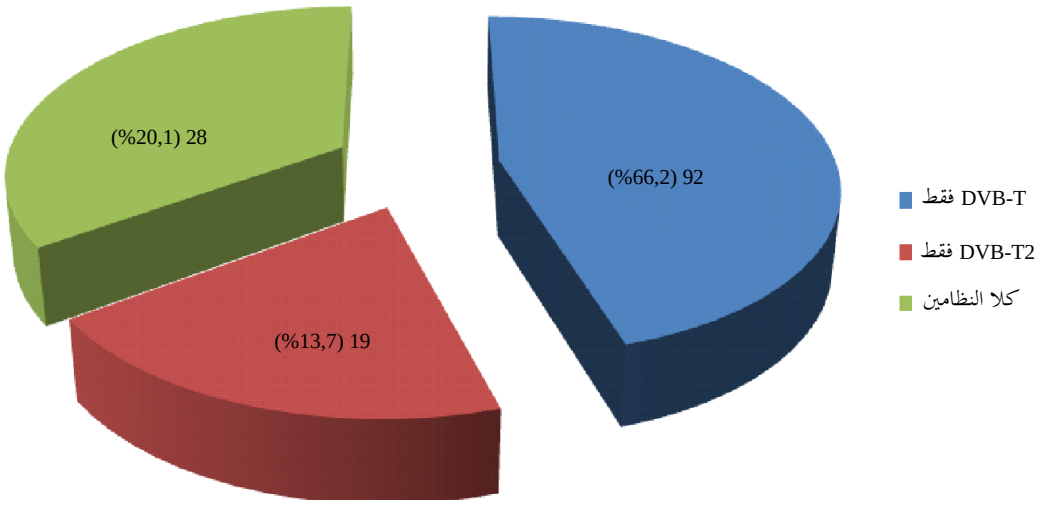
ويرد في الأشكال 28.9 إلى 30.9 بعض الإحصاءات بشأن اعتماد النظامين DVB-T وDVB-T2، المقدمة من مشروع DVB.

ويرد في الشكل 28.9 تحليل لعدد البلدان التي تستعمل نظام الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض DVB-T أو DVB-T2 مصنفة على النحو التالي:

- البلدان التي يجري فيها إدخال DVB-T أو اكتمل؛
- البلدان التي يجري فيها إدخال DVB-T2 أو اكتمل؛
- البلدان التي يجري فيها إدخال DVB-T وDVB-T2 أو اكتمل.

الشكل 28.9

إدخال النظامين DVB-T وDVB-T2 (سبتمبر 2016)



DTTB-09-28

ويظهر التحليل، في أغسطس 2015، أن من أصل 139 بلداً وقع الخيار فيها على استخدام التلفزيون الرقمي للأرض (DVB) كان 92 بلداً (66,2 في المائة) فقط تستعمل أو مقبلة على استعمال شبكات البث DVB-T، و19 بلداً (13,7 في المائة) فقط تستعمل أو مقبلة على استعمال DVB-T2، و28 بلداً (20,1 في المائة) تستعمل أو مقبلة على استعمال كلا النظامين.

وحتى سبتمبر 2016، توفرت الإحصاءات عن 150 بلداً. وتبين أن نظام DVB-T فقط يستخدم في 66 بلداً (44 في المائة)، بينما يستخدم نظام DVB-T2 فقط في 30 بلداً، ويستخدم النظامان في 54 بلداً.

ويبين الشكلان 29.9 و30.9 حالة إدخال كلا المعيارين (DVB-T وDVB-T2).

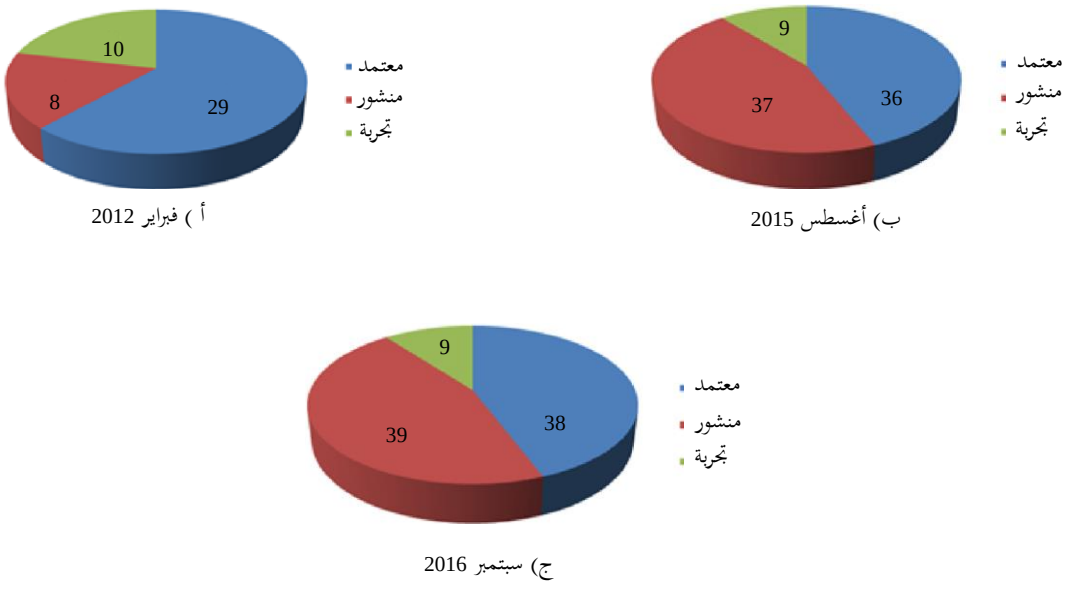
الشكل 29.9

إدخال المعيار DVB-T

DTTB-09-29

الشكل 30.9

إدخال المعيار DVB-T2



DTTB-09-30

وبالمقارنة، يتسارع نشر النظام DVB-T2. وتبين الإحصاءات أن عدد الشبكات المنتشرة، في السنوات الثلاث من 2012 إلى 2016، ازداد من 8 إلى 39 شبكة. وبالإضافة إلى ذلك، ازداد أيضاً عدد البلدان التي اعتمدت معيار DVB-T2 من 29 إلى 38 بلداً.

1.4.9 النظام DVB-T وتمديدات التلفزيون المتنقل التابعة له

استخدم العديد من أنظمة DVB الأولى النظام DVB-T، لذلك فإن المعلومات عن هذا النظام تقدم هنا من باب الاكتمال. ومن المتوقع أن تستخدم عمليات تنفيذ جديدة النظام DVB-T2 (انظر البند 2.4.9).

1.1.4.9 النموذج المعماري وكدسة البروتوكولات للنظام DVB-T/H

يرد في الجدول 15.9 مثال لكدسة بروتوكولات للنظام DVB-T. والبروتوكول الأساسي لإرسال المعلومات السمعية البصرية عبر الوسائط المادية هو تدفق النقل MPEG-2.

الجدول 15.9

مثال لكدسة بروتوكولات لإرسال DVB-T في البث التلفزيوني الرقمي

<table>
<tr><td colspan="6">التطبيق (استنساخ، تسجيل، وغير ذلك)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">MPEG-4 AVC/HEVC</td><td rowspan="2">فيديو MPEG-2</td><td rowspan="2">صوت MPEG</td><td rowspan="2">DTS ،AC-3</td><td>نصوص جارية/تلفزيونية</td><td>ESG ،EPG</td></tr>
<tr><td>PSI</td><td>SI</td></tr>
<tr><td colspan="4">PES MPEG-2</td><td colspan="2">قسم MPEG-2</td></tr>
<tr><td colspan="6">تدفق النقل MPEG-2</td></tr>
<tr><td colspan="6">الطبقة المادية (شفرة RS، M-QAM، وغير ذلك)</td></tr>
</table>

ويمكن استخدام MPEG-2 أو التشفير الفيديوي المتقدم (AVC) MPEG-4 أو التشفير الفيديوي عالي الكفاءة (HEVC) كطرائق انضغاط لمكونة الفيديو؛ ويمكن استخدام التشفير السمعي (AC-3) أو خاتم زمن فك التشفير (DTS) أو MPEG-1 أو MPEG-2 أو MPEG-4 لانضغاط الصوت. وبالإضافة إلى ذلك يتم تسيير تدفقات أولية مساعدة (نصوص جارية وتلفزيونية، وما إلى ذلك) كتدفقات أولية للبيانات في أقسام خاصة من MPEG-2.

تمديد التلفزيون المتنقل لنظام DVB-T. مع أن نظام الإرسال DVB-T قد أثبت قدرته على خدمة المطاريف الثابتة والمحمولة والمتنقلة، فإن المطاريف المحمولة باليد (التي تعرّف بأنها أجهزة خفيفة الوزن تعمل بالبطارية ولها شاشة صغيرة نسبياً وتنطوي على هوائي) تتطلب ميزات محددة من نظام الإرسال. ولهذا، طوّر البث الفيديوي الرقمي (DVB) نظام إرسال للمطاريف المحمولة باليد (DVB-H). ويستند هذا النظام إلى المعيار DVB-T، مع فدرات وظيفية إضافية خاصة بمطاريف DVB-H. وهكذا يوفر النظام DVB-H التغطية الجغرافية نفسها بالمقارنة مع DVB-T وبنى الشبكات المماثلة مع حالة تسليم سلس بين خلايا DVB-H. ويطلق على هذا البديل من النظام DVB-H تسمية DVB-T/H. ومن الممكن أيضاً تنفيذ شبكات DVB-H مخصصة.

ويرد في الجدول 16.9 مثال لكدسة البروتوكولات لنظام DVB-H.

الجدول 16.9

كدسة البروتوكولات لنظام DVB-H

طبقة التطبيق	تطبيق فيديوي في الوقت الفعلي		تطبيق قائم على الملفات	ESG
طبقة العرض	H.264/MPEG-4 AVC (فيديو) HE-AACv1/v2 (صوت)			HTML ،XML
طبقة الدورة	RTP		FLUTE/ALC	
طبقة النقل	UDP			
طبقة الشبكة	IP (IPv4/IPv6)			
طبقة الوصلة	MPE	تجزئة الزمن		MPE-FEC
	تدفق النقل MPEG-2 TS			
الطبقة المادية	الطبقة المادية DVB-T/H (M-QAM، OFDM، RS، CC)			

ويستعاد تغليف البروتوكولات المتعددة MPE وMPE-FE مع بيانات IP وأقسام بيانات شفرة RS المقابلة من تدفق النقل MPEG-2 TS. وتستخدم كدسة نمطية IP/UDP/RTP من الشبكات القائمة على بروتوكول الإنترنت في النظام من أجل توحيد النظام DVB-H والنفاذ إلى الخدمات التفاعلية. وفي طبقة العرض، يستند فك تشفير معلومات الفيديو فقط إلى MPEG-4 (مثل H.264/MPEG-4 AVC) وMPEG-1 وMPEG-2 AAC (التشفير الصوتي المتقدم) لانضغاط الصوت.

وأثناء إرسال تطبيق قائم على الملفات دون الحاجة إلى الاستهلاك الفوري للخدمة، تستخدم كدسة البروتوكولات FLUTE/ALC في نظام DVB-H. وتستخدم هذه البروتوكولات في الإرسال المتعدد والأحادي للبيانات استناداً إلى بروتوكول IP (IPDC) إلى النظام DVB-H. ويستخدم دليل الخدمات الإلكتروني (ESG) لاكتشاف الخدمة وعمليات الشراء، ربما القائمة على عروض XML/HTML.

المساعدة الساتلية للتلفزيون المتنقل في إطار النظام DVB-T/H. نظام *الإذاعة الفيديوية الرقمية – الخدمات الساتلية للأجهزة المحمولة باليد* (DVB-SH) هو نظام يوفر محتوى وبيانات وسائط قائمة على بروتوكول الإنترنت لخدمات الإذاعة عبر بنية تحتية ساتلية وللأرض هجينة تعمل بترددات دون 3 GHz ترسل نحو مجموعة متنوعة من المطاريف المحمولة والمتنقلة ذات هوائيات مدمجة ذات توجيهية محدودة جداً أو معدومة. وتشمل المطاريف المستهدفة المحمولة باليد المعرّفة بأنها أجهزة خفيفة الوزن تعمل بالبطارية (مثل أجهزة المساعد الرقمي الشخصي والهواتف المحمولة) والمطاريف المنصوبة على متن المركبات والجوالة (مثل الحواسيب المتنقلة والمحمولة باليد، وما إلى ذلك) والمطاريف الثابتة. ويستخدم النظام DVB-SH المجموعة DVB IP لبث البيانات (IPDC) من معايير تسليم المحتوى ودليل الخدمة الإلكتروني وشراء الخدمات والحماية. وهي تشمل ميزات مثل التشفير التوربيني للتصحيح الأمامي للأخطاء ومشذر مرن للغاية في نظام متقدم مصمم للتعامل مع طوبولوجيا الشبكة الساتلية/للأرض الهجينة.

وتتحقق التغطية بالنظام DVB-SH من خلال توليف مكونة ساتلية (SC) وإذا لزم الأمر مكونة أرضية تكميلية (CGC) لضمان استمرار الخدمة في المناطق التي لا يتسنّى للسواتل وحدها أن توفر فيها جودة الخدمة المطلوبة. وتضمن المكونة الساتلية تغطية واسعة بينما توفر المكونة الأرضية التكميلية التغطية من نمط البث أو من النمط الخلوي. وعلى هذا النحو، يمكن عندئذ توفير الخدمة في مختلف البيئات (خارج المباني وداخلها وفي المناطق الحضرية وشبه الحضرية والريفية). وجدير بالملاحظة أن المنطقة التي تخدمها حزمة من السواتل المتعددة الحزم المخطط لها حالياً تبلغ حوالي 000 600 كيلومتر مربع. والطبيعة الهجينة لأنظمة DVB-SH لها تبعات في جوانب متعددة من الخدمة: تنفيذ التسليم، واكتشاف الخدمة والنفاذ إليها، ودليل الخدمة الإلكتروني (ESG). وجدير بالذكر أيضاً أن اللوائح التنظيمية في بعض البلدان يمكن أن تسمح بنشر المكونة CGC تحسباً لإطلاق السواتل. وقد نشر مشروع DVB معيار DVB-SH في فبراير 2007 وتم الاتفاق عليه كمعيار ETSI بعد عملية التماس التعليقات من الجمهور، ومن ثم يصبح المعيار ETSI EN 302 583: *الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB)؛ بنية الترتيل، وتشفير وتشكيل القنوات في الخدمات الساتلية*

للأجهزة المحمولة باليد (SH) دون 3 GHz. وترد قائمة بالمعايير التكميلية تشمل دليل *التنفيذ* (ETSI TS 102 584) في قائمة الوثائق ذات الصلة [110.9-103.9].

2.1.4.9 التقنيات الرئيسية في نظام DVB-T

فيما يلي التقنيات الرئيسية المستخدمة في نظام DVB-T:

- نسق تدفق النظام: تدفق النقل MPEG-2 المعدل لتسليم المعلومات من التطبيقات التلفزيونية التقليدية (نصوص جارية/تلفزيونية، دليل البرامج الإلكتروني، وغيرها) مع معلومات إضافية عن البرامج التلفزيونية والتطبيقات التفاعلية، وما إلى ذلك؛
- خوارزمية التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC): شفرة الفدرات RS (204، 188,8) السلسالية والشفرة التلافيفية المتقطعة المتوائمة مع المعدل (RCPC) (معدلات التشفير الممكنة: 1/2 و2/3 و3/4 و5/6 و7/8) لتوفير نظام فرعي للتشذير/التشكيل في أسلوب شبه خال من الخطأ (QEF) حيث تقابل نسبة الخطأ في البتات (BER) في خرج مفكك تشفير القناة الداخلية حوالي 2×10^{-4} وتقابل نسبة BER في مفكك تشفير القناة الخارجية المجال $10^{-11} - 10^{-12}$؛
- التشذير: تشذير على مرحلتين في مشذر تلافيفي في المجال الزمني (تشذير خارجي) ومشذر تردد بتات/رموز (تشذير داخلي) من أجل خفض نفوذ الخبو الانتقائي للتردد والتداخل النبضي؛
- التشكيل الرقمي: كوكبات إشارة QPSK و16-QAM و64-QAM بتشفير Gray توفر مختلف المفاضلات بين المناعة من الضوضاء والكفاءة الطيفية؛
- أساليب التشكيل: كوكبات إشارة متماثلة (تقليدية) وكوكبة إشارة غير متماثلة (تراتبية) يمكن فيها إرسال الخدمة بمتانة مختلفة؛
- خفض أثر تعدد المسيرات: استخدام تعدد الإرسال المشفر بتقسيم تعامدي للتردد (COFDM) مع ثلاثة أساليب أساسية (2K و8K، و4K كتمديد لنظام DVB-H) وأربع فواصل حراسة (جزء الحراسة: 1/4 و1/8 و1/16 و1/32) توفر إمكانية الإرسال الموثوق للخدمات للاستقبال في حالة مختلفة (الاستقبال الثابت والمحمول والمتنقل)؛
- تعويض القناة والتشكيل الأوتوماتي: أدلة متناثرة ومستمرة لتقدير القنوات والتعويض، وتواؤم التردد والزمن؛ وتشوير معلمات الإرسال (TPS) من أجل تشكيل المستقبل التلقائي (تهيئة لأساليب تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) والتشكيل والتشفير، وما إلى ذلك)؛
- استقبال التنوع لتحسين أداء المستقبل – خياري (غير مدرج في معيار خط الأساس)؛
- عرض نطاق القناة: توفر قيم عرض النطاق 5 MHz و6 MHz و7 MHz و8 MHz إمكانية استعمال النظام في خطط تردد مختلفة؛
- أساليب الشبكة المدعومة: شبكات وحيدة التردد وشبكات متعددة الترددات ذات أحجام وتشكيلات مختلفة؛
- وسائل المزامنة الخاصة في الشبكات الوحيدة التردد: رزمة تدميث الرتل العملاق (MIP).

وبالنظر إلى أن النظام DVB-H يستند إلى الطبقة المادية DVB-T، فإن التقنيات الخاصة بهذا النظام الإذاعي المتعدد الوسائط واردة أدناه. وتكاد تكون التقنيات الأخرى مماثلة لتقنيات DVB-T.

الحلول التقنية لنظام DVB-H هي كما يلي:

- خفض استهلاك الطاقة في المستقبِل: يقابل تقسيم الزمن إلى شرائح لخفض استهلاك الطاقة، بفك تشفير جزء فقط من التدفق المشترك الذي يحتوي على بيانات بشأن خفض استهلاك الطاقة المطلوب في الخدمة مع معلمات طبقة وصلة DVB-H معينة (حجم الرشقة ومدة الرشقة وزمن التوقف، وغير ذلك) حوالي 90%.
- التغليف متعدد البروتوكولات (MPE): الفارق الرئيسي الذي يميز DVB-H عن DVB-T هو أن إرسال معلومات أي خدمة قائم على وحدة بيانات IP. ويتم تغليف وحدات بيانات IP في MPEG-2 TS بواسطة إجراء التغليف MPE.

- التصحيح الأمامي للأخطاء للبيانات المغلفة متعددة البروتوكولات (MPE-FEC): تسمح تقنية MPE-FEC الخيارية بتحسين قيمة العتبة C/N التي يعمل بناء عليها المستقبل في أسلوب شبه خال من الأخطاء (QEF) والحد من أثر Doppler أثناء الاستقبال المتعدد المسيرات. ويتحقق ذلك بإدراج تصحيح إضافي للأخطاء على مستوى MPE مع استعمال شفرة Reed-Solomon (معدلات شفرة الفدرات 1/1 (بدون تشفير) و1/2 و2/3 و3/4 و5/6 و7/8). وهكذا تتوفر إمكانية اختيار معدلات مختلفة لتشفير القنوات شرط تحقيق المفاضلة المطلوبة بين المناعة من الضوضاء ومعدل بيانات المعلومات.
- مجموعة موسعة من أساليب تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM): ثمة أسلوب إرسال إضافي مستخدم في النظام DVB-H في الطبقة المادية هو الأسلوب 4k. والغرض منه هو زيادة المرونة في تخطيط الشبكة التي تتحقق بالمفاضلة بين تنقلية مطراف المستقبل وأحجام الخلايا في الشبكة الوحيدة التردد.
- مجموعة موسعة من مخططات التشذير: بالإضافة إلى مخططات التشذير المستخدمة في نظام DVB-T، يُستخدم مشذر الرموز المتعمق (الخيار بين المشذر الأصيل والمتعمق – المشذر الداخلي في نظام DVB-T) في النظام DVB-H. وبالإضافة إلى ذلك، يتم خلال ترتيل DVB-H تشذير الفدرات الافتراضية لقسمي التغليف MPE وMPE-FEC بعمق تشذير يتوقف على حجم الرتل.
- نظام تشوير معلمات الإرسال (TPS) المعزز: لتشوير معلمات التدفق الأولية في تعدد الإرسال DVB-H، تستخدم قناة TPS المعرّفة في النظام DVB-T. وهي قناة بيانات محجوزة تحتوي على معلومات عن توفر التدفقات الأولية DVB-H المقسمة إلى شرائح زمنية في استعمال تعدد الإرسال المشترك والتغليف والتصحيح (MPE-FEC).

وفيما يلي التقنيات الرئيسية لنظام DVB-SH (بالإضافة إلى مزايا النظام DVB-T/H الذي تعتبر كجزء للأرض):

- طرائق النفاذ الموسعة إلى قناة البث: تستعمل أساليب تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) وبتقسيم التردد (FDM) في أجزاء مختلفة من كامل الشبكة؛
- تحسين تصحيح الأخطاء: يستخدم نظام DVB-SH شفرة 3GPP توربو بمعدلات 1/5 و2/9 و1/4 و2/7 و1/3 و2/5 و1/2 و2/3 في سياق تصحيح الأخطاء في جزء الشبكة الساتلية؛
- عرض النطاق الترددي الموسع والتشكيل: يحدد النظام DVB-SH استعمال عرض نطاق قدره 1,7 MHz وتشكيل QPSK و8-PSK و16-APSK.

3.1.4.9 الطبقة المادية من أجل النظام DVB-T وتمديد التلفزيون المتنقل

توفر مواصفة النظام DVB-T طائفة من معدلات البتات الصافية القابلة للتسليم تتراوح من 4,98 Mbit/s إلى 31,67 Mbit/s (انظر المعيار ETSI EN 300 744 [36.9]).

وتطبق العمليات التالية على تدفق البيانات عند الطبقة المادية للنظام DVB-T:

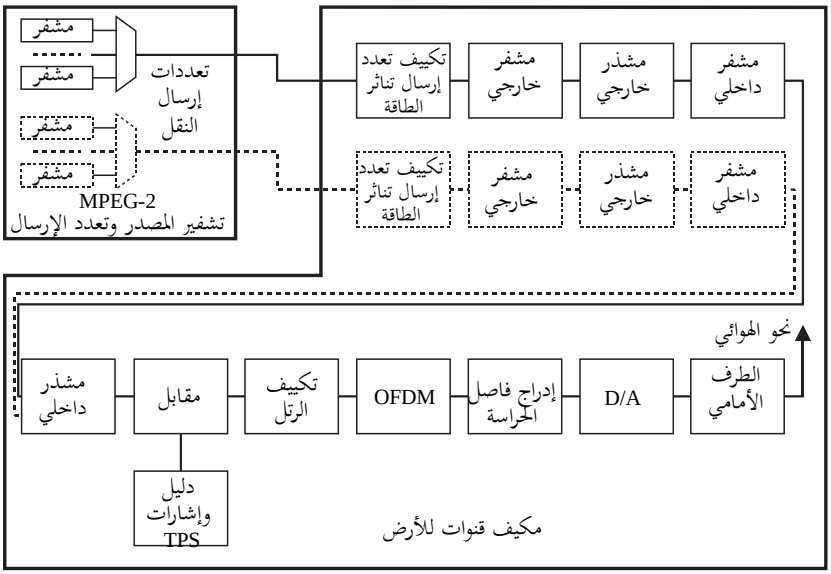
- تكييف تعدد الإرسال للنقل والعشوائية من أجل تشتت الطاقة؛
- التشفير الخارجي (أي شفرة Reed-Solomon)؛
- التشذير الخارجي (أي التشذير التلافيفي)؛
- التشفير الداخلي (أي شفرة تلافيفية مثقوبة)؛
- التشذير الداخلي (إما الأصيل أو المتعمق)؛
- التقابل والتشكيل؛
- الإرسال المتعدد بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM).

ويوضح الشكل 31.9 مسير التكيف لنظام DVB-T. وبالنظر إلى أن القناة للأرض تتسم بمستوى عال من الضوضاء فإن مسير تكييف التداخل أكثر تعقيداً مقارنة بأنظمة الإذاعة الرقمية في بيئات توزيع برامج (كبلية وساتلية) أخرى. ويحتوي المخطط البياني على مسير متواز ثان يستخدم في أسلوب الإرسال التراتبي (يتميز بخط منقط في الشكل).

ولما كان النظام مصمماً لخدمات التلفزيون الرقمي للأرض، ليعمل في حدود توزيعات الطيف القائمة للترددات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) للإرسالات التماثلية، فمن المطلوب أن يوفر حماية كافية من المستويات العالية للتداخل في نفس القناة (CCI) والتداخل في القناة المجاورة (ACI) المنبثقة عن خدمات PAL/SECAM/NTSC القائمة. ويشترط أيضاً أن يسمح النظام بأقصى قدر من كفاءة الطيف عند استخدامه ضمن نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)، ويمكن الوفاء بهذا الاشتراط باستخدام شبكة وحيدة التردد (SFN).

الشكل 31.9

مسير تكييف نظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض DVB-T



DTTB-09-31

وللوفاء بهذه المتطلبات يجري تحديد نظام تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) مع تشفير سلسالي لتصحيح الأخطاء. ولتحقيق أقصى قدر من القواسم المشتركة مع مواصفات خط الأساس الساتلي (انظر المعيار EN 300 421) ومواصفات خط الأساس الكبلي (انظر المعيار EN 300 429) من الشائع إجراء التشفير الخارجي والتشذير الخارجي، ويشيع التشفير الداخلي في مواصفات خط الأساس الساتلي. ولتمكين المفاضلة المثلى بين طوبولوجيا الشبكة وكفاءة التردد، يتم تحديد فاصل حراسة مرن. ومن شأن ذلك تمكين النظام من دعم تشكيلات شبكات مختلفة، من قبيل شبكة وحيدة التردد (SFN) واسعة ومرسل وحيد، مع الحفاظ على أقصى كفاءة للتردد.

ويحدد أسلوبان للتشغيل هما "أسلوب 2k" و"أسلوب 8k" للإرسال DVB-T وDVB-H. و "الأسلوب 2k" مناسب لتشغيل مرسل واحد وشبكات SFN صغيرة ومسافات محدودة بين المرسلات. أما "الأسلوب 8k" فيستعمل في تشغيل المرسل الواحد وفي شبكات SFN الصغيرة والكبيرة على السواء.

وثمة أسلوب إرسال ثالث، يستخدم حصرياً في أنظمة DVB-H، وهو "الأسلوب 4k" المعرّف في الملحق F، الذي يتناول الاحتياجات المحددة للمطاريف المحمولة باليد. ويهدف "الأسلوب 4k" إلى توفير مفاضلة إضافية بين حجم خلية الإرسال وقدرات الاستقبال المتنقلة، مما يوفر قدراً إضافياً من المرونة في تخطيط الشبكة DVB-H.

ويتيح النظام مستويات مختلفة من التشكيل QAM ومعدلات شفرة داخلية مختلفة يمكن استخدامها للمفاضلة بين معدل البتات والمتانة. ويتيح النظام أيضاً مستويين متراتبين من تشفير وتشكيل القناة، بما في ذلك كوكبة منتظمة ومتعددة الاستبانة. وفي هذه الحالة، يجب توسيع المخطط البياني الوظيفي للنظام ليشمل النمائط الموضحة بخطوط متقطعة في الشكل 31.9. وهناك تدفقان

مستقلان للنقل في MPEG، يشار إليهما بالتدفق عالي الأولوية والتدفق منخفض الأولوية، مسقطان على كوكبة الإشارة بواسطة المُخطط والمُشكل اللذين لهما من ثم عدد مقابل من المدخلات.

ولضمان استقبال الإشارات المنبعثة عن هذه الأنظمة التراتبية بواسطة مستقبل بسيط، تقتصر الطبيعة التراتبية على تشفير القناة التراتبية وتشكيلها دون استخدام تشفير المصدر التراتبي.

وهكذا يمكن تحقيق "تآون بث" خدمة برنامج ما في صيغة متينة بمعدل بتات منخفض، وفي صيغة أخرى بمعدل بتات أعلى ودرجة أدنى من المتانة. وبديلاً من ذلك، يمكن بث برامج مختلفة تماماً في تدفقات منفصلة بدرجة متانة مختلفة. وفي كلتا الحالتين، لا يتطلب المستقبل سوى مجموعة واحدة من العناصر العكسية: مزيل تشذير داخلي، ومفكك تشفير داخلي، ومزيل تشذير خارجي، ومفكك تشفير خارجي، ومكيّف تعدد إرسال. والشرط الإضافي الوحيد المفروض على المستقبل هو قدرة التشكيل/التخطيط على إنتاج تدفق واحد يتم اختياره من بين المسيرات المحددة في الطرف المرسل.

والثمن لقاء هذا التوفير في المستقبِل هو أن الاستقبال لا يمكنه أن يتحول من طبقة إلى أخرى (انتقاء الطبقة الأمتن في حالة انحطاط الاستقبال مثلاً) مع الاستمرار في فك التشفير وعرض الصور والصوت. وهناك حاجة إلى توقف مؤقت (من قبيل تجميد رتل الفيديو لمدة 0,5 ثانية تقريباً، وانقطاع الصوت لمدة 0,2 ثانية تقريباً) بينما يعاد تشكيل مفكك التشفير الداخلي ومختلف مفككات تشفير المصدر بشكل مناسب ويستعاد وضع الإقفال.

وثمة معلومات أكثر تفصيلاً عن معالجة تدفق النقل MPEG-2 TS في مسير تكيف DVB-T واردة في المعيارين ETSI EN 300 744 [36.9] و ETSI TR 101 190. وترد معلومات مفيدة أخرى بشأن تنفيذ البث DVB-T في المرجعين [166.9، 167.9].

الاستقبال المتنقل DVB-T على أساس تقنيات التنوع. يتحقق تنوع الهوائي في أبسط أشكاله في مستقبِل يزيل، بالتوازي، تشكيل إشارات أكثر من هوائي استقبال واحد (اثنان إلى أربعة عادة). ويتم بعد ذلك معالجة أفضل خرج لهذه الإشارات المستقبلة (تلك التي تتسم بأدنى معدل لخطأ البتات BER عادة). وثمة خطوة سباقة تقنياً يستعمل فيها مبدأ جمع الموجات الحاملة المتماسكة (CCS) حيث يتم توليف إشارات تعدد الإرسال المشفر بتقسيم تعامدي للتردد (COFDM) لمختلف هوائيات الاستقبال في شكل متماسك قبل إزالة التشكيل. وقد تجلى ذلك في إيطاليا وأبلغ عنه بمزيد من التفصيل في المرجع [74.9]. ويمكن أيضاً تحقيق التجميع المرجح على مستوى النطاق الأساسي كما هو موضح في تجربة اليابان (انظر البند 2.5.9). وبالنسبة لكلتا طريقتي التجميع، تتحقق تحسينات كبيرة للتغلب على الخبو الانتقائي والانخفاض في النسبة *C/N*.

وتبين نتائج الاختبار أن التنوع يحسن إلى حد كبير من أداء الاستقبال مقارنة باستقبال هوائي وحيد "تقليدي"[30]. ويمكن الحصول على أشكال مختلفة من استقبال التنوع (الجمع بين المعدلات القصوى وجمع الموجات الحاملة المتماسكة (CCS)، وما إلى ذلك). ويبين الجدول 17.9 نتائج بعض اختبارات الاستقبال DVB-T، مع تنوع CCS وبدونه، معبراً عنه بعدد أعطال الفيديو والنسبة المئوية من الزمن الإجمالي للاستقبال الناجح لكل مسير مقيس.

الجدول 17.9

نتائج اختبار استقبال التنوع لمعيار DVB-T

المسير	مجموع الأعطال		النسبة المئوية T_{on}/T_{total}	
	هوائي مفرد	CCS	هوائي مفرد	CCS
Agrate – Dalmine	5	1	%13	%100
Dalmine – RaiWay Control Centre Monza	18	3	%15	%98
RaiWay Control Centre Monza – Sesto Calende (A4, A8, A26)	22	15	%25	%90
Sesto Calende – RaiWay Control Centre Monza (A26, A8, Tang. Nord)	46	6	%43	%95
Milano – Outer City Path (“Terzo anello”)	114	10	%51	%99
Milano – Inner City Path (Historical Centre)	75	34	%36	%91

[30] من المتوقع حدوث تحسينات مماثلة في الأداء بالنسبة لأنظمة DTTB الأخرى التي تستخدم تنوع الاستقبال.

والعناصر الأساسية لطبقة الوصلة الخاصة بنظام DVB-H هي تجزئة الزمن والتصحيح الأمامي للأخطاء للبيانات المغلفة متعددة البروتوكولات (MPE-FEC). والعناصر الأساسية للطبقة المادية المعرفة في النظام DVB-T هي تشوير معلمات الإرسال (TPS) وأسلوب الإرسال 4k ومشذر الرموز المتعمق.

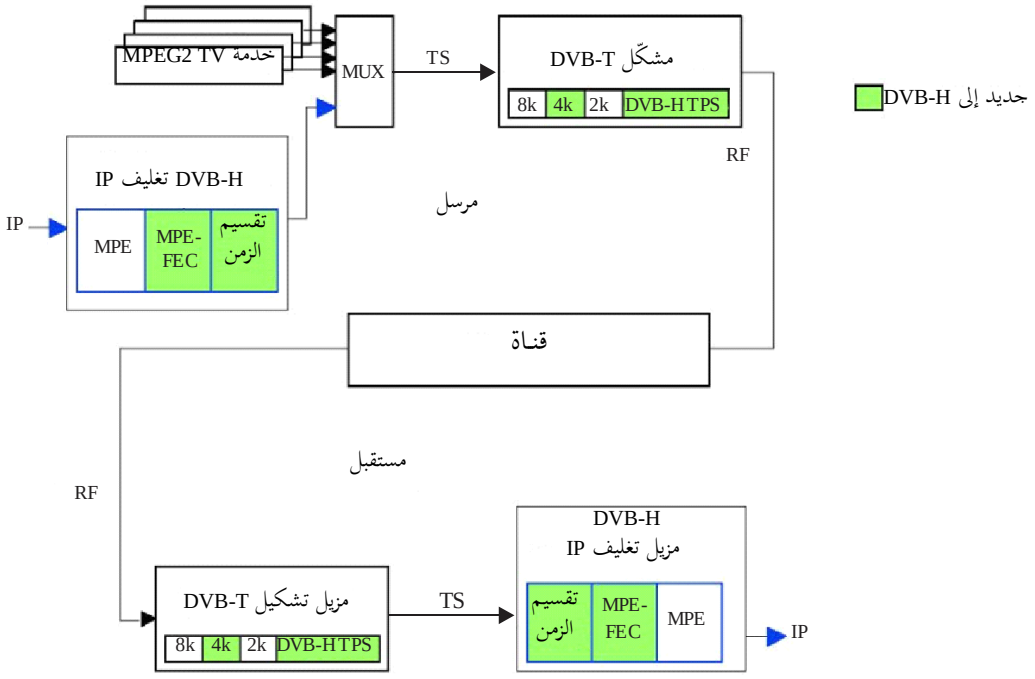
وينفّذ الإرسال في الطبقة المادية DVB-T بواسطة تعدد الإرسال OFDM مع موجات حاملة متعددة. ولا يحدد إلا عنصر واحد جديد من الطبقة المادية للنظام DVB-H بالمقارنة مع النظام DVB-T: نظام التشوير TPS الممدد لتدفقات DVB-H الأولية في تعدد الإرسال المشترك. وتدفق بيانات DVB-H متوافق أيضاً مع تدفق النقل DVB.

وبالإضافة إلى إرسال البث المتعدد الوسائط في شبكات الإذاعة للأرض، يستعمل البث DVB-H كجزء للأرض من نظام الإذاعة المتعددة الوسائط الهجينة DVB-SH.

وتستند الطبقة المادية لنظام DVB-H إلى الطبقة المادية لنظام DVB-T باستثناء تدفقات دخل IP التي تتكون من وحدات بيانات IP. وترد المعمارية المرجعية للطبقة المادية DVB-H في الشكل 32.9.

الشكل 32.9

المعمارية المرجعية للطبقة المادية DVB-H



DTTB-09-32

وفي هذه الحالة، يمكن إرسال خدمات التلفزيون MPEG-2 النموذجية والخدمات DVB-H المجزأة زمنياً في تعدد إرسال مشترك. ويمكن إرسال خدمات DVB-H باستعمال سعة تعدد الإرسال بأكملها (أي شبكة DVB-H مخصصة). وكما هو مبين في الشكل 32.9، تقوم المطاريف المحمولة باليد فقط بتشفير ومعالجة الخدمات القائمة على بروتوكول الإنترنت. ويستعيد مزيل تشكيل DVB-T الذي يدعم أساليب 2k و4k و8k تشوير معلمات الإرسال DVB-H TPS ذات الصلة في رزم تدفق النقل MPEG-2 من إشارة التردد الراديوي. وتُستخدم نميطة تجزئة الزمن لخفض استهلاك الطاقة وتوفير خدمة انسيابية/سلسة في نظام DVB-H. وتقدم النميطة MPE-FEC، التي يوفرها النظام DVB-H، المزيد من المتانة في الإرسال عبر الطبقة المادية.

وبما أن تجزئة الزمن والتغليف MPE-FEC يشكلان عمليات تطبق في طبقة الوصلة (الطبقة 2 في OSI) فإنها لا تثير أي مسائل عدم توافق وهي متوافقة تماماً مع الطبقة المادية DVB القائمة (الطبقة 1 في التوصيل البيني للأنظمة المفتوحة OSI) (أي DVB-T وDVB-S وDVB-C).

الطبقة المادية للنظام القائم على المساعدة الساتلية. النظام DVB-SH للخدمات الساتلية إلى الأجهزة المحمولة باليد مصمّم للترددات دون GHz 3 ويدعم نطاق الموجات الديسيمترية (UHF) أو النطاق L أو النطاق S. وهو يكمل ويحسن معيار الطبقة المادية DVB-H القائم كما هو موضح في المعيار ETSI EN 302 304 [111.9].

ويحدد المعيار DVB-SH أسلوبين للتشغيل:

- SH-A: يحدد استعمال التشكيل COFDM في كل من الوصلات الساتلية وللأرض مع إمكانية تشغيل كلا الوصلتين في تشكيل الشبكة الوحيدة التردد (SFN). ويمكن استعمال هذا الأسلوب في كل من المسيرات المباشرة وغير المباشرة، ويتم الجمع بين الإشارتين في جهاز الاستقبال لتعزيز الاستقبال في تشكيل الشبكة SFN.
- SH-B: تعدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM) في الوصلة الساتلية وتعدد الإرسال COFDM في الوصلة للأرض. ويستخدم هذا الأسلوب في المسير المباشر فقط. ويدعم النظام إعادة توليف تنوع الشفرات بين أسلوب TDM والأسلوب COFDM للأرض من أجل زيادة متانة الإرسال في المناطق ذات الصلة (ولا سيما شبه الحضرية).

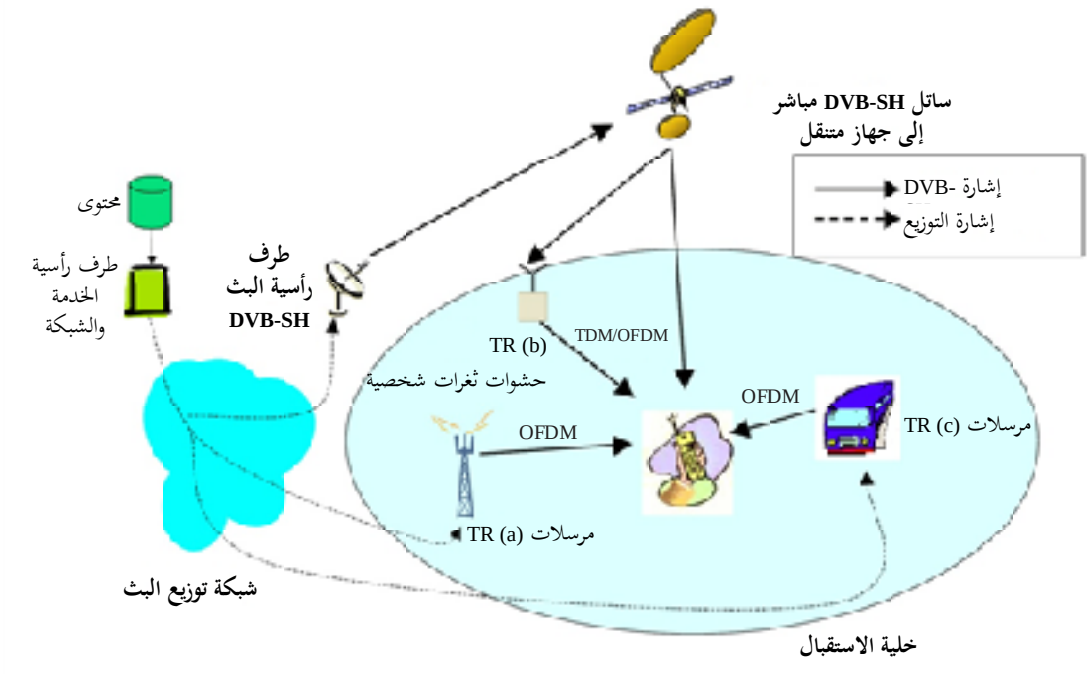
ويعطي الشكل 33.9 نظرة عامة لتنفيذ نمطي لنظام DVB-SH.

وفي الحالة الأولى، يستفيد الأسلوب SH-B من المرسلات المستجيبة الساتلية العاملة في تشبع كامل بينما يستلزم الأسلوب SH-A أجهزة مرسلة مستجيبة ساتلية تعمل بأسلوب شبه خطي. وفي الحالة الثانية، يوفر الأسلوب SH-B ميزة أداء ضئيلة أو معدومة نسبة إلى SH-A. وفيما عدا اعتبارات الأداء الخالصة هذه، يمكن أن يكون الاختيار بين SH-A وSH-B مدفوعاً أساساً بقيود تخطيط الترددات على النحو المبين أدناه، أو بالمرونة المكتسبة عند فك اقتران معلمات الإرسال الساتلي بمعلمات الإرسال للأرض.

وفي ضوء ما تقدم، يمكن تمييز معماريتين مختلفتين للمستقبل وفقاً لخيارات شكل الموجة DVB-SH، معمارية نظام OFDM/OFDM (SH-A) ومعمارية نظام TDM/OFDM (SH-B)، على التوالي.

الشكل 33.9

صورة عامة لتنفيذ نموذجي لنظام DVB-SH



DTTB-09-33

الشكل مقتبس من المعيار ETSI TS 102 584

ويوجز الجدول 18.9 **الخصائص الرئيسية** للطبقة المادية في النظام DVB-SH.

الجدول 18.9

الخصائص الرئيسية للطبقة المادية وطبقة الشبكة في النظام DVB-SH

النطاق	UHF وL وS
عروض النطاق	1,7 و5 و6 و8 MHz
التزامن	الموجات الحاملة الدليلة (شبيه DVB-H) أو TDM
أنماط الموجات	TDM أو OFDM (1k، 2k، 4k، 8k)
تقابل OFDM	QPSK؛ QAM 16
تقابل TDM	QPSK؛ 8PSK؛ 16APSK
التشفير الداخلي	تشفير توربو
التشذير الداخلي	صغير
التشذير الزمني	150 ms إلى 10 s (PHY + iFEC)
بنية الرتل	رموز الخدمة/تقسيم الزمن/OFDM

التشكيل الطوبولوجي لنظام DVB-SH. هذا التشكيل عبارة عن توزيع النطاقات الفرعية على العناصر الطوبولوجية، أي الحزمة (الحزم) الساتلية والخلايا للأرض. ويجب ألا تحتوي الحزم المتجاورة على ترددات مشتركة تجنباً للتداخل. وهذا ينطبق أيضاً على الخلايا المتجاورة، ومع ذلك من الممكن إعادة استخدام هذه الترددات:

- يمكن لتردد مستعمل في حزمة/خلية ما أن يستعمل ثانية في حزمة/خلية أخرى إذا كانت هذه الأخيرة مفصولة بما فيه الكفاية عن الأولى؛
- يمكن للخلايا للأرض أن تعاود استعمال تردد حزمة مجاورة شريطة أن تكون هذه الخلايا بعيدة بما فيه الكفاية عن تلك الحزمة.

وقد يكون توزيع التردد الفعلي للنطاقات الفرعية معقداً للغاية بسبب احتمال تداخلات من الحزم البقعية الساتلية المجاورة. وعلى وجه الخصوص، وتوخياً لإعادة استعمال تردد حزمة بقعية مجاورة، يستحسن إعادة استعمال التردد للأرض في مركز البقعة (بعيداً عن الأطراف)، غير أن ذلك ليس ممكناً دائماً.

وهناك نهجان رئيسيان لتشكيل شبكة المكونات الأرضية التكميلية (CGC) للمرسلات:

- يسعى النهج "عالي الكثافة" و"منخفض الطاقة" إلى إعادة استعمال كل أو بعض مواقع الإرسال 3G/2G القائمة، أو إلى بناء شبكة مكافئة من المرسلات المنخفضة إلى متوسطة الارتفاع. وتتميز هذه الشبكات بأبراج إرسال يبلغ ارتفاعها عادة 30 متراً ترسل ما يتراوح بين 200 واط و1 كيلوواط من القدرة المشعة الفعالة (ERP) لتغطية كثيفة لمناطق حضرية في حدود 0,5 كم (في عمق داخل المباني) إلى 2 كم (خارج المباني)؛
- يسعى النهج "منخفض الكثافة" و"عالي القدرة" إلى إعادة استعمال مواقع المرسلات التلفزيونية الرقمية للأرض القائمة أو إلى بناء شبكات مرسلات مكافئة على ارتفاعات عالية. وتتميز هذه الشبكات بأبراج إرسال يتراوح ارتفاعها من 100 إلى 300 متر، ترسل ما يتراوح من 1 كيلو واط إلى 4 كيلوواط من القدرة المشعة الفعالة (ERP) لتغطية نموذجية تتراوح بين 5 و7 كم.

ويمكن الاطلاع على المزيد من المعلومات التفصيلية في معايير ETSI ولا سيما في المعيار ETSI TS 102 584 – *المبادئ التوجيهية لتنفيذ الخدمات الساتلية للأجهزة المحمولة باليد (SH) دون 3 GHz* [106.9].

4.1.4.9 أداء النظام DVB-T وتمديد التلفزيون المتنقل

باختصار، يمكن اختيار المعلمات التالية في النظام DVB-T:

- معدل الشفرة للحماية داخلياً من الخطأ (1/2 و2/3 و3/4 و5/6 و7/8)؛

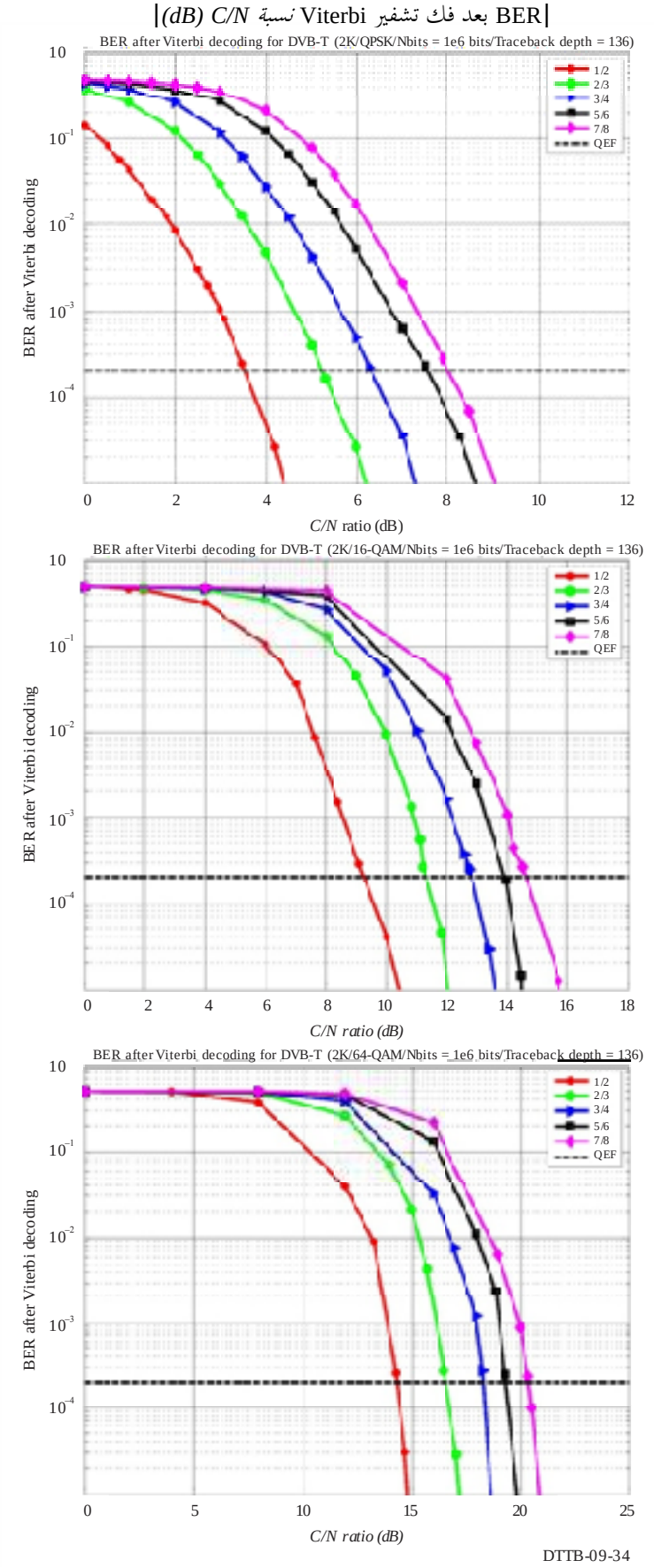
- تشكيل الموجة الحاملة (QPSK: 2 بتة لكل موجة حاملة؛ 16-QAM: 4 بتات؛ 64-QAM: 6 بتات)؛
- طول فاصل الحماية (1/4 و1/8 و1/16 و1/32)؛
- معلمة التشكيل α (1: غير تراتبي؛ 2، 4: تراتبي)؛
- طول تحويل فوريه السريع FFT؛ عدد الموجات الحاملة (2k: 705 1 موجة؛ 4k: 409 3 موجات؛ 8k: 817 6 موجة).

وتشكل مجموعة من هذه المعلمات مساحة من التشكيل توفر مفاضلة معينة بين الحصانة من الضوضاء ومعدل البتات الصافي في شبكة البث. ويوضح الشكل 34.9 هذه المفاضلة لكل من طرائق التشكيل الثلاث في قناة ضوضاء غوسية بيضاء مضافة (AWGN). ويتم الحصول على هذه المنحنيات بواسطة المحاكاة [153.9] وتقابل قيم العتبة لنسب C/N (في أسلوب شبه خال من الأخطاء، QEF) المعيار ETSI EN 300 744 v.1.6.1 [36.9].

وبالإضافة إلى ذلك، ترد في الجدول 19.9 قيم العتبة لنسب C/N ومعدلات MPEG-2 TS. ولمزيد من المعلومات عن أداء DVB-T في الأسلوب التراتبي، انظر المعيار ETSI EN 300 744 [36.9].

الشكل 34.9

اعتمادية معدل أخطاء البتات (BER)، بعد فك تشفير Viterbi الداخلي، على النسبة C/N لأساليب التشكيل QPSK (a) و16-QAM (b) و64-QAM (c)



الجدول 19.9

نسبة C/N المطلوبة للإرسال غير التراتبي لتحقيق معدل خطأ بتات
$BER = 2 \times 10^{-4}$ بعد مفكك شفرة Viterbi

التشكيل	معدل التشفير	نسبة C/N (dB) المطلوبة من أجل $BER = 2 \times 10^{-4}$ بعد Viterbi، QEF بعد Reed-Solomon			معدل البتات (Mbit/s) (انظر الملاحظة 3)			
		قناة غوسية	قناة رايس	قناة رايلي	$\Delta/T_U = 1/4$	$\Delta/T_U = 1/8$	$\Delta/T_U = 1/16$	$\Delta/T_U = 1/32$
QPSK	1/2	3,1	3,6	5,4	4,98	5,53	5,85	6,03
QPSK	2/3	4,9	5,7	8,4	6,64	7,37	7,81	8,04
QPSK	3/4	5,9	6,8	10,7	7,46	8,29	8,78	9,05
QPSK	5/6	6,9	8,0	13,1	8,29	9,22	9,76	10,05
QPSK	7/8	7,7	8,7	16,3	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	8,8	9,6	11,2	9,95	11,06	11,71	12,06
16-QAM	2/3	11,1	11,6	14,2	13,27	14,75	15,61	16,09
16-QAM	3/4	12,5	13,0	16,7	14,93	16,59	17,56	18,10
16-QAM	5/6	13,5	14,4	19,3	16,59	18,43	19,52	20,11
16-QAM	7/8	13,9	15,0	22,8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,4	14,7	16,0	14,93	16,59	17,56	18,10
64-QAM	2/3	16,5	17,1	19,3	19,91	22,12	23,42	24,13
64-QAM	3/4	18,0	18,6	21,7	22,39	24,88	26,35	27,14
64-QAM	5/6	19,3	20,0	25,3	24,88	27,65	29,27	30,16
64-QAM	7/8	20,1	21,0	27,9	26,13	29,03	30,74	31,67

الملاحظة 1 – شبه الخلو من الخطأ (QEF) يعني أقل من حدوث خطأ واحد غير مصحح في الساعة، ما يقابل $BER = 10^{-11}$ عند دخل مزيل تعدد الإرسال MPEG-2.

الملاحظة 2 – تعطى معدلات البتات الصافية بعد مفكك تشفير Reed-Solomon.

ويتوقف أداء النظام DVB-H على كل من معلمات طبقة الوصلة وتشكيل النظام DVB-T على السواء. ولتوفير القدر الكافي من كسب النسبة C/N وتنقلية المطراف فإن الخيار النمطي لمرتبة التشكيل الرقمي لا يزيد عن 16-QAM ومعدل التشفير التلافيفي DVB-T لا يزيد عن 1/2 أو 2/3 أو 3/4. ومن الممكن أيضاً استخدام تشكيلات أخرى لنظام DVB-T – فالخيار يرجع للمنظمات التي تنشر شبكات DVB-T/H – ولكن مع بعض القيود. والمبادئ التوجيهية لتشكيلات الوصلة والطبقة المادية واردة في معايير DVB-H الرئيسية.

وتتحدد معدلات البيانات الصافية لأجل النظام DVB-T/H بالتوسيع المقابل لمعدلات البيانات الصافية DVB-T مع عامل توسيع تبعاً لمعدل شفرة التغليف MPE-FEC ذي الصلة. ويرد في الجدول 20.9 مثال لمعدلات البيانات الصافية بمعدل شفرة MPE-FEC 1/2 وعرض نطاق كامل قدره 8 MHz لخدمات DVB-H.

الجدول 20.9

معدلات البيانات الصافية من أجل DVB-T/H (بمعدل تشفير 1/2 MPE-FEC)

التشكيل	معدل التشفير	فاصل الحراسة			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	2,48	2,76	2,92	3,01
	2/3	3,31	3,68	3,89	4,01
	3/4	3,72	4,14	4,38	4,51
	5/6	4,14	4,6	4,87	5,02
	7/8	4,34	4,83	5,11	5,27
16-QAM	1/2	4,97	5,52	5,84	6,02
	2/3	6,62	7,36	7,79	8,03
	3/4	7,45	8,28	8,76	9,03
	5/6	8,28	9,2	9,74	10,03
	7/8	8,69	9,66	10,23	10,54
64-QAM	1/2	7,45	8,28	8,76	9,03
	2/3	9,93	11,04	11,69	12,04
	3/4	11,18	12,42	13,15	13,55
	5/6	12,42	13,8	14,61	15,05
	7/8	13,04	14,49	15,34	15,80

ومن المنتظر أن يكون أداء المستقبِل DVB-H كما هو وارد في الجدول 21.9 عند تطبيق ضوضاء (N) مع الموجة الحاملة المطلوبة (C) في عرض نطاق 7,61 MHz. وتكون معايير نقطة الانحطاط 5% من معدل الخطأ في رتل التغليف MPE (MFER). وتحسب القيم باستعمال القيم C/N النظرية الواردة في المعيار EN 300 744 [36.9] مضافاً إليها هامش تنفيذ قدره 1,1 dB بالنسبة إلى التشكيل QPSK و1,3 dB لأسلوب 16-QAM و1,5 dB لأسلوب 64-QAM وقيمة مصدر ضوضاء زائدة للمستقبل Px قدرها –33 dBc. ويفترض استخدام مرسل مثالي. والقيم صالحة لجميع معدلات تشفير MPE-FEC. ويفترض وجود فرق قدره 1 dB بين DVB-T QEF C/N والنسبة المئوية MFER.

الجدول 21.9

C/N (dB) من أجل 5% MFER في قناة غوسية

التشكيل	معدل التشفير	C/N (dB) المطلوبة			معدل البتات (Mbit/s)			
		قناة غوسية	قناة رايس	قناة رايلي	$1/4 = \Delta/T_U$	$1/8 = \Delta/T_U$	$1/16 = \Delta/T_U$	$1/32 = \Delta/T_U$
QPSK	1/2	3,6	3,6	6,5	2,48	2,76	2,92	3,01
QPSK	2/3	5,4	5,7	10,5	3,31	3,68	3,89	4,01
16-QAM	1/2	9,6	9,6	12,8	4,97	5,52	5,84	6,02
16-QAM	2/3	11,7	11,6	16,7	6,62	7,36	7,79	8,03
64-QAM	1/2	14,4	14,7	17,9	7,45	8,28	8,76	9,03
64-QAM	2/3	17,3	17,1	22,4	9,93	11,04	11,69	12,04

5.1.4.9 موجز معلمات الأنظمة

يحدد الجدول 22.9 خصائص أنظمة DVB-T وDVB-H (انظر أيضاً التقرير ITU-R BT.2295-1 [43.9]).

الجدول 22.9

الخصائص الرئيسية لأنظمة DVB-T وDVB-H وDVB-SH

الخصائص	DVB-T وDVB-H وDVB-SH
أساليب الاستقبال:	
– ثابت	+
– محمول	+
– محمول باليد	+
– متنقل	+
معدل البيانات الصافي	أ) 0,42 إلى 3,447 Mbit/s[1] ب) 1,332 إلى 10,772 Mbit/s[1]؛ 2,33 إلى 14,89 Mbit/s[2] ج) 1,60 إلى 12,95 Mbit/s[1]؛ 2,80 إلى 23,5 Mbit/s[2] د) 1,868 إلى 15,103 Mbit/s[1]؛ 3,27 إلى 27,71 Mbit/s[2] هـ) 2,135 إلى 17,257 Mbit/s[1]؛ 3,74 إلى 31,67 Mbit/s
كفاءة استعمال الطيف (bit/s/Hz)	2,44-0,28[1] 1,86-0,46[2]
شبكات وحيدة التردد (SFN)	مدعومة
أنماط البث:	
– صوت	
– وسائط متعددة	+
– تلفزيون	+
بيانات البث/أنماط الخدمة	فيديو، صوت، بيانات
نطاقات التردد	مترية (VHF)، ديسيمترية (UHF)
عرض نطاق القناة	أ) 1,7 MHz؛ ب) 5 MHz؛ ج) 6 MHz؛ د) 7 MHz؛ هـ) 8 MHz
عرض النطاق المستعمَل	أ) 1,52 MHz؛ ب) 4,75 MHz؛ ج) 5,71 MHz؛ د) 6,66 MHz؛ هـ) 7,61 MHz TDM[1]: أ) 1,368 MHz؛ ب) 4,27 MHz؛ ج) 5,13 MHz؛ د) 5,18 MHz؛ هـ) 6,838 MHz
عدد التجزيئات	عدد قابل للتشكيل من تجزيئات الزمن لكل عرض نطاق[1]
عدد الموجات الحاملة الفرعية في كل جزء	853 (أسلوب 1k)[1]؛ 1 705 (أسلوب 2k)؛ 3 409 (أسلوب 4k)؛ 6 817 (أسلوب 8k)

الجدول 22.9 (تتمة)

الخصائص	DVB-T وDVB-H وDVB-SH
المباعدة بين الموجات الحاملة الفرعية	أ) 1 786 kHz (1k)[1] ب) 580,322 Hz (1k)[1]، 780,179 Hz (2k)، 395,089 Hz (4k)، 697,545 Hz (8k) ج) 696,42 Hz (1k)[1]، 348,21 Hz (2k)، 674,11 Hz (4k)، 837,05 Hz (8k) د) 812 7 Hz (1k)[1]، 906 3 Hz (2k)، 953 1 Hz (4k)، 976 Hz (8k) هـ) 929 8 Hz (1k)[1]، 464 4 Hz (2k)، 232 2 Hz (4k)، 116 1 Hz (8k)
مدة نشاط الرمز	أ) 560 µs (1k)[1] ب) 179,2 µs (1k)[1]، 358,40 µs (2k)، 716,80 µs (4k)، 433,60 1 µs (8k) ج) 149,33 µs (1k)[1]، 298,67 µs (2k)، 597,33 µs (4k)، 194,67 1 µs (8k) د) 128 2 µs (1k)[1]، 256 µs (2k)، 512 µs (4k)، 024 1 µs (8k) هـ) 112 µs (1k)[1]، 224 µs (2k)، 448 µs (4k)، 896 µs (8k)
مدة/نسبة فاصل الحراسة	1/32 و1/16 و1/8 و1/4
مدة الرتل	68 رمزاً OFDM. رتل فوقي يتكون من 4 أرتال TDM[1]: 476 فاصلاً في الطبقة المادية، يتألف كل فاصل من 176 2 رمزاً
مزامنة الوقت/التردد	فاصل حراسة/موجات حاملة إرشادية TDM[1]: رموز إرشادية
طرائق التشكيل	QPSK، 16-QAM، 64-QAM، MR-16-QAM، MR-64-QAM[2] TDM[1]: QPSK، 8-PSK، 16-APSK
التصحيح FEC الداخلي	أ) شفرة تلافيفية، معدل أولي 1/2 مع 64 حالة. تثقيب إلى معدل 2/3، 3/4، 5/6، 7/8[4] ب) شفرة توربو من 3GPP2 بحجم فدرة معلومات أولية 282 12 بتة. المعدلات المتحققة بالتثقيب: 1/5، 2/9، 1/4، 2/7، 1/3، 2/5، 1/2، 2/3 [3]
تشذير داخلي	أ) تشذير بتات إلى جانب تشذير أصلي أو متعمق للرموز[2] ب) تشذير التردد؛ تشذير الوقت (Forney بـ 48 فرعاً QPSK: 600/320 ms 9 16-QAM: 800/160 ms 4[1]
التصحيح FEC الخارجي	شفرة خارجية:RS (204، 188، T = 8)[2] شفرة القناة الخارجية IP: MPE-FEC RS (255,191)[1]
التشذير الخارجي	تشذير بايتات تلافيفي، I = 12[1]
عشوائية البيانات/تشتت الطاقة	PRBS ذو 16 بتة
الإرسال التراتبي	+
تشوير معلمات الإرسال	موجات حاملة دليلة لتشوير معلمات الإرسال (TPS)

[1] متوفر من أجل DVB-SH.

[2] متوفر من أجل DVB-T، DVB-H.

6.1.4.9 ميزانية الوصلة

ترد بعض الأمثلة على ميزانية الوصلة لنظام DVB-T/H في المعيار ETSI TR 102 377 [114.9]. ولتوضيح متوسط كثافة تدفق القدرة الدنيا لميزانية الوصلة والقيم الدنيا المكافئة لمتوسط شدة المجال بالنسبة لفئة المطاريف 3 (مطاريف التقارب المحمولة باليد) اقتبست طرائق استقبال مختلفة من المرجع [114.9] (انظر الجدولين 23.9 و24.9). وترد معلومات عن ميزانيات الوصلة في أنماط الاستقبال الأخرى في المرجع [114.9].

الجدول 23.9

متوسط كثافة تدفق القدرة الدنيا ومتوسط شدة المجال المكافئة الدنيا
في النطاق IV ونسبة احتمال الموقع بمقدار 70% و95%
وضع الاستقبال: محمول خارج المباني (الصنف A)، منطقة حضرية، النطاق IV، الفئة 3

التردد	(MHz) f	500				
قيمة C/N الدنيا المطلوبة في النظام	(dB)	2	8	14	20	26
القيمة الدنيا لقدرة دخل إشارة المستقبل	(dBW) $P_{s\,min}$	127,2−	121,2−	115,2−	109,2−	103,2−
القيمة الدنيا لفلطية دخل المستقبل المكافئة، 75 Ω	(dBW) $U_{s\,min}$	12	18	24	30	36
كسب الهوائي نسبة إلى نصف ثنائي القطب	(dB) U_a	12−				
فتحة الهوائي الفعالة	(dBm^2) A_a	25,3−				
القيمة الدنيا لكثافة تدفق القدرة في موقع الاستقبال	(dBW/m^2) ϕ_{min}	101,9−	95,9−	89,9−	83,9−	77,9−
القيمة الدنيا لشدة المجال المكافئة في موقع الاستقبال	(dBµV/m) E_{min}	44	50	56	62	68
المجال المسموح للضوضاء الاصطناعية	(dB) P_{mmn}	0				
خسارة الارتفاع	(dB) L_h	22				
احتمالية الموقع: 70%						
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_I	3				
القيمة الدنيا لمتوسط كثافة تدفق القدرة عند 10 أمتار فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBW/m^2) ϕ_{med}	76,9−	70,9−	64,9−	58,9−	52,9−
القيمة الدنيا لمتوسط شدة المجال المكافئة عند 10 أمتار فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBµV/m) E_{med}	69	75	81	87	93
احتمالية الموقع: 95%						
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_I	9				
القيمة الدنيا لمتوسط كثافة تدفق القدرة عند 10 أمتار فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBW/m^2) ϕ_{med}	70,9−	64,9−	58,9−	52,9−	46,9−
القيمة الدنيا لمتوسط شدة المجال المكافئة عند 10 أمتار فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBµV/m) E_{med}	75	81	87	93	99

الجدول 24.9

متوسط كثافة تدفق القدرة الدنيا ومتوسط شدة المجال المكافئة الدنيا
في النطاق IV ونسبة احتمال الموقع بمقدار 70% و95%

وضع الاستقبال: محمول خارج المباني (الصنف A)، منطقة حضرية، النطاق V، الفئة 3

التردد	**f (MHz)**	**800**				
قيمة C/N الدنيا المطلوبة في النظام	**(dB)**	**2**	**8**	**14**	**20**	**26**
القيمة الدنيا لقدرة دخل إشارة المستقبل	(dBW) $P_{s\,min}$	127,2−	121,2−	115,2−	109,2−	103,2−
القيمة الدنيا لفلطية دخل المستقبل المكافئة، 75 Ω	(dBW) $U_{s\,min}$	12	18	24	30	36
كسب الهوائي نسبة إلى نصف ثنائي القطب	(dB) U_a	7−				
فتحة الهوائي الفعالة	(dBm^2) A_a	24,4−				
القيمة الدنيا لكثافة تدفق القدرة في موقع الاستقبال	(dBW/m^2) ϕ_{min}	102,8−	96,8−	90,8−	84,8−	78,8−
القيمة الدنيا لشدة المجال المكافئة في موقع الاستقبال	(dBµV/m) E_{min}	43	49	55	61	67
المجال المسموح للضوضاء الاصطناعية	(dB) P_{mmn}	0				
خسارة الارتفاع	(dB) L_h	24				
احتمالية الموقع: 70%						
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_I	3				
القيمة الدنيا لمتوسط كثافة تدفق القدرة عند 1,5 متر فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBW/m^2) ϕ_{med}	75,8−	69,8−	63,8−	57,8−	51,8−
القيمة الدنيا لمتوسط شدة المجال المكافئة عند 1.5 متر فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBµV/m) E_{med}	70	76	82	88	94
احتمالية الموقع: 95%						
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_I	9				
القيمة الدنيا لمتوسط كثافة تدفق القدرة عند 10 أمتار فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBW/m^2) ϕ_{med}	69,8−	63,8−	57,8−	51,8−	45,8−
القيمة الدنيا لمتوسط شدة المجال المكافئة عند 10 أمتار فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBµV/m) E_{med}	76	82	88	94	100

ويصف المعيار ETSI TR 102 584 – المبادئ التوجيهية لتنفيذ الخدمات الساتلية للأجهزة المحمولة باليد (DVB-SH) دون 3 GHz – بالتفصيل منهجية وضع ميزانية الوصلة في سيناريوهات مختلفة لتنفيذ الشبكات.

7.1.4.9 مثال لاستخدام محتمل لنظام DVB-T

هناك العديد من المواقع الشبكية (انظر مثلاً [173.9]) التي تنشر التكوين الفعلي لتعددات إرسال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB). وباستخدام محلل تدفق النقل، يمكن استنباط كل المعلمات ذات الصلة. وثمة قياس نموذجي يوفر، في جملة أمور، المعلمات التالية (مثال معدد إرسال A في سلوفينيا، بتاريخ 5 أكتوبر 2016):

- معدد إرسال A: ست خدمات بث (4 عادية الوضوح و2 عالية الوضوح):
  - التردد المركزي: 562 MHz؛
  - الكوكبة: 64-QAM؛
  - معدل التشفير: 2/3؛
  - أسلوب FFT: 8k؛
  - فاصل الحراسة: 1/4.
  - إجمالي معدل البتات المفيد المحسوب: 19,9053 Mbit/s.

نظام الانضغاط: MPEG-4 الجزء 10 (AVC/H.264) وMPEG-4 الجزء 3 (AAC)؛ من أجل التعامل مع المعدات الموروثة، ويتم أيضاً توفير التشفير الصوتي MPEG-1 Layer II.

ومن المتوقع أن يستعاض تدريجياً عن خدمات البث DVB-T بنظام DVB-T2 بالتآلف مع مخطط الانضغاط الفيديوي HEVC (H.265) بسبب كفاءته الأعلى في استعمال الطيف. ويمكن تحقيق هذا التحول من رقمي إلى رقمي مع فترة انتقال معينة حيث يتم توفير البث DVB-T وDVB-T2 في تشكيل بث متآون، أو قد يحدث خطوة تلو الأخرى حيث يتم إيقاف مرسل DVT في كل مرة تبدأ فيها خدمة DVB-T2 في منطقة معينة. وعلى أي حال، يجب إشعار الجمهور بوقت كاف مسبقاً قبل الإيقاف، حيث يتعين تركيب مفككات تشفير أو أجهزة تلفزيون جديدة.

وكمثال على ذلك، ومنذ يونيو 2016، يجري في ألمانيا بث DVB-T2/HEVC (HDTV فقط) قبل المرحلة التشغيلية في أكثر من 20 مدينة وبلدة. وفي 29 مارس 2017، سيتم الإعلان عن دخول الخدمة المرحلة التشغيلية. وبحلول منتصف عام 2019 على أبعد تقدير، سيتم تحقيق التغطية بنظام DVB-T2/HEVC في كل أنحاء البلاد. وبعد دخول الخدمة DVB-T2/HEVC المرحلة التشغيلية، سيتم إيقاف DVB-T/MPEG-2 في كل مكان يبدأ فيه البث DVB-T2. وبينما تتحقق نفس المتانة تقريباً، فإن كل متعدد إرسال (64-QAM) سوف يحتوي ما لا يقل عن 5 برامج HDTV (1080p50) (فضلاً عن خدمات إضافية ودعم HbbTV). ويتعين أن يُنظر إلى ذلك بالمقارنة مع برامج SDTV الأربعة لكل تعدد إرسال من الخدمة DVB-T/MPEG-2 (16-QAM) القائمة. ومعدلات البيانات المفيدة للخدمات الألمانية DVB-T2/HEVC مماثلة لنظيراتها في سلوفينيا (حوالي 20 Mbit/s).

2.4.9 DVB-T2 وتمديداته في التلفزيون المتنقل

البث الفيديوي الرقمي – الجيل الثاني للأرض (DVB-T2) هو الجيل الثاني من نظام البث التلفزيوني الرقمي للأرض. وهو يستند إلى التقنيات المستخدمة كجزء من نظام الجيل الأول، DVB-T.

وتوفر تقنية النظام DVB-T2 مزيداً من المرونة في اختيار معلمات تعدد الإرسال COFDM (أحجام تحويل FFT وفترات فواصل الحراسة وعدد الموجات الحاملة (العادية والممددة) ومخططات التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) ومعدلات الشفرة الجديدة والتشكيلات للإذاعة الرقمية للأرض وعروض نطاق القنوات، وما إلى ذلك. وتوفر هذه المرونة مزيداً من الاختيار في المفاضلة بين تخطيط الشبكة ومعدلات المعلومات ومتانة استقبال التلفزيون الرقمي للأرض.

وبالإضافة إلى ذلك، يقلل النظام DVB-T2 إلى حد كبير من النفقات العامة (مقارنة مع DVB-T) لبناء نظام ينطوي على صبيب قريب من سعة القناة النظرية مع أفضل متانة ممكنة في الإرسال. والدافع الرئيسي لاعتماد هذا المعيار هو الرغبة لدى العديد من البلدان الأوروبية في تقديم خدمات التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) بأكبر قدر ممكن من الكفاءة والفعالية. ويصاحب الانتقال

إلى التلفزيون عالي الوضوح حتماً تغيير في تشفير المصدر، مما يستدعي إدخال معدات استقبال منزلية جديدة (أجهزة فك التشفير وأجهزة التلفزيون)، ومن ثم فهو يوفر فرصة مثالية للارتقاء بمستوى نظام الإرسال في آن واحد.

كما يوفر نظام DVB-T2 إمكانية تنفيذ خدمات التلفزيون المتنقل على أساس مجموعة محددة من معلمات النظام. ويسمى هذا الأسلوب (النظام) DVB-T2 Lite. وطبقاً للتوصية ITU-R BT.1833 [35.9]، يعرّف النظام DVB-T2 Lite (المعروف بنظام الوسائط المتعددة "T2" في القطاع ITU-R) على النحو التالي:

"نظام إذاعي من طرف إلى طرف لتقديم إشارة إذاعة متعددة الوسائط إلى أجهزة محمولة باليد على أساس مفهوم أنابيب الطبقة المادية (PLP) مع تكنولوجيا تجزئة الوقت T2. وهذا النظام مصمم لاستمثال أنظمة الإذاعة متعددة الوسائط وتحسين كفاءتها بالقدر الكافي بالمفاضلة بين معلمات النظام، مثل أداء نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء C/N ومعدل البتات وتعقيد المستقبل، إلى آخره. مما يمكّن من البث المتآون لإصدارين مختلفين من نفس الخدمة، بمعدلي بتات مختلفين وبمستويين مختلفين من الحماية، مما يتيح استقبالاً أفضل في المناطق المتطرفة".

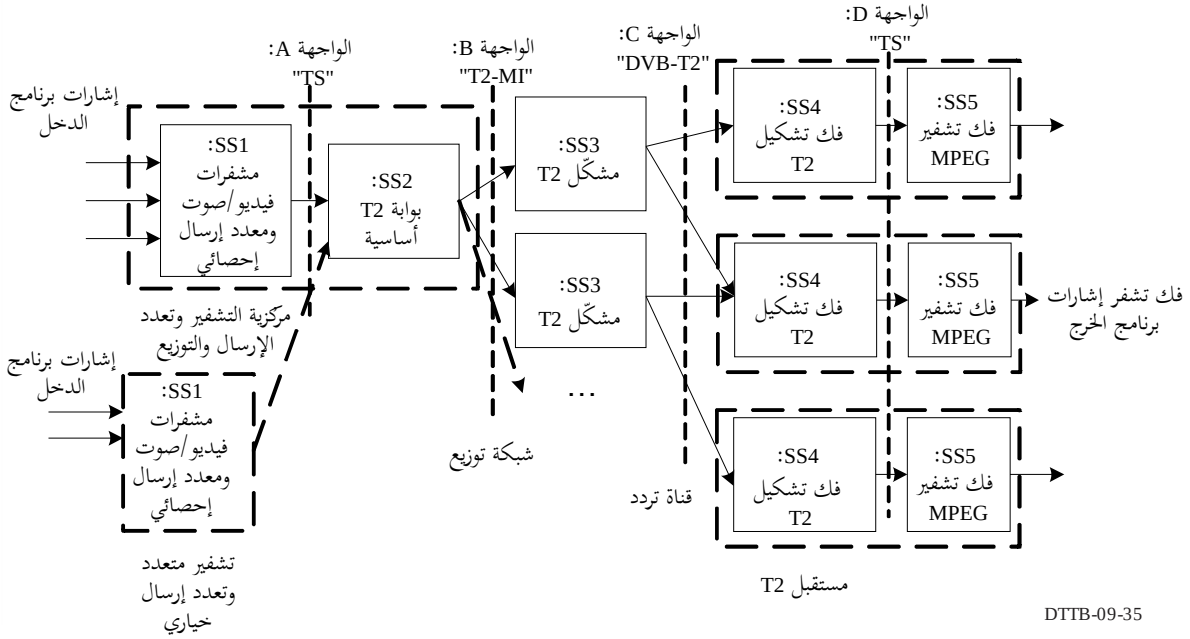
ويمكن أن يتيح إدخال النظام T2-Lite الاستقبال على متن المركبات بمعدلات سرعة أعلى بأساليب تحويل FFT وأنماط تجريبية أمتن، كما يمكن أن يحسن من تغطية المستقبلات المحمولة باليد باستعمال معدلات تشفير دون 1/2. وينتج عن ذلك سيناريو نشر يتم فيه بث الخدمات المتنقلة بمستوى جودة أدنى بواسطة النظام T2-Lite.

1.2.4.9 النموذج المعماري

يرد في الشكل 35.9 مخطط بياني للمستوى الأعلى لسلسلة DVB-T2 مرجعية من طرف إلى طرف في حالة تدفق النقل.

الشكل 35.9

المخطط البياني لسلسلة DVB-T2



ويمكن تقسيم النظام DVB-T2 الكامل إلى ثلاثة أنظمة فرعية أساسية في جانب الشبكة (SS1 وSS2 وSS3) ونظامين فرعيين في جانب المستقبل (SS4 وSS5). وفيما يتعلق بالواجهات، هنالك واجهتان مقابلتان في جانب الشبكة (A وB)، وواجهة داخلية واحدة للمستقبل (D). وواجهة راديوية (C) مشتركة بين الشبكة والمستقبل.

والأنظمة الفرعية الثلاثة في جانب الشبكة هي:

- **SS1: النظام الفرعي للتشفير وتعدد الإرسال**. وهو يشمل توليد تدفقات النقل MPEG-2 و/أو تدفقات نوعية، من قبيل تغليف التدفق النوعي (GSE). وبالنسبة لخدمات الفيديو، يشمل ذلك تشفير الفيديو/الصوت وما يرتبط به من PSI/SI، أو أي تشوير آخر في الطبقة 2. ويتم عادة التشفير الفيديوي (وربما التشفير السمعي) بمعدل بتات متغاير مع تحكم مشترك يضمن معدل بتات كلي ثابت (باستثناء الرزم الفارغة NULL) لجميع التدفقات المأخوذة معاً. ولا تختلف معايير هذا النظام الفرعي كثيراً عن المعايير الأخرى DVB، ولكن هناك بعض الجوانب الخاصة بالنظام T2 من حيث التشفير وتعدد الإرسال. وتتواصل واجهة النظام الفرعي للتشفير وتعدد الإرسال مع بوابة T2 عبر الواجهة A (عادة تدفق أو أكثر من MPEG-2 عبر واجهة تسلسلية لا متزامنة، ASI) كما هو محدد في [8.9].
- **SS2: النظام الفرعي T2– البوابة الأساسي**. واجهة الدخل في هذا النظام الفرعي هي بالضبط نفس الواجهة المحددة في المرجع [8.9]، التي تنطبق على الطبقة المادية الأساسية DVB-T2 وعلى التمديد الموصوف في المرفق D في المرجع [8.9]. ويشمل ذلك وظيفة التكيف مع الأسلوب وتكيف التدفق من أجل DVB-T2، إلى جانب الجدولة وتوزيع السعة:
  - توفر بوابة T2 الأساسية في واجهة الخرج (B) تدفق "T2-MI": تتابع من رزم T2-MI، يحتوي كل منها إما على رتل نطاق أساسي، أو بيانات متجه IQ لأي تدفقات مساعدة، أو معلومات تشوير (L1 أو SFN). ويحتوي تدفق T2-MI على جميع المعلومات المطلوبة لوصف كل من توقيت المحتوى والإرسال للأرتال T2، ويتم تغذية تدفق T2-MI في واحد أو أكثر من المشَكِّلات في الشبكة. ونسق الواجهة T2-MI محدد في المرجع [150.9].
  - تشمل العمليات التي تقوم بها البوابة T2 الأساسية جميع أجزاء مواصفة الطبقة المادية [8.9] غير الإلزامية كلياً، مثل الجدولة والتوزيع. ويتعين القيام بذلك مركزياً في شبكة SFN، لضمان توليد نفس الإشارة في جميع المشَكِّلات.
- **SS3: النظام الفرعي لمُشكّل DVB-T2**. تَستخدم مشكّلات DVB-T2 أرتال النطاق الأساسي وتعليمات تجميع الرتل T2 المحمولة في تدفق T2-MI الوارد من أجل استحداث أرتال DVB-T2 وترسلها في الوقت المناسب من أجل تزامن صحيح في الشبكة SFN. وتتواصل واجهات المُشكّلات مع المستقبلات عبر الواجهة C (إشارة DVB-T2 المرسلة).

وفي المستقبِل، يكون النظامان الفرعيان كما يلي:

- **SS4: النظام الفرعي لإزالة التشكيل DVB-T2**. يتلقى هذا النظام الفرعي إشارة التردد الراديوي من مرسل واحد أو (في شبكة SFN) أكثر ويكون الخرج (في حالة تدفق النقل) تدفق نقل واحد. وتتواصل SS4 مع SS5 عبر الواجهة D، وهي تدفق نقل صحيح تركيباً يحمل عادة واحدة أو أكثر من الخدمات، فضلاً عن أي بيانات تشوير مشتركة مستمدة من أنبوب PLP المشترك. والتدفقات التي تعبر الواجهة B مماثلة لتلك التي تعبر الواجهة D.
- **SS5: النظام الفرعي لفك تشفير التدفق**. يتلقى هذا النظام الفرعي تدفق النقل ويكون خرجه الفيديو والصوت المزال التشفير. وبما أن الواجهة D هي تدفق نقل صحيح تركيبياً، فإن هذا النظام الفرعي لا يختلف جوهرياً عن معايير DVB الأخرى، فيما عدا تحديد بعض عناصر التشوير L2 الجديدة[31] من أجل DVB-T2.

ويستند النظام DVB-T2 Lite (المعروف باسم نظام الوسائط المتعددة الرقمي للأرض T2 لدى القطاع ITU-R) إلى المعيار DVB-T2، ولذلك فإن نظام البث المتعدد الوسائط هذا يعيد استعمال البنية التحتية للبث التلفزيوني للأرض استناداً إلى معيار شامل (ETSI EN 302 755 v.1.3.1 [8.9]).

---

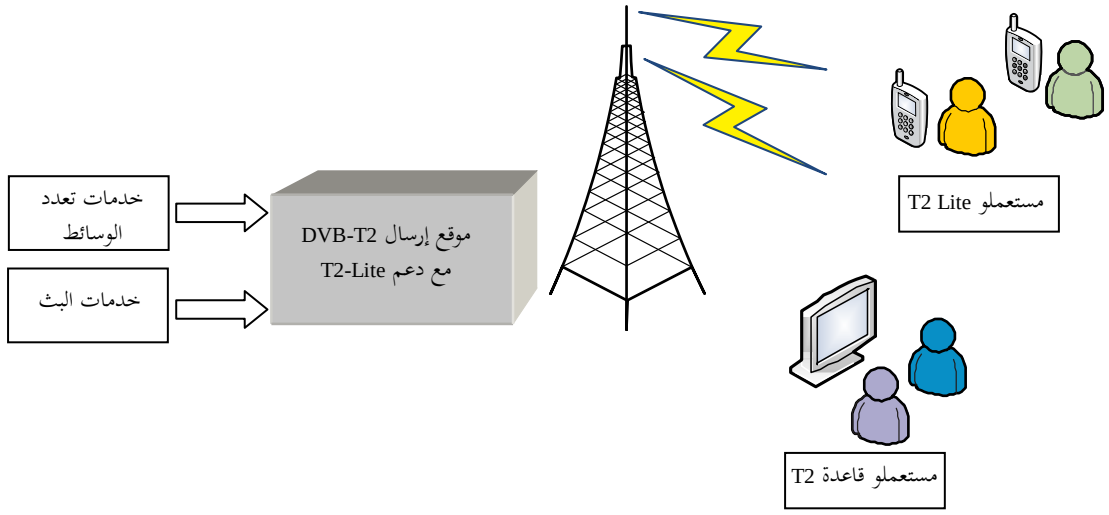
[31] يحدث تشوير الطبقة 2 (L2) عبر تدفق فرعي لتسليم معلومات خدمة تدفق النقل. وقد تم تمديد مجموعة أساسية من معلومات الخدمة L2 مع معلومات وصف خاصة بنظام DVB-T2 (واصف نظام التسليم T2). ويوفر هذا الواصف التشوير لتعايش عدة تدفقات نقل داخل نفس تعدد الإرسال. وعلاوة على ذلك، فهو يصف الخلايا الجغرافية والترددات المركزية المستخدمة لإرسال نظام T2 معين في تعدد الإرسال المحدد. ويتم تضمين التشوير أيضاً لقنوات التردد المتعددة لكل خلية بالتوازي؛ وهو من أجل الاستخدام المقبل ومن غير المتوقع أن تكون المستقبلات الوحيدة الجانبية قادرة على استقبال هذه الإشارات. ويرتبط واصف نظام التسليم T2 مع جدول معلومات الشبكة (NIT) في نفس الموضع الذي يجري فيه ربط واصف DVB-T المقابل.

وتمكّن الجانبية T2 Lite من القدر الأقصى من مرونة مواصفات DVB-T2، ولكن فعاليتها تبلغ الحد الأقصى للاستقبال المتنقل مع التقليل إلى الحد الأدنى من متطلبات المستقبلات. وقد صممت بحيث لا يستلزم الأمر سوى تغييرات طفيفة بالنسبة للمشكّل ومزيل التشكيل DVB–T2 الحاليين بحيث يتسنى لهما دعم الجانبية الجديدة، حيث كان الغرض منها تشجيع مصنعي المعدات على اعتمادها. وهكذا فإن النموذج المعماري للجانبية T2-Lite يقابل معمارية النظام DVB-T2 الأساسي مع بعض القيود الدنيا.

ويبين الشكل 36.9 البنية التحتية للتلفزيون للأرض والبث المتعدد الوسائط استناداً إلى نظام T2 المتعدد الوسائط.

الشكل 36.9

البث المتآون لقاعدة DVB-T2 وإشارات الجانبية T2 Lite



ويمكن تعدد إرسال إشارة T2-Lite مع إشارة T2-base (و/أو مع إشارات أخرى)، حيث ترسل كل إشارة في الأجزاء الخاصة بها من رتل التمديد التالي (FEF). ولذلك يمكن مثلاً تشكيل إشارة تردد RF كاملة بتوليف إشارة جانبية T2-base الناتجة بتحويل فورييه السريع (FTT) بمقدار 32K تحمل خدمات التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) للمستقبلات الثابتة باستخدام التشكيل 256-QAM مع إشارة للجانبية T2-Lite باستخدام تحويل فورييه السريع بمقدار 8K وتشكيل QPSK من أجل خدمة المستقبلات المتنقلة انطلاقاً من الشبكة ذاتها.

ويرد في الجدول 25.9 مثال لكدسة البروتوكولات المستخدمة في نظامي DVB-T2 Base وT2-Lite. والبروتوكول الأساسي لإرسال المعلومات السمعية البصرية عبر الوسائط المادية هو تدفق النقل MPEG-2.

الجدول 25.9

مثال لكدسة بروتوكولات من أجل جانبية DVB-T2 Base وT2 Lite

<table>
<tr><td colspan="7">التطبيق (استنساخ، تسجيل، وغيره)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">L1، معلومات SFN، تدفقات بيانات مساعدة</td><td>ESG ،EPG</td><td>نصوص جارية/تلفزيونية</td><td rowspan="2">DTS ،AC-3</td><td rowspan="2">MPEG صوت</td><td rowspan="2">MPEG-2 فيديو</td><td rowspan="2">MPEG-4 AVC</td></tr>
<tr><td>SI</td><td>PSI</td></tr>
<tr><td colspan="2">قسم MPEG-2</td><td colspan="4">MPEG- TS</td></tr>
<tr><td colspan="6">أنابيب بيانات DVB</td></tr>
<tr><td colspan="7">أرتال النطاق الأساسي، أرتال التمديد المقبل (FEF)</td></tr>
<tr><td colspan="7">بيانات DVB-T2 (تدفق النطاق الأساسي)</td></tr>
<tr><td colspan="7">الطبقة المادية لنظام DVB-T2 (BCH، LDPC، M-QAM، OFDM، وغيرها)</td></tr>
</table>

وبالإضافة إلى العناصر الأساسية لبروتوكول DVB-T2، تدرج أرتال التمديد المستقبلية (FEFs) لاستكمال كدسة البروتوكولات DVB-T2. ويرمي هذا النمط من الأرتال T2 إلى تمكين الارتقاء بالنظام DVB-T2 إلى مجموعة متنوعة من التطبيقات المستقبلية (انظر المثال في القسم 4.10). ومن هذه التطبيقات البث المتعدد الوسائط (DVB-T2 Lite).

2.2.4.9 التقنيات الرئيسية في النظام DVB-T2

تتضمن مواصفات النظام DVB-T2 السمات الرئيسية التالية:

- نفس تقنية التشكيل الأساسية التي يتسم بها النظام DVB-T: يوفر تعدد الإرسال المشفر بتقسيم تعامدي للتردد (COFDM) مع فاصل حراسة (GI) نظام إرسال مرناً جوهرياً للقناة للأرض.
- رغبةً في جعل DVB-T2 مناسبة للاستخدام المهني أيضاً، أي الإرسال بين الكاميرات الراديوية والاستوديوهات المتنقلة مثلاً، يدرج خيار MHz 10؛ ولا يتوقع من مستقبلات المستهلك أن تدعم الأسلوب MHz 10. ولتمكين استعمال النظام DVB-T2 في تخصيصات قنوات التردد الراديوي الأضيق، في النطاق III وفي النطاق L مثلاً، يدرج أيضاً عرض النطاق MHz 1,712. والمقصود هو استخدام عرض النطاق MHz 1,712 في الخدمات المتنقلة.
- طائفة موسعة من أحجام تحويل فورييه السريع (FFT) لتعدد الإرسال OFDM، لزيادة أداء الشبكة الوحيدة التردد (SFN) (لزيادة حجم SFN مثلاً)، وإلى جانب طائفة أوسع من فواصل الحراسة، لتوفير كفاءة أكبر في عرض النطاق (بفضل تصغير فاصل الحراسة في أحجام FFT أكبر). ولكن ذلك يعني متانة أقل في استقبال إشارة البث في قناة متعددة المسيرات متغايرة بمرور الزمن.
- نفس آليات ترتيل النطاق الأساسي والتصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) المدرجة في النظام DVB-S2 [151.9]، بإضافة كوكبة تشكيل الاتساع التربيعي (QAM) بمقدار 256، للاستفادة الكاملة من كفاءة تقنية تصحيح الأخطاء، وإدخال مفهوم يسمى الكوكبة الدوارة، مما يحسّن إلى حد كبير أداء النظام في القنوات للأرض الانتقائية الترددات.
- طريقة لنقل فرادى خدمات البيانات في قنوات منطقية منفصلة تعرف باسم أنابيب الطبقة المادية (PLPs)، ضمن الطبقة المادية، حيث يجري تشفير تصحيح الأخطاء والتشذير بشكل منفصل لكل أنبوب PLP. وهذا يمكّن من إضفاء متانة خاصة بالخدمة.
- مشذر زمني لا يقل عن ms 70 لخدمات معدل البيانات المرتفع، بغية توفير قدر أكبر من الحصانة إزاء التداخل النبضي.
- بنية رتل مرنة جداً، حيث يمكن إما توزيع البيانات بالتساوي عبر رتل كامل لأقصى قدر من التنوع الزمني أو تركيزها في رشقات للسماح باستعمال تقنيات توفير الطاقة في المستقبِل؛ وتشتمل بنية الرتل على آلية تشوير فعالة في الطبقة المادية تسمى تشوير الطبقة 1 (L1)، حيث ترسل معلمات هامة لنظام البث إلى المستقبل. ويلاحظ أنه يتعين أولاً فك شفرة الرمز التمهيدي الخاص (الرمز P1)، لاستخراج حجم تحويل فورييه السريع (FFT) مثلاً.
- المرونة في بناء الأرتال لتطبيقات الأنظمة الجديدة، وذلك بفضل أرتال التمديد المستقبلية (FEF). وهكذا يتم تنفيذ إرسال البيانات DVB-T2 Lite.
- طائفة موسعة من الإشارات المرجعية – الأدلة المتناثرة (SPs) والأدلة المستمرة (CPs) – لتمكين انتقاء خيار أمثل لأي قناة معينة.
- آلية خيارية لتنوع الإرسال، استناداً إلى مخطط Alamouti، لتحسين الاستقبال في المناطق التي تتراكب فيها التغطية من مرسلين.
- آليتان منفصلتان لتخفيض نسبة طاقة الذروة إلى الطاقة المتوسطة (PAPR) للإشارة المرسَلة.
- تمهيدات لاستبانة إشارة T2 بين إشارات أخرى في نطاق التردد، والتشكيل السريع الأولي والثانوي لمسير المستقبِل. ولاستبانة تمديد DVB-T2 Lite يتم تحديد التمهيد الخاص.
- تضمين التشوير للسماح بمعايير مستقبلية متوافقة رجعياً لاستخدام أجزاء من بنية الرتل T2: تجزئة التردد والزمن (TFS) لتمكين استخدام عدة قنوات ترددات راديوية معاً لزيادة تنوع السعة والتردد؛ والأجزاء الخيارية من الرتل التي سيتم تحديد

محتواها في المستقبَل (لإرسال أرتال الجيل التالي في الأجهزة المحمولة باليد DVB-NGH)، باعتبارها جزء *رتل التمديد المستقبلي* (FEF).

ومزايا البث الفيديوي الرقمي في الجيل التالي من الأجهزة المحمولة باليد (DVB-NGH) هي:

- تقنيات استقبال الهوائيات المتعددة (الجانبية الأساسية (أسلوب دخل وحيد، خرج وحيد، SISO)، والجانبية دخل متعدد، خرج متعدد (MIMO)، والجانبية الهجينة (مع مكونات ساتلية وللأرض مثل DVB-SH)، والجانبية الهجينة MIMO (أسلوب MIMO مع توليفة من الإرسالات للأرض والإرسالات الساتلية).
- حماية تصحيح FEC معدلة: معدلات تشفير اختبار التعادلية منخفض الكثافة (LDPC) معينة (3/15 و4/15 و5/15 و6/15 و7/15 و8/15 و9/15 و10/15) مع رتل LDPC مختصر (16200 بتة) .
- تشكيلات معدلة: استعمال التشكيلات QPSK وQAM-16 وQAM-64 وQAM-256 مع كوكبات غير متماثلة وكوكبات 4D متناوبة وتشكيل تراتبي لإدراج الخدمة المحلية.
- معلمات تعدد الإرسال OFDM المعدلة: أحجام تحويل FFT محدودة وأنماط تجريبية معينة.
- بدائل الشبكة SFN: شبكة هجينة (SFH) للأرض مع معالجة eSFN (SFN المحسنة) لإزالة ترابط الإشارة المرسلة بين مرسلات متعددة؛ أسلوب SFN هجين مع معالجة MIMO وغير MIMO.
- عروض نطاق موسعة (لأسلوب MIMO هجين): من 1,7 MHz إلى 20 MHz.

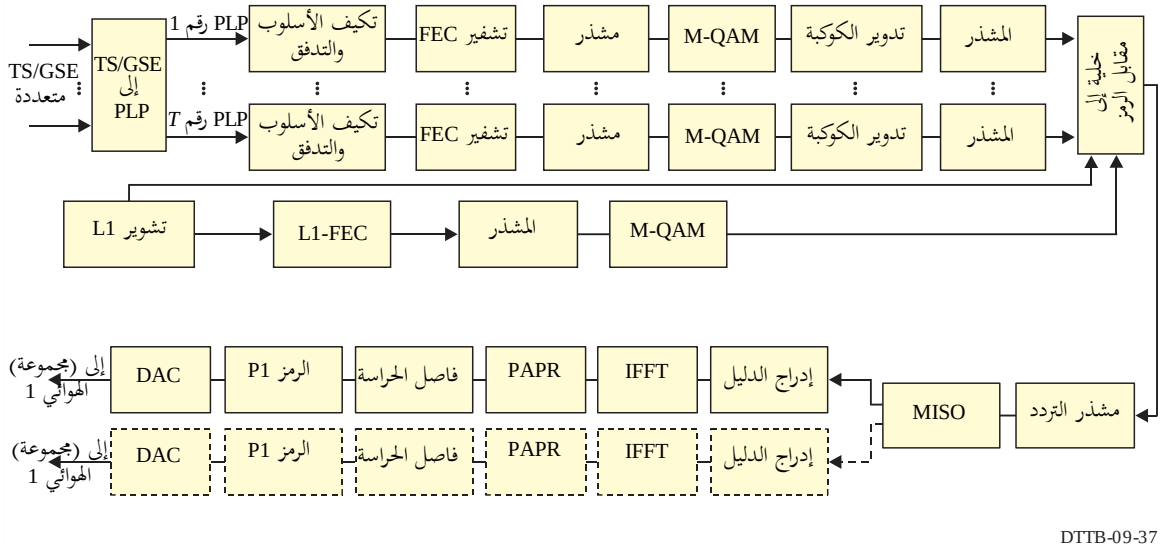
3.2.4.9 الطبقة المادية في جانبيات DVB-T2 Base وT2 Lite

من تدفق النقل إلى مقابلة أنابيب PLP. يبين الشكل 37.9 المخطط البياني لمرسل DVB-T2. ويتمتع المرسل DVB-T2 بالقدرة على التعامل مع أنابيب PLPs متعددة، لتقديم خدمات متعددة، بينما لا يكون المستقبل DVB-T2 مطلوباً إلا لفك تشفير أنبوب PLP بيانات وحيد مع أنبوب PLP المشترك المرتبط بها (إن وجد). ويمكّن النظام DVB-T2 كل PLP من حمل تدفق نقل الخدمة المستقل الخاص به أو تغليف التدفق النوعي (GSE).

ومع ذلك، يحدد المعيار DVB-T2 أيضاً طريقة ممكنة لتجنب إرسال نفس المعلومات عدة مرات عند التعامل مع عدة تدفقات نقل (TSs): فإذا كانت هذه التدفقات تتقاسم رزماً مشتركة (مثل جدول معلومات الأحداث [EIT])، فمن الممكن إزالتها من تدفقات النقل ومقابلتها ضمن أنبوب PLP المشترك. ثم يقوم المستقبل بدمج محتوى الأنبوب المشترك وبيانات الأنبوب التي اختارها المستعمل لإعادة بناء تدفق نقل صالح. وتبين الفدرة من *TS/GSE* إلى *PLP* في الشكل 37.9 وظيفة التقسيم والدمج، وهي تضمن التزامن بين بيانات PLP التي اختارها المستعمل وبيانات PLP المشتركة، وتوفر شفافية تدفق نقل كاملة من طرف إلى طرف مع تحسين كفاءة عرض النطاق. وتحدد فدرة *تكييف الأسلوب والتدفق* التالية دخل التدفق في فدرات DVB-T2، مع انضغاط رزم MPEG-2 الفارغة وإدراج بتات تفحص الإطناب الدوري (CRC).

الشكل 37.9

مخطط بياني لفدرات DVB-T2



DTTB-09-37

تشفير الحماية من الأخطاء. جرياً على فلسفة أسرة معايير البث الفيديوي الرقمي (DVB)، يشمل التصحيح الأمامي للأخطاء في النظام DVB-T2 شفرة BCH (Bose وChaudhuri وHocquenghem) ومجموعة فرعية من شفرات اختبار التعادلية المنخفض الكثافة (LDPC) لنظام DVB-S2، مع تشذيرات بتات جديدة. ويحدد الأداء المستهدف لأنظمة الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (شبه الخالي من الخطأ، QEF) بأنه "أقل من حدوث خطأ واحد غير مصحح لكل برنامج لكل ساعة إرسال"، ويعني ذلك بالنسبة إلى خدمة 5 Mbit/s معدل خطأ في البتات (BER) في حدود 10^{-10}. ولا يمكن لتشفير الاختبار LDPC لوحده أن يضمن دوماً هذا الأداء المستهدف، ولذلك جرى تحويل شفرة BCH سلسالياً إلى LDPC لتجنب الأخطاء غير المكتشفة عند معدل خطأ في البتات (BER) منخفض بينما لا يزال معدل التشفير مرتفعاً.

ويتوفر طولان من الفدرات: 800 64 بتة أو 200 16 بتة. وأداء الشفرات القصيرة هو بضعة أعشار dB أسوأ من الشفرات العادية، ولكنه يسمح بتطبيقات معدل بتات منخفض مع فترة كمون أقصر. ومعدلات شفرة LDPC المتاحة في DVB-T2 هي مجموعة مختارة من معدلات شفرات DVB-S2: 1/2 و3/5 و2/3 و3/4 و4/5 و5/6 تستخدم لحماية PLP؛ 1/4، لطول شفرة قصير فقط، يستخدم في حماية التشوير L1.

وبالنسبة للمعدل 2/3، استحدثت مصفوفة تكافؤ جديدة تحل محل شفرة DVB-S2 من أجل تحسين أداء شفرة LDPC بهذا المعدل.

وتكون شفرات LDPC في DVB-T2 غير منتظمة ومستوى الحماية من الأخطاء لكل بتة شفرة غير منتظم، ولكنه يتوقف على وزن العمود في مصفوفة فحص التكافؤ. ومن ثم، استعمل التشكيل المشفّر المشذّر البتات (BICM) لمقابلة البتات المشفرة مع رموز الكوكبة، بواسطة سلسال من مشذر ومزيل تعدد إرسال بين المشفر والمقابل، كما هو مبين في الشكل 37.9.

تقنيات التشكيل. يَستخدم البث DVB-T2 نظام تعدد الإرسال OFDM المشفر (COFDM) [168.9] كما هو مستخدم في الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T) والإذاعة الصوتية الرقمية (DAB) والإذاعة الرقمية للخدمات المتكاملة للأرض (ISDB-T) والمعايير الإذاعية الراديوية الرقمية العالمية (DRM) وأنظمة الراديو الأخرى مثل IEEE 802.11a/n والتطور طويل الأجل (LTE) في 3GPP. وتتوفر طائفة أوسع من معلمات تعدد الإرسال OFDM مما هو متوفر لنظام DVB-T، بينما يتغير التشفير أيضاً (كما نوقش أعلاه).

وهناك أحجام 1k و2k و4k و8k و16k و32k من تحويل فورييه السريع (FFT)، ويتم تشكيل كل موجة حاملة فرعية، في كل رمز، باستخدام كوكبات QAM. وتتوفر طائفة من الخيارات لبيانات الحمولة النافعة: 4 و16 و64 و256 QAM. ويتيح توليف

التشكيل 256-QAM مع تصحيح أخطاء شفرة الاختبار LDPC الجديد زيادة في الصبيب مع أداء لا يختلف كثيراً عن التشكيل 64-QAM في نظام DVB-T.

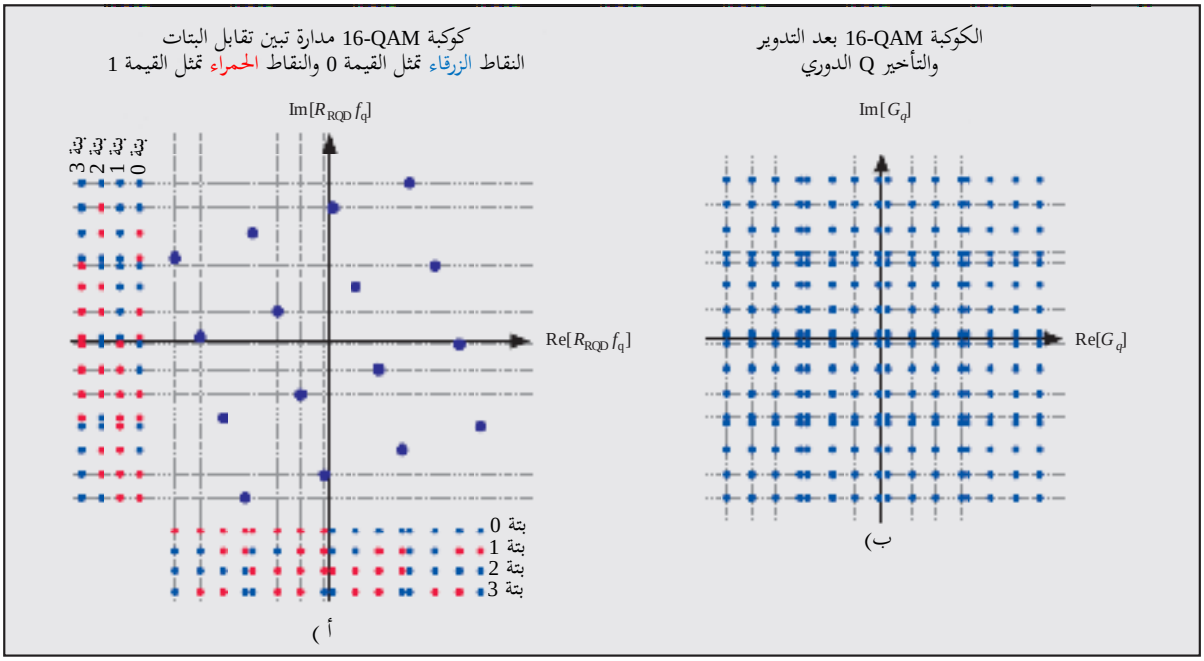
الكوكبات الدوارة. توفر شفرات الاختبار LDPC في نظام DVB-T2 أداءً جيداً في القنوات غير الانتقائية التي تستعمل معدل تشفير أعلى مما هو في نظام DVB-T – مما يعطي قدراً أعلى من الصبيب. بيد أن القنوات الانتقائية للتردد تحتاج إلى قدر إضافي من الإطناب كان يتوفر في السابق بشفرة ذات معدل أدنى. كما يتضمن النظام DVB-T2 أيضاً كوكبة دوارة كميزة خيارية لتحسين الأداء حتى بالنسبة للقنوات الانتقائية التردد جداً. ويعني تدوير الكوكبة بزاوية مناسبة أن كل نقطة في الكوكبة تقابلها نقطة مختلفة على كل من المحورين I وQ. لذلك فإن الكوكبة 16-QAM يكون لها 16 قيمة مختلفة لكل من I وQ (الشكل 38.9).

وهذا لا يغير شيئاً في حد ذاته. ومع ذلك، حري بأن تكون قيمة كل من I وQ المستمدة من الكوكبة الدوارة منفصلة جراء تأخير Q دورياً قبل تشذير الزمن والتردد.

وتشتمل الكوكبات التي ترسل فعلاً بعد التشذير على قيم I وQ غير مترابطة مستمدة من كوكبة دوارة أصلية مختلفة (الشكل 38.9). وعند تلاقي قيمتي I وQ بعد إزالة التشذير في المستقبِل، يتأثر كل منهما بشكل مختلف جراء أي خبو انتقائي للتردد. ولنفترض، كمثال متطرف، أن إحداهما فُقدت تماماً. عندئذ لا يزال المحور المتبقي يحتوي على معلومات عن جميع النقاط الممكنة – وهذا أقل موثوقية، ولكنه يبقى أفضل من محو كامل.

الشكل 38.9

كوكبة دوارة بتأخير Q دوري. أ) 16-QAM دوارة قبل تأخير Q دوري؛ ب) 16-QAM دوارة بعد تأخير Q دوري، ما يبين أن هناك الآن 162 = 256 حالة ممكنة



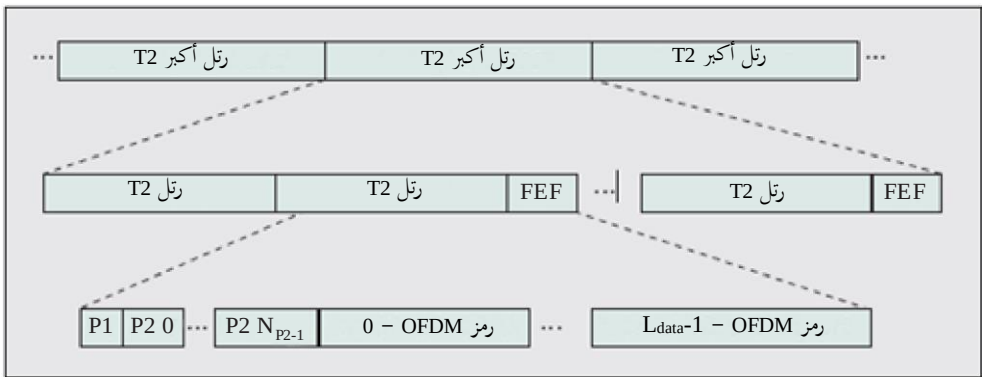
DTTB-09-38

وتقدم الكوكبة الدوارة المزيد من التنوع حيث تجري مقابلة نفس البتة في نفس الوقت في المزيد من الموجات الحاملة الفرعية، مما يحقق درجة أعلى من التنوع. ولن يكون ذلك ممكناً في الكوكبات الأكثف ومعدل التشفير الأدنى، حيث تجري مقابلة بتة بيانات واحدة على عدد أصغر من الموجات الحاملة الفرعية (بسبب معدل التشفير الأدنى). وتبين عمليات المحاكاة [169.9] أن الكوكبة الدوارة توفر مزايا تصل إلى 0,75 dB على مدى تشكيل QAM تقليدي على قنوات لاسلكية بزيادة محدودة جداً في تكلفة التنفيذ.

الجدولة. رغبة في توفير متانة خاصة بالخدمة واستمثال متطلبات ذاكرة تشذير الزمن، يمكن وصف النظام DVB-T2 بأنه مجموعة من أنابيب PLPs شفافة تماماً، يقوم كل منها بتكييف أسلوب مستقل، وتشفير التصحيح FEC، ومقابلة البتات على نقاط الكوكبة (الخلايا) وتشذير الزمن. وأداة بناء الجدولة/الرتل هي عنصر وظيفي يقابل خلايا البيانات عند خرج مشذرات الزمن في رموز تعدد الإرسال OFDM، ويضيف أيضاً معلومات التشوير من أجل بناء الأرتال الأولية والأرتال الكبرى في نظام DVB-T2 (الشكل 39.9).

الشكل 39.9

بنية الأرتال في النظام DVB-T2



DTTB-09-39

ويبين الشكل 40.9 مثالاً مبسطاً لكيفية قراءة الخلايا الواردة من أنابيب PLPs مختلفة، يتميز كل منها بلون مختلف، من ذاكرات تشذير الزمن (TI) ومقابلتها في رموز تعدد الإرسال OFDM (فدرات رأسية)؛ ويظهر ذلك قبل تطبيق مشذر التردد. ويمكن اختيار استراتيجية مقابلة الخلايا من حيث الزمن والتردد بأسلوب مرن جداً. وقد يكون أحد الأهداف الممكنة هو تحقيق أقصى قدر من التنوع الزمني، وذلك بنشر الخلايا من أنابيب PLP عبر جميع رموز OFDM على رتل، أو حتى عبر أرتال متعددة. ولتحقيق ذلك، يجري تقسيم ذاكرة TI في PLP معين إلى عدة أجزاء فرعية، تجري مقابلتها في رموز OFDM بالتناوب مع أجزاء فرعية من أنابيب PLPs أخرى. وهذا يعني ضمناً أنه لكي يتلقى المستقبل الخدمة المختارة، يجب أن يعمل المستقبل بشكل مستمر من أجل جميع رموز OFDM في الرتل. ويمكن أن يكون الهدف الثاني هو الحصول على أقصى قدر من توفير الطاقة في المستقبِل (في الأجهزة المحمولة التي تعمل بالبطارية مثلاً) وذلك بتشغيل المستقبِل خلال نسبة مئوية صغيرة من الزمن فقط. ويمكن تحقيق ذلك بتركيز خلايا أنابيب PLP من حيث الزمن في عدد محدود من رموز OFDM المجاورة، دون تقسيم فرعي، كما هو مبين في الشكل 40.9. وجدير بالذكر أن الشكل يبين رتلين DVB-T2 يكون فيهما معدلات البيانات في PLPs ثابتة. وإذا تغيرت معدلات البيانات، فإن حجم الأجزاء يتغير من رتل لآخر تبعاً لذلك.

الشكل 40.9

أنابيب PLPs مختلفة تشغل أجزاءً مختلفة من التشكيل المفرد ومعدل التشفير وتشذير الزمن، يبدو في الشكل رتلان

DTTB-09-40

ويوضح الشكل 39.9 بنية الأرتال في نظام DVB-T2. وفي مستوى القمة، تتألف هذه البنية من أرتال كبرى (المدة القصوى 63,75 s عندما لا تستعمل التمديدات المستقبلية للأرتال (FEF)، أي ما يعادل 255 رتلاً من 250 ms) تنقسم إلى أرتال DVB-T2؛ وتنقسم هذه بدورها إلى رموز تعدد الإرسال OFDM. ويكون عدد أرتال DVB-T2 لكل رتل كبيراً بحيث يكون لكل أنبوب PLP للبيانات عدد صحيح من أرتال التشذير لكل رتل كبير. ويمكن للرتل الكبير بدوره أن يحمل خيارياً أجزاء من التمديدات FEF، وهي فترات زمنية لم تستخدمها إشارة DVB-T2، مما يتيح المجال لخدمات أخرى مستقبلية لم تحدد بعد. ويبدأ الرتل برمز مرجعي واحد يسمى P1 ورمز مرجعي أو أكثر تسمى P2 (يناقش بمزيد من التفصيل في القسم المتعلق بالمزامنة وتقدير القنوات)، يليه عدد قابل للتشكيل من رموز البيانات. وتتراوح مدة الرتل بين 100 و250 ms.

ولا ضرورة لأن يكون أنبوب البيانات PLP مشذراً كلياً ضمن رتل DVB-T2 واحد، بل يمكن أن ينتشر عبر عدة أرتال.

والغرض الرئيسي من رموز P2 هو حمل بيانات التشوير. وكما سبق القول، فإن صبيب PLP متغاير زمنياً، ولذلك فإن الوضع من حيث الزمن والتردد في الخلايا المرتبطة بأنبوب PLP يتغير من رتل لآخر. وبما أن المستقبل يجب أن يكون قادراً على أن يستخلص على الأقل بيانات PLP المختارة من المستعمل وPLP المشترك (إن وجد)، فإنه يجب أن يكون قادراً على تتبع مواضع خلايا البيانات. وقد يتأثر النظام DVB-T2، حتى في حالة الاستقبال الساكن، بالضوضاء النبضية. ولذلك فقد أولي تشوير موقع الخلية (ما يسمى معلومات *L1 الدينامية*) عناية تصميم خاصة في نظام DVB-T2، وذلك بتضمين آليات إرسال مختلفة تستند إلى تصحيح الأخطاء والكشف عنها والتكرار. ويرسل تشوير L1 في الواقع في كل رتل ضمن الرمز P2، غير أن المعلومات ذات الصلة بالرتل التالي يمكن أيضاً أن تكون مندرجة في بيانات PLP. ومن الممكن أيضاً تكرار هذه المعلومات من خلال تشوير L1 لكل من الرتل الحالي والتالي.

خفض نسبة طاقة الذروة إلى الطاقة المتوسطة (PAPR). من مآخذ تعدد الإرسال OFDM هو أنه كلما ازداد عدد الموجات الحاملة الفرعية ترتفع النسبة PAPR بسبب الزيادة في عامل القمة، الناجم بدوره عن تزايد التغاير في سعة التشكيل QAM، وزيادة عدد الأدلة المعززة، وخصائص إشارة OFDM بالذات (ومن مآخذ OFDM هو ارتفاع نسبة PAPR حتى في غياب الأدلة). وهذا يفرض مطالب أكبر على مضخم قدرة المرسل، وخاصة فيما يتعلق بخطيته. ولأغراض التخفيف، يتضمن النظام DVB-T2 اثنين من الميزات الخيارية التي يمكنها أن تخفض نسبة PAPR.

ومن شأن *التوسيع الفعال للكوكبة* (ACE) أن يعدل بعض الكوكبات المرسلة وذلك بنقل نقاطها الخارجية انتقائياً إلى مواقع ذات اتساع أكبر [170.9]. ومن شأن ACE أن يخفض نسبة PAPR دون خسارة في الصبيب، ولكنه لا يُستخدم مع كوكبة دوارة.

ومن شأن *خفض نسبة PAPR للموجة الحاملة المحجوزة*[32] أن يضحي بكمية صغيرة من الصبيب بحجز بعض الموجات الحاملة الفرعية، التي لا تحمل أي بيانات [170.9]. وتُستخدم هذه الموجات بدلاً من ذلك لحمل القيم الاعتباطية، التي تسمح باصطناع شكل موجي يلغي الذروة.

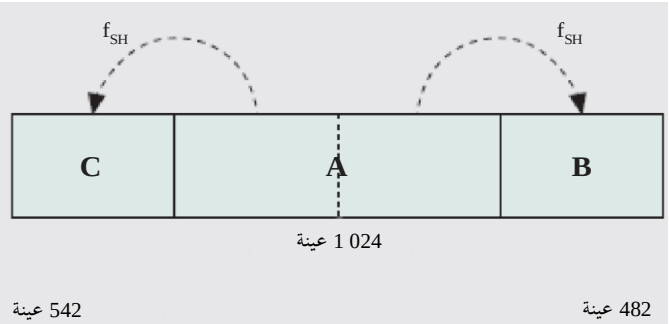
التزامن وتقدير القنوات. يتضمن المعيار DVB-T2 حلول تصميم خاصة لتيسير تزامن الوقت والتردد في المستقبِل. وأبرز هذه الحلول هو استخدام رتل مؤلف من تمهيد وحمولة نافعة، كما هو مبين في الشكل 41.9.

ويتألف التمهيد من رمز P1 وعدد من الرموز P2، حيث يتوقف عدد هذه الرموز على حجم تحويل فورييه السريع (FFT) المختار. وبالنسبة للمقدارين 32k و16k هنالك رمز P2 واحد فقط. وبالنسبة لمقادير 8k و4k و2k و1k هنالك الرموز 2 و4 و8 و16 P2، على التوالي. وتتبع الحمولة النافعة الرموز P2، مع أن بعض البيانات قد تحمل بالفعل ضمن الرموز P2، وتتكون من رموز OFDM التي يمكن تشكيل موجاتها الحاملة الفرعية بواسطة بيانات أو قيم دليلة معروفة. ويؤدي استخدام التمهيد إلى تحسين كبير في بعض خطوات التزامن، ويسمح كذلك باختيار أوسع بكثير لمعلمات المرسل دون زيادة الوقت الكلي للتزامن.

ويشتمل الرمز P1 على رمز OFDM مع 1k من الموجات الحاملة الفرعية إلى جانب بنية تكرار خاصة لمجال الزمن، كما هو مبين في الشكل 41.9. والجزء C هو صيغة زحزحة التردد لأول 542 عينة من رمز OFDM الذي يشكل الجزء A. أما الجزء B فهو صيغة زحزحة التردد لآخر 482 عينة من الجزء A. وتساوي زحزحة التردد المباعدة بين الموجات الحاملة الفرعية لرمز OFDM. ويقتصر تشكيل BPSK التفاضلي (DBPSK)، ضمن رمز OFDM، على 384 فقط من أصل 1k موجات حاملة فرعية ويستعمل لإرسال سبع بتات من المعلومات. وتمكن بنية P1 الثابتة، إلى جانب جزء التشوير المحدود والمحمي للغاية، إجراء مسح سريع لترددات البث. ويستطيع المستقبل أن يدرك وجود إرسال DVB-T2 ويعمد إلى تخزين المعلمات الرئيسية (مثل حجم تحويل فورييه FFT أو وجود رتل تمديد مستقبلي FEF). وقد تم تصميم بنية C → A → B الخاصة لتحسين متانة الكشف عن P1 بوجود أكثر القنوات تحدياً، مثل صدى dB صفر مع طور معاكس. ويستخدم الكشف عن الرمز P1 أيضاً لاشتقاق مرجع أولي للزمن والتردد.

الشكل 41.9

نسق الرمز P1



DTTB-09-41

والدور الرئيسي للرمز P2 هو حمل التشوير L1، الذي قد يكون كبيراً جداً لأن كل أنبوب PLP له معلمات الإرسال الخاصة به. وينظم تشوير L1 في جزء تشوير L1 سابق (حيث يتم مثلاً تشوير طول الرتل) وجزء تشوير L1 لاحق. وتستند حماية البتات في التشوير L1 السابق إلى شفرة BCH (Bose وChaudhuri وHocquenghem) متبوعة بشفرة LDPC مثقبة. وقد يبدو اختيار شفرة اختبار التعادلية منخفض الكثافة (LDPC) غريباً نظراً لقصر كلمة الشفرة.

ومع ذلك، فهي لا تضمن أي خسارة مقارنة بشفرة تلافيفية بنفس المعدل ولا تتطلب فك تشفير Viterbi، الذي لا يستخدم إلا لفك تشفير تشوير L1. وثمة دور هام آخر لرمز P2 وهو استهلال عملية تقدير القناة.

[32] "الموجة الحاملة المحجوزة" تسمى "حجز النغمة" في المعيار DVB-T2.

ويتعين على مستقبِل DVB-T2 تقدير القناة من خلال شكل الموجة المرسلة لاستعادة المعلومات المرسلة بشكل صحيح. ولهذه الغاية، يحدد المعيار DVB-T2 المتواليات الدليلة المتناثرة التقليدية التي تعمل على تشكيل مجموعة من الموجات الحاملة الفرعية المتساوية التباعد. والجدة الرئيسية التي أدخلها نظام DVB-T2 هو أنه يدعم ثمانية أنماط إشارة (SP) مختلفة. والمبدأ التوجيهي في التصميم هو مطابقة المسافة الدليلة مع معكوس طول فاصل الحراسة (GI). وبينما نمط الإشارة مصمم أساساً لتوفير تقدير موثوق للقناة، فإن الأدلة المتواصلة، المتطابقة مع حجم التحويل FFT، توفر وسيلة لتزامن ترددات دقيق ولتصحيح الأخطاء في الطور المشترك. ويتم تثبيت الأدلة في رمز P2 بحيث تدعم أكبر حجم ممكن من فواصل الحراسة، والذي يفترض أن يتم الحصول عليه من خلال الطرائق القائمة على الارتباط التقليدي. وموقع الموجات الحاملة الفرعية للأدلة والبيانات في الرمز P2 مستقلان عن معلمات الإرسال الأخرى، مثل تمديد عرض النطاق وطرائق نسبة طاقة الذروة إلى الطاقة المتوسطة (PAPR). وتتطلب بعض أنماط الإشارة تقدير قناة لتشكيلها من عدة رموز، وتساعد الأدلة P2 على استهلال هذه العملية. وهذا هو الحال بشكل خاص في أسلوب فعال جداً الغرض منه أساساً الاستقبال على سطح ثابت. ويحدد المعيار DVB-T2 خياراً يتم فيه إرسال عدد قليل جداً من الأدلة في الحمولة النافعة، ويستند تقدير القناة إلى التقدير الأولي الذي يقدمه الرمز P2 متبوعاً بتقدير قناة بمساعدة البيانات تعاد فيه البتات المزال تشفيرها وتستخدم لصقل تقدير القناة [171.9]. ولا يمكن تحقيق هذا النهج إلا إذا توفرت تقديرات أولية كاملة، ولذلك فإنه لن يكون ممكناً بدون P2. وتتطلب مسافات الأدلة المختلفة أيضاً تكييف عوامل تعزيز الأدلة (أي مقدار الطاقة المخصصة للأدلة مقارنة بالبيانات). ويحدد المعيار DVB-T2 ثلاثة عوامل معززة للدليل المتناثر (SP) وثلاثة للدليل المستمر (CP).

وتتوقف قيم الأدلة على مؤشر الموجة الحاملة الفرعية بنفس الطريقة التي يتبعها البث DVB-T. غير أنه في نظام DVB-T2، تجري مضاعفة جميع الأدلة (CP وSP وP2) في كل رمز OFDM بقيمة زائد أو ناقص واحد وفقاً لتتابع الضوضاء الزائفة (PN) على مستوى الرتل، ومن ثم فهي تتوقف أيضاً على مؤشر رمز OFDM. ومع أن نظام DVB-SH يعتمد تقنيات طليقة لعد الرموز، فإن هذا التوقيع على الأدلة يوفر نهجاً بديلاً وأكثر متانة لتزامن الرتل يمكن أن يشير إلى موضع OFDM الراهن ضمن الرتل إذا فُقد التمهيد، في حالة ضوضاء نبضية قوية مثلاً. وعلاوة على ذلك، يمكن لخوارزميات التزامن أن تستغل تتابع مستوى الرتل هذا لتقدير وتتبع الميقاتية والرمز والتردد وتزامن الرتل. ويتحقق ذلك دون التأثير على جودة تقدير القناة.

تقنية الهوائيات المتعددة. يتيح المعيار DVB-T الإرسال المتآون على نفس التردد لنفس الإشارة بواسطة مرسلات متعددة من أجل تنفيذ شبكة وحيدة التردد (SFN). وبمراعاة قيود التزامن الصارمة، تسمح الشبكة SFN بنشر شبكة بسيطة ترى فيها المستقبلات قناة مكافئة يتم الحصول عليها بتراكب القنوات المتعلقة بالمرسلات المتعددة. ولكن عندما يتلقى مستقبلٌ ما مستويات قدرة مماثلة من مرسلَيْن، فإن استجابة تردد القناة سوف تحتوي على عوادم عميقة بسبب التداخل المدمر. وبالنسبة لشبكة SFN تضم محطات مزودة بهوائي وحيد، فإن المعيار DVB-T2 الجديد يوفر، باستعمال شكل معدل من تشفير Alamouti [172.9]، وسيلة فعالة لاستغلال وجود مرسلات متعددة. وبعبارة أخرى، يمكن الحصول على نظام توزيع متعدد الدخل وحيد الخرج (MISO). وفي هذا التشكيل، لا تكون البيانات في جهازي الإرسال متماثلة وإنما مرتبطة ارتباطاً وثيقاً، وهي تتجنب التداخل المدمر. ونتيجة لذلك تتحسن تغطية الشبكة SFN[33].

وفي هذه الحالة (الموصوفة بمثابة MISO 1 × 2)، يتعين على الأدلة تقديم تقديرين مستقلين للقناة. ولذلك، يحتاج الأمر إلى مضاعفة عدد الأدلة. وفي هذا السيناريو، يَستخدم المعيار DVB-T2 نفس بنية الأدلة كما في حالة المرسل الوحيد (دخل وحيد، خرج وحيد SISO)، ولكن نصف المقدار المقابل من فاصل الحراسة (GI). وتَستعمل المرسلات التي تعمل كهوائي 1 نفس بنية الأدلة SISO بالضبط، بينما تعكس المرسلات التي تعمل كهوائي 2 الأدلة، وتقوم بتشكيل الموجات الحاملة الفرعية الدليلة البديلة.

الطبقة المادية لنظام DVB-T2 Lite. يقوم النظام DVB T2-Lite أساساً بإعادة استخدام الطبقة المادية وطبقة الوصلة في النظام DVB-T2 مع بعض القيود التي تحد من أي تغيرات في التجهيزات القائمة. إذ يمكن تفسيره بمثابة جانبية للمواصفة الأساسية DVB-T2 وبمثابة نظام قائم بذاته لبث الوسائط المتعددة. ويرد في التوصية ITU-R BT.1877 [34.9]

---

[33] ينبغي تمييز اعتبار الشبكة SFN بمثابة MISO عن حالة MISO الأكثر تقليدية حيث يحدث الإرسال من برج إرسال وحيد وتكون الهوائيات منفصلة بعضها عن بعض بمقدار بضعة أمتار فقط.

وفي المعيار ETSI EN 302 755 [8.9] معلومات تفصيلية عن المعلمات التقنية والمعالجة في جانب المرسل/المستقبل. وترد المعلمات الأساسية للطبقة المادية وطبقة الوصلة في الجدول 26.9.

الجدول 26.9

معلمات الإرسال لنظام الوسائط المتعددة T2 (T2 Lite)

المعلمات	النظام T2 للوسائط المتعددة
المراجع	التوصية ITU-R BT.1877 والمعيار ETSI EN 302 755
تنظيم القنوات	أنابيب الطبقة المادية (PLP)/أرتال النطاق الأساسي/أرتال التمديد FEF
عروض نطاق القنوات	1,7 MHZ و5 MHz و6 MHZ و7 MHz و8 MHz
عدد الموجات الحاملة النشطة في OFDM	1 705 (أسلوب 2k)، 3 409 (أسلوب 4k)، 6 817 (أسلوب 8k)، 13 633 (أسلوب 16k)
مدة فاصل الحراسة	1/128 و1/32 و1/16 و19/256 و1/8 و19/128 و1/4 من فترة الرمز النشطة
مدة وحدة الإرسال (الرتل)	مرنة مع إمكانية التغيير على أساس كل رتل بمفرده. المدة القصوى 250 ms
تزامن الوقت/التردد	الرمز PI/فاصل الحراسة/الموجات الحاملة الدليلة
طرائق التشكيل	QPSK، 16-QAM، 64-QAM مع أو بدون تدوير الكوكبات الخاص بكل أنبوب في الطبقة المادية
طرائق التشفير وتصحيح الأخطاء	مجموعة من شفرة BCH وشفرة LDPC (بمعدلات 1/3 و2/5 و1/2 و3/5 و2/3 و3/4) مع طول مشفر للرتل محدود بمقدار 200 16 بتة. إمكانية لتصحيح 10-12 خطأ
معدلات البيانات الصافية	أقصى معدل بتات متوفر في الحالة التي يساوي فيها تدفق النقل 4 Mbit/s
كفاءة استخدام الطيف (bit/s/Hz)	من 0,655 bit/s/Hz (شفرة QPSK 1/2) إلى 4,170 bit/s/Hz (شفرة 64-QAM 7/8)
استقبال مستقر وموثوق وتحكم في جودة الخدمة في الأنماط المختلفة لبيئات الاستقبال	– تغاير المتانة وجودة الخدمة – تنقلية عالية تصل إلى 300 km/h في الأساليب 8k/4k/2k (QPSK 1/2)

4.2.4.9 أداء النظام DVB-T2

يوفر المعيار DVB-T2 مجموعة كبيرة من تشكيلات الإرسال. واختيار بعض المعلمات يمليه أيضاً نشر الشبكة، من قبيل مدة فاصل الحراسة (GI) وتشكيل نمط الدليل المتناثر (SP)، ويشار إليها بالاختصار PPx (نمط الدليل x، حيث x هو رقم تتابع النمط في المعيار ETSI EN 302 755 [8.9])، وهي مرتبطة بأقصى قدر ممكن من التسامح في انتشار قناة التأخير، بما في ذلك إمكانية إرسالات الشبكة SFN[34]. وفيما يتعلق بالمعلمات الأخرى، مثل معدل الشفرة وحجم الكوكبة، يسترشد الاختيار بمستوى الضوضاء وإحصاءات القناة.

ويبين الجدول 27.9 الحد الأقصى للصبيب (بوحدة Mbit/s) الذي يمكن تحقيقه بواسطة DVB-T2 بالنسبة لبعض تشكيلات المعلمات النمطية.

[34] يلاحظ أنه يمكن استخدام نمط الدليل (PP) بمرونة تامة. وهذه هي مثلاً الحالة بالنسبة إلى PP2 أو PP4 حيث هناك عدد أقل من الأدلة ولكنها معززة.

الجدول 27.9

معدلات البيانات التي يمكن تحقيقها (بوحدة Mbit/s) بالنسبة لبعض تشكيلات DVB-T2

مقدار FFT مقدار GI نمط الدليل	معدل تشفير LDPC	16-QAM	64-QAM	256-QAM
16k 1/128 PP7	3/5 2/3 3/4	18,07 20,11 22,62	27,11 30,17 33,93	36,14 40,21 45,24
32k 1/16 PP8	3/5 2/3 3/4	17,05 18,97 21,34	25,63 28,52 32,08	34,23 38,08 42,85
32k 1/128 PP7	3/5 2/3 3/4	18,07 20,11 22,62	27,02 30,06 33,82	36,14 40,21 45,24

ويبين الجدولان 28.9 و29.9 (المقتبسان من المعيار ETSI TS 102 831 [87.9]) محاكاة أداء تشفير القناة وتوليفات التشفير، على افتراض تقدير كامل للقناة وتزامن كامل وانعدام ضوضاء الطور.

وتعطى هذه النتائج بخصوص القناة الغوسية وقناة رايس (F1) وقناة رايلي (P1) وقناة صدى وحيد 0 dB.

وتعطى النتائج عند معدل خطأ البتات (BER)) بمقدار 10^{-7} بعد تشفير LDPC، ما يقابل حوالي 10^{-11} بعد تشفير BCH.

ولضمان نتائج موثوقة، أجريت عمليات المحاكاة حتى استيفاء الشرطين التاليين:

- ما لا يقل عن 100 فدرة FEC خاطئة؛
- ما لا يقل عن 1000 بتة خاطئة.

وقد اختيرت معلمات OFDM في النظام DVB-T2 المستعملة في عمليات المحاكاة هذه لتكون مماثلة قدر الإمكان لمعلمات النظام DVB-T. وهذه المعلمات هي كما يلي: حجم تحويل فوريه السريع (FFT) 8k مع فاصل حراسة 1/32، وعرض النطاق 8 MHz بأسلوب موجة حاملة عادي. واستخدمت الكوكبات الدوارة ولم تطبق تقنيات نسبة طاقة الذروة إلى الطاقة المتوسطة (PAPR). وافترضت عمليات المحاكاة ظروفاً مثالية، أي التزامن المثالي والتقدير المثالي للقناة. وفي عمليات المحاكاة، لا تتضمن الإشارة المرسلة أي أدلة على الإطلاق، ولا تدرج الرموز الخاصة في كل من بداية (أي P1 وP2) ونهاية (أي رمز إغلاق الرتل) الرتل. ولذلك ينبغي تصحيح قيم $(C/N)_0$ بالنسبة لحجم تحويل فوريه السريع (FFT) ونمط الدليل قيد الاستخدام.

الجدول 28.9

نسبة (C/N)0 الخام المطلوبة لتحقيق $BER = 1 \times 10^{-7}$ بعد فك التشفير LDPC
طول فدرة LDPC: 64800 بتة

الكوكبة	معدل التشفير	كفاءة الطيف (انظر الملاحظة 2)	النسبة $(C/N)_0$ (dB) من أجل $BER = 1 \times 10^{-7}$ بعد فك التشفير LDPC			
			قناة غوسية (AWGN)	قناة رايس (F_1)	قناة رايلي (P_1)	قناة صدى 0 dB عند 90% GI
QPSK	1/2	0,99	1,0	1,2	2,0	1,7
QPSK	3/5	1,19	2,3	2,5	3,6	3,2
QPSK	2/3	1,33	3,1	3,4	4,9	4,5
QPSK	3/4	1,49	4,1	4,4	6,2	5,7
QPSK	4/5	1,59	4,7	5,1	7,1	6,6
QPSK	5/6	1,66	5,2	5,6	7,9	7,5
16-QAM	1/2	1,99	6,0	6,2	7,5	7,2
16-QAM	3/5	2,39	7,6	7,8	9,3	9,0
16-QAM	2/3	2,66	8,9	9,1	10,8	10,4
16-QAM	3/4	2,99	10,0	10,4	12,4	12,1
16-QAM	4/5	3,19	10,8	11,2	13,6	13,4
16-QAM	5/6	3,32	11,4	11,8	14,5	14,4
64-QAM	1/2	2,98	9,9	10,2	11,9	11,8
64-QAM	3/5	3,58	12,0	12,3	14,0	13,9
64-QAM	2/3	3,99	13,5	13,8	15,6	15,5
64-QAM	3/4	4,48	15,1	15,4	17,7	17,6
64-QAM	4/5	4,78	16,1	16,6	19,2	19,2
64-QAM	5/6	4,99	16,8	17,2	20,2	20,4
256-QAM	1/2	3,98	13,2	13,6	15,6	15,7
256-QAM	3/5	4,78	16,1	16,3	18,3	18,4
256-QAM	2/3	5,31	17,8	18,1	20,1	20,3
256-QAM	3/4	5,98	20,0	20,3	22,6	22,7
256-QAM	4/5	6,38	21,3	21,7	24,3	24,5
256-QAM	5/6	6,65	22,0	22,4	25,4	25,8

الملاحظة 1 – الأرقام المائلة تمثل قيماً تقديرية.

الملاحظة 2 – الكفاءة الطيفية لا تأخذ في الحسبان الخسارة الناجمة عن التشوير/التزامن/السبر وفاصل الحراسة.

الملاحظة 3 – معدلات خطأ البتات (BER) المستهدفة نوقشت أعلاه.

الملاحظة 4 – يتعين أن تضاف إلى الأرقام الواردة أعلاه خسارة التنفيذ المتوقعة بسبب التقدير الحقيقي للقناة. وستكون هذه القيمة أقل بكثير من الرقم المقابل في نظام DVB-T في بعض الحالات، وذلك بسبب الاستمثال الأفضل لكثافات التعزيز والأنماط فيما يخص النظام DVB-T2.

الملاحظة 5 – المدخلات المظللة الزرقاء هي نتائج عملية تنفيذ واحدة. وقد تأكدت جميع النتائج الأخرى من خلال عمليات تنفيذ متعددة.

الجدول 29.9

نسبة (C/N)0 الخام المطلوبة لتحقيق $BER = 1\times10^{-7}$ قبل فك التشفير BCH
طول فدرة LDPC: 16200 بتة

نسبة $(C/N)_0$ (dB) المطلوبة من أجل $BER = 1 \times 10^{-7}$ بعد فك التشفير LPDC							
الكوكبة	معدل التشفير	معدل التشفير الفعال	كفاءة الطيف (انظر الملاحظة 2)	قناة غوسية (AWGN)	قناة رايس (F1)	قناة رايلي (P1)	قناة صدى dB 0 عند GI %90
QPSK	1/2	4/9	0,87	0,7	0,9	2,0	1,6
QPSK	3/5	3/5	1,18	2,5	2,7	4,1	3,7
QPSK	2/3	2/3	1,31	3,4	3,6	5,3	4,8
QPSK	3/4	11/15	1,45	4,3	4,6	6,6	6,2
QPSK	4/5	7/9	1,53	4,9	5,3	7,4	7,0
QPSK	5/6	37/45	1,62	5,5	5,9	8,3	7,9
16-QAM	1/2	4/9	1,74	5,5	5,7	6,9	6,6
16-QAM	3/5	3/5	2,36	7,9	8,2	9,6	9,3
16-QAM	2/3	2/3	2,63	9,1	9,4	11,1	10,8
16-QAM	3/4	11/15	2,89	10,3	10,7	12,8	12,5
16-QAM	4/5	7/9	3,07	11,1	11,5	13,9	13,8
16-QAM	5/6	37/45	3,25	11,7	12,2	15,0	15,0
64-QAM	1/2	4/9	2,60	9,2	9,5	11,0	10,8
64-QAM	3/5	3/5	3,54	12,3	12,6	14,4	14,3
64-QAM	2/3	2/3	3,94	13,8	14,1	16,1	15,9
64-QAM	3/4	11/15	4,34	15,5	15,8	18,2	18,0
64-QAM	4/5	7/9	4,60	16,4	16,8	19,5	19,5
64-QAM	5/6	37/45	4,87	17,1	17,6	20,6	20,9
256-QAM	1/2	4/9	3,47	12,6	12,9	14,6	14,6
256-QAM	3/5	3/5	4,72	16,9	17,2	19,0	19,3
256-QAM	2/3	2/3	5,25	18,1	18,4	20,5	20,9
256-QAM	3/4	11/15	5,78	20,3	20,6	22,9	23,3
256-QAM	4/5	7/9	6,14	21,6	22,0	24,5	25,1
256-QAM	5/6	37/45	6,49	22,4	22,9	25,8	26,6

الملاحظة 1 – الأرقام المائلة هي قيم تقديرية.

الملاحظة 2 – الكفاءة الطيفية لا تأخذ في الحسبان الخسارة الناجمة عن التشوير/التزامن/السبر وفاصل الحراسة.

الملاحظة 3 – معدلات خطأ البتات (BER) المستهدفة نوقشت أعلاه.

الملاحظة 4 – يتعين أن تضاف إلى الأرقام الواردة أعلاه خسارة التنفيذ المتوقعة بسبب التقدير الحقيقي للقناة. وسيكون هذا أقل بكثير من الرقم المقابل في نظام DVB-T في بعض الحالات، وذلك بسبب الاستمثال الأفضل لكثافات التعزيز والأنماط فيما يخص النظام DVB-T2.

الملاحظة 5 – كل النتائج في هذا الجدول هي حصيلة عملية تنفيذ وحيدة ومن ثم فهي مظللة بالأزرق.

وقيم النسبة المطلوبة (C/N) الواردة في الجدولين 28.9 و29.9 قيم خام لا تأخذ في الحسبان الانخفاض في بيانات C/N الناجم عن الأدلة المعززة، لأن ذلك يتوقف على نمط الأدلة المستخدم. ويمكن استخلاص القيم الصافية للنسبة C/N من القيم الخام $(C/N)_0$ بحساب عامل تصحيح Δ_{BP} بحيث:

$$\frac{C}{N} = \left(\frac{C}{N}\right)_0 + \Delta_{BP}$$

ويحتسب عامل التصحيح هذا بالصيغة التالية:

$$\Delta_{BP} = 10\log_{10}\frac{\left(N_{data} + N_{NBP} + N_{BP}\cdot B_{BP} + N_{CP}B_{CP}\right)}{N_{data} + N_{NBP} + N_{BP} + N_{CP}}$$

حيث:

N_{data}	عدد خلايا البيانات لكل رمز OFDM
N_{NBP}	عدد الأدلة غير المعززة لكل رمز OFDM
N_{BP}	عدد الأدلة المعززة (أي المتناثرة وفي الحواف) لكل رمز OFDM
B_{BP}	تعزيز القدرة للأدلة المعززة نسبة إلى خلايا البيانات، تساوي A_{SP}^2
N_{CP}	عدد الأدلة المستمرة لكل رمز OFDM
B_{CP}	تعزيز القدرة للأدلة المستمرة نسبة إلى خلايا البيانات، تساوي A_{SP}^2

ويلاحظ أن الصيغة الواردة أعلاه مشتقة من رموز البيانات العادية، ولكن P1 وP2 ورموز إغلاق الأرتال مصممة لتكون لها أساساً نفس قدرة الرموز العادية (في حدود 0,1 dB) بحيث يمكن تطبيق الصيغة على كامل الرتل T2.

ويتراوح عامل التصحيح Δ_{BP} من 0,29 dB إلى 0,53 dB؛ وترد في الجدول 30.9 قيم كل توليفة من حجم التحويل FFT ونمط الأدلة المتناثرة PP1-PP8.

الجدول 30.9

عوامل التصحيح Δ_{BP} للأدلة (dB)

PP8	PP7	PP6	PP5	PP4	PP3	PP2	PP1	
	0,29		0,48	0,42	0,44	0,32	0,34	1K
	0,29		0,47	0,42	0,43	0,33	0,35	2K
	0,34		0,51	0,45	0,47	0,37	0,39	4K
0,37	0,37		0,53	0,48	0,49	0,39	0,41	8K
0,38	0,39		0,52	0,48	0,50	0,41	0,41	8K Ext
0,35	0,33	0,49	0,52	0,47	0,49	0,38	0,41	16K
0,35	0,34	0,49	0,52	0,47	0,49	0,38	0,42	16K Ext
0,35	0,33	0,48		0,45	0,48	0,37		32K
0,35	0,33	0,48		0,45	0,48	0,37		32K Ext

وقد أجريت عمليات المحاكاة المذكورة في القسم السابق على افتراض أن المستقبل لديه معرفة كاملة عديمة الضوضاء بالقناة. وهذا وضع أمثل لا يمكن أن يتحقق، ولكنه يحدد على الأقل معيار أداء واضح وحيد للنظام. ويمكن أن تستعمل أجهزة الاستقبال عمليات تنفيذ عملية متنوعة، يكون اختيارها حلاً وسطاً بين جانبين أو أكثر من جوانب الأداء، ومن ثم فإن النتائج بالنسبة لمستقبل عملي لن تضع معياراً واضحاً للأداء.

ومع ذلك من الجدير بالاهتمام النظر في مدى اقتراب مستقبل عملي من النتائج المثالية وفي أي ظروف [87.9]. وعندئذ من المفيد تحديد صيغة تصحيح أخرى Δ_{RCE} بحيث يمكن استخلاص قيم صافي النسبة *C/N* المطلوبة عند استخدام تقدير قناة حقيقي لقناة ضوضائية من نتائج المحاكاة المعروضة في جدول:

$$\frac{C}{N} = \left[\frac{C}{N}\right]_0 + \Delta_{BP} + \Delta_{RCE}$$

حيث:

$$\Delta_{RCE} = 10\log_{10}\frac{SNR_{Data}}{SNR_{EQ-data}}$$
$$\approx 10\log_{10}\left(1+\frac{f_{INT}}{B_{BP}}\right)$$

والقيمة $SNR_{EQ\text{-}data}$ هي نسبة الإشارة إلى الضوضاء في البيانات المتعادلة. وتتحدد B_{BP} باختيار نمط الدليل على أن تؤخذ القيم {16/9، 49/16، 49/9} للأنماط {PP1&2، PP3&4، PP5 إلى PP8} على التوالي. والقيمة f_{INT} هي عامل يتوقف على عملية الاستيفاء المستخدمة لتقدير القناة. وهي في الواقع تختلف من خلية لأخرى تبعاً لموضعها ضمن نمط دليل متناثر ثنائي الأبعاد، ذلك لأن كل منها يتوافق مع توليفة من أطوار معينة من عمليات استيفاء التردد والزمن. ويحتاج الأمر إلى شكل من أشكال حساب المتوسط لإعطاء قيمة وحيدة تمثيلية، مع مراعاة استيفاء التردد والزمن على السواء.

ويرد في التقرير ITU-R BT.2254 [115.9] أمثلة على أداء جانبية DVB-T2 Lite. ويفترض أن أسلوب DVB-T2 Lite يظهر نفس حساسية أسلوب القاعدة DVB-T2 المقابل. وهذا يعني ضمناً أنه يمكن استعمال قيم النسبة *C/N* ونسب الحماية لجانبية القاعدة DVB-T2 لتخطيط الترددات والشبكات في حالة الجانبية DVB-T2 Lite.

ولم تعلن حتى الآن نتائج المحاكاة أو القياس لمعدلي التشفير الإضافيين 1/3 و2/5. ومع ذلك، فإن معدلي التشفير هذين متوفران أيضاً في النظام DVB-S2. وترد في الجدول 31.9 نتائج المحاكاة لنظام DVB-S2 في قناة غوسية، وتقارن مع النسبة *C/N* الخام للنظام DVB-T2.

وفيما يتعلق بمعدلات التشفير الأعلى، تكون قيم النسبة *C/N* متماثلة. ولذلك، من المتوقع أن تنطبق القيم الواردة في الجدول 31.9 بالنسبة لمعدلات التشفير الأدنى في DVB-T2 Lite.

الجدول 31.9

قيم *C/N* الخام من أجل DVB-T2 وDVB-S2 لأساليب QPSK
(مقتبسة من المعيارين [EN 302 755-V1.3.1] و[EN 302 307])

الأسلوب	DVB-T2 (dB) C/N الخام	DVB-S2 (dB) C/N الخام
QPSK 1/4	لا ينطبق	–2,4
QPSK 1/3	لا ينطبق	–1,2
QPSK 2/5	لا ينطبق	–0,3
QPSK 1/2	1,0	1,0
QPSK 3/5	2,2	2,2
QPSK 2/3	3,1	3,1
QPSK 3/4	4,1	4,0
QPSK 4/5	4,7	4,7
QPSK 5/6	5,2	5,2
QPSK 8/9	لا ينطبق	6,2
QPSK 9/10	لا ينطبق	6,4

5.2.4.9 موجز معلمات النظامين

يحدد الجدول 32.9 خصائص النظامين DVB-T2 وDVB-T2 Lite (انظر أيضاً التقرير ITU-R BT.2295-1 [43.9]).

الجدول 32.9

الخصائص الرئيسية لنظامي DVB-T2 وDVB-T2 Lite

الخصائص	DVB-T2
أساليب الاستقبال: – ثابت – محمول – محمول باليد – متنقل	 + + + +
معدل البيانات الصافي	Mbit/s 50,5-7,5
كفاءة استعمال الطيف (bit/s/Hz)	6,50-0,98
شبكات وحيدة التردد (SFN)	مدعومة
أنماط البث: – صوت – وسائط متعددة – تلفزيون	 + +
بيانات البث/أنماط الخدمة	فيديو، صوت، بيانات
نطاقات التردد	مترية (VHF)، ديسيمترية (UHF)
عروض نطاق القناة	أ) 1,7 MHz ب) 5 MHz ج) 6 MHz د) 7 MHz هـ) 8 MHz و) 10 MHz 1
عرض النطاق المستعمَل (الملاحظة 2)	أ) 1,52 MHz ب) 4,75 MHz ج) 5,71 MHz د) 6,66 MHz هـ) 7,61 MHz و) 9,51 MHz 1,2
عدد الأجزاء	قابل للتشكيل
عدد الموجات الحاملة الفرعية في كل جزء (الملاحظة 2)	853 (أسلوب 1k) 1 705 (أسلوب 2k) 3 409 (أسلوب 4k) 6 817 (أسلوب 8k) 13 633 (أسلوب 16k) 27 265 (أسلوب 32k) 2، 3
المباعدة بين القنوات الحاملة الفرعية (الملاحظة 2)	أ) 1 802 Hz (أسلوب 1k) 901 Hz (أسلوب 2k) 450 Hz (أسلوب 4k) 225 Hz (أسلوب 8k) 113 Hz (أسلوب 16k) 56 Hz (أسلوب 32k) ب) 5 580 Hz (أسلوب 1k) 2 790 Hz (أسلوب 2k) 1 395 Hz (أسلوب 4k) 698 Hz (أسلوب 8k) 349 Hz (أسلوب 16k) 174 Hz (أسلوب 32k) ج) 6 696 Hz (أسلوب 1k) 3 348 Hz (أسلوب 2k) 1 674 Hz (أسلوب 4k) 837 Hz (أسلوب 8k) 419 Hz (أسلوب 16k) 209 Hz (أسلوب 32k) د) 7 812 Hz (أسلوب 1k) 3 906 Hz (أسلوب 2k) 1 953 Hz (أسلوب 4k) 977 Hz (أسلوب 8k) 488 Hz (أسلوب 16k) 244 Hz (أسلوب 32k) هـ) 8 929 Hz (أسلوب 1k) 4 464 Hz (أسلوب 2k) 2 232 Hz (أسلوب 4k) 1 116 Hz (أسلوب 8k) 558 Hz (أسلوب 16k) 279 Hz (أسلوب 32k) و) 11 161 Hz (أسلوب 1k) 5 580 Hz (أسلوب 2k) 2 790 Hz (أسلوب 4k) 1 395 Hz (أسلوب 8k) 698 Hz (أسلوب 16k) 349 Hz (أسلوب 32k) 1,3

الجدول 32.9 (تتمة)

الخصائص	DVB-T2
مدة نشاط الرمز (الملاحظة 2)	أ) 554,99 µs (1k)، 1 109,98 µs (2k)، 2 219,97 µs (4k)، 4 439,94 µs (8k)، 8 879,87 µs (16k)، 17 759,75 µs (32k) ب) 179,2 µs (1k)، 358,4 µs (2k)، 716,8 µs (4k)، 1 433,6 µs (8k)، 2 867,2 µs (16k)، 5 734,4 µs (32k) ج) 149,3 µs (1k)، 298,67 µs (2k)، 597,33 µs (4k)، 1 194,67 µs (8k)، 2 389,33 µs (16k)، 4 778,67 µs (32k) د) 128 µs (1k)، 256 µs (2k)، 512 µs (4k)، 1 024µs (8k)، 2 048 µs (16k)، 4 096 µs (32k) ه) 112 µs (1k)، 224 µs (2k)، 448 µs (4k)، 896 µs (8k)، 1 792 µs (16k)، 3 584 µs (32k) و) 89,6 µs (1k)، 179,2 µs (2k)، 358,4 µs (4k)، 716,8 µs (8k)، 1 433,6 µs (16k)، 2 867,2 µs (32k) 1,3
مدة/نسبة فاصل الحراسة	1/128، 1/32، 1/16، 19/256، 1/8، 19/128، 1/4
مدة الرتل T2	مرن مع إمكانية التغيير على أساس كل رتل بمفرده. المدة القصوى 250 ms
تزامن الوقت/التردد	رمز P1/فاصل الحراسة/موجات حاملة دليلة
طرائق التشكيل	QPSK، 16-QAM، 64-QAM، 256-QAM مع أو بدون تدوير الكوكبات الخاص بكل أنبوب في الطبقة المادية
التصحيح FEC الداخلي	شفرة LDPC بمعدل تشفير 1/3 و2/5 و1/2 و3/5 و2/3 و3/4
التشذير الداخلي	تشذير الخلية والوقت والتردد
التصحيح FEC الخارجي	BCH (200 16، x، t)، حيث x تعتمد على معدل الشفرة LDPC. إمكانية تصحيح الأخطاء t = 12 خطأ
التشذير الخارجي	تشذير البتات (لولبة التعادلية والأعمدة)
عشوائية البيانات/تشتت الطاقة	PRBS من 16 بتة
الإرسال التراتبي	–
تشوير معلمات الإرسال	رمز التمهيد P1

الملاحظة 1 – يستهدف تشكيل DVB-T2 بمقدار 10 MHz التطبيقات المهنية فقط وليس من المتوقع أن تدعمه أجهزة الاستقبال المنزلية.

الملاحظة 2 – تنطبق القيم الواردة في جدول DVB-T2 على أسلوب الموجة الحاملة العادي. ويتوفر أسلوب موجة حاملة موسع لكل من أساليب 8k و16k و32k.

الملاحظة 3 – تستخدم مجموعة فرعية محدودة من الأساليب من أجل النظام DVB-T2 Lite. وتنطبق قيود الأسلوب على مقدار التحويل FFT وأنماط الأدلة وعلى التوليفات المسموح بها من هذه المعلمات وفاصل الحراسة. وتقتصر مجموعة مقادير التحويل FFT المسموح بها لنظام DVB-T2 Lite على 2k و4k و8k و16k.

6.2.4.9 ميزانية الوصلة

يقدم التقرير ITU-R BT.2254 [115.9] قيم النسبة *C/N* للقناة الغوسية وقناة رايس ورايلي المقدرة بعوامل إضافية وبالتالي تحدد نسباً "على صعيد الواقع". للحصول على معلومات تفصيلية، انظر المرجع [115.9].

وترد في الجدول 33.9 بعض الأمثلة على سويات إشارة دخل المستقبل الدنيا المحددة في المرجع [115.9] بالنسبة إلى 8 MHz وقيم *C/N* مختلفة.

الجدول 33.9

السويات الدنيا لإشارة الدخل المطلوبة لصيغ MHz 8 وقيم *C/N* مختلفة

نطاقات التردد III وIV وV – قنوات MHz 8 أسلوب الموجة الحاملة العادي: الأساليب 1k، 2k، 4k، 8k، 16k، 32k					
عرض نطاق الضوضاء المكافئ B (MHz)	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
رقم ضوضاء المستقبِل، *F* (dB)	6	6	6	6	6
قدرة ضوضاء دخل المستقبِل *Pn* (dBW)	129,2−	129,2−	129,2−	129,2−	129,2−
نسبة إشارة التردد/الضوضاء *C/N* (dB)	8,0	11,0	16,0	20,0	24,0
القدرة الدنيا لدخل إشارة المستقبل *Ps* min (dBW)	121,7−	117,7−	113,7−	111,2−	108,2−
الفلطية الدنيا المكافئة لدخل المستقبل *Us* min Ω 75 (dBμV)	17,5	21,5	25,5	29,5	33,5

وعند تحديد التغطية، يشار إلى أنه نظراً للتحول السريع جداً من استقبال شبه كامل إلى غياب الاستقبال كلياً، من الضروري تحقيق الحد الأدنى من مستوى الإشارة المطلوبة في نسبة مئوية عالية من المواقع. وقد تم تحديد هذه النسب المئوية بنسبة 95% لاستقبال محمول "جيد" و70% لاستقبال محمول "مقبول". وبالنسبة لاستقبال متنقل كانت النسبة المئوية المحددة 99% و90% على التوالي. وبما أن هذا الشرط يسري على نظام DVB-T2 Lite، يتم تحليل ثلاثة أنماط استقبال فقط (انظر الجدول 34.9). وترد بدائل أخرى في التقرير ITU-R BT.2254 [115.9].

الجدول 34.9

أساليب الاستقبال، أمثلة بدائل DVB-T2، قيم *C/N*

أسلوب الاستقبال	مثال بديل DVB-T2	C/N (dB)
استقبال متنقل/ريف	16-QAM، 1/2 FEC، 8k، PP1	10,2
استقبال محمول باليد خارج المبنى (الصنف H-A)	16-QAM، 1/2 FEC، 16k، PP3	9,8
استقبال متنقل محمول باليد (الصنف H-D) (أي مطاريف تستخدم داخل مركبات متحركة)	16-QAM، 1/2 FEC، 8k، PP2	10,2

وتجرى الحسابات من أجل ترددين يمثلان النطاق III (200 MHz) والنطاقين IV وV (650 MHz) وعرض نطاق قدره 7 MHz في النطاق III و8 MHz في النطاقين IV وV. أما بالنسبة للنطاق III فإن أسلوب الاستقبال "المحمول/الريفي "يحتسب من أجل عرض نطاق قدره 1,7 MHz ويحتسب أسلوب الاستقبال "المحمول صنف H-D" لكل من عرض النطاق 1,7 MHz و7 MHz.

ويتم اختيار بدائل DVB-T2 المناسبة لأساليب الاستقبال. وينبغي أن تؤخذ على أنها أمثلة على أساليب الاستقبال المعنية، ذلك لأن العدد الكبير من بدائل النظام DVB-T2 يسمح دوماً باختيار من بين عدة بدائل ممكنة.

والبدائل DVB-T2 المشار إليها في الجدول 35.9 أمثلة على اختيار ممكن للبديل. وهنالك لكل أسلوب استقبال عدد من بدائل DVB-T2 المتاحة مع معدلات البتات الخاصة بكل منها. وبالإضافة إلى ذلك، يؤثر اختيار فاصل الحراسة على معدل البتات ولكنه لا يغير النسبة *C/N* المطلوبة. ولذلك، يرد في الجداول مدى من معدلات البتات الصافية المتاحة. ولا تتوفر جميع أطوال فواصل الحراسة لنمط الدليل المختار. وإذا تغير هذا الأخير فقد تتغير *C/N* قليلاً أيضاً. وتتوفر معلومات عن السيناريوهات المتنقلة والمحمولة باليد في النطاق V/IV. وللحصول على معلومات عن نطاقات أخرى، انظر التقرير ITU-R BT.2254 [115.9].

ويبين الجدول 35.9 بديلين ممكنين لكل ميزانية وصلة لمختلف النسب المئوية المطلوبة من توفر المواقع. وهي متميزة بحسب اللون.

الجدول 35.9

ميزانية الوصلة لنظام DVB-T2 من أجل سيناريوهات الأجهزة المتنقلة والمحمولة باليد في النطاق V/IV

المعلمات	الوحدة	متنقل/ريفي	محمول باليد/محمول خارج المبنى	متنقل محمول باليد صنف H-D/هوائي مدمج
التردد	MHz	650	650	650
قيمة النسبة *C/N* الدنيا اللازمة للنظام	dB	10,2	9,8	10,2
أنماط النظام (مثال)		16-QAM 1/2 FEC، 8k، PP1 ممدد	16-QAM 1/2 FEC، 16k، PP3 ممدد	16-QAM 1/2 FEC، 8k، PP2 ممدد
معدل الثبات (قيمة دلالية)	Mbit/s	14-11	15-12	14-11
معامل ضوضاء المستقبِل	dB	6	6	6
عرض نطاق الضوضاء المكافئ	MHz	7,71	7,77	7,71
قدرة دخل ضوضاء المستقبل	dBW	128,3−	131,6−	127,9−
القدرة الدنيا لدخل إشارة المستقبل	dBW	118,9−	119,3−	118,9−
الفلطية الدنيا المكافئة لدخل المستقبل، 75 Ω	dBµV	19,8	19,5	19,8
خسارة المغذي	dB	0	0	0
كسب الهوائي نسبة إلى نصف ثنائي الأقطاب	dB	0	9,5−	9,5−
النتيجة الفعّالة للهوائي	dBm^2	15,6−	25,1−	25,1−
كثافة تدفق القدرة الدنيا عند موقع الاستقبال	$dB(W/m^2)$	103,3−	94,2−	93,8−
شدة المجال الدنيا المكافئة عند موقع الاستقبال	dB(µV/m)	42,5	51,6	52,0
قيمة السماح من أجل الضوضاء الاصطناعية	dB	0	0	0
خسارة الاختراق (مبنى أو مركبة)	dB	0	0	8
الانحراف المعياري لخسارة الاختراق	dB	0	0	2
كسب التنوع	dB	0	0	0
احتمالية الموقع	%	90	70	90
عامل الانتشار		1,28	0,5244	1,28
الانحراف المعياري	dB	5,5	5,5	5,9
عامل تصحيح الموقع	dB	7,04	2,8842	7,552
كثافة تدفق القدرات المتوسطة الدنيا عند ارتفاع الاستقبال؛ 50% من الوقت و50% من المواقع	$dB(W/m^2)$	96,3−	91,3−	78,3−
شدة المجال المتوسط الدنيا عند ارتفاع الاستقبال؛ 50% من الوقت و50% من المواقع	dB(µV/m)	49,5	54,2	67,5
احتمالية الموقع	%	99	95	99
عامل الانتشار		2,3263	1,6449	2,3263
الانحراف المعياري	dB	5,5	5,5	5,9
عامل تصحيح الموقع	dB	12,79465	9,04695	13,72517
كثافة تدفق القدرات المتوسطة الدنيا عند ارتفاع الاستقبال؛ 50% من الوقت و50% من المواقع	$dB(W/m^2)$	90,6−	85,2−	72,1−
شدة المجال المتوسط الدنيا عند ارتفاع الاستقبال؛ 50% من الوقت و50% من المواقع	dB(µV/m)	55,2	60,6	73,7

7.2.4.9 مثال لاستخدام ممكن لنظام DVB-T2

نظام DVB-T2 مصمم ليكون مرناً للغاية، مما يسمح بمفاضلات شتى من حيث السعة والمتانة، فضلاً عن المرونة والنفقات الثابتة. إذ يمكن استخدام النظام مثلاً في تشكيل بسيط جداً لحمل بضع خدمات تلفزيون عالي الوضوح (HDTV) ضمن أنبوب PLP واحد، من أجل استقبال ثابت على السطح. وفي هذه الحالة، قد تكون بعض خيارات المعلمات النموذجية كما يلي:

- تحويل FFT بمقدار 32K مع فاصل حراسة 1/128 لتشكيل شبكة MFN، مما يزيد السعة المتاحة إلى الحد الأقصى؛ أو
- تحويل FFT بمقدار 32K مع فاصل حراسة 19/128 لتشكيل شبكة SFN وطنية (توفر فاصل حراسة قدره 532 µs)؛ أو
- تشكيل 256-QAM مع كوكبات دوارة ومعدل تشفير 3/5 أو 2/3؛ يوفر التشكيل 256-QAM أقصى قدر ممكن من سعة البيانات وهو مناسب لاستقبال ثابت على السطح، وتوفر الكوكبات الدوارة متانة إضافية لظروف الاستقبال الصعبة.

ويمكن أن توفر هذه التشكيلات حوالي 36 Mbit/s إلى 40 Mbit/s في حالة MFN، أو 29 Mbit/s إلى 32 Mbit/s في حالة الشبكة SFN.

ولن يكون من الممكن استخدام التحويل FFT بمقدار 32 K إلا عندما تكون قناة الإرسال ثابتة إلى حد ما، ولذلك من الأرجح استخدام حجم أقل من FFT وكوكبة أكثر متانة في شبكة تستهدف الاستقبال المحمول و/أو المتنقل. إذ من شأن 8K FFT مع تشكيل 64-QAM ومعدل تشفير 1/2 أو 3/5 أن يوفر استقبالاً جيداً في قنوات أكثر دينامية وبمتطلبات أقل من حيث نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء. ويكون الثمن بطبيعة الحال توفر معدل بتات أقل، حوالي 16 Mbit/s إلى 26 Mbit/s، تبعاً لخيارات المعلمات الأخرى.

ولفهم شروط القناة التي يمكن أن تتحقق فيها هذه المعدلات باستقبال شبه خال من الأخطاء، أجريت محاكاة حالتين في هذا الصدد، وقورن أداء DVB-T وDVB-T2 في قناة Rice ثابتة [36.9] باستقبال شبه خال من الأخطاء (أو ما يعادل ذلك، BER بمقدار 10^{-4} في خرج مفكك التشفير التلافيفي/LDPC). والحالة الأولى هي نشر شبكة SFN نموذجية لمعيار DVB-T (معتمد في إيطاليا مثلاً)، يشمل 8K FFT وفاصل حراسة 1/4 وكوكبة 64-QAM ومعدل تشفير تلافيفي بمقدار 2/3.

ويبين الجدول 36.9 مقارنة بين DVB-T2 وDVB-T بالنسبة لأسلوب فاصل حراسة طويل (في شبكة SFN)، مع نفس فاصل الحراسة المطلق في الحالتين. وهذا يوفر زيادة بنسبة 67% في سعة DVB-T2 بالمقارنة مع DVB-T. ويتوفر أيضاً فاصل حراسة أطول (زيادة بنسبة 20% تقريباً)، وهو ما من شأنه أن يوفر تغطية محسنة لشبكة SFN مقابل مجرد خسارة ضئيلة في السعة (حوالي 3%).

الجدول 36.9

مثال لزيادة سعة محتملة بنسبة 67% في أسلوب SFN

	أسلوب DVB-T	أسلوب DVB-T2
التشكيل	64-QAM	256-QAM
حجم التحويل FFT	8K	32K
فاصل الحراسة	1/4	1/16
التصحيح FEC	RS + 2/3CC	BCH + 3/5LDPC
أدلة مشتتة	8,3%	4,2%
أدلة مستمرة (انظر الملاحظة 1)	2,0%	0,39%
رأسية L1 (انظر الملاحظة 2)	1,0%	0,65%
أسلوب الموجة الحاملة	قياسي	ممدد
السعة	Mbit/s 19,9	Mbit/s 33,2

الملاحظة 1 – يشمل فقط خلايا الدليل المستمر التي ليست أيضاً أدلة متناثرة.
الملاحظة 2 – تشوير معلمات الإرسال (TPS) من أجل DVB-T؛ تشوير L1، P1، ورأسية إضافية في P2 ورمز إغلاق الرتل من أجل DVB-T2.

وتبين الحالة الثانية (الجدول 37.9) المعلمات المستخدمة في الشبكة المتعددة الترددات في المملكة المتحدة، التي تشمل 2K FFT وفاصل حراسة GI 2 و64-QAM ومعدل تشفير 2/3، مما يسفر عن Mbit/s 24,1 في نسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) بمقدار18,9 dB في قناة ريسية ثابتة في ظروف شبه خالية من الأخطاء. وفي المقابل، يوفر تشكيل DVB-T2 مع عرض نطاق موسع و32K FFT وفاصل حراسة 1/128 ومعدل تشفير LDPC بمقدار 3/5 معدل بيانات قدره Mbit/s 36,1، وهو أعلى بنسبة 50 في المائة تقريباً.

الجدول 37.9

زيادة السعة بأكثر من 66% مقارنة بأسلوب DVB-T المستخدم في المملكة المتحدة

	أسلوب DVB-T	أسلوب DVB-T2
التشكيل	64-QAM	256-QAM
مقدار FFT	2K	32K
فاصل الحراسة	1/32	1/128
التصحيح FEC	RS + 2/3CC	BCH + 2/3LDPC
أدلة مشتتة	%8,3	%1,0
أدلة مستمرة (انظر الملاحظة 1)	%2,0	%0,53
رأسية L1 (انظر الملاحظة 2)	%1,0	%0,53
أسلوب الموجة الحاملة	قياسي	ممدد
السعة	Mbit/s 24,1	Mbit/s 40,2

الملاحظة 1 – يشمل فقط خلايا الدليل المستمر التي ليست أيضاً أدلة منتشرة.

الملاحظة 2 – تشوير معلمات الإرسال (TPS) من أجل DVB-T؛ تشوير L1، P1، ورأسية إضافية من أجل DVB-T2.

في كلتا الحالتين نلاحظ أن DVB-T2 يسمح بإرسالات HDTV MPEG-4 AVC. ومع مزيد من التطورات في أساليب الانضغاط الفيديوي، تقوم بلدان شتى الآن بتجريب إمكانية البث للأرض بالتلفزيون الرقمي فائق الوضوح (UHDTV). وترد أحدث المعلومات المتعلقة ببعض هذه التجارب في التقرير ITU-R BT.2343 [116.9]، ويرد تلخيص لها في الجدول 38.9.

الجدول 38.9

ملخص تجارب التلفزيون الرقمي فائق الوضوح في شبكات التلفزيون للأرض (حتى 2015)

الملحق	البلد	موقع المرسل	التغطية	القدرة المشعة الفعالة ERP	نظام DTT	عرض نطاق القناة	أسلوب البث	سعة تعدد الإرسال	معدل بتات الإشارة	معيار تشفير الفيديو	معيار الصورة	معيار تشفير الصوت	التردد المستخدم
1.A1	اليابان	هيتويوشي	مدينة هيتويوشي	140W(H) 135W(V)	ISDB-T[35]	MHz 6	32k 1/32 = *GI* 4096QAM، 3/4 FEC ثنائي ا لاستقطاب MIMO	Mbit/s 91,8	Mbit/s 91	MPEG-4 AVC/H.264	7 680×4 320p 59,94 رتل/ثانية 8 بتات/بيكسل	MPEG-4 AAC kbit/s 384	MHz 671 (القناة 46 في اليابان)
2.A1	جمهورية كوريا[36]	جبل كوان–آك	المنطقة الحضرية الجنوبية في سيؤول	kW 36,7	DVB-T2	MHz 6	32k، أسلوب ممدد، 1/16 = *GI*، PP4، FEC ،256 QAM 3/4، 4/5، 5/6	> Mbit/s 35,0	متغاير (بعض التجارب 25~34 Mbit/s)	HEVC Main10 سوية 5.1 حد أقصى Mbit/s 28	3 840×2 160p 60 رتل/ثانية، 8 بتات أو 10 بتات/بيكسل	MPEG-4 AAC-LC أو Dolby AC-3, حد أقصى 1.5 قناة 600 kbit/s	MHz 713 (القناة 54 في كوريا)
				kW 12,9									MHz 701 (القناة 52 في كوريا)
				kW 40,0									MHz 707 (القناة 53 في كوريا)
		جبل نام	المنطقة المركزية في سيؤول	kW 2,2									MHz 713 (القناة 54 في كوريا)
		جبل يونغ–مون	المنطقة الحضرية الغربية في سيؤول	kW 8,3									MHz 707 (القناة 53 في كوريا)
3.A1	فرنسا	برج إيفل	مدينة باريس	kW 1	DVB-T2	MHz 8	32k، أسلوب ممد، *GI* = 1/128، 256QAM، PP7، 2/3 FEC	Mbit/s 40,2	تم تنفيذ برنامجين: أحدهما 22,5 Mbit/s والآخر Mbit/s 17.5	HEVC	3 840×2 160p 50 رتل/ثانية 8 بتات/بيكسل	HE-AAC kbit/s 192	MHz 514 (القناة 26 في الإقليم 1)
4.A1	إسبانيا	اتصالات ETSI	المدينة الجامعية، مدريد	W 125	DVB-T2	MHz 8	32k، أسلوب ممدد، *GI* = 1/128، 64QAM، PP7، 5/6 FEC	36,72 Mbit/s	Mbit/s 35 (تمت تجربة معدلات بتات أخرى)	HEVC	3 840×2 160p 50 رتل/ثانية 8 بتات/بيكسل	E-AC-3 5,1	MHz 754 (القناة 56 في الإقليم 1)

[35] تمتد بعض المعلمات من النظام ISDB-T التقليدي (النظام C الوارد في التوصية ITU-R BT.1306).

[36] تفاصيل كوريا في الجدول تقابل المرحلة 3 من التجارب. لمزيد من التفاصيل عن المرحلتين 1 و2، انظر التقرير ITU-R BT.2343.

الجدول 38.9 *(تتمة)*

الملحق	البلد	موقع المرسل	التغطية	القدرة المشعة الفعالة ERP	نظام DTT	عرض نطاق القناة	أسلوب البث	سعة تعدد الإرسال	معدل بتات الإشارة	معيار تشفير الفيديو	معيار الصورة	معيار تشفير الصوت	التردد المستخدم
5.A1	السويد	استوكهولم Nacka	مدينة استوكهولم	kW 35	DVB-T2	MHz 8	32k، أسلوب ممدد، *GI* = 19/256، 256QAM، 3/5 FEC، PP4	Mbit/s 31,7	Mbit/s 24	HEVC	3 840×2 160p 29,97 رتل/ثانية 8 بتات/بيكسل		MHz 618 (القناة 39 في الإقليم 1)
6.A1	المملكة المتحدة	كريستال بالاس	لندن الكبرى (أكثر من 4.5 مليون أسرة)	kW 40	DVB-T2	MHz 8	32k، أسلوب ممدد، *GI* = 1/128، 256QAM، 2/3 FEC، PP7	Mbit/s 40,2	متغاير (بعض التجارب بمعدل Mbit/s 35)	HEVC	مزيج 3 840×2 160p 50 رتل/ثانية و3 840×2 160p 59,94 رتل/ثانية أكثر التجارب 8 بتات/بيكسل، بعضها 10 بتات/بيكسل		586 MHz (القناة 35 في الإقليم 1)
		وينتر هيل	شمال غرب إنكلترا، بما فيها مانشستر وليفربول (أكثر من 2.7 مليون أسرة)	kW 22,5		MHz 8							602 MHz (القناة 37 في الإقليم 1)
		بلاك هيل	وسط اسكوتلندا، بما فيها غلاسغو وأدنبرة (1 مليون أسرة)	kW 39		MHz 8							586 MHz (القناة 35 في الإقليم 1)
7.A1	البرازيل	جبل سوماريه	أجزاء من المنطقة الحضرية في ريو دي جانيرو	W(H) 660 W(V) 660	[1]ISDB-T	MHz 6	32k 1/32 = *GI* 4096QAM, 3/4 FEC ثنائي الاستقطاب MIMO	Mb/s 91,8	Mb/s 85	HEVC	7 680×4 320p 59,94 رتل/ثانية 10 بتات/بيكسل	MPEG-4 AAC Mb/s 1,48	569 MHz (القناة 30 في البرازيل)

GI = فواصل الحماية

وتوفير الخدمات الثابتة والمتنقلة في نفس تعدد الإرسال DVB-T2 Lite محدود بحكم أنه لا يمكن تعديل أسلوب التحويل FFT والنمط الدليلي في نفس الإشارة T2 Lite. وينبغي أن ترسل الخدمات الثابتة عموماً بقدر كبير من تحويلات FFTs وأنماط دليلية متفرقة من أجل تحقيق كفاءة طيفية عالية في القنوات الثابتة. ومن ناحية أخرى، يتطلب الاستقبال في سيناريوهات متنقلة استخدام تحويلات FFTs أصغر وأنماط دليلية أكثر كثافة لمتابعة التغيرات السريعة في مجال الزمن والتردد، والتعامل مع التداخل بين الموجات الحاملة (ICI) الناجم عن انتشار Doppler.

ولحل هذه المشكلة، يمكن إرسال إشارات T2-Lite في أجزاء التمديد المستقبلي للأرتال (FEF) من تعدد الإرسال T2. وبهذه الطريقة، يمكن استمثال إشارة T2-Lite من حيث أسلوب تحويل FFT ونمط الدليل من أجل متانة عالية في السيناريوهات المتنقلة (مثل 8k FFT وPP1)، بينما يمكن تشكيل باقي الإرسال المتعدد من أجل صبيب عال في القنوات الثابتة (مثل 32k وPP7). مثال ذلك، من الممكن تكريس 20% من زمن الإرسال إلى T2-Lite بمناوبة أرتال T2-Lite بمقدار 50 ms مع أرتال T2-Lite بمقدار 200 ms. وبافتراض أن الإشارة T2-Lite ترسل بأسلوب التحويل 8K FFT (بأسلوب الموجة الحاملة الموسعة)، وإبراق تربيعي بزحزحة الطور (QPSK) بمقدار 1/2 ونمط الدليل PP1، فإن السعة الإجمالية للخدمات T2-Lite هي 1,5 Mbit/s لكل قناة (بعرض نطاق 8 MHz). ومن شأن ذلك أن يسمح بحمل ما يصل إلى 4 خدمات بمعدل 375 Mbit/s في إشارة T2-Lite.

ولا بد من القول إنه يمكن أيضاً إرسال إشارة T2-Lite كإشارة قائمة بذاتها تشغُل قناة تردد كاملة. وفي نفس المثال السابق، تكون السعة الإجمالية للخدمات T2-Lite بمقدار 7,5 Mbit/s، مما يسمح بإرسال ما يصل إلى 20 خدمة بمعدل 375 kbit/s في نفس قناة التردد. كما أن نظام T2-Lite مناسب جداً لتوفير الخدمات الراديوية الرقمية. ويمكن أن يوفر استعمال معدلات التشفير دون 1/2 مستويات تغطية جيدة مع كمية محدودة من البنية التحتية للشبكة، بينما يمكن تنفيذ مستقبلات T2-Lite فقط التي تستهدف الاستقبال المحمول والمتنقل بقدر منخفض جداً من التعقيد. مثال ذلك، من الممكن باستخدام 10% من زمن الإرسال لنظام T2-Lite في تعدد إرسال متوالف T2/T2-Lite، استيعاب حوالي 18 خدمة راديوية بمعدل 64 kbit/s باستخدام HE-AAC v2.

8.2.4.9 مثال لتجربة النظام DVB-T2 Lite

من الأمثلة على إمكانية استخدام النظام DVB-T2 Lite ما برهنت عليه إدارة البحوث والتطوير في هيئة الإذاعة البريطانية (BBC) في يوليو 2011. وقد أُبرزت نتائج التجربة في *"معيار تقنية جانبية DVB-T2 Lite المعتمدة: انطلاق الإرسال"* من *إعداد Keren Greene* [117.9]. وقد نفذت التجربة على النحو المبين أدناه.

في 7 يوليو 2011، بدأ مهندسو الهيئة *BBC* البث DVB-T2 Lite من سطح مختبر الجنوب لدى شعبة التطوير والبحوث في الهيئة BBC في غرب لندن.

وكان التقييم على القناة 53 بالموجات الديسيمترية (730 MHz UHF)، وجرى تنفيذه بموجب رخصة اختبار وتطوير إرسال صادرة عن مكتب الاتصالات Ofcom. وهذا منفصل تماماً عن خدمة البث DTTB لدى BBC على الأثير. وفي إطار هذه التجربة التقنية T2-Lite، قام *المهندسون* بدمج جهاز تعدد إرسال عالي الوضوح (HD) مخصص للاستقبال على مستقبلات ثابتة مع خدمة متنقلة أكثر متانة يمكن أن تكون التلفزيون أو الراديو أو البيانات أو أي توليفة منها. وفي المملكة المتحدة، يعطي الأسلوب DVB-T2 المستخدم حالياً (انظر الجدول 37.9) معدل بتات قدره 40,21 Mbit/sec في قناة 8 MHz. وفي هذه التجربة التقنية، استخدم نفس الأسلوب الخاص بالجزء HD من جهاز تعدد الإرسال ولكن مع إضافة أرتال التمديد المستقبلية (FEFs) التي تحتوي على الخدمة المتنقلة. ويتألف الجزء عالي الوضوح من تعدد الإرسال من رتل DVB-T2 بطول 216,9 ms متبوعاً برتل تمديد FEF بطول 44,6 ms.

وقد جرى بث الجزء المتنقل من الخدمة في أسلوب أكثر متانة باستخدام مقدار تحويل FFT أصغر (8k 1/32 QPSK 1/2) حيث L_DATA = 46. مما يعطي معدل بتات قدره 1,02 Mbit/s للخدمة المتنقلة.

9.2.4.9 مثال لتنفيذ النظام DVB-T2 Lite

في 25 فبراير 2016، أطلقت هيئة الإذاعة العامة الهندية Doordarshan خدمة البث التلفزيوني المتنقل DVB-T2 Lite مجاناً في 16 مدينة، وذلك بغية زيادة عدد الهواتف الذكية في الهند. وأطلقت الخدمة رسمياً في دلهي ومومباي وكولكاتا وشيناي وجواهاتي وباتنا

ورانشي وكوتاك ولكناو وجالاندهار ورايبور وإندور وأورانجاباد وبوبال وبنغالور وأحمدأباد. ويمكن استقبال الخدمة في هذه المدن وما حولها باستخدام مضافات DVB-T2/Wi-Fi في الحواسيب الشخصية والمحمولة والهواتف الذكية والحواسيب اللوحية المتمكنة من تقنية ما يسمى "على الماشي" (OTG)[37] وكذلك في أجهزة التلفزيون الرقمية المتكاملة مع مولّفات DVB-T2. وجاء في بيان Doordarshan أن أجهزة iDTV متوفرة من شركات تصنيع التلفزيون التقليدية، وفضلاً عن ذلك فإن المضافات متوفرة أيضاً في مواقع التسوق عبر الإنترنت، مثل Flipkart وEbay وSnapdeal وغيرها. ويجري حالياً ترحيل DD (Doordarshan) الوطنية وDD الأخبار وDD بهاراتي وDD الرياضة وDD الإقليمية/DD كيسان [72.9].

5.9 الإذاعة الرقمية المتكاملة الخدمات للأرض (ISDB-T)

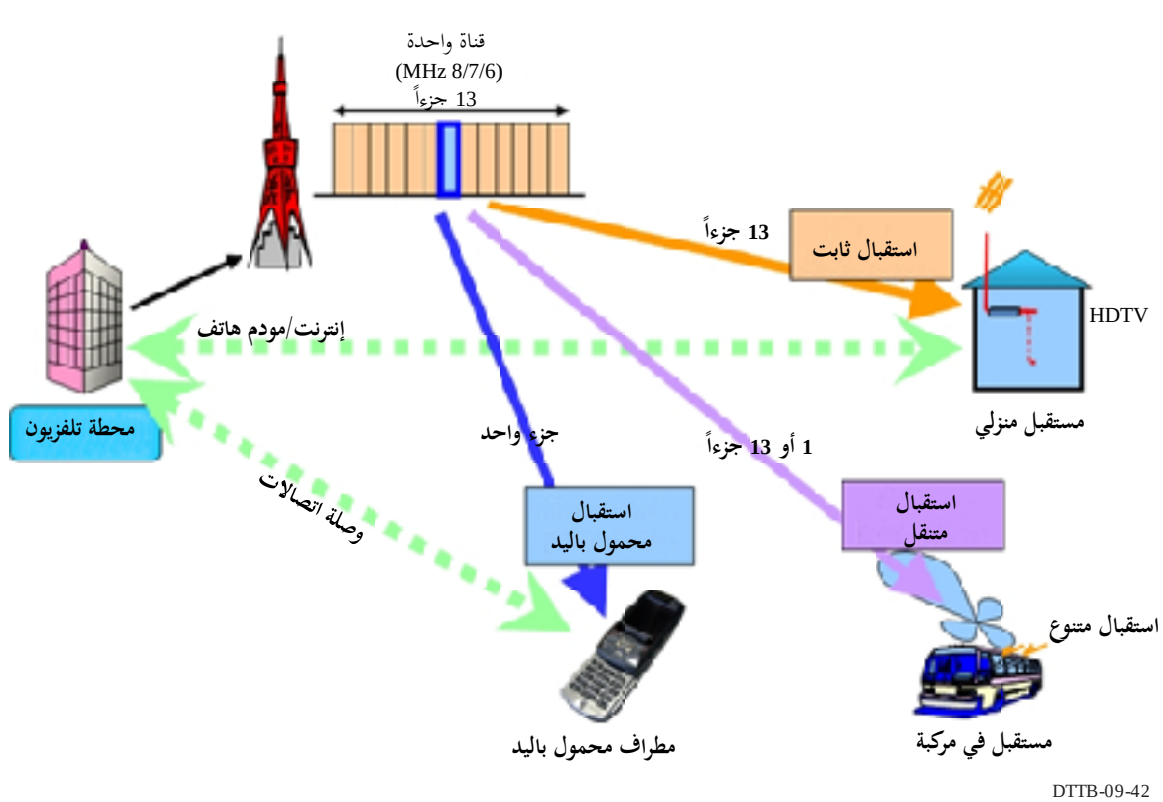
تطور نظام الإذاعة الرقمية المتكاملة الخدمات للأرض (ISDB-T) من أجل نظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في عام 2000 وأدرج في المرجع [33,9] بوصفه النظام C. وهو نظام متعدد الموجات الحاملة مع تجزئة نطاق الترددات الراديوية.

وقد صُمم النظام ISDB-T لكي يوفر بثاً موثوقاً عالي الجودة للفيديو والصوت والبيانات لا لأجهزة الاستقبال الثابتة فحسب بل للمستقبلات المتنقلة أيضاً (انظر الشكل 42.9). ويتميز النظام بالمتانة بفضل استعماله لتشكيل تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) والتشذير ثنائي الأبعاد (من حيث الزمن والتردد) وشفرات تصويب الخطأ المتسلسلة. ويتألف الإرسال المجزأ بحسب النطاق في تعدد الإرسال OFDM (BST-OFDM) من 13 جزءاً من OFDM. وفي النظام مجموعة واسعة من معلمات الإرسال لاختيار خطة تشكيل الموجة الحاملة ومعدل تشفير شفرة تصويب الخطأ الداخلية وطول تشذير الزمن، وما إلى ذلك. وتخصص بعض الموجات الحاملة للتحكم في غيرها من الموجات التي ترسل المعلومات عن معلمات الإرسال، وتسمى الموجات الحاملة المخصصة للتحكم بتشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC). ويدعم النظام ISDB-T الإرسال التراتبي لما يصل إلى ثلاث طبقات. ويمكن تعيين معلمات الإرسال إفرادياً للطبقات، حيث يتكون كل منها من عدة أجزاء. وقد صمم النظام تحديداً ليوفر المرونة وقابلية التوسيع والقواسم المشتركة وقابلية التشغيل المتبادل للإذاعة المتعددة الوسائط.

[37] "على الماشي"، تستخدم مع مفتاح USB بالاقتران مع الهواتف الذكية والحواسيب اللوحية.

الشكل 42.9

خدمة الإذاعة الرقمية المتكاملة الخدمات للأرض (ISDB-T)



DTTB-09-42

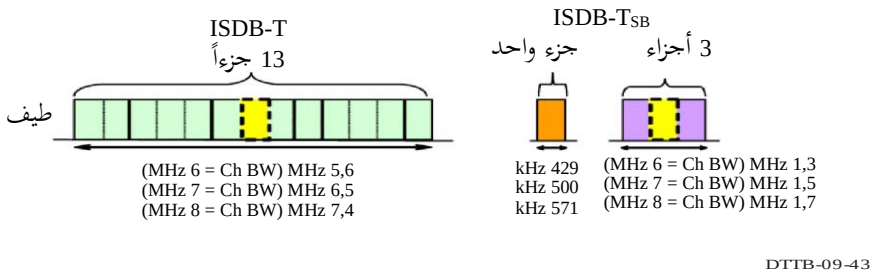
ويعرّف تمديد الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDB) للإذاعة المتعددة الوسائط للأرض، المصمم لتوفير الخدمات الإذاعية في الوقت الفعلي، مثل البرامج الصوتية أو الفيديوية مع مختلف البيانات المرتبطة بها والبث التفاعلي وبث الملفات، بوصفه النظام F المتعدد الوسائط للقطاع ITU-R. وهذا النظام المتعدد الوسائط هو في الواقع نظام بث معزز متعدد الوسائط قائم على أساس ISDB-T/T_{SB}[38] . ومواصفات الطبقة المادية للنظام موضحة في المرجع [33.9] بوصفها النظام C وفي التوصية ITU-R BS.1114 [38.9] بوصفها النظام الرقمي F (المعروف أيضاً باسم ISDB-T_{SB}). ويرد وصف عام للنظام والوسائط المتعددة وتطبيقات البيانات في المرجع [35.9]. وهنالك أيضاً مراجع مفيدة أخرى بشأن النظام ISDB في المراجع [134.9-139.9].

وتتسم الطبقة المادية لنظام الإذاعة المتعددة الوسائط ISDB-T بأوجه تشابه مع أسرة ISDB-T، أي بديل ISDB-T من جزء واحد، وISDB-T_{SB} وISDB-T. ويمكن أن يَستخدم نظام الإذاعة المتعددة الوسائط ISDB-T أرقام أجزاء وتشكيلات مختلفة. ويبين الشكل 43.9 التركيبات الأساسية لنظام الإذاعة متعددة الوسائط ISDB-T.

[38] ISDB-T_{SB} هو نظام إذاعة صوتية.

الشكل 43.9

ثلاثة تركيبات أساسية للإذاعة المتعددة الوسائط لنظام ISDB-T



ويَستخدم هذا النظام MPEG-2 لتغليف تدفقات البيانات، مما يعني أنه يمكن إرسال محتوى رقمي مختلف (مثل الفيديو والصوت والنصوص والصور الثابتة وغيرها من البيانات) في آن واحد. وهو يتمتع بقواسم مشتركة وقابلية للتشغيل البيني مع أنظمة IDSB الأخرى باستخدام MPEG-2، مثل ISDB-S وISDB-C وISDB-T_{SB} وISDB-Tmm.

1.5.9 النموذج المعماري ونموذج كدسة البروتوكولات

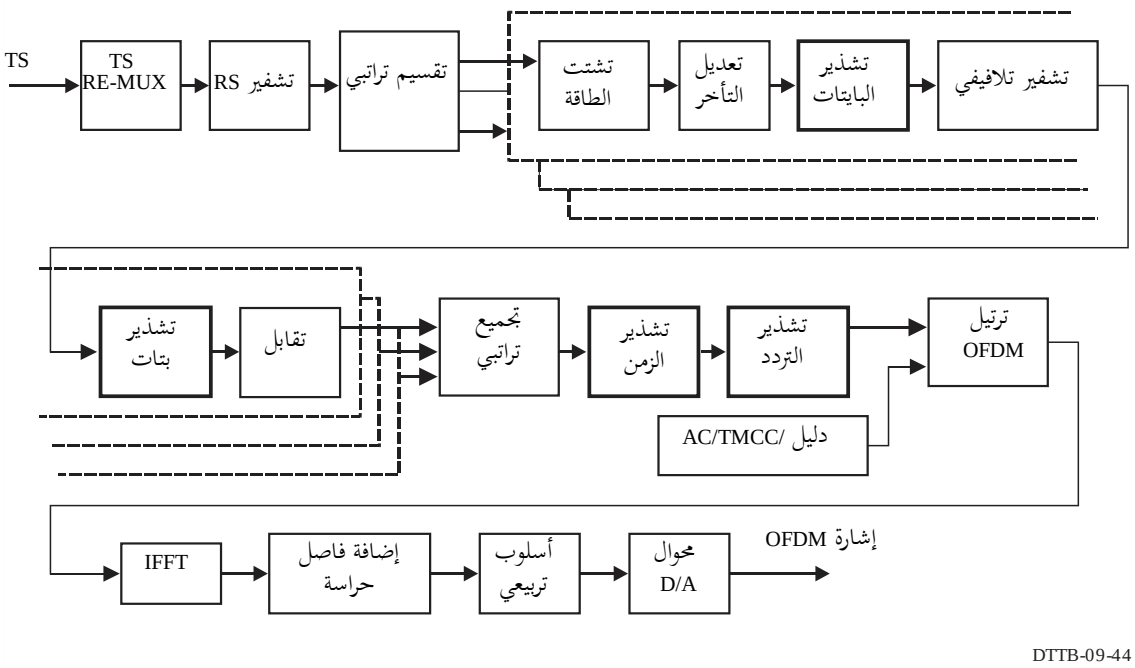
يبين الشكل 44.9 مخطط الفدرات الوظيفية لنظام الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات – للأرض (ISDB-T). ويتمتع هذا النظام بطائفة واسعة من معلمات الإرسال. فهنالك إعادة تعدد إرسال تدفق النقل (TS Re-Mux) الذي يتحكم في عدد رزم تدفق النقل (TS) المرسلة إلى المشفر Reed-Solomon (RS) بإضافة رزم TS فارغة بشكل مستقل عن عدد رزم TS عند الدخل.

ويشتمل النظام على ما يصل إلى ثلاث طبقات إرسال بمستويات مختلفة من المتانة بتغيير طريقة التشكيل ومعدل التشفير في الشفرة التلافيفية وما إلى ذلك في كل طبقة. وتستخدم شفرة تصحيح خطأ قوية تسمى الشفرة السلسالية للتشفير التلافيفي/فك التشفير Viterbi وتشفير/فك التشفير RS.

ويستخدم النظام ISDB-T أربعة أنواع من التشذير: تشذير البايتات والبتات والتردد والزمن. ويرد في البند 3.5.9 وصف تقنيات التشذير هذه.

الشكل 44.9

مخطط الفدرات الوظيفية ISDB



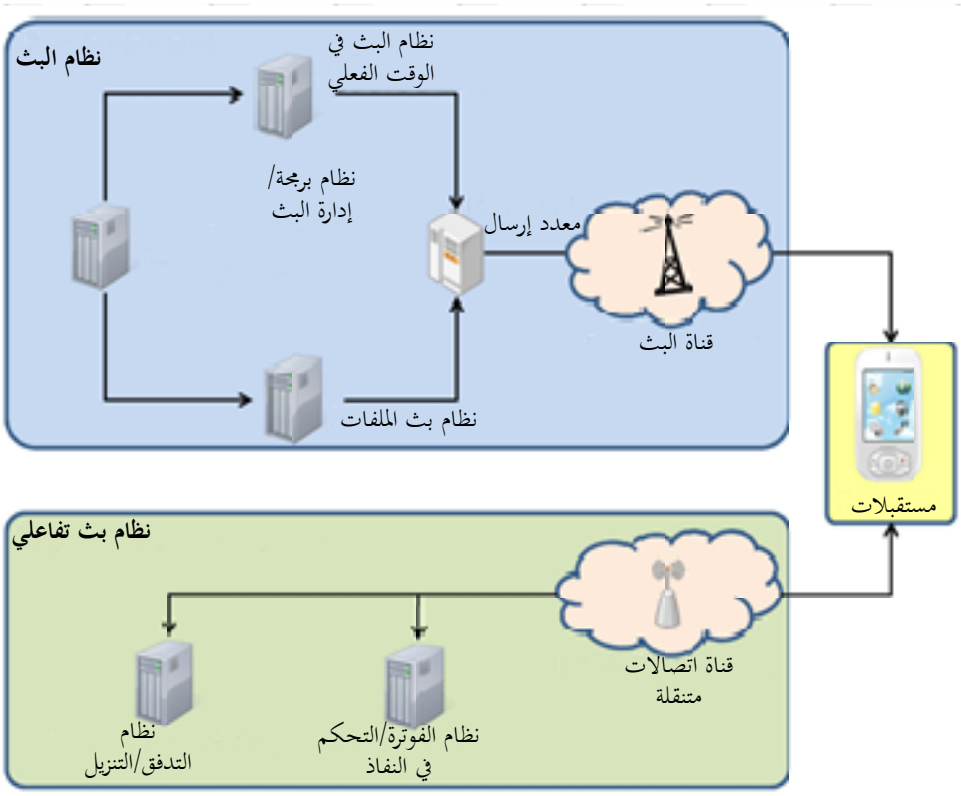
DTTB-09-44

ويشتمل النظام على ثلاثة أساليب للإرسال (الأساليب 1 و2 و3) لتمكين استعمال طائفة واسعة من ترددات الإرسال، ولديه أربعة خيارات لطول فاصل الحراسة لتمكين تصميم أفضل لشبكات SFN.

ويتألف النظام النموذجي للإذاعة متعددة الوسائط ISDB-T من ثلاثة أنظمة فرعية: نظام البث ونظام البث التفاعلي وأجهزة الاستقبال (الشكل 45.9). ويشتمل نظام البث على نظام برنامج زمن/إدارة البث، ونظام بث في الوقت الفعلي، ونظام بث الملفات. ويتم تعدد إرسال الإشارة الإذاعية في الوقت الفعلي وإشارة بث الملفات في نفس الوقت. والأنواع النموذجية من أجهزة الاستقبال هي الهواتف الخلوية، ومشغلات الموسيقى، وأنظمة الملاحة في السيارات، والصور الرقمية، وما إلى ذلك. ويحتوي نظام البث التفاعلي على نظام التحكم في الفوترة/النفاذ ونظام التدفق/التنزيل. ويمكن لنظام التدفق/التنزيل أيضاً أن يكمل البيانات المفقودة من قناة الاتصالات المتنقلة، التي لم تتمكن قناة البث من استقبالها.

الشكل 45.9

المعمارية النموذجية لنظام تعدد الوسائط ISDB-T



DTTB-09-45

ويَستخدم نظام الإذاعة المتعددة الوسائط ISDB-T نفس معمارية تعدد الإرسال أساساً على غرار باقي أسرة ISDB-T، أي أنظمة MPEG-2 (انظر [6.9، 7.9]). وفي هذه الطبقة، يتم تعدد إرسال ونقل محتويات البث في الوقت الفعلي و/أو محتوى بث الملفات.

ويبين الشكل 46.9 كدسة البروتوكولات لنظام الإذاعة المتعددة الوسائط ISDB-T. ويتم تسليم المحتوى الإذاعي في الوقت الفعلي ضمن نفس البروتوكول شأن أسرة ISDB-T القائمة. ويتم نقل محتوى بث الملفات إما بواسطة بروتوكول الإنترنت (IP) عبر MPEG-2 TS أو القسم DSM-CC في MPEG-2 TS.

الشكل 46.9

كدسة البروتوكولات في نظام البث متعدد الوسائط ISDB-T

<table>
<tr><td rowspan="2">تطبيق قائم على IP</td><td>بث الملفات (1)</td><td colspan="2">بث في الوقت الفعلي</td></tr>
<tr><td>FLUTE/AL-FEC</td><td rowspan="3">القسم
(بما فيه SDM-CC)</td><td rowspan="3">PES</td></tr>
<tr><td colspan="2">ROHC
أو التوصية ITU-R BT.1869</td></tr>
<tr><td colspan="2">ULE</td></tr>
<tr><td colspan="4">MPEG-2 TS</td></tr>
<tr><td colspan="4">الطبقة المادية</td></tr>
</table>

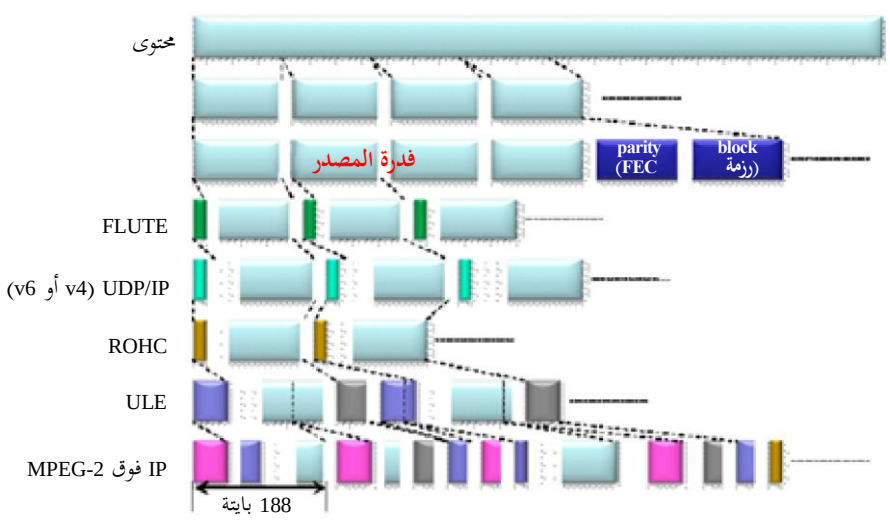
الملاحظة 1: بث الملفات يدعمه النظام F متعدد الوسائط (انظر [35.9])

DTTB-09-46

ويبين الشكل 47.9 تتابع الإرسال لمحتوى بث الملفات المرسل عبر بروتوكول الإنترنت. وينقسم أي نوع من محتوى بث الملفات، مثل المقاطع السمعية البصرية والكتب الإلكترونية والصحف، إلى رزم ثابتة الطول مع رزم إضافية للتصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) لتسليم الملفات عبر بروتوكول النقل أحادي الاتجاه (FLUTE) كما هو محدد في المعيار RFC 3926 (مخطط البث المتعدد IP في 3GPP و3GPP2 [39.9]. وبعد إزالة إطناب رأسية IP إما بأسلوب ROHC U (RFC 3095، [40.9]) أو مخطط انضغاط الرأسية الموصوف في التوصية ITU-R BT.1869 [2.9]، تصنع الرزم MPEG-2 TS بتغليف خفيف الوزن أحادي الاتجاه (ULE)، كما هو محدد في المعيار RFC 4326 [41.9].

الشكل 47.9

تتابع إرسال بث الملفات عبر بروتوكول الإنترنت

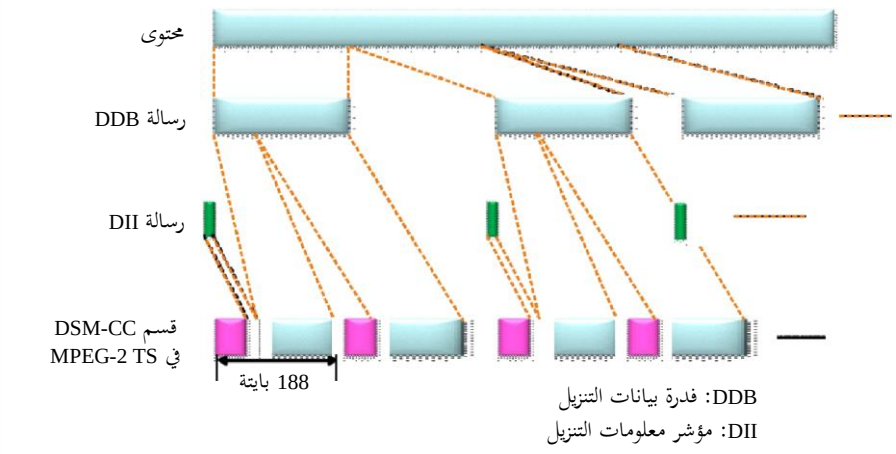


DTTB-09-47

يبين الشكل 48.9 تتابع الإرسال لمحتوى بث الملفات المرسل عبر القسم DSM-CC في MPEG-2 TS. ويتم نقل رسائل فدرات بيانات التنزيل المكونة من المحتوى المطلوب في شكل أقسام DSM-CC.

الشكل 48.9

تتابع إرسال بث الملفات عبر أقسام DSM-CC



DTTB-09-48

2.5.9 التقنيات الرئيسية في نظام ISDB-T والتمديد الإذاعي متعدد الوسائط التابع له

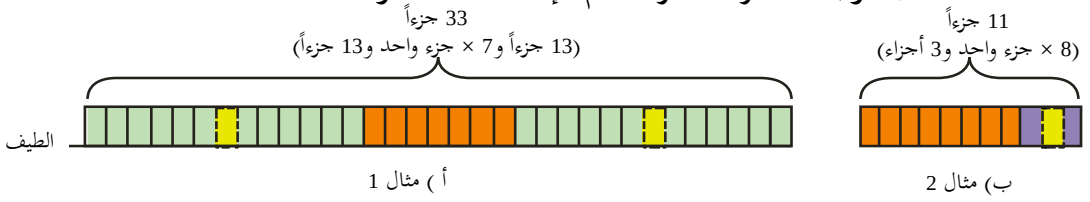
النقل المجزأ النطاقات. يَستخدم النظام ISDB-T تعدد الإرسال OFDM مع تجزئة نطاق التردد الراديوي، BST-OFDM. ويتألف النظام ISDB-T من 13 جزءاً OFDM، لكل منها عرض نطاق قدره MHz B/14 (B هو عرض نطاق قناة تلفزيونية للأرض، أي 6 أو 7 أو 8 MHz تبعاً للمنطقة)، ومن ثم فإن الجزء الواحد يحتل إما عرض نطاق MHz 6/14 (kHz 428,57) أو MHz 7/14 (kHz 500) أو MHz 8/14 (kHz 571,29). ويكوّن جزءٌ واحدٌ أو أكثر مجموعة أجزاء. ويمكن تحديد معلمات الإرسال لنظام تشكيل الموجات الحاملة OFDM ومعدلات شفرة تصحيح الأخطاء الداخلية وطول تشذير الزمن بشكل مستقل لكل مجموعة أجزاء. ومجموعة الأجزاء هي الوحدة الأساسية لتنفيذ خدمات الإذاعة.

توليفات من الفدرات المجزأة. يمكن اختيار عدد أجزاء نظام الإذاعة متعدد الوسائط ISDB-T وفقاً للتطبيق وعرض النطاق المتاح. ويُشكَل الطيف بتوليف تركيبات أساسية يضم كل منها جزءاً واحداً و/أو 3 أجزاء و/أو 13 جزءاً بدون نطاقات حارسة.

ويبين الشكل 49.9 مثالين لطيف الإرسال بالجمع ما بين عدة فدرات من الأجزاء.

الشكل 49.9

مثال لتوليفات فدرات أجزاء نظام الإذاعة متعددة الوسائط ISDB-T



DTTB-09-49

الإرسال التراتبي والاستقبال الجزئي. يدعم النظام الإرسال التراتبي لما يصل إلى ثلاث طبقات (A وB وC). ويمكن ضبط معلمات الإرسال في كل من هذه الطبقات. ويتكون النظام ISDB-T من 13 جزءاً، ويتم تقسيم هذه الأجزاء وتخصيصها للطبقات. وتشتمل كل طبقة على 1 إلى 13 جزءاً، ولكن العدد الإجمالي للأجزاء في جميع الطبقات هو دوماً 13. مثال ذلك، عندما ترغب هيئة إذاعة ما في توفير خدمة من جزء واحد للمستقبلات المحمولة باليد، عندئذ يمكن تخصيص الجزء المركزي للطبقة A، ويمكن تخصيص الأجزاء الـ 12 الأخرى للطبقة B أو للطبقتين B وC. وفي حالات كهذه، يمكن للمستقبلات المحمولة باليد أن تستقبل الجزء المركزي جزئياً فقط. وهذا ما يسمى الاستقبال الجزئي ويعني أنه لا يمكن للمستقبل أن يختار إلا جزءاً من عرض نطاق الإرسال. ومن شأن الاستقبال الجزئي خفض استهلاك الطاقة في جهاز الاستقبال المحمول لأنه يستخدم تردد ميقاتية بنظام منخفض.

تقنية التشذير. تُستخدم أربعة أنواع من تقنية التشذير:

- يقع مشذر البايتات بين المشفرين الخارجي والداخلي. وهو يحقق عشوائية خطأ الرشقة في خرج مفكك تشفير Viterbi.
- يقع مشذر البتات بين التشفير التلافيفي والتقابل. وهو يحقق عشوائية خطأ رمز الكوكبة قبل فك تشفير Viterbi.
- يقع مشذر الزمن عند خرج التقابل. وهو يحقق عشوائية خطأ الرشقة في ميدان الزمن، الذي يعزى أساساً إلى الضوضاء النبضية والخبو أثناء الاستقبال المتنقل/المحمول.
- يقع مشذر التردد عند خرج مشذر الزمن. وهو يحقق عشوائية خطأ الرشقة في ميدان التردد، الذي يعزى أساساً إلى التداخل متعدد المسيرات وتداخل الموجة الحاملة، وما إلى ذلك.

أنظمة MPEG-2. يَستخدم النظام أنظمة MPEG-2 لتغليف تدفقات البيانات، مما يمكن من إرسال أشكال مختلفة من المحتوى الرقمي في آن واحد، بما في ذلك الصوت والنصوص والصور الثابتة. وله قواسم مشتركة وقابلية تشغيل بيني مع أنظمة أخرى تستخدم أنظمة MPEG-2، مثل ISDB-S وISDB-C و$ISDB\text{-}T_{SB}$ وISDB-Tmm. وفي اليابان، يَستخدم النظام التشفير الفيديوي MPEG-2 والتشفير السمعي المتقدم MPEG-2 (AAC) للبرامج التلفزيونية الرئيسية والتشفير الفيديوي المتقدم (MPEG-4 AVC) لخدمة One-Seg. أما في أمريكا الجنوبية، فيَستخدم النظام MPEG-4 AVC وMPEG-4 AAC للبرامج التلفزيونية الرئيسية.

الاستقبال المتنوع لنظام ISDB-T. تقوم هيئة الإذاعة اليابانية (NHK)، لأغراض الاختبار، بتطوير قاعدة استقبال متنوع أولية مكونة من أربعة فروع على أساس توليف نسبة قصوى (MRC) لكل موجة حاملة. وأجريت تجارب ميدانية في منطقة ناغويا لمقارنة تغطية البث التلفزيوني الرقمي عالي الوضوح (HDTV) للأرض من أجل الاستقبال المتنقل والثابت مع مستقبل متنوع. ولدى التقدير بمعدل استقبال 95%، كان الاستقبال المتنقل للتلفزيون HDTV ممكناً فعلاً عند كفاف استقبال ثابت بقيمة تفوق 75 dBµV/m لاستقبال رباعي الفروع وأكثر من 80 dBµV/m لاستقبال ثنائي الفروع. وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام مركبة متنقلة توهيناً كبيراً للإشارة المستقبّلة مقارنة بتلك التي تستخدم استقبالاً ثابتاً. ومردّ ذلك أن هوائيات الاستقبال المتنقلة كانت على ارتفاع ثلاثة أمتار فوق سطح الأرض، بينما بلغ ارتفاع هوائيات الاستقبال الثابتة عشرة أمتار، وكانت الموجات المباشرة لهوائيات الاستقبال المتنقل أكثر تعرضاً للحجب. وتم تخفيض شدة المجال المستقبلة للاستقبال المتنقل بمقدار 15 dB بالمقارنة مع شدة المجال المحسوبة للاستقبال الثابت. لمزيد من التفاصيل، انظر التقرير ITU-R BT.2139 [74.9].

3.5.9 الطبقة المادية وطبقة الوصلات في النظام ISDB-T

تَستخدم أسرة ISDB أنظمة MPEG-2 لتعدد الإرسال كطبقة وصلات، مما يعني أن لديها واجهة تدفق نقل مرتّلة مشتركة. أما بالنسبة للطبقة المادية، فإن التشكيل وتصحيح الأخطاء يختلفان تبعاً لوسائط الإرسال. ويعتمد النظام ISDB-T تشكيل OFDM مجزأ وتشفير سلسالي لتصحيح الأخطاء لشفرة تلافيفية ولشفرة Reed-Solomon. وبالنسبة لترميز المصدر، تعتمد أسرة ISDB نفس تشفير المصدر.

وتتقارب الطبقة المادية لنظام بث الوسائط المتعددة ISDB-T من أسرة ISDB-T، أي ISDB-T وحيد الجزء و$ISDB\text{-}T_{SB}$ و ISDB-T. ويتميز النظام بمرونة في استخدامه للأجزاء. وكما هو مبين في الشكل 49.9، يمكن استعمال الطيف للإذاعة متعددة الوسائط بأكبر قدر من الكفاءة بالجمع بين بعض فدرات الجزء 13 والجزء 3 والجزء 1 دون نطاقات الحراسة. وباستخدام هذه الميزة، يمكن للمستقبلات إزالة تشكيل فدرة جزء 1 أو إزالة تشكيل الفدرات المركزية فقط من فدرات الجزء 3 أو الجزء 13 بحيث يمكن استخدام موارد الأجهزة والبرمجيات لمستقبلات أسرة ISDB-T بمثابة مستقبلات لنظام البث المتعدد الوسائط ISDB-T للاستقبال المتنقل.

4.5.9 أداء النظام ISDB-T

تصف التوصيتان ITU-R BT.1306 [33.9] وITU-R BT.1368 [42.9] خصائص النظام من حيث معلمات التشكيل والسعة والإرسال وشدة المجال الدنيا.

وتصف التوصية ITU-R BT.1833 [35.9] خدمة One-Seg.

التغطية في منطقة محلية ومنطقة واسعة. يمكن أن يغطي نظام الإذاعة متعددة الوسائط ISDB-T منطقة تغطية محلية باستعمال مرسل واحد أو تغطية منطقة واسعة مع شبكة وحيدة التردد (SFN) باستعمال عدة مرسلات. ومن شأن ذلك أن يتجنب الحاجة إلى متطلبات تسليم ترددات معقدة.

الاستهلاك المنخفض للطاقة. يمكن للمطراف المحمول باليد في الإذاعة المتعددة الوسائط ISDB-T أن يستقبل ويزيل تشفير إشارات إذاعة رقمية متكاملة الخدمات – إذاعة صوتية للأرض (ISDB- TSB) والجزء المركزي لإشارات ISDB-T. ونظراً لضيق عرض النطاق يستطيع المطراف المحمول باليد أن يستخدم تردد ميقاتية منخفض بما يمكّن من خفض استهلاك الطاقة.

عرض النطاق المرن. يمكن لنظام الإذاعة متعددة الوسائط ISDB-T أن يكيف عرض النطاق الذي يستخدمه من خلال الجمع بين عدة أجزاء فدرات أساسية وفقاً لعرض نطاق قناة التردد المخصصة.

البرامج المتعددة في جزء واحد. يمكن إرسال برامج متعددة في جزء واحد. مثال ذلك، عندما تكون معلمات الإرسال بتشكيل QPSK، ومعدل تشفير تصحيح الخطأ (FEC) 2/3، ونسبة فاصل الحراسة 1/8، يمكن إرسال عشرة برامج صوتية (32 kbit/s لكل برنامج) أو برنامجين صوتيين محيطيين 5,1 (16 kbit/s لكل برنامج) في جزء واحد. وعلاوة على ذلك، يمكن لعدة هيئات إذاعية أن تبث برامج في جزء واحد في نفس الوقت.

5.5.9 موجز معلمات النظام

يوجز الجدول 39.9 خصائص النظام ISDB (انظر التقرير ITU-R BT.2295-1 [43.9]).

الجدول 39.9

الخصائص الرئيسية للنظام ISDB

الخصائص	أسرة ISDB-T
أساليب الاستقبال: – ثابت – محمول – محمول باليد – متنقل	 + + + +
معدل البيانات الصافي	× n أ) 0,281 إلى 1,787 Mbit/s ب) 0,328 إلى 2,085 Mbit/s ج) 0,374 إلى 2,383 Mbit/s
كفاءة استعمال الطيف (bit/s/Hz)	4,17-0,66
شبكات وحيدة التردد (SFN)	مدعومة
أنماط البث: – صوت – وسائط متعددة – تلفزيون	 + + +
بيانات البث/أنماط الخدمة	فيديو، صوت، بيانات
نطاقات التردد	مترية (VHF)، ديسيمترية (UHF)
عروض نطاق القنوات	1/14 × n من أ) 6 MHz ب) 7 MHz ج) 8 MHz $n \geq 1$[1]
عرض النطاق المستعمَل	المباعدة بين الموجات الحاملة الفرعية + 1/14 × n × أ) 6 MHz ب) 7 MHz ج) 8 MHz $n \geq 1$[1]
عدد الأجزاء	$n \geq 1$[1]
عدد الموجات الحاملة الفرعية في كل جزء	108 (أسلوب 1) 216 (أسلوب 2) 432 (أسلوب 3)

الجدول 39.9 (*تتمة*)

الخصائص	أسرة ISDB-T
المباعدة بين القنوات الحاملة الفرعية	أ) 3,968 kHz (أسلوب 1)[2]، 1,984 kHz (أسلوب 2)، 0,992 kHz (أسلوب 3) ب) 4,629 kHz (أسلوب 1)، 2,314 kHz (أسلوب 2)، 1,157 kHz (أسلوب 3) ج) 5,291 kHz (أسلوب 1)، 2,645 kHz (أسلوب 2)، 1,322 kHz (أسلوب 3)
مدة نشاط الرمز	أ) 252 µs (أسلوب 1) [2]، 504 µs (أسلوب 2)، 1 008 µs (أسلوب 3) ب) 216 µs (أسلوب 1)، 432 µs (أسلوب 2)، 864 µs (أسلوب 3) ج) 189 µs (أسلوب 1)، 378 µs (أسلوب 2)، 756 µs (أسلوب 3)
مدة/نسبة فاصل الحراسة	1/32، 1/16، 1/8، 1/4
مدة الرتل	204 رموز OFDM
تزامن الوقت/التردد	الموجات الحاملة للأدلة
طرائق التشكيل	QPSK، 16-QAM، 64-QAM، 256-QAM
التصحيح FEC الداخلي	شفرة تلافيفية، معدل أولي 1/2 مع 64 حالة. تثقيب إلى معدل 2/3، 3/4، 5/6، 7/8
التشذير الداخلي	تشذير التردد: تشذير داخل الأجزاء وبينها. تشذير الزمن: تشذير تلافيفي بحسب الرموز. 0، 380، 760، 1 520، 3 040 رمزاً (أسلوب 1)[2] 0، 190، 380، 760، 1 520 رمزاً (أسلوب 2) 0، 95، 190، 380، 760 رمزاً (أسلوب 3)
التصحيح FEC الخارجي	شفرة RS (204، 188، T = 8)
التشذير الخارجي	تشذير تلافيفي بحسب البايتة، I = 12
عشوائية البيانات/تشتت الطاقة	تتابع بتات شبه عشوائي (PRBS)
الإرسال التراتبي	+
تشوير معلمات الإرسال	موجات حاملة دليلة TMCC

الملاحظة 1 – يتحدد عدد الأجزاء "n" بحسب عرض النطاق المتاح.

الملاحظة 2 – يمكن اختيار الأساليب 1 و2 و3 بحسب مقياس الشبكة وحيدة التردد (SFN) وأنواع استقبال الخدمة، كأن تكون ثابتة أو متنقلة مثلاً. ويمكن استعمال الأسلوب 1 لتشغيل وحيد الإرسال أو لشبكة صغيرة وحيدة التردد. ويلائم هذا الأسلوب الاستقبال المتنقل. أما الأسلوب 3 فيمكن استعماله لشبكة كبيرة وحيدة التردد. ويلائم هذا الأسلوب الاستقبال الثابت. ويتيح الأسلوب 2 مفاضلة إضافية بين حجم منطقة الإرسال وإمكانيات الاستقبال المتنقل. وينبغي اختيار الأسلوب في ضوء التردد الراديوي المطبق ومقياس الشبكة وحيدة التردد ونوع استقبال الخدمة.

6.5.9 ميزانية الوصلة

معايير التخطيط لنظام ISDB-T موصوفة بمثابة النظام C في المرجع [42.9].

ويحتوي الجدول 40.9 على أمثلة لميزانيات الوصلة لنظام الإذاعة متعددة الوسائط ISDB-T. للاطلاع على أوصاف البنود في ميزانية الوصلة، انظر التوصية BS.1660 [44.9].

وفي حالة الاستقبال المحمول باليد (خارج المبنى) وتشكيل 16-QAM ومعدل تشفير 1/2، تكون قيمة شدة المجال 0,71 mV (57 dB (μV/m)) أو أكثر من أجل أسلوب الجزء 1، و1,12 mV (61 dB (μV/m)) أو أكثر من أجل أسلوب الجزء 3. ويلاحظ أن قيمة شدة المجال هي القيمة عند ارتفاع هوائي استقبال بمقدار 4 أمتار فوق سطح الأرض.

الجدول 40.9

أمثلة لميزانيات الوصلة لنظام ISDB-T

البند	الاستقبال المتنقل			الاستقبال المحمول باليد (خارج المبنى)			الاستقبال الثابت		
التردد (MHz)	100			100			100		
طريقة التشكيل	QPSK	QPSK	16QAM	QPSK	QPSK	16QAM	QPSK	QPSK	16QAM
شفرة قناة داخلية	1/2	2/3	1/2	1/2	2/3	1/2	1/2	2/3	1/2
نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء المطلوبة (*C/N*) (شبه خالية من الخطأ (QEF) بعد تصحيح الخطأ) (dB)	4,9	6,6	11,5	4,9	6,6	11,5	4,9	6,6	11,5
هامش التنفيذ (dB)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
هامش التداخل (dB)	2	2	2	2	2	2	2	2	2
هامش تعدد المسيرات (dB)	–	–	–	–	–	–	1	1	1
هامش الخبو (عامل التصحيح للتغاير الآني) (dB)	9,4	9,4	8,1	9,4	9,4	8,1	–	–	–
نسبة *C/N* المطلوبة للاستقبال (dB)	18,3	20	23,6	18,3	20	23,6	9,9	11,6	16,5
سوية الضوضاء في المستقبِل (dB)	5	5	5	5	5	5	5	5	5
عرض نطاق ضوضاء المستقبل (جزء وحيد) (kHz)	429	429	429	429	429	429	429	429	429
قدرة ضوضاء حرارة المستقبل (dBm)	112,7−	112,7−	112,7−	112,7−	112,7−	112,7−	112,7−	112,7−	112,7−
قدرة الضوضاء الخارجية (dBm)	98,1−	98,1−	98,1−	115,1−	115,1−	115,1−	99,1−	99,1−	99,1−
قدرة ضوضاء المستقبل الكلية (dBm)	97,9−	97,9−	97,9−	110,7−	110,7−	110,7−	98,9−	98,9−	98,9−
فلطية مطراف خرج المستقبل (dBμV)	29,2	30,9	34,5	16,4	18,1	21,7	19,8	21,5	26,4
كسب هوائي الاستقبال (dBi)	3−	3−	3−	20−	20−	20−	3−	3−	3−
طول الهوائي الفعال (dB)	0,4−	0,4−	0,4−	0,4−	0,4−	0,4−	0,4−	0,4−	0,4−
خسارة المغذي، خسارة إدراج المعدات (dB)	1	1	1	1	1	1	2	2	2
شدة المجال الدنيا (dBμV/m)	39,5	41,2	44,8	43,7	45,4	49,0	31,1	32,8	37,7
عامل التصحيح للتغير في تيسر الزمن (dB)	0	0	0	0	0	0	6	6	6
عامل تصحيح التغطية (تصحيح متوسط التغاير) (dB)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	0	0	0
شدة المجال المطلوبة (h2 = 1,5 m) (dBμV/m)	44,3	46,0	49,6	48,5	50,2	53,8			
عامل تصحيح ارتفاع الاستقبال (من 1,5 m إلى 4 m) (dB)	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3			
شدة المجال المطلوبة (h2=4 m) (dBμV/m)	46,6	48,3	51,9	50,8	52,5	56,1	37,1	38,8	43,7
عامل التصحيح للتغير من إشارة جزء إلى إشارة ثلاثة أجزاء (dB)	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
شدة المجال المطلوبة لإشارة ثلاثة أجزاء (h2=4 m) (dBμV/m)	51,4	53,1	56,7	55,6	57,3	60,9	41,9	43,6	48,5

7.5.9 أمثلة للاستعمالات الممكنة لنظام ISDB

فيما يلي بعض الأمثلة النموذجية لتطبيقات ISDB-T (انظر أيضاً الشكل 50.9):

- **البرامج التلفزيونية عالية الوضوح (HDTV)**: يستطيع المشاهد أن يتمتع بصور عالية الجودة بنسبة باعية 16 × 9 وجودة صوت CD. ويدعم النظام ISDB-T أيضاً الصوت المحيطي متعدد القنوات 5.1.
- **البرامج التلفزيونية المتعددة عادية الوضوح (SDTV)**: يمكن إرسال ما لا يزيد عن ثمانية برامج تلفزيونية عادية الوضوح في قناة واحدة.
- **دليل البرامج الإلكتروني (EPG)**: يمكّن دليل البرامج الإلكتروني المشاهد من استعراض البرامج التلفزيونية وتنظيم سجل بالبرامج التلفزيونية المسجلة.
- **إذاعة البيانات**: توفر إذاعة البيانات المعلومات بناء على الطلب من خلال عملية تفاعلية مع المشاهد بواسطة جهاز تحكم عن بعد. وهي توفر النفاذ إلى الأخبار وأحوال حركة السير والتنبؤات بأحوال الطقس ووصفات تحضير المأكولات وأدلة الزيارات السياحية والألعاب التثقيفية.
- **النفاذ إلى الإنترنت**: يمكن توصيل جميع مستقبلات التلفزيون ISDB-T بالإنترنت من أجل النفاذ إلى معلومات إضافية. وتدعم أحدث المستقبلات أيضاً تلفزيون بروتوكول الإنترنت (IPTV).
- **الاستقبال المتنقل عالي الوضوح (HDTV)**: يمكن مشاهدة برامج التلفزيون عالي الوضوح من خلال النظام ISDB-T في المستقبلات المتنقلة. وهنالك في السوق الآن بضعة أنواع من المستقبلات على متن السيارات.
- **خدمة One-Seg: خدمة التلفزيون للمستقبلات المتنقلة/المحمولة باليد**: تتوفر خدمة تلفزيون One-Seg للهواتف الخلوية أو أجهزة استقبال التلفزيون المحمولة. ويمكن للهواتف المزودة بخدمة One-Seg أيضاً الحصول على البيانات من خلال وظائف الاتصالات. وبالنسبة لهذا النوع من الاستقبال، يجري حالياً دراسة خدمات بث بيانات جديدة متصلة بالشبكة تجمع ما بين بث البيانات من جهة والمعلومات التي يتم الحصول عليها من جهة أخرى من خلال شبكة اتصالات. وسوف تزود أجهزة استقبال One-Seg بوظيفة تشغيل أوتوماتية لتلقي تحذيرات الكوارث من النظام الإذاعي للإنذار المبكر (EWBS).

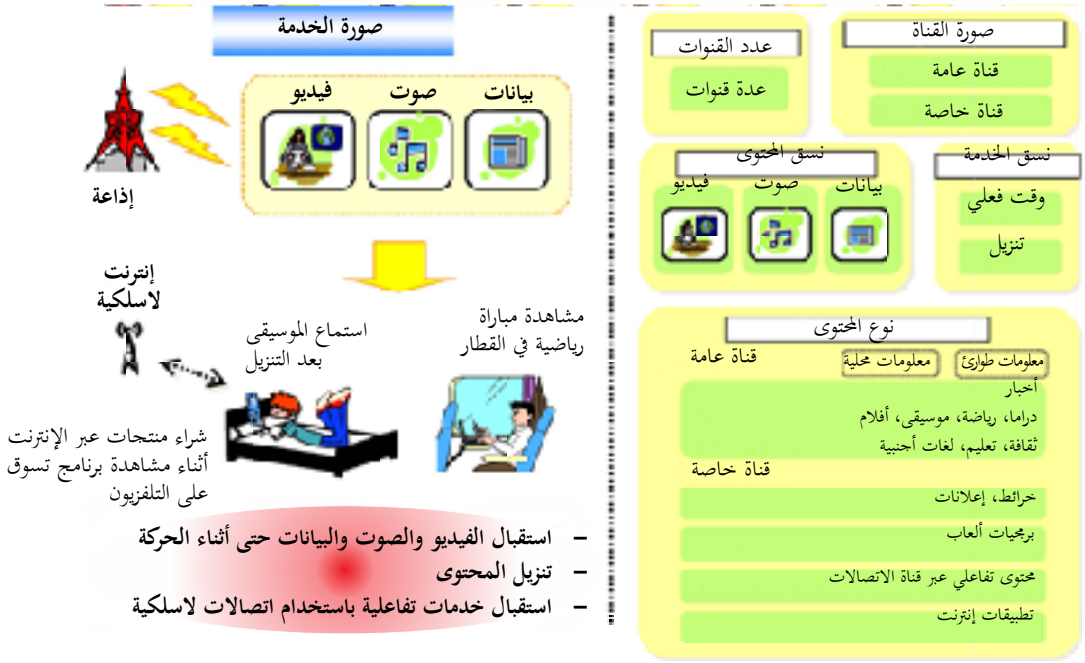
الشكل 50.9

التطبيقات النموذجية ISDB-T

يبين الشكل 51.9 صورة الخدمة للإذاعة المتعددة الوسائط في نظام الإذاعة ISDB-T. ويمكن نقل مختلف أنواع الفيديو والصوت والبيانات إلى المطاريف المتنقلة/المحمولة باليد. ويستطيع المرء الاستماع إلى الموسيقى على الأثير مباشرة أو بعد تنزيلها في أي مكان وزمان. وعلاوة على ذلك، يستطيع المرء النفاذ إلى الإنترنت بفضل مقدرة النظام على الاتصالات اللاسلكية.

الشكل 51.9

صورة الخدمة في الإذاعة المتعددة الوسائط ISDB-T



DTTB-09-51

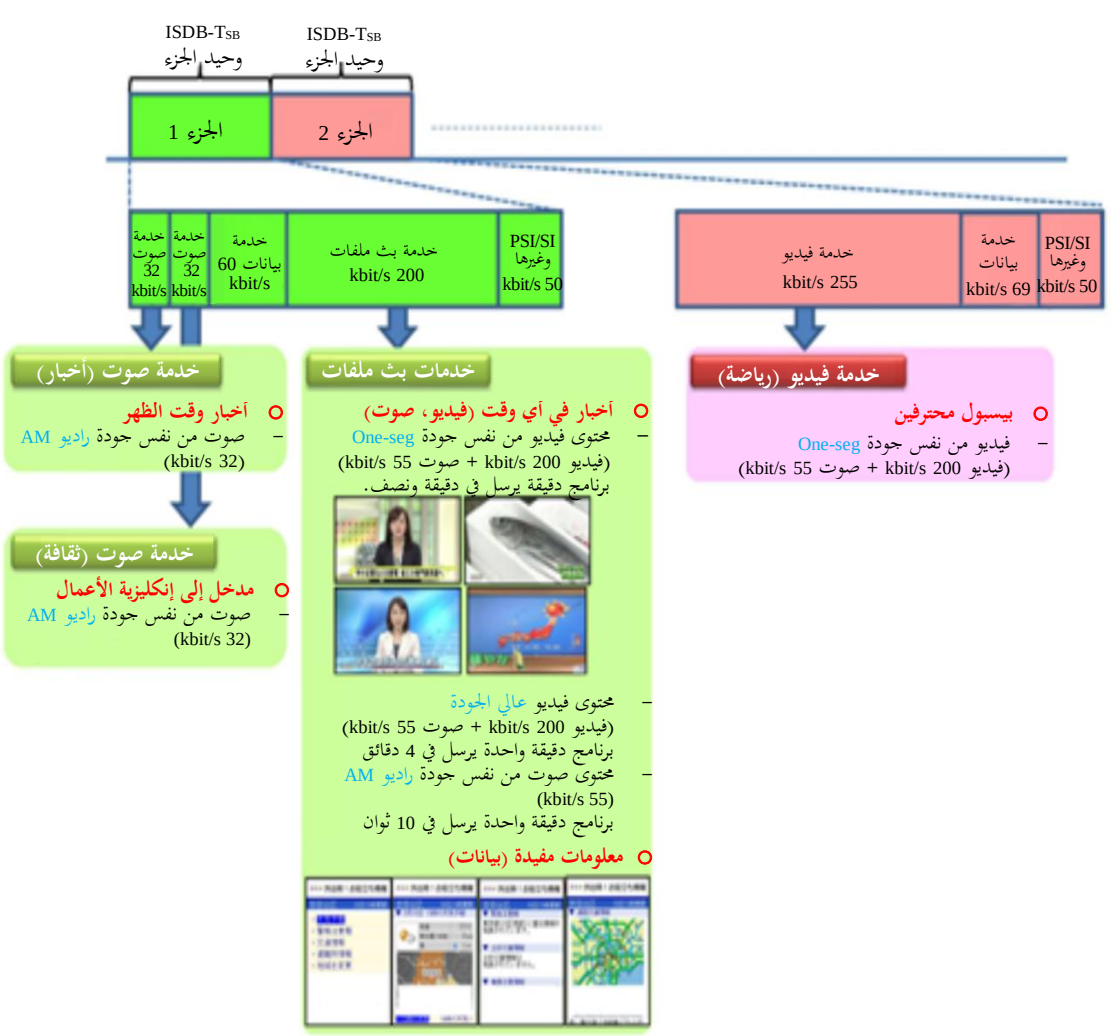
ومن شأن المزايا الفريدة التي توفرها أجزاء ISDB-T في نظام إذاعة متعدد الوسائط أن تمكن من تنفيذ الخدمات التالية للمطاريف المحمولة باليد.

8.5.9 مثال خدمات وحيدة الجزء أو ثلاثية الأجزاء

أمثلة الخدمة. يبين الشكل 52.9 أمثلة على خدمات وحيدة الجزء. ويتم في الجزء 1 تعدد إرسال بضع خدمات صوتية وخدمات البيانات وإرسال الملفات والمعلومات الخاصة بالبرامج/الخدمات (PSI/SI). وتشمل هذه المعلومات نوعين من أدلة البرامج الإلكترونية (EPG): الأدلة الإلكترونية للخدمات الصوتية والأدلة الإلكترونية لخدمات إرسال الملفات. والخدمات الصوتية هي من نفس جودة برامج الراديو AM (32 kbit/s). ويتم إرسال آخر الأخبار وتنبؤات الطقس وما إلى ذلك من خلال خدمة إرسال الملفات. ومن جهة أخرى، يمكن استخدام الجزء 2 لإرسال خدمة فيديوية لا تختلف جودتها عن جودة الخدمة One-Seg.

الشكل 52.9

مثال لخدمة وحيدة الجزء

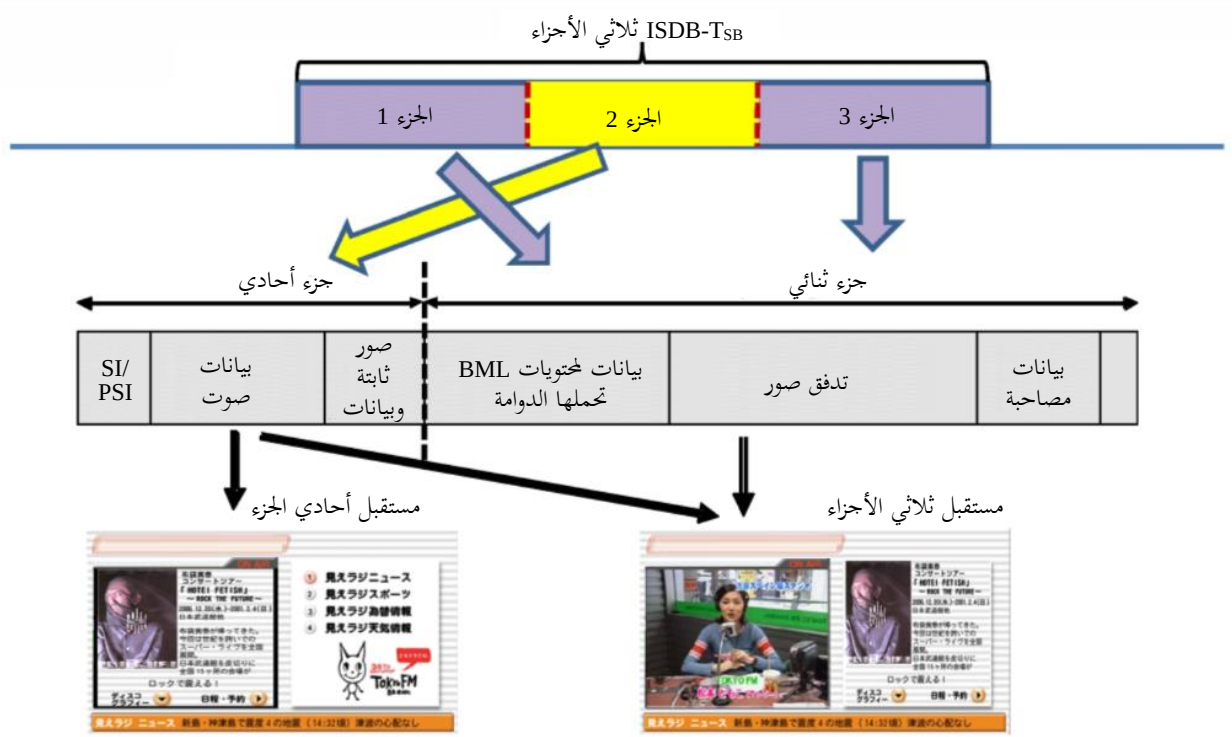


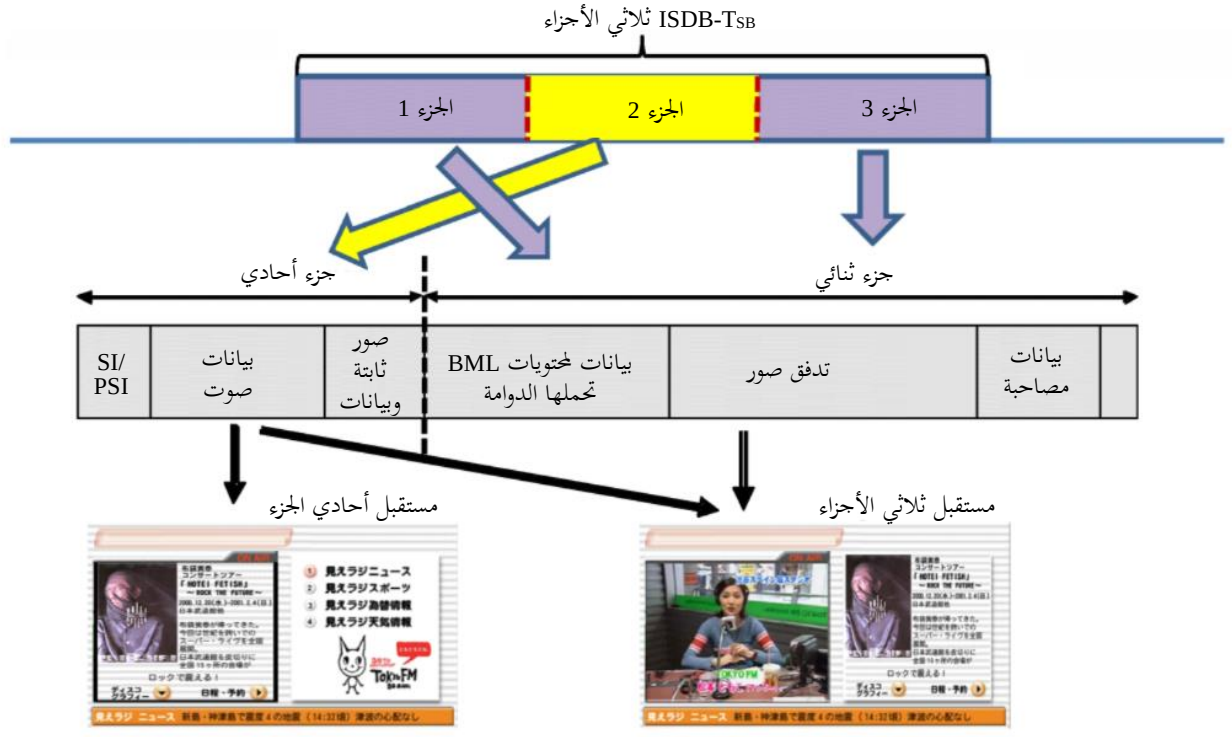
DTTB-09-52

مستقبل وحيد الجزء ومستقبل ثلاثي الأجزاء. يبين الشكل 53.9 مثالاً لفرق المحتوى المرئي المعروض بين مستقبل وحيد الجزء ومستقبل ثلاثي الأجزاء. وفي هذا المثال، يتكون برنامج ISDB-TSB (ثلاثي الأجزاء) من بيانات صوتية، وتدفق صور، ومعلومات البرامج/الخدمات (PSI/SI)، وبيانات أخرى. وترسل البيانات الصوتية والصور الثابتة والمعلومات PSI/SI في الجزء 2. وترسل البيانات الخاصة بالمحتوى في لغة الوسم الإذاعي (BML) المحمولة في دوامة وتدفق الصور والبيانات المرتبطة بها في الجزء 1 والجزء 3. ويمكن لمستقبل وحيد الجزء أن يستقبل الصوت والصور الثابتة/البيانات (المبينة في القسم الأعلى من الشكل 53.9) بينما يمكن لمستقبل ثلاثي الأجزاء أن يستقبل تدفق الصور والصوت والمحتوى BML (القسم الأدنى من الشكل 53.9).

الشكل 53.9

العلاقة بين المستقبل ثلاثي الأجزاء والمستقبل وحيد الجزء



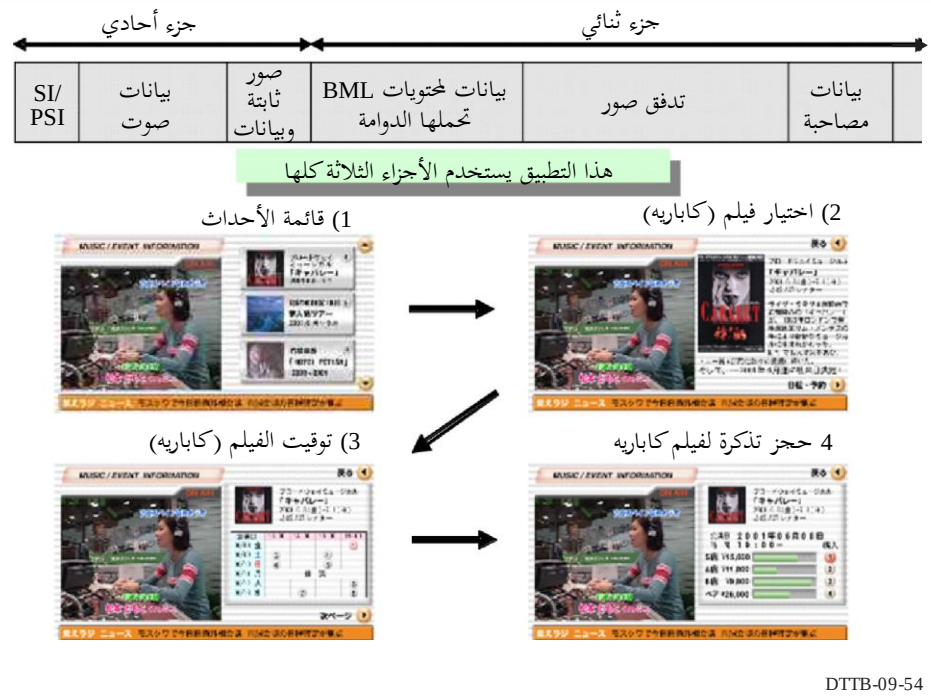


DTTB-09-53

خدمة البث التفاعلي لمستقبل محمول باليد موصول بشبكة الاتصالات. التطبيقات التفاعلية هامة أيضاً بالنسبة للمستقبلات المحمولة باليد. ويبين الشكل 54.9 مثالاً لذلك باستخدام المقدرة التفاعلية التي توفرها شبكات الاتصالات. وفي هذه الحالة، تعرض قائمة الأحداث ومعلومات عن الأفلام وجدول زمني لعروض الأفلام باستخدام محتوى BML، التي ترسل بواسطة دوامة إرسال. وبالإضافة إلى ذلك، يتم حجز التذاكر عبر شبكة اتصالات.

الشكل 54.9

مثال لتطبيق إذاعي تفاعلي يستخدم شبكة اتصالات



DTTB-09-54

بضعة أنماط من المستقبلات المحمولة والمتنقلة. يبين الشكل 55.9 صور مستقبلات نموذجية مع تفسيرات مقتضبة عنها.

الشكل 55.9

بضعة أنماط من المستقبلات

أ) ب) ج) د)

DTTB-09-55

أ) راديو جيب بسيط: استقبال صوت فقط.

ب) راديو جيب/سيارة مع مقدرة عرض مبسط لبضعة أسطر من السمات.

ج) هاتف خلوي.

د) مساعد رقمي شخصي (PDA).

ثلاثة أنماط أخرى يتطرق إليها هذا الكتيب.

أ) مستقبل ستيريو محيطي بقنوات 5.1 لأنظمة الصوت في سيارة.

ب) مستقبل صوت رقمي ثابت لأنظمة صوت ستيريو عالية الدقة.

ج) مستقبل بطاقة الرابطة الدولية لبطاقات الذاكرة في الحاسوب الشخصي (PCMCIA) للأجهزة المستعملة مثل أجهزة المساعد الرقمي الشخصي والحواسيب المحمولة.

9.5.9 أمثلة لخدمات من جزء 1 أو 13 جزءاً

من الخدمات النموذجية الجمع بين إرسال الملفات والبث في الوقت الفعلي. ويبين الشكلان 56.9 و57.9 أمثلة عن إرسال الملفات والإذاعة في الوقت الفعلي.

الشكل 56.9

مثال لإرسال الملفات

DTTB-09-56

الشكل 57.9

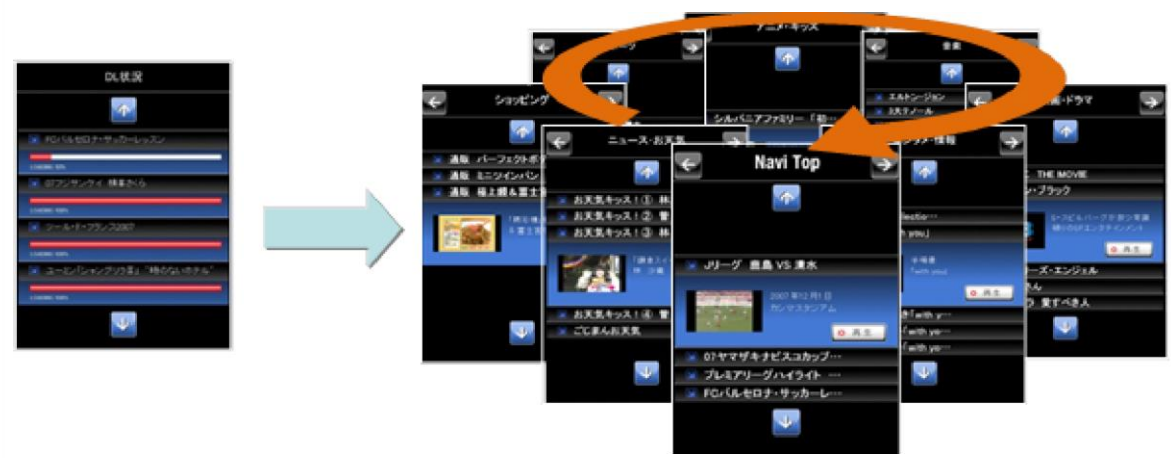
مثال لبث متعدد القنوات في الوقت الفعلي

DTTB-09-57

إذا توفر مستقبل محمول باليد قادر على استقبال بث متعدد الوسائط ISDB-T، عندئذ يمكن لوظيفة التصفح الميسورة الاستعمال أن تساعد المستعمل على النفاذ إلى الخدمة الإذاعية في الوقت الفعلي والبيانات المختزنة المتوفرة من بث الملفات. ويبين الشكل 58.9 مثالاً لخدمة بث الملفات. وتبين الصور إلى يسار ويمين هذا الشكل على التوالي النسبة المئوية من التنزيل وتعليمات التصفح للمستعمل من أجل النفاذ إلى البيانات.

الشكل 58.9

مثال لخدمة بث الملفات في مستقبل محمول باليد

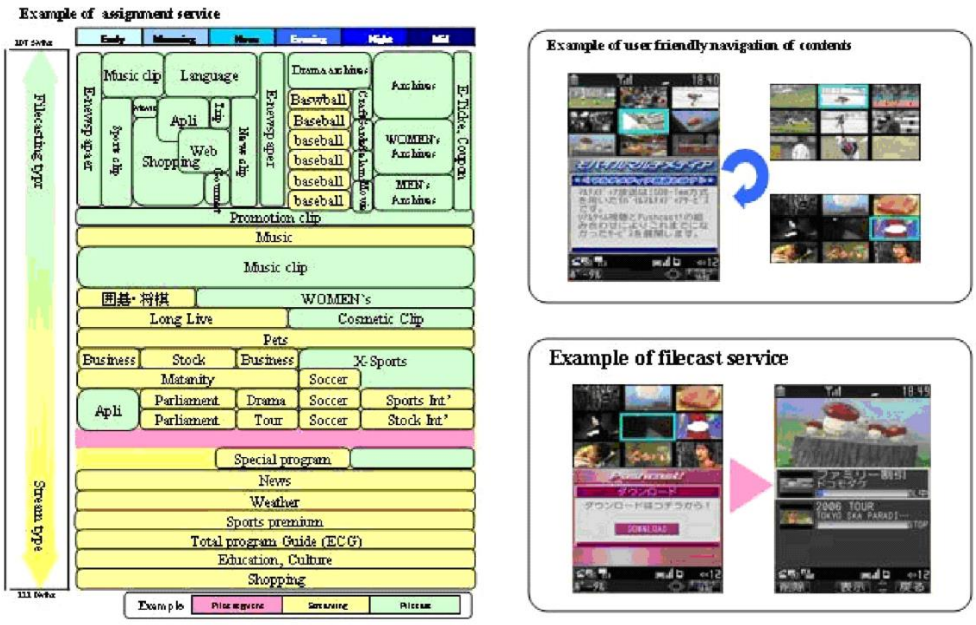


DTTB-09-58

وفي الشكل 59.9 مثال لمجموعة من البرامج. ويمكن أن يوفر البث المتعدد الوسائط ISDB-T محتوى غنياً يشتمل على الأخبار والرياضة والأفلام والموسيقى والروايات وأسعار الأسهم والألعاب.

الشكل 59.9

مثال لمجموعة من البرامج



DTTB-09-59

6.9 الإذاعة الرقمية متعددة الوسائط للأرض DTMB وDTMB-A

جرى تطوير الإذاعة الرقمية متعددة الوسائط للأرض (DTMB) واعتمادها من جانب إدارة التقييس في جمهورية الصين الشعبية، بوصفها GB20600-2006 "بنية الأرتال وتشفير القنوات وتشكيلها من أجل الإذاعة التلفزيونية الرقمية متعددة الوسائط للأرض" [45.9].

وقد صمم نظام الإذاعة DTMB لتوفير خدمة بث فيديوي وصوت وبيانات موثوقة عالية الأداء لجميع المستقبلات الثابتة والمحمولة والمتنقلة والمحمولة باليد. وبفضل اعتماد تقنيات مثل تزامن تعدد الإرسال OFDM (TDS-OFDM) وشفرات تصحيح الخطأ السلسالي التي تجمع بين شفرة فحص التعادلية المنخفضة الكثافة (LPDC) وشفرة BCH، يتمتع نظام DTMB بمزايا كفاءة الطيف العالية والتغطية الواسعة والتنقلية العالية، ويمكنه أن يتعامل بسهولة مع واجهة متعددة المسيرات.

ويشتمل نظام DTMB على طائفة واسعة متنوعة من معلمات الإرسال، مثل توليفة الكوكبات ومدة فاصل الحراسة وشفرة القناة الداخلية، وما إلى ذلك. وبما أن واجهة البيانات التي يدعمها النظام DTMB مرنة، فإنه يمكن إرسال كل تدفقات البيانات التي لها بنية تدفق النقل، بما في ذلك MPEG-2 وMPEG-4/H.264 والمعيار السمعي الفيديوي (AVS) وميار تكييف الاستبانة الدينامي (DRA) وغيرها. ويمكن أيضاً دعم بنى بيانات أخرى بعد التحويل. ويمكن لمعيار DTMB أن يدعم الاستقبال الثابت أو المتنقل وكذلك الاستقبال الداخلي/الخارجي للتلفزيون عالي الوضوح (HDTV) أو التلفزيون عادي الوضوح (SDTV) أو خدمات بث بيانات الوسائط المتعددة. وعرض النطاق في نظام DTMB المستخدم في الصين هو 8 MHz. ويمكن لنظام DTMB أن يدعم أيضاً عرضي النطاق 6 MHz و7 MHz. وهكذا يمكن استخدام DTMB في مختلف البلدان بأساليب عرض نطاق مختلفة. وتتناول البيانات والأرقام الواردة في هذا القسم نظاماً في قناة بعرض نطاق 8 MHz.

وثمة بديل أحدث وأكثر كفاءة من النظام DTMB وهو نظام DTMB المتقدم (DTMB-A) الذي يسمى النظام E في المرجع [33.9]. والمعيار الوطني المقابل هو المعيار الصيني GD/J 068-2015 "بنية الأرتال وتشفير القنوات وتشكيل التلفزيون الرقمي/الإذاعة المتعددة الوسائط للأرض المتقدمة (DTMB-A) [46.9]. ويوفر هذا البديل كفاءة أعلى مما يوفره النظام DTMB من حيث الضوضاء والمناعة من التداخل بفضل طرائق تصحيح الأخطاء المتقدمة والتشذير ومقابلة الكوكبات. ومن شأن هذه التحسينات أن توسع إمكانات النظام لتشمل التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) وبث البيانات مع إمكانية العمل في شبكات وحيدة التردد ومتعددة التردد.

وترد معلومات إضافية عن إدخال النظام DTTB في الصين في المرجع [152.9].

1.6.9 النموذج المعماري

يحتوي الشكل 60.9 على مثال لكدسة بروتوكول تُستخدم في النظام DTMB. والبروتوكول الرئيسي لإرسال المعلومات السمعية البصرية عبر الوسائط المادية هو تدفق النقل MPEG-2.

الشكل 60.9

مثال لكدسة بروتوكول النظام DTMB

<table>
<tr><td colspan="6">التطبيق (استنساخ، تسجيل، وغير ذلك)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">MPEG-4
AVC</td><td rowspan="2">MPEG-2 فيديو</td><td rowspan="2">MPEG صوت</td><td rowspan="2">DTS ،AC-3</td><td>نصوص
جارية/تلفزيونية</td><td>EPG،
ESG</td></tr>
<tr><td>PSI</td><td>SI</td></tr>
<tr><td colspan="4">PES MPEG-2</td><td colspan="2">قسم MPEG-2</td></tr>
<tr><td colspan="6">تدفق النقل</td></tr>
<tr><td colspan="6">الطبقة المادية في DTMB (LPDC، M-QAM، وغير ذلك)</td></tr>
</table>

DTTB-09-60

ويتقبل المعيار DTMB طائفة من معدلات البتات (أي معدلات بيانات الحمولة النافعة للنظام) تتراوح من 4,813 Mbit/s إلى 32,486 Mbit/s. ومن المهم معرفة معدلات البتات اللازمة لمختلف الخدمات لتخطيط الترددات/الشبكات. وبما أن جودة الفيديو تتوقف على خوارزمية الانضغاط فإن نسبة الانضغاط وعدد المراحل السلسالية للانضغاط واختيار معدل البيانات ينبغي أن تقوم على أساس الدراسة الشاملة لسلسلة الالتقاط والتسجيل والتنقيح والتشكيل بأكملها.

ويمكن الاطلاع على معدلات البتات النموذجية لمختلف معايير جودة الصورة ومعايير التشفير الفيديوي والصوتي في الفصل 3.

ويدعم النظام DTMB-A معدلات بتات أعلى لكل قناة إذاعية (تصل إلى 49,31 Mbit/s في قناة 8 MHz) مع أنبوب أو أكثر لكل قناة من أجل أسلوب التشفير والتشكيل المتغاير (VCM). وتوفر هذه الحماية المتمايزة للخدمات كفاءة أفضل في استخدام القنوات لأنواع مختلفة من الخدمات (من الاستقبال الثابت الساكن إلى التلفزيون المتنقل). وهي تحسن أيضاً أداء النظام من حيث عدد البرامج التلفزيونية أو الوسائط المتعددة لكل قناة أو من حيث الجودة السمعية البصرية للمحتوى المرسَل (تبعاً للمفاضلة المطلوبة في النظام).

2.6.9 التقنيات الرئيسية في النظام DTMB/DTMB-A

مقارنة بمعايير البث التلفزيوني الرقمي للأرض الأخرى، تُعتمد التقنيات الرئيسية التالية في النظام DTMB لتحسين الأداء:

رأسية رتل الضوضاء شبه العشوائي (PN): من أجل تحقيق تزامن النظام وتقدير القناة والتعادل، يتم إدراج متواليات شبه عشوائية (PN) من شفرة الضوضاء مصممة خصيصاً بمثابة فواصل الحراسة في النظام DTMB. وباستخدام هذه المتواليات شبه العشوائية، يمكن للمستقبل تحقيق تزامن سريع وقوي فضلاً عن تقدير قناة عالي الكفاءة. كما أن معادلة مجال التردد أيضاً بسيطة جداً. وكذلك يمكن استخدام رأسية الرتل PN بمثابة متوالية التدريب في معادل مجال زمني. ونظراً لغياب الأدلة في متن رتل البيانات، تزداد أيضاً كفاءة الطيف في النظام DTMB.

وفيما يلي تفصيل مزايا وخصائص استخدام المتوالية شبه العشوائية (PN):

- يمكن استعمال متوالية PN مدرجة بمثابة فاصل حراسة لتحقيق تزامن النظام وتقدير/معادلة القناة. ولذلك لا حاجة إلى الأدلة فضلاً عن تزايد كفاءة الطيف.
- ترسل المتوالية PN بواسطة تقنية الطيف المنتشر: يؤدي الترابط التلقائي الكامل وكسب الطيف المنتشر إلى تعزيز المزامنة. ومن جهة أخرى يجري الارتباط في المجال الزمني ومن ثم يكون التزامن سريعاً جداً.
- تقتصر الاستفادة من الترابط التلقائي والعشوائية للمتوالية PN المعروفة وتقدير القناة لنظام DTMB على الرتل الراهن. لذلك يكون من السهل تلبية متطلبات الاستقبال المتنقل عالي السرعة.

- المتوالية PN معروفة في المستقبِل، ومن ثم يمكن من الناحية النظرية إزالة التداخل من المتوالية PN في متن الرتل بعملية ارتباط بعد التزامن وتقدير القناة. وبعد هذه المعالجة، يمكن الحصول على نفس إشارة متن الرتل مع إشارة تعدد الإرسال OFDM بالتبطين الصفري. وقد ثبت نظرياً أن أداء النظام لفاصل حراسة مبطن صفرياً هو نفسه لفاصل الحراسة بالتمديد الدوري في نفس ظروف القناة.

ويحتوي الرتل الكبير في النظام DTMB-A على قناة تزامن محددة تستخدم لسرعة الحصول على الإشارة وتزامن التوقيت الخشن وتقدير تخالف تردد الموجة الحاملة. وترسل معلومات الدليل بطريقة DBPSK في رمز OFDM واحد مع بادئتين دوريتين.

تشفير القنوات المتقدم: الشفرات الخارجية والداخلية المستخدمة في معيار DTMB هي شفرات BCH وشفرات LDPC على التوالي. وطول شفرة الكلمة لشفرة LDPC هو 488 7 بتة. وهناك ثلاثة معدلات شفرة لتصحيح الأخطاء FEC (BCH+LDPC) في النظام، أي 0,4 (7488، 3008) و0,6 (7488، 4512) و0,8 (7488، 6016). ويتسم معدل الشفرة 0,4 بأعلى معدل من الإطناب، وكذلك بأعلى قدر من موثوقية الإرسال. وينبغي تطبيق هذا الأسلوب على القنوات المضطربة بشدة. ومن ناحية أخرى، فإن معدل الشفرة 0,8 لديه إطناب منخفض وقدرة منخفضة على حماية الخطأ. ومعدل الشفرة 0,6 هو خيار وسط.

وتساعد شفرة BCH الخارجية على تكييف المعدل وتخفض عتبة الخطأ في النظام. ومن خلال الاختبار التجريبي، تبين أن عتبة الخطأ لنظام DTMB هي دون 1×10^{-12}.

كما أن الحماية من الأخطاء في النظام DTMB-A تستند أيضاً إلى شفرة LDPC/BCH ولكن بطول رتل مشفر مختلف (رتل مشفر قصير مع 360 15 بتة ورتل مشفر طويل مع 440 61 بتة). وتكون البدائل الممكنة لمعدل الشفرة هي 1/2 (720 30، 512 30) و2/3 (960 40، 752 40) و5/6 (200 51، 992 50) مع تصحيح لما يصل إلى 13 بتة خاطئة ممكنة.

حماية معلومات النظام: معلومات النظام هي جزء هام من رتل الإشارات يرسل في رموز متن الرتل. ويتضمن كل رتل إشارات 36 رمزاً لمعلومات النظام تستعمل لتوفير المعلومات اللازمة لإزالة التشكيل وفك التشفير بما في ذلك أساليب مقابلة الكوكبات ومعدلات LDPC وأساليب التشذير وخيارات الموجات الحاملة الفرعية (وحيدة أو متعددة). ويستطيع المستقبل التعرف على أسلوب النظام باستخدام معلومات النظام تلقائياً.

وفي أنظمة DTMB، ترسل معلومات النظام باستعمال تقنية طيف انتشار الشفرة Walsh لضمان الاستعادة الموثوقة لمعلومات النظام في ظروف قناة قاسية.

ويستعمل النظام DTMB-A معدل 2/3 شفرة LDPC لحماية قناة وصف رتل النظام الخاص ومقابلة الإبراق التربيعي بزحزحة الطور (QPSK) لتحسين المتانة.

3.6.9 الطبقة المادية في النظام DTMB

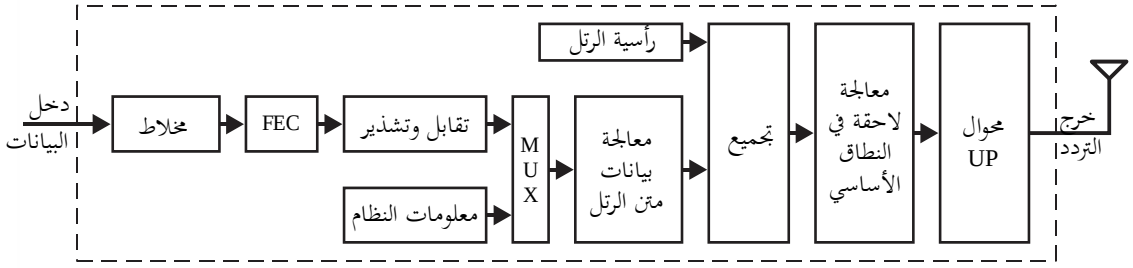
يتم في النظام DTMB تطبيق معالجة النطاق الأساسي التالية على تدفق بيانات الدخل بالتتابع:

- التخليط
- التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC)
- مقابلة الكوكبات
- التشذير
- تعدد إرسال فدرة البيانات الأساسية ومعلومات النظام
- دمج متن الرتل ورأسية الرتل لبناء إشارة الرتل
- استخدام المعالجة اللاحقة في النطاق الأساسي لتوليد إشارة النطاق الأساسي.

وبعد هذه العمليات، يجري تحويل إشارة النطاق الأساسي إلى إشارة تردد في نطاق الموجات الديسيمترية (UHF) أو المترية (VHF). ويتضمن الشكل 61.9 المخطط البياني لنظام الإرسال DTMB.

الشكل 61.9

المخطط البياني لنظام الإرسال DTMB



DTTB-09-61

وبما أن النظام مصمم لخدمات التلفزيون الرقمي للأرض للتشغيل في حدود توزيعات الطيف القائمة للترددات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) للإرسالات التماثلية، فإن من المطلوب أن يوفر النظام حماية كافية من المستويات العالية للتداخل في نفس القناة (CCI) والتداخل من القنوات المجاورة (ACI) المنبثقة عن خدمات التلفزيون التماثلي القائمة.

4.6.9 أداء النظام DTMB

يمكن، باختصار، اختيار المعلمات التالية في النظام DTMB:

- عدد الموجات الحاملة المشعة:
  - DTMB: 1 أو 3 780 موجة حاملة؛
  - DTMB-A: 4 096 أو 8 192 أو 32 768 موجة حاملة.
- تخفيض نسبة طاقة الذروة إلى الطاقة المتوسطة (PAPR) في النظام DTMB-A: توسيع فعال خاص للكوكبات (ACE) من أجل كوكبة الإبراق بزحزحة الاتساع والطور (APSK) كخيارات.
- معدلات شفرة التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) في القناة الداخلية:
  - DTMB: 0,4: 7488/3009، 0,6: 7488/4512، 0,8: 7488/6016؛
  - DTMB-A: 1/2 و2/3 و5/6.
- أساليب الكوكبات:
  - DTMB: 64QAM: 6 bits/Hz و32QAM: 5 bits/Hz و16QAM: 4 bits/Hz و4QAM: 2 bits/Hz و4QAM-NR: 1 bit/Hz؛
  - DTMB-A (خاص بكل قناة خدمة): QPSK: 2 bits/Hz، 16ASPK: 4 bits/Hz، 64ASPK: 6 bits/Hz، 256APSK: 8 bits/Hz.
- عامل تلاشي الرمز المشكّل في النظام DTMB-A: 0,05 و0,025.
- مدة فاصل الحراسة:
  - DTMB: 1/9: 55,6 µs، 1/6: 78,7 µs، 1/4: 125 µs؛
  - DTMB-A: 1/128 و1/64 و1/32 و1/16 و1/8 و1/4 (تبعاً لأسلوب OFDM وعامل التلاشي، مزيد من التفاصيل في المرجع [33.9]).
- المدة الإجمالية للرمز (رتل الإشارات):
  - DTMB: 555,6 µs، 578,7 µs، 625 µs؛
  - DTMB-A: 610-4467 µs (مزيد من التفاصيل في المرجع [33.9]).

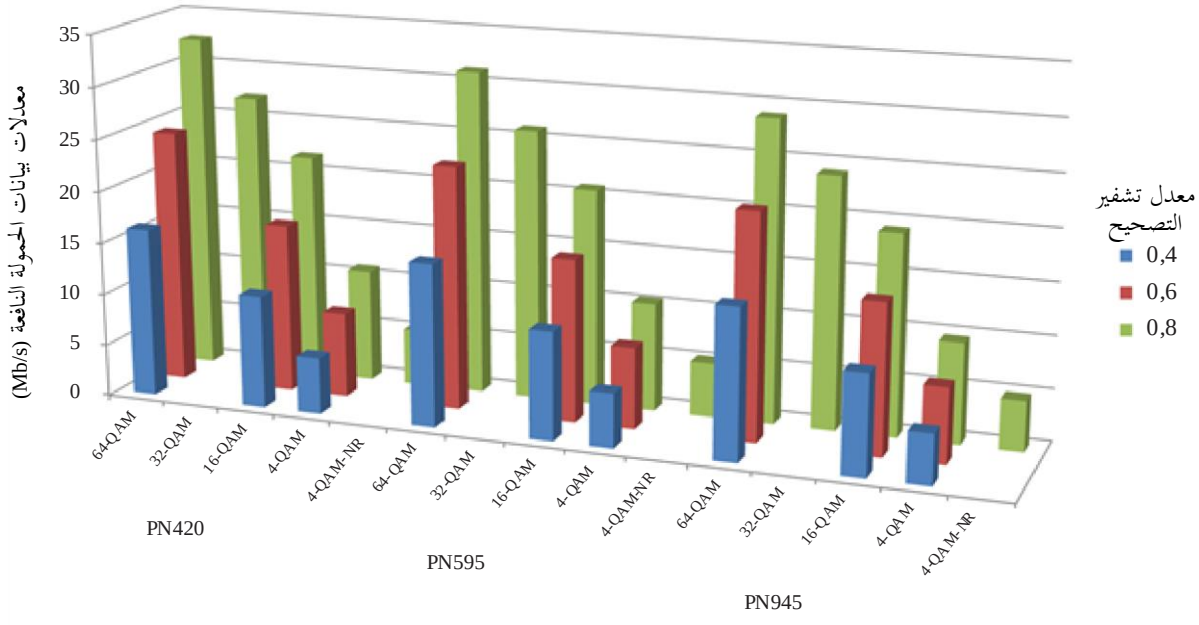
- رأسية رتل النظام DTMB: 420، 595، 945 µs.
- عمق تشذير مجال الزمن DTMB: 240، 720.
- التشذير الخاص بالنظام DTMB-A: تشذير البتات ومبادلة البتات، تشذير رموز التشكيل، تشذير الزمن لقناة خدمة معينة.
- مرونة النظام DTMB-A: يستخدم النظام DTMB-A مفهوم رتل التمديد. يمكن استخدام رتل التمديد بمثابة إشارات فارغة أو لخدمات الوصلة الصاعدة.
- تنوع إرسال النظام DTMB-A: أسلوب هوائي وحيد أو ثنائي ممكن لمزيد من التحسينات في أداء المستقبل. يستخدم النظام DTMB-A تشكيلاً اختيارياً بدخل متعدد وخرج وحيد (MISO 1 × 2) بتشفير Alamouti في مجال الفضاء–التردد.

ويمكن الجمع بين هذه المعلمات على النحو المطلوب لتوفير المفاضلة المطلوبة بين الحصانة من الضوضاء ومعدل البتات الصافي في شبكة إذاعة رقمية متعددة الوسائط للأرض (DTMB).

وهناك خمسة أنماط مختلفة من الكوكبات المستخدمة في معيار الإذاعة الرقمية DTMB من أجل متطلبات الإرسال المختلفة، أي 64-QAM و32-QAM و16-QAM و4-QAM و4-QAM-NR، مع 6 بتات و5 بتات و4 بتات و2 بتة و1 بتة لكل رمز كوكبة، على التوالي. وبالنسبة إلى مقابلة 4-QAM-NR، وهو ما يعادل أسلوب 4-QAM، يعتمد التشفير دون مرجع (NR) قبل مقابلة 4-QAM. وبالمقارنة مع نمط الكوكبة 4-QAM بالنسبة إلى نمط رأسية الرتل المحدد ومعدل تشفير التصحيح FEC، يكون معدل بيانات الحمولة النافعة بالنسبة إلى 4-QAM-NR هو النصف، ويضاعف 16-QAM، وبالنسبة لـ 64-QAM ثلاثة أضعاف الحمولة النافعة لتلك في الكوكبة 4-QAM، على التوالي. وبالنسبة إلى معدل تشفير تصحيح FEC معين وحالة القناة نفسها، تكون القدرة المضادة للتداخل في 4-QAM هي الأفضل في حين أن قدرة 64-QAM هي الأسوأ. ويرد في الشكل 62.9 معدل الحمولة النافعة لنظام DTMB لجميع الأساليب.

الشكل 62.9

معدلات بيانات الحمولة النافعة لنظام إذاعة رقمية متعددة الوسائط للأرض (DTMB)



DTTB-09-62

وتستند كوكبات DTMB-A إلى مقابلات الإبراق QPSK وM-PSK (M = 16, 64, 256) مع إمكانية تحديد قيمة مختلفة لترتيب التشكيل M لكل قناة فرعية منفصلة (خط أنابيب). وتسمى هذه العملية التشفير والتشكيل المتغاير (VCM) وتستخدم لإرسال تفاضلي لخدمات مختلفة. ومن الممكن استخدام أسلوب قياسي (دون إرسال تفاضلي) للتشكيل في التشفير والتشكيل الثابتين (CCM).

ويتسم معدل تشفير التصحيح FEC البالغ 0,4 بأكبر قدر من الإطناب وأفضل موثوقية في الإرسال. وهذا الأسلوب مناسب للقنوات المضطربة بشدة. ومن ناحية أخرى، يتسم معدل تشفير التصحيح FEC البالغ 0,8 بأصغر قدر من الإطناب وأدنى مقدرة على الحماية من الأخطاء. وينطبق نفس المفهوم على معدلات شفرة LDPC في النظام DTMB-A. وإجمالاً يوفر النظام DTMB-A أداء من حيث الخطأ أفضل من أداء DTMB ولكن مع زيادة تعقيد خوارزميات النظام ومتطلبات المعدات الحاسوبية.

وفي أنظمة DTMB، تَستخدم رأسية الرتل متواليات ضوضاء شبه عشوائية (PN) يمكن استعمالها لتزامن سريع وتقدير/تعادل للقناة بكفاءة عالية. وهنالك ثلاثة خيارات لطول رأسية الرتل للتعامل مع القنوات متعددة المسيرات. حيث تساعد رأسية رتل النظام الأطول على مقاومة الأصداء الأطول، ولكنها تقلل معدل بيانات الحمولة النافعة للنظام. ورأسية رتل النظام الأطول مناسبة للتشغيل في منطقة شبكة SFN واسعة.

ويكون للرتل الكبير في النظام DTMB-A بنية أكثر تعقيداً مما هي في النظام DTMB مع رأسية محددة (تسمى قناة التزامن). والهدف من هذا التعقيد هو زيادة دقة تزامن المستقبل وتوفير وسائل إضافية لاستبانة واكتشاف إشارة DTMB-A في قناة التردد الراديوي. وفي قناة التزامن، يتم تحويل متواليتين لضوضاء شبه عشوائية (PN) محددتين بعد تشكيل ثنائي تفاضلي بزحزحة الطور (DBPSK) في مجال الزمن. ويوفر هذا النهج مزيداً من الموثوقية في المستقبِل.

والغرض من تشذير مجال الزمن هو تحسين القدرة على مقاومة التداخل النبضي. ويتم تشذير رمز مجال الزمن عبر عدة فدرات من رموز البيانات. ويستخدم التشذير التلافيفي القائم على رموز الكوكبات في تشذير مجال الزمن. وهنالك أسلوبان للتشذير في مجال الزمن بمعلمة عمق تشذير مختلفة M (حجم التخزين المؤقت لنميطة التأخر الأساسية) لنفس عدد فروع التشذير B وعددها 52. ويستخدم الأسلوب M = 720 للتشذير الطويل والأسلوب M = 240 للتشذير القصير. وأسلوب التشذير الطويل مناسب لأخطاء الإرسال في الرشقات الكبيرة. ويؤدي التداخل النبضي الشديد أو الخبو متعدد المسيرات إلى حدوث أخطاء كبيرة في إرسال الرشقات.

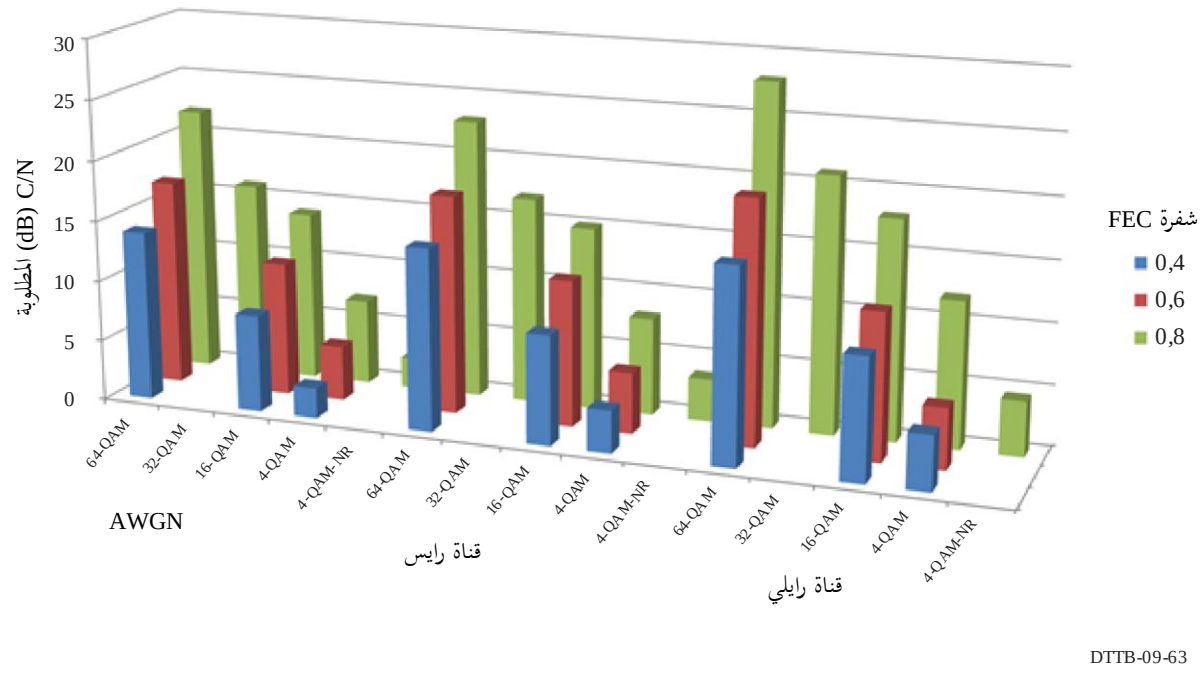
وتكون مراحل التشذير في النظام DTMB-A أكثر تعقيداً بسبب طول فدرات البيانات وضرورة إرسال البيانات الموثوق في ظروف القناة المتغايرة من حيث التردد/الزمن. وهناك ثلاث مراحل من التشذير – تشذير البتات والمبادلة بعد تشفير التصحيح FEC والتشذير داخل رموز الإبراق التربيعي بزحزحة الطور (QPSK) أو تشكيل الإبراق بزحزحة الاتساع والطور (M-APSK) المشكّلة وفيما بينها والتشذير الزمني لتوليد خطوط الأنابيب في أسلوب وحيد الخدمة ومتعدد الخدمات.

ويتميز نظاما DTMB وDTMB-A بأداء استقبال مرضٍ في كل من الضوضاء الغوسية البيضاء المضافة (AWGN) وقنوات الخبو متعددة المسيرات، التي تصادف في حالات معقدة متعددة المسيرات وفي الشبكات SFN.

ويوضح الشكل 63.9 والجدول 41.9 عتبات النسبة C/N لنظام DTMB في قنوات AWGN وقنوات Rice وRayleigh. ويبين الجدول 42.9 عتبات النسبة C/N لنظام DTMB-A في نفس القنوات الثلاث. وترد قناة رايس المستخدمة في اشتقاق هذه الأرقام في الجدول 43.9 وقناة Rayleigh في الجدول 44.9.

الشكل 63.9

عتبة النسبة C/N في نظام DTMB



الجدول 41.9

عتبة النسبة C/N في نظام DTMB

الكوكبة	معدل تشفير FEC	عتبة C/N (dB)		
		AWGN	فناة رايس	قناة رايلي
4QAM	0,4	2,5	3,5	4,5
16QAM	0,4	8,0	9,0	10,0
64QAM	0,4	14,0	15,0	16,0
4QAM	0,6	4,5	5,0	7,0
16QAM	0,6	11,0	12,0	14,0
64QAM	0,6	17,0	18,0	20,0
4QAM-NR	0,8	2,5	3,5	4,5
4QAM	0,8	7,0	8,0	12,0
16QAM	0,8	14,0	15,0	18,0
32QAM	0,8	16,0	17,0	21,0
64QAM	0,8	22,0	23,0	28,0

الجدول 42.9

عتبة النسبة C/N في نظام DTMB-A

الكوكبة	معدل تشفير FEC	عدد الموجات الحاملة	طول LDPC	الصبيب (Mbps)	عتبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء (dB)		
					AWGN	قناة رايس	قناة رايلي
QPSK	1/2	4K	61440	6,66	1,2	1,6	3,7
64APSK	2/3	4K	61440	26,69	13,3	14,1	16,8
64APSK	2/3	4K	15360	26,69	13,7	14,4	17,1
256APSK	2/3	32K	61440	39,41	17,9	18,2	21,2
256APSK	5/6	32K	61440	49,31	22,4	22,8	27,4

الجدول 43.9

نموذج قناة رايس في نظام DTMB

المسير	الاتساع النسبي (dB)	التأخر (µs)	الطور (درجة)
المسير الرئيسي	0	0	0
الصدى 1	9,2−	0,518650	336,0
الصدى 2	36,2−	1,003019	278,2
الصدى 3	26,4−	5,422091	195,9
الصدى 4	21,8−	2,751772	127,0
الصدى 5	23,1−	0,602895	215,3
الصدى 6	35,6−	1,016585	311,1
الصدى 7	27,9−	0,143556	226,4
الصدى 8	26,1−	3,324886	330,9
الصدى 9	19,3−	1,935570	8,8
الصدى 10	22,0−	0,429948	339,7
الصدى 11	20,5−	3,228872	174,9
الصدى 12	23,0−	0,848831	36,0
الصدى 13	24,3−	0,073883	122,0
الصدى 14	26,7−	0,203952	63,0
الصدى 15	27,9−	0,194207	198,4
الصدى 16	23,8−	0,924450	210,0
الصدى 17	30,1−	1,381320	162,4
الصدى 18	24,5−	0,640512	191,0
الصدى 19	23,1−	1,368671	22,6

الجدول 44.9

نموذج قناة رايلي في نظام DTMB

المسير	الاتساع النسبي (dB)	التأخر (µs)	الطور (درجة)
1	7,8−	0,518650	336,0
2	24,8−	1,003019	278,2
3	15,0−	5,422091	195,9
4	10,4−	2,751772	127,0
5	11,7−	0,602895	215,3
6	24,2−	1,016585	311,1
7	16,5−	0,143556	226,4
8	25,8−	0,153832	62,7
9	14,7−	3,324886	330,9
10	7,9−	1,935570	8,8
11	10,6−	0,429948	339,7
12	9,1−	3,228872	174,9
13	11,6−	0,848831	36,0
14	12,9−	0,073883	122,0
15	15,3−	0,203952	63,0
16	16,5−	0,194207	198,4
17	12,4−	0,924450	210,0
18	18,7−	1,381320	162,4
19	13,1−	0,640512	191,0
20	11,7−	1,368671	22,6

وفيما يتعلق بالاستقبال المتنقل، يتوقف اختيار أساليب المقابلة ومعدلات تشفير FEC على أداء النظام في القناة الدينامية متعددة المسيرات مع زحزحة تردد Doppler. ويبين الجدول 45.9 النسبة C/N المطلوبة وزحزحة تردد Doppler المقابلة في قناة دينامية لتوليفات من أساليب مقابلة الكوكبات ومعدلات شفرة FEC لنظام DTMB، حيث $(C/N)_{min}$ هي الحد الأدنى لنسبة C/N للاستقبال العادي عندما يكون تردد Doppler بمقدار 70 Hz، ويكون تردد Doppler المقابل هو أقصى تردد Doppler للاستقبال العادي عندما تكون النسبة C/N أعلى بمقدار 3 dB من $(C/N)_{min}$. ويرد في الجدول 46.9 نموذج للقناة الدينامية.

الجدول 45.9

أداء النظام DTMB في قناة دينامية

الكوكبة	معدل تشفير FEC	f_d=70Hz $(C/N)_{min}$ (dB)	f_d (Hz) من أجل $(C/N)_{min}$ + 3 dB	السرعة (km/h) من أجل $(C/N)_{min}$ + 3 dB			
				65 MHz	200 MHz	500 MHz	700 MHz
4-QAM	0,4	6	62	2692	875	350	250
16-QAM	0,4	12	134	2226	724	290	207
4-QAM	0,6	10	148	2459	799	320	228
16-QAM	0,6	17	116	1927	626	251	179
4-QAM-NR	0,8	6	162	2692	875	350	250
4-QAM	0,8	14	123	2044	664	266	190

الجدول 46.9

نموذج القناة الدينامية في نظام DTMB

التفريع	الكسب (dB)	التأخر (µs)	نمط Doppler
1	3−	0	رايس
2	0	0,2	رايس
3	2−	0,5	رايس
4	6−	1,6	رايس
5	8−	2,3	رايس
6	10−	5,0	رايس

أداء النظام DTMB-A: تقع نسبة C/N المطلوبة عبر قناة AWGN لنظام DTMB-A في المدى 0,62-21,08 dB لمختلف توليفات التشكيل (QPSK، M-APSK) وتشفير القنوات (1/2، 2/3، 5/6). وهذه القيم هي من أجل $BER=1\times10^{-5}$ وعرض نطاق 7,56 MHz. وثمة المزيد من المعلومات عن أداء النظام DTMB-Aفي "تقرير الاختبار الميداني لنظام التطور من أجل DTMB" [47.9].

5.6.9 موجز معلمات النظام

يوجز الجدول 47.9 خصائص النظام DTMB (انظر أيضاً [43.9]). ويوجز الجدول 48.9 خصائص النظام DTMB-A.

الجدول 47.9

الخصائص الرئيسية للنظام DTMB

الخصائص	DTMB
أساليب الاستقبال:	
– ثابت	+
– محمول	+
– محمول باليد	+
– متنقل	+
معدل البيانات الصافي	حسب التشكيل والشفرة ورأسية الرتل أ) 3,610-24,436 Mbit/s ب) 2,085-4,211 Mbit/s ج) 2,383-4,813 Mbit/s
كفاءة استعمال الطيف (bit/s/Hz)	0,64-4,30
شبكات وحيدة التردد (SFN)	مدعومة
أنماط البث:	
– صوت	
– وسائط متعددة	+
– تلفزيون	+
بيانات البث/أنماط الخدمة	فيديو، صوت، بيانات
نطاقات التردد	مترية (VHF)، ديسيمترية (UHF)
عروض نطاق القنوات	أ) 6 MHz ب) 7 MHz ج) 8 MHz
عرض النطاق المستعمَل	أ) 5,67 MHz ب) 6,62 MHz ج) 7,56 MHz

الجدول 47.9 (تتمة)

الخصائص	DTMB
عدد الأجزاء	1
عدد الموجات الحاملة الفرعية في كل جزء	1 (أسلوب موجة حاملة وحيدة)، 3 780 (أسلوب موجات حاملة متعددة)
المباعدة بين القنوات الحاملة الفرعية	أسلوب موجات حاملة متعددة: أ) 1,5 kHz ب) 1,5 kHz ج) 2,0 kHz
مدة نشاط الرمز	أ) 0,176 µs (أسلوب موجة حاملة وحيدة)، 666,67 µs (أسلوب موجات حاملة متعددة) ب) 0,151 µs (أسلوب موجة حاملة وحيدة)، 571,437 µs (أسلوب موجات حاملة متعددة) ج) 0,132 µs (أسلوب موجة حاملة وحيدة)، 500 µs (أسلوب موجات حاملة متعددة)
مدة/نسبة فاصل الحراسة	رأسية الرتل 1/9، 1/6، 1/4 من متن الرتل أ) 47,07، 104,94، 166,67 µs ب) 63,49، 89,95، 142,86 µs ج) 55,56، 78,70، 125,00 µs
مدة إرسال الرتل	أ) 470,74، 771,60، 833,33 µs ب) 634,92، 661,38، 714,29 µs ج) 555,56، 578,70، 625,00 µs
تزامن الوقت/التردد	تتابع الضوضاء شبه العشوائية (PN) بمثابة رأسية الرتل في رتل الإشارة
طرائق التشكيل	4-QAM-NR، 4-QAM، 16-QAM، 32-QAM، 64-QAM
التصحيح FEC الداخلي	شفرة LPDC 0,4 (7 488، 3 008)، 0,6 (7 488، 4 512)، 0,8 (7 488، 6 016)
التشذير الداخلي	في مجال التردد داخل رتل إشارة واحد (أسلوب موجات حاملة متعددة)
التصحيح FEC الخارجي	شفرة BCH (762، 752) مشتقة من BCH (1 023، 1 013)
التشذير الخارجي	تشذير تلافيفي خارجي في مجال الزمن، عدد فروع التشذير B = 52 وعمق التشذير M = 240، 720
عشوائية البيانات/تشتت الطاقة	تتابع اثنيني شبه عشوائي (PRBS)
الإرسال التراتبي	–
تشوير معلمات الإرسال	تنقل بواسطة 36 رمزاً من رموز معلومات النظام لكل رتل إشارة

الجدول 48.9

الخصائص الرئيسية للنظام DTMB-A

الخصائص	DTMB-A
أساليب الاستقبال:	
– ثابت	+
– محمول	+
– محمول باليد	+
– متنقل	+
معدل البيانات الصافي	حسب التشكيل والشفرة ورأسية الرتل أ) 3,75 Mbit/s 37 ب) 43,1-4,38 Mbit/s ج) 49,31-5,0 Mbit/s
كفاءة استعمال الطيف (bit/s/Hz)	8-2 (دون تشفير FEC)
شبكات وحيدة التردد (SFN)	مدعومة
أنماط البث:	
– صوت	
– وسائط متعددة	+
– تلفزيون	+
بيانات البث/أنماط الخدمة	فيديو، صوت، بيانات
نطاقات التردد	مترية (VHF)، ديسيمترية (UHF)
عروض نطاق القنوات	أ) 6 MHz ب) 7 MHz ج) 8 MHz
عرض النطاق المستعمَل	أ) 5,67 MHz (تلاشي 0,05)؛ ب) 5,83 MHz (تلاشي 0,025) ب) 6,62 MHz (تلاشي 0,05)؛ ب) 6,81 MHz (تلاشي 0,025) ج) 7,56 MHz (تلاشي 0,05)؛ ب) 7,78 MHz (تلاشي 0,025)
عدد الأجزاء	قابلة للتشكيل
عدد الموجات الحاملة الفرعية في كل جزء	4 096 (أسلوب 4k)، 8 192 (أسلوب 8k)، 32 678 (أسلوب 32،)
المباعدة بين القنوات الحاملة الفرعية (انظر الملاحظة 1)	أ) 1 846 Hz بعامل تلاشي 0,05، 1 899 Hz بعامل تلاشي 0,025 ب) 923 Hz بعامل تلاشي 0,05، 949 Hz بعامل تلاشي 0,025 ج) 231 Hz بعامل تلاشي 0,05، 237 Hz بعامل تلاشي 0,025
مدة نشاط الرمز (انظر الملاحظة 1)	أ) 541,80 µs بعامل تلاشي 0,05، 526,63 µs بعامل تلاشي 0,025 ب) 1 444,80 µs بعامل تلاشي 0,05، 1 404,34 µs بعامل تلاشي 0,025 أ) 5 779,19 µs بعامل تلاشي 0,05، 5 617,37 µs بعامل تلاشي 0,025
مدة/نسبة فاصل الحراسة (انظر الملاحظة 1)	أ) 1/8، 1/4، 1/2: 67,7، 135، 271 µs بعامل تلاشي 0,05 65,8، 132، 263 µs بعامل تلاشي 0,025 ب) 1/16، 1/8، 1/4: 67,7، 135، 271 µs بعامل تلاشي 0,05 65,8، 132، 263 µs بعامل تلاشي 0,025 ج) 1/94، 1/32، 1/16: 67,7، 135، 271 µs بعامل تلاشي 0,05 65,8، 132، 263 µs بعامل تلاشي 0,025

الجدول 48.9 (*تتمة*)

الخصائص	DTMB-A
مدة الرتل الأكبر	يبدأ الرتل الأكبر بقناة تزامن الرتل الأكبر وقناة تحكم لتشوير قنوات الخدمة. ولكل رتل أكبر عدد قابل للتشكيل من أرتال إشارات البيانات، مدته القصوى 250 µs
تزامن الوقت/التردد	قناة تزامن الرتل الأكبر والرمزان المزدوجان PN-MC لكل رتل إشارة
طرائق التشكيل	QPSK وAPSK-16 وAPSK-64 وAPSK-256/- محددة لكل قناة خدمة
التصحيح FEC الداخلي	شفرة LPDC 1/2 (30720، 30512)، 2/3 (40960، 40752)، 5/6 (51200، 50992)
التشذير الداخلي	تشذير البتات وتدوير البتات لكل قناة خدمة
التصحيح FEC الخارجي	شفرة BCH بحجم فدرة 61 440 أو 15 360 بتة
التشذير الخارجي	تشذير الزمن بشكل منفصل لكل قناة خدمة
عشوائية البيانات/تشتت الطاقة	تتابع اثنيني شبه عشوائي (PRBS)
الإرسال التراتبي	–
تشوير معلمات الإرسال	تقوم قناة التحكم بتشوير قناة الخدمة في الرتل الأكبر. ويبلغ حجم رتل الإشارة لقناة التحكم 4 096، ويصل طول الرمز PM-MC إلى 1 024، مشكلاً بإبراق تربيعي بزحزحة الطور (QPSK) وتشفير 2/3 15 360 المقطع المنخفض الكثافة لاختبار التعادلية (LDPC) من أجل تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM)

الملاحظة 1 – القيم مبينة لعرض النطاق 8 MHz. لعروض نطاق أخرى، انظر [33.9].

6.6.9 ميزانية الوصلة

يرد وصف معايير تخطيط النظامين DTMB وDTMB-A بوصفهما النظام D والنظام E في المرجع [42.9].

ويبين الجدولان 49.9 و50.9 ميزانيات الوصلة النموذجية لنظامي DTMB وDTMB-A.

الجدول 49.9

الحد الأدنى لمتوسط كثافة تدفق القدرة ومتوسط شدة المجال الدنيا المكافئة
في النطاق V ونسبة 70% و95% من احتمال الموقع
(شرط الاستقبال: ثابت خارج المبنى، منطقة حضرية، النطاق IV)

التردد	f (MHz)	500				
قيمة النسبة C/N الدنيا المطلوبة للنظام	C/N (dB)	2	8	14	20	26
القدرة الدنيا لدخل إشارة المستقبل	P_{smin} (dBW)	126,2−	120,2−	114,2−	108,2−	102,2−
الفلطية الدنيا المكافئة لدخل المستقبل (75 Ω)	U_{smin} (dBµV)	13	19	25	31	37
خسارة الكبل	L_f (dB)	3				
كسب الهوائي نسبة إلى نصف ثنائي الأقطاب	G (dBd)	10				
فتحة الهوائي الفعّالة	Aa (dBm^2)	3,3−				
كثافة تدفق القدرة الدنيا عند موقع الاستقبال	Φ_{min} (dBW/m^2)	119,9−	113,9−	107,9−	101,9−	95,9−
شدة المجال الدنيا المكافئة عند موقع الاستقبال	E_{min} (dBµV/m)	26	32	38	44	50
قيمة السماح من أجل الضوضاء الاصطناعية	P_{mmn} (dB)	0				
خسارة الارتفاع	L_h (dB)	0				
احتمالية الموقع: 70%						

الجدول 49.9 (*تتمة*)

التردد	(MHz) *f*				500
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_I	2,9			
كثافة تدفق القدرة المتوسطة الدنيا عند ارتفاع 10 m فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBW/m²) Φ_{med}	−117,0	−111,0	−105,0	−99,0	−93,0
شدة المجال المتوسط الدنيا عند ارتفاع 10 m فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBµV/m) E_{med}	29	35	41	47	53
احتمالية الموقع: 95%						
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_I	9				
كثافة تدفق القدرة المتوسطة الدنيا عند ارتفاع 10 m فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBW/m²) Φ_{med}	−110,9	−104,9	−98,9	−92,9	−86,9
شدة المجال المتوسط الدنيا عند ارتفاع 10 m فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBµV/m) E_{med}	35	41	47	53	59

الجدول 50.9

الحد الأدنى لمتوسط كثافة تدفق القدرة ومتوسط شدة المجال الدنيا المكافئة
في النطاق V ونسبة 70% و95% من احتمال الموقع
(شرط الاستقبال: ثابت خارج المبنى، منطقة حضرية، النطاق V)

التردد	(MHz) f	500				
قيمة النسبة *C/N* الدنيا المطلوبة للنظام	(dB) *C/N*	2	8	14	20	26
القدرة الدنيا لدخل إشارة المستقبل	(dBW) P_{smin}	−126,2	−120,2	−114,2	−108,2	−102,2
الفلطية الدنيا المكافئة لدخل المستقبل (75 Ω)	(dBµV) U_{smin}	13	19	25	31	37
خسارة الكبل	(dB) L_f	3				
كسب الهوائي نسبة إلى نصف ثنائي الأقطاب	(dBd) G	12				
فتحة الهوائي الفعّالة	(dBm²) Aa	−4,2				
كثافة تدفق القدرة الدنيا عند موقع الاستقبال	(dBW/m²) Φ_{min}	−117,0	−111,0	−105,0	−99,0	−93,0
شدة المجال الدنيا المكافئة عند موقع الاستقبال	(dBµV/m) E_{min}	29	35	41	47	53
قيمة السماح من أجل الضوضاء الاصطناعية	(dB) P_{mmn}	0				
خسارة الارتفاع	(dB) L_h	0				
احتمالية الموقع: 70%						
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_I	2,9				
كثافة تدفق القدرة المتوسطة الدنيا عند ارتفاع 10 m فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBW/m²) Φ_{med}	−114,1	−108,1	−102,1	−96,1	−90,1
شدة المجال المتوسط الدنيا عند ارتفاع 10 m فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBµV/m) E_{med}	32	38	44	50	56
احتمالية الموقع: 95%						
عامل تصحيح الموقع	(dB) C_I	9				
كثافة تدفق القدرة المتوسطة الدنيا عند ارتفاع 10 m فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBW/m²) Φ_{med}	−108,0	−102,0	−96,0	−90,0	−84,0
شدة المجال المتوسط الدنيا عند ارتفاع 10 m فوق سطح الأرض و50% من الزمن و50% من المواقع	(dBµV/m) E_{med}	38	44	50	56	62

وتصف الوثيقة GB/T2666-2011 "المبادئ التوجيهية لتنفيذ نظام البث التلفزيوني الرقمي للأرض" [174.9] بالتفصيل منهجية وضع ميزانية الوصلة في مختلفة سيناريوهات تنفيذ الشبكات.

7.6.9 أمثلة لاستخدام الإذاعة الرقمية المتعددة الوسائط للأرض (DTMB)

نشر العديد من المدن في الصين القارية، ومنها بيجين وشنغهاي، شبكات البث DTMB. كما تستخدم شبكات DTMB خارج الصين القارية، في كوبا ولاوس وكمبوديا وهونغ كونغ وماكاو مثلاً. وتختار مختلف هيئات البث معلمات وأساليب إرسال مختلفة لتلائم متطلبات كل منها.

شبكة DTMB في بيجين: هناك 4 قنوات لبث التردد الراديوي في بيجين. وتبث 6 برامج عادية الوضوح (SD) في القناة ذات التردد المركزي 666 MHz بمعدل بتات إجمالي قدره 21,658 Mbit/s. وتبث القنوات المتمركزة حول كل من 674 MHz و482 MHz برنامجاً واحداً عالي الوضوح (HD). ويبلغ معدل البتات 20,791 Mbit/s. ويستخدم كل من هذه القنوات الثلاث 16-QAM ومعدل تشفير FEC بمقدار 0,8، بينما تختلف رأسية رتل النظام. ويتم تشفير جميع البرامج بأسلوب MPEG2. وثمة قناة أخرى متمركزة حول التردد 546 MHz تركز على الاستقبال المتنقل، وهي تبث 5 برامج عادية الوضوح مشفرة مع انضغاط معياري لتشفير الصوت والفيديو (AVS).

شبكة DTMB في هونغ كونغ: تستخدم شبكة DTMB في هونغ كونغ الكوكبة 64-QAM، بمعدل تشفير FEC قدره 0,6، و945 PN بمثابة رأسية رتل النظام، ومعدل بيانات قدره 21,658 Mbit/s في جميع القنوات.

ويتم إرسال توليفة مرنة من برامج HD وSD في قنوات وحيدة لتلبي مختلف متطلبات المستعملين وتحفظ مورد النطاق اللاسلكي. مثال ذلك، ترسل القناة 586 MHz برنامجاً HD وبرنامجين SD، بينما ترسل القناة 602 MHz برنامجاً HD و3 برامج SD. وينفذ أسلوب الشبكة SFN في كلتا القناتين المذكورتين، حيث يتم تشفير جميع البرامج في نسق H.264.

ويطبق أسلوب الشبكة MFN أيضاً في هونغ كونغ، وتبث عدة برامج بتشفير H.264 في هذه القنوات.

شبكة DTMB في شنغهاي: تستخدم القناة بتردد مركزي 802 MHz وتشكيل 32-QAM ومعدل تشفير FEC بمقدار 0.8 ورأسية نظام 595 PN. ويبلغ معدل البتات 25,989 Mbit/s. وتنفذ تقنية التشفير الفيديوي AVS، ويبث 16 برنامجاً عادي الوضوح كحد أقصى في نفس الوقت.

وفي القناة 706 MHz، تستعمل توليفة معلمات مكونة من 16-QAM ومعدل تشفير FEC بمقدار 0,6 ورأسية رتل 945 PN ومعدل بتات 14,438 Mbit/s. وتستخدم هذه القناة أساساً للتطبيقات التجارية، مثل التلفزيون المتنقل وأجهزة التلفزيون في المباني وعربات المترو ولوحات الحافلات الإلكترونية وخدمة بث البيانات. ويتم بث بعض البرامج بالنفاذ المشروط (CA). وتستخدم مخططات تشفير فيديو مختلفة في هذه القناة، بما في ذلك MPEG-2 وAVS.

7.9 نظام الإذاعة الرقمي متعددة الوسائط للأرض (T-DMB)

النظام T-DMB هو النظام الموسَّع المتوافق مع نظام الإذاعة الصوتية الرقمية A، الذي يوفر خدمات فيديوية باستعمال شبكات T-DMB للمستقبلات المحمولة باليد في بيئة متنقلة. ويطلق عليه اسم النظام متعدد الوسائط A في المرجع [35.9].

ويمكن أن يغطي النظام T-DMB منطقة واسعة بمرسل واحد لأنه ينفذ عموماً في نطاق الموجات المترية (VHF) الذي يتطلب نسبياً شدة مجال أخفض قابلة للاستعمال. وتتطلب شدة المجال المنخفضة تبعاً لذلك قدرة مرسل أخفض ومن ثم تقلل من تكلفة الصيانة. وإذا كانت هنالك شبكات T-DAB قائمة للخدمات الصوتية فقط، يمكن إدخال شبكات T-DMB دون الحاجة إلى استبدال مرسلات T-DAB. ولا يتطلب الأمر سوى تركيب مجموعة من معددات الإرسال تشمل مشفراً فيديوياً من أجل إتاحة تطبيقات الفيديو والبيانات وكذلك الصوت الرقمي. وقد يكون من دواعي الاقتصاد توفير خدمات T-DMB عبر مرسلات T-DAB حيث يوفر نظام T-DMB خدمات الوسائط المتعددة بالإضافة إلى الخدمات السمعية.

1.7.9 النموذج المعماري ونموذج كدسة البروتوكولات

يعرض الجدول 51.9 كدسة بروتوكولات النظام T-DMB.

الجدول 51.9

كدسة بروتوكولات النظام T-DMB

<table>
<tr><td colspan="5">شاشة العرض وتفاعل المستعمل</td></tr>
<tr><td colspan="5">التكوين والتقديم</td></tr>
<tr><td>طبقة الانضغاط
(MPEG-4 AVC أو MPEG-4 ER-BSAC أو
MPEG-4 HE AAC)</td><td>واصف الغرض</td><td>معلومات
وصف المشهد</td><td>A/V من الغرض إلى
البيانات</td><td>المعلومات
في اتجاه المصدر</td></tr>
<tr><td colspan="5">التغليف (طبقة التزامن MPEG-4)</td></tr>
<tr><td colspan="2">طبقة التسليم</td><td colspan="3">MPEG-2 TS (PES)</td></tr>
<tr><td colspan="5">الشفرة الخارجية (شفرة RS والمشذر)</td></tr>
<tr><td colspan="5">أسلوب التدفق لنظام T-DAB (ETSI EN 300 401)</td></tr>
</table>

وتتكون الخدمة المتعددة الوسائط من ثلاث طبقات: طبقة انضغاط المحتوى وطبقة التزامن وطبقة النقل. ويُستخدم في انضغاط الفيديو النظام MPEG-4 AVC؛ ويمكن تشفير البيانات الصوتية باستخدام MPEG-4 ER-BSAC أو MPEG-4 HE-AAC أو MUSICAM.

ومحتويات MPEG-4 مغلفة عبر تدفق النقل MPEG-2 كما هو موضح في الجدول 51.9. ولمطابقة المحتوى السمعي المرئي، زمنياً ومكانياً، يستخدم المعيار ISO/IEC 14496-1 SL (طبقة المزامنة) في طبقة التزامن. وفي طبقة النقل المحددة في المعيار ETSI TS 102 428 [118.9] تستخدم بعض القيود المناسبة لتعدد إرسال البيانات السمعية البصرية المنضغطة. للاطلاع على مواصفات النظام، انظر التوصيات ITU-R BT.1833 [35.9] وBT.2016 [119.9] وBT.2054 [23.9] وBT.2055 [102.9] والتقرير ITU-R BT.2049 [112.9].

ويجري تعدد إرسال المعلومات عن هذه الخدمات السمعية البصرية في نظام MPEG-2 TS وتشفير القناة الخارجية وتطبق شفرة Reed-Solomon على الأداء الجيد لاستقبال الفيديو (للاطلاع على آلية الحماية من الأخطاء، انظر ETSI TS 102 427 [120.9]). وثمة معلومات مفيدة أخرى في المراجع [154.9-165.9].

2.7.9 التقنيات الرئيسية

التقنيات الرئيسية للنظام T-DMB هي تنفيذ خدمات الفيديو عبر مرسل T-DAB وتصحيح إضافي للأخطاء من أجل استقبال موثوق به.

التوافق مع نظام DAB (EN 300 401) [121.9]

- النظام T-DMB متوافق تماماً رجعياً مع نظام DAB. لذلك، يمكن نشر النظام T-DMB باستخدام البنية التحتية القائمة لإرسال النظام DAB دون أي تعديل.
- يمكن أن تتعايش خدمة الفيديو T-DMB مع الخدمات الراديوية DAB باستخدام MUSICAM أو MPEG-4 ER-BSAC أو MPEG-4 HE AAC في نفس المجموعة.

حماية أمامية قوية من الأخطاء لاستقبال قوي في بيئة متنقلة عالية السرعة

- يطبق النظام T-DMB طريقة إضافية للتصحيح الأمامي للأخطاء لضمان استقبال متنقل عالي السرعة لإشارة الفيديو.

- من الممكن، باستعمال آليتين معروفتين للحماية من الأخطاء في نظام التلفزيون الرقمي، استقبال شفرة RS والمشفر التلافيفي وخدمة T-DMB بشكل ثابت حتى في قطار عالي السرعة يجري بسرعة 300 كم/ساعة.

نظام متعدد الوسائط مع كفاءة في استخدام البتات

- يستند نظام T-DMB إلى تقنيات فعالة لانضغاط الوسائط المتعددة مثل ISO/IEC 14496-10 AVC وISO/IEC 14496-3 ER-BSAC أو ISO/IEC 14496-3 HE AAC لزيادة عدد خدمات الفيديو في مجموعة ما إلى الحد الأقصى. [122.9، 123.9]
- آليات التغليف وتعدد الإرسال المصممة بعناية والمستندة إلى ISO/IEC 14496-1 [124.9] بتدفق رزم SL و ISO/IEC 13818-1 MPEG-2 TS [7.9] تضيف الحد الأدنى من الرأسيات لغرض الترزيم وتعدد الإرسال.

3.7.9 الطبقة المادية وطبقة الوصلة

يوفر النظام T-DMB خدمات الوسائط المتعددة بما في ذلك الفيديو والصوت والبيانات المساعدة والخدمات التفاعلية المقدمة من خلال نظام T-DAB المحدد في التوصية ITU-R BS.1114 [125.9]. ونظام T-DMB هو امتداد لنظام T-DAB وهو يستخدم نفس الطبقات المادية وطبقات الوصلة التي يستخدمها نظام T-DAB. ويستطيع نظام T-DMB أن يقدم خدمات تفاعلية فيما يتعلق بشبكات الاتصالات المتنقلة باستخدام بروتوكول قائم على بروتوكول الإنترنت، مثل نقل أغراض الوسائط المتعددة (MOT) والتحكم في الأجهزة عبر بروتوكول الإنترنت (IPDC) وغيرهما.

4.7.9 أداء النظام

هناك حل وسط بين الأداء والسعة. ويتوقف أداء النظام على التصحيح FEC وحجم التحويل FFT ونطاق التردد المستخدم. والنظام T-DMB موثوق عند تشغيله في نطاق الموجات المترية (VHF) أكثر مما هو في نطاق الموجات الديسيمترية (UHF)، لأن نطاق الموجات VHF يتطلب شدة مجال أخفض مقارنة بنطاق الموجات UHF.

ويتطلب الاستقبال شبه الخالي من الأخطاء (QEF) لخدمة الفيديو خصائص نسبة الخطأ في البتات (BER) بمقدار 1×10^{-8} بعد مفكك التشفير. ومن الممكن لنظام T-DMB أن يحصل على استقبال فيديوي مستقر بتطبيق شفرة خارجية Reed-Solomon (188، 204) وتشذير تلافيفي. وقد أجرت جمهورية كوريا اختباراً ميدانياً من أجل تقدير أداء نظام T-DMB للاستقبال الفيديوي أثناء الحركة. وقبل الاختبار الميداني، أجريت اختبارات تقييم ذاتي للجودة في المختبر لتحديد قيمة العتبة للجودة الموضوعية القاصرة عن الجودة العالية. وتم تفسير نتيجة اختبار المختبر بأنها مقبولة للاستقبال الفيديوي الجيد عندما تكون نسبة الخطأ في البتات (BER) أقل من 2×10^{-4} قبل مفكك التشفير. وقد فحص الاختبار الميداني ما إذا كانت نسبة BER المقيسة تلبي عتبة معدل الخطأ المستمد من اختبار المختبر، وخلص إلى أن النظام T-DMB أظهر أداء حسناً لاستقبال فيديوي منتظم.

5.7.9 موجز معلمات النظام

يعرض الجدول 52.9 خصائص النظامين T-DMB/AT-DMB (انظر أيضاً التقرير ITU-R BT.2295-1 [43.9]).

الجدول 52.9

الخصائص الرئيسية للنظامين T-DMB/AT-DMB

الخصائص	T-DMB, AT-DMB
أساليب الاستقبال:	
– ثابت	+
– محمول	+
– محمول باليد	+
– متنقل	+
معدل البيانات الصافي	T-DMB: 0,576 إلى 1,728 Mbit/s AT-DMB: 0,864 إلى 2,304 Mbit/s عند BPSK فوق DQPSK AT-DMB: 1,152 إلى 2,88 Mbit/s عند QPSK فوق DQPSK
كفاءة استعمال الطيف (bit/s/Hz)	T-DMB: 1,13-0,38 AT-DMB: 1,88-0,56
الشبكات وحيدة التردد (SFN)	مدعومة
أنماط البث:	
– صوت	+
– وسائط متعددة	+
– تلفزيون	+
بيانات البث/أنماط الخدمة	فيديو، صوت، بيانات
نطاقات التردد	مترية (VHF)، ديسيمترية (UHF)
عروض نطاق القنوات	1,712 MHz
عرض النطاق المستعمَل	1,536 MHz
عدد الأجزاء	1
عدد الموجات الحاملة الفرعية في كل جزء	192؛ 384؛ 768؛ 1 536
المباعدة بين القنوات الحاملة الفرعية	أ) 8 kHz ب) 4 kHz ج) 2 kHz د) 1 kHz
مدة نشاط الرمز	أ) 156 µs ب) 312 µs ج) 623 µs د) 1 246 µs
مدة/نسبة فاصل الحراسة	أ) 31 µs ب) 62 µs ج) 123 µs د) 246 µs
مدة الرتل الفائق	96 ms؛ 48 ms؛ 24 ms
تزامن الوقت/التردد	الرمز الصفري والتردد المركزي ورمز مرجع الطور
طرائق التشكيل	T-DMB: DQPSK AT-DMB: DQPSK؛ BPSK فوق DQPSK؛ QPSK فوق DQPSK
التصحيح FEC الداخلي	T-DMB: شفرة تلافيفية (1/4 إلى 3/4) AT-DMB: شفرة تلافيفية + شفرة توربو (1/4 إلى 1/2)
التشذير الداخلي	تشذير الزمن وتشذير التردد
التصحيح FEC الخارجي	الشفرة RS (204، 188، T = 8) لخدمة الفيديو وخدمة الفيديو القابلة للتوسع
التشذير الخارجي	تشذير تلافيفي لخدمة الفيديو وخدمة الفيديو القابلة للتوسع
عشوائية البيانات/تشتت الطاقة	تتابع بتات شبه عشوائي (PRBS) من 16 بتة
الإرسال التراتبي	–
تشوير معلمات الإرسال	رمز مرجع الطور

6.7.9 ميزانية الوصلة

يطبق النظام T-DMB على نظام الإرسال T-DAB بمعلمات التخطيط المحددة في التوصية ITU-R BS.1660. ويسمح أسلوب الإرسال I بخدمة شبكة وحيدة التردد (SFN) إقليمية ونظام T-DMB في نطاق الموجات المترية (VHF). ويدعم النظام T-DMB مقدار 1,729 Mbit/s من معدل البيانات الصافي في مجموعة من 1,536 MHz، ولذلك تتوفر ثلاث أو أربع قنوات فيديوية بما في ذلك تطبيقات البيانات المساعدة.

ومعدلات شدة المجال القابلة للاستعمال من أجل النظام T-DMB في النطاق III مماثلة للقيم من أجل T-DAB الموصوفة في التوصية ITU-R BS.1660. وتبين الوثيقة أن من المناسب توفير استقبال فيديوي جيد بشدة مجال 59 dB(μV/m) استناداً إلى FEC 1/2 لنسبة 99% من الزمن عند ارتفاع هوائي المستقبل بمقدار 1,5 متر. وفي الأماكن الكثيفة بالسكان قد تكون هناك حاجة إلى ملء الثغرات لتعويض مناطق الحجب مثل الأماكن تحت الأرض أو داخل المباني في المناطق الحضرية. وتوفر شبكات T-DMB التي لها مرسل رئيسي عالي القدرة مع عدة مالئات للثغرات منخفضة القدرة طريقة أكثر فعالية للوسائط المتعددة المتنقلة مما توفره شبكات الإرسال الكثيفة التي لا تحتوي إلا على مرسلات عديدة منخفضة الطاقة.

7.7.9 أمثلة للاستعمالات الممكنة للنظام

يوفر النظام T-DMB مجموعة متنوعة من خدمات البيانات المساعدة مثل دليل البرامج الإلكتروني (EPG)، وموقع الويب الإذاعي (BWS)، وخدمات معلومات فريق خبراء بروتوكول النقل (TPEG)، فضلاً عن الخدمات السمعية البصرية (A/V). وقد نشأ نظام T-DMB من مفهوم أنشطة أعمال هيئات الإذاعة، لأنه يغطي مساحة واسعة بقدر منخفض من الطاقة في نطاق الموجات المترية (VHF). ولكنه يمكن أن يوفر أيضاً خدمات تفاعلية فيما يتعلق بشبكات الاتصالات المتنقلة. ومع أن الاستقبال السمعي البصري مجاني في كوريا، يمكن المطالبة بدفع تكاليف خدمات البيانات المساعدة بما فيها التطبيقات التفاعلية. ويستحق الدفع كلما ينفذ المشاهد إلى تطبيق ما أو لدى شراء أجهزة الاستقبال التي تتضمن رسوماً أولية على تكلفة المستقبلات.

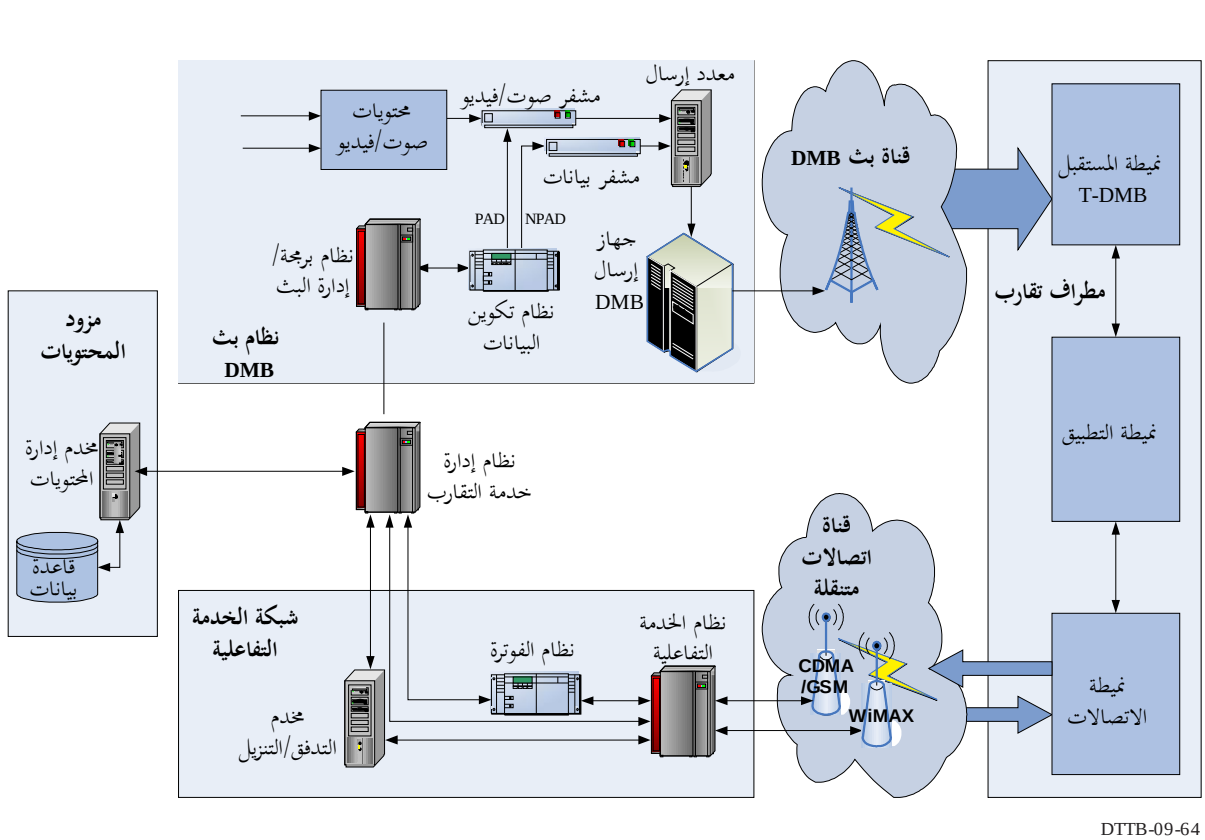
الأخبار في الوقت الفعلي في الأجهزة المحمولة باليد. يمكن لنظام T-DMB تقديم مختلف المحتويات، مثل الأخبار وسوق الأوراق المالية ومعلومات البرامج وحركة المرور والطقس والرياضة وما إلى ذلك، باستخدام بروتوكول نقل أغراض الوسائط المتعددة (MOT) كما يحدده النظام T-DAB. ويتم تحديث المعلومات كل 15 إلى 30 دقيقة. ويمكّن موقع الويب الإذاعي (BWS) أيضاً المستعملين من النفاذ إلى خدمة الويب الشبيهة بالإنترنت دون قناة عودة من خلال بروتوكول MOT. وينبغي لجهاز استقبال T-DMB أن يدعم متصفحات الويب المتوافقة مع لغة الوسم HTML 4,0. ويَستخدم Slideshow في بروتوكول MOT في الغالب إطار الصوت X-PAD لتوفير بيانات من قبيل معلومات البرامج وأغلفة الألبومات والخرائط البسيطة والإعلانات التجارية، وما إلى ذلك.

معلومات حركة المرور في الوقت الفعلي على متن سيارة. يوفر تطبيق فريق خبراء بروتوكول النقل (TPEG) المعلومات في الوقت الفعلي بشأن ازدحام حركة المرور وحالة الطرق وموقع محطات الوقود وما إلى ذلك فيما يتعلق بالملاحة على الخارطة بواسطة إشارات نظام GPS وتمكن من استكشاف الطرق الأسرع. وتتكون بيانات TPEG من رسالة حركة المرور على الطرق (RTM) ومواقع الاهتمام (POI) ومعلومات الازدحام وزمن السفر (CTT) وموجز معلومات الازدحام وزمن السفر (CTT-SUM).

الخدمات التفاعلية. يمكن أن يوفر النظام T-DMB خدمات تفاعلية من خلال الجمع بين الخدمات السمعية البصرية المقدمة عبر قناة بث وخدمات البيانات المقدمة عبر قناة الاتصالات المتنقلة كما هو مبين في الشكل 64.9.

الشكل 64.9

نموذج الخدمة التفاعلية في النظام T-DMB



8.7.9 نظام T-DMB المتقدم

رغبة في زيادة كفاءة الطيف في نظام T-DMB، تم تطوير نظام T-DMB المتقدم، ما يعرف باختصار AT-DMB. ويضمن النظام AT-DMB إمكانية التوافق الرجعي مع نظام T-DMB باستخدام آلية التشكيل التراتبي. ولدى النظر في مجموعة منوعة من النماذج التجارية يحدد النظام AT-DMB أسلوبين: الأسلوب B باستعمال تقابل الرمز BPSK مع رمز DQPSK، والأسلوب Q باستعمال تقابل رمز QPSK مع رمز DQPSK. ويتميز الأسلوب B للتشكيل التراتبي بأداء أفضل في بيئة متنقلة، ولكنه لا يزيد معدل البيانات الفعالة سوى بما يصل إلى مرة ونصف المعدل في نظام T-DMB. ومن ناحية أخرى، يزيد أسلوب التشكيل التراتبي Q من معدل البيانات الفعالة بما يصل إلى حد أقصى قدره ضعف معدل بيانات T-DMB، ولكنه لا يضمن الأداء العالي في بيئة متنقلة. ولذلك، فإن التشكيل التراتبي للأسلوب Q أكثر فائدة في بيئة استقبال ثابتة وبيئة سرعة منخفضة.

8.9 نظام المعلومات السمعية البصرية في الوقت الفعلي (RAVIS)

النظام RAVIS، في إطار الإذاعة الرقمية متعددة الوسائط للأرض، مصمم للاستخدام في نطاقات الموجات المترية (VHF) للأرض. ويتيح نطاق الترددات المستعمل في نظام RAVIS نشر الإذاعة المحلية. وفي الوقت نفسه، فإن نصف قطر التغطية للمرسل كبير بما فيه الكفاية لتوفير الاستقبال في أماكن نائية.

ونظام RAVIS مصمم لتوفير خدمات إذاعية لبرامج متعددة عالية الجودة من الصوت والفيديو مع بضع قنوات صوتية مصاحبة وغيرها من البيانات (سواء متصلة أو غير متصلة بالبرامج الصوتية والفيديو). وينبغي توفير هذه الخدمات في ظروف مختلفة، بما في ذلك القيادة في بيئة مدينة كثيفة وفي بيئة من الغابات والجبال وفي مناطق المياه، أي يجب توفير استقبال موثوق في حالة عدم وجود خط رؤية مباشر لهوائيات المرسل وانتشار الإشارة عبر مسيرات متعددة.

ويرد الحديث عن نظام RAVIS في التقارير ITU-R BT.2049 [112.9] وBS.2214 [113.9] وBT.2295-1 [43.9].

1.8.9 النموذج المعماري ونموذج كدسة البروتوكولات

متطلبات الخدمة الأساسية لنظام المعلومات السمعية البصرية في الوقت الفعلي (RAVIS) هي:

- كفاءة طيفية عالية للنظام؛
- استقبال متنقل موثوق للفيديو والصوت والخدمات الأخرى بمعدلات سرعة تصل إلى 200 كم/ساعة؛
- تأخر قصير في بدء الاستقبال أو استعادته بعد انقطاع في ظروف معقدة (بعد الخروج من نفق مثلاً انقطع فيه استقبال الإشارة)؛
- توفير بث فيديوي عالي الجودة مع أحجام أرتال تصل إلى 720 × 576، ومعدل أرتال يصل إلى 25 رتلاً في الثانية، وقنوات مصاحبة صوتية متعددة؛
- توفير بث سمعي عالي الجودة، بما في ذلك صوت ستيريو بجودة CD وصوت متعدد القنوات 5.1؛
- توفير خدمات بيانات إضافية متعلقة أو غير متعلقة بالبرامج الفيديوية أو السمعية، مثل:
  - الرسائل النصية؛
  - الصور الثابتة؛
  - عرض الشرائح؛
  - معلومات حركة المرور ومعلومات الطقس والأخبار المحلية، وما إلى ذلك؛
  - دليل البرامج الإلكتروني (EPG).
- توفير النفاذ المشروط إلى الخدمات؛
- توفير خدمة موثوقة للإنذار بوقوع الطوارئ؛
- تشغيل شبكة وحيدة التردد (SFN)، بما في ذلك على امتداد الطرق السريعة والسكك الحديدية.

وينبغي أن يمكّن مستقبل النظام من استقبال برامج رقمية جديدة وبرامج من محطة إذاعية FM تماثلية مع كشف تلقائي لنوع البرنامج.

وفي الوقت الحاضر من الأرجح استخدام النظام RAVIS في كودك الصوت HE-AAC (بما في ذلك تقنيات الإحاطة باستنساخ النطاق الطيفي (SBR) وتدفق البرامج (PS) وMPEG) وكودكات الفيديو H.264/AVC وH.265/HEVC. ويوفر تشفير الصوت HE-AAC صوت ستيريو عالي الجودة بمعدل 32 kbit/s وتوفر مشفرات الفيديو H.264/AVC وH.265/HEVC فيديو عالي الجودة مع تلفزيون عادي الوضوح و25 رتلاً في الثانية بمعدل حوالي 500 kbit/s.

وتتحدد الطبقة المادية والعناصر الأخرى المستعملة لطبقات البروتوكول الأدنى في التوصيل البيني للنظام المفتوح (OSI) في نظام الإرسال RAVIS.

والمكونات الرئيسية لطبقة التطبيقات هي التطبيقات السمعية والسمعية البصرية في الوقت الفعلي وبعض الخدمات التكميلية مثل دليل البرامج الإلكتروني وما إلى ذلك. وتشمل طبقة العرض تشفير المصدر. ويتم تعدد إرسال البيانات السمعية والفيديوية والتكميلية في طبقة الوصلات باستعمال تدفق النقل MPEG-2 أو حاوية النقل لنظام RAVIS.

ويتضمن الشكل 65.9 مثالاً لكدسة بروتوكولات النظام RAVIS.

الشكل 65.9

كدسة بروتوكولات RAVIS

طبقة التطبيق	تطبيق الصوت والفيديو في الوقت الفعلي	دليل البرامج الإلكتروني
طبقة التقديم	H.265/MPEG-H HEVC، H.264/MPEG-4 AVC (فيديو) HE-AAC (صوت)	XML، HTML، ISON
طبقة الوصلة	تدفق النقل MPEG-2 TS، حاوية النقل RAVIS TC	
الطبقة المادية	الطبقة المادية RAVIS (BCH، LDPC، M-QAM، OFDM)	

DTTB-09-65

2.8.9 التقنيات الرئيسية

يوفر النظام RAVIS ثلاث قنوات منطقية لإرسال البيانات. وفيما عدا قناة الخدمة الرئيسية، يوفر قنوات البيانات مع موثوقية إرسال معززة – قناة معدل بتات منخفض (~12 kbit/s) وقناة بيانات موثوقة (~5 kbit/s). ويمكن استخدام هذه القنوات الإضافية للإنذار في حالات الطوارئ مثلاً.

ويتيح النظام RAVIS مستويات مختلفة من التشكيل QAM ومعدلات مختلفة لتشفير القنوات في قناة الخدمة الرئيسية التي تستخدم لتحقيق التوازن الأمثل بين معدل البتات والموثوقية (الحماية من التداخل).

وقناة الخدمة الرئيسية مصممة لإرسال بيانات الفيديو والصوت. ويبلغ معدل البتات الأقصى في هذه القناة المنطقية حوالي 900 kbit/s. وقناة معدل البتات المنخفض مصممة لإرسال المعلومات بقدر متزايد من الموثوقية، من أجل الإنذار الصوتي في حالات الطوارئ مثلاً. ومعدل البتات هو حوالي 12 kbit/s. وقناة البيانات الموثوقة مصممة للبيانات المساعدة بدرجة عالية من الموثوقية. ومعدل البتات هو حوالي 5 kbit/s. وتوفر قناة معدل البتات المنخفض وقناة البيانات الموثوقة درجة أعلى من الحماية من التداخل ومن ثم درجة أعلى من التغطية والاستقرار للاستقبال مقارنة بقناة الخدمة الرئيسية.

وترد في الجدول 53.9 معدلات بتات البيانات الرقمية في قناة راديوية واحدة لجميع توليفات معلمات التشكيل ومعدلات التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC).

الجدول 53.9

معدلات بتات البيانات الرقمية في النظام RAVIS

الكوكبة	معدل FEC	معدل بتات تدفق البيانات (kbit/s)		
		القناة 100 kHz	القناة 200 kHz	القناة 250 kHz
QPSK	1/2	80	160	200
	2/3	100	210	270
	3/4	120	240	300
16-QAM	1/2	150	320	400
	2/3	210	420	530
	3/4	230	470	600
64-QAM	1/2	230	470	600
	2/3	310	630	800
	3/4	350	710	900

ويمكن أن تَستعمل قناة الخدمة الرئيسية التشكيل 16-QAM أو 64-QAM، ومعدلات التشفير R = 1/2 FEC أو 2/3 أو 3/4. وتستخدم قناة معدل البتات المنخفض التشكيل QPSK، ومعدل التشفير FEC بمقدار $R = 1/2$. وتستخدم قناة البيانات الموثوقة التشكيل BPSK ومعدل التشفير $R = 1/2$ FEC.

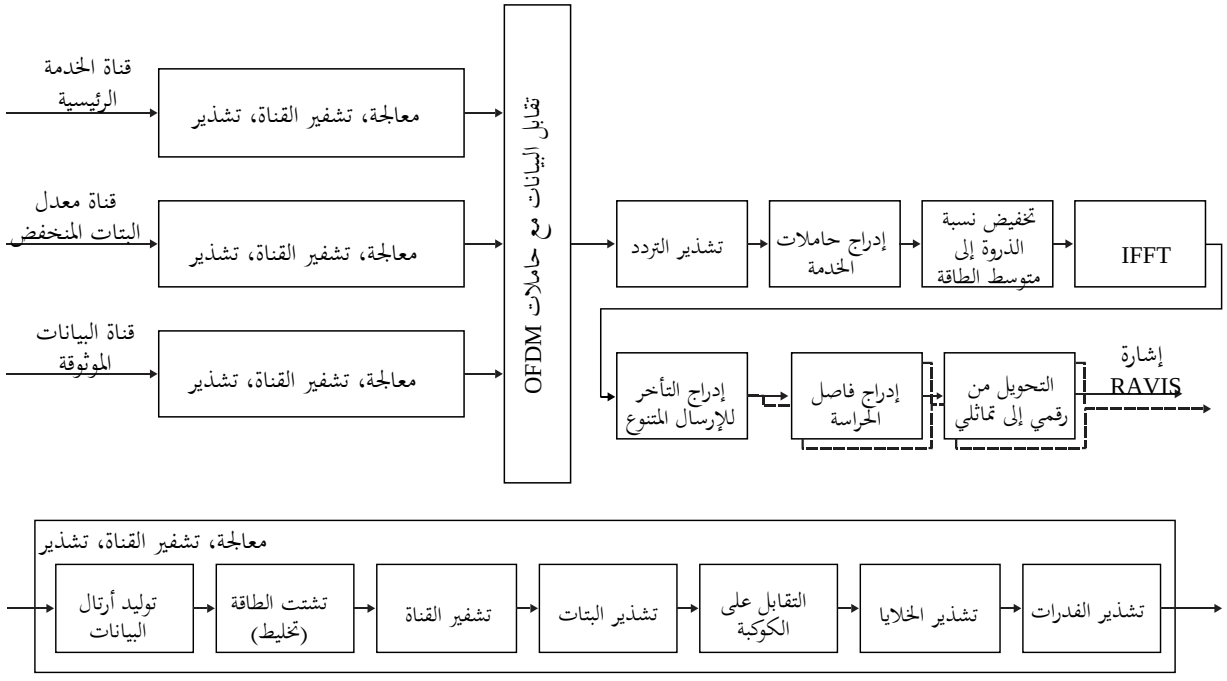
وتدرج الموجات الحاملة الدليلة والموجات الحاملة ذات معلمات إرسال الإشارة (موجات الخدمة) في تدفق تعدد الإرسال لرموز OFDM. وتوفر هذه الموجات الحاملة التزامن وتصحيح تشويه القناة وإرسال معلومات إضافية (بما في ذلك معلمات التشكيل وتشفير القنوات وتوفر قنوات البيانات المنطقية وما إلى ذلك) بالنسبة إلى جانب الاستقبال.

ومعدل نسبة طاقة الذروة إلى الطاقة المتوسطة ليس إلزامياً ولكنه موصى به.

ويبين الشكل 66.9 المخطط البياني الوظيفي لجزء الإرسال في نظام RAVIS، بينما يبين الشكل 67.9 المخطط البياني الوظيفي لمستقبل في نظام RAVIS.

الشكل 66.9

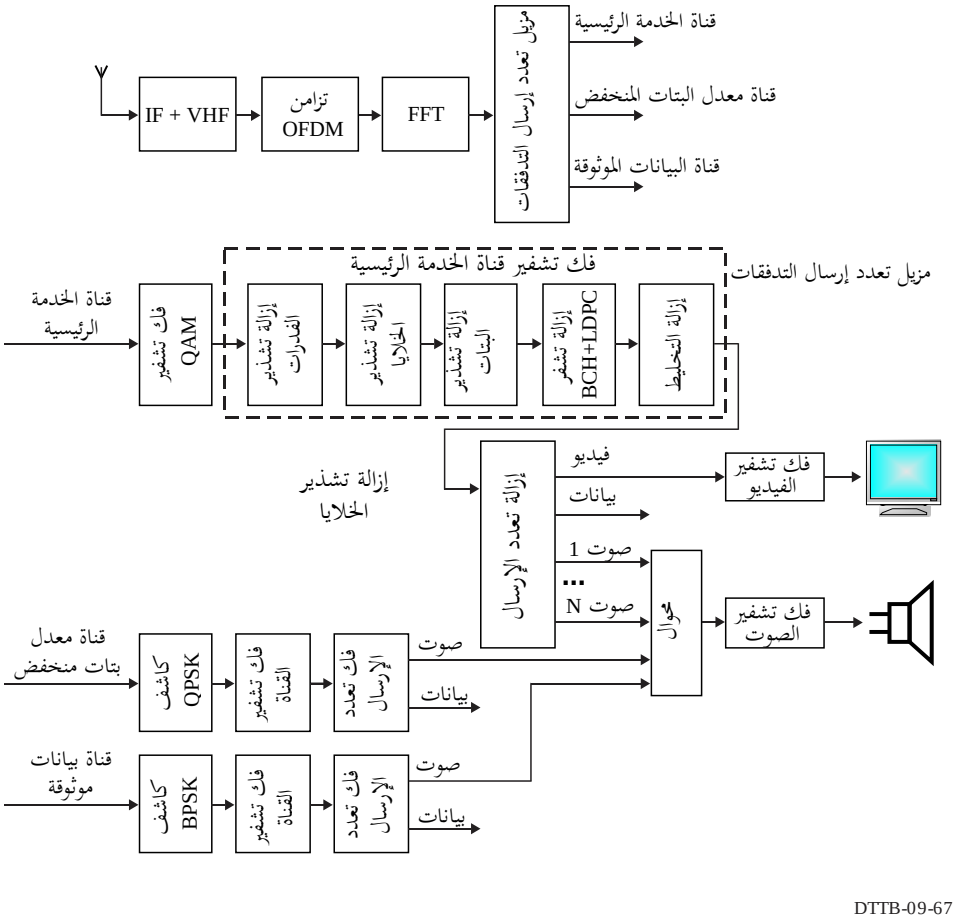
المخطط البياني الوظيفي للمرسِل في نظام RAVIS



DTTB-09-66

الشكل 67.9

المخطط البياني الوظيفي للمستقبل في نظام RAVIS



DTTB-09-67

ويتسم نطاق التردد المختار ومفهوم البث المختار ببعض المزايا:

- إمكانية استعمال شبكة وحيدة التردد وشبكة متعددة الترددات؛
- بث برامج صوت ستيريو متعددة عالية الجودة أو تدفق فيديوي مع مرافقة صوتية ستيريو في مدينة باستخدام مرسل واحد فقط؛
- القدرة على البث المحلي لبرنامج واحد، أي إمكانية استخدام نفس التردد لبث برامج مختلفة في مدن مختلفة.

3.8.9 الطبقة المادية وطبقة الوصلة

يتحدد، في الطبقة المادية، مخطط تشفير القنوات والتشكيل OFDM في النظام RAVIS كقدرة وظيفية لتكييف البيانات من مشفر المصدر مع خصائص قنوات الإرسال. وتخضع تدفقات البيانات من جميع القنوات المنطقية للتحويلات التالية:

- توليد أرتال البيانات؛
- تشتت طاقة أرتال البيانات؛
- التشفير الخارجي (شفرة فدرة BCH)؛
- التشفير الداخلي (شفرة فدرة LDPC)؛
- تشذير البتات؛
- مقابلة البتات على خلايا كوكبة التشكيل؛
- تشذير الخلايا؛

- تشذير الفدرات؛
- مقابلة بيانات القنوات المنطقية مع خلايا OFDM؛
- تشذير الترددات وإدراج موجات الخدمة؛
- تخفيض نسبة طاقة الذروة إلى الطاقة المتوسطة؛
- تحويل فوريه السريع المعكوس (IFFT)؛
- إدراج فاصل الحراسة، التوليد الكامل لإشارة OFDM.

ويمكن تعديد إرسال بيانات المصدر المشفرة في طبقة الوصلة باستعمال أنساق مختلفة، بما في ذلك الرزم الثابتة الطول (لا سيما MPEG-2 TS) والرزم المتغيرة الطول (لا سيما حاوية النقل في تغليف التدفق النوعي (GSE) أو النظام RAVIS) أو تدفق البيانات غير المنظم.

4.8.9 أداء النظام

جرت محاكاة أساليب استقبال إشارة النظام RAVIS الثابتة والمحمولة والمتنقلة باستخدام نماذج القناة من المعيار ETSI ES 201 980 (الملحق B.2) [126.9] لتقييم الحد الأدنى المطلوب من نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء $(C/N)_{min}$ (من أجل BER = 10^{-4} بعد فك تشفير القناة) لمختلف أنماط التشكيل ومعدلات التشفير لقناة الخدمة الرئيسية: القناة 7 (AWGN) نماذج أسلوب الاستقبال الثابت، القناة 8 (الحضرية) نماذج أسلوب الاستقبال المتنقل، القناة 11 (تضاريس جبلية) نماذج أسلوب الاستقبال المتنقل. ويبين الجدول 54.9 هذه النتائج لقناة بعرض نطاق 250 kHz.

الجدول 54.9

قيم النسبة $(C/N)_{min}$ في نظام RAVIS لقناة بعرض نطاق 250 kHz، قناة الخدمة الرئيسية

نموذج القناة/أسلوب الاستقبال	$(C/N)_{min}$ (dB)								
	QPSK			16-QAM			64-QAM		
	1/2 = R	2/3 = R	3/4 = R	1/2 = R	2/3 = R	3/4 = R	1/2 = R	2/3 = R	3/4 = R
القناة 7 (AWGN)/ استقبال ثابت	1,1	3,3	4,2	6,4	9,1	10,2	10,8	14,0	15,4
القناة 8 (الحضرية)/ استقبال متنقل	6,4	9,4	11,5	12,5	14,9	17,0	16,2	19,4	22,0
القناة 11 (تضاريس تلال)/استقبال متنقل	5,5	8,6	9,8	10,4	13,2	15,6	14,7	17,9	20,5

5.8.9 موجز معلمات النظام

يعرض الجدول 55.9 خصائص النظام RAVIS (انظر أيضاً التقرير ITU-R BT.2295-1 [43.9]).

الجدول 55.9

الخصائص الرئيسية للنظام RAVIS

الخصائص	RAVIS
أساليب الاستقبال:	
– ثابت	+
– محمول	+
– محمول باليد	+
– متنقل	+
معدل البيانات الصافي	حسب التشكيل ومعدل التشفير لمختلف عروض نطاق القناة: أ) 100 kHz-75-341 kbit/s ب) 200 kHz-155-703 kbit/s ج) 250 kHz-196-888 kbit/s
كفاءة استعمال الطيف (bit/s/Hz)	3,64-0,77
الشبكات وحيدة التردد (SFN)	مدعومة
أنماط البث:	
– صوت	
– وسائط متعددة	+
– تلفزيون	+
بيانات البث/أنماط الخدمة	فيديو، صوت، صور ثابتة، عروض إيضاحية، بيانات حركة السير، وغيرها
نطاقات التردد	نطاقا الموجات VHF، I وII
عروض نطاق القنوات	أ) 100 kHz ب) 200 kHz ج) 250 kHz
عرض النطاق المستعمَل	أ) 96,0 kHz ب) 185,6 kHz ج) 246,2 kHz
عدد الأجزاء	1
عدد الموجات الحاملة الفرعية في كل جزء	أ) 215 ب) 439 ج) 553
المباعدة بين القنوات الحاملة الفرعية	Hz 9/4000
مدة نشاط الرمز	ms 2,25
مدة/نسبة فاصل الحراسة	1/8
مدة إرسال الرتل	ms 103,78125 (41 رمز OFDM)
تزامن الوقت/التردد	فاصل الحراسة/موجات حاملة دليلة
طرائق التشكيل	QPSK، 16-QAM، 64-QAM
التصحيح FEC الداخلي	شفرة LDPC بمعدلات تقريبية 1/2، 2/3، 3/4
التشذير الداخلي	تشذير البتات والخلايا والزمن والتردد
التصحيح FEC الخارجي	الشفرة BCH (n، k، t)؛ n، k تتوقف على عرض نطاق القناة، معدل شفرة LDPC؛ مقدرة تصحيح الأخطاء t = 10 أخطاء (لقناة الخدمة الرئيسية)
التشذير الخارجي	–
عشوائية البيانات/تشتت الطاقة	تتابع اثنيني شبه عشوائي (PRBS) من 16 بتة
الإرسال التراتبي	–
تشوير معلمات الإرسال	4 موجات حاملة فرعية لكل رمز OFDM، 41 بتة لكل رتل OFDM

6.8.9 ميزانية الوصلة

يرد في التقرير ITU-R BS.2214 [113.9] أمثلة على ميزانية الوصلات لنظام RAVIS. ويتضمن التقرير منهجية الحساب ونتائج حساب القيم المتوسطة لشدة المجال الدنيا لمختلف أساليب إرسال نظام RAVIS (النطاق الإذاعي وعرض نطاق القناة ونمط التشكيل ومعدل التشفير) ومختلف أنماط الاستقبال (الثابت والمحمول داخل المباني وخارجها والمحمول باليد داخل المباني وخارجها، والمتنقل).

9.9 وسائط الوصلة الأمامية فقط (MediaFLO)

تعطى هذه التفاصيل للاستكمال التاريخي فقط.

لقد تم تصميم التقنية المتنقلة للبث المتعدد الوسائط **للوصلة الأمامية فقط (FLO)** من أجل تقديم خدمات ترفيهية ومعلومات عالية الجودة، بما في ذلك التدفق الفيديوي والصوتي ووسائط "بث المقتطعات" وبث البيانات بواسطة IP والخدمات التفاعلية.

وترد تقنية FLO في التوصية ITU-R BT.1833 [35.9] بوصفها النظام M المتعدد الوسائط لدى القطاع ITU-R.

وقد سُحب نظام MediaFLO من جانب أصحابه، وتوقفت كل الخدمات اعتباراً من مارس 2011.

بيبليوغرافيا للفصل 9

[1.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1209-1، *طرائق تعدد إرسال الخدمات من أجل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[2.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1869، *مخطط تعدد الإرسال لرزم متغيرة الأطوال في أنظمة الإذاعة الرقمية متعددة الوسائط*

[3.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1437، *متطلبات المستعمل في التشفير الرقمي للإرسال التلفزيوني متعدد البرامج*

[4.9] **قطاع تقييس الاتصالات**، التوصية ITU-T J.180، *متطلبات المستعمل لتعدد الإرسال الإحصائي لعدة برامج على قناة إرسال*

[5.9] **EBU** Technical Report 35, *An Introduction to Time Frequency Slicing*

[6.9] **قطاع تقييس الاتصالات**، التوصية ITU-T H.222.0، *تكنولوجيا المعلومات – تشفير تنوعي للصور المتحركة والمعلومات الصوتية المصاحبة: الأنظمة*

[7.9] **ISO/IEC** 13818-1، *تكنولوجيا المعلومات – تشفير تنوعي للصور المتحركة والمعلومات الصوتية المصاحبة: الأنظمة*

[8.9] **ETSI** EN 302 755 v.1.3.1 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*

[9.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BO.1784، *نظام الإذاعة الرقمية الساتلية مرن التشكيل (التلفزيون والصوت والبيانات)*

[10.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BO.1207، *طرائق النفاذ إلى البيانات في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[11.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BO.1300-3، *طرائق تعدد إرسال الخدمة ونقلها وتعرف هويتها في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[12.9] **ISO/IEC** 23008-1 – High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments – Part 1: MPEG media transport (MMT)

[13.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.1223، *نهج نموذج الطبقات للتلفزيون الرقمي*

[14.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BO.1434، *بروتوكولات للأنظمة التفاعلية مستقلة عن الشبكة*

[15.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.807، *نموذج مرجعي لإذاعة البيانات*

[16.9] **ISO** 7498-1 – *تكنولوجيا المعلومات – التوصيل البيني للأنظمة المفتوحة – النموذج المرجعي الأساسي: النموذج الأساسي*

[17.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2342، *إنتاج وبث وتبادل العروض النصية لجميع أحرف اللغات حول العالم (اللاتينية وغير اللاتينية)*

[18.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.653، *أنظمة التلتكس*

[19.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.470، *الأنظمة التلفزيونية التماثلية التقليدية*

[20.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1301، *خدمات البيانات في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[21.9] **ETSI** EN 300 472 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams*

[22.9] **ISO/IEC** 13818-6: تكنولوجيا المعلومات – *تشفير نوعي للصور المتحركة والمعلومات السمعية المصاحبة – الجزء 6: تمديدات من أجل DSM-CC*

[23.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.2054، *مخططات تعدد الإرسال والنقل في أنظمة إذاعة الوسائط المتعددة للاستقبال المتنقل*

[24.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1887، نقل رزم بروتوكول الإنترنت في تدفقات النقل MPEG-2 في الإذاعة المتعددة الوسائط

[25.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1299، *العناصر الأساسية لأسرة عالمية من أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[26.9] **CENELEC** EN 50083-9 Cabled distribution systems for television, sound and interactive multimedia signals Part 9: Interfaces for CATV/SMATV headends and similar professional equipment for DVB/MPEG-2 transport streams

[27.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1436، *أنظمة إرسال للخدمات التفاعلية في التلفزيون الكبلي*

[28.9] **قطاع تقييس الاتصالات**، التوصية ITU-T J.112، *أنظمة إرسال لخدمات التلفزيون الكبلي التفاعلية*

[29.9] **ETSI** EN 301 192 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting*

[30.9] **ETSI** TR 101 202 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for Data Broadcasting*

[31.9] **ARIB** STD-B24 – *Data coding and transmission specification for digital broadcasting. Association of Radio Industries and Businesses*

[32.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.956، *أنظمة إذاعة البيانات: التجارب الميدانية لجودة الإشارة والخدمة والدراسات النظرية*

[33.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1306، *طرائق تصحيح الأخطاء وترتيل البيانات والتشكيل والإرسال في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[34.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1877، *طرائق تصحيح الأخطاء وترتيل البيانات والتشكيل والبث المتعلقة بالجيل الثاني من أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[35.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1833، *إذاعة تطبيقات الوسائط المتعددة والبيانات للاستقبال المتنقل في المستقبلات المحمولة باليد*

[36.9] **ETSI** EN 300 744 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*

[37.9] **ETSI** EN 301 701 – *Digital Video Broadcasting (DVB); OFDM modulation for microwave digital terrestrial television*

[38.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BS.1114، *أنظمة الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض الموجهة إلى مستقبلات ثابتة ومحمولة ومركبة على متن مركبات، في مدى الترددات 30-000 3 MHz*

[39.9] **IETF** RFC 3926 FLUTE – *File Delivery over Unidirectional Transport*

[40.9] **IETF** RFC 3095 – *RObust Header Compression (ROHC): Framework and four profiles: RTP, UDP, ESP, and uncompressed*

[41.9] **IETF** RFC 4326 – *Unidirectional Lightweight Encapsulation (ULE) FOr transmission of IP datagrams over an MPEG-2 Transport Stream (TS)*

[42.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1368، *معايير تخطيط خدمات التلفزيون الرقمي للأرض في نطاق الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)، بما في ذلك نسب الحماية*

[43.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2295-1، *أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[44.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BS.1660، *الأساس التقني لتخطيط الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض العاملة في نطاق الموجات المترية (VHF)*

[45.9] **Chinese National Standard** GB20600-2006 – *Framing structure, channel coding and modulation for digital television terrestrial broadcasting system*

[46.9] **Chinese National Standard** GD/J 068-2015 – *Frame Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television/Terrestrial Multimedia Broadcasting-Advanced (DTMB-A)*

[47.9] **Radio Television Hong Kong et al.** – *Field test report of Evolution System for DTMB* – متاح في الموقع http://www.ofca.gov.hk/filemanager/ofca/en/content_669/tr201307_01.pdf

[48.9] **ATSC** Standard A/53, Part 1:2013, *Digital Television System*

[49.9] **ATSC** Standard A/53, Part 2:2011, *RF/Transmission System Characteristics*

[50.9] **ATSC** Standard A/53, Part 3:2013, *Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristics*

[51.9] **ATSC** Standard A/53, Part 4:2009, *MPEG-2 Video System Characteristics*

[52.9] **ATSC** Standard A/53, Part 5:2014, *AC-3 Audio System Characteristics*

[53.9] **ATSC** Standard A/53, Part 6:2013, *Enhanced AC-3 Audio System Characteristics*

[54.9] **ATSC** Standard A/153 Part 1:2013, *ATSC Mobile DTV System*

[55.9] **ATSC** Standard A/153 Part 2:2011, *RF/Transmission System Characteristics*

[56.9] **ATSC** Standard A/153 Part 3:2013, *Service Multiplex and Transport Subsystem Characteristics*

ATSC Standard A/153 Part 4:2009, *Announcement* [57.9]

ATSC Standard A/153 Part 5:2009, *Application Framework* [58.9]

ATSC Standard A/153 Part 6:2011, *Service Protection* [59.9]

ATSC Standard A/153 Part 7:2012, *AVC and SVC Video System Characteristics* [60.9]

ATSC Standard A/153 Part 8:2012, *HE AAC Audio System Characteristics* [61.9]

ATSC Standard A/153 Part 9:2013, *Scalable Full Channel Mobile Mode* [62.9]

ATSC Standard A/153 Part 10:2013, *Mobile Emergency Alert System* [63.9]

ATSC Standard A/110:2011, *ATSC Standard for Transmitter Synchronization* [64.9]

ATSC Recommended Practice A/74:2010, *Receiver Performance Guidelines* [65.9]

ATSC Recommended Practice A/174:2011, *Mobile Receiver Performance Guidelines* [66.9]

ATSC Standard A/107:2015, *ATSC 2.0 Standard* [67.9]

ATSC Standard A/103:2014, *Non-Real-Time Delivery* [68.9]

ATSC Standard A/105:2015, *Interactive Services* [69.9]

Richer, Mark S. Next Generation DTV: ATSC 3.0., 2015, *ITU International Symposium on the Digital Switchover*. متاح في الموقع: [70.9]
https://www.itu.int/en/ITU-R/GE06-Symposium-2015/Session4/402%20%20Richer_ATSC%203_ITU%20Symp.pdf)

ENENSYS Benefits of using multiple PLP in DVB-T2 متاح في الموقع: [71.9]
http://www.enensys.com/documents/whitePapers/ENENSYS%20Technologies%20-%20Benefits%20of%20using%20multiple%20PLP%20in%20DVB-T2.pdf

DVB India Launches Free DVB-T2 Mobile TV Service متاح في الموقع: [72.9]
https://www.dvb.org/news/india-launches-free-dvb_t2-mobile-tv-service/country/india

DVB Digital Video Broadcasting (DVB); Next Generation broadcasting system to Handheld, physical layer specification (DVB-NGH) DVB Document A160 [73.9]

قطاع الاتصالات الراديوية، التقرير ITU-R BT.2295-1، *الاستقبال المتنوع لإشارات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض* [74.9]

قطاع الاتصالات الراديوية، التوصية ITU-R BT.2074-0، *تشكيلة الخدمة وبروتوكول نقل الوسائط ومعلومات التشوير فيما يتعلق بالأنظمة الإذاعية القائمة على معيار نقل الوسائط (MMT)* [75.9]

ISO/IEC 13818-11:2004 – *تكنولوجيا المعلومات – تشفير نوعي للصور المتحركة والمعلومات السمعية المصاحبة – الجزء 11 : IPMP في أنظمة MPEG-2* [76.9]

ETSI TS 102 823 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the carriage of synchronized auxiliary data in DVB transport streams* [77.9]

ETSI TS 102 006 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for System Software Update in DVB Systems*. [78.9]

ETSI EN 300 743 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems* [79.9]

UPnP Forum UPnP Device Architecture v1.1, October 2008. [80.9]

UPnP Forum http://www.upnp.org/ As of January 1, 2016 the UPnP Forum is now included in the Open Connectivity Foundation (OCF). See: http://openconnectivity.org/upnp [81.9]

ISO/IEC 29341-1 – UPnP Device Architecture Version 1.0, November 2008. [82.9]

Sattler, Fabian Interoperabilitätstests vernetzter Multimediakomponenten auf Basis von UPnP A/V/DLNA zur Übertragung von Rundfunkinhalten im Heimnetzwerk, Diplomarbeit Hochschule Deggendorf für angewandte Wissenschaften, Fakultät Elektro- und Medientechnik; June 2010 – متاح باللغة الألمانية فقط. [83.9]

IETF Simple Service Discovery Protocol/1.0. October 1999, [84.9]

ftp://ftp.pwg.org/pub/pwg/ipp/new_SSDP/draft-cai-ssdp-v1-03.txt

Multimedia over Coax Alliance The Standard for Home Entertainment Networks over Coax. November 2009. http://www.mocalliance.org/industry/brochure/MoCA_Brochure.pdf. [85.9]

ETSI TS 102 771 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) implementation guidelines* [86.9]

ETSI TR 102 831 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)* [87.9]

ATSC A/58 – *Recommended practice; Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard* [88.9]

ATSC Standard A/65B – *Program and system information protocol for terrestrial broadcast and cable Revision B* [89.9]

ATSC Standard A/53C – *Digital television standard Revision C*, including Amendment No. 1 (July 2004) and Corrigendum No. 1 (March 2005) [90.9]

ATSC Recommended practice A/58 – *Harmonization with DVB SI in the use of the ATSC digital television standard* [91.9]

ATSC Recommended Practice A/54A – *Guide to the use of the ATSC digital television standard* [92.9]

ETSI TS 101 162 – *Digital video broadcasting (dvb); allocation of service information (si) codes for digital video broadcasting (dvb) systems* [93.9]

ETSI ETS 300 468 – *Digital video broadcasting (dvb); specification for Service Information (SI) in dvb systems* [94.9]

ETSI TR 101 211 – *Digital video broadcasting (dvb); guidelines on implementation and usage of dvb service information* [95.9]

ETSI TS 101 154 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream* [96.9]

ARIB STD-B10 – *Service information for digital broadcasting system* [97.9]

ARIB STD-B32 – *Video coding, audio coding and multiplexing specifications for digital broadcasting* [98.9]

ARIB TR-B14 – *Operational guidelines for digital terrestrial television broadcasting* [99.9]

ATSC – *Standard A/90 ATSC data broadcast standard* [100.9]

ARIB B24 – *Data Coding and Transmission Specification for Digital Broadcasting* [101.9]

قطاع الاتصالات الراديوية، التوصية ITU-R BT.2055، *عناصر المحتوى في أنظمة إذاعة الوسائط المتعددة للاستقبال المتنقل* [102.9]

[103.9] **ETSI** EN 302 583 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*

[104.9] **ETSI** TS 102 585 – *Digital Video Broadcasting (DVB); System Specifications for Satellite services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*

[105.9] **ETSI** TS 102 470-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Program Specific Information (PSI)/Service Information (SI); Part 2: IP Datacast over DVB-SH*

[106.9] **ETSI** TS 102 584 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Guidelines for Imple-mentation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3GHz*

[107.9] **ETSI** TS 102 585 – *Digital Video Broadcasting (DVB); System Specifications for Satellite services to Handheld devices (SH) below 3 GHz*

[108.9] **ETSI** TS 102 592-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Electronic Service Guide (ESG); Implementation Guidelines; Part 2: IP Datacast over DVB-SH*

[109.9] **ETSI** TS 102 611-2 – *Digital Video Broadcasting (DVB); IP Datacast: Implementation Guidelines for Mobility; Part 2: IP Datacast over DVB-SH (see part 1 in DVB-H references)*

[110.9] **ETSI** TS 102 772 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification of Multi-Protocol Encapsulation – inter-burst Forward Error Correction*

[111.9] **ETSI** EN 302 304 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)*

[112.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2049، *إذاعة تطبيقات الوسائط المتعددة وتطبيقات البيانات للاستقبال المتنقل*

[113.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BS.2214، *معلمات التخطيط لأنظمة الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض في نطاقات الموجات المترية (VHF)*

[114.9] **ETSI** TR 102 377 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB handheld services*

[115.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2254، *الجوانب المتعلقة بالترددات وتخطيط الشبكة في النظام DVB-T2*

[116.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2343، *تجميع التجارب الميدانية للتلفزيون فائق الوضوح على شبكات التلفزيون الرقمي للأرض (DTT)*

[117.9] **Greene, K.** DVB-T2-Lite profile tech standard approved: Transmissions are go! Available at http://www.bbc.co.uk/blogs/researchanddevelopment/2011/07/dvb-t2-lite-profile-tech-stand.shtml

[118.9] **ETSI** TS 102 428 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); DMB video service; User Application Specification*

[119.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.2016، *طرائق تصحيح الأخطاء وترتيل البيانات والتشكيل والإرسال فيما يتعلق بالإذاعة متعددة الوسائط للأرض من أجل الاستقبال المتنقل باستعمال أجهزة الاستقبال المحمولة باليد في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)*

[120.9] **ETSI** TS 102 427 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Data Broadcasting – MPEG-2 TS Streaming*

[121.9] **ETSI** EN 300 401 – *Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers*

[122.9] **ISO/IEC** 14496-3 – *تكنولوجيا المعلومات – تشفير نوعي للصور المتحركة والمعلومات السمعية المصاحبة – الجزء 3: صوت*

[123.9] **قطاع تقييس الاتصالات**، التوصية ITU-T H.264، *ISO/IEC 14496-10: تكنولوجيا المعلومات – تشفير الأشياء السمعية–المرئية – الجزء 10: التشفير الصوتي المتقدم.*

[124.9] **ISO/IEC** 14496-1 – *تكنولوجيا المعلومات – تشفير الأشياء السمعية–المرئية – الجزء 1: الأنظمة*

[125.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BS.1114، *أنظمة الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض الموجهة إلى مستقبلات ثابتة ومحمولة ومركبة على متن مركبات، في مدى الترددات 30-000 3 MHz، النظام A*

[126.9] **ETSI** ES 201 980 – *Digital Radio Mondiale (DRM); System Specification*

[127.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.1210، *استراتيجيات الحماية من الأخطاء لخدمات إذاعة البيانات*

[128.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.1225، *أنظمة وخدمات إذاعة البيانات في بيئة التلفزيون عالي الوضوح*

[129.9] **ETSI** TS 102 606 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE) Protocol*

[130.9] **CENELEC** EN 50221 – *Common Interface Specification for Conditional Access and other Digital Video Broadcasting Decoder Applications*

[131.9] **ETSI** TS 101 699 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the Common Interface Specification*

[132.9] **ETSI** TR 101 891 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Professional Interfaces: Guidelines for the implementation and usage of the DVB Asynchronous Serial Interface (ASI)*

[133.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1206، *حدود الطيف في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[134.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1208، *التشفير الفيديوي للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[135.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BS.1115، *تشفير صوتي بمعدل بتات منخفض*

[136.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1699، *مواءمة أنساق التطبيقات الإعلانية في مجال التلفزيون التفاعلي*

[137.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1774، *استعمال البنى التحتية للإذاعة الساتلية والإذاعة للأرض من أجل إنذار الجمهور وتخفيف وطأة الكوارث والإغاثة عند وقوعها*

[138.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2035، *مبادئ توجيهية وتقنيات لتقييم أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض بما في ذلك تقييم مناطق تغطيتها*

[139.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2075، *متطلبات حماية الخدمات الإذاعية التلفزيونية للأرض العاملة في النطاق 620-790 MHz من التداخل المحتمل من الأنظمة والشبكات الإذاعية الساتلية المستقرة بالنسبة إلى الأرض وغير المستقرة بالنسبة إلى الأرض*

[140.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1735 (08/05)، *طرائق التقييم الموضوعي لجودة استقبال إشارات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض للنظام B في التوصية ITU-R BT.1306*

[141.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R SM.1541 (2011-09)، *البث غير المطلوب في مجال البث خارج النطاق*

[142.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R SM.1792 (2007-02)، *قياس إرسالات النطاق الجانبي في مرسلات الإذاعة السمعية الرقمية للأرض (T-DAB) والإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض (DVB-T) لأغراض المراقبة*

[143.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R SM.1875 (2010-04)، *قياسات تغطية الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض والتحقق من معايير التخطيط*

[144.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2137 (2008)، *طرائق التنبؤ بالتغطية وبرمجيات التخطيط لشبكات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)*

[145.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2138 (2008-11)، *خصائص مخطط إشعاع تلفزيون الموجات الديسيمترية (UHF)*

[146.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2143-2 (2010-10)، *تقييم حد التغطية لإشارات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض*

[147.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2215-1 (2011-10)، *قياس نسب الحماية وعتبة الحِمل الزائد لأجهزة استقبال التلفزيون*

[148.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2247 (2011-10)، *القياس والتحليل الميدانيان للتوافق بين أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) والاتصالات المتنقلة الدولية*

[149.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2248 (2011-10)، *إطار مفاهيمي لتمثيل خسارة التغطية الإذاعية*

[150.9] **ETSI TS** 102 773 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*

[151.9] **ETSI EN** 302 307 – *Second Generation Framing Structure, Channel Coding and Modulation Systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other Broadband Satellite Applications*

[152.9] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2140 – *الانتقال من الإذاعة التماثلية للأرض إلى نظيرتها الرقمية*

[153.9] Balyar, V., Gofaizen, O. *Performance comparison of digital terrestrial television systems in DVB-T/DVB-T2 standards*. – Digital Technologies. – 17 p. – 2012.

[154.9] ETSI TR 101 497 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Rules of Operation for the Multimedia Object Transfer Protocol*

[155.9] ETSI TS 101 759 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Data Broadcasting – Transparent Data Channel (TDC)*

[156.9] ETSI ES 201 735 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Internet Protocol (IP) Datagram Tunnelling*

[157.9] ETSI TS 101 499 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); MOT Slide Show; User Application Specification*

[158.9] ETSI TS 101 498-1 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Broadcast Website; Part 1: User Application Specification*

[159.9] ETSI TS 101 498-2 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Broadcast Website; Part 2: Basic Profile Specification*

[160.9] ETSI EN 301 234 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Multimedia Object Transfer (MOT) Protocol*

[161.9] ETSI TS 102 371 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); Transportation and Binary Encoding Specification for DAB Electronic Programme Guide (EPG)*

[162.9] ETSI TS 102 818 – *Digital Audio Broadcasting (DAB); XML Specification for DAB Electronic Programme Guide (EPG)*

[163.9] Telecommunictions Technology Association of Korea TTAK.KO-07.0070 – *Specification of the Advanced Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting (AT-DMB) to mobile, portable and fixed reception*

Kim, K.-Y., Lee, G.S., Lim, J.S., Lee, S.I., and Kim, D.G. *Efficient Generation of Scalable Transport Stream for High Quality in T-DMB Service* ETRI Journal, vol.31, no.1: Feb. 2009, pp.65-67 [164.9]

IEEE *Transactions on Broadcasting: Field Trials for Terrestrial Digital Multimedia Broadcasting System (T-DMB)* Jan. 2007 [165.9]

ETSI TS 101 190 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for DVB terrestrial services; Transmission aspects* [166.9]

ETSI TS 101 191 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization* [167.9]

Le Floch, B., Alard, M., and Berrou, C. *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex* Proc. IEEE, vol. 83, no. 6, June 1986, pp. 587–592 [168.9]

Abdel Nour, C. and Douillard, C. *Rotated QAM Constellations to Improve BICM Performance for DVB-T2* Proc. ISSSTA, Aug. 2008, pp. 354–59 [169.9]

Han, S.H. and Lee, J.H. *An Overview of Peak-to-Average Power Ratio Reduction Techniques for Multicarrier Transmission* IEEE Wireless Commun., vol. 12, no. 2, Apr. 2005, pp. 56–65 [170.9]

Mignone, V. and Morello, A. *CD3-OFDM: A Novel Demodulation Scheme for Fixed and Mobile Receivers*IEEE Trans. Commun., vol. 44, no. 9, Sept. 1996, pp. 1144–51 [171.9]

Alamouti, S.M. – *A Simple Transmit Diversity Technique for Wireless Communications* IEEE JSAC, vol. 16, no. 8, Oct. 1998, pp. 1451–58 [172.9]

www.igorfuna.com/dvb-t/ [173.9]

Chinese National Standard GB/T2666-2011 – *Implementation Guidelines for transmission system of digital terrestrial television broadcasting* [174.9]

الفصل 10

التفاعلية والتعاون بين نظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) والأنظمة غير الإذاعية

1.10 الجوانب العامة وفرص التعاون

كان التلفزيون، على مر العقود، خدمة استقبال فقط، وكان جهاز التلفزيون يُستخدم لعرض الصورة التلفزيونية والصوت وكذلك (اعتباراً من الثمانينيات) لعرض بيانات إضافية مثل النص التلفزيوني (teletext). وفي ركاب التقنيات الرقمية والحوسبية، وسّعت أجهزة التلفزيون قدراتها لتصبح واجهة مستعمل أعم لاختيار واستعادة المحتوى.

وقد تعاونت مختلف الوسائط، مثل البث التلفزيوني وشبكات الاتصالات ثنائية الاتجاه، طوال سنوات عديدة. وهذا التعاون لا يعني الاستعاضة عن شبكة ما بأخرى، وإنما تمخض عن بيئة يمكن فيها لكل من النظامين التعايش بشكل مستقل أو تعاوني.

ومن منظور قطاع الاتصالات الراديوية (ITU-R)، فإن البث عبارة عن وسط تقدم فيه معلومات وحيدة الاتجاه، مثل الصورة والصوت والبيانات إلى عامة الجمهور (الرقم 38.1 من لوائح الراديو). أما خدمة الاتصالات فهي تعمل على توصيل البيانات المحددة التي يطلبها المستعمل أو، قياساً، أنظمة الوسائط لديه.

ويتيح التعاون في خدمات الاتصالات والبث إمكانية التفاعل وإضفاء الصبغة الشخصية. وفي الوقت الحاضر، يتوقع المستهلك أن يكون ذلك بغض النظر عن موقعه ('أي مكان') وفي أي نقطة من الزمن ('أي وقت'). ومن ثم، ولأغراض التفاعل، يمكن توصيل أجهزة التلفزيون الحديثة بشبكة الاتصالات، وعادة ما تكون شبكة بروتوكول الإنترنت (IP)، بالإضافة إلى شبكة البث.

2.10 التعاون في طبقة الخدمة

يَظهر التعاون في طبقة الخدمة عندما يتم ترابط محتوى البث ومحتوى IP، عندما يتم مثلاً تدفق معلومات إضافية نحو إشارة البث عبر الإنترنت. ومن التطبيقات الشائعة لذلك الأنظمة التفاعلية للإذاعة والنطاق العريض (IBB) الموصوفة في البند 1.2.10.

وقد أصبح التعاون في طبقة الخدمة سمة مشتركة في تطور كل من الاتصالات والبث. ويرتبط ذلك إلى حد ما بأن العديد من المستعملين يرغبون في الحصول على تطبيق يتوفر فيه تقديم خدمات متعددة مختلفة، من قبيل البث التلفزيوني وتطبيقات الوسائط المتعددة.

1.2.10 تكامل الإذاعة والنطاق العريض

ثمة نوع من التعاون في مجال الخدمة هو تقنية تكامل الإذاعة والنطاق العريض (IBB) حيث يرسل محتوى الإذاعة عبر شبكة بث أحادية الاتجاه، ويُستقبل محتوى إضافي (وسائط متعددة غالباً) عبر شبكات النطاق العريض ثنائية الاتجاه. فهو يعزز تجربة المستعمل بتوفير خدمات عالية الجودة ومرنة وتفاعلية وشخصية الطابع، مثل المعلومات الإضافية عن البرامج التلفزيونية (دليل البرامج الإلكتروني EPG مثلاً)، أو الخدمات الإضافية للأقليات والأشخاص ذوي الاحتياجات الخاصة، وما إلى ذلك. ومن المزايا الرئيسية في هذا الصدد عملية البث غير الخطية، أي إمكانية مشاهدة البرامج الفائتة ('التلفزيون المتدارك').

وقد تم تجهيز معظم أجهزة التلفزيون الحالية بموالفات من أجل نوع أو أكثر من توزيعات البث (الكبلي والساتلي وللأرض) وهي توفر واجهات لشبكات IP (WLAN وإثرنت، وغيرهما).

وقد نشر قطاع الاتصالات الراديوية وثيقتين رئيسيتين بشأن أنظمة تكامل الإذاعة والنطاق العريض (IBB)الحالية:

- التوصية ITU-R BT.2075-0 [1.10] "النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض"؛
- التقرير ITU-R BT.2267-5 [2.10] "أنظمة تكامل الإذاعة والنطاق العريض".

ويرد في هاتين الوثيقتين وصف الأنظمة IBB التالية:

- التلفزيون الهجين للإذاعة والنطاق العريض (HbbTV)؛
- الإذاعة الهجينة (Hybridcast)
- المنصة التلفزيونية الذكية المستندة إلى الإصدار 5 للغة الوسم للنصوص الفوقية (HTML5)؛
- النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض القائم على البرمجية الوسيطة Ginga؛
- النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض القائم على تعزيز بث البيانات.

التلفزيون الهجين للإذاعة والنطاق العريض (HbbTV) هو واحد من معايير ETSI يوفِّر منصة تقنية مفتوحة ومحايدة تجارياً تجمع على نحو سلس بين الخدمات التلفزيونية المقدَّمة عبر الإذاعة والخدمات المقدَّمة عبر النطاق العريض وتمكّن أيضاً من النفاذ إلى خدمات الإنترنت فقط فيما يخص المستهلك الذي يستخدم أجهزة التلفزيون الموصولة بالإنترنت وأجهزة فك التشفير. وتستند مواصفة HbbTV إلى المعايير القائمة وتقنيات شبكة الويب، بما فيها ما يخص المنتدى المفتوح لتلفزيون بروتوكول الإنترنت (OIPF) ورابطة المنتجات الإلكترونية الاستهلاكية (CEA) والإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB) واتحاد الشبكة العالمية (W3C). ويوفر هذا المعيار العناصر والوظائف اللازمة لتوفير خدمات غنية بالمزايا من خلال الإذاعة والإنترنت. وهو يمكّن، باستخدام تقنية الإنترنت القياسية، من التطوير السريع للتطبيقات. ويحدد المتطلبات الدنيا بما ييسّط التنفيذ في الأجهزة ويفسح المجال للتمايز – ومن شأن ذلك أن يحد من الاستثمار المطلوب من صانعي الأجهزة الإلكترونية لتحقيق امتثالها للمعايير.

ويدعم هذا المعيار، من بين المزايا الجديدة الأخرى، التدفق التكيّفي (على غرار التدفق التكيّفي الدينامي عبر بروتوكول نقل النصوص المترابطة MPEG-DASH). وقد نشرت الآن الصيغة 2.0 القائمة على لغة وسم النصوص HTML5.

الإذاعة الهجينة (Hybridcast)، هي النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض (IBB) الذي يستعمل الإصدار 5 للغة الوسم HTML5. ويسهِّل هذا النظام تقديم الخدمات من خلال الجمع بين الإذاعة واتصالات النطاق العريض من حيث الموارد والوظائف. وقد روعي في أحدث مواصفاته معظم المتطلبات الواردة في التوصيتين ITU-R BT.2053 [3.10] وITU-T J.205 [4.10] بما في ذلك السيناريو الذي يركز على الإذاعة. وتدعم الإذاعة الهجينة لغة وسم النصوص HTML-5 والتدفق التكيفي MPEG-DASH وبروتوكول نقل وسائط MPEG (MMT) وغيرها.

المنصة التلفزيونية الذكية القائمة على لغة الوسم HTML5 هي معيار منصة تلفزيونية ذكية مفتوحة يحدد بيئات وقت التشغيل على شبكة الويب فيما يخص التطبيقات التلفزيونية الذكية المستندة إلى أحدث تقنيات HTML5. وأي تطبيق يمتثل لهذه المواصفة يمكن أن يصمم وينشر على أساس الاستفادة من مزايا لغة الوسم HTML5 وواجهاتها، وهو يوفر نفس تجربة المستعمل في المستقبلات التلفزيونية الذكية من شتى أنظمة الإذاعة مثل الإذاعة للأرض والإذاعة الكبلية والإذاعة الساتلية وتلفزيون بروتوكول الإنترنت.

وتقدم تقنية **Ginga** الدعم للخدمات التعاونية بالاستفادة من مسير توزيع البث وبروتوكول الإنترنت. وهي بيئة دينامية تدعم مختلف بروتوكولات التلفزيون التفاعلي.

النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض (IBB) القائم على أساس تعزيز بث البيانات هو نظام تفاعلي تقليدي. وتستعمل قناة البث لتوصيل البيانات التفاعلية. وبما أن قناة البث أحادية الاتجاه، يتعين تسليم كل المحتوى التلفزيوني التفاعلي وغير التفاعلي معاً في آن واحد. ويختار المستقبل العناصر المطلوبة من البيانات الواردة وفقاً لتعليمات المستعمل النهائي لعرضها. وتقتصر أحياناً عناصر المحتوى التي يمكن تسليمها على عرض نطاق البث الإذاعي المتاح. لذلك يتم تسليم عناصر المحتوى هذه عبر قناة نطاق عريض مثل الإنترنت.

2.2.10 البرمجية الوسيطة

البرمجية الوسيطة هي برمجية مرتبطة "بنظام التشغيل" في جهاز التلفزيون. وهي توفر للمستهلك بيئة تمكنه من الاستفادة من تطبيقات البرمجيات المقدمة عبر إشارة البث ولكن في الغالب عن طريق توصيل بروتوكول الإنترنت. وهي توفر إمكانية استعادة واستهلاك وتخزين وتنقيح واستحداث محتوى إضافي من خلال تفاعل بسيط في بيئات البث وغير البث، إلى جانب تمكين الشبكات الاجتماعية.

ومن أوائل الأنظمة التي تستخدم البرمجية الوسيطة هي MHP/GEM وMHEG-5. وتستفيد الأنظمة الأحدث عهداً من البرمجية الوسيطة التي تدعم الأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB) المذكورة أعلاه. أما اليوم فإن هذه البرمجية الوسيطة هي عادة جزء أصيل في أي جهاز تلفزيون موصول.

وثمة المزيد من المعلومات عن عمليات تنفيذ البرمجية الوسيطة في الفصل 13.

3.10 القواسم المشتركة التقنية

من شأن التقنيات المشتركة بين الاتصالات والبث الإذاعي تيسير التواصل بين هذه الأنظمة، باستخدام مخططات تشفير فيديوية مشتركة مثلاً. ويتيح ذلك تفاعلاً فعالاً في طبقات مختلفة – الطبقة المادية وطبقات التطبيق، وما إلى ذلك، بين مختلف الأنظمة (مثل التطور طويل الأجل LTE والإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض DTTB).

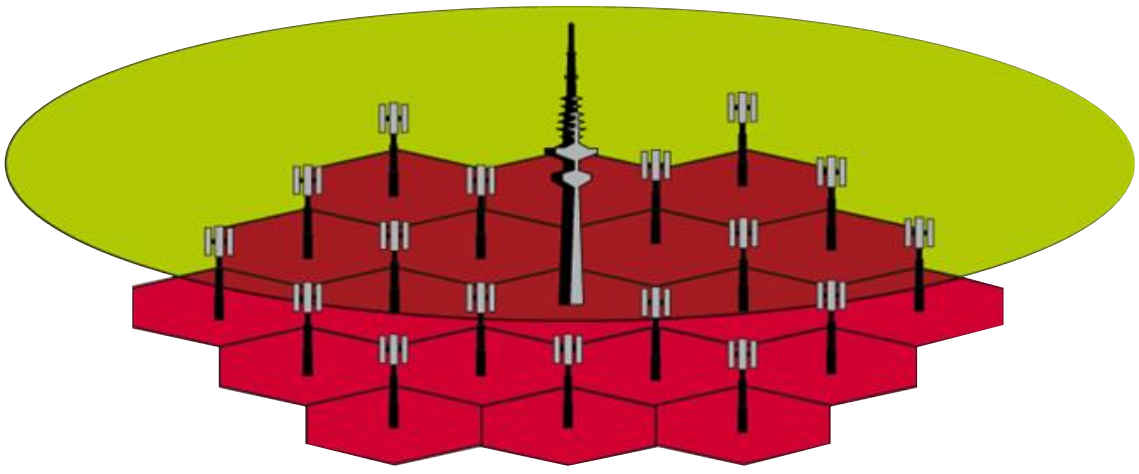
4.10 التعاون على مستوى الشبكة

قد يخضع تسليم المحتوى الإذاعي عبر شبكة إذاعية (DTTB) وعبر شبكة غير إذاعية (مثل خدمات إذاعة الوسائط المتعددة والإرسال المتعدد المعززة eMBMS) أو قد لا يخضع لسيطرة نفس الكيان. وتبعاً لموقع المحتوى المطلوب (إما ضمن البث أو إشارة IP)، فإن المطراف الذي يستخدمه المستهلك يتحول إلى الشبكة المعنية (انظر الشكل 1.10). وبديلاً من ذلك، قد يُبث المحتوى الإذاعي في آن واحد في كل من شبكة DTTB وشبكة IP (مثل LTE) للسماح بالاستقبال في المناطق التي لا يمكن فيها استقبال البث أو إشارة IP بشكل مناسب.

وقد يكون إجراء شبكة التحكم معقداً فيما يتعلق بالمسائل التنظيمية و/أو الاقتصادية و/أو التقنية، ولا سيما في حالة اختلاف مقدمي الخدمات ومشغلي الشبكات في الشبكة الإذاعية وغير الإذاعية.

الشكل 1.10

مفهوم الشبكة المتوالفة



DTTB-10-01

(الشكل مقتبس بإذن من جامعة Technische Universitaet Braunschweig)

ومن شأن أشكال التعاون الشبكي المعزز بين الإذاعة والخدمة المتنقلة أن تنهض بدور أكبر في المستقبَل. غير أن هذه المفاهيم ما زالت قيد التطوير حتى الآن.

وعلى وجه الخصوص، أجرت جامعة براونشفيغ التقنية (برونزويك، ألمانيا) تحريات كبيرة في هذا المجال. ومنها المفهومان التاليان:

- استعمال أرتال التمديد المستقبلية (FEF) في تدفق النقل MPEG-2: يسمح تدفق النقل MPEG-2 ضمن ما يسمى بالأقسام الخاصة، بإدخال الرزم التي لم تعيّن بعد لاستعمال محدد في مواصفة MPEG-2 TS. وينبغي أن تتجاهل أجهزة الاستقبال التلفزيونية القائمة هذه الرزم. وتحجز هذه الرزم غير المستخدمة لاستخدامها في المستقبَل (ما يسمى أرتال التمديد المستقبلية FEF). ويمكن استعمال رزمة من هذه الرزم FEF من أجل حمل المحتوى الإذاعي في أسلوب التطور LTE. وهكذا فإن تعدد الإرسال MPEG يحمل إشارة البث مرتين (في تعدد الإرسال الزمني): مرة كعناصر برنامج تقليدي، ومرة كإشارة قائمة على بروتوكول الإنترنت. وثمة جهاز متنقل معدل بشكل طفيف في شكل حاسوب لوحي يطلق أرتال FEFs المتكررة هذه، ومن ثم يستخلص محتوى البث. ويتم تقاسم السعة الكلية بين البث التقليدي والإشارة من نمط LTE. ومع ذلك، هناك من حيث المبدأ إمكانية استقبال مباشرة لمحتوى البث في الأجهزة المحمولة باليد. وقد جرت تجربة هذا النظام على مستوى المختبر وفي مختلف المعارض التجارية.

- "تراكب البرج": الفكرة الأساسية هنا هي تقاسم البنية التحتية دينامياً كما هو مبين في الشكل 1.10 لتقديم الخدمات الإذاعية. وهي تمثل أساساً عملية مشتركة لمرسلات ذات قدرة عالية نسبياً في تشكيل البث (خلايا كبيرة يخدم كل منها منطقة كبيرة يتراوح قطرها بين 50 و70 كم)، ومحطات قاعدة منخفضة الطاقة نسبياً في تشكيل شبكة متنقلة (خلايا صغيرة يخدم كل منها منطقة تصل إلى بضعة كيلومترات). وتبث البرامج التي تجتذب جمهوراً كبيراً عبر شبكة البث عالية الطاقة بينما تستخدم البرامج التي يتابعها جمهور أصغر تشكيل الخلايا الصغيرة. وقد يكون التبديل دينامياً بمرور الزمن بحسب تغير مستويات الجمهور. وقد تكون الميزة بعض الوفر في استعمال الطيف، أو زيادة في السعة للبث. [5.10].

وثمة حل تقني لاستقبال الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) في الهواتف الذكية والحواسيب اللوحية باستخدام جهاز تحويل من DTTB إلى IP مرتبط بمسيّر الشبكة اللاسلكية Wi-Fi.

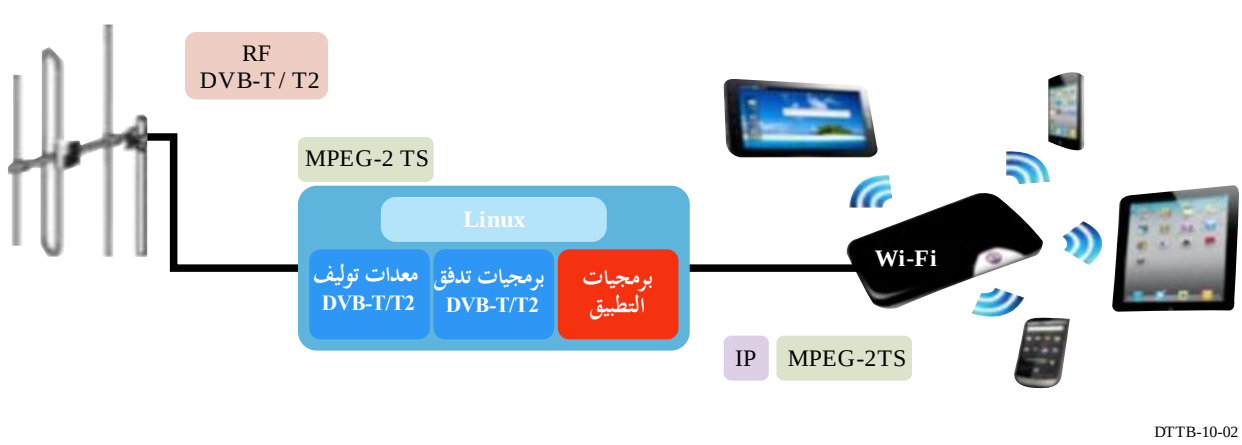
وتتوفر المنتجات التجارية استناداً إلى الخدمة الساتلية بواسطة بروتوكول الإنترنت (SAT/IP) التي تقوم بتوزيع خدمات DVB-S/S2 على الأجهزة المتصلة بالبروتوكول IP باستخدام مسيّرات Wi-Fi في المنزل أو كبلات إثرنت. ويعمل بعض هذه الأجهزة أيضاً مع نظام DVB-T/T2.

وقد أوضح اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU) أثناء المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية WRC-15 عملية تنفيذ هذه التقنية، القائمة على برمجية مفتوحة المصدر (مختلفة عن SAT/IP[39]). ويسمح استخدام التوصيل والتشغيل الموحد (UPnP) بمزيد من أنواع أجهزة الوسائط التي يمكن الوصول إليها، بغض النظر عن نظام التشغيل. ويوضح الشكل 2.10 المبدأ العام للقيام بذلك. ويمكن الاطلاع على المزيد من المعلومات عن الشبكات المنزلية في الفصل 9.

[39] يستعمل النظام SAT/IP أيضاً أسلوب UPnP، ولكن المعلومات هي من نمط الأجهزة المسجلة الملكية.

الشكل 2.10

مبدأ التحويل من التلفزيون الرقمي للأرض (DTT) إلى بروتوكول الإنترنت (IP) لتوزيع لاسلكي في المنزل



5.10 مناقشة مفصلة للتلفزيون التفاعلي

1.5.10 جوانب التفاعلية

ما فتئ يتزايد دور التفاعلية في التلفزيون الحديث، وذلك بفضل التقنيات الحديثة في الاتصالات الرقمية والتلفزيون الرقمي. ويمكن توفير التفاعلية بدرجة مختلفة من الإمكانات – من تنفيذ أبسط قدر إلى أقصى قدر من التفاعلية.

والتطبيقات التفاعلية التقليدية التي نُفذت بالفعل في التلفزيون التماثلي هي النص التلفزيوني (teletext) والتصويت بالرسائل القصيرة، وما إلى ذلك. والمضي في تطوير التفاعل في التلفزيون هو مزيج من وظائف التلفزيون الرقمي والإنترنت – أي الأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (انظر القسم 2.10).

غير أن تنفيذ التفاعلية هذا هو المرحلة المتوسطة على طريق التفاعلية "الحقيقية" – إذ يقتصر تفاعل المستعمل على المعاملات مع مقدمي الخدمات التفاعلية الذين لديهم بالفعل المحتوى المستقر الذي يتفاعل معه المستعمل. وفي المستقبل، قد يُنظر في تنفيذ موسع للتفاعلية من شأنه أن يسمح للمستعمل النهائي بالتفاعل مع المحتوى المنتج أو استحداث المحتوى الخاص به. ولكن هذه التفاعلية الموسعة لا تُستخدم، وقت كتابة هذا الكتيب، إلا ما ندر.

وثمة مسألة منفصلة وهي إمكانية التنفيذ التقني لما يسمى بقناة العودة أو القناة التفاعلية. ومع أن هذه التقنيات قد وضعت قبل نحو عشرين عاماً (مثل الإذاعة الفيديوية الرقمية – قناة العودة للأرض DVB-RCT)، فإنها لم تحظ بإقبال واسع، وذلك أساساً بسبب توفر الإنترنت في كل مكان عن طريق شبكات النطاق العريض (السلكية واللاسلكية). وعلاوة على ذلك، تتطلب القناة التفاعلية العائدة في البيئة للأرض تخصيص موارد ترددات راديوية إضافية، وهي مشكلة معقدة تماماً نظراً لوجود عدد من خدمات الاتصالات الراديوية (البث التلفزيوني التماثلي والرقمي والرادارات وما إلى ذلك). ويرد في المرجع [3.10] تجربة التطبيق ونتائج الاختبار فيما يتعلق بتقنيات التلفزيون التفاعلي (بما في ذلك القنوات التفاعلية العائدة) لأنظمة الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB) ولجنة الأنظمة التلفزيونية المتقدمة (ATSC) والإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDB) في بلدان مختلفة.

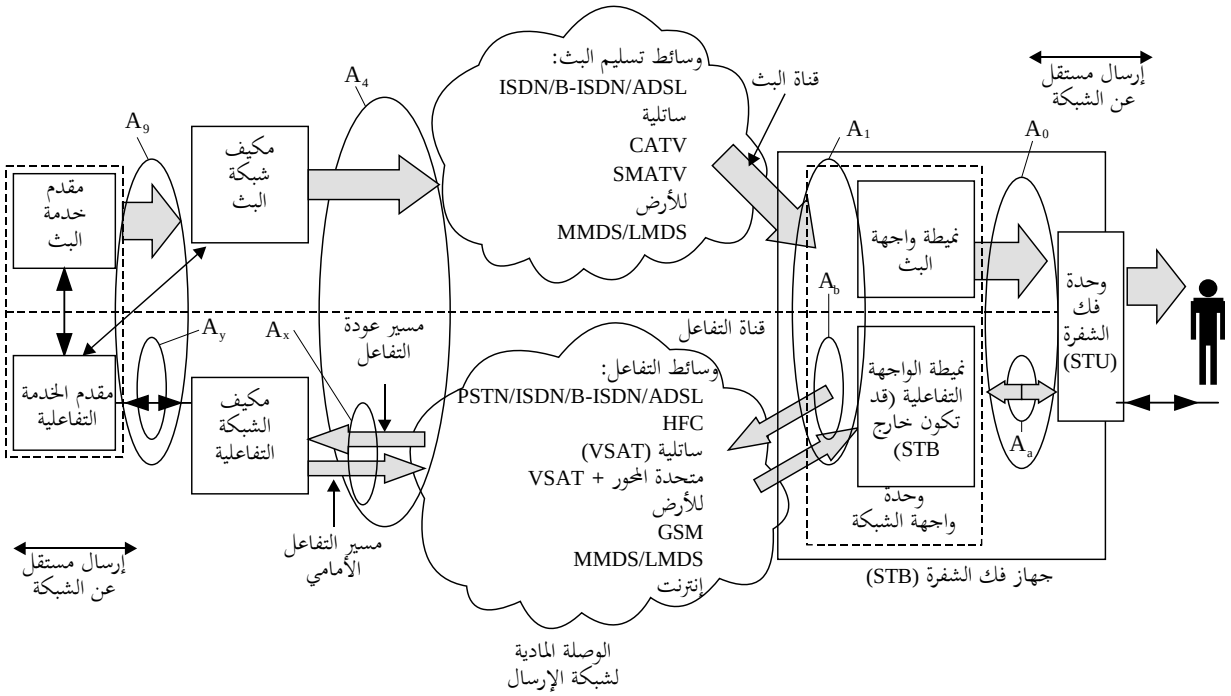
2.5.10 نموذج النظام التفاعلي

وتقدم التوصية ITU-R BT.1369 [6.10] إرشادات عامة لأسرة مشتركة من الأنظمة على مستوى العالم لتوفير الخدمات التلفزيونية التفاعلية للجمهور، ولكي تحدد بوجه خاص نموذجاً مرجعياً للتلفزيون التفاعلي. ويرد هذا النموذج في الشكل 3.10.

ويتصور هذا النموذج وجود نوعين من القنوات: قناة تفاعلية أمامية تتحقق على أساس قناة إذاعية، وقناة تفاعلية عائدة يمكن تحقيقها على أساس شبكة أخرى (شبكة اتصالات غالباً) (أو ضمن شبكة بث مع تحديد/تخصيص موارد معينة لأغراض التفاعلية كما هو موضح في القسم 1.5.10).

الشكل 3.10

نموذج مرجعي وظيفي لخدمات التلفزيون التفاعلي



DTTB-10-03

(يعود هذا النموذج إلى عام 1998 ولكنه ما زال صالحاً من حيث المبدأ. أما اليوم، فإن الوصلة المادية لقناة التفاعل تتحقق أساساً بالنفاذ إلى شبكات النطاق العريض (السلكية أو اللاسلكية) القائمة على بروتوكول الإنترنت).

وهكذا، فإن هذا النموذج يوفر البيئة التفاعلية بين المستعمل ومقدم الخدمة التفاعلية ليتم تنظيمها على أساس بيئات تسليم مختلفة – للأرض وكبلية وساتلية. ويوفر المرجع [6.10] نموذجاً مرناً في هذا الشأن. وفي وقت كتابة هذا الكتيب، كان القطاع ITU-R قد حدد، بالنسبة للإذاعة التلفزيونية الرقمية، إمكانية معينة لقناة العودة التفاعلية على أساس الشبكة الهاتفية العمومية التبديلية/الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات (PSTN/ISDN) (التوصية ITU-R BT.1435 [7.10]) والاتصالات اللاسلكية الرقمية المعزَّزة(DECT) (التوصية ITU-R BT.1507 [8.10]) والنظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM) (التوصية ITU-R BT.1508 [9.10]) وخدمة التوزيع المحلي متعددة النقاط (LMDS) (التوصية ITU-R BT.1564 [10.10]). وتتوفر الصبغة العالمية للنموذج بفضل مفهوم بروتوكولات التسليم المستقلة عن الشبكة. والمبادئ الأساسية لاستخدام هذه البروتوكولات محددة في التوصية ITU-R BT.1434 [11.10].

وبالنسبة للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB) الحديثة، يتعزز دور قناة تفاعل العودة لكي تعمل بمثابة كقناة للتفاعل الأمامي أيضاً. مثال ذلك، يمكن تنفيذ تطبيق تفاعلي ومحتوى عند الطلب من مقدمي الخدمة إلى مطراف ما عبر قناة تفاعل العودة. ويمكن بدء هذا الاستخدام من جانب المستعمل، أو نتيجة للتفاعل بين التطبيق والمستعمل. وهذا استخدام للقنوات أكثر تعقيداً بكثير. ولهذا الاستخدام المعقد، تحدد التوصية ITU-R BT.2037 [12.10] ما هو نظام IBB وكيف ينبغي أن يتصرف. وتحدد التوصية ITU-R BT.2053 [3.10] المتطلبات التقنية لأنظمة IBB بما يسلط الضوء على سيناريو محوره البث، وهو يستند أيضاً إلى الاستخدام المعزز لقناة تفاعل العودة.

3.5.10 نسق المحتوى للأنظمة التفاعلية

لأغراض الإنتاج والتبادل الدولي للتطبيقات التفاعلية متعددة الوسائط، يتم تحديد أنساق موحدة للتطبيق. وتسمح هذه الأنساق بإنشاء قاعدة مشتركة لتنظيم إدارة المحتوى وتبادله في مختلف تطبيقات الأنظمة التفاعلية بتحديد القاسم المشترك الوظيفي بين بيئات التطبيق الإعلانية لمواصفات التطبيقات التلفزيونية التفاعلية: منصة التطبيقات المشتركة المتقدمة المؤلفة من لغة الوسم XHTML

(ACAP-X) ولغة الوسم الإذاعي (BML)والإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB-HTML). وتُعرف العناصر المشتركة بين هذه المعايير الثلاثة باسم "الأساس المشترك". وقيمة الأساس المشترك هي مساعدة المبرمجين على تبادل التطبيقات الإعلانية عالمياً باستعمال هذه المعايير.

ويعرّف هذا الأساس المشترك في التوصية ITU-R BT.1699-2 [13.10]. ولإتاحة إمكانية التفاعل بين مختلف المنصات، تم بالإضافة إلى ذلك تعريف مجموعة تعليمات مشتركة (انظر التوصية ITU-R BT.1722-2 [14.10]) وبيئة تطبيق مشتركة لخدمات التلفزيون التفاعلي الرقمي التي تتألف من المعمارية الأساسية للبيئة، (انظر التوصية ITU-R BT.1889 [15.10]).

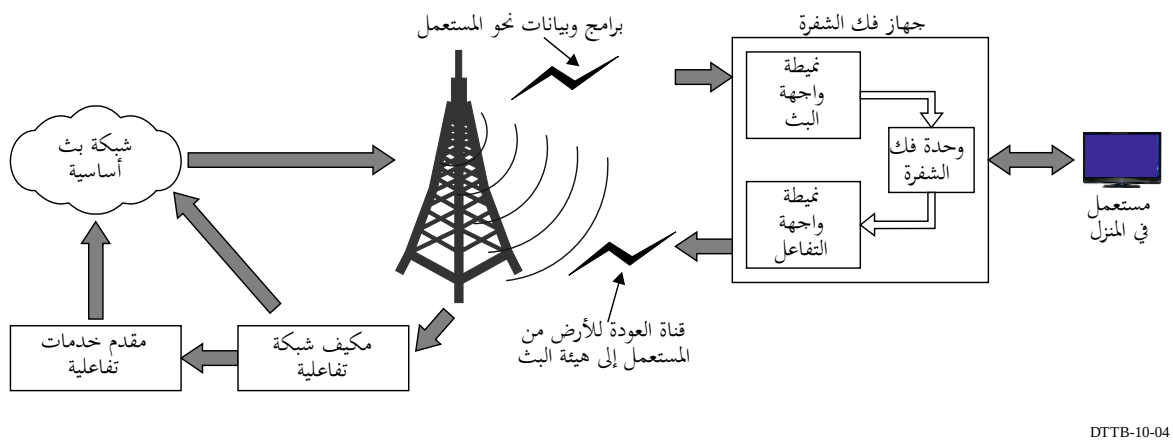
وفيما يتعلق بأنظمة IBB الحديثة، توفر التوصية ITU-R BT.2075 [1.10] إرشادات ومعلومات تقنية لاختيار نظام IBB المناسب. وتُعرض هنا أوجه الاختلاف والشبه بين مختلف جوانب أنظمة IBB، من قبيل الوسائط الأحادية ونسق التطبيق وأنواع التطبيقات.

4.5.10 قناة التفاعل في بيئة للأرض

رغبة في الاكتمال، يشار هنا إلى تنفيذ التفاعلية عبر قناة العودة للأرض. وبالنسبة لمجال الإذاعة الفيديوية الرقمية DVB، يتم تحديد قناة العودة للأرض DVB-RCT كما هو موضح في التقرير ITU-R BT.2025 [16.10]. والفكرة هي أن مستقبل البث يستعمل هوائي الاستقبال لمعاودة ربط المعلومات التفاعلية بمرسل البث. ويُستمد تزامن التردد DVB-RCT من إشارة البث DVB-T بينما تنقل نتائج تزامن الوقت من استعمال رزم إدارة التحكم في النفاذ إلى الوسائط (MAC) عبر قناة البث. وهذا المبدأ موضح في الشكل 4.10.

الشكل 4.10

توضيح تواصل الشبكات DVB-RCT



ويرد في المرجع [16.10] تجربة تنفيذ الأنظمة التفاعلية عن طريق البيئة للأرض. وينطوي إدخال هذه الأنظمة على تخطيط الترددات المقابلة، وقد أبرزت بعض المسائل المتعلقة بها في التوصية ITU-R BT.1832 والتقرير ITU-R BT.2025 [17.10]، [16.10].

بيبليوغرافيا للفصل 10

[1.10] التوصية **ITU-R** BT.2075 – *أنظمة النطاق العريض المتكاملة للإذاعة*

[2.10] التقرير **ITU-R** BT.2267 – *أنظمة النطاق العريض للإذاعة المتكاملة*

[3.10] التوصية **ITU-R** BT.2053 – *الخصائص التقنية للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB)*

[4.10] التوصية **ITU-T** J.205 – *متطلبات من أجل إطار للتحكم في التطبيق باستعمال الخدمات المتكاملة للإذاعة والتلفزيون الرقمي عريض النطاق*

[5.10] Ulrich Reimers Dynamic Broadcasting, **EBU** Forecast 2012, ref. https://tech.ebu.ch/events/forecast12

[6.10] التوصية **ITU-R** BT.1369 – *المبادئ الأساسية للأسرة المشتركة عالمياً لأنظمة توفير خدمات التلفزيون التفاعلية*

[7.10] التوصية **ITU-R** BT.1435 – *قناة تفاعل PSTN/ISDN للإذاعة الرقمية الصوتية والتلفزيونية*

[8.10] التوصية **ITU-R** BT.1507 – *قناة تفاعل تستخدم نظام الاتصالات اللاسلكية الرقمية المعززة (DECT)*

[9.10] التوصية **ITU-R** BT.1508 – *قناة تفاعل تستخدم نظام عالمي للاتصالات المتنقلة (GSM)*

[10.10] التوصية **ITU-R** BT.1564 – *قناة تفاعل تستخدم أنظمة محلية للتوزيع إلى نقاط متعددة*

[11.10] التوصية **ITU-R** BT.1434 – *بروتوكولات للأنظمة التفاعلية مستقلة عن الشبكة*

[12.10] التوصية **ITU-R** BT.2037 – *المتطلبات العامة للتطبيقات الموجهة للإذاعة في الأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB) واستخدامها المتصور*

[13.10] التوصية **ITU-R** BT.1699 – *مواءمة أنساق التطبيقات الإعلانية في مجال التلفزيون التفاعلي*

[14.10] التوصية **ITU-R** BT.1722 – *مواءمة أنساق المحتويات الإجرائية في تطبيقات التلفزيون التفاعلي*

[15.10] التوصية **ITU-R** BT.1889 – *بيئة تطبيقية مشتركة لخدمات الإذاعة الرقمية التفاعلية*

[16.10] التقرير **ITU-R** BT.2025 – *التقدم في تطوير وتنفيذ أنظمة وخدمات الإذاعة التفاعلية*

[17.10] التوصية **ITU-R** BT.1832 – *الإذاعة الفيديوية الرقمية للأرض بقناة العودة (DVB-RCT) سيناريوهات الانتشار واعتبارات التخطيط*

الفصل 11

النفاذ المشروط وحماية المحتوى في البث التلفزيوني الرقمي

1.11 الجوانب العامة

يرى العديد من الهيئات الإذاعية ضرورة تجفير كل أو جزء من برامجها التلفزيونية. والتجفير هو آلية تسمح بالتحكم في استقبال البرامج التلفزيونية من قبل المستعملين المصرح لهم بذلك فقط. ويصف هذا الفصل المبدأ الأساسي للنفاذ المشروط (CA) فضلاً عن مختلف أنظمة النفاذ المشروط (CAS) قيد الاستخدام بما فيها إدارة الحقوق الرقمية (DRM).

هنالك دافعان وراء الحاجة إلى التجفير:

- تقديم خدمات التلفزيون مقابل الدفع؛
- قصر الاستقبال على منطقة جغرافية محددة مسبقاً.

يتم تقديم الاشتراك في التلفزيون المدفوع عادة على أساس سنوي أو شهري بل وعلى أساسٍ ساعيّ (موقوت). وفي حالة النفاذ الموقوت (مشاهدة فيلم معين أو حدث رياضي مثلاً) على وجه الخصوص، كثيراً ما يتم الاشتراك عن طريق الاتصال بالإنترنت من جهاز التلفزيون الذكي. وفي الحالات الأخرى، يتم عادة تطبيق آلية النفاذ المشروط على أساس البرمجيات والمعدات.

والتجفير لأغراض الحجب الجغرافي معروف على نطاق واسع في حالة البث الساتلي ولكنه يستخدم أيضاً في الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) لمنع استقبال برامج تلفزيونية محددة خارج منطقة خدمة معينة. وقد يكون الحجب الجغرافي للأرض ناجماً عن طلب من الجهة التنظيمية الوطنية أو نتيجة لاتفاق غير تنافسي بين بلدان متجاورة أو مطلوب، على الأغلب، من صاحب حقوق الملكية الفكرية (IPR) لبرنامج تلفزيوني ما عندما لا تحصل الهيئة الإذاعية أو لا تستطيع الحصول على حقوق الإرسال للسكان خارج منطقة الخدمة المحددة مسبقاً. وفي هذه الحالة، غالباً ما يكون مفتاح فك التجفير مجانياً للمستهلك داخل المنطقة الجغرافية المقصودة.

ويمكن تطبيق التجفير على برنامج أو عدة برامج يتم تنفيذها داخل قناة تلفزيونية أو على كامل تعدد إرسال البرامج التلفزيونية (كما هو مبين في الشكل 1.11). وقد يتم تفعيل النفاذ المشروط على مدار الساعة ("قناة الاشتراك") أو خلال فترات زمنية محددة فقط. ويتوقف فك التجفير التقني لبرنامج تلفزيوني ما على نظام النفاذ المشروط المستخدم، وهناك حلول قائمة على البرمجيات وأخرى قائمة على المعدات. ويتم تضمين الحلول القائمة على البرمجيات في جهاز فك التجفير أو جهاز التلفزيون بينما تتوقف الحلول القائمة على المعدات عادة على واجهة محددة لنميطة النفاذ المشروط (CAM). وأكثر أنواع هذه الواجهات شيوعاً يحمل نميطة CI أو +CI (انظر الأقسام فيما يلي أدناه).

وتجري دراسات الاتحاد الدولي للاتصالات بشأن المتطلبات التقنية والتشغيلية وغيرها من متطلبات أنظمة النفاذ المشروط (CAS) المستخدمة في أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية وفقاً لمسألة الدراسة ITU-R 49-1/6 [1.11].

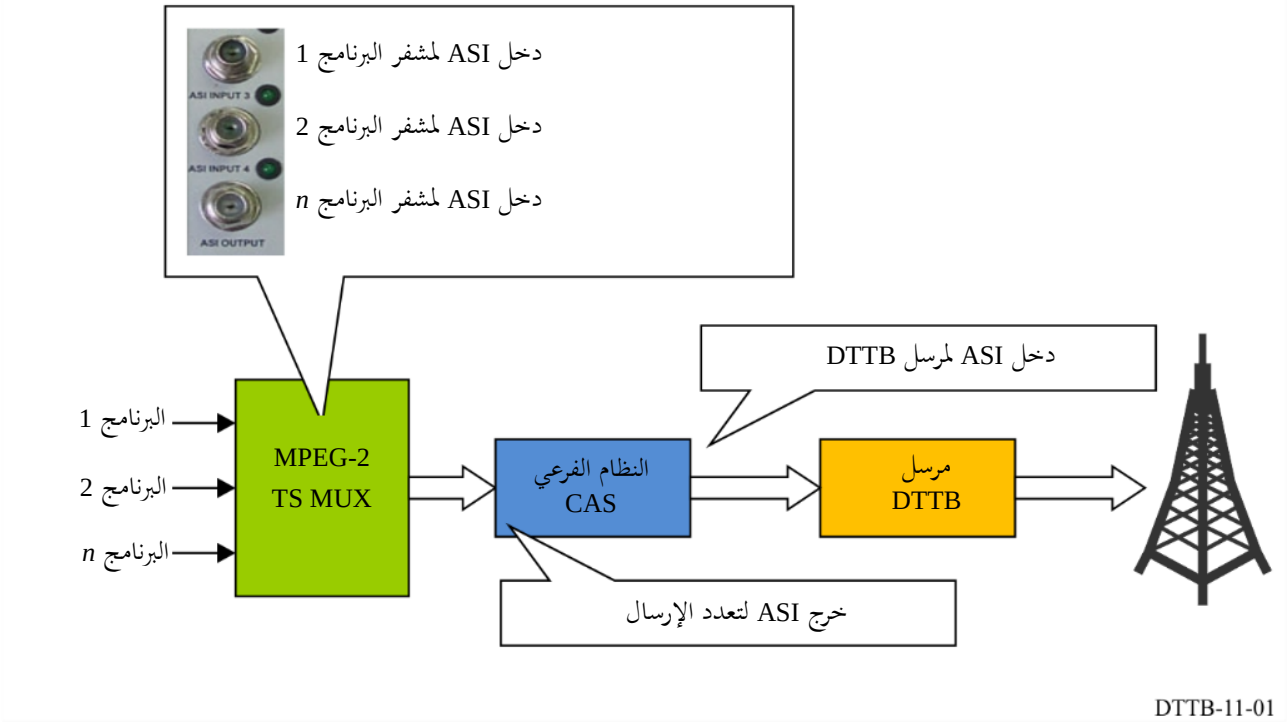
وتحدد المبادئ الأساسية لتصميم أنظمة النفاذ المشروط في الإذاعة الرقمية في التوصية ITU-R BT.1852 [2.11] وفي التقرير ITU-R BT.1079 [3.11].

ومن شأن المبادئ الموصوفة في التوصية ITU-R BT.1852 أن تيسر وضع أنظمة فعالة للنفاذ المشروط من أجل تدفق النقل MPEG-2 (MPEG-2 TS) في التوصية ITU-T H.222.0.[40]

[40] من المتوقع، في المستقبَل، أن تغطي هذه التوصية أيضاً نظام نقل الوسائط MPEG على النحو المحدد في التوصية ITU-R BT.2074 (المستخدم بالفعل للتلفزيون فائق الوضوح 8k UHDTV).

الشكل 1.11

المخطط البياني لمبدأ استخدام النفاذ المشروط في الإذاعة DTTB
(مثال حالة تجفير كامل تدفق النقل MPEG-2)



ويمكن تنفيذ أنظمة النفاذ المشروط إما كجهاز منفصل يتبع معدد الإرسال (كما هو مبين في الشكل 1.11) أو كجزء من فدرات نموذجية معينة من جانب الإرسال التلفزيوني الرقمي (في جهاز التشفير الفيديوي/الصوتي أو في محطة نهاية رأس تلفزيون كبلي).

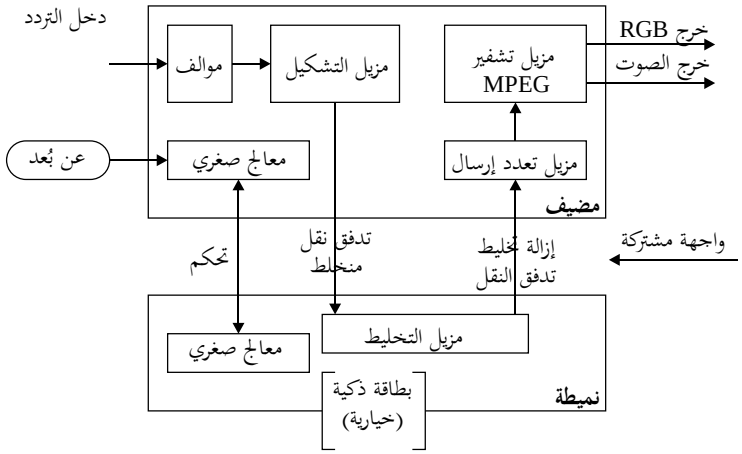
وفي جانب المستقبل، يمكن تنفيذ أنظمة النفاذ المشروط بواسطة نميطة معدات أو كنظام مندمج. وتستخدم حالياً أنظمة البطاقات على نطاق واسع في الإذاعة DTTB لأن تنفيذ النظام المندمج أكثر تعقيداً لأعداد كبيرة من المشتركين. وفي الأنظمة المندمجة تكون خوارزميات فك التشفير مختزنة أصلاً في المستقبلات. وقد يكون ذلك مناسباً للمستهلك، ولكن إضافة خوارزميات جديدة (لمقدمي الخدمات الجدد مثلاً) يتطلب عمليات تنزيل نحو جهاز المستعمل النهائي قد تكون محدودة السعة من حيث عدد الخوارزميات التي يمكن تخزينها.

2.11 نُهُج تنفيذ أنظمة النفاذ المشروط (CAS)

رغبة في توفير القواسم المشتركة من حيث أنظمة CAS المدعومة، غالباً ما تكون أجهزة الاستقبال التلفزيونية الرقمية مجهزة بواجهة تسمى الواجهة المشتركة (CI)، أو مؤخراً +CI (انظر البند 3.2.11). والهدف من تنفيذ الواجهة CI هو توحيد نسق رسائل أنظمة CAS المتبادلة وخوارزميات التخليط الشائعة. ويرد في الشكل 2.11 مخطط فدرات عام لاستعمال الواجهة المشتركة في المستقبلات التلفزيونية الرقمية.

الشكل 2.11

مثال لنميطة وحيدة موصولة مع مضيف (انظر المعيار EN 50221)



DTTB-11-02

المضيف، في هذا الشكل، هو مستقبل تلفزيون رقمي نموذجي يحتوي على موالف ومزيل تشكيل ومفكك تشفير MPEG ومزيل تعدد إرسال وفدرات أخرى مستخدمة للاستعادة في برامج البث التلفزيوني. وتحتوي النميطة على معالج صغري للتشغيل البيني مع فدرات المضيف ومزيل تخليط ونميطة فرعية اختيارية لبطاقة ذكية. ويتم تنفيذ هذا التفاعل عن طريق واجهة مشتركة. وتعرّف بروتوكولات الاتصال على هذه الواجهة في عدة طبقات لتوفير الوظائف اللازمة. وتشمل هذه الوظائف القدرة على دعم نمائط متعددة لدى مضيف واحد، والقدرة على دعم توليفات معقدة من المعاملات بين النميطة والمضيف، ومجموعة قابلة للتوسع من الأوليات (الأغراض) الوظيفية التي تمكّن المضيف من توفير الموارد للنميطة.

1.2.11 أنظمة النفاذ المشروط (CAS) من أجل الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDB)

إن مواصفات أنظمة النفاذ المشروط من أجل الإذاعة الرقمية ISDB معرّفة في المعيار ARIB STD-B25 [6.11].

وينطبق هذا المعيار على جميع أنواع البث التلفزيوني الرقمي المعياري ISDB، الساتلي وللأرض بما فيها البث التلفزيوني عالي الوضوح.

ويحدد المعيار ARIB STD-B25 نظام التحكم للاستقبال (نظام النفاذ المشروط) والتحكم في استعادة التسجيل (نظام استعادة التسجيل المشروط) المستخدم في الإذاعة ISDB. ويحدد هذا المعيار أحد الحلول الممكنة لنظام النفاذ المشروط ولكن المعيار ARIB STD-B25 يعتبر من الأنظمة الرئيسية.

وتحدد المعلمات الرئيسية للنظام ARIB STD-B25 في التوصية ITU-R BT.1852 [2.11]. ويشار إلى نظام النفاذ المشروط من أجل الإذاعة ISDB بوصفه النظام CAS-R. ويستخدم هذا النظام الشفرات للمخلط ومزيل التخليط على أساس المعيار MULTI2 (ISO/IEC 9979).

والجيل الثاني من أنظمة النفاذ المشروط محدد أيضاً في المعيار ARIB STD-B61 [7.11] الذي يرد وصفه في التوصية ITU-R BT.1852 [2.11].

2.2.11 نظام النفاذ المشروط (CAS) في معيار لجنة الأنظمة التلفزيونية المتقدمة (ATSC)[41]

يحدد الجزء 1 من المعيار ATSC A/70 [8.11] نظام النفاذ المشروط للإذاعة للأرض الخاص بحسب معيار ATSC. ويحدد هذا المعيار فقط فدرات البناء (التجفير المتآون، والتخليط المشترك، والبرمجية المضيفة للنفاذ المشروط، وقناة العودة، وواجهة نميطة النفاذ المشروط) اللازمة لضمان قابلية التشغيل البيني (أي يمكن لأي نميطة نفاذ مشروط في معيار ATSC أن تعمل مع أي مضيف

[41] لا بد من الإشارة إلى أن اللجنة ATSC تقوم، وقت نشر هذا الكتيب، بوضع سلسلة جديدة من المعايير، ATSC 3.0، للتلفزيون الرقمي. ويمكن الاطلاع على المعلومات الراهنة المتعلقة بهذه المعايير، النهائية منها والمرشحة، في موقع اللجنة: www.atsc.org.

متوافق مع ATSC مصمم لدعم النفاذ المشروط بموجب ATSC). وبما أنه يمكن تصميم هذه النميطة ATSC CA بحيث تكون قابلة للاستبدال، فإن مضيفات ATSC محمية من التقادم حيث يتم ترقية الأمن، ويمكن أن يتوقع من هذا المعيار أن يبقى طالما بقي معيار ATSC نفسه.

ويحدد الجزء 2 من المعيار ATSC A/70 [9.11] طريقة استعمال مفاهيم التجفير المتآون لتجفير الخدمات (توفير حماية الخدمة) مع مختلف أنظمة حماية الخدمة دون إرسال نسخ متعددة مختلفة التجفير من الخدمات [10.11]. ويصف المعيار معمارية تنطبق على أنظمة الإذاعة للأرض التي يتم تنفيذها في إطار بروتوكول الإنترنت. ويمكن تطبيق المعيار على بث إشارات وخدمات التلفزيون الرقمي المتنقل بحسب ATSC والخدمات الأخرى بواسطة بروتوكول الإنترنت، وهو يمكّن الهيئات الإذاعية من تفريع الخدمات المدفوعة بالتعاقد باستخدام أنظمة بديلة لحماية الخدمات.

3.2.11 نظام النفاذ المشروط (CAS) في الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB)

المعلمات الرئيسية لنظام النفاذ المشروط من أجل الإذاعة DVB-T وDVB-T2 معرّفة في التوصية ITU-R BT.1852 [2.11]. وفي هذه التوصية، يشار إلى النظام بوصفه "المعيار IEC في أنظمة الإذاعة DVB". وهو يستخدم خوارزمية تخليط DVB المشتركة (DVB-CSA) أو AES-128 (إلزامية للأجهزة)؛ كما أن معايير تجفير البيانات DES وTDES وMULTI2 (خيارية للأجهزة) ممكنة. وكذلك يحدد المعيار IEC 62455 نظاماً معيارياً للتحكم في النفاذ إلى الخدمات الإذاعية القائمة على تدفق نقل MPEG2 من أجل أنظمة الإذاعة DVB. كما يحدد المعيار IEC 62455 كيفية استعمال النظام نفسه للتحكم في النفاذ إلى الخدمات الإذاعية القائمة على بروتوكول الإنترنت. وهكذا تنطبق المواصفة بشكل واسع على مختلف الأنظمة الإذاعية، بما فيها الأنظمة التي يتعذر فيها حماية رزم تدفق نقل MPEG2 (مثل الخدمات القائمة على بروتوكول الإنترنت المقدمة عبر شبكات لا تستند إلى MPEG2).

ويمكن تنفيذ نظام النفاذ المشروط (CAS) من أجل الإذاعة DVB بمثابة SimulCrypt وMultiCrypt.

ويمكّن نظام DVB SimulCrypt من استخدام أجهزة استقبال متعددة باستخدام أنظمة نفاذ مشروط مختلفة، وذلك بإرسال بيانات الإيذان لكل نظام نفاذ مشروط (CA) في آن واحد. ولم تلاحظ أي مشاكل حتى الآن بشأن القيود المحتملة التي قد تفرضها معمارية DVB SimulCrypt على استخدام أسلوب مشترك للتخليط وإزالة التخليط [16.11]، [17.11]، [18.11].

ويمكّن نظام DVB MultiCrypt من استخدام أنظمة CA متعددة بجهاز استقبال واحد مع استخدام واجهة مشتركة. وترد مبادئ المعالجة والمعلمات الأساسية للواجهة المشتركة لأنظمة DVB وكذلك المبادئ التوجيهية للتنفيذ في المعيار EN 50221 [11.11] والمعيار R206-00 [12.11]، على التوالي. وكتمديد أول، تم تقييس الواجهة المشتركة v.2 [12.11]. وهذا يمكّن من تنفيذ وظائف إضافية مثل دعم وظائف الحالة/الاستعلام وإدارة الطاقة والحدث وتطبيق واجهة المستعمل وحماية النسخة وتنزيل البرمجيات وموارد خط أنابيب النفاذ المشروط. وفي وقت لاحق، تم تحديث مواصفات الواجهة المشتركة إلى الإصدار 3 [14.11].

وفي الوقت الراهن، تم تمديد مواصفات الواجهة المشتركة بواسطة المواصفة CI Plus™ [15.11]، التي توفر طرائق مشتركة (أي طرائق مستقلة عن نظام النفاذ المشروط في اتجاه المصدر) من أجل الاستيقان المتبادل لنميطة النفاذ المشروط للواجهة المشتركة (CICAM) والمضيف، وربط التجفير عبر واجهة العودة من النميطة CICAM إلى المضيف.

وفيما يلي قائمة بالميزات المحددة كتمديدات للصيغة CI Plus™ V1,3:

- معالجة تعدد التدفق.
- المحتوى المقدم بواسطة بروتوكول الإنترنت.
- تمديدات المتصفح CI Plus™.
- إطلاق تطبيق نميطة النفاذ المشروط للواجهة المشتركة (CICAM).
- تمديدات معلومات قواعد الاستعمال (URI).
- العلامة المائية والقدرة على نقل الشفرة.

3.11 حماية المحتوى وإدارة النسخ

بالإضافة إلى التحكم في النفاذ بالنسبة للتلفزيون والمحتويات الأخرى في بيئة البث، هناك مهمة تقنية هامة أخرى هي إدارة مختلف جوانب استهلاك المحتوى من جانب المستعمل النهائي. ويتعلق ذلك على وجه الخصوص بإدارة نسخ المحتوى لأغراض إدارة الحقوق الرقمية (DRM).

ومن أجل القيام بالمهام التقنية المذكورة أعلاه، ترسل معلومات خاصة تحتوي على بيانات للتحكم في استهلاك المحتوى في تدفق بث رقمي. ويبرز هذا الموضوع في التقرير ITU-R BT.2070-1 [5.11]. ويصف هذا التقرير "أحدث ما توصلت إليه" تقنيات حماية المحتوى الرقمي من أجل البث التلفزيوني والخدمات ذات الصلة. وتتصل المعلومات الواردة في هذا التقرير بوصف التهديدات التجارية التي تتعرض لها الهيئات الإذاعية وهيئات تقديم المحتوى نتيجة للتقدم المحرز في التكنولوجيا والتحديات المحتملة للاستخدام المشروع للمحتوى الإذاعي وتعريف النموذج المعماري والمفاهيم بصدد حماية المحتوى في البيئات الإذاعية، وتوفير حل، على سبيل المثال، لتنفيذ حماية المحتوى في كوريا.

وتختلف أنظمة إدارة الحقوق الرقمية ولكنها تستند كلها إلى مفهوم تجفير بعض أو كل المحتوى باستخدام مفاتيح خاصة بالجهاز أو خاصة بالمستعمل، والسماح بالنفاذ إلى تلك المفاتيح فقط لعمليات التنفيذ الممثلة للإجراءات التي تراعي الحقوق الممنوحة.

مثال ذلك، يتناول الجزء 3 من المعيار ARIB STD-B25 نظام حماية المحتوى (CPS) في بيئة الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDB). ويحدد الجزء 3 من هذا المعيار نظام تحكم في النفاذ لاستخدامه في البث الرقمي ونظام تحكم في الاستقبال، ولا سيما نظام حماية المحتوى لاستقبال البرامج مجاناً، كما يحدد التخليط ومواصفات المعلومات المرتبطة به وكذلك مواصفات الاستقبال ذات الصلة [6.11].

يشار إلى نظام حماية المحتوى لبيئة الإذاعة DVB بالمختصر DVB-CPCM [18.11]. والنظام DVB-CPCM هو نظام لحماية المحتوى وإدارة النسخ للمحتوى التجاري الذي يصل إلى منتجات المستهلك. ويقوم نظام حماية المحتوى وإدارة النسخ (CPCM) بإدارة استعمال المحتوى، ابتداء من الاستحواذ داخل نظام CPCM حتى الاستهلاك النهائي، أو التصدير من نظام CPCM، وذلك طبقاً لقواعد الاستعمال المعينة لذلك المحتوى. وتشمل المصادر المحتملة للمحتوى الرقمي التجاري البث (الكبلي والساتلي وللأرض)، في جملة ما تشمل، الخدمات القائمة على الإنترنت، والوسائط المرزومة، والخدمات المتنقلة. ويتوخى النظام CPCM حماية كل أنواع المحتوى التجاري من تطبيقات وبيانات سمعية وفيديوية ومصاحبة. ويوفر النظام CPCM المواصفات لتسهيل قابلية التشغيل البيني لهذا المحتوى بواسطة أجهزة المستهلك الموصولة سواء بشبكة منزلية أو بالنفاذ عن بُعد[42].

ويتناول المعيار A/98، "نقل رسالة قابلية تحديد النظام"، حماية المحتوى وإدارة المحتوى لبيئة ATSC [19.11]. ويحدد هذا المعيار طريقة نقل رسائل قابلية تحديد النظام. ورسالة قابلية تحديد النظام (SRM) هي رسالة تصدر عن مدير نظام حماية المحتوى (CPS) يمكنها، عندما ترسل إلى الأجهزة التي تستخدم ذلك النظام، إبطال الإذن لبعض الأجهزة أو مجموعات الأجهزة للحصول على المحتوى الذي يحميه النظام CPS. ويكون لكل من مختلف أنظمة CPS رسالة SRM الخاصة به للحفاظ على سلامة الأنظمة، في حالة سرقة مفاتيح الجهاز واستنساخها مثلاً. وبالإضافة إلى ذلك، فإن المعيار ATSC A/65 "بروتوكول معلومات النظام والبرنامج للإذاعة والكبل للأرض" [20.11] يتضمن "راية تحكم في النفاذ" للإشارة إلى أن الأحداث المرتبطة بقناة البث يمكن أن تخضع للتحكم في النفاذ.

بيبليوغرافيا للفصل 11

[1.11] المسألة ITU-R 49-1/6، *أنظمة الإذاعة ذات النفاذ المشروط*

[2.11] التوصية ITU-R BT.1852، *أنظمة النفاذ المشروط فيما يتعلق بالإذاعة الرقمية*

[42] صحيفة وقائع DVB-CPCM: https://www.dvb.org/resources/public/factsheets/DVB-CPCM_Factsheet.pdf.

[3.11] التقرير **ITU-R** BT.1079-1، *الخصائص العامة لأنظمة الإذاعة ذات النفاذ المشروط*

[4.11] التقرير **ITU-R** BT.2052، *حماية خصوصية المستعملين النهائيين في أنظمة الإذاعة التفاعلية*

[5.11] التقرير **ITU-R** BT.2070-1، *بث تشوير لحماية المحتوى التلفزيوني*

[6.11] **ARIB** STD-B25 – *Conditional access system specifications for digital broadcasting*

[7.11] **ARIB** STD-B61 – *Conditional access systems (second generation) and CAS program download system specifications for digital broadcasting*

[8.11] **ATSC** Standard A/70 Part 1:2010 – *Conditional Access System for Terrestrial Broadcast*

[9.11] **ATSC** Standard A/70 Part 2: 2011 – *Conditional Access System for Terrestrial Broadcast Service Protection using Simulcrypt for Internet Protocol-Delivered Services*

[10.11] **DVB** EN 50221 – *Common Interface Specification for Conditional Access and other Digital Video Broadcasting Decoder Applications*

[11.11] **CENELEC** R206-001 – *Guidelines for Implementation and Use of the Common Interface for DVB Decoder Applications*

[12.11] **ETSI** TS 101 699 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the Common Interface Specification*

[13.11] **ETSI** TS 100 289 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Support for use of the DVB Scrambling Algorithm version 3 within digital broadcasting systems*

[14.11] **ETSI** TS 103 205 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Extensions to the CI Plus™ Specification*

[15.11] **ETSI** TS 101 197 – *Digital Video Broadcasting (DVB); DVB SimulCrypt; Head-end architecture and synchronization*

[16.11] **ETSI** TS 103 197 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Head-end implementation of DVB SimulCrypt*

[17.11] **ETSI** TR 102 035 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation Guidelines of the DVB Simulcrypt Standard*

[18.11] **ETSI** TS 102 825 (Parts 1-14) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Content Protection and Copy Management (DVB-CPCM)*

[19.11] **ATSC** Standard A/98: 2007 – *System Renewability Message Transport*

[20.11] **ATSC** Standard A/65: 2013 – *Program and System Information Protocol for Terrestrial Broadcast and Cable*

الفصل 12

جودة إشارة النطاق الأساسي

1.12 مقدمة

يوصى باستخدام المعلومات الواردة في الفصل 3 (متطلبات شبكات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض DTTB) لاختيار نسق فيديوي وسمعي فضلاً عن متوسط معدل البتات.

وإذا كان هنالك حاجة إلى مزيد من التحريات بشأن مدى تغير الجودة عند عدم استعمال القيم الموصى بها، فقد يكون هذا القسم بمثابة إرشاد.

وغالباً ما يرتبط تقدير جودة الصوت/الفيديو في أنظمة التلفزيون بتقييم أثر مصادر الخلل المحتملة، من قبيل:

- أنظمة انضغاط الصوت/الفيديو: يرتبط تقدير جودة الفيديو بكفاءة خوارزميات انضغاط الفيديو من حيث المفاضلة بين معدل البتات والجودة الذاتية/الموضوعية.
- قناة الإرسال: في هذه الحالة، يجري تقدير الدقة الفيديوية المستعادة بعد المرور عبر سلسلة البث من طرف إلى طرف. ومع ذلك، يؤدي هذا الأخير في الإذاعة الرقمية إما إلى انعدام أي تأثير على جودة الصورة أو إلى فشل كامل في نقل الصورة مع فترة انتقالية قصيرة جداً بينهما.

ويمكن قياس مستوى جودة مصدر الصوت/الفيديو في شكلين مختلفين:

- موضوعياً (تقدير موضوعي) باستخدام المقاييس الرياضية التي تحسب تقييم الجودة استناداً إلى قيم البيكسل الخاصة بخرج الفيديو (أو خرج إشارة الصوت).
- ذاتياً (تقدير ذاتي) حيث يتم التقييم من قبل مجموعة مختارة من المشاهدين/المستمعين وفقاً لمنهجية محددة مسبقاً.

ومقاييس الجودة الموضوعية هي أدوات أسهل وأسرع لتقييم الجودة. وهي مخصصة للاستخدام في طائفة واسعة من التطبيقات التي تنتج نفس النتائج في مجموعة معينة من المتواليات الفيديوية. وينبغي تكييف اختيار المتواليات الفيديوية المستخدمة وتفسير القياسات الموضوعية الناتجة مع التطبيق المستهدف. ويمكن استخدام المقاييس الموضوعية لتقييم أنظمة الانضغاط من نفس الأسرة بصورة موثوقة (من قبيل الكودكات القائمة على الفدرات MPEG-4 وMPEG-2 وغيرهما) ذلك لأنها قد توفر ظواهر بصرية مشابهة. ويقدم القسم 2.12 موجزاً للمقاييس الموضوعية القائمة.

وطرائق تقييم الجودة الذاتية هي إجراءات معيّنة لتحديد متوسط رأي المشاهدين بخصوص مجموعة محددة من المتواليات الفيديوية لتطبيق معين. ولذلك فإن إعدادها أكثر تعقيداً ولكنه أكثر تمثيلاً لاستجابات المشاهدين لمستوى الجودة. والنتائج قيّمة في تصميم النظام الأساسي وعمليات التقييم المرجعية. وما زالت تقييمات الجودة الذاتية لتطبيق مختلف في ظروف اختبار مختلفة توفر نتائج مفيدة، ومع ذلك، فإن درجات الرأي لنفس المجموعة من المتواليات الفيديوية لها قيم مختلفة [1.12]. ويقدم القسم 3.12 موجزاً للمقاييس الذاتية القائمة.

والقياسات الموضوعية والتقييم الذاتي للجودة يكمل كل منهما الآخر ولكنه لا يحل محله. والتقييمات الذاتية ضرورية لتحديد معدلات البتات المطلوبة للحفاظ على مستوى معين من الجودة، باختيار معدلات البتات للإرسال وغير ذلك. والقياسات الموضوعية مطلوبة لمواصفات المعدات ولقياس الأداء اليومي للنظام ورصده.

وأكثر أنواع عمليات مراقبة الجودة شيوعاً هي:

- دليل مراقبة الجودة ("عيون/آذان ذهبية" تراقب البرنامج).
- أتمتة مراقبة الجودة (للتحقق من مستويات الإشارة والمعايير).

- الامتثال لبنية الملف (للتحقق إزاء معايير الملف، من قبيل AS11 DPP).
- تحليل بنية الملف (تحليل عميق لمعرفة مواطن الخلل في بنية الملف).

وفي السيناريو المعقد للتوزيع المتكامل متعدد المنصات في بروتوكول الإنترنت، المعرض لخطر الاضطراب من البرمجية الثابتة التدرجية المهملة وتحديثات الكودكات، قد تكون التقييمات الموضوعية "للعيون/الآذان الذهبية" المنتظمة للسلسلة بأكملها هي الأكثر واقعية.

ولدى اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU) برنامج استراتيجي لمراقبة الجودة يتناول تقييم الجودة السمعية البصرية[43].

2.12 تقدير الجودة الموضوعية لأنظمة الانضغاط في التلفزيون الرقمي

تستند الطرائق الموضوعية إلى معلمات إشارة الاختبار باستخدام معدات القياس. ولا تعطي نتائج الاختبار الموضوعي معلومات كاملة عن انطباعات المشاهدين فيما يتعلق بالبرنامج المشاهد. وفي التلفزيون الرقمي على وجه الخصوص، قد تُفوّت الارتباطات الدقيقة بين اضطراب الصورة والانطباعات البصرية للمشاهد [1.12].

وتصف الوثائق الناظمة [12.2-12.13] استخدام معلمات الجودة التقنية لتدفقات الفيديو والصوت MPEG في التقدير الموضوعي للجودة في الإذاعة الرقمية للأرض.

1.2.12 القياسات الموضوعية لتقدير جودة الانضغاط الفيديوي

يشار إلى هذه القياسات بمثابة قياسات إدراكية موضوعية. وهي قياس أداء سلسلة برنامج باستخدام صور شبيهة بالبرنامج وطرائق (أدوات) قياس موضوعية للتوصل إلى مؤشر من شأنه تقريب سوية الدرجة التي يمكن الحصول عليها من اختبار تقييم ذاتي. وهنالك ثلاث طرائق رئيسية لإجراء القياسات الموضوعية:

- مرجع كامل (FR): عندما تكون إشارة الفيديو المرجعية الكاملة متاحة – الطريقة ذات الطرفين.
- مرجع ناقص (RR): عندما لا تتوفر سوى معلومات مرجعية ناقصة – الطريقة ذات الطرفين.
- لا مرجع (NR): عندما لا تتوفر إشارة أو معلومات فيديو مرجعية — الطريقة وحيدة الطرف.

واستناداً إلى أعمال فريق خبراء جودة الفيديو (VQEG)،[44] أعدت توصيات القطاع ITU-R من أجل تقنية قياس جودة الفيديو الإدراكية الموضوعية للتطبيقات الإذاعية بوجود إشارة مرجعية كاملة: المرجع [3.12] للتلفزيون عادي الوضوح، والمرجع [4.12] لوضوح منخفض. وفيما يتعلق بتقنية قياس جودة الفيديو الإدراكية الموضوعية لتطبيقات الإذاعة بعرض نطاق منخفض، انظر المرجع [5.12] لوضوح منخفض والمرجع [6.12] للتلفزيون عادي الوضوح.

2.2.12 القياسات الموضوعية لتقدير جودة الإرسال الفيديوي

وهي تشمل:

- دقة تزامن تدفق البرنامج (الارتعاش والأخطاء في إشارة التزامن)؛
- مستوى التشوهات البنيوية؛
- مقاييس الأخطاء الزمنية لمتوالية فيديوية (VFLR[45]، VFDR[46]، TER)[47].

وفيما يلي المقاييس التي يمكن استخدامها لتحديد مستوى التشوهات البنيوية:

- معدل خطأ البيكسل (PxER)؛

---

[43] لمزيد من المعلومات، انظر الموقع https://tech.ebu.ch/groups/btf.

[44] VQEG – فريق خبراء الجودة الفيديوية.

[45] VFLR – نسبة فقدان الأرتال الفيديوية.

[46] VFDR – نسبة فك تشفير الأرتال الفيديوية.

[47] TER – نسبة أخطاء التوقيت.

- معدل خطأ الفدرة في MPEG (BLER)؛
- معدل خطأ الفدرة الكبرى في MPEG (MBLER)؛
- معدل خطأ الشريحة في MPEG (SLER).

ولتقييم أثر التشوهات التي تنشأ في القناة الإذاعية على مستوى المتواليات الفيديوية، يمكن استخدام المقاييس التالية للجودة التقنية:

- نسبة فقدان الأرتال الفيديوية (VFLR)؛
- نسبة فك تشفير الأرتال الفيديوية (VFDR)؛
- نسبة خطأ التوقيت (TER)؛
- نسبة إشارة الذروة إلى الضوضاء في الفيديو (PSNR)؛
- مقياس جودة الفيديو (VQM)؛
- مقياس جودة الصور المتحركة (MPQM)؛
- مؤشر التشابه البنيوي (SSIM)؛
- قياس جودة الضوضاء (NQM).

3.2.12 القياسات الموضوعية لتقدير جودة الصوت

فيما يتعلق بالتقييم الموضوعي لجودة الصوت، ينبغي مراعاة ما يلي:

- الجهارة؛
- الذروة الحقيقية القصوى؛
- مدى الجهارة؛
- استجابة التردد؛
- نسبة الإشارة إلى الضوضاء؛
- التوافق الأحادي (فرق الطور بين القنوات)/الترابط.

وينبغي النظر في المعلمات التالية بالنسبة إلى قناة إرسال المحتوى السمعي:

- عرض النطاق الاسمي (عرض النطاق الذي يسمح به الكودك)؛
- سوية الضوضاء؛
- معدل البيانات؛
- الارتعاش؛
- معدل خطأ البتات؛
- تغاير تأخر المجموعة؛
- استجابة الاتساع؛
- التشوه غير الخطي (THD)؛
- التشوه بين التشكيلات.

وبالنسبة إلى الأنظمة السمعية في التلفزيون الرقمي، يرد في التوصية ITU-R BS.1387 [14.12] طرائق موضوعية لتقدير الجودة المدركة للصوت المنضغط.

والمرجع [14.12] عبارة عن أطروحة صارمة جداً بشأن مسألة القياس الموضوعي للصوت بمعدل بتات منخفض، وهي لا تزال مفيدة. ومع ذلك، فهي تشير إلى أن إجراء قياس الجودة الإدراكية يحدث قبل وضع قطعة من المعدات أو دارة ما في الخدمة، بغية

التحقق من وظيفتها وجودتها (من منظور المستعمل النهائي). ويعني ذلك في مفهوم البث أن كل عنصر يسهم في الإشارة السمعية البصرية (الصوت والفيديو والنصوص الجارية والسرد الواضح والوصف السمعي والفيديو/الصورة بلغة الإشارات، وما إلى ذلك) ينتج بجودة مناسبة للاستهلاك. وقد تتجاوز جودة التجربة الفعلية (الموضوعية) التي يحصل عليها المستعمل النهائي إلى حد كبير مجموع الأجزاء عندما تدخل خيارات شخصية في المعادلة.

ويكمن الخطر المتمثل في اتباع نهج متكامل في إنتاج المحتوى والنشر المتعدد للمحتوى السمعي البصري (وخاصة عبر البنى الأساسية لبروتوكول الإنترنت) في تغيير برمجية التشغيل (البرمجية الثابتة) ومعلمات الكودك. وقد يكون لتغيير بسيط في البرمجية الثابتة لعنصر واحد في السلسلة السمعية البصرية بأكملها تأثير هائل على جودة تجربة المستعمل النهائي (أخطاء تزامن حركة الشفاه المرئية مثلاً)، ومن ثم نادراً ما يُستخدم عملياً مفهوم قياس الجودة الإدراكية الوارد في المرجع [14.12].

4.2.12 ملاحظات بشأن التطورات المستقبلية

تتطور التقنية السمعية في التلفزيون إلى ما هو أبعد من التشكيلات التقليدية لقنوات الستيريو والقنوات 5.1 نحو استعادة صوت غمرية متعددة القنوات (تصل إلى 22.2 قناة صوتية) تشمل تمثيل الارتفاع، فضلاً عن الصوت القائم على المشهد والقائم على الغرض.

ومن شأن هذا الأخير أن ييسر على وجه الخصوص الخدمات السمعية للهيئات الإذاعية، مثل التكييف الشخصي وإمكانية النفاذ من جانب المستعمل الذي يشكو من ضعف إدراكي. ومن المتوقع أن تكون الميزة بالنسبة للهيئات الإذاعية هي تبسيط الإنتاج السمعي إلى عملية واحدة فقط لأن العناصر السمعية القائمة على الغرض يتم عرضها في المستقبِل وفقاً لما يفضله المستعمل وتشكيلات مكبرات الصوت الفعلية.

ويجب أيضاً ألا يغرب عن البال أن الاتجاهات الحالية لاستخدام التلفزيون تمتد إلى استخدام غير خطي ومتنقل/محمول، حيث يُستقبل الصوت على وجه الخصوص بواسطة سماعات الرأس. وسوف تحتاج الخدمات المتقدمة إلى شيء من قبيل تقنية الاستماع بكلتا الأذنين للانتقال إلى هذه المنصات.

ولأغراض التقييم، من الأهمية بمكان الحصول على جهاز عرض قياسي قادر على تقديم جميع التقنيات وأنواع المحتويات المذكورة في التوصيتين بشأن الأنظمة الصوتية المتقدمة ITU-R BS.2051 [15.12] وITU-R BS.2076 [16.12] والتقرير ITU-R BS.2388 [17.12]. ويجري هذا العمل حالياً في إطار فرقة العمل 6C لدى القطاع ITU-R. وينبغي استخدام وسيلة العرض في عمليات تقييم الجودة عموماً وكذلك لقياس جهارة الصوت وإنتاجه.

وعلاوة على ذلك، من المهم وضع طرائق التقييم الموضوعي والتقييم الذاتي للأنظمة الصوتية المتقدمة والاتفاق عليها.

لمزيد من المعلومات عن معلمات جودة الإرسال، انظر الفصل 7.

3.12 تقدير الجودة الذاتي لأنظمة الانضغاط في التلفزيون الرقمي

تستند التقييمات الذاتية إلى مشاهدة البرنامج موضوع تقدير الجودة من جانب مجموعات من المشاهدين الذين يتقدمون بآراء كافية بشأن جودة البرنامج وإلى معالجة هذه الآراء إحصائياً [1.12].

ويرد تعريف الطرائق الأساسية للتقدير الذاتي، المستخدمة لاختبار الكودكات الجديدة و/أو القائمة أثناء انضغاط الفيديو في الأنظمة التلفزيونية، في التوصية ITU-R BT.500-13 [8.12]. ويرد هنا وصف طريقتين أساسيتين:

- التحفيز المزدوج على مقياس الجودة المستمر (DSCQS)، باستخدام مقياس الجودة المستمر. ويمكن أن تقدم على وجه الخصوص نتائج دقيقة للفوارق الصغيرة جداً في الجودة، وحيثما يكون للعيوب أثر إيجابي أو سلبي على الجودة. وتستخدم هذه الطريقة لقياس جودة تنفيذ نظام الانضغاط بالنسبة إلى مرجع ما.
- التحفيز المزدوج على مقياس الخلل (DSIS)، بناء على مقاييس الخلل المتفق عليها للاختبار النفسي البدني لمواد التلفزيون. وتستخدم المقاييس بطريقة محكمة ومحددة، وتكون نتائج الاختبارات صالحة وموثوق بها ومتسقة بين الاختبارات. وتستخدم هذه الطريقة لقياس متانة الأنظمة (أي خصائص الخلل).

وفيما يلي بدائل للطريقتين DSIS وDSCQS:

- الطرائق وحيدة الحافز (SS): تقدم صورة وحيدة أو متوالية من الصور – مؤشر عن العرض الكامل. تحتوي على طرائق حكم رقمية فئوية وطرائق حكم غير فئوية وطرائق أداء.
- طرائق مقارنة الحوافز: تعرض صورتان أو متواليتان من الصور – دليل عن العلاقة بين العرضين. تحتوي على طرائق حكم فئوية نعتية وطرائق حكم غير فئوية وطرائق أداء.
- تقييم الجودة المستمرة وحيدة الحافز (SSCQE): يقاس الفيديو المشفر رقمياً (يتوقف على المشاهد ويتغاير مع الزمن) باستمرار، ويستعرض المشاهد المواد مرة واحدة، دون مصدر مرجعي.
- طريقة تقييم الجودة المستمرة بحافز مزدوج متآون (SDSCQE)، حيث تُدخل الحالة المرجعية في التقييم SSCQE.

ويصف المرجع [8.12] الطرائق العامة للتقييم الذاتي، وترد التفاصيل المتعلقة بتطبيق التقييم الذاتي للأنظمة المقيسة في التوصيات التالية ذات الصلة:

- التوصية ITU-R BT.1128 – التقييم الذاتي لأنظمة التلفزيون التقليدية.
- التوصية ITU-R BT.1129 – التقييم الذاتي لأنظمة التلفزيون الرقمي عادي الوضوح (SDTV).
- التوصية ITU-R BT.710 – طرائق التقييم الذاتي لجودة الصورة في التلفزيون عالي الوضوح.
- التوصية ITU-R BT.812 – التقييم الذاتي لجودة الصور الأبجدية الرقمية والصور الرسومية في النص التلفزيوني والخدمات المشابهة.
- التوصية ITU-R BT.1210 – مواد الاختبار التي يتعين استعمالها في التقييم الذاتي لجودة الصورة.
- التوصية ITU-R BT.2021 – الطرائق الذاتية لتقييم الأنظمة الستريوسكوبية 3DTV.
- التوصية ITU-R BT.2022 ظروف المشاهدة العامة للتقييم الذاتي لجودة صور التلفزيون SDTV وHDTV في شاشات عرض مسطحة.
- التوصية ITU-R BT.2035 – بيئة المشاهدة المرجعية لتقييم مواد البرامج أو البرامج المكتملة لتلفزيون HDTV.
- التوصية ITU-R BT.1788 – منهجية التقييم الذاتي للجودة الفيديوية.

وبالنسبة لأنظمة التلفزيون، يمكن إجراء تقييم الأداء السمعي باستخدام الطرائق الذاتية التالية:

- التوصية ITU-R BS.1116: طرائق التقييم الذاتي لأوجه الخلل البسيطة في الأنظمة السمعية.
- التوصية ITU-R BS.1284: الطرائق العامة للتقييم الذاتي للجودة السمعية.
- التوصية ITU-R BS.1285: طرائق الاختيار المسبق للتقييم الذاتي لأوجه الخلل البسيطة في الأنظمة السمعية.
- التوصية ITU-R BS.1286: طرائق التقييم الذاتي للأنظمة السمعية المصحوبة بالصور.
- التوصية ITU-R BS.1534: طرائق التقييم الذاتي لسويات الجودة المتوسطة في أنظمة التشفير.
- التوصية ITU-R BS.1679: التقييم الذاتي لجودة الصوت في تطبيقات الصور الرقمية في الشاشة الكبيرة للعرض في بيئة مسرحية.

بيبليوغرافيا للفصل 12

[1.12] Karwowska-Lamparska, Alina World progress in video and audio quality evaluation and control in broadcasting systems *Technology of digital broadcasting: strategy of introduction in Ukraine (DBT-2011).* Proceedings of international scientific-technical conference, Odessa, ONAT n.a. A.S. Popov, 20–22 Junes 2011.

[2.12] التوصية ITU-R BT.1683، *تقنيات القياس الموضوعي للجودة الفيديوية المرئية في تلفزيون رقمي عادي الوضوح بوجود المرجع الكامل*

[3.12] التوصية ITU-R BT.1721، *قياس موضوعي للجودة الإدراكية للصور الرقمية التي تعرض على شاشة كبيرة في بيئة مسرحية*

[4.12] التوصية ITU-R BT.1866، *تقنيات القياس الموضوعي لجودة الفيديو الحسية من أجل تطبيقات الإذاعة التي تستعمل تلفزيون منخفض الوضوح في وجود إشارة مرجعية كاملة*

[5.12] التوصية ITU-R BT.1867، *تقنيات القياس الموضوعي للجودة المرئية الحسيّة من أجل تطبيقات الإذاعة باستعمال تلفزيون منخفض الوضوح في وجود عرض نطاق مرجعي مخفض*

[6.12] التوصية ITU-R BT.1885، *تقنيات القياس الموضوعي للجودة الفيديوية الحسية المعدة للإذاعة التلفزيونية الرقمية عادية الوضوح بوجود عرض نطاق مرجعي مخفض*

[7.12] التوصية ITU-R BT.1907، *تقنيات القياس الموضوعي للجودة الفيديوية المدركة للتطبيقات الإذاعية التي تستعمل التلفزيون عالي الوضوح في وجود إشارة مرجعية كاملة*

[8.12] التوصية ITU-R BT.500-13، *منهجية التقدير الشخصي لجودة الصور التلفزيونية*

[9.12] التوصية ITU-R BT.813، *طرائق التقدير الموضوعي لجودة الصورة وفقاً للانحطاط الناتج عن التشفير الرقمي لإشارات التلفزيون*

[10.12] التوصية ITU-R BT.1676، *إطار منهجي لتحديد الدقة والمعايرة المتقاطعة في قياسات الجودة الفيديوية*

[11.12] التوصية ITU-R BT.1790، *متطلبات من أجل مراقبة السلاسل الإذاعية أثناء التشغيل*

[12.12] التوصية ITU-R BT.1908، *تقنيات القياس الموضوعي للجودة الفيديوية المدركة للتطبيقات الإذاعية التي تستعمل التلفزيون عالي الوضوح في وجود إشارة مرجعية كاملة*

[13.12] التقرير ITU-R BT.2020، *تكنولوجيا التقييم الموضوعي للجودة في البيئة الرقمية*

[14.12] التوصية ITU-R BS.1387، *طريقة القياسات الموضوعية لجودة الصوت المسموع*

[15.12] التوصية ITU-R BS.2051، *الأنظمة الصوتية المتقدمة من أجل إنتاج البرامج*

[16.12] التوصية ITU-R BS.2076، *نموذج تعريف الصوت*

[17.12] التقرير ITU-R BS.2388، *المبادئ التوجيهية لاستعمال نموذج تعريف الصوت والملفات السمعية متعددة القنوات.*

الفصل 13

مستقبلات التلفزيون الرقمي

1.13 الجوانب العامة لمستقبلات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)

هنالك حالياً العديد من تطبيقات مستقبلات التلفزيون الرقمي الممكنة، ولكن شرط التوافق مع معيار معين لنظام البث (مثلATSC وISDB وDTMB وDVB وغيرها) إلزامي. ويفترض هذا الشرط استخدام نفس الخوارزميات كتلك التي تقابل معيار خط الأساس كما هو موضح في الفصل 9 لضمان استقبال إشارة الخدمة التلفزيونية الرقمية (في حالة الامتثال لشروط الاستقبال الناجح). وقد تتغاير باقي وظائف المستقبل بين المصنعين وتتحدد بحكم تكلفة المستقبل ومتطلبات العملاء الإضافية. ويمكن تنفيذ أجزاء غير مقيّسة من المستقبل (مثل تقدير القناة وفدرة التعويض) وفقاً لمعيار نظام خط الأساس بأساليب مختلفة.

وتنشأ، أثناء الانتقال إلى البث الرقمي، مشكلة تزويد الناس بمستقبلات مناسبة. وفي هذه الحالة، قد يكون من الضروري إعلام الناس بمزايا الانتقال وتحديد مجموعة دنيا من متطلبات المعدات لاستقبال الإشارات التلفزيونية الرقمية. وثمة عنصر هام لنجاح الانتقال وهو جودة البث – التقنية وغير التقنية على السواء. وغالباً ما تكون الجودة العامل المحدد للمستعمل. وبالإضافة إلى ذلك، فإن تكلفة الانتقال عنصر هام، إذ من المرجح أن يؤدي ارتفاع الأسعار إلى تراجع الإقبال من جانب المستعمل، ولذا فإن المفاضلة بين الجودة والوظائف مسألة هامة.

2.13 المتطلبات من أجل مستقبلات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB)

يتحدد مستقبِل الإذاعة DTTB، بصفة عامة، بمجموعة من المتطلبات تتضمن المكونات التالية:

- موالف تردد راديوي؛
- مزيل تشكيل؛
- مزيل تشفير الصوت؛
- مزيل تشفير الفيديو؛
- واجهات؛
- معدات؛
- برمجيات؛
- مكونات أخرى.

ويتعين أن تأخذ متطلبات مستقبلات البث التلفزيوني الرقمي في الاعتبار العلاقة بين المتطلبات المحددة والقاعدة الوطنية الناظمة القائمة والمستقبلية للمعايير والقواعد التقنية. ومن شأن ذلك أن يمكّن من فحص فدرات منفصلة لمعدات الاستقبال للتحقق من توافقها مع المعايير الوطنية والدولية المحددة.

ويمكن تحديد مجموعة دنيا من متطلبات المستقبِل لعدد من جانبيات الإشارة – لكل من التلفزيون الرقمي عادي الوضوح وعالي الوضوح – من أجل تزويد مجموعات سكانية مختلفة بخدمات إذاعية رقمية متمايزة.

وقد يحتوي مستقبل البث التلفزيوني الرقمي على واحد أو أكثر من نمائط التردد الراديوي التي توفر استقبال توزيع البرامج من الإرسال الساتلي أو الكبلي أو للأرض. ومن الشائع، أثناء الانتقال من جيل تلفزيوني إلى آخر (من التماثلي إلى الرقمي، أو من الرقمي إلى الرقمي من DVB-T إلى DVB-T2 مثلاً)، أن توفر المستقبلات الاستقبال من أكثر من جيل تلفزيوني واحد.

وتخليط تدفق النقل هو إجراء لإدارة النفاذ إلى خدمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية، على أساس الدفع مقابل المشاهدة. ويمكن استخدام هذا النهج أيضاً في الخدمات المجانية على الأثير ولكنه يقيد نفاذ المستعملين غير المصرح لهم إلى شبكة الإذاعة الرقمية ويتحكم

في حقوق التأليف والنشر في حالة توزيعها وتسجيلها في أجهزة التسجيل الفيديوي الشخصي (PVR) أو تسجيل الكاسيت الفيديوي (VCR). وتتحدد طريقة التخليط (عند الاقتضاء) من جانب كل هيئة إذاعية معنية وتنفذ عموماً في نمطية النفاذ المشروط (CAM). ويتناول الفصل 11 النفاذ المشروط بمزيد من التفصيل.

وقد يكون هناك اشتراط خياري، وهو تجوال البث على صعيد العالم. وقد يكون تجوال البث مفيداً للمستعملين المسافرين في شتى أنحاء العالم. وقد يتطلب تنفيذ تجوال البث وظائف إضافية كما يلي:

- قابلية التنقل؛
- التوافق مع الأنظمة الإذاعية المختلفة؛
- دعم معلومات البرامج.

ويرد المزيد من المعلومات عن متطلبات تجوال البث في التوصية ITU-R BT.2072 [1.13].

وهنالك حالياً مجموعة شتى من معايير البث الرقمي المستخدمة في أنحاء العالم. وتصف التوصيتان ITU-R BT.1368 [2.13] وITU-R BT.2033 [3.13] معايير التخطيط، بما فيها نسب الحماية بالنسبة إلى الجيلين الأول والثاني من أنظمة التلفزيون الرقمي للأرض، على التوالي. وبالإضافة إلى ذلك، توفر التوصية ITU-R BT.2036 [4.13] خصائص استقبال مفصلة هامة للاستقبال التلفزيوني الناجح. ويقدم التقرير ITU-R BT.2215 [5.13] نتائج قياسات الأداء المختبري التي أجريت على مختلف المستقبلات التلفزيونية الرقمية.

وتصف الأقسام التالية المعايير المتاحة لمستقبلات التلفزيون الرقمي في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF). ويتضمن البند 5.2.13 ملخصاً للمتطلبات العامة.

1.2.13 مستقبلات معايير لجنة الأنظمة التلفزيونية المتقدمة (ATSC)

بالنسبة لنظام اللجنة ATSC تحدد متطلبات المستقبلات كما يلي[48]:

- الممارسة الموصى بها A/74:2010 "المبادئ التوجيهية بشأن أداء المستقبلات" [6.13]. تتناول الوثيقة الجزء الأمامي من مستقبل البث التلفزيوني الرقمي الثابت للأرض. وتهدف المبادئ التوجيهية الموصى بها للأداء في هذه الوثيقة إلى ضمان تحقيق استقبال موثوق به. وتستند المبادئ التوجيهية لرفض التداخل إلى عوامل التخطيط لدى هيئة الاتصالات الفيدرالية (FCC) التي استخدمت لتحليل التغطية والتداخل في تعيينات قناة التلفزيون الرقمي DTV الأولية. وتعكس المبادئ التوجيهية للحساسية والتعامل مع المسيرات المتعددة الخبرة الميدانية المتراكمة بالاختبار الذي يقوم به مركز اختبار التلفزيون المتقدم (ATTC) ورابطة تلفزيون الخدمة القصوى (MSTV) والرابطة الوطنية للهيئات الإذاعية (الولايات المتحدة) (NAB) ومصنعو المستقبلات.
- الممارسة الموصى بها A/174:2010 "المبادئ التوجيهية بشأن أداء المستقبل المتنقل" [7.13]. تتناول الوثيقة ظروف الإشارة التي قد تصادف مع تقييم الأثر المحتمل على الجزء الأمامي من مستقبل جهاز البث التلفزيوني الرقمي المتنقل القائم على المعيار A/153 (ATSC-M/H). وتوفر هذه الوثيقة المبادئ التوجيهية الموصى بها بشأن الأداء والتي ترمي إلى تعزيز الاستقبال إلى أقصى حد. وبصفة عامة، تستند التوصيات الواردة في هذه الوثيقة إلى التوصيات الواردة في الوثيقة A/74 (التي تنطبق على المستقبلات الثابتة للأرض)، مع إضافة مبادئ توجيهية جديدة تتعلق بالاستقبال المتنقل. وتشمل المجالات التي تكون فيها التوصيات جديدة أو مختلفة: المسير المتعدد الديناميي، وتشكيلات الهوائيات في المستقبلات المتنقلة، وآثار إمدادات الطاقة المحدودة، والقرب المحتمل من الإشارات المسببة للتداخل، ووجود أجهزة غير مرخص بها مشعة في نطاقات التلفزيون.
- المعيار ATSC A/53، الأجزاء من 1 إلى 6 "معيار التلفزيون الرقمي ATSC" [8.13]. يصف معيار التلفزيون الرقمي خصائص نظام التلفزيون المتقدم (ATV). وتوفر الوثيقة والأجزاء الناظمة فيها مواصفات مفصلة لمعلمات النظام بما فيها

---

[48] لا بد من الإشارة هنا إلى أن الهيئة ATSC تعكف على وضع سلسلة جديدة من المعايير، الإصدار ATSC 3,0، للتلفزيون الرقمي. ويمكن الاطلاع على المعلومات الحالية المتعلقة بهذه المعايير، النهائية والمرشحة على السواء، في موقع الهيئة: www.atsc.org.

أنساق مسح دخل المشفر الفيديوي ومعلمات المعالجة المسبقة والانضغاط الخاصة بمشفر الفيديو، ونسق إشارة دخل المشفر السمعي، ومعلمات المعالجة المسبقة والانضغاط في المشفر السمعي، وخصائص تعدد إرسال الخدمة وطبقة النقل والمواصفات الناظمة، والنظام الفرعي للترددات النطاق الجانبي المتبقي (VSB)/الإرسال.

2.2.13 مستقبلات الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات – للأرض (ISDB-T)/النظام البرازيلي للتلفزيون الرقمي (SBTVD)

بالنسبة إلى النظام ISDB-T/SBTVD، تحدد متطلبات المستقبل بما يلي:

- ARIB STD-B21:2007 "مستقبل البث الرقمي" [9.13]. ينطبق المعيار ARIB على ما يلي: مستقبلات للإذاعة الرقمية بين مختلف أنواع البث التلفزيوني عادي الوضوح والبث التلفزيوني عالي الوضوح والإذاعة بالموجات فائقة التردد وبث البيانات التي تقوم بها المحطات الإذاعية الساتلية في نطاق الترددات GHz 12,2-11,7 (الإذاعة الرقمية للمحطات القاعدة)؛ ومستقبلات البث التلفزيوني عادي الوضوح، والبث التلفزيوني عالي الوضوح، والبث بالموجات فائقة التردد، وبث البيانات بعرض نطاق MHz 34,5 الذي تقوم به المحطات الإذاعية الساتلية في نطاق التردد GHz 12,75-12,2 (الإذاعة الرقمية عبر سواتل الاتصالات CS عريضة النطاق)؛ وأجهزة الاستقبال للإذاعة الرقمية والإذاعة التلفزيونية عالية الوضوح من بين مختلف أنواع البث التلفزيوني العادي التي تقوم بها محطات البث.
- الوثيقتان المتوائمتان ARIB STD-B21 وABNT NBR 15604 [10.13]. توصّف هاتان الوثيقتان جهاز الاستقبال للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض كما هو مقيّس في البرازيل (SBTVD – النظام البرازيلي للتلفزيون الرقمي) واليابان (ISDB-T) اعتباراً من يونيو 2009. والغرض منه هو العمل كمرجع لتحديد خصائص معايير التلفزيون الرقمي للأرض البرازيلية واليابانية ضمن نطاق الفريق العامل للتلفزيون الرقمي المشترك بين البرازيل واليابان.

3.2.13 النظام DVB-T/DVB-T2

بالنسبة إلى النظام DVB-T/DVB-T2، تحدد متطلبات المستقبل بما يلي:

- ETSI EN 303 340 (2016) [11.13] مستقبلات البث التلفزيوني الرقمي للأرض؛ المعيار المنسق الذي يشمل المتطلبات الأساسية للمادة 2.3 من التوجيه 2014/53/EU. وتنطبق الوثيقة على مستقبلات البث التلفزيوني الرقمي للأرض المجهزة بدخل هوائي خارجي (منفذ موالف) أو موصل اختبار تردد قادر على استقبال إشارات DVB-T و/أو DVB-T2. وهو يتضمن متطلبات مستقبلات البث التلفزيوني الرقمي للأرض لتلبية المتطلبات الأساسية للمادة 2.3 من توجيه الأجهزة الراديوية (أي التوجيه 2014/53/EU [29.13]) بأن تستخدم الأجهزة الراديوية على نحو فعال وتدعم الاستخدام الفعال للطيف الراديوي من أجل تجنب التداخل الضار.[49] وهو يبحث أيضاً في التداخل الناجم عن إرسالات التطور طويل الأجل (LTE) في النطاقين MHz 700 وMHz 800. ولكنه لا يتناول متطلبات نظام التركيب (الهوائي وكبل التغذية ومكبرات الصوت، وما إلى ذلك).
- المعيار ETSI TR 103 288 (2016) [12.13] التوافق الكهرمغنطيسي ومسائل الطيف الراديوي (ERM)، تقرير الفريق العامل المشترك بين اللجنة الأوروبية للتقييس الكهرتقني والمعهد المعهد الأوروبي لتقييس الاتصالات (CENELEC/ETSI) رداً على رسالة المفوضية الأوروبية ENTRP/F5/DP/MM/entr.f5.(2013) 43164 الموجهة إلى منظمة التقييس الأوروبية (ESO). وتتناول هذه الوثيقة ما يلي:
  - تحري وتوثيق التغيرات المتوقعة و/أو المخطط لها في استعمال الترددات في النطاق MHz 862-470، بما في ذلك الخصائص ذات الصلة بالتقنيات الراديوية المتوقعة التي ستنشر في هذه النطاقات وفي النطاقات المجاورة، ولا سيما النطاق MHz 870-863 المستخدم في الأجهزة قصيرة المدى (SRD)؛
  - وضع وصف للبيئة الكهرمغنطيسية الناشئة في النطاقين المذكورين أعلاه وتقييم كيفية تأثير هذه التغييرات على خدمات التعايش والأنظمة والمعدات؛

[49] المرجع http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/regulation-legislation/red.

- تقديم توصيات إلى اللجنة CENELEC والمعهد ETSI لتنقيح المعايير المنسقة المتأثرة والمعايير الأوروبية الأخرى عند الضرورة لتحسين تعايش الخدمات والمعدات ذات الصلة.

– المعيار IEC 62216 (2009) مستقبلات التلفزيون الرقمي للأرض للنظام DVB-T [13.13]. وهو يحدد مستقبلات كل من التلفزيون عادي الوضوح وعالي الوضوح للنظام DVB-T. وتعتبر النصوص الجارية والنصوص التلفزيونية من مكونات خدمات التلفزيون. وهو يتناول التوصيل للأرض للإرسالات الرقمية ونشرها في البلدان التي تستخدم اللغات القائمة على الأبجدية اللاتينية الأوروبية. وهو ينظر في نمطين من الأنظمة:

- أنظمة معيارية تكون فيها كل الخدمات عادية الوضوح؛
- أنظمة تستخدم كودكات راسخة.

أجهزة الاستقبال القياسية التي يمكنها فك شفرة الخدمات القياسية مناسبة لهذه الأنظمة، وهي أنظمة متقدمة قد تستخدم بعض الخدمات فيها كودكات متقدمة، لتوفير فيديو عالي الوضوح مثلاً. وأجهزة الاستقبال المتقدمة التي يمكنها فك شفرة الخدمات المتقدمة مناسبة لهذه الأنظمة.[50]

– ETSI TS 101 154 (2009) الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB) [14.13]. الوثيقة هي عبارة عن مواصفات لاستخدام التشفير الفيديوي والصوتي في التطبيقات الإذاعية استناداً إلى تدفق النقل MPEG-2. والغرض من المبادئ التوجيهية الواردة في الوثيقة الخاصة بمفكك جهاز الاستقبال المتكامل (IRD) هو تمثيل الحد الأدنى من الوظائف التي يتعين على جميع المفككات IRD من فئة معينة الوفاء بها أو تجاوزها. ومن الضروري تحديد الحد الأدنى من وظائف IRD للمعلمات الأساسية لضمان استخدام ميزات معينة.

– متطلبات الخدمة EBU Tech 3307 للاستقبال التلفزيوني المجاني عالي الوضوح [15.13]. وتحدد هذه الوثيقة المتطلبات العامة، من منظور أعضاء اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU)، للهيئات الإذاعية للاستقبال المجاني لخدمات التلفزيون عالي الوضوح (HDTV)، سواء بواسطة DVB-T أو DVB-S أو DVB-S2 أو بوسائل أخرى. والغرض منها أن تكون وثيقة مناقشة للمصنعين والمشغلين والهيئات الإذاعية والمنصات الوطنية للتلفزيون عالي الوضوح.

– متطلبات استقبال EBU HDTV EBU Tech 3333 [16.13]. تمثل هذه الوثيقة الحد الأدنى من متطلبات مستقبل التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) لأعضاء الاتحاد EBU (الهيئات الإذاعية) وقد نوقشت بالتفصيل مع ممثلي رابطة صناعات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الأوروبية (EICTA)، أصبحت أوروبا الرقمية (DIGITALEUROPE). وتشجَّع صناعات الوسائط التي تقوم بتطوير جهاز استقبال مستقل (أجهزة فك التشفير (STB) أو أجهزة فك التشفير المتكاملة للمستقبِل (IRDs)) أو أجهزة استقبال مزودة بتلفزيونات رقمية متكاملة (iDTVs) على الامتثال لهذه المجموعة من المتطلبات من أجل إتاحة إمكانية التشغيل بين البرامج الإذاعية لأعضاء الاتحاد EBU وجهاز الاستقبال.

– ETSI TS 102 201 (1999) الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB)؛ واجهات لفك تشفير المستقبل المتكامل (DVB-IRD) [17.13]. وهذه الوثيقة هي معيار للتطبيق تحدد الواجهات الموصى بها لتوصيلات أجهزة فك تشفير مستقبلات البث للفيديو الرقمي (DVB-IRD).

4.2.13 الإذاعة الرقمية المتعددة الوسائط للأرض (DTMB)

فيما يتعلق بالنظام DTMB، تحدد متطلبات المستقبل بما يلي:

– GB/T 26686-2011 – المواصفات العامة لمستقبل التلفزيون الرقمي للأرض [18.13]. يصف هذا المعيار المتطلبات الوظيفية ومتطلبات الأداء وقواعد التفحص وتعليم وترزيم ونقل وتخزين مستقبلات التلفزيون الرقمي DTV للأرض التي تدعم المعيار GB20600-2006 من أجل النظام DTMB.

---

50 ثمة مواصفات مماثلة على المستوى الوطني: مثال ذلك DTG D-Book في المملكة المتحدة وNorDig في بلدان الشمال.

- GB/T 26685-2011 – طرائق القياس لمستقبل التلفزيون الرقمي للأرض [19.13]. يطبق هذا المعيار على مستقبلات التلفزيون الرقميDTV للأرض ويصف البنود والشروط والطرائق لقياس أداء مستقبلات DTV للأرض التي تدعم المعيار GB20600-2006 من أجل النظام DTMB.
- GB20600-2006 – بنية الترتيل وتشفير القناة وتشكيلها لنظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTMB) [20.13]. يصف هذا المعيار بنية الترتيل وتشفير القناة وتشكيلها للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في نطاق الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF) بعرض نطاق قدره 8 MHz لكل قناة تردد راديوي. ويمكن تطبيق المعيار DTMB على أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض التي تحمل برامج عادية الوضوح (SDTV) أو عالية الوضوح (HDTV) متعددة لكل من الاستقبال المتنقل والثابت.

5.2.13 المتطلبات العامة

يرد في الجدول 1.13 المتطلبات المعممة لمستقبل الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB). ويحدد هذا الجدول القيم الممكنة لمعلمات معينة توفرها المعايير المقابلة، ولكن لا يتعين على جميع المستقبلات أن تمتثل لكل هذه المعايير. ولا ترد المعلمات المحددة لنظام DTTB معين ولا معلمات التردد الراديوي لكل نظام إرسال. وترد معلومات تفصيلية عن نظام DTTB معين في الوثائق ذات الصلة المدرجة في مراجع هذا القسم وكذلك في الأقسام ذات الصلة من الفصل 9 من هذا الكتيب.

الجدول 1.13

موجز المتطلبات الممكنة بشأن مستقبلات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض

المعلمة	القيمة	ملاحظات
النسبة الباعية	4:3، 16:9	يمكن تعديل مقاييس الصورة بين النسب الباعية التي تدعمها شاشة العرض
استبانة الفيديو	HDTV وSDTV، و4K و8K UHDTV	
معدل الأرتال/المسح	25P، 50I، 50P، 30P، 59.94I، 60I، 60P، 120P	
خدمة الفيديو	تلفزيون تقليدي، 3DTV	
انضغاط الفيديو	MPEG-2، MPEG-4 AVC/H.264، SVC، HEVC/H.265، AVS	
قياس الألوان	التوصيات ITU-R BT.601 وBT.709 وBT.2020	
وظائف فيديوية إضافية	مسح فوقي، مقايسة بين UHD وHD وSD، واصف نسق نشط (AFD)، تشوير شاشة عريضة (WSS)، مسجل فيديو شخصي (PVR)، زحزحة زمنية، مدى دينامي أعلى (HDR)، معدل أرتال أعلى (HFR)	تقدم بمثابة أمثلة
أسلوب الصوت	وحيد، ستيريو، متعدد القنوات	
انضغاط الصوت	MPEG-1، MPEG-2، MPEG-4، HEVC، AC3، DTS	
البرمجية الوسيطة	MHP، GEM، Ginga، MHEG-5	(أو تنفيذ أي برمجية وسيطة أخرى)
وظائف الخدمة	EPG، نصوص جارية وتلفزيونية (في أسلوب "عادي" وأسلوب "ضعف السمع")، صوت واضح، نصوص وصفية مغلقة، تحديث برمجيات، نفاذ إلى شبكة منطقة محلية (إثرنت سريعة، شبكة منطقة محلية لاسلكية أو خطوط كهرباء)، بث هجين/نطاق عريض (مثل HbbTV)	تقدم بمثابة أمثلة
الواجهات	واجهة مشتركة (CI) و+CI، إثرنت، S/PDIF (بصرية أو كهربائية)، HDMI، YPbPr، عروة تردد راديوي، SCART	تقدم بمثابة أمثلة

3.13 البرمجيات الوسيطة من أجل مستقبلات التلفزيون الرقمي (DTV)

البرمجيات الوسيطة هي طبقة من البرمجيات تقع بين شفرة التطبيق والبنية التحتية لزمن التشغيل (منصة المعدات ونظام التشغيل). وتتكون البرمجيات الوسيطة لتطبيقات التلفزيون الرقمي عموماً من محركات اللغة ومكتبات الوظائف. ووجود البرمجيات الوسيطة شرط مسبق لسهولة وسرعة تطوير التطبيقات التلفزيونية.

والبرمجية الوسيطة لمستقبلات الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) هي عنصر أساسي لتفاعل المستعمل مع معدات المستقبِل. وتشمل متطلبات البرمجيات الوسيطة المرونة وسعة مدى الوظائف وبساطة واجهة البرنامج. وكثيراً ما يحدث أن يستحيل الوفاء بشرط ما دون تعقيد شرط آخر. ولذلك فإن تنفيذ برمجية وسيطة معينة هو عبارة عن مفاضلة في أغلب الأحيان. والقدرة على تحديث برمجية الاستقبال أمر مرغوب فيه أثناء إدخال خدمات جديدة، وخاصة التحديثات التي تتطلب استكمال البرمجية الوسيطة ببعض الوظائف الإضافية أو عند تصحيح الأخطاء التي تظهر في عملية تصميم البرمجية الوسيطة. ويمكن إجراء التحديثات مباشرة من جانب مقدم الخدمة من قناة خارج الأثير أو مباشرة من قبل مستعملي جهاز فك التشفير أو جهاز مستقبل ومفكك تشفير متكامل باستخدام مواقع المصنّع الرسمية.

وتشمل بدائل البرمجيات الوسيطة من الجيل الأول MHP/GEM وMHEG-5 [21.13]، [22.13]. وقد حلت محل هذه الأنظمة عموماً الأنظمة الموصوفة في الفصل 10، مثل تلفزيون الإذاعة الهجينة عريضة النطاق (HbbTV) والبث الهجين Hybridcast ولغة الوسم HTML5 ومنصة التلفزيون الذكي القائمة على لغة الوسم HTML5 وGinga. [26.13]، [27.13]، [23.13].

4.13 وظيفية النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض

ترتبط تقنيات النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض (IBB) بتنفيذ نهج التلفزيون التفاعلي. وتستند هذه التقنيات إلى أجهزة استقبال تلفزيونية متقاربة قادرة على التعامل لا مع إشارة البث فحسب وإنما مع التطبيقات المقدمة عبر خدمات الاتصالات عريضة النطاق أيضاً. وهذا يوفر للمستقبِل الفرصة لدفع مشاركة المستعمل وتحقيق أقصى قدر من رضا المستعمل النهائي بتقديم مجموعة من الخدمات الجديدة.

وجميع الوظائف والمتطلبات الرئيسية لتطبيقات IBB محددة في التوصية ITU-R BT.2037 – المتطلبات العامة للتطبيقات الإذاعية للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض الموجهة والاستعمال المتوخى منها [25.13] والتوصية ITU-R BT.2053 – المتطلبات التقنية للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض [25.13].

ولتمكين فدرات نمائط المستقبِل الخاصة لخدمات IBB، يحتاج الأمر إلى واجهات وبرمجيات وسيطة. وتشمل نمائط الاستقبال فدرات للإشارات الإذاعية (يحتاج الأمر إلى مستقبل ساتلي أو كبلي أو للأرض متكامل أو خارجي) وفدرة لمعالجة الإشارات عريضة النطاق (استناداً إلى بروتوكول الإنترنت في أغلب الأحيان). وتزود هذه المستقبلات بواجهات المستهلك للإذاعة والنطاق العريض على السواء.

وثمة حاجة إلى وظائف برمجيات خاصة للوظائف التقليدية أو البرمجيات الوسيطة ذات الصلة. وتوفر هذه العناصر معالجة مشتركة وتنسيقاً ذا صلة بين بيئات البث والنطاق العريض، والتطبيقات التفاعلية ذات الصلة للمستعمل، وغير ذلك من الوظائف المفيدة. ووفقاً لمتطلبات وظائف التطبيق في المرجع [24.13]، ينبغي للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض أن تقوم بما يلي:

- ضمان سلامة محتوى وخدمات الإذاعة، دون مضافات غير مسموح بها؛
- تحديد مصدر المحتوى بوضوح، وكذلك تحديد الخدمات المجانية والمدفوعة؛
- ضمان إمكانية نفاذ المستعمل بسهولة إلى ما تقدمه من محتوى وخدمة، كما هو دون تغيير؛
- حماية حقوق التأليف؛
- ضمان معرفة المستعمل لنوع البيانات التي تجمع ومن الذي يجمعها والغرض من جمعها، بما في ذلك دون حصر بيانات المشاهدة أو الاستعمال أو البحث والمعلومات الإجمالية واحترام خصوصية المستعمل؛
- تجنب السلوك غير المقصود الذي تتسبب فيه الأنشطة الخبيثة، مثل الفيروسات والبرمجيات الضارة.

كذلك ينبغي للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض أن تفي بما يلي:

- القدرة على تقديم خدمات جديدة إلى المستعمل بالاستفادة من وظائف الإذاعة والإنترنت في آن واحد؛
- القدرة على دعم الخدمات والمحتويات الخطية وغير الخطية؛
- القدرة على تقديم المحتوى الإذاعي في حالات الطوارئ بشكل ملائم؛
- القدرة على دمج الاتصالات عبر شاشة ثانية ومواءمتها مع الخدمات المقدمة على شاشة عرض الصوت والصورة الرئيسية؛
- القدرة على إتاحة المحتوى بطريقة تمكن ذوي الإعاقة من النفاذ إليه دون إشكال؛
- القدرة على توفير آليات لتقديم خدمات ومحتويات هادفة.

وهكذا فإن هذه الوظيفة تطبق المتطلبات ذات الصلة على عناصر البرمجيات الوسيطة والاعتيادية في المستقبِل. ويجب مراعاة جميع هذه الجوانب أثناء تنفيذ أجهزة الاستقبال ذات الصلة.

بيبليوغرافيا للفصل 13

[1.13] التوصية ITU-R BT.2072، *الوظائف الرئيسية لمستقبلات المستهلك فيما يتعلق بالتجوال الإذاعي في العالم.*

[2.13] التوصية ITU-R BT.1368، *معايير تخطيط خدمات التلفزيون الرقمي للأرض في نطاق الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)، بما في ذلك نسب الحماية.*

[3.13] التوصية ITU-R BT.2033، *معايير التخطيط للجيل الثاني من أنظمة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في نطاقات الموجات المترية (VHF) والديسيمترية (UHF)، بما في ذلك نسب الحماية.*

[4.13] التوصية ITU-R BT.2036، *خصائص نظام استقبال مرجعي لتخطيط ترددات أنظمة التلفزيون الرقمي للأرض.*

[5.13] التقرير ITU-R BT.2215، *قياس نسب الحماية وعتبة الحِمل الزائد لأجهزة استقبال التلفزيون.*

[6.13] ATSC Recommended Practice A/74:2010 – *Receiver Performance Guidelines*.

[7.13] ATSC Recommended Practice A/174:2010 – *Mobile Receiver Performance Guidelines*.

[8.13] ATSC Standard A/53, Parts 1 through 6: ATSC – *Digital Television Standard*.

[9.13] ARIB STD-B21:2007 – *Receiver for digital broadcasting*.

[10.13] وثيقتان متوائمتان ARIB STD-B21 وABNT NBR 15604.

[11.13] ETSI EN 303 340 (2016) – *Digital Terrestrial TV Broadcast Receivers; Harmonized Standard covering the essential requirements of article 3.2 of the Directive 2014/53/EU*.

[12.13] ETSI TR 103 288 (2016) – *Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Report of the CENELEC/ETSI Joint Working Group in response to the EC letter ENTRP/F5/DP/MM/entr.f5.(2013)43164 to the ESOs*.

[13.13] IEC 62216 – *Digital terrestrial television receivers for the DVB-T system*.

[14.13] ETSI TS 101 154:2009 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream*.

[15.13] EBU Tech 3307 – *Service Requirements for Free-to-Air High Definition Television Receivers*.

[16.13] EBU Tech 3333 EBU HDTV – *Receiver Requirements*.

[17.13] ETSI TS 102 201 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Interfaces for DVB Integrated Receiver Decoder (DVB-IRD)*.

[18.13] Chinese National Standard GB/T 26686-2011 – *General specification for digital terrestrial television receiver*.

[19.13] Chinese National Standard GB/T 26685-2011 – *Methods of measurement for digital terrestrial television receiver*.

[20.13] DTMB GB20600-2006 – *Framing Structure, Channel Coding and Modulation for Digital Television Terrestrial Broadcasting System (DTMB)*.

[21.13] موقع MHP/GEM الرسمي على الويب: www.mhp.org.

[22.13] موقع MHEG-5 الرسمي على الويب: www.mheg.org.

[23.13] موقع Ginga الرسمي على الويب: http://www.ginga.org.br.

[24.13] التوصية ITU-R BT.2037، المتطلبات العامة للتطبيقات الموجهة للإذاعة في للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB) واستخدامها المتوخى.

[25.13] التوصية ITU-R BT.2053، الخصائص التقنية للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB).

[26.13] التوصية ITU-R BT.2075-0، للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض.

[27.13] التقرير ITU-R BT.2267-5، للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض.

[28.13] ETSI ES 202 184 MHEG-5 – *Broadcast Profile*.

[29.13] توجيه الاتحاد الأوروبي EU/53/2014 الصادر عن البرلمان الأوروبي والمجلس، 16 أبريل 2014 بشأن مواءمة قوانين الدول الأعضاء فيما يتعلق بإتاحة المعدات الراديوية في السوق وإلغاء التوجيه EC/1999/5، المرجع: http://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2014/53/oj.

الفصل 14

جوانب قابلية نفاذ المعاقين

1.14 الاتحاد الدولي للاتصالات والحاجة إلى خدمات النفاذ

هنالك أكثر من مليار شخص على الأرض يعانون من إعاقات جسدية أو عقلية [1.14]. ويعاني حوالي 15 في المائة من سكان العالم من إعاقات شديدة إلى حد ما تعيق نفاذهم إلى خدمات الاتصالات. وحوالي 16% من الأوروبيين البالغين لديهم مشاكل صحية تجعل النفاذ إلى برامج البث واستخدامها صعباً أو مستحيلاً.

وبطبيعة الحال، ومع التقدم في السن، يشكو عدد متزايد من الناس من مشاكل في السمع و/أو البصر، فضلاً عن تقلص القدرة الحركية مما يزيد من صعوبة التحكم في الأجهزة، من قبيل تشغيل التلفزيون بواسطة جهاز التحكم عن بعد مثلاً. وبحلول عام 2020، سيكون 50% من سكان أوروبا قد تجاوز سن الخمسين. وقلّما يتمتع أي من الناس الذين تجاوزوا سن الثمانين بالقدر الكافي من إمكانية السمع. وما فتئت المنظمات الدولية تعمل منذ سنوات عديدة من أجل إتاحة المزيد من خدمات النفاذ والوسائل التقنية لتيسير أو تمكين الأشخاص ذوي الإعاقة والمسنين وكذلك الأقليات من النفاذ إلى الخدمات التلفزيونية.

وهيئات البث التلفزيوني في كثير من البلدان ملزمة (أو ملتزمة) بتوفير خدمات نفاذ محددة للأشخاص ذوي القدرة المحدودة، أي الأشخاص ذوي الإعاقة، بمن فيهم المسنون، من أجل تمكين (أو على الأقل تحسين) نفاذهم إلى الخدمات الإذاعية على الأثير وعبر الإنترنت.

والاتحاد الدولي للاتصالات، بوصفه هيئة من هيئات الأمم المتحدة، ملزم بالطبع باتفاقية الأمم المتحدة بشأن حقوق الأشخاص ذوي الإعاقة (UNCRPD).[51] وقد أصدر الاتحاد نفسه سلسلة من القرارات ذات الصلة: القرار 70 (جوهانسبرغ، 2008) للجمعية العالمية لتقييس الاتصالات، والقرار 58 (حيدر أباد، 2010) للمؤتمر العالمي لتنمية الاتصالات، والقرار 175 لمؤتمر المندوبين المفوضين (غوادالاخارا، 2010). وهذا الأخير يحمل عنوان "نفاذ الأشخاص ذوي الإعاقة إلى الاتصالات/تكنولوجيا المعلومات والاتصالات"، ويكلف قطاعات الاتحاد الثلاثة بواجب "مراعاة احتياجات الأشخاص ذوي الإعاقة في عمل الاتحاد".

ويتعاون الاتحاد مع المنظمات الأخرى في وضع معايير للأشخاص ذوي الاحتياجات الخاصة في مجال استهلاك/استخدام الوسائط الإلكترونية. ومن الأمثلة على ذلك المنشور المشترك مع المبادرة العالمية لتكنولوجيا المعلومات والاتصالات الشاملة (G3ict) "جعل التلفزيون في متناول الجميع".[52] وثمة مثال أعم وهو ما يسمى التقرير الوردي "فرصة تكنولوجيا المعلومات والاتصالات لوضع إطار تنمية شاملة للإعاقة" الذي ساهم الاتحاد في وضعه كعضو في لجنة النطاق العريض.[53]

وفي أحدث ورقة موقف، وضعت مبادرة الوسائط الأوروبية الجديدة (NEM)[54] قائمة شاملة بالجوانب الاجتماعية وجوانب السياسة العامة لخدمات النفاذ إلى الوسائط السمعية البصرية (من منظور أوروبا تحديداً). [2.14]

---

51 الأمم المتحدة، "اتفاقية الأمم المتحدة بشأن حقوق الأشخاص ذوي الإعاقة"، 2006، المرجع http://www.un.org/disabilities/

52 التقرير المشترك بين الاتحاد والمبادرة G3ict، "جعل التلفزيون في متناول الجميع"، مكتب تنمية الاتصالات في الاتحاد، نوفمبر 2011، المنشور الصحفي للاتحاد، جنيف، 5 ديسمبر 2011، المرجع
http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2011/51.aspx
و http://www.itu.int/ITU-D/sis/PwDs/Documents/Making_TV_Accessible-E-BAT.pdf

ملاحظة – أعد هذا التقرير السيد بيتر أولاف لومس، رئيس الفريق المخصص لدى قطاع تقييس الاتصالات بشأن قابلية نفاذ المعاقين إلى الوسائط السمعية البصرية (https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ava/Pages/default.aspx).

53 المرجع https://www.itu.int/en/action/accessibility/Pages/hlmdd2013.aspx

54 أنشئت المبادرة NEM، باسم الوسائط الإلكترونية الموصولة شبكياً، كواحدة من منصات التكنولوجيا الأوروبية في إطار برنامج إطار عمل المفوضية الأوروبية السابع لتعزيز التقارب بين الإلكترونيات الاستهلاكية والبث والاتصالات. وأعيد تسمية هذه المبادرة لتصبح "الوسائط الأوروبية الجديدة"، واتسع نطاقها لتشمل الوسائط الموصولة والمتقاربة والتفاعلية والصناعات الإبداعية (المرجع http://nem-initiative.org/)

2.14 خدمات نفاذ المعاقين ذات الصلة بالإذاعة التلفزيونية

لقد أدى إدخال التلفزيون الرقمي، بالمقارنة مع التلفزيون التماثلي، إلى زيادة الإمكانات لتوفير خدمات النفاذ، سواء من حيث سعة البيانات أو من حيث المزايا، مثل التمثيل الشخصي (القابل للتعديل من جانب المستهلك). وتشمل خدمات النفاذ النموذجية ما يلي:

- نصوص جارية لضعاف السمع (وكذلك بالنسبة للأقليات).
- وصف صوتي لضعاف البصر.
- توضيح الصوت (تحسين وضوح الحوار) لكبار السن وللأشخاص الذين يعانون من انخفاض حدة السمع).
- ترجمة لغة الإشارات للصم الذين يعتمدون على لغة الإشارات.
- مسارات صوتية إضافية للأقليات.

وفي أنظمة التلفزيون الرقمي الحديثة، تعتبر جميع خدمات النفاذ متاحة عند الطلب فقط من قبل المستعملين النهائيين المهتمين. وينبغي أن يتمكن الأشخاص الذين يستفيدون من خدمات النفاذ هذه من اختيارها (بطريقة ميسورة وسهلة). وبالنسبة للأشخاص الذين لا يرغبون في الاستفادة من خدمة نفاذ محددة، يجب أن تبقى غير ملحوظة. وبعبارة أخرى، يجب أن تكون خدمات النفاذ مغلقة ولا تكون مرئية مسموعة إلا عند اختيارها.

وفيما يتعلق بالإذاعة الصوتية والتلفزيونية، كانت فرق العمل التابعة للجنة الدراسات 6 ناشطة في وضع تقارير وتوصيات تقنية تساعد في تحسين إمكانية النفاذ. وفي عام 2010، نشرت لجنة الدراسات 6 التقرير ITU-R BT.2207 – إمكانية النفاذ إلى خدمات الإذاعة للأشخاص ذوي الإعاقة، الذي تم تحديثه في عامي 2011 و2012.[55] ويتناول هذا التقرير على وجه التحديد الإعاقات التي يمكن أن تعرقل استعمال الوسائط السمعية البصرية:

- إعاقات السمع؛
- إعاقات الرؤية؛
- إعاقات الشيخوخة؛
- إعاقات الإدراك؛
- نقص القدرة على التحكم في الواجهة بين الإنسان والآلة وسهولة استخدام جهاز الاستقبال أو المطراف.

وبناءً على ذلك، يتناول التقرير النصوص الجارية/الوصفية ولغة الإشارات ونقل النص إلى كلام للتغلب على الإعاقات السمعية والوصف الصوتي للأشخاص المعاقين بصرياً والوسائل الخاصة لكبار السن. ويتناول قسم معين سهولة استعمال المستقبل. وثمة اهتمام متزايد في "منتجات التصميم الموحد" التي يستطيع أي شخص استخدامها بكل سهولة. والتقرير مشفوع بملحق يتناول، في ستة أقسام، تقنيات مختلفة لتحسين إمكانية النفاذ إلى الخدمات الإذاعية، ولا سيما في اليابان. ويتناول القسم 1 تحويل معدل الكلام للمسنين بينما يتناول القسم 2 النصوص الوصفية المغلقة في الوقت الفعلي باستخدام التعرف على الخطاب، ويتناول القسم 3 نظام تصفح الوسائط المتعددة لضعاف البصر. ويقدم القسم 4 من الملحق مثالاً على الترجمة الآلية إلى لغة الإشارات مع الرسوم المتحركة (الرسوم البيانية الحاسوبية) بينما يقدم القسم 5 معلومات عن جهاز لتقييم التوازن الصوتي في الخلفية الإذاعية للمستمعين المسنين (تحسين إمكانية الفهم بتعديل جهارة أصوات الخلفية (الضوضاء و/أو الموسيقى) إلى مستوى مناسب). وأخيراً، يقدم القسم 6 معلومات عن البحث في تقنية من أجل خدمة إذاعية بلغة سهلة القراءة ودعم تحويل اللغة لفهم النصوص اليابانية المعقدة.

وينبغي النظر في نوع وعدد خدمات النفاذ إلى شبكة الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) أثناء عملية تخطيط السعة. ويُقترح أن تحتفظ الإدارات بمعدل بتات كاف للاستعمال المستقبلي لخدمات النفاذ، ولا سيما فيما يتعلق بالوصف السمعي والنص الوصفي المغلق.

---

[55] يمكن تنزيل جميع تقارير اللجنة ITU-R SG6 من الموقع https://www.itu.int/pub/R-REP-BT/en.

3.14 خدمات النفاذ المعالجة في جهاز الاستقبال مقابل الخدمات القائمة على البث

يتعين إعداد معظم خدمات النفاذ وتوفيرها من قبل هيئات البث (النصوص الجارية والوصف الصوتي والفيديو لمترجم لغة الإشارات). ويمكن أن تتحقق الخدمات الأخرى، مثل الصوت النظيف أو النصوص الجارية المنطوقة، إما بواسطة تدفق برنامج إضافي توفره هيئة البث أو يمكن استخراجه، في جهاز الاستقبال، بواسطة برمجية مناسبة. وفي مجال البحوث، ثمة خوارزميات قيد التطوير من شأنها أن تستخرج مترجم لغة إشارة محوسب (ما يسمى المجسّد) من النص، من النصوص الجارية أو بعد تحويل الكلام إلى نص في جهاز الاستقبال مثلاً. ولكن الاختبارات أظهرت أن معظم الناس الذين يعتمدون على لغة الإشارات بمثابة لغتهم الأم ليسوا راضين (بعد) عن استنساخ لغة الإشارات المجسّدة حاسوبياً في التلفزيون، ولا سيما من حيث تعبيرات الوجه التي لا تزال مشكلة. ويمكن الاطلاع على مثال لأحدث ما تم التوصل إليه في مشروع البحث والتطوير الأوروبي الإذاعة الهجينة عريضة النطاق للجميع (HBB4ALL).[56]

والتحكم في الحركة أو الكلام في جهاز التلفزيون هو من الميزات المفيدة للغاية للأشخاص الذين يعانون من قيود إدراكية أو حركية ولكن لا يمكن تحقيقها إلى من قبل الشركات المصنعة لأجهزة الاستقبال. وبصفة عامة، ولتحقيق الاستفادة القصوى لذوي الاحتياجات الخاصة، يتعين على هيئات البث ومصنعي الأجهزة الاستهلاكية التعاون في تطوير خدمات ومزايا النفاذ.

4.14 استخدام النصوص الجارية/الوصفية

لئن كانت مسارات الصوت أو الصورة الإضافية مجرد المزيد من برامج التدفق الابتدائية فهنالك أساليب شتى لاستحداث النصوص الجارية. وهنالك، في مثال الإذاعة الفيديوية الرقمية (DVB)، معياران من معايير النصوص الجارية المستخدمة حالياً، الأول هو EN 300 472 [8.14] (الذي نشر لأول مرة في عام 1994) والذي يحدد نقل النصوص الجارية التلفزيونية للنظام التماثلي ITU-R TV - B ضمن تدفق النقل MPEG-2.

وتقدم أجهزة الاستقبال النصوص وفقاً لطاقم الأحرف المختزن. وقد حدد المعيار الثاني، وهو EN 300 743 [9.14] (الذي نشر في عام 1997)، نهج صورة نقطية. حيث يرسل في سطر تلو الآخر السمات والرسومات في تمثيل نقطي. ولا حاجة إلى اختزان طاقم أحرف في جهاز الاستقبال. وفي كلتا الحالتين، النص التلفزيوني وما يسمى النصوص الجارية DVB، ليس هنالك إمكانية للتكييف بحسب المستعمل (من قبيل الخيار الفردي لموقع النصوص الجارية وكذلك الحجم واللون ونوع الخط أو شفافية إطار الخلفية).

ولمعالجة هذه الشواغل، وضع اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU) نسقاً يستند إلى لغة وسم النصوص الموقوتة (TTML): النص الموقوت (EBU-TT) للإذاعة وEBU-TT-D للتوصيل على الخط، حيث تستعمل لغة XML لتقديم نصوص جارية تراعي ما يفضله المستعمل [3.14]. ويمكن نقل نصوص EBU-TT-D في التدفق التكيّفي الدينامي عبر بروتوكول نقل النصوص المترابطة MPEG-DASH كتدفق إضافي. ويعتبر الملف النصي للصيغة 1,0 من النصوص الجارية والوصفية في وسائط الإنترنت IMSC1 [4.14] نهجاً بديلاً لنسق يستند إلى لغة الوسم TTML من قبل اتحاد شبكة الويب العالمية (W3C)، ويعتبر أيضاً مرشحا محتملاً في المستقبَل من قبل DVB، وخاصة بالنسبة إلى التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV) [5.14]. وجدير بالذكر أن لجنة الدراسات ITU-R SG 6 تعمل على إمكانية تنسيق كل من النهجين، EBU-TT وIMSC1، من أجل التوصل إلى مواصفة عالمية فريدة للنصوص الجارية في التلفزيون الرقمي (وهي ذات أهمية خاصة بالنسبة للتبادل الدولي للبرامج).

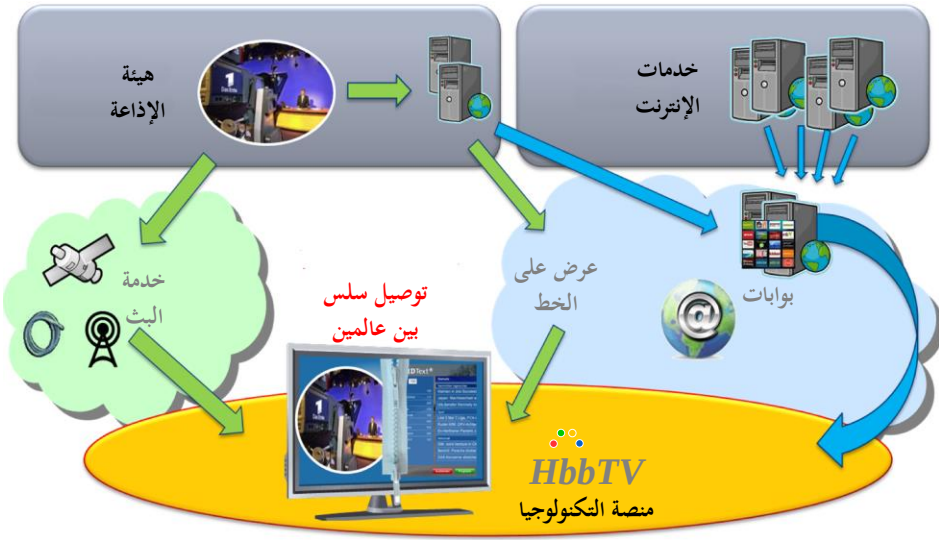
5.14 الأهمية الخاصة للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB)

من الممكن، ولكن ليس من الضروري، أن تتاح خدمات النفاذ مع إشارة البث، أي كمكونات في تعدد إرسال الإذاعة الرقمية. ومن حيث المبدأ، يمكن اتباع نهج هجين في جميع الحالات، شريطة أن يكون جهاز التلفزيون أو جهاز فك التشفير موصولاً أيضاً بالإنترنت: تمكّن الأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB) توفير خدمات النفاذ عبر الواجهة على الخط لأجهزة التلفزيون أو أجهزة فك التشفير الذكية (الموصولة) (انظر الشكل 1.14). لمزيد من المعلومات التفصيلية عن أنظمة IBB، انظر الفصل 10.

[56] HBB4ALL – تطبيق لغة الإشارة المجسّدة حاسوبياً الجديد، النشرة الإخبارية 6، http://www.hbb4all.eu/hbb4all-newsletters/

الشكل 1.14

مبدأ النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض (IBB):
التوصيل بين برنامج البث وخدمات البوابة من جانب هيئة البث
(المثال هنا HbbTV)



DTTB-14-01

وتتسم أنظمة IBB بأهمية قصوى لاسترجاع خدمات النفاذ وإيصالها. وتوصي التوصية ITU-R BT.2075 [10.14] بالنظام الأوروبي "HbbTV الإصدار 1,5 والإصدار 2,0"، والنظام الياباني الهجين "Hybridcast" وكذلك النظام الكوري "منصة التلفزيون الذكية القائمة على لغة الوسم HTML5". وفي هذه التوصية، ذُكرت على وجه التحديد خدمات النفاذ عبر النظام IBB. وقبل الموافقة على التوصية ITU-R BT.2075، صدرت توصية بشأن "المتطلبات التقنية لأنظمة IBB" (التوصية BT.2053 [11.14] فضلاً عن التوصية بشأن "المتطلبات العامة للتطبيقات الموجهة نحو البث للأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض والاستخدام المتوخى منها" (التوصية BT.2037) [12.14]. وبالإضافة إلى ذلك، يقدم التقرير ITU-R BT.2267 "الأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض IBB" [13.14] أمثلة على كيفية تطبيق IBB لتمكين لغة الإشارات أو الوصف الصوتي أو النصوص الجارية المكيّفة (القابلة للتعديل من جانب المستهلك) (انظر الشكل 2.14). وثمة معلومات محددة فيما يتعلق بالتلفزيون HbbTV في المرجع [6.14].

الشكل 2.14

خدمة اختبار للنصوص الجارية عبر النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض (IBB)

تظهر لقطة الشاشة القائمة لاختيار الحجم والخلفية وموقع النصوص الجارية المعروضة عبر الإنترنت (المثال يختار نصوصاً جارية في الجزء السفلي من الصورة التلفزيونية، بحجم خط متوسط على خلفية سوداء بنسبة 85% من الشفافية.)

DTTB-14-02

1.5.14 تعدد الإرسال الإذاعي مقابل خدمات النظام المتكامل للإذاعة والنطاق العريض (IBB)

تتسم خدمات النفاذ عبر النظام المتكامل IBB بقدر أكبر من إمكانية التكيّف لرغبات الفرد من خدمات النفاذ التي تنقل في تعدد إرسال إذاعي (بحكم تقنيات الويب المستخدمة). ولكن المأخذ هو الحاجة إلى توصيل بالإنترنت عريضة النطاق. وفي الواقع، يتم تطبيق مزيج متوازن. وتنتقل النصوص الجارية أو الوصف الصوتي باللغة الرئيسية للجمهور المستهدف عادة مع إشارة البث. غير أن فيديو الترجمة بلغة الإشارات غالباً ما يتاح عن طريق النظام IBB بسبب الطلب المرتفع نسبياً على معدل البيانات. وفي حالة توفر مشغل فيديو ثانٍ في جهاز استقبال المستعمل النهائي، يمكن إضافة الفيديو بلغة الإشارات، الذي يتم استرجاعه عبر النظام IBB (في شكل مزيج ألفا أو في نافذة منفصلة مثلاً) إلى البرنامج التلفزيوني الجاري كما هو مبين في الشكل 3.14. ويهتم النظام IBB عادة بعملية المزامنة الملائمة.

الشكل 3.14

مثال لفيديو بلغة الإشارات باستخدام النظام IBB

DTTB-14-03

الأخبار عبر البث التلفزيوني، والفيديو بلغة الإشارات عبر الإنترنت – يمكن تعديل نافذة فيديو لغة الإشارات من حيث الحجم والموقع. كلا الفيديوين متوافق زمنياً.

2.5.14 عندما لا تكون حلول النظام IBB عملية (في غياب توصيل النطاق العريض)

الأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض (IBB)، شأن HbbTV أو Hybridcast، هي المفتاح عندما يتعلق الأمر بخدمات النفاذ. ومع ذلك، يتعين على قطاع الاتصالات الراديوية وقطاع تقييس الاتصالات أن يبحثا أيضاً، بالاتصال مع قطاع تنمية الاتصالات، في حلول للبلدان (أو الأحوال) التي لا يتوفر فيها للناس (بعد) النفاذ إلى توصيلات النطاق العريض. ويتمثل أحد الحلول في استخدام جزء كبير من دوامة بيانات الأوامر والتحكم في وسائط التخزين الرقمي (DSM-CC) للمحتوى الإضافي الذي يقدم، في هذا التشكيل، عبر شبكة البث ("الفيديو حسب الطلب"). وبطبيعة الحال، من شأن ذلك أن يقلل من عدد البرامج التلفزيونية ضمن هذا الإرسال المتعدد ولكنه يوفر عدداً من الخدمات والمعلومات الإضافية.

وثمة حل أنيق لتوفير النصوص الجارية في نظام IBB (HbbTV مثلاً) وهو دراجها في بيانات DSM-CC. وهذا لن يستهلك أكثر من حوالي 10 إلى 20 kbit/s ولكنه يسمح للمستقبلات المتمكنة من نظام IBB بعرض هذه النصوص الجارية في حال عدم توفر التوصيل بالإنترنت. وعلاوة على ذلك، وفي هذه الحالة، لا حاجة إلى توافق زمني بين النطاق العريض وإشارة البث حيث إن جميع المعلومات موجودة في تعدد إرسال البث.

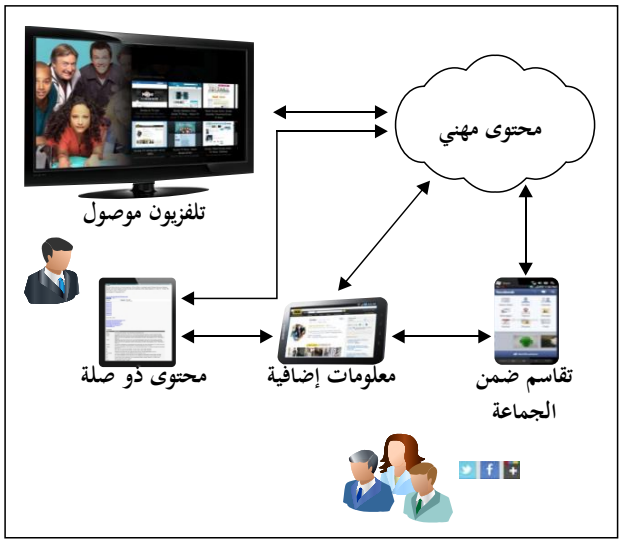
وثمة خيار آخر لكميات أكبر من البيانات وهو استخدام بروتوكول تسليم الملفات (FDP) المتوفر مثلاً في الإصدار 2,0 من HbbTV. ويسمح بروتوكول FDP بدفع المحتوى إلى قرص الحالة الصلبة في التلفزيون (TV SSD) أو مخزن القرص الثابت خلال الفترات التي لا تكون فيها حاجة إلى تعدد إرسال البرامج التلفزيونية (أثناء الليل مثلاً). وقد تتضمن هذه الملفات محتوى محدداً للأشخاص ذوي الاحتياجات الخاصة، مثل الوصف الصوتي لبرنامج بث مقبل. وفي حالة توفر مشغل فيديوي ثان في جهاز فك التشفير أو في جهاز التلفزيون، يمكن كذلك تخزين فيديو بلغة الإشارات قبل البث التلفزيوني وعرضه مع إشارة البث عندما ترسل هذه في اليوم التالي أو الأيام التالية. ويضطلع النظام HbbTV 2,0 بعملية التزامن اللازم.

وفي حالة عدم إدراج مشغل فيديوي ثانٍ في جهاز التلفزيون لدى المستهلك، يمكن لهيئات البث إدراج فيديو لمترجم لغة الإشارات في الأستوديو وإرسال هذا التدفق المركب إما ضمن تعدد إرسال البث (في بث متآون مع برنامج التلفزيون بدون مترجم لغة الإشارات)، أو إتاحته كتدفق فيديو في تشكيل النظام IBB. وفي كلتا الحالتين، لا حاجة إلى مشغل فيديوي ثانٍ ولا إلى تزامن للبث وتدفق النطاق العريض. وبالطبع لا يعود من الممكن للمستعمل النهائي تكييف المعلمات (من قبيل اختيار الحجم أو الموقع على شاشة فيديو لغة الإشارات).

وفي بعض الأحيان، قد يكون البديل هو تمثيل خدمات النفاذ على الخط على شاشة ثانية، من قبيل حاسوب لوحي أو هاتف ذكي، ومرة أخرى العمل على مزامنة البث وتدفق النطاق العريض (انظر الشكل 4.14). فقد يكون ذلك مفيد للوصف الصوتي عندما يستمع الشخص الذي يحتاج إلى هذه الخدمة إلى المسار الصوتي الذي يحتوي على الوصف الصوتي بينما يستمع أفراد آخرون من الأسرة أو الجماعة إلى صوت التلفزيون العادي دون الوصف الصوتي. وهكذا يمكن تحقيق الاندماج الإلكتروني الحقيقي للناس.

الشكل 4.14

مبدأ إطار الشاشة الثانية[57]



DTTB-14-04

6.14 إنتاج خدمات النفاذ – بعض الجوانب

ثمة جانب آخر يتعلق بإنتاج خدمات النفاذ وتقييم جودتها. كما أن تعميم هذه الخدمات يعني أيضاً جعلها فعالة من حيث التكلفة وإتاحتها لكل الناس. ولا يمكن تحقيق كفاءة التكلفة إلا بالنسبة للمنتجات والإجراءات الموحدة. وينبغي تخطيط خدمات النفاذ وإدراجها في الإنتاج السمعي البصري اليومي، وأن تطبق عليها، في حالات استثنائية فقط، عمليات ما بعد الإنتاج الخاصة والمكلفة. وكذلك فإن الحلول الموحدة، في معرض التبادل الدولي للبرامج، مرغوب فيها جداً، بل تكاد تكون شرطاً أساسياً مسبقاً.

7.14 استنتاجات

المعايير المتفق عليها لخدمات النفاذ هي أحد العوامل التي تضمن اقتصاد الحجم اللازم للأجهزة السمعية والبصرية المعقولة التكلفة والقابلة للتشغيل البيني لتمكين الجمهور من النفاذ إليها. والعامل الآخر هو إدراج هذه الحلول عموماً في الأجهزة الاستهلاكية لدى الجميع. وعندئذ فقط يمكن إتاحة خدمات النفاذ على نطاق واسع ولصالح جميع المواطنين.

وربما باستثناء لغة الإشارات، تعود جميع خدمات النفاذ، التي توفرها هيئات البث للأشخاص ذوي الإعاقة، بالفائدة على كل الناس. فالأطفال والأقليات والأجانب يستفيدون من النصوص الجارية (لفهم البرامج وكذلك لتعلم القراءة واللغات الأجنبية)؛ ويساعد الوصف الصوتي على فهم برنامج تلفزيوني ما عندما يصعب مشاهدة الشاشة (أثناء القيادة أو القيام بعمل المنزل مثلاً)؛ ومن شأن نقاوة الصوت وتخفيف سرعته تحسين قابلية الفهم في ظروف استماع أو تسجيل غير مواتية.

ومن ثم يجب على هيئات البث ومصنعي المعدات الاستهلاكية وهيئات التقييس أن تواصل التعاون. ويمكن ترك بعض الوظائف للمصنعين (التحكم في الحركة أو الصوت في جهاز التلفزيون مثلاً)؛ والبعض الآخر – من قبيل الخدمات – بحاجة إلى التقييس

---

57 الشكل مقتبس بإذن من مشروع المفوضية الأوروبية FI-CONTENT [7.14].

لضمان استمرار تقديم خدمات النفاذ والأنظمة لصالح ذوي الإعاقة ولكل الناس. والاتحاد الدولي للاتصالات، بوصفه وكالة متخصصة في منظومة الأمم المتحدة، هو خير من يستطيع المساعدة على صعيد العالم بتوفير المعايير والمواصفات ذات الصلة.

ولن تتوقف التطورات الرامية إلى مساعدة ذوي الاحتياجات الخاصة، لا سيما فيما يتعلق بالتكييف الشخصي (من قبيل تعديل لون النص لمن يعاني من عمى الألوان أو تقديم الجوانب الصوتية وفقاً للخصائص السمعية للأشخاص ضعاف السمع). والأمل هو أن تساعد تقنيات الفيديو المقبلة، مثل الواقع الافتراضي أو المعزز أو المختلط أو استخدام معلومات العمق في الأنظمة ثلاثية الأبعاد (المجسمة)، ذوي الإعاقة في استعمالهم للوسائط. والشرط الأهم هو تعميم أنظمة النفاذ (لكي يتسنى للجميع الاستفادة منها) ووضع معايير الجودة لخدمات النفاذ.

بيبليوغرافيا للفصل 14

[1.14] **World Health Organisation (WHO)** – *World report on disability*, 2011, ref. http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/en/

[2.14] **NEM** Position Paper on Access Policy Suggestions – *Opening doors to Universal Access to the Media*, February 2016, ref. http://nem-initiative.org/wp-content/uploads/2016/03/NEM-ACCESS-Policy-suggestions.pdf

[3.14] **EBU** TT, ref. https://tech.ebu.ch/ebu-tt and https://tech.ebu.ch/docs/factsheets/ebu_tech_fs_ebu-tt.pdf

[4.14] **W3C** Recommendation – *TTML Profiles for Internet Media Subtitles and Captions* 1.0 (IMSC1), 21 April 2016, ref. https://www.w3.org/TR/ttml-imsc1/

[5.14] **Peter Cherriman** *Subtitling for UHDTV*, DVB Scene No. 48 (Sept. 2016), ref. https://www.dvb.org/resources/public/scene/dvb-scene48.pdf

[6.14] **Christoph Dosch** *Convergence of Broadcasting and Broadband Internet – A Benefit for People with Disabilities (and for us all)*, ITU Academic Conference Kaleidoscope 2014, St. Petersburg, Conference proceedings, pp. 89-95, ref. https://www.itu.int/en/ITU-T/academia/kaleidoscope/2014/Documents/Kaleidoscope2014Proceedings.pdf

[7.14] http://www.fi-content.eu/ و http://mediafi.org/

[8.14] **ETSI** EN 300 472 V1.3.1 (2003-05) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for conveying ITU-R System B Teletext in DVB bitstreams*

[9.14] **ETSI** EN 300 743 V1.5.1 (2014-01) – *Digital Video Broadcasting (DVB); Subtitling systems*

[10.14] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.2075، *أنظمة النطاق العريض المتكاملة للإذاعة*

[11.14] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.2053، *الخصائص التقنية لأنظم النطاق العريض المتكاملة للإذاعة (IBB)*

[12.14] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.2037، *المتطلبات العامة للتطبيقات الموجهة للإذاعة في أنظمة النطاق العريض المتكاملة للإذاعة (IBB) واستخدامها المتصور*

[13.14] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2267، *الأنظمة المتكاملة للإذاعة والنطاق العريض*

الجزء 3

جوانب المساهمات وتجميع الأخبار إلكترونياً لإنتاج البرامج الرقمية

مقدمة للجزء 3

تتطور أنظمة الإنتاج التلفزيوني، شأن الأنظمة الإذاعية، باستمرار. وشأن الخدمات الإذاعية، هنالك تحسينات مستمرة في تقنيات الإرسال والتشفير السمعي البصري والمعالجة وكذلك في مناولة البيانات وما يرتبط بها من بيانات فوقية.

وقد تنامت كفاءة هذه الأنظمة لدى إدخال التقنيات الرقمية في التقاط الإشارات والتوصيل مع الأستوديو. ويتعين على الإنتاج الخارجي والبث الإذاعي الخارجي وتجميع الأخبار إلكترونياً أن تواكب إدخال تقنيات التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) أو فائق الوضوح (UHDTV) أو التلفزيون ثلاثي الأبعاد (3DTV) في مجال الاستهلاك. وتسمح تقنيات الإرسال الحديثة، مثل DVB-T2 ومخططات الانضغاط الفعال للمعلومات السمعية البصرية (من قبيل MPEG HEVC وHE-AAC v2)، بتوفير المواد البرنامجية بأنساق عالية الجودة عبر القنوات للأرض. ومن ثم هناك تحرك واضح نحو الحلول الرقمية.

وتؤثر خصائص أنظمة الإنتاج التلفزيوني وما بعده تأثيراً كبيراً على خصائص إشارة التلفزيون الإذاعي من طرف إلى طرف. بيد أن متطلبات أنظمة المساهمة وجمع الأخبار كثيراً ما تختلف عن متطلبات الخدمة الإذاعية. ولقوة الإشارة أو وقت التأخير بين توليد المحتوى والتسليم أثر كبير على اختيار المعلمات. وهناك جانب آخر يتعلق بالحاجة إلى التنقلية في المساهمة وجمع الأخبار.

وغالباً ما تكون الخدمات الإضافية اللازمة لإعداد البرامج والإذاعة ذات متطلبات عالية جداً من حيث الجودة، في حالة الميكروفونات اللاسلكية مثلاً. ويتقاسم العديد من أنظمة إعداد البرامج والأحداث الخاصة (PMSE) هذه، لأغراض الإرسال، نطاقات الإذاعة الديسيمترية (UHF). وتستعمل أنظمة أخرى نطاقات الخدمة المتنقلة أو الإرسالات للأرض أو الساتلية الثابتة.

ويحتوي الجزء 3 على فصل واحد فقط، ومع ذلك، فإن المعلومات ذات أهمية بالنسبة للإنتاج التلفزيوني والتبادل (الدولي) للمحتوى والبرامج الإذاعية. ويقدم الجزء 3 معلومات عن الإنتاج الخارجي، وجمع الأخبار إلكترونياً، فضلاً عن مختلف أشكال مساهمة الإشارات. ويتناول قسم محدد الخبرات في مجال جمع ومعالجة إشارات 4k و8k في التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV).

الفصل 15

أنظمة المساهمات وتجميع الأخبار

1.15 مقدمة

ثمة مكونة هامة في تقنية التلفزيون وهي إنتاج البرامج والبث الخارجي وتوفير وتوزيع مواد البرامج على الاستوديوهات و/أو مباشرة إلى شبكة توزيع ثانوية للمرسلات للأرض. ويحدث تطوير هذه الأنظمة بصورة مستمرة وديناميةإلى جانب أجزاء أخرى في السلسلة التلفزيونية، مع تطوير تقنيات البث والمعالجة.

وتستخدم في تطبيقات التلفزيون في الوقت الحاضر إما الأنظمة التماثلية أو الرقمية لجمع المعلومات ومعالجتها. ويتحدد اختيار نسق المعلومات السمعية البصرية بمرحلة تطوير إنتاج البرامج والبث الخارجي. ويحدث الانتقال الكامل إلى التقنيات الرقمية في إطار عملية الانتقال إلى أنظمة التوزيع الرقمية وأجزاء أخرى من السلسلة التلفزيونية.

وتوخياً لجمع الأخبار ومساهمة مواد البرامج في الأستوديو، يمكن استخدام جميع البيئات القائمة (للأرض أو الكبلية أو الساتلية). ويمكن أيضاً تطبيق أي مجموعة من البيئات المذكورة. ويتحدد تطبيق نوع معين من البيئة أو توليفات منها بحكم متطلبات التطبيق المرسَل (سعة القناة المطلوبة، وأهمية وقت التسليم، والمسافة بين معدات جمع المعلومات السمعية البصرية، وموقع الحدث الذي تجري تغطيته، وما إلى ذلك).

وثمة مكونة هامة في متطلبات التطبيقات هذه وهي درجة التنقلية ومورد التردد المتاح الذي يمكن استخدامه لأغراض إنتاج البرامج والإذاعة الخارجية. وفي هذا الصدد، يمكن تنظيم تطبيقات إنتاج البرامج والإذاعة الخارجية ضمن خدمات الإذاعة (BS) أو الخدمات المتنقلة (MS) أو الثابتة (FS).

وتبعاً لنطاق التطبيق التلفزيوني الذي يستعمل فيه إنتاج البرامج والإذاعة الخارجية والتطبيقات الأخرى ذات الصلة، يمكن تصنيف الخدمات على النحو التالي:

- الخدمات المساعدة في البرامج (SAP)؛
- الخدمات المساعدة في الإذاعة (SAB).

وتعرّف هذه الخدمات على النحو التالي (وفقاً للتقرير ITU-R BT.2069 [1.15]):

الخدمات المساعدة في البرامج (SAP) تدعم الأنشطة التي تنفذ في مجال إعداد "البرامج"، مثل صناعة الأفلام، والإعلانات، وأشرطة فيديو الشركات، والحفلات الموسيقية، والمسرح والأنشطة المماثلة، التي لا يقصد في البداية بثها للجمهور العام.

الخدمات المساعدة في الإذاعة (SAB) تدعم أنشطة شركات الخدمات الإذاعية المنفذة في إنتاج مواد برامجها.

وكانت الخدمات المساعدة في الإذاعة (SAB) في الأصل مجرد الخدمات التي تحتاج إليها شركات الإذاعة العامة في إعداد مواد البرامج، أما الخدمات المساعدة في البرامج (SAP) فهي تشمل إعداد البرامج من جانب شركات مستقلة فضلاً عن الإعلانات التجارية والعروض المسرحية والحفلات الموسيقية والأحداث الرياضية. وهناك بعض الاختلافات في طبيعة هذين النشاطين، مع أن المتطلبات من الطيف تكاد تكون متماثلة.

وتعني تعاريف SAP/SAB تصنيفاً أكثر توجهاً نحو الأعمال التجارية لمرافق صنع البرامج. ثم يضيف العرض التقني بعداً آخر لهذه الصورة لأن العديد من مستخدمي SAP وSAB يستخدمون نفس التقنية لتطبيقاتهم. ولذلك، تصف الصورة التالية في الشكل 1.15 هذه البنية المزدوجة الطبقات لنظام SAP وSAB، بما في ذلك تطبيقات تجميع الأخبار إلكترونياً/البث الخارجي (ENG/OB).

وتُفترض التعاريف التالية في وصف طبقة التكنولوجيا لمختلف تطبيقات SAP/SAB.

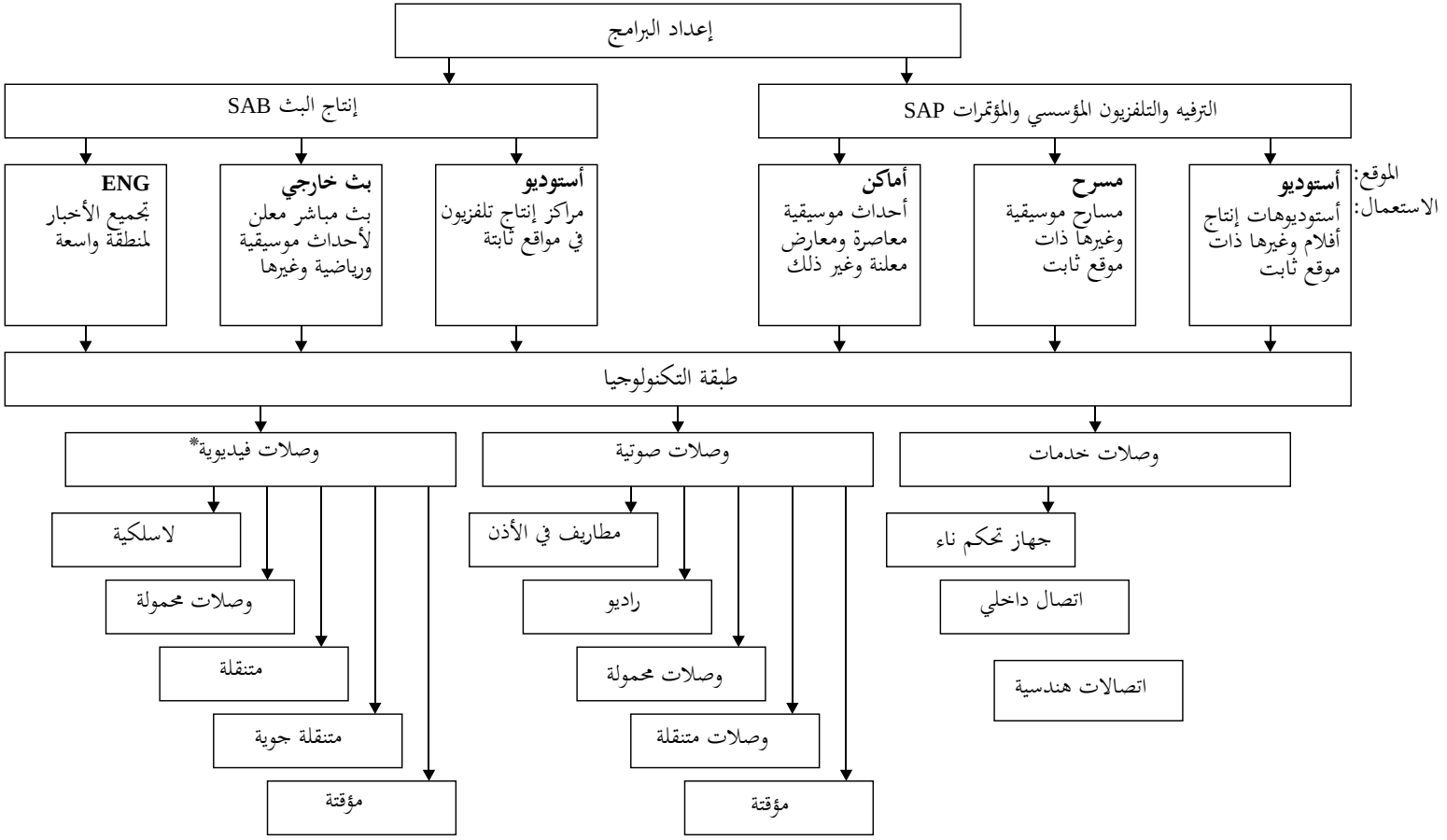
الجدول 1.15

تعريف تطبيقات الخدمات المساعدة في البرامج/الإذاعة SAP/SAB

المصطلح	التعريف
ميكروفون لاسلكي	ميكروفون محمول باليد أو مثبت على الجسد ومزود بمُرسِل مدمج فيه أو يثبت على الجسد. متطلبات المستعمل للميكروفونات اللاسلكية واردة في المرجع [23.15].
جهاز تحكم في الصوت مثبتة في الإذن	مُستقبِل مصغر يثبت على الجسد ومزود بسماعات للأذن للتحكم الشخصي في التسجيلات الصوتية أحادية أو ثنائية القناة.
وصلة سمعية محمولة	مُرسِل مثبت على الجسد يُستعمل بميكروفون أو أكثر ومزود بقدرات تشغيل لمدى أطول مقارنة بالميكروفونات اللاسلكية.
وصلة سمعية متنقلة	نظام إرسال سمعي يستعمل مُرسِلاً راديوياً مُركباً على دراجات نارية أو هوائية أو سيارة أو سيارة سباق أو قارب وما إلى ذلك. ويمكن استعمال أحد مطرافي الوصلة أو كليهما أثناء التنقل.
وصلة سمعية مؤقتة من نقطة إلى نقطة	وصلة مؤقتة بين نقطتين (جزء من وصلة بين موقع البث الخارجي والاستوديو) تُستعمل لنقل مادة سمعية ذات جودة إذاعية أو لنقل إشارات (صوت) خدمة. وتُركّب مطاريف الوصلات على حوامل ثلاثية القوائم أو منصات مؤقتة أو مركبات مُصنعة لغرض معين أو رافعات هيدرولية. وغالباً ما يحتاج الأمر إلى وصلات تعمل في اتجاهين.
كاميرا لاسلكية	كاميرا محمولة باليد أو مُركبة بشكل آخر ومُدمج فيها مُرسِل ووحدة طاقة كهربائية وهوائي لنقل فيديوهات ذات جودة إذاعية إلى جانب إشارات صوتية على أمداء قصيرة.
وصلة فيديوية محمولة	كاميرا محمولة باليد مزودة بمُرسِل مستقل مثبت على الجسد ووحدة طاقة كهربائية وهوائي.
وصلة فيديوية متنقلة محمولة جواً	نظام إرسال فيديوي يستعمل مُرسِلاً راديوياً مُركّباً على مروحية أو أي طائرة أخرى.
وصلة فيديوية متنقلة على متن مركبة	نظام إرسال فيديوي يستعمل مُرسِلاً راديوياً مُركباً على دراجة نارية أو هوائية أو سيارات أو سيارة سباق أو قارب وما إلى ذلك. ويمكن استعمال أحد مطرافي الوصلة أو كليهما أثناء التنقل.
وصلة فيديوية مؤقتة من نقطة إلى نقطة	وصلة مؤقتة بين نقطتين (جزء من وصلة بين موقع البث الخارجي والاستوديو) تُستعمل لنقل إشارات فيديوية/سمعية ذات جودة إذاعية. وتُركّب مطاريف الوصلات على حوامل ثلاثية القوائم أو منصات مؤقتة أو مركبات مُصنعة لغرض معين أو رافعات هيدرولية. وغالباً ما يحتاج الأمر إلى وصلات تعمل في اتجاهين.
اتصال داخلي	لتوصيل تعليمات المدير فوراً إلى جميع الأشخاص المعنيين بإعداد البرامج، وهم مقدمو البرامج والقائمون بإجراء المقابلات والمصورون ومشغلو الأجهزة الصوتية ومشغلو أجهزة الإضاءة والمهندسون. ويمكن استعمال عدد من قنوات الاتصال الداخلي في نفس الوقت لتغطية الأنشطة المختلفة. ويَستعمل الاتصال الداخلي عادة إرسالاً ثابتاً.
أجهزة التحكم عن بُعد	وصلات راديوية للتحكم عن بعد في الكاميرات والأجهزة الأخرى المستعملة في إعداد البرامج وللتشوير.

الشكل 1.15

الصورة الإجمالية لقطاعات وتطبيقات مستعملي SAP/SAB



* *ملاحظة* – غالباً ما تتضمن الوصلات الفيديوية دارات سمعية لإرسال البرامج الصوتية.

DTTB-15-01

2.15 تجميع الأخبار والمساهمات في الاتصالات للأرض

1.2.15 مفاهيم عامة

يستخدم جمع الأخبار إلكترونياً (ENG) لجمع مواد الفيديو و/أو المواد الصوتية دون استخدام الأفلام أو أشرطة التسجيل، وذلك باستخدام الكاميرات الإلكترونية الصغيرة و/أو الميكروفونات الصغيرة التي غالباً ما تحمل باليد مع وصلات راديوية إلى غرفة الأخبار و/أو شريط محمول أو غير ذلك من أجهزة التسجيل.

وفي سياق تطبيق التقنيات الرقمية وطرائق الانضغاط الأكثر فعالية التي تسمح بها، يمكن تخفيض معدل البتات اللازم لإرسال إشارة تلفزيون عريض النطاق، بحيث لا يشمل نطاق أنظمة جمع الأخبار مجرد التلفزيون عادي الوضوح (SDTV) وعالي الوضوح (HDTV) بل يمكن أن يمتد ليشمل التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV).

2.2.15 متطلبات المستعمل لتجميع الأخبار والمساهمة في الاتصالات للأرض

تشمل متطلبات تجميع الأخبار والمساهمة في الاتصالات للأرض جوانب مختلفة مثل تشفير المصدر وجودة الصورة والصوت ومتطلبات معدل البتات والتردد وما إلى ذلك. وينبغي تعريف هذه المتطلبات مع مراعاة التقدم المستمر في تقنيات التلفزيون الرقمي مثل تشفير المصدر والإرسال وغير ذلك. والحالة بخصوص إدخال أنظمة جمع الأخبار والمساهمة الرقمية للأرض متنوعة جداً، وتتعايش حالياً أنظمة الخدمات المساعدة في البرامج/الإذاعة (SAP/SAB) التماثلية والرقمية. وبالتوازي مع ذلك، تتقدم عمليات إدخال نظام الإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB). وكل هذا وعوامل أخرى كثيرة تضيف بعض القيود على متطلبات أنظمة تجميع الأخبار والمساهمة للأرض لفترة ما من الزمن. وتتضمن توصيات الاتحاد وتقاريره ووثائقه الأخرى هذه المتطلبات والقيود المتعلقة بتجميع الأخبار والمساهمة للأرض (انظر البيبليوغرافيا). ويرد في الفقرات التالية بعض المتطلبات الأساسية.

1.2.2.15 متطلبات المستعمل لتجميع الأخبار للأرض لنظام التلفزيون عالي/عادي الوضوح

تصف التوصية ITU-R BT.1868 [2.15] متطلبات المستعمل لكودكات إرسال الإشارات التلفزيونية عبر المساهمة والتوزيع الأولي وشبكات تجميع الأخبار إلكترونياً/ساتلياً (ENG/SNG).

ويحتوي الجدول 2.15 متطلبات المستعمل التي ينبغي تطبيقها على مواصفات الأنظمة وتصميمها واختبارها لإرسال الإشارات التلفزيونية عبر المساهمة والتوزيع الأولي وشبكات تجميع الأخبار ENG/SNG كجزء من السلسلة الإذاعية.

الجدول 2.15

متطلبات المستعمل لكودكات إرسال الإشارات التلفزيونية
عبر المساهمة والتوزيع الأولي وشبكات جمع الأخبار بالساتل

نوع شبكة الإرسال	مساهمة	توزيع أولي	SNG/ENG
نسق إشارة فيديوية داخلة	اعتيان: 4:2:2 (Y, C_B, C_R) 8 أو 10 بتات للعينة من كل مكونة		
نسق إشارة سمعية داخلة	اعتيان: 48 kHz 20 بتة أو أكثر	اعتيان: 48 kHz 18 بتة أو أكثر	اعتيان: 48 kHz 16 بتة أو أكثر
قناة الصوت	ثماني قنوات (عادي)	ست قنوات (عادي)	قناتان (الحد الأدنى)
بيانات مساعدة	معدل البتات: حوالي 100 kbit/s		
الحد الأقصى من تأخر الصوت عن الصورة	± 2 ms في الكودك		
جودة أساسية للصورة (لعدد معين من الكودكات المترادفة في حالة عدم حدوث أخطاء)	ثلاثة كودكات بالترادف	كودكان بالترادف	كودك واحد
	اختلاف الجودة: 12% باتباع طريقة مقياس الجودة المستمر مزدوج التحفيز (DSCQS) واستعمال أربعة تتابعات على الأقل وفقاً للتوصية ITU-R BT.1210، نصفها على الأقل تتابعات عالية النشاط. ويتعين الوفاء بدرجة الجودة المحددة في 75% من التتابعات المختارة على الأقل؛ ويجب أن يصل الباقي إلى ≥ 20%.		
متطلبات خيارية لجودة الصورة (للعدد المعين من الكودكات المترادفة في حالة الخلو من الأخطاء)	لا ينطبق	لا ينطبق	كودكان بالترادف
			اختلاف الجودة ≥ 18% حسب المقياس DSCQS أو أربعة تتابعات على الأقل من التوصية ITU-R BT.1210، اثنتان منها على الأقل تتابعات عالية النشاط. ويتعين الوفاء بهذه الدرجة باستعمال 75% من التتابعات على الأقل، وينبغي أن يحقق الباقي ≥ 36%
جودة الصورة بعد تعتيم الألوان أو بعد تغيير مقاييس الصورة أو بعد حركة بطيئة	اختلاف الجودة: ≥ 18% حسب طريقة المقياس DSCQS التي تستعمل تتابعين أماميين ومادة مناسبة من الخلفية مختارة وفقاً للتوصية ITU-R BT.1210، بين كودكين	لا ينطبق	لا ينطبق
جودة الصوت الأساسية	انظر الملحق 1 بالتوصية ITU-R BS.1548 [3.15]		
خصائص الأعطال/أداء الأخطاء	شبه خال من الأخطاء في دخل مفكك التشفير في الحالة العادية. اشتراط وظيفة إخفاء الخطأ في مفككات التشفير. ويتعين توفير وظيفة إشارة إلى الأخطاء.		
خصائص عطل الرؤية/الصوت	عطل في الرؤية أولاً		
وقت الاستعادة	≤ 500 ms بعد انقطاع مدته 50 ms		< 1 s بعد انقطاع مدته 50 ms
تغيير في التأخير الإجمالي بعد انقطاع الإشارة/خلل هام	أقل من 20 µs		

لمزيد من التفاصيل، انظر المرجع [2.15].

وتحدد التوصية ITU-R BT.1203 [4.15] متطلبات تشفير المصدر لتجميع الأخبار للأرض من حيث استبانة الصورة والصوت. ويحتوي الجدول 3.15 على متطلبات المساهمة وجمع الأخبار للأرض لكودكات H.262/H.264/H.265.

الجدول 3.15

المتطلبات الوظيفية والتشغيلية لكودكات H.262/H.264/H.265

البنود	SNG/ENG		المساهمة		
	الأسلوب 1[1]	الأسلوب 2[2]			
عدد العينات لكل خط وعدد الخطوط لكل صورة (أمثلة)	SDTV: 720 × 576 في بيئة 50/60 Hz مع كنس تدريجي أو متداخل HDTV: 1 280 × 720 في بيئة 50/60 Hz مع كنس تدريجي أو متداخل HDTV: 1 920 × 1 080 في 50/60 Hz مع كنس تدريجي أو متداخل				
نسق اللون	ينبغي استخدام 4:2:2 أو 4:4:4 للواجهة الرقمية				
عدد القنوات السمعية BT.709/HDTV BT.1543 BT.601 وBT.1358/SDTV	2 كحد أدنى 2 كحد أدنى 2 كحد أدنى		8 كحد أقصى 8 كحد أقصى 6 كحد أقصى		
مدى معدلات البتات	التوصية ITU-T H.262	التوصية ITU-T H.264	التوصية ITU-T H.265	التوصية ITU-T H.262	التوصية ITU-T H.264	التوصية ITU-T H.265
BT.709/HDTV	حتى 140 Mbit/s	حتى 14 أو 21 Mbit/s	حتى 7 أو 12 Mbit/s	حتى 140 Mbit/s	حتى 35 أو 48 Mbit/s	حتى 17 أو 24 Mbit/s
BT.1543/BT.1847	حتى 140 Mbit/s	حتى 14 أو 21 Mbit/s	حتى 7 أو 12 Mbit/s	حتى 140 Mbit/s	حتى 35 أو 48 Mbit/s	حتى 17 أو 24 Mbit/s
BT.601 وBT.1358/SDTV	حتى 34 أو 45 MBit/s	حتى 12 Mbit/s	حتى 6 Mbit/s	حتى 34 أو 45 MBit/s	حتى 12 Mbit/s	حتى 6 Mbit/s
أسلوب التنبؤ	I، P (التوصية ITU-T H.262)؛ I، P، B، Intra (التوصية ITU-T H.264)					
جودة الصورة (DSCQS)	12%[3]	36%[3]		12%[4]		
التوافق	غير مطلوب					
التشفير التراتبي	غير مطلوب					
قابلية التوسع القياسي	غير مطلوبة، ولكن إذا احتاج الأمر يمكن الحصول على جودة أقل باستعمال وحدة نسق مكانية.					
قابلية التشغيل البيني	غير مطلوبة					

الملاحظة 1 – الأسلوب 1: ظروف إرسال جيد.

الملاحظة 2 – الأسلوب 2: ظروف إرسال ضعيف.

يستخدم الجدول 3.15 التعاريف التالية:

- *التشفير النوعي*: تشفير رقمي للصور مبني على مجموعة من طرائق التشفير المترابطة.
- *عدد العينات لكل خط*: عدد عينات النصوع في كل خط نشط.
- *عدد العينات لكل صورة*: عدد الخطوط الرأسية في كل صورة نشطة.
- *نسق اللون*: النسبة بين عدد بيكسلات النصوع وعدد بيكسلات فرق اللون في الموقع نفسه، أو النسبة بين بيكسلات الألوان الأحمر والأخضر والأزرق R وG وB.
- *عدد القنوات السمعية*: العدد الكلي لقنوات الصوت في كل برنامج، مع وصف لكيفية توليف هذه القنوات في تطبيقات مختلفة.
- *مدى معدلات البتات*: أدنى وأقصى معدل بتات عند خرج المشفر من أجل عدة أنساق للدخل.
- *أسلوب التنبؤ*: نمط التنبؤ المستعمل داخل المشفر. ويؤثر ذلك تأثيراً شديداً في أقصى جودة للصورة يمكن الحصول عليها في الكودكات اللاحقة.
- *جودة الصورة*: نتائج التقدير الذاتي لأداء التشفير وفك التشفير في قناة خالية من الأخطاء.

- *الملاءمة*: وصف قدرة قواعد تركيب تدفق البتات على السماح بمعالجة الإشارة المنفصلة لأجزاء من تدفق البتات الكلي في الكودكات اللاحقة.
- *التشفير التراتبي*: طريقة تسمح بتحقيق طبقات مختلفة من الاستبانة في جانب مفكك الشفرة.
- *قابلية التوسع القياسي*: النفاذ إلى عدة مستويات من جودة الصورة في تدفق بتات واحد.
- *قابلية التشغيل البيني*: وصف درجة التشابه بين تدفقات بتات مختلفة داخل السلسلة الإذاعية.
- *قابلية التعديل*: القدرة على تعديل برنامج مع مراعاة بنية بيانات خرج المشفر.
- *مرونة معدل البتات*: يمكن لخوارزمية التشفير أن تسمح باستعمال تشفير معدل بتات ثابت (CBR) – أو تشفير معدل بتات متغير (VBR)
- *تأخر الكودك*: التأخر الذي تدخله خوارزمية التشفير/فك التشفير.
- *وقت الاسترجاع*: الفترة الزمنية الممتدة بين الانقطاع المادي داخل السلسلة الإذاعية وإنجاز كل الوظائف.
- *وقت الحيازة*: أقصى فترة انتظار مقبولة بين بداية عملية فك التشفير وعرض الصورة. وقد يؤثر ذلك في اختيار مخطط التشفير النوعي.
- *إخفاء الأخطاء*: إمكانية رد الفعل من مفكك الشفرة بطريقة محددة إزاء إشارات الإنذار الواردة من الجزء FEC في مفكك الشفرة.
- *الانحطاط التدريجي*: لتجنب الانحطاط المفاجئ في جودة الصورة في جانب مفكك الشفرة، يمكن حماية خرج المشفرات القابلة للتوسع القياسي بواسطة مخططات تصحيح FEC مختلفة أو بواسطة مخططات تشكيل غير منتظمة. ويمكن أيضاً استعمال توليفة من الطريقتين.
- *فترة الكمون للانتقال من قناة إلى أخرى*: زمن الانتظار نتيجة التحول بين مختلف البرامج التلفزيونية.

ويقدم الجدول 4.15 متطلبات المستعمل والمعلمات التقنية من حيث الجودة الأساسية الفيديوية والسمعية للإرسال التلفزيوني عالي/عادي الوضوح الرقمي باستعمال أنظمة تجميع الأخبار إلكترونياً.

الجدول 4.15

متطلبات المستعمل والمعلمات التقنية من حيث الجودة الأساسية الفيديوية والسمعية

لإرسال إشارات رقمية تلفزيونية عالية/عادية الوضوح **(HDTV/SDTV)**

البند	متطلبات المستعمل	المعلمات التقنية
جودة الإشارة الفيديوية الأساسية	انحطاط نوعية الصورة ≥ 12% باستعمال الطريقة DSCQS كما هي محددة في [2.15] (انظر أيضاً [4.15])	التلفزيون عالي الوضوح [19.15]:
		معدل البتات الفيديوية لثلاثة كودكات تعمل معاً بالترادف: – 52 Mbit/s (باستعمال المعيار ISO/IEC 13818-2 | التوصية ITU-T H.262، 4:2:2P@HL) – 35 Mbit/s (باستعمال المعيار ISO/IEC 14496-10 | التوصية ITU-T H.264، المستوى 4/الارتفاع 4:2:2) – 75 Mbit/s (باستعمال المعيار ISO/IEC 23008-2 MPEG-H | التوصية ITU-T H.265، المستوى 5/الارتفاع 4:4:4، 12 بتة، انظر التوصية ITU-R H.265 [5.15]) (انظر الملاحظة 1)
		معدل البتات الفيديوية لكودك واحد: – 21 Mbit/s (باستعمال المعيار ISO/IEC 14496-10 | التوصية ITU-T H.264، المستوى 4/الارتفاع 4:2:2)
		التلفزيون عادي الوضوح [18.15]
		معدل البتات الفيديوية: 15 Mbit/s (باستعمال المعيار ISO/IEC 13818-2 | التوصية ITU-T H.262، 4:2:2P@ML مع مجموعة صور طويلة)
		معدل البتات الفيديوية: 10 Mbit/s (باستعمال المعيار ISO/IEC 14496-10 | التوصية ITU-T H.264، المستوى 3/الارتفاع 4:2:2)
		معدل البتات الفيديوية: 18 Mbit/s (باستعمال المعيار ISO/IEC 23008-2-MPEG-H | التوصية ITU-T H.265، المستوى 3/الارتفاع 4:4:4، 12 بتة) (انظر الملاحظة 1)
جودة الإشارة الصوتية الأساسية	الجودة السمعية ≤ 4,5 في سلم الانحطاط من 5° كما هو محدد في [3.15]. يشبه التشكيل PCM الخطي غير المنضغط (48 kHz، 16 bit/ch).	768 kbit/s غير منضغطة لكل قناة MPEG-1 الطبقة II بمعدل 250 kbit/s لكل قناة MPEG-4 HE-AAC v2 بمعدل 96 kbit/s لكل قناة

الملاحظة 1 – من المعروف أن التشفير MPEG HEVC هو أكثر كفاءة من كودكات MPEG السابقة. ومع ذلك، يبدو أن معدل البتات من أجل التشفير HEVC أعلى مما هو من أجل MPEG-4 AVC. ويرجع ذلك إلى الاختلاف في معلمات التشفير الرقمي – مثال لتشفير HEVC من أجل جودة أعلى مما هي من أجل MPEG-4 AVC (من أجل 4:4:4 و12 بتة لكل بيكسل). ومن المتوقع أن يكون معدل البتات عند خرج MPEG HEVC من أجل ظروف متساوية (مثل 4:2:2) تقريباً نصف معدل البتات عند خرج المشفر MPEG-4 AVC.

2.2.2.15 متطلبات المستعمل لتجميع الأخبار للأرض في التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV)

قد يؤدي الجمع بين أساليب الانضغاط الجديدة وأنظمة الإرسال التلفزيوني الرقمي للأرض ذات الكفاءة العالية إلى إدخال التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV) على نطاق واسع. ونظام التلفزيون هذا مدعوم حالياً في التشفير MPEG-4 AVC (وتقابل توليفات UHDTV من حيث الجانبية/المستوى Hi422P أو Hi444P أو L5.1) وعمليات انضغاط التشفير HEVC.

ويقدم الجدول 5.15 بعض الأمثلة لمتطلبات المستعمل والمعلمات التقنية من حيث الجودة الفيديوية الأساسية لإرسال إشارات التلفزيون UHDTV.

الجدول 5.15

متطلبات المستعمل والمعلمات التقنية من حيث الجودة الفيديوية الأساسية لإرسال إشارات التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV)

البند	متطلبات المستعمل	المعلمات التقنية
جودة الإشارة الفيديوية الأساسية	انحطاط جودة الصورة كما هو محدد في [25.15]: لنسبة 75% من التتابعات المختارة: DSCQS $\geq$ 12% للباقي: DSCQS $\geq$ 30%	التلفزيون فائق الوضوح: معدل البتات الفيديوية لكودك وحيد (مثال): 960 Mbit/s (باستعمال المعيار ISO/IEC 14496-10 | التوصية ITU-T H.264، المستوى 5.1/الارتفاع 4:2:2 أو الارتفاع 4:4:4) 480 Mbit/s (باستعمال المعيار ISO/IEC 23008-2 MPEG-H | التوصية ITU-T H.265، المستوى 5.1/الارتفاع 4:4:4 12 بتة)

وفي السنوات الأخيرة، بدأ العديد من هيئات البث ومنتجي البرامج في وضع برامج في التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV). ويسلط هذا القسم الضوء على بعض التجارب الرائدة المبكرة لمساهمة 4K UHDTV التي أجريت في إيطاليا في وقت يرجع إلى عام 2009، وعلى تجربة أحدث لإنتاج 8K في اليابان.

1.2.2.2.15 تجربة الإنتاج الإيطالي، 2009

في سبتمبر 2009 أجرى مركز بحوث التلفزيون الإيطالي (RAI) تجربة للبث المباشر لفيديو 4K عبر قناة رقمية للأرض في منطقة تورينو [24.15]. وهذا هو أيضاً أقصى قدر من الاستبانة يمكن توفيره في قناة رقمية للأرض باستخدام أكثر التقنيات تقدماً اليوم باستعمال تشفير الصورة MPEG-4 ونسق الإرسال DVB-T2. ولهذا الغرض، تم إنتاج مقطع فيديوي 4K لمدة 12 دقيقة في مركز إنتاج RAI في تورينو باستخدام مزيج من اللقطات الفنية ومن واقع الحياة في تورينو. وكان الغرض من إنتاج 4K في RAI هو استكشاف الظروف النموذجية للإنتاج التلفزيوني في الميدان، بالاستعانة بالمهنيين في مجال التلفزيون لفترة إنتاج قصيرة في بيئات غير منضبطة في الغالب تتميز بها المشاهد الحية.

واستخدم في التجربة كاميرا Red One، نسق 4K (2304 × 4096 بيكسل بمعدل 25 صورة/ثانية في مسح تدريجي)، مع عدسات تكبير Angenieux (طراز HR 25-250 T3.5 وT2.9 102-17). وقد تم تجهيز الكاميرا Red One بمحساس 12 ميغا بيكسل Bayer (نفس حجم نسق سوبر 35 ملم) وجرى انضغاط إشارة الفيديو باستعمال تقنية JPEG200 بمعدل 288 Mbit/s وتخزينها في محركات أقراص ثابتة مدمجة. ولأغراض الرصد، لم تتوفر سوى إشارة حية لصيغة عالية الوضوح (720p50 × 1280) لمشغلي الكاميرات والمساعدين الفنيين.

ولتوفير المحتوى، احتاج الأمر إلى أحدث التقنيات من أجل التشفير والإرسال وفك التشفير والعرض. ولذلك كان الخيار هو المعيار DVB-T2 الذي يوفر سعة كافية لتقديم 4 إشارات HDTV (1080 × 1920) في قناة ديسيمترية UHF للأرض. وهذا يعادل

استبانة كلية قدرها 2160 × 3840، وهي في الواقع مشابهة جداً للاستبانة التي توفرها كاميرا Red One 4K. ولذلك، وبعد الاختزال من 2304 × 4096 إلى 2160 × 3840 بيكسل مع مسح تدريجي بمقدار 25 Hz، جرى تفريع مقطع الفيديو الناتج إلى أربعة تدفقات HDTV كاملة (1080 × 1920)، وجرى تشفير كل منها برمجياً باستخدام تقنية H.264 (مستوى الجانبية المرتفع 4). ثم جرى تعدد إرسال التدفقات 1080 × 1920 الأربعة الناتجة عن التشفير لإنتاج تدفق نقل متعدد البرامج. وأنتج تشكيلان مختلفان لمعدلات البتات المفيدة – وهما 36 و45 Mbit/s.

الشكل 2.15

تجربة التلفزيون الإيطالي RAI في الإرسال فائق الوضوح UHDTV للأرض

DTTB-15-02

وأولي اهتمام خاص للحفاظ على تزامن التدفقات في كامل السلسلة من طرف إلى طرف، وذلك لحجب رؤية التقسيم رباعي النوافذ للصورة على الشاشة. وفي المستقبل القريب، سيكون استخدام H.264 مع جانبية عالية من مستوى 5.1، حالياً قيد الاختبار، قادراً على التعامل مع كامل الصورة 4K، ومن ثم إزالة أي مشكلة بشأن التزامن.

وقد جرى إرسال فعلي على القناة 29 بتردد ديسيمتري UHF من موقع الإرسال تورينو–إريمو باستخدام DVB-T2 بالمعلمات التالية: كوكبة 256QAM وأسلوب 32K OFDM، وفاصل حراسة 1/128. واستخدمت قيمتان مختلفتان من التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) لاختبار تشكيلين مختلفين بمعدل بتات مفيد يتراوح بين حوالي 36 Mbit/s (FEC 3/5) و45 Mbit/s (FEC 3/4)، مما يسمح بمتوسط سعة لكل من تدفقات HDTV الأربعة من 9 إلى 11 Mbit/s. وأعيد تجميع الأرباع الأربعة عالية الوضوح وعرضت باستخدام تصميم Astro DM-3400، 4K × 2K (2160 × 3840) شاشة LCD 56 بوصة وعارض سينما رقمي Sony 4K عالي الأداء مما أدى إلى صور مثيرة للإعجاب حقاً على شاشة 200 بوصة.

2.2.2.2.15 تجربة إنتاج 8K في اليابان

يرد أدناه مثال أكثر حداثة على الإرسالات للأرض لتجميع أخبار التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV) في اليابان [9.15]. وإرسال إشارات الفيديو والصوت غير المنضغطة (إشارات النطاق الأساسي) من الكاميرا شرط أساسي للإنتاج الحي في الميدان، وليس التلفزيون فائق الوضوح UHDTV استثناء لذلك. وعندما يؤخذ معدل البتات المرتفع لإشارات UHDTV غير المنضغطة في الحسبان، فإن الأمر يحتاج إلى كمية هائلة من السعة الإضافية. ونطاقات التردد المستخدمة حالياً في وصلات الفيديو HDTV المؤقتة تستخدم على نحو مكثف في الخدمات القائمة ولا تنطوي على إمكانية للتوسع في المستقبل.

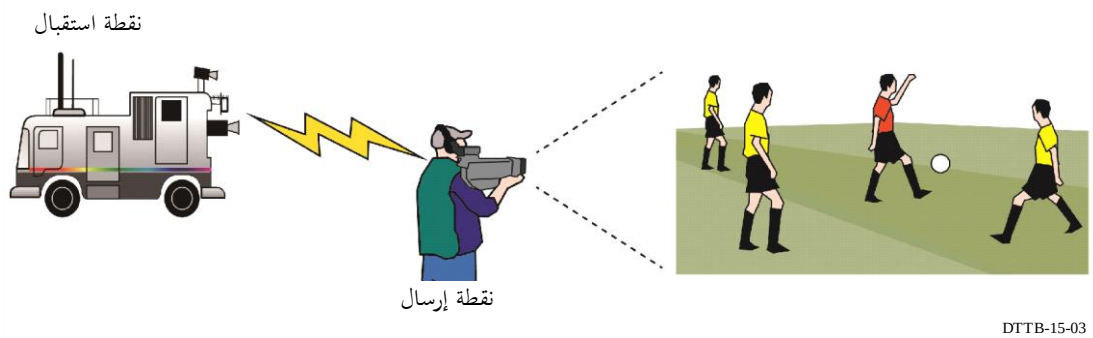
ولذلك، تم في اليابان تطوير وصلة فيديو UHDTV مؤقتة باستعمال النطاق GHz 120 للاستفادة من عرض النطاق الأوسع والسعة الأكبر في النطاق الميليمتري. وستحمل هذه الوصلة الفيديوية بمقدار GHz 120 إشارات Dual Green 8K غير منضغطة (منسقة بصفيفة مرشاح اللون Bayer، بجودة مماثلة جداً لجودة 8K كاملة) بمعدل بيانات قدره Gbit/s 24.

ويمكن استخدام وصلات الفيديو المؤقتة عندما يكون من الصعب أو غير الممكن استخدام كبل، كما هو الحال مثلاً في ملعب كرة قدم أو ملعب غولف أو في حال وجود عقبة كبيرة.

وتوضح الأشكال 3.15 إلى 5.15 أمثلة على الاستخدام في ملعب كرة قدم (مسافة إرسال 250 متراً) وملعب غولف (مسافة إرسال 1 كم) وإرسال فوق عوائق (مسافة إرسال 4 كم).

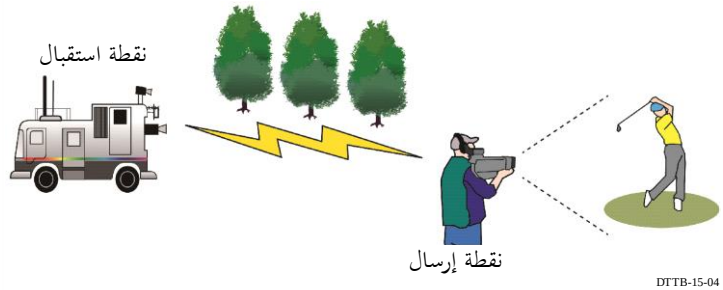
الشكل 3.15

ملعب كرة قدم



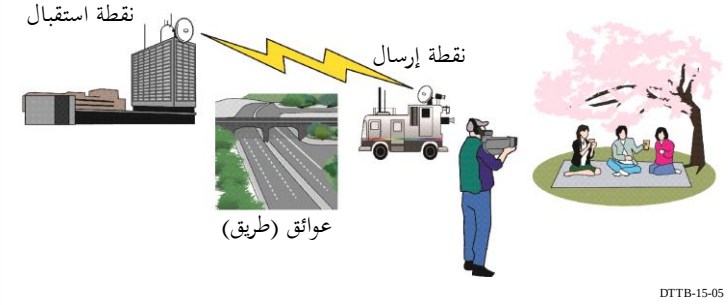
الشكل 4.15

ملعب غولف



الشكل 5.15

إرسال عبر عوائق

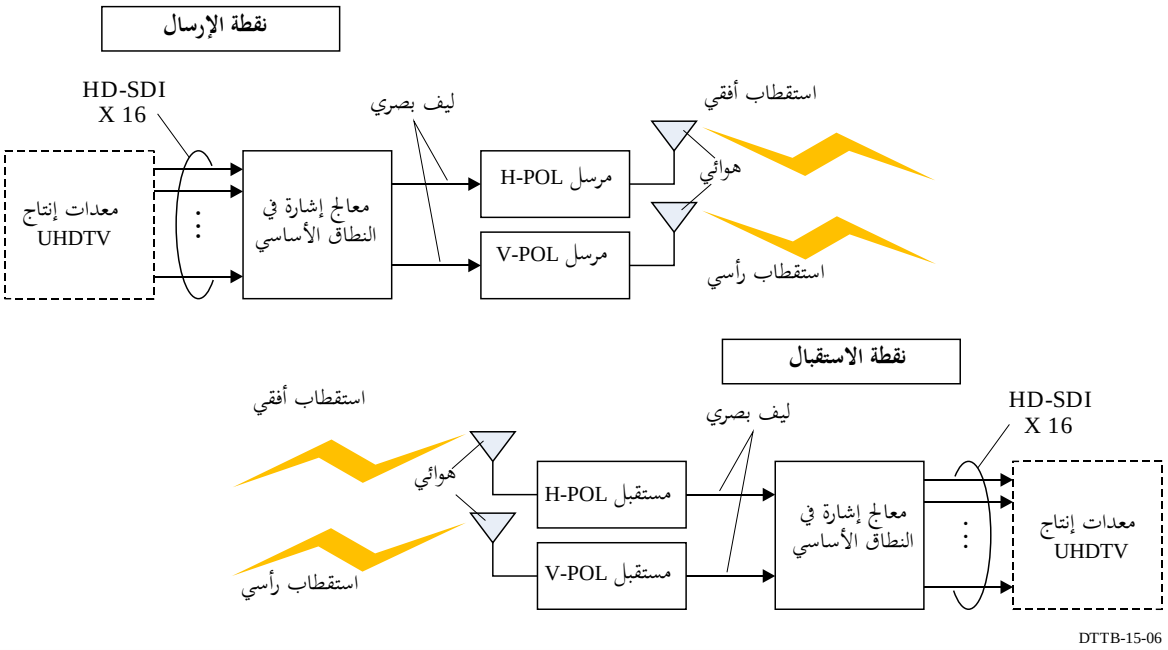


وكما هو مبين في الشكل 6.15، يتم تعدد إرسال 16 إشارة واجهة رقمية تسلسلية عالية الوضوح (HD-SDI) مكونة من إشارة Dual Green 8K إلى مجموعتين. وترسل كل مجموعة تحتوي على ثماني إشارات HD-SDI إما باستقطاب رأسي أو أفقي للوصلات الفيديوية للنطاق GHz 120.

والميزة الرئيسية لوصلة الفيديو في النطاق GHz 120 هي سعة الإرسال العالية. وتقع إشارة 8K غير المنضغطة كلها في عرض النطاق GHz 17. ويحافظ استخدام الإرسال غير المنضغط على كامل جودة الفيديو والصوت 8K، فضلاً عن تقليص فترة كمون الإرسال إلى الحد الأدنى.

الشكل 6.15

نظرة مجملة للوصلة الفيديوية المؤقتة لنطاق GHz 120 من أجل 8K



ويجري تنفيذ شفرة Reed-Solomon (986 و966) لتصحيح الأخطاء عندما يقوم معالج النطاق الأساسي بتعديد إرسال 8 إشارات HD-SDI إلى تدفق بيانات تسلسلي وحيد (في طرف الاستقبال، يتم فك تعدد إرسال تدفق البيانات المتسلسلة هذا إلى الإشارات الثماني HD-SDI الأصلية وتصحح الأخطاء التي تنشأ أثناء الانتشار حتى $BER = 1\times10^{-4}$). وهذا يحسن النسبة *C/N* المطلوبة بمقدار 4 dB تقريباً بالمقارنة مع عدم تصحيح الأخطاء.

وترد المعلمات التقنية لوصلة الفيديو المؤقتة في الجدول 6.15.

الجدول 6.15

المعلمات التقنية لوصلة فيديوية مؤقتة في النطاق GHz 120

تردد مركزي (GHz)	125		
عرض النطاق (GHz)	18 (134 – 116)		
استقطاب	أفقي، رأسي، دائري		
قدرة المرسل القصوى (W)	1.0		
التشكيل	ASK	BPSK	QPSK
معدل البتات الأقصى (Gbit/s)	12,0	12,0	24,0
سوية دخل المستقبل المطلوبة (dBm)	30,4–	36,4–	31,5–
سوية *C/N** (dB) المطلوبة (الملاحظة 1)	25,0	19,0	23,9

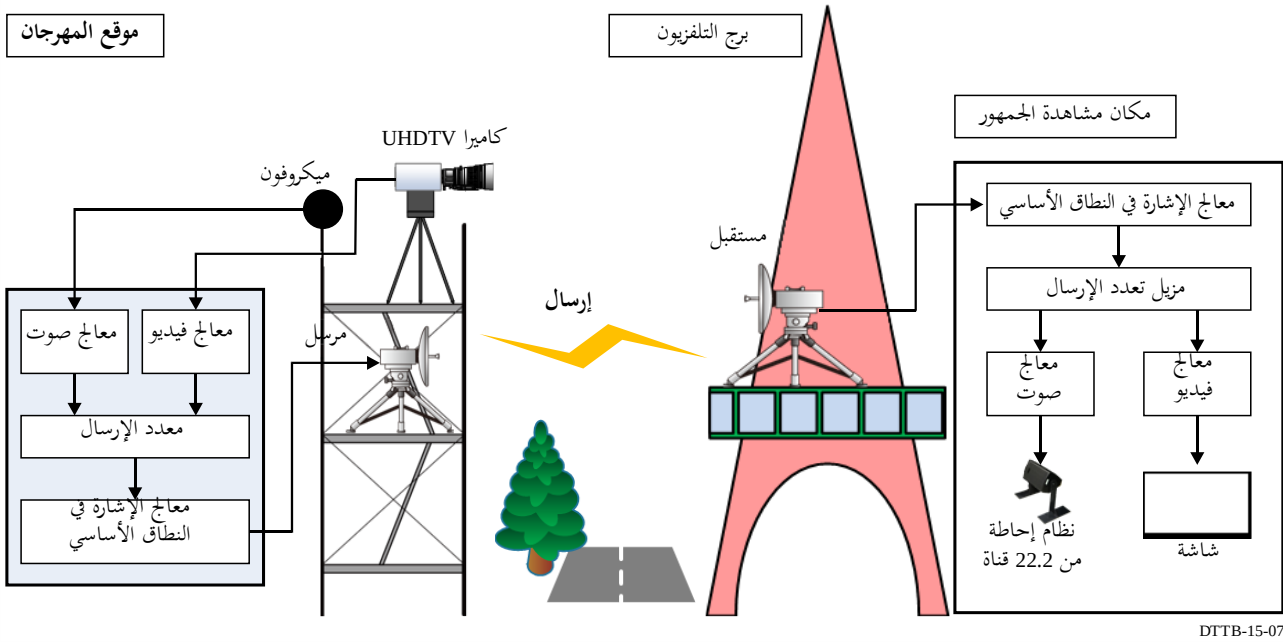
الملاحظة 1 – في حالة عدم تصحيح الأخطاء.

وجرى عرض 8K على الجمهور لمشاهدة مهرجان الثلج سابورو السادس والستين في فبراير 2015. وكشف مسح الموقع أنه لم يكن هناك من كبل بصري بين موقع المهرجان ومكان المشاهدة للجمهور، ولم يكن استخدام كبل مؤقت ممكناً بسبب حركة المرور الكثيفة على الطرق حول الموقع.

ولذلك اختير استخدام وصلة فيديو مؤقتة بمقدار 120 GHz من أجل هذه المشاهدة الجماهيرية وتم تشكيل النظام بنفس الطريقة التي يتم بها تشكيل البث المباشر. ويوضح الشكل 7.15 الرسم البياني للنظام.

الشكل 7.15

مخطط بياني للنظام لمشاهدة الجمهور لنظام 8K



وتم تعدد إرسال إشارات 8K UHDTV في مقصورة إنتاج بالقرب من موقع المهرجان، وأرسلت إلى أجهزة الإرسال باستخدام الألياف البصرية. ثم قامت وصلة الفيديو بنطاق 120 GHz المؤقتة بإرسال الإشارات إلى الجانب الآخر من الطريق على مسافة حوالي 160 متراً. وبمجرد استلامها في برج التلفزيون، أرسلت الإشارات إلى مكان المشاهدة للجمهور عبر وصلة ألياف بصرية قائمة (انظر الشكل 8.15).

الشكل 8.15

مرسل ومستقبل

وكان الطقس ممطراً أثناء تجربة الوصلة الفيديوية هذه في النطاق 120 GHz. وتتأثر الموجات المليمترية كثيراً من هطول الأمطار بحكم قصرها، وقد بلغ التوهين نحو 4 dB لكل من الاستقطابين. ومع ذلك، فقد صممت هذه التجربة بهامش *C/N* قدره 17 dB وكان ذلك كافياً لإرسال الإشارات 8K دون أخطاء غير قابلة للتصحيح. وبالإضافة إلى ذلك، تساقطت ثلوج كثيفة أثناء هذا الحدث، ولكن دون تأثير واضح على قوة الاستقبال. وأكدت هذه التجربة أن وصلة الفيديو في النطاق 120 GHz للتلفزيون 8K UHDTV تنطوي على إمكانية استخدام حتى في ظروف الطقس الصعبة.

ويرد مثال آخر مفيد في التقرير ITU-R BT.2246 – الحالة الراهنة للتلفزيون فائق الوضوح [26.15].

3.2.15 المتطلبات من التردد لتجميع الأخبار في الاتصالات للأرض

تعمل خدمة تجميع الأخبار إلكترونياً (ENG) للأرض في نطاقات موزعة للخدمات الإذاعية الثابتة والمتنقلة.

والطبيعة الخاصة جداً لعملية تجميع الأخبار إلكترونياً في بيئة تنافسية يمكن أن تضم العديد من جهات البث الإذاعي والمنظمات والشبكات التي تعمل على تغطية نفس الحدث في منطقة جغرافية ما، وهذا يتطلب العديد من قنوات التردد الراديوي التي تعمل في آن واحد غالباً عبر نفس المسير الراديوي. ولا بد من الوفاء بمتطلبات التشارك في الموقع بالنسبة لوصلات ENG متعددة إبان تغطية حدث ما.

وتتسم نطاقات الطيف المحددة المستعملة من أجل ENG بعدد من الخواص التقنية المتأصلة المفيدة. بيد أنه قد تكون هناك ظروف تخالف أو قضايا تتعلق بإدارة الطيف يمكنها أن تنال من عمليات نشر الخدمة ENG. مثال ذلك، تنزع الخدمة ENG التي تعمل في نطاقات تردد دون 3 GHz إلى توفير خصائص انتشار أفضل عبر مسيرات تضم عوائق، ومن ثم تزيد من احتمال الإرسال الناجح من مكان حدث معين. وعلاوة على ذلك يمكن استعمال المعدات الرقمية الجديدة في التطبيقات المتنقلة بمعدلات سرعة أكبر في نطاقات التردد الأدنى هذه. ومع ذلك، هناك إمكانية لزيادة الازدحام والتداخل في نفس المنطقة الجغرافية من خدمات أخرى نظراً لزيادة استعمال العديد من خدمات الاتصالات الراديوية لنطاقات التردد بين 500 MHz و10 GHz، الأمر الذي قد يعيق استعمال معدات ENG في نطاقات التردد الأدنى هذه. ومن جهة أخرى، فإن استعمال نطاقات تردد أعلى يمكنه أن يفرض قيوداً صارمة في الظروف الجوية السيئة. وينبغي أيضاً أن يؤخذ في الاعتبار أن الطلب على موارد التردد المطلوبة للتطبيقات الحالية والمستقبلية يرتفع باستمرار.

ويعتبر نطاق التوليف معلمة أساسية لتعريف المتطلبات من التردد. ومصطلح "مدى التوليف" بالنسبة للخدمة ENG يعني مدى من الترددات يتصور أن يكون بمقدور المعدات الراديوية أن تعمل فيه. وداخل مدى التوليف هذا، يقتصر الاستعمال في أي بلد للمعدات الراديوية لدى بلد آخر على مدى الترددات المحدد وطنياً للخدمة ENG في ذلك البلد وتُشغل طبقاً للشروط والمتطلبات الوطنية ذات الصلة. وتحديد مدى توليف للخدمة ENG لا يحول دون استعمال تطبيقات أخرى في مدى الترددات نفسه ولا يعطيها أولوية إزاء الاستعمالات الأخرى في هذه النطاقات. وقدمت الإدارات بعض المعلومات عن الترددات/نطاقات التردد وأمداء التوليف المفضلة المستخدمة في تطبيقات ENG. وترد هذه المعلومات في المرجع [1.15].

ويستند تعريف المتطلبات من التردد إلى نهجين – الاتساق والترشيد. ويكون تعريف مصطلحي "الاتساق" و"الترشيد" على النحو التالي:

الترشيد: استعمال التكنولوجيا المتاحة لتعزيز كفاءة ومرونة استعمال الترددات. ويعني ذلك تقييس المعدات والتقنيات المتقدمة لكفالة استعمال الترددات بأكبر قدر من الكفاءة في إطار اللوائح الإدارية عند نشر المعدات.

الاتساق: اتفاق عالمي أو إقليمي على الاستعمال المتسق للطيف في نطاقات محددة.

ولتقييم إمكانية تنسيق نطاقات التردد، يمكن تقسيم التطبيقات ENG عموماً إلى فئتين:

- تطبيقات فيديوية؛
- تطبيقات سمعية.

وفي غياب أي اتساق صالح للترددات بين بلد وآخر، يظهر قدر كبير ومتنوع من معدات ENG التي تنتجها الجهات المصنعة في مدى ما من النطاقات الترددية. ونتيجة لذلك، يجب أن يكون لدى المنظمات الإذاعية تجهيزات متنوعة في الكثير من نطاقات

التردد هذه لكي تنتقل من بلد لآخر. ويمكن التخفيف من ذلك باستعمال التكنولوجيا المتقدمة التي من شأنها تخفيض التكاليف التي تتحملها المنظمات الإذاعية وتحقيق وفورات الحجم لمصنّعي الأجهزة والحد من احتمالات التداخل.

وترى بعض الإدارات أن ترشيد استعمال الطيف، تبعاً لتطبيقات ENG المحددة، قد يكون الأكثر جدوى في تمكين جهات البث الإذاعي و/أو جهات تشغيل الخدمة ENG الأجنبية، حسب الاقتضاء، من معرفة الطيف المطلوب في بلد/منطقة محددة والنفاذ إليه. وتساعد هذه المعلومات هيئات البث و/أو مشغلي خدمة ENG على التماس ترخيص قبل الأحداث الجديدة المخطط لها مما يسمح لها بالنفاذ إلى الطيف عند الحاجة. وسوف تساعد هذه المعلومات أيضاً هيئات البث و/أو مشغلي ENG بالتماس الترخيص لتغطية أخبار الأحداث الطارئة. وسوف تكفل هذه التدابير تغطية الأحداث. وقد ركزت الدراسات على النطاقات المستخدمة أصلاً لتطبيقات ENG. وقد تكون أمداء التوليف المطوبة لتسهيل متطلبات ENG عبر الحدود من إدارة أخرى أقل بكثير من المتطلبات الوطنية للإدارة المضيفة.

ويمكن أن يوفر اتساق الطيف الكثير من الفوائد من قبيل تخفيض التكاليف التي تتحملها المنظمات الإذاعية وتحقيق وفورات الحجم لمصنّعي الأجهزة والحد من احتمالات التداخل. ولا يعني ذلك حرية النفاذ إلى الطيف ضمن فرادى الإدارات. إذ لا يتاح النفاذ إلى الطيف إلا من خلال السياسات والقواعد التنظيمية التي تضعها الإدارات. ويتعين أن تأخذ إمكانية هذا الاتساق في الاعتبار الاستعمال المتباين للطيف من جانب الكثير من البلدان المعنية واختلاف خصائص الخدمة ENG المعمول بها في الإدارات.

4.2.15 التكيف مع بيئة الاتصالات للأرض

تتميز بيئة الاتصالات للأرض لتجميع الأخبار والمساهمات إلكترونياً في المقام الأول بأثر الإشارات متعددة المسيرات، وتعمل بأخطاء تردد كبيرة تحدث جراء زحزحة دوبلر واستخدام هوائي إرسال منخفض التكلفة وشامل الاتجاهات، والتشغيل بنقاط قوة إشارة متفاوتة ونسبة إشارة إلى الضوضاء وضوضاء بيئية منخفضة جداً وعوامل أخرى. ونظراً لأن المعلومات السمعية البصرية حاسمة جداً للتسليم في هذه البيئة، يجب أن يوفر نظام الإرسال المستعمل أداء كافياً يقلل من أثر قناة الانتشار الراديوي. وبالنظر إلى أن أنظمة الإرسال الإذاعي للأرض الحالية قد توفر مثل هذا الأداء، فإن الخيار المفضل هو أن يحدث تجميع الأخبار والمساهمة إلكترونياً للأرض من خلال إعادة استخدام مراحل تجهيز أنظمة الإذاعة للأرض. ولهذا السبب وقع خيار العديد من مصممي أنظمة ENG الرقمية على تشكيل تعدد الإرسال المشفر بتقسيم تعامدي للتردد (COFDM).

وقد صممت أجهزة تعدد الإرسال COFDM للأرض وفقاً لمعايير المعهد ETSI: EN 300 744 (DVB-T) [12.15] و(DVB-T2) EN 302 755 [13.15]. وثمة المزيد من التفاصيل عن أداء النظامين DVB-T وDVB-T2 في القسم 4.9 من هذا الكتيب وفي المرجعين [12.15، 13.15]. ويوفر المعيار التقني الأوروبي للأرض لنظام DVB-T [12.15] سويات مختلفة من تشكيل الاتساع التربيعي QAM ومعدلات شفرة داخلية في عروض نطاق 6 أو 7 أو 8 MHz، وذلك لمفاضلة معدل البتات القابل للاستعمال (للمشفّر الفيديوي) مقابل متانة الوصلة. وبما أن وصلات الإذاعة الخارجية/تجميع الأخبار إلكترونياً (OB/ENG) موجودة في جانب الدخل أو المساهمة من نظام الإذاعة، يُفضّل أعلى معدّل بتات للتقليص إلى الحد الأدنى من آثار التشوه التسلسلي للدورات المتعددة من التشفير وفك التشفير الفيديوي عبر سلسلة الإذاعة. ولذلك يفضل استخدام خطة طيف قائمة على قنوات 8 MHz، توفر طائفة من معدلات البيانات القابلة للاستعمال تتراوح من 4,976 Mbit/s إلى 31,668 Mbit/s بانتقاء عرض النطاق وفاصل الحراسة والتصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) ونمط التشكيل. ويمكن اختيار التصحيح الأمامي للأخطاء ونمط التشكيل وعرض نطاق القناة لمفاضلة متانة الوصلة مقابل معدل البتات القابل للاستعمال. ويمكن الجمع بين القنوات المتجاورة 8/7/6 MHz في قناة أوسع لإنشاء وصلات معدل بتات أعلى قابلة للاستعمال لمسيرات الفيديو عالية الوضوح. إذ يمكن مثلاً، في حالة 8 MHz في قناة 24 MHz، إرسال معدلات بتات تصل إلى 95,51 Mbit/s، أو تحقيق معدلات تتجاوز 126,72 Mbit/s في قناة 32 MHz. وتتيسر على نطاق واسع أنظمة تشفير فيديوي عالي الوضوح باستعمال MPEG-2 وهي تنتج جودة فيديوية مرضية عند معدلات البتات هذه. ولكن من شأن تقنيات التشفير المتقدمة الجاري تطويرها أن تخفض معدلات البتات المطلوبة للوصلات عالية الوضوح.

ومعيار DVB-T2 مناسب أيضاً للاستخدام المهني، من قبيل الإرسال بين الكاميرات الراديوية والاستوديوهات المتنقلة. ولهذا الغرض، يتم تضمين خيار 10 MHz، ولا يتوقع أن تدعم مستقبلات المستهلك أسلوب 10 MHz.

ويقدم الجدولان 7.15 و8.15 متطلبات المستعمل ومثالاً للمعلمات التقنية للإرسال التلفزيوني HDTV/SDTV الرقمي الذي يستعمل أنظمة تجميع الأخبار إلكترونياً في الخدمتين الثابتة والمتنقلة [6.15]، [7.15]، [8.15]. ومن الممكن عملياً استخدام طائفة من معلمات التشغيل، ومع ذلك فإن هذه الأمثلة تعطي فكرة عن معلمات الأنظمة القائمة.

وبالنسبة للتشغيل الثابت والإرسال من الطائرات الهليكوبتر، تستخدم أنظمة QAM وحيدة الموجة الحاملة (ARIB STD-B11 [14.15]). وبالنسبة لأنظمة الإرسال المتنقلة والكاميرات اللاسلكية، تستخدم أنظمة OFDM (ARIB STD-B33 [15.15]). وينطوي كل نظام على مشفر أو مفكك شفرة انضغاط HDTVبحجم بطاقة بريدية. وترد في الجدول 9.15 معلمات النظام الخاصة بوصلات الموجات الصغرية الرقمية للتلفزيون HDTV/SDTV.

ويحدد المرجع [15.15] نظام إرسال رقمياً OFDM للأرض لوحدة الاستقبال الميداني (FPU)، وهو نوع من تجهيزات الإرسال اللاسلكي المحمولة لمساهمة برنامج التلفزيون في الإرسال الثابت والمتنقل. والغرض من هذا المعيار هو أن ينطبق فقط أثناء الفترة التي تستخدم فيها أنظمة FPU التماثلية والرقمية معاً. ولذلك، يمكن تحديد معيار آخر عندما يستخدم النظام الرقمي وحده في المستقبل. ويحدد المرجع [15.15] استعمال التشفير السلسالي بتشكيل OFDM-PSK أو OFDM-QAM مما يوفر أقصى معدل بتات للإرسال يصل إلى 105 Mbit/s (بأسلوب كامل بعرض نطاق 18 MHz).

الجدول 7.15

متطلبات المستعمل ومثال للمعلمات التقنية لإرسال الإشارات التلفزيونية الرقمية HDTV/SDTV في الخدمة الثابتة

البند		متطلبات المستعمل	مثال المعلمات التقنية
الانتظار		أقصر مهلة ممكنة	ms 500 >
عرض نطاق الإرسال		8 MHz و9 MHz و18 MHz و24 MHz	انظر التوصية ITU-R F.1777 [16.15]
قدرة الإرسال		dBW 7-1,76	
التردد		النطاقات 6-7 GHz و10 GHz و13 GHz	
الهوائي	هوائي الإرسال	مكافئي قطره 0,6 m	مسافة الإرسال: 6-7 GHz: 50-100 km (تبعاً للهامش المطلوب) 10 GHz: 7 km (مع هامش الهطول اللازم) 13 GHz: 5 km (مع هامش الهطول اللازم)
	هوائي الاستقبال	مكافئي قطره 0,6 m	
التشكيل		Multi-QAM (16, 32, 64)؛ QPSK-OFDM	انظر [16.15]
سعة الإرسال		قادرة على توفير جميع معلمات الإرسال المذكورة أعلاه	تصل إلى 66 Mbit/s (تبعاً لعرض النطاق والتشكيل، انظر [16.15])
الاعتمادية البيئية		اعتمادية النظام في جميع الظروف البيئية الممكنة (درجة حرارة أو رطوبة أو غيرها)	درجة الحرارة: من صفر إلى 50 C˚ (وحدات خارجية) من 5˚ إلى 45˚ (وحدات داخلية) الرطوبة النسبية: 95% دون تكثيف
سهولة التراصف		ينبغي أن يتضمن النظام وسيلة مدمجة لتوليد بعض إشارات الاختبار	مولد خط الألوان مع 16 وحدة تعريف
الحجم والوزن		حجم صغير ووزن خفيف للتشغيل السهل والسريع	
وسائط التسجيل		القدرة على التسجيل باستعمال جميع أنواع الوسائط المقبولة	شرائط تسجيل؛ أقراص DVD؛ أقراص Blu Ray وأقراص صلبة

الجدول 8.15

متطلبات المستعمل ومثال للمعلمات التقنية لإرسال الإشارات التلفزيونية الرقمية HDTV/SDTV في الخدمة المتنقلة

البند		متطلبات المستعمل	مثال المعلمات التقنية
الكمون		أقصر مهلة ممكنة	ms 500 >
عرض نطاق الإرسال		9 MHz و18 MHz و27 MHz و80 MHz	انظر التوصية ITU-R M.1824 [17.15]
الموجات UHF	قدرة الإرسال	7 dBW	مسافة الإرسال: 4 km
	التردد	النطاق 800 MHz	
	هوائي الإرسال	خطي مشترك	
	هوائي الاستقبال	أسلوب Yagi	
الموجات الصغرية	قدرة الإرسال	4 dBW و7 dBW	مسافة الإرسال: 4 km
	التردد	النطاقات 6-7 GHz و10 GHz و13 GHz	
	هوائي الإرسال	بوقي، مكافئي، مروحي	
	هوائي الاستقبال	مكافئي قطره 0,3 m	
في الجو	هوائي الإرسال	مكافئي قطره 0,2 m	مسافة الإرسال: 6-7 GHz: 50-65 km (تبعاً للهامش المطلوب) 10 GHz: 7 km (مع هامش الهطول اللازم) 13 GHz: 5 km (مع هامش الهطول اللازم)
	هوائي الاستقبال	مكافئي قطره 1,2 m	
التشكيل		Multi-QAM (16, 32, 64), QPSK-OFDM	انظر [17.15]
سعة الإرسال		قادرة على توفير جميع معلمات الإرسال المذكورة أعلاه	يصل إلى 60 Mbit/s (تبعاً لعرض النطاق والتشكيل، انظر [17.15])
اعتمادية البيئة		اعتمادية النظام في جميع الظروف البيئية الممكنة (درجة حرارة أو رطوبة أو غيرها)	درجة الحرارة: من صفر إلى 50 C˚ (وحدات خارجية) من 5˚ إلى 45˚ (وحدات داخلية) الرطوبة النسبية: 95% دون تكثيف
سهولة التراصف		ينبغي أن يتضمن النظام وسيلة مدمجة لتوليد بعض إشارات الاختبار من أجل تسهيل عملية التراصف	مولد خط الألوان مع 16 وحدة تعريف
الحجم والوزن		القدرة على التسجيل باستعمال جميع أنواع الوسائط المقبولة	

الجدول 9.15

معلمات النظام الرقمي للأرض HDTV/SDTV لتجميع الأخبار إلكترونياً

(ARIB STD-B11 وARIB STD-B33)

نطاق التردد	MHz 800	5 و6 و7 و10 و13 GHz			
معيار ARIB	STD-B33	STD-B33	STD-B33	STD-B11	
المباعدة بين القنوات	(SDTV) 9	(SDTV) 9	(HDTV) 18	(HDTV) 18	MHz
السعة (الحمولة النافعة)	حتى 16	حتى 30	حتى 60	حتى 66	Mbit/s
التشكيل	QPSK-OFDM 16-QAM-OFDM 32-QAM-OFDM	QPSK-OFDM 16-QAM-OFDM 32-QAM-OFDM 64-QAM-OFDM		QPSK 16-QAM 32-QAM 64-QAM	رقمي
كسب هوائي الإرسال النموذجي	10-5	35-29	35-29	35-29	dBi
خسارة تغذية الإرسال (دنيا)	1	1	1	1	dB
نمط هوائي الإرسال	خطي مشترك/Yagi	مكافئي	مكافئي	مكافئي	
قدرة الإرسال (قصوى)	7	4	7	1,76	dBW
EIRP (قصوى)	16-11	38-32	41-35	36-30	dBW
كسب هوائي الاستقبال النموذجي	15-10	35-29	35-29	35-29	dBi
نمط هوائي الاستقبال	خطي مشترك/Yagi	مكافئي	مكافئي	مكافئي	
خسارة تغذية الاستقبال (دنيا)	1	1	1	1	dB
عرض نطاق مستقبل التردد المتوسط	9	9	18	18	MHz
قيمة ضوضاء المستقبل	4	4	4	4	dB
ضوضاء حرارة المستقبل	130,5−	130,5−	127,4−	127,4−	dBW

ومنذ نشر المرجع [1.15]، حققت التكنولوجيا المستخدمة في الخدمات المساعدة في الإذاعة/البرامج (SAB/SAP) تقدماً تقنياً كبيراً. وقد أدى ذلك إلى استخدام تقنيات جديدة في الخدمات SAB/SAP:

- إدخال وصلات الفيديو الرقمية، لكل من الوصلات من نقطة إلى نقطة والوصلات المتنقلة؛
- إدخال الميكروفونات اللاسلكية الرقمية؛
- إمكانية الاستخدام في الشبكات العامة لمساهمات البرامج، مثل النظام الراديوي متعدد القنوات للأرض (TETRA) والنظام العالمي للاتصالات المتنقلة (GSM) ونظام الاتصالات المتنقلة العالمية (UMTS)، وغيرها.

وترد المعلمات التقنية وغيرها من المسائل المتعلقة بتطبيق الخدمات SAB/SAP في البيئة للأرض في التقرير ITU-R BT.2344-1 – معلومات عن المعلمات التقنية والخصائص التشغيلية وسيناريوهات النشر في خدمات SAB/SAP، كما تستخدم في الإذاعة [9.15]. وثمة معلومات إضافية موسعة للوصلات السمعية SAB/SAP في التقرير ITU-R BT.2338-0 – الخدمات المساعدة للبث الإذاعي/الخدمات المساعدة في استخدام الطيف في مجال إعداد البرامج في الإقليم 1 وما يترتب على ذلك من توزيع أولي مشترك للخدمة المتنقلة في نطاق التردد 694–790 MHz [10.15]. وترد معلومات عن الترددات وأمداء التوليف المستخدمة في مختلف إدارات قطاع الاتصالات الراديوية في المرجعين [1.15] و[11.15].

5.2.15 المساعدة الساتلية للمساهمات وإنتاج البرامج لتطبيقات تجميع الأخبار إلكترونياً (ENG)

يمكن، كجزء من نظام ENG، استخدام المرسلات المستجيبة الساتلية لتقديم إشارة جودة البث (ما يصل إلى جودة التلفزيون فائق الوضوح UHDTV) في البرامج التلفزيونية الإقليمية والوطنية والدولية من موقع الحدث. ويطلق على الإرسال في هذه الأنظمة تسمية تجميع الأخبار ساتلياً (SNG) ويتم تنظيمه عادة كنظام "من نقطة إلى نقطة" أو "من نقطة إلى عدة نقاط" (يتم التوصيل عادة بين الأستوديو وشاحنة الإذاعة الخارجية OB مع محطة ساتلية متنقلة للأرض) مع تسليم محتوى البث وإشارات التحكم/التنسيق.

وتَستعمل الإرسالات SNG الأنظمة الإذاعية (مثل النظام DVB-S [20.15]) ومعياراً محدداً لجمع الأخبار ساتلياً (من قبيل DVB-DSNG مثلاً [21.15]) أو تشكيلاً خاصاً لأنظمة البث (من قبيل النظام DVB-S2 مع التشكيل DSNG (S2) [22.15]). والاتجاه الحديث هو الانتقال إلى حلول إجمالية (عمومية) يمكن استخدامها لإرسال التطبيقات الإذاعية والمهنية والنفاذ إلى الإنترنت، وما إلى ذلك. ويتيح ذلك استحداث نظام إيكولوجي مشترك مع إمكانية التفاعل بين فرادى بدائل النظام (للتلفزيون التفاعلي مثلاً). ومع ذلك، فإن الحلين الآخرين (معايير البث من الجيل الأول DVB-S وISDB-S وغيرهما، وكذلك النظام المهني تجميع الأخبار ساتلياً) ما زالا يستخدمان على نطاق واسع.

وتفرض أنظمة تجميع الأخبار ساتلياً (SNG) متطلبات محددة، ومنها:

- الحاجة إلى إقامة وصلة "من نقطة إلى نقطة" أو "من نقطة إلى عدة نقاط" يمكن الاعتماد عليها في أي مكان وفي أي وقت لإرسال محتوى البرنامج التلفزيوني عادي أو عالي أو فائق الوضوح مع الصوت المقابل له؛
- الحاجة إلى تنظيم قنوات ثنائية الاتجاه لبيانات التنسيق والتحكم؛
- قابلية حمل المعدات وتنقلها مع الحد الأدنى من العاملين.

ويبين الجدول 10.15 مثالاً للخصائص التقنية لتجميع الأخبار الرقمي مع المعلمات الممكنة للإرسال وكذلك خصائص الإشارات التلفزيونية المرسلة.

الجدول 10.15

تحليل مقارن للأداء التقني لمعايير تجميع الأخبار ساتلياً

DVB-DSNG و(DVB-DSNG (S2 و(DVB-DSNG (S2X

المعلمة	تجميع الأخبار رقمياً		
	DVB-DSNG	(S2) DVB-DSNG	(S2X) DVB-DSNG
تشفير القناة وتشكيلها			
نسق تدفق الدخل	تدفق النقل	تدفق النقل، تدفق مغلف نوعي	
التشكيل	QPSK، 8PSK، 16QAM	QPSK، 8PSK، 16APSK، 32APSK	QPSK، 8PSK، 16APSK، 32APSK، 64APSK، 128APSK، 256APSK
تشفير القناة/أسلوب التشكيل	تشفير وتشكيل ثابتان	تشفير وتشكيل ثابتان، تشفير وتشكيل متغايران، تشفير وتشكيل متكيفان	
طول فدرة البيانات المعالجة	188 رزمة بايتات، بما فيها بايتة تزامن واحدة، ورأسية من 3 بايتات و184 بايتة من الحمولة النافعة	يتألف الرتل من حمولة نافعة بطول 800 64 أو 200 16 بتة ورأسية (80 bits)	
التشفير الخارجي	تشفير Reed-Solomon الخارجي RS (204، 188، 8)، الذي يتم الحصول عليه باختزال الشفرة الأم RS (225، 239، 8)	شفرة BCH القادرة على تصحيح 8 إلى 12 رمزاً خاطئاً	شفرة BCH
التشفير الداخلي	شفرة تلافيفية	اختبار التعادلية منخفض الكثافة (LDPC)	
معدل التشفير	1/2، 2/3، 3/4، 5/6، 7/8	معدل LDPC: 1/4، 1/3، 2/5، 1/2، 3/5، 2/3، 3/4، 4/5، 5/6، 8/9، 9/10	معدل LDPC: 1/4، 1/3، 2/5، 1/2، 3/5، 2/3، 3/4، 4/5، 5/6، 8/9، 9/10، 5/9، 7/9، 9/20، 13/45، 11/20، 23/36، 25/36، 13/18، 26/45، 28/45، 77/90، 8/15، 32/45، 11/15، 29/45، 31/45
تصحيح القناة	معادل	أدلة	
عرض نطاق القناة، MHz	72-1,5		
استعمال نطاق تردد المرسل المستجيب	مرسل مستجيب بتقسيم التردد (FDM) وتقسيم الزمن (TDM) في القنوات		
معدل خطأ البتات المطلوب عند خرج مزيل التشفير الداخلي	$BER \approx 2 \times 10^{-4}$	$BER \approx 1 \times 10^{-7}$	
معامل التلاشي	α = 0,25؛ α = 0,35	α = 0,2؛ α = 0,25؛ α = 0,35	α = 0,05، α = 0,15، α = 0,1
نسبة الإشارة إلى الضوضاء، dB	10,7..4,85	16,05..2,35−	19,57..2,85−
انضغاط الفيديو/الصوت (أمثلة مجموعة)			
سوية الاستبانة	SDTV	HDTV	
الاستبانة	720×576، 704×576، 640×576، 576×576، 544×576، 528×576، 352×576، 352×288، 320×288، 352×240، 320×240	1920×1080i/25، 1440×1080i/25، 1280×1080i/25، 960×1080i/25، 1280×720p/50، 960×720p/50، 720×640p/50	
تشكيل انضغاط MPEG	MPEG-2 MP @ ML؛ MPEG-4/AVC MP@L3	MPEG-2 422P @ ML MPEG-4 AVC HP@L4	
معدل بتات الفيديو، Mbit/s	15..1 (MPEG-2 MP @ ML) 10..1 (MPEG-4/AVC MP@L3)	1,5 ... 30 (50 ... 4:2:2) (MPEG-2 422P @ ML) 25..1 Mbit/s (MPEG-4 AVC HP@L4)	
اعتيان التلون	4:2:2	4:2:0/4:2:2	
أسلوب الصوت	أحادي/ستيريو		
عدد قنوات الصوت	حتى 8 قنوات		
انضغاط الصوت	MPEG-1 Layer II؛ Dolby Digital® (AC-3) 2.0؛ Dolby Digital® (AC-3) 1 – 5.1؛ MPEG-2 AAC-LC؛ MPEG-4 HE-AAC		
معدل بتات الصوت	256...64 kbit/s		

ثمة معلمات أخرى لتجميع الأخبار ساتلياً (SNG) في المراجع [20.15] و[21.15] و[22.15].

بيبليوغرافيا للفصل 15

[1.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2069، *نطاقات التوليف والخصائص التشغيلية لأنظمة تجميع الأخبار إلكترونياً للأرض والإذاعة التلفزيونية الخارجية (TVOB) والإنتاج الميداني الإلكتروني (EFP)*

[2.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1868، *متطلبات المستعمل لكودكات إرسال الإشارات التلفزيونية عبر شبكات المساهمة والتوزيع الأولي وجمع الأخبار بالساتل*

[3.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1548، *متطلبات المستعمل لأنظمة التشفير السمعي من أجل البث الرقمي*

[4.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1203، *متطلبات المستعمل الخاصة بالتشفير التنوعي بتنقيص معدل البتات لإشارات التلفزيون الرقمي في نظام تلفزيون من طرف إلى طرف*

[5.15] **قطاع تقييس الاتصالات**، التوصية ITU-T H.265، *تشفير فيديوي عالي الكفاءة (HEVC)*

[6.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1872، *متطلبات المستعمل بالنسبة إلى خدمة تجميع الأخبار إلكترونياً ورقمياً*

[7.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.800-2، *متطلبات المستعمل الخاصة بالإرسال عبر شبكات مساهمة وتوزيع أولي لإشارات التلفزيون الرقمي المطابقة للمعيار 4:2:2 المعرف في التوصية ITU-R BT.601 (الجزء A)*

[8.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1121-1، *متطلبات المستعمل الخاصة بالإرسال على شبكات مساهمة وتوزيع أولي لإشارات تلفزيون رقمي HDTV*

[9.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2344-1، *معلومات بشأن المعلمات التقنية والخصائص التشغيلية وسيناريوهات النشر للخدمات المساعدة للإذاعة/الخدمات المساعدة للإنتاج كما هي مستعملة في الإذاعة*

[10.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2338-0، *الخدمات المساعدة للإذاعة/الخدمات المساعدة للبرامج التي تستعمل الطيف في الإقليم 1 وآثار التوزيع على أساس أولي مشترك للخدمة المتنقلة في نطاق التردد 694-790 MHz*

[11.15] **ERC** Recommendation 25-10 – *Frequency ranges for the use of temporary terrestrial audio and video SAP/SAB links (incl. ENG/OB)*

[12.15] **ETSI** EN 300 744 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*

[13.15] **ETSI** EN 302 755 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure, channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*

[14.15] **ARIB** STD-B11 Version 2.1 – *Portable microwave digital transmission system for television programme contribution*

[15.15] **ARIB** STD-B33 Version 1.0 – *Portable OFDM digital transmission system for television programme contribution*

[16.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R F.1777، *خصائص الأنظمة للاستعمال في دراسات التقاسم بالنسبة للبث التلفزيوني خارج الأستوديو وتجميع الأخبار إلكترونياً والإنتاج الميداني الإلكتروني في الخدمة الثابتة*

[17.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R M.1824، *خصائص نظام البث التلفزيوني الخارجي وتجميع الأخبار إلكترونياً والإنتاج الميداني الإلكتروني في الخدمة المتنقلة لاستعمالها في دراسات التقاسم*

[18.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1380-1، *معايير أنظمة التشفير بتخفيض معدل البتات للتلفزيون عادي الوضوح (SDTV)*

[19.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1737، *استعمال طريقة تشفير المصدر الفيديوي بمقتضى التوصية IUT-T H.264 (فريق الخبراء المعني بالصورة المتحركة (MPEG-4)/تحكم أوتوماتي في حجم الصوت (AVC) في نقل مواد برامج التلفزيون عالي الاستبانة (HDTV)*

[20.15] **ETSI** EN 300 421 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services*

[21.15] **ETSI** EN 301 210 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for Digital Satellite News Gathering (DSNG) and other contribution applications by satellite*

[22.15] **ETSI** EN 302 307 – *Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2)*

[23.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التوصية ITU-R BT.1871، *متطلبات المستعمل المتعلقة بالميكروفونات اللاسلكية*

[24.15] **Alberico, Gino and Airola Gnota, Daniele** – RAI-Radiotelevisione Italiana, R&D Department – 4K vision. – DVB SCENE Edition No.33 March 2010.

[25.15] **قطاع الاتصالات الراديوية**، التقرير ITU-R BT.2246-5، *الحالة الراهنة للتلفزيون فائق الوضوح*

قائمة المختصرات

3DTV	تلفزيون ثلاثي الأبعاد *(Three Dimensional Television)*
3G	أنظمة متنقلة من الجيل الثالث *(Third Generation of Mobile systems)*
4G	أنظمة متنقلة من الجيل الرابع *(Fourth Generation of Mobile systems)*
A/V	سمعي بصري *(Audio Visual)*
ABNT	الرابطة البرازيلية للمعايير التقنية *(Associação Brasileira de Normas Técnicas)*
AC3	تشفير سمعي 3 *(Audio Coding 3)*
ACAP-X	منصة تطبيقات مشتركة متقدمة مؤلفة من لغة الوسم XHTML وقواعد الأسلوب والمخطوطات وما تنطوي عليه من رسوم بيانية وفيديو وصوت *(Advanced Common Application Platform composed of XHTML markup, style rules, scripts and embedded graphics, video and audio.)*
ACM	تشفير وتشكيل تكيفيان *(Adaptive Coding and Modulation)*
AFD	واصف نسق نشط *(Active Format Descriptor)*
AL-FEC	تصحيح أمامي للأخطاء في طبقة التطبيقات *(Application Layer Forward Error Correction)*
APSK	تشكيل إبراق بزحزحة الاتساع والطور *(Amplitude and phase-shift keying)*
ARIB	رابطة صناعات ودوائر الأعمال في مجال الاتصالات الراديوية (اليابان) *(Association of Radio Industries and Businesses (Japan))*
AS11-DPP	مواصفة التطبيق AS-11 – شراكة الإنتاج الرقمي (DPP) *(Application Specification AS-11 Digital Production Partnership (DPP))*
ASEAN	رابطة أمم جنوب شرق آسيا *(Association of Southeast Asian Nations)*
ASI	واجهة تسلسلية لا متزامنة *(Asynchronous Serial Interface)*
ASK	إبراق بزحزحة الاتساع *(Amplitude-shift keying)*
ASMG	الفريق العربي لإدارة الطيف *(Arab Spectrum Management Group)*
ASO	وقف البث التماثلي *(Analogue switch off)*
ATSC	لجنة الأنظمة التلفزيونية المتقدمة *(Advanced Television Systems Committee)*
ATSC-M/H	لجنة الأنظمة التلفزيونية المتقدمة المتنقلة/المحمولة باليد *(Advanced Television Systems Committee Mobile/Handheld)*
ATTC	مركز اختبار تلفزيون متقدم *(Advanced Television Test Center)*
ATU	اتحاد الاتصالات الإفريقي *(African Telecommunication Union)*
ATV	تلفزيون متقدم *(Advanced Television)*
AVC	تشفير فيديوي متقدم *(Advanced Video Coding)*
AVS	معيار سمعي فيديوي *(Audio Video Standard)*
AWGN	ضوضاء غوسية بيضاء مضافة *(Additive white Gaussian noise)*

BB	نطاق أساسي *(Baseband)*
BBC	هيئة الإذاعة البريطانية *(British Broadcasting Corporation)*
BCH	شفرات Bose و Chaudhuri و Hocquenghem *(Bose, Chaudhuri, and Hocquenghem codes)*
BER	معدل خطأ البتات *(Bit Error Rate)*
BLER	معدل خطأ الفدرات MPEG *(MPEG Block Error Ratio)*
BML	لغة وسم إذاعي *(Broadcast Mark-up Language)*
BPSK	إبراق اثنيني بزحزحة الطور *(Binary Phase Shift Keying)*
BR	مكتب الاتصالات الراديوية في الاتحاد *(ITU Radiocommunication Bureau)*
BRIFIC	النشرة الإعلامية الدولية للترددات الصادرة عن مكتب الاتصالات الراديوية *(International Frequency Information Circular of the Radiocommunication Bureau)*
BS	خدمة إذاعية *(Broadcasting Service)*
BSS	خدمة إذاعية ساتلية *(Broadcasting Satellite Service)*
BST-OFD	إرسال مجزأ في النطاق OFDM *(Band-segmented transmission OFDM)*
C/N	نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء *(Carrier to Noise Ratio)*
CA	نفاذ مشروط *(Conditional Access)*
CAM	نميطة نفاذ مشروط *(Control Access Module)*
CAS	نظام نفاذ مشروط *(Conditional Access System)*
CAT	جدول نفاذ مشروط *(Conditional Access Table)*
CBR	معدل بتات ثابت *(Constant bit-rate)*
CCM	تشفير وتشكيل ثابتان *(Constant Coding and Modulation)*
CEA	رابطة الإلكترونيات الاستهلاكية (أصبحت تسمى رابطة التكنولوجيا الاستهلاكية) *(Consumer Electronics Association (now renamed Consumer Technology Association (CTA))*
CENELEC	اللجنة الأوروبية للتقييس الكهرتقني *(European Committee for Electrotechnical Standardization)*
CEPT	المؤتمر الأوروبي لإدارات البريد والاتصالات *(European Conference of Posts and Telecommunications)*
CI	واجهة مشتركة *(Common Interface)*
CICAM	نمطية واجهة مشتركة للنفاذ المشروط *(Common Interface Conditional Access Module)*
CIR	استجابة نبضية للقناة *(Channel Impulse response)*
COFDM	تعدد إرسال مشفر بتقسيم تعامدي للتردد *(Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing)*
CPCM	حماية المحتوى وإدارة النسخ *(Content Protection and Copy Management)*
CRC	فحص إطناب دوري *(Cyclic Redundancy Check)*
CSA	خوارزمية تخليط مشتركة في الإذاعة DVB *(DVB Common Scrambling Algorithm)*

DASH	تدفق تكيّفي دينامي عبر بروتوكول نقل النصوص المترابطة *(Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)*
DBPSK	تشكيل ثنائي تفاضلي بزحزحة الطور *(Differential Binary Phase Shift Keying)*
DECT	اتصالات لاسلكية رقمية معزَّزة *(Digital Enhanced Cordless Telecommunications)*
DFL	طول حقل بيانات *(Data Field Length)*
DRM	إدارة الحقوق الرقمية *(Digital Rights Management)*
DSCQS	سلم الجودة المستمرة ثنائية الحافز *(Double stimulus continuous quality-scale)*
DSI	رسالة بدء تنزيل المخدّم *(DownloadServerInitiate message)*
DSIS	سلم الخلل ثنائي الحافز *(Double stimulus impairment scale)*
DSL	خط مشترك رقمي *(Digital Subscriber Line)*
DSM-CC	الأوامر والتحكم في وسائط التخزين الرقمي *(Digital storage media command and control)*
DSNG	تجميع الأخبار الرقمي ساتلياً *(Digital Satellite News Gathering)*
DTMB	إذاعة رقمية متعددة الوسائط للأرض *(Digital Terrestrial Multimedia Broadcast)*
DTMB-A	إذاعة رقمية متعددة الوسائط للأرض متقدمة *(Digital Terrestrial Multimedia Broadcast-Advanced)*
DTS	خاتم زمن لفك التشفير *(Decoding Time Stamp)*
DTS	النسق السمعي لشركة DTS (مكرسة للصوت) *(DTS is the audio format of the company DTS (Dedicated To Sound))*
DTTB	إذاعة تلفزيونية رقمية للأرض *(Digital Terrestrial Television Broadcasting)*
DTV	تلفزيون رقمي *(Digital Television)*
DVB	إذاعة فيديوية رقمية *(Digital Video Broadcasting)*
DVB-H	إذاعة فيديوية رقمية – محمولة باليد *(Digital Video Broadcasting – Handheld)*
DVB-RCT	إذاعة فيديوية رقمية – قناة العودة للأرض *(Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial)*
DVB-S	إذاعة فيديوية رقمية – ساتلية *(Digital Video Broadcasting – Satellite)*
DVB-S2	إذاعة فيديوية رقمية – ساتلية من الجيل الثاني *(Digital Video Broadcasting – Satellite second generation)*
DVB-SH	إذاعة فيديوية رقمية – خدمات ساتلية إلى الأجهزة المحمولة باليد *(Digital Video Broadcasting – Satellite services to Handhelds)*
DVB-T	إذاعة فيديوية رقمية – للأرض *(Digital Video Broadcasting-Terrestrial)*
DVB-T2	إذاعة فيديوية رقمية – للأرض من الجيل الثاني *(Digital Video Broadcasting-Terrestrial second generation)*
DVB-T2 Lite	إذاعة فيديوية رقمية للأرض من الجيل الثاني – الجانبية Lite *(Digital Video Broadcasting-Terrestrial second generation Lite Profile)*
DVD	قرص رقمي متعدد الاستعمالات أو قرص رقمي فيديوي *(Digital versatile disc or digital video disc)*

EACO	منظمة الاتصالات لشرق إفريقيا *(East African Communications Organization)*
EBU	اتحاد الإذاعات الأوروبية *(European Broadcasting Union)*
EC	المفوضية الأوروبية *(European Commission)*
ECOWAS	الجماعة الاقتصادية لدول غرب إفريقيا *(Economic Community Of West African States)*
EICTA	رابطة صناعات تكنولوجيا المعلومات والاتصالات الأوروبية، أصبحت أوروبا الرقمية *(European ICT Industry Association, became DIGITALEUROPE)*
eMBMS	خدمات إذاعة الوسائط المتعددة والإرسال المتعدد المعززة *(Evolved Multimedia Broadcast Multicast Service)*
ENG	تجميع الأخبار إلكترونياً *(Electronic News Gathering)*
EPG	دليل البرامج الإلكتروني *(Electronic Programme Guide)*
ERM	توافق كهرمغنطيسي *(Electromagnetic compatibility)*
ES	تدفق أولي *(Elementary stream)*
ESO	منظمة التقييس الأوروبية *(European Standardization Organization)*
ETSI	المعهد الأوروبي لتقييس الاتصالات *(European Telecommunication Standardization Institute)*
FCC	الهيئة الفيدرالية للاتصالات *(Federal Communications Commission)*
FDM	تعدد الإرسال بتقسيم التردد *(Frequency Division Multiplex)*
FDP	بروتوكول تسليم الملفات *(File Delivery Protocol)*
FEC	تصحيح أمامي للأخطاء *(Forward Error Correction)*
FEF	تمديد مستقبلي للأرتال *(Future Extension Frames)*
FFT	تحويل فورييه السريع *(Fast Fourier Transform)*
FLUTE	تسليم الملفات عبر نقل أحادي الاتجاه *(File Delivery Over Unidirectional Transport)*
FOBTV	مستقبَل التلفزيون الإذاعي *(Future of Broadcasting Television)*
FPU	وحدة جمع ميداني *(Field Pick-Up Unit)*
FR	مرجع كامل *(Full Reference)*
FS	خدمة ثابتة *(Fixed Service)*
FSS	خدمة ثابتة ساتلية *(Fixed Satellite Service)*
GE06	اتفاق جنيف الإقليمي 2006 *(Geneva Regional Agreement 2006)*
GEM	منصة محلية متعددة الوسائط يمكن تنفيذها عالمياً *(Globally Executable MHP)*
GI	فاصل حراسة *(Guard Interval)*
GS	تدفق نوعي *(Generic stream)*
GSE	تغليف تدفق نوعي *(Generic Stream Encapsulation)*
GSM	النظام العالمي للاتصالات المتنقلة *(Global System for Mobile communications)*

GSO	مدار مستقر بالنسبة إلى الأرض *(Geostationary orbit)*
HBB4ALL	إذاعة هجينة عريضة النطاق للجميع *(Hybrid Broadcast Broadband For ALL)*
HbbTV	تلفزيون إذاعة هجينة عريضة النطاق *(Hybrid Broadcast-Broadband Television)*
HDR	مدى دينامي أعلى *(Higher Dynamic Range)*
HD-SDI	واجهة رقمية تسلسلية عالية الوضوح *(High Definition Serial Digital Interface)*
HDTV	تلفزيون عالي الوضوح *(High Definition Television)*
HE-AAC	تشفير سمعي متقدم عالي الكفاءة *(High-Efficiency Advanced Audio Coding)*
HEVC	تشفير فيديوي عالي الكفاءة *(High Efficiency Video Coding)*
HFR	معدل أرتال أعلى *(Higher Frame Rate)*
Hi422P	جانبية 4:2:2 عالية *(High 4:2:2 Profile)*
Hi444P	جانبية 4:4:4 عالية *(High 4:4:4 Profile)*
HL	طبقة عالية *(High Layer)*
HP	جانبية عالية *(High Profile)*
HTML	لغة وسم النصوص الفائقة *(HyperText Markup Language)*
IBB	نظام متكامل للإذاعة والنطاق العريض *(Integrated Broadcast Broadband)*
ICIT	جدول معلومات التحكم في بروتوكول إدارة الملكية الفكرية وحمايتها *(IPMP Control Information Table)*
iDTV	تلفزيون رقمي متكامل *(integrated digital television)*
IEC	اللجنة الكهرتقنية الدولية *(International Electrotechnical Commission)*
IF	تردد وسيط *(Intermediate Frequency)*
IF-x	رقم الواجهة x في سلسلة إذاعية *(InterFace number x in the broadcasting chain)*
IHDN	شبكة رقمية منزلية *(In-Home Digital Network)*
IMSC1	الصيغة 1.0 من النصوص الجارية والوصفية في وسائط الإنترنت *(Internet Media Subtitles and Captions 1.0)*
IMT	الاتصالات المتنقلة الدولية *(International Mobile Telecommunication)*
INT	جدول تبليغ بروتوكول الإنترنت/التحكم في النفاذ إلى الوسائط *(IP/MAC Notification Table)*
IP	بروتوكول الإنترنت *(Internet protocol)*
IPMP	إدارة الملكية الفكرية وحمايتها *(Intellectual Property Management and Protection)*
IPTV	تلفزيون بروتوكول الإنترنت *(Internet protocol Television)*
IRD	مستقبل–مفكك تشفير متكامل *(Integrated Receiver-Decoder)*
ISDB-S	إذاعة رقمية متكاملة الخدمات – ساتلية *(Integrated Services Digital Broadcasting – Satellite)*
ISDB	إذاعة رقمية متكاملة الخدمات *(Integrated Services Digital Broadcasting)*

ISDB-T	إذاعة رقمية متكاملة الخدمات – للأرض *(Integrated S0ervices Digital Broadcasting – Terrestrial)*
ISDN	شبكة رقمية متكاملة الخدمات *(Integrated Services Digital Network)*
ISED	الابتكار والعلوم والتنمية الاقتصادية (كندا) *(Innovation, Science and Economic Development (Canada))*
ISO	المنظمة الدولية للتوحيد القياسي *(International Organization for Standardization)*
ITU	الاتحاد الدولي للاتصالات *(International Telecommunication Union)*
ITU-D	قطاع تنمية الاتصالات في الاتحاد *(International Telecommunication Union – Development Sector)*
ITU-R	قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد *(International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector)*
ITU-T	قطاع تقييس الاتصالات في الاتحاد *(International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector)*
LAN	شبكة منطقة محلية *(Local Area Network)*
LCD	شاشة عرض بلورات سائلة *(Liquid Crystal Display)*
LDPC	شفرة اختبار التعادلية منخفض الكثافة *(low-density parity-check code)*
LFE	آثار التردد المنخفض *(low frequency effects)*
LMDS	خدمة توزيع محلي متعددة النقاط *(Local Multipoint Distribution Service)*
LPDC	اختبار التعادلية منخفض الكثافة *(Low-Density Parity-Check)*
LSDI	صور رقمية في شاشة واسعة *(Large-Screen Digital Imagery)*
LTE	تطور طويل الأجل *(Long Term Evolution)*
M/H	متنقلة/محمولة باليد *(Mobile/Handheld)*
MAC	تحكم في النفاذ إلى الوسائط *(Media access control)*
MBLER	معدل الخطأ في الفدرات الكبرية MPEG *(MPEG Macroblock Error Ratio)*
MERCOSUR	السوق الجنوبية المشتركة *(Mercado Común del Sur)*
MFN	شبكة متعددة الترددات *(Multi-Frequency Network)*
MFU	وحدة جزء في الوسائط *(Media fragment unit)*
MHP	منصة منزلية لتعدد الوسائط *(Multimedia Home Platform)*
MIFR	السجل الأساسي الدولي للترددات *(Master International Frequency Register)*
MIMO	دخل متعدد، خرج متعدد *(Multiple-Input, Multiple-Output)*
MISO	دخل متعدد، خرج وحيد *(Multiple Input, Single Output)*
ML	طبقة رئيسية *(Main Layer)*
MMT	نقل وسائط MPEG *(MPEG Media Transport)*
MMTP	بروتوكول نقل وسائط MPEG *(MMT protocol)*

MP	جانبية رئيسية *(Main Profile)*
MPE	تغليف البروتوكولات المتعددة *(Multi-protocol encapsulation)*
MPEG	فريق خبراء الصور المتحركة *(Moving Pictures Expert Group)*
MPQM	قياس جودة الصور المتحركة *(Moving Pictures Quality Metric)*
MPU	وحدة معالجة الوسائط *(Media Processing Unit)*
MS	خدمة متنقلة *(Mobile Service)*
MSS	خدمة متنقلة ساتلية *(Mobile Satellite Service)*
MSS-ATC	خدمة متنقلة ساتلية – المكونة المساعدة للأرض *(MSS – Ancillary Terrestrial Component)*
MSTV	رابطة تلفزيون الخدمة القصوى *(Association for Maximum Service Television)*
MUFS	شدة المجال الدنيا القابلة للاستعمال *(Minimum Useable Field Strength)*
NAB	الرابطة الوطنية للهيئات الإذاعية (الولايات المتحدة) *((National Association of Broadcasters (USA))*
NEDDIF	منصة تنفيذ المكاسب الرقمية في الشمال الشرقي *(North East Digital Dividend Implementation Platform)*
NIT	جدول معلومات الشبكة *(Network Information Table)*
Nordig	منصة التلفزيون الرقمي لبلدان الشمال وإيرلندا *(Digital TV platform for the Nordic region and Ireland)*
NQM	قياس جودة الضوضاء *(Noise Quality Measure)*
NR	دون مرجع *(No reference)*
NRT	غير الوقت الفعلي *(Non Real-Time)*
NTIA	الإدارة الوطنية للاتصالات والمعلومات (الولايات المتحدة) *((National Telecommunications and Information Administration (USA))*
OB	إذاعة خارجية *(Outside Broadcast)*
OFDM	تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد *(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)*
OIPF	منتدى تلفزيون بروتوكول الإنترنت المفتوح *(Open IPTV Forum)*
OSI	التوصيل البيني للأنظمة المفتوحة *(Open Systems Interconnection)*
OTT	تدفق التلفزيون المتاح بحرية على الإنترنت *((Over the Top (TV streaming over the Internet))*
PAL	خط متناوب للطور (نظام التلفزيون التماثلي) *((Phase Alternating Line (Analogue TV system))*
PAT	جدول ترابط البرامج *(Programme Association Table)*
PCM	تشكيل شفرة نبضي *(Pulse-code modulation)*
PCR	مرجع ميقاتية البرنامج *(Program Clock Reference)*
PDH	تراتب رقمي متقارب التزامن *(Plesiochronous Digital Hierarchy)*
PES	تدفق أولي مرزوم *(Packetized elementary stream)*

PID	معرّف هوية الرزمة *(Packet identifier)*
PLC	اتصال عبر خطوط الكهرباء *(Power Line Communication)*
PLP	أنبوب الطبقة المادية *(Physical Layer Pipe)*
PMSE	إعداد البرامج والأحداث الخاصة *(Programme Making and Special Events)*
PMT	جدول تقابل البرامج *(Programme Map Table)*
PN	ضوضاء شبه عشوائية *(Pseudo-random Noise)*
PP	نمط دليلي *(Pilot Pattern)*
PS	تدفقات البرامج *(Programme streams)*
PSI	معلومات خاصة بالبرامج *(Programme-Specific Information)*
PSNR	نسبة ذروة الإشارة إلى الضوضاء *(Peak-Signal-to-Noise-Ratio)*
PSTN	شبكة هاتفية عمومية تبديلية *(Public switched telephone network)*
PTS	خاتم وقت العرض *(Presentation Time Stamp)*
PVR	مسجل فيديوي شخصي *(Personal Video Recorder)*
PxER	نسبة الخطأ في البيكسلات *(Pixel Error Ratio)*
QAM	تشكيل الاتساع التربيعي *(Quadrature Amplitude Modulation)*
QC	مراقبة الجودة *(Quality Control)*
QoS	جودة الخدمة *(Quality of Service)*
QPSK	إبراق تربيعي بزحزحة الطور *(Quadrature Phase Shift Keying)*
RAI	التلفزيون الإيطالي *(Radiotelevisione Italiana)*
RAVIS	نظام المعلومات السمعية البصرية في الوقت الفعلي *(Real-time Audio-Visual Information System)*
RF	تردد راديوي *(Radio Frequency)*
RF	مرجع مختصر *(Reduced reference)*
RN	شبكة مرجعية *(Reference Network)*
ROHC	انضغاط رأسية متين *(Robust Header Compression)*
ROO	قواعد العمليات *(Rules of operations)*
RPC	تشكيل تخطيط مرجعي *(Reference Planning Configuration)*
RRC	المؤتمر الإقليمي للاتصالات الراديوية *(Regional Radiocommunication Conference)*
RS	(شفرة) ريد–سولومون *((Reed Solomon (code))*
RTP	بروتوكول النقل في الوقت الفعلي *(Real-time Transport Protocol)*
Rx	مستقبِل *(Receiver)*
S/PDIF	نسق واجهة رقمية *Sony/Philips*

	(Sony/Philips Digital Interface Format)
SAB	خدمات مساعدة في الإذاعة *(Services Ancillary to Broadcasting)*
SADC	الجماعة الإنمائية للجنوب الإفريقي *(Southern African Development Community)*
SAP	خدمات مساعدة في البرامج *(Services Ancillary to Programme-making)*
SAT/IP	خدمة ساتلية بواسطة بروتوكول الإنترنت *(Satellite over IP)*
SBTVD	النظام البرازيلي للتلفزيون الرقمي *(Sistema Brasileiro de Televisão Digital)*
SCART	نقابة مصنعي أجهزة الراديو والتلفزيون – توصيل فيديوي *(Syndicat des Constructeurs d'Appareils Radiorécepteurs et Téléviseurs – Video Connector)*
SDH ATM	تراتب رقمي متزامن – أسلوب نقل لا متزامن *(Synchronous Digital Hierarchy – Asynchronous Transfer Mode)*
SDR	جهاز راديو معرّف بالبرمجية *(Software Defined Radio)*
SDSCQE	طريقة التحفيز الثنائي المتآون من أجل التقييم المتواصل *(Simultaneous double stimulus for continuous evaluation method)*
SDT	جدول وصف الخدمات *(Service Description Table)*
SDTV	تلفزيون عادي الوضوح *(Standard Definition Television)*
SECAM	تتابع لوني مع ذاكرة (نظام التلفزيون التماثلي) *((Séquentiel Couleur à Mémoire (Analogue TV system)*
SEDDIF	منصة تنفيذ المكاسب الرقمية في الجنوب الشرقي *(South East Digital Dividend Implementation Platform)*
SES	محطات وأنظمة ساتلية للأرض *(Satellite Earth Stations and Systems)*
SFN	شبكة وحيدة التردد *(Single Frequency Network)*
SI	معلومات خدمة *(Service Information)*
SIMO	دخل وحيد، خرج متعدد *(Single-Input, Multiple-Output)*
SLER	نسبة الخطأ في شريحة MPEG *(MPEG Slice Error Ratio)*
SNG	تجميع الأخبار ساتلياً *(Satellite News Gathering)*
SRD	أجهزة قصيرة المدى *(Short Range Devices)*
SRM	رسالة قابلية تجديد النظام *(System Renewability Message)*
SS	حافز وحيد *(Single-stimulus)*
SSCQE	تقييم جودة متواصل بالتحفيز المفرد *(Single stimulus continuous quality evaluation)*
SSD	محرك حالة صلبة/قرص حالة صلبة *(Solid State Drive/Solid State Disc)*
SSIM	مؤشر التشابه البنيوي *(Structural Similarity Index)*
STB	جهاز فك التشفير *(Set-Top Box)*
STD	معيار *(Standard)*
SVC	تشفير فيديوي توسعي *(Scalable Video Coding)*

TDM	تعدد إرسال بتقسيم الزمن *(Time Division Multiplex)*
T-DMB	إذاعة رقمية متعددة الوسائط – للأرض *(Terrestrial – Digital Multimedia Broadcasting)*
TDS-OFDM	تعدد إرسال بتقسيم تعامدي للتردد متوائم في مجال الزمن *(Time-Domain Synchronous OFDM)*
TER	نسبة خطأ التوقيت *(Timing Error Ratio)*
TETRA	نظام راديوي متعدد القنوات للأرض *(Terrestrial Trunked Radio)*
TFS	تقطيع الزمن–التردد *(Time-Frequency Slicing)*
THD	تشوه توافقي كلي *(Total Harmonic Distortion)*
TIES	خدمة تبادل معلومات الاتصالات (في الاتحاد) *(Telecommunication Information Exchange Service (ITU))*
TLV	قيمة طول النمط *(Type-length value)*
TMCC	التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال *(Transmission and Multiplexing Configuration Control)*
TS	تدفق النقل *(Transport stream)*
TSDT	جدول وصف تدفق النقل *(Transport Stream Description Table)*
TTML	لغة وسم النصوص الموقوتة *(Timed Text Markup Language)*
Tx	مرسِل *(Transmitter)*
UHDTV	تلفزيون فائق الوضوح *(Ultra-High Definition Television)*
UHF	تردد موجات ديسيمترية *(Ultra-High Frequency)*
ULE	تغليف خفيف وحيد الاتجاه *(Unidirectional lightweight encapsulation)*
UMTS	نظام الاتصالات المتنقلة العالمية *(Universal Mobile Telecommunication System)*
UNCRPD	اتفاقية الأمم المتحدة لحقوق الأشخاص ذوي الإعاقة *(United Nations Convention on the Rights of Persons with Disabilities)*
UP	رزم المستعمل *(User packets)*
UPL	طول رزم المستعمل *(User packet length)*
UPnP	التوصيل والتشغيل الموحد *(Universal Plug and Play)*
URI	معلومات قواعد الاستعمال *(Usage Rules Information)*
U-U	من مستعمل لآخر *(User-User)*
UWB	نطاق عريض جداً *(Ultra Wide Band)*
VBR	معدل بتات متغاير *(Variable bit-rate)*
VCM	تشفير وتشكيل متغايران *(Variable Coding and Modulation)*
VCR	مسجل كاسيت فيديوي *(Video Cassette Recorder)*
VFDR	نسبة فك تشفير الصورة الفيديوية *(Video Frame Decoding Ratio)*
VFLR	نسبة خسارة الصورة الفيديوية *(Video Frame Loss Ratio)*

VHF	تردد موجات مترية *(Very High Frequency)*
VQEG	فريق خبراء جودة الفيديو *(Video Quality Experts Group)*
VQM	قياس الجودة الفيديوية *(Video Quality Metric)*
VSAT	مطراف ذو فتحة صغيرة جداً *(Very Small Aperture Terminal)*
VSB	نطاق جانبي متبق *(Vestigial Side Band)*
W3C	اتحاد شبكة الويب العالمية *(World Wide Web Consortium)*
WEDDIP	منصة تنفيذ المكاسب الرقمية في أوروبا الغربية *(Western European Digital Dividend Implementation Platform)*
WLAN	شبكة منطقة محلية لاسلكية *(Wireless Local Area Network)*
WRC	المؤتمر العالمي للاتصالات الراديوية *(World Radiocommunication Conference)*
WSD	أجهزة النطاقات الخالية *(White Space Devices)*
WSS	التشوير على شاشة عريضة *(Wide Screen Signalling)*
XML	لغة الوسم الموسّعة *(EXtensible Markup Language)*
YPbPr	فيديو مشفر من حيث النصوع (Y) وتمايز الألوان (Y ناقص أحمر، Y ناقص أزرق) *(Luminance (Y) and differential colour coded video (Y minus Red, Y minus Blue))*

الاتحاد الدولي للاتصالات
Place des Nations
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
www.itu.int

ISBN 978-92-61-23486-7 SAP id 41305

طبع في سويسرا
جنيف، 2017
إصدار الصور: Shutterstock