

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية **ITU-R BS.1114-7**
(2011/12)

أنظمة الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض الموجهة
إلى مستقبلات ثابتة ومحمولة ومركبة على متن
مركبات، في مدى التردد **3 000-30 MHz**

السلسلة **BS**

الخدمة الإذاعية (الصوتية)

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد مدى الترددات، تكون أساساً لإعداد التوصيات واعتمادها. ويؤدي قطاع الاتصالات الراديوية وظائفه التنظيمية والسياساتية من خلال المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

سياسة قطاع الاتصالات الراديوية بشأن حقوق الملكية الفكرية (IPR)

يرد وصف للسياسة التي يتبعها قطاع الاتصالات الراديوية فيما يتعلق بحقوق الملكية الفكرية في سياسة البراءات المشتركة بين قطاع تقييس الاتصالات وقطاع الاتصالات الراديوية والمنظمة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهروتقنية الدولية (ITU-T/ITU-R/ISO/IEC) والمشار إليها في الملحق 1 بالقرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en> حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

(يمكن الاطلاع عليها أيضاً في الموقع الإلكتروني <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

العنوان	السلسلة
البث الساتلي	BO
التسجيل من أجل الإنتاج والأرشفة والعرض؛ الأفلام التلفزيونية	BR
الخدمة الإذاعية (الصوتية)	BS
الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)	BT
الخدمة الثابتة	F
الخدمة المتنقلة وخدمة التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة	M
انتشار الموجات الراديوية	P
علم الفلك الراديوي	RA
أنظمة الاستشعار عن بعد	RS
الخدمة الثابتة الساتلية	S
التطبيقات الفضائية والأرصاد الجوية	SA
تقاسم الترددات والتنسيق بين أنظمة الخدمة الثابتة الساتلية والخدمة الثابتة	SF
إدارة الطيف	SM
التجميع الساتلي للأخبار	SNG
إرسالات الترددات المعيارية وإشارات التوقيت	TF
المفردات والمواضيع ذات الصلة	V

ملاحظة: تمت الموافقة على النسخة الإنكليزية لهذه التوصية الصادرة عن قطاع الاتصالات الراديوية بموجب الإجراء الموضح في القرار ITU-R 1.

النشر الإلكتروني

جنيف، 2012

© ITU 2012

جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU-R BS.1114-7

أنظمة الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض الموجهة إلى مستقبلات

ثابتة ومحمولة ومركبة على متن مركبات، في مدى

التردد 3 000-30 MHz

(المسألة 56/6 ITU-R)

(1994-1995-2001-2002-2003-2004-2007-2011)

مجال التطبيق

تورد هذه التوصية وصفاً للعديد من أنظمة الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض الموجهة إلى مستقبلات ثابتة ومحمولة ومركبة على متن مركبات في مدى التردد 3 000-30 MHz، ووصفاً للملامح الرئيسية لكل واحد من هذه الأنظمة، كتشفير المصدر والقنوات والتشكيل وهيكل معمارية الإرسال وسويات العتبة، من أجل تقديم خدمة عالية الجودة.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن الإذاعة الصوتية الرقمية (DSB) للأرض الموجهة إلى مستقبلات مركبة على متن المركبات ومستقبلات محمولة وثابتة المشغلة في مدى التردد 3 000-30 MHz والتي تؤمن تغطية وطنية وإقليمية ومحلية، تحظى باهتمام متزايد في العالم بأسره؛

ب) أن قطاع الاتصالات الراديوية قد اعتمد التوصيتين ITU-R BS.774 و ITU-R BO.789 لبيان المتطلبات اللازمة لأنظمة الإذاعة الصوتية الرقمية الموجهة إلى مستقبلات مركبة على متن مركبات ومحمولة وثابتة للإرسال الأرضي والساتلي على التوالي؛

ج) أن التوصيتين ITU-R BS.774 و ITU-R BO.789 تعترفان بالمزايا المتعلقة باستعمال مقترن لأنظمة الأرض والأنظمة الساتلية وتدعوان إلى اعتماد نظام إذاعة صوتية رقمية يسمح باستعمال مستقبل مشترك مجهز بدارات دمج على مستوى عال (VLSI) للمعالجة المشتركة وتصميم مستقبلات قليلة الكلفة عن طريق الإنتاج الواسع؛

د) أن النظام الرقمي A الموصوف في الملحق 2 يفني بالمتطلبات التي تنص عليها التوصيتان ITU-R BS.774 و ITU-R BO.789، وأنه قد تم اختبار النظام ميدانياً وعرضه في عدة بلدان وفي نطاقات ترددات مختلفة تقع بين 200 MHz و 1 500 MHz؛

هـ) أن النظام الرقمي F الوارد وصفه في الملحق 3 يفني بمتطلبات التوصية ITU-R BS.774، وأنه قد تم اختباره ميدانياً وعرضه في النطاقين 188-192 MHz و 535-2 655 MHz في أكثر من بلد؛

و) أن النظام الرقمي C الوارد وصفه في الملحق 4 يفني بمتطلبات التوصية ITU-R BS.774 وأنه قد تم اختباره ميدانياً وتجربته في النطاق 88-108 MHz؛

ز) أن النظام الرقمي G الوارد وصفه في الملحق 5 يفني بمتطلبات التوصية ITU-R BS.774 وأن النظام بالأسلوب E قد تكفل بالنجاح اختباراً ميدانياً وتجربته في الموجات المترية، النطاق I (47-68 MHz) والموجات المترية، النطاق II (5,87-108 MHz) والموجات المترية، النطاق III (174-230 MHz)؛

ح) أنه أثناء المؤتمر العالمي السابع لاتحادات الإذاعة (المنعقد في المكسيك من 27 إلى 30 أبريل 1992)، قررت اتحادات الإذاعة العالمية بالإجماع:

1" أنه ينبغي بذل قصارى الجهود لوضع معيار دولي فريد من نوعه من أجل الإذاعة DAB و

2) حت الإدارات على اعتبار المزايا لصالح المستهلك فيما يتعلق بالتشفير باستعمال مصدر وقناة مشتركين وتنفيذ الإذاعة الصوتية الرقمية على الصعيد العالمي عند التردد 1,5 GHz؛"

- ط) أن تدفق النقل MPEG-2 (MPEG-2 TS) مستخدم على نطاق واسع باعتباره حاوية للمعلومات المشفرة رقمياً؛
- ي) أن عملية التقييس في أوروبا أدت إلى اعتماد نظام رقمي A (Eureka 147) كمعيار ETS 300 401 الصادر عن الاتحاد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI) للخدمة الإذاعية الصوتية الساتلية والخدمة الإذاعية الصوتية الموجهة إلى مستقبلات مركبة على متن مركبات ومحمولة وثابتة؛
- ك) أن عملية التقييس التي أجريت في اليابان أدت إلى اعتماد نظام رقمي F للإذاعة الرقمية للأرض متكاملة الخدمات في الإذاعة الصوتية (ISDB-T_{SB}) لنظام الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض الموجهة إلى مستقبلات ثابتة ومحمولة ومركبة على متن مركبات؛
- ل) أن تقنيات الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات (ISDB) قابلة للاستخدام في تنفيذ خدمات تستفيد من كامل مزايا الإذاعة الرقمية وأن التوصية ITU-R BT.1306 تضم نظام الإذاعة الرقمية للأرض متكاملة الخدمات (ISDB-T) للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض؛
- م) أنه اضطلع في الولايات المتحدة الأمريكية بعملية تقييس أدت إلى اعتماد النظام الرقمي C (النظام IBOC) بوصفه نظام NRSC-5 للإذاعة الصوتية الرقمية للأرض الموجهة إلى مستقبلات ثابتة ومحمولة ومركبة على متن مركبات؛
- ن) أنه اضطلع في أوروبا بعملية تقييس أدت إلى اعتماد النظام الرقمي G (النظام DRM) بوصفه المعيار ES 201 980 3.1.1 الصادر عن المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI) ليكون نظام الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض الموجهة إلى مستقبلات ثابتة ومحمولة ومركبة على متن مركبات؛

وإذ تلاحظ

- أ) أن ملخصاً للأنظمة الرقمية يرد في الملحق 1؛
- ب) أن الأوصاف المكثفة للأنظمة الرقمية A و C و F و G ترد في الملحقات 2 و 3 و 4 و 5، على التوالي؛
- ج) أن الوصف الكامل للأنظمة الرقمية A و F و C ترد في كتيب الإذاعة الصوتية الرقمية،

توصي

- 1 بأنه ينبغي استعمال الأنظمة الرقمية A و/أو F و/أو C و/أو G الوارد وصفها في الملحقات 2 و 3 و 4 و 5، على التوالي الخاصة بالخدمات الإذاعية الصوتية الرقمية للأرض الموجهة إلى مستقبلات مركبة على متن مركبات ومحمولة أو ثابتة والتي تعمل في مدى التردد 30-3 000 MHz؛
- 2 بأنه ينبغي على الإدارات التي ترغب في تنفيذ خدمات الإذاعة الصوتية الرقمية (DSB) للأرض التي تفي كلياً أو جزئياً بالمتطلبات التي تنص عليها التوصية ITU-R BS.774 أن تستخدم الجدول 1 لتقييم مزايا الأنظمة الرقمية A و F و C و G في انتقاء النظام.

تدعو الدول الأعضاء في الاتحاد والجهات المصنعة للمستقبلات الراديوية إلى دراسة

- 1 إمكانية تطوير مستقبلات راديوية مجدية من الناحية الاقتصادية ومحمولة ومتعددة النطاقات والمعايير معدة لغرض أن تعمل، من خلال اختيار يدوي أو يُفضّل أن يكون تلقائياً، مع جميع ما هو مُستعمل حالياً من أنظمة إذاعية رقمية على اختلاف أنواعها في نطاقات التردد ذات الصلة كافة؛
- 2 إمكانية تطوير مستقبلات راديوية رقمية تسمح باستحلاب تحديثات لبعض وظائفها المحددة، من قبيل قدرات فك التشفير والملاحة والإدارة، وما إلى ذلك.

الجدول 1

تقييم أداء الأنظمة الرقمية A و F و C و G استناداً إلى الخصائص التقنية والتشغيلية

الموصى بها والواردة في التوصية ITU-R BS.774

النظام الرقمي G	النظام الرقمي C	النظام الرقمي F	النظام الرقمي A	الخصائص التي تنص عليها التوصية ITU-R BS.774 (بإيجاز)
<p>يتراوح مدى معدل بتات المحتوى المفيد بين 37 و 186 kbit/s بالنسبة إلى كامل مجموعة تعدد الإرسال التي تقدم أربع خدمات كحد أقصى في جميع الأساليب. وتحقق نوعية القرص المتراص بفضل استخدام مفكك التشفير الصوتي MPEG-4 HE-AAC v2، القادر أيضا على فك تشفير الصوت المتعدد القنوات 5.1. والنظام معدّ لغرض الاستقبال الثابت والحمول والمركب على متن مركبات⁽³⁾</p>	<p>مدى من 36 kbit/s إلى 96 kbit/s باستعمال مفكك تشفير HD Codec⁽¹⁾. النظام مخصص للاستقبال الثابت والحمول والمركب على متن مركبة⁽²⁾.</p>	<p>من نوعية المهاتفة إلى نوعية القرص المتراص. وهو قادر أيضا على العمل في مدى سمعي متعدد القنوات 5.1. باستعمال مفكك تشفير سمعي متطور (AAC) للأسلوب MPEG-2 يعمل عادة بمعدل 144 kbit/s للصوت المجسم. النظام مخصص للاستقبال الثابت والحمول والمركب على متن مركبة</p>	<p>من 8 إلى 384 kbit/s للقناة السمعية بزيادة 8 kbit/s للمرة الواحدة. وتستخدم المستقبلات مفكك تشفير سمعي بالطبقة II للأسلوب MPEG-2 يعمل عادة بالمعدل 192 kbit/s. النظام مخصص للاستقبال الثابت والحمول والمركب على متن مركبة</p>	<p>مدى النوعية السمعية وأنواع الاستقبال</p>
<p>نوعية معطيات صوت مجسم FM تتحقق ضمن عرض نطاق قدره 100 kHz؛ وتكون متطلبات حماية القناة المشتركة والقناة المجاورة أقل بكثير من متطلبات التشكيل FM. ويمكن إدخال مزيد من التحسينات على كفاءة استعمال الطيف بفضل تشغيل العديد من المرسلات على التردد نفسه (أي مرسلات الشبكات وحيدة التردد (SFN)). وتكون الفعالية عالية للغاية في حالة المكررات التي تعيد استعمال ذات التردد. وتزداد هذه الفعالية عند استعمال تشكيل موجة حاملة لتشكيل الاتساع التريبيعي 16-QAM إلى جانب التشكيل 4-QAM بتعدد إرسال متعامد بتقسيم التردد (OFDM) بقدرة متسلسلة وتشفير تلافيفي لتصحيح الأخطاء</p>	<p>نوعية معطيات صوت مجسم FM تتحقق دون طيف إضافي؛ متطلبات حماية القناة المشتركة والقناة المجاورة أقل بكثير من متطلبات التشكيل FM. ويشذ النظام لتخفيف مشاكل أول قناة مجاورة وهو أكثر مقاومة عند وجود تداخل رقمي تماثلي في نفس القناة.</p>	<p>نوعية صوت مجسم FM تتحقق في عرض نطاق يقل عن 200 kHz؛ متطلبات حماية القناة المشتركة والقناة المجاورة أقل من تلك التي يتطلبها التشكيل FM. الفعالية عالية للغاية في حالة المكررات التي تعيد استعمال نفس التردد. وتزداد الفعالية عند استعمال تشكيل موجة حاملة لتشكيل الاتساع التريبيعي 16/64 (QAM). (تعدد إرسال متعامد بتقسيم التردد (OFDM) مع قدرة متسلسلة وتشفير تلافيفي لتصحيح الأخطاء)</p>	<p>نوعية صوت مجسم FM تتحقق في عرض نطاق يقل عن 200 kHz؛ متطلبات حماية القناة المشتركة والقناة المجاورة أقل من تلك التي يتطلبها التشكيل FM. الفعالية عالية للغاية في حالة المكررات التي تعيد استعمال نفس التردد. (التشكيل المتعامد متعدد الموجات الحاملة مع تشفير تلافيفي لتصحيح الأخطاء، تعدد إرسال متعامد مشفر بتقسيم التردد (COFDM))</p>	<p>فعالية طيف أفضل من التشكيل بالتردد (FM)</p>

الجدول 1 (تابع)

النظام الرقمي G	النظام الرقمي C	النظام الرقمي F	النظام الرقمي A	الخصائص التي تنص عليها التوصية ITU-R BS.774 (بإيجاز)
<p>نظام مصمم خصيصاً لبيئة متعددة المسارات، وهو يعمل على أساس تجميع قدرات الصدى الناتج في فاصل زمني معين. وتتيح هذه الخاصية استعمال مكررات في القناة لتغطية مناطق محجوبة بالتضاريس الأرضية</p>	<p>نظام مصمم خصيصاً للتشغيل متعدد المسارات. وهو تشكيل OFDM يتيح تحقيق درجة عالية من الأداء في المسارات المتعددة. وتتيح هذه الخاصية استعمال مكررات في القناة لتغطية مناطق محجوبة بالتضاريس الأرضية</p>	<p>نظام مصمم خصيصاً لبيئة متعددة المسارات وهو يعمل على أساس تجميع قدرات الصدى الناتج في فاصل زمني معين. وتتيح هذه الخاصية استعمال مكررات في القناة لتغطية مناطق محجوبة بالتضاريس الأرضية</p>	<p>نظام مصمم خصيصاً للتشغيل في مسارات متعددة. وهو يعمل على أساس تجميع قدرات الصدى الناتج في فاصل زمني معين. وتتيح هذه الخاصية استعمال مكررات في القناة لتغطية مناطق محجوبة بالتضاريس الأرضية</p>	<p>أداء في بيئة مسارات متعددة وبيئة حجب</p>
<p>لا يوجد. للأرض فقط</p>	<p>لا يوجد. للأرض فقط</p>	<p>لا يوجد. للأرض فقط</p>	<p>لا يوجد. للأرض فقط</p>	<p>معالجة إشارات مستقبل مشترك للإذاعة الساتلية (S) والإذاعة الأرضية (T)</p>
<p>بمقدور تعدد إرسال الخدمة أن يدعم تدفقات يصل عددها إلى أربعة تدفقات تتراوح قدرتها تبعاً لاحتياجات الإذاعة، وتكون قابلة لإعادة التشكيل الدينامي بالكامل. ويجوز أن ينقل كل تدفق منها محتوى سمعي أو محتوى بيانات يتسنى للإذاعة أن تشكل أحجام رزمه رفعا لمستوى الكفاءة إلى أقصى حد. ويعيد المستقبل التشكيل دينامياً من أجل تسوية أسلوب إرسال التشغيل</p>	<p>يمكن إعادة توزيع البتات دينامياً على الخدمة السمعية أو خدمة المعطيات باستعمال وظائف النقل HDC بناء على طلب الإذاعة في مدى يقدر بين 36 و 96 kbit/s لأغراض الخدمة السمعية من أجل زيادة معدل المعطيات أو خفضه. ويعيد المستقبل التشكيل دينامياً من أجل تسوية أسلوب إرسال التشغيل</p>	<p>يقوم تعدد إرسال معطيات الحمولة على الأسلوب MPEG-2. ويمكن انتقاء معدل المعطيات السمعية في أي مرحلة من أجل تسوية النوعية السمعية للبرنامج مقابل عدد الخدمات. ويمكن إعادة تشكيل معلمات الإرسال مثل تصحيح التشكيل والأخطاء تشكيلاً دينامياً من خلال إرسال وتعدد إرسال التحكم في التشكيل (TMCC)</p>	<p>يقوم تعدد إرسال الخدمة على 64 قناة فرعية بسعة تتراوح بين 8 kbit/s و 1 Mbit/s تقريباً تبعاً لسوية الحماية من الخطأ، ومن الممكن إعادة تشكيله بالكامل بأسلوب دينامي. وكل قناة فرعية قادرة أيضاً على احتواء عدد غير محدود من قنوات رزم المعطيات متغيرة السعة</p>	<p>التشكيل والنوعية مقابل عدد برامج التسوية</p>

الجدول 1 (تابع)

النظام الرقمي G	النظام الرقمي C	النظام الرقمي F	النظام الرقمي A	الخصائص التي تنص عليها التوصية ITU-R BS.774 (بإيجاز)
يتوفر نوعان اثنان من التشكيل (4-QAM و16-QAM) وسويات حماية مختلفة (سويتان اثنان للقناة SDC وأربع سويات للقناة MSC). ويمكن تشكيل كل تدفق دينامياً. ويقع مدى التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) بين 1/4 و5/8	يحافظ النظام على تغطية منتظمة لجميع البرامج. وقد تحظى الموجات الحاملة الثانوية بمدى منخفض بوجود تداخل ناجم عن القناة المجاورة. (تشكيل الموجة الحاملة: QPSK)	تتوفر أربعة أنواع تشكيل وخمس سويات حماية. (تشكيل الموجة الحاملة: معدلات تشفير التشكيل بزحزحة طور رباعي تفاضلي (DQPSK) و QPSK و16-QAM و64-QAM، بمعدل تشفير: 1/2 و2/3 و3/4 و5/6 و7/8)	تتوفر خمس سويات لحماية الخدمة السمعية وتماني سويات لحماية خدمات المعطيات من خلال استعمال التشفير التلافيفي المتقطع في كل قناة من القنوات الفرعية الأربع والستين (ويقع مدى التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) بين 1/4 و3/4)	توسع التغطية مقابل عدد برامج التسوية
يتيح خدمات الأرض المحلية والوطنية ودون الوطنية في التشكيل نفسه وباستعمال مرسل واحد أو مرسلات متعددة تعمل في شبكة وحيدة التردد للاستفادة من ميزة المستقبل المشترك.	نظام يستعمل هوائي مشترك ومدخل قوائم مع خدمات الإذاعة التماثلية FM القائمة. ويوفر الخدمة المحلية وكذلك خدمات الأرض الوطنية ودون الوطنية باستخدام مرسل واحد أو مرسلات متعددة تعمل في شبكة وحيدة التردد في حالة الجزء الرقمي من الأسلوب المختلط أو من الأسلوب الرقمي. ويتيح بث برمجة التشكيل FM التي تجعل الانتقال من الرقمي إلى التماثلي والعكس شفافاً. ويتيح بث البرامج المتطابقة في آن معاً بأسلوب تماثلي ورقمي	يتيح خدمات الأرض المحلية والوطنية ودون الوطنية في التشكيل نفسه وباستعمال مرسل واحد أو مرسلات متعددة تعمل في شبكة وحيدة التردد للاستفادة من ميزة المستقبل المشترك	يتيح خدمات الأرض المحلية والوطنية ودون الوطنية في التشكيل نفسه وباستعمال مرسل واحد أو مرسلات متعددة تعمل في شبكة وحيدة التردد للاستفادة من ميزة المستقبل المشترك	المستقبل المشترك لأدوات مختلفة لبث البرامج - الخدمات الراديوية للأرض

الجدول 1 (تابع)

النظام الرقمي G	النظام الرقمي C	النظام الرقمي F	النظام الرقمي A	الخصائص التي تنص عليها التوصية ITU-R BS.774 (بايجاز)
إشارات يمكن نقلها عبر الكبل بشفافية	إشارات يمكن نقلها بشفافية عبر الكبل	يتيح استعمال النطاق نفسه للإذاعة الصوتية للأرض (المختلطة) وكذلك استعمال مكررات في القناة لتعزيز التغطية الساتلية (المهجينة) مما يؤدي إلى جميع القنوات الواصلة إلى المستقبل المشترك بشفافية. إشارات يمكن نقلها بشفافية عبر الكبل	يتيح استعمال النطاق نفسه للإذاعة الصوتية للأرض (المختلطة) وكذلك استعمال مكررات في القناة لتعزيز التغطية الساتلية (المهجينة) مما يؤدي إلى جميع القنوات الواصلة إلى المستقبل المشترك بشفافية. إشارات يمكن نقلها بشفافية عبر الكبل	- الخدمة المختلطة المهجينة - التوزيع الكبلي
تتوفر قناة المقدرة (PAD) بإذاعة مختارة. ويتوفر في جميع المستقبلات الوسم الدينامي للتعرف على هوية البرامج والخدمات الذي يبين العرض الهجائي الرقمي لأي مستقبل (الرسائل النصية DRM؛ والبرامج المقترنة بوسوم (الأحادية الشفرة))؛ ودليل البرامج الإلكتروني؛ والخدمة المتطورة للمعلومات النصية (الأحادية الشفرة)؛ دعماً لجميع أصناف المستقبلات وحفزاً لإمكانية التفاعل والتوعية بالشؤون الجغرافية؛ والبرامج المقترنة بالصور - والفيديو على نطاق ضيق لنقل المعلومات عن حركة الصور المتحركة	المعطيات PAD جزء أساسي من النظام ويمكن توفيرها من خلال معطيات آنية دون مس لنوعية الأداء السمعي أو قنوات المعطيات ووظيفتها الوسم الدينامي للبرنامج وظهور تعرف هوية الخدمة على أي شاشة عرض مستقبل هجائي رقمي متاحان في جميع المستقبلات	يقوم تعدد إرسال المعطيات (PAD) على الأنظمة (MPEG-2)	تتوفر قناة المقدرة (PAD) بسعة تتراوح بين 0,66 kbit/s و 64 kbit/s من خلال تقليص أي قناة سمعية بنفس المقدار. ويتوفر في جميع المستقبلات الوسم الدينامي للبرنامج وتعرف هوية الخدمة، الذي لا يبين إلا العرض الهجائي الرقمي للمستقبل. كما يتوفر فك تشفير لغة مسح النص الموسوعي (HTML) وفك تشفير الصور بأسلوب الفريق المشترك لخبراء التصوير (JPEG) في المستقبلات مع عروض بيانية (جداول بيانية فيديوية 1/4 (VGA)) وغيرها	مقدرة المعطيات المقرنة بالبرنامج (PAD)
يمكن إعادة تشكيل تعدد الإرسال دينامياً بأسلوب شفاف للمستعمل	يعيد النظام أوتوماتياً التشكيل بين السمعي والمعطياتي بأسلوب شفاف للمستعمل	يمكن إعادة تشكيل تعدد الإرسال دينامياً بأسلوب شفاف للمستعمل	يمكن إعادة تشكيل تعدد الإرسال دينامياً بأسلوب شفاف للمستعمل	تخصيصات مرنة للخدمات

الجدول 1 (تابع)

النظام الرقمي G	النظام الرقمي C	النظام الرقمي F	النظام الرقمي A	الخصائص التي تنص عليها التوصية ITU-R BS.774 (بايجاز)
تمثل بنية تعدد إرسال النظام للنموذج الطبقي للتوصيل OSI في جميع الخدمات	يقوم النظام على النموذج الطبقي للتوصيل OSI. بما فيه المعطيات والصوت على حد سواء باستثناء الحماية الوحيدة من الأخطاء التي يوفرها الكودك السمعي	تمثل بنية تعدد إرسال النظام امتثالاً كاملاً لمعمارية الأنظمة MPEG-2	تمثل بنية تعدد إرسال النظام للنموذج الطبقي للتوصيل OSI وخاصة فيما يتعلق بقنوات المعطيات، باستثناء خصائص الحماية المتباينة من الأخطاء في القناة السمعية للطبقة II للنظام (MPEG-2)	مواصفة بنية تعدد الإرسال مع التوصيل البيني للأنظمة المفتوحة (OSI)
يمكن تخصيص أي سعة تصل حتى السعة الكاملة للحمولة النافعة إلى المعطيات المستقلة من أجل بث البيانات التجارية والاستدعاء الراديوي والصور الثابتة وغيرها، بنفاذ مشروط حسب الاقتضاء	يمكن تخصيص أي سعة تصل حتى السعة الكاملة للحمولة النافعة إلى المعطيات المستقلة من أجل بث البيانات التجارية والاستدعاء الراديوي والصور الثابتة وغيرها، بنفاذ مشروط حسب الاقتضاء	يمكن تخصيص أي سعة تصل حتى السعة الكاملة للحمولة النافعة إلى المعطيات المستقلة من أجل بث البيانات التجارية والاستدعاء الراديوي والصور الثابتة وغيرها، بنفاذ مشروط حسب الاقتضاء	يمكن استعمال أي قناة فرعية (من بين الـ 64 قناة) لا تعمل في الخدمة السمعية في خدمات معطيات مستقلة عن البرنامج. يمكن نقل قنوات رزم المعطيات لخدمات الدرجة العالية من الأولوية المتاحة في جميع المستقبلات المولفة لاستقبال أي خدمة تعدد إرسال في قناة المعلومات السريعة (FIC). ويصل إجمالي السعة إلى 16 kbit/s. المستقبلات مجهزة بسطح بيني للمعطيات الراديوية (RDI) لنقل المعطيات إلى الحاسوب	مقدرة خدمة معطيات القيمة المضافة

الجدول 1 (تمة)

النظام الرقمي G	النظام الرقمي C	النظام الرقمي F	النظام الرقمي A	الخصائص التي تنص عليها التوصية ITU-R BS.774 (بإيجاز)
يتيح تصنيع كميات كبيرة من المستقبلات قليلة الكلفة للمستعمل	استمثل النظام خصوصاً لتمكين نشر مستقبلات محمولة على مركبة قليلة التعقيد مبدئياً	استمثل النظام خصوصاً لتمكين نشر مستقبلات محمولة على مركبة قليلة التعقيد مبدئياً. وأنشئ فريق تقييس بهدف إنجاز مستقبلات قليلة الكلفة استناداً إلى تقنيات الإنتاج الكبير الدمج واسع النطاق (LSI)	يتيح تصنيع كميات كبيرة من المستقبلات قليلة الكلفة للمستعمل، وقد أدرجت مستقبلات نموذجية في رقاقتين اثنتين. وأدخل أحد مصنعي الرقاقت كامل دائرة المستقبلات في رقاقة واحدة	تصنيع مستقبلات قليلة الكلفة

(1) ثمة معلومات إضافية عن الكودك HD (HDC) متاحة على العنوان التالي www.ibiquity.com

(2) الأساليب المستخدمة في مجموعة الرقاقت (الدارات) والتي تنطوي على النطاق نفسه ونفس القناة (IBOC) (النظام الرقمي C) لا تصلح للتشغيل على متن مركبة بترددات أعلى من 230 MHz.

(3) تكّلت اختبار النظام بالنجاح في المنطقتين 1 و 3.

أما فيما يتعلق بالمنطقة 2، فلا تتوفر بيانات عن اختبار النظام ميدانياً لإثبات توافقه مع الإذاعة التماثلية في المجالات التي يشوبها تداخل كبير في القنوات المشتركة والمتجاورة.

الملحق 1

عروض موجزة للأنظمة الرقمية

1 عرض النظام الرقمي A

أعد النظام الرقمي A، ويعرف أيضاً باسم نظام Eureka 147 للإذاعة الصوتية الرقمية (DAB)، لأغراض تطبيقات الإذاعة الساتلية والإذاعة للأرض بهدف استخدام مستقبلات عادية قليلة الكلفة. وقد صمم النظام بحيث يتيح الاستقبال في مستقبلات ثابتة محمولة ومركبة على متن مركبات وذلك باستعمال هوائيات استقبال شاملة الاتجاهات قليلة الكسب تعلق بمقدار 1,5 m عن سطح الأرض. ويتيح النظام الرقمي A استعمالاً إضافياً لرسلات الإذاعة الساتلية والإذاعة للأرض مما يؤدي إلى استعمال أفضل لفعالية الطيف وخدمة أكثر تيسيراً في جميع حالات الاستقبال. ويقدم خاصة أداءً أفضل في بيئة المسيرات المتعددة والبيئة المعرضة للحجب وهي البيئة التي تماثل ظروف الاستقبال في المدن، باستعمال مكررات أرضية في القناة تعمل على ملء الثغرات. والنظام الرقمي A قادر على تقديم سويات مختلفة لنوعية الصوت تصل إلى نوعية عالية الجودة مقارنة بنوعية التسجيلات الرقمية الموجهة للجمهور العريض. كما يمكنه تقديم خدمات معطيات مختلفة وسويات مختلفة للنفاد المشروط ومقدرة إعادة الترتيب دينامياً لخدمات متفرقة في الإرسال المتعدد.

2 عرض النظام الرقمي F

صمم النظام الرقمي F، المعروف أيضاً باسم النظام ISDB-TSB، ليقدم نوعية عالية الجودة للصوت وإذاعة المعطيات على درجة عالية من الاعتمادية حتى في الاستقبال المتنقل. كما صمم النظام ليوفر المرونة وإمكانيات التوسيع والنقاط المشتركة اللازمة للإذاعة متعددة الوسائط التي تستخدم الشبكات للأرض. وهو نظام متين يستعمل التشكيل OFDM والتشجير ثنائي الأبعاد للتردد والزمن والشفرات المتسلسلة لتصحيح الأخطاء. ويسمى التشكيل OFDM الذي يستعمله هذا النظام (إرسال بتقطيع النطاق) (BST)-OFDM ويضم النظام نقاطاً مشتركة مع النظام ISDB-T للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض في الطبقة المادية. ويشمل على معلمات إرسال كبيرة التنوع مثل نظام تشكيل الموجات الحاملة ومعدلات التشجير شفرة تصحيح الخطأ الداخلية وطول التشجير الزمني. ويخصص بعض الموجات الحاملة للتحكم (TMCC) الذي يرسل المعلومات في معلمات الإرسال إلى التحكم في المستقبل. وبإمكان النظام الرقمي F استخدام طرائق تشفير سمعية عالية الانضغاط مثل الطريقة MPEG-2 AAC. وعلاوة على ذلك، فإنه يستخدم الأنظمة MPEG-2، ويشارك بنقاط كثيرة مع أنظمة أخرى تستخدم الأنظمة MPEG-2 مثل ISDB-S و ISDB-T و DVB-S و DVB-T وهو قابل للتشغيل البيئي معها.

3 عرض النظام الرقمي C

النظام الرقمي C، المعروف أيضاً بالنظام IBOC DSB، هو نظام كامل التطوير. وقد صمم لأغراض المستقبلات الثابتة والمحمولة والمركبة على متن مركبات¹ التي تستقبل إشارات واردة من مرسلات للأرض. وعلى الرغم من أن النظام الرقمي C قادر على العمل في أجزاء غير مشغولة من الطيف لكن من أهم خصائصه قدرته على توفير إذاعة إشارات تماثلية ورقمية في نفس الوقت في النطاق الموزع حالياً على الإذاعة FM. وتتيح هذه الخاصية إمكانية الانتقال الرشيد للإذاعات FM الراهنة من الإذاعة التماثلية إلى الإذاعة الرقمية إن رغبت في ذلك. كما يقدم النظام أداءً أفضل في بيئات تعدد المسارات مما يفضي إلى اعتمادية بدرجة أعلى مما تقدمه الأنظمة FM التماثلية الحالية. ويوفر النظام الرقمي C أيضاً نوعية سمعية أفضل من تلك التي تعطى التسجيلات الرقمية الموجهة للجمهور العريض. وفضلاً عن ذلك يتيح النظام للإذاعات المرونة اللازمة لتقديم خدمات

¹ الأساليب المستخدمة في مجموعة الرقاقات IBOC (النظام الرقمي C) لا تصلح للتشغيل على متن مركبة بترددات أعلى من 230 MHz.

جديدة لإذاعة المعطيات إضافة إلى البرامج السمعية المحسنة. ويوفر النظام أيضاً توزيع البتات بين المقدرة السمعية ومقدرة إذاعة المعطيات من أجل توسيع هذه المقدرة الأخيرة إلى أبعد حد.

4 عرض النظام الرقمي G

النظام الرقمي G، المعروف أيضاً باسم النظام الراديوي الرقمي العالمي (DRM)، هو نظام موضوع لأغراض تطبيقات الإذاعة الأرضية في جميع نطاقات التردد الموزعة على الإذاعة الصوتية التماثلية في أنحاء العالم كافة. ويمثل النظام لأقنعة الطيف التي يحددها الاتحاد، مما يتيح انتقالاً سلساً من الإذاعة التماثلية إلى الرقمية. وهذا النظام معدّ لأن يكون حصراً نظاماً رقمياً. ويحدد النظام في النطاقات الأعلى من 30 MHz أسلوب المقاومة E (المعروف أيضاً باسم DRM+) لتقدم جودة صوتية مماثلة لتلك التي يُحصل عليها من وسائط التسجيلات الرقمية الموجهة للمستهلك. وبالإضافة إلى ذلك، يقدم النظام الرقمي G العديد من خدمات البيانات، ومنها الصور وأدلة البرنامج الإلكتروني، ويؤمن القدرة على إعادة ترتيب مختلف الخدمات الواردة في تعدد الإرسال دون خسران الصوت ترتيباً دينامياً.

الملحق 2

النظام الرقمي A

1 مقدمة

النظام الرقمي A هو نظام إذاعة رقمية متعددة الخدمات عالية الجودة موجهة إلى مستقبلات مركبة على متن مركبات أو محمولة أو ثابتة. وهو مصمم ليعمل في أي تردد لغاية 3 000 MHz لأغراض الإرسال الإذاعي الأرضي والساتلي والمهجين (ساتلي وأرضي) والكبلي. وهو أيضاً نظام إذاعة رقمية متكاملة الخدمات (ISDB) مرن ومتعدد الاستعمالات قادر على توفير قدر واسع من الخيارات لتشفير المصادر والقنوات وإرسال المعطيات المصاحبة للبرامج الصوتية وتوفير خدمات معطيات مستقلة عن البرامج وفقاً لمتطلبات مرونة التشغيل وتنوع الخدمة التي تعرضها التوصيتان ITU-R BO.789 و ITU-R BS.774 مدعومة بالكتيب الخاص بالإذاعة الصوتية الرقمية والتقارير ITU-R BS.1203.

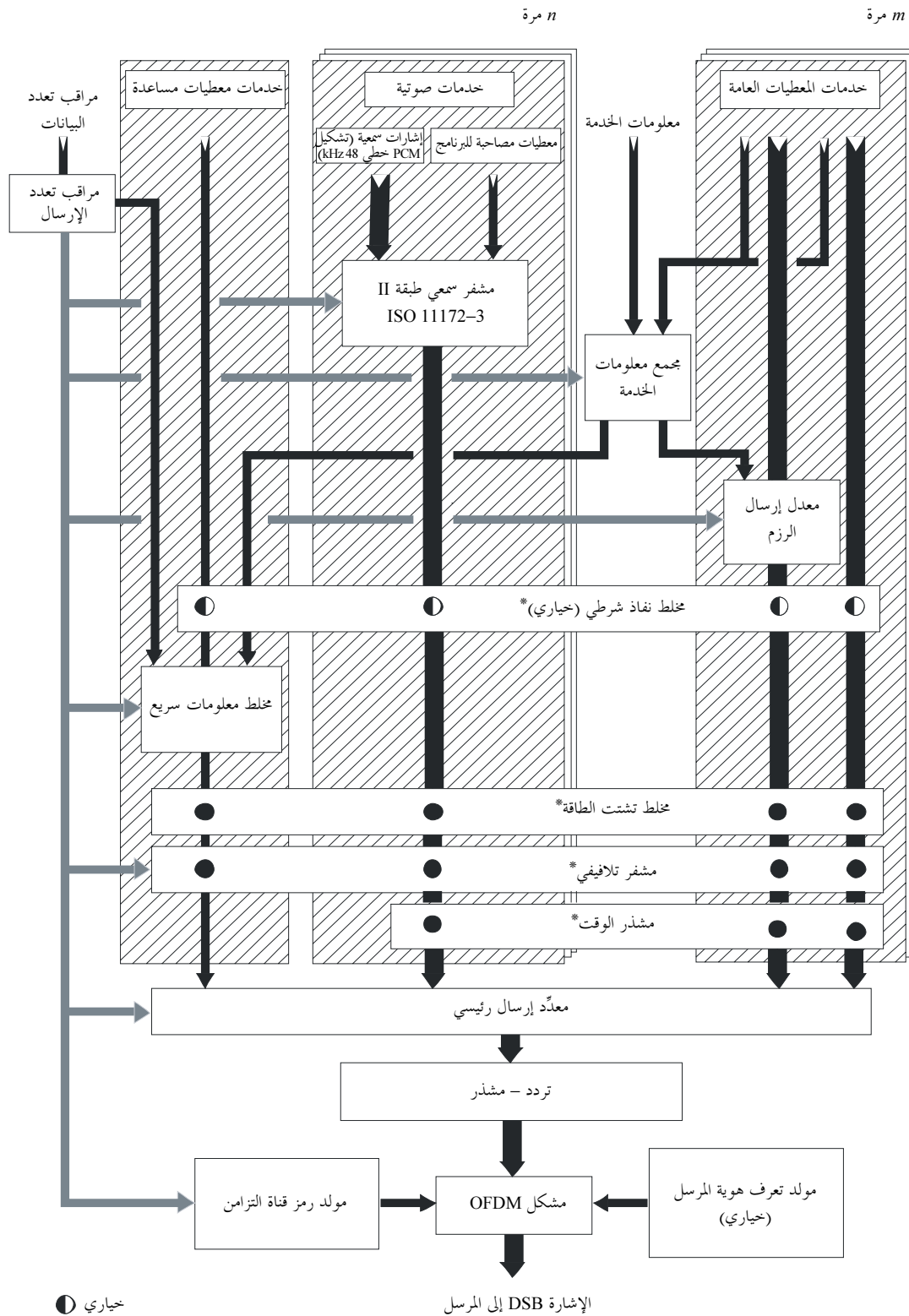
ونظام الإذاعة الصوتية وإذاعة المعطيات هذا بالغ الاعتمادية ويقدم فعالية كبيرة في استعمال الطيف والقدرة. وهو يستعمل تقنيات رقمية متقدمة لإلغاء الإطناب والمعلومات غير ذات الصلة من إشارة المصدر السمعية ثم يطبق إطناباً محكم الضبط على الإشارة المرسله لتصحيح الخطأ. وبعد ذلك يتم نشر المعلومات المرسله في كل من المجال الزمني مجال التردد بحيث يحصل المستقبل سواء كان ثابتاً أم متنقلاً على إشارة عالية الجودة حتى في حالة ظروف الانتشار الصعب في المسارات المتعددة. ويتحقق الاستعمال الفعال للطيف من خلال تشفير إشارات متعددة للبرنامج، ونظراً لإمكانية إعادة استعمال الترددات الخاصة يمكن توسيع شبكات الإذاعة دون حدود تقديراً من خلال تشغيل مرسلات إضافية في التردد المشع ذاته.

ويرد المخطط الوظيفي لجزء الإرسال من النظام A في الشكل 1.

وقد تم تطوير النظام الرقمي A من جانب اتحاد Eureka 147 للإذاعات الصوتية الرقمية (DAB) ويعرف بنظام Eureka DAB. وقد حظي بدعم كبير من طرف اتحاد الإذاعات الأوروبية (EBU) بهدف إدخال خدمات الإذاعة الصوتية الرقمية في أوروبا 1995. ومنذ عام 1988، أظهر النظام نجاحه وحُرِّب في أرجاء أوروبا وكندا والولايات المتحدة الأمريكية وفي بلدان أخرى من العالم. ويشار إلى النظام الرقمي A في الملحق 2 "بالنظام A". وترد المواصفات الكاملة الخاصة به في المعيار الأوروبي للاتصالات ETS 300 401 (انظر الملاحظة 1).

الملاحظة 1 - كان من المستحسن إضافة أسلوب جديد للإرسال يربط بين الأسلوبين I و II واعتبر بمثابة تحسين ملائم للنظام A من أجل السماح بمسافات متباعدة أكبر بين معيدات الإرسال العاملة في نفس القناة والمستخدمه في شبكة وحيدة التردد أو بمثابة موسع للتغطية أو مالى للثغرات، مما يؤدي إلى مرونة أفضل وتكاليف أقل لدى تنفيذ الإذاعة الصوتية الرقمية للأرض في النطاق 1 452-1 492 MHz.

الشكل 1
مخطط نظري لجزء الإرسال في النظام



● اختياري

● وظيفة مستخدمة

* تعمل هذه المعالجات كل على حدة في كل قناة خدمة.

2 استخدام نموذج الطبقات

يطابق النظام A النموذج الأساسي المرجعي للتوصيل البيني للأنظمة المفتوحة (OSI) الصادر عن منظمة التقييس الدولية (ISO) والذي يرد وصفه في المعيار ISO 7498 (1984). ويوصي باستخدام هذا النموذج في التوصية ITU-R BT.807 والتقرير ITU-R BT.1207، وتقدم هذه التوصية الشروط اللازمة لاستخدامه مع أنظمة الإذاعة المصممة حسب الطبقات. وسيتم وصف النظام A فيما يتعلق بطبقات النموذج وفقاً للنموذج المعياري هذا، ويوضح الجدول 2 هذا الوصف. ويتم وصف العديد من التقنيات المستخدمة بسهولة أكبر عندما يتعلق الأمر بتشغيل التجهيزات في المرسل أو في النقطة المركزية لشبكة التوزيع في حالة شبكة مرسلات.

الجدول 2

شرح لنموذج طبقات التوصيل البيني للأنظمة المفتوحة (OSI)

اسم الطبقة	الوصف	خصائص النظام
طبقة التطبيق	استعمال عملي للنظام	مرافق النظام نوعية صوتية أساليب الإرسال
طبقة التقديم	تحويل من أجل التقديم	تشفير وفك تشفير سمعي تقديم سمعي معلومات الخدمة
طبقة الدورة	انتقاء المعطيات	انتقاء البرنامج نفاذ مشروط
طبقة النقل	تجميع المعطيات	خدمات البرامج تعدد الإرسال الرئيسي للخدمات معطيات مساعدة تربط المعطيات
طبقة الشبكة	قناة منطقية	أرتال سمعية ISO معطيات مصاحبة للبرنامج
طبقة وصلة المعطيات	نسق الإشارة المرسلة	أرتال الإرسال تزامن
طبقة مادية	إرسال مادي (راديو)	تشتت الطاقة تشفير تلافيفي تشذير زمني تشذير التردد تشكيل DQPSK OFDM، إرسال راديو

الهدف الأساسي للنظام A هو توفير برامج إذاعة صوتية للمستمع، بحيث يبدأ ترتيب الأقسام في الوصف التالي من طبقة التطبيق (استعمال معلومات الإذاعة)، ويستمر إلى الطبقة المادية (وسائل الإرسال الراديو).

3 طبقة التطبيق

تقابل هذه الطبقة استعمال النظام A عند مستوى التطبيق. وتشمل المرافق والنوعية الصوتية التي تتوفر في النظام A والتي تقدمها الإذاعات إلى المستمعين، إلى جانب الأساليب المختلفة للإرسال.

1.3 المرافق التي يقدمها النظام A

يوفر النظام A إشارة تنقل تعدد إرسال المعطيات الرقمية، وبذلك تنقل عدة برامج في نفس الوقت. ويتضمن تعدد الإرسال معطيات البرامج السمعية، ومعطيات مساعدة تشمل معطيات مصاحبة للنظام (PAD)، ومعلومات عن تشكيل تعدد الإرسال (MCI)، ومعلومات عن الخدمة (SI). وقد ينقل تعدد الإرسال أيضاً معطيات مصاحبة للخدمات العامة للمعطيات التي قد لا تكون متصلة بإرسال البرامج الصوتية.

المرافق التالية متوفرة لدى مستعمل النظام A على وجه التحديد:

- الإشارة السمعية (أي البرنامج) يوفرها برنامج الخدمة المنتقى؛
 - تطبيق اختياري لوظائف المستقبل، مثلاً التحكم في المدى الدينامي، الذي قد يستعمل معطيات مساعدة مرسله مع البرنامج؛
 - عرض لنص يعطي بعض المعلومات المنتقاة ضمن المعلومات المرسله عن الخدمة. وقد يتعلق الأمر بمعلومات متصلة بالبرنامج المنتقى أو برامج أخرى مقترحة؛
 - اختيارات تسمح باختيار برامج أخرى ووظائف أخرى للمستقبل ومعلومات أخرى عن الخدمة؛
 - خدمة أو عدة خدمات عامة للمعطيات، مثلاً قناة رسالة الحركة (TMC).
- يوفر النظام إمكانية النفاذ المشروط، ويمكن للمستقبل أن يكون مجهزاً بخرج رقمي لإشارات المعطيات وإشارات سمعية.

2.3 النوعية السمعية

يمكن اختيار ضمن سعة تعدد الإرسال عدد خدمات البرنامج ونسق تقديم كل من هذه الخدمات (مثلاً، مجسم وغير مجسم ومحيط إلخ)، والنوعية السمعية ودرجة الحماية من الأخطاء (وبالتالي الاعتمادية)، حسب احتياجات الهيئات الإذاعية.

وفيما يلي الاختيارات المتوفرة بالنسبة إلى النوعية السمعية:

- نوعية عالية، مع هامش المعالجة السمعية؛
- نوعية شفافة حسب التقدير الشخصي، كافية لأعلى نوعية للإذاعة؛
- نوعية عالية مكافئة لنوعية الخدمة FM الجيدة؛
- نوعية متوسطة مكافئة لنوعية الخدمة AM الجيدة؛
- نوعية كلامية فقط.

يؤمن النظام A استقبال نوعية منتظمة في حدود تغطية المرسل؛ وما بعد هذه الحدود تنخفض القيمة تدريجياً حسب التقدير الشخصي.

3.3 أساليب الإرسال

يشمل النظام A أربعة أساليب بديلة للإرسال تسمح باستعمال مدى واسع للترددات يصل إلى 3 GHz. وقد تم تخصيص أساليب الإرسال هذه لمراعاة تمديد دوبلر وتمديد الإمهال في حالة الاستقبال المتنقل في وجود الصدى بمسارات متعددة.

ويقدم الجدول 3 وقت انتشار الصدى الناتج ومدى التردد الاسمي للاستقبال المتنقل. ويبلغ الانحطاط العائد إلى الضوضاء عند أعلى تردد وفي أسوأ ظروف الانتشار بمسارات متعددة، وهي ظروف نادرة في العادة، مقدار 1 dB عند 100 km/h.

الجدول 3

IV الأسلوب	III الأسلوب	II الأسلوب	I الأسلوب	المعلمة
123	31	62	246	مدة الفاصل الحارس (μs)
150	37,5	75	300	وقت الانتشار الأقصى للصدى الناتج (μs)

واستناداً إلى الجدول 3، يمكن ملاحظة أن استعمال الترددات الأكثر ارتفاعاً يفرض حدوداً متشددة على وقت الانتشار. ويلائم الأسلوب I شبكة وحيدة التردد للأرض (SFN) ملائمة تامة، لأنه يسمح بمباعدة أكبر بين المرسلات. ويلائم الأسلوب II الإذاعة المحلية بمرسل وحيد للأرض والإرسال الهجين الساتلي/الأرضي بتردد يصل إلى 1,5 GHz ملائمة تامة. إلا أنه يمكن استعمال الأسلوب II لشبكة وحيدة التردد بتغطية متوسطة أو كبيرة (مثلاً، 1,5 GHz) عن طريق إدراج، عند الضرورة، تأخر اصطناعي عند سوية المرسل و/أو عن طريق استخدام هوائيات إرسال اتجاهية. ويلائم الأسلوب III الإرسال الساتلي والإرسال التكميلي للأرض ملائمة تامة، في جميع الترددات لغاية 3 GHz. والأسلوب III هو أيضاً الأسلوب المفضل للإرسال الكبلي بتردد يصل إلى 3 GHz. أما الأسلوب IV فيلائم الشبكات وحيدة التردد المتوسطة أو الكبيرة العاملة في نطاق الموجات الديسيمتريّة (UHF).

4 طبقة التقديم

تُعنى هذه الطبقة بتحويل المعلومات المذاعة وتقديمها.

1.4 تشفير المصدر السمعي

تقنية تشفير المصدر السمعي المستعملة هي التقنية ISO/IEC MPEG السمعية للطبقة II المحددة في المعيار ISO 11172-3. ويعرف نظام الانضغاط وتشفير النطاق الفرعي بالنظام MUSICAM أيضاً.

ويقبل النظام A بعدد من الإشارات السمعية PCM عند معدل اعتيان يبلغ 48 kHz ومعطيات مصاحبة للبرنامج. ويتوقف عدد المصادر السمعية الممكنة على معدل البتات والمظهر الجانبي للحماية من الأخطاء. ويجوز تشغيل المشفر السمعي عند 32 أو 48 أو 56 أو 64 أو 80 أو 96 أو 112 أو 128 أو 160 أو 192 kbit/s لكل قناة غير مجسمة. وفيما يتعلق بأسلوب القناة المجسمة أو الثنائية، يكون معدل البتات الخاص بالمشفر هو ضعف معدل الأسلوب غير المجسم.

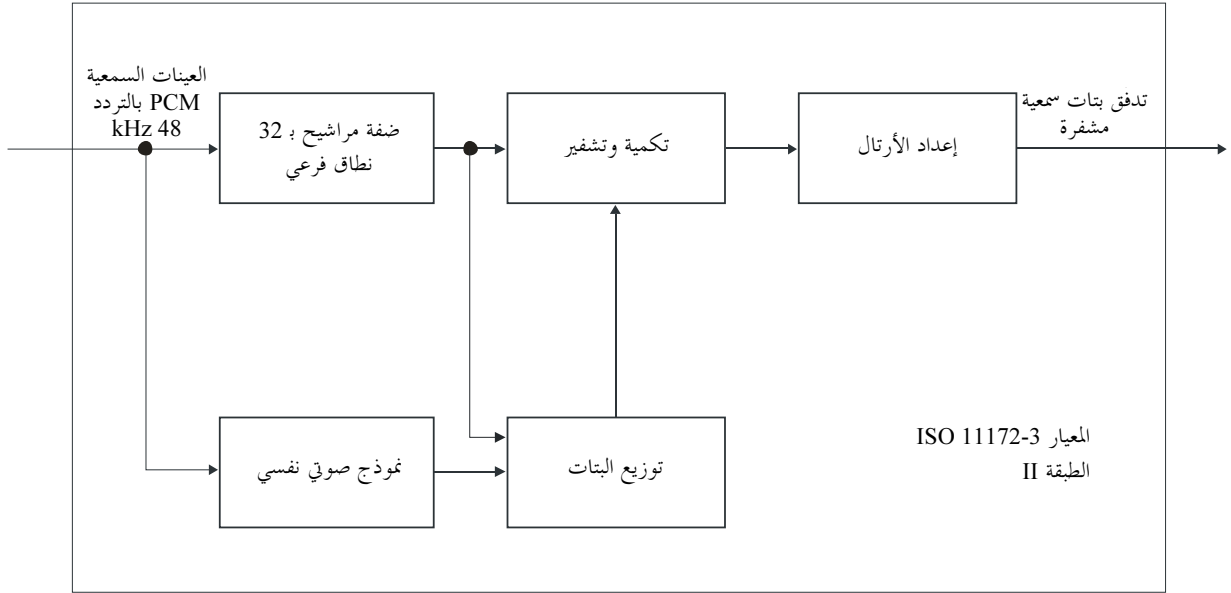
ويمكن للإذاعات استعمال اختيارات معدل البتات المختلفة حسب النوعية الفعلية المطلوبة و/أو عدد البرامج الصوتية التي ينبغي توفيرها. فعلى سبيل المثال، إن استعمال معدلات بتات أعلى من معدل 128 kbit/s أو مساوٍ له من أجل البرامج غير المجسمة، وأعلى من معدل 256 kbit/s أو مساوٍ له من أجل البرامج المجسمة ليوفر نوعية عالية جداً وحسب، بل هامش معالجة كافٍ لعمليات لاحقة متعددة للتشفير/فك التشفير، بما في ذلك لمعالجة السمعية اللاحقة. ولأغراض الإذاعة عالية النوعية، يفضل استعمال معدل بتات يساوي 128 kbit/s للبرامج غير المجسمة أو 256 kbit/s للبرامج المجسمة، مما يسمح بالحصول على نوعية سمعية شفافة. وحتى استعمال معدل البتات الذي يساوي 192 kbit/s لكل برنامج مجسم يفي في العادة بمتطلبات الاتحاد EBU فيما يتعلق بالأنظمة السمعية الرقمية مع تخفيض معدل البتات. يعطي معدل بتات يساوي 96 kbit/s للبرامج المجسمة نوعية سمعية جيدة، أما عند معدل يساوي 48 kbit/s، تكون النوعية كنوعية الإذاعة AM تقريباً. وفيما يخص البرامج التي تشمل الإشارات الصوتية فقط، قد يكون معدل بتات بمقدار 32 kbit/s كافياً إذا كان تعدد إرسال النظام مصاحباً لأكبر عدد من الخدمات.

ويقدم الشكل 2 المخطط الإجمالي للوحدات الوظيفية للمشفّر السمعي. وتنطبق العينات السمعية PCM للدخول على المشفر السمعي. ويستطيع المشفر معالجة قناتي الإشارة المجسمة، على الرغم من أنه من المحتمل أن يستلم إشارة غير مجسمة. يقسم ضفة المرشّيح متعددة الأطوار السمعية الرقمية إلى 32 إشارة نطاق فرعي ويولد تمثيلاً مرشحاً باعتيان فرعي للإشارة السمعية

للدخل. ويطلق على العينات المرشحة عينات النطاق الفرعي. وتخضع التكمية والتشفير إلى نموذج إدراكي لأذن الإنسان يدمج في المشفر. وقد يختلف هذا التحكم حسب نمط المشفر، يمكن مثلاً استعمال تقدير لعتبة حجب أذن الإنسان للحصول على معطيات التحكم في المكتم. وتجمع العينات المتتالية لكل إشارة بنطاق فرعي إلى فدرات، ثم يتم في كل فدرية تحديد الاتساع الأقصى لكل فدرية بنطاق فرعي والإشارة إليه بعامل القياس. ويولد المكتم والمشفر مجموعة من كلمات التشفير انطلاقاً من عينات نطاق فرعي. ويجري تطبيق هذه العمليات أثناء الأرتال السمعية ISO التي سيتم وصفها في طبقة الشبكة.

الشكل 2

مخطط فدرات المشفر السمعي في النظام الأساسي



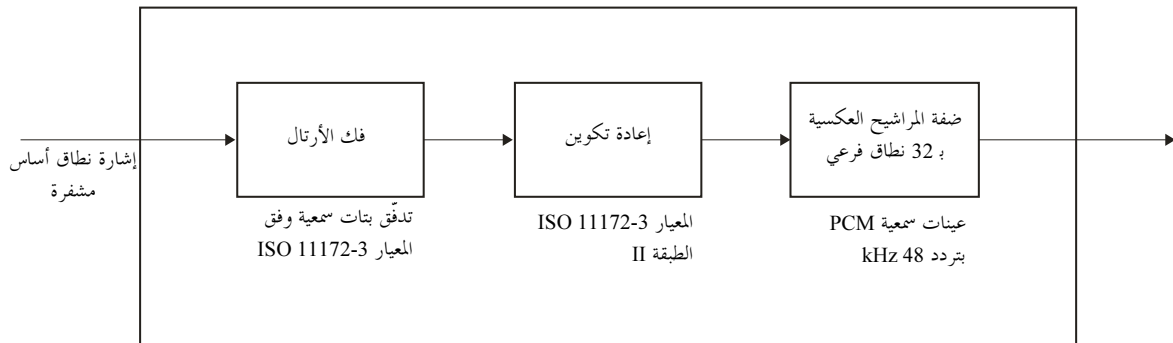
BS.1114-02

2.4 فك التشفير السمعي

إن فك التشفير في المستقبل الذي يقوم على تقنية بسيطة لمعالجة الإشارة سهل واقتصادي، ويتطلب فقط عمليات إزالة تعدد الإرسال والتمديد والترشيح العكسي. ويقدم الشكل 3 المخطط الإجمالي للوحدات الوظيفية لمفكك الشفرة.

الشكل 3

مخطط فدرات مفكك الشفرة السمعي في النظام الأساسي



BS.1114-03

يتم إدخال الرتل السمعي ISO في مفكك الشفرة السمعي ISO/MPEG للطبقة II الذي يقوم بإزالة ترزيم معطيات الرتل لإعادة تكوين العناصر المختلفة للمعلومات. وتعيد وحدة إعادة التكوين إنشاء عينات للنطاق الفرعي بعد تكميتها ضفة المراسيح العكسية عينات النطاق الفرعي من أجل إنتاج إشارات PCM سمعية منتظمة بمعدل اعتيان قدره 48 kHz.

3.4 تقديم سمعي

يمكن تقديم الإشارات السمعية بشكل مجسم أو غير مجسم، ويمكن تجميع القنوات السمعية أيضاً لاسترجاع الصوت المحيطي. ويمكن وصل البرامج فيما بينها لتوفير البرنامج نفسه بلغات متعددة بشكل متآون. ومن أجل إرضاء مستمعين يتطلبون أداء عالي الجودة في بيئة تعاني من الضوضاء، تستطيع الإذاعة إرسال إشارة اختيارية للتحكم في المدى الدينامي (DRC) يمكن استعمالها في جو ضوضاء لضغط المدى الدينامي للإشارة السمعية التي أعاد المستقبل إنتاجها. وتجدر الإشارة إلى أن هذه التقنية مفيدة للمستمعين معتلي السمع.

4.4 تقديم معلومات الخدمة

يمكن توفير العناصر التالية الخاصة بمعلومات الخدمة (SI) لعرضها على المستقبل، وذلك فيما يتعلق بكل برنامج أرسله النظام:

- وسم البرنامج الأساسي (أي اسم البرنامج)،
 - الوقت والتاريخ،
 - الإشارة إلى البرامج الماثلة أو المشابهة (مثلاً بلغة أخرى) المرسل في عنصر آخر أو مرسل بشكل متآون باستعمال الخدمة AM أو FM،
 - تمديد وسم الخدمة إلى الخدمات المصاحبة للبرنامج،
 - معلومات بشأن البرنامج (مثلاً، أسماء الفنانين)،
 - اللغة،
 - نوع البرنامج (مثلاً، الأخبار، الرياضة، الموسيقى، إلخ.)،
 - معرف هوية المرسل،
 - قناة رسالة الحركة (TMC)، باستعمال مركب صوتي مدمج في المستقبل).
- ويمكن أيضاً إدراج المعطيات المتصلة بشبكة المرسلات للاستعمالات الداخلية لهيئات الإذاعة.

5 دورة الطبقة

تخص هذه الطبقة انتقاء المعلومات المذاعة والنفاز إليها.

1.5 انتقاء البرنامج

لكي يتمكن المستقبل من النفاذ شبه المباشر إلى بعض الخدمات أو إلى جميعها، ترسل قناة المعلومات السريعة (FIC) معلومات متصلة بالحتوى الحالي والمستقبلي لتعدد الإرسالات معروفة بمعلومات تشكيل تعدد الإرسال (MCI) وهي معطيات تقرأ أتوماتياً. ومعطيات القناة FIC غير مشذرة زمنياً، بحيث لا تخضع المعلومات (MCI) إلى التأخر الملازم لعملية التشذير الزمني والمنطبق على خدمات المعطيات العامة والسمعية. ومع ذلك، تكرر هذه المعطيات بتواتر كبير لأغراض الدقة. وعندما توشك تشكيلة تعدد الإرسال أن تتغير، ترسل مسبقاً المعلومات الجديدة مع توقيت التغيير في المعلومات MCI.

ويمكن لمستعمل المستقبل أن يختار البرامج على أساس المعلومات النصية المرسل في معلومات الخدمة (SI)، باستعمال اسم خدمة البرنامج، وهوية نمط البرنامج أو اللغة. وبالتالي، يقوم المستقبل بتنفيذ أوامر المستمع باستعمال العناصر المقابلة للمعلومات MCI.

وإذا تيسرت موارد بديلة لخدمة برنامج معين وأصبحت خدمة رقمية ما غير قابلة للاستعمال، يمكن استعمال معطيات التوصيل الموجودة في معلومات SI (أي "البرنامج المشار إليه") لإيجاد بديل (الانتقال إلى خدمة FM مثلاً) والتبديل إليه. ولكن في هذه الحالة، يعود المستقبل إلى الخدمة الأصلية حالما أمكن الاستقبال.

2.5 النفاذ المشروط

يتوقع استعمال هذا النظام للترامن والتحكم في النفاذ المشروط.

يمكن تطبيق النفاذ المشروط بمعزل عن جميع مكونات الخدمة (المرسلة في قناة MSC أو FIC)، وعلى الخدمات أو على تعدد الإرسال بكامله.

6 طبقة النقل

تخص هذه الطبقة تعرف هوية مجموعة من المعطيات في شكل خدمات البرنامج، وتعدد إرسال المعطيات من أجل تلك الخدمات إرفاق عناصر المعطيات التي تُطبَّق عليها تعدد الإرسال.

1.6 خدمات البرنامج

تتضمن خدمة البرنامج بصفة عامة مكونات الخدمة السمعية وخدمات سمعية و/أو مكونات خدمات المعطيات الإضافية بشكل اختياريين يؤمنها موفر الخدمة. وقد تكرس السعة الكلية لتعدد الإرسال إلى مزود واحد للخدمة (مثلاً، إذاعة خمس أو ست خدمات لبرامج سمعية عالية النوعية)، أو يمكن توزيعها بين عدة مزودين للخدمة (مثلاً إذاعة مشتركة لعشرين خدمة برامج متوسطة النوعية).

2.6 تعدد الإرسال الرئيسي للخدمات

كما جاء في الفقرة 1، إن المعطيات التي تمثل كلاً من البرامج المذاعة (معطيات سمعية مع معطيات مساعدة أو حتى معطيات عامة) محمية من الأخطاء عن طريق التشفير التلافي (انظر الفقرة 2.9) والتشذير الزمني. ويرفع التشذير الزمني من دقة إرسال المعطيات في بيئة متغيرة (مثلاً، الاستقبال على متن مركبة متحركة) ويفرض تأخراً في الإرسال يمكن توقعه. وبعد ذلك، تدرج المعطيات المشذرة والمشفرة في معدد إرسال الخدمة الرئيسية حيث يتم تجميع الخدمة في تتابع داخل رتل تعدد الإرسال كل 24 ms. يتميز خرج قطار البتات المجمع من معدد الإرسال المعروف بقناة الخدمة الرئيسية (MSC) بسعة إجمالية قدرها 2,3 Mbit/s. وحسب معدل الشفرة المختار (الذي قد يختلف من مكونة خدمة عن أخرى)، يتراوح معدل البتات الصافي بين 0,8 و 1,7 Mbit/s على عرض نطاق يبلغ 1,5 MHz. إن معدد إرسال الخدمة الرئيسي هو النقطة التي تجمع فيها المعطيات المتزامنة الصادرة عن جميع خدمات البرنامج التي تستعمل تعدد الإرسال.

ويمكن إرسال معطيات عامة في القناة MSC كتدفق غير مبني أو منظم في شكل تعدد إرسال الرزم حيث يتم تركيب عدة موارد. إن المعدل الذي قد يكون عبارة عن مضاعف ما بمقدار 8 kbit/s مترامن مع تعدد إرسال النظام شريطة أن تكون السعة الكلية لتعدد الإرسال كافية ومع مراعاة طلب الخدمات السمعية.

والقناة FIC غير مدمجة في القناة MSC ولا تخضع لتشذير زمني.

3.6 معطيات مساعدة

هناك ثلاثة مجالات حيث يمكن نقل المعطيات المساعدة في تعدد إرسال النظام:

- القناة FIC، حيث تكون السعة محدودة حسب كمية المعطيات MCI الأساسية المدرجة؛
- هناك حكم خاص لنقل كمية متوسطة من المعطيات PAD داخل كل قناة سمعية؛
- تعالج جميع المعطيات المساعدة المتبقية كخدمة منفصلة داخل MSC. ويشار إلى وجود هذه المعلومات في المعلومات MCI.

4.6 تصاحب المعطيات

تقدم المعلومات MCI التي تنقل في القناة FIC وصفاً دقيقاً للمحتوى الحالي والمستقبلي للقناة MSC. ويجب أيضاً نقل العناصر الأساسية لمعلومات الخدمة والتي تتعلق بمحتوى القناة MSC (أي من أجل انتقاء البرنامج) في القناة FIC. وينبغي إرسال النصوص الأكثر طولاً مثل قائمة البرامج اليومية، بشكل منفصل كخدمة المعطيات العامة. وهكذا، تشمل المعلومات MCI وSI مساهمات من جميع البرامج التي تبث.

تتضمن المعطيات PAD أساساً المنقولة داخل القناة السمعية، المعلومات المرتبطة بشكل وثيق بالبرامج السمعية وبالتالي لا يمكن إرسالها في قناة معطيات مختلفة حيث يكون وقت الانتشار مختلفاً.

7 طبقة الشبكة

تخص هذه الطبقة تعريف هوية زمرة المعطيات كبرامج.

1.7 أرتال سمعية ISO

تنفذ العمليات في مشفر المورد السمعي أثناء الأرتال السمعية ISO لمدة 24 ms. ويجري توزيع البتات التي تختلف من رتل لآخر وعوامل القياس وتعدد إرسالها مع عينات النطاق الفرعي في كل رتل سمعي. وتجمع وحدة تجميع الرتل (انظر الشكل 2) قطار البتات الفعلي من معطيات الخرج للمكتم ووحدة التشفير، وتضيف معلومات أخرى، كمعلومات رأسية وكلمة الشفرة CRC لكشف الأخطاء، والمعطيات PAD، التي تنقل مع الإشارة السمعية المشفرة. وتحتوي كل قناة سمعية على قناة PAD تتميز بسعة متغيرة (عند 2 kbit/s على الأقل بصفة عامة)، يمكن استعمالها لنقل المعلومات المرتبطة ارتباطاً وثيقاً بالبرنامج الصوتي. والأمثلة النموذجية هي الأعمال الغنائية، دلالة الكلام/الموسيقى ومعلومات DRC.

يشمل الرتل السمعي الناتج عن البرنامج الواحد، معطيات تمثل مدة قدرها 24 ms من المعلومات المحسمة (أو غير المحسمة) زائداً المعطيات المصاحبة للبرنامج؛ ويقابل هذا الرتل نسق الطبقة II للمعيار ISO 11172-3، بحيث يمكن اعتباره كرتل ISO. ويسمح ذلك باستعمال مفكك تشفير سمعي ISO/MPEG للطبقة II في المستقبل.

8 طبقة وصلة المعطيات

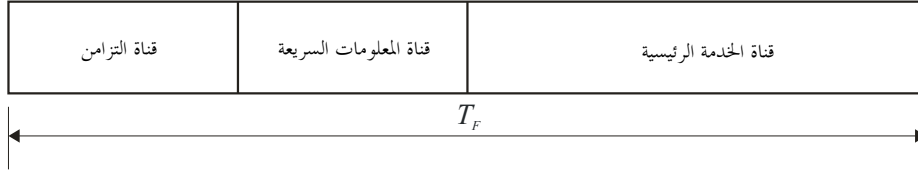
توفر هذه الطبقة الوسائل التي تسمح بتزامن المستقبل.

1.8 رتل الإرسال

تسهيلاً لتزامن المستقبل، تنظم الإشارة المرسل في بنية رتل (انظر الشكل 4) تتضمن تتابعاً ثابتاً للشفرات. ويبدأ كل رتل إرسال برمز صفر لضمان تزامن تقريبي (في حالة عدم إرسال إشارة RF)، يليه رمز مرجعي ثابت لضمان تزامن دقيق، ووظائف التحكم الأتوماتي في الكسب (AGC) وفي التردد (AFC) ومرجع الطور في المستقبل؛ وتشكل هذه الشفرات قناة التزامن، والشفرات التالية محجوزة للقناة FIC، وتوفر الشفرات المتبقية لقناة MSC. وتساوي مدة الرتل الكلية إما $96 T_F$ ms أو 48 ms أو 24 ms حسب أسلوب الإرسال، كما جاء في الجدول 4.

الشكل 4

بنية رتل تعدد الإرسال



BS.1114-04

الجدول 4

معلومات الإرسال الخاصة بالنظام A

الأسلوب IV	الأسلوب III	الأسلوب II	الأسلوب I	المعلومات
ms 48	ms 24	ms 24	ms 96	مدة رتل الإرسال، T_F
μs 648	μs 168	μs 324	ms 1,297	مدة الرمز المعلوم، T_{NULL}
μs 623	μs 156	μs 312	ms 1,246	مدة الشفرات OFDM، T_s
μs 500	μs 125	μs 250	ms 1	عكس المباعدة بين الموجات الحاملة، T_u
μs 123	μs 31	μs 62	ms 246	مدة فاصل الحراسة، Δ ($T_s = T_u + \Delta$)
768	192	384	1 536	عدد الموجات الحاملة المرسل، K

يعين لكل خدمة سمعية داخل القناة MSC فجوة زمنية في الرتل.

9 الطبقة المادية

تتعلق هذه الطبقة بوسائل الإرسال الراديوي (أي طريقة التشكيل والحماية من الأخطاء).

1.9 تشتت الطاقة

لضمان تشتت ملائم للطاقة داخل الإشارة المرسل، يتم تخطيط كل مورد يغذي تعدد الإرسال.

2.9 تشفير تلافيفي

ينطبق التشفير التلافيفي على كل مورد من موارد المعطيات التي تغذي تعدد الإرسال للحصول على استقبال موثوق. وتتمثل عملية التشفير في إضافة الإطناب عمداً إلى رشقات معطيات المصدر (الطول المفروض قدره 7). ويتم الحصول بذلك على رشقات معطيات "إجمالية".

في حالة إشارة سمعية، تحظى بعض البتات المشفرة عند المصدر إلى حماية أكثر من البتات الأخرى، حسب نموذج محدد بشكل مسبق يعرف بالمظهر الجانبي للحماية الكاملة من الأخطاء (UEP). يتراوح معدل الشفرة المتوسط المعرف كالعلاقة بين عدد البتات المشفرة عند المصدر وعدد البتات بعد التشفير التلافيفي بين 1/3 (أعلى مستوى للحماية) و 3/4 (أدنى مستوى للحماية). ويمكن تطبيق مختلف المعدلات المتوسطة للشفرة على موارد سمعية مختلفة، حسب مستوى الحماية المطلوب ومعدل بتات المعطيات المشفرة عند المصدر. فعلى سبيل المثال، قد يكون مستوى الحماية للخدمات السمعية التي تنقلها الشبكات الكبلية أدنى من مستوى الحماية في الخدمات المرسل عبر قنوات التردد الراديوي.

يتم تشفير خدمات المعطيات العامة بالتشفير التلافيفي عن طريق انتقاء معدلات منتظمة. وتشفر المعطيات في القناة FIC عند معدل ثابت بنسبة تبلغ 1/3.

3.9 تشذير زمني

يطبق تشذير زمني بعمق يبلغ 16 رتلاً على المعطيات بعد التشفير التلافي لتقديم المزيد من المساعدة لمستقبل متنقل.

4.9 تشذير ترددي

عند وجود الانتشار بمسارات متعددة، تعزز بعض الموجات الحاملة بواسطة إشارات بناءً بينما تعاني بعض الموجات الحاملة الأخرى من التداخل الهدام (خجو انتقائي للترددات). ولذا يقوم النظام بتشذير ترددي عن طريق إعادة ترتيب قطاع البتات الرقمي بين الموجات الحاملة، بحيث لا تتأثر العينات المتتالية من نفس المورد بالخجو الانتقائي. وعندما يكون المستقبل مستقراً، يعد التنوع في المجال الترددي الوسيلة الرئيسية لضمان استقبال جيد.

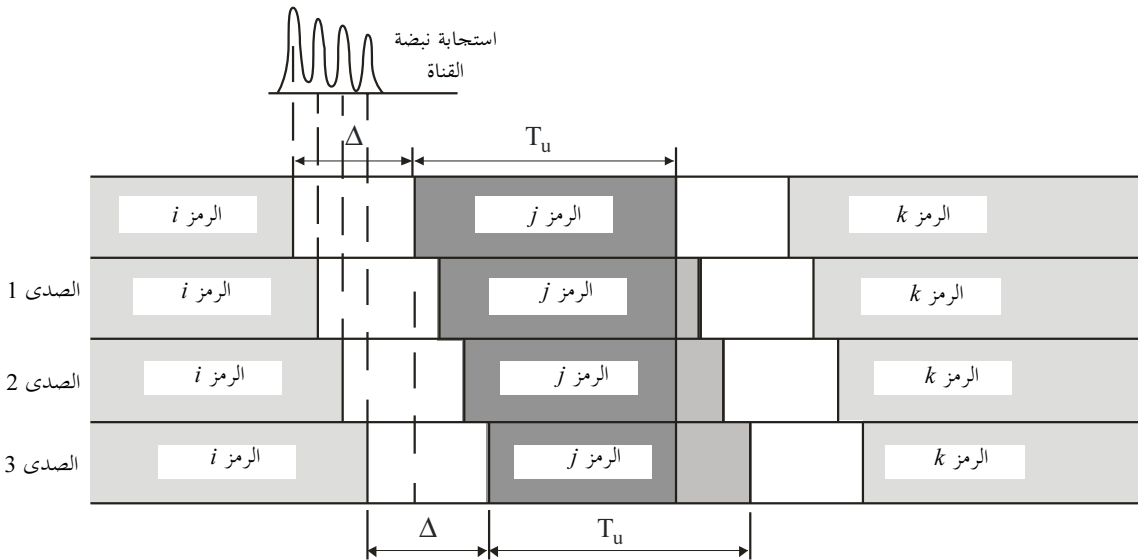
5.9 التشكيل عن طريق استعمال 4-DPSK OFDM

يستعمل النظام A التشكيل DQPSK OFDM (تعدد الإرسال المتعامد بتقسيم التردد). وفي هذا النمط من التشكيل بالمتطلبات المتشددة للإذاعة الرقمية بمعدل بتات مرتفع مكرس للمستقبلات المنقلة والحمولة والثابتة، وخاصة في وجود الانتشار بمسارات متعددة.

ويتمثل المبدأ الأساسي في تقسيم المعلومات التي يتعين نشرها على عدد كبير من قطارات البتات ذات المعدل المنخفض، والتي تستعمل فيما بعد لتشكيل موجات حاملة فردية. وتصبح مدة الشفرات المقابلة أطول من تمديد وقت الانتشار في قناة الإرسال. لا يسبب صدئ، تقل مدته عن فاصل الحراسة، أي تداخل بين الشفرات في المستقبل، بل على العكس يساهم في القدرة المستلمة بشكل إيجابي (انظر الشكل 5). ويعرف العدد الكبير K للموجات الفرعية الحاملة جمعياً بمجموعة.

الشكل 5

مساهمة بناءً للأصدااء



BS.1114-05

وعند وجود الانتشار بمسارات متعددة، تعزز بعض الموجات الحاملة بواسطة إشارات بناءً بينما تعاني بعض الموجات الحاملة الأخرى من التداخل الهدام (خجو انتقائي للترددات). ولذا يقوم النظام A بإدخال إعادة توزيع عناصر قطار البتات الرقمي في الوقت والتردد، بحيث تتأثر عينات المصدر المتتالية بخجو منفصل. وعندما يكون المستقبل مستقراً، يعد التنوع في المجال الترددي الوسيلة الرئيسية لضمان استقبال جيد، لا يساهم تنوع الوقت الذي يوفره التشذير الزمني بأي تحسين لمستقبل مستقر. يعد الانتشار

بمسارات متعددة بالنسبة إلى النظام A شكلاً من التنوع الفضائي؛ ويعتبر أنه يقدم مزايا مهمة، الشيء الذي يتعارض بشدة مع الأنظمة التقليدية FM أو الأنظمة الرقمية ضيقة النطاق حيث يمكن للانتشار بمسارات متعددة أن يعوق استقبال أي خدمة.

في أي نظام يمكنه أن يستفيد من الانتشار بمسارات متعددة، كلما كان عرض نطاق قناة الإرسال أوسع كلما كان النظام موثوقاً منه أكثر. تم اختيار عرض نطاق شامل قدره 1,5 MHz للاستفادة من المزايا التي تقدمها التقنية واسعة النطاق، وللسماع أيضاً بمرونة التخطيط. يبين الجدول 4 أيضاً عدد الموجات الحاملة OFDM المتضمنة في عرض النطاق هذا لكل أسلوب إرسال.

يقدم استعمال تعدد الإرسال OFDM ميزة أخرى تتمثل في تحقيق فعالية في استعمال الطيف والقدرة مع الشبكات وحيدة التردد التي تغطي منطقة واسعة، ومع الشبكات الكثيفة في المناطق الحضرية. ويمكن تشغيل المرسلات التي ترسل نفس البرامج عند نفس التردد، مما يؤدي كذلك إلى تخفيض شامل في قدرات التشغيل المطلوبة. ويمكن تخفيض مسافات إعادة استعمال الترددات بين مناطق مختلفة للخدمة بشكل كبير.

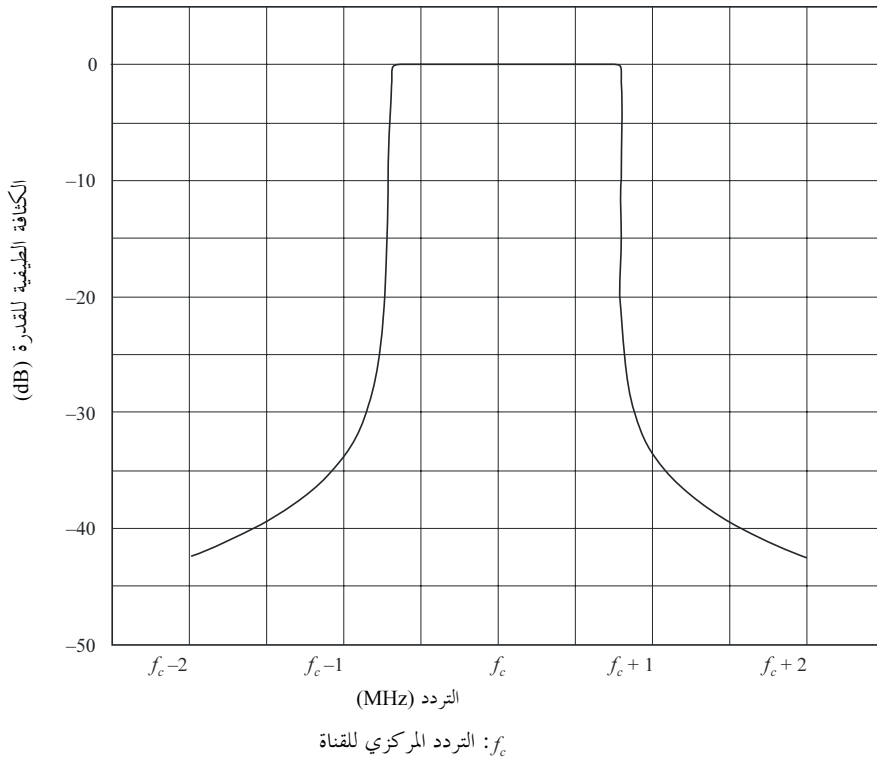
ونظراً لأن الصدى يعزز الإشارة المستقبلية، يمكن لجميع أنماط المستقبلات (الحمولة والمحلية والمركبة على متن مركبة) استعمال هوائيات بسيطة غير اتجاهية.

6.9 طيف إشارة إرسال النظام A

يقدم الشكل 6 مثلاً للطيف النظري للنظام A فيما يتعلق بأسلوب الإرسال II.

الشكل 6

طيف إشارة الإرسال النظري للنظام A في أسلوب الإرسال II

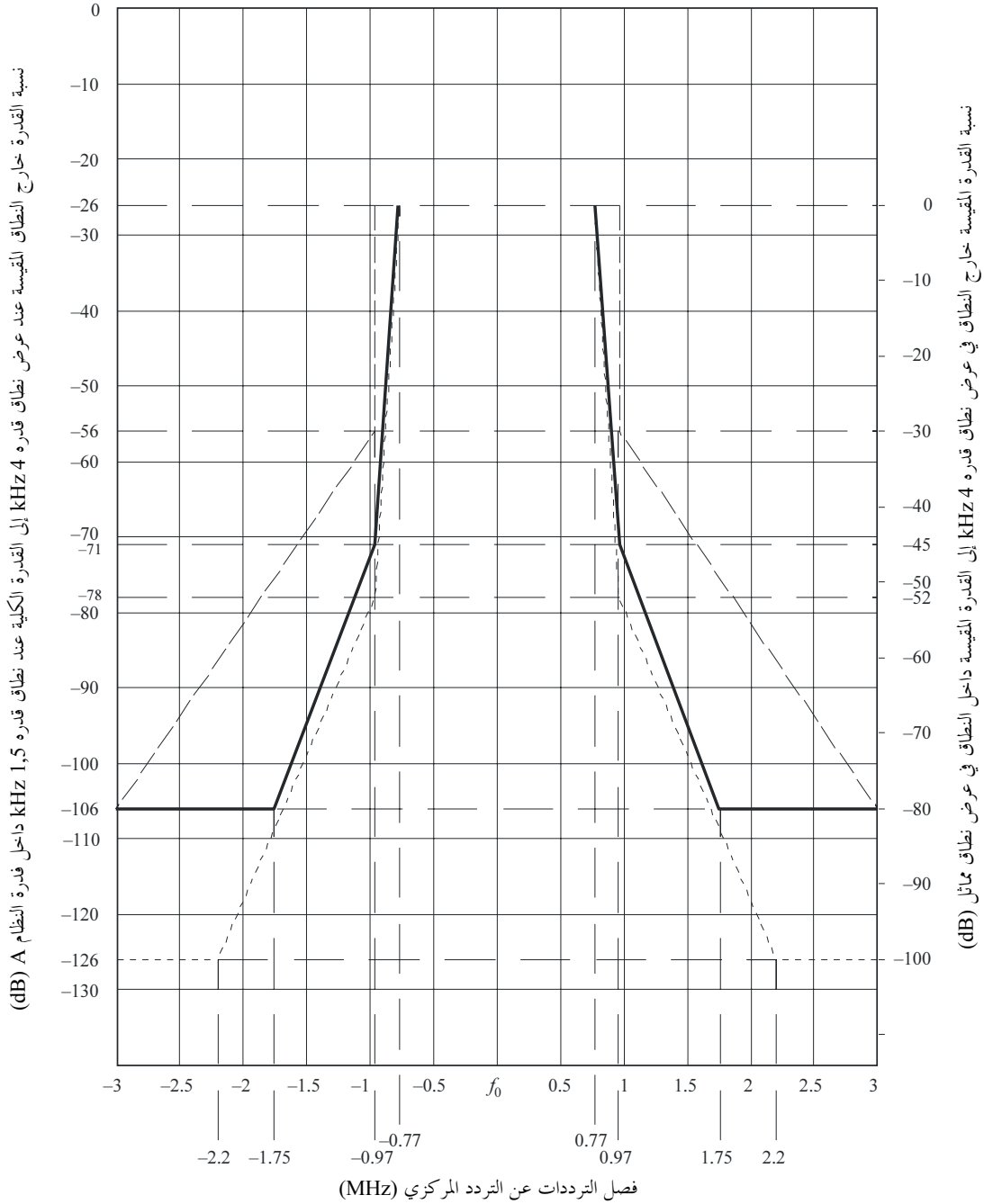


BS.1114-06

ينبغي أن يقع طيف الإشارة المشعة خارج النطاق في أي نطاق يساوي 4 kHz ضمن حدود أحد الأقفعة المعرفة في الشكل 7.

الشكل 7

أقنعة الطيف خارج النطاق في إشارة الإرسال للنظام A



BS.1114-07

وينبغي تطبيق قناع الخط المتواصل على المرسلات بالموجات VHF في المناطق الحرجة من أجل التداخل في القناة المجاورة. وينبغي تطبيق قناع الخط المتقطع على مرسلات الموجات VHF العاملة في ظروف أخرى أو في نطاق عرضه 1,5 GHz أما قناع الخط المنقط فيستخدم في المرسلات بالموجات VHF العاملة في بعض المناطق التي تستعمل التردد 12D.

يمكن الحد من مستوى الإشارة على الترددات خارج نطاق التردد العادي MHz 1,536 بتطبيق الترشيح المناسب.

الجدول 5

جدول الطيف خارج النطاق لإشارة إرسال النظام A

السوية النسبية (dB)	التردد النسبي لمركز القناة 1,54 MHz (MHz)	
26-	0,97 ±	قناع طيف مرسلات النظام A بالموجات VHF العامة في حالات عادية أو في نطاق عرضه GHz 1,5
56-	0,97 ±	
106-	3,0 ±	
26-	0,77 ±	قناع طيف مرسلات النظام A بالموجات VHF العامة في حالات حرجة
71-	0,97 ±	
106-	1,75 ±	
106-	3,0 ±	
26-	0,77 ±	قناع طيف مرسلات النظام A بالموجات VHF العامة في مناطق تستعمل فدرة التردد 12D
78-	0,97 ±	
126-	2,2 ±	
126-	3,0 ±	

10 خصائص أداء التردد الراديوي في النظام A

أجريت اختبارات لتقييم التردد RF في النظام الرقمي A باستعمال الأسلوب I عند MHz 226 والأسلوب II عند MHz 1 480 من أجل ظروف مختلفة تمثل الاستقبال المتنقل والثابت. وتم قياس معدلات خطأ البتات (BER) بدلالة نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N) في قناة الإرسال على قناة المعطيات باستعمال الشروط التالية:

$$0,5 = R \quad \text{، kbit/s } 64 = D$$

$$0,375 = R \quad \text{، kbit/s } 24 = D$$

حيث:

D: معدل معطيات المصدر

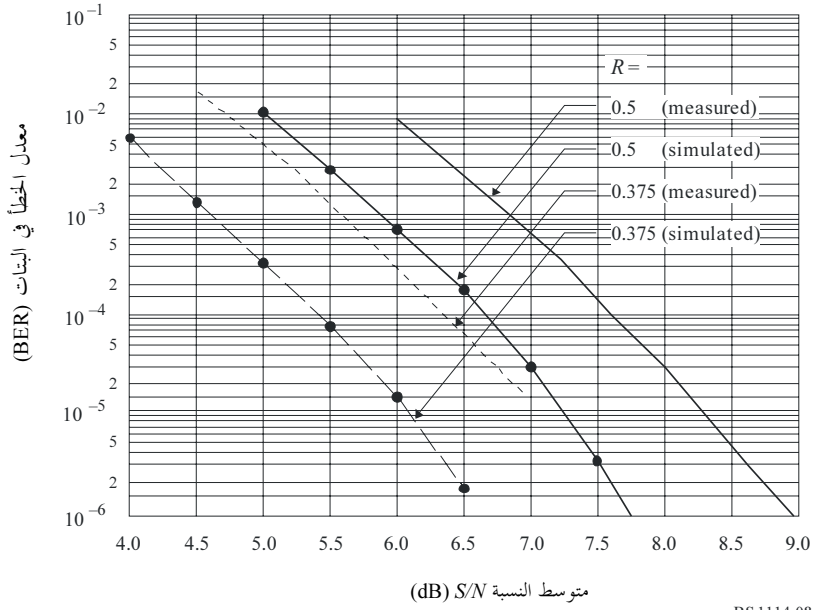
R: معدل متوسط للتشفير.

1.10 المعدل BER بدلالة S/N (بمقدار 1,5 MHz) في قناة غوسية

أضيفت ضوضاء بيضاء غوسية إلى الإشارة لضبط العلاقة S/N عند دخل المستقبل. ويوضح الشكلان 8 و 9 النتائج التي تم التوصل إليها. فعلى سبيل المثال، بالنسبة إلى $R = 0,5$ ، يمكن مقارنة النتائج المقيسة في الشكل 8 بالنتائج التي تم الحصول عليها عن طريق المحاكاة المعلوماتية لإظهار الأداء الملازم للنظام. ويلاحظ أنه تم الحصول على هامش للتنفيذ يقل عن 1,0 dB عند معدل الخطأ في البتات (BER) قدره 1×10^{-4} .

الشكل 8

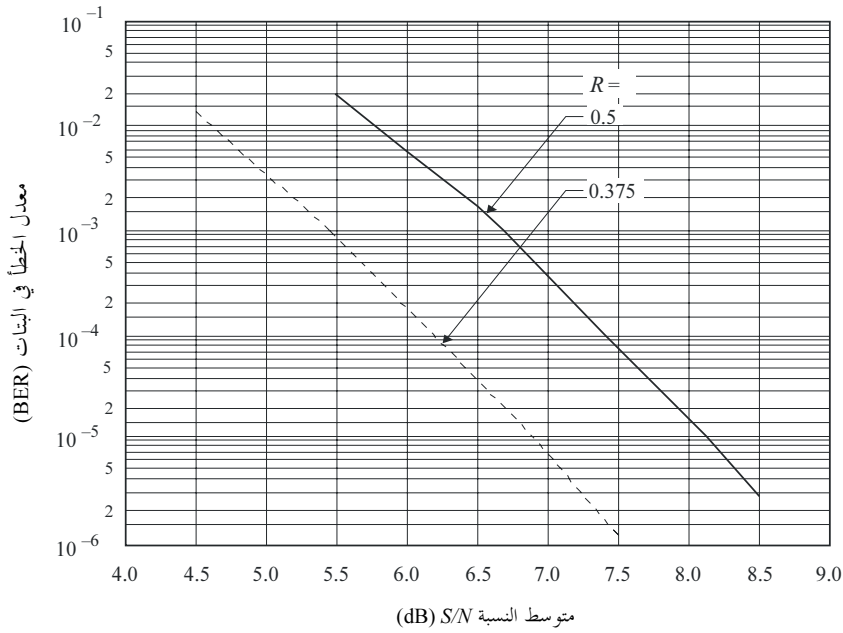
معدل الخطأ في البتات بدلالة نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N)
فيما يتعلق بالنظام الرقمي A (أسلوب الإرسال I) - قناة غوسية



BS.1114-08

الشكل 9

معدل الخطأ في البتات بدلالة نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N)
فيما يتعلق بالنظام الرقمي A (أسلوب الإرسال II أو III): قناة غوسية



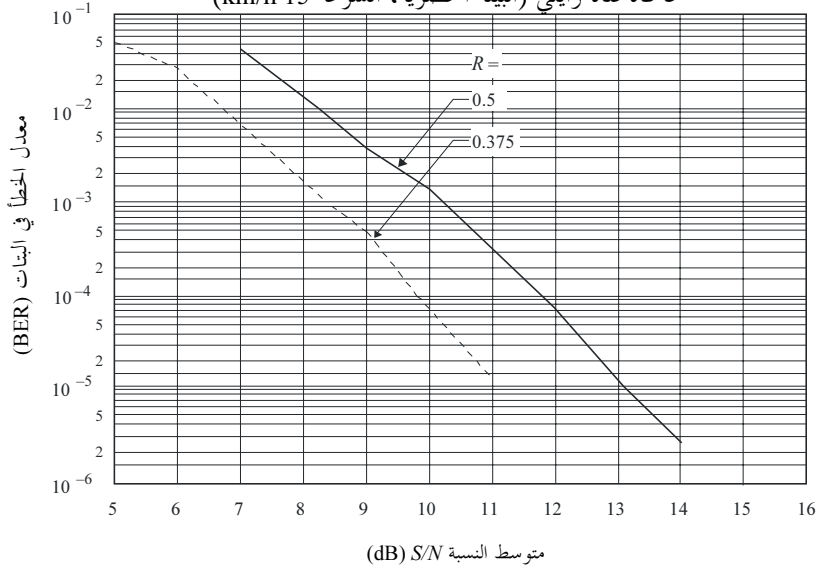
BS.1114-09

2.10 معدل BER بدلالة S/N (بنسبة تبلغ 1,5 MHz) في قناة رايلي محاكاة في بيئة ريفية

أجريت قياسات المعدل BER بدلالة S/N على قنوات المعطيات بواسطة محاكي قناة الخبو. وتقابل حالات المحاكاة الخاصة بقناة رايلي الشكل 5 في الوثيقة Cost 207 (منطقة ريفية نموذجية 0-0,05 μs) وتبلغ سرعة تنقل المستقبل 15 km/h. النتائج موضحة في الشكلين 10 و11.

الشكل 10

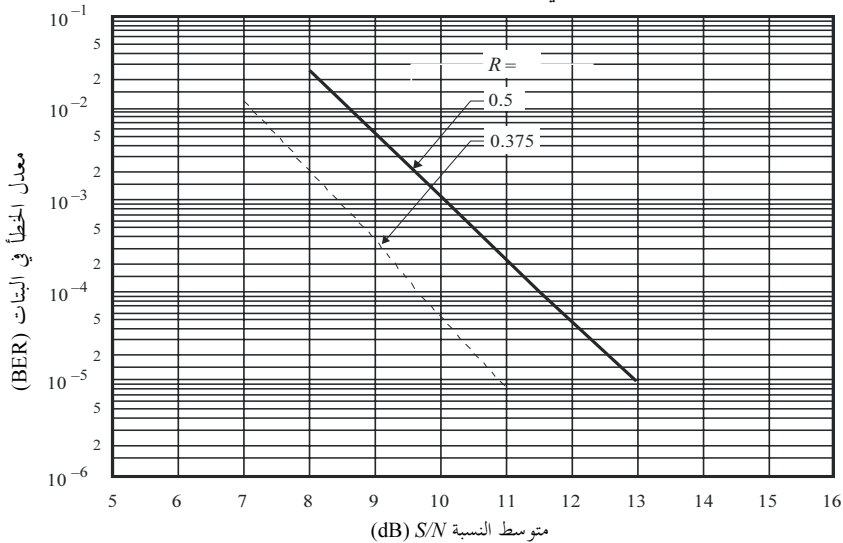
معدل الخطأ في البتات بدلالة نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N)
 فيما يتعلق بالنظام الرقمي A (أسلوب الإرسال I، التردد 226 MHz)
 محاكاة قناة رايلي (البيئة الحضرية، السرعة 15 km/h)



BS.1114-10

الشكل 11

معدل الخطأ في البتات بدلالة نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N)
 فيما يتعلق بالنظام الرقمي A (أسلوب الإرسال II، 1 480 MHz)
 محاكاة قناة رايلي (البيئة الحضرية، السرعة 15 km/h)



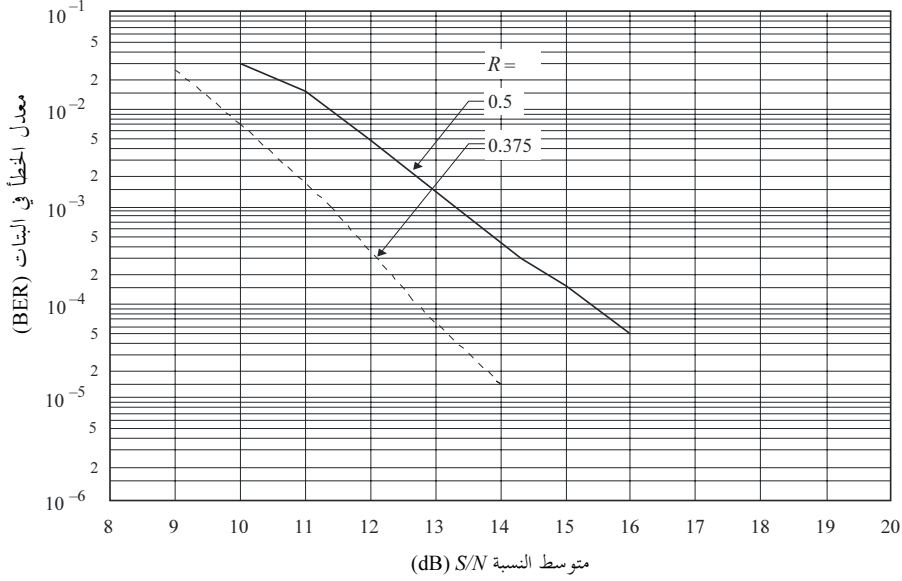
BS.1114-11

3.10 معدل الخطأ في البتات بدلالة النسبة S/N (قدره 1,5 MHz) في قناة رايلي محاكاة في بيئة ريفية

أجريت قياسات المعدل BER بدلالة النسبة S/N على قنوات المعطيات بواسطة محاكي قناة الخبو. تقابل حالات المحاكاة الخاصة بقناة رايلي الشكل 4 في الوثيقة Cost 207 (منطقة ريفية غير جبلية، 0-5 μ s) وتبلغ سرعة تنقل المستقبل 130 km/h. والنتائج موضحة في الشكلين 12 و 13.

الشكل 12

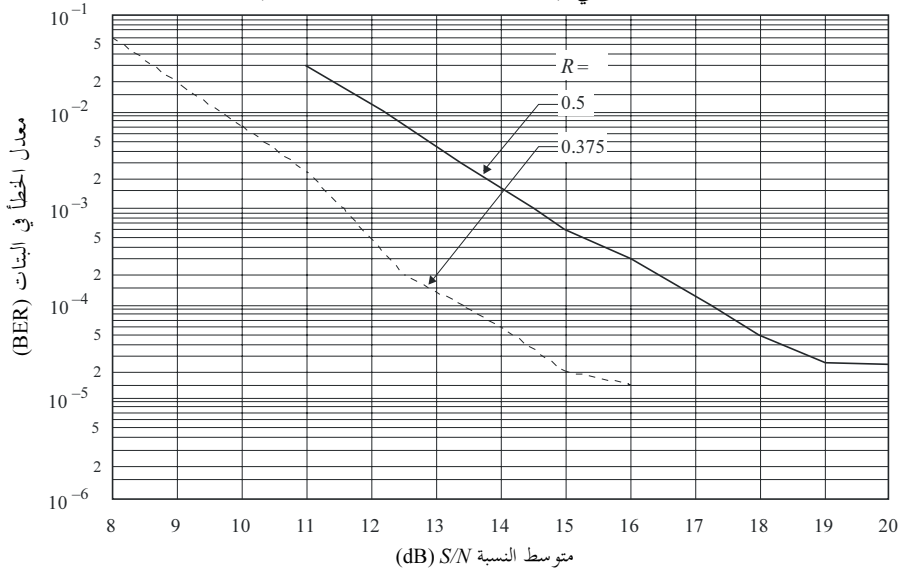
معدل الخطأ في البتات (BER) مقابل نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N)
فيما يتعلق بالنظام A (أسلوب الإرسال I، التردد 226 MHz)
محاكاة قناة رايلي (البيئة الريفية، السرعة 130 km/h)



BS.1114-12

الشكل 13

معدل الخطأ في البتات (BER) مقابل نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N)
فيما يتعلق بالنظام A (أسلوب الإرسال II، التردد 1 480 MHz)
محاكاة قناة رايلي (البيئة الريفية، السرعة 130 km/h)



BS.1114-13

4.10 نوعية صوتية بدلالة النسبة S/N

أجري عدد من التقييمات الشخصية بهدف تقييم النوعية الصوتية بدلالة نسبة الإشارة إلى الضوضاء. وشمل مسار الإرسال تجهيزات لوضع النسبة S/N في قناة غوسية، واستعمل محاكي قناة الخبو في قناة رايلي. وتم استعمال "نموذجين" مختلفين للمحاكاة في حالة قناة رايلي يطابقان النموذجين الموصوفين في الفقرتين 2.10 و 3.10.

في كل حالة من حالات اختبار الاستماع التي أجريت في خطوات لوضع متوسط النسبة S/N ، تم تخفيض 0,5 dB، وبالتالي لوضع الشرطين التاليين:

- عتبة الانحطاط، أي النقطة التي تصبح عندها تأثيرات الأخطاء عندها ملحوظة. وهي تعرف بالنقطة التي يحدث عندها 3 أو 4 أخطاء ذات صلة بالأحداث ويمكن سماعها في فترة زمنية مدتها 30 ثانية تقريباً؛
- نقطة العطب، وهي النقطة التي يتوقف عندها المستمع عن الاستماع للبرنامج لأنه يصبح غير مفهوم أو لأنه لم يعد يوفر المتعة التي يسعى إليها المستمع. وقد تم تعريف هذه النقطة بالوقت الذي تحدث فيه الأخطاء بدون انقطاع تقريباً، وحيث يتوقف البرنامج مرتان أو ثلاث مرات في فترة زمنية مدتها 30 ثانية تقريباً.

تم تسجيل قيمتين للنسبة S/N لكل اختبار، تدلان على الاتفاق الذي توصل إليه فريق مهندسي الصوت. وتقابل النتائج المعروضة فيما يلي القيم المتوسطة الناتجة عن عدة اختبارات أجريت باستعمال تنابعات مختلفة للبرنامج.

الجدول 6

النوعية الصوتية بدلالة نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N)
فيما يتعلق بالنظام A (أسلوب الإرسال I): قناة غوسية

نقطة العطب S/N (dB)	عتبة الانحطاط S/N (dB)	معدل متوسط لتشفير القناة	تشفير المصدر	
			الأسلوب	معدل البتات (kbit/s)
5,5	7,6	0,6	مجم	256
5,9	8,3	0,6	مجم	224
4,8	7,0	0,5	مجم	224
4,5	6,8	0,5	مجم مشترك	224
4,7	7,2	0,5	مجم مشترك	192
4,5	6,8	0,5	غير مجم	64

الجدول 7

النوعية الصوتية بدلالة نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N)
فيما يتعلق بالنظام A (أسلوب الإرسال II أو III): قناة غوسية

نقطة العطب S/N (dB)	عتبة الانحطاط S/N (dB)	معدل متوسط لتشفير القناة	تشفير المصدر	
			الأسلوب	معدل البتات (kbit/s)
5,7	7,7	0,6	مجم	256
5,8	8,2	0,6	مجم	224
4,9	6,7	0,5	مجم	224
4,6	6,6	0,5	مجم مشترك	224
4,6	7,2	0,5	مجم مشترك	192
4,5	6,9	0,5	غير مجم	64

الجدول 8

النوعية الصوتية بدلالة نسبة الإشارة إلى الضوضاء (S/N)
فيما يتعلق بالنظام A قناة رايلي محاكاة (224 kbit/s مجم، نسبة التشفير 0,5)

نقطة العطب S/N (dB)	عتبة الانحطاط S/N (dB)	السرعة (km/h)	أسلوب القناة	التردد (MHz)	الأسلوب
9,0	16,0	15	حضرية	226	I
7,0	13,0	15	حضرية	1 500	II
10,0	17,6	130	ريفية	226	I
10,0	18,0	130	ريفية	1 500	II

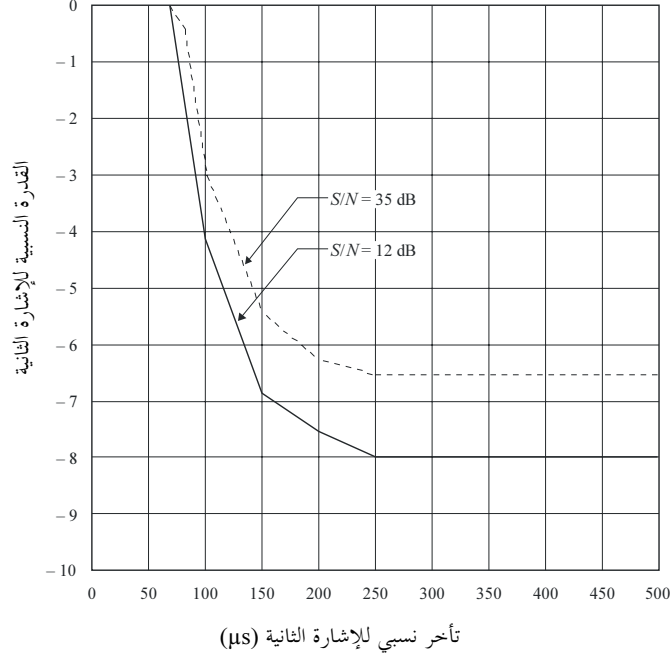
5.10 مقدرة التشغيل في شبكات وحيدة التردد

تمت معالجة إشارة النظام A (أسلوب الإرسال II) بواسطة محاكي القناة لتوليد نسختين من الإشارة، تمثل إحداها الإشارة المستلمة عبر مسار إرسال مرجعي بدون تأخير وبقدرة ثابتة، وتمثل الأخرى إشارة مع تأخير ناتج عن مرسل ثانٍ في شبكة وحيدة التردد (أو صدى آخر بوقت انتشار مهم). وكانت إزاحة دوبلر المنطبقة على الإشارة الثانية متلائمة مع حدود مقدرات النظام A. وقد أحرقت سلسلتين من القياسات لضبط النسبة S/N للإشارة المستقبلية الكلية على 12 dB و 35 dB. وقد تم قياس القدرة النسبية للإشارة الثانية مع تأخير عن طريق تغيير التأخير عبر قناة معطيات بمعدل BER يساوي 1×10^{-4} ومعدل 64 kbit/s ونسبة تشفير تبلغ 0,5 مع زيادة التأخير. النتائج موضحة في الشكل 14.

ويساوي اتساع الفاصل الحارس 64 μ s في أسلوب الإرسال II، وهكذا تبين النتائج أن ما دامت الإشارة الثانية موجودة في فاصل الحراسة، لن يكون هناك أي انحطاط.

الشكل 14

مثال مقدرة التشغيل في شبكة وحيدة التردد
فيما يتعلق بالنظام A (أسلوب الإرسال II)



BS.1114-14

الملحق 3

النظام الرقمي F

1 مقدمة

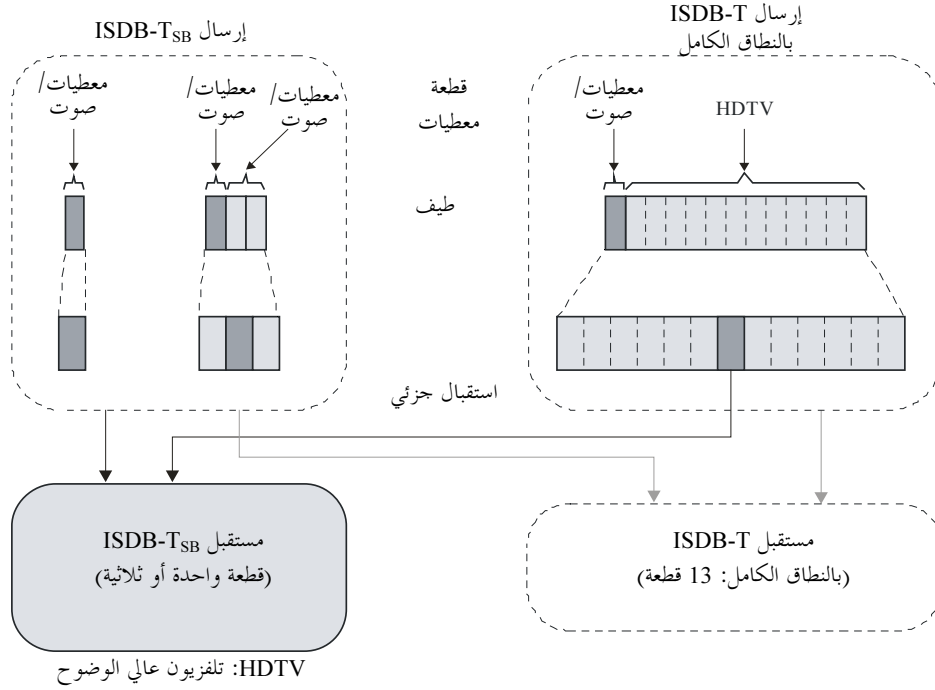
صمم النظام الرقمي F (النظام F)، المعروف أيضاً بالنظام ISDB-T_{SB}، ليؤمن صوتاً عالي الجودة وإذاعة معطيات باعتمادية كبيرة حتى في حالة الاستقبال المتنقل. كما صمم النظام F لتوفير المرونة وإمكانية التوسع ويتوافق إلى حد بعيد مع إذاعة الوسائط المتعددة التي تستخدم شبكات الأرض ويتطابق مع متطلبات النظام التي تنص عليها التوصية ITU-R BS.774.

والنظام F نظام متين يستخدم التشكيل OFDM والتشذير الثنائي للزمن والتردد والشفرة المتسلسلة لتصحيح الخطأ. ويسمى التشكيل OFDM الذي يستعمله النظام F إرسال متقطع النطاق (BST)-OFDM. وهناك نقاط مشتركة بين النظام F والنظام ISDB-T الخاص بالإذاعة الرقمية التلفزيونية للأرض في الطبقة المادية. ويبلغ عرض نطاق فدرة التشكيل OFDM، وتسمى قطعة OFDM وهي حوالي 500 kHz. ويتألف النظام F من ثلاث قطع OFDM وبالتالي يبلغ عرض نطاق النظام 500 kHz تقريباً أو 1,5 MHz.

ومعلومات الإرسال في النظام F واسعة التنوع مثل خطة تشكيل الموجة الحاملة ومعدلات تشفير شفرة تصحيح الخطأ الداخلية وطول مدة التشذير وتخصص بعض الموجات الحاملة للتحكم في الحملات التي تنقل معلومات عن معلومات الإرسال، وتسمى هذه الموجات الحاملة المخصصة للتحكم بالموجات الحاملة (TMCC).

والنظام F قادر على استخدام طرائق تشفير سمعي عالي الانضغاط مثل طريقة الطبقة II للأسلوب MPEG-2 والطريقة AC-3 والطريقة AAC للأسلوب MPEG-2. كما أنه يستخدم الأنظمة MPEG-2. ولدية أيضاً نقاط مشتركة وقابلية للتشغيل مع أنظمة عديدة أخرى تستخدم الأنظمة MPEG-2 مثل الأنظمة ISDB-T و ISDB-S و DVB-T و DVB-S. ويبين الشكل 15 مفهوم الإرسال ISDB-T_{SB} (بالنطاق الجانبي) و ISDB-T الكامل والنطاق الكامل والاستقبال الموازي.

الشكل 15

مفهوم الإرسال ISDB-T_{SB} و ISDB-T بالنطاق الكامل والاستقبال الموازي

BS.1114-15

2 خصائص النظام F

1.2 متانة النظام F

يستخدم النظام F التشكيل OFDM والتشذير الثنائي للزمن والتردد والشفرات المتسلسلة لتصحيح الخطأ. والتشكيل OFDM طريقة تشكيل بموجات حاملة متعددة لا تتأثر بتعدد المسارات، وتضيف خصوصاً فاصل حراسة إلى مجال الزمن. وتشغل المعلومات المرسله بحالي التردد والزمن من خلال التشذير ويتم تصحيحها في مفكك التشفير فيتربي (Viterbi) وريدسولومون (RS). وبناءً على ذلك يتم الحصول على إشارة عالية الجودة في المستقبل حتى في الظروف الصعبة للانتشار متعدد المسارات سواء أكان ثابتاً أم متنقلاً.

2.2 التنوع الكبير في أساليب الإرسال

يعتمد النظام F التشكيل BST-OFDM، ويتكون من إحدى القطع الثلاث OFDM وهو إرسال بقطعة واحدة وقطعة ثلاثية. ويتحدد عرض نطاق قطعة OFDM في إحدى الطرائق الثلاث تبعاً لحجم القناة المرجعية 6 أو 7 أو 8 MHz. وعرض النطاق هو جزء من أربعة عشر جزءاً من عرض نطاق القناة المرجعية (6 أو 7 أو 8 MHz) أي 429 kHz (6/14 MHz) أو 500 kHz (7/14 MHz) أو 571 kHz (8/14 MHz). وينبغي انتقاء عرض نطاق القطعة OFDM وفقاً لحالة التردد في كل بلد.

وعرض نطاق القطعة الواحدة هو 500 kHz تقريباً، ولذلك يكون عرض نطاق الإرسال بقطعة واحدة والإرسال بثلاث قطع 500 kHz و 1,5 MHz تقريباً.

والنظام F له ثلاثة أساليب إرسال أخرى تتيح استعمال مدى واسع من ترددات الإرسال، وأربعة أطوال لفواصل الحراسة من أجل تعيين المسافة بين مرسلات الشبكات ووحدة التردد (SFN). وقد تحددت أساليب الإرسال هذه من أجل معالجة التحديد الدوبلري وتمديد وقت الانتشار في الاستقبال المتنقل بوجود الصدى في المسارات المتعددة.

3.2 المرونة

يمثل النظام F لتعدد الإرسال، امتثالاً كاملاً لمعمارية الأنظمة MPEG-2. ولذا يمكن إرسال محتويات رقمية متنوعة مثل الصوت والنص والصور الثابتة والمعطيات بالتأون.

وعلاوة على ذلك، تستطيع الهيئات الإذاعية وفقاً لأغراضها أن تختار طريقة تشكيل الموجة الحاملة ومعدل تشفير تصحيح الأخطاء وطول تشذير الوقت وغيرها في النظام. فهناك أربعة أنواع من طرق تشكيل الموجة الحاملة هي: QPSK و DQPSK و 16-QAM و 64-QAM، وخمسة أنواع من معدلات التشفير هي 1/2 و 2/3 و 3/4 و 5/6 و 7/8، وخمسة أطوال لتشذير الوقت من 0 إلى ثانية واحدة تقريباً. وترسل الموجة الحاملة TMCC المعلومات إلى المستقبل الذي يدل على نوعية طريقة التشكيل ومعدل التشفير المستخدمين في النظام.

4.2 النقاط المشتركة وقابلية التشغيل البيئي

يستخدم النظام F التشكيل BST-OFDM والأنظمة MPEG-2. ولذا لديه نقاط مشتركة مع النظام ISDB-T للإذاعة التلفزيونية الرقمية للأرض (DTTB) في الطبقة المادية، وكذلك مع أنظمة مثل الأنظمة ISDB-T و ISDB-S و DVB-T و DVB-S التي تستخدم الأنظمة MPEG-2 في طبقة النقل.

5.2 فعالية الإرسال وتشفير المصدر

يستخدم النظام F طريقة التشكيل عالية الفعالية في استعمال الطيف للتشكيل OFDM. كما يسمح لشبكات الإذاعة بإعادة استعمال التردد بأن تتوسع باستعمال مرسلات إضافية تعمل جميعها في نفس التردد المشع.

وإضافة إلى ذلك، تستطيع قوات هيئات الإذاعة المستقلة أن ترسل سوية دون نطاقات حراسة من نفس المرسل طالما لم يتغير التردد وتزامن البتات بين القنوات.

والنظام F قادر على استخدام التحكم MPEG-2 AAC. ويمكن تحقيق نوعية تقارب نوعية القرص المتراص باعتماد معدل بتات قدره 144 kbit/s من أجل التجسيم.

6.2 استقلالية هيئات الإذاعة

النظام F نظام بالنطاق الضيق لإرسال برنامج صوتي واحد على الأقل. وبالتالي يمكن لهيئات الإذاعة أن يكون لها قناة تردد خاصة بها تمكنها من انتقاء معلمات إرسالها بشكل مستقل.

7.2 الاستهلاك الضئيل للطاقة

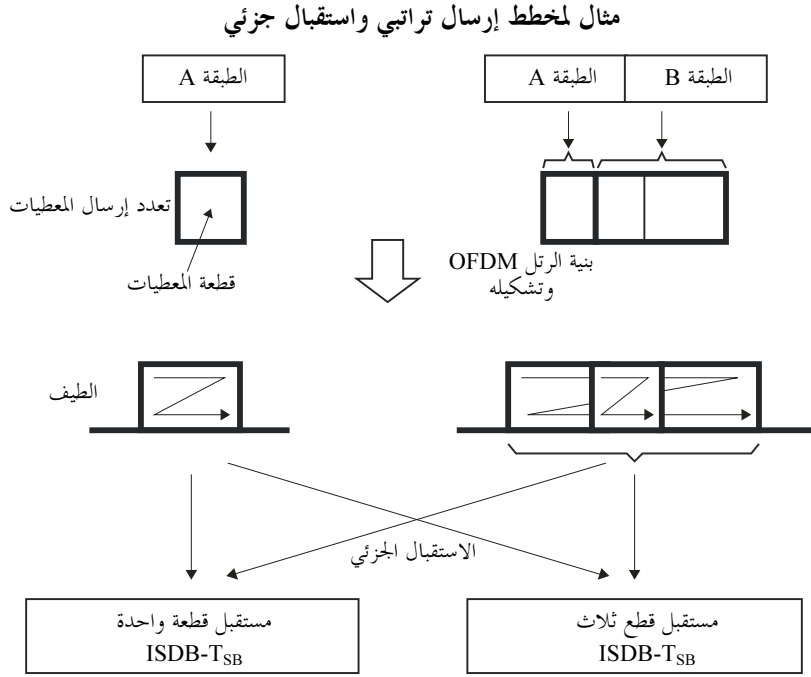
بالإمكان جعل جميع الأجهزة تقريباً صغيرة وخفيفة الوزن من خلال تطوير الدارات المدججة على نطاق واسع (LSI). ومن أهم الجهود المبذولة لتقليص حجم البطاريات هو ضرورة خفض استهلاك الجهاز للطاقة. وكلما تباطأت ميقاتية النظام كلما تضاعف استهلاك الطاقة. وبالتالي يمكن للنظام بالنطاق الضيق والمعدل المنخفض مثل إرسال بقطعة واحدة أن يتيح للمستقبل إمكانية أن يكون محمولاً وخفيفاً.

8.2 الإرسال التراتبي والاستقبال الجزئي

يجوز في الإرسال بالقطع الثلاث إنجاز إرسال الطبقة الواحدة والإرسال التراتبي، وثمة طبقتان A و B في الإرسال التراتبي. ويمكن تغيير معلمات إرسال خطة تشكيل الموجات الحاملة ومعدلات تشفير الشفرة الداخلية وطول تشذير الزمن في الطبقات المختلفة.

ويمكن استقبال القطعة المركزية للإرسال التراتبي في مستقبل القطعة الواحدة. ويستطيع مستقبل القطعة الواحدة بفضل البنية المشتركة OFDM أن يستقبل جزئياً قطعة مركزية للإشارة ISDB-T بالنطاق الكامل كلما أرسل برنامج مستقل في قطعة مركزية. ويبين الشكل 16 مثلاً للإرسال التراتبي والاستقبال الجزئي.

الشكل 16



BS.1114-16

3 معلمات الإرسال

يمكن تعيين ترتيب قنوات بالتردد 6 MHz أو 7 MHz أو 8 MHz في النظام F. ويعرف عرض نطاق القطعة بأنه جزء من أربعة عشر جزءاً من عرض نطاق القناة، وهنالك 429 kHz (6/14 MHz) أو 500 kHz (7/14 MHz) أو 571 kHz (8/14 MHz) لكن ينبغي انتقاء عرض نطاق القطعة تبعاً لحالة التردد في كل بلد.

وترد معلمات الإرسال للنظام ISDB-T_{SB} في الجدول 9.

الجدول 9

معلومات الإرسال في النظام ISDB-T_{SB}

الأسلوب 1			الأسلوب 2	الأسلوب 3	الأسلوب
			3 ، 1		عدد القطع الإجمالي ⁽¹⁾ ($n_c + n_d = N_s$)
			8 ، 7 ، 6		ترتيب القنوات المرجعي (BWf) (MHz)
			$BWf \times 1000/14$		عرض نطاق القطعة (BWs) (kHz)
			$BWs \times N_s + C_s$		عرض النطاق المستعمل (BWu) (kHz)
			n_d		عدد القطع للتشكيل التفاضلي
			n_c		عدد القطع للتشكيل المنسجم
$BWs/432$	$BWs/216$	$BWs/108$			تباعد الموجات الحاملة (C_s) (kHz)
$432 \times N_s + 1$	$216 \times N_s + 1$	$108 \times N_s + 1$			المجموع
$384 \times N_s$	$192 \times N_s$	$96 \times N_s$			المعطيات
$36 \times n_c$	$18 \times n_c$	$9 \times n_c$			⁽²⁾ SP
$n_d + 1$	$n_d + 1$	$n_d + 1$			⁽²⁾ CP
$4 \times n_c + 20 \times n_d$	$2 \times n_c + 10 \times n_d$	$n_c + 5 \times n_d$			⁽³⁾ TMCC
$8 \times N_s$	$4 + N_s$	$2 \times N_s$			⁽⁴⁾ AC1
$19 \times n_d$	$9 \times n_d$	$4 \times n_d$			⁽⁴⁾ AC2
64-QAM ، 16-QAM ، QPSK ، DQPSK					تشكيل الموجة الحاملة
204					عدد الشفرات في الرتل الواحد
$1000/C_s$					مدة الرمز النافع (T_u) (μs)
T_u أو $1/8$ أو $1/16$ أو $1/32$ من T_u					مدة فاصل الحراسة (T_g)
$T_u + T_g$					مدة الرمز الإجمالية (T_s)
$T_s \times 204$					مدة الرتل (T_f)
$1024 (N_s = 1)$ $2048 (N_s = 3)$	$512 (N_s = 1)$ $1024 (N_s = 3)$	$256 (N_s = 1)$ $512 (N_s = 3)$			عينات المتحولة FFT (F_s)
$F_{sc} = F_s/T_u$					ميكائية عينة المتحولة FFT (F_{sc}) (MHz)
شفرة تلافيفية (معدل الشفرة = $1/2$ ، $2/3$ ، $3/4$ ، $5/6$ ، $7/8$) (الشفرة الأم = $1/2$)					شفرة داخلية
شفرة (204,188) RS					شفرة خارجية
8 ، 4 ، 2 ، 1 ، 0	16 ، 8 ، 4 ، 2 ، 0	32 ، 16 ، 8 ، 4 ، 0			معلمة تشذير الزمن (I)
$I \times 95 \times T_s$					طول تشذير الزمن

FFT: متحولة فورييه (Fourier) السريعة

- (1) يستخدم النظام F الإرسال بالقطعة الواحدة أو بالقطع الثلاث في الخدمات الصوتية بينما يجوز استعمال أي عدد من القطع في الخدمات الأخرى كالخدمات التلفزيونية مثلاً. (مقارنة بالنظام C الوارد في التوصية ITU-R BT.1306).
- (2) تستخدم الموجات SP (الموجات الدلالية المتقطعة) و CP (الموجات الدلالية المتصلة) في تزامن الترددات وتقدير القنوات. ويشمل عدد الموجات CP على عددها في جميع القطع وموجة CP واحدة للمسافة العليا لمجمل عرض النطاق.
- (3) يتضمن التحكم TMCC معلومات عن معلمات الإرسال.
- (4) تتضمن القناة AC (القناة المساعدة) معلومات مساعدة عن تشغيل الشبكة.

4 تشفير المصدر

تطابق بنية تعدد إرسال النظام F تماماً معمارية الأنظمة MPEG-2، وبالتالي يمكن إرسال رزم تدفق نقل MPEG-2 (TSPTS) التي تحتوي على إشارات سمعية رقمية مضغوطة. كما يمكن للنظام F أن يستخدم طرائق الانضغاط السمعي الرقمي مثل طريقة الطبقة II السمعية للنظام MPEG-2 المحددة في المعيار ISO/IEC 13818-3 والطريقة AC-3 (معيار الانضغاط السمعي الرقمي المحدد في الوثيقة ATSC A/52) والطريقة MPEG-2 AAC المحددة في المعيار ISO/IEC 13818-7.

5 تعدد الإرسال

تعدد الإرسال في النظام F متطابق مع النظام MPEG-2 TS ISO/IEC 13818-1. وعلاوة على ذلك تتحدد أرتال تعدد الإرسال وواصفات التحكم TMCC للإرسال التراتبي بالقطعة الواحدة.

وفيما يتعلق بالتشغيل البيئي الأقصى بين عدد من أنظمة الإذاعة الرقمية مثل النظام ISDB-S موضوع التوصية ITU-R BO.1408 وISDB-T موضوع التوصية ITU-R BT.1306 (النظام C) ونظام خدمة الإذاعة الساتلية (صوت) العاملة في النطاق 2,6 GHz والواردة في التوصية ITU-R BO.1130 (النظام E). فإن هذه الأنظمة قادرة على تبادل تدفقات معطيات الإذاعة مع الأنظمة الإذاعية الأخرى من خلال هذا السطح البيئي.

1.5 رتل تعدد الإرسال

يحدد النظام ISDB-T_{SB} بهدف تحقيق إرسال تراتبي يستخدم النظام BST-OFDM رتلاً متعدد الإرسال لتدفقات النقل ضمن نطاق تطبيق الأنظمة MPEG-2. وتدفق النقل في رتل تعدد الإرسال هو تدفق مستمر لرزم تدفقات نقل ريدسولومون (RS-TSP) من 204 أثنوناً مكونة من رزم RS-TSP قدرها 188 أثنوناً و16 أثنوناً من المعطيات المدومة أو التعادلية RS.

ويتم تكيف مدة الرتل متعدد الإرسال مع الرتل OFDM من خلال عدّ الرزم RS-TSP التي تستخدم ميقاتية تبلغ سرعتها ضعف سرعة ميقاتية اعتيان المتحولة FFT العكسية (IFFT) في حالة الإرسال وحيد القطعة. أما في حالة الإرسال ثلاثي القطع فتتكيف مدة الرتل متعدد الإرسال مع مدة الرتل OFDM من خلال عدّ الرزم RS-TSP التي تستخدم ميقاتية أسرع من ميقاتية اعتيان المتحولة IFFT بأربعة أضعاف.

6 تشفير القناة

يصف هذا القسم فدرة تشفير القناة التي تستقبل الرزم المرتبة في الأرتال متعددة الإرسال وتنقل فدر القناة المشفرة إلى فدرة التشكيل OFDM.

1.6 المخطط الإجمالي الوظيفي لتشفير القناة

يبين الشكل 17 المخطط الإجمالي الوظيفي لتشفير القناة في النظام ISDB-T_{SB}.

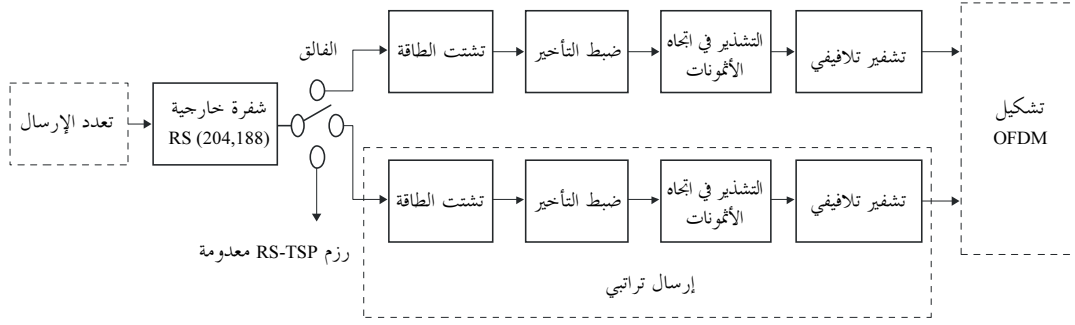
وتتوافق مدة الرتل المتعدد مع الرتل OFDM من خلال عدّ أثنونات الرتل متعدد الإرسال باستخدام ميقاتية أسرع من معدل اعتيان المتحولة IFFT كما ورد في الفقرة السابقة.

ويعتبر أثنون رأسية الرتل متعدد الإرسال (ويعادل أثنون تزامن الرزم TSP) في السطح البيئي الواقع بين فدرة الإرسال المتعدد وفدرة التشفير الخارجي، بمثابة أثنون رأسية الرتل OFDM. وتعتبر البتة الأكثر دلالة لأثنون الرأسية. في وصف البتات، بتة تزامن الرتل OFDM.

وفيما يتعلق بإرسال الطبقات ثلاثي القطع يقسم التدفق RS-TSP إلى طبقتين حسب معلومات التحكم في الإرسال. ويمكن تحديد معدل تشفير تصحيح الخطأ الداخلي ونظام تشكيل الموجة الحاملة وطول التشذير الزمني كل على حدة.

الشكل 17

مخطط تشفير القناة



BS.1114-17

2.6 التشفير الخارجي

تطبق الشفرة القصيرة RS (204، 188) على كل من الرزم MPEG-2 TSP من أجل توليد رزمة TSP محمية من الأخطاء هي RS-TSP. والشفرة RS (208، 188) قادرة على تصحيح عدد من الأخطاء العشوائية يصل إلى ثمانية في كلمة من 204 أمتوناً.

ومتعدد الحدود التوليدي لجال هو: $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$

ومتعدد الحدود التوليدي للشفرة هو: $g(x) = (x - \lambda^0)(x - \lambda^1)(x - \lambda^2)(x - \lambda^3) \dots (x - \lambda^{15})$

حيث $\lambda = 02_{16}$

ومن الجدير بالذكر أن الرزم TSP المعدومة الآتية من معدد الإرسال مشفرة أيضاً في رزم RS (204، 188).

وتظهر الرزم MPEG-2 TSP و RS-TSP (الرزم TSP المحمية من أخطاء الشفرة RS) في الشكل 18. وتعرف الرزم TSP المحمية من الأخطاء RS أيضاً باسم الرزم TSP للإرسال.

الشكل 18

الرزم MPEG-2 TSP و RS-TSP (رزم TSP للإرسال)

معطيات نقل متعددة الإرسال MPEG-2	أمتون واحد للترامن
187 أمتونا	

أ) MPEG-2 TSP

معطيات نقل متعددة الإرسال MPEG-2 187 أمتوناً	أمتون واحد للترامن	16 أمتوناً تعادلياً
--	--------------------	---------------------

ب) الرزم RS-TSP (رزم TSP للإرسال)، رزم TSP المحمية من الأخطاء RS (204، 188)

BS.1114-18

3.6 تشتت الطاقة

حرصاً على ضمان انتقالات آتينية ملائمة يُعمل على جعل المعطيات الواردة من الفاقد عشوائية باستعمال تتابع بتات شبه عشوائي (PRBS). ويكون متعدد الحدود الخاص بتوليد التتابع (PRBS) كالتالي:

$g(x) = x^{15} + x^{14} + 1$

4.6 ضبط التأخير

يختلف التأخير الناتج عن عملية تشذير الأثونات من تدفق إلى آخر في الطبقات المختلفة تبعاً لخصائص التدفق (مثل التشكيل وتشفير القناة) ومن أجل التعويض عن فرق التأخير بما فيه إزالة التشذير في المستقبل، يتم ضبط التأخير قبل تشذير الأثونات في جهة الإرسال.

5.6 تشذير الأثونات (التشذير بين الشفرات)

يطبق تشذير الأثونات التلافي بالطول $I = 12$ على الرزم العشوائية والحماية من الخطأ والمكونة من 204 أثنوناً. وقد يتألف التشذير من $I = 12$ فرعاً موصلة دورياً بتدفق أثنونات داخلية من خلال بدالة الدخل. ويكون كل فرع في سجل Z يخالف من نمط الخدمة حسب ترتيب الوصول (FIFO) مع الطول $z \times 17$ أثنوناً. وتضم خلايا النمط FIFO أثنوناً واحداً ويكون تبديل الدخول والخروج مترامناً.

وإزالة التشذير مماثلة مبدئياً للتشذير بفارق أن أدلة الفروع محجوزة. ويبلغ التأخير الكلي الناتج عن التشذير وإزالة التشذير $17 \times 11 \times 12$ أثنوناً (يعادل 11 رزمة TSP).

6.6 تشفير داخلي (شفرات تلافيفية)

يسمح النظام F بمدى من الشفرات التلافيفية المقطعة القائمة على شفرة تلافيفية أولية بمعدل $1/2$ مع 64 حالة. ومعدلات تشفير الشفرات هي $1/2$ و $2/3$ و $3/4$ و $5/6$ و $7/8$. مما يتيح انتقاء الخواص الأكثر ملاءمة لتصحيح الخطأ في خدمة معينة أو معدل المعطيات في خدمات الإرسال ISDB-T_{SB} ومنها الخدمات المتنقلة. ومتعددان الحدود المولدان للشفرة الأولية هما $G_1 = 171_{oct}$ و $G_2 = 133_{oct}$ أثنوناً للخروج Y.

7 التشكيل

تظهر تشكيلة فدرية التشكيل في الشكلين 19 و 20. وبعد تشذير البتات تتم جدولة معطيات كل طبقة في المجال المركب.

1.7 ضبط التأخير في تشذير البتات

يسفر تشذير البتات عن تأخير 120 وحدة معطيات مركبة $(I+jQ)$ كما سيرد في الفقرة التالية. ويضبط التأخير الكلي في المرسل والمستقبل بمقدار يساوي رمزي تشكيل OFDM وذلك بإضافة التأخير المناسب.

2.7 تشذير وجدولة البتات

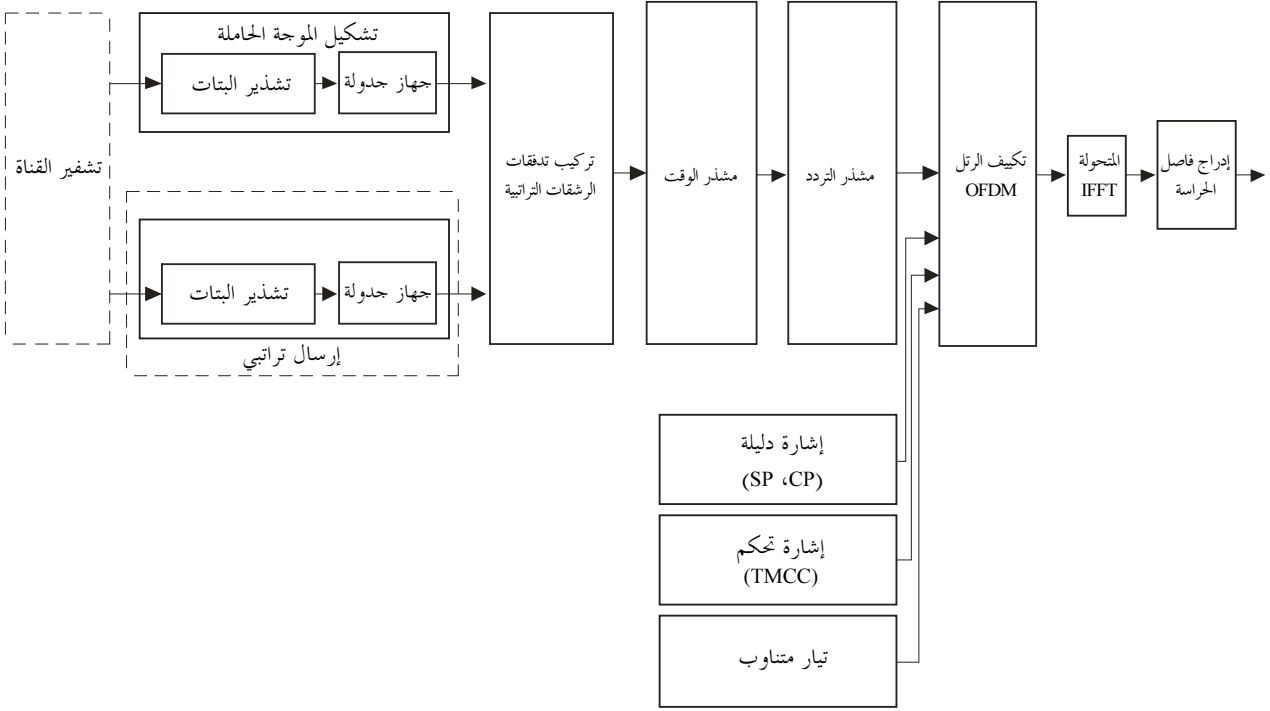
يمكن لأغراض هذا النظام انتقاء أحد أنظمة تشكيل الموجة الحاملة بين الأنظمة DQPSK و QPSK و 16-QAM و 64-QAM. ويتحول تتابع البتات التسلسلي عند خرج الشفرة الداخلية إلى تتابع متواز بيتين لكي تخضع لجدول التشكيل DQPSK بتخالف $\pi/4$ أو جدولة التشكيل QPSK التي تعطي عدد n من بتات معطيات المحور I والمحور Q. وقد يتوقف العدد n على التطبيق، ففي حالة التشكيل 16-QAM يتحول التابع إلى تتابع متواز بأربع بتات. وفي حالة التشكيل 64-QAM يتحول إلى تتابع متواز بست بتات. وبعد التحول من التسلسلي إلى المتوازي يتم تشذير البتات عن طريق إدراج تأخير قدره 120 بتة كحد أقصى.

3.7 قطعة المعطيات

تحدد قطعة المعطيات بأما جدول عناوين للمعطيات المركبة التي تنفذ عليها عمليات تحويل المعدل وتشذير الوقت وتشذير التردد. وتقابل قطعة المعطيات جزء معطيات القطعة OFDM.

الشكل 19

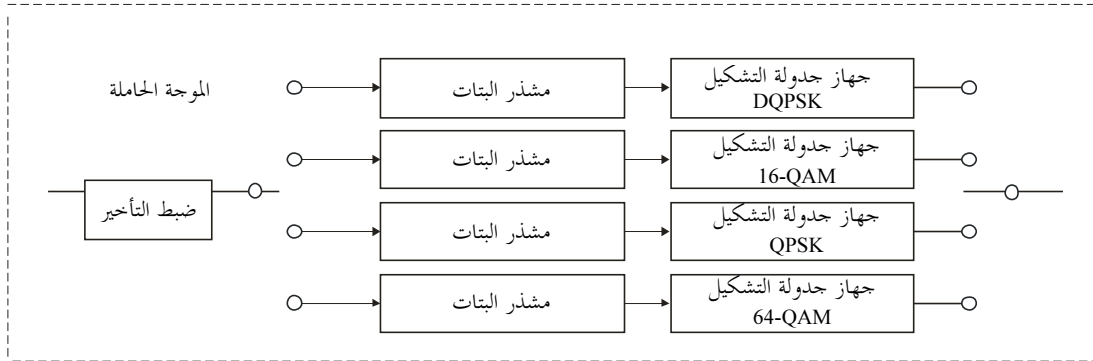
مخطط فدرات للتشكيل



BS.1114-19

الشكل 20

تشكيل فدرات الموجة الحاملة



BS.1114-20

4.7 تركيب تدفقات معطيات الطبقات

تدرج المعطيات المركبة لكل قناة بعد تشفيرها لأغراض القناة وجدولتها في قطع المعطيات المعينة مسبقاً عند كل رمز. وتقرأ المعطيات المخزنة في جميع قطع المعطيات دورياً مع ميقاتة اعتيان المتحولة IFFT؛ ثم يتم تحول المعدل وتركيب تدفقات معطيات الطبقات.

5.7 تشذير الوقت

يتم تشذير وقت الشفرات بعد عملية التركيب. ويتراوح طول تشذير الوقت بين 0 وثانية واحدة تقريباً ويكون محددًا لكل طبقة.

6.7 تشذير التردد

يضمن تشذير التردد في تشذير التردد بين القطع ودوران الموجات الحاملة داخل القطع وعشوائية الموجات الحاملة داخل القطع. ويؤخذ تشذير التردد بين القطع من بين القطع ذات نظام التشكيل الواحد. ولا يمكن إجراء تشذير التردد بين القطع إلا في الإرسال ثلاثي القطع. وبعد دوران الموجة الحاملة تتم عشوائية الموجات الحاملة حسب جدول العشوائية.

7.7 بنية رتل القطعة OFDM

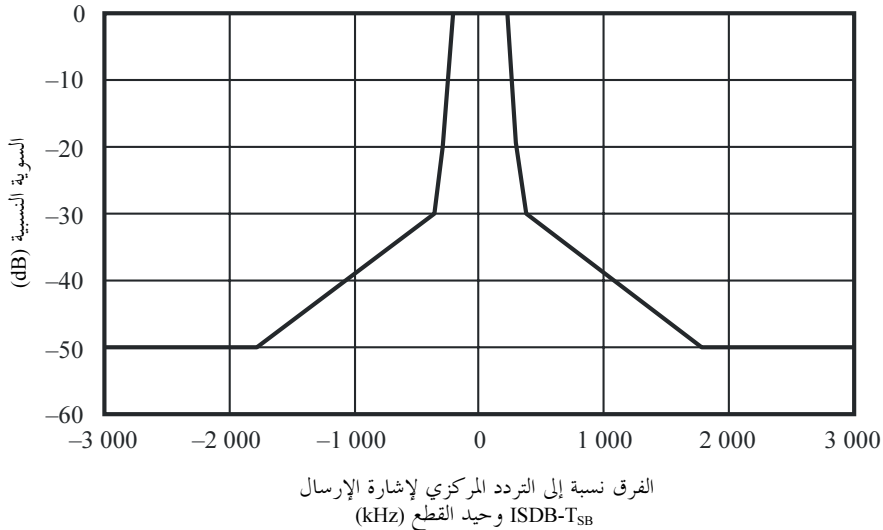
تتنظم قطع المعطيات داخل رتل قطعة OFDM بعد كل 204 رمزاً بإضافة إشارات دليلة مثل CP و SP و TMCC و AC. ويتحدد تشكيل الإشارة CP عند كل رمز OFDM. وتدرج الإشارة SP بعد كل 12 موجة حاملة وبعد كل 4 شفرات OFDM في حالة طريقة التشكيل المتسقة. وتحتوي الموجة الحاملة TMCC على معلمات إرسال مثل تشكيل الموجة الحاملة ومعدل التشفير وتشذير الوقت لأغراض التحكم في المستقبل. وتضم الموجة الحاملة AC المعلومات المساعدة.

8 قناع الطيف

ينبغي أن تتقيد الإشارة المشعة للإرسال وحيد القطع في نظام القطع 6/14 MHz بالقناع المحدد في الشكل 21 والجدول 10. ويمكن خفض سوية الإشارة في الترددات خارج عرض النطاق 429 kHz (6/14 MHz) من خلال الترشيح المناسب.

الشكل 21

قناع الطيف لإشارة الإرسال ISDB-TSB وحيد القطع
(عرض نطاق القطعة = 6/14 MHz)



الجدول 10
القيم الحدية لقناع الطيف الخاص بالإرسال وحيد القطع
(عرض نطاق القطعة = 6/14 MHz)

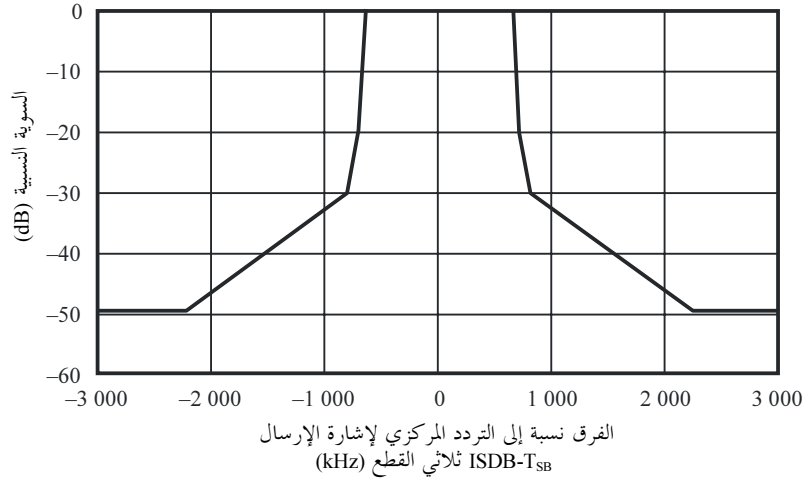
السوية النسبية (dB)	فرق التردد نسبةً إلى التردد المركزي للإشارة المرسله (kHz)
0	220±
20-	290±
30-	360±
50-	1 790±

الملاحظة 1 - يقاس طيف الإشارة المشعة بواسطة محلل الطيف. وينبغي ضبط عرض نطاق استبانة محلل الطيف على القيمة 10 kHz أو 3 kHz. وفيما يتعلق بعرض النطاق الفيديوي فهو بين 300 Hz و 30 kHz ويستحسن تحديد متوسط فيديوي ويضبط انحراف التردد على القيمة الدنيا المطلوبة لقياس قناع طيف الإرسال.

ويحدد الشكل 22 والجدول 11 قناع الطيف للإرسال ثلاثي القطع في نظام قطع التردد 6/14 MHz.
الملاحظة 1 - ينبغي تعديل قناع الطيف في نظامي قطع التردد 7/14 MHz و 8/14 MHz وفقاً لشكل الطيف في النظام.

الشكل 22

قناع الطيف لإشارة الإرسال ISDB-TSB ثلاثي القطع
(عرض نطاق القطعة = 6/14 MHz)



الجدول 11

القيم الحدية لقناع الطيف الخاص بالإرسال ثلاثي القطع
(عرض نطاق القطعة = 6/14 MHz)

السوية النسبية (dB)	الفرق نسبةً إلى التردد المركزي للإشارة الصوتية الرقمية للأرض (kHz)
0	650±
20-	720±
30-	790±
50-	2 220±

9 خصائص أداء التردد الراديوي

أجريت اختبارات تقييم التردد الراديوي على نظام الإرسال ISDB-T_{SB} في شروط إرسال مختلفة. وفيما يلي نتائج الاختبارات. أجريت تجارب إرسال مجدية من أجل استنتاج أداء معدل أخطاء البتات (BER) مقابل الضوضاء العشوائية والخبث الناتج عن تعدد المسارات. وقد تمت قياسات المعدل (BER) مقابل نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء (C/N) في قناة الإرسال في الشروط التالية (انظر الجدول 12).

1.9 المعدل BER مقابل النسبة (C/N) في قناة غوسية

أضيفت ضوضاء غوسية بيضاء لكي تصبح النسبة (C/N) عند دخل المستقبل. وتظهر النتائج في الأشكال 23 و 24 و 25. ويمكن مقارنة هذه الأشكال مع الأشكال الناتجة عن محاكاة حاسوبية بهدف بيان الأداء الحقيقي للنظام. ويمكن ملاحظة أن خسارة هامش تنفيذ تقل عن 1 dB نتجت عن معدل (BER) قدره 2×10^{-4} قبل فك التشفير ريدسولومون (RS).

الجدول 12

معلومات الإرسال الخاصة بالاختبارات

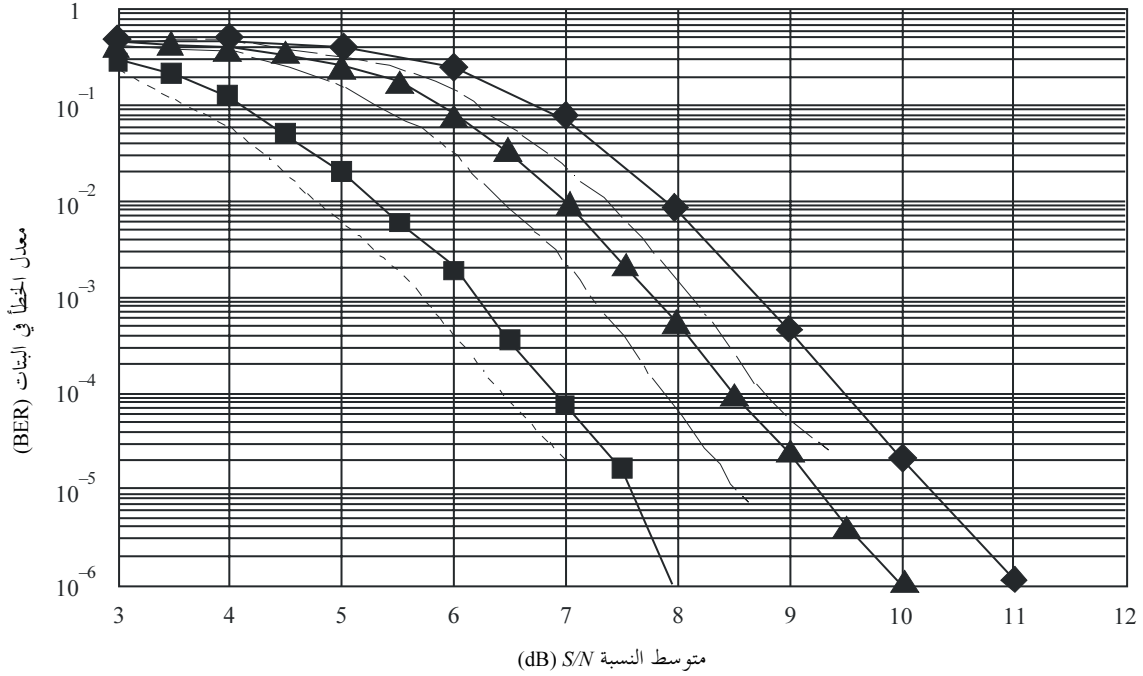
عدد القطع	1 (عرض النطاق: 429 kHz)
أسلوب الإرسال	3 (مدة الرمز المفيد: 1,008 ms)
عدد الموجات الحاملة	433
أنواع تشكيل الموجات الحاملة	DQPSK و 16-QAM و 64-QAM
فاصل الحراسة	63 μs (نسبة فاصل الحراسة: 1/16)
معدلات تشفير الشفرة الداخلية	1/2 و 2/3 و 3/4 و 7/8
تشذير الوقت	0 و 407 ms

الشكل 23

معدل الخطأ في البتات (BER) قبل فك التشفير RS مقابل النسبة C/N

(أسلوب الإرسال: 3، تشكيل الموجة الحاملة: DQPSK،

تشدير الوقت: 407 ms): قناة غوسية



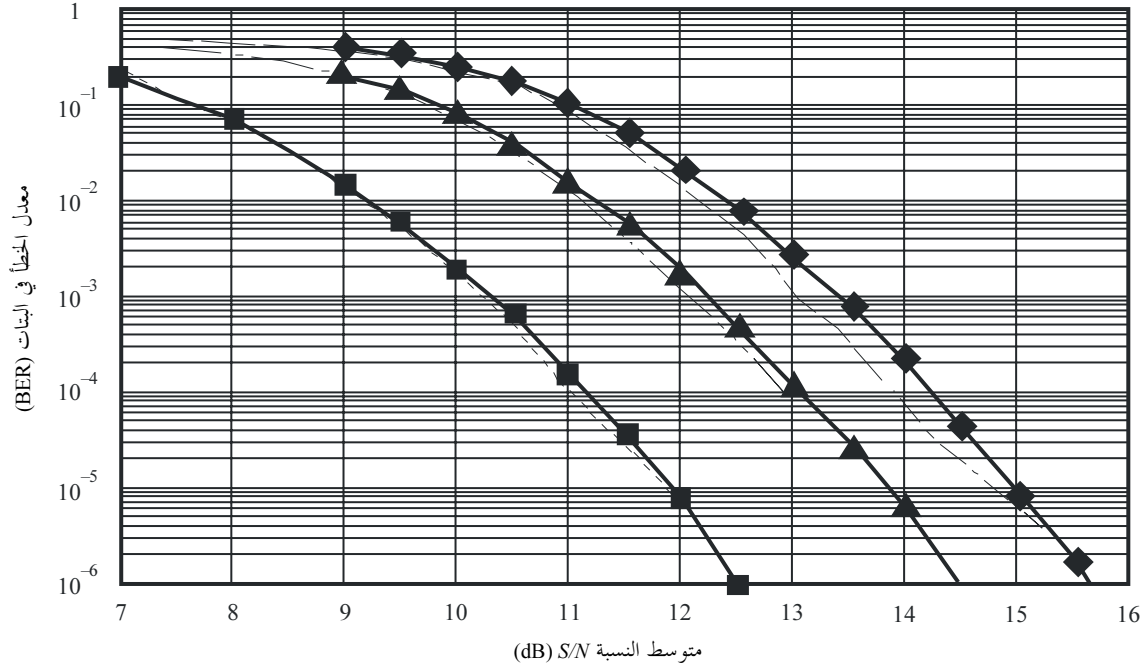
- معدل التشفير: 1/2 (بالقياس)
- ▲— معدل التشفير: 2/3 (بالقياس)
- ◆— معدل التشفير: 3/4 (بالقياس)
- - - - - معدل التشفير: 1/2 (بالحاكاة)
- - - - - معدل التشفير: 2/3 (بالحاكاة)
- - - - - معدل التشفير: 3/4 (بالحاكاة)

الشكل 24

معدل الخطأ في البتات (BER) مقابل النسبة C/N قبل فك تشفير شفرة ريدسولومون (RS)

(أسلوب الإرسال: 3، تشكيل الموجة الحاملة: 16-QAM،

تشدير الوقت: 407 ms): قناة غوسية



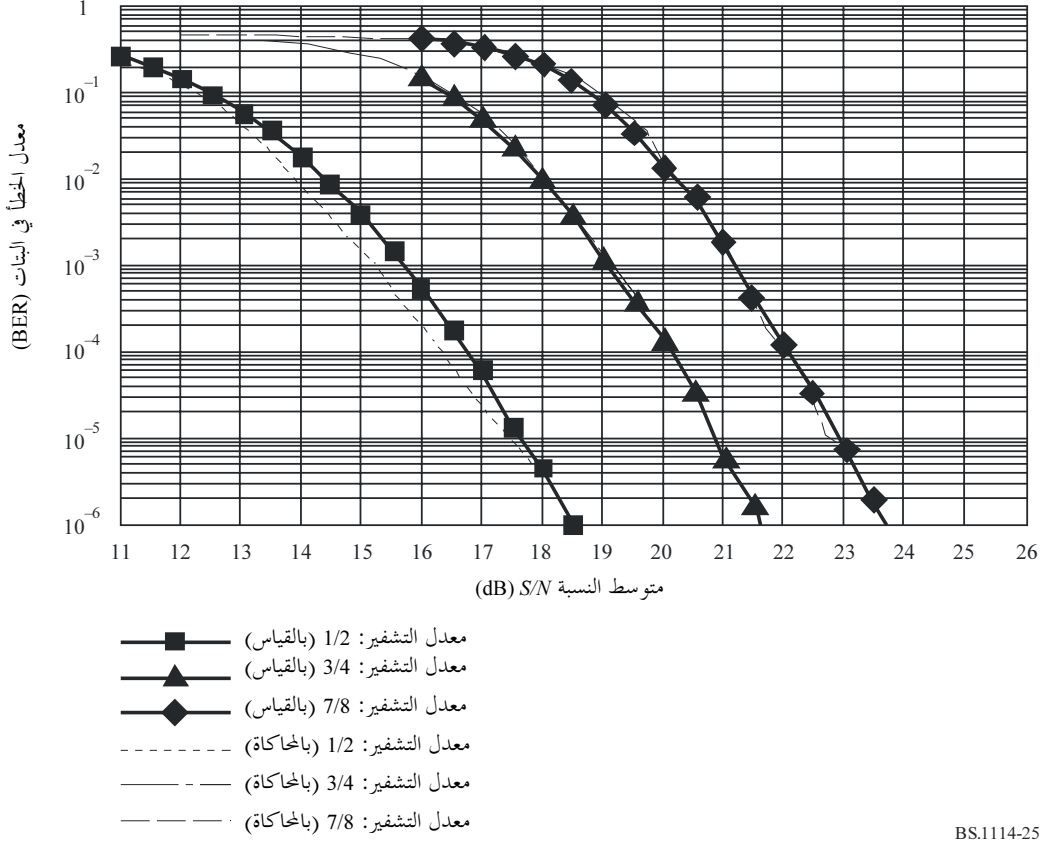
- معدل التشفير: 1/2 (بالقياس)
- ▲— معدل التشفير: 2/3 (بالقياس)
- ◆— معدل التشفير: 3/4 (بالقياس)
- معدل التشفير: 1/2 (بالمحاكاة)
- - - - - معدل التشفير: 2/3 (بالمحاكاة)
- معدل التشفير: 3/4 (بالمحاكاة)

الشكل 25

معدل الخطأ في البتات (BER) مقابل النسبة C/N قبل فك تشفير شفرة ريدسولومون (RS)

(أسلوب الإرسال: 3، تشكيل الموجة الحاملة: 64-QAM،

تشذير الوقت: 407 ms): قناة غوسية



2.9 المعدل BER مقابل النسبة C/N في قناة متعددة المسارات

أجريت القياسات للمعدل BER مقابل النسبة C/N باستخدام محاكي قناة متعددة المسارات. وقد حددت نسبة سوية الإشارة المرغوبة إلى الإشارة غير المرغوبة أو نسبة سوية الإشارة المسيبة للتداخل D/U في الإشارة الرئيسية والإشارة المتأخرة بـ 3 و 10 dB. وحددت مدة تأخير الإشارة المتأخرة نسبةً إلى الإشارة الرئيسية بـ 15 μ s وبين الشكل 26 النتائج.

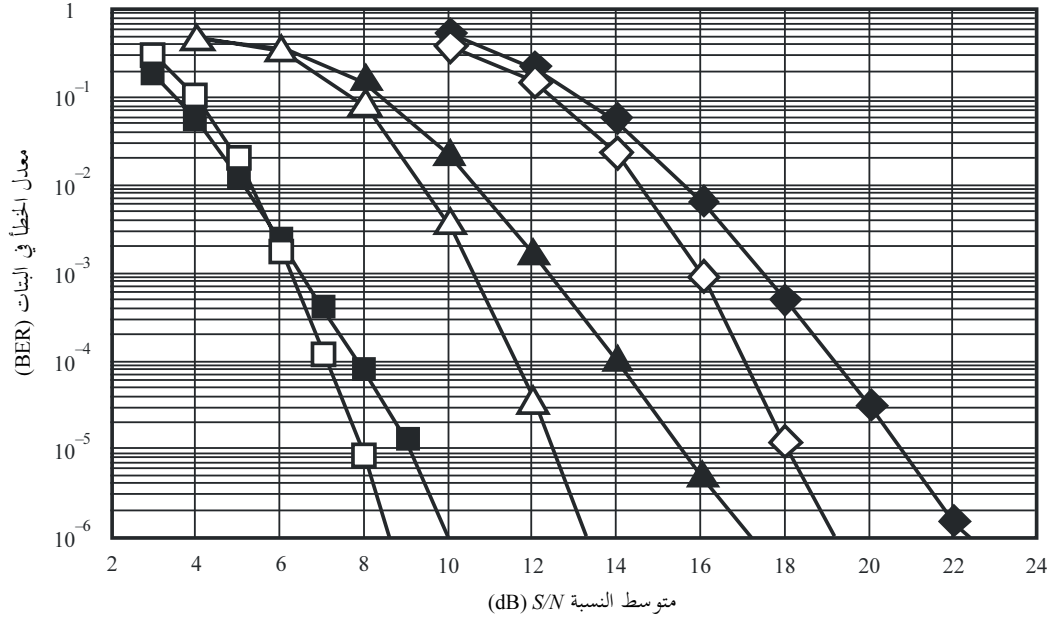
3.9 المعدل BER مقابل النسبة C/N في قناة رايلي

أجريت قياسات المعدل BER مقابل النسبة C/N باستخدام محاكي قناة تعاني من الخبؤ. وتحددت القناة بمساري رايلي مع خبؤ والنسبة D/U في المسارين بالقيمة 0 dB. وتحدد زمن الإشارة المتأخرة بالقيمة 15 μ s. وترددات دوبلر القصوى للإشارة 5 و 20 Hz. وبين الشكل 27 النتائج.

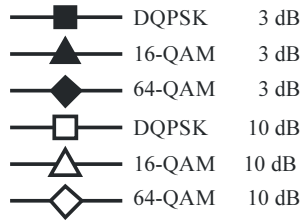
الشكل 26

معدل الخطأ في البتات (BER) مقابل النسبة C/N قبل فك تشفير شفرة ريدسولومون (RS)

(أسلوب الإرسال: 3، معدل التشفير: 1/2، تشفير الوقت: 407 ms): قناة متعددة المسارات

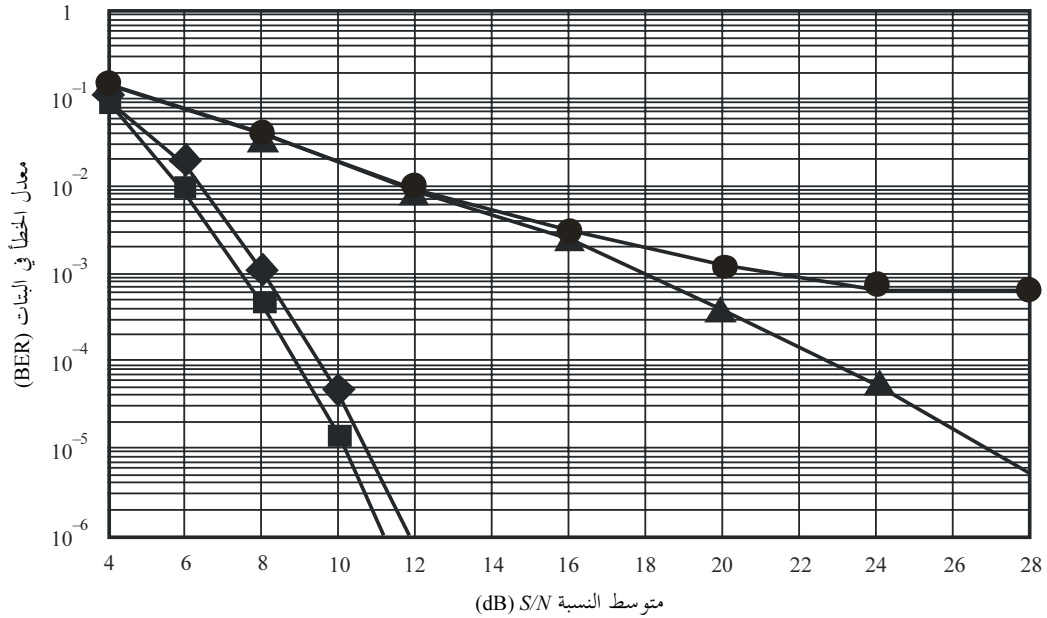


تشكيل الموجة الحاملة



الشكل 27

معدل الخطأ في البتات (BER) مقابل النسبة C/N قبل فك تشفير شفرة ريدسولومون (RS)
 (أسلوب الإرسال: 3، تشكيل الموجة الحاملة: DQPSK، معدل التشفير: 1/2) قناة رايلي بمسارين



- 407 ms : تشذير الوقت:
 20 Hz : تردد الحيو:
- 0 ms : تشذير الوقت:
 5 Hz : تردد الحيو:
- 407 ms : تشذير الوقت:
 5 Hz : تردد الحيو:
- 0 ms : تشذير الوقت:
 20 Hz : تردد الحيو:

الملحق 4

النظام الرقمي C

1 ملحة عامة عن النظام

يستخدم النظام الرقمي C التكنولوجيا IBOC من أجل تسهيل نشر الإذاعة الصوتية الرقمية (DSB). وتتيح هذه الإذاعة للهيئات الإذاعية إمكانية تحسين خدماتها التماثلية إذ تقدم نوعية سمعية أكثر دقة وتعزز قوة الإشارة السمعية وتوسع مجال الخدمات المساعدة. وتسمح التكنولوجيا IBOC لهيئات الإذاعة بأن تُدخل هذه التحسينات دون الحاجة إلى تخصيصات طيف جديدة للإشارة الرقمية وذلك من خلال الإبقاء على المحطات الراهنة لتذيع نفس البرامج تماثلياً ورقمياً. مما يتيح وسائل استعمال فعّال للطيف يجعل الانتقال من البيئة التماثلية الراهنة إلى بيئة رقمية قادمة انتقالاً رشيدياً.

2 الطبقات IBOC

مواصفات الأداء الدقيقة للتكنولوجيا IBOC منظمة استناداً إلى النموذج ذي الطبقات للتوصيل البيئي للأنظمة المفتوحة الذي حدده منظمة التقييس الدولية (ISO OSI). ولكل طبقة توصيل OSI في النظام الإذاعي طبقة مقابلة في نظام الاستقبال تدعى الطبقة النظيرة. وتعمل وظيفة هذه الطبقات على نحو تعطي فيه النتيجة النهائية للطبقات الدنيا اتصالاً افتراضياً بين طبقة معينة ونظيرتها في الجهة المقابلة.

1.2 الطبقة الهجينة 1

تموّل الطبقة 1 (L1) في النظام الرقمي C المعلومات وأوامر النظام التي تصدر عن الطبقة 2 (L2) إلى موجات IBOC من أجل إرسالها في نطاق الموجات المترية (VHF). وتنقل هذه المعلومات والأوامر في أرتال نقل منفصلة في قنوات منطقية متعددة عبر نقاط نفاذ خدمة الطبقة L1 (SAP). وتسمى أرتال النقل هذه أيضاً وحدات معطيات الخدمة L2 (SDUs) ووحدات التحكم في الخدمة (SCUs) على التوالي.

وتختلف الوحدات L2 SDUs بالحجم والنسق باختلاف أسلوب الخدمة. وتحدد أسلوب الخدمة، وهو عنصر رئيسي في نظام التحكم خصائص إرسال كل قناة منطقية. وبعد تقدير متطلبات التطبيقات المرشحة تنتقي طبقات البروتوكول العليا أساليب الخدمة الأكثر ملاءمة للقنوات المنطقية. ويعكس تعدد القنوات المنطقية مرونة النظام الداخلية، مما يعطيه إمكانية إتاحة أصناف مختلفة من المعطيات والإشارات السمعية الرقمية.

كما وتستقبل الطبقة L1 أوامر النظام على شكل وحدات (SCUs) تصدر عن الطبقة L2. وتتم معالجة هذه الأوامر في المعالج الخاص بالنظام.

أما الفقرات التالية فتضم:

- ملحة عن أنماط الموجات والطيف؛
- ملحة عن أوامر النظام بما فيها أساليب الخدمة المتوافرة؛
- ملحة عن القنوات المنطقية؛
- وصف عالي الدقة لكل مكونة من المكونات الوظيفية والتي تشكل الطبقة L1 من السطح البيئي الراديوي FM.

2.2 أنماط الموجات والطيف

يتيح التصميم مرونة في إدخال نظام إذاعي رقمي من خلال توفيره لثلاثة أنماط جديدة من الموجات هي: الهجينة والمهجينة الموسعة والرقمية. ويبقى النمطان المهجين والمهجين الموسع على الإشارة FM التماثلية بينما يستغني النمط الرقمي عنها. وتعمل الأنماط الثلاثة جميعها باستعمال طيف أقل بكثير من قناع الطيف المخصص للبث، والذي تحدده عادة اللجنة الفيدرالية للاتصالات (FCC).

وتتشكل الإشارة الرقمية باستخدام تعدد الإرسال بتقسيم تعامدي للتردد (OFDM) والنظام OFDM هو نظام تشكيل متواز يشكل فيه تدفق المعطيات عدداً كبيراً من الموجات الحاملة الفرعية المتعامدة التي ترسل في نفس الوقت وهو نظام مرن يتيح بسرعة تقابل القنوات المنطقية التابعة لمجموعات مختلفة من الموجات الحاملة الفرعية.

وتحدد معلمات توقيت الشفرات في الجدول 13.

1.2.2 الموجة الهجينة

ترسل الإشارة الرقمية في نطاقات جانبية رئيسية أولية (PM) كل من جهتي إشارة FM التماثلية في موجة هجينة. وتقل سوية قدرة كل نطاق جانبي بـ 23 dB تقريباً عن القدرة الكلية للإشارة FM التماثلية. وقد تكون الإشارة التماثلية صوتاً مجسماً أو غير مجسّم وقد تضم قنوات اتصالات ثانوية مرخصة (SCA).

الجدول 13

معلمات التوقيت في الشفرات

اسم المعلمة	الرمز	الوحدات	القيمة الصحيحة	القيمة المحسوبة (4 أرقام معنوية)
المباعدة بين الموجات الحاملة الفرعية OFDM	Δf	Hz	1 488 375/4 096	363,4
عرض السابقة الدورية	α	لا يوجد	7/128	$5,469 \times 10^{-2}$
مدة الرمز OFDM	T_s	s	$= (1 + \alpha) / \Delta f$ $(135/128) \cdot (4 096/1 488 375)$	$2,902 \times 10^{-3}$
معدل الرمز OFDM	R_s	Hz	$1/T_s =$	344,5
مدة رتل L1	T_f	s	$65 536/44 100 = 512 \cdot T_s$	1,486
معدل رتل L1	R_f	Hz	$1/T_f =$	$6,729 \times 10^{-1}$
مدة فدرة L1	T_b	s	$32 \cdot T_s =$	$9,288 \times 10^{-2}$
معدل فدرة L1	R_b	Hz	$1/T_b =$	10,77
مدة زوج فدرة L1	T_p	s	$64 \cdot T_s =$	$1,858 \times 10^{-1}$
معدل زوج فدرة L1	R_p	Hz	$1/T_p =$	5,383
أرتال التأخير الناجمة عن التنوع	N_{dd}	لا يوجد	= عدد أرتال التأخير الناجم عن التعدد في الطبقة L1	3

2.2.2 الموجة الهجينة الموسعة

يمكن توسيع عرض نطاق النطاقات الجانبية الهجينة في نمط الموجات الهجينة الموسعة باتجاه الإشارة FM التماثلية من أجل زيادة القدرة الرقمية. ويسمى هذا الطيف الإضافي المخصص للحافة الداخلية، لكل نطاق جانبي رئيسي أولي، النطاق الجانبي الأولي الموسع (PX).

3.2.2 الموجة الرقمية بالكامل

يحقق النظام أعظم التحسينات لدى استعمال نمط الموجات الرقمية بالكامل الذي يلغي الإشارة التماثلية ويوسع عرض نطاق النطاقات الجانبية الأولية إلى أبعد حد كما هو الحال في الموجة الهجينة الموسعة. وإضافة إلى ذلك، يتيح هذا النمط للنطاقات الجانبية الثانوية الرقمية ذات القدرة المنخفضة أن ترسل في الطيف الذي تركته الإشارة FM التماثلية.

3.2 قناة التحكم في النظام

تنقل قناة التحكم في النظام (SCCH) الأوامر ومعلومات الحالة. وتُرسل أساليب الخدمة الأولية والثانوية، وكذلك التحكم في التأخير والتنوع من الطبقة L2 إلى الطبقة L1 بينما ترسل معلومات التزامن من الطبقة L1 إلى الطبقة L2. وتُملئ أساليب الخدمة جميع التشكيلات المسموحة للقنوات المنطقية. ويوجد ما مجموعه أحد عشر أسلوب خدمة.

4.2 القنوات المنطقية

القناة المنطقية هي مسير إشارة ينقل الوحدات L2 SDUs في إرسال النقل إلى الطبقة L1 في النظام الرقمي C عشر قنوات منطقية لبروتوكولات الطبقة العليا. ولا تستخدم جميع القنوات المنطقية في كل أسلوب من أساليب الخدمة.

1.4.2 القنوات المنطقية الأولية

ثمة أربع قنوات منطقية أولية تُستخدم في نمطي الموجات الهجينة والرقمية بالكامل. وتسمى P1 و P2 و P3 و P4 وخدمة معطيات IBOC أولية (PIDS). ويبين الجدول 14 معدل المعلومات النظري الذي توفره كل قناة منطقية أولية تبعاً لأسلوب الخدمة الأولية.

الجدول 14

معدل المعلومات النظري للقنوات المنطقية الأولية

نمط الموجة	معدل المعلومات النظري (kbit/s)				أسلوب الخدمة
	PIDS	P3	P2	P1	
هجينة	1	0	74	25	MP1
هجينة موسعة	1	12	74	25	MP2
هجينة موسعة	1	25	74	25	MP3
هجينة موسعة	1	50	74	25	MP4
هجينة موسعة، رقمية بالكامل	1	25	74	25	MP5
هجينة موسعة، رقمية بالكامل	1	0	49	50	MP6
هجينة موسعة، رقمية بالكامل	1	25	98	25	MP7

2.4.2 القنوات المنطقية الثانوية

ثمة ست قنوات منطقية ثانوية لا تُستخدم إلا في نمط الموجات الرقمية بالكامل. وتسمى S1 و S2 و S3 و S4 و S5 وخدمة معطيات IBOC ثانوية (SIDS). ويبين الجدول 15 معدل المعلومات النظري الذي توفره كل قناة منطقية ثانوية تبعاً لأسلوب الخدمة الثانوية.

الجدول 15

معدل المعلومات النظري التقريبي للقنوات المنطقية الثانوية

نمط الموجة	معدل المعلومات التقريبي (kbit/s)						أسلوب الخدمة
	SIDS	S5	S4	S3	S2	S1	
رقمية بالكامل	1	6	98	0	0	0	MS1
رقمية بالكامل	1	6	0	25	74	25	MS2
رقمية بالكامل	1	6	0	0	49	50	MS3
رقمية بالكامل	1	6	0	25	98	25	MS4

3.4.2 وظائف القنوات المنطقية

تصمم القنوات المنطقية P1 حتى P3 من أجل تسيير المعطيات والإشارات السمعية. ويمكن استخدام القنوات الثانوية من S1 إلى S5 في نقل المعطيات أو إشارات الصوت المحيط. أما القنوات المنطقتان PIDS و SIDS فمصممتان لنقل معلومات خدمة المعطيات IBOC (IDS).

ويوصف أداء كل قناة منطقية كاملاً من خلال ثلاث معلمات تسم الخصائص هي: النقل والانتظار والقوة. ومكونات معلمات الخصائص هذه هي تشفير القناة والتقابل الطيفي وعمق التشذير والتأخير الناجم عن التنوع. ويظهر أسلوب الخدمة هذه المكونات بشكل فريد في كل قناة منطقية نشيطة مما يسمح بتعيين معلمات الخصائص المناسبة.

علاوة على ذلك، يحدد أسلوب الخدمة تراصف الأرتال وتزامنها في أرتال النقل في كل قناة منطقية نشيطة.

5.2 المكونات الوظيفية

تضم هذه الفقرة وصفاً عالي الدقة لكل فدرية وظيفية في الطبقة L1 وتدقق الإشارات المصاحب لها. ويقدم الشكل 28 مخططاً إجمالياً وظيفياً لمعالجة الطبقة L1. وتتم المعطيات والإشارات السمعية من طبقات التوصيل OSI العليا إلى الطبقة المادية، المودم، عبر نقاط النفاذ SAPs L1.

1.5.2 نقاط النفاذ إلى الخدمة (SAP)

تعرف النقاط SAPs L1 السطح البيني بين الطبقتين L1 و L2 في مجموعة بروتوكولات النظام. ولكل قناة منطقية وقناة تحكم SCCH نقاط نفاذها الخاصة بها. وتدخل كل قناة إلى الطبقة L1 في أرتال نقل منفصلة بحجم خاص بها وبمعدل يحدده أسلوب الخدمة. وتسمى أرتال النقل في الطبقة L2 بالوحدات L2 SDUs و L2 SCUs.

2.5.2 التخليط

تكمّن هذه الوظيفة في تخليط المعطيات الرقمية عشوائياً في كل قناة رقمية من أجل "إخفاء" وتخفيف اختلاف مدد الإشارات عند إزالة تشكيل الموجات في مزيل تشكيل تقليدي للإشارات FM التماثلية.

3.5.2 تشفير القناة

يستخدم النظام C شفرات فيتربي التلافيفية بمعدل تشفير فعلي قدره 2/5. ويضيف هذا التشفير التلافي بعض الإطناب إلى المعطيات الرقمية في كل قناة منطقية من أجل تحسين اعتماديتها في حال وجود خلل في القناة. ويتناسب حجم متجهات القناة المنطقية تناسباً عكسياً مع معدل التشفير. ويظهر أسلوب الخدمة أنماط تقنيات التشفير. كما يفرض التأخير الناجم عن التنوع على القنوات المنطقية المنتقاة. وتحتفظ متجهات القناة المنطقية عند خرج مشفر القناة بمويتها.

4.5.2 التشذير

يستخدم تشذير الوقت وتشذير التردد بهدف تخفيف آثار أخطاء الرشقات. ويتم تكييف تقنيات التشذير مع بيئة خبو الموجات المترية ويظهرها أسلوب الخدمة. وتشذّر كل قناة منطقية على حدة. أما عمق المشذّر فيتحدد استناداً إلى استعمال

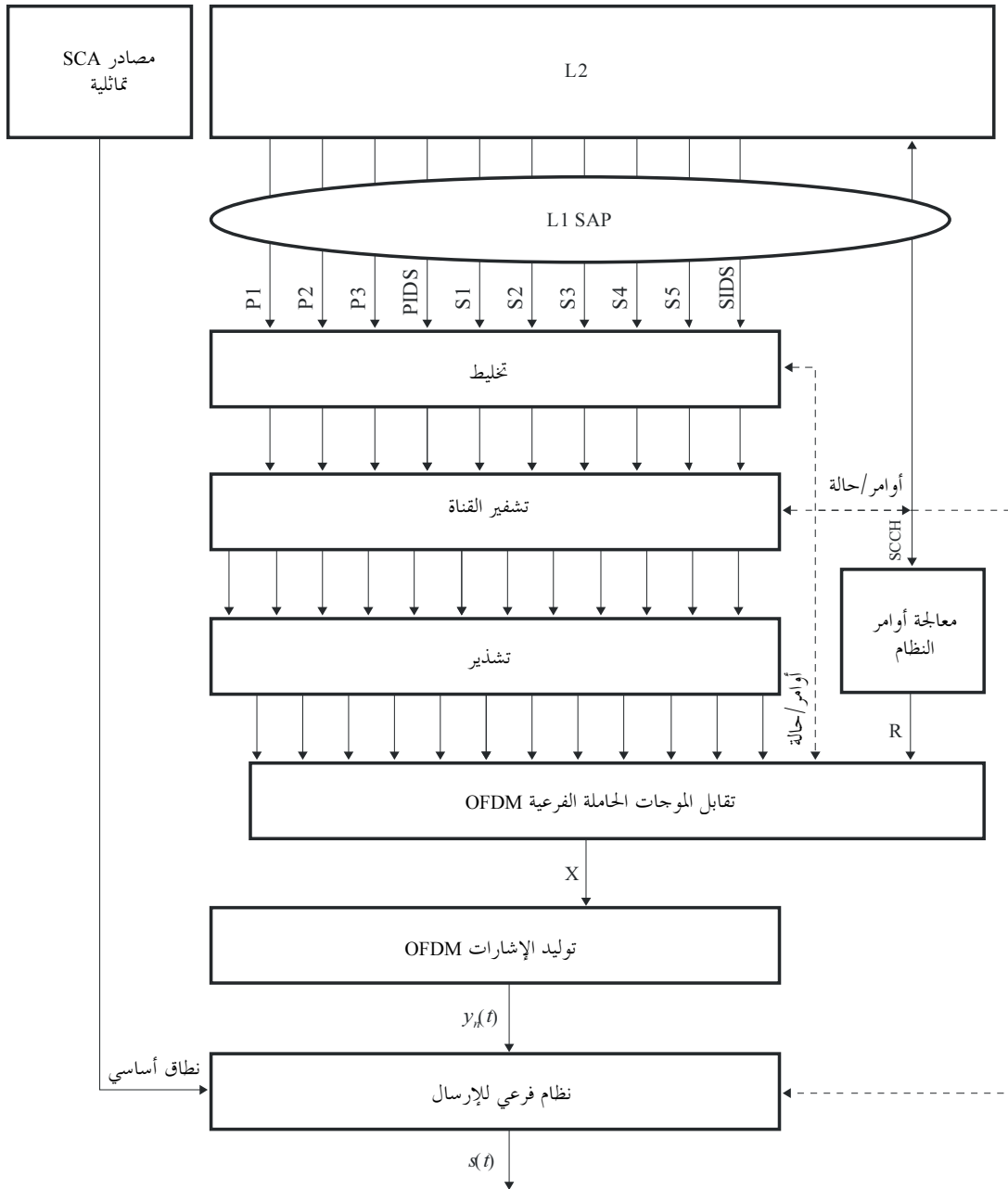
القناة. فعمق المشذر في القنوات السمعتين الأوليتين (P1 و P2) يساوي رتلاً واحداً L1. وفي هذه العملية تفقد القنوات المنطقية هويتها. وخرج المشذر منظم في نسق مصفوفات تتألف كل مصفوفة من قناة منطقية واحدة أو أكثر وترفق بجزء خاص من الطيف المرسل. ويبلغ التأخير الإجمالي الناجم عن التنوع بما فيه التشذير ثلاثة أرتال $L1 (3 \times 1,486 \text{ s})$.

5.5.2 معالجة أوامر النظام

تتم هذه الوظيفة في توليد مصفوفة من تتابعات معطيات التحكم في النظام تضم الأوامر والحالة (كأسلوب الخدمة) من أجل إذاعتها عبر الموجات الحاملة الفرعية المرجعية.

الشكل 28

مخطط إجمالي وظيفي للطبقة L1 في السطح البيئي الراديوي FM



6.5.2 تقابل الموجات الحاملة الفرعية OFDM

تكمن هذه الوظيفة في تخصيص مصفوفات التشدير ومصفوفة أوامر النظام للموجات الحاملة الفرعية OFDM. ويعالج الصف الواحد لكل مصفوفة مشدّر نشيط في كل فترة يرمز إليها بـ Ts من أجل إنتاج قيمة خرج واحد X ، يمثل مجال تردد الإشارة. ويتم تكيف التقابل خصوصاً لأغراض بيئة التداخل غير المنتظم وهو وظيفة من وظائف أسلوب الخدمة.

7.5.2 توليد إشارة OFDM

تكمن هذه الوظيفة في توليد الجزء الرقمي من إشارة مجال الوقت. وتحول المتجهات الداخلة إلى نبضة مشكلة بنطاق أساسي في المجال الزمني $y_n(t)$ ، تحدد رمز تشكيل OFDM واحداً.

8.5.2 نظام فرعي للإرسال

تكمن هذه الوظيفة في إعطاء نسق موجة النطاق الأساسي لإرسالها في القناة العاملة بالموجات المترية. وتضم الوظائف الفرعية الرئيسية تسلسل الشفرات والتحويل إلى ترددات أعلى. وفضلاً عن ذلك، تقوم هذه الوظيفة عند إرسال الموجات المهجنة بتشكيل المصدر وجمعه مع الإشارة الرقمية من أجل تكوين إشارة هجينة $s(t)$ جاهزة للإرسال.

3 الوصف الوظيفي

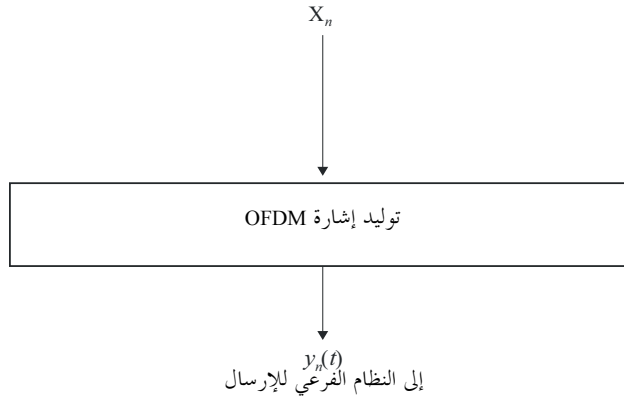
1.3 مقدمة

يستقبل توليد الإشارة OFDM شفرات تشكيل OFDM مركبة في مجال التردد من تقابل الموجات الحاملة الفرعية OFDM وينتج عند الخرج نبضات في مجال الوقت تمثل الجزء الرقمي من إشارة النظام الرقمي C. ويبين الشكل 29 مخططاً إجمالياً لمفاهيم توليد الإشارة OFDM.

الشكل 29

مخطط إجمالي لمفاهيم توليد الإشارة OFDM

إشارة واردة من تقابل الموجات الفرعية الحاملة OFDM



BS.1114-29

والإشارة الداخلة إلى توليد الإشارة OFDM متجهات X_n مركبة طولها L وتمثل قيم المجموعة المركبة لكل موجة حاملة فرعية OFDM في الرمز OFDM ذي الترتيب n . وخرج توليد الإشارة OFDM هو نمط موجة مركبة في مجال الوقت بنطاق أساسي، $y_n(t)$ تمثل الجزء الرقمي من إشارة النظام C الرقمي للرمز OFDM ذي الترتيب n .

2.3 النظام الفرعي للإرسال

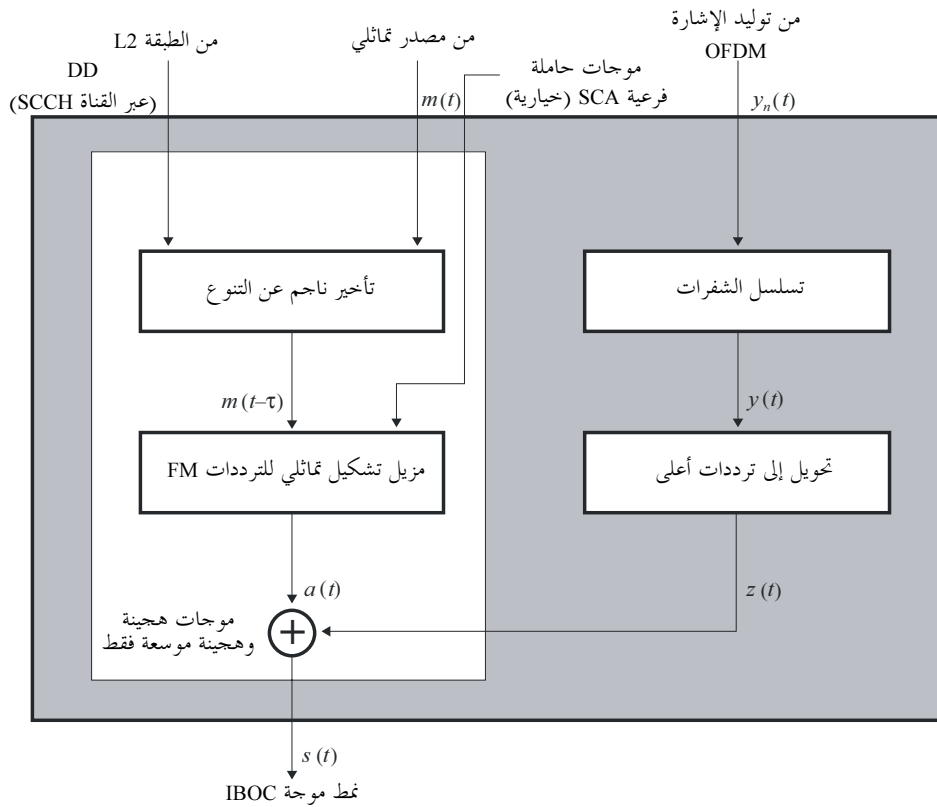
1.2.3 مقدمة

يحدد النظام الفرعي للإرسال نسق نمط الموجة IBOC في النطاق الأساسي من أجل الإرسال عبر القناة بالموجات المترية (VHF). وتضم الوظائف تسلسل الشفرات والتمويل إلى الترددات الأعلى. وإضافة إلى ذلك، تؤجل هذه الوظيفة وتشكل الإشارة التماثلية في النطاق الأساسي قبل ضمها إلى الموجة الرقمية وذلك عند إرسال موجات هجينة أو هجينة موسعة.

ودخل هذه الوحدة هو نمط موجة OFDM مركبة في المجال الزمني بالنطاق الأساسي $y_n(t)$ تصدر عن وظيفة توليد الإشارة OFDM. وتدخل إشارات تماثلية بالنطاق الأساسي $m(t)$ أيضاً وارداً من مصدر تماثلي مع إشارات SCA اختيارية وذلك عند إرسال موجات هجينة أو هجينة موسعة. كما يرد أيضاً أوامر تماثلية خاصة بالتأخير الناجم عن التنوع (DD) من الطبقة L2 عبر قناة التحكم. أو خرج هذه الوحدة فهو نمط الموجات IBOC.

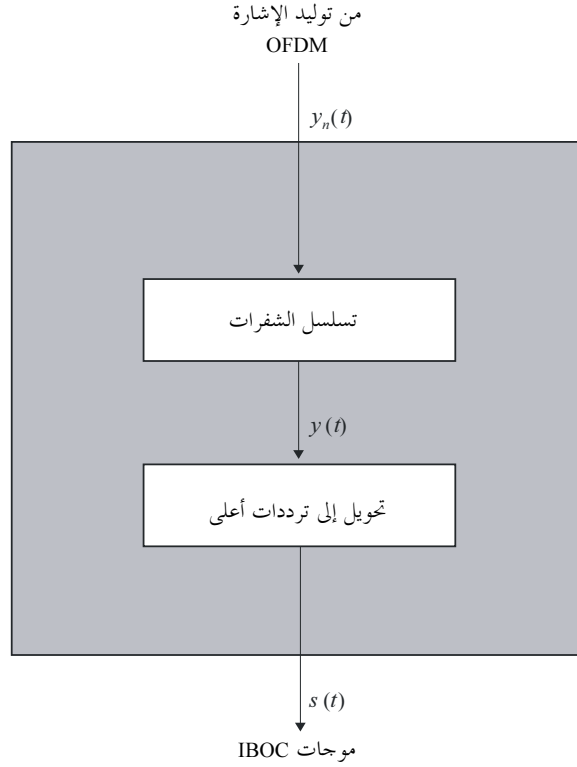
الشكل 30

مخطط وظيفي للنظام الفرعي لإرسال الموجات الهجينة/الهجينة الموسعة



الشكل 31

مخطط وظيفي للنظام الفرعي للإرسال الرقمي بالكامل



BS.1114-31

2.2.3 التأخير الناجم عن التنوع

عند إذاعة الموجات المهجينة والمهجنة الموسعة تنضم الإشارة $z(t)$ إلى إشارة التردد FM التماثلية $a(t)$. وأول مرحلة في توليد الإشارة $a(t)$ هي تطبيق التأخير الناجم عن التنوع (DD) على إشارة النطاق الأساسي التماثلية $m(t)$. وتستخدم بتة الأمر التماثلي DD الوارد من الطبقة L2 عبر القناة SCCH في طبقات البروتوكول العليا من أجل تفعيل الأمر DD أو إخماده؛ فإذا كانت قيمة 0 فهو خامد، وإذا كانت 1 فهو نشيط. وعندما يكون الأمر DD نشيطاً يمكن استعمال تأخير τ قابل للتعديل في إشارة النطاق الأساسي التماثلية $m(t)$. ويتم ضبط التأخير بحيث يتم عند خرج المضمام التماثلي/الرقمي تأخير الإشارة $a(t)$ عن الإشارة $z(t)$ بفترة قدرها T_{dd} . وتنقل الإشارات التماثلية والرقمية في النظام الرقمي C نفس البرنامج في الإشارات السمعية التماثلية المتأخرة عن الإشارات السمعية الرقمية المقابلة لها بفترة T_{dd} عند خرج المضمام التماثلي/الرقمي. ويمكن تسوية التأخير من أجل مراعاة مدد التأخير الناجمة عن المعالجة في السلاسل التماثلية والرقمية.

3.2.3 مشكل الترددات التماثلي FM

فيما يتعلق بالموجات المهجينة والمهجنة الموسعة تكون إشارة النطاق الأساسي التماثلية $m(t-\tau)$ ذات التأخير الملائم مشكّلة التردد من أجل إنتاج موجة تردد FM راديوية تماثلية ماثلة للإشارات التماثلية القائمة.

4.2.3 المضمام التماثلي/الرقمي FM

تنضم إشارة التردد الراديوية المشكّلة تماثلياً عند الإذاعة بالموجات المهجينة والمهجنة الموسعة إلى الإشارة الراديوية IBOC المشكّلة رقمياً من أجل إنتاج إشارة $s(t)$ في النظام الرقمي C. ويتمركز الجزءان التماثلي والرقمي من الموجة على نفس تردد الموجة الحاملة. وتسوّى سويات كل نطاق جانبي رقمي في طيف الخرج بالشكل المناسب من خلال وظيفة التقابل بين الموجات الحاملة الفرعية OFDM.

3.3 استعمال المكررات في القناة

يساعد استعمال التشكيل OFDM في النظام الرقمي C المكررات الرقمية في القناة أو الشبكة وحيدة التردد على توفير التغطية المرغوبة للمناطق حيث تكون الخسارات في الإشارة الناجمة عن التضاريس و/أو الحجب شديدة. ويمكن تطبيق هذا الاستخدام خاصة حيث تحد الجبال أو عوائق تضاريس أخرى في مناطق خدمة المحطة من جودة الأداء التماثلي أو الرقمي.

ويعمل النظام الرقمي C بفواصل حراسة فعالة بين الشفرات OFDM تبلغ $150 \mu s^2$ تقريباً. ومن أجل تفادي تداخل شديد بين الشفرات ينبغي الحد من التغطية الفعالة في اتجاه نظام الإرسال الأولي إلى 22 km وينبغي خصوصاً أن تبلغ نسبة الإشارة الآتية من المرسل الأولي إلى إشارة جهاز التقوية 10 dB كحد أدنى في المواقع التي تبعد أكثر من 22 km عن المكرر في اتجاه الهوائي الأولي. ويمكن تحسين الأداء والمسافات بين أجهزة التقوية في القنوات باستعمال هوائيات اتجاهية من أجل حماية المحطة الرئيسية.

4.3 تزامن النظام العالمي لتحديد الموقع (GPS)

ضماناً للتزامن دقيق التوقيت من أجل الحيازة السريعة للمحطة وتزامن أجهزة التقوية يجري إحكام كل محطة بالنظام GPS. ويتم ذلك عادة من خلال التزامن مع إشارة متزامنة في الوقت والتردد مع النظام GPS³. أما محطات الإرسال دون إحكام النظام GPS فلن تكون قادرة على توفير توليف سريع في المستقبل في حالة الشبكة وحيدة التردد (SFN) إذ إنها لا تستطيع أن تتزامن مع محطات أخرى⁴.

4 سويات النطاق الجانبي الرقمي

يقدم الجدول 16 قياس الاتساع لكل موجة حاملة فرعية OFDM داخل كل نطاق جانبي رقمي يتعلق بالموجات المهجنة والمهجنة الموسعة والرقمية بالكامل. وتحدد قيم أنماط الموجات المهجنة نسبة إلى القدرة الكلية للموجة FM التماثلية غير المشكّلة (تساوي 1 افتراضياً). وتحدد قيم الموجات الرقمية بالكامل نسبة إلى القدرة الكلية للموجة FM التماثلية غير المشكّلة (تساوي 1 افتراضياً) التي يمكن إرسالها في أسلوبي الموجات المهجنة والمهجنة الموسعة.

الجدول 16

قياس الموجات الحاملة الفرعية OFDM

نمط الموجة	الأسلوب	النطاقات الجانبية	رمز عامل قياس الاتساع	عامل ⁽¹⁾ قياس الاتساع (نسبة إلى القدرة الكلية لموجات التردد التماثلية FM)	عامل ⁽²⁾ قياس الاتساع (نسبة إلى القدرة الكلية لموجات التردد التماثلية FM) (dB)
مهجنة	MP1	أولي	a_0	$5,123 \times 10^{-3}$	41,39-
مهجنة موسعة	MP2-MP7	أولي	a_0	$5,123 \times 10^{-3}$	41,39-
رقمية بالكامل	MS1-MS4	أولي	a_2	$1,67 \times 10^{-2}$	31,39-
		ثانوي	a_4	$5,123 \times 10^{-3}$	41,39-
		ثانوي	a_5	$3,627 \times 10^{-3}$	44,39-
		ثانوي	a_6	$2,567 \times 10^{-3}$	47,39-
		ثانوي	a_7	$1,181 \times 10^{-3}$	50,39-

(1) عامل قياس الاتساع لكل مدى موجات حاملة فرعية IBOC.

(2) عامل قياس الاتساع مقدراً بالديسيبل ومقاساً في عرض نطاق قدره 1 kHz.

² 150 μs تعادل مسافة انتشار قدرها 45 km.

³ تسمى المحطات المحكمة بالنظام GPS السوية I: مرافق إرسال محكم بالنظام GPS.

⁴ المستوى II: مرافق إرسال دون إحكام النظام GPS.

تم انتقاء قيم الموجات الهجينة والمهجينة الموسعة بحيث يكون متوسط القدرة الكلية في النطاق الجانبي الرقمي الأولي (الأعلى أو الأدنى) أقل بمقدار 23 dB عن القدرة الكلية للموجة الحاملة FM التماثلية غير المشكّلة.

وتم انتقاء قيم الموجات الرقمية بالكامل بحيث يكون متوسط القدرة الكلية في النطاق الجانبي الرقمي الأولي (الأعلى أو الأدنى) أعلى بمقدار 10 dB على الأقل من القدرة الكلية في النطاقات الجانبية الرقمية الأولية للموجات الهجينة. وتم أيضاً انتقاء القيم بحيث يقل متوسط القدرة الكلية في النطاقات الجانبية الرقمية الثانوية (الأعلى والأدنى) بمقدار 20 dB على الأقل عن القدرة الكلية في النطاقات الجانبية الرقمية الأولية للموجات الرقمية بالكامل.

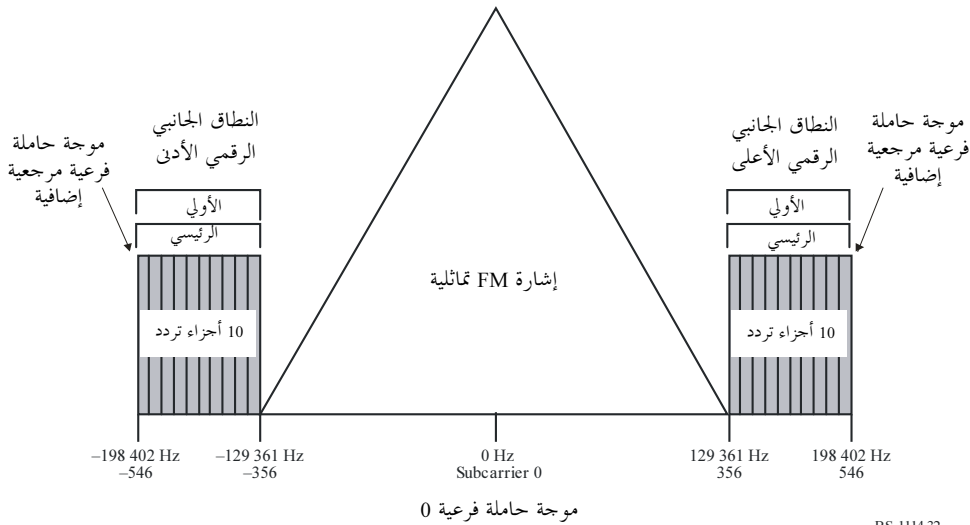
5 الطيف في أسلوب الموجات الهجينة

ترسل الإشارة الرقمية في النطاقات الجانبية الرئيسية الأولية في اتجاهي إشارة التردد FM التماثلية. ويتكون كل نطاق جانبي رئيسي أولي من عشرة أجزاء تردد مخصص للموجات الحاملة الفرعية من 356 إلى 545 أو من 356 إلى 545 (انظر الشكل 32 والجدول 17). والموجتان الحاملتان الفرعيتان 546 و 546 المشمولتان أيضاً بالنطاقات الجانبية الرئيسية الأولية هما موجتان حاملتان فرعيتان مرجعيتان إضافيتان. يقاس اتساع الموجة الحاملة الفرعية في النطاقات الجانبية الرئيسية الأولية (PM) بانتظام باستخدام عامل قياس الاتساع.

الشكل 32

طيف الموجة الهجينة - أسلوب الخدمة MPI

(مستوى الموجات الحاملة الرقمية مضبوطة بحيث تكون القدرة الكلية لهذه الموجات الحاملة أقل بمقدار 20 dB من القدرة الاسمية للموجة الحاملة التماثلية FM)



الجدول 17

ملخص الطيف في نمط الموجات الهجينة – أسلوب الخدمة MP1

ملاحظات	تباعد الترددات (Hz)	عامل قياس الاتساع	ترددات الموجات الحاملة الفرعية (نسبةً إلى مركز القناة) (Hz)	مدى الموجات الحاملة الفرعية	ترتيب أجزاء التردد	عدد أجزاء التردد	النطاق الجانبي
يضم الموجة الحاملة الفرعية المرجعية الإضافية 546	69 041	a_0	129 361 إلى 198 402	356 إلى 546	A	10	الرئيسي الأولي والأعلى
يضم الموجة الحاملة الفرعية المرجعية الإضافية 546-	69 041	a_0	129 361- إلى 198 402-	-356 إلى -546	B	10	الرئيسي الأولي والأدنى

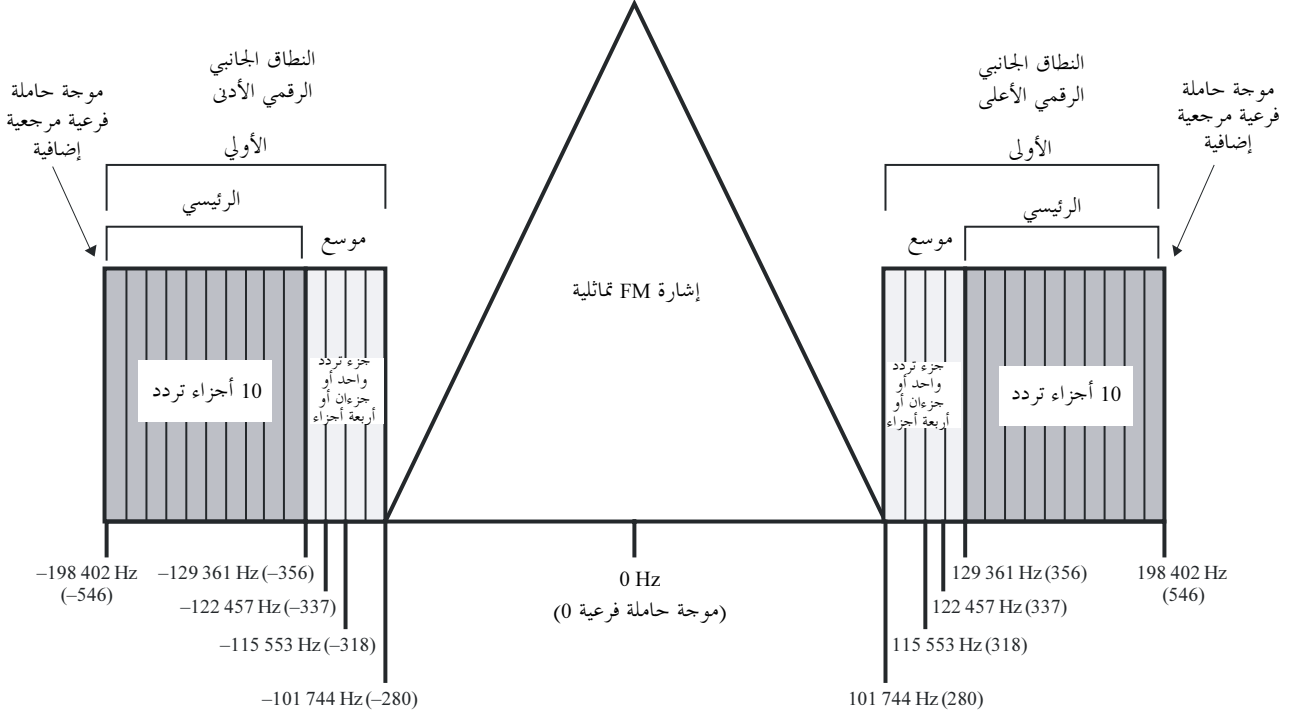
6 الطيف في أسلوب الموجات الهجينة الموسعة

تستحدث الموجة الهجينة الموسعة بإضافة نطاقات جانبية أولية موسعة على النطاقات الجانبية الرئيسية الأولية (PM) الموجودة في الموجة الهجينة. ويمكن إضافة جزء تردد واحد أو اثنين أو أربعة تبعاً لأسلوب الخدمة إلى الحافة الداخلية لكل نطاق جانبي رئيسي أولي. ويتألف كل نطاق جانبي رئيسي أولي من عشرة أجزاء تردد وموجة حاملة فرعية مرجعية إضافية تضم الموجات الفرعية من 356 إلى 546 أو من 356- إلى 546-. وتضم النطاقات الجانبية الأولية الموسعة العليا الموجات الحاملة الفرعية من 337 إلى 355 (جزء تردد واحد) أو 318 إلى 355 (جزءان من التردد) أو 280 إلى 355 (أربعة أجزاء تردد). وتضم النطاقات الجانبية الأولية الموسعة الدنيا الموجات الحاملة الفرعية من 337- إلى 355- (جزء ترد واحد) أو من 318- إلى 355- (جزءان من التردد) أو من 280- إلى 355- (أربعة أجزاء تردد). وتقاس الموجات الحاملة الفرعية في النطاقات الجانبية الأولية الموسعة بانتظام باستعمال نفس عامل قياس الاتساع a_0 المستخدم في النطاقات الجانبية الرئيسية الأولية (الشكل 33 والجدول 18).

الشكل 33

طيف الموجة المهجنة الموسعة - أساليب الخدمة من MP2 إلى MP4

(مستوى الموجات الحاملة الرقمية مضبوطة بحيث تكون القدرة الكلية لهذه الموجات الحاملة أقل بمقدار 20 dB من القدرة الاسمية للموجة الحاملة التماثلية FM)



الجدول 18

ملخص طيف الموجة المهجنة الموسعة - أساليب الخدمة في MP2 إلى MP4

ملاحظات	تباعد الترددات (Hz)	عامل قياس الاتساع	ترددات الموجات الحاملة الفرعية (نسبة إلى مركز القناة) (Hz)	مدى الموجات الحاملة الفرعية	ترتيب أجزاء التردد	عدد أجزاء التردد	النطاق الجانبي
يضم الموجة الحاملة الفرعية المرجعية الإضافية 546	69 041	a_0	129 361 إلى 198 402	356 إلى 546	A	10	الرئيسي الأولي والأعلى
يضم الموجة الحاملة الفرعية المرجعية الإضافية -546	69 041	a_0	129 361- إلى 198 402-	356- إلى 546-	B	10	الرئيسي الأولي والأدنى
لا يوجد	6 540	a_0	122 457 إلى 128 997	337 إلى 355	A	1	الموسع الأولي الأعلى (أجزاء تردد)
لا يوجد	6 540	a_0	122 457- إلى 128 997-	337- إلى 355-	B	1	الموسع الأولي الأدنى (أجزاء تردد)
لا يوجد	13 444	a_0	115 553 إلى 128 997	318 إلى 355	A	2	الموسع الأولي الأعلى (جزءان تردد)
لا يوجد	13 444	a_0	115 553- إلى 128 997-	318- إلى 355-	B	2	الموسع الأولي الأدنى (جزءان تردد)
لا يوجد	27 253	a_0	101 744 إلى 128 997	280 إلى 355	A	4	الموسع الأولي الأعلى (4 أجزاء تردد)
لا يوجد	27 253	a_0	101 744- إلى 128 997-	280- إلى 355-	B	4	الموسع الأولي الأدنى (4 أجزاء تردد)

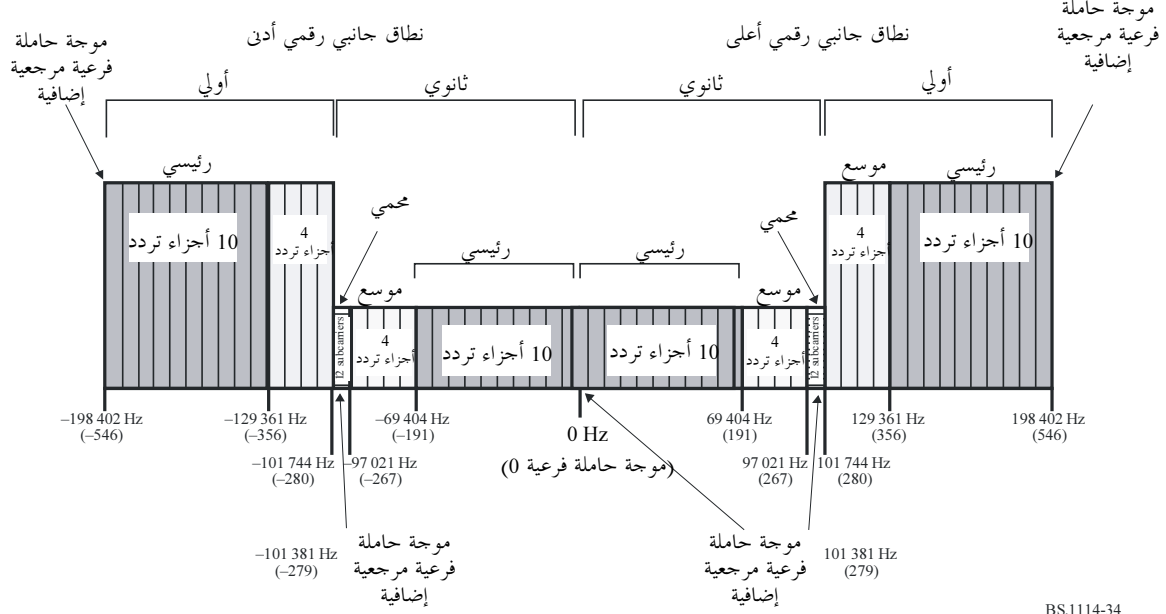
7 طيف الموجات الرقمية بالكامل

تتكون الموجة الرقمية بالكامل بإلغاء الإشارة التماثلية وتوسيع عرض النطاق كاملاً للنطاقات الجانبية الرقمية الأولية وإضافة نطاقات جانبية ثانوية منخفضة القدرة إلى الطيف الذي أخلته الإشارة التماثلية. ويظهر طيف الموجة الرقمية بالكامل في الشكل 34.

الشكل 34

طيف الموجة الرقمية بالكامل - أساليب الخدمة من MP5 إلى MP7 ومن MS1 إلى MS4

(تضبط سوية الموجات الحاملة الفرعية الرقمية بحيث تبقى القدرة الكلية لهذه الموجات الحاملة أقل بمقدار 10 dB من القدرة الاسمية للموجة الحاملة التماثلية FM التي تحل محلها)



وإضافة إلى أجزاء التردد الرئيسي العشرة، يوجد أربعة أجزاء تردد موسع كاملاً في كل نطاق جانبي أولى للموجة الرقمية بالكامل. ولكل نطاق جانبي ثانوي أيضاً عشرة أجزاء ترددات رئيسية ثانوية (SM) وأربعة أجزاء موسعة ثانوية. لكن بخلاف النطاقات الجانبية الأولية فإن أجزاء الترددات الرئيسية الثانوية تتقابل بالقرب من مركز القناة مع أجزاء ترددات موسعة بعيدة عن المركز.

ويدعم كل نطاق جانبي ثانوي أيضاً منطقة ثانوية محمية (SP) صغيرة تتألف من 12 موجة حاملة فرعية (OFDM) والموجتين الفرعيتين المرجعيتين 279 و-279. وتدعى النطاقات الجانبية "محمية" لأنها موزعة في منطقة الطيف الأقل تأثيراً بالتداخل التماثلي أو الرقمي. وتوضع موجة حاملة فرعية مرجعية إضافية في مركز القناة (0). أما ترتيب أجزاء الترددات في المنطقة الثانوية المحمية فلا يطبق نظراً لعدم احتواء هذه المنطقة على أجزاء ترددات.

ويتمد كل نطاق جانبي رئيسي ثانوي (SM) فوق الموجات الحاملة الفرعية من 1 إلى 190 أو من -1 إلى -190. ويضم النطاق الجانبي الموسع الثانوي الأعلى الموجات الحاملة الفرعية من 191 إلى 266 والنطاق الجانبي الأولي الثانوي الأعلى الموجات من 267 إلى 278 إضافة إلى الموجة الحاملة الفرعية المرجعية 279. ويضم النطاق الجانبي الموسع الثانوي (SP) الأدنى الموجات الحاملة الفرعية من -191 إلى -266 والنطاق الجانبي الأدنى الثانوي الموجات من -267 إلى -278 إضافة إلى الموجة الحاملة الفرعية المرجعية الإضافية -279. أما امتداد الترددات الكلي لكامل طيف الموجات الرقمية بالكامل فيبلغ 396 803 Hz. وتقاس الموجات الفرعية الحاملة داخل النطاقين الجانبين الرئيسيين الأوليين والموسع الأولي باستعمال عامل قياس الاتساع a_2 . وتقاس الموجات الحاملة الفرعية داخل النطاقات الجانبية الرئيسية الثانوية والموسعة الثانوية والأولية الثانوية بانتظام باستعمال عامل قياس اتساع مزود بأربع سويات منفصلة a_4 - a_7 .

الجدول 19

ملخص طيف الموجة الرقمية بالكامل – أساليب الخدمة من MP5 إلى MP7
ومن MS1 إلى MS4

ملاحظات	تباعد الترددات (Hz)	عامل قياس الاتساع	ترددات الموجات الحاملة الفرعية (نسبة إلى مركز القناة) (Hz)	مدى الموجات الحاملة الفرعية	ترتيب أجزاء التردد	عدد أجزاء التردد	النطاق الجانبي
يضم الموجة الحاملة الفرعية المرجعية الإضافية 546	69 041	a_2	129 361 إلى 198 402	356 إلى 546	A	10	الرئيسي الأولي والأعلى
يضم الموجة الحاملة الفرعية المرجعية الإضافية -546	69 041	a_2	129 361- إلى 198 402-	356- إلى 546-	B	10	الرئيسي الأولي والأدنى
لا يوجد	27 253	a_2	101 744 إلى 128 997	280 إلى 355	A	4	الموسع الأولي الأعلى
لا يوجد	27 253	a_2	101 744- إلى 128 997-	280- إلى 355-	B	4	الموسع الأولي الأدنى
يضم الموجة الحاملة الفرعية المرجعية الإضافية 0	69 041	a_2	0 إلى 69 041	0 إلى 190	B	10	الرئيسي الثانوي والأعلى
لا يوجد	68 678	a_2	363- إلى 69 041-	1- إلى 190-	A	10	الرئيسي الثانوي والأدنى
لا يوجد	27 253	a_7-a_4	69 404 إلى 96 657	191 إلى 266	B	4	الموسع الثانوي الأعلى
لا يوجد	27 253	a_7-a_4	69 404- إلى 96 657-	191- إلى 266-	A	4	الموسع الثانوي الأدنى
يضم الموجة الحاملة الفرعية المرجعية الإضافية 279	4 360	a_7-a_4	97 021 إلى 101 381	267 إلى 279	لا ينطبق	لا ينطبق	الأولي الثانوي الأعلى
يضم الموجة الحاملة الفرعية المرجعية الإضافية 279	4 360	a_7-a_4	97 021- إلى 101 381-	267- إلى 279-	لا ينطبق	لا ينطبق	الأولي الثانوي الأدنى

8 تقييدات الإرسال

1.8 حدود الإرسال في التشغيل IBOC

تعمل الموجات المهجنة والرقمية كلياً بسويات أقل بكثير من حدود قناع إرسالات التردد FM. وفي الجدول 20 مثال مختصر لقناع إدارة واحد من الولايات المتحدة الأمريكية، CFR Code of Federal Regulations، العنوان 47 الفقرة 317.73.

الجدول 20

حدود الإرسال تبعاً لتخالف تردد الموجة الحاملة في القنوات FM
في الولايات المتحدة الأمريكية

التخالف نسبةً لتردد الموجة الحاملة (kHz)	الكثافة الطيفية للقدرة نسبة إلى الموجة الحاملة FM التماثلية غير المشكّلة (⁽¹⁾ dBc/kHz)
120 إلى 240	25-
240 إلى 600	35-
أكبر من 600	80- أو $43 - 10 \log_{10} x$ ، إن كانت أقل قيمةً، حيث هي القدرة (W) وتعني القدرة الكلية للموجة الحاملة الخارجية من المرسل وغير المشكّلة x.

(¹) أُجريت القياسات من خلال حساب متوسط الكثافة الطيفية للقدرة في عرض نطاق قدره 1 kHz في قطعة مدتها الزمنية 10 ثوانٍ.

ويُظهر الشكلان 35 و36 سوية الضوضاء الواردة من جميع المصادر مقدرة بالوحدات dB نسبة إلى الكثافة الطيفية للقدرة الاسمية في النطاقات الجانبية الرقمية المقاسة في عرض نطاق قدره 1 kHz. ويدخل قياس الضوضاء هذا في جميع المصادر بما فيها:

- ضوضاء الطور في المثير IBOC
- ومنتجات التشكيل البيئي في المرسل. وقد ضُبِطت السويات في الجداول 20 و21 و22 و23 على نحو تظهر فيه السوية أقل من قناع الإرسال 0 dBc.

الجدول 21

قدرة الموجة الحاملة الاسمية IBOC(¹)

أسلوب الموجات الرقمية بالكامل		أسلوب الموجات الهجينة
موجات حاملة في الخدمة المساعدة الثانوية	موجات حاملة في البرنامج الرئيسي	
50,39-	31,39-	41,39-

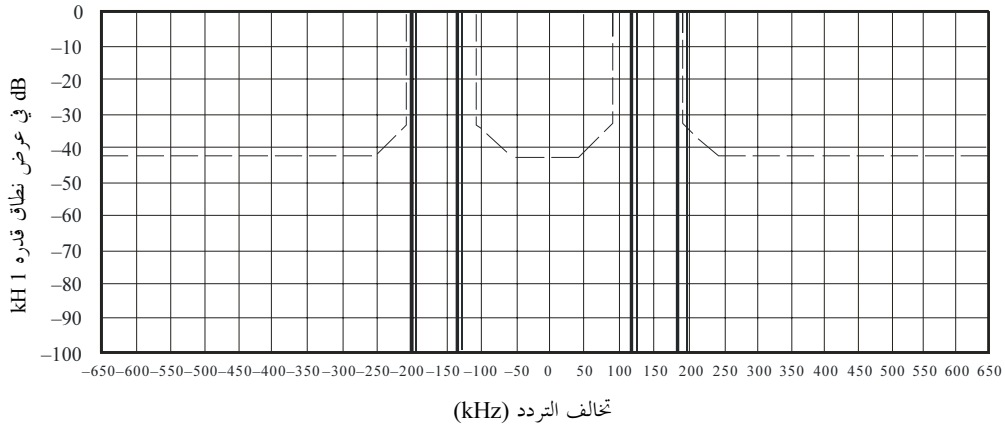
(¹) الكثافة الطيفية للقدرة الاسمية في عرض نطاق قدره 1 kHz نسبة إلى القناع المرجعي 0 dBc.

1.1.8 حدود الإرسال في التشغيل بأسلوب الموجة الهجينة

إن الضوضاء الواردة من جميع المصادر بما فيها ضوضاء طور المثير IBOC ومنتجات التشكيل البيئي وما عدا الترددات الملغاة من الموجة الحاملة بين 100 و200 kHz يجب أن تتقيد بالحدود المبينة في الشكل 35 والجدول 22. وتتلخص المتطلبات على النحو التالي حيث يعبر عن القيمة المقدرة بالديسيبل نسبةً إلى الكثافة الطيفية للقدرة الاسمية في عرض نطاق قدره 1 kHz للنطاقات الجانبية الرقمية.

الشكل 35

حدود الإرسال في أسلوب الموجة المهجينة IBOC*



ضوضاء الكبر عالي القدرة (HPA) بأسلوب الموجات المهجينة مقاسة دون وجود موجة حاملة تماثلية
كثافة القدرة الطيفية الاسمية لموجة حاملة هجينة

* القيمة 0 dB نسبة إلى الكثافة الطيفية الاسمية للقدرة في عرض نطاق قدره 1 kHz للنطاقات الجانبية الرقمية.

BS.1114-35

الجدول 22

حدود الإرسال في أسلوب الموجات المهجينة

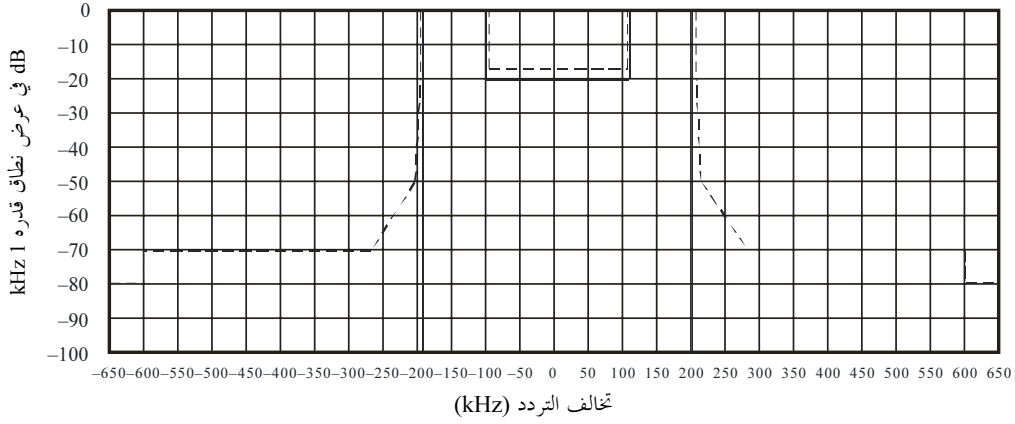
السوية (dB/kHz)	التردد F ، التخالف نسبة إلى الموجة الحاملة (kHz)
dB 83,39-	50-0
$\{-83.39 + (\text{frequency (kHz)} - 50 \text{ kHz}) \cdot 0.2\}$ dB	95-50
$\{-61.39 + (\text{frequency (kHz)} - 100 \text{ kHz}) \cdot 2.6\}$ dB	100-95
$\{-61.39 - (\text{frequency (kHz)} - 200 \text{ kHz}) \cdot 2.6\}$ dB	205-200
$\{-74.39 - (\text{frequency (kHz)} - 205 \text{ kHz}) \cdot 0.2\}$ dB	250-205
dB 83,39-	250<

2.1.8 حدود إرسال التشغيل بأسلوب الموجات الرقمية بالكامل

يجب على الضوضاء الناجمة عن كل المصادر بما فيها ضوضاء الطور للمثير IBOC ومنتجات التشكيل البيئي والمتعلقة بالترددات البعيدة عن الموجة الحاملة بأكثر من 200 kHz أن تتقيد بالحدود الواردة في الشكل 36 والجدول 23.

الشكل 36

حدود إرسال الموجة الرقمية بالكامل*



----- الضوضاء HPA الرقمية بالكامل
 ————— كثافة طيفية للقدرة الاسمية للموجة الرقمية بالكامل
 * 0 dB نسبة إلى كثافة طيف القدرة الاسمية في عرض نطاق قدره 1 kHz في النطاقات الجانبية الرقمية.

BS.1114-36

وفيما يلي مجمل المتطلبات حيث تحسب القيمة dB نسبة إلى كثافة طيف القدرة الاسمية في عرض نطاق قدره 1 kHz بالنطاقات الجانبية الرقمية.

الجدول 23

حدود إرسال الموجات الرقمية بالكامل

سوية (dB/kHz)	التردد F ، التخالص نسبة إلى الموجة الحاملة (kHz)
$\{-51.39 - (\text{frequency (kHz)} - 200 \text{ kHz}) \cdot 1.733\}$ dB	207,5-200
$\{-64.39 - (\text{frequency (kHz)} - 207.5 \text{ kHz}) \cdot 0.2118\}$ dB	250-207,5
$\{-73.39 - (\text{frequency (kHz)} - 250 \text{ kHz}) \cdot 0.56\}$ dB	300-250
dB 101,39-	600-300
dB 111,39-	600<

9 مجمل نتائج الاختبارات

يرد أدناه ملخص الاختبارات التي أُجريت للنظام الرقمي C في المختبر. وتسمى أنواع الخبو المستخدمة (UF) (سريع في بيئة حضرية)، و(US) (بطيء في بيئة حضرية)، و(RF) (سريع في بيئة ريفية)، و(TO) (سريع مع تضاريس معيقة) وقد طبقت كل منها على حدة على الإشارة المرغوبة وعلى كل إشارة مسببة للتداخل. وتقدر سوية التداخل بالوحدات dB_{des} التي تعرّف بأنها قيمة dB نسبة إلى القدرة الكلية للإشارة المرغوبة. ويعد الجدول 24 لكل اختبار معدل أخطاء فدره سيناريو من التداخل عند وقوع الخطأ والنسبة C_d/N_0 (dB/Hz) وشكل الخبو وسوية التداخل والمعدل المقيس للأخطاء في الفدره.

الجدول 24

تحسين نتائج الاختبار FM الهجين IBOC DSB

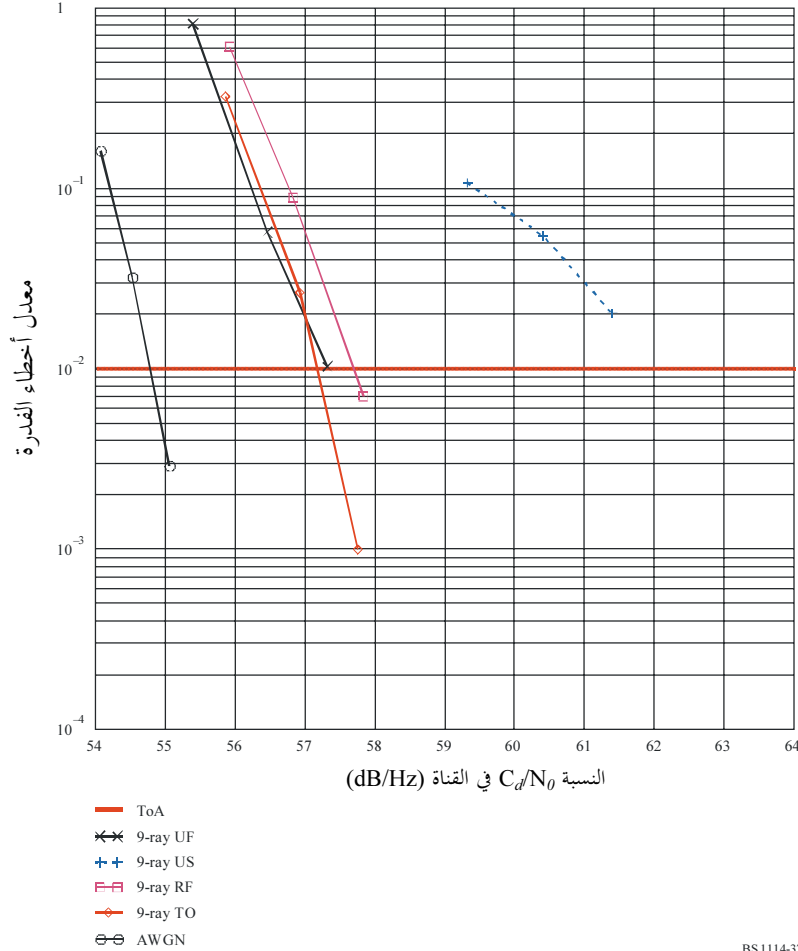
قياسات		معلومات الدخل						الاختبارات
تقييم شخصي للإشارات التماثلية عند العتبة السمعية ToA الرقمية		الأداء الرقمي						
الانحطاط السمعي حسب التقدير الشخصي	السجل	معدل الأخطاء في القدرة	ثاني قناة مجاورة (dB _{des})	أول قناة مجاورة (dB _{des})	القناة المشتركة (dB _{des})	الخبو	C _d /N ₀ (dB/Hz)	
مسموع	audio1.wav	0,16					54,1	ضوضاء غوسية دون خبو/دون تداخل
		0,032					54,5	
		0,0029					55,1	
مسموع	audio2.wav	0,8					55,4	خبو قدره 9 مسارات
		0,056				UF	56,4	
		0,012					57,3	
مسموع	audio3.wav	0,106					59,3	
		0,054				US	60,4	
		0,0202					61,4	
مسموع	audio4.wav	0,6					55,9	
		0,087				RF	56,8	
		0,007					57,8	
مسموع	audio5.wav	0,317					55,9	
		0,026				TO	56,9	
		0,001					57,8	
مسموع	audio6.wav	0,075		6,0-			61,5	تداخل تسببه أول قناة مجاورة
		0,045				UF	62,4	
		0,00842					63,4	
مسموع	audio7.wav	0,077		18,0-			59,4	
		0,012				UF	60,3	
		0,006					61,3	
مسموع	audio8.wav	0,0735		24,0-			58,2	
		0,0109				UF	59,2	
		0,005					60,1	
مسموع	audio9.wav	0,0287		30,0-			57,2	
		0,0082				UF	58,2	
مسموع	audio10.wav	0,1	20,0				57,9	تداخل تسببه ثاني قناة مجاورة
		0,018				UF	58,9	
		0,00085					60,5	
أبعد نقطة من العطل	audio11.wav	0,013			10,0-		60,2	تداخل تسببه القناة المشتركة
		0,0097				UF	61,3	
		0,00014					65,3	
مسموع	audio12.wav	0,013			20,0-		58,4	
		0,0011				UF	59,3	
		0,00035					60,4	

1.9 الأداء مع ضوضاء غوسية

يقيس هذا الاختبار الحد الأعلى لأداء النظام والإشارات السمعية التماثلية المسجلة عند العتبة الرقمية للسمع (ToA) في وجود ضوضاء غوسية ودون خبو رايلي أو أي تداخل. يظهر الأداء في المنحنيات البيانية لمعدل خطأ القدرة المئين في الشكل 37 والملخصة في الجدول 24. ويشير الجدول 24 إلى أن النوعية السمعية للإشارات التماثلية تعاني من الانحطاط قبل العتبة ToA الرقمية مباشرة.

الشكل 37

نتائج معدل أخطاء القدرة في النظام الهجين في أنماط مختلفة للخبو في 9 مسارات
وضوضاء غوسية بيضاء إضافية (AWGN)



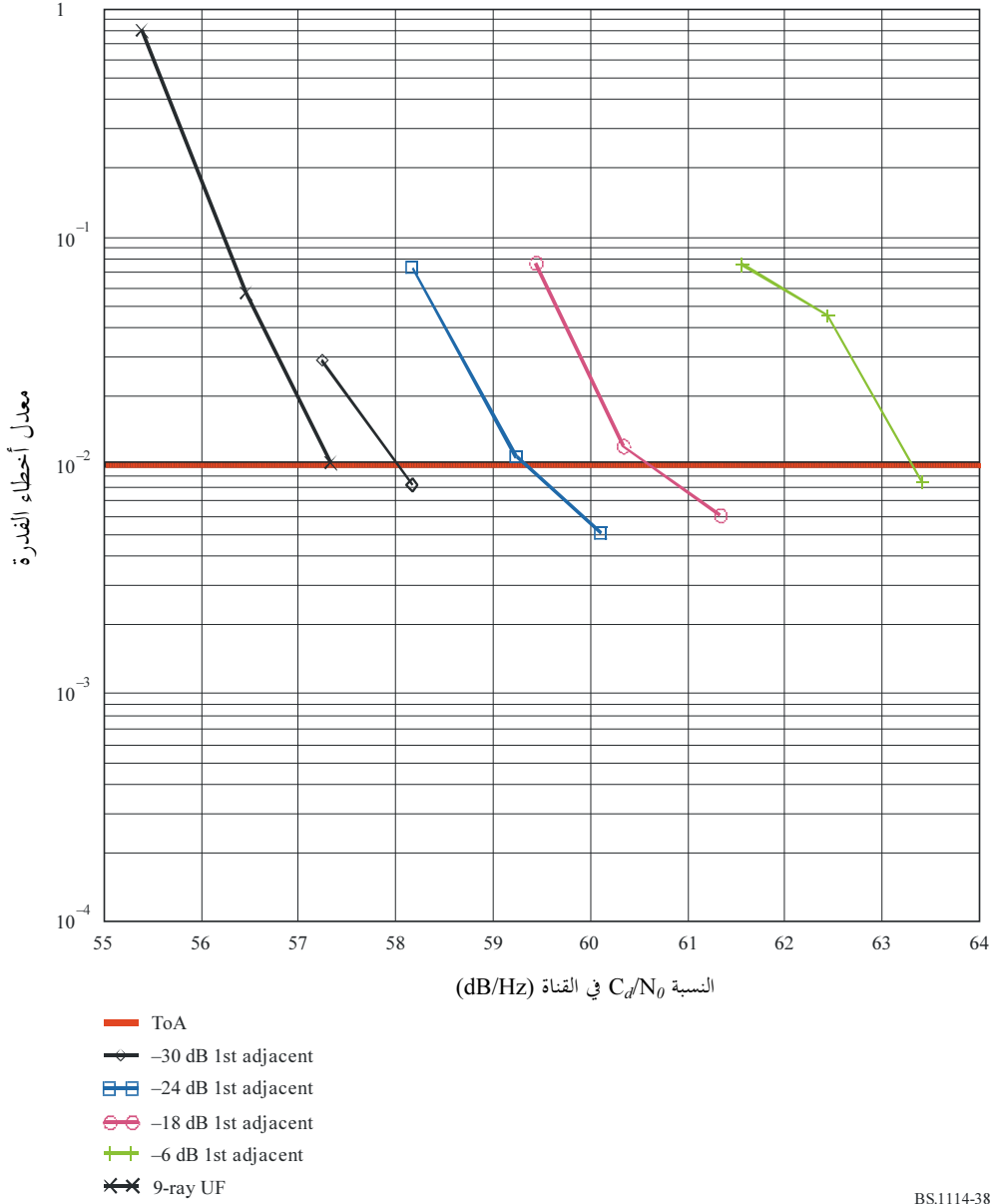
BS.1114-37

2.9 الأداء مع خبو رايلي

يقيس هذا الاختبار أداء النظام والإشارات السمعية المسجلة عند العتبة ToA الرقمية مع ضوضاء غوسية وأنماط مختلفة من خبو رايلي. ويظهر الأداء في المنحنيات البيانية لمعدل أخطاء القدرة في الشكل 38 والملخصة في الجدول 24. وتشير النتائج إلى عدم التأثير بشكل الخبو باستثناء حالة الخبو البطيء الحصري الذي يُنتج حالات خبو في الإشارة بالغة الطول. ويُنتج نوع الخبو البطيء الحصري انقطاعات شديدة الإزعاج في الإرسالات التماثلية القائمة.

الشكل 38

نتائج معدل أخطاء القدرة في النظام المهجين مع خبو سريع في بيئة حضرية في 9 مسارات
ومع مصدر مسبب للتداخل في القناة المجاورة الأولى ذات الخبو المنفصل



BS.1114-38

1.2.9 الخبو السريع في بيئة حضرية (UF)

يعطي الجدول 24 التقييم الشخصي للإشارات السمعية التماثلية الذي يدل على أن النوعية السمعية التماثلية انحطت قبل العتبة ToA الرقمية مباشرة.

2.2.9 الخبو البطيء في بيئة حضرية (US)

يعطي الجدول 24 التقييم الشخصي للإشارات السمعية التماثلية الذي يدل على أن النوعية السمعية التماثلية انحطت قبل العتبة ToA الرقمية مباشرة.

3.2.9 الحبو السريع في بيئة ريفية (RF)

يعطي الجدول 24 التقييم الشخصي للإشارات السمعية التماثلية الذي يدل على أن النوعية السمعية التماثلية انحطت قبل العتبة ToA الرقمية مباشرة.

4.2.9 الحبو السريع مع تضاريس معيقة (TO)

يعطي الجدول 24 التقييم الشخصي للإشارات السمعية التماثلية الذي يدل على أن النوعية السمعية التماثلية انحطت قبل العتبة ToA الرقمية مباشرة.

3.9 أداء النظام في وجود تداخل مع حبو منفصل

يقيس هذا الاختبار أداء النظام والإشارة السمعية التماثلية المسجلة في ضوضاء غوسية وخبو رايلي وبوجود مصادر تداخل مسببة للخبو المنفصل IBOC في القنوات المجاورة الأولى والمجاورة الثانية والمشاركة الهجينة. وقد مرَّ كل مصدر تداخل عبر نفس نمط قناة خبو رايلي مثله مثل الإشارة المطلوبة؛ لكن جميع الإشارات خضعت لخبو منفصل وبالتالي بقيت مستقلة بعضها عن بعض.

1.3.9 تداخل وحيد المصدر في القناة المجاورة الأولى

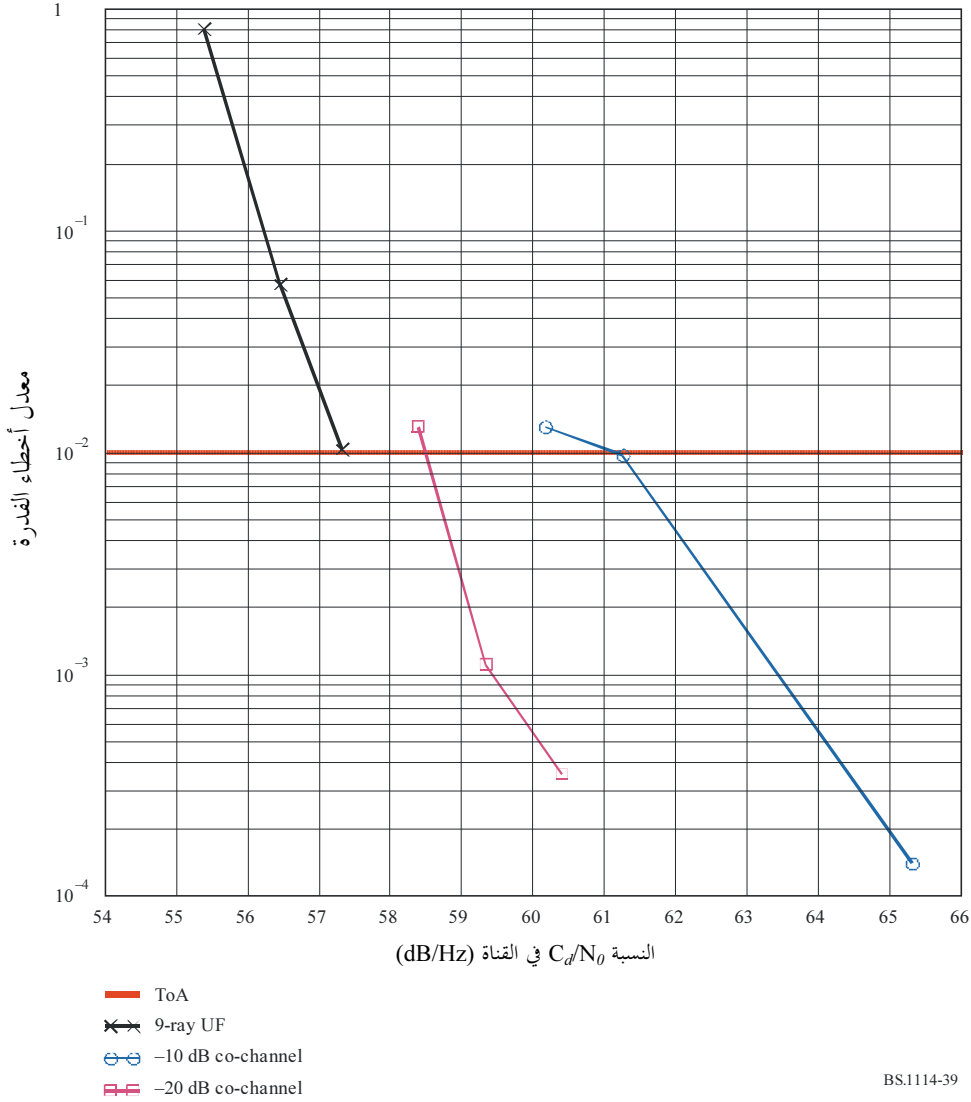
تم في الولايات المتحدة الأمريكية حماية محطات الصنف B المتباعدة بشكل ملائم حتى الكفاف 54 dBu من مصادر تداخل من القناة المجاورة الأولى تتعدى 48 dBu في 50% من المواقع أثناء 10% من الوقت. ونتيجة لذلك أُجريت الاختبارات بوجود مصادر تداخل هجينة في القناة المجاورة الأولى بقدرات مختلفة تصل إلى سوية تقل عن سوية الإشارة المطلوبة بـ 6 dB. وتظهر نتائج معدل أخطاء القدرة في الشكل 38 والمخصصة في الجدول 24. وكما هو متوقع، ينحط الأداء كلما ازدادت سوية التداخل في المدى من -30 dB_{des} إلى -6 dB_{des}. غير أن خوارزمية إلغاء التداخل في القناة المجاورة الأولى والمستخدم في المستقبل تضمن نوعية أداء أفضل للنظام حتى بوجود تداخل عالي السوية في القناة المجاورة الأولى في بيئة حضرية للخبو السريع. ويقدم الجدول 24 التقدير الشخصي للإشارات السمعية التماثلية الذي يدل على أن النوعية السمعية للإشارات التماثلية تنحط قبل العتبة ToA الرقمية تماماً في جميع سويات القنوات المجاورة الأولى.

2.3.9 تداخل وحيد المصدر في القناة المشتركة

تم في الولايات المتحدة الأمريكية حماية محطات الصنف B المتباعدة بشكل ملائم حتى كفاف قدره 54 dBu من التداخل الذي تسببه القناة المشتركة والذي يتجاوز 34 dBu في 50% من المواقع أثناء 10% من الوقت. ويعني ذلك أن النسبة (D/U) (الإشارة المطلوبة/الإشارة غير المطلوبة) تتجاوز 20 dB خلال 90% من الوقت عند الكفاف 54 dBu. واستناداً إلى هذه المعلومات يمكن إجراء عدد من عمليات الرصد بخصوص طبيعة التداخل في القناة المشتركة. وينبغي لأي مصدر تداخل هجين في القناة المشتركة أن يكون ذا تأثير أدنى على أداء الإشارة الرقمية المطلوبة لأن قدرتها تقل عادة بمقدار 20 dB على الأقل عن النطاقات الجانبية الرقمية عند الكفاف المحمي التماثلي 54 dBu. وقد ثبت ذلك في الاختبارات المخبرية. واستخدام تداخل قناة مشتركة هجين بمقدار -20 dB_{des} مع إشارة هجينة مطلوبة في بيئة خبو سريع حضري. وتظهر نتائج معدل أخطاء القدرة في الشكل 38 والمخصصة في الجدول 24. ويدل الشكل 39 على أن إضافة تداخل قناة مشتركة هجين بمقدار -20 dB_{des} يسبب انحطاطاً في الأداء لا يتجاوز 1 dB. كما يبين الشكل 38 أن تزايد الانحطاط ينحصر عند أقل من 3 dB حتى إذا ازدادت سوية تداخل القناة المجاورة إلى -10 dB_{des}. ويقدم الجدول 24 التقدير الشخصي للإشارات السمعية التماثلية الذي يدل على النوعية السمعية للإشارة التماثلية انحطت قبل العتبة ToA الرقمية تماماً بوجود تداخل قناة مشتركة بمقدار -20 dB_{des}. أما عند استخدام التداخل في القناة المشتركة بمقدار -10 dB_{des} فإن النوعية السمعية للإشارات التماثلية ينحط إلى درجة الانقطاع حتى قبل أن تصل الإشارة السمعية الرقمية إلى العتبة ToA.

الشكل 39

نتائج معدل أخطاء القدرة في النظام المهجين مع تداخل تسببه
10 قنوات وخبو منفصل



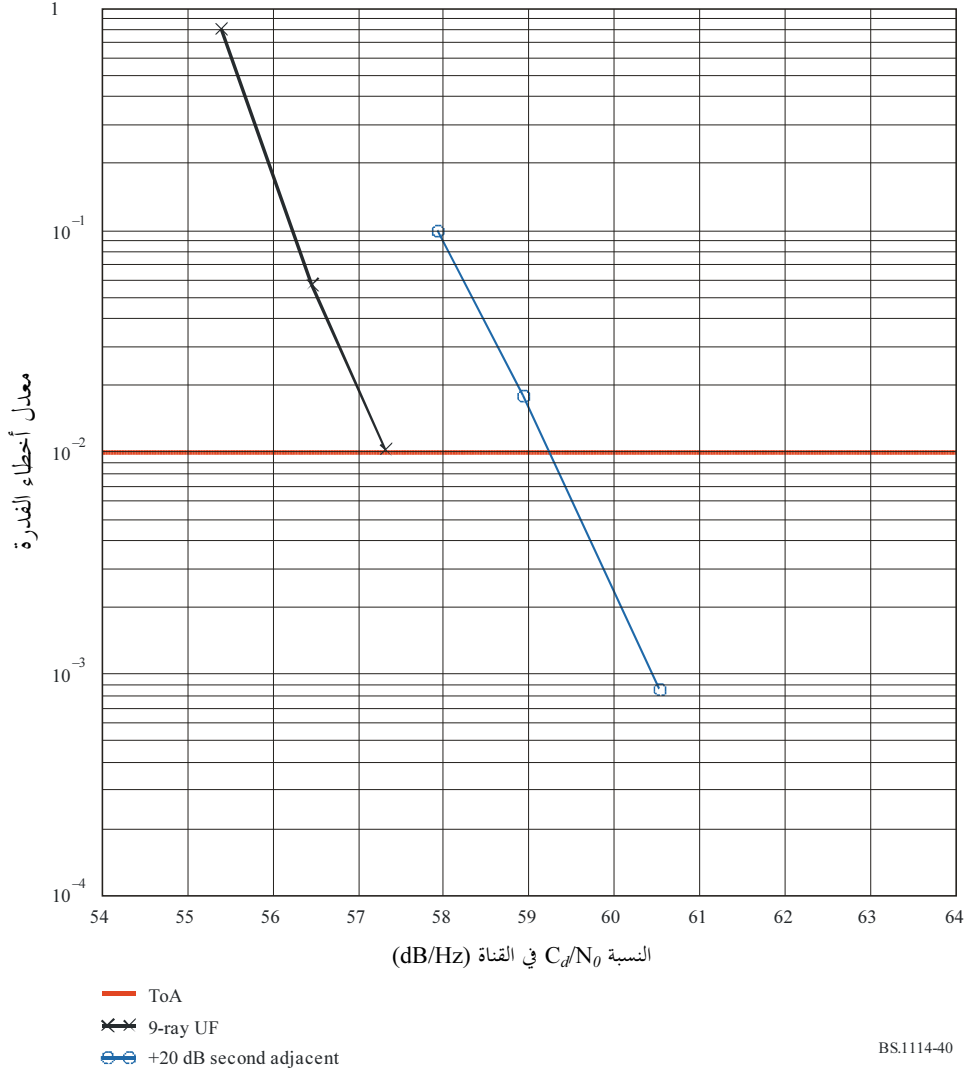
BS.1114-39

3.3.9 تداخل وحيد تسببه القناة المجاورة الثانية

قد يكون للتداخل IBOC المهجين الذي تسببه القناة المجاورة الثانية أثر طفيف على أداء الإشارة الرقمية إذ إن الفصوص الجانبية للتداخل قد تنغلق لتعطي نطاقات جانبية رقمية مطلوبة. وقد تم تحديد مقدار هذا الأثر في اختبارات مخبرية. وقد استعمل تداخل وحيد هجين قدره +20 dB تسببه القناة المجاورة الثانية للإشارة المهجنة المطلوبة في بيئة حضرية سريعة الخبو. وتظهر نتائج معدل أخطاء القدرة في الشكل 40 والملخصة في الجدول 24. ويدل الشكل 40 على أن تداخل هجيناً بمقدار +20 dB تسببه القناة المجاورة الثانية يسفر عن انحطاط في الأداء يقدر بـ 2 dB تقريباً. ويقدم الجدول 24 تقييماً شخصياً للإشارات السمعية التماثلية يدل على أن نوعية الإشارة السمعية التماثلية تنحط قبل العتبة ToA الرقمية تماماً.

الشكل 40

نتائج معدل أخطاء القدرة في النظام المهجين بوجود تداخل تسببه
القناة المجاورة الثانية وخيو منفصل



4.9 الاستنتاجات

تدل التسجيلات على أن الإشارات السمعية التماثلية المقابلة تظهر انحطاطاً سمعياً في جميع البيئات المختبرة عند النقطة التي تبدأ فيها الإشارة الرقمية بالانحطاط. مما يفترض أن الإشارة السمعية التماثلية تنحط عند سويات الإشارة حيث لم يظهر بعد انحطاط الإشارة السمعية الرقمية، أي أن أداء الإشارة الرقمية عند نقطة العتبة ToA الرقمية يتقدم على أداء الإشارة التماثلية القائمة. وعندما يبدأ ظهور الانحطاط في الإشارة الرقمية يتغير المستقبل IBOC أوتوماتياً إلى الإشارة التماثلية. وهكذا يكون أداء النظام الرقمي C أفضل من أداء الخدمة FM التماثلية الراهنة.

الملحق 5

النظام الرقمي G

1 مقدمة

النظام الرقمي G، المعروف أيضاً باسم النظام الراديوي الرقمي العالمي (DRM)، هو نظام معدّ لغرض استعماله في أي تردد ضمن نطاقات الموجات المترية (VHF)، التي تتعدد القيود المفروضة عليها في مجال التوجيه بواسطة القنوات وظروف الانتشار السائدة فيها ككل، وتُتاح فيها أساليب إرسال مختلفة لاستيفاء قيود التشغيل هذه. ويُعرّف أسلوب الإرسال على أنه عدد من المعلومات التي تُصنّف على نوعين اثنين، هما:

- معلومات ذات صلة بعرض نطاق الإشارة؛
- معلومات ذات صلة بكفاءة الإرسال.

ويحدّد النوع الأول من المعلومات المقدار الكلي لعرض نطاق الإرسال، فيما تمكّن المعلومات المتصلة بكفاءة الإرسال من إجراء مفاضلة بين قدرة (معدل البتات المفيدة) ومستوى المتانة بالنسبة إلى الضوضاء وتعدد المسارات وانتشار دوبلر.

والنظام الرقمي G مقيس لدى المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI) بوصفه المعيار (2009.08) ES 201 980V3.1.1 "مواصفة النظام الراديوي الرقمي العالمي (DRM)".

ولدى النظام الرقمي G عدد من أساليب المقاومة، وكل أسلوب منها معدّ لاستعماله في نطاقات وظروف انتشار مختلفة يوضّحها الجدول 25 أدناه.

الجدول 25

استعمالات أساليب المقاومة

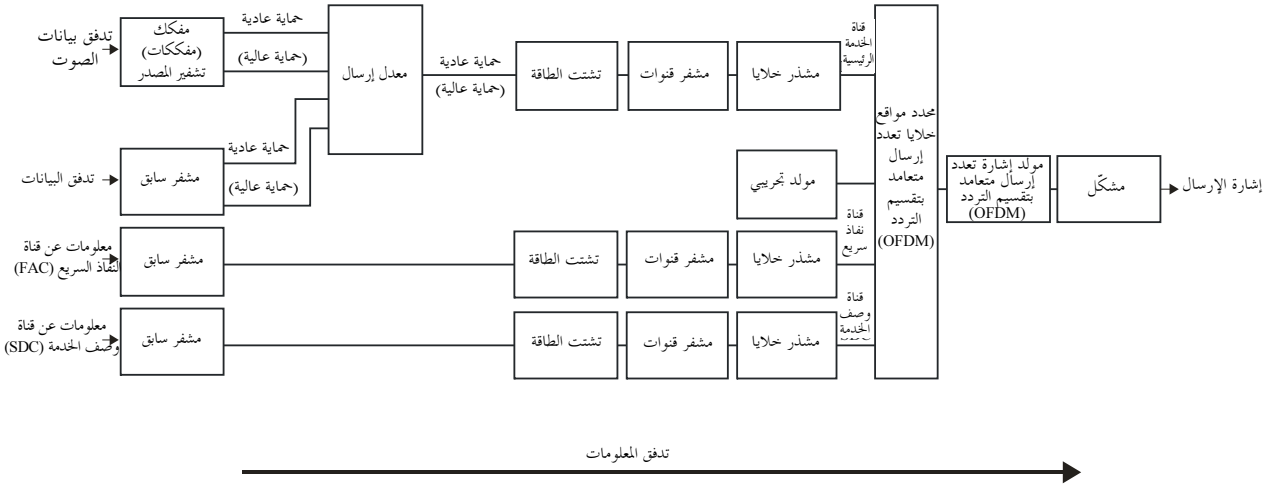
ظروف الانتشار النموذجية	أسلوب المقاومة
قنوات غوسية بخصائص ثانوية	A
قنوات اختيار الزمن والتردد بانتشار متأخر أطول	B
شأنه شأن الأسلوب B، ولكن بانتشار دوبلر أعلى	C
شأنه شأن الأسلوب B، ولكن بتأخر وانتشار دوبلر أشد	D
قنوات اختيار الزمن والتردد	E

ويتكون النظام DRM+ من أسلوب المقاومة E وهو معدّ لغرض استعماله في جميع نطاقات الموجات المترية (VHF)، وهو موضوع هذه التوصية بوصفه النظام الرقمي G.

2 معمارية النظام

يورد الشكل 41 أدناه وصفاً لتدفق مختلف أصناف المعلومات بشكل عام (سواء أكانت سمعية، أم بيانات، أم غير ذلك)، ولا يميّز بين ما قد يُقدّم من خدمات مختلفة في إطار صنف واحد أو أكثر من أصناف المعلومات.

الشكل 41



BS.1114-41

ويورد الشكل وصفاً لتدفق مختلف أصناف المعلومات بشكل عام (سواء أكانت سمعية، أم بيانات، أم غير ذلك)، انطلاقاً من التشفير على الجانب الأيسر منه وانتهاءً بالإرسال على جانبه الأيمن. وبرغم أن الشكل لا يضم مخططاً للمستقبل فإنه يمثل عملية معكوسة لما يبينه هذا المخطط.

- يوجد على الجانب الأيسر من الشكل صنفان اثنان من معلومات الدخل، هما: ما يدمج من صوت وبيانات مشفران في معدّد إرسال الخدمات الرئيسي، وقناتا المعلومات المعروفتان باسم قناة النفاذ السريع (FAC) وقناة وصف الخدمة (SDC) اللتان تتجاوزان معدّد الإرسال؛
- يكفل مشفّر المصدر الصوتي والمشفرات السابقة للبيانات تكبير تدفقات الدخل في نسق رقمي مناسب. وقد يضم خرجها جزأين اثنين يحتاجان إلى سويتين اثنتين مختلفتين من الحماية داخل مشفّر القنوات اللاحق؛
- يدمج معدّد الإرسال سويات حماية جميع البيانات والخدمات الصوتية؛
- يؤمن تشنت الطاقة بتات حتمية وانتقائية تكميلية تقلّل من إمكانية حصول انتظام غير مرغوب في الإشارة المرسلّة بسبب الأنماط المنهجية؛
- يضيف مشفّر القنوات معلومات زائدة عن الحاجة بوصفها وسيلة لتصحيح الخطأ، ويحدد نهج رسم خرائط المعلومات المشفرة رقمياً في خلايا التشكيل QAM. وإذا ما رغبت الإذاعة، فإن لدى النظام القدرة على نقل فئتين اثنتين من "البتات" تُوفّر حماية لإحدهما أكثر من الأخرى؛
- يعمل تشفير الخلايا على نشر خلايا تشكيل QAM متتابعة في سلسلة من الخلايا يُفصل بينها بشكل شبه عشوائي من حيث الزمن والتردد، وذلك لتوفير عنصر متانة إضافي في إطار إرسال الصوت عبر قنوات مشتتة زمنياً وترددياً؛
- يضخ المولد التجريبي معلومات تمكّن المستقبل من استنباط معلومات عن معادلة القنوات، ليتيح المجال بالتالي أمام فك تشكيل الإشارة بشكل متماسك؛
- يجمع راسم خرائط تعدد الإرسال المتعامد بتقسيم التردد (OFDM) أصنافاً مختلفة من الخلايا ويضعها في شبكة محددة الزمن والتردد؛
- يحوّل مولد إشارة تعدد الإرسال المتعامد بتقسيم التردد (OFDM) كل مجموعة من الخلايا المشتركة في الدليل الزمني نفسه إلى تمثيل لميدان زمن الإشارة يحتوي على عدد وافر من الموجات الحاملة. ومن ثم يُحصل من هذا التمثيل

لميدان الزمن على الرمز الكامل المحدد الزمن والميدان لتعدد الإرسال OFDM، وذلك بإضافة فاصل زمني حارس - تكرار جزء من الإشارة دورياً؛

- يحوّل المشكّل التمثيل الرقمي لإشارة تعدد الإرسال OFDM إلى إشارة تماثلية تُرسل عبر الأثير بواسطة مرسل/هوائي، وهي عملية تنطوي على تحويل عال لتردد الإشارة المرسل، وتحويلها من رقمية إلى تماثلية، وترشيحها كيما يتسنى أن تمثل للمتطلبات الطيفية المحددة في قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد.

3 تشفير الصوت والرسائل النصية وبيانات الرزم

1.3 الصوت

معدل البتات المتاح لتشفير الصوت هو في مدى يتراوح بين 37 kbit/s و 186 kbit/s وفقاً لقيود لوائح البث المفروضة على قنوات الإذاعة في نطاقات VHF ومعلومات مخطط التشفير والتشكيل المطبق في هذا المضمار.

ولكي يؤمن النظام جودة مثالية في معدل بتات معين، فإنه يقدم مخططات مختلفة لتشفير الصوت على النحو التالي:

- مجموعة فرعية لتفكيك التشفير الصوتي MPEG-4 AAC تضم أدوات متانة أخطاء الإذاعة الصوتية النوعية الأحادية والمزدوجة القناة؛
- تكرار النطاق الطيفي (SBR)، وهو عبارة عن أداة لتحسين تشفير الصوت تسمح بتوفير عرض نطاق صوتي كامل بمعدلات بتات منخفضة؛
- ستيريو بارامتري (PS)، وهو عبارة عن أداة لتحسين تشفير الصوت ذات صلة بتكرار النطاق الطيفي تسمح بتشفير ستيريو بمعدلات بتات منخفضة؛
- MPEG محيطي (MPS)، وهو عبارة عن أداة لتحسين تشفير الصوت تسمح بتشفير متعدد القنوات بمعدلات بتات منخفضة.

ويتسم تفكيك التشفير الصوتي (AAC) بطابع مثالي للغاية من حيث كفاءة التشفير، وينبغي أن يؤدي، وفقاً لنظرية المعلومات، إلى أن تكون البتات إجمالاً متكافئة تقريباً. وإذا صحّ هذا الافتراض، فيجب عندئذ تحقيق الحد الأمثل من تشفير القنوات بحيث يُقلل إلى أدنى حد المقدار الكلي للأخطاء المتبقية التي عادة ما يُشار إليها على أنها معدل الخطأ في البتات (BER). ويمكن تحقيق هذا المعيار بواسطة أسلوب تشفير القنوات يُدعى حماية الأخطاء المتكافئة (EEP)، تُوفّر فيه الحماية لجميع بتات المعلومات بذات القدر من التكرار.

على أن الآثار المسموحة للأخطاء ليست مستقلة عن الجزء الخاص بتدفق البتات المعرض لضرر الخطأ. ويُطلق على الحل الأمثل للتعامل مع هذه الحالة لحساسية الأخطاء غير المتكافئة تسمية حماية الأخطاء غير المتكافئة (UEP)، التي تُوفّر في ظلها حماية أعلى للمعلومات الأكثر حساسية، وأخرى أدنى للجزء الأقل حساسية من تدفق البتات.

ولتسوية تشفير القنوات في إطار حماية الأخطاء غير المتكافئة، يلزم توفير أرتال ثابتة الطول وثابتة الملامح كذلك لحماية الأخطاء غير المتكافئة في معدل بتات معين. ونظراً لأن تفكيك التشفير الصوتي هو نظام تشفير متباين الطول، فإن النظام الرقمي G يجمع عدة أرتال مشفرة معاً لتكوين رتل صوتي فائق واحد بمعدل بتات ثابت. وبالنظر إلى أن تشفير القنوات يستند إلى أرتال صوتية فائقة، فإن هذه الأرتال تتألف في حد ذاتها من جزأين اثنين علوي وسفلي محميّن كليهما، لذا ينبغي أن تنقسم الأرتال الصوتية المشفرة إلى هذين الجزأين.

وقد عدّل نسق نقل تدفق بتات تفكيك التشفير الصوتي MPEG-4 AAC لتلبية لمتطلبات النظام الرقمي G (تكوين أرتال صوتية فائقة). ويمكن تطبيق حماية الأخطاء غير المتكافئة (UEP) لتحسين سلوك النظام فيما يتعلق بالقنوات المعرضة للخطأ.

2.3 تطبيق الرسائل النصية

بمقدور الرسائل النصية أن تضيف عنصراً قيماً للغاية إلى خدمة الصوت من دون استهلاك الكثير من سعة البيانات. والرسالة النصية جزء أساسي من النظام الرقمي G ولا تستهلك إلا سعة قدرها 320 bits/s، ويمكن حفظ هذه السعة إذا كان مورد الخدمة لا يستعمل خدمة الرسائل النصية.

3.3 أسلوب بيانات الرزم

عادة ما تتألف خدمات البيانات من تدفقات معلومات متزامنة أو غير متزامنة الشكل، أو من ملفات معلومات. والنظام الرقمي G هو نظام لتسليم الرزم العامة الطابع يتيح المجال أمام تسليم تدفقات غير متزامنة وملفات لخدمات متنوعة في تدفق البيانات نفسه، وأمام تقاسم مختلف الخدمات لمعدل بتات تدفق البيانات (غير المتزامن) على أساس كل رتل على حدة. ويمكن تسليم تدفق البيانات بالتلازم مع التحكم في الأخطاء الإضافية عن طريق إضافة سمة التصحيح الأمامي للأخطاء. ويمكن تقديم الخدمات بفضل سلسلة من الرزم الأحادية أو في شكل سلسلة من وحدات البيانات، التي هي عبارة عن سلسلة من الرزم التي تعتبر كياناً واحداً فيما يتعلق بمعالجة الأخطاء - يتسبب استقبال رزمة واحدة غير صحيحة داخل إحدى وحدات البيانات في رفض وحدة البيانات برمتها. ويمكن استعمال هذه الآلية لنقل الملفات، وكذلك للتمكين من تبسيط مزامنة ما هو غير متزامن من التدفقات. وبمقدور المذيع أن يشكّل أسلوب بيانات رزم النظام الرقمي G إفساحاً للمجال أمام استخدام أي سعة بأمثل حد على النحو التالي: يمكن في المستقبلات تغيير وتشوير طول الرزمة وقوة الحماية الأمامية للأخطاء على حد سواء.

4 تعدد الإرسال، بما يشمل القنوات الخاصة

يجب أن تكون المستقبلات سهلة الاستخدام. ويوفر النظام الرقمي G بيانات تشوير تتيح المجال أمام المستمع للنفوذ إلى الخدمة التي يريدها بفضل ضغطة واحدة بسيطة على زر، وأمام الراديو لتتبع الإذاعة لإيجاد أفضل تردد في جميع الأوقات، لتترك بذلك حرية الاختيار للمستمع لكي يستمتع بالبرنامج.

ويستعين النظام الراديوي الرقمي العالمي (DRM) بتوليفة من التقنيات لتأمين سهولة الاستخدام، أولها تقسيم السعة الكلية للبيانات إلى تعدد إرسال مكون من ثلاث قنوات فرعية، هي كالتالي:

- قناة النفاذ السريع (FAC)؛
- قناة وصف الخدمة (SDC)؛
- قناة الخدمة الرئيسية (MSC).

وتحتوي قناة النفاذ السريع على معلومات مفيدة تمكن المستقبل من العثور بسرعة على ما يهيم المستمع من خدمات. فبإمكان المستقبل مثلاً أن يتفحص النطاقات بحثاً عن خدمات تضم نوعاً محدداً من البرامج أو تُقدّم بلغة معينة. كما تحتوي القناة على معلومات عن أسلوب الإذاعة تمكيناً من مواصلة فك تشفير الإشارة.

أما قناة وصف الخدمة فتحتوي على مزيد من المعلومات عن الخدمة (أو عن تعدد إرسال الخدمات - التي يصل عددها إلى أربع خدمات) تعزيزاً لسهولة استخدامها، ما يشمل توفير وسم يصل عدد حروفه إلى 16 حرفاً (يُستعمل معيار التشفير UTF-8 لأغراض إتاحة جميع الحروف، وليس لإتاحة اللاتيني الأساس منها حصراً)، وسبل تكفل إيجاد مصادر بديلة للبيانات نفسها، كما تعطي القناة نعتاً للخدمات الموجودة داخل تعدد الإرسال. ويتباين حجم قناة وصف الخدمة بتباين الأسلوب المتبع.

ويمكن إجراء تحقق من الترددات البديلة من دون خسران الخدمة، وذلك بإبقاء البيانات المنقولة عبر قناة وصف الخدمة في حالة شبه ثابتة، لذا ينبغي التأني في إدارة البيانات المنقولة في أرتال القناة المذكورة.

وتحتوي قناة الخدمة الرئيسية على خدمات الصوت و/أو خدمات البيانات، ويُصمّم الهيكل العام لأرتالها بطريقة تمكّن المستقبل من الانتقال إلى تردد بديل والعودة من القناة من دون خسران أية بيانات. ويعني ذلك أنه عندما يلزم توفير عدد من الترددات لتقديم الخدمة، فإن بمقدور المستقبل أن يتحقق دوماً من وجود أفضل الترددات ويعيد ضبطها حسب اللزوم من دون أي انقطاع في خدمة الصوت. وتوفر قناة وصف الخدمة قائمة بالترددات، وبإمكانها أيضاً أن توفر جدولاً بالترددات لإفساح المجال أمام تقديم خدمات تحتاج إلى ترددات مختلفة خلال اليوم وطوال الأسبوع.

وبفضل هذه السمات، تتمكن المستقبلات من تقديم الخدمات بطريقة سهلة إلى المستمع الذي ينبغي ألا يعوّل بعد الآن على معرفة الترددات أو جدول الترددات، ويحصل على تأكيد إيجابي من الوسم المعروض يبلغه بأنه قد نفذ إلى الخدمة المنشودة.

وتحتوي قناة الخدمة الرئيسية (MSC) على جميع بيانات الخدمات الواردة في تعدد الإرسال، الذي قد يحتوي على خدمات يتراوح عددها بين خدمة واحدة وأربع خدمات، والتي قد تكون كل واحدة منها خدمة صوت أو خدمة بيانات. ويعتمد معدل البتات الإجمالي لقناة الخدمة الرئيسية على معلمات الإرسال المحددة.

وتضم قناة الخدمة الرئيسية تدفقات يتراوح عددها بين تدفق واحد وأربعة تدفقات، ينقسم كل واحد منها إلى أرتال منطقية. وتتألف تدفقات الصوت من صوت مضغوط، ويمكن أن تحمل رسائل نصية من باب الاختيار. وقد تتكون تدفقات البيانات من رزم بيانات تحمل معلومات في "تدفقات فرعية" يصل عددها إلى أربعة تدفقات. وتحتوي خدمة الصوت على تدفق صوت واحد، وحسب الاختيار، على تدفق بيانات واحد أو تدفق بيانات فرعي واحد. أما خدمة البيانات فتتألف من تدفق بيانات واحد أو تدفق بيانات فرعي واحد.

وعادة ما يتكون كل رتل منطقي من جزأين اثنين لكل واحد منهما سوية حماية خاصة به. ويُحدّد بشكل مستقل طول كل واحد من هذين الجزأين. وتوفّر حماية الأخطاء غير المتكافئة في تدفق ما عن طريق تحديد سويات حماية مختلفة لهذين الجزأين.

ويبلغ طول كل واحد من الأرتال المنطقية 100 ms. وإذا كان التدفق يحمل الصوت، فإن الرتل المنطقي يحمل البيانات في أحد جزأي رتل الصوت الفائت الواحد الذي يحتوي على معلومات صوتية مدتها 200 ms. ونظراً لأنه قد تُحدد عموماً سويتا حماية اثنتان للتدفق، فإن الأرتال المنطقية تحمل بالضبط نصف عدد البتات الوافدة من كل واحدة من سويتي الحماية.

وتُجمع معاً الأرتال المنطقية الوافدة من كل التدفقات لتشكيل أرتال تعدد إرسال بذات المدة، وتُمرّر إلى مشفّر القنوات.

ويُشور تشكيل تعدد الإرسال باستخدام قناة وصف الخدمة، ويجوز إعادة تشكيله عند حدود رتل الإرسال الفائت. ويُعاد تشكيل تعدد الإرسال في حال تغيير معلمات قناة النفاذ السريع، أو في حال إعادة تنظيم الخدمات الموجودة داخل تعدد الإرسال. ويُشور التشكيل الجديد قبل الموعد المحدد في قناة وصف الخدمة، ويُبين التوقيت بواسطة إعادة تشكيل المؤشر في قناة النفاذ السريع.

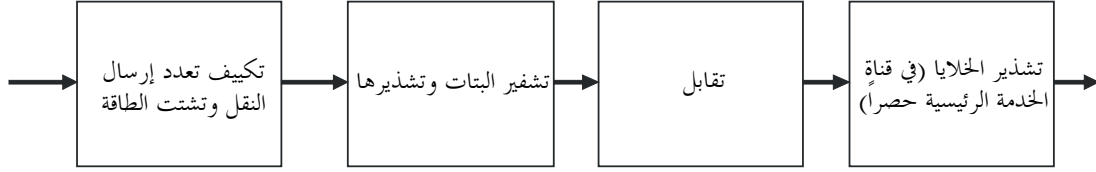
5 تشفير القنوات وتشكيلها

1.5 مقدمة

بالنظر إلى اختلاف احتياجات القنوات الفرعية الثلاث، وهي قناة الخدمة الرئيسية وقناة وصف الخدمة وقناة النفاذ السريع، فإن هذه القنوات تطبق مخططات تشفير وتقابل مختلفة. ويبين الشكل 42 أدناه لمحة عامة عن عملية التشفير.

الشكل 42

مخطط وظائف فدرات التشفير والتشذير



BS.1114-42

ويستند التشفير إلى مخطط تشفير متعدد السويات. ونظراً إلى اختلاف الاحتياجات من حماية الأخطاء داخل خدمة واحدة أو في خدمات مختلفة ضمن تعدد إرسال واحد، يُطبّق العديد من مخططات التقابل وتوليفات معدلات الشفرات على النحو التالي: تُتاح حماية الأخطاء غير المتكافئة (UEP) وكذلك حماية الأخطاء المتكافئة (EEP)، بحيث تستعمل الحماية الأولى معدل شفرات واحد لحماية جميع البيانات الموجودة في قناة ما، فيما تتسم الحماية الثانية بطابع إلزامي في قناة النفاذ السريع وقناة وصف الخدمة. ويمكن استعمال حماية الأخطاء غير المتكافئة عوضاً عن حماية الأخطاء المتكافئة بمعدلين اثنين للشفرات إفساحاً للمجال أمام تخصيص ما هو موجود في قناة الخدمة الرئيسية من بيانات للجزئين الحميمين العلوي والسفلي.

2.5 التشفير متعدد السويات

تقوم عملية تشفير القنوات على أساس مخطط تشفير متعدد السويات. ومبدأ التشفير متعدد السويات هو الاشتراك في تحقيق الحد الأمثل من التشفير والتشكيل لبلوغ أفضل مستوى لأداء الإرسال. ويدل هذا الأمر على أن المواضع الموجودة في تقابل التشكيل QAM التي تكون فيها البتات أكثر عرضة للخطأ تحصل على حماية أعلى. وتُبلغ سويات الحماية على اختلافها بفضل شفرات مكونات مختلفة تُحقق بواسطة شفرات تلافيف مثقبة تُشتق من الرمز الرئيسي نفسه.

ويمكن فك تشفير المستقبل إما مباشرة أو باتباع عملية تكرارية. وعليه يمكن تحسين أداء مفكك التشفير الحاوي على بيانات خاطئة بزيادة عدد التكرارات، وهو بالتالي مرهون بتنفيذ مفكك التشفير.

3.5 تشفير قناة الخدمة الرئيسية

يجوز أن تستعمل قناة الخدمة الرئيسية تقابل التشكيل 4-QAM أو 16-QAM على النحو التالي: تؤمن الكوكبة السفلية مستوى أمتن من أداء الأخطاء فيما تؤمن الكوكبة العليا كفاءة طيفية عالية.

ويُتاح في الحالتين كليهما طائفة واسعة من معدلات الشفرات لتوفير السوية الأنسب من تصحيح الأخطاء في إرسال معين. وتوفر توليفات الكوكبات ومعدلات الشفرات المتاحة درجة كبيرة من المرونة عبر طائفة واسعة من قنوات الإرسال. ويمكن استخدام حماية الأخطاء غير المتكافئة لتوفير سويتين اثنتين من الحماية في قناة الخدمة الرئيسية.

ويمكن أن يؤدي تطبيق سويتي حماية اثنتين داخل رتل تعدد الإرسال إلى استخدام معدلين عامين اثنين للشفرات. ويبيّن الجدولان 26 و 27 أدناه معدلات الشفرات العامة ومعدلات الشفرات المحددة لكل سوية. وتُشَوّر سوية الحماية في كيان بيانات وصف تعدد الإرسال داخل قناة الخدمة الرئيسية.

الجدول 26

معدلات شفرات قناة خدمة رئيسية تستعمل التشكيل 4-QAM

R_0	R_{all}	سوية الحماية
1/4	0,25	0
1/3	0,33	1
2/5	0,4	2
1/2	0,5	3

الجدول 27

توليفات معدلات شفرات قناة خدمة رئيسية تستعمل التشكيل 16-QAM

R_{ycm}	R_1	R_0	R_{all}	سوية الحماية
6	1/2	1/6	0,33	0
28	4/7	1/4	0,41	1
3	2/3	1/3	0,5	2
4	3/4	1/2	0,62	3

ويُطبق على رتل تعدد الإرسال معدل واحد أو معدلان عامان اثنان من معدلات الشفرات. وعند استخدام معدلين عامين اثنين يكونان كلاهما تابعين للكوكبة نفسها.

4.5 تشفير قناة وصف الخدمة

تستعمل قناة وصف الخدمة تقابل التشكيل 4-QAM بمعدل الشفرة 0,5 أو 0,25: مجال الخيار مفتوح بين سعة كبيرة ومستوى أمتن من أداء الأخطاء.

وينبغي اختيار كوكبة ومعدل شفرة معلمات قناة الخدمة الرئيسية لتأمين متانة لقناة وصف الخدمة أكبر من تلك المؤمنة لقناة الخدمة الرئيسية.

5.5 تشفير قناة النفاذ السريع

تستعمل قناة النفاذ السريع تقابل التشكيل 4-QAM بمعدل الشفرة 0,25.

6 هيكل معمارية الإرسال

يبين الجدول 28 أدناه المعلمات المتصلة بالانتشار لتعدد الإرسال المتعامد بتقسيم التردد (OFDM).

الجدول 28

معلومات تعدد الإرسال OFDM

μs 83 1/3	الفترة الزمنية الأولية T
ms 2,25	مدة الجزء (المتعامد) المفيد $T_u = 27 \cdot T$
ms 0,25	مدة فاصل الحراسة $T_g = 3 \cdot T$
ms 2,5	مدة الرمز $T_s = T_u + T_g$
1/9	T_g/T_u
ms 100	مدة رتل الإرسال T_f
40	عدد رموز كل رتل N_s
kHz 96	عرض نطاق القناة B
Hz 444 4/9	مسافة المباعدة بين الموجات الحاملة $1/T_u$
$K_{max} = 106$ ، $K_{min} = 106^-$	مجال رقم الموجة الحاملة
لا يوجد	الموجات الحاملة غير المستعملة

وتُنسَق الإشارة المرسلَة في شكل أرتال إرسال فائقة وتتكون من أربعة أرتال إرسال.

وتكون مدة كل واحد من أرتال الإرسال T_f ، ويتألف الرتل من عدد قدره N_s من رموز تعدد الإرسال OFDM.

ويتكون كل رمز من رموز تعدد الإرسال OFDM من مجموعة من الموجات الحاملة K ، ويُرسل بمدة قدرها T_s .

وتكون مسافة المباعدة بين الموجات الحاملة المتجاورة بمقدار $1/T_u$.

وتكون مدة الرمز حاصل جمع جزأين اثنين، هما كالتالي:

- جزء مفيد مدته T_u ؛

- وفاصل حراسة مدته T_g .

ويتكون فاصل الحراسة من الجزء المفيد T_u باستمرارية دورية، ويُدرج قبله.

وتُرقم رموز تعدد الإرسال OFDM الموجودة في أحد أرتال الإرسال بالأرقام من 0 إلى $N_s - 1$.

وتحتوي جميع الرموز على بيانات ومعلومات مرجعية.

ونظراً لأن إشارة تعدد الإرسال OFDM تضم العديد من الموجات الحاملة المشكّلة على حدة، فإنه يمكن بالتالي النظر إلى كل

رمز على أنه مقسّم إلى خلايا، تقابل كل واحدة منها التشكيل المنقول بواسطة موجة حاملة واحدة عبر رمز واحد.

وفيما يلي مكونات رتل تعدد الإرسال OFDM:

- خلايا تجريبية؛

- خلايا تحكم؛

- خلايا بيانات.

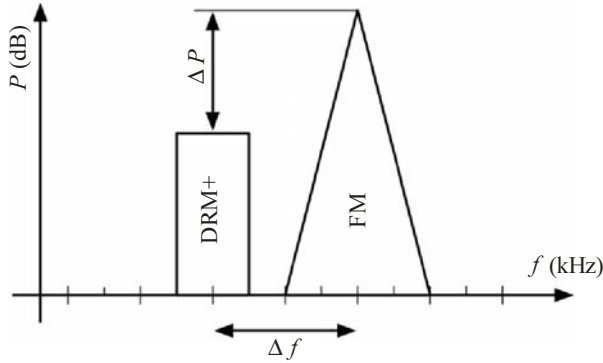
ويمكن استخدام الخلايا لمزامنة الأرتال والتردد والوقت، وتقدير القنوات، وتحديد هوية أسلوب المتانة.

7 الإرسال المشترك للإشارات الرقمية والتماثلية

بالإمكان وضع إشارة النظام الرقمي G على مقربة من إشارة FM التماثلية، ويمكن تشكيلها بمرونة رهناً بالطيف المستخدم حالياً. وهذه الطريقة يتسنى إدراج النظام الرقمي G في نطاقات التردد FM.

الشكل 43

تشكيلة النظام الرقمي G النموذجية (الأسلوب E من النظام DRM إلى اليسار) وإشارة FM (إلى اليمين)



BS.1114.43

ويبين الشكل 43 أعلاه أن بالإمكان وضع إشارة النظام الرقمي G على مقربة من إشارة FM القائمة، سواء إلى يسارها أم إلى يمينها. وضمناً لتحديد سويات الحماية المعنية وتحقيق جودة الصوت المنشودة من إشارة FM، يمكن على هذا الأساس التخطيط لتحديد مسافة تردد الموجة الحاملة (Δf) والفرق في سويتي قدرة (ΔP) إشارة FM وإشارة النظام الرقمي G. وبالإمكان اختيار المسافة Δf باستخدام شبكة مسح للقنوات بتردد 50 kHz، ويوصى باختيار مسافة قدرها $\Delta f \geq 150$ kHz. أما الفرق بين السويتين ΔP فيمكن أن يكون بتباين مرن؛ ولكن يُوصى باستخدام فرق قدره $\Delta P > 20$ dB في الحد الأدنى $\Delta f = 150$ kHz.

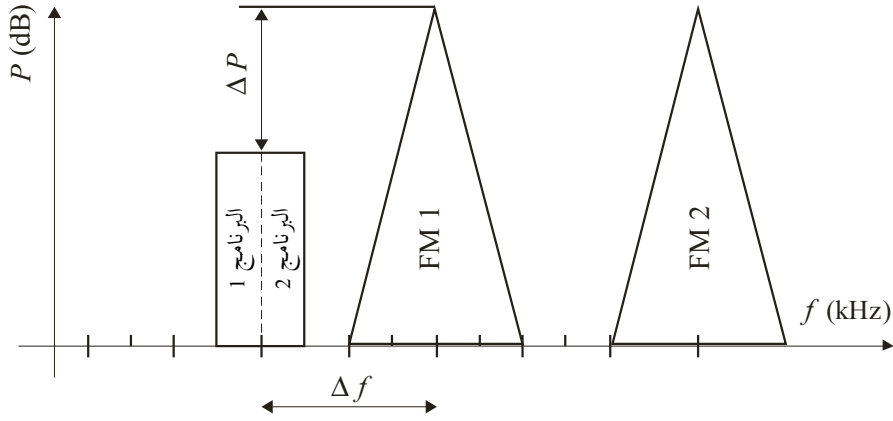
وفيما يلي تشكيلتا الإرسال المحتملتان: يمكن الجمع بين الإشارتين التماثلية والرقمية وإرسالهما عبر الهوائي نفسه، أو بالإمكان إرسال كل واحدة منهما من هوائي مختلف.

ويمكن وضع تشكيلات مختلفة لإشارة النظام الرقمي G التي يمكن أن تطبق البرنامج نفسه المطبق على خدمة FM أو برنامجاً مختلفاً أو ذات البرنامج إضافة إلى برامج أخرى. وفي حال إتاحة البرنامج نفسه عبر النظام الرقمي G وخدمة FM، فينبغي إرسال علم تبديل التردد البديل (AFS) في قناة وصف خدمة تعدد الإرسال (SDC) لإتاحة المجال أمام دعم شبكات غير متجانسة.

ويبين الشكل 44 أدناه بعض التشكيلات النموذجية.

الشكل 44

تشكيلة النظام الرقمي G النموذجية (إلى اليسار) ومحطتا FM اثنتان (إلى اليمين)



BS.1114-44

8 محاكاة أداء النظام

من خصائص انتشار موجات الراديو في نطاقات الموجات المترية (VHF) انعراج الموجات الكهرومغناطيسية وانتشارها وانعكاسها وهي في طريقها من المرسل إلى المستقبل، الذي تصل إليه عادة في أوقات مختلفة (انتشار متعدد المسارات)، مما يؤدي إلى حصول خبو أقوى أو أضعف بتردد انتقائي (رهنًا بعرض نطاق النظام). وعلاوة على ذلك، تتسبب حركات المستقبل أو الأجسام المحيطة به في اختلاف وقت خصائص القناة (أثر دوبلر). وعلى النقيض من انتشار الموجات في السماء، كالموجات القصيرة، فإن التغيرات الحاصلة في الغلاف الأيوني لا تؤدي دوراً يُذكر في نمذجة قناة نطاقات الموجات المترية (VHF).

والنهج المتبع في هذا المضمار هو استخدام نماذج عشوائية متفاوتة زمنياً ومشفوعة بإحصائيات ثابتة، وتحديد نماذج تطبق في ظروف جيدة ومعتدلة وأخرى سيئة عن طريق أخذ المناسب من قيم معاملات النموذج العام. ونموذج الانتشار الثابت وغير المترابط بشأن الاستشعار الواسع النطاق (نموذج WSSUS) هو واحد من النماذج التي يمكن تكيف معلماتها. ويُبرر اتباع نهج ثابت يستعين بمجموعات مختلفة من المعلمات بالحقيقة القائلة إن النتائج التي يُحصل عليها عبر القنوات الفعلية تُحدِث منحنيات في نسبة الخطأ في البتات (BER) بين أفضل وأسوأ الحالات المشهودة في سياق المحاكاة.

ولا يُضمّن نموذج WSSUS التغيرات الإضافية المدخلة على متوسط القدرة في الأجل القصير (الخبو العادي البطيء أو المسجل) بفعل تغير البيئة (مثل هيكل المبنى) أو ظواهر من قبيل انتشار الطبقة E المتفرق. وعادة ما تُدمج في حساب احتمال التغطية الآثار المترتبة على التغيرات وتأثير اضطرابات مثل الضوضاء التي هي من صنع الإنسان، وذلك أثناء الاضطلاع بعملية تخطيط الشبكة.

وقد أُجريت محاكاة لأداء النظام للتكهن بتقييم القنوات المثالية وتحقيق تزامن مثالي وتقصي انعدام ضوضاء المرحلة وآثار التكمية. وتتضمن قوة الإشارة دلائل وفاصل الحراسة الزمني، ومن المفترض تنفيذ فك تشفير القناة في إطار الاضطلاع بمرحلة واحدة من فك التشفير فيترابي في التشكيل 4-QAM، واستعمال مفكك تشفير متعدد المراحل بتكرارين اثنين في التشكيل 16-QAM.

والنتائج الواردة في الجدول 29 أدناه هي بشأن ست قنوات تمثل سيناريوهات استقبال مختلفة، يكون فيها أسلوب المتانة المقترن هو E ومعدل الشفرة $R = 0,33$ والتشكيل 4-QAM.

الجدول 29

نسبة الموجة C/N اللازمة للإرسال لتحقيق نسبة خطأ في البتات $(BER) = 10^{-4}$ بعد مفكك تشفير قناة الخدمة الرئيسية (بالأسلوب E)

النسبة C/N	نموذج القناة
dB 1,3	القناة 7 (AWGN)
dB 7,3	القناة 8 (حضرية) بسرعة 60 km/h
dB 5,6	القناة 9 (ريفية)
dB 5,4	القناة 10 (تضاريس صعبة)
dB 5,5	القناة 11 (تضاريس تشوبها التلال)
dB 5,4	القناة 12 (SFN)

أما النتائج الواردة في الجدول 30 أدناه فهي بشأن ست قنوات تمثل سيناريوهات استقبال مختلفة، يكون فيها أسلوب المتانة المقترن هو E ومعدل الشفرة $R = 0,5$ والتشكيل 16-QAM.

الجدول 30

نسبة الموجة C/N اللازمة للإرسال لتحقيق نسبة خطأ في البتات $(BER) = 10^{-4}$ بعد مفكك تشفير قناة الخدمة الرئيسية (بالأسلوب E)

النسبة C/N	نموذج القناة
dB 7,9	القناة 7 (AWGN)
dB 15,4	القناة 8 (حضرية) بسرعة 60 km/h
dB 13,1	القناة 9 (ريفية)
dB 12,6	القناة 10 (تضاريس صعبة)
dB 12,8	القناة 11 (تضاريس تشوبها التلال)
dB 12,3	القناة 12 (SFN)