الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R BO.1784-1

(2016/12)

نظام الإذاعة الرقمية الساتلية مرن التشكيلة (التلفزيون والصوت والبيانات)

السلسلة BO

البث الساتلي

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

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 لمدى 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 الكهرتقنية 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)

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

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

النشر الإلكتروني
جنيف، 2017

© ITU 2017
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 BO.1784-1

نظام الإذاعة الرقمية الساتلية مرن التشكيلة (التلفزيون والصوت والبيانات)

(المسألة ITU-R 285/4)

(2016-2007)

مجال التطبيق

هذه التوصية موجهة لخدمة الإذاعة الرقمية الساتلية (BSS) عندما تكتسي المرونة العالية في تشكيلة النظام والتفاعل الإذاعي أهميةً مما يتيح معاوضةً واسعة النطاق بين أدنى سويات لنسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء *C/N* أو أقصى سعة إرسال.

مصطلحات أساسية

التلفزيون عالي الوضوح (HDTV)، التلفزيون فائق الوضوح (UHDTV)، الساتل، الإذاعة، تجميع القنوات، الجيل الثاني لنظام مشروع الإذاعة الفيديوية الرقمية من أجل الإذاعة الساتلية والبث الأحادي الساتلي (DVB-S2)، تمديدات الجيل الثاني لنظام مشروع الإذاعة الفيديوية الرقمية من أجل الإذاعة الساتلية والبث الأحادي الساتلي (DVB-S2X)

المختصرات/مسرد المصطلحات

AAC	تشفير سمعي متقدم *(Advanced Audio Coding)*
ACM	تشفير وتشكيل تكييفيان *(Adaptive Coding and Modulation)*
ALS	تشفير سمعي دون خسارة *(Audio Lossless coding)*
APSK	إبراق بزحزحة الاتساع والطور *(Amplitude and Phase Shift Keying)*
ATM	أسلوب النقل اللا تزامني *(Asynchronous Transfer Mode)*
AVC	تشفير فيديوي متقدم *(Advanced Video Coding)*
AWGN	الضوضاء الغوسية البيضاء المضافة *(Additive White Gaussian Noise)*
BB	النطاق الأساسي *(BaseBand)*
BCH code	شفرة بوس–شودري–هوكنهيم *(Bose-Chaudhuri-Hocquenghem code)*
BPSK	إبراق اثنيني بزحزحة الطور *(Binary Phase Shift Keying)*
BSS	خدمة الإذاعة الساتلية *(Broadcasting-Satellite Service)*
CCM	تشفير وتشكيل ثابتان *(Constant Coding and Modulation)*
C/N	نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء *(Carrier to Noise Ratio)*
CRC	التحقق من الإطناب الدوري *(Cyclic Redundancy Check)*
DSNG	التجميع الساتلي الرقمي للأخبار *(Digital Satellite News Gathering)*
DTH	البث المباشر إلى المنزل *(Direct To Home)*

DVB	مشروع الإذاعة الفيديوية الرقمية *(Digital Video Broadcasting project)*
DVB S	نظام مشروع الإذاعة الفيديوية الرقمية من أجل الإذاعة الساتلية *(DVB System for satellite broadcasting)*
DVB S2	الجيل الثاني لنظام مشروع الإذاعة الفيديوية الرقمية من أجل الإذاعة الساتلية والبث الأحادي الساتلي *(Second generation DVB System for satellite broadcasting and unicasting)*
DVB S2X	تمديدات الجيل الثاني لنظام مشروع الإذاعة الفيديوية الرقمية من أجل الإذاعة الساتلية والبث الأحادي الساتلي *(Extensions of the second generation DVB System for satellite broadcasting and unicasting)*
FEC	التصحيح الأمامي للأخطاء *(Forward Error Correction)*
FPGA	مصفوفة البوابات القابلة للبرمجة ميدانياً *(Field Programmable Gate Array)*
GF	مجال غالوا *(Galois Field)*
GS	التدفق التنوعي *(Generic Stream)*
GSE	تغليف التدفق التنوعي *(Generic Stream Encapsulation)*
HDTV	التلفزيزن عالي الوضوح *(High Definition Television)*
HEVC	التشفير الفيديوي عالي الكفاءة *(High Efficiency Video Coding)*
IBO	خفض قدرة الدخل *(Input Back Off)*
IP	بروتوكول الإنترنت *(Internet Protocol)*
IRD	مفكك شفرة/مدمج من المستقبل *(Integrated Receiver Decoder)*
LDPC	اختبار التعادلية منخفض الكثافة *(Low Density Parity Check)*
LNB	فدرة منخفضة الضوضاء *(Low Noise Block)*
MPEG	فريق خبراء الصور المتحركة *(Moving Picture Experts Group)*
OBO	خفض قدرة الخرج *(Output Back Off)*
PL	الطبقة المادية *(Physical Layer)*
PSK	الإبراق بزحزحة الطور *(Phase Shift Keying)*
PRBS	التتابع الاثنيني شبه العشوائي *(Pseudo-Random Binary Sequence)*
QAM	التشكيل بتربيع الاتساع *(Quadrature Amplitude Modulation)*
QEF	بدون أخطاء تقريباً *(Quasi Error Free)*
QPSK	الإبراق بزحزحة الطور التربيعي *(Quadrature Phase Shift Keying)*
RF	التردد الراديوي *(Radio Frequency)*
RS	ريد سولومون *(Reed Solomon)*
SDTV	التلفزيون عادي الوضوح *(Standard Definition Television)*
SNR	نسبة الإشارة إلى الضوضاء *(Signal to Noise Ratio)*

SOF بداية الرتل *(Start of Frame)*

TS تدفق النقل *(Transport Stream)*

TV التلفزيون *(Television)*

TWTA مكبر الموجة المرتحلة *(Traveling Wave Tube Amplifier)*

UHDTV التلفزيون فائق الوضوح *(Ultra-High Definition Television)*

VCM التشفير والتشكيل المتغيران *(Variable Coding and Modulation)*

VL-SNR نسبة الإشارة المنخفضة جداً إلى الضوضاء *(Very Low - Signal to Noise Ratio)*

VSAT مطراف ذو فتحة صغيرة جداً *(Very Small Aperture Terminal)*

توصيات الاتحاد وتقاريره ذات الصلة

التوصية ITU-R BO.1408-1 نظام الإرسال فيما يتعلق بخدمات متعددة الوسائط متقدمة توفرها الإذاعة الرقمية متكاملة الخدمات عبر قناة إذاعية ساتلية

التوصية ITU-R BO.1561-1 أنظمة التلفزيون الرقمية المتعددة البرامج المعَدّة للاستعمال بواسطة السواتل المشتغلة ضمن مدى التردد 12/11 GHz

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن أنظمة التلفزيون الرقمية متعددة البرامج المعدّة لتستخدمها السواتل والتي يشار إليها بالأنظمة الحالية قد طُوّرت في التوصيتين ITU-R BO.1408 وITU-R BO.1516؛

ب) أن التطورات الحديثة في مجال تشفير وتشكيل القناة قد أوجدت تقنيات جديدة بأداء يقارب حد شانون (Shannon limit)؛

ج) أن هذه التقنيات الرقمية الجديدة ستحسّن الطيف و/أو كفاءة القدرة مقارنةً بالأنظمة الحالية مع المحافظة على إمكانية التشكّل المرن من أجل مواكبة موارد عرض نطاق وقدرة ساتل معين؛

د) أن النظام الموصى به يستعمل هذه التقنيات ومن ثم يتيح معاوضة واسعة النطاق بين التشغيل تحت أدنى سويات لنسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء *C/N* أو أقصى سعة إرسال، محققاً تفوقاً ملموساً على نظام الإذاعة الرقمية الساتلية DVB-S (النظام A في التوصية ITU-R BO.1516) تبعاً لأسلوب DVB-S2 المنتقى؛

هـ) أن النظام الموصى به طُوّر ليس لتغطية الإذاعة فحسب، بل أيضاً تطبيقات التفاعل والمساهمة، من قبيل وصلات تلفزيون المساهمة والتجميع الساتلي الرقمي للأخبار (DSNG)؛

و) أن نظاماً يغطي كل نواحي التطبيقات هذه مع إبقاء مشفّر الرقاقة الواحدة عند سويات تعقيد معقولة من شأنه أن يتيح إعادة استعمال هذه التقنية في منتجات الأسواق العامة، من أجل المساهمة أو للتطبيقات المتخصصة؛

ز) أن التقنية الجديدة التكييفية للتشفير والتشكيل (ACM) التي يقدمّها النظام الموصى به ستسمح بزيادة فعالية استخدام الطيف لتطبيقات الإرسال الأحادي فيما يتعلق بمسير العودة، عن طريق الوصول بمعلمات الإرسال (أي التشكيل والتشفير) إلى الحد الأمثل لكل مستعمل فردي وفق ظروف المسير؛

ح) أن النظام الموصى به يراعي أي نسق تدفق دخل بما في ذلك تدفقات نقل (فريق خبراء الصور المتحركة) (MPEG) الأحادية أو المتعددة (المميزة برزم 188 بايتة) وبروتوكول الإنترنت IP علاوةً على رزم أسلوب النقل اللا تزامني ATM وتدفقات البتات المستمرة؛

ط) أن النظام الموصى به سيكون قادراً على تناول مجموعة متنوعة من الأنساق السمعية المرئية المتقدمة المتاحة حالياً والتي هي قيد التعريف؛

ي) أن تمديدات جديدة للنظام الموصى به تمكّن من تحسين أداء وميزات تطبيقاته الأساسية، بما في ذلك البث المباشر إلى المنزل (DTH) للتلفزيون فائق الوضوح (UHDTV) وتتيح كذلك مدى تشغيلياً موسَّعاً لتغطية أسواق ناشئة من قبيل التطبيقات المتنقلة،

وإذ تضع في اعتبارها أيضاً

أ) أن توصية نظام الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) تساعد السوق في إرساء خدمات قائمة على أنظمة مقيّسة، متلافيةً بذلك انتشار التطويرات الخاصة، التي تعود بالفائدة على المستعملين النهائيين وعلى الصناعة عموماً؛

ب) أنه برغم نجاح الأنظمة الحالية، فإن مواصفة جديدة، تتيح إيصال معدّل بيانات أعلى كثيراً مما تستطيع الأنظمة الحالية القيام به في عرض نطاق مرسل مستجيب معيّن، ستكون موضع تقدير العديد من محطات الإذاعة الساتلية ومشغّلي ومصنّعي السواتل حول العالم؛

ج) أن احتياجات تقديم خدمات التلفزيون عالي الوضوح (HDTV) والتلفزيون فائق الوضوح (UHDTV) سيحمل المحطات الإذاعية على النظر في طرائق أكثر كفاءة لعرض هذه الخدمات ضمن الموصلات التفاعلية الموجودة؛

د) أن المرونة المتأصلة في النظام الموصى به وفي تمديداته تتيح وسيلة للتخفيف من تأثير التوهينات الجوية عند نطاقات الخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) الأعلى المزمع استعمالها لخدمات التلفزيون HDTV وما بعده،

توصي

1 باعتبار نظام DVB-S2 الموصّف في المعيار ETSI EN 302-307-1 V 1.4.1 (انظر المرفق 1) نظاماً مناسباً لتطوير نظام إذاعة ساتلي بتشكيلة مرنة؛[1]

2 باعتبار النظام DVB-S2X الموصّف في المعيار ETSI EN 302-307-2 V1.1.1 (انظر المرفق 2) نظاماً مناسباً لتطوير نظام إذاعة ساتلي ذي أداء وميزات أفضل.[1]

الملاحظة 1 – يرد وصف للنظام DVB-S2 الموصى به (النظام E1) في الملحق 1 ويرد وصف للتمديدات DVB-S2X للنظام (النظام E2) في الملحق 2، في حين يتضمن الملحق 3 جداول مقارنة تُدرج النظامين الموصى بهما (النظام E1 والنظام E2) مع الأنظمة الواردة في التوصية ITU-R BO.1516 (الأنظمة A، B، C، D).

الملحق 1

الخصائص الرئيسية لنظام DVB-S2 (المشار إليه بالنظام E1)

نظام DVB-S2 هو مواصفة الجيل الثاني لتطبيقات الساتل عريضة النطاق التي طوّرها مشروع DVB (الإذاعة الفيديوية الرقمية) في العام 2003 وأصبحت المعيار ETSI رقم EN 302 307 في العام 2004.

[1] كلمة "سوف" في معيار ETSI هذا ينبغي أن تُعتبر مكافئة لكلمة "ينبغي" في هذه التوصية لقطاع الاتصالات الراديوية.

ويحدد المعيار EN 302 307 بنية ترتيل، وتشفير وتشكيل قنوات لأنماط مختلفة من التطبيقات الساتلية:

– إذاعة تلفزيونية عادية الوضوح وعالية الوضوح (SDTV وHDTV)؛

– التفاعلية (بما فيها النفاذ إلى الإنترنت) لتطبيقات الإذاعة الساتلية (من أجل مفككات الشفرة/المستقبلات المتكاملة (IRD) والحواسيب الشخصية)؛

– تطبيقات المساهمة مثل المساهمة والتوزيع وجمع الأخبار بواسطة التلفزيون الرقمي؛

– توزيع محتوى البيانات وتقاسم قنوات الإنترنت.

لكي يغطي نظام DVB-S2 جميع مجالات التطبيق مع إبقاء مشفّر الرقاقة الواحدة عند سويات تعقيد معقولة، يُبنى نظام DVB-S2 *كمجموعة أدوات* ليتيح بذلك استعمال منتجات الأسواق العامة وكذلك المساهمة أو تطبيقات السوق المتخصصة.

وُصِّف نظام DVB-S2 حول ثلاثة مفاهيم: أفضل أداء للإرسال، والاقتراب من حد شانون، والمرونة التامة والتعقيد المعقول للمستقبِل.

لتحقيق أفضل توازن بين درجة التعقيد وجودة الأداء وتحقيق تفوق ملموس في السعة على نظام DVB-S للتطبيقات الإذاعية التقليدية، يستفيد نظام DVB-S2 من التطورات الحديثة في تشفير وتشكيل القنوات: تُعتمد شفرات اختبار التعادلية منخفض الكثافة (LDPC) مصحوبة بتشكيلات QPSK (إبراق رباعي بزحزحة الطور) و8-PSK (8 – إبراق بزحزحة الطور) و16-APSK (16– إبراق بزحزحة الاتساع والطور) و32-APSK كي يعمل النظام بشكل صحيح على قناة ساتلية غير خطية.

تسمح بنية الترتيل بمرونة قصوى لنظام وتزامن متعددي الاستعمال، وكذلك الأمر في تشكيلات أسوأ حالة (أي حالة نسب إشارة إلى ضوضاء SNR منخفضة).

بالنسبة للتطبيقات التفاعلية من نقطة إلى نقطة مثل الإرسال الأحادي بواسطة بروتوكول الإنترنت IP بالارتباط مع مسير عودة، فإن اعتماد وظائفية تشفير وتشكيل تكييفية (ACM) يسمح بالوصول إلى الحالة المثلى معلمات الإرسال لكل مستعمل فردي على أساس رتل برتل حسب ظروف المسير تحت سيطرة عروة مغلقة عبر قناة العودة (التي توصل المستقبِل بمحطة الوصلة الصاعدة DVB-S2 عبر وصلات أرضية أو ساتلية وتشوّر بحالة استقبال المستقبِل). وينتج عن هذا زيادة إضافية في كفاءة استخدام نظام DVB-S2 للطيف مقارنة بنظام، DVB-S وتتيح هذه الزيادة الوصول تصميم القطاع الفضائي إلى الحالة المثلى مما يتيح خفضاً حاداً في كلفة خدمات بروتوكول الإنترنت IP المعتمدة على السواتل.

ويبلغ نظام DVB-S2 من المرونة درجة تمكنه من التعامل مع أي خصائص موجودة لمرسل مستجيب ساتلي مع تنوع كبير في كفاءات الطيف والمتطلبات المصاحبة لنسب الإشارة إلى الضوضاء SNR. وعلاوة على ذلك، فهو مصمم لتناول مجموعة متنوعة من الأنساق السمعية الفيديوية المتقدمة التي هي قيد التعريف من قبل الهيئات الدولية حالياً. ونظام DVB-S2 يستوعب أي نسق من أنساق تدفق الدخل بما في ذلك تدفقات نقل MPEG (فريق خبراء الصور المتحركة) الأحادية أو المتعددة (المميزة برزم 188 بايتة) وبروتوكول الإنترنت IP علاوةً على رزم أسلوب النقل اللاتزامني ATM وتدفقات البتات المستمرة.

بنية نظام DVB-S2

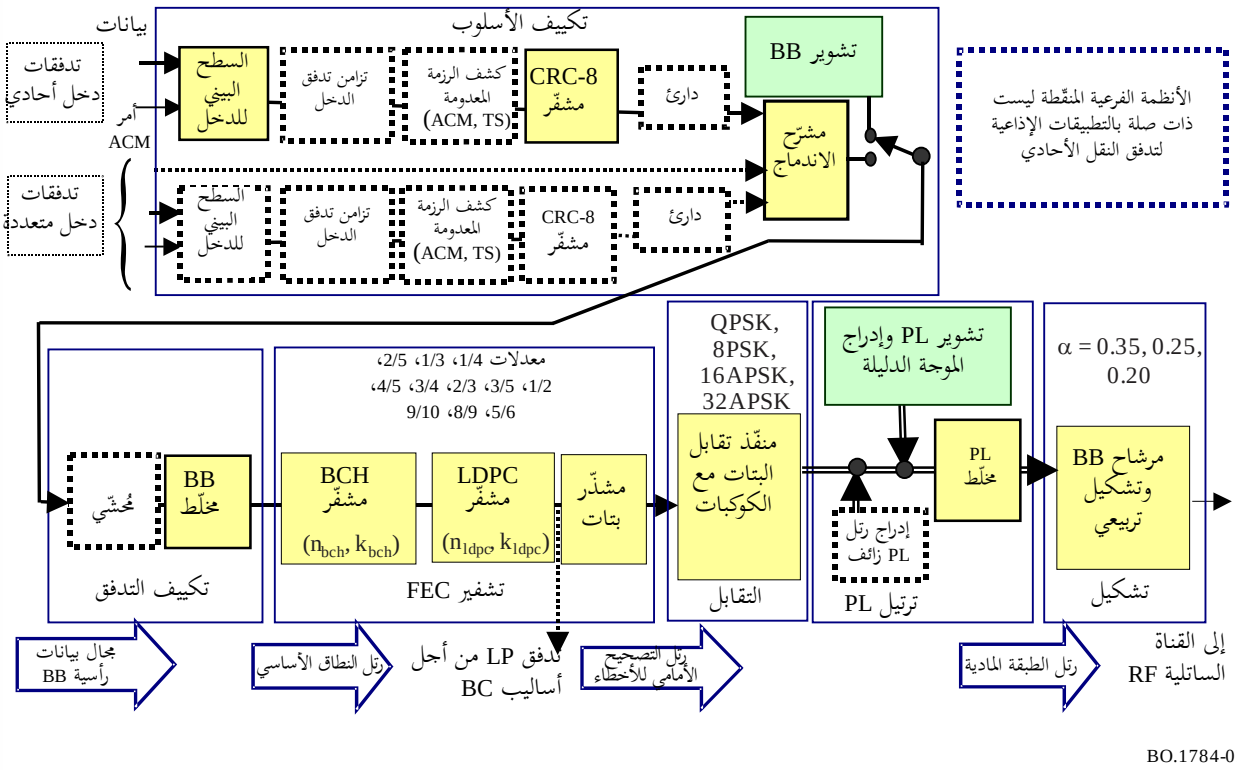
يتألف نظام DVB-S2 من تتابع من الفدرات الوظيفية، على النحو المبين في الشكل 1. ويستند توليد الإشارات إلى سويتين من بنى الترتيل:

– رتل النطاق الأساسي BBFRAME عند سوية النطاق الأساسي (BB) يحمل بتات تشوير متنوعة لتشكيل المستقبِل بمرونة وفق سيناريو التطبيق؛

– رتل الطبقة المادية PLFRAME عند سوية الطبقة المادية (PL) يحمل بضع بتات تشوير ذات حماية عالية لتوفير تزامن وتشوير متينين في الطبقة المادية.

الشكل 1

مخطط فدري وظيفي لنظام DVB-S2



BO.1784-01

حسب التطبيق، يمكن لتتابعات دخل DVB-S2 أن تكون تدفقات نقل MPEG (TS) أحادية أو متعددة، أو تدفقات نوعية أحادية أو متعددة، مرزّمة أو مستمرة. وتوفر الفدرة، المعرَّفة هويتها *كتكييف الأسلوب*، السطح البيني لتدفق الدخل[2]، وتزامن تدفق الدخل[3] (اختياري)، وشطب الرزمة المعدومة[4] (من أجل ACM ونسق دخل تدفق النقل فقط)، وتشفير CRC-8 لكشف الخطأ على مستوى الرزمة في المستقبِل (من أجل تدفقات الدخل المرزّمة فقط)، ودمج تدفقات الدخل (من أجل أساليب التدفق المتعدد الدخل فقط) وتشريحها إلى مجالات بيانات. بعدئذٍ تضاف رأسية النطاق الأساسي إلى مقدمة مجال البيانات لتبليغ المستقبِل بنسق تدفق الدخل ونمط تكييف الأسلوب: تدفقات دخل أحادية أم متعددة، تدفق نوعي أم نقلي، CCM (تشفير وتشكيل ثابتين) أم ACM، والعديد من تفاصيل التشكيل الأخرى. وبفضل حماية FEC (التصحيح الأمامي للأخطاء) (التي تغطي الرأسية وحمولة البيانات النافعة كلتيهما) والطول المديد لرتل FEC، يمكن للنطاق الأساسي فعلياً أن يحوي العديد من بتات التشوير دون فقدان كفاءة الإرسال أو المناعة ضد الضوضاء. وينبغي الانتباه إلى أن رزم نقل تعدد إرسال MPEG يمكن مقابلتها لا تزامنياً مع أرتال النطاق الأساسي.

من ثم يُطبّق *تكييف التدفق* لتوفير التحشية، في حالة عدم كفاية بيانات المستعمل المتيسّرة للإرسال لملء رتل النطاق الأساسي BBFRAME بالكامل، وتخليط النطاق الأساسي.

2 يمكن لتتابعات الدخل أن تكون تدفقات نقل (TS) أحادية أو متعددة، أو تدفقات نوعية أحادية أو متعددة (مرزّمة أو مستمرة).

3 قد تُسفر معالجة البيانات في نظام DVB-S2 عن تأخير إرسال متغيّر. تتيح هذه الفدرة ضمان معدل بتات ثابت وتأخير إرسال ثابت من طرف إلى طرف من أجل تدفق الدخل المرزّم.

4 لخفض معدل المعلومات وزيادة الحماية من الأخطاء في المشكّل. وتسمح العملية بإعادة إدراج الرزم المعدومة في المستقبِل في نفس المكان تماماً الذي كانت موجودة فيه أصلاً.

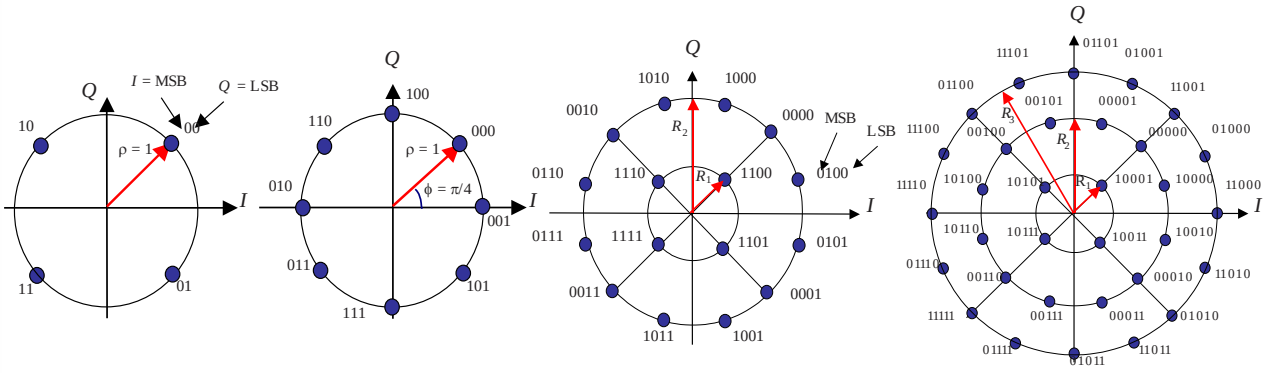
ينفّذ *تشفير التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC)* تسلسل شفرة BCH (بوس–شودري–هوكنهيم) الخارجية ومعدلات شفرات LDPC (اختبار التعادلية منخفض الكثافة) الداخلية (1/4، 1/3، 2/5، 1/2، 3/5، 2/3، 3/4، 4/5، 5/6، 8/9، 9/10). وحسب مجال التطبيق، يمكن للفدرات المشفرّة بشفرة FEC (أرتال FEC) أن تكون بطول 64 800 بتة أو 16 200 بتة. وعند استعمال VCM (التشفير والتشكيل المتغيّر) أو ACM، يكون تشفير التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) وأسلوب التشكيل ثابتين داخل كل رتل لكن يمكن أن يتغيّرا من رتل إلى أخر؛ وعلاوةً على ذلك، يمكن للإشارة المرسلة أن تحوي خليطاً من فدرات الشفرة العادية والقصيرة.

يمكن اختيار *التقابل* من بين كوكبات QPSK وَ8-PSK وَ16-APSK وَ32-APSK (انظر الشكل 2) بحسب مجال التطبيق. يقترح عادة استعمال تشكيلا QPSK وَ8-PSK للتطبيقات الإذاعية باعتبارهما تشكيلا غلاف ثابت تقريباً ويمكن استعمالهما في مرسلات مستجيبات ساتلية لا خطية مشغّلة إلى حد التشبّع تقريباً. يمكن أيضاً استعمال تشكيلي 16-APSK وَ32-APSK اللذين يستهدفان تطبيقات المساهمة بشكل أساسي من أجل الإذاعة، لكنهما يتطلبان سوية أعلى من نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء *C/N* المتيسّرة واعتماد طرائق متقدمة لما قبل التشويه في محطة الوصلة الصاعدة لتخفيض أثر لا خطية الوصلة التراسلية إلى الحد الأدنى. وفي حين أن هذين الأسلوبين لا يتمتعان بكفاءة القدرة كالأساليب الأخرى، فإن كفاءة الطيف أكبر كثيراً. وقد تم الوصول بكوكبتي وَ16-APSK وَ32-APSK إلى الحالة المثلى لكي تشتغلا عبر وصلة تراسل لا خطي بوضع النقاط على دوائر. غير أن أداءهما على قناة خطية يماثل أداء تشكيلي وَ16-APSK وَ32-APSK على التوالي.

بانتقاء كوكبة التشكيل ومعدلات الشفرة، تتيسّر كفاءات طيف من 0,5 إلى 4,5 بتة لكل رمز ويمكن اختيارها على أساس قدرات وقيود الوصلة التراسلية الساتلية المستعملة.

الشكل 2

كوكبات DVB-S2 الأربع الممكنة قبل تخليط الطبقة المادية

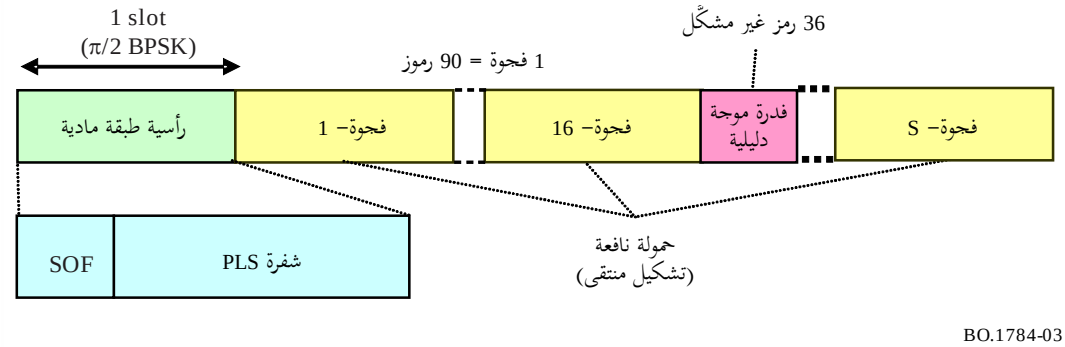


BO.1784-02

صُمم ترتيل الطبقة المادية ليقدّم تزامناً وتشويراً متينين عند الطبقة المادية. وبذلك يمكن للمستقبل أن يزامن (استعادة الموجة الحاملة والطور، تزامن الرتل) ويكشف معلمات التشكيل والتشفير قبل إزالة التشكيل وفك تشفير FEC. تتألف إشارة الطبقة المادية لنظام DVB-S2 من تتابع اعتيادي من الأرتال (انظر الشكل 3): خطة التشكيل والتشفير متجانسة ضمن رتل، لكنها قد تتغيّر (في تشكيلة التشفير والتشكيل التكييفية) في الأرتال المجاورة. يتألف كل رتل من حمولة نافعة من 64 800 بتة في تشكيلة "الرتل العادي"، ومن 16 200 بتة في تشكيلة "الرتل القصير"، تقابل فدرة شفرة FEC. وتتقدم الحمولة النافعة رأسية ذات 90 رمز تشكيل ثنائي حاملة معلومات التزامن والتشوير للسماح لمستقبِل بمزامنة (استعادة الموجة الحاملة والطور، تزامن الرتل) وكشف معلمات التشكيل والتشفير قبل إزالة التشكيل وفك تشفير FEC.

الشكل 3

خطة أرتال الطبقة المادية



BO.1784-03

وتحدد الرموز الثنائية الستة والعشرون الأولى (التتابع $18D2E82_{HEX}$) لرأسية الطبقة المادية PL بداية رتل الطبقة المادية PL (SOF، بداية الرتل)، وتُستعمل الرموز الأربعة والستون الباقية لتشوير تشكيلة النظام. ونظراً لكون رأسية الطبقة المادية PL هي أول كيان يفك المستقبِل تشفيره، فلا يمكن حمايتها بخطة FEC (أي شفرتي BCH وLDPC). من ناحية أخرى، يجب أن تكون قابلة لفك التشفير تماماً تحت أسوأ ظروف لحالة للوصلة (نسبة SNR تراوح –2,5 dB). وعلى ذلك ولتقليل التأثير على الكفاءة الشاملة للطيف إلى أدنى درجة، تم خفض معلومات التشوير عند هذا المستوى إلى 7 بتات، تُستعمل 5 منها لبيان تشكيلة التشكيل والتشفير (مجال MODCOD)، وبتة واحدة (1) لطول الرتل (64 800 أو 16 200) وبتة واحدة (1) لحضور/غياب الموجات الدليلية لتسهيل تزامن المستقبِل (على النحو المبين أدناه). تكون هذه البتات إذاً محمية بدرجةٍ عالية بالشفرة المشذّرة لفدرة ريد–مولر من الدرجة الأولى ذات معدلات المعلمات (64، 7، t = 32) المناسبة لفك تشفير الارتباط المتدرج القرار.

على نحوٍ مستقل عن خطة التشكيل لحمولة PLFRAME النافعة (فدرة شفرة FEC) تُشكَّل الرموز الثنائية التسعون التي تتكون منها رأسية PL بتشكيل BPSK-2/π؛ هذا الخيار المغاير لكوكبة BPSK الكلاسيكية يُدخل دوراناً قدره π/4 على الرموز الزوجية و–π/4 على الرموز الفردية متيحاً خفضاً في تراوحات غلاف إشارة التردد الراديوي.

تتألف الحمولة النافعة لرتل PL من عدد متفاوت من الرموز المشكّلة حسب طول FEC (64 800 أو 16 200) وكوكبة التشكيل، لكن طول الحمولة النافعة (عدا الموجات الدليلية الاختيارية) هو دوماً من مضاعفات فجوة 90 تضم رمز (الشكل 3)، مما يبدي دوريات يمكن لمزامن الرتل في المستقبِل أن يستغلّها: ما أن تُفكّ شفرة رأسية PL حتى يتبيّن مفكك الشفرة تماماً طول رتل PL ومنه موقع بداية الرتل SOF التالي.

يؤمِّن ترتيل الطبقة المادية PL أيضاً:

– إدراج اختياري لرتل PL زائف، عند عدم جاهزية بيانات مفيدة للإرسال على القناة،

– إدراج لموجات دليلية اختيارية لتسهيل تزامن المستقبِل.

وتكون شفرات DVB-S2 FEC في الواقع من القوة بحيث أن استعادة الموجة الحاملة قد تصبح مشكلة جدية للتشكيلات عالية الرتبة العاملة عند نسب SNR منخفضة وفي وجود سويات مرتفعة من ضوضاء الطور في فدرة محولات ومولفات LNB (الفدرة منخفضة الضوضاء) الإذاعية الساتلية: ذلك هو الحال بشكل خاص بالنسبة لبعض أساليب 8-PSK و16-APSK و32-APSK منخفضة المعدّل لنظام DVB-S2. والموجات الدليلية هي رموز غير مشكَّلة تعرَّف هويتها بالمعادلة $I = Q = 1/\sqrt{2}$ وتُجمَّع زمرياً في فدرات من 36 رمزاً وتُدرَج عند كل 16 فجوة حمولة نافعة، مما يفضي إلى سعة خسارة قصوى نسبتها 2,4% تقريباً عند استعمالها.

أخيراً يُنفَّذ التخليط من أجل تشتت الطاقة للالتزام بلوائح الراديو لشغل الطيف ولإرسال نوع من "توقيع" مشغّل الخدمة من أجل التعرّف السريع على الهوية في حال وجود أخطاء في إجراءات الوصلة الصاعدة.

بعدئذٍ يُطبَّق *ترشيح النطاق الأساسي والتشكيل التربيعي* لقولبة طيف الإشارة وتوليد إشارة تردد راديوي RF. ويُستعمل ترشيح جيب التمام المرفوع للجذر التربيعي على الجانب المرسل مع خيار ثلاثة عوامل تناقص: 0,35 و0,25 و0,20، حسب قيود عرض النطاق.

المرفق 1
للملحق 1

نتائج الاختبارات المختبرية على تجهيزات DVB-S2

أجرى مركز بحوث Rai-CRIT اختبارات مختبرية واسعة على تجهيزات نظام DVB-S2 قدمّها سبعة مصنعين مختلفين في يونيو 2006 من أجل التحقق من أداء نظام DVB-S2. شملت الاختبارات أداء AWGN (الضوضاء الغوسية البيضاء المضافة) والانحطاط اللاخطي لضوضاء القناة والطور. تبيّن النتائج بوضوح أن أداء التجهيزات منسجم مع نتائج عملية المحاكاة المقدمة في معيار DVB-S2.

نُفِّذت تشكيلة موجة حاملة واحدة وموجات حاملة متعددة وقورنت بتشكيلات DVB-S مكافئة، وبيّن ذلك أن نظام DVB-S2 يمكن أن يقدّم مكاسب ممتازة من حيث السعة أو الأداء ومن حيث المرونة. علاوة على ذلك، نُفِّذت تشكيلتا VCM وACM وتم التحقق من مقدرة التجهيزات.

أخيراً، يجدر بالإشارة أن التجهيزات تحت الاختبار أظهرت أداءً ممتازاً من حيث قابلية التشغيل البيني.

1 النتائج الرئيسية للاختبار

اختبار AWGN

أجريت قياسات على قناة AWGN لتشكيلات QPSK وPSK-8 وAPSK-16 وAPSK-32 على التوالي لتقييم أداء النظام لتشكيلتي FECFRAME العادية والقصيرة على حد سواء. وكان معدّل الرموز 27,5 MBd، إلا بالنسبة لتشكيلة APSK-32 حيث كان المعدّل 20 MBd[5] والتناقص 35%. ويظهر متوسط النتائج التي تم الحصول عليها في القياسات أن خسارات التنفيذ المحسوبة باستخدام العلاقة $\Delta E_s/N_0$@PER = 10^{-7} فيما يتعلق بنتائج المحاكاة المبيّنة في الجدول 13 من معيار EN 302 307 هي في المدى الذي يتراوح بين 0,2 و0,6 dB لتشكيل QPSK وبين 0,2 و0,9 dB لتشكيل PSK-8 وبين 0,3 و1,3 dB لتشكيل APSK-16 وبين 1,3 و1,7 dB لتشكيل APSK-32.

اختبار SAT

على القناة الساتلية اللاخطية، تؤكد نتائج الاختبار المختبري نتائج المحاكاة الواردة في الجدول 1.H من معيار EN 302 307. نقطة التشغيل المثلى هي 0 dB لخفض قدرة الدخل IBO لتشكيل QPSK1/2، وهي تناظر خفضاً لقدرة خرج OBO قدره 0,3 dB، وتعطي انحطاطاً في الأداء قدره 0,5 dB فيما يتعلق بقناة AWGN. بالنسبة لتشكيل PSK-8، نقطة التشغيل المثلى هي 1 dB لخفض قدرة الدخل IBO، وهي تناظر خفضاً لقدرة خرج OBO قدره 0,4 dB، وتعطي انحطاطاً في الأداء قدره حوالي 0,6 dB. وبالنسبة لتشكيل APSK-16، نقطة التشغيل المثلى هي 4 dB لخفض قدرة الدخل (IBO) وهي تناظر خفضاً لقدرة خرج (OBO)

[5] معدّل الرموز الأقصى المتيسّر لتشكيلة APSK-32. ولا يُضمن أداء الأجهزة فوق معدّل 20 MBd في الوقت الحالي، نظراً لأن سرعة الميقاتية و/أو كثافة FPGA (مصفوفة البوابات المنطقية القابلة للبرمجة ميدانياً) لا تسمح بأداء العدد المطلوب من تكرارات مفكك تشفير LDPC. ويمكن توقع أن تتيح التحسينات تكنولوجيا FPGA التي ستطرأ على المستقبل القريب تغطية معدلات بود متطرفة بأداء كامل.

قدره 1,6 dB، وتعطي انحطاطاً في الأداء قدره حوالي 3,0 dB. أما بالنسبة لتشكيل 32-APSK، فنقطة التشغيل المثلى هي 7 dB لخفض قدرة الدخل (IBO)، وهي تناظر خفض قدرة خرج (OBO) قدره 3,2 dB، وتعطي انحطاطاً في الأداء قدره حوالي 5,4 dB. وإذا أُدرجت موجات دليلية في الإشارة المرسلة، يتحسن الأداء بحوالي 0,3 dB لتشكيل 8-PSK و1,0 dB لتشكيل 16-APSK.

وأُجريت اختبارات إضافية باستعمال التصحيح المسبق للإشارة في المشكِّل للتقليل من آثار اللاخطية على الإشارة المزال تشكيلها وللسماح للنظام بالعمل قرب نقطة التشبّع، وكذلك الأمر بالنسبة للتشكيلات الأعلى رتبةً أي 16-APSK و32-APSK. فيما يتعلق بتشكيل 16-APSK بمعدّل 3/4، فإن استعمال التصحيح المسبق في المشكِّل يتيح للنظام أن يعمل بالشكل الأمثل عند التشبّع مع نقص في خفض قدرة خرج OBO الساتل بحدود 1,3 dB وخسارة في الأداء فيما خص قناة AWGN بحدود 1,5 dB، أي أنه يتيح كسباً في أداء الإشارة غير المصححة مسبقاً يبلغ حوالي 1,5 dB.

ودرست أمثلة لمقارنة DVB-S مع DVB-S2 في التطبيقات الإذاعية وفق التشكيلات التالية:

الجدول 1

سيناريوهات مقارنة DVB-S مع DVB-S2 من أجل التطبيقات الإذاعية

النظام	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
عرض نطاق القناة BW (MHz)	36	36	36	36
التشكيل والتشفير	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	PSK-8 2/3
التناقص α	0,35	0,20	0,35	0,25
معدّل الرموز (MBd) = BW/(α + 1)*1,03	27,5	30,9	27,5	29,7
C/N (MHz 27,5) (dB)	4,7	4,9	7,6	7,6
معدّل البتات المفيد (Mbit/s)	33,8	46 (كسب = 34%)	44,4	58,8 (كسب = 32%)

تتضمن القناة الساتلية مرشاح مكبر الموجة المرتحلة TWTA وتعدد إرسال الخرج OMUX.

تبيّن النتائج في الجدول 1 أن نظام DVB-S2 يسمح بزيادة في السعة المرسلة تبعاً للأسلوب تصل إلى 30% وأكثر، وذلك على حساب زيادة هامشية في متطلبات *C/N* (من 0 إلى 2 ,0 dB).

اختبار ضوضاء الطور

أُخذت تشكيلتان مختلفتان في الاعتبار لدى إجراء اختبارات ضوضاء الطور:

– سيناريو مساهمة، مع معدّل رموز للإشارة المرسلة قدره 5 MBd ومضخّم ساتلي يشتغّل في الخطيّة.

– سيناريو إذاعة ساتلية، مع معدّل رموز للإشارة المرسلة قدره 27,5 MBd ومضخّم ساتلي يشتغّل عن تخفيض القدرة الأمثل.

تبيّن نتائج سيناريو المساهمة أن الانحطاط الناتج عن ضوضاء طور LNB (فدرة الضوضاء المنخفضة) هو بحدود 0,3 dB لتشكيلي QPSK و8-PSK و1,2 dB لتشكيلي 16-PSK و32-PSK. وعلاوةً على ذلك، لا تلزم الموجات الدليلية من أجل تشكيل QPSK، في حين تبدأ فوائدها بالظهور في تشكيل 8-PSK ويحتاج تشكيلا 16-PSK و32-PSK موجات دليلية ليأتيا بنتائج جيدة.

من ناحية أخرى، يكون سيناريو نمط الإذاعة الساتلية ذا معدل الرموز الأعلى أقل تأثراً بضوضاء الطور. تبيّن النتائج أنه يمكن إهمال الانحطاط الناتج عن ضوضاء طور LNB بالنسبة لتشكيل QPSK حتى بدون موجات دليلية، وبحدود 0,1 dB لتشكيل 8-PSK و0,3 لتشكيل 16-APSK مع استعمال الموجات الدليلية.

اختبارا VCM وACM

أُجريت اختبارات VCM مبيّنةً قدرة المستقبلات على التكيف مع التغير في تشكيلة الإرسال. ووُلِّد تتابع من أرتال FEC (FECFRAME) وخُزِّن بواسطة مولد موجات اعتباطي. بعدئذٍ أُدخلت ضوضاء لإعطاء قيم مختلفة من نسبة الإشارة إلى الضوضاء. وفي الحالات التي كانت فيها نسبة الإشارة إلى الضوضاء أكبر من الحد الأدنى المطلوب من تشكيل وتشفير معيّنين، أمكن للمستقبِل أن يفك شفرة رتل FEC المناظر.

أخيراً اختُبرت وظائفية ACM لتقصي مقدرة المستقبِلات على تقدير نسبة الإشارة إلى الضوضاء التي تلاقيها وتكييفية المشكِّل المقابلة مع تغيّر التشكيل والتشفير. وتُظهر النتائج أن التجهيزات قادرةٌ على مواكبة تغييرات نسبة الإشارة إلى الضوضاء في توصيل من نقطة إلى نقطة، وقادرةٌ على التكيّف وفقاً لذلك.

2 الاستنتاجات

تبيّن الاختبارات التي أُجريت في مختبرات Rai-CRIT أن تجهيزات DVB-S2 منسجمة مع الأداء الذي تتوقعه عمليات المحاكاة الحاسوبية وتتيح اكتساب فهم متعمق ومهم للخصائص الدقيقة للتشكيل ولتشفير القناة ولتقنيات الترتيل والتزامن المتطورة لنظام DVB-S2. ورغم أن التجهيزات قيد الاختبار تمثّل الجيل الأول من التجهيزات وبالتالي يُتوقع حتماً إدخال بعض التحسينات على خوارزميات المستقبل لِتوفر تعزيزاً إضافياً في الأداء، ويبين متوسط النتائج أن نظام DVB-S2 هو نظام ممتاز، ليس من الناحية النظرية فقط، بل أيضاً في العتاد الفعلي.

وعلاوةً على ذلك، تبيّن المقارنة مع نظام DVB-S في التشكيلات التشغيلية أن نظام DVB-S2 يقدّم مكسباً ملموساً في السعة في تشكيلات CCM في كل من الموجة الحاملة الواحدة والموجات الحاملة المتعددة على حد سواء لكل تشكيلة مرسل موصل تراسل.

وأخيراً، أُجريت اختبارات تم فيها إقران مشكِّلات مع مزيلات تشكيل لمصنّعين مختلفين وأفضت إلى أن التجهيزات تبدي قابلية تشغيل بيني ممتازة.

الملحق 2
الخصائص الرئيسية للنظام DVB S2X
(الجزء الخاص بالإذاعة مشار إليه بالنظام E2)

النظام DVB-S2X هو تمديد لمواصفة النظام DVB-S2 للتطبيقات الساتلية للنطاق العريض، وهو يوفر تكنولوجيات وميزات إضافية. ويُنشر النظام DVB-S2X باعتباره الجزء 2 من المعيار ETSI EN 302 307، على أساس أن النظام DVB-S2 هو الجزء 1.

ويتيح النظام DVB-S2X أداءً وميزات أفضل للتطبيقات الأساسية للنظام DVB-S2، بما في ذلك البث المباشر إلى المنزل (DTH) والمساهمة والمطاريف ذات الفتحة الصغيرة جداً (VSAT) والتجميع الساتلي الرقمي للأخبار (DSNG). وتوفر المواصفة أيضاً مدى تشغيلياً موسَّعاً لتغطية الأسواق الناشئة من قبيل التطبيقات المتنقلة.

لقد حُددت مواصفات النظام DVB-S2 منذ حوالي 10 سنوات مع تركيز قوي على البث المباشر إلى المنزل. وظهرت منذ ذلك الحين متطلبات جديدة ويقدم النظام DVB-S2X المواصفات التقنية اللازمة. فهو يدعم كفاءة طيفية أعلى بكثير من أجل قيم نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء *(C/N)* النموذجية للتطبيقات المهنية مثل وصلات المساهمة أو تقاسم القنوات القائم على بروتوكول الإنترنت. ويدعم النظام أيضاً قيماً منخفضة جداً للنسبة *C/N* تصل إلى −10 dB للتطبيقات المتنقلة (مثل التطبيقات البحرية والطيران والقطارات، إلخ...).

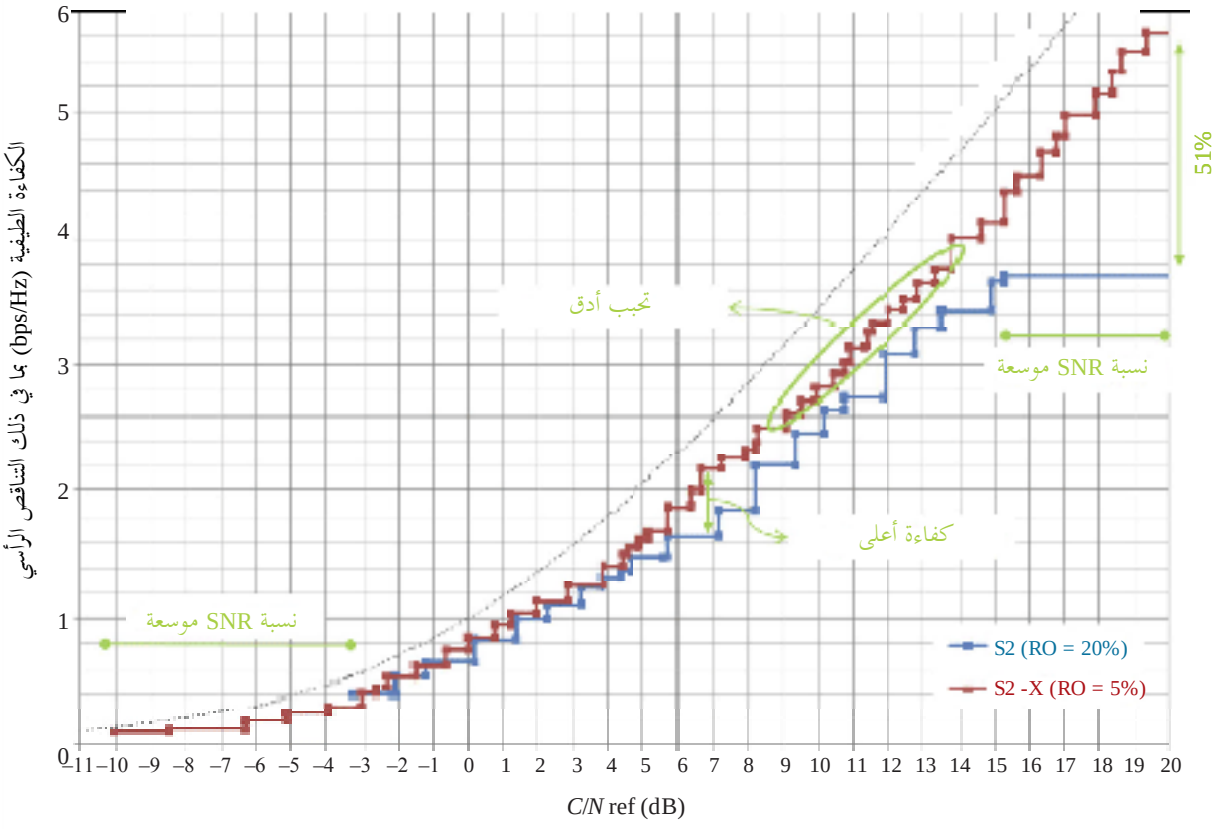
ويقوم المعيار DVB-S2X على المواصفة DVB-S2 الراسخة. وهو يستعمل مخطط تصحيح أمامي للأخطاء (FEC) لاختبار التعادلية منخفض الكثافة (LDPC) الذي أثبت نجاعته وقوته، مقترناً بالتصحيح الأمامي للأخطاء بشفرة بوس–شودري–هوكنهيم (BCH) كشفرة خارجية، ويوفر العناصر الإضافية التالية:

- خيارات خفض أقل للقدرة بمقدار 5% و10% (إضافةً إلى 20% و25% و35% في المعيار DVB-S2).
- تدرج وتوسع أدق لعدد من أساليب التشكيل والتشفير.
- خيارات كوكبات جديدة للقنوات الخطية وغير الخطية (كوكبات القنوات الخطية يشار إليها بالرمز xxx-L، بينما يشير الرمز xxx إلى كوكبات القنوات غير الخطية المقابلة).
- خيارات تخليط إضافية لحالات التداخل الحرجة في القناة المشتركة.
- تجميع للقنوات حتى 3 قنوات.
- دعم التشغيل في حالة القيم المنخفضة جداً لنسبة الإشارة إلى الضوضاء (SNR) تصل إلى 10– dB.
- خيار الرتل الفوقي.

ويؤدي ذلك إلى الكفاءات الطيفية التالية للنظام DVB-S2X مقارنةً بالنظام DVB-S2 (الشكل 4).

الشكل 4

مقارنة النظامين DVB-S2 وDVB-S2X من حيث الأداء



BO.1784-04

يوسَّع مدى النسبة *C/N* القابل للاستعمال إلى قيم تصل إلى 10– dB عن طريق خيارات إضافية للترتيل والتشفير والتشكيل، وهو ما من شأنه أن يمكّن الخدمات الساتلية للاتصالات المتنقلة (في البحر والجو) والهوائيات الاتجاهية الصغيرة جداً. وفيما يتعلق بتطبيقات المطاريف ذات الفتحة الصغيرة جداً (VSAT)، تتيح مواصفات النظام DVB-S2X إمكانية دعم التقنيات المتقدمة

لشبكات المستقبِل التفاعلية عريضة النطاق، مما يعني التخفيف من التداخل داخل النظام وتحقيق قفزات للحزم فضلاً عن الإرسالات متعددة الأنساق. ويمكن أن تنتج عن ذلك مكاسب كبيرة في سعة ومرونة الشبكات الساتلية التفاعلية عريضة النطاق والتي يعود الفضل في إمكانية تحقيقها إلى البنية الاختيارية للترتيل الفائق.

وأتاح النظام DVB-S2 بالفعل كفاءة طيفية ممتازة لتطبيقات البث المباشر إلى المنزل، ولذلك لا يمكن للنظام DVB-S2X تحقيق مكاسب للطبقة المادية يمكن أن تضاهي الانتقال من النظام DVB-S إلى النظام DVB-S2 (أي حوالي 30%). ومع ذلك فإن النظام DVB-S2X يحقق التوليف الدقيق لطبقتيْ البروتوكول المادية والعليا للنظام DVB-S2 من أجل البث المباشر إلى المنزل، وينتج بذلك باقة شديدة الجاذبية (للجيل الجديد من الخدمات التي ستحتاج إلى مستقبِلات جديدة في جميع الأحوال).

وتتمثل السمات الأكثر صلة بالبث المباشر إلى المنزل في خيارات تجميع القنوات وتقسيم أدق للتشكيل وللتصحيح الأمامي للأخطاء، مقترنةً بتحقيق تخفيضات أكثر حدةً للقدرة. وسيدعم تجميع قنوات قد يصل عددها إلى 3 قنوات ساتلية معدلات بيانات إجمالية أكبر ويسمح للخدمات ذات معدلات البيانات العالية مثل التلفزيون فائق الوضوح بتحقيق مكسب إحصائي إضافي لتعدد الإرسال. ويتيح التطبيق الإلزامي للتشفير والتشكيل المتغيرين (VCM) في المستقبلات إمكانية زيادة الكفاءة الطيفية لخدمات التلفزيزن فائق الوضوح، ويضمن في الوقت نفسه استمرار الخدمة في فترات الأمطار الغزيرة من خلال البث في آن واحد للمكونات عادية الوضوح (SD) التي تحظى بدرجة عالية من الحماية.

ويمكّن التقسيم الأدق للتشكيل وخيارات التصحيح الأمامي للأخطاء من تحسين المرونة التشغيلية.

وفيما يتعلق بالتطبيقات المهنية وتطبيقات (DSNG)، تتيح خططات التشكيل عالية الكفاءة كفاءات طيفية تقارب 6 bit/s/Hz (بالمخطط 256APSK). وتُدعم حالياً قيم لنسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء *(C/N)* تصل إلى 20 dB بتحقيق تحسن في الكسب يمكن أن يصل إلى 50%.

الملحق 3

مقارنة النظامين DVB-S2 (النظام E1) وDVB-S2X (الجزء الخاص بالإذاعة مشار إليه بالنظام E2) مع نظام البث التلفزيوني الرقمي المتعدد البرامج بواسطة الساتل المعرَّف في التوصية ITU-R BO.1516

يضم الجدول 2 معلومات عن الوظائف الأساسية (عناصر مشتركة) والوظائف الإضافية الضرورية للأنظمة الأربعة المشار إليها في التوصية ITU-R BO.1516 (الأنظمة A وB وC وD)، ويقارنها بالمعلومات الخاصة بالنظام DVB-S2 المشار إليه بالنظام E1 والنظام DVB S2X المشار إليه بالنظام E2.

تفيد جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات في الفقرة 2.1.6 من القرار ITU-R 1 بما يلي: "عندما تقدم التوصيات معلومات بشأن الأنظمة المتنوعة المتعلقة بتطبيق راديوي واحد محدد، فيجب أن تستند إلى معايير ذات صلة بالتطبيق، ويجب أن تتضمن، حيثما يكون ذلك ممكناً، تقييماً للأنظمة الموصى بها باستعمال هذه المعايير". يقدم الجدول 3 هذا التقييم. وقد تم اختيار معايير الأداء المتصلة بهذه الأنظمة، وترد قيم المعلمات أو القدرات المعلمية لكل من هذه الأنظمة.

الجدول 2

ملخص خصائص الأنظمة الرقمية عريضة النطاق عبر الساتل

أ) الوظيفة

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D	النظام E1	النظام E2
خدمات منجزة	تطبيقات الصوت والبيانات والبيانات التفاعلية لكل منSDTV وHDTV	تطبيقات الصوت والبيانات والبيانات التفاعلية لكل منSDTV وHDTV	تطبيقات الصوت والبيانات والبيانات التفاعلية لكل منSDTV وHDTV	تطبيقات الصوت والبيانات والبيانات التفاعلية لكل من SDTV وHDTV	تطبيقات الصوت والبيانات والبيانات التفاعلية لكل من SDTV وHDTV وUHDTV[1]	
نسق إشارة الدخل	MPEG-TS	MPEG-TS معدّل	MPEG-TS	MPEG-TS	MPEG-TS/تدفق تنوعي (مثل IP)	
مقدرة إشارة مداخل متعددة	لا	لا	لا	نعم، 8 كحد أقصى	نعم، 255 كحد أقصى	
إمكانية تحمّل خبو المطر	تُحدد بقدرة المرسل ومعدّل الشفرة الداخلية	تُحدد بقدرة المرسل ومعدّل الشفرة الداخلية	تُحدد بقدرة المرسل ومعدّل الشفرة الداخلية	يتيسّر الإرسال التراتبي فضلاً عن قدرة المرسل ومعدّل الشفرة الداخلية	بالنسبة للإذاعة: تُحدد بقدرة المرسِل ومعدل الشفرة الداخلية.(7)	بالنسبة للإذاعة: قيمة التشفير والتشكيل المتغيرين متاحة بالإضافة إلى قدرة المرسل ومعدّل الشفرة الداخلية.(7)
تجميع القنوات	لا	لا	لا	لا	لا	حتى 3 قنوات
استقبال متنقّل	ليس متاحاً ومتروك للنظر فيه مستقبلاً	ليس متاحاً ومتروك للنظر فيه مستقبلاً	ليس متاحاً ومتروك للنظر فيه مستقبلاً	ليس متاحاً ومتروك للنظر فيه مستقبلاً	ليس متاحاً ومتروك للنظر فيه مستقبلاً	أساليب VL-SNR مناسبة للتطبيقات المتنقلة والخدمات الأخرى المقدمة إلى المناطق التي تنخفض فيها النسبة SNR إلى قيم تصل إلى -10 dB
تخصيص مرن لمعدل بتات الخدمات	متاحاً	متاحاً	متاحاً	متاحاً	متاحاً	
تصميم شائع للمستقبِل مع أنظمة مستقبلات أخرى	ممكن بالنسبة للأنظمة A وB وC وD	ممكن بالنسبة للأنظمة A وB وC وD	ممكن بالنسبة للأنظمة A وB وC وD	ممكن بالنسبة للأنظمة A وB وC وD	ممكن بالنسبة للأنظمة A وB وC وD وE1	ممكن بالنسبة للأنظمة A وB وC وD وE1 وE2
خاصية مشتركة مع وسائط أخرى (أي أرضية، كبلية، وما إلى ذلك)	على أساس MPEG-TS	على أساس (التدفق الأولي) MPEG-TS	على أساس MPEG-TS	على أساس MPEG-TS	على أساس MPEG-TS وGSE وGSE-Lite	
تجهيزات محطة الإذاعة	متاحة في السوق	متاحة في السوق	متاحة في السوق	متاحة في السوق	متاحة في السوق	

الجدول 2 *(تابع)*

ب) الأداء

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D	النظام E1	النظام E2
معدّل البيانات الصافي (معدّل قابل للإرسال دون تعادلية)	معدّل الرموز (R_s) ليس ثابتاً. تَنتج معدّلات البيانات الصافية التالية من مثال عن R_s قدره 27,776 MBd: 1/2: 23,754 Mbit/s 2/3: 31,672 Mbit/s 3/4: 35,631 Mbit/s 5/6: 39,590 Mbit/s 7/8: 41,570 Mbit/s	1/2: 17,69 Mbit/s 2/3: 23,58 Mbit/s 6/7: 30,32 Mbit/s	19,5 MBd 29,3 MBd 5/11: 16,4 Mbit/s 24,5 Mbit/s 1/2: 18,0 Mbit/s 27,0 Mbit/s 3/5: 21,6 Mbit/s 32,4 Mbit/s 2/3: 24,0 Mbit/s 36,0 Mbit/s 3/4: 27,0 Mbit/s 40,5 Mbit/s 4/5: 28,8 Mbit/s 43,2 Mbit/s 5/6: 30,0 Mbit/s 45,0 Mbit/s 7/8: 31,5 Mbit/s 47,2 Mbit/s	يصل إلى حد 52,2 Mbit/s (عند معدّل رموز قدره 28,86 Mbit/s)	معدّل الرموز (R_s) ليس ثابتاً. تَنتج معدّلات البيانات الصافية التالية من مثال عن R_s قدره 27,776 MBd وطول طبيعي لرتل FEC وبدون موجات دليلية: 1/2 QPSK: 27,467 Mbit/s 3/4 QPSK: 41,316 Mbit/s 2/3 8-PSK: 55,014 Mbit/s 3/4 16-APSK: 82,404 Mbit/s (5) (6)	
					25/36 8-PSK: 57,278 2/3 L 32-APSK(*): 91,437 5/6 64-APSK: 137,120(6)	
قابلية التمديد الصاعد	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	
مقدرة HDTV	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	
مقدرة UHDTV	–	–	–	–	نعم	
نفاذ شرطي قابل للانتقاء	نعم	نعم	نعم	نعم	نعم	
(*) يشير الرمز L إلى الأساليب المستمثلة من أجل القنوات شبه الخطية.						

الجدول 2 *(تابع)*

ج) الخصائص التقنية (إرسال)

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D		النظام E1	النظام E2
مخططات تشكيل للإذاعة	QPSK	QPSK	QPSK	TC8-PSK/QPSK/BPSK	QPSK/8-PSK/ 16-APSK/ (5)32-APSK	QPSK/8-PSK/8-APSK-L/16-APSK/ 16-APSK-L/32-APSK/32-APSK-L/64-APSK/64-APSK-L/(6)	
معدّل الرموز	غير موصّف	ثابت MBd 20	متغيّر 19,5 و29,3 MBd	غير موصّف (MBd 28,86 مثلاً)		غير موصّف	
عرض النطاق الضروري (-3 dB)	غير موصّف	MHz 24	19,5 و29,3 MHz	غير موصّف (MHz 28,86 مثلاً)		غير موصّف	
معدّل التناقص	0,35 (جيب التمام المرفوع)	0,2 (جيب التمام المرفوع)	0,55 و0,33 (مرشاح باتروورث من الترتيب الرابع)	0,35 (جيب التمام المرفوع)		0,35، 0,25، 0,2 (جيب التمام المرفوع)	0,15، 0,10، 0,05 (جيب التمام المرفوع)
الشفرة الخارجية	ريد سولومون (204، 188، $T = 8$)	ريد سولومون (146، 130، $T = 8$)	ريد سولومون (204، 188، $T = 8$)	ريد سولومون (204، 188، $T = 8$)		BCH (N، K، T) بمعلمات مختلفة حسب تشكيلة التشفير الداخلي وطول الرتل	
مولّد الشفرة الخارجية	ريد سولومون (255، 239، $T = 8$)	ريد سولومون (255، 239، $T = 8$)	ريد سولومون (255، 239، $T = 8$)	ريد سولومون (255، 239، $T = 8$)		BCH *(N، K، T)* بمعلمات مختلفة حسب تشكيلة التشفير الداخلي وطول الرتل	
كثير حدود مولّد الشفرة الخارجية	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \ldots (x + \alpha^{15})$ حيث $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \ldots (x + \alpha^{15})$ حيث $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^1)(x + \alpha^2) \ldots (x + \alpha^{16})$ حيث $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1) \ldots (x + \alpha^{15})$ حيث $\alpha = 02_h$		مختلف حسب تشكيلة التشفير الداخلي وطول الرتل	
كثير حدود مولّد المجال	$1 + x^2 + x^3 + x^4 + x^8$	$1 + x^2 + x^3 + x^4 + x^8$	$1 + x^2 + x^3 + x^4 + x^8$	$1 + x^2 + x^3 + x^4 + x^8$		مختلف حسب تشكيلة التشفير الداخلي وطول الرتل	
اختيار عشوائي من أجل تشتت الطاقة	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$	لا شيء	PRBS: $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$ مبتور لفترة 894 4 بايتة	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$		عدد n من التتابعات PRBS غولد المشتقة من جمع تتابعين ناشئين عن استعمال متعددات الحدود الأساسية (فوق مجال غالوا (2)) $1+x^7+x^{18}$ and $1+ y^5+ y7+ y^{10}+ y^{18}$ بحيث $n \in [0, 262\ 141]$ ويُعرَّف التتابع رقم n حيث: $n = 0$، 1، 2، …$2^{18}-2$، على النحو التالي: $z_n(i) = [x((i+n) \text{ modulo } (2^{18}-1)) + y(i)]$ modulo 2, $i = 0, \ldots, 2^{18} - 2$.	

الجدول 2 (*تابع*)

ج) الخصائص التقنية (إرسال)

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D	النظام E1	النظام E2
تتابع التحميل إلى سجلّ تتابع ثنائي شبه عشوائي (PRBS)	100101010000000	غير مطبّق	0001_h	100101010000000	$n = 0$ بالنسبة لخدمات الإذاعة	$n = i \times 10\,949$ بحيث $i \in [0,6]$ بالنسبة لخدمات الإذاعة من أجل التخفيف من التداخل
نقطة الاختيار العشوائي	قبل مشفّر RS	غير مطبّقة	بعد مشفّر RS	بعد مشفّر RS	قبل التشكيل/بعد تقابل البتة مع رتل الطبقة المادية والإدراج الاختياري للموجة الدليلية	
التشذير بين الشفرات الداخلية والخارجية	بتلافيف، $I = 12, M = 17$ (فورني)	بتلافيف، $N1 = 13$، $N2 = 146$ (رمزي 2)	بتلافيف، $I = 12, M = 19$ (فورني)	فدرة (العمق = 8)	[2]	
التشفير الداخلي	بتلافيف	بتلافيف	بتلافيف	بتلافيف، شبكي (8-PSK: TCM 2/3)	LDPC	
طول القيود	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$	غير مطبّق	
الشفرة الأساسية	1/2	1½	1/3	1/2	غير مطبّقة	
مولّد كثير الحدود	171، 133 (ثماني)	171، 133 (ثماني)	117، 135، 161 (ثماني)	171، 133 (ثماني)	غير مطبّق	
طول فدرة الشفرة الداخلية	غير مطبّق	غير مطبّق	غير مطبّق	غير مطبّق	رتل FEC طبيعي = 64 800 بتة رتل FEC قصير = 16 200 بتة	
						رتل FEC متوسط = 32 400 bits

الجدول 2 (*تابع*)

ج) *الخصائص التقنية (إرسال)* (تتمة)

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D	النظام E1[3]	النظام E2[3]
معدّل التشفير الداخلي	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	1/2, 2/3, 6/7	1/2, 2/3, 3/4, 3/5, 4/5, 5/6, 5/11, 7/8	1/2, 3/4, 2/3, 5/6, 7/8		QPSK: 1/4,1/3,2/5,1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6,8/9,9/10 8-PSK: 3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10 16-APSK: 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 32-APSK: 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10
						QPSK: 13/45, 9/20, 11/20, 11/45, 4/15, 14/45, 7/15, 8/15, 32/45 8-PSK: 23/36, 25/36, 13/18, 7/15, 8/15, 26/45, 32/45 8-APSK-L : 5/9, 26/45 16-APSK: 26/45; 3/5; 28/45; 23/36; 25/36; 13/18; 7/9; 77/90 7/15, 8/15, 26/45, 3/5, 32/45 16-APSK-L: 5/9; 8/15; 1/2; 3/5; 2/3 32-APSK: 2/3, 32/45 32-APSK-L: 2/3 64-APSK: 11/15; 7/9; 4/5; 5/6 64-APSK-L: 32/45 ([6])
تحكّم بالإرسال	لا شيء	لا شيء	لا شيء	TMCC	بنية ترتيل طبقة النطاق الأساسي والطبقة المادية؛ موجات دليلية اختبارية	
بنية الرتل	لا شيء	لا شيء	لا شيء	غير مطبّق	رتل FEC طبيعي = 64 800 بتة رتل FEC قصير = 16 200 بتة	
					رتل FEC متوسط = 32 400 بتة	
هيكل الترتيل الفائق	لا	لا	لا	لا	لا	نعم
قد الرزمة (بايتات)	188	130	188	188	188 من أجل MPEG-TS. غير موصّف من أجل GS	
طبقة النقل	MPEG-2	غير MPEG	MPEG-2	MPEG-2	غير موصّفة	
المدى الترددي للوصلة الساتلية الهابطة (GHz)	مصمم أصلاً من أجل 11/12 دون استبعاد المجالات الترددية الأخرى	مصمم أصلاً من أجل 11/12 دون استبعاد المجالات الترددية الأخرى	مصمم أصلاً من أجل 11/12 و4 مجالات ترددية ساتلية أخرى	مصمم أصلاً من أجل 11/12 دون استبعاد المجالات الترددية الأخرى	مصمم أصلاً من أجل 11/12 و17/21 دون استبعاد المجالات الترددية الأخرى	

الجدول 2 *(تابع)*

د) الخصائص التقنية (تشفير المصدر)

		النظام A	النظام B	النظام C	النظام D	النظام E1	النظام E2
تشفير المصدر الفيديوي	قواعد التركيب	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-4 AVC MPEG-2 تنوعية HEVC[4] غير مقيدة	
	السويات	السوية الرئيسية على الأقل	السوية الرئيسية على الأقل	السوية الرئيسية على الأقل	السوية الرئيسية والعالية	السوية -3 و4 غير مقيدة، تنطبق على جميع السويات	
	المظاهر الجانبية	المظهر الجانبي الرئيسي على الأقل	المظهر الجانبي الرئيسي على الأقل	المظهر الجانبي الرئيسي على الأقل	المظهر الجانبي الرئيسي	المظهر الجانبي الرئيسي غير مقيدة، يمكن استعمال جميع المظاهر الجانبية	
النسب الباعية		16:9 4:3 (2.12:1 اختيارياً)	4:3 16:9	4:3 16:9	4:3 16:9	16:9 4:3 (2.12:1 اختيارياً) غير مقيدة	
أنساق الصورة المدعومة		غير مقيّدة، يوصى بـ : 576 × 720 704 × 576 576 × 544 576 × 480 576 × 352 576 × 288 352	480 × 720 480 × 704 480 × 544 480 × 480 480 × 352 240 × 352 280 1 × 720 024 1 × 280 1 080 1 × 920 1	576 × (704)720 480 × (704)720 480 × 528 576 × 528 480 × 352 576 × 352 288 × 352 240 × 352	080 1 × 920 1 080 1 × 440 1 280 1 × 720 480 × 720 480 × 544 480 × 480 240 × 352 (1),* 120 × 176 (1),* (* من أجل الإرسال التراتبي)	يوصى بها من أجل MPEG-2: 576 × 720 704 × 576 576 × 544 480 × 576 576 × 352 352 × 288 يوصى بها من أجل MPEG-4 AVC: 480 × 640 480 × 720 480 × 480 544 × 480 480 × 352 352 × 240 080 1 × 440 1 080 1 × 920 1 080 1 × 960 080 1 × 280 1 720 × 960 720 × 280 1 720 × 640 يوصى بها من أجل HEVC [4] غير مقيدة	
معدلات الأرتال عند المرقاب		25	29,97	25 أو 29,97	29,97 or 59,94	25، أو 50 أو 100، أو 24، 30، أو 60 أو 120	

الجدول 2 *(تابع)*

د) الخصائص التقنية (تشفير المصدر) (تتمة)

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D	النظام E1	النظام E2
فك تشفير المصدر الصوتي	MPEG-2، الطبقتان الأولى والثانية	MPEG-1، الطبقة الثانية؛ ATSC A/53 (AC3)	ATSC A/53 أو الطبقتان الأولى والثانية	MPEG-2 AAC	الطبقة الأولى من MPEG-1 أو الطبقة الثانية من MPEG-2 أو الطبقة الثانية السمعية المتلائمة ارتجاعياً من MPEG-2 AAC، MPEG-4 ALS	
معلومات الخدمة	ETS 300 468	نظام B	ATSC A/56 SCTE DVS/011	ETS 300 468	مدعومة	
EPG	ETS 300 707	نظام B	قابلة للانتقاء من قبل المستعمل	قابلة للانتقاء من قبل المستعمل	مدعومة	
تلتكست	مدعومة	غير موصّفة	غير موصّفة	قابلة للانتقاء من قبل المستعمل	مدعومة	
وضع العناوين الفرعية	مدعومة	مدعومة	مدعومة	مدعومة	مدعومة	
الحواشي المشفّرة	غير موصّفة	نعم	نعم	مدعومة	غير موصّفة	

(1) هي قابلة للتطبيق أيضاً على جمع الأخبار والخدمات التفاعلية والتطبيقات الساتلية الأخرى.

(2) رغم أن النظامين E1 وE2 لا يستعملان مشذّراً بين الشفرات الداخلية والخارجية، هناك مشذّر بتات قبل منقّذ تقابل الرموز (باستثناء QPSK).

(3) لا تنطبق جميع معدلات التشفير الداخلي على جميع أحجام رتل التصحيح الأمامي للأخطاء.

(4) التوصية ITU-T H.265 (2013) | ISO/IEC 23008-2:2013: التشفير الفيديوي عالي الكفاءة.

(5) QPSK وPSK-8 هما مخططان معياريان وأما APSK-16 وAPSK-32، فهما مخططان اختياريان لتطبيقات الإذاعة في النظام DVB-S2.

(6) QPSK وPSK-8 وAPSK-L-8 وAPSK-16 وAPSK-L-16 وAPSK-32 وAPSK-L-32 هي مخططات معيارية للإذاعة، وأما APSK-64 وAPSK-L-64، فهي مخططات اختيارية للإذاعة في النظام DVB-S2X. إضافةً إلى ذلك، تتاح المخططات BPSK وAPSK-128 وAPSK-256 وAPSK-L-256 في النظام DVB-S2X ولكنها لا تنطبق على الإذاعة. ويشير الرمز L إلى الأساليب المثلى للقنوات شبه الخطية.

(7) بالنسبة للخدمات من طرف إلى طرف والتفاعلية، يتوفر التشفير والتشكيل التكييفيان إضافةً إلى قدرة المرسل ومعدّل الشفرة الداخلية.

الجدول 3

جدول خصائص المقارنة

التشكيل والتشفير		النظام A		النظام B		النظام C		النظام D		النظام E1[9]		النظام E2[9]	
أساليب تشكيل مدعوة إفرادياً وعلى نفس حامل الموجة		QPSK		QPSK		QPSK		8-PSK وQPSK وBPSK		QPSK، 8-PSK، 16-APSK، 32-APSK [10] [11]			
												8-APSK-L، 16-APSK-L، 32-APSK-L، 64-APSK، 64-APSK-L[11]	
الأداء (يعرّف نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء *(C/N)* المطلوبة وشبه الخالية من الخطأ (QEF) (بوحدة bit/s/Hz)		الكفاءة الطيفية[1]	C/N من أجل QEF	الكفاءة الطيفية	C/N من أجل QEF	الكفاءة الطيفية[3]	C/N من أجل QEF	الكفاءة الطيفية	C/N من أجل QEF[5]	الكفاءة الطيفية[7]	*C/N* من أجل QEF	الكفاءة الطيفية[7]	C/N من أجل QEF[8]
الأساليب	الشفرة الداخلية												
BPSK	Conv. 1/2	غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		0,35	0,2	غير مستعمل			
QPSK	1/4	غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		0,49	2,3−		
	13/45	غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		0,57	2,03−
	1/3	غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		0,66	1,2−		
	2/5	غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		0,79	0,3−		
	5/11	غير مستعمل		غير مستعمل		0,54/0,63	2,8/3,0	غير مستعمل		غير مستعمل			
	9/20	غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		0,89	0,22
	1/2	0,72	4,1	0,74	3,8	0,59/0,69	3,3/3,5	0,7	3,2	0,99	1,0		
	11/20	غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		1,09	1,45
	3/5	غير مستعمل		غير مستعمل		0,71/0,83	4,5/4,7			1,19	2,2		
	2/3	0,96	5,8	0,98	5	0,79/0,92	5,1/5,3	0,94	4,9	1,32	3,1		
	3/4	1,08	6,8	غير مستعمل		0,89/1,04	6,0/6,2	1,06	5,9	1,49	4,0		
	4/5	غير مستعمل		غير مستعمل		0,95/1,11	6,6/6,8	غير مستعمل		1,59	4,7		
	5/6	1,2	7,8	غير مستعمل		0,99/1,15	7,0/7,2	1,18	6,8	1,65	5,2		
	6/7	غير مستعمل		1,26	7,6	غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل			
	7/8	1,26	8,4	غير مستعمل		1,04/1,21	7,7/7,9	1,24	7,4	غير مستعمل			

الجدول 3 (*تابع*)

التشكيل والتشفير		النظام A	النظام B	النظام C	النظام D		النظام E1[9]		النظام E2[9]	
	8/9	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		1,77		6,2	
	9/10	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		1,79		6,4	
8-PSK Trellis		غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	8,4	1,4	غير مستعمل			
8-APSK-L	5/9	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		1,65	4,73
	26/45	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		1,71	5,13
8-PSK	3/5	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		1,78		5,5	
	23/36	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		1,90	6,12
	2/3	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		1,98		6,6	
	25/36	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,06	7,02
	13/18	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,15	7,49
	3/4	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		2,23		7,9	
	5/6	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		2,48		9,3	
	8/9	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		2,65		10,7	
	9/10	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		2,68		11,0	
16-APSK-L	1/2	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		1,97	5,97
	8/15	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,10	6,55
	5/9	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,19	6,84
	3/5	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,37	7,41
	2/3	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,64	8,43
16-APSK	26/45	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,28	7,51
	3/5	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,37	7,80
	28/45	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,46	8,10
	23/36	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,52	8,38
	2/3	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		2,64		9,0	
	25/36	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,75	9,27
	13/18	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		2,86	9,71
	3/4	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		2,97		10,2	
	7/9	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		غير مستعمل		3,08	10,65
	4/5	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		3,17		11,0	

الجدول 3 *(تابع)*

التشكيل والتشفير		النظام A	النظام B	النظام C	النظام D	النظام E1[9]			النظام E2[9]		
	5/6	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	3,30			11,6		
	77/90	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		3,39			11,99
	8/9	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	3,52			12,9		
	9/10	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	3,57			13,1		
32-APSK-L	2/3	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		3,29			11,10
32-APSK	32/45	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		3,51			11,75
	11/15	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		3,62			12,17
	3/4	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	3,70			12,7		
	7/9	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		3,84			13,05
	4/5	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	3,95			13,6		
	5/6	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	4,12			14,3		
	8/9	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	4,40			15,7		
	9/10	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	4,46			16,0		
64-APSK-L	32/45	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		4,21			13,98
64-APSK	11/15	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		4,34			14,81
	7/9	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		4,60			15,47
	4/5	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		4,74			15,87
	5/6	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل	غير مستعمل		4,93			16,55
هل لديه مقدرة التحكم التراتبي بالتشكيل؟		لا	لا	لا	نعم	نعم					
خصائص معدّل الرموز		متغيّرة باستمرار	ثابتة،20 MBd	متغيرة، 19,5 أو 29,3 MBd	متغيّرة باستمرار	متغيّرة باستمرار					
طول الرزمة (بالبايتات)		188	130	188	188	من أجل تدفقات النقل (TS)، وقابل للتعريف إلى حد 64K من أجل التدفق التنوعي (GS). تدفقات الرزم ذات الأطوال المتغيّرة، أو التدفقات غير المرزّمة أو التدفقات ذات الأطوال الزائدة عن 64K ممكنة وتُعامل كتدفقات مستمرة.					
تدفقات النقل المدعومة		MPEG-2	نظام B	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2 وتدفق تنوعي (GS)					
						الاعتماد الكامل على بروتوكول الإنترنت					

الجدول 3 *(تتمة)*

التشكيل والتشفير	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D	النظام E1[9]	النظام E2[9]
تقابل تدفق النقل مع القنوات الساتلية	تدفق واحد لكل قناة	تدفق واحد لكل قناة	تدفق واحد لكل قناة	1 إلى 8 من التدفقات لكل قناة	1 إلى 255 من التدفقات لكل قناة	
دعم لتعدد الإرسال الإحصائي للتدفقات الفيديوية	لا تحديد ضمن تدفق نقل	لا تحديد ضمن تدفق نقل	لا تحديد ضمن تدفق نقل	لا تحديد ضمن تدفق نقل. وقد يكون ممكناً أيضاً على مدى تدفقات النقل ضمن قناة ساتلية	لا تحديد ضمن تدفق نقل. لا تحديدات على التدفق التنوعي	

(1) عند نسبة خطأ في البتات (BER) < 10^{-10}. تشير قيم *C/N للنظام* A إلى نتائج محاكاة حاسوبية تتحقق على سلسلة ساتلية افتراضية تشمل IMUX وTWTA وOMUX مع تناقص تشكيل بمقدار 0,35. وهي تقوم على افتراض تشفير فيتربي متدرج القرار في المستقبل. وقد اعتُمدت نسبة عرض نطاق إلى الرمز قدرها 1,28. وتتضمن أرقام *C/N* انخطاطاً محسوباً بمقدار 0,2 dB بسبب تحديدات عرض النطاق على مرشاحي IMUX وOMUX وتشوّه لا خطي على TWTA عند التشبّع قدره 0,8 dB وانخطاط مودم قدره 0,8 dB. وتنطبق الأرقام على BER = 2×10^{-4} قبل RS (204,188) الذي يقابل بدون أخطاء تقريباً (QEF) عند خرج مشفّر (RS). ولا يؤخذ الانخطاط الناجم عن التداخل في الحسبان.

(2) عند نسبة خطأ في البتات (BER) قدرها 1×10^{-12}.

(3) حسبما تُحسب بواسطة الصيغة $2(R_C)(188/204)/1,55$ أو الصيغة $2(R_C)(188/204)/1,33$ من أجل تحديد الشكل الطيفي العادي والمشذب للإرسال للنظام C، على التوالي، حيث R_C هو معدّل الشفرة التلافيفية.

(4) النسبة E_S/N_0 النظرية لتشكيل QPSK (بتتان لكل رمز) أي النسبة *C/N* كما تُقاس في عرض النطاق بمعدل الوحدات baud من أجل تحديد الشكل الطيفي العادي والمشذب للإرسال، على التوالي. وهي لا تتضمن هامش تنفيذ العتاد أو هامش خسارة المرسل المستجيب الساتلي.

(5) اشتُقت هذه القيم من عمليات المحاكاة الحاسوبية واعتُبرت قيماً نظرية. تنطبق القيم على معدل BER = 2×10^{-4} قبل RS (204,188) مع عرض نطاق بمعدل الوحدات baud (عرض نطاق نيكويست). وهي لا تتضمن هامش تنفيذ العتاد أو هامش خسارة المرسل المستجيب الساتلي.

(6) اشتُقت هذه القيم من عمليات المحاكاة الحاسوبية، و50 تكرار فك تشفير نقطة ثابتة LDPC، مع استعادة مثالية للموجة الحاملة والتزامن، وبدون ضوضاء طور، وقناة AWGN. ويبلغ طول رتل التصحيح الأمامي للأخطاء 800 64 بتة. تنطبق القيم على معدل PER = 10^{-7} حيث PER هي النسبة، بعد التصحيح الأمامي للأخطاء عند المستقبل، بين رزم تدفق النقل المفيدة (188 بايتة) المتأثرة بالأخطاء وإجمالي الرزم المستَقبَلة. وهي لا تتضمن هامش تنفيذ العتاد أو هامش خسارة المرسل المستجيب الساتلي.

(7) معرّفة كنسبة البتات المفيدة لكل وحدة معدّل رموز دون موجات دليلية.

(8) اشتُقت هذه القيم من عمليات المحاكاة الحاسوبية، و50 تكراراً للاختبار LDPC، ومع استعادة مثالية للموجة الحاملة والتزامن، وبدون ضوضاء طور، وقناة AWGN. ويبلغ طول رتل التصحيح الأمامي للأخطاء 800 64 بتة. وتنطبق القيم على معدل FER = 10^{-5} حيث FER هي النسبة، بعد التصحيح الأمامي للأخطاء عند المستقبل، بين عدد الأرتال FEC العادية المستقبلة المتأثرة بالأخطاء وإجمالي الأرتال المستَقبَلة. وهي لا تتضمن هامش تنفيذ العتاد أو هامش خسارة المرسل المستجيب الساتلي.

(9) تشير التشكيلات المدرجة للتشكيل والتشفير إلى الرتل FEC العادي.

(10) QPSK وQPSK-8 هما مخططان معياريان، وأما 16-APSK و32-APSK فهما مخططان اختياريان لتطبيقات الإذاعة في نظام DVB-S2.

(11) QPSK وQPSK-8 وQPSK-L وAPSK-16 وAPSK-16-L وAPSK-32 وAPSK-32-L هي مخططات معيارية للإذاعة، وأما APSK-64 وAPSK-64-L، فهي مخططات اختيارية للإذاعة في النظام DVB-S2X. إضافةً إلى ذلك، تتاح المخططات APSK-128 وAPSK-256 وAPSK-256-L في النظام DVB-S2X ولكنها لا تنطبق على تطبيقات الإذاعة. ويشير الرمز L إلى الأساليب المثلى للقنوات شبه الخطية.

المرفق 1
للملحق 3

ETSI EN 302 307-1 V1.4.1, *Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 1: DVB-S2*, http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302300_302399/30230701/01.04.01_60/en_30230701v010401p.pdf

المرفق 2
للملحق 2

ETSI EN 302 307-2 V1.1.1, *Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 2: DVB-S2 Extensions (DVB-S2X)*, http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302300_302399/30230702/01.01.01_60/en_30230702v010101p.pdf