الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R BO.1516-1

(2012/01)

أنظمة التلفزيون الرقمي المتعدد البرامج للاستعمال في السواتل العاملة في مدى التردد GHz 12/11

السلسلة BO

البث الساتلي

الاتحاد الدولي للاتصالات ITU

تمهيـــد

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	العنـــوان
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 التحديد الراديوي للموقع وخدمة الهواة والخدمات الساتلية ذات الصلة
P	انتشار الموجات الراديوية
RA	علم الفلك الراديوي
RS	أنظمة الاستشعار عن بعد
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، 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).

التوصيـــة ITU-R BO.1516-1

أنظمة التلفزيون الرقمي المتعدد البرامج للاستعمال في السواتل العاملة في مدى التردد GHz 12/11

(المسألة ITU-R 285/4)

(2012-2001)

مجال التطبيق

تقترح هذه التوصية متطلبات وظيفية مشتركة لأربعة أنظمة استقبال ساتلية رقمية متعددة البرامج من أجل خدمات التلفزيون والصوت والبيانات. ويقدم الملحق 1 المتطلبات الوظيفية المشتركة للبث التلفزيوني عبر السواتل العاملة في مدى التردد GHz 12/11.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن الأنظمة الرقمية المتعددة البرامج قد صممت لاستعمالها في السواتل في مدى التردد GHz 12/11؛

ب) أن هذه الأنظمة، بحكم كونها رقمية، توفر مزايا هامة من حيث نوعية خدمة الفيديو والصوت والبيانات ومرونة الاستخدام وكفاءة الطيف وقوة البث؛

ج) أن هذه الأنظمة توفر المجال لخدمات عديدة مثل برامج التلفزيون وعناصر الوسائط المتعددة وخدمات البيانات والقنوات السمعية وما شابه ذلك في تعدد إرسال واحد؛

د) أن هذه الأنظمة إما هي قيد التشغيل على نطاق واسع أو من المخطط لها أن تدخل حيز التشغيل في المستقبل القريب؛

هـ) أن خطوات تقدم هامة قد أحرزت في تكنولوجيا الأنظمة الرقمية المتعددة البرامج في أعقاب وضع التوصية ITU-R BO.1294 السابقة، وأن خطوات التقدم هذه متجسدة في النظام الموصوف في التوصية ITU-R BO.1408؛

و) أن الدارات المتكاملة المتوائمة مع بعض أو كل العناصر المشتركة في اثنين أو ثلاثة من هذه الأنظمة قد صممت وصنّعت وهي قيد الاستخدام على نطاق واسع؛

ز) أن هذه الأنظمة تتسم بملامح متميزة شتى من شأنها أن تجعل واحداً أو آخر من هذه الأنظمة أكثر ملاءمة لاحتياجات إدارة ما؛

ح) أن القرار ITU-R 1 يقول "عندما توفر التوصيات معلومات بشأن شتى الأنظمة المتعلقة بتطبيق راديوي بالذات، فإنه ينبغي لها أن تستند إلى معايير ذات صلة بالتطبيق، وينبغي أن تشمل، حيثما أمكن، تقييماً للأنظمة الموصى بها يتم باستخدام تلك المعايير"،

توصي

1 الإدارات التي ترغب في تنفيذ خدمات تلفزيونية ساتلية رقمية متعددة البرامج بأن ترجع إلى الخصائص الموصوفة في البند 4 في الملحق 1 للاسترشاد بها في انتقاء نظام بعينه؛

2 بانتقاء واحد من أنظمة البث الموصوفة في الملحق 1 لدى تنفيذ خدمات تلفزيونية ساتلية رقمية متعددة البرامج؛

3 بالاعتماد على العناصر المشتركة في المتطلبات الوظيفية المشتركة لنظام بث رقمي متعدد البرامج، كما ورد وصفه في البند 3 في الملحق 1، كأساس لتنفيذ الخدمات في تلك المناطق التي يتعايش فيها أو يمكن أن يتعايش فيها في المستقبل أكثر من نظام.

الملحق 1

المتطلبات الوظيفية المشتركة لاستقبال إرسالات تلفزيونية رقمية متعددة البرامج من ساتل يعمل في نطاق التردد GHz 12/11

جدول المحتويات

		الصفحة
1	مقدمة	5
2	النموذج المرجعي النوعي لأنظمة البث الرقمي المتعدد البرامج	6
1.2	النموذج المرجعي النوعي	6
2.2	التطبيق في مستقبِل - مفكك التشفير (IRD) الساتلي	7
3	العناصر المشتركة في أنظمة الإرسال الرقمية المتعددة البرامج	9
1.3	التشكيل/إزالة التشكيل والتشفير/تفكيك التشفير	9
1.1.3	التشكيل وإزالة التشكيل	9
2.1.3	المرشاح المقابل	11
3.1.3	التشفير وتفكيك التشفير التلافيفي	11
4.1.3	مفكك تشفير بايتة التزامن	12
5.1.3	مزيل التشذير التلافيفي	12
6.1.3	مشفر ومفكك تشفير Reed-Solomon	12
7.1.3	إزالة تشتت الطاقة	12
2.3	النقل وإزالة تعدد الإرسال	13
3.3	تشفير وتفكيك تشفير الفيديو والصوت والبيانات المصدر	13
1.3.3	الفيديو	14
2.3.3	الصوت	14
3.3.3	البيانات	14
4	موجز الخصائص ومقارنة أنظمة التلفزيون الرقمية الساتلية المتعددة البرامج	14
1.4	موجز خصائص النظام	15
2.4	مقارنة خصائص الأنظمة	15
5	الخصائص المحددة	23
1.5	طيف الإشارة لمختلف الأنظمة في خرج المشكّل	23
1.1.5	طيف الإشارة في النظام A	23
2.1.5	طيف الإشارة للنظام B	25
3.1.5	طيف الإشارة للنظام C	26
5.1.4	طيف الإشارة للنظام D	32

الصفحة

2.5 التشفير التلافيفي 33
1.2.5 خصائص التشفير التلافيفي للنظام A 33
2.2.5 خصائص التشفير التلافيفي للنظام B 33
3.2.5 خصائص التشفير التلافيفي للنظام C 33
4.2.5 خصائص التشفير التلافيفي للنظام D 34
3.5 خصائص التزامن 37
1.3.5 خصائص التزامن للنظام A 37
2.3.5 خصائص التزامن للنظام B 37
3.3.5 خصائص التزامن للنظام C 37
4.3.5 خصائص التزامن للنظام D 39
4.5 المشذّر 44
1.4.5 المشذر التلافيفي للنظام A 44
2.4.5 المشذر التلافيفي للنظام B 45
3.4.5 المشذر التلافيفي للنظام C 46
4.4.5 مشذر فدري للنظام D 46
5.5 مشفر Reed-Solomon 48
1.5.5 خصائص مشفر Reed-Solomon للنظام A 48
2.5.5 خصائص مشفر Reed-Solomon للنظام B 48
3.5.5 خصائص مشفر Reed-Solomon للنظام C 48
4.5.5 خصائص مشفر Reed-Solomon للنظام D 48
6.5 تشتت الطاقة 49
1.6.5 تشتت الطاقة في النظام A 49
2.6.5 تشتت الطاقة في النظام B 50
3.6.5 تشتت الطاقة في النظام C 50
4.6.5 تشتت الطاقة في النظام D 51
7.5 خصائص تدفق الترتيل والنقل 52
1.7.5 خصائص الترتيل وتدفق النقل في النظام A 52
2.7.5 خصائص الترتيل وتدفق النقل في النظام B 52
3.7.5 خصائص الترتيل وتدفق النقل في النظام C 52
4.7.5 خصائص الترتيل وتدفق النقل في النظام D 52
8.5 إشارات التحكم 52
1.8.5 إشارات التحكم في النظام A 52
2.8.5 إشارات التحكم في النظام B 52

الصفحة

3.8.5 إشارات التحكم في النظام C 52
4.8.5 إشارات التحكم في النظام D 52
6 المراجع 53
7 قائمة المختصرات 54
التذييـــل 1 للملحق 1 – خصائص تدفق النقل في النظام B 55
1 مقدمة 55
2 السابقة 56
3 الرزم الفارغة والمتراوحة 57
4 رزم تطبيقات الفيديو 59
1.4 رزم البيانات المساعدة 60
2.4 رزم خدمات الفيديو الأساسية 63
3.4 رزم البيانات الإطنابية 64
4.4 رزم بيانات فيديو غير MPEG 65
5 رزم تطبيقات الصوت 65
1.5 رزم البيانات المساعدة 66
2.5 رزم خدمات الصوت الأساسية 66
3.5 رزم بيانات الصوت غير MPEG 67
6 رزم دليل البرامج 68
7 تقييدات تعدد الإرسال في النقل 69
1.7 تعريف التقييد الأولي لتعدد إرسال التدفق 69
التذييل 2 للملحق 1 – إشارة التحكم للنظام D 70
1 مقدمة 70
2 تشفير معلومات التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC) 70
1.2 ترتيب التغيير 71
2.2 معلومات توليفة التشكيل – التشفير 71
3.2 تعرف هوية تدفق الإرسال (TS) 72
4.2 معلومات أخرى 73
3 التشفير الخارجي لمعلومات التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC) 73
4 مراجع التوقيت 73
5 تشفير القناة من أجل معلومات التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC) 73

الصفحة

التذييل 3 للملحق 1 – حالة تيسر الدارات المتكاملة من أجل مفكك تشفير المستقبلات المتكاملة المشترك 74
1 مقدمة 74
2 التحليل 75
3 الاستنتاجات 75

1 مقدمة

ما زالت أنظمة التلفزيون الساتلي الرقمي، منذ الأخذ بها، تبرهن على قدرتها في كفاءة استعمال طيف الترددات الساتلي وفي تقديم خدمات على درجة عالية من النوعية للمستهلكين. وقد وُصف أربعة من هذه الأنظمة في التوصيتين ITU-R BO.1211 وITU-R BO.1294 السابقتين والتوصية ITU-R BO.1408.

وبغية النهوض بالتقارب نحو معيار عالمي النطاق لأنظمة استقبال ساتلية رقمية متعددة البرامج لخدمات التلفزيون والصوت والبيانات، ورد وصف المتطلبات الوظيفية المشتركة لاستقبال البث التلفزيوني الرقمي المتعدد البرامج في التوصية السابقة ITU-R BO.1294. وفي هذه التوصية، تم تعريف متطلبات وظيفية مشتركة وعناصر مشتركة لمستقبِل- مفكك للتشفير (IRD) ساتلي متكامل يعمل في مجال التردد GHz 12/11. ولم يُستبعد ولن يُستبعد الاستعمال في مجالات تردد أخرى. وقد أخذت التوصية السابقة ITU-R BO.1294 في الحسبان النظام المنفرد الموصوف في التوصية السابقة ITU-R BO.1211.

والعناصر المشتركة للساتل IRD كما ورد تعريفها في التوصية السابقة ITU-R BO.1294 قادرة على استقبال البث من ثلاثة أنظمة إرسال رقمية متعددة البرامج. وقد أصبحت هذه الأنظمة تعرف بوصفها الأنظمة "A" و"B" و"C". وقد جرى تحليل العناصر المشتركة والفريدة في كل من هذه الأنظمة، وتبين في النتيجة أن التنفيذ العملي للعناصر المشتركة لساتل IRD أمر ممكن. ومنذ ذلك الحين، أثبت المضي في تطوير الدارات المتكاملة لاستعمالها في هذه الأنظمة بوضوح صحة هذا الاستنتاج، ومن ثم توفر الآن العديد من الدارات المتكاملة المتلائمة مع العناصر المشتركة في اثنين من هذه الأنظمة أو في ثلاثتها جميعاً.

وثمة نظام رابع تطور منذ ذلك الحين، وهو موصوف في التوصية ITU-R BO.1408. وهو يشارك أيضاً في نفس العناصر المشتركة الموصوفة في التوصية السابقة ITU-R BO.1294. وهو يجسد تقدم التكنولوجيا في هذه الأنظمة الرقمية المتعددة البرامج. كما ينطوي على مزايا إضافية من قبيل القدرة على القيام في آن واحد بدعم أنماط التشكيل المتعددة ومخطط تشكيل تراتبي والقدرة على تناول تدفقات نقل متعددة، بمعيار فريق خبراء الصور المتحركة (MPEG)، ضمن موجة حاملة معيّنة.

وفي الأقسام التالية من هذا الملحق تُستعرض بإيجاز المتطلبات والعناصر الوظيفية المشتركة في هذه الأنظمة، كما توصف بإيجاز وظائف نظام إرسال رقمي نوعي متعدد البرامج.

وهنالك أيضاً موجز وتفصيل على مستوى النظام لخصائص كل من هذه الأنظمة الأربعة. وتنطبق هذه المعلمات على مستوى النظام على تنفيذ أي من تجهيزات الإرسال أو مفكك تشفير المستقبل المتكامل، على السواء.

2 النموذج المرجعي النوعي لأنظمة البث الرقمي المتعدد البرامج

1.2 النموذج المرجعي النوعي

وُضع نموذج مرجعي نوعي للمتطلبات الوظيفية المشتركة لنظام إرسال رقمي متعدد البرامج. وقد تبين أن هذا النموذج المرجعي النوعي ينطبق على جميع الأنظمة الأربعة الموصوفة هنا.

وتم تعريف النموذج المرجعي النوعي بناء على الوظائف المشتركة المطلوبة عبر جميع الطبقات في مكدّس بروتوكولات نظام إرسال رقمي متعدد البرامج. ويمكن استخدامه لتعريف الوظائف المشتركة المطلوبة في مستقبل - مفكك تشفير (IRD) لاستقبال هذه الإرسالات.

ومن باب الرجوع، يبين الشكل 1 مكدّس بروتوكولات نموذجي لمستقبل – مفكك IRD بناء على الطبقات التالية:

- *الطبقة المادية وطبقة الوصلات*، مما يشمل عموماً وظائف الدخول: توليد الموجة الحاملة واستقبالها (توليف)، وتشكيل وفك تشكيل تربيعي بزحزحة الطور (QPSK)، وتشفير وفك تشفير تلافيفي، وتشذير وفك تشذير، وتشفير وفك تشفير Reed-Solomon، وتطبيق وإزالة تشتت الطاقة.
- *طبقة النقل*، وهي مسؤولة عن تعديد وإزالة تعديد إرسال مختلف البرامج والمكونات إلى جانب ترزيم وفك ترزيم المعلومات (الفيديوية والسمعية والبيانات).
- *وظائف النفاذ المشروط*، التي تتحكم في تشغيل وظائف التجفير وفك التجفير الخارجي ووظائف التحكم المصاحبة (ثمة خيار لوجود سطح بيني مشترك للنفاذ المشروط).
- *خدمات الشبكة*، للقيام بالتشفير وفك التشفير الفيديوي والسمعي إلى جانب إدارة وظائف الموجّه الإلكتروني للبرامج (EPG) ومعلومات الخدمة، وخيارياُ فك تشفير البيانات.
- *طبقة العرض*، وهي مسؤولة، من جملة أمور، عن واجهة المستعمل وتشغيل التحكم عن بعد، وغير ذلك.
- *خدمات العميل*، وتشمل مختلف التطبيقات القائمة على الفيديو والصوت والبيانات.

الشـــكل 1

مكدس بروتوكولات IRD نموذجي

BPSK: PSK ثنائي الحالة
TC8-PSK: 8-PSK مشفر شبكي
* موجود في النظام D فقط
** غير موجود في النظام B

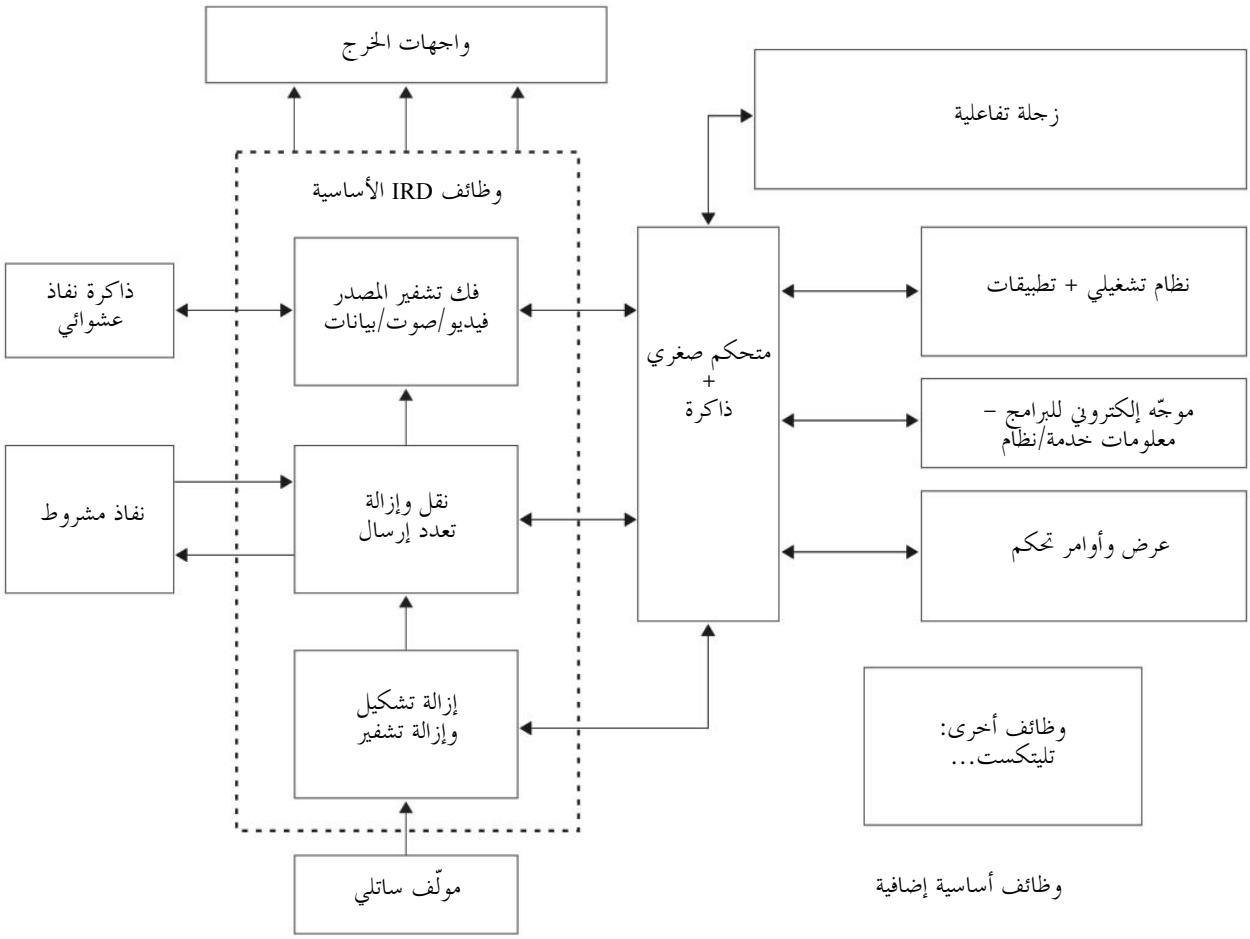
BO.1516-01

2.2 التطبيق في مستقبِل – مفكك التشفير (IRD) الساتلي

يمكن، بناء على مكدّس البروتوكولات، اشتقاق الرسم التخطيطي النوعي لمستقبل–مفكك التشفير الساتلي (الشكل 2). ويفيد ذلك في بيان كيفية تنظيم العناصر المشتركة ضمن المستقبل IRD.

الشـــكل 2

نموذج مرجعي نوعي لمستقبِل – مفكك التشفير (IRD) الساتلي



هنالك نوعان من الوظائف في النموذج المرجعي النوعي: وظائف IRD الجوهرية والوظائف الأساسية الإضافية الأخرى:

– *وظائف IRD الجوهرية* تشمل وظائف IRD الرئيسية التي تحدد نظام التلفزيون الرقمي. تشمل وظائف IRD الجوهرية:
  – إزالة التشكيل وتفكيك التشفير،
  – النقل وإزالة تعدد الإرسال،
  – تفكيك تشفير الفيديو والصوت والبيانات المصدر.
– الوظائف الأساسية الإضافية مطلوبة لأداء تشغيل النظام والارتقاء به بمزايا إضافية و/أو تكميلية. وهذه الوظائف وثيقة الصلة بتوفير الخدمة. ويمكن اعتبار الوظائف التالية بمثابة وظائف أساسية إضافية ويمكنها أن تميز ما بين مستقبل IRD وآخر:
  – مولف ساتلي
  – واجهات خرج
  – نظام تشغيلي وتطبيقات
  – موجّه إلكتروني للبرامج (EPG)
  – معلومات الخدمة/النظام (SI)

- النفاذ المشروط (CA)
- العرض والتحكم النائي وأدوات تحكم مختلفة
- ذاكرة قراءة فقط (ROM) وذاكرة نفاذ عشوائي (RAM) وذاكرة تخزين (FLASH)
- زجلة تفاعلية
- متحكم صغري
- وظائف أخرى مثل تليتكست والتذييلات النصية، وغيرها.

3 العناصر المشتركة في أنظمة الإرسال الرقمية المتعددة البرامج

العناصر المشتركة هي كما يلي:

- التشكيل/إزالة التشكيل وتشفير/تفكيك تشفير تصحيح الأخطاء.
- تعدد إرسال وإزالة تعدد إرسال النقل.
- تشفير وتفكيك تشفير الفيديو والصوت والبيانات المصدر.

1.3 التشكيل/إزالة التشكيل والتشفير/تفكيك التشفير

يبين الشكل 3 الرسم البياني لوظائف التشكيل/إزالة التشكيل والتشفير/تفكيك التشفير في العناصر المشتركة. وتمثل الفدرات المتراكبة وظائف ذات عناصر مشتركة بين الأنظمة الأربعة على الرغم من اختلاف خصائصها. وتمثل الفدرات المتقطعة الوظائف التي لا تستخدمها الأنظمة الأربعة جميعها.

1.1.3 التشكيل وإزالة التشكيل

يقوم هذا العنصر المشترك بوظيفة التشكيل وإزالة التشكيل المتماسكة التربيعية أو الاثنينية أو ثُمانية الطور. وفي إزالة التشكيل توفر الأداة معلومات "قرار ليّن" I وQ إلى مفكك التشفير الداخلي.

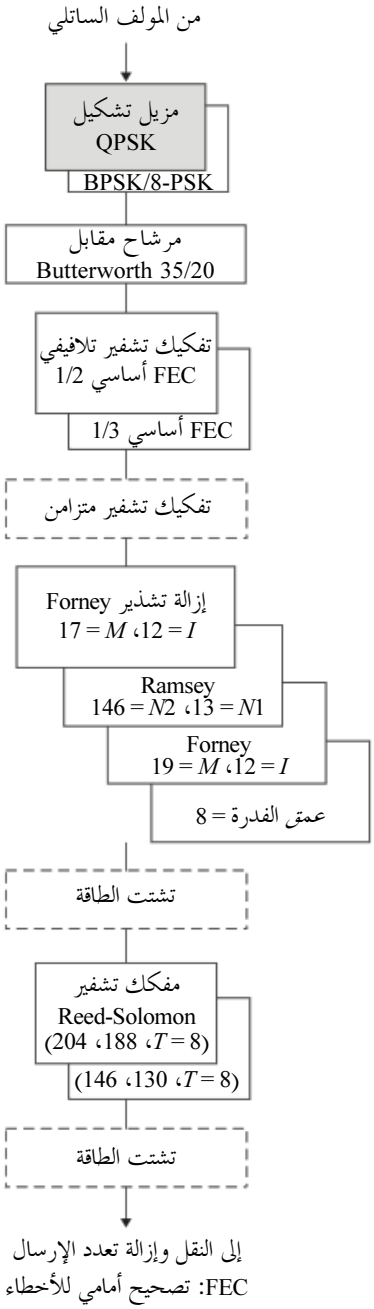
وضمن مستقبِل تفكيك تشفير (IRD) ساتلي يكون هذا العنصر المشترك قادراً على إزالة تشكيل إشارة تستخدم تشكيل QPSK التقليدي المشفر بحسب Gray وتشكيل TC 8-PSK على أساس تقابل مطلق (أي دون تشفير تفاضلي).

في تشكيل QPSK، يستخدم تقابل البتات في الإشارة كما هو مبين في الشكل 4.

وفي التشكيل ثنائي الحالة أو 8-PSK، يستخدم تقابل البتات في الإشارة الموصوف في البند 4.2.5.

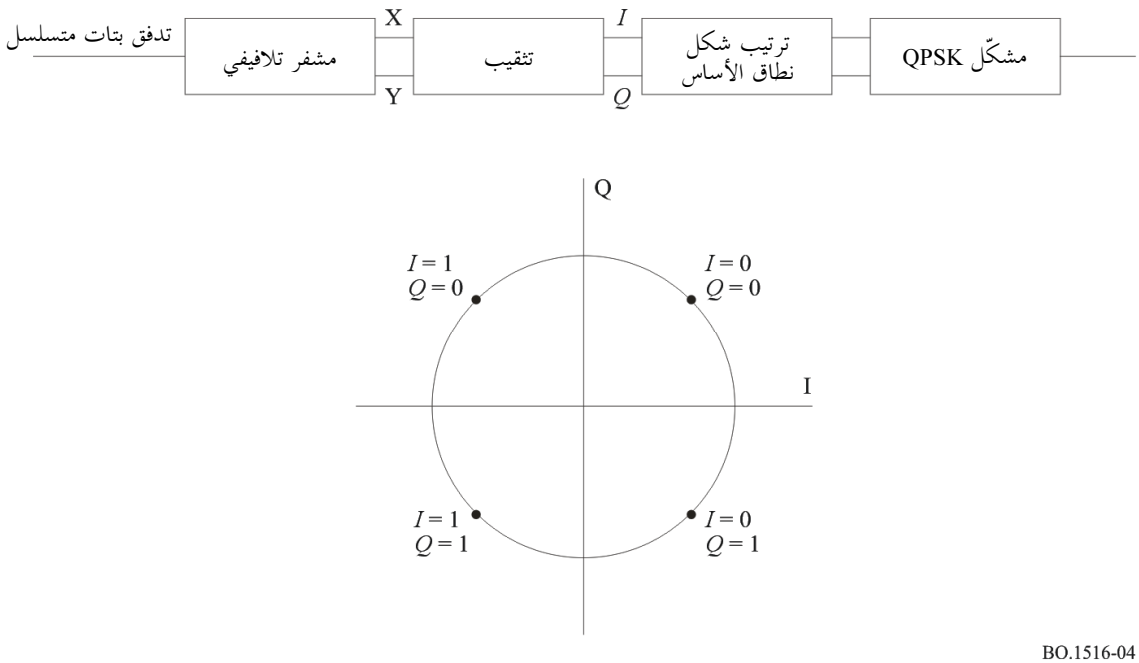
الشـــكل 3

المخطط البياني لإزالة التشكيل وتفكيك تشفير القناة



الشـــكل 4

كوكبة تشكيل QPSK



2.1.3 المرشاح المقابل

يقوم هذا العنصر المشترك ضمن مزيل التشكيل بالنمط التكميلي لترشيح شكل النبضة بحسب تدرّج القطع. ومن شأن استخدام مرشاح رقمي ذي استجابة نبضة محدودة (FIR) أن يحقق تسوية التشوهات الخطية للقناة في المستقبِل IRD.

ويجب أن يكون مستقبِل IRD الساتلي قادراً على معالجة الإشارة بموجب عوامل الشكل وتدرّج القطع التالية:

جذر تربيع مرفوع لجيب التمام: α = 0,35 و0,20

Butterworth المرتبة الرابعة محدود النطاق: أساليب الطيف المعيارية والمبتورة

وترد في البند 1.5 معلومات عن النموذج المعياري لطيف الإشارة عند الخرج التشكيلي.

3.1.3 التشفير وتفكيك التشفير التلافيفي

يقوم هذا العنصر المشترك بعملية التشفير وتفكيك التشفير للحماية من الخطأ في المستوى الأول. وهو مصمم بحيث يعمل مفكك التشكيل عند دخل مكافئ لمعدل خطأ البتات (BER) "قرار صعب" في حدود ما بين 1×10^{-1} و1×10^{-2} (تبعاً لمعدل الشفرة المعتمد)، وسوف يؤدي إلى خرج BER في حدود 2×10^{-4} أو أقل. ويقابل هذا الخرج BER خدمة شبه خالية من الخطأ (QEF) بعد تصحيح الشفرة الخارجية. ومن الممكن أن تستخدم هذه الوحدة معلومات "قرار ليّن". وقد تكون هذه الوحدة في وضع يمكنها من تجربة كل من معدلات الشفرة وتشكيلات التثقيب إلى حين حصول الإحكام. وعلاوة على ذلك، قد تكون في وضع يمكنها من حل غموض طور إزالة التشكيل $\pi/2$.

وتتسم الشفرة الداخلية بالخصائص التالية:

– Viterbi وتثقيب.

– طول تقييد الشفرة $K = 7$.

ويعمل المشفر ومفكك التشفير بموجب ثلاث شفرات تلافيفية مختلفة. ويسمح النظام بتفكيك تشفير تلافيفي بمعدلات شفرة على أساس إما معدل 1/2 أو 1/3:

– بناء على معدل أساسي 1/2: FEC = 1/2 و2/3 و3/4 و5/6 و6/7 و7/8.

– بناء على معدل أساسي 1/3: FEC = 5/11 و1/2 و3/4 و2/3 و3/5 و4/5 و5/6 و7/8.

وثمة خصائص محددة واردة في البند 2.5.

4.1.3 مفكك تشفير بايتة التزامن

يفكك هذا العنصر المشترك بايتات التزامن. ويوفر مفكك التشفير معلومات التزامن من أجل إزالة التشذير. وهو في موقع أيضاً يمكنه من تدارك غموض الطور في مفكك التشكيل (إذ لا يتمكن مفكك تشفير Viterbi من كشفه).

وثمة خصائص محددة واردة في البند 3.5.

5.1.3 مزيل التشذير التلافيفي

يمكّن هذا العنصر المشترك من التوزيع العشوائي لرشقات الأخطاء عند خرج مفكك التشفير الداخلي على أساس كل بايتة وذلك لتحسين قدرة تصحيح أخطاء الرشقات في مفكك التشفير الخارجي.

ويستخدم هذا العنصر المشترك نظامي المشذر التلافيفي Ramsey Type II ($N1$ = 13، $N2$ = 146) وRamsey Type III (نهج Forney) (I = 12، M = 17 و19) أو نظام مشذر الفدرات (عمق = 8)، كما هو معرف تحديداً في البند 4.5.

6.1.3 مشفر ومفكك تشفير Reed-Solomon

يوفر هذا العنصر المشترك الحماية من الأخطاء في المستوى الثاني. وهو في وضع يمكنه من توفير خرج شبه خالٍ من الخطأ (QEF) (أي معدل BER في حدود 1×10^{-10} و1×10^{-11}) في وجود رشقات خطأ في الدخل بمعدل BER في حدود 7×10^{-4} أو أفضل من ذلك مع تشذير بايتات لانهائي. وفي حالة عمق تشذير I = 12، يفترض أن يكون BER = 2×10^{-4} من أجل QEF.

ويتسم هذا العنصر المشترك بالخصائص التالية:

– مولد Reed-Solomon: (T = 8، 239، 255)

– متعدد حدود مولد شفرة Reed-Solomon:

$$(x + \alpha^0)\ (x + \alpha^1)\ ....\ (x + \alpha^{15})$$

أو

$$(x + \alpha^1)\ (x + \alpha^2)\ ....\ (x + \alpha^{16})$$

حيث:

$$\alpha = 02_h.$$

– متعدد حدود مولد مجال Reed-Solomon:

$$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

وثمة خصائص محددة واردة في البند 5.5.

7.1.3 إزالة تشتت الطاقة

يضيف هذا العنصر المشترك نمط التوزيع العشوائي إلى الإرسال لضمان تشتت طاقة منتظم، والذي إن وجد يجب إزالته بواسطة مفكك التشكيل. ويمكن تحقيق ذلك بحيث يكون قادراً على إزالة عشوائية الإشارات عندما توضع عملية الإزالة هذه قبل مفكك تشفير Reed-Solomon أو بعده. ويمكن لهذا العنصر المشترك في مستقبِل IRD ساتلي أن يتجاوز هذه العملية.

وثمة خصائص محددة واردة في البند 6.5.

2.3 النقل وإزالة تعدد الإرسال

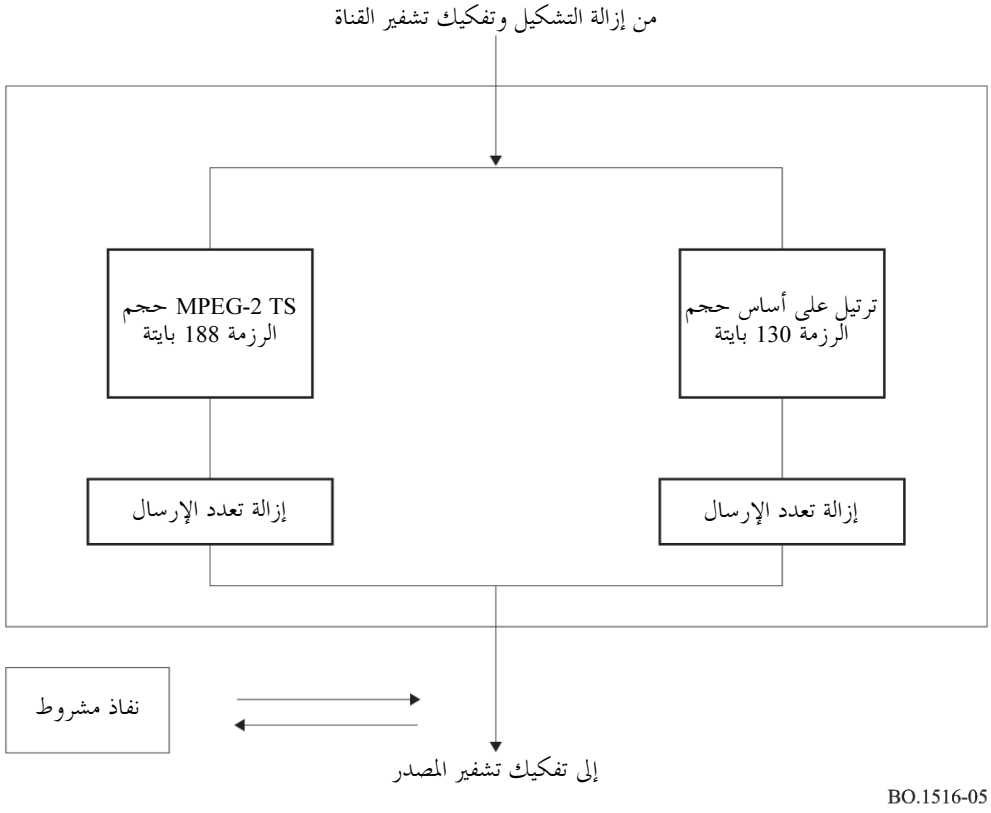
يبين الشكل 5 المخطط البياني لوظائف النقل وتعدد الإرسال وإزالته من أجل مستقبِل IRD ساتلي.

والنظام قادر على استقبال وإزالة تعدد إرسال الرزم بموجب معدد إرسال النقل MPEG-2 (انظر ISO/IEC 13818-1) إلى جانب الخصائص المحددة لتدفق النقل المعرفة في البند 7.5.

ويقع النفاذ المشروط خارج نطاق هذه التوصية.

الشـــكل 5

مخطط بياني للنقل وإزالة تعدد الإرسال

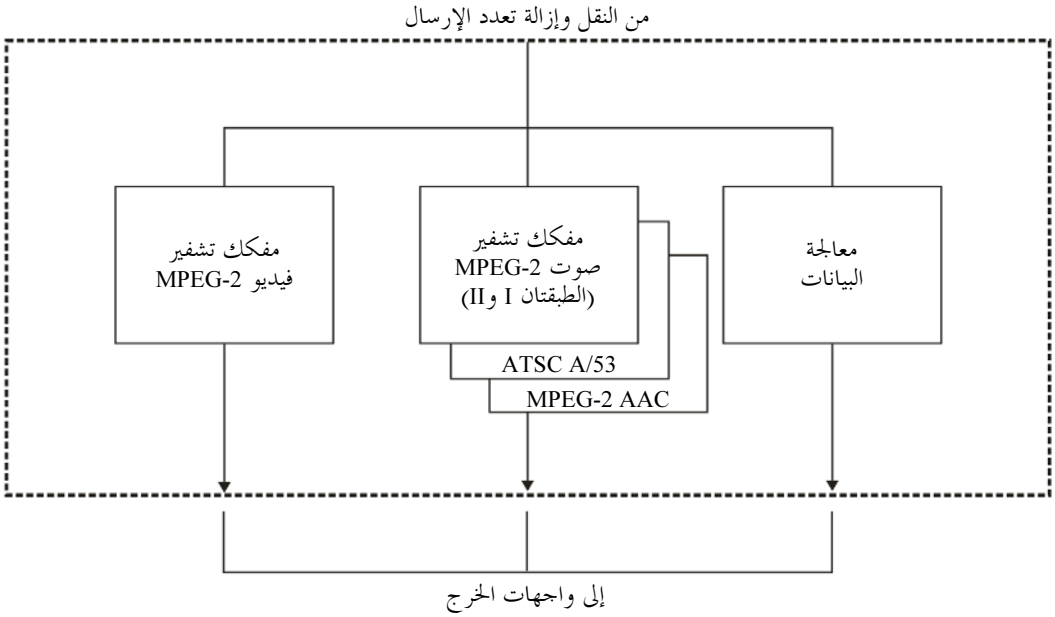


3.3 تشفير وتفكيك تشفير الفيديو والصوت والبيانات المصدر

يبين الشكل 6 المخطط البياني لوظائف تشفير أو تفكيك تشفير الفيديو والصوت والبيانات المصدر.

الشـــكل 6

مخطط بياني لتفكيك تشفير المصدر



ATSC: لجنة أنظمة التلفزيون المتقدمة

BO.1516-06

1.3.3 الفيديو

يتطلب هذا العنصر المشترك، كحد أدنى، تشفير وتفكيك تشفير أنساق الفيديو عند المصدر باتباع إشارات المستوى الرئيسي للجانبية الرئيسية MPEG2 كما هو محدد في المعيار ISO/IEC 13818-2.

2.3.3 الصوت

يتطلب هذا العنصر المشترك تشفير وتفكيك تشفير إشارات الصوت عند المصدر باتباع أنساق الطبقتين I وII في MPEG-2 (ISO/IEC 13818-3)، ATSC-A/53، الملحق باء (التوصية ITU-R BS.1196، الملحق 2)، والتشفير الصوتي المتقدم (AAC) في MPEG-2 (ISO/IEC 13818-7).

3.3.3 البيانات

تتناول هذه الفدرة الوظائف المطلوبة لمعالجة البيانات المشفرة عند المصدر الواصلة إلى معدد إرسال النقل أو الآتية منه. ويقع هذا البند خارج نطاق التوصية.

4 موجز الخصائص ومقارنة أنظمة التلفزيون الرقمية الساتلية المتعددة البرامج

تتضمن هذه التوصية، كما جاء في المقدمة، خصائص أربعة أنظمة تلفزيونية رقمية متعددة البرامج تتقاسم العناصر المشتركة الموصوفة في القسم 3. وتعرف هذه الأنظمة بوصفها الأنظمة A وB وC وD. وقد وُصف النظام A أولاً في التوصية السابقة ITU-R BO.1211 وهو مدرج أيضاً في التوصية السابقة ITU-R BO.1294. كما وُصف النظامان B وC أولاً في التوصية السابقة ITU-R BO.1294. أما النظام D فهو موصوف في التوصية ITU-R BO.1408. وثلاثة من هذه الأنظمة قيد التشغيل حالياً، ومن المزمع تشغيل النظام الرابع في المستقبل القريب جداً.

وهذه الأنظمة مصممة لكي تقدم برامج فيديو وصوت MPEG عالية الجودة والمتانة من خلال البث الساتلي الرقمي. ويوفر استخدام أساليب ضغط MPEG درجة عالية من كفاءة استعمال الطيف المتاح، ويمكن تصميم طبقة النقل من تخصيص مرن جداً لبرامج الفيديو والصوت نحو المرسلات-المستجيبات الساتلية.

ويستند النظام A إلى خوارزمية MPEG-2 لتشفير الفيديو والصوت وإلى تعدد إرسال نقل MPEG-2. ومن شأن مخطط FEC سلسالي باستخدام تشفير Reed-Solomon وتشفير تلافيفي، مع تفكيك تشفير Viterbi ليّن القرار، أن يسمح بأداء ترديد راديوي قوي جداً بوجود ضوضاء وتداخل. وثمة خمس خطوات معدل تشفير تتراوح من 1/2 إلى 7/8 توفر معاوضات مختلفة بين كفاءة الطيف والطاقة. ويمكن للمشغّل انتقاء معدل إرسال الرموز بغية استمثال استغلال عرض نطاق المرسل - المستجيب الساتلي.

ويستند النظام B أيضاً إلى خوارزمية MPEG-2 لتشفير فيديو المستوى الرئيسي في الجانبية الرئيسية. وهو يستخدم الترتيب السمعي في الطبقة II في MPEG-1 ومواصفة النقل في النظام B. وعلى غرار النظام A، من شأن مخطط FEC سلسالي باستخدام تشفير Reed-Solomon وتشفير تلافيفي، مع تفكيك تشفير Viterbi ليّن القرار، أن يسمح بأداء ترديد راديوي قوي جداً بوجود ضوضاء وتداخل. وثمة ثلاث خطوات معدل تشفير تتراوح من 1/2 إلى 6/7 توفر معاوضات مختلفة بين كفاءة الطيف والطاقة. ومعدل إرسال الرموز ثابت عند 20 ميغا رمز/ثانية.

وباستطاعة النظام C أيضاً أن يقدم خدمات تلفزيون (وراديو) رقمي متعددة في نسق تعدد إرسال بتقسيم الزمن (TDM)، وهو يتقاسم نفس العناصر المعمارية المشتركة كما جاء أعلاه. ويشتمل النظام على تحكم في النفاذ متجدد ودفع لقاء المشاهدة بالنبضات (IPPV) وخدمات بيانات. وتمكن القنوات الافتراضية المشاهد من التجول والتنقل بسهولة بين القنوات.

أما النظام D فقد طور حديثاً وهو مصمم لبث الخدمات المتعددة الوسائط. وهو يتضمن منهجياً مختلف أنواع المحتويات الرقمية، يمكن أن يشمل كل منها فيديو متعدد البرامج من تلفزيون استبانة منخفضة (LDTV) إلى تلفزيون استبانة عالية (HDTV) وخدمات صوت ورسوم ونصوص متعددة البرامج، وما إلى ذلك. ويمكن تضمين النظام المقترح على أساس تدفق نقل MPEG (أي MPEG-TS) وهو شائع الاستخدام بمثابة حاوية مشتركة للمحتويات الرقمية.

ورغبة في تغطية طائفة واسعة من المتطلبات التي قد تختلف من خدمة لأخرى، يوفر النظام D سلسلة من مخططات التشكيل و/أو الحماية من الأخطاء يمكن الانتقاء منها وتوليفها بكل مرونة. وتضمين العديد من مخططات التشكيل وتصحيح الأخطاء مفيد بصفة خاصة للبلدان الواقعة في مناطق مناخية تتسم بارتفاع مقدار التوهين الناجم عن المطر.

1.4 موجز خصائص النظام

يقدم الجدول 1 معلومات عن المعلمات ذات الصلة التي تتصف بها الأنظمة الأربعة الرقمية المتعددة البرامج. ويتضمن الجدول الوظائف الجوهرية (العناصر المشتركة) وكذلك الوظائف الأساسية الإضافية، على السواء.

2.4 مقارنة خصائص الأنظمة

تقول جمعية الاتصالات الراديوية في البند 2.1.6 من القرار ITU-R 1: "عندما توفر التوصيات معلومات بشأن شتى الأنظمة المتعلقة بتطبيق راديوي بالذات، فإنه ينبغي لها أن تستند إلى معايير ذات صلة بالتطبيق، وينبغي أن تشمل، حيثما أمكن، تقييماً للأنظمة الموصى بها يتم باستخدام تلك المعايير". ويقدم الجدول 2 هذا التقييم. وقد تم انتقاء معايير الأداء ذات الصلة بهذه الأنظمة، وتورد كذلك قيم المعلمات المصاحبة أو قدرات كل من هذه الأنظمة.

الجـــدول 1

موجز خصائص الأنظمة التلفزيونية الساتلية الرقمية المتعددة البرامج

أ) الوظيفة

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D
الخدمات المقدمة	SDTV وHDTV	SDTV وHDTV	SDTV وHDTV	SDTV وHDTV
نسق إشارة الدخل	MPEG-TS	MPEG-TS معدّلة	MPEG-TS	MPEG-TS
مقدرة تعدد إشارات الدخل	لا	لا	لا	نعم، 8 كحد أقصى
إمكانية التغلب على خبو المطر	تحدد بحكم طاقة المرسل ومعدل الشفرة الداخلية	تحدد بحكم طاقة المرسل ومعدل الشفرة الداخلية	تحدد بحكم طاقة المرسل ومعدل الشفرة الداخلية	إرسال تراتبي متاح إضافة إلى طاقة المرسل ومعدل الشفرة الداخلية
استقبال متنقل	غير متاح وقيد النظر في المستقبَل	غير متاح وقيد النظر في المستقبَل	غير متاح وقيد النظر في المستقبَل	غير متاح وقيد النظر في المستقبَل
تخصيص مرن لمعدل بتات الخدمات	متاح	متاح	متاح	متاح
تصميم مستقبل مشترك مع أنظمة استقبال أخرى	ممكن في الأنظمة A وB وC وD	ممكن في الأنظمة A وB وC وD	ممكن في الأنظمة A وB وC وD	ممكن في الأنظمة A وB وC وD
إمكانية المشاركة مع وسائط أخرى (أي للأرض، كبل، إلخ)	أساس MPEG-TS	أساس (تدفق أولي) MPEG-ES	أساس MPEG-TS	أساس MPEG-TS

الجـــدول 1 *(تابع)*

ب) *الأداء*

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D
صافي معدل البيانات (المعدل القابل للإرسال دون تعادلية)	معدل الرموز (R_S) غير ثابت. صافي معدل البيانات التالية ناتجة عن مثال R_S بمقدار 27,776 Mbd: 1/2: 23.754 Mbits/s 2/3: 31.672 Mbits/s 3/4: 35.631 Mbits/s 5/6: 39.590 Mbits/s 7/8: 41.570 Mbits/s	1/2: 17.69 Mbits/s 2/3: 23.58 Mbits/s 6/7: 30.32 Mbits/s	19.5 Mbd 29.3 Mbd 5/11: 16.4 Mbits/s 24.5 Mbits/s 1/2: 18.0 Mbits/s 27.0 Mbits/s 3/5: 21.6 Mbits/s 32.4 Mbits/s 2/3: 24.0 Mbits/s 36.0 Mbits/s 3/4: 27.0 Mbits/s 40.5 Mbits/s 4/5: 28.8 Mbits/s 43.2 Mbits/s 5/6: 30.0 Mbits/s 45.0 Mbits/s 7/8: 31.5 Mbits/s 47.2 Mbits/s	حتى 52,2 Mbits/s (بمعدل رموز 28,86 Mbd)
إمكانية التمديد نحو الأعلى	نعم	نعم	نعم	نعم
مقدرة HDTV	نعم	نعم	نعم	نعم
نفاذ مشروط قابل للإنتقاء	نعم	نعم	نعم	نعم

ج) *خصائص تقنية (بث)*

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D
مخطط التشكيل	QPSK	QPSK	QPSK	TC8-PSK/QPSK/BPSK
معدل الرموز	غير محدد	ثابت 20 Mbd	متغير 19,5 و29,3 Mbd	غير محدد (28,86 Mbd مثلاً)
عرض النطاق اللازم (dB 3–)	غير محدد	24 MHz	19,5 و29,3 MHz	غير محدد (28,86 MHz مثلاً)
معدل تدرّج القطع	0,35 (جيب التمام المرفوع)	0,2 (جيب التمام المرفوع)	0,33 و0,55 (مرشاح Butterworth من المرتبة 4)	0.35 (جيب التمام المرفوع)
شفرة Reed-Solomon الخارجية	(204,188, $T = 8$)	(146,130, $T = 8$)	(204,188, $T = 8$)	(204,188, $T = 8$)
مولد Reed-Solomon	(255,239, $T = 8$)	(255,239, $T = 8$)	(255,239, $T = 8$)	(255,239, $T = 8$)

الجـــدول 1 *(تابع)*

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D
متعدد حدود مولد شفرة Reed-Solomon	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1).....(x + \alpha^{15})$ حيث $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1).....(x + \alpha^{15})$ حيث $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^1)(x + \alpha^2).....(x + \alpha^{16})$ حيث $\alpha = 02_h$	$(x + \alpha^0)(x + \alpha^1).....(x + \alpha^{15})$ حيث $\alpha = 02_h$
متعدد حدود مولد مجال Reed-Solomon	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$	$x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$
توزيع عشوائي لتشتت الطاقة	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$	لا شيء	PRBS: $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$ مبتورة لفترة 4894 بايتة	PRBS: $1 + x^{14} + x^{15}$
تحميل تتابع في سجل تتابع إثنيني شبه عشوائي (PRBS)	100101010000000	غير متاح	0001_h	100101010000000
نقطة التوزيع العشوائي	RS قبل مفكك تشفير	غير متاح	RS بعد مفكك تشفير	RS بعد مفكك تشفير
تشذير	تلافيفي، $I = 12$، $M = 17$ (Forney)	تلافيفي، N1 = 13، N2 = 146 (Ramsey II)	تلافيفي، $I = 12$، $M = 19$ (Forney)	(الفدرة العمق = 8)
التشفير الداخلي	تلافيفي	تلافيفي	تلافيفي	تلافيفي، شبكي (8-PSK: TCM 2/3)
طول التقييد	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$	$K = 7$
الشفرة الأساسية	1/2	1/2	1/3	1/2
متعدد حدود المولد	171، 133 (ثُماني)	171، 133 (ثُماني)	117، 135، 161 (ثُماني)	171، 133 (ثُماني)
معدل 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
التحكم في الإرسال	لا شيء	لا شيء	لا شيء	TMCC
بنية الرتل	لا شيء	لا شيء	لا شيء	N فاصل/رتل (مثلاً N = 48) 8 رتل/رتل ثانوي

الجـــدول 1 *(تابع)*

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D
حجم الرزمة	188 بايتة	130 بايتة	188 بايتة	188 بايتة
طبقة النقل	MPEG-2	غير MPEG	MPEG-2	MPEG-2
مدى تردد الوصلة الهابطة الساتلية	مصمم أصلاً لمدى تردد ساتلي GHz 12/11، لا يستثنى أي مدى تردد ساتلي آخر	مصمم أصلاً لمدى تردد ساتلي GHz 12/11، لا يستثنى أي مدى تردد ساتلي آخر	مصمم أصلاً لمدى تردد ساتلي GHz 12/11 و GHz 4	مصمم أصلاً لمدى تردد ساتلي GHz 12/11، لا يستثنى أي مدى تردد ساتلي آخر

د) *مثال لخصائص تقنية (تشفير المصدر)*

		النظام A	النظام B	النظام C	النظام D
تشفير مصدر الفيديو	النَظمْ	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2
	السويات	السوية الرئيسية على الأقل	السوية الرئيسية على الأقل	السوية الرئيسية على الأقل	من سوية منخفضة إلى سوية مرتفعة
	الجانبيات	الجانبية الرئيسية على الأقل	الجانبية الرئيسية على الأقل	الجانبية الرئيسية على الأقل	الجانبية الرئيسية
النسب الباعية		4:3 16:9 (خيارياً 2.12:1)	4:3 16:9	4:3 16:9	4:3 16:9
أنساق دعم الصور		غير مقيد، موصى به: 704 × 576 — 720 × 576 480 × 576 — 544 × 576 352 × 288 — 352 × 576	704 × 480 — 720 × 480 480 × 480 — 544 × 480 352 × 240 — 352 × 480 1 280 × 1 024 — 1 280 × 720 1 080 × 1 920	720(704) × 576 720(704) × 480 528 × 480 — 528 × 576 352 × 480 — 352 × 576 352 × 288 — 352 × 240	1 920 × 1 080 1 440 × 1 080 1 280 × 720 720 × 480 544 × 480 480 × 480 352 × *240 176 × *120 (* للبث التراتبي)
معدلات الأرتال (في الثانية)		25	29,97	25 أو 29,97	29,97 أو 59,94

الجـــدول 1 *(نهاية)*

	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D
فك تشفير الصوت في المصدر	MPEG-2، الطبقتان I وII	MPEG-1، الطبقة II؛ ATSC A/53 (AC3)	ATSC A/53 أو MPEG-2 الطبقتان I وII	MPEG-2 AAC
معلومات الخدمة	ETS 300 468	النظام B	ATSC A/56 SCTE DVS/011	ETS 300 468
الموجّه الإلكتروني للبرامج	ETS 300 707	النظام B	انتقاء المستعمل	انتقاء المستعمل
تليتكست	مدعوم	غير محدد	غير محدد	انتقاء المستعمل
تذييل نصي	مدعوم	مدعوم	مدعوم	مدعوم
شرح مغلق	غير محدد	نعم	نعم	مدعوم

الجـــدول 2

جدول مقارنة الخصائص

التشكيل والتشفير	النظام A		النظام B		النظام C		النظام D	
أساليب التشكيل المدعومة إفرادياً وفي نفس الحمالة	QPSK		QPSK		QPSK		BPSK ،QPSK ،8-PSK	
الأداء (تعريف شبه الخلو من الخطأ (QEF) المطلوب C/N ((bits/s/Hz))	الكفاءة الطيفية	*C/N* من أجل (1) QEF	الكفاءة الطيفية	*C/N* من أجل (2) QEF	الكفاءة الطيفية(3)	*C/N* من أجل (4) QEF	الكفاءة الطيفية	*C/N* من أجل (5) QEF
الشفرة الداخلية للأساليب								
تحويل BPSK	1/2	غير مستعمل	غير مستعمل		لا		0,35	0,2

الجـــدول 2 *(تابع)*

التشكيل والتشفير		النظام A		النظام B		النظام C		النظام D	
QPSK تحويل	5/11	غير مستعمل		غير مستعمل		0,54/0,63	2,8/3,0	غير مستعمل	
	1/2	0,72	4,1	0,74	3,8	0,59/0,69	3,3/3,5	0,7	3,2
	3/5	لا		غير مستعمل		0,71/0,83	4,5/4,7		
	2/3	0,96	5,8	0,98	5	0,79/0,92	5,1/5,3	0,94	4,9
	3/4	1,08	6,8	غير مستعمل		0,89/1,04	6,0/6,2	1,06	5,9
	4/5	غير مستعمل		غير مستعمل		0,95/1,11	6,6/6,8	غير مستعمل	
	5/6	1,2	7,8	غير مستعمل		0,99/1,15	7,0/7,2	1,18	6,8
	6/7	غير مستعمل		1,26	7,6	غير مستعمل		غير مستعمل	
	7/8	1,26	8,4	غير مستعمل		1,04/1,21	7,7/7,9	1,24	7,4
8-PSK شبكي		غير مستعمل		غير مستعمل		غير مستعمل		1,4	8,4
قدرة على التحكم في تشكيل تراتبي؟		لا		لا		لا		نعم	
خصائص معدل الرموز		متغير باستمرار		ثابت، 20 Mbd		متغير، 19,5 أو 29,3 Mbd		متغير باستمرار	
طول الرزمة (بايتات)		188		130		188		188	
تدفقات النقل مدعومة		MPEG-2		النظام B		MPEG-2		MPEG-2	

الجـــدول 2 *(تتمة)*

التشكيل والتشفير	النظام A	النظام B	النظام C	النظام D
تقابل تدفق النقل مع القنوات الساتلية	تدفق واحد/قناة	تدفق واحد/قناة	تدفق واحد/قناة	1 إلى 8 تدفقات/قناة
دعم لتعدد إرسال إحصائي للتدفقات الساتلية	لا حدود ضمن تدفق النقل	لا حدود ضمن تدفق النقل	لا حدود ضمن تدفق النقل	لا حدود ضمن تدفق النقل. ربما من الممكن أيضاً عبر تدفقات النقل ضمن قناة ساتلية

TWTA: مكبر ماسورة الموجة الراحلة

IMUX: تعدد إرسال الدخل

OMUX: تعدد إرسال الخرج

(1) عندما يكون $BER < 10^{-10}$. تشير قيم *C/N* في النظام A إلى نتائج المحاكاة الحاسوبية المحققة في سلسلة ساتلية افتراضية، بما فيها IMUX وTWTA وOMUX، وقيمة تدرّج قطع التشكيل بمقدار 0,35. وهي تقوم على افتراض تفكيك تشفير Viterbi ليّن القرار في المستقبل. وتعتمد نسبة عرض النطاق إلى الرمز بمقدار 1,28. وتشمل قيم *C/N* انحطاطاً محسوباً بمقدار 0,2 dB بسبب تقييدات عرض النطاق على مرشاحي IMUX و OMUX وتشوهاً غير خطي بمقدار 0,8 dB في TWTA عند الإشباع وانحطاطاً في المودم بمقدار 0,8 dB. وتنطبق القيم على $BER = 2 \times 10^{-4}$ قبل Reed-Solomon (204,188)، ما يقابل QEF عند خرج مشفر Reed-Solomon. ولا يؤخذ في الحسبان الانحطاط الناجم عن التداخل.

(2) عندما يكون $BER = 1 \times 10^{-12}$.

(3) حسبما يحتسب بموجب 2(Rc)(188/204)/1,55 أو 2(Rc)(188/204)/1.33 من أجل تشكيل الإرسال الطيفي العادي والمبتور، على التوالي، في النظام C، حيث Rc هو معدل الشفرة التلافيفية.

(4) QPSK (بتتان لكل رمز) Es/N0 نظرياً، أي *C/N* كما هي مقيسة بوحدة بود لعرض النطاق من أجل تشكيل الإرسال الطيفي العادي والمبتور، على التوالي. وهي لا تشمل هامش تنفيذ العتاد ولا هامش فاقد المرسل المستجيب الساتلي.

(5) اشتقت هذه القيم من عمليات المحاكاة الحاسوبية وهي تعتبر بمثابة قيم نظرية. وتنطبق هذه القيم على $BER = 2 \times 10^{-4}$ قبل Reed-Solomon (204,188) ومعدل بود لعرض النطاق (عرض نطاق Nyquist). وهي لا تشمل هامش تنفيذ العتاد ولا هامش فاقد المرسل المستجيب الساتلي.

5 الخصائص المحددة

1.5 طيف الإشارة لمختلف الأنظمة في خرج المشكّل

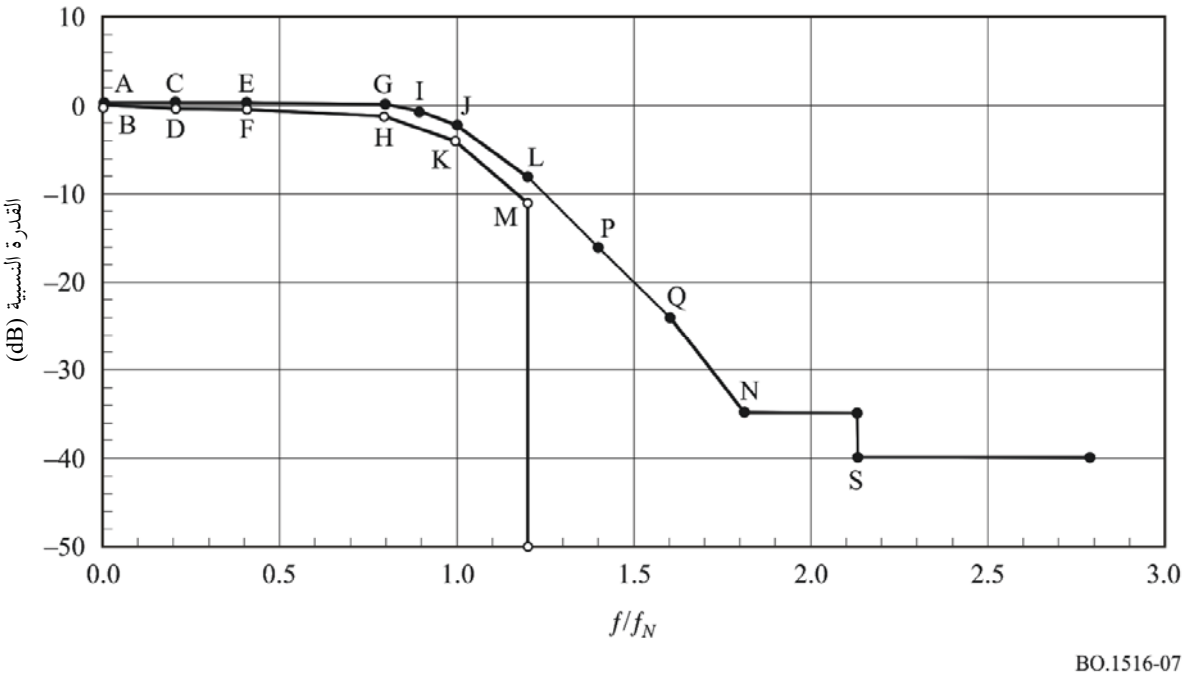
1.1.5 طيف الإشارة في النظام A

يستخدم النظام A عامل تدرّج قطع بجذر تربيعي مرفوع لجيب التمام قدره 0,35.

ويتضمن الشكل 7 نموذجاً معيارياً لطيف الإشارة عند خرج المشكّل.

الشـــكل 7

معيار نموذجي لقناع طيف الإشارة عند خرج المشكّل في مجال تردد النطاق القاعدي

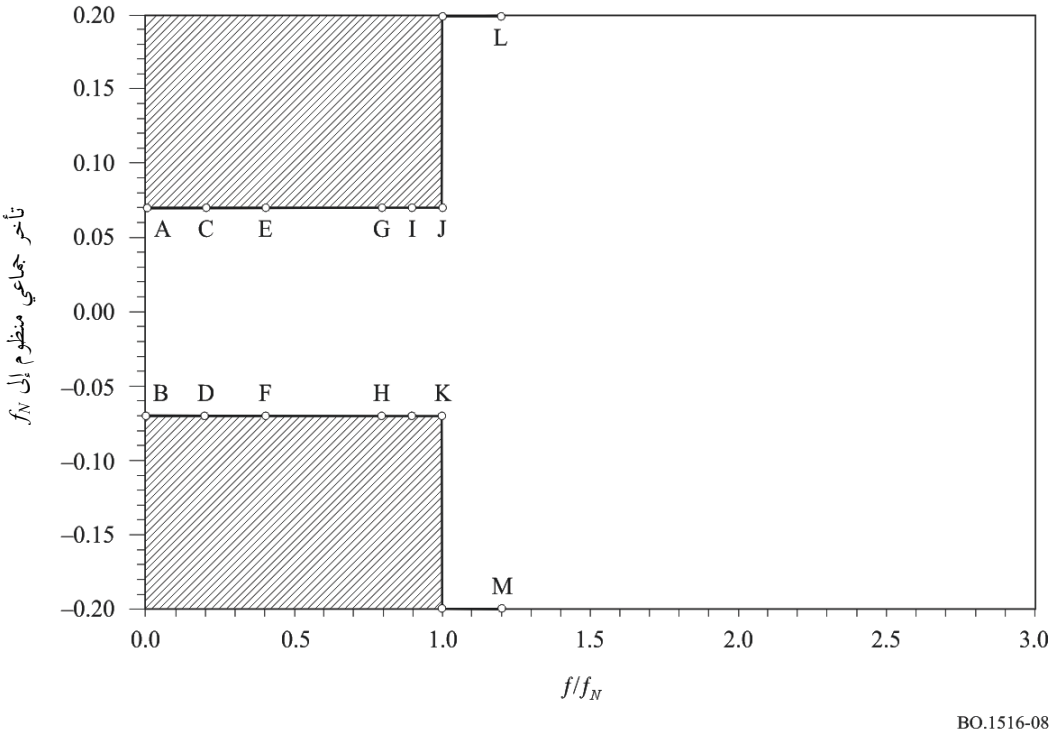


ويمثل الشكل 7 أيضاً قناعاً ممكناً لاستخدام معدات مرشاح مشكّل Nyquist. والنقاط من A إلى S في الشكلين 7 و8 محددة في الجدول 3. ويستند قناع مرشاح استجابة التردد إلى افتراض إشارات دخل Dirac دلتا مثالية، متباعدة بفترة الرمز $T_s = 1/R_s = 1/2f_N$، بينما يتعين في حالة إشارات دخل مستطيلة استخدام تصحيح $x/\sin x$ مناسب في استجابة المرشاح.

ويبين الشكل 8 قناعاً للتأخر الجماعي لاستخدام المعدات لمرشاح مشكّل Nyquist.

الشـــكل 8

نموذج معياري للتأخر الجماعي لمرشاح المشكّل



الجـــدول 3

إحداثيات النقاط الواردة في الشكلين 7 و8

النقطة	التردد	القدرة النسبية (dB)	التأخر الجماعي
A	f_N 0,0	0,25+	f_N/0,07+
B	f_N 0,0	0,25–	f_N/0,07–
C	f_N 0,2	0,25+	f_N/0,07+
D	f_N 0,2	0,40–	f_N/0,07–
E	f_N 0,4	0,25+	f_N/0,07+
F	f_N 0,4	0,40–	f_N/0,07–
G	f_N 0,8	0,15+	f_N/0,07+
H	f_N 0,8	1,10–	f_N/0,07–
I	f_N 0,9	0,50–	f_N/0,07+
J	f_N 1,0	2,00–	f_N/0,07+
K	f_N 1,0	4,00–	f_N/0,07–
L	f_N 1,2	8,00–	–
M	f_N 1,2	11,00–	–

الجـــدول 3 *(تتمة)*

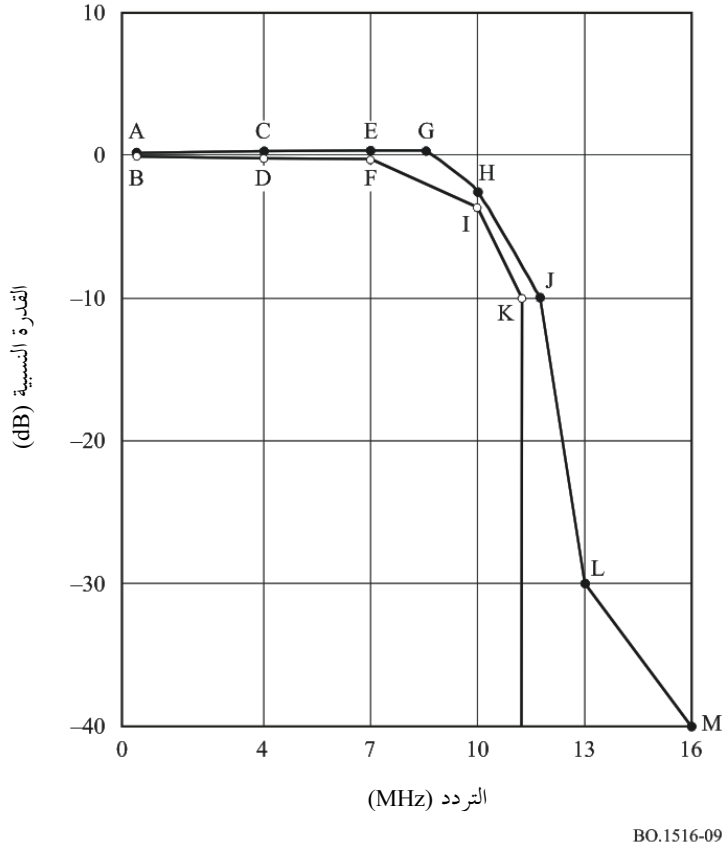
النقطة	التردد	القدرة النسبية (dB)	التأخر الجماعي
N	f_N 1,8	35,00–	–
P	f_N 1,4	16,00–	–
Q	f_N 1,6	24,00–	–
S	f_N 2,12	40,00–	–

2.1.5 طيف الإشارة للنظام B

يستخدم النظام B عامل تدرّج قطع بجذر تربيعي مرفوع لجيب التمام قدره 0,2.

الشـــكل 9

طيف الإشارة للنظام B



الجـــدول 4

إحداثيات النقاط

النقطة	القدرة النسبية (dB)	التردد (MHz)
A	0,2	0,05
B	0,2–	0,05
C	0,25	3,5
D	0,25–	3,5
E	0,3	7
F	0,3–	7
G	0,3	8,5
H	2,5–	10
I	3,5–	10
J	10–	11,75
K	10–	11,25
L	30–	13
M	40–	16

3.1.5 طيف الإشارة للنظام C

يحدد هذا القسم توصيات تصميم النظام C لتشكيل إشارات النطاق القاعدي وطيف خرج المشكّل.

1.3.1.5 تشكيل إشارات النطاق القاعدي

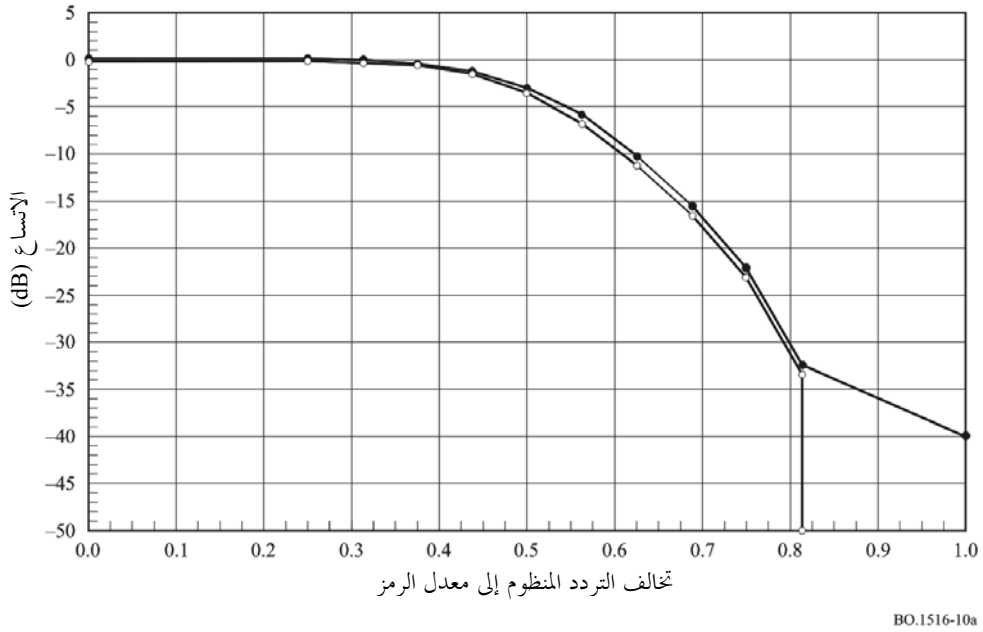
يستخدم النظام C ترشيح Butterworth من المرتبة الرابعة المحدود بالنطاق في أسلوب طيف معياري أو مبتور، تبعاً لمتطلبات النظام.

1.1.3.1.5 استجابة الاتساع

يبين الشكلان 10a و10b أهداف تصميم أسلوب الطيف المعياري والمبتور الموصى بها للكثافة الطيفية لتشكيل إشارة النطاق القاعدي في شكلها المنظوم إلى معدل رمز الإرسال. ويضم الجدولان 5a و5b النقاط العتبية المقابلة لكل من أسلوب الطيف المعياري والمبتور، على التوالي.

الشـــكل 10a

قناع الكثافة الطيفية للأسلوب المعياري



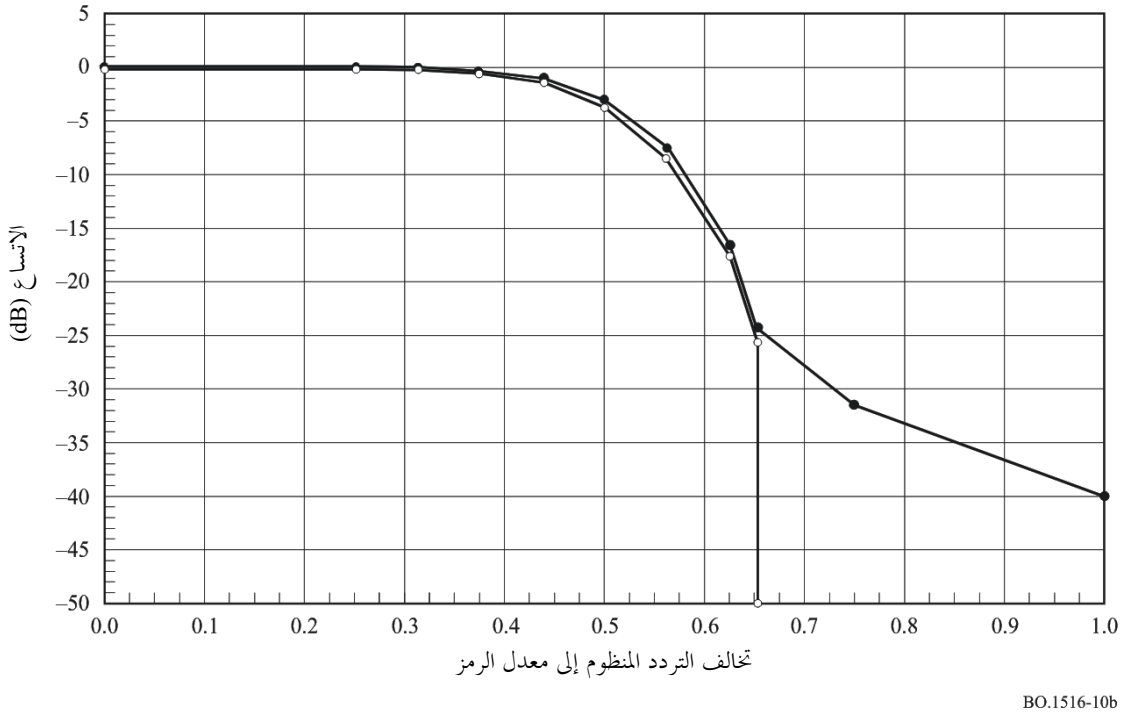
الجـــدول 5a

النقاط العتبية لقناع الكثافة الطيفية في الأسلوب المعياري

تخالف التردد المنظوم إلى معدل رمز الإرسال	النقاط العتبية للقناع الأعلى (dB)	النقاط العتبية للقناع الأدنى (dB)
0,00	0,1	0,1–
0,25	0,1	0,1–
0,3125	0,0	0,2–
0,375	0,35–	0,55–
0,4375	1,25–	1,45–
0,50	3,0–	3,50–
0,5625	5,85–	6,85–
0,625	10,25–	11,25–
0,6875	15,55–	16,55–
0,75	22,05–	23,05–
0,8125	32,3–	33,3–
0,8125		50,0–
1,0	40,0–	

الشـــكل 10b

قناع الكثافة الطيفية لأسلوب الطيف المبتور



الجـــدول 5b

النقاط العتبية لقناع الكثافة الطيفية في أسلوب الطيف المبتور

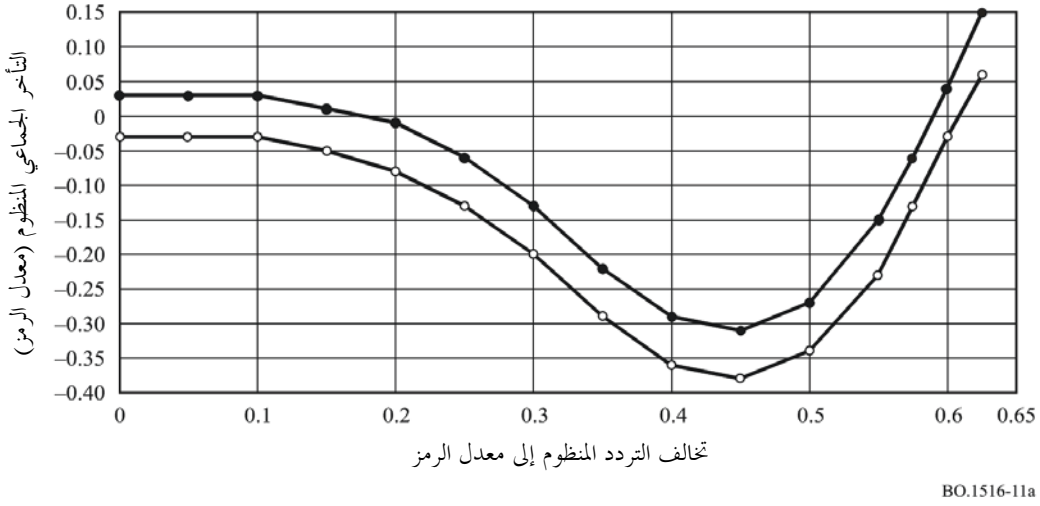
تخالف التردد المنظوم إلى معدل رمز الإرسال	النقاط العتبية للقناع الأعلى (dB)	النقاط العتبية للقناع الأدنى (dB)
0,00	0,1	0,1–
0,25	0,1	0,1–
0,3125	0,15–	0,35–
0,375	0,35–	0,55–
0,4375	1,0–	1,2–
0,50	2,9–	3,4–
0,5625	7,4–	8,4–
0,625	16,6–	17,6–
0,654	24,5–	25,5–
0,654		50,0–
0,75	31,8–	
1,0	40,0–	

2.1.3.1.5 استجابة التأخر الجماعي

يبين الشكلان 11a و11b أهداف تصميم أسلوب الطيف المعياري والمبتور الموصى بها للتأخر الجماعي لتشكيل إشارة النطاق القاعدي في شكلها المنظوم إلى معدل رمز الإرسال. ويضم الجدولان 6a و6b النقاط العتبية المقابلة لكل من أسلوب الطيف المعياري والمبتور، على التوالي. ويمكن الحصول على التأخر الجماعي الفعلي المطلوب بتقسيم القيم في الجدول على معدل الرمز (Hz). مثال ذلك، بالنسبة إلى عملية 29,27 ميغا رمز/ثانية تكون نقطة القناع الأدنى في الأسلوب المعياري عند تخالف تردد MHz 8,78 = MHz 29,27 × 0,3 المأخوذة من الجدول 6a هي: (–6,8 × 10^{-9} s = –6,8 × 10^{6} Hz / 29,27/0,20–) = –6,8 ns.

الشـــكل 11a

قناع التأخر الجماعي المنظوم للأسلوب المعياري



الجـــدول 6a

النقاط العتبية للتأخر الجماعي المنظوم للأسلوب المعياري

تخالف التردد المنظوم إلى معدل رمز الإرسال (f_{sym})	التأخر الجماعي في القناع الأدنى المنظوم إلى معدل الرمز (التأخر × (f_{sym}) (Hz))	التأخر الجماعي في القناع الأعلى المنظوم إلى معدل الرمز (التأخر × (f_{sym}) (Hz))
0,00	0,03–	0,03
0,05	0,03–	0,03
0,10	0,03–	0,03
0,15	0,05–	0,01
0,20	0,08–	0,01–
0,25	0,13–	0,06–
0,30	0,20–	0,13–
0,35	0,29–	0,22–
0,40	0,36–	0,29–
0,45	0,38–	0,31–

الجـــدول 6a *(تتمة)*

تخالف التردد المنظوم إلى معدل رمز الإرسال (f_{sym})	التأخر الجماعي في القناع الأدنى المنظوم إلى معدل الرمز (التأخر × (f_{sym}) (Hz))	التأخر الجماعي في القناع الأعلى المنظوم إلى معدل الرمز (التأخر × (f_{sym}) (Hz))
0,50	0,34–	0,27–
0,55	0,23–	0,15–
0,575	0,13–	0,06–
0,60	0,03–	0,04
0,625	0,06	0,15

الشـــكل 11b

قناع التأخر الجماعي المنظوم لأسلوب الطيف المبتور

الجـــدول 6b

النقاط العتبية للتأخر الجماعي المنظوم لأسلوب الطيف المبتور

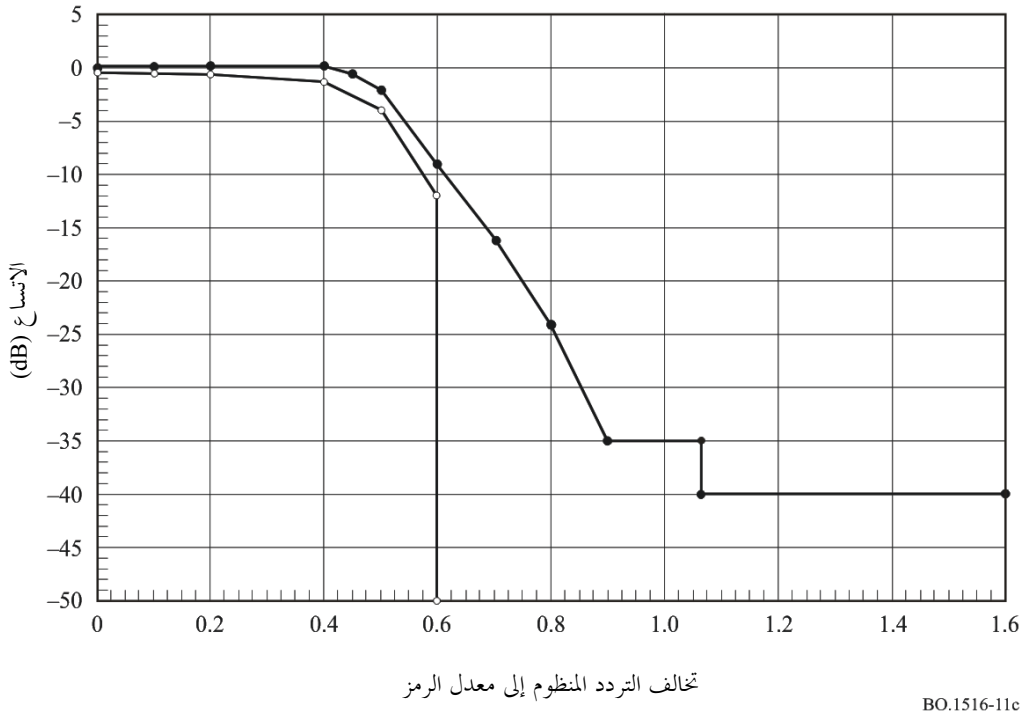
تخالف التردد المنظوم إلى معدل رمز الإرسال (f_{sym})	التأخر الجماعي في القناع الأدنى المنظوم إلى معدل الرمز (التأخر × (f_{sym}) (Hz))	التأخر الجماعي في القناع الأعلى المنظوم إلى معدل الرمز (التأخر × (f_{sym}) (Hz))
0,00	0,03–	0,03
0,05	0,01–	0,05
0,10	0,02	0,08
0,15	0,00–	0,06
0,20	0,06–	0,00–
0,25	0,12–	0,06–
0,30	0,18–	0,12–
0,35	0,24–	0,18–
0,40	0,30–	0,24–
0,45	0,34–	0,28–
0,50	0,34–	0,28–
0,55	0,28–	0,20–
0,575	0,21–	0,12–
0,60	0,10–	0,02
0,625	0,20	0,32

2.3.1.5 استجابة المشكّل

ترد الاستجابة الطيفية لخرج المشكّل الموصى بها للنظام C في الشكل 11c كما ترد القيم ذات الصلة في الجدول 6c.

الشـــكل 11c

القناع الطيفي للنظام C



الجـــدول 6c

القناع الطيفي للنظام C

تخالف التردد المنظوم إلى معدل رمز الإرسال	النقاط العتبية للقناع الأعلى (dB)	النقاط العتبية للقناع الأدنى (dB)
0,0	0,25	0,25–
0,1		0,4–
0,2		0,4–
0,4	0,25	1,0–
0,45	0,5–	
0,5	2,0–	4,0–
0,6	9,0–	12,0–
0,6		50,0–
0,7	16,0–	
0,8	24,0–	
0,9	35,0–	
1,06	35,0–	
1,06	40,0–	
1,6	40,0–	

5.1.4 طيف الإشارة للنظام D

طيف الإشارة للنظام D هو نفس طيف الإشارة للنظام A. انظر البند 1.1.5.

2.5 التشفير التلافيفي

1.2.5 خصائص التشفير التلافيفي للنظام A

يحدد الجدول 7a تعريف الشفرة المثقّبة للنظام A بناء على الشفرة الأساس 1/2:

الجـــدول 7a

خصائص التشفير التلافيفي للنظام A

معدلات الشفرة										الشفرة الأصلية		
7/8		5/6		3/4		2/3		1/2				
d_{free}	P	d_{free}	P	d_{free}	P	d_{free}	P	d_{free}	P	$G_2(Y)$	$G_1(X)$	K
3	$X = 1000101$ $Y = 1111010$ $I = X_1\ Y_2\ Y_4\ Y6$ $Q = Y_1\ Y_3\ X_5\ X_7$	4	$X = 10101$ $Y = 11010$ $I = X_1\ Y_2\ Y_4$ $Q = Y_1\ X_3\ X_5$	5	$X = 101$ $Y = 110$ $I = X_1\ Y_2$ $Q = Y_1\ X_3$	6	$X = 10$ $Y = 11$ $I = X_1\ Y_2\ Y_3$ $Q = Y_1\ X_3\ Y_4$	10	$X = 1$ $Y = 1$ $I = X_1$ $Q = Y_1$	133_o	171_o	7

1: بتة مرسلة

0: بتة غير مرسلة

P: تثقيب

2.2.5 خصائص التشفير التلافيفي للنظام B

يحدد الجدول 7b تعريف الشفرة المثقّبة للنظام B.

الجـــدول 7b

خصائص التشفير التلافيفي للنظام B

معدلات الشفرة						الشفرة الأصلية		
6/7		2/3		1/2				
d_{free}	P	d_{free}	P	d_{free}	P	$G_2(Y)$	$G_1(X)$	K
يحدد فيما بعد	$X = 100101$ $Y = 111010$ $I = X_1\ Y_2\ X_4\ X_6$ $Q = Y_1\ Y_3\ Y_5\ Y_7$	6	$X = 10$ $Y = 11$ $I = X_1\ Y_2\ Y_3$ $Q = Y_1\ X_3\ Y_4$	10	$X = 1$ $Y = 1$ $I = X_1$ $Q = Y_1$	133_o	171_o	7

P: تثقيب

3.2.5 خصائص التشفير التلافيفي للنظام C

فيما يلي تعريف الشفرة المثقبة للنظام C بناء على الشفرة الأساسية 1/3.

تندرج خصائص التشفير التلافيفي التالية في طبقة التشفير:

– إرسال قنوات تعدد الإرسال I وQ المشذرة بتة تلو الأخرى مدعوم من المشفر التلافيفي.

– يؤدي مستقبِل– مفكك التشفير (IRD) عملية تزامن العقدة والتثقيب في الشفرة التلافيفية.

– يتم تثقيب الشفرة التلافيفية من شفرة بطول تقييدي 7 ومعدل 1/3. ومولدات الشفرة بمعدل 1/3 هي $G(2)$ = 1001111 اثنيني (117 ثُماني)، و$G(1)$ = 1011101 اثنيني (135 ثُماني)، و$G(0)$ = 1110001 اثنيني (161 ثُماني). وتعرّف مولدات الشفرة من بتة الدخل الأقل تأخراً إلى بتة الدخل الأكثر تأخراً (انظر الشكل 12).

– وصفائف التثقيب هي كما يلي:

– صفيفة تثقيب معدل 3/4 هي p2 =[100]، و p1 =[001]، وp0 =[110] (اثنيني). للخرج 1 تحذف كل ثاني وثالث بتة في سلسلة ثلاثة، وللخرج 2 تحذف كل أولى وثاني بتة، وللخرج 3 تحذف كل ثالث بتة خرج.

– وصفيفة تثقيب معدل 1/2 هي [0]، [1]، [1] (اثنيني).

– وصفيفة تثقيب معدل 5/11 هي [00111]، [11010]، [11111] (اثنيني).

– وصفيفة تثقيب معدل 2/3 هي [11]، [00]، [01] (اثنيني).

– وصفيفة تثقيب معدل 4/5 هي [0111]، [0010]، [1000] (اثنيني).

– وصفيفة تثقيب معدل 7/8 هي [0000000]، [0000001]، [1111111] (اثنيني).

– وصفيفة تثقيب معدل 3/5 هي [001]، [010]، [111] (اثنيني).

– وصفيفة تثقيب معدل 5/6 هي [00111]، [00000]، [11001] (اثنيني).

– وترتيب الخرج من المشفر التلافيفي هو خرج $G2$ المثقب، يليه خرج $G1$ المثقب، ثم خرج $G0$ المثقب.

– وتطبق البتة الأولى من تتابع التثقيب الخارجة من المشفر على القناة I في إشارة QPSK في أسلوب تشغيل تعدد إرسال مولّف. مثال ذلك، في المخطط التالي (الشكل 12) تطبق i0، k1، i3، k4،... في القناة I بينما تطبق k0، j2، k3، j5،... في القناة Q.

4.2.5 خصائص التشفير التلافيفي للنظام D

خصائص التشفير التلافيفي للنظام D شبيهة جداً بخصائص التشفير التلافيفي للنظام A.

ولا يقتصر النظام D على استخدام QPSK فحسب بل يستخدم أيضاً TC8-PSK وBPSK. ولذلك فإن خصائص النظام D هي امتداد لخصائص النظام A.

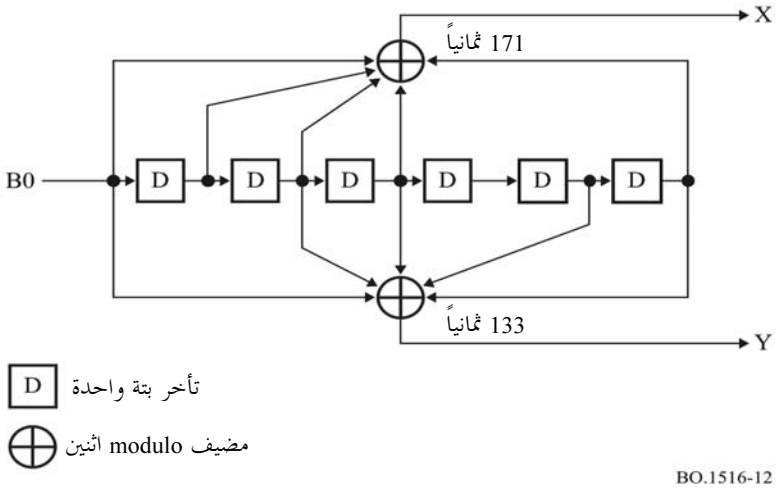
ويسمح النظام D بمخططات شتى من التشكيل إلى جانب طائفة من الشفرات التلافيفية المثقبة المبنية على شفرة تلافيفية بمعدل 1/2 وطول تقييدي بمقدار 7. ويبلغ متعدد حدود المولد 171 ثُمانياً و133 ثُمانياً (انظر الشكل 13). وهو يسمح باستعمال كل من TC8-PSK وQPSK وBPSK. وعند السماح بمخططات التشكيل هذه فإن النظام يسمح بمعدل شفرة 2/3 لتشكيل TC8-PSK ومعدلات شفرة 1/2 و2/3 و3/4 و5/6 و7/8 لتشكيل QPSK ومعدل 1/2 لتشكيل BPSK.

ويبين الشكل 12 المشفر التلافيفي بينما يبين الشكل 13 شبكة دارات تقابل التثقيب والترميز. والشفرات المثقبة هي تلك المحددة في الجدول 8. وشفرات تقابل الترميز هي تلك المحددة في الشكل 14. وبالنسبة لتشكيل BPSK تُرسل البتتان المشفرتان (P0 وP1) بترتيبP1 وP0. ولا يستخدم دخل B1 إلا في حالة TC8-PSK، حيث B1 وB0 بتتان متتابعتان في بيانات بايتة (B1 تمثل بتة المرتبة الأعلى).

وبالنسبة للتشكيلات والشفرات التلافيفية عدا تلك الموصوفة أعلاه، ينبغي استخدام المواصفات الملائمة.

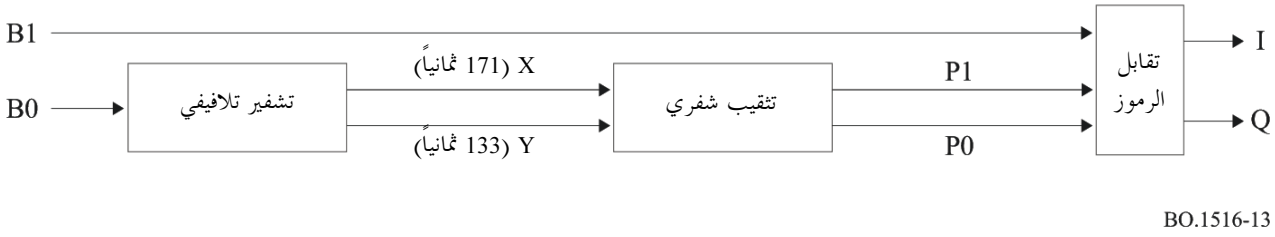
الشـــكل 12

المشفر التلافيفي



الشـــكل 13

شبكة دارات التشفير الداخلي وتقابل الترميز



الجـــدول 8

تحديد الشفرة المثقبة

BPSK		**QPSK**										**TC8-PSK**	
1/2		**1/2**		**2/3**		**3/4**		**5/6**		**7/8**		**2/3**	
P	d_{free}	***P***	d_{free}	***P***	d_{free}	***P***	d_{free}	***P***	d_{free}	***P***	d_{free}	***P***	d_{free}
$X = 1$ $Y = 1$ P1 = X_1 P0 = Y_1	10	$X = 1$ $Y = 1$ P1 = X_1 P0 = Y_1	10	$X = 10$ $Y = 11$ P1 = X_1 Y_2 Y_3 P0 = Y_1 X_3 Y_4	6	$X = 101$ $Y = 110$ P1 = X_1 Y_2 P0 = Y_1 X_3	5	$X = 10101$ $Y = 11010$ P1 = X_1 Y_2 Y_4 P0 = Y_1 X_3 X_5	4	$X = 1000101$ $Y = 1111010$ P1 = X_1 Y_2 Y_4 Y_6 P0 = Y_1 Y_3 X_5 X_7	3	$X = 1$ $Y = 1$ P1 = X_1 P0 = Y_1	10

1: بتة مرسلة

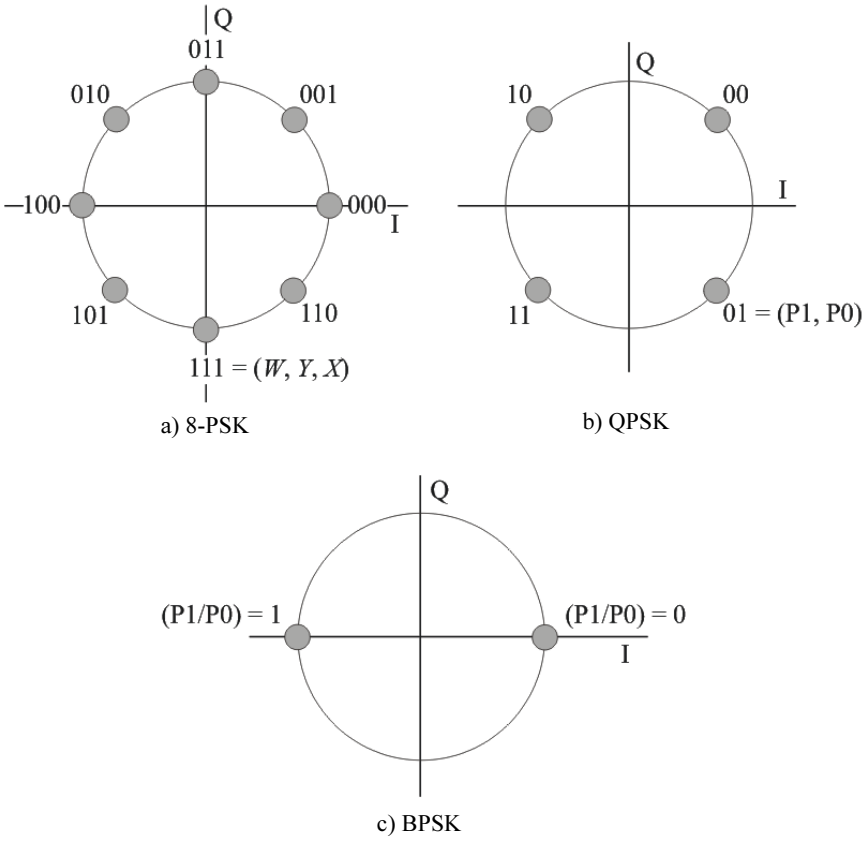
0: بتة غير مرسلة

d_{free}: مسافة خالية من شفرة تلافيفية

الملاحظة 1 – يتم تدميث الشفرة المثقبة عند بداية الفواصل المتعاقبة المخصصة للشفرة المقابلة.

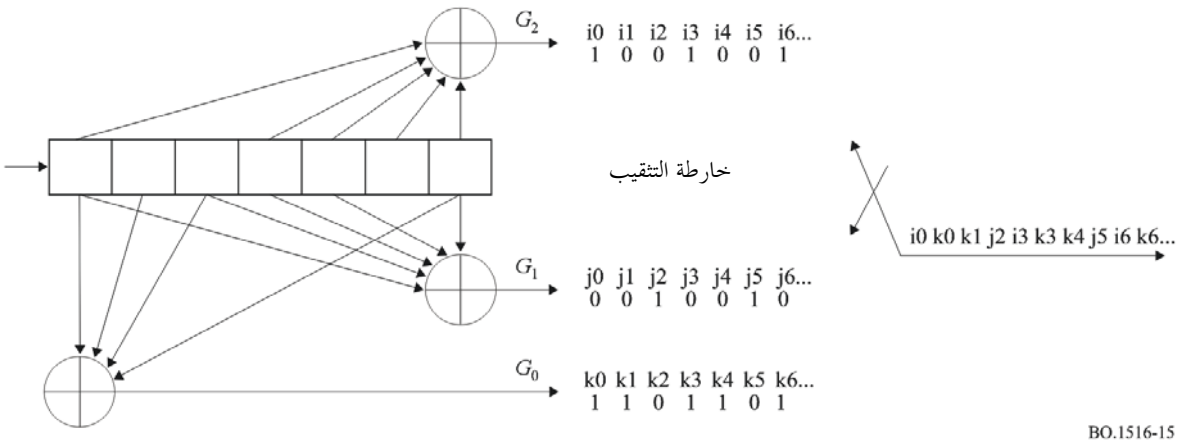
الشـــكل 14

تقابل الترميز



الشـــكل 15

المشفر التلافيفي (مثال معدل 3/4)



3.5 خصائص التزامن

1.3.5 خصائص التزامن للنظام A

يتم تنظيم تدفق دخل النظام في رزم ثابتة الطول، وفقاً لمعدد إرسال النقل MPEG-2 (انظر ISO/IEC DIS 13818-1 وانظر المرجع [1] البند 6). ويبلغ مجموع طول رزمة معدد إرسال النقل MPEG-2 (MUX) 188 بايتة. ويشمل ذلك بايتة واحدة لكلمة التزامن (أي 47_h). وتبدأ المعالجة بالترتيب عند طرف الإرسال دوماً من البتة الأكثر دلالة (MSB) (أي "0") في بايتة كلمة التزامن (أي 01000111).

2.3.5 خصائص التزامن للنظام B

تضاف بايتة تزامن وحيدة لكل فدرة مشفرة (146 بايتة). وتضاف بايتة التزامن بعد إجراء التشذير. وبايتة التزامن هي القيمة الاثنينية 00011101 وهي تدرج في بداية كل فدرة مشفرة.

3.3.5 خصائص التزامن للنظام C

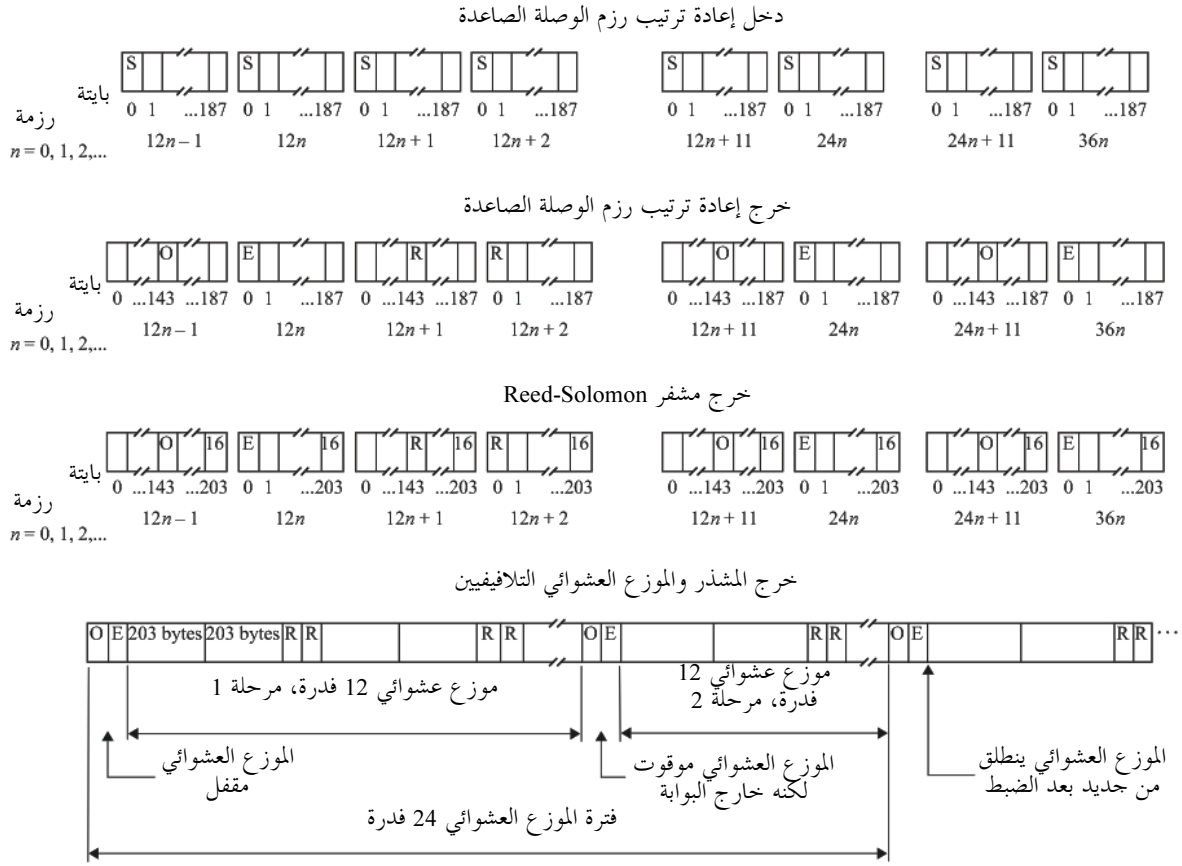
من شأن معالجة إرسال الوصلة الصاعدة تيسير تزامن نظام شفرة التصحيح الأمامي للخطأ (FEC) في الوصلة الهابطة وذلك بإعادة ترتيب رزمة MPEG-2 وتزامن أرتال 16 بتة وإنساق الكلمة المحجوزة. ويبين الشكل 16 المعالجة المطلوبة في الوصلة الصاعدة لضمان ظهور نمط تزامن أرتال 16 بتة عند خرج مفكك تشفير Viterbi في مواقع بايتات متعاقبة في كل 12 من فواصل فدرات Reed-Solomon.

ولأغراض التزامن يؤدي المشفر الوظائف التالية:

- دخل إعادة ترتيب الرزمة في الوصلة الصاعدة هو تدفق من رزم نقل MPEG-2 من 188 بايتة، هنا البايتات المرقمة من 0 إلى 187. ويمكن ترقيم رزم نقل MPEG-2 على أساس n = 0، 1، 2.
- بالنسبة لرزم النقل المرقمة 12-modulo 0، يستعاض عن الرقم 0 في بايتة تزامن MPEG-2 ببايتة تزامن الرتل الزوجية 00110110 المرقمة من اليسار إلى اليمين من أكثر البتات دلالة (MSB) إلى أقلها دلالة (LSB). وترسل البتة MSB أولاً في القناة. فإذا كان تدفق نقل MPEG الراهن تعدد إرسال في قناة Q في أسلوب منفصم، تكون بايتة التزامن الزوجية 10100100.
- بالنسبة لرزم النقل المرقمة 12-modulo 11، يهمل الرقم 0 في بايتة تزامن MPEG-2، وتزاح أرقام البايتات من 1 إلى 143، وتدرج بايتة تزامن الرتل الفردية 01011010 (من MSB إلى LSB، وتكون MSB أولاً في القناة) بعد البايتة 143 في MPEG-2 (وبالنسبة لتعدد الإرسال في قناة Q في أسلوب منفصم، تكون بايتة التزامن الفردية 01111110)، وتُلحق بايتات MPEG-2 من 144 إلى 187 لتكملة بنية الرزمة. ويبين الشكل 17 هذه العملية لمعالجة الرزمة الفردية الرقم.
- بالنسبة لرزم النقل الزوجية الرقم التي لا تساوي 12-modulo 0، يستعاض عن الرقم 0 في بايتة تزامن MPEG-2 ببايتة محجوزة.
- بالنسبة لرزم النقل الفردية الرقم التي لا تساوي 12-modulo 11، يهمل الرقم 0 في بايتة تزامن MPEG-2، وتزاح أرقام البايتات من 1 إلى 143، وتدرج البايتة المحجوزة بعد البايتة 143 في MPEG-2 وتُلحق بايتات MPEG-2 من 144 إلى 187 لتكملة بنية الرزمة.
- يتم تدميث التوزيع العشوائي في رزم النقل المرقمة 24-modulo 0؛ وتقفل بوابة التوزيع العشوائي أثناء وقائع 16 بتة في بايتات التزامن الفردية والزوجية في خرج المشذر التلافيفي في كل 12 فدرة من فدرات Reed-Solomon.
- بالنسبة لعملية تعدد الإرسال المنفصلة تتأخر بيانات تدفق Q بمقدار زمن رمز واحد نسبة إلى بيانات تدفق I عندما تطبق على مشكّل QPSK. وهذا يمكن من استعادة عاجلة أثناء أحوال الخبو أو الانزلاقات الدورية في الوصلة الهابطة.

الشـــكل 16

المعالجة في الوصلة الصاعدة



S: بايتة تزامن MPEG = 01000111

O: بايتة تزامن رتل فردي = 01011010 (قناة *I* في تعدد إرسال منفصم) = 01111110 (قناة *Q* في تعدد إرسال منفصم)

E: بايتة تزامن رتل زوجي = 00110110 (قناة *I* في تعدد إرسال منفصم) = 10100100 (قناة *Q* في تعدد إرسال منفصم)

R: بايتة محجوزة.

(ترسل كل البايتات MSB أولاً، ويستخدم تزامن رتل قناة *I* في تعدد إرسال مولّف)

BO.1516-16

تتمخض هذه المعالجة في الوصلة الصاعدة عن كلمة تزامن من 16 بتة عند خرج المشذر في كل فاصل من 12 فدرة Reed-Solomon. وتكون كلمة التزامن المقابلة لتعدد إرسال في القناة *I* أو توليف أساليب تشغيل تعدد الإرسال كما يلي:

تزامن تعدد الإرسال في القناة I أو المولّف: 0101، 1010، 0011، 0110

MSB LSB

حيث تُرسل MSB أولاً في القناة.

وتكون كلمة التزامن المقابلة لتعدد إرسال في القناة *Q* لأساليب تشغيل تعدد الإرسال المنفصلة كما يلي:

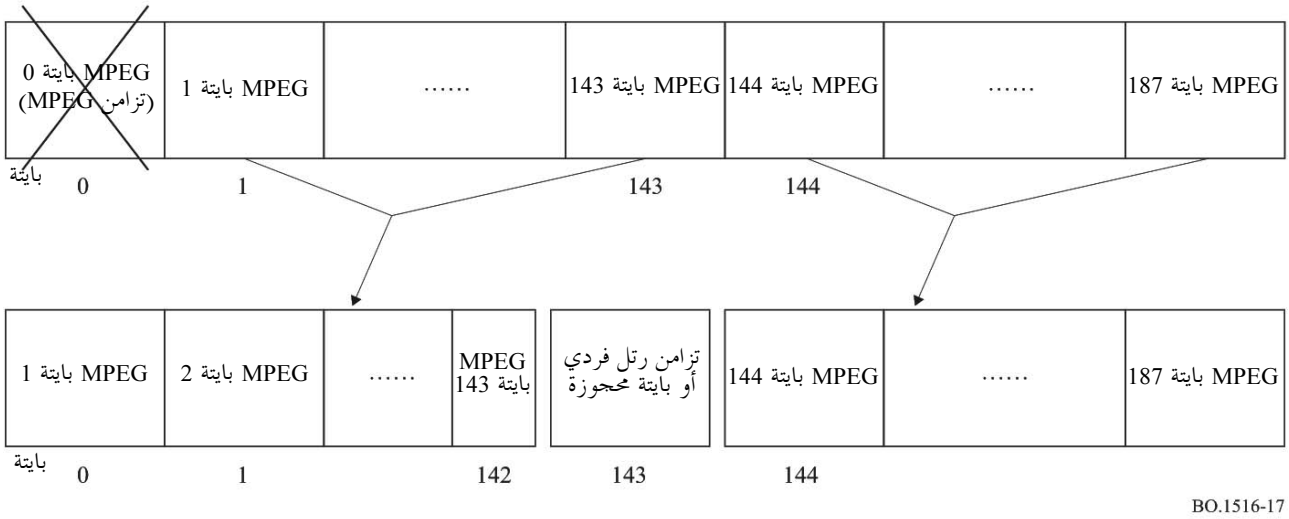
قناة *Q* لتزامن تعدد الإرسال المنفصل: 0111، 1110، 1010، 0100

MSB LSB

ويبدو زوج من البايتات المحجوزة التي يشملها تتابع تزامن الموزع العشوائي في كل فاصل من فدرتين من فدرات Reed-Solomon؛ ويؤدي ذلك إلى 10 كلمات محجوزة لكل فترة موزع عشوائي مبتورة.

الشـــكل 17

إعادة ترتيب الرزم الفردية الترقيم في الوصلة الصاعدة



4.3.5 خصائص التزامن للنظام D

يبين الشكل 18 صورة عامة لتشكيل النظام D. ويتناول النظام ثلاثة أنواع من الإشارة بغية إرسال عدد من تدفقات النقل MPEG-TS تتسم بأنواع مختلفة من مخططات التشكيل، وبغية تحقيق استقبال مستقر وميسور. والإشارات الثلاث هي:

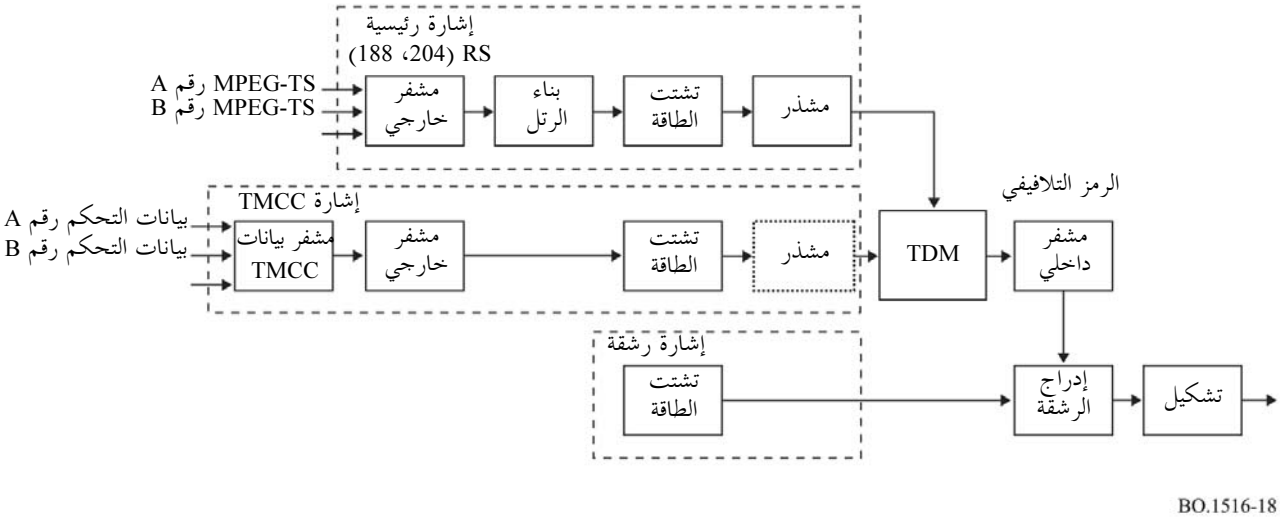
– الإشارة الرئيسية التي تتألف من عدة تدفقات MPEG-TS وتحمل محتوى البرنامج؛

– إشارة التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC) التي تُعلم المستقبِل بخطط التشكيل المطبقة وبهوية MPEG-TS، وغير ذلك؛

– إشارة الرشقة التي تضمن استقرار استعادة الموجة الحاملة في المستقبِل في أي من ظروف الاستقبال (لا سيما في ظروف انخفاض نسبة الموجة الحاملة إلى الضوضاء (*C/N*)).

الشـــكل 18

الشكل العام للنظام



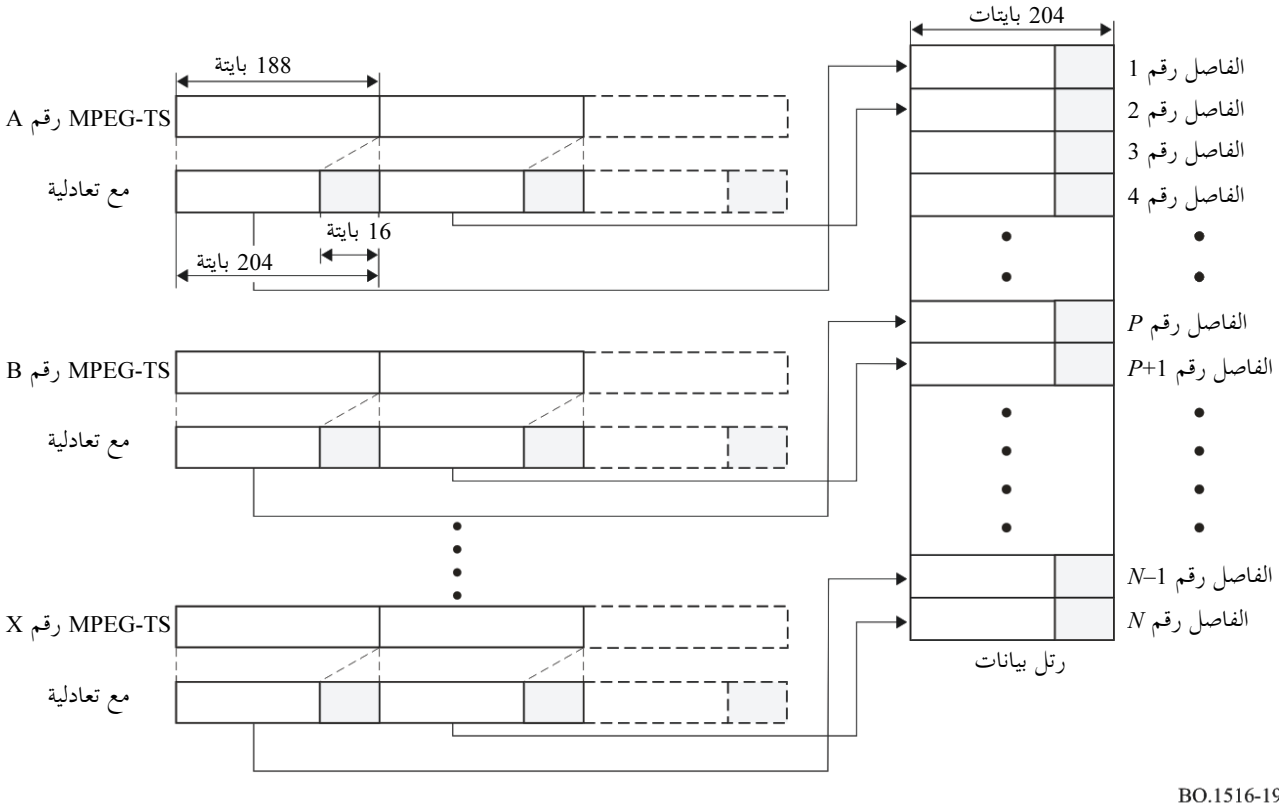
رغبة في تناول تدفقات النقل MPEG-TS متعددة وتمكين استخدام مخططات تشكيل متعددة في آن واحد، تستخدم بنية رتل في النظام D.

ولتوليف التدفقات MPEG-TS، تخصص الرزم المؤلفة من 204 بايتات والمحمية من الخطأ إلى الفواصل في رتل البيانات، كما هو مبين في الشكل 19. ويشير الفاصل إلى الوضع المطلق في رتل البيانات ويستخدم بوصفه الوحدة التي تسمي مخطط التشكيل وهوية MPEG-TS. وحجم الفاصل (أي عدد البايتات في فاصل ما) هو 204 بايتات وذلك لتحقيق تقابل متكافئ بين الفواصل والرزم المحمية من الخطأ. ويتألف رتل البيانات من عدد N من الفواصل.

ويستعان برتل ثانوي بغية تسهيل عملية التشذير. ويبين الشكل 20 بنية الرتل الثانوي. ويتكون الرتل الثانوي من عدد M من الأرتال، حيث تقابل M عمق التشذير.

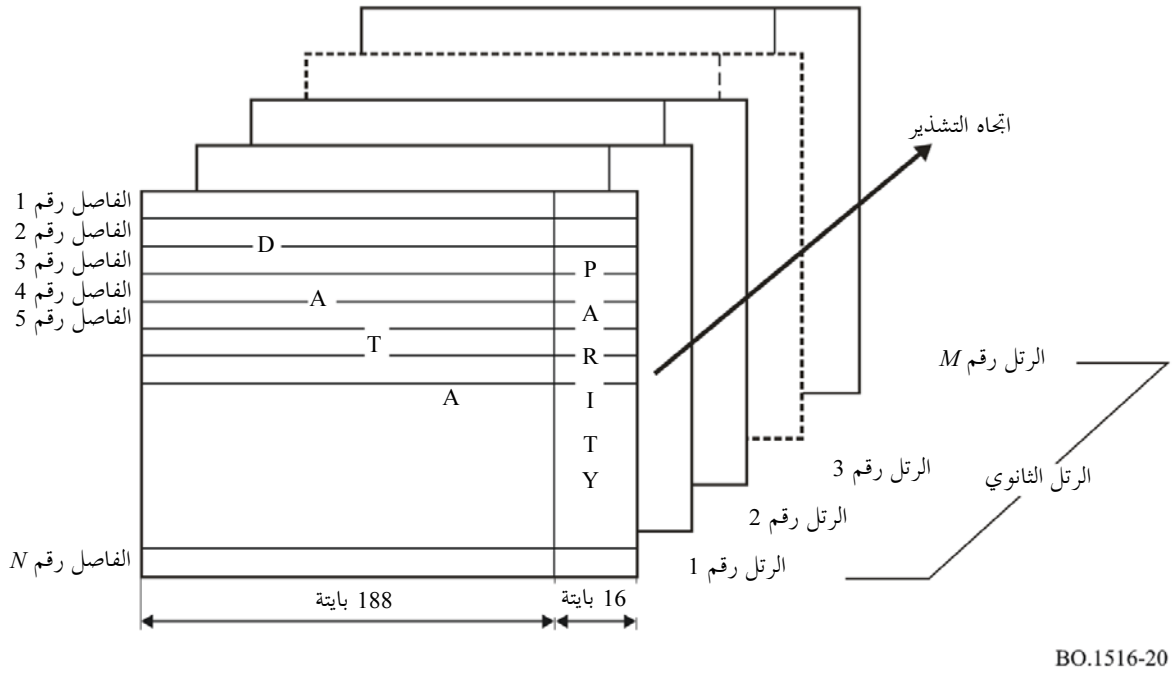
الشـــكل 19

بنية الرتل



الشـــكل 20

بنية الرتل الثانوي



وبما أن كفاءة الطيف أو عدد البتات القابلة للإرسال يختلف باختلاف توليف التشكيل ومعدل الشفرة الداخلي فإن عدد الرزم المرسلة يتوقف على هذا التوليف. ولّما كان عدد الرموز التي يتعين تشكيلها بموجب مخطط تشكيل معيّن يجب أن يكون قيمة صحيحة، فإن العلاقة بين عدد الرزم المرسلة وعدد الرموز من أجل التشكيل تتمثل في المعادلة (1).

$$I_k = \frac{8\,B\,P_k}{E_k} \tag{1}$$

حيث:

I_k, P_k: قيم صحيحة

I_k: عدد الرموز المرسلة بموجب التوليفة ذات الترتيب k لمخطط التشكيل ومعدل الشفرة الداخلية

P_k: عدد الرزم المرسلة بموجب التوليفة ذات الترتيب k لمخطط التشكيل ومعدل الشفرة الداخلية

E_k: كفاءة الطيف في التوليفة ذات الترتيب k لمخطط التشكيل ومعدل الشفرة الداخلية

B: عدد البايتات في كل رزمة (= 204).

ويعبر عن عدد الرموز في كل رتل بيانات، I_D ، بالمعادلة (2).

$$I_D = \sum_k I_k \tag{2}$$

ويصبح عدد الرزم المرسلة في أثناء فترة رتل أعظمياً عندما يتم تشكيل جميع الرزم بواسطة توليفة التشكيل والشفرة التي تتسم بأعلى قدر من كفاءة الطيف بين التوليفات الممكنة في النظام. لذلك يمكن معرفة عدد الفواصل التي يوفرها النظام بتعويض قيمتي I_D وE_{max} في المعادلة (1).

$$N = \frac{I_D\,E_{max}}{8\,B} \tag{3}$$

حيث تشير N إلى عدد الفواصل التي يوفرها النظام، وتشير E_{max} إلى كفاءة الطيف القصوى لتوليفات التشكيل والتشفير التي يوفرها النظام.

وعندما تستعمل توليفات التشكيل والتشفير التي لا تتسم بكفاءة الطيف القصوى يصبح عدد الرزم المرسلة أقل من عدد الفواصل التي يوفرها النظام. وفي هذه الحالة، يُملأ بعض الفواصل ببيانات وهمية للحفاظ على ثبات طول الرتل (أي عدد الفواصل في الرتل). ويحتسب عدد الفواصل الوهمية S_d في رتل ما من المعادلة (4) التالية.

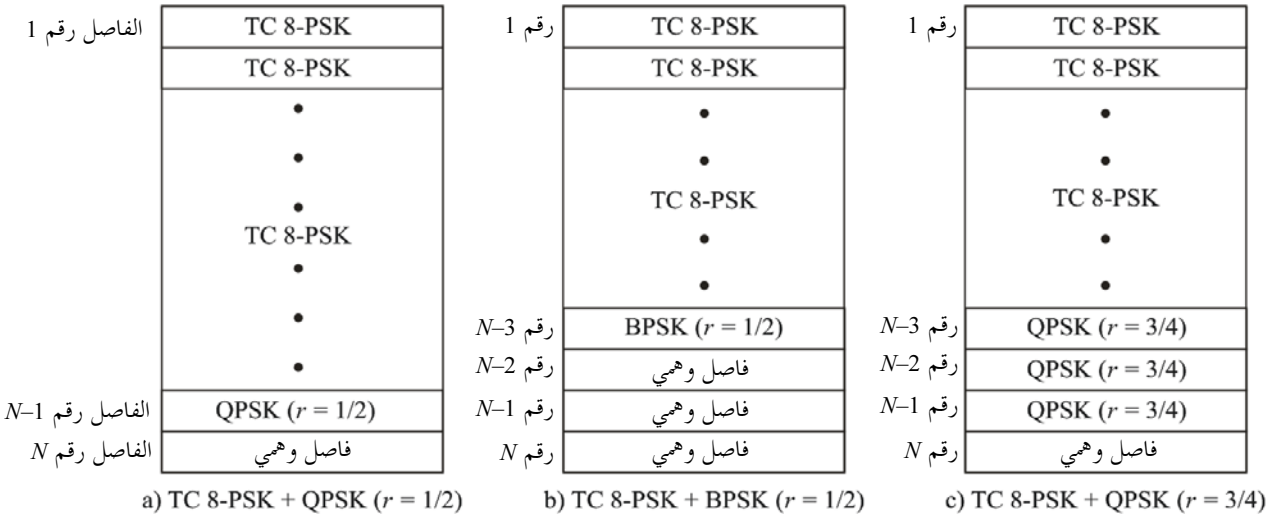
$$S_d = N - \sum_k P_k \tag{4}$$

وفي حالة استخدام عدة مخططات تشكيل في آن واحد، أي لدى تشكيل جزء من الفواصل في رتل ما بواسطة توليفة تشكيل وتشفير معينة بينما يتم تشكيل باقي الفواصل باستخدام توليفات أخرى، يتم تشكيل البيانات اعتباراً من المخطط الأعلى كفاءة من حيث الطيف إلى المخطط الأدنى كفاءة من حيث الطيف من بين التوليفات قيد الاستخدام. بعبارة أخرى، تخصص الرزم المرسلة بموجب التوليفات الأعلى كفاءة إلى الفواصل الأدنى ترقيماً في الرتل. ويعطي ترتيب التشكيل هذا القيمة الدنيا في معدل خطأ البتات (BER) بعد تفكيك الشفرة التلافيفية في استقبال منخفض لنسبة *C/N*.

ويبين الشكل 21 بعض أمثلة تخصيص الفواصل لدى استخدام QPSK (r = 1/2، حيث r هي معدل الشفرة) وBPSK (r = 1/2) وQPSK (r = 3/4) على التوالي و8-PSK مشفرة شبكياً (TC) (r = 2/3). وفي الأمثلة، يفترض أن تكون TC 8-PSK (r = 2/3) أعلى توليفة في النظام من حيث كفاءة الطيف. وبما أن كفاءة الطيف في QPSK (r = 1/2) هي نصف مثيلتها في TC 8-PSK، تم إدراج فاصل وهمي واحد (الشكل 21a)؛ وبما أن كفاءة الطيف في BPSK (r = 1/2) هي ربع مثيلتها في TC 8-PSK، تم إدراج ثلاثة فواصل وهمية (الشكل 21b)؛ وبما أن كفاءة الطيف في QPSK (r = 3/4) هي ثلاثة أرباع مثيلتها في TC 8-PSK، تم إدراج فاصل وهمي واحد لثلاثة فواصل نشطة (الشكل 21c).

الشـــكل 21

مثال لتخصيص الفواصل

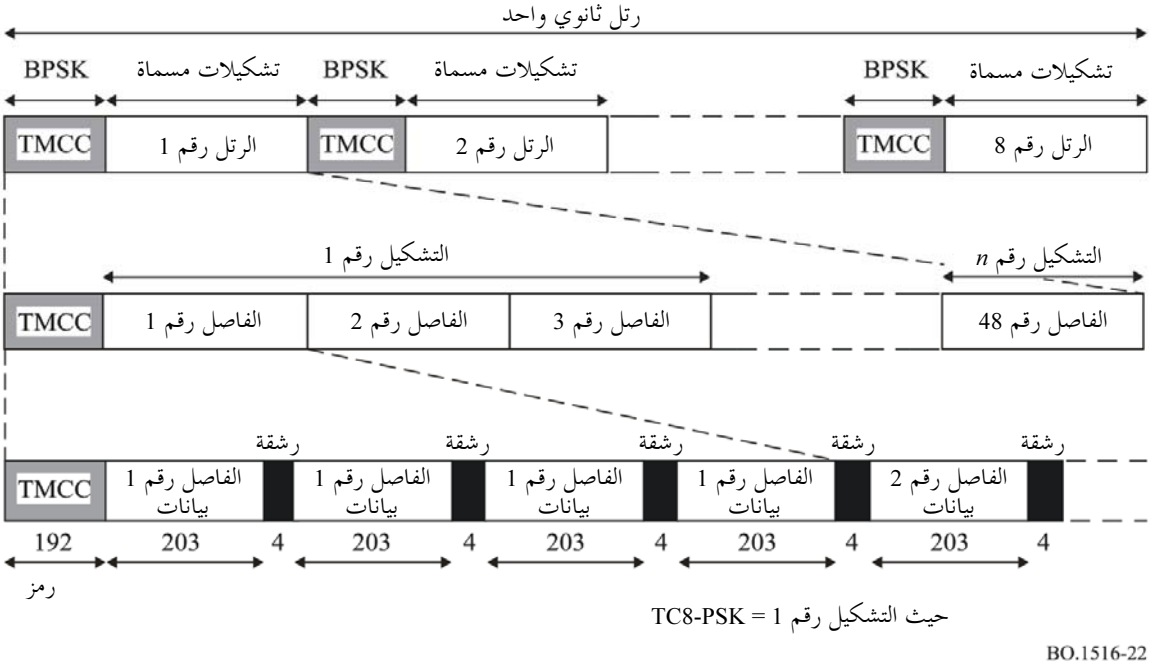


BO.1516-21

ويستخدم النظام D إشارة التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC) لحمل معلومات مخططات التشكيل وهوية تدفق النقل MPEG-2-TS، المخصصة إلى الفواصل، وغيرها. وترد المعلومات المفصلة عن التحكم TMCC في التذييل 2. ويوضح الشكل 22 معالم إشارة الإرسال في النظام D.

الشـــكل 22

معالم إشارة الإرسال



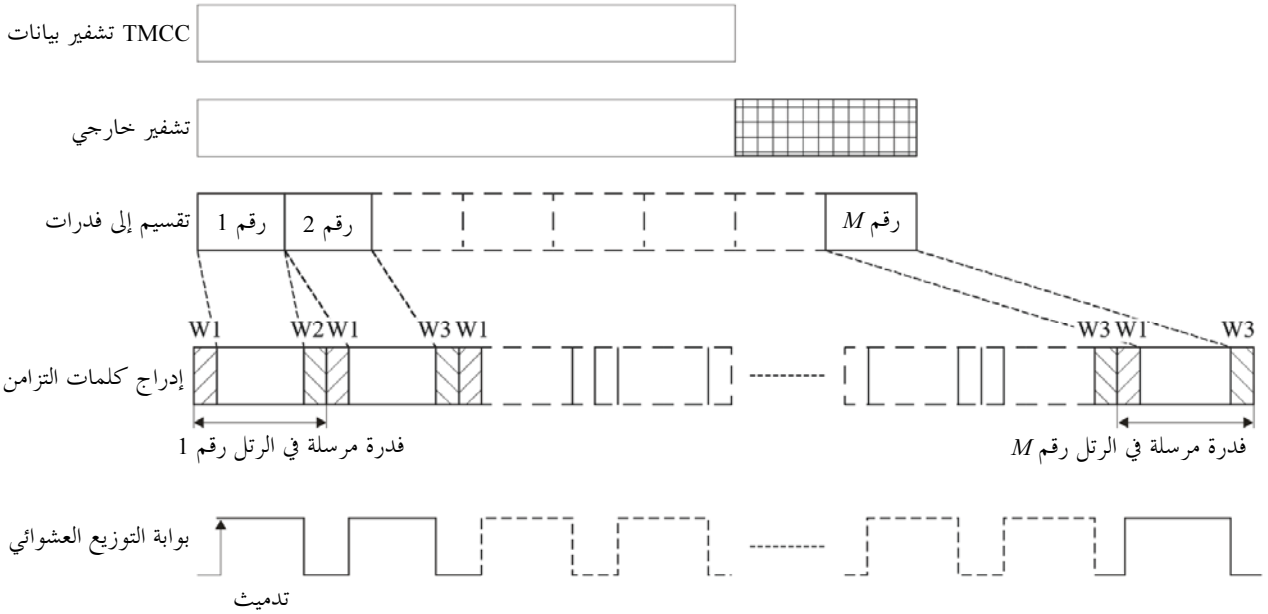
ويتم تعديد إرسال الإشارة الرئيسية وإشارة TMCC بتقسيم الزمن في كل رتل. وتبعاً لتوليفات التشكيل والتشفير المسماة لكل فاصل تتمدد/تتقلص جزئياً (على أساس الفاصل) قاعدة الزمن للإشارة المتعددة الإرسال وذلك بحكم عملية التشفير التلافيفي. وبموجب هذه العملية، تستثنى الفواصل الوهمية، إذا كانت مدرجة في الإشارة الرئيسية، من إشارة الإرسال. ويوضح الشكل 23 عمليات التكامل المفاهيمية للإشارة الرئيسية وإشارة TMCC وإشارة الرشقة لتشكيل إشارة الإرسال.

وللحفاظ على مسافة ثابتة ما بين الرشقات المتعاقبة عبر رتل ما (انظر الشكل 22)، تُدرج إشارة رشقة عند كل 204 رمز من الإشارة الرئيسية المشفرة التلافيفية. ويلاحظ أن الرشقة تدرج كل 203 رموز عندما لا ترسل كلمات تزامن MPEG (انظر البند 4.4.5). وتكون فترة الرشقة 4 رموز. ويتم التوزيع العشوائي لبيانات الرشقة قبل التشكيل بتتابع عشوائي ملائم لتشتت الطاقة. ويكون مخطط التشكيل لإشارة الرشقة نفس المخطط المطبق على إشارة التحكم (TMCC) (وهو أقوى مخطط درءاً لضوضاء الإرسال).

وعندما تستعاد الموجة الحاملة في المستقبل من إشارات الرشقة فقط فإن الموجة الحاملة المستعادة لا تُحكم دوماً مع التردد الصحيح. ويمكن حل هذه المشكلة (أيَ الإحكام الخاطئ للعروة المحكومة الطور (PLL)) باستخدام إشارة الإرسال أثناء فترة TMCC بالإضافة إلى إشارة الرشقة (عندما تُحكم PLL خطأً فإن عدد دورات الموجة الحاملة المستعادة في فترة TMCC سيكون عدداً خطأً آخر، لذلك يمكن التحكم في PLL من خلال الفرق في عدد الدورات).

الشـــكل 23

توليد إشارة التحكم TMCC



BO.1516-23

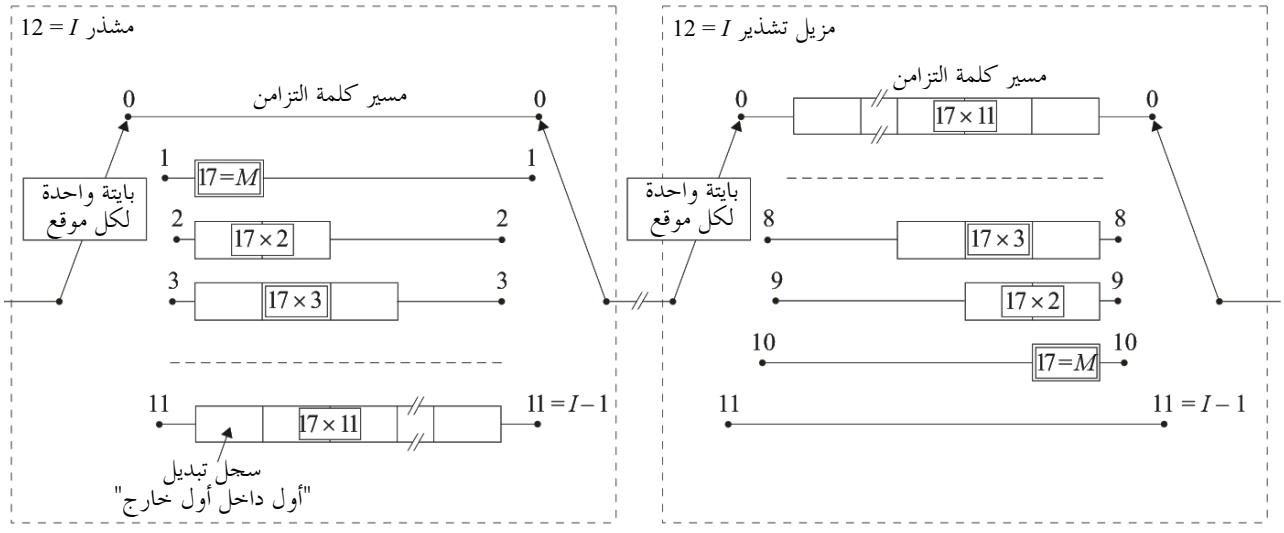
4.5 المشذّر

1.4.5 المشذر التلافيفي للنظام A

وفقاً للمخطط المفاهيمي في الشكل 24a، يطبق التشذير التلافيفي بعمق $I = 12$ على الرزم المحمية من الخطأ. وهذا يؤدي إلى رتل مشذر.

الشـــكل 24a

مخطط مفاهيمي للمشذر ومزيل التشذير التلافيفي



BO.1516-24a

تقوم عملية التشذير التلافيفي على نهج Forney المتوافق مع نهج Ramsey من النمط III، حيث $I = 12$. ويتألف الرتل المشذر من رزم متراكبة محمية من الخطأ ويحدد بواسطة بايتات تزامن MPEG-2 مقلوبة أو غير مقلوبة (مع الحفاظ على دورية 204 بايتات).

ويمكن أن يتألف المشذر من $I = 12$ فرعاً، موصولة دورياً بتدفق بايتات الدخل بواسطة بدالة الدخل. ويكون كل فرع سجل زحزحة على أساس 'أول داخل أول خارج' (FIFO) وعمق (Mj) من الخلايا (حيث $M = 17 = N/I$، و$N = 204$ = طول الرتل المحمي من الخطأ، و$I = 12$ = عمق التشذير، وj = دليل الفرع). وتحتوي خلايا سجل FIFO بايتة واحدة، ويتم تزامن بدالات الدخل والخرج.

ولأغراض التزامن، تسيّر بايتات التزامن، المقلوبة وغير المقلوبة، دوماً في الفرع "0" من المشذر (ما يقابل 'صفر' تأخير).

الملاحظة 1 – مزيل التشذير مماثل، من حيث المبدأ، للمشذر ولكن أدلة الفرع معكوسة (أي $j = 0$ تقابل أطول تأخر). ويمكن القيام بتزامن مزيل التشذير بتسيير أول بايتة تزامن تصادف في الفرع "0".

2.4.5 المشذر التلافيفي للنظام B

يستخدم النظام B مشذراً تلافيفياً معرفاً بالمخطط البياني في الشكل 24b. ويتسم هذا المشذر، Ramsey من النمط II (انظر الملاحظة 1)، بالمعلمتين التاليتين:

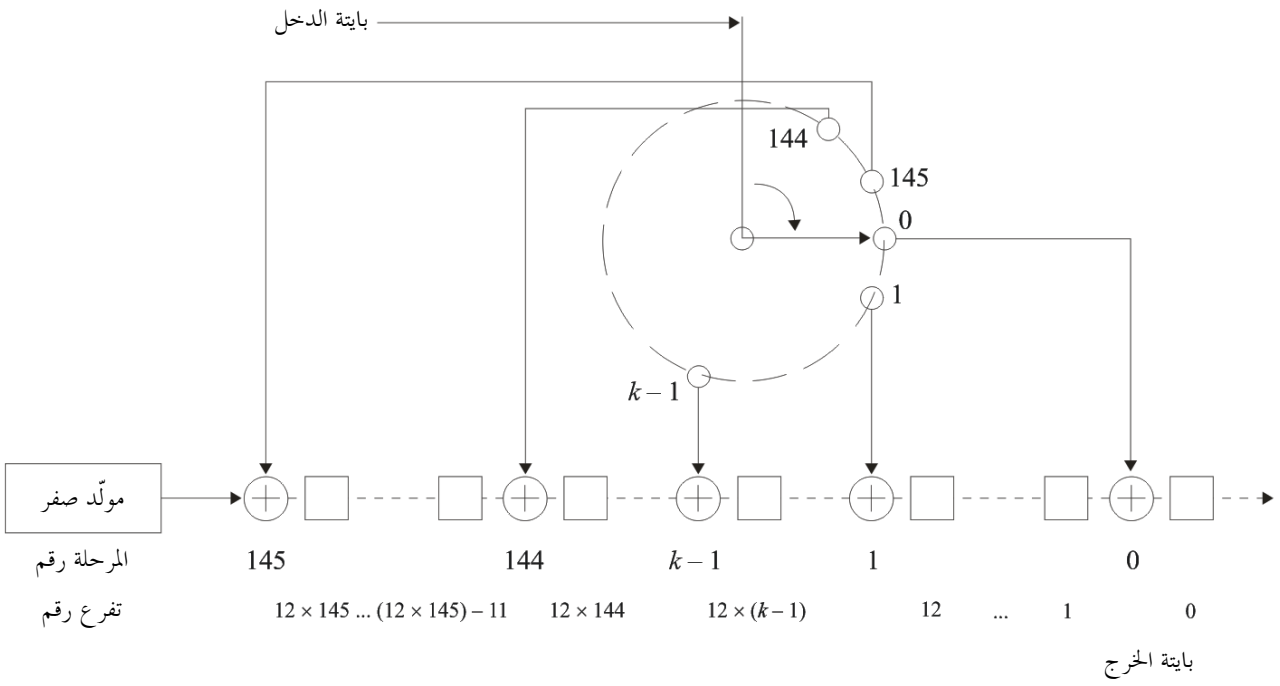
$I = 146$ طول فدرة المشذر

$D = 13$ عمق التشذير.

الملاحظة 1 - RAMSEY J. [May 1970] Realization of optimum interleavers. IEEE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-16, 338-345

الشـــكل 24b

مخطط بياني للمشذر التلافيفي للنظام B



BO.1516-24b

يقدم التشذير التلافيفي تأخراً مطلقاً من 'القراءة إلى الكتابة' يتزايد خطياً ويكون دليل البايتات ضمن فدرة من بايتات I:

تأخر القراءة/الكتابة (بايتات) $(D-1)\,k$ حيث $k = 0,..., I-1$

ولا يضيف المشذر بيانات رأسية إلى تدفق البيانات. وهو يتألف من محوال وسجل زحزحة متفرع. ويبدأ المشذر في موقع المحوال 0 في بداية كل رزمة بيانات ويعمل وفقاً للخطوات التالية.

بالنسبة لكل بايتة دخل:

الخطوة 1: تضاف بايتة الدخل عند نقطة التفرع في الموقع الراهن للمحوال (0 موجود عند نقطة التفرع عندما لا ينتقيه المحوال)،

الخطوة 2: يزاح سجل الزحزحة إلى اليمين بايتة واحدة،

الخطوة 3: يدار المحوال إلى موقعه التالي،

الخطوة 4: تعاين بايتة الخرج في الموقع 0 في سجل الزحزحة.

3.4.5 المشذر التلافيفي للنظام C

توفر طبقة التشفير التشذير التلافيفي لرموز خرج المشفر Reed-Solomon ذي 8 بتات. وتعرّف الخصائص التالية التشذير التلافيفي:

- يتألف المشذر بعمق $I = 12$ و$J = 19$ من ذاكرة رموز Reed-Solomon $I\,(I-1)\,J/2 = 1254$. وتكون بنية المشذر متوافقة مع نمط المحوال كما يبدو في الشكل 25.
- تكون البايتة الأولى في فدرة خرج مشفرة بحسب Reed-Solomon هي الدخل والخرج في ذراع محوال المشذر بتأخر صفري.
- تتألف ذراع المحوال ذات الترتيب k من $k \cdot J$ تأخير بايتة عندما تكون $k = 0, 1,..., 11$ و$J = 19$. وتقرأ بايتة الخرج من FIFO ذي الترتيب k أو دارئ دائري، وتكتب بايتة الدخل أو تزاح إلى الدارئ ذي الترتيب k، وتتقدم ذراع المحوال إلى ذراع المشذر $k+1$. وبعد القراءة والكتابة من آخر ذراع محوال، يتقدم المحوال إلى ذراع التأخر الصفري من أجل خرجه التالي.

4.4.5 مشذر فدري للنظام D

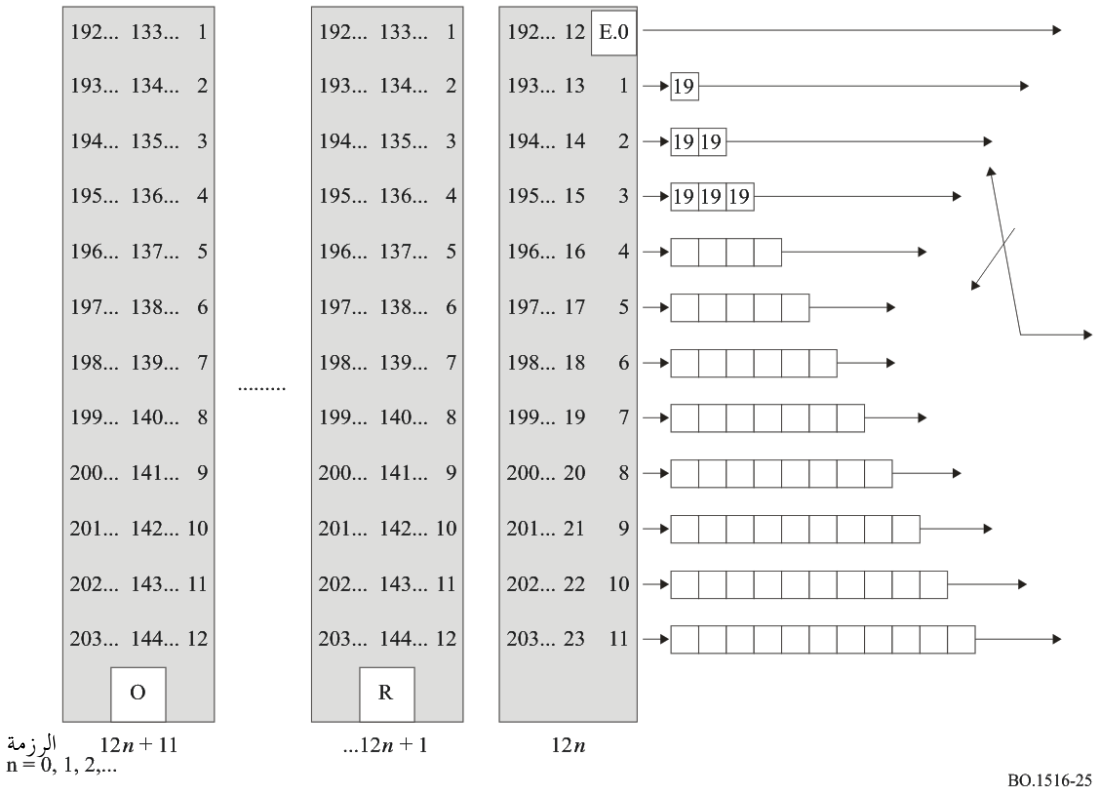
رغبة في معاملة تدفقات MPEG-TS متعددة ولتمكين استعمال عدة مخططات تشكيل في آن واحد، تستخدم بنية رتل في النظام D. وقد ورد وصف بنية الترتيل في البند 4.3.5.

ويطبق التشذير الفدري بين الأرتال بعمق M على البيانات الموزعة عشوائياً، كما يبدو في الشكل 26. ويكون تخصيص الفواصل لكل رتل متماثلاً عبر رتل ثانوي، مما يؤدي إلى تشذير البيانات فقط بين تلك المرسلة بنفس توليفة شفرة التشكيل. ويطبق التشذير باستثناء البايتة الأولى (بايتة تزامن MPEG) في كل فاصل.

ويوضح الشكل 26 مثال تشذير عندما يكون عمق التشذير 8 (أي أن الرتل الثانوي يتألف من 8 أرتال) وعندما يستخدم نوعان من توليفات التشكيل والتشفير. وتقرأ البيانات في الرتل الأصلي في اتجاه ما بين الأرتال، أي بالترتيب A1، 1، A2، A3،1، 1،...، حيث تمثل Ai، j بيانات البايتة في الفاصل j في الرتل i، وذلك لتشكيل الرتل المشذر. وتقرأ البيانات في الرتل المشذر في اتجاه البايتات (أفقياً) وترسل إلى معدد الإرسال بتقسيم الزمن (TDM).

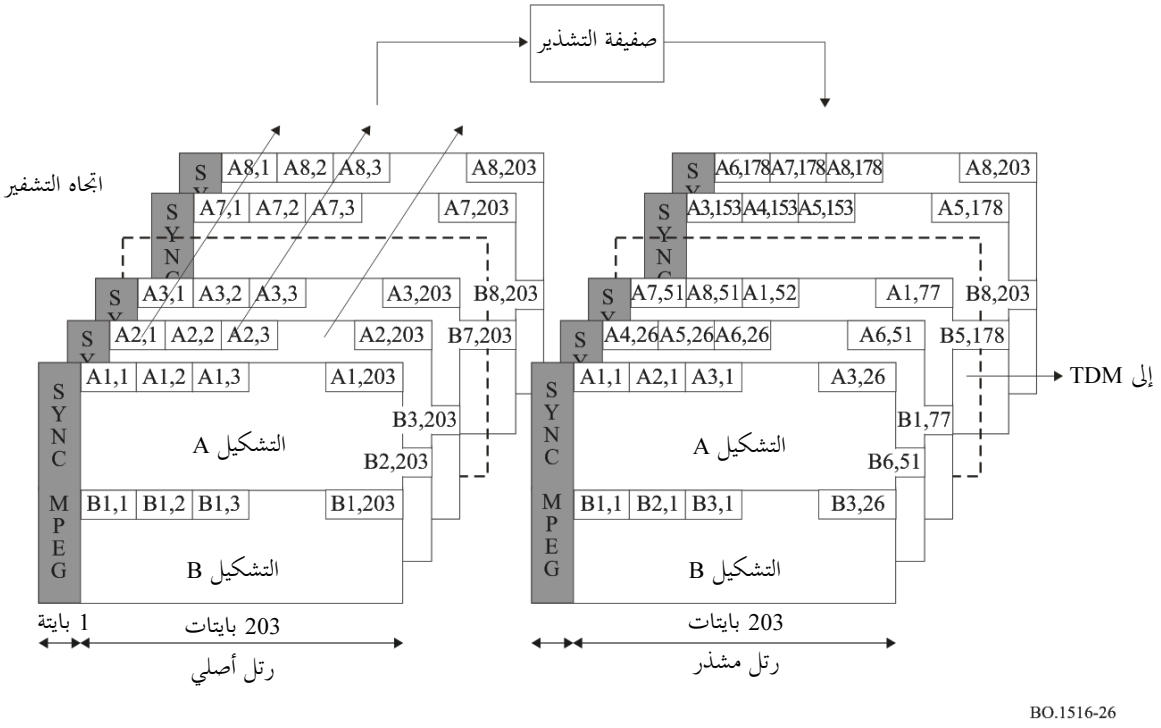
الشـــكل 25

مشذر تلافيفي



الشـــكل 26

المخطط المفاهيمي للتشذير



وليس من الضروري إرسال البايتة الأولى من كل رزمة (كلمة تزامن MPEG من 47h) لأن مراجع التوقيت (كلمات تزامن الرتل) ترسل بواسطة إشارة التحكم TMCC. أما كلمات تزامن MPEG التي أغفلت فيتعين استعادتها عند المستقبِل وذلك لتفكيك التشفير الخارجي على نحو ملائم.

5.5 مشفر Reed-Solomon

يكون مفكك تشفير Reed-Solomon قادراً على العمل بموجب المعلمتين المختزلتين التاليتين:

- (204,188, $T = 8$)
- (146,130, $T = 8$).

ويمكن تنفيذ شفرات Reed-Solomon المختزلة بإضافة بايتات (51 من أجل (204,188) و109 من أجل (146,130))، وكلها موضوعة عند الصفر، وذلك قبل بايتات المعلومات عند دخل مفكك التشفير (255,239). وبعد إجراء تشفير Reed-Solomon تهمل هذه البايتات الفارغة.

1.5.5 خصائص مشفر Reed-Solomon للنظام A

النظام A يستخدم (204,188, $T = 8$)

2.5.5 خصائص مشفر Reed-Solomon للنظام B

النظام B يستخدم (146,130, $T = 8$)

3.5.5 خصائص مشفر Reed-Solomon للنظام C

النظام C يستخدم (204,188, $T = 8$)

4.5.5 خصائص مشفر Reed-Solomon للنظام D

النظام D يستخدم (204,188, $T = 8$)

شفرة Reed-Solomon هي شفرة (204,188, $T = 8$) تتألف رموزها من 8 بتات، وهي مختزلة من فدرة طولها 256 رمزاً ومصححة حتى $t = 8$ رموز لكل فدرة.

ويبنى الحقل المحدود GF(256) من متعدد الحدود البدائي: $p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$.

ولمولد متعدد الحدود لشفرة تصحيح الخطأ t جذور عند: $x = a^i, i = 1,2,...2t$، $g(x) = \prod_{i=1}^{i=2t} (x + a^i)$.

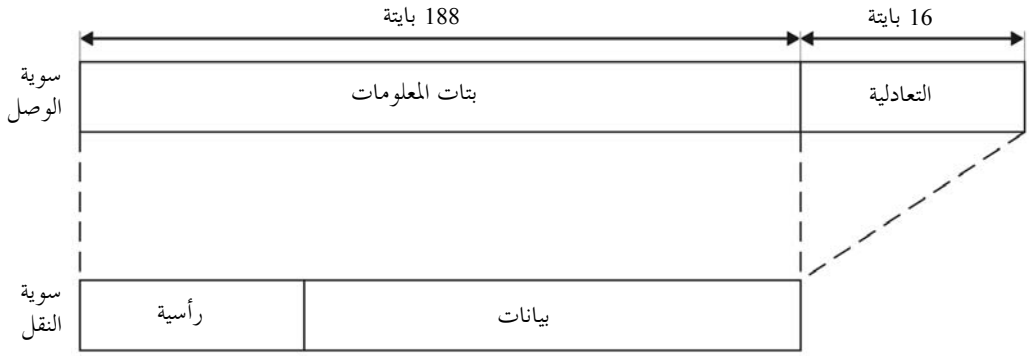
ومن أجل $t = 8$ يكون متعدد حدود المولد: $g(x) = x^{16} + a^{15}x^{121} + a^{14}x^{106} + a^{13}x^{110} + a^{12}x^{113} + a^{11}x^{107} + a^{10}x^{167} + a^9x^{83} + a^8x^{11} + a^7x^{100} + a^6x^{201} + a^5x^{158} + a^4x^{181} + a^4x^{181} + a^3x^{195} + a^2x^{208} + x^{240} + a^{136}$.

ومن أجل شفرة $(N, N-2t)$، تولد كلمة شفرة برمز N بإدخال رموز البيانات في أولى دورات الميقاتية $N-2t$، ثم تشغيل الدارة لتوليد رموز التعادلية $2t$. ومن الواضح أن هذا المشفر منهجي إذ إن الخرج مماثل لدخل رموز البيانات للدورات الأولى $N-2t$. ومن الناحية الجبرية، يمثل دخل تتابع الرموز d_0 ,d_{N-2t-1}, d_{N-2t-2},... في المشفر متعدد الحدود $d(x) = d_{N-2t-1}$ $x^{N-2t-1} + d_{N-2t-2}\, x^{N-2t-2} + ... + d_1\, x + d_0$. ويشكل المشفر كلمة الشفرة $c(x) = x^{2t}\, d(x) + rmd\, [d(x)/g(x)]$ ويكون خرج المعامِلات من المرتبة الأعلى إلى المرتبة الأدنى.

وممارسة التحويل من التوازي إلى التفرع من بتات البيانات إلى الرموز هي عبارة عن سجل زحزحة من اليسار إلى اليمين حيث تشكل أقدم بتة البتة الأقل دلالة (LSB) وتشكل أحدث بتة البتة الأكثر دلالة (MSB). وتطبق شفرة Reed-Solomon على الرزم كما هو مبين في الشكل 27.

الشـــكل 27

تطبيق شفرة Reed-Solomon على رزمة



BO.1516-27

6.5 تشتت الطاقة

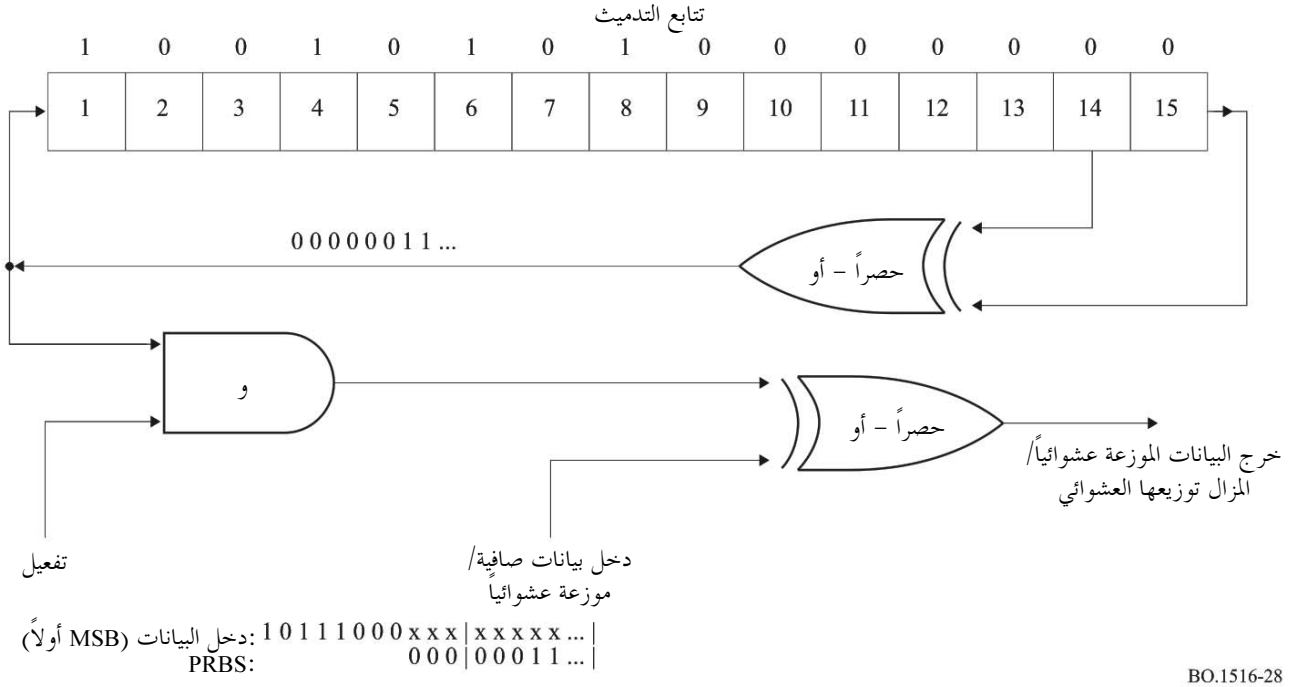
1.6.5 تشتت الطاقة في النظام A

يزيل النظام A نمط التوزيع العشوائي بعد فك تشفير Reed-Solomon. ويكون متعدد الحدود لمولد التتابع الاثنيني شبه العشوائي (PRBS) هو $1 + x^{14} + x^{15}$ وتتابع التحميل "100101010000000".

وبغية الامتثال للوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد ولضمان العمليات الانتقالية الاثنينية الملائمة، توزع عشوائياً بيانات دخل متعدد الإرسال MPEG-2 وفقاً للتشكيل الموصوف في الشكل 28.

الشـــكل 28

المخطط البياني للتوزيع العشوائي وإزالته



BO.1516-28

ويكون متعدد الحدود لمولد التتابع PRBS كما يلي:

$$1 + x^{14} + x^{15}$$

ويُستهل تحميل التتابع "100101010000000" في سجلات تتابع اثنيني شبه عشوائي (PRBS)، كما هو مبين في الشكل 28، في بداية كل ثماني رزم نقل. ولتوفير إشارة التدميث لمزيل التخليط يتم قلب بايتة تزامن MPEG-2 من أول رزمة نقل في مجموعة من ثماني رزم باتجاه البتات من 47_h إلى $B8_h$. ويشار إلى هذه العميلة باسم "تكييف تعدد إرسال النقل".

وتطبق البتة الأولى عند خرج المولد PRBS على البتة الأولى (أي MSB) في البايتة الأولى بعد بايتة تزامن MPEG-2 المقلوبة (أي $B8_h$). وللمساعدة في وظائف تزامن أخرى، أثناء بايتات تزامن MPEG-2 في رزم النقل السبعة التالية، يستمر توليد التتابع PRBS، ولكن مع تبطيل الخرج، مما يترك هذه البايتات دون توزيع عشوائي. وهكذا تكون فترة التتابع PRBS بمقدار 503 1 بايتة.

وتكون عملية التوزيع العشوائي نشطة أيضاً في حال غياب تدفق بتات دخل المشكّل، أو عندما لا يكون ممتثلاً لنسق تدفق النقل MPEG-2 (أي بايتة تزامن واحدة + 187 بايتة رزمة). والغرض من ذلك هو تجنب إرسال موجة حاملة غير مشكّلة من المشكّل.

2.6.5 تشتت الطاقة في النظام B

لا يستخدم النظام B نمط التوزيع العشوائي.

3.6.5 تشتت الطاقة في النظام C

يطبق النظام C وظائف التوزيع العشوائي بعد فك التشفير التلافيفي. ويكون متعدد الحدود لمولد التتابع PRBS هو $1 + x + x^3 + x^{12} + x^{16}$، مع تتابع تحميل "$0001_h$".

وتستخدم طبقة التشفير التوزيع العشوائي (التخليط) للبيانات في خرج المشذر ودخل مزيل التشذير من أجل تشتيت الطاقة ولضمان كثافة انتقال بيانات عالية لأغراض استعادة توقيت البتات. وتحدد الخصائص التالية عملية التوزيع العشوائي للبيانات:

- يتم توزيع بيانات الإرسال عشوائياً قبل التشفير التلافيفي من خلال عملية "حصراً - أو" (EX-OR) على أساس تتابع شبه عشوائي (PN) بطول أعظمي $1 - 2^{16}$ مبتور يبدأ من جديد كل 24 من فدرات مشفر Reed-Solomon، كما يبدو في الشكل 29.
- لا توزع عشوائياً أنماط تزامن التصحيح الأمامي للأخطاء (FEC) من 16 بتة الواقعة كل 12 من فدرات مشفر Reed-Solomon. ويتم إحكام توقيت الموزع العشوائي أثناء 16 بتة حين تتدرج أنماط تزامن FEC، ولكن خرج الموزع العشوائي لا يستخدم في عملية EX-OR في بيانات الإرسال.
- ويتولد التتابع شبه العشوائي (PN) من سجل زحزحة مرتجعات خطية من 16 مرحلة بوجود تفرعات في المراحل 16 و12 و3 و1، كما يظهر في الشكل 29. ويحدد دخل الموزع العشوائي بمثابة تتابع التوزيع شبه العشوائي.
- ويُستهل الموزع العشوائي بقيمة 0001_h في البتة الأولى باتباع كلمة تزامن رتل FEC في البايتة الفردية/البايتة الزوجية في خرج المشذر في كل فترة 24 فدرة.

الشـــكل 29

المخطط البياني للموزع العشوائي

4.6.5 تشتت الطاقة في النظام D

بغية الامتثال للوائح الراديو الصادرة عن الاتحاد ولضمان العمليات الانتقالية الاثنينية الملائمة، توزع عشوائياً بيانات الرتل وفقاً للتشكيل الموصوف في الشكل 30.

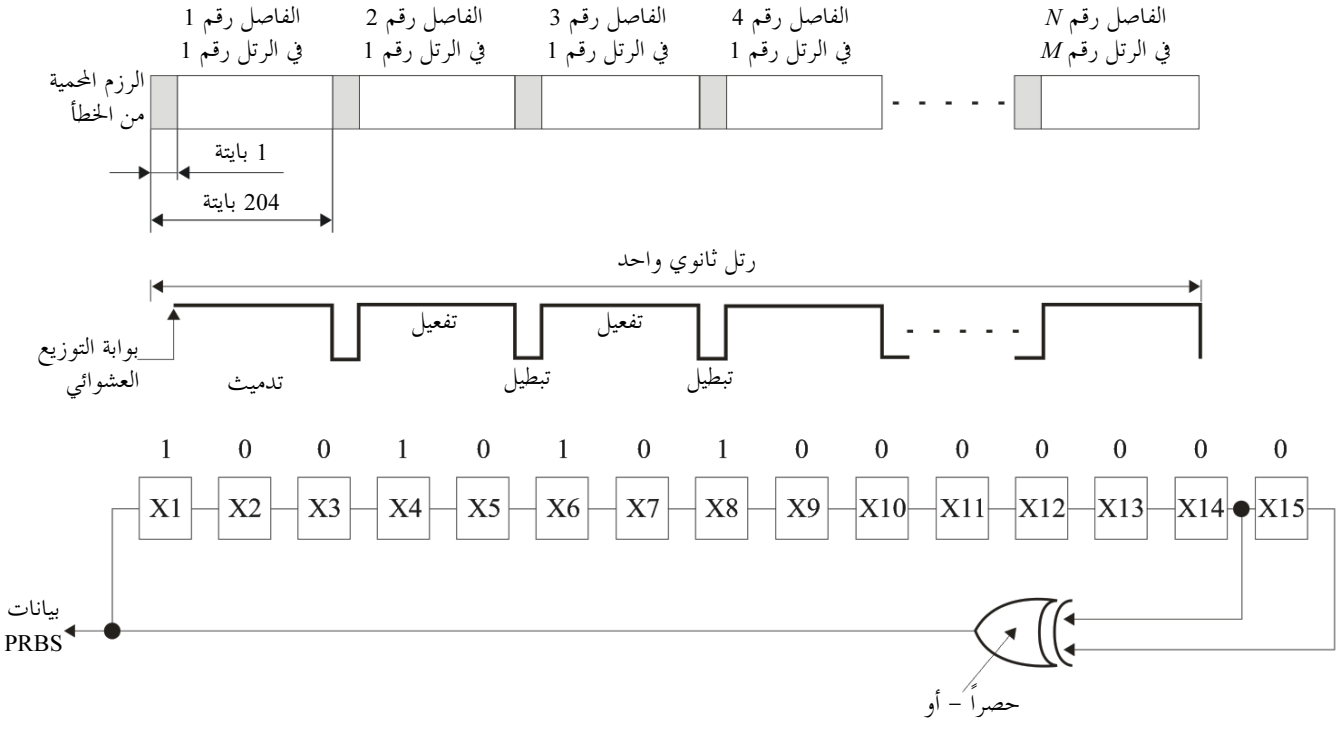
ويكون متعدد الحدود لمولد التتابع الاثنيني شبه العشوائي (PRBS) كما يلي:

$$1 + x^{14} + x^{15}$$

ويُستهل تحميل التتابع "100101010000000" في سجلات التتابع PRBS، كما هو مبين في الشكل 30، في البايتة الثانية من كل رتل ثانوي. وتطبق البتة الأولى من خرج مولد PRBS على البتة الأولى (أي MSB) من البايتة الثانية في الفاصل رقم 1 في الرتل رقم 1. ويضاف التتابع PRBS إلى البيانات باستثناء البايتة الأولى (بايتة تزامن MPEG) في كل فاصل.

الشـــكل 30

المخطط البياني للموزع العشوائي



7.5 خصائص تدفق الترتيل والنقل

1.7.5 خصائص الترتيل وتدفق النقل في النظام A

يقوم تنظيم الترتيل على أساس بنية رزم الدخل (انظر الشكل 31a).

2.7.5 خصائص الترتيل وتدفق النقل في النظام B

انظر التذييل 1.

3.7.5 خصائص الترتيل وتدفق النقل في النظام C

انظر خصائص التزامن (البند 3.3.5).

4.7.5 خصائص الترتيل وتدفق النقل في النظام D

انظر خصائص التزامن (البند 4.3.5).

8.5 إشارات التحكم

1.8.5 إشارات التحكم في النظام A

لا شيء.

2.8.5 إشارات التحكم في النظام B

لا شيء.

3.8.5 إشارات التحكم في النظام C

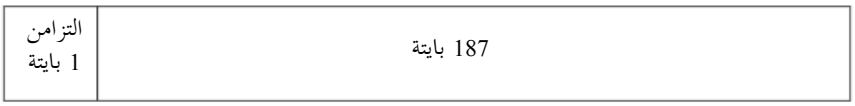
لا شيء.

4.8.5 إشارات التحكم في النظام D

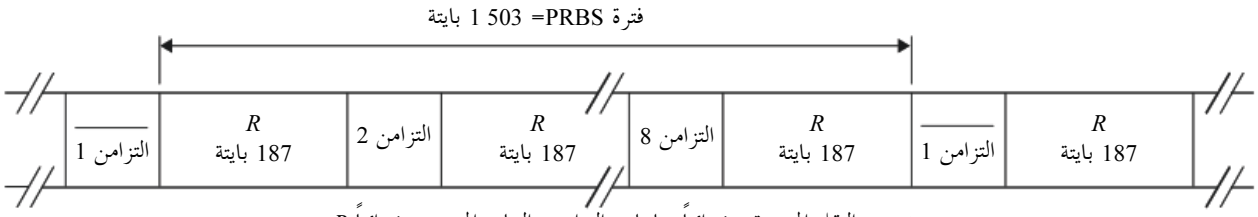
انظر التذييل 2.

الشـــكل 31

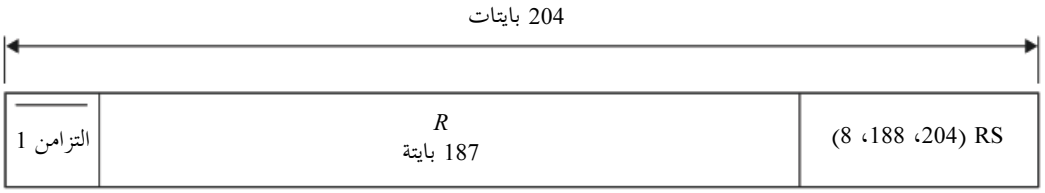
بنية الترتيل



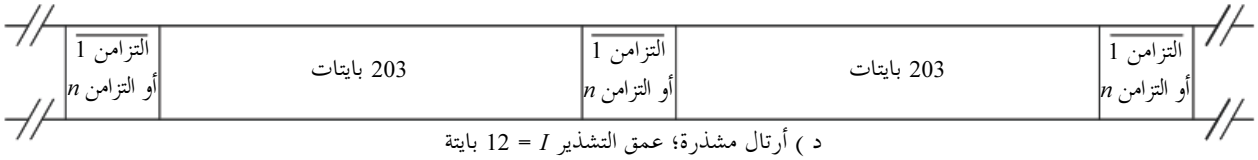
أ) رزمة تعدد إرسال نقل MPEG-2



ب) رزم النقل الموزعة عشوائياً: بايتات التزامن والتتابع الموزع عشوائياً *R*



ج) رزمة Reed-Solomon (RS) (*T* = 204، 188، 8) المحمية من الخطأ



د) أرتال مشذرة؛ عمق التشذير *I* = 12 بايتة

التزامن 1: بايتة تزامن مستكملة غير موزعة عشوائياً

التزامن *n*: بايتة تزامن غير موزعة عشوائياً، *n* = 2، 3، ...، 8

BO.1516-31

6 المراجع

[1] ISO/IEC: Standard ISO/IEC DIS 13818. Coding of moving pictures and associated audio, Parts 1, 2 and 3.

[2] Standard ATSC/A53, Annex B. Recommendation ITU-R BS.1196, Annex 2.

[3] Standard ETS 300 468. Digital broadcasting systems for television, sound and data services; Specification for Service Information (SI) in Digital Video Broadcasting (DVB) systems.

[4] Standard ETS 300 707. Electronic Programme Guide (EPG); Protocol for a TV-guide using electronic data.

7 قائمة المختصرات

AD بيانات مساعدة *(Auxiliary data)*

ATM أسلوب النقل غير المتزامن *(Asynchronous transfer mode)*

ATSC لجنة أنظمة التلفزيون المتقدم *(Advanced Television Systems Committee)*

CA نفاذ مشروط *(Conditional access)*

ETS معيار الاتصالات الأوروبي *(European Telecommunication Standard)*

FEC تصحيح أمامي للأخطاء *(Forward error correction)*

IRD مستقبِل–مفكك تشفير متكامل *(Integrated receiver-decoder)*

MPEG فريق خبراء الصور المتحركة *(Motion Pictures Experts Group)*

MPEG-2 TS تدفق النقل MPEG-2 *(MPEG-2 transport stream)*

PID تعرف هوية البرنامج *(Programme identification)*

PRBS تتابع اثنيني شبه عشوائي *(Pseudo-random binary sequence)*

QAM تشكيل اتساع تربيعي *(Quadrature amplitude modulation)*

QEF شبه خال من الخطأ *(Quasi error-free)*

QPSK إبراق تربيعي بزحزحة الطور *(Quadrature phase-shift keying)*

RAM ذاكرة نفاذ عشوائي *(Random access memory)*

ROM ذاكرة قراءة فقط *(Read only memory)*

SCID تعرف هوية قناة الخدمة *(Service channel identification)*

SCTE جمعية مهندسي الكبل والاتصالات *(Society of cable and telecommunication engineers)*

TC8-PSK إبراق زحزحة ثماني الطور مشفر شبكياً *(Trellis-coded eight phase shift keying)*

TMCC التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال *(Transmission and multiplexing configuration control)*

التذييل 1
للملحق 1

خصائص تدفق النقل في النظام B*

المحتـــويات

1 مقدمة

2 السابقة

3 الرزم الفارغة والمتراوحة

4 رزم تطبيقات الفيديو

1.4 رزم البيانات المساعدة

2.4 رزم خدمات الفيديو الأساسية

3.4 رزم البيانات الإطنابية

4.4 رزم بيانات فيديو غير MPEG

5 رزم تطبيقات الصوت

1.5 رزم البيانات المساعدة

2.5 رزم خدمات الصوت الأساسية

3.5 رزم بيانات الصوت غير MPEG

6 رزم دليل البرامج

7 تقييدات تعدد الإرسال في النقل

1.7 تعريف التقييد الأولي لتعدد إرسال التدفق

1 مقدمة

يحدد هذا التذييل بروتوكول النقل لتدفق بتات النظام B. ولهذا البروتوكول بنية رزم ثابتة الطول توفر الأساس لكشف الأخطاء وإعادة تزامن منطقية وإخفاء الأخطاء في 'المستقبل'. ويتألف بروتوكول نقل النظام B من طبقتين فرعيتين متمايزتين: طبقة فرعية "لوصلة البيانات/الشبكة"، عبارة عن 'سابقة'، وطبقة فرعية "لتكييف" النقل مخصصة لكل خدمة. وتوفر الطبقة الفرعية لوصلة البيانات/الشبكة خدمات النقل النوعية مثل تخليط 'رايات' التحكم، وتعديد إرسال الخلايا غير المتزامن، والتحكم في الأخطاء. أما طبقة التكييف فهي مصممة لكفاءة ترزيم بيانات MPEG متغايرة الطول في خلايا ثابتة الطول، وهي توفر في الوقت ذاته الدعم لإعادة التزامن المنطقي وإخفاء الأخطاء في مفكك التشفير بعد أحداث الأخطاء غير القابلة للتصحيح.

ويحدد نسق بروتوكول النقل الخلايا (أو الرزم) الثابتة الطول من البيانات حيث تشتمل كل خلية على 'سابقة' وفدرة نقل. وتتألف السابقة من 4 بتات من معلومات التحكم و12 بتة لتحديد هوية قناة الخدمة. وتوفر مقدرات خدمة تعدد الإرسال

* خصائص تدفق النقل في النظامين A وC واردة في المرجع [1]، البند 6 في الملحق 1.

الدعم لمزيج من خدمات الفيديو والصوت والبيانات. وتشتمل فدرة النقل على بيانات مساعِدة تحتوي على معلومات توقيت وتخليط وبيانات خاصة بالخدمة، من أجل خدمات فيديو MPEG مثلاً: رأسيات MPEG الإطنابية وبيانات MPEG المعيارية.

وينطوي هذا البروتوكول على آليات لتيسير استعادة عاجلة لمفكك الشفرة بعد اكتشاف فقدان خلية أو أكثر في القناة. ومن خلال الوقوف على المعلومات المحددة والإرسال الإطنابي لبيانات MPEG الرئيسية، يستطيع مفكك الشفرة أن يتحكم في المنطقة التي تتأثر فيها الصورة بالأخطاء.

ويصف القسم 2 من هذا التذييل الجزء المسبق من بنية النقل بالتفصيل. ويرد في القسم 3 وصف رزمتي نقل لأغراض مخصصة، وهما الرزم الفارغة والرزم المتراوحة. ويصف القسمان 4 و5 تفاصيل رزم تطبيقات الفيديو ورزم تطبيقات الصوت، على التوالي. ويرد وصف الرزم المتصلة بدليل البرامج في القسم 6. وينتهي هذا التذييل بالقسم 7 الذي يصف تقييدات تعدد الإرسال لإدارة دائرة النقل.

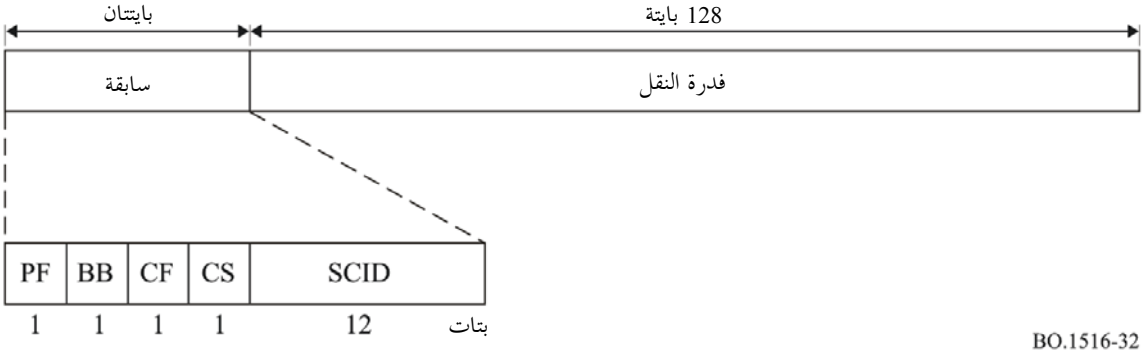
ويلاحظ ضمن هذه المواصفة أن تعبير "التخليط" يستخدم نوعياً ويعني التجفير عندما يطبق على الأنظمة الرقمية.

2 السابقة

تتألف رزم النقل في النظام B من 130 بايتة. وتكون أولى اثنتين من هذه البايتات محجوزتين لبتات السابقة. وتحتوي السابقة على عدد من رايات التحكم في طبقة الوصلات وكذلك هويات القنوات للعديد من مختلف خدمات الفيديو والصوت والبيانات. ويوضح الشكل 32 البنية المنطقية لخلية النقل التي تحدد فيها السابقة وعلاقتها مع فدرة النقل.

الشـــكل 32

بنية رزمة النقل في النظام B



يرد تعريف دلالة الحقول في السابقة في الجدول 9 أدناه:

الجـــدول 9

حقول السابقة

PF	ترتيل الرزمة	تتقلب هذه البتة بين 0 و1 في كل رزمة.
BB	حدود الحزمة	لهذه البتة دلالة في خدمة الفيديو فقط: توضع البتة BB إزاء 1 في الرزمة الأولى التي تحتوي على رأسية تتابع فيديوي مطنب، وإزاء 0 في كل الرزم الأخرى. ينبغي لمفكك التشفير أن يهمل هذه البتة.
CF	راية التحكم	CF = 1: فدرة نقل هذه الرزمة غير مخلطة CF = 0: فدرة نقل هذه الرزمة مخلطة
CS	تزامن التحكم	في رزم النقل المخلوطة (أي CF = 0)، تشير هذه البتة إلى المفتاح الذي ينبغي استخدامه لإزالة التخليط. في الرزم المساعدة، إذا كانت الحمولة النافعة تتضمن رزمة كلمة التحكم (CWP)، تشير هذه البتة إلى أي CWP مرسَلة (CS = 0 أم CS = 1). وتستخدم معلومات إزالة التخليط الرئيسية، المستمدة من CWP، لإزالة تخليط رزم الخدمة بنفس الراية CS (أي إن المفتاح المأخوذ من الرزمة المساعدة حيث CS = 0 يستخدم لإزالة تخليط رزم النقل حيث CS = 0)
SCID	هوية قناة الخدمة	يعرِّف هذا الحقل المؤلف من 12 بتة (رقم صحيح دون إشارة، MSB أولاً) بشكل فريد التطبيق الذي تستهدفه المعلومات في فدرة النقل في رزمة النقل. والهويتان التاليتان محجوزتان لأغراض مخصصة: SCID = 0x000 – NULL packet SCID = 0xFFF – Reserved (do not use!)
	فدرة النقل	وهي بيانات التطبيق (128 بايتة) التي يتعين معالجتها بواسطة التطبيق الذي تستهدفه هوية قناة الخدمة (SCID).

3 الرزم الفارغة والمتراوحة

هنالك نوعان من رزم النقل الخاصة في النظام B: الرزم الفارغة والرزم المتراوحة.

ويتعين إزالة تجفير الرزم الفارغة والرزم المتراوحة (أي CF = 1).

وتكون بنية هذه الرزم كما يلي:

بالنسبة إلى الرزم الفارغة:

x = PF (متقلبة بين الرزم)
0 = BB
1 = CF
0 = CS
0x000 = SCID

لذلك فإن أولى بايتتين (السابقة) في الرزم الفارغة تُقرآن في صيغة ستة عشرية؛ 00 20 x0 أو 00 A0 x0 تبعاً لقيمة بتة PF.

بالنسبة إلى الرزم المتراوحة:

x = PF (متقلبة بين الرزم)
0 = BB
1 = CF
0 = CS
SCID: تتحدد بموجب تجهيزات تعدد الإرسال.

والبايتات البالغ عددها 128 (فدرة النقل) في الرزم الفارغة وفي الرزم المتراوحة متماثلة، وهي موصوفة في الجدول 10. (المحتوى مصمم ليكون محايداً من حيث الطيف وذلك للحفاظ على إحكام التوليف.)

الجـــدول 10

فدرة نقل الرزم الفارغة والرزم المتراوحة

رقم البايتة	القيمة	رقم البايتة	القيمة	رقم البايتة	القيمة	رقم البايتة	القيمة
1[1]	4[1]	33	48	65	38	97	125
2	9	34	124	66	137	98	137
3	180	35	121	67	99	99	212
4	6	36	26	68	57	100	61
5	149	37	179	69	113	101	187
6	240	38	128	70	146	102	96
7	167	39	88	71	191	103	192
8	88	40	113	72	245	104	141
9	169	41	223	73	71	105	69
10	6	42	82	74	194	106	15
11	78	43	75	75	159	107	108
12	175	44	112	76	212	108	80
13	172	45	18	77	55	109	184
14	129	46	242	78	154	110	106
15	134	47	249	79	235	111	159
16	185	48	172	80	227	112	231
17	162	49	112	81	129	113	224
18	181	50	199	82	200	114	157
19	137	51	214	83	197	115	197
20	118	52	50	84	13	116	198
21	8	53	93	85	230	117	57
22	149	54	159	86	112	118	60
23	57	55	218	87	19	119	134
24	198	56	180	88	246	120	61
25	147	57	223	89	86	121	11
26	97	58	65	90	128	122	218
27	2	59	141	91	182	123	100
28	83	60	123	92	122	124	50
29	64	61	64	93	127	125	214
30	38	62	184	94	197	126	95
31	41	63	0	95	176	127	53
32	20	64	54	96	233	128	184

[1] يلاحظ أن هذه البايتة تقابل بايتة CC/HD في رزم أخرى، أي CC = 0 وHD = 0100b.

4 رزم تطبيقات الفيديو

يوضح الشكل 33 البنية العامة لرزم النقل الفيديوي. وهنالك في رزم تطبيقات الفيديو 4 أنماط من خلايا النقل تتميز بنوع البيانات المتصلة بالخدمة الفيديوية التي تنقل عبرها:

– رزم البيانات المساعدة (أختام الوقت ورزم كلمات التحكم في التجفير)

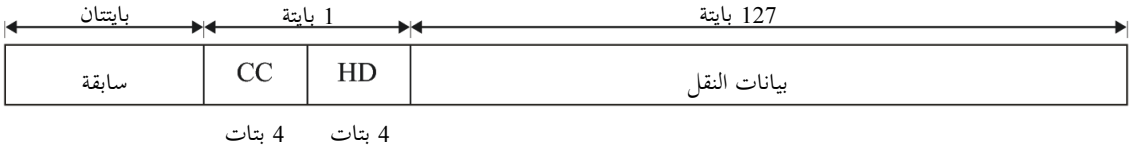
– رزم خدمات الفيديو الأساسية (بيانات فيديو MPEG)

– رزم البيانات الإطنابية (رأسيات MPEG المُطنبة وبيانات فيديو MPEG غير الإطنابية)

– رزم البيانات الفيديوية غير MPEG (بيانات غير MPEG وبيانات فيديو MPEG غير الإطنابية)

الشـــكل 33

البنية العامة لرزم تطبيقات الفيديو



BO.1516-33

لبيان مختلف أنماط الخلايا وما يصاحبها من عدادات، يتضمن نسق طبقة النقل الفيديوي 4 بتات من أجل CC و4 بتات من أجل HD، كما هو موضح في الشكل 33. وثمة وصف مفصل لهذه الحقول في الجدول 11. ويلاحظ في رزمة قوامها 130 بايتة أن أولى بايتتين تستخدمان للسابقة وتحتوي البايتة الثالثة على حقلي CC وHD، بينما تحمل البايتات المتبقية، وعددها 127، الحمولة النافعة.

الجـــدول 11

التعريف الدلالي للحقلين في بايتة CC وHD

CC	عداد الاستمرار	يزداد هذا الحقل المؤلف من 4 بتات (رقم صحيح بلا إشارة، MSB أولاً) بمقدار بتة في كل رزمة لها نفس SCID. وبعد أن تبلغ CC قيمتها القصوى 15 (1111_b)، تلتف CC مستديرة إلى 0. وتوضع CC عند 0 (0000_b) ولا تزداد عندما يحتوي حقل HD قيمة "0x00" (أي الرزم المساعدة). ويلاحظ من تعريف الرزم الفارغة والمتراوحة أن حقل CC في الرزم الفارغة والمتراوحة يوضع عند 0. ويمكّن CC المستقبِل من الكشف عن انقطاع الخلايا (بسبب خطأ فيها) في خدمة نقل معينة.
HD	مسمي الرأسية	يشير هذا الحقل المؤلف من 4 بتات إلى أنماط رزم تطبيقات الفيديو الأربعة: HD 0000_b رزم البيانات المساعدة $01x0_b$ رزم الخدمة الفيديوية الرئيسية $10x0_b$ رزم البيانات الإطنابية $11x0_b$ رزم بيانات الفيديو غير MPEG X: تكون هذه البتة 0 أو 1 جميع القيم الأخرى محجوزة للاستعمال في المستقبِل

1.4 رزم البيانات المساعدة

تستخدم رزم البيانات المساعدة لإرسال مجموعات البيانات المساعدة (ADG) وتعرّف بوصفها HD = 0000_b.

وترسل هذه الرزم صافية (غير مخلوطة) وتوضع بتة راية التحكم (CF) في السابقة بقيمة 1 لبيان ذلك.

ويمكن أن تحتوي المجموعة ADG على ما يلي:

– شفرات وأختام الوقت المرجعي؛

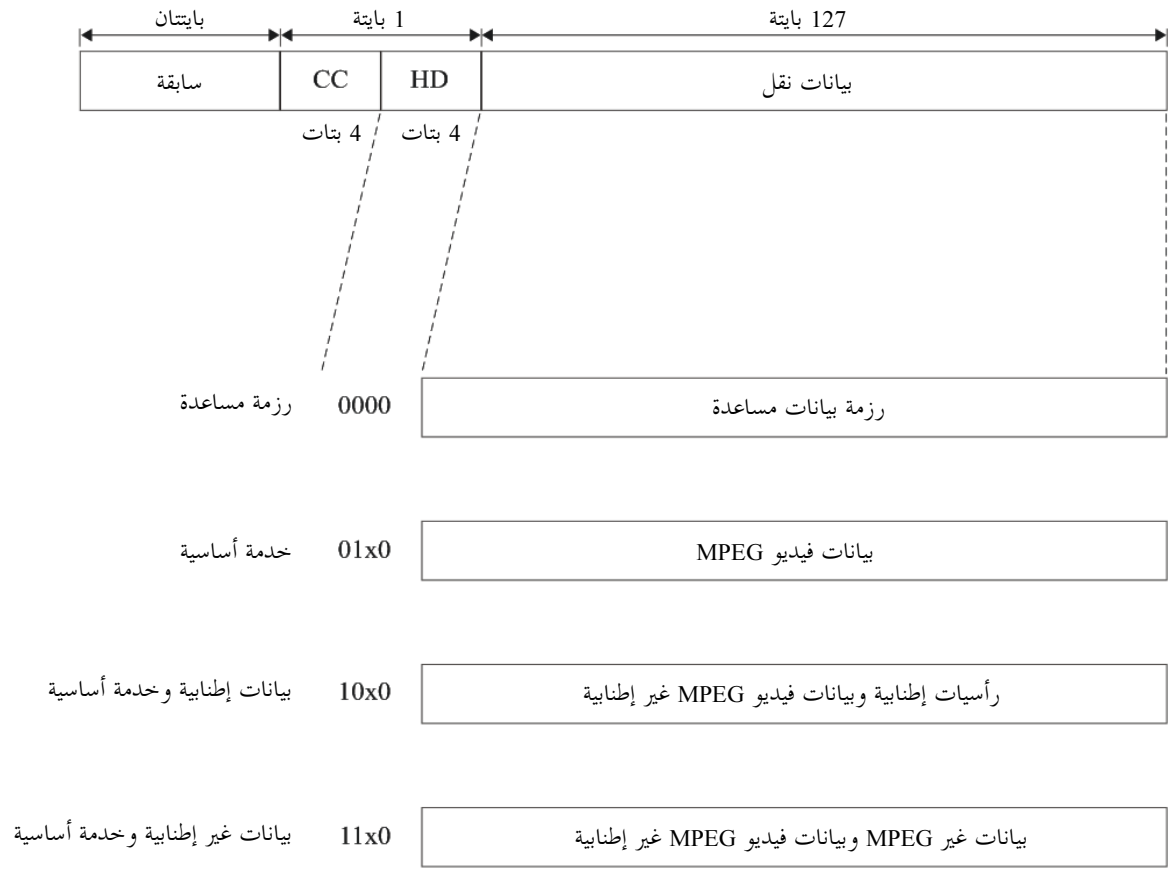
– رزم كلمات التحكم في التجفير (CWP).

وتتألف المجموعة ADG من جزأين: سابقة البيانات المساعدة (ADP) من بايتتين، وفدرة البيانات المساعدة (ADB) ذات الطول المتغاير. ويمكن أن تحتوي الرزمة المساعدة على مجموعة بيانات واحدة أو أكثر كل منها بجانب الأخرى. فإذا لم تُملأ الحمولة النافعة، وقوامها 127 بايتة، تماماً ببيانات ADG، عندئذ تُملأ البايتات الباقية (غير المستعملة) بالأصفار. وكذلك تشير بتة راية الحقل الراهن (CFF) في كل حقل ADP إلى ما إذا كانت الفدرة ADB المقابلة تحتوي على بيانات محددة وصالحة أم لا. فإذا أعطيت هذه البتة قيمة صفر، تهمل بقية الرزمة التي تبدأ بعد بتة CFF مباشرة. وهذا يعني إهمال هوية الحقل المساعد (AFID) وحجم الحقل المساعد (AFS) والفدرة ADB في مجموعة ADG التي تكون بتة CFF فيها صفر. وكذلك لا يمكن إرسال أي ADG صالحة في باقي الرزمة.

وثمة مثال لبنية رزم البيانات المساعدة تشمل حقلي ADG موضح في الشكل 35. ويرد تعريف دلالة الحقول (ذات الصلة) في رزمة البيانات المساعدة في الجدول 12.

الشـــكل 34

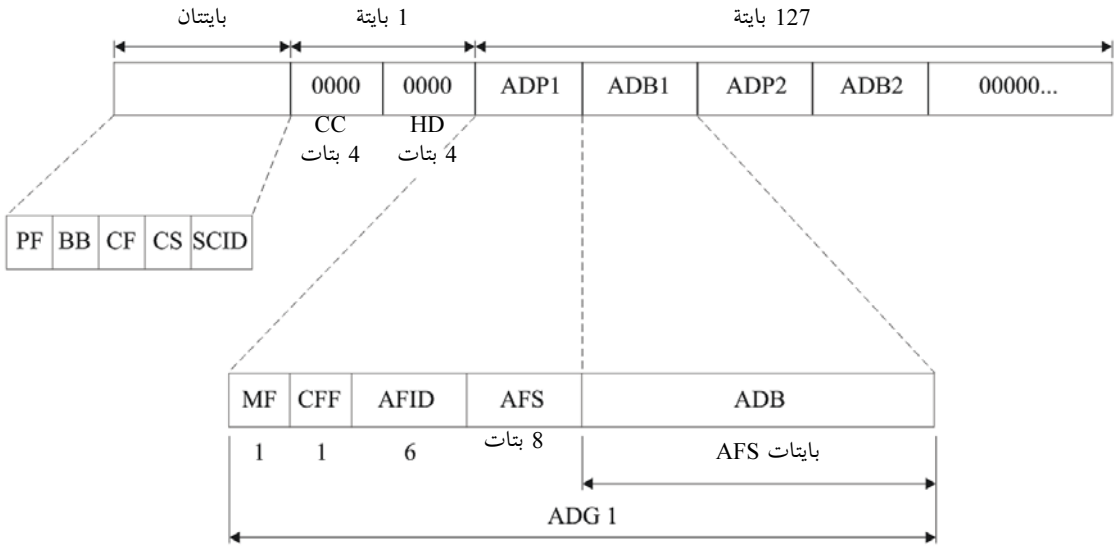
بنية رزم تطبيقات الفيديو



BO.1516-34

الشـــكل 35

بنية رزمة البيانات المساعدة



BO.1516-35

الجـــدول 12

التعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) في رزمة البيانات المساعدة

BB	حدود الحزمة	BB = 0 للرزم المساعدة
CF	راية التحكم	CF =1 للرزم المساعدة (غير المخلوطة)
CS	تزامن التحكم	إذا كانت الحمولة النافعة في الرزم المساعدة تحتوي رزمة كلمة التحكم (CWP) في التجفير، تشير هذه البتة إلى CWP المرسَلة (CS = 0 أو CS = 1). وتستخدم معلومات مفتاح التخليط، المشتقة من CWP، لإزالة تخليط رزم الخدمة بنفس CS (أي أن المفتاح المأخوذ من CS = 0 في الرزم المساعدة يستخدم لإزالة تخليط رزم النقل حيث CS = 0)
CC	عداد الاستمرار	0000_b = CC للرزم المساعدة
HD	مسمي الرأسية	0000_b = HD للرزم المساعدة
MF	راية قابلة للتعديل	MF = 1: يمكن تعديل ADB التالية MF = 0: لا يمكن تعديل ADB التالية يهمل مفكك التشفير هذه الراية
CFF	راية الحقل الراهن	CFF = 1: يحتوي هذا الحقل على ADG صالحة CFF = 0: لا يحتوي هذا الحقل على ADG صالحة
AFID	هوية الحقل المساعد	يحدد هذا الحقل المؤلف من 6 بتات معلومات البيانات المساعدة المحمولة في هذه المجموعة من البيانات المساعدة. وثمة ثلاث مجموعات بيانات مساعدة. تعريف AFID لمجموعة ADG 000000_b خاتم الوقت المرجعي فقط 000001_b رزمة كلمة التحكم (CWP) في التجفير فقط 000011_b خاتم الوقت المرجعي ورزمة CWP 000010_b و000100_b إلى 111111_b: محجوزة لتعريف في المستقبل
AFS	حجم الحقل المساعد	يحتوي هذا الحقل المؤلف من بايتة واحدة (رقم صحيح دون إشارة) على طول فدرة البيانات المساعدة التالية في بايتات
ADB	فدرة البيانات المساعدة	معلومات بيانات مساعدة عن حجم بايتات AFS

هنالك ثلاث مجموعات ADG معرفة في النظام B، كما هي محددة بواسطة حقل AFID في سابقة البيانات المساعدة.

خاتم الوقت المرجعي فقط

000000_b = AFID
5 (0x05) = AFS

ADB = خاتم وقت البايتة: بايتة كلها أصفار تليها 32 بتة تمثل عينة من عداد مرجع النظام بتردد 27 MHz في المشفر. وتؤخذ هذه العينة عندما تغادر رزمة البيانات المساعدة المشفر. ويلاحظ أن هذا يختلف عن أختام الوقت المرجعي التي يستخدمها MPEG. إذ تساوي زيادة بمقدار واحد في أختام الوقت المرجعي في النظام B دورة واحدة من ميقاتية 27 MHz. وتساوي زيادة بمقدار واحد في أختام الوقت المرجعي في MPEG 300 دورة من ميقاتية 27 MHz، أو زيادة واحدة من ميقاتية 90 kHz. وتؤخذ هذه العينة عندما تغادر رزمة البيانات المساعدة المشفر.

تجفير رزمة كلمة التحكم (CWP) فقط

000001_b = AFID
120 (0x78) = AFS
ADB = 120 بايتة في رزمة كلمة التحكم: معلومات مطلوبة لإدارة التجفير والنفاذ المشروط.

يلاحظ أن بتة CS في السابقة تشير إلى CWP رزمة التي أرسلت في الحمولة النافعة (CS = 0 أو CS = 1). وتستخدم معلومات مفتاح إزالة التخليط، المشتقة من رزمة CWP، لإزالة تخليط رزم الخدمة بنفس CS (أي إن المفتاح المستخرج من الرزمة المساعدة على أساس CS = 0 يستخدم لإزالة تخليط رزم النقل على أساس CS = 0).

خاتم الزمن المرجعي ورزمة كلمة التحكم (CWP)

000011b = AFID
125 (0x7D) = AFS

ADB = خاتم وقت من 5 بايتات تليه 120 بايتة من رزمة CWP

الملاحظة 1 – بالنسبة للبرامج المتعددة الخدمات، أي البرامج التي تحتوي على توليفتين أو أكثر من خدمات الصوت والفيديو والبيانات، من المعتاد (ولكن ليس من الضروري) أن تقع البيانات المساعدة في واحدة فقط من هذه الخدمات. ونتيجة لذلك، فإن معلومات التوقيت و/أو النفاذ المشروط الواردة في رزمة بيانات مساعدة وحيدة قد تنطبق على أكثر من خدمة ضمن برنامج معين. وهذا ممكن لأن:

– مرجع ميقاتية النظام مشترك بين كل الخدمات ضمن برنامج معين؛

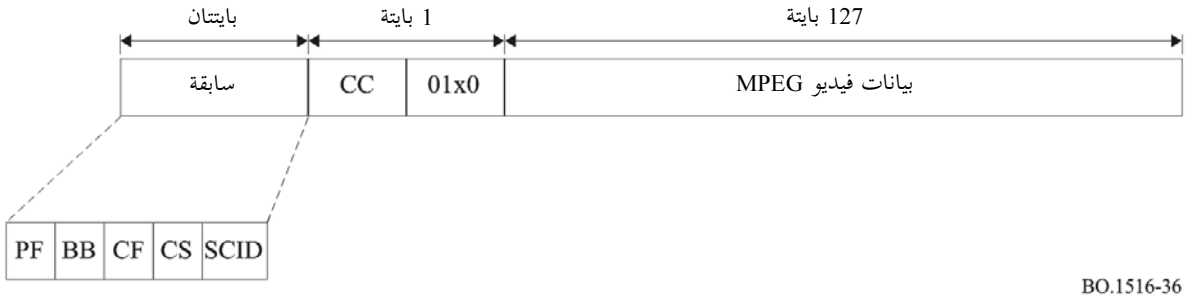
– من زاوية رزمة كلمة التحكم (CWP)، قد يشير نظام النفاذ المشروط إلى ترخيص ما يصل إلى ثلاث خدمات ضمن برنامج معين.

2.4 رزم خدمات الفيديو الأساسية

تحمل رزم النقل في خدمة فيديو يحدد فيها حقل مسمي الرأسية (HD) بقيمة 01x0 معلومات خدمة فيديو أساسية (أي بتات فيديو MPEG). وبنية رزمة خدمات الفيديو الرئيسية موضحة في الشكل 36. ويرد التعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) في بنية رزمة خدمات الفيديو الرئيسية في الجدول 13.

الشـــكل 36

بنية رزمة خدمات الفيديو الأساسية



الجـــدول 13

التعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) في بنية رزمة خدمات فيديو أساسية

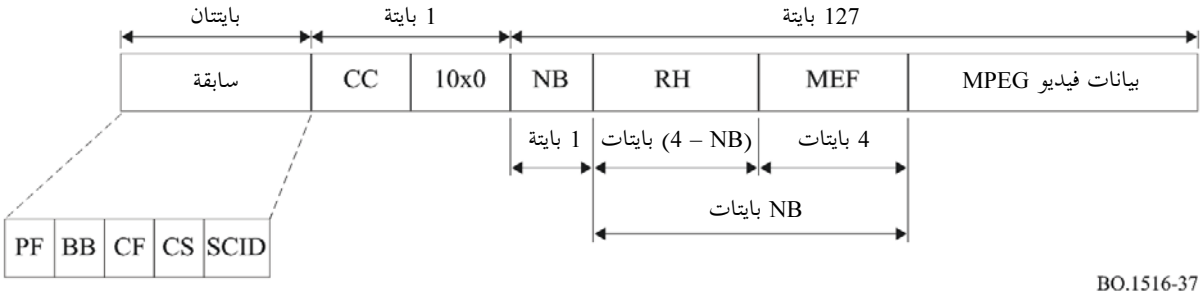
BB	حدود الحزمة	توضع بتة BB بقيمة 1 في أولى رزمة فيديو أساسية تحتوي على رأسية تتابع فيديوي إطنابي، وبقيمة 0 في جميع الرزم الأخرى. ينبغي لمزيل التشفير أن يهمل هذه البتة.
CF	راية التحكم	CF = 1: فدرة نقل هذه الرزمة غير مخلوطة CF = 0: فدرة نقل هذه الرزمة مخلوطة
CS	تزامن التحكم	بالنسبة لرزم النقل المخلوطة (أي CF = 0)، تشير هذه البتة إلى المفتاح الذي يتعين استخدامه لإزالة التخليط
HD	مسمي الرأسية	$01x0_b$ = HD بالنسبة لرزم خدمات الفيديو الأساسية تتقلب بتة HD(1)، المشار إليها بحرف x في $01x0_b$ = HD، مع كل رزمة خدمة فيديو أساسية تحتوي على شفرة بداية رأسية صورة غير إطنابية. بالنسبة لهذه الرزم، تكون شفرة بداية رأسية الصورة متوافقة مع الرزمة لتكون أولى أربع بايتات في الحمولة النافعة لبيانات فيديو MPEG التي تتبع حقول CC/HD. لا توجد رزم أخرى ستقلب بتة HD(1)
	بيانات فيديو MPEG	127 بايتة من بيانات فيديو MPEG

3.4 رزم البيانات الإطنابية

يعرف نمط رزم خاص على أساس مسمي الرأسية HD = 10x0 لاحتواء مجموعة صور (GOP) إطنابية ورأسيات صور. وقد توجد أو لا توجد مجموعة صور إطنابية ورأسيات صور في تدفق بتات فيديوي. لذلك قد توجد أو لا توجد رزم البيانات الإطنابية. وبنية رزمة البيانات الإطنابية موضحة في الشكل 37. والتعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) في رزمة البيانات الإطنابية وارد في الجدول 14.

الشـــكل 37

بنية رزمة البيانات الإطنابية



الجـــدول 14

التعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) في رزمة بيانات إطنابية

BB	حدود الحزمة	BB = 0 لرزم خدمات الفيديو الإطنابية ينبغي لمفكك التشفير أن يهمل هذه البتة
CF	راية التحكم	CF = 1: فدرة نقل هذه الرزمة غير مخلوطة CF = 0: فدرة نقل هذه الرزمة مخلوطة
CS	تزامن التحكم	بالنسبة لرزم النقل المخلوطة (أي CF = 0)، تشير هذه البتة إلى المفتاح الذي يتعين استخدامه لإزالة التخليط
HD	مسمي الرأسية	HD = $10x0_b$ بالنسبة لرزم البيانات الإطنابية تبين بتة HD(1)، المشار إليها بحرف x في $10x0_b$ = HD، حالة تقلب HD في آخر رزمة خدمة فيديو أساسية (قيمة x في $01x0_b$ = HD) في نفس هوية SCID التي تحتوي على الشفرة الأصلية لبداية رأسية الصورة
NB	عدد البايتات	يمثل هذا الحقل الذي يتألف من بايتة واحدة (رقم صحيح دون إشارة، MSB أولاً) مجموع الطول في بايتات RH وMEF. ينبغي أن يكون عدد البايتات المدرج في حقل NB أكبر من أو يساوي 5 وأقل من أو يساوي 126 بايتة، أي 126 ≥ NB ≥ 5
RH	الرأسيات الإطنابية	يتألف حقل هذه البايتة (4 – NB) من مجموعة صور (GOP) إطنابية و/أو رأسيات صور
MEF	حقل أخطاء الوسائط	يوضع هذا الحقل MEF المؤلف من 4 بايتات بوصفه يساوي شفرة خطأ التتابع المعرف في ISO MPEG: 0x 00 00 01 B4 والاستخدام المزمع هو أن يرسل معالج النقل رأسيات GOP والصور الإطنابية وبايتات حقل أخطاء الوسائط إلى مفكك تشفير فيديو MPEG كلما اكتشف خطأ في الرزم (بواسطة مفكك تشفير FEC أو بانقطاع CC). وفي أوقات أخرى لا ترسل رأسيات GOP والصور وحقل الوسائط إلى مفكك تشفير فيديو MPEG. ويكتشف مفكك تشفير فيديو MPEG وجود بايتات خطأ في الوسائط ويعمد إلى تفعيل إجراء إخفاء الأخطاء
	بيانات MPEG	يملأ باقي رزمة البيانات ببيانات فيديو MPEG معيارية (غير إطنابية)، وهو استمرار لتدفق بيانات الفيديو من الرزمة السابقة في نفس SCID الذي يضم بيانات فيديوية

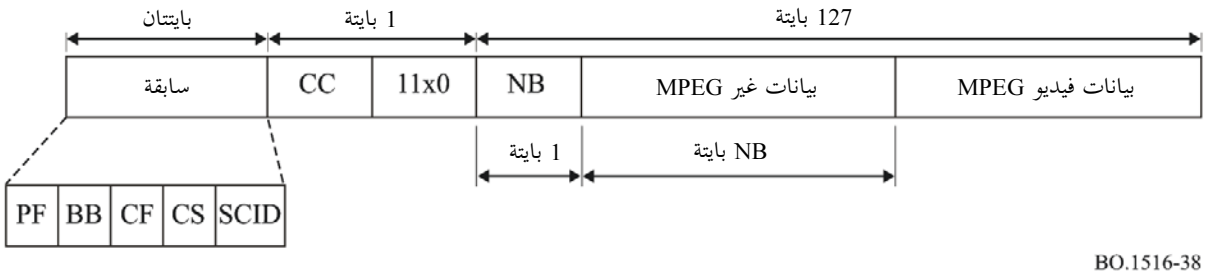
4.4 رزم بيانات فيديو غير MPEG

لا تستخدم رزم بيانات فيديو غير MPEG في التشغيل الاعتيادي. وثمة استثناء وحيد وهو في حالة إصدار الرزمة الأولى من مفكك تشفير يتغير من أسلوب الاحتياط إلى أسلوب التشغيل.

وبنية رزمة بيانات فيديو غير MPEG موضحة في الشكل 38. والتعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) في رزمة بيانات فيديو غير MPEG وارد في الجدول 15.

الشـــكل 38

بنية رزمة بيانات فيديو غير MPEG



الجـــدول 15

التعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) في رزمة بيانات فيديو غير MPEG

BB	حدود الحزمة	BB = 0 لرزم بيانات فيديو غير MPEG ينبغي لمفكك التشفير أن يهمل هذه البتة
CF	راية التحكم	CF = 1: فدرة نقل هذه الرزمة غير مخلوطة CF = 0: فدرة نقل هذه الرزمة مخلوطة
CS	تزامن التحكم	بالنسبة لرزم النقل المخلوطة (أي CF = 0)، تشير هذه البتة إلى المفتاح الذي يتعين استخدامه لإزالة التخليط
HD	مسمي الرأسية	$HD = 11x0_b$ بالنسبة لرزم بيانات فيديو غير MPEG تبين بتة HD(1)، المشار إليها بحرف x في $HD = 11x0_b$، حالة تقلب HD في آخر رزمة خدمة فيديو أساسية (قيمة x في $HD = 01x0_b$) في نفس SCID
NB	عدد البايتات	يمثل هذا الحقل الذي يتألف من بايتة واحدة (عدد صحيح دون إشارة، MSB أولاً) الطول من حيث عدد بايتات حقل بيانات غير MPEG التالي. ينبغي أن يكون عدد البايتات المدرج في حقل NB أكبر من أو يساوي 5 وأقل من أو يساوي 126 بايتة، أي $126 \geq NB \geq 5$
	بيانات غير MPEG	يتألف حقل بايتات NB هذا من بيانات غير MPEG لا يمكن تفسيرها بواسطة مفكك شفرة فيديو MPEG
	بيانات MPEG	يملأ باقي رزمة البيانات ببيانات فيديو MPEG معيارية (غير إطنابية)

5 رزم تطبيقات الصوت

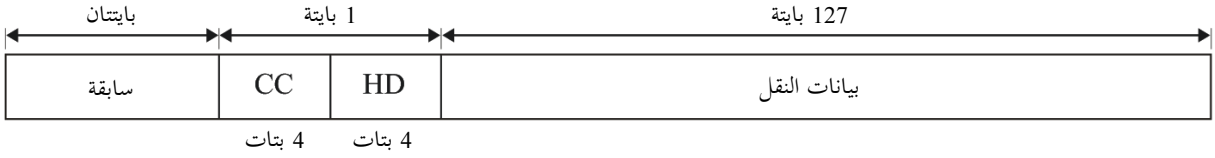
البنية العامة لرزم نقل الصوت موضحة في الشكل 39. وفي إطار رزم تطبيقات الصوت هنالك ثلاثة أنماط من خلايا النقل، تتسم بنوع البيانات المتصفة بخدمة الصوت والمنقولة عبرها:

- رزم البيانات المساعدة (أختام الوقت، رزم كلمات التحكم في التجفير)
- رزم خدمات الصوت الأساسية (بيانات الصوت MPEG)
- رزم بيانات الصوت غير MPEG (بيانات غير MPEG وبيانات الصوت MPEG)

لبيان مختلف أنماط الخلايا وما يصاحبها من عدادات، يتضمن نسق طبقة نقل الصوت 4 بتات من أجل CC و4 بتات من أجل HD. وثمة وصف مفصل لهذه الحقول في الجدول 16 أدناه. ويلاحظ في رزمة من 130 بايتة أن أولى بايتتين تستخدمان للسابقة وتحتوي البايتة الثالثة على حقلي CC وHD، بينما تحمل البايتات المتبقية، وعددها 127، الحمولة النافعة.

الشـــكل 39

البنية العامة لرزمة تطبيق الصوت



BO.1516-39

الجـــدول 16

التعريف الدلالي للعناصر في بايتة CC وHD

CC	عداد الاستمرار	يزداد هذا الحقل المؤلف من 4 بتات (عدد صحيح دون إشارة، MSB أولاً) بمقدار بتة في كل رزمة لها نفس SCID. وبعد أن يبلغ عداد الاستمرار قيمته القصوى 15 (1111_b)، يلتف العداد مستديراً إلى 0. ويوضع CC عند 0 (0000_b) ولا يزداد عندما يحتوي حقل HD قيمة "0x00" (أي الرزم المساعدة). ويمكّن CC المستقبِل من الكشف عن انقطاع الخلايا (بسبب خطأ فيها) في خدمة نقل معينة.
HD	مسمي الرأسية	يشير هذا الحقل المؤلف من 4 بتات إلى أنماط رزم تطبيقات الصوت الثلاثة: HD 0000_b رزم البيانات المساعدة 0100_b رزم خدمات الصوت الرئيسية 1100_b رزم بيانات الصوت غير MPEG جميع القيم الأخرى محجوزة

1.5 رزم البيانات المساعدة

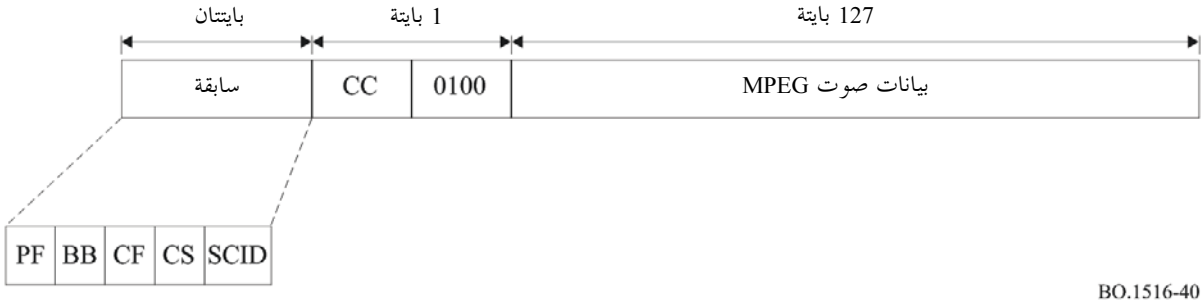
تتسم رزم البيانات المساعدة لخدمات الصوت بنفس البنية (النَظْم والدلالة) التي تتسم بها رزم البيانات المساعدة لخدمات الفيديو كما هو مبين في البند 1.4.

2.5 رزم خدمات الصوت الأساسية

تحمل رزم النقل في خدمة صوت يحدد فيها حقل HD بقيمة 0100_b معلومات خدمة صوت أساسية (أي بتات صوت MPEG). وبنية رزمة خدمات الصوت الرئيسية موضحة في الشكل 40، والتعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) وارد في الجدول 17.

الشـــكل 40

البنية الأساسية لرزم خدمات الصوت



الجـــدول 17

التعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) في الرزمة الأساسية لخدمات الصوت

BB	حدود الحزمة	BB = 0 لرزم خدمات الصوت الأساسية
CF	راية التحكم	CF = 1: فدرة نقل هذه الرزمة غير مخلوطة CF = 0: فدرة نقل هذه الرزمة مخلوطة
CS	تزامن التحكم	بالنسبة لرزم النقل المخلوطة (أي CF = 0)، تشير هذه البتة إلى المفتاح الذي يتعين استخدامه لإزالة التخليط
HD	مسمي الرأسية	HD = 0100_b لرزم خدمات الصوت الأساسية
	بيانات صوت MPEG	127 بايتة من بيانات صوت MPEG المعيارية

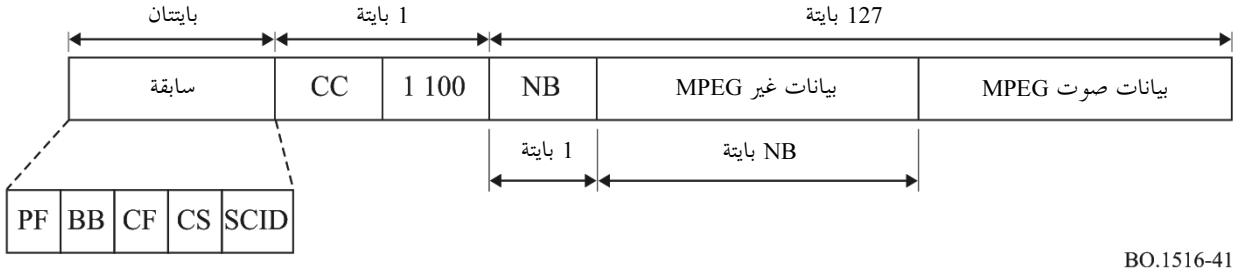
3.5 رزم بيانات الصوت غير MPEG

لا تستخدم رزم البيانات غير MPEG في التشغيل الاعتيادي. وهنالك استثناء واحد فقط في حالة إصدار الرزمة الأولى من مشفر يتغير من أسلوب الاحتياط إلى أسلوب التشغيل.

وبنية رزمة بيانات الصوت غير MPEG موضحة في الشكل 41، والتعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) وارد في الجدول 18.

الشـــكل 41

بنية رزمة بيانات الصوت غير MPEG



الجـــدول 18

التعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) في رزمة بيانات الصوت غير MPEG

BB	حدود الحزمة	BB = 0 لرزم بيانات الصوت غير MPEG
CF	راية التحكم	CF = 1: فدرة نقل هذه الرزمة غير مخلوطة CF = 0: فدرة نقل هذه الرزمة مخلوطة
CS	تزامن التحكم	بالنسبة لرزم النقل المخلوطة (أي CF = 0)، تشير هذه البتة إلى المفتاح الذي يتعين استخدامه لإزالة التخليط
HD	مسمي الرأسية	$HD = 1100_b$ لرزم بيانات الصوت غير MPEG
NB	عدد البايتات	يمثل هذا الحقل الذي يتألف من بايتة واحدة (عدد صحيح دون إشارة، MSB أولاً) الطول من حيث عدد بايتات حقل بيانات غير MPEG التالي. ينبغي أن يكون عدد البايتات المدرج في حقل NB أكبر من أو يساوي 5 وأقل من أو يساوي 126 بايتة، أي $126 \geq NB \geq 5$
	بيانات غير MPEG	يتألف حقل بايتات NB هذا من بيانات غير MPEG لا يمكن تفسيرها بواسطة مفكك شفرة فيديو MPEG
	بيانات الصوت MPEG	يملأ باقي رزمة البيانات غير MPEG ببيانات صوت MPEG معيارية

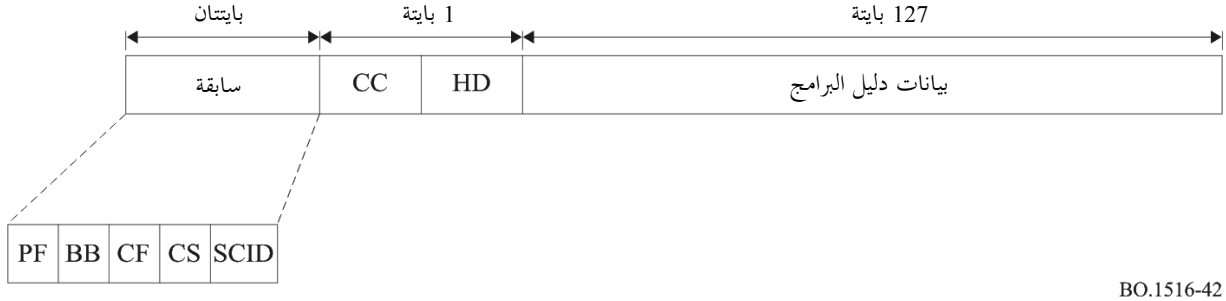
6 رزم دليل البرامج

تتألف رزم دليل البرامج من كل البيانات اللازمة لتوليف القنوات وعرض معلومات البرامج المتاحة للمشاهدين. وتدفقات دليل البرامج في النظام B هي:

تدفقات دليل البرامج الرئيسي (MPG) ودليل البرامج الخاص (SPG) ورزمة معلومات الشراء (PIP) ورزمة معلومات الوصف (DIP). وتُحمل هذه التدفقات في رزم لها ذات البنية كما هو موضح في الشكل 42. وتوضع بتة راية التحكم (CF) في حقل السابقة بقيمة 1 لكل هذه التدفقات (أي غير مخلوطة). وتكون هوية SCID لرزم دليل البرامج الرئيسية دوماً قيمة ثابتة يحددها المستعمل مسبقاً.

الشـــكل 42

بنية رزمة دليل البرامج



الجـــدول 19

التعريف الدلالي للحقول (ذات الصلة) في رزمة دليل البرامج

BB	حدود الحزمة	BB = 0 لرزم دليل البرامج
CF	راية التحكم	CF = 1 لرزم دليل البرامج (غير مخلوطة)
SCID	هوية قناة الخدمة	SCID هي قيمة ثابتة يحددها المستعمل مسبقاً لتعرف هوية بيانات دليل البرامج الرئيسي؛ والنسق هو حقل من 12 بتة (عدد صحيح بلا إشارة، MSB أولاً). والقيمة النموذجية هي 0x001
HD	مسمي الرأسية	$HD = 0100_b$ لرزم دليل البرامج

7 تقييدات تعدد الإرسال في النقل

ثمة تقييدات من حيث تعدد الإرسال بالنسبة لجدول زمن جميع رزم النقل في تعدد إرسال للنقل. وتحدد رزم فارغة (NULL) لملء أي فواصل قد لا تكون ضمن جدول تعدد إرسال النقل بحيث يتم الحفاظ على معدل ثابت لتعدد الإرسال في النقل على امتداد أي فترة من الزمن.

1.7 تعريف التقييد الأولي لتعدد إرسال التدفق

تنطبق التقييدات المحددة في هذا القسم على رزم النقل في هوية قناة خدمة (SCID) معينة لها حمولة نافعة من الأنواع التالية من بيانات التدفقات الأولية: فيديو، صوت، نفاذ مشروط (CA)، دليل البرامج الرئيسي (MPG)، دليل البرامج الخاص (SPG)، رزمة معلومات الوصف (DIP)، رزمة معلومات الشراء (PIP)، بيانات متسلسلة منخفضة السرعة (سواء مستمرة أم محددة)، بيانات نطاق عريض عالية السرعة (سواء بذاكرة احتياطية أم لا).

وتتجلى طبيعة التقييد في تحديد تواتر الوقوع للرزم في هوية SCID معينة في تعدد إرسال النقل، وذلك بحيث يكون تواتر إرسال الرزم التي تحمل حمولة نافعة ذات معدل تدفق أولي أخفض أقل مما هو للرزم التي تحمل حمولة نافعة ذات معدل تدفق أولي أعلى. ومن شأن تقييد تعدد إرسال النقل أساساً أن يربط معدل ذروة بيانات تدفق أولي يرسل إلى مفكك تشفير مقابل معدل مصدر تدفق أولي يرسل من خرج مشفر ما.

ولا يعتبر تعدد إرسال النقل صالحاً إلا عندما يفي كل نوع من أنواع بيانات تدفق النقل المحددة، لكل هوية SCID، على نحو مستمر باختبار تقييد تعدد الإرسال بالنسبة للمعدلات المحددة.

تقييد تعدد الإرسال:

بالنسبة لكل هوية SCID من أنواع البيانات المحددة، لا يعتبر معدل تسليم رزم النقل لبيانات التدفق الأولي صالحاً للمعدل R إلا في حال الوفاء باستمرار بالشرط التالي:

ترسل بيانات التدفق الأولي من حقل الحمولة النافعة في رزم النقل من هوية SCID المنتقاة إلى ذاكرة احتياطية قوامها 508 بايتات. وبما أن هذه البيانات تُزال من الذاكرة الاحتياطية المذكورة بمعدل ثابت، R، عندما تتوفر، فإن رزم نقل هوية SCID المعينة ينبغي أن تبرمج بحيث لا تفيض الذاكرة الاحتياطية المذكورة. ولا مانع من أن تكون هذه الذاكرة فارغة.

التذييل 2
للملحق 1

إشارة التحكم للنظام D

المحتـــويات

1 مقدمة
2 تشفير معلومات التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC)
1.2 ترتيب التغيير
2.2 معلومات توليفة التشكيل – التشفير
3.2 تعرف هوية تدفق الإرسال (TS)
4.2 معلومات أخرى
3 التشفير الخارجي لمعلومات التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC)
4 مراجع التوقيت
5 تشفير القناة من أجل معلومات التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC)

1 مقدمة

يتناول هذا التذييل بالتعريف إشارة التحكم في النظام D. ويستخدم النظام D إشارة التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC) من أجل عملية إزالة تشكيل/تفكيك تشفير ملائمة في المستقبِل. وتحمل إشارة TMCC المعلومات التالية:

– توليفة التشكيل والتشفير لكل فاصل؛
– تعرّف هوية MPEG-2 TS لكل فاصل؛
– معلومات أخرى (مثل ترتيب التغيير، وبتة الراية لإطلاق الإنذار في حالة الطوارئ).

ترسل معلومات TMCC مسبقاً إلى الإشارة الرئيسية لأن من غير الممكن إزالة تشكيل الإشارة الرئيسية دون معلومات TMCC. والفترة الدنيا لتحديد هذه المعلومات هي فترة رتل ثانوي واحد. وتقوم المستقبلات أساساً بفك تشفير معلومات TMCC عند كل رتل ثانوي. وتحمل إشارة TMCC مراجع التوقيت إلى جانب المعلومات المذكورة أعلاه.

2 تشفير معلومات التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC)

يتم إنساق المعلومات التي تحملها إشارة TMCC كما هو مبين في الشكل 43. ويرد وصف تفاصيل كل بند فيما يلي أدناه.

الشـــكل 43

نسق معلومات التحكم TMCC

معلومات أخرى	جدول المقابلة بين TS ID النسبية وMPEG-2 TS_ID	TS ID النسبية لكل فاصل	توليفة شفرة التشكيل لكل فاصل	ترتيب التغيير

BO.1516-43

1.2 ترتيب التغيير

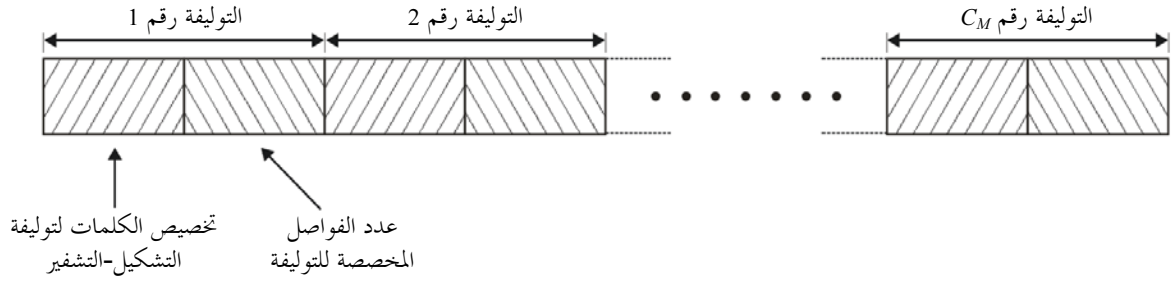
"ترتيب التغيير" هو رقم من خمس بتات يشير إلى تحديد معلومات التحكم TMCC. وهو يزداد في كل مرة يتجدد فيها TMCC. ويمكن للمستقبِل أن يتحرى مجرد البتات ويمكن ألا يزيل تشفير معلومات TMCC إلا عندما تتغير البتات. ويحدد النظام خيارياً استعمال ترتيب التغيير.

2.2 معلومات توليفة التشكيل – التشفير

وهي تمثل توليفات مخطط التشكيل ومعدل الشفرة التلافيفية لكل فاصل. ولتخفيض بتات الإرسال لهذه المعلومات، يتم تشفير المعلومات في النسق المبين في الشكل 44. ويحدد النظام العدد الأقصى من توليفات التشكيل-التشفير، C_M، المستخدمة في آن واحد مع مراعاة متطلبات الخدمة. ويحدد الجدول 20 تخصيص الكلمات لتوليفة التشكيل-التشفير. وعندما يكون عدد توليفات التشكيل-التشفير المستعملة أقل من العدد الأقصى الذي يحدده النظام، تطبق الكلمة "1111" على باقي التوليفات ويوضع عدد الفواصل المخصصة إزاء الصفر.

الشـــكل 44

نسق التشفير لمعلومات توليفة التشكيل–التشفير



BO.1516-44

الجـــدول 20

تخصيص الكلمات لتوليفة التشكيل–التشفير

الكلمة	توليفة التشكيل–التشفير
0000	محجوزة
0001	BPSK(r = 1/2)
0010	QPSK(r = 1/2)
0011	QPSK(r = 2/3)
0100	QPSK(r = 3/4)
0101	QPSK(r = 5/6)
0110	QPSK(r = 7/8)
0111	TC8-PSK(r = 2/3)
1110-1000	محجوزة
1111	وهمية

3.2 تعرف هوية تدفق الإرسال (TS)

بدلاً من إرسال MPEG-2 TS_ID (16 بتة) بالنسبة لكل فاصل، تستخدم توليفة من هويات "TS ID نسبية" تقتصر على تحديد هوية التدفقات TS التي يجري إرسالها إلى جانب جدول المقابلة بين هذين النوعين من تعرف الهوية. ويؤدي ذلك إلى تخفيض عدد بتات الإرسال. وترسل هويات TS ID النسبية لكل فاصل على نحو متعاقب بدءاً من الفاصل رقم 1. ويحدد النظام العدد الأقصى من التدفقات T_M التي ترسل في آن واحد.

الشـــكل 45

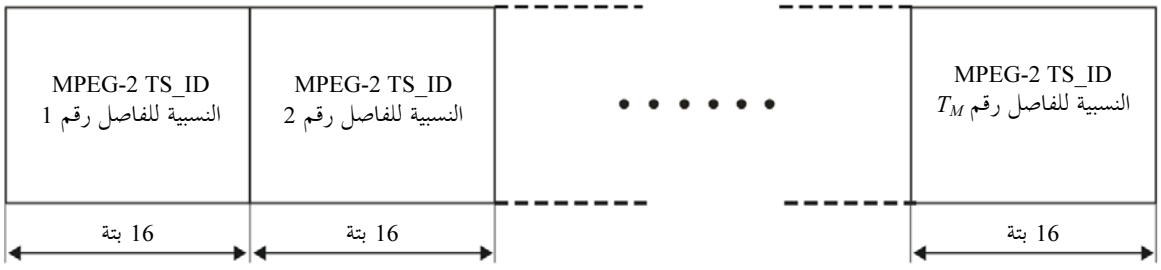
ترتيب البيانات لمعلومات TS ID النسبية

BO.1516-45

يتألف جدول المقابلة من صفيفة من الأرقام قوامها 16 بتة لتمثيل كل MPEG-2 TS_ID. وترتب الأرقام اعتباراً من رقم TS ID النسبي 0 إلى T_M.

الشـــكل 46

ترتيب البيانات في جدول المقابلة



BO.1516-46

4.2 معلومات أخرى

يحدد النظام على نحو ملائم نسق التشفير من أجل المعلومات الأخرى.

3 التشفير الخارجي لمعلومات التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC)

بما أن معلومات التحكم TMCC لا غنى عنها من أجل إزالة التشكيل في المستقبلات، ينبغي حماية إشارة TMCC بمستوى تصحيح أمامي للأخطاء (FEC) أعلى من المستوى المستخدم من أجل الإشارة الرئيسية. ولنفس السبب، ترسل الإشارة مع توليفة التشكيل-التشفير الأشد مقاومة لضوضاء الإرسال.

4 مراجع التوقيت

هنالك نوعان من مراجع التوقيت المحتواة، أي كلمة تزامن الرتل التي تشير إلى بداية كل رتل وكلمات تعرف هوية الرتل التي تحدد الرتل الأول (الرتل رقم 1). وترسل هذه الكلمات بواسطة كل رتل.

وبعد تقسيم بيانات التحكم TMCC المشفرة الخارجية إلى فدرات M (حيث M هي عدد الأرتال في رتل ثانوي)، تدرج كلمات التزامن في كل فدرة، كما هو مبين في الشكل 47. وتدرج كلمة التزامن W1 في بداية كل فدرة. وتدرج الكلمة W2 في نهاية الفدرة التي ترسل في الرتل الأول، بينما تدرج الكلمة W3 في نهاية باقي الفدرات. وتتألف الكلماتW1 وW2 وW3 من بايتين. وتكون W1 هي $1B95_h$، و W2 هي $A340_h$، وW3 هي $5CBF_h$ (ويتم الحصول على W3 بقلب بتات W2).

ويلاحظ أن البتات الست الأولى من الكلمات تتغير بحكم معلومات الحمولة النافعة (محتويات الإشارة الرئيسية و/أو إشارة التحكم TMCC) بسبب التشفير التلافيفي (الطول المقيد 7) الذي يطبق على إشارة TMCC في مرحلة المعالجة اللاحقة. بعبارة أخرى، تستخدم البتات الست الأولى من الكلمة في البتات الانتهائية من الشفرة التلافيفية. وتبعاً لذلك، فإن نمط البتات الفريد في كلمة التزامن هو 10 بتات من أصل 16 بتة من الكلمة الأصلية.

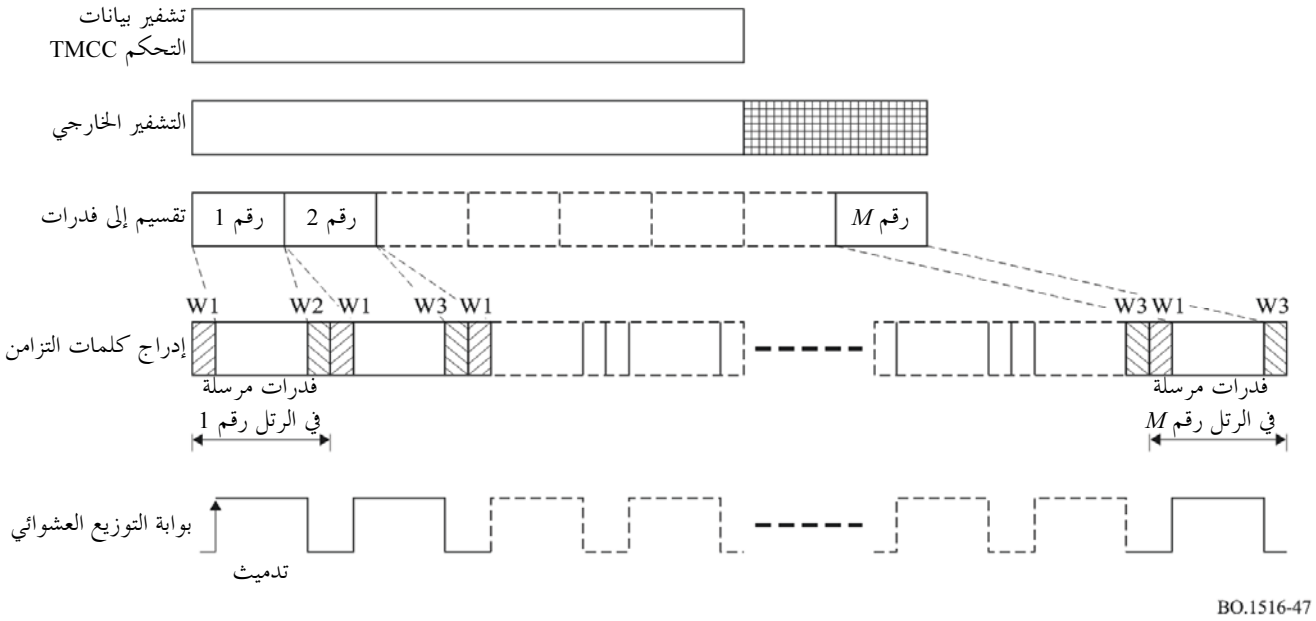
5 تشفير القناة من أجل معلومات التحكم في تشكيل الإرسال وتعدد الإرسال (TMCC)

توزع إشارة التحكم TMCC عشوائياً من أجل تشتت الطاقة. ومتعدد الحدود لمولد التتابع الاثنيني شبه العشوائي هو نفس متعدد حدود الإشارة الرئيسية. ويُستهل التتابع شبه العشوائي في البايتة الثالثة (بعد كلمة التزامن مباشرة) من الفدرة الأولى. وتطبق البتة الأولى من خرج المولد على البتة الأولى (أي MSB) من البايتة الثالثة من الفدرة الأولى. ويضاف التتابع شبه العشوائي إلى البيانات باستثناء كلمات مرجع التوقيت.

وقد لا تدعو الحاجة إلى عمليات تشذير لإشارة التحكم TMCC التي تتألف من كمية ضئيلة من البتات لأن تأثير التشذير محدود. وينبغي تحديد عملية تشذير ملائمة، إذا لزم الأمر.

الشـــكل 47

توليد إشارة التحكم TMCC



التذييل 3
للملحق 1

حالة تيسر الدارات المتكاملة من أجل مفكك تشفير المستقبلات المتكاملة المشترك

المحتـــويات

1 مقدمة
2 التحليل
3 الاستنتاجات

1 مقدمة

يصف هذا التذييل الحالة الراهنة لتطور وتيسر الدارات المتكاملة (IC). وقد تم الاتصال بعدد من مصنعي هذه الدارات ذوي الشهرة لاستعراض ما لديهم من منتجات حالياً وخطط للمستقبل ولتقييم إمكانية تطوير دارة متكاملة تدعم الأنظمة الأربعة.

وهنالك عدد من مصنعي الدارات المتكاملة يعرضون فعلاً دارات تدعم الأنظمة A وB وC وهنالك مصنّع يعرض دارات متكاملة تدعم النظامين A وD. وعلاوة على ذلك، من المحتمل أن يعمد عديد من المصنعين إلى دعم الأنظمة الأربعة جميعها.

وقد استخدم التقرير ITU-R BO.2008 – البث الساتلي الرقمي المتعدد البرامج – كأساس لتقييم جدوى دعم الدارات المتكاملة للعناصر المشتركة في الأنظمة الأربعة وما يصاحبها من أثر في التكلفة.

2 التحليل

أكد تقييم جرى مؤخراً الافتراضات التي طرحت في التقرير ITU-R BO.2008. وهنالك عدد من المصنعين يعرضون دارات متكاملة من أجل عناصر مستقبِل-مفكك تشفير متكامل (IRD) مشتركة محددة، مما يجعل من الممكن تطوير IRD يدعم الأنظمة A وB وC.

وقد جرى تقييم الوظائف الجديدة المطلوبة من مستقبِل- مفكك تشفير متكامل في النظام D. ولئن كانت جميع العناصر المشتركة لمستقبل-مفكك IRD مطلوبة فقد تبين أن طبقة الوصلات، كما هي مصورة في الشكل 1 في التقرير ITU-R BO.2008، سوف تستدعي الارتقاء بها مما يستوجب إدخال تعديلات في أقسام مفكك الشفرة في زجلة مولف/مفكك التشفير في الساتل كما هو موضح في الشكلين 7 و8. وتستخدم عموماً دارتان متكاملتان لتنفيذ المولف الساتلي وزجلات تفكيك التشفير فيه. ويمكن للأنظمة الأربعة جميعها أن تستخدم شريحة توليف مشتركة.

وتشتمل شريحة مفكك التشفير الساتلية على وظيفة إزالة التشكيل. ويتطلب النظام D، في الشريحة، ذاكرة نفاذ عشوائي (RAM) أكبر لدعم وظيفة إزالة تشذير الفدرات. وتستخدم الأنظمة A وB وC وظيفة إزالة التشذير التي تتطلب صفيفة منخفضة من حيث ذاكرة RAM. ولئن كانت هنالك وظائف إضافية لدعم تشوير التحكم المطلوب في هذه الشريحة فقد تبين أن أثرها سيكون مهملاً.

ولتقييم تسعير شريحة مفكك التشفير، تم افتراض نفس الحجم الذي يستخدم عموماً في تقدير تكاليف مستقبِل- مفكك تشفير متكامل (IRD). ولئن كان تفصيل تكاليف IRD النموذجي، كما جاء في التقرير ITU-R BO.2008، يقدَر أن تكلفة وظيفة مفكك تشكيل + مفكك تشفير ساتلي تصل إلى 30 دولاراً أمريكياً، فإن التكلفة الحالية تقدر في حدود 4 دولارات أمريكية في حجم نموذجي. وتقدر تكلفة شريحة مفكك تشكيل + مفكك تشفير ساتلي محسنة في حدود 9 دولارات أمريكية خلال سنة.

ويشير التقرير ITU-R BO.2008 إلى أن تكلفة IRD تقدر بمبلغ 300 دولار أمريكي. وبمقارنة هذا المبلغ بزيادة التكلفة المقدرة بمبلغ 5 (9-4) دولارات لدعم النظام D، فإن غالبية مصنّعي IRD سيرغبون في تصميم IRD مشترك. وإذا كان فارق السعر يقدر في حدود 5 دولارات فإن من المتوقع لهذا الفارق أن يتضاءل بمرور الزمن. وتشير الاتجاهات الراهنة في دوائر الصناعة، بناء على التحسينات في عمليات التصنيع، إلى توقعات انخفاض الأسعار بنسبة 20% سنوياً.

3 الاستنتاجات

خلص التقرير ITU-R BO.2008 إلى أن خطوات التقدم المحرزة في صناعة الدارات المتكاملة (IC) سوف تمكن من تصميم مستقبِل-مفكك تشفير متكامل (IRD) على أساس العناصر المشتركة. ويقدم العديد من صانعي الدارات المتكاملة حالياً شرائح تدعم الأنظمة A وB وC. وبناء على تقييم التقرير ITU-R BO.2008 والحالة الراهنة للتكنولوجيا يمكن القول إن من الممكن تطوير مستقبِل-مفكك IRD على أساس عناصر مشتركة قادر على دعم الأنظمة الأربعة في غضون سنة دون تأثير يذكر على مجموع تكاليف IRD.