الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R BS.1196-8 التوصية

(2019/10)

التشفير السمعي من أجل الإذاعة الرقمية

BS السلسلة

الخدمة الإذاعية (الصوتية)

تمهيد

يضطلع قطاع الاتصالات الراديوية بدور يتمثل في تأمين الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال طيف الترددات الراديوية في جميع خدمات الاتصالات الراديوية، بما فيها الخدمات الساتلية، وإجراء دراسات دون تحديد 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 القرار ITU-R 1. وترد الاستمارات التي ينبغي لحاملي البراءات استعمالها لتقديم بيان عن البراءات أو للتصريح عن منح رخص في الموقع الإلكتروني http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en حيث يمكن أيضاً الاطلاع على المبادئ التوجيهية الخاصة بتطبيق سياسة البراءات المشتركة وعلى قاعدة بيانات قطاع الاتصالات الراديوية التي تتضمن معلومات عن البراءات.

سلاسل توصيات قطاع الاتصالات الراديوية

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

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

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

النشر الإلكتروني
جنيف، 2020

© ITU 2020
جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU-R BS.1196-8*

التشفير السمعي من أجل الإذاعة الرقمية

(المسألة ITU-R 19-1/6)

(2019/10-2019/01-2017-2015/10-2015/02-2012-2010-2001-1995)

مجال التطبيق

توصف هذه التوصية أنظمة تشفير المصدر السمعي المطبقة من أجل الإذاعة الرقمية الصوتية والتلفزيونية. كما أنها توصف نظاماً يمكن تطبيقه على التحسين متعدد القنوات المتوافق في الاتجاه العكسي لأنظمة الإذاعة الرقمية الصوتية والتلفزيونية.

مصطلحات أساسية

سمعي، تشفير سمعي، بث، رقمي، إذاعة، صوت، تلفزيون، كودك.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن متطلبات المستعمِل بالنسبة لأنظمة التشفير السمعي من أجل الإذاعة الرقمية يرد توصيفها في التوصية ITU-R BS.1548؛

ب) أن النظام الصوتي متعدد القنوات مع أو بدون صورة مصاحبة يخضع للتوصية ITU-R BS.775 وأن من الضروري وجود نظام صوتي متعدّد القنوات عالي الجودة يستعمل عملية خفض لمعدل البتات تتسم بالكفاءة في أي نظام للإذاعة الرقمية؛

ج) أن النظام الصوتي المتقدم الموصف في التوصية ITU-R BS.2051 يتألف من تشكيلات قنوات ثلاثية الأبعاد ويستخدم إما البيانات الشرحية السكونية أو الدينامية للتحكم في الإشارات القائمة على الكائن والإشارات القائمة على المشهد والإشارات القائمة على القناة؛

د) أن التقييم الذاتي للأنظمة السمعية ذات القدر الضئيل من الانحطاطات، بما في ذلك الأنظمة الصوتية متعددة القنوات، يخضع للتوصية ITU-R BS.1116؛

هـ) أن التقييم الذاتي للأنظمة السمعية ذات الجودة السمعية المتوسطة يخضع للتوصية ITU-R BS.1534 (MUSHRA)؛

و) أن قطاع الاتصالات الراديوية قام باختبار نظام التشفير السمعي بمعدل بتات منخفض للإشارات السمعية عالية الجودة؛

ز) أن التوحد في طرائق تشفير المصدر السمعي فيما بين الخدمات المختلفة قد يوفر المزيد من المرونة للنظام وتكاليف أقل للمستقبِلات؛

ح) أن هناك العديد من الخدمات الإذاعية التي تستعمل بالفعل أو قررت استعمال كودكات سمعية من العائلات MPEG-1 وMPEG-2 وMPEG-4 وAC-3 وE-AC-3؛

ط) أن التوصية ITU-R BS.1548 تقدم قائمة بالكودكات التي تبين أنها تفي بمتطلبات جهات البث بالنسبة للمساهمة والتوزيع والبث؛

* ينبغي إحالة هذه التوصية إلى عناية المنظمة الدولية للتوحيد القياسي (ISO) واللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC).

ي) أن جهات البث التي لم تبدأ خدماتها بعد ينبغي أن تكون قادرة على اختيار النظام الذي يناسب تطبيقاتها على النحو الأمثل؛

ك) أنه قد يتعين على جهات البث النظر في التوافق مع أنظمة الإذاعة التقليدية ومعداتها عند اختيار أيٍّ من الأنظمة؛

ل) أنه ينبغي مراعاة المستقبِلات العادية والمجسمة الموجودة عند إدخال نظام صوتي متعدد القنوات؛

م) أن التوسع متعدد القنوات المتوافق في الاتجاه العكسي لنظام تشفير سمعي قائم يمكن أن يوفر كفاءة أفضل بالنسبة لمعدل البتات عن البث المتزامن؛

ن) أنه يُفضّل أن تكون أنظمة التشفير السمعي قادرة على تشفير كل من الكلام والموسيقى بنفس الدقة العالية،

توصي

1 باستعمال واحد من الأنظمة التالية للتشفير السمعي منخفض معدلات البتات بالنسبة للتطبيقات الجديدة للبث الإذاعي الرقمي الصوتي أو التلفزيوني، عندما لا يلزم وجود توافق مع الإرسالات والتجهيزات التقليدية:

- تشفير HE AAC الموسع على النحو الموصف في المعيار ISO/IEC 23003-3:2012؛
- E-AC-3 على النحو الموصف في المعيار ETSI TS 102 366 (2014-08)؛
- AC-4 على النحو الموصف في المعيار ETSI TS 103 190-1 v1.3 (2018-02) والمعيار ETSI TS 103 190-2 v1.2.1 (2018-02)؛
- النموذج القليل التعقيد السمعي ثلاثي الأبعاد للنظام MPEG-H على النحو الموصف في المعيار ISO/IEC 23008-3:2019.
- تشفير DTS-UHD على النحو الموصف في المعيار ETSI TS 103 491 v1.1.1 (2017-04).

الملاحظة 1 – يعتبر التشفير HE AAC الموسع مجموعة فوقية تتضمن MPEG-4 HE AAC v2 وHE AAC وAAC LC وأكثر مرونة منها، ويشمل تشفير MPEG-D الموحد للكلام والصوت (USAC).

الملاحظة 2 – يعتبر التشفير E-AC-3 مجموعة فوقية أكثر مرونة لتشفير AC-3.

الملاحظة 3 – تشمل مواصفات النظام AC-4 والنموذج القليل التعقيد السمعي ثلاثي الأبعاد للنظام MPEG-H وتشفير DTS-UHD القدرات الكفيلة بدعم النظام الصوتي المتقدم الموصف في التوصية ITU-R BS.2051، وينبغي للمستخدمين الرجوع إلى التوصية ITU-R BS.1548 من أجل امتثال الكودكات؛

2 باستعمال واحد من الأنظمة التالية للتشفير السمعي منخفض معدلات البتات بالنسبة لتطبيقات البث الإذاعي الرقمي الصوتي أو التلفزيوني، عندما يتعين وجود توافق مع الإرسالات والمعدات التقليدية:

- النظام MPEG-1، الطبقة II على النحو الموصف في المعيار ISO/IEC 11172-3:1993؛
- النظام MPEG-2، الطبقة II بنصف معدل اعتيان على النحو الموصف في المعيار ISO/IEC 13818-3:1998؛
- النظام MPEG-2 ACC-LC أو النظام MPEG-2 AAC-LC بمعدل بتات ثابت على النحو الموصف في المعيار ISO/IEC 13818-7:2006؛
- النظام MPEG-4 AAC-LC على النحو الموصف في المعيار ISO/IEC 14496-3:2009؛
- النظام MPEG-4 HE AAC v2 على النحو الموصف في المعيار ISO/IEC 14496-3:2009؛
- النظام AC-3 على النحو الموصف في المعيار ETSI TS 102 366 (2014-08)؛

الملاحظة 4 – قد يشار إلى المعيار ISO/IEC 11172-3 أحياناً بالمواصفة 13818-3 حيث تتضمن هذه المواصفة المعيار 11172-3 بالإحالة.

الملاحظة 5 – يُشجَّع على دعم تشفير HE AAC الموسع كما هو موصف في المعيار ISO/IEC 23003-3:2012. وهو يشمل كل إصدارات AAC المذكورة أعلاه، مما يضمن التوافق مع أنظمة الإذاعة الجديدة في المستقبل في أنحاء العالم، وكذلك الأنظمة التقليدية منها، التي تعمل بنفس تطبيق مفكك التشفير المفرد؛

3 باستعمال التوسعات السمعية متعددة القنوات الموصوفة في المعيار ISO/IEC 23003-1:2007، في التوسعات متعددة القنوات المتوافقة عكسياً للأنظمة الإذاعية الرقمية التلفزيونية والصوتية؛

الملاحظة 6 – حيث إن تكنولوجيا MPEG المحيطية الموصوفة في المعيار ISO/IEC 23003-1:2007 مستقلة عن تكنولوجيا الانضغاط (المشفر الأساسي) المستعملة في إرسال الإشارة المتوافقة عكسياً، فإنه يمكن استعمال أدوات التحسين متعدد القوات الموصوفة بالاشتراك مع أي نظام تشفير من الأنظمة الموصى بها في الفقرتين 1 و2 من *توصي*؛

4 بأنه يمكن استعمال أحد مخططات التشفير التالية في وصلات التوزيع والمساهمة بمعدل البتات التالي كحد أدنى لكل إشارة سمعية (أي لكل إشارة غير مجسمة أو لكل توليفة من إشارة مجسّمة مشفرة بصورة مستقلة) مع استبعاد البيانات المساعدة:

– MPEG-1، الطبقة II، على النحو المنصوص عليه في المعيار ISO/IEC 11172-3، بمعدل بتات 180 kbit/s كحدٍ أدنى لكل إشارة سمعية غير مجسمة؛

– MPEG-4 AAC، على النحو المنصوص عليه في المعيار ISO/IEC 14496-3، بمعدل بتات 144 kbit/s كحدٍ أدنى لكل إشارة سمعية غير مجسمة في حالة خمس تسلسات على الأكثر؛

– نسق AC-4 على النحو الموصف في المعيارين ETSI TS 103 190-1 v1.3.1 (2018-02) و ETSI TS 103 190-2 v1.2.1 (2018-02) بمعدل بتات لا يقل عن 128 kbit/s لكل إشارة سمعية غير مجسمة في حالة خمس تسلسات على الأكثر؛

– نسق MPEG-H 3D السمعي على النحو الموصف في المعيار ISO/IEC 23008-3 بمعدل بتات لا يقل عن 144 kbit/s لكل إشارة سمعية غير مجسمة في حالة خمس تسلسات على الأكثر؛

5 بأنه يمكن استعمال مخطط التشفير ISO/IEC 11172-3، الطبقة III، في وصلات التعليق، بمعدل بتات 60 kbit/s كحد أدنى مع استبعاد البيانات المساعدة للإشارات غير المجسمة وبمعدل بتات 120 kbit/s كحد أدنى مع استبعاد البيانات المساعدة للإشارات المجسمة التي تستعمل تشفير مجسم مشترك؛

6 بأن يكون تردد الاعتيان للتطبيقات عالية الجودة 48 kHz؛

7 بأن تكون الإشارة المدخلة للمشفر السمعي منخفض معدل البتات بدون تشديد وألا يطبق المشفر أي تشديد على الإشارة،

توصي كذلك

1 بأن يتم الرجوع إلى أحدث نسخة من التوصية ITU-R BS.1548 عند التماس معلومات عن تشكيلات أنظمة التشفير التي ثبت أنها تفي بمتطلبات المستعمِل بالنسبة للجودة وغيرها في عمليات المساهمة والتوزيع والبث؛

2 بأن هناك حاجة إلى مزيد من الدراسات لمتطلبات النظام الصوتي المتقدم الموصف في أحدث نسخة من التوصية ITU-R BS.2051 وأنه ينبغي تحديث هذه التوصية عند الانتهاء من هذه الدراسات.

ملاحظة – يمكن الاطلاع على المعلومات الخاصة بالكودكات الواردة في هذه التوصية في الملحقات من 1 إلى 8.

الملحق 1
(إعلامي)

النظامان MPEG-1 وMPEG-2 للإشارات السمعية في الطبقتين II وIII

1 التشفير

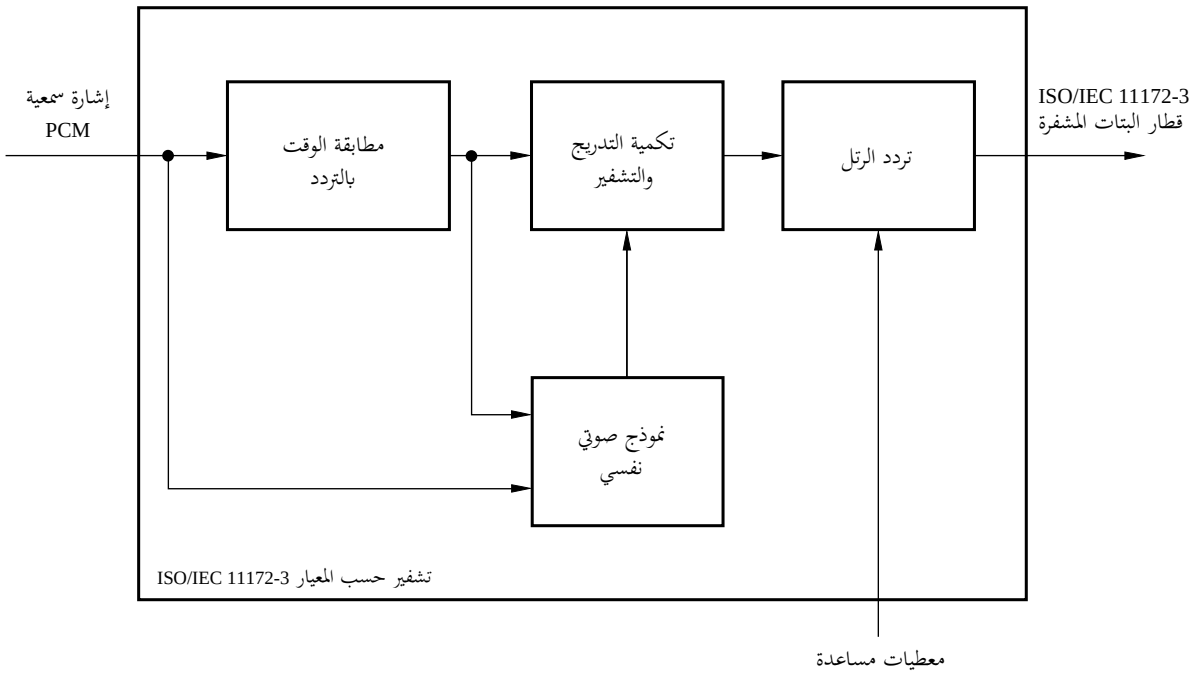
يعالج المشفر الإشارة الصوتية الرقمية ويولد قطار البتات المضغوط. وخوارزمية التشفير غير مقيسة ويمكن أن تستعمل عدة وسائل للتشفير، مثلاً تقدير عتبة الحجب السمعية، والتكمية والتدريج (الملاحظة 1). ومع ذلك، لا بد أن يكون خرج المشفر على نحو يمكن مفكك التشفير المطابق لهذه التوصية من إنتاج إشارة صوتية ملائمة للتطبيق المنشود.

الملاحظة 1 – سيوفر المشفر المطابق للوصف الوارد في الملحقين C وD للمعيار ISO/IEC 11172-3:1993 أدنى مستوى مرض للأداء.

الوصف التالي هو لمشفر نموذجي، كما يبين الشكل 1. ويغذى المشفر بعينات الإشارات الصوتية. وتنتج مقابلة الوقت بالتردد تمثيلاً مرشحاً مجزأ العينات لقطار البتات الصوتي للدخل. وقد تكون العينات المقابلة إما عينات النطاق الفرعي (كما هو الحال في الطبقة الأولى أو الثانية، انظر أدناه) أو عينات النطاق الفرعي المحولة (كما في الطبقة الثالثة). ويولد نموذج صوتي نفسي، باستعمال تحويل فوريه السريع على التوازي مع مقابلة زمن الإشارة الصوتية بترددها، مجموعة معطيات للتحكم في التكمية والتشفير. وتختلف هذه المعطيات حسب أنماط التنفيذ الفعلية للمشفر. وتتمثل إمكانية في استعمال تقدير لعتبة الحجب للتحكم في المكمم. وتولد فدرة التدريج والتكمية والتشفير مجموعة من رموز التشفير انطلاقاً من عينات الدخل المحولة. وفي هذه الحالة، تتوقف هذه الفدرة على نظام التشفير أيضاً. وتجمع فدرة "ترزيم الرتل" قطار البتات الفعلي للطبقة المختارة من بين معطيات الخرج للفدرات الأخرى (مثلاً معطيات توزيع البتات، وعوامل المقايسة، وعينات النطاق الفرعي المشفرة) وتضيف معلومات أخرى في مجال المعطيات المساعدة (مثلاً الحماية من الأخطاء) عند الاقتضاء.

الشكل 1

مخطط وظيفي لمشفر نموذجي



BS.1196-01

2 الطبقات

يمكن استعمال طبقات مختلفة لنظام التشفير مع زيادة درجة التعقد والأداء حسب التطبيق.

الطبقة I: تتضمن هذه الطبقة التحويل الأساسي للمدخلات الصوتية الرقمية بمقدار 32 نطاقاً فرعياً، وتجزئةً ثابتةً لتدميث المعطيات في شكل فدرات، ونموذجاً صوتياً نفسياً يسمح بتحديد التوزيع التكييفي للبتات وبالتكمية عن طريق استعمال الانضغاط والتمديد وتدميث الفدرات. ويمثل رتل الطبقة الأولى 384 عينة لكل قناة.

الطبقة II: توفر هذه الطبقة تشفيراً إضافياً لتوزيع البتات، وعوامل المقايسة، والعينات. يمثل رتل الطبقة الثانية $3 \times 384 = 1\,152$ عينة لكل قناة.

الطبقة III: تدخل هذه الطبقة استبانة ترددية أعلى تقوم على مجموعة مراشيح هجينة (مجموعة من 32 مرشاحاً للنطاق الفرعي مع تحويل جيبي مستقل ومتغير الطول). وتضيف مكمماً غير منتظم، وتجزئةً تكييفيةً، وتشفيراً إنتروبياً للقيم المكممة. ويمثل رتل الطبقة II 1 152 عينة لكل قناة.

هناك ثلاث طرائق ممكنة لكل طبقة من تلك الطبقات:

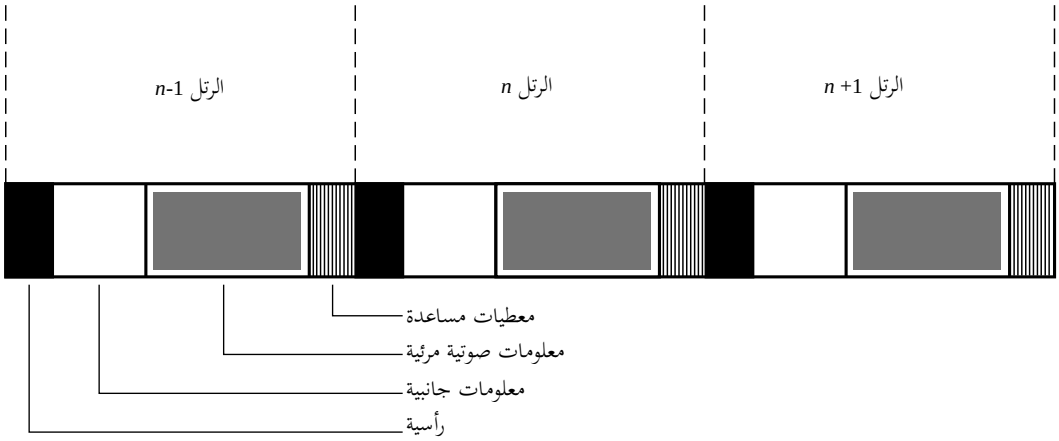
- قناة وحيدة؛
- قناة مزدوجة (إشارتان صوتيتان مستقلتان مشفرتان داخل قطار واحد للبتات، تطبيق بلغتين مثلاً)؛
- مجسم (الإشارتان اليسارية واليمينية لزوج مجسم داخل قطار بتات واحد)؛
- مجسم مركب (الإشارتان اليسارية واليمينية لزوج مجسم داخل قطار واحد للبتات مع استغلال الاختلاف والإطناب المجسمين). ويمكن استعمال الطريقة المجسمة المشتركة لرفع النوعية الصوتية عند معدلات بتات منخفضة و/أو لخفض معدل البتات من أجل الإشارات المجسمة.

3 نسق قطار البتات المشفرة

يقدم الشكلان التاليان صورة شاملة عن قطارات البتات للمعيار ISO/IEC 11172-3، حيث يبين الشكل 2 قطارات البتات في الطبقة II ويبين الشكل 3 قطارات البتات في الطبقة III. ويتكون قطار البتات المشفرة من أرتال متتالية. حيث يتضمن الرتل المجالات التالية حسب الطبقة:

الشكل 2

نسق قطار البتات للطبقة II للمعيار ISO/IEC 11172-3



الطبقة II:

العنوان: جزء من قطار البتات يتضمن المعلومات المتعلقة بالتزامن والحالة؛

المعلومات الجانبية: جزء من قطار البتات يتضمن المعلومات المتعلقة بتوزيع البتات وعامل التدريج؛

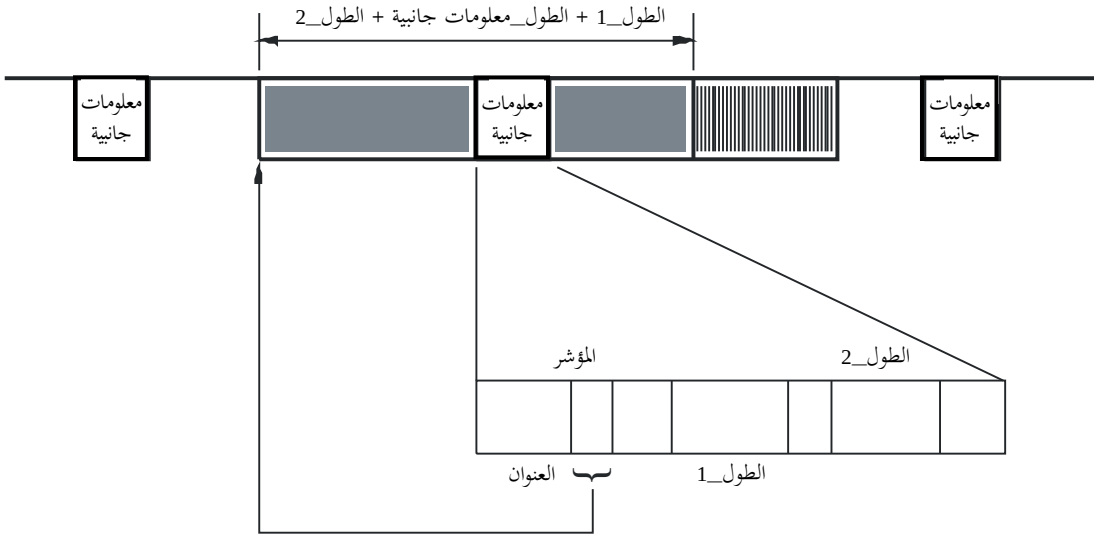
المعلومات الصوتية الرئيسية: جزء من قطار البتات يتضمن عينات النطاق الأساسي المشفرة؛

المعطيات المساعدة: جزء من قطار البتات يتضمن المعطيات التي يحددها المستعمل.

BS.1196-02

الشكل 3

نسق قطار البتات الخاص بالطبقة III للمعيار ISO/IEC 11172-3



الطبقة III:

المعلومات الجانبية (SI): جزء من قطار البتات يتضمن العنوان والمؤشر والطول_1 والطول_2 والمعلومات المتعلقة بعامل التدريج، إلخ.؛

العنوان: جزء من قطار البتات يتضمن المعلومات المتعلقة بالتزامن والحالة؛

المؤشر: يبين بداية المعلومات الصوتية الرئيسية؛

الطول_2: طول الجزء الأول من المعلومات الصوتية الرئيسية؛

الطول_2: طول الجزء الثاني من المعلومات المتعلقة بالمعطيات الصوتية الرئيسية؛

المعلومات الصوتية الرئيسية: جزء من قطار البتات يتضمن الإشارات الصوتية المشفرة؛

المعطيات المساعدة: جزء من قطار البتات يتضمن المعطيات التي يحددها المستعمل.

BS.1196-03

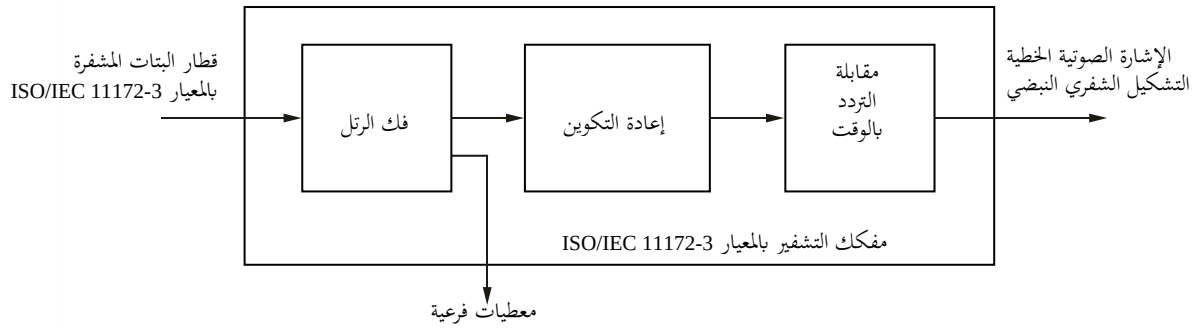
4 فك التشفير

يقبل مفكك التشفير قطار البتات الصوتية الموجود في قواعد التركيب والمحدد في المعيار ISO/IEC 11172-3، ويفك تشفير عناصر المعطيات ويستعمل المعلومات لإنتاج الإشارة الصوتية الرقمية للخرج.

يغذى مفكك التشفير بواسطة المعطيات المتصلة بقطار البتات الصوتي. وتقوم عملية إزالة ترزيم الرتل وفك تشفير قطار البتات بكشف الأخطاء بشكل اختياري إذا كان المشفر مجهز بآلية تصحيح الأخطاء. ويزال ترزيم قطار البتات لاسترجاع عناصر المعلومات المختلفة كعنوان القطار الصوتي، وتوزيع البتات، وعامل التدريج، والعينات المقابلة والمعطيات المساعدة على أساس اختياري. وتقوم عملية إعادة التكوين بإعادة تكوين الصيغة المكماة لمجموعة العينات المقابلة. وتحول المطابقة بين التردد والزمن هذه العينات المطابقة مرة أخرى إلى عينات صوتية خطية بالتشكيل الشفري النبضي.

الشكل 4

المخطط الوظيفي لمفكك التشفير



BS.1196-04

الملحق 2
(إعلامي)

الإشارات السمعية المشفرة بالتشفير الصوتي المتقدم بالمخططين MPEG-2 وMPEG-4

1 مقدمة

يصف المعيار ISO/IEC 13818-7 المعايير الصوتية غير المتوافقة رجعياً للصيغة 2 لفريق الخبراء السينمائيين المسماة MPEG-2 التشفير الصوتي المتقدم (AAC)، وهو معيار متعدد القنوات أرقى نوعية مما يمكن بلوغه عند اقتضاء التوافق الرجعي مع الصيغة 1 لفريق الخبراء السينمائيين.

ويتألف نظام التشفير الصوتي المتقدم (AAC) من ثلاثة نماذج لإتاحة التناوب بين الذاكرة المطلوبة وقدرة المعالجة ونوعية الصوت:

– *النموذج الرئيسي*

يقدم النموذج الرئيسي أرقى نوعية صوتية بأي معدل بيانات. ويمكن استعمال جميع الأدوات باستثناء التحكم في الكسب لتقديم نوعية صوتية رفيعة. وهو يتطلب ذاكرة وقدرة معالجة أكبر مما يتطلب النموذج القليل التعقد (LC). ويستطيع مفكك تشفير النموذج الرئيسي أن يفك تشفير قطار بتات مشفر بالنموذج القليل التعقد.

– *النموذج القليل التعقد (LC)*

يتطلب النموذج القليل التعقد ذاكرة وقدرة معالجة أقل مما يتطلبه النموذج الرئيسي مع بقاء نوعية الأداء عالية. والنموذج القليل التعقد ليس له متنبئ وأداة التحكم في الكسب محدودة لكن بنظام التشكيل الزمني للضوضاء (TNS).

– *نموذج معدل الاعتيان المتدرج (SSR)*

يمكن أن يقدم نموذج معدل الاعتيان المتدرج إشارة ترددية قابلة للتكييف من حيث التردد باستعمال أداة تحكم في الكسب. وهو يتيح اختيار نطاقات تردد لفك التشفير وبذلك يمكن مفكك التشفير من استعمال عدد محدود من المعدات. فلفك تشفير أدنى نطاق تردد على تردد الاعتيان 48 kHz مثلاً يستطيع مفكك التشفير أن يعيد إنتاج إشارة صوتية بعرض نطاق يبلغ 6 kHz بالحد الأدنى من تعقد فك التشفير.

ويدعم نظام التشفير الصوتي المتقدم 12 نوعاً من ترددات الاعتيان تتراوح بين 8 و96 kHz، كما هو مبين في الجدول 1، وحتى 48 قناة صوتية. ويبين الجدول 2 التشكيلات النظرية للقنوات، التي تشمل القناة المفردة والقناة المزدوجة والخمس قنوات (ثلاث أمامية وقناتان خلفيتان) وخمس قنوات مضافاً إليها قناة لمؤثرات الترددات المنخفضة (LFE) (عرض النطاق < 200 Hz)، إلخ. وعلاوة على هذه التشكيلات الاسمية يمكن تحديد عدد مكبرات الصوت في كل موقع (في الأمام وعلى الجانبين وفي الخلف)، وهذا يتيح ترتيب مكبرات الصوت المتعددة القنوات بصورة مرنة. كما تدعم مهمة تحويل النظام المتعدد القنوات إلى نظام مجسم بسيط ("المزج الهابط"). ويستطيع المستعمل في الواقع أن يحدد مكافئاً لتحويل الإشارات الصوتية المتعددة القنوات إلى قناتين. ولذا يمكن التحكم في نوعية الصوت باستعمال جهاز قراءة يضم قناتين فقط.

الجدول 1

ترددات الاعتيان المدعمة

تردد الاعتيان (Hz)
96 000
88 200
64 000
48 000
44 100
32 000
24 000
22 050
16 000
12 000
11 025
8 000

الجدول 2

التشكيلات الاسمية للقنوات [1]

القيمة[2]	عدد مكبرات الصوت	العناصر الصوتية اللغوية مدرجة بالترتيب الذي وردت به	العنصر النظري في تحديد أماكن مكبرات الصوت[3]	اسم القناة المحدد في التوصية ITU-R BS.775 أو BS.2051[4]
1	1	single_channel_element	M+000	أحادية
2	2	channel_pair_element	M+030، M-030	يسرى، يمنى
3	3	single_channel_element()	M+000	مركزية
		channel_pair_element()	M+030، M-030	يسرى، يمنى
4	4	single_channel_element()	M+000	مركزية
		channel_pair_element()	M+030، M-030	يسرى، يمنى
		single_channel_element()	M+180	محيطية أحادية
5	5	single_channel_element()	M+000	مركزية
		channel_pair_element()	M+030، M-030	يسرى، يمنى
		channel_pair_element()	M+110، M-110	محيطية يسرى، محيطية يمنى
6	1 + 5	single_channel_element()	M+000	مركزية
		channel_pair_element()	M+030، M-030	يسرى، يمنى
		channel_pair_element()	M+110، M-110	محيطية يسرى، محيطية يمنى
		lfe_element()	LFE1	تتأثر بالتردد المنخفض
7	1 + 7 أمامية	single_channel_element()	M+000	2*N/A
		channel_pair_element()	M+030، M-030	
		channel_pair_element()	M+045، M-045	
		channel_pair_element()	M+110، M-110	
		lfe_element()	LFE1	
10-8	-	–	محجوزة	
11	1 + 6	single_channel_element()	M+000	N/A
		channel_pair_element()	M+030، M-030	
		channel_pair_element()	M+110، M-110	
		single_channel_element()	M+180	
		lfe_element()	LFE1	
12	1 + 7 خلفية	single_channel_element()	M+000	مركزية
		channel_pair_element()	M+030، M-030	يسرى، يمنى
		channel_pair_element()	M+090، M-090	محيطية جانبية يسرى، محيطية جانبية يمنى
		channel_pair_element()	M+135، M-135	محيطية خلفية يسرى، محيطية خلفية يمنى
		lfe_element()	LFE1	تتأثر بالتردد المنخفض

الجدول 2 (تتمة)

القيمة[2]	عدد مكبرات الصوت	العناصر الصوتية اللغوية مدرجة بالترتيب الذي وردت به	العنصر النظري في تحديد أماكن مكبرات الصوت[3]	اسم القناة المحدد في التوصية ITU-R BS.775 أو BS.2051[4]
13	2 + 22	single_channel_element()	M+000	مركزية أمامية
		channel_pair_element()	M+030، M-030	مركزية يسرى أمامية، مركزية يمنى أمامية
		channel_pair_element()	M+060، M-060	يسرى أمامية، يمنى أمامية
		channel_pair_element()	M+090، M-090	يسرى جانبية، يمنى جانبية
		channel_pair_element()	M+135، M-135	يسرى خلفية، يمنى خلفية
		single_channel_element()	M+180	مركزية خلفية
		lfe_element()	LFE1	تتأثر بالتردد المنخفض–1
		lfe_element()	LFE2	تتأثر بالتردد المنخفض–2
		single_channel_element()	U+000	مركزية أمامية علوية
		channel_pair_element()	U+045، U-045	يسرى أمامية علوية، يمنى أمامية علوية
		channel_pair_element()	U+090، U-090	يسرى جانبية علوية، يمنى جانبية علوية
		single_channel_element()	T+000	مركزية علوية
		channel_pair_element()	U+135، U-135	يسرى خلفية علوية، يمنى خلفية علوية
		single_channel_element()	U+180	مركزية خلفية علوية
		single_channel_element()	B+000	مركزية أمامية سفلية
		channel_pair_element()	B+045، U-045	يسرى أمامية سفلية، يمنى أمامية سفلية
14	1 + 7 علوية	single_channel_element()	M+000	مركزية
		channel_pair_element()	M+030، M-030	يسرى، يمنى
		channel_pair_element()	M+110، M-110	محيطية يسرى، محيطية يمنى
		lfe_element()	LFE1	تتأثر بالتردد المنخفض
		channel_pair_element()	U+030، U-030	أمامية علوية يسرى، أمامية علوية يمنى
15	–	–	محجوزة	–

(1) القائمة مقتبسة من الجدول 19.1 بالمعيار ISO/IEC 14496-3:2009/التعديل 4:2013.

(2) تبين تشكيلة قناة الخرج السمعي بحقل من أربع بتات يحمل قيمة تشكيلة القناة كما هو محدد في المعيار ISO/IEC 23001-8: 2013 "تشفير نقاط التشفير المستقلة"، ويطبق المعيار MPEG-2 على قيم تشكيلات القناة حتى 7. ويطبق المعيار MPEG-4 AAC على قيم تشكيلات القناة حتى 15.

(3) مكبرات الصوت محددة بوسوم طبقاً للتوصية ITU-R BS.2051.

(4) يرجى العلم بأن وسوم القنوات وأسماءها تعتمد على التشكيلة الفعلية للقناة.

(5) N/A: لا ينطبق، تشكيلة القناة غير متاحة في التوصية ITU-R BS.2051 والتوصية ITU-R BS.775.

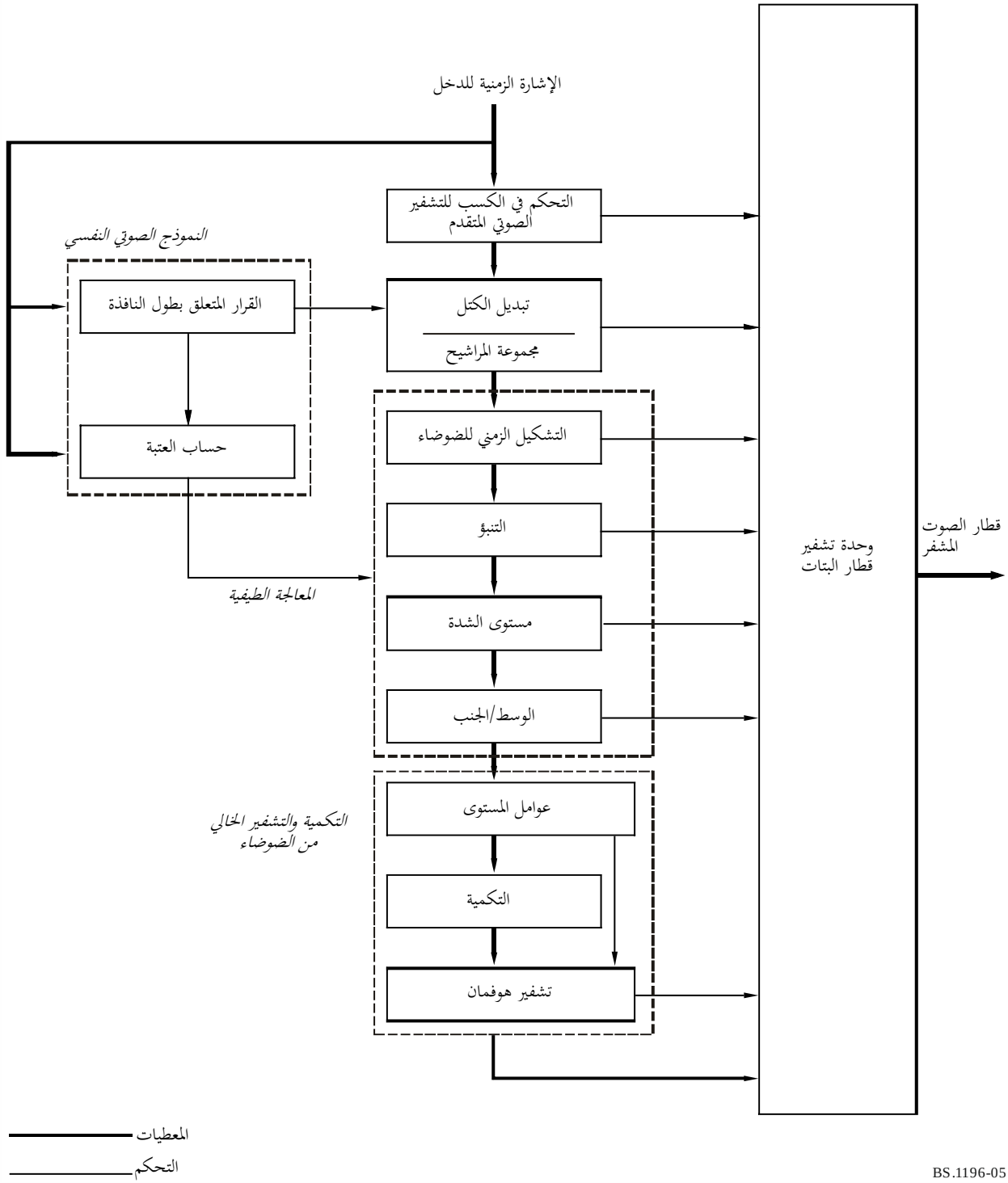
2 التشفير

يبين الشكل 5 التكوين الأساسي لجهاز التشفير الصوتي المتقدم بالصيغة الثانية لفريق الخبراء السينمائيين (MPEG-2 AAC). ويتألف نظام التشفير الصوتي المتقدم من أدوات التشفير التالية:

- التحكم في الكسب: يقسم التحكم في الكسب إشارة الدخل إلى أربعة نطاقات تردد تفصل بينها مسافات متساوية. ويستعمل التحكم في الكسب لنموذج المعدل المتدرج لاعتيان (SSR).
- جهاز ترشيح: جهاز محول إلى جيب تمام معدل منفصل (MDCT)، يحلل إشارة الدخل إلى أشعة طيفية تؤخذ من عيناتها عينة بتحليل طيفي يبلغ 23 Hz وتحليل زمني يبلغ 21,3 ms (128 شعاعاً طيفياً) أو بتحليل ترددي يبلغ 187 Hz وتحليل زمني قدره 2,6 ms (1 024 شعاعاً طيفياً) بمعاينة تبلغ 48 kHz. ويختار شكل النافذة من بين شكلين بديلين.
- التشكيل الزمني للضوضاء (TNS): بعد التحليل بجهاز الترشيح تجرى عملية التشكيل الزمني للضوضاء. وتمكن هذه التقنية المشفر من التحكم في التركيب الزمني الدقيق لضوضاء التكمية.
- التشفير المجسم M/S (المنتصف/الجنب) والتشفير المجسم بشدة: فيما يتعلق بالإشارات الصوتية المتعددة القنوات يمكن استعمال التشفير المجسم بشدة والتشفير المجسم M/S. وفي حالة التشفير المجسم بشدة لا يرسل إلا القناع الطيفي لخفض المعلومات المرسلة مباشرة. وفي حالة التشفير المجسم M/S المجموع العادي (ترمز M إلى الوسط) وإشارات الفرق الاختلاف (ترمز S إلى الجنب) بدلاً من الإشارتين اليمينية واليسارية الأصليتين.
- التنبؤ: لخفض تكرار إشارات المحطة يتنبأ المرء بالحيز الزمني بين الأشعة الطيفية المعاينة من عينات الأرتال المتتابعة.
- التكمية والتشفير الخالي من الضوضاء: تعتمد أداة التكمية على استعمال مكمى غير منتظم بمعدل 1,5 dB. ويجري تطبيق تشفير هوفمان على الطيف المكمى على عوامل ذات مستويات مختلفة وعلى المعلومات التوجيهية.
- وحدة تشكيل قطار البتات: أخيراً يستعمل وحدة لتشكيل قطار البتات لمضاعفة قطار البتات الذي يتألف من مكافئات طيفية مكماة ومشفرة ومعلومات إضافية واردة من كل أداة.
- النموذج السمعي النفسي: تحسب عتبة الحجب الفعلية بنموذج صوتي نفسي اعتباراً من إشارة الدخل. ويكون النموذج الصوتي النفسي مماثلاً للنموذج الصوتي النفسي 2 وفقاً للمعيار ISO/IEC 11172-3. وتستعمل علاقة بين الإشارة والحجب محسوبة على أساس عتبة الحجب ومستوى إشارة الدخل خلال عملية التكمية للحد من ضوضاء التكمية المسموعة واختيار أداة تشفير مناسبة.

الشكل 5

مخطط وظيفي لجهاز للتشفير الصوتي المتقدم بالصيغة 2 لفريق الخبراء السينمائيين

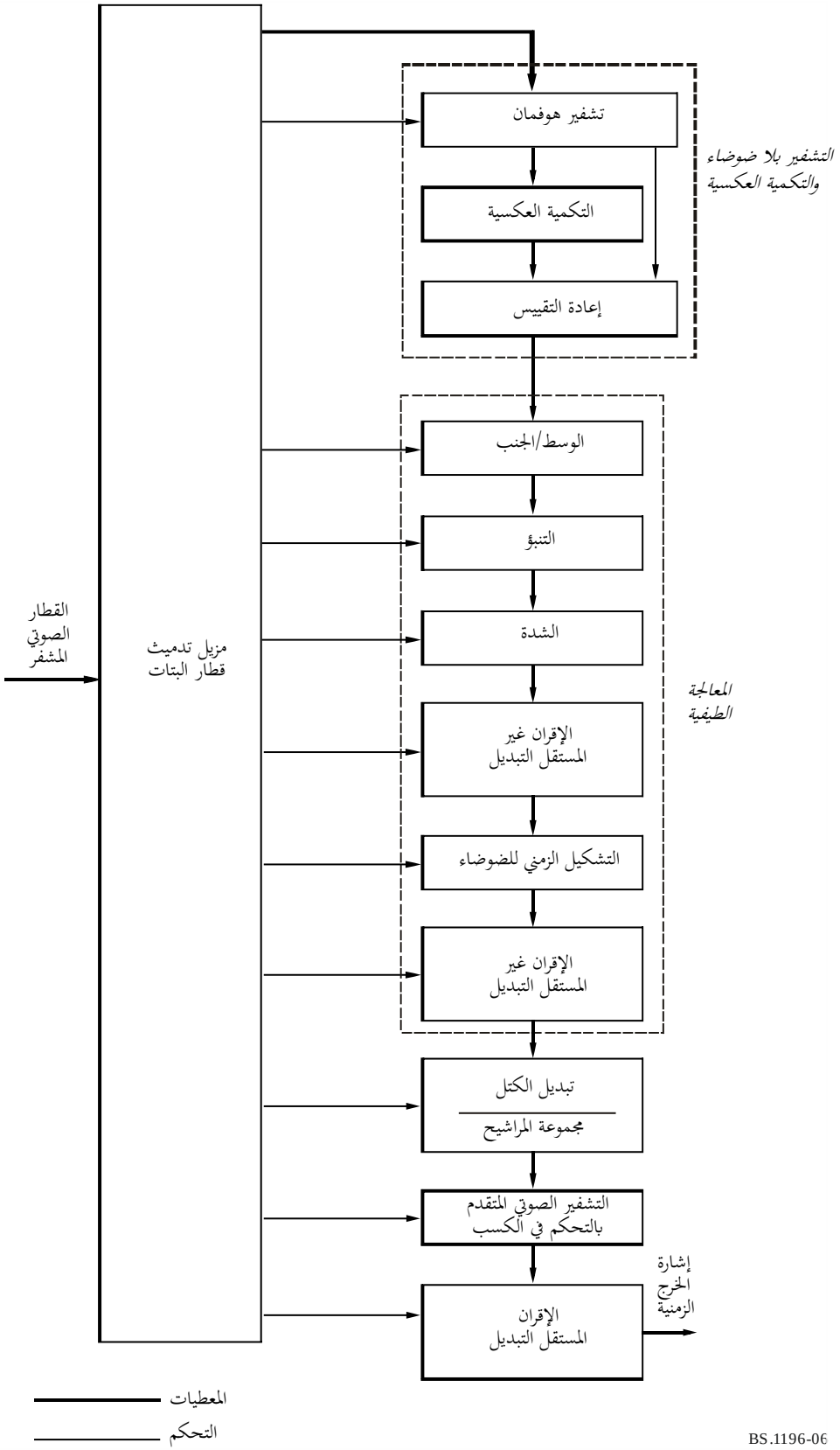


3 فك التشفير

يبين الشكل 6 الهيكل الأساسي لجهاز فك التشفير الصوتي المتقدم حسب الصيغة 2 لفريق الخبراء السينمائيين. وتتمثل عملية فك التشفير أساساً في عكس عملية التشفير.

الشكل 6

مخطط جهاز لفك التشفير الصوتي المتقدم بالصيغة 2 لفريق الخبراء السينمائيين

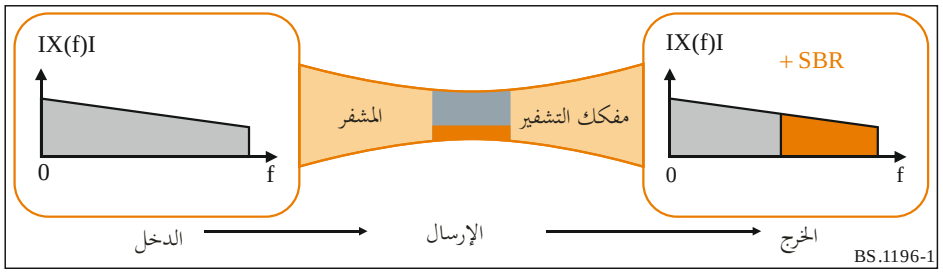


ويتمثل عمل مفكك التشفير في إيجاد وصف للأطياف الصوتية المكماة في قطار البتات وفك تشفير القيم المكماة والمعلومات الأخرى المتصلة بإعادة التكوين، إعادة تكوين الأطياف المكماة ومعالجة الأطياف المعاد تكوينها، وذلك بأي أدوات عاملة في قطار البتات للحصول على أطياف الإشارة الحقيقية الوارد وصفها في قطار بتات الدخل، وأخيراً تحويل المجال الطيفي إلى مجال زمني بواسطة أو بدون أداة اختيارية للتحكم في الكسب. وبعد العملية الأولى لإعادة التكوين وتحديد حجم إعادة تكوين الأطياف توجد أدوات اختيارية كثيرة تكيف طيف واحد أو أكثر من الأطياف لإنتاج تشفير أكفأ. ولكل أداة من الأدوات الاختيارية التي تعمل في المجال الطيفي، ويبقى على خيار "المرور"، وفي جميع الحالات فإنه حيثما تحذف عملية طيفية ترسل الأطياف مباشرة عند إدخالها إلى الأداة دون تعديل.

4 التشفير الصوتي المتقدم عالي الكفاءة واستنساخ النطاق الطيفي

يطرح التشفير الصوتي المتقدم عالي الكفاءة (HE AAC) استنساخ النطاق الطيفي (SBR). وهذه التكنولوجيا (SBR) عبارة عن طريقة للتشفير عالي الكفاءة للترددات العالية في خوارزميات الانضغاط السمعي. وهي توفر أداءً أفضل للكودكات السمعية وكودكات الكلام ذات معدلات البتات المنخفضة عن طريق إما زيادة عرض النطاق السمعي عند معدل معين للبتات أو تحسين كفاءة التشفير عند مستوى معين للجودة.

ولا يتم تشفير وإرسال إلا الجزء الأدنى من طيف التردد. وهو جزء الطيف الأكثر إدراكاً بالأذن البشرية. وبدلاً من إرسال الجزء الأعلى من الطيف، تستعمل تكنولوجيا SBR كعملية فك تشفير لاحق لإعادة تشكيل الترددات الأعلى استناداً إلى تحليل للترددات الأدنى المرسلة. ويتم ضمان إعادة التشكيل الدقيقة للترددات من خلال إرسال المعلمات المتعلقة بالاستنساخ SBR في قطار البتات المشفر بمعدل بتات منخفض جداً.

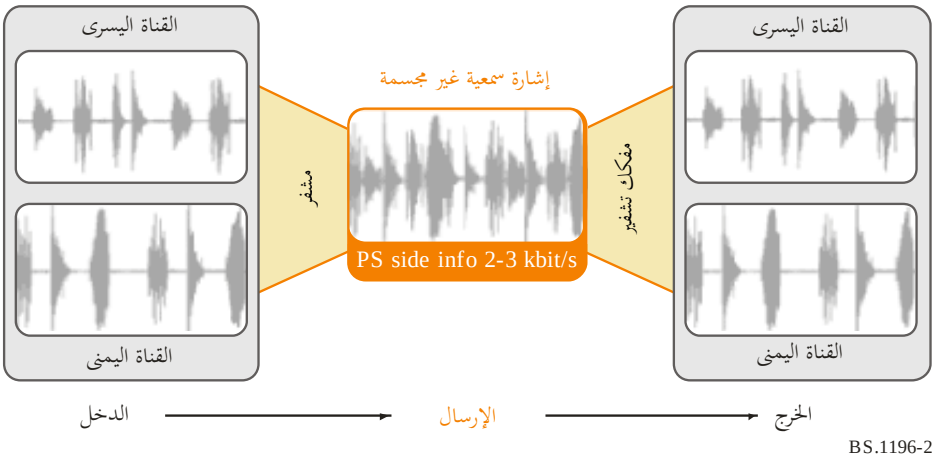


وقطار بتات التشفير HE AAC يعتبر تحسيناً لقطار بتات الإشارات السمعية ذات التشفير السمعي المتقدم (AAC). وتُدمج البيانات الإضافية SBR في عنصر ملء التشفير AAC، بما يضمن التوافق مع معيار AAC. وتكنولوجيا التشفير HE AAC عبارة عن نظام ذي معدلين. ويعمل قطار بتات الإشارات السمعية AAC العادي المتوافق عكسياً بنصف معدل اعتيان التحسين SBR، بحيث ينتج أي مفكك تشفير AAC غير مزود بإمكانية فك تشفير بيانات التحسين SBR إشارة خرج زمنية بمعدل اعتيان يساوي نصف معدل الإشارات التي ينتجها مفكك التشفير HE AAC.

5 الإصدار 2 من التشفير HE AAC والصوت المجسم المعلمي

يعتبر الإصدار 2 من التشفير HE AAC بمثابة تمديد للتشفير HE AAC ويطرح الصوت المجسم المعلمي لزيادة كفاءة الانضغاط السمعي لإشارات الصوت المجسم ذات معدل البتات المنخفض.

ويقوم المشفر بتحليل الإشارة الصوتية المجسمة وينتج تمثيلاً معلمياً للصورة المجسمة. وهنا لا يوجد ما يدعو إلى إرسال القناتين ولا يشفر إلا تمثيل سمعي غير مجسم للإشارة الصوتية المجسمة الأصلية. وترسل هذه الإشارة جنباً إلى جنب مع المعلمات اللازمة لإعادة إنتاج الصورة المجسمة.



ونتيجةً لذلك، تكون الجودة السمعية المدركة لقطار بتات صوتي بمعدل بتات منخفض (24 kbit/s، مثلاً) يتضمن صوت مجسم معلمي أكبر بكثير مقارنة بجودة قطار مماثل لا يتضمن الصوت المجسم المعلمي.

ويتم بناء قطار البتات ذي الإصدار 2 من التشفير HE AAC على قطار بتات بتشفير HE AAC. وتُدمج البيانات الإضافية للصوت المجسم المعلمي في عنصر تمديد SBR للقطار HE AAC غير المجسم بما يضمن التوافق مع التشفير HE AAC فضلاً عن التشفير AAC.

والمشفر HE AAC غير المجهز بإمكانية تفكيك شفرة التحسين باستعمال الصوت المجسم المعلمي ينتج إشارة خرج غير مجسمة في كامل عرض النطاق. ومفكك التشفير AAC العادي، غير المجهز بإمكانية تفكيك شفرة بيانات التحسين SBR، ينتج إشارة خرج زمنية غير مجسمة بنصف معدل الاعتيان.

الملحق 3
(إعلامي)

الخوارزميات AC-3 وE-AC-3 لضغط الإشارات السمعية

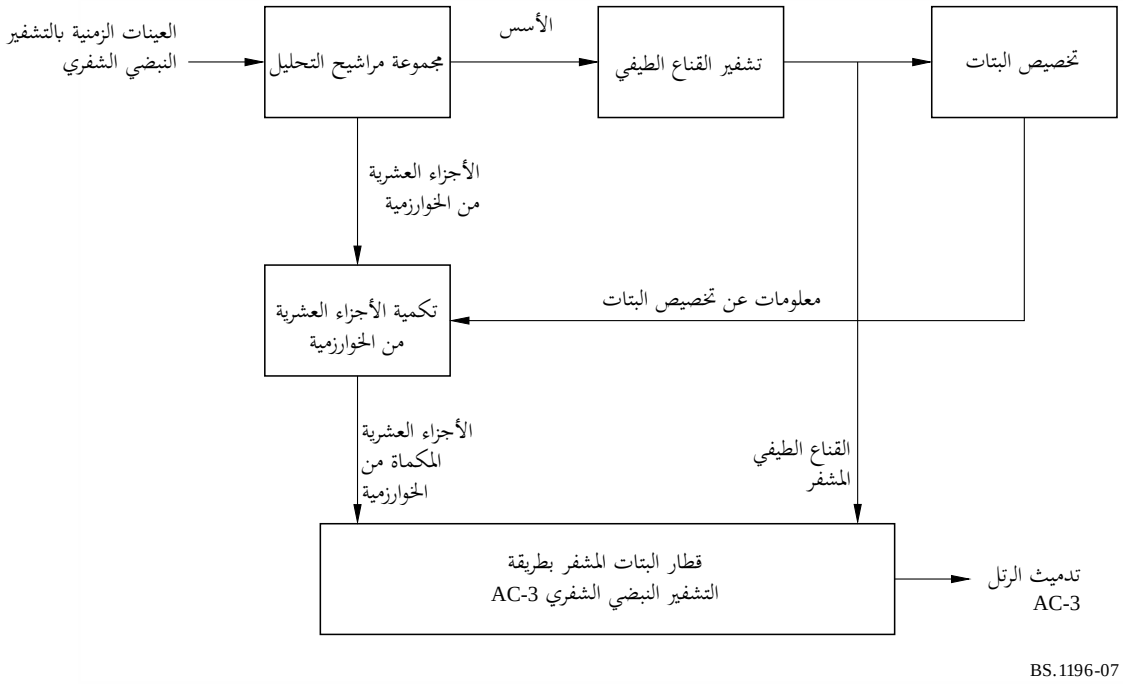
1 التشفير

تستطيع خوارزمية الضغط الرقمي AC-3 تشفير من 1 إلى 5.1 قناة للمصدر الصوتي من تمثيل للتشكيل الشفري النبضي إلى قطار بتات متسلسل بمعدلات بيانات تتراوح بين 32 و640 kbit/s. وتحقق خوارزمية AC-3 كسب تشفير عال (نسبة معدل بتات الدخل إلى معدل بتات الخرج) بالتكمية التقريبية لتمثيل للإشارة الصوتية في مجال التردد. ويبين الشكل 7 مخططاً لهذه العملية. والخطوة الأولى في عملية التشفير هي تحويل تمثيل الصوت من سلسلة من العينات الزمنية لخوارزمية الضغط الرقمي إلى سلسلة كتل من المكافئات الترددية. وهذا يحدث في مجموعة مراشيح التحليل. وتجري مضاعفة الكتل المتراكبة لـ512 عينة زمنية بنافذة زمنية وتحول إلى مجال تردد. وبسبب الكتل المتراكبة تمثل كل عينة دخل لخوارزمية الضغط الرقمي في كتلتين محولتين متتابعتين. ويمكن حينئذ قسمة تمثيل مجال التردد بمعامل 2 حتى تحتوي كل كتلة على 256 مكافئاً ترددياً. وتمثل المكافئات الترددية كل على حدة برمز أسي اثنيني باعتبارها أُساً وجزءاً عشرياً. وتشفر مجموعة الأسس إلى تمثيل تقريبي لطيف الإشارات الذي يسمى بالقناع الطيفي.

ويستعمل هذا القناع الطيفي من جانب روتين التخصيص الأساسي للبتات الذي يحدد عدد البتات التي ينبغي استعمالها لتشفير كل مجموعة أسس. ويدمث كل قناع طيفي ومجموعة أسس لـ6 كتل صوتية (536 1 عينة صوتية) إلى رتل AC-3. وقطار بتات خوارزمية الضغط الرقمي (AC-3) هو سلسلة من الأرتال.

الشكل 7

المشفر بخوارزمية الضغط الرقمي (AC-3)



المشفر الفعلي لخوارزمية الضغط الرقمي هو أكثر تعقداً مما يظهر في الشكل 7. كما يشمل المهام التالية غير المبينة أيضاً أعلاه:

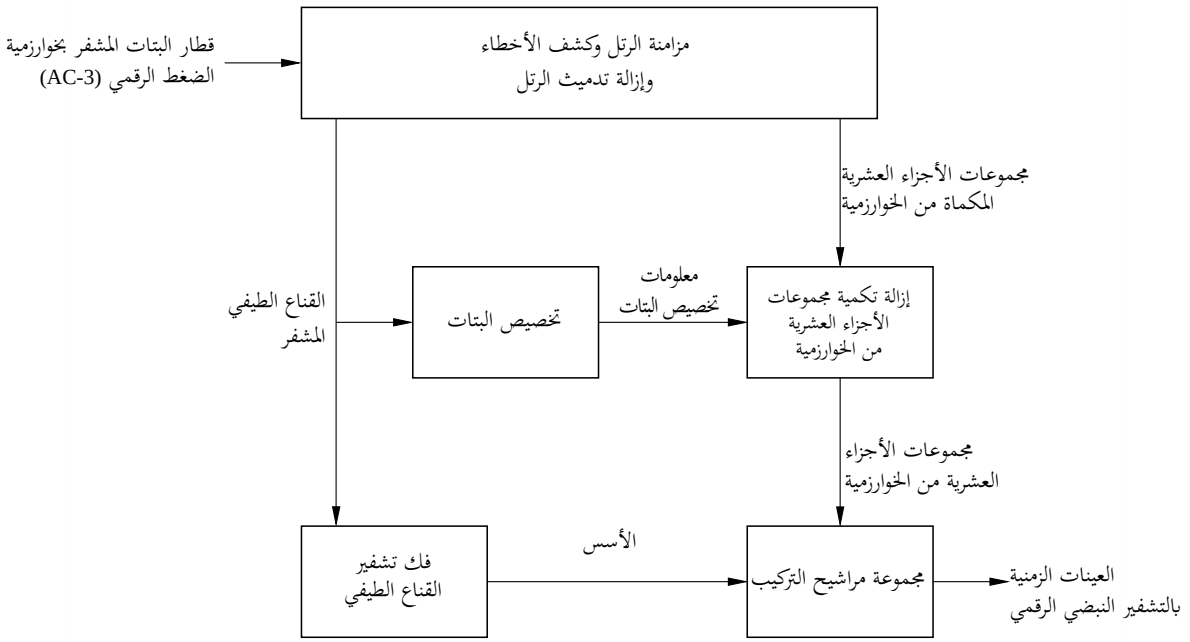
- يلحق عنوان بالرتل يتضمن معلومات (معدل البتات ومعدل البيانات وعدد القنوات المشفرة إلخ.) اللازمة لمزامنة وفك تشفير قطار البتات المشفرة؛
- تدمج شفرات لكشف الأخطاء لتمكين مفكك التشفير من التحقق من أن رتل البيانات الوارد خال من الأخطاء؛
- قد يكون التحليل الطيفي لمجموعة مراشيح التحليل معدل تعديلاً دينامياً لكي يكون أكثر اتفاقاً مع الخاصية الزمنية الترددية لكل كتلة صوتية؛
- قد يكون القناع الطيفي مشفراً بتحليل زمني/ترددي متباين؛
- يمكن إجراء تخصيص أكثر تعقداً للبتات وتعديل روتين التخصيص الأساسي للبتات لإنتاج تخصيص أمثل للبتات؛
- يمكن إقران القنوات بعضها ببعض بترددات عالية لتحقيق كسب أعلى للتشفير للتشغيل بمعدلات بتات أدنى؛
- في النسق المزدوج القناة يمكن إجراء عملية إعادة تصفيف بصورة انتقائية لتوفير كسب إضافي للتشفير، وإتاحة الحصول على نتائج أفضل في حالة فك تشفير إشارة القناتين بمفكك تشفير.

2 فك التشفير

عملية فك التشفير هي أساساً عكس عملية التشفير. فمفكك التشفير، المبين في الشكل 8، يجب أن يتزامن مع قطار البتات المشفر ويبحث عن الأخطاء ويزيل تدميث البيانات بأنواعها المختلفة مثل القناع الطيفي المشفر ومجموعات الأسس المكماة. ويشغل روتين تخصيص البتات وتستعمل النتائج لفك وإزالة تكمية مجموعات الأسس. ويفك تشفير القناع الطيفي لإنتاج الأسس. وتحول الأسس ومجموعات الأسس مرة أخرى إلى المجال الزمني لإنتاج العينات الزمنية بالتشكيل الشفري النبضي بعد أن فكت شفرتها.

الشكل 8

مفكك التشفير بخوارزمية الضغط الرقمي (AC-3)



BS.1196-08

مفكك التشفير الفعلي هو أكثر تعقداً مما هو مبين في الشكل 8. وهو يؤدي المهام التالية التي ليست مبينة أعلاه:

- يمكن إخفاء الأخطاء أو الإسكات في حالة اكتشاف أخطاء البيانات؛
- يجب فصل القنوات، التي قرنت مضامينها في الترددات العالية، بعضها عن بعض؛
- يجب تطبيق إزالة التصفيف (في النسق المزدوج القناة) كلما أعيد تصفيف القنوات؛
- يجب تعديل التحليل التركيبي لمجموعة المراشيح بصورة دينامية بالضبط كما كان حال مجموعة مراشيح التحليل الخاصة بالمشفر خلال عملية التشفير.

3 الخوارزمية E-AC-3

تضيف الخوارزمية AC-3 المحسنة (E-AC-3) العديد من أدوات وخواص التشفير الإضافية على الكودك AC-3 الأساسي الموصوف أعلاه. وتوفر أدوات التشفير الإضافية كفاءة تشفير محسّنة تسمح بالتشغيل عند معدلات بتات أقل، فيما توفر خواص التشفير الإضافية مرونة أكبر في التطبيق.

وفيما يلي أدوات التشفير الإضافية:

- تحويل هجين تكييفي – تستعمل طبقة إضافية في صفيف مراشيح التحليل/التركيب لتوفير استبانة طيفية أدق (1/6 من استبانة الكودك AC-3).
- معالجة الضوضاء المسبقة العابرة – أداة إضافية لخفض الضوضاء المسبقة العابرة.
- التوسع الطيفي – قيام مفكك التشفير بتركيب مكونات التردد العليا استناداً إلى المعلومات التي ينتجها المشفر.
- تحسين الاقتران – معالجة الطور إضافة إلى الاتساع في اقتران القناة.

وفيما يلي الخواص الإضافية:

- تقسيم أدق لمعدل البتات.
- معدل بيانات أقصى أكبر (3 Mbit/s).
- يمكن للقطارات الفرعية حمل قنوات سمعية إضافية، 7,1 chs، مثلاً، أو تسجيلات التعليق.

الملحق 4
(إعلامي)

تكنولوجيا MPEG المحيطة

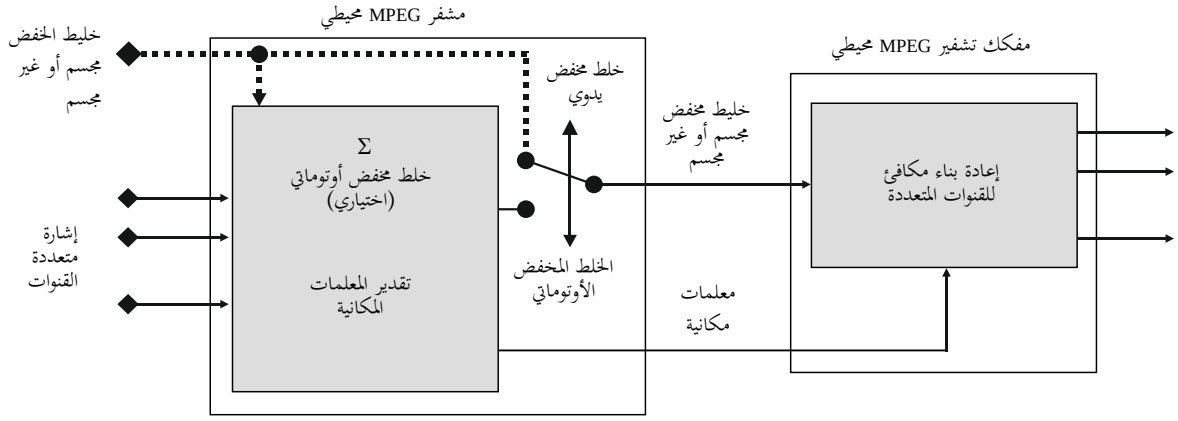
1 مقدمة

يوفر المعيار ISO/IEC 23003-1 أو تكنولوجيا MPEG المحيطة طريقة تتسم بقدر كبير من الكفاءة لتشفير الصوت متعدد القنوات ويسمح بإرسال الصوت المحيط بمعدلات بتات تستعمل على نطاق واسع في تشفير الصوت غير المجسم أو المجسم. وهذا المعيار قادر على تمثيل إشارة صوتية متعددة القنوات بعدد قنوات N استناداً إلى دمج القنوات ليصبح عددها $N > M$ مع بيانات تحكم إضافية. وفي أساليب التشغيل المفضلة، ينتج مشفر الإشارات المحيطة MPEG خليط مخفض غير مجسم أو مجسم من إشارة الدخل الصوتية متعددة القنوات. ويتم تشفير هذا الخليط المنخفض باستعمال كودك سمعي أساسي قياسي، لكل واحد من أنظمة التشفير الموصى بها في الفقرتين 1 و2 من *توصي*. وإضافة إلى الخليط المنخفض، تولد تكنولوجيا MPEG المحيطة وصفاً للمعلمة المكانية للصورة للإشارات السمعية متعددة القنوات تضاف بوصفها قطار بيانات مساعدة إلى الكودك السمعي الأساسي في أسلوب متوافق عكسياً. وستهمل مفككات التشفير التقليدية للصوت غير المجسم أو المجسم البيانات المساعدة وتقوم بتشغيل الخليط المخفض غير المجسم أو المجسم للإشارة السمعية. ومفككات التشفير المجهّزة بهذه التكنولوجيا تقوم أولاً بفك تشفير الخليط المخفض المجسم أو غير المجسم ثم تستعمل معلمات الصورة المكانية المستخلصة من قطار البيانات المساعدة لإنتاج إشارة سمعية متعددة القنوات عالية الجودة.

يبين الشكل 9 المبادئ العامة لتكنولوجيا MPEG المحيطة.

الشكل 9

مبادئ تكنولوجيا MPEG المحيطة، تشفير الخليط المخفض باستعمال كودك سمعي أساسي



ويمكن باستعمال تكنولوجيا MPEG المحيطة، ترقية الخدمات القائمة بسهولة لتوفير الصوت المحيط بأسلوب متوافق عكسياً. ففي حين يهمل مفكك الصوت المجسم في أي جهاز تقليدي حالي للمستهلك بيانات MPEG المحيطة ويشغل إشارة الصوت المجسم بدون أي انحطاط في الجودة، يوفر مفكك التشفير المجهز بتكنولوجيا MPEG المحيطة إشارة سمعية متعددة القنوات عالية الجودة.

2 التشفير

الهدف من المشفر MPEG المحيطي هو تمثيل إشارة دخل متعددة القنوات كإشارة غير مجسمة أو مجسمة متوافقة عكسياً مُدمج فيها معلمات مكانية تتيح إعادة بناء خرج متعدد القنوات يشبه إشارات الدخل متعددة القنوات الأصلية من المنظور الإدراكي. وبخلاف الخلط المخفض المتولد أوتوماتياً، يمكن استعمال خلط مخفض مولد خارجياً ("خلط مخفض عالي الجودة"). ويجب أن يحتفظ الخلط المخفض بالمعلمات المكانية للصوت المدخل.

وتقوم تكنولوجيا MPEG المحيطة على تكنولوجيا الصوت المجسم المعلمي المدمجة مع المخطط HE-AAC ونتج عن هذا الدمج مواصفة المعيار HE-AAC v2. وبدمج العديد من وحدات الصوت المجسم المعلمي وغيرها من الوحدات المطورة حديثاً، تم تعريف بنى متنوعة تدعم توليفات مختلفة لعدد من قنوات الخرج والخلط المنخفض. فعلى سبيل المثال، بالنسبة لإشارة دخل بعدد قنوات 5.1، توجد ثلاثة تشكيلات مختلفة؛ التشكيل الأول للأنظمة القائمة على الخلط المخفض للصوت المجسّم (التشكيل 525) وتشكيلان آخران مختلفان للأنظمة القائمة على الخلط المخفض للصوت غير المجسم (التشكيلان 515_1 و515_2 اللذان يستعملان تسلسلاً مختلفاً للمكونات).

وتضم تكنولوجيا MPEG المحيطة عدداً من الأدوات التي توفر سمات تسمح بتطبيق المعيار على نطاق واسع. ومن السمات الرئيسية لهذه التكنولوجيا القدرة على الارتقاء تدريجياً بالجودة المكانية للصورة بدءاً من البتات الأخرى، أن بإمكان دخل مفكك التشفير التوافق مع التكنولوجيات المحيطة المصفوفة القائمة.

وتتحقق هذه السمات وغيرها من السمات الأخرى عن طريق أدوات التشفير السائدة الحالية:

- التشفير المتبقي: إضافة إلى المعلمات المكانية، يمكن أيضاً نقل الإشارات المتبقية باستعمال تقنية تشفير هجين. وتحل هذه الإشارات محل جزء من الإشارات غير المترابطة (تمثل جزءاً من مكونات الصوت المجسم المعلمي). وتشفر الإشارات المتبقية بتحويل إشارات الميدان QMF إلى الميدان MDCT وبعدها تُشفر معاملات التحويل MDCT باستعمال التشفير AAC.

- توافق المصفوفة: يمكن، بصورة اختيارية، إجراء معالجة مسبقة للخلط المنخفض للصوت المجسم لكي يتوافق مع التكنولوجيات المحيطة المصفوفة التقليدية وذلك لضمان التوافق العكسي مع مفككات التشفير التي يمكنها تشفير قطار البتات المجسم فقط، وإن كانت مجهزة بمفكك تشفير محيطي مصفوفة.
- إشارات الخلط المنخفض الاعتباطي: بمقدر النظام MPEG المحيطي التعامل ليس فقط مع إشارات الخلط المخفض المتولدة في المشفر، ولكن مع إشارات الخلط المخفض الخارجية أيضاً التي تقدم إلى المشفر إضافة إلى الإشارة الأصلية متعددة القنوات.
- التكنولوجيا MPEG المحيطة عبر تشكيل شفري نبضي (PCM): تحمل المعلمات المكانية MPEG المحيطة عادة في جزء البيانات المساعدة من مخطط الانضغاط السمعي الأساسي. وبالنسبة للتطبيقات التي يتم فيها إرسال الخلط المخفض كتشكيل PCM، تدعم التكنولوجيا MPEG المحيطة كذلك طريقة تسمح بحمل المعلمات المكانية عبر قنوات سمعية غير منضغطة. وتُعرَف هذه التكنولوجيا باسم البيانات المدفونة.

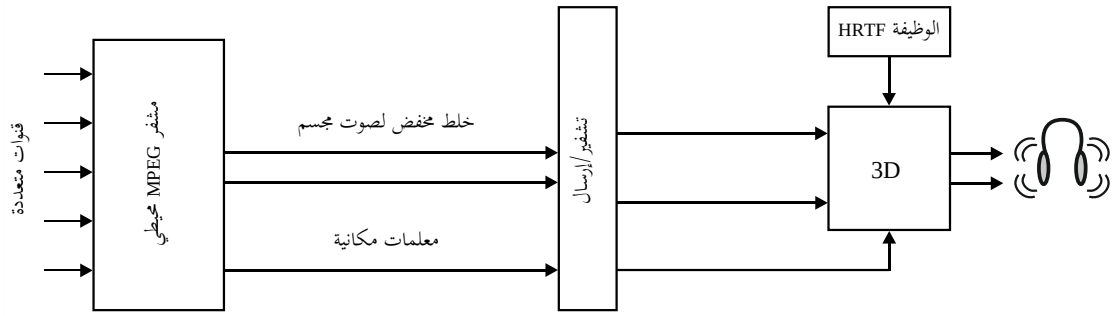
3 فك التشفير

إلى جانب تحويل الخرج إلى خرج متعدد القنوات، يدعم المشفر المحيطي MPEG أيضاً التحويل إلى تشكيلات بديلة للخرج:

- الصوت المحيطي الافتراضي: يمكن لنظام الصوت المحيطي MPEG استغلال المعلمات المكانية في تحويل الخلط المخفض إلى خرج صوت محيطي مجسم افتراضي للتشغيل عبر سماعات الأذن التقليدية. ولا يوصف المعيار وظيفة النقل المتعلق بالأذن (HRTF) بل بالحد الأدنى السطح البيني لهذه الوظيفة بما يسمح بالحرية في التنفيذ حسب حالة الاستعمال. ويمكن تطبيق معالجة الصوت المحيطي الافتراضي في كل من مفكك التشفير والمشفر على السواء، حيث يوفر المشفر إمكانية تطبيق الصوت المحيطي الافتراضي على الخلط المخفض ومن ثم لا يحتاج إلى مفكك تشفير MPEG محيطي. ويمكن لمفكك التشفير MPEG المحيطي إلغاء معالجة الصوت المحيط الافتراضي من على الخلط المخفض وإعادة تطبيق صوت محيطي افتراضي بديل. ويبين الشكل 10 المبدأ الأساسي لهذه العملية.

الشكل 10

فك تشفير صوت محيطي افتراضي لصوت محيطي MPEG



BS.1196-10

- أسلوب المصفوفة المحسنة: في حالة المحتوى التقليدي للصوت المجسم، حيث لا توجد معلومات جانبية مكانية، بمقدور تكنولوجيا MPEG المحيطة تقدير المعلومات الجانبية المكانية من الخلط المخفض وبالتالي إنتاج خرج متعدد القنوات يتسم بجودة أكبر من جودة الأنظمة المحيطة المصفوفة التقليدية.
- التشذيب: نتيجة لبنيته الأساسية، يمكن لمفكك التشفير MPEG المحيطي تحويل خرجه إلى تشكيلات للقنوات يكون فيها عدد القنوات أقل من عدد القنوات في دخل المشفر متعدد القنوات.

4 المظاهر الجانبية والمستويات

يمكن تنفيذ مفكك التشفير MPEG المحيطي بوصفه صيغة عالية الجودة وصيغة منخفضة القدرة. وتعمل الصيغتان على نفس قطار البيانات وإن كانت إشارتا الخرج مختلفتين.

ويحدد المظهر الجانبي الأساسي للتكنولوجيا المحيطة MPEG ستة مستويات تراتبية مختلفة تسمح بأعداد مختلفة من قنوات الدخل والخرج لمديات مختلفة من معدلات الاعتيان ولعرض نطاق مختلف لفك تشفير الإشارة المتبقية. ويجب أن يكون مستوى مفكك التشفير مساوياً أو أكبر من مستوى قطار البتات لضمان فك التشفير على الوجه الأمثل. كما أن مفككات التشفير ذات المستويات 1 و2 و3 بمقدورها فك تشفير كل قطارات البتات ذات المستوى 2 و3 و4، على الرغم من احتمال حدوث انخفاض طفيف في الجودة نتيجة للقيود الخاصة بمفكك التشفير. وعلاوةً على ذلك، تعتمد جودة ونسق خرج مفكك التشفير MPEG المحيطي على التشكيل الخاص بمفكك التشفير. بَيد أن جوانب التشكيل الخاصة بمفكك التشفير مستقلة تماماً عن المستويات المختلفة لهذا المظهر الجانبي.

5 التوصيل البيني مع الكودكات السمعية

تعمل التكنولوجيا المحيطة MPEG كتوسع في المعالجة المسبقة أو اللاحقة على رأس مخططات التشفير السمعي التقليدية. وبالتالي، فهي مجهزة بوسائل لكي تتواءم افتراضياً مع أي مشفر سمعي أساسي. والترتيل في هذه التكنولوجيا مرن إلى حد كبير لضمان التزامن مع نطاق واسع من المشفرات، مع وجود وسائل لاستمثال التوصيل بالمشفرات التي تستعمل أدوات معلمية (مثل استنساخ النطاق الطيفي).

الملحق 5
(إعلامي)

التشفير السمعي المتقدم عالي الكفاءة الموسع
(تشفير HE AAC الموسع)

1 مقدمة

المعيار MPEG-D ISO/IEC 23003-3 للتشفير الموحد للكلام والصوت (USAC) يعرف المظهر الجانبي لتشفير HE AAC الموسع. ومعيار التشفير الموحد للكلام والصوت عبارة عن معيار للتشفير السمعي يسمح بتشفير الكلام والصوت أو أي مزيج من الكلام والصوت بجودة صوت ثابتة لجميع المواد الصوتية وعبر نطاق واسع من معدلات البتات. ويدعم هذا المعيار التشفير وحيد القناة ومتعدد القنوات عند معدلات بتات عالية حيث يقدم جودة شفافة إدراكياً. كما يتيح في الوقت ذاته تشفيراً عالي الكفاءة عند معدلات بتات منخفضة للغاية مع الاحتفاظ بعرض النطاق السمعي بأكمله.

وفي حين اتسمت الكودكات السمعية السابقة بأوجه قوة وضعف معينة حسب ما إذا كان التشفير لمحتوىً كلامي أو سمعي، فإن التشفير الموحد للكلام والصوت قادر على تشفير كل المحتويات بنفس الدقة العالية بصرف النظر عن نوع المحتوى.

ومن أجل تحقيق نفس جودة التشفير الجيدة للصوت والكلام، يوظف التشفير الموحد للكلام والصوت تقنيات التشفير المجربة القائمة على التحويل المنفصل المعدل لجيب التمام (MDCT) المعروفة عن طريق تقنيات التشفير السمعي MPEG-4 (MPEG-4 AAC وHE AAC

وHE AAC v2) ويدمجها مع عناصر التشفير السمعي المتخصصة مثل التنبؤ الخطي الجبري بإثارة شفرية (ACELP). وتُدمج أدوات التشفير المعلمي مثل استنساخ النطاق الطيفي (SBR) لنظام MPEG-4 وMPEG-D MPEG المحيطي، بعد تحسينها، دمجاً وثيقاً في الكودكات. فتنتج المحصلة تشفيراً بكفاءة عالية يمكنه أن يعمل في معدلات البتات الأقل.

ويوصف معيار التشفير الموحد للكلام والصوت حالياً المظهرين الجانبيين التاليين:

– *المظهر الجانبي للتشفير الموحد للكلام والصوت الأساسي*

يوفر المظهر الجانبي للتشفير الموحد للكلام والصوت الأساسي الوظائف الكاملة لمعيار التشفير الموحد للكلام والصوت مع المحافظة على انخفاض التعقيد الحاسوبي الإجمالي. وتُستبعد الأدوات ذات متطلبات الذاكرة أو قدرات المعالجة المفرطة.

– *المظهر الجانبي لتشفير HE AAC الموسع*

يستهدف هذا المظهر الجانبي بالتحديد التطبيقات التي تتطلب المحافظة على التوافق مع المجموعة الحالية للمظاهر الجانبية لتشفير AAC (AAC وHE AAC وHE AAC v2)، وهو يوسع المظهر الجانبي الحالي لتشفير HE AAC v2 بإضافة قدرات التشفير الموحد للكلام والصوت. ويتضمن هذا المظهر الجانبي المستوى الثاني من *المظهر الجانبي للتشفير الموحد للكلام والصوت الأساسي*. وبالتالي، تستطيع مفككات شفرات المظهر الجانبي لتشفير HE AAC الموسع فك الشفرات لكل قطارات بتات HE AAC v2 إلى جانب قطارات بتات التشفير الموحد للكلام والصوت (بحد أقصى قناتان).

الشكل 11

بنية التشفير السمعي (AAC) المتقدم عالي الكفاءة

BS.1196-11

ويدعم التشفير الموحد للكلام والصوت ترددات اعتيان من 7,35 kHz إلى 96 kHz وقد أثبت قدرته على إنتاج نوعية سمع جيدة لمدى معدل ثبات يبدأ من 8 kbits/s وصولاً إلى معدلات بتات تتحقق عندها الشفافية المدركة. وقد أثبت اختبار التحقق (الوثيقة MPEG2011/N12232) الصادر عن فريق العمل ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 والمرفق بالوثيقة 6B/286(Rev.2) ذلك.

ويمكن اختيار تشكيلة القناة بحرية. ويمكن إرسال الإشارات بكفاءة على 13 تشكيلة مختلفة للقناة بالتغيب من أجل سيناريوهات التطبيقات الأكثر شيوعاً. وتشمل هذه التشكيلات بالتغيب كل تشكيلات قناة MPEG-4 مثل إعدادات مجهرات الصوت الأحادية أو المجسمة أو المحيطية 5.0 و5.1 وحتى 7.1 و22.2.

2 التشفير

كما هو شائع في تقييس الفريق MPEG، يوصّف معيار ISO/IEC 23003-3 عملية فك التشفير فقط لملفات وقطارات بيانات MPEG-D USAC. لكنه لا يوصّف عملية التشفير بشكل قياسي.

ويبين الشكل 12 هيكلاً لمشفر نمطي محتمل.

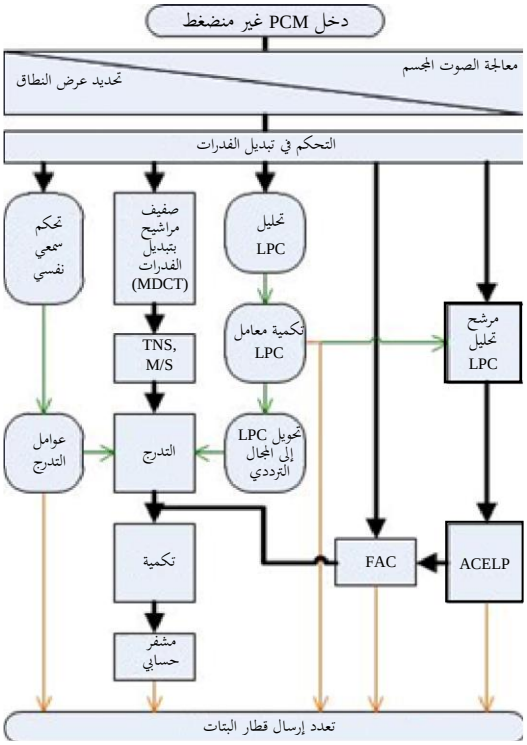
ويتكون المشفر من أدوات التشفير التالية:

- معالجة الصوت المجسم: يوظف التشفير الموحد للكلام والصوت (USAC) تكنولوجيات التشفير المجسم المعلمي. وهي تكنولوجيات مشابهة من حيث المبدأ لأداة الصوت المجسم المعلمي التي تشرحها الفقرة 5 من التذييل 2 للمعيار ISO/IEC 23003-3 إلا أنها تقوم على أساس المحيط الخاص بالفريق MPEG كما يوضح الملحق 4 وبالتالي تسمى MPEG المحيطي 2-1-2 (MPS 2-1-2). ويستخرج المشفر تمثيلاً معلمياً عالي الكفاءة لصورة الصوت المجسم من إشارة الدخل الصوتي. وتُنقل هذه المعلمات في قطار البتات مصحوبة بإشارة تحويل إلى سماعة أذن واحدة. كما يمكن للمشفر اختيارياً أن يختار نقل إشارة متبقية تُعدِّل عملية إعادة بناء إشارة الصوت المجسم في مفكك التشفير. وتتيح آلية التشفير المتبقي تدرجاً سلساً من التشفير المعلمي الكامل إلى تشفير القناة المنفصلة الكامل للصوت المجسم. والأداة MPS 2-1-2 تعد جزءاً متأصلاً في الكوديك USAC. وعند معدلات البتات الأعلى حيث لا يعمل في العادة التشفير المعلمي وتشفير ACELP، يمكن إجراء تشفير الصوت المجسم حصراً في مجال تحويل MDCT عن طريق تنبؤ معقد القيمة للصوت المجسم. ولذلك تسمى هذه الطريقة تشفير الصوت المجسم معقد القيمة. ويمكن النظر إليها كتعميم للتشفير المجسم M/S التقليدي.
- تمديد عرض النطاق: تمديد عرض النطاق المعلمي عبارة عن نسخة مطورة عدة مرات من استنساخ النطاق الطيفي (SBR) لنظام MPEG-4 الذي يرد شرحه في الفقرة 4 من التذييل 2 للمعيار ISO/IEC 23003-3. يُقدّر المشفر الغلاف الطيفي ونغمية نطاقات الترددات السمعية الأعلى ثم يرسل المعلمات المقابلة إلى مفكك التشفير. ويمكن للمشفر الاختيار بين نوعين من النواقل (التناغم أو النقل لأعلى) ومن ثلاثة عوامل نقل (1:2، 3:8، 1:4). وأداة SBR المطورة هي جزء متأصل من كودكات التشفير الموحد للكلام والصوت.
- صفيف المراشيح، تبديل الفدرات: يشكل صفيف مراشيح قائم على التحويل MDCT أساس المشفر الأساسي. وعلى حسب آلية التشكيل الكمي للضوضاء المطبقة، يمكن اختيار استبانة التحويل من بين 1024 أو 512 أو 256 أو 128 خطاً طيفياً. وبالتمازج مع عامل النقل 3:8 لاستنساخ النطاق الطيفي يمكن تغيير الاستبانة إلى $\frac{3}{4}$ من البدائل المذكورة أعلاه، مما يوفر دقة زمنية أفضل حتى عند معدلات الاعتيان المنخفضة.
- التشكيل الزمني للضوضاء (TNS)، التشفير المجسم M/S، التكمية: هذه الأدوات مأخوذة من التشفير السمعي المتقدم وتوظَّف بطريقة مشابهة للوصف المذكور في الفقرة 2 من التذييل 2 للمعيار ISO/IEC 23003-3.
- المشفر الحسابي التكييفي وفق السياق: يتولى مشفر حسابي التشفير منعدم الضوضاء (أي أنتروبي) لمعاملات MDCT الطيفية ويختار جداول احتمالاتها على أساس خطوط طيفية مشفرة مسبقاً.
- التحكم السمعي النفسي، التدريج على أساس عامل التدرج: النموذج السمعي النفسي القائم على عامل التدرج يشابه النموذج المستعمل في التشفير السمعي المتقدم، انظر الفقرة 2 من التذييل 2 للمعيار ISO/IEC 23003-3.
- التدريج على أساس معلمات تشفير التنبؤ الخطي (LPC): يمكن استعمال أداة تشكيل الضوضاء الطيفي هذه كبديل للتدريج عل أساس عامل التدرج المذكور أعلاه. ويمكن تطبيق نسخة مرجحة للتمثيل الترددي لمجموعة معاملات ترشيح LPC على معاملات تحويل MDCT الطيفية قبل التكمية والتشفير.
- التنبؤ الخطي الجبري بإثارة شفرية (ACELP): توظف أداةُ تشفيرِ ACELP تمثيلَ الإثارة عن طريق سجل الشفرات التكييفي/الابتكاري المجرب والمعروف من كودكات الكلام الحديثة.

- تعدد إرسال قطار البتات: يتكون قطار البتات النهائي من عناصر متعددة تنتجها أدوات المشفر.
- تصحيح الالتباس الأمامي (FAC): توفر أداة تصحيح الالتباس الأمامي آلية للانتقال السلس من تشفير على أساس تحويل MDCT مصاب بالالتباس إلى تشفير ACELP على أساس المجال الزمني.

الشكل 12

مخطط وظيفي لمشفر MPEG-D USAC



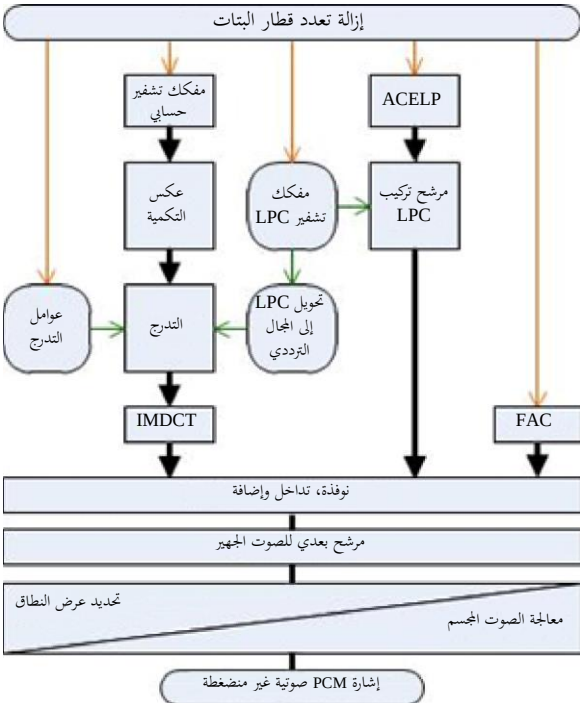
BS.1196-12

3 فك التشفير

يبين الشكل 13 الهيكل الأساسي لمفكك التشفير الموحد للكلام والصوت MPEG-D. وتتبع عملية فك التشفير بوجه عام المسار المعكوس لعملية التشفير.

الشكل 13

مخطط وظيفي لمفكك تشفير MPEG-D USAC



BS.1196-13

ويمكن بيان عملية فك التشفير بالتقريب كما يلي:

- إزالة تعدد إرسال قطار البتات: يحصل مفكك التشفير على كل المعلومات المتعلقة بالأدوات في قطار البتات ويعيد توجيهها إلى وحدات مفكك التشفير المقابلة.
- فك التشفير الأساسي: على حسب محتوى قطار البتات، يقوم مفكك التشفير بإحدى الخطوتين التاليتين:
  - فك تشفير معاملات تحويل MDCT الطيفية وعكس تمكينها، وتطبيق التدريج إما على أساس معلومات عوامل التدرج أو معلومات معاملات LPC، وتطبيق المزيد من الأدوات (اختيارياً) القائمة على تحويل MDCT في حالة وجودها وملائمتها للتطبيق. وفي النهاية، يُطبق عكس تحويل MDCT للحصول على إشارة المجال الزمني المقابلة.
  - فك شفرة المعلومات المتعلقة بالتنبؤ الخطي الجبري بإثارة شفرية ACELP، وإصدار إشارة إثارة، وتركيب إشارة خرج بمساعدة مرشاح LPC.
- إضافة النوافذ، التداخل والإضافة: سَلسلة الأرتال التالية للمشفر الأساسي أو دمجها عن طريق عملية التداخل والإضافة المعتادة كما هو معروف من التشفير السمعي المتقدم AAC. وتتحقق الانتقالات من التشفير القائم على التنبؤ ACELP إلى التشفير القائم على تحويل MDCT عن طريق دمج بيانات FAC التي فُككت شفرتها.
- مرشاح لاحق للصوت الجهير: مرشح اختياري لتحسين درجة الصوت يمكن تطبيقه لتحسين نوعية الكلام.
- تمديد عرض النطاق، معالجة الصوت المجسم: في النهاية تُطبق أدوات التشفير المعلمية لتمديد عرض النطاق وتُطبق أدوات تشفير الصوت المجسم لإعادة بناء إشارة الصوت المجسم المنفصلة بعرض نطاقها الكامل.

ولكل أداة من الأدوات الاختيارية، يُبقى على خيار "المرور"، وفي جميع الحالات فإنه حيثما تحذف عملية تُمرّر البيانات الموجودة في دخلها مباشرة خلال الأداة دون أي تعديل.

4 المظاهر الجانبية والمستويات

يعرف الفريق MPEG حالياً مظهرين جانبيين يوظفان كودكات التشفير الموحد للكلام والصوت.

– *المظهر الجانبي للتشفير الموحد للكلام والصوت (USAC) الأساسي*

يحتوي المظهر الجانبي للتشفير الموحد للكلام والصوت (USAC) الأساسي كودكات هذا التشفير الكاملة باستثناء أنه يحتوي على عدد أقل من الأدوات التي تبدي إفراطاً في التعقيد الحاسوبي للحالات الأسوأ. ولا يرد شرح هذه الأدوات أعلاه. ويوفر هذا المظهر الجانبي للتطبيقات مظهراً جانبياً مستقلاً واضحاً للتطبيقات وحالات الاستعمال التي تكون فيها القدرة على دعم مجموعات المظاهر الجانبية للتشفير السمعي المتطور (المظهر الجانبي AAC، المظاهر الجانبية HE AAC، المظهر الجانبي HE AAC v2) غير ذات صلة.

– *المظهر الجانبي للتشفير السمعي المتطور عالي الكفاءة (HE AAC) الموسع*

يحتوي المظهر الجانبي للتشفير السمعي المتطور عالي الكفاءة (HE AAC) الموسع على كل أدوات المظهر الجانبي لتشفير AAC v2 عالي الكفاءة وهو بذلك قادر على فك شفرات كل قطارات المظاهر الجانبية لمجموعة تشفير AAC. وإضافة إلى ذلك، يشمل هذا المظهر الجانبي قدرات الصوت العادي/المجسم للمظهر الجانبي للتشفير الموحد للكلام والصوت الأساسي. وبالتالي، يوفر هذا المظهر الجانبي تطوراً طبيعياً للمظهر الجانبي HE AAC v2 حيث أن الصوت العادي/المجسم في التشفير الموحد للكلام والصوت (عند تشغيله عند معدلات منخفضة) يوفر القيمة المضافة المتمثلة في الأداء المتسق عبر أنواع المحتوى المختلفة عند معدلات البتات المنخفضة.

الملحق 6
(إعلامي)

تشفير نقاط التشفير المستقلة (CICP) بالنسبة للتشفير MPEG

1 مقدمة

يصف المعيار ISO/IEC23001-8:2013 جوانب تشفير البرامج السمعية ذات التمثيل المشفر المستقل بما في ذلك موضع أنظمة مكبرات الصوت وتشكيلتها. وتشمل تشكيلات القنوات بالتغيب تشكيلات القنوات الموصفة في التوصية ITU-R BS.775 أو التوصية ITU-R BS.2051. وتعرض جميع تشكيلات القنوات في الجدول 3.

الجدول 3

تشكيلات القنوات وتشكيلات مكبرات الصوت (الملاحظة 1)

تشكيلة القناة القيمة*1 (الملاحظة 1)	عدد مكبرات الصوت (الملاحظة 2)	العنصر النظري لتحديد أماكن مكبرات الصوت (الملاحظة 3)	اسم القناة المحدد في التوصية ITU-R BS.775 أو التوصية ITU-R BS. 2051 (الملاحظة 4)
0	أي تشكيلة		
1	1/0.0 (0+1+0)	M+000	أحادية
2	2/0.0 (0+2+0)	M+030	يسرى
		M-030	يمنى

الجدول 3 (*تابع*)

تشكيلة القناة القيمة*1 (الملاحظة 1)	عدد مكبرات الصوت (الملاحظة 2)	العنصر النظري لتحديد أماكن مكبرات الصوت (الملاحظة 3)	اسم القناة المحدد في التوصية ITU-R BS.775 أو التوصية ITU-R BS. 2051 (الملاحظة 4)
3	3/0.0 (0+3+0)	M+000	مركزية
		M+030	يسرى
		M-030	يمنى
4	3/1.0 (0+4+0)	M+000	مركزية
		M+030	يسرى
		M-030	يمنى
		M+180	محيطية أحادية
5	3/2.0 (0+5+0)	M+000	مركزية
		M+030	يسرى
		M-030	يمنى
		M+110	محيطية يسرى
		M-110	محيطية يمنى
6	3/2.1 (0+5+0)	M+000	مركزية
		M+030	يسرى
		M-030	يمنى
		M+110	محيطية يمنى
		M-110	محيطية يسرى
		LFE1	تتأثر بالتردد المنخفض
7	5/2.1 (0+7+0)	M+000	[2*]N/A
		M+030	
		M-030	
		M+045	
		M-045	
		M+110	
		M-110	
		LFE1	
8	1+1	Channel 1	N/A
		Channel 2	
9	2/1.0 (0+3+0)	M+030	يسرى
		M-030	يمنى
		M+180	محيطية أحادية
10	2/2.0 (0+4+0)	M+030	يسرى
		M-030	يمنى
		M+110	محيطية يسرى
		M-110	محيطية يمنى

الجدول 3 (تابع)

تشكيلة القناة القيمة*[1] (الملاحظة 1)	عدد مكبرات الصوت (الملاحظة 2)	العنصر النظري لتحديد أماكن مكبرات الصوت (الملاحظة 3)	اسم القناة المحدد في التوصية ITU-R BS.775 أو التوصية ITU-R BS. 2051 (الملاحظة 4)
11	3/3.1 (0+6+0)	M+000	N/A
		M+030	
		M-030	
		M+110	
		M-110	
		M+180	
		LFE1	
12	3/4.1 (0+7+0)	M+000	مركزية
		M+030	يسرى
		M-030	يمنى
		M+090	محيطية جانبية يسرى
		M-090	محيطية جانبية يمنى
		M+135	محيطية خلفية يسرى
		M-135	محيطية خلفية يمنى
		LFE1	تتأثر بالتردد المنخفض
13	11/11.2 (9+10+3)	M+000	مركزية أمامية
		M+030	مركزية يسرى أمامية
		M-030	مركزية يمنى أمامية
		M+060	يسرى أمامية
		M-060	يمنى أمامية
		M+090	يسرى جانبية
		M-090	يمنى جانبية
		M+135	يسرى خلفية
		M-135	يمنى خلفية
		M+180	مركزية خلفية
		LFE1	تتأثر بالتردد المنخفض–1
		LFE2	تتأثر بالتردد المنخفض–2
		U+000	مركزية أمامية علوية
		U+045	يسرى أمامية علوية
		U-045	يمنى أمامية علوية
		U+090	يسرى جانبية علوية
		U-090	يمنى جانبية علوية
		T+000	مركزية علوية
		U+135	يسرى خلفية علوية
		U-135	يمنى خلفية علوية
		U+180	مركزية خلفية علوية
		B+000	مركزية سفلية علوية
		B+045	يسرى سفلية علوية
		U-045	يمنى سفلية علوية

الجدول 3 (*تابع*)

تشكيلة القناة القيمة*[1] (الملاحظة 1)	عدد مكبرات الصوت (الملاحظة 2)	العنصر النظري لتحديد أماكن مكبرات الصوت (الملاحظة 3)	اسم القناة المحدد في التوصية ITU-R BS.775 أو التوصية ITU-R BS. 2051 (الملاحظة 4)
14	5/2.1 (2+5+0)	M+000	مركزية
		M+030	يسرى
		M-030	يمنى
		M+110	محيطية يسرى
		M-110	محيطية يمنى
		LFE1	تتأثر بالتردد المنخفض
		U+030	أمامية علوية يسرى
		U-030	أمامية علوية يمنى
15	5/5.2 (3+7+0)	M+000	مركزية
		M+030	يسرى
		M-030	يمنى
		M+090	جانبية يسرى
		M-090	جانبية يمنى
		M+135	خلفية يسرى
		M-135	خلفية يمنى
		U+045	ارتفاع يسرى
		U-045	ارتفاع يمنى
		UH+180	ارتفاع مركزية
		LFE1	تتأثر بالتردد المنخفض
		LFE2	تتأثر بالتردد المنخفض
16	5/4.1 (4+5+0)	M+000	مركزية
		M+030	يسرى
		M-030	يمنى
		M+110	محيطية يسرى
		M-110	محيطية يمنى
		LFE1	تتأثر بالتردد المنخفض
		U+030	خلفية علوية يسرى
		U-030	خلفية علوية يمنى
		U+110	خلفية علوية يسرى
		U-110	خلفية علوية يمنى

الجدول 3 (تابع)

تشكيلة القناة القيمة*[1] (الملاحظة 1)	عدد مكبرات الصوت (الملاحظة 2)	العنصر النظري لتحديد أماكن مكبرات الصوت (الملاحظة 3)	اسم القناة المحدد في التوصية ITU-R BS.775 أو التوصية ITU-R BS. 2051 (الملاحظة 4)
17	6/5.1 (6+5+0)	M+000	
		M+030	
		M-030	
		M+110	
		M-110	
		LFE1	N/A
		U+000	
		U+030	
		U-030	
		U+110	
		U-110	
		T+000	
18	6/7.1 (6+7+0)	M+000	
		M+030	
		M-030	
		M+110	
		M-110	
		M+150	
		M-150	N/A
		LFE1	
		U+000	
		U+030	
		U-030	
		U+110	
		U-110	
		T+000	
19	5/6.1 (4+7+0)	M+000	مركزية
		M+030	يسرى
		M-030	يمنى
		M+090	محيطية جانبية يسرى
		M-090	محيطية جانبية يمنى
		M+135	محيطية خلفية يسرى
		M-135	محيطية خلفية يمنى
		LFE	تتأثر بالتردد المنخفض
		U+045	أمامية علوية يسرى
		U-045	أمامية علوية يمنى
		U+135	خلفية علوية يسرى
		U-135	خلفية علوية يمنى

الجدول 3 (*تتمة*)

تشكيلة القناة القيمة*1 (الملاحظة 1)	عدد مكبرات الصوت (الملاحظة 2)	العنصر النظري لتحديد أماكن مكبرات الصوت (الملاحظة 3)	اسم القناة المحدد في التوصية ITU-R BS.775 أو التوصية ITU-R BS. 2051 (الملاحظة 4)
20	7/6.1 (4+9+0)	M+000	مركزية
		M+SC	شاشة يسرى
		M-SC	شاشة يمنى
		M+030	يسرى
		M-030	يمنى
		M+090	محيطية يسرى
		M-090	محيطية يمنى
		M+135	محيطية ثابتة يسرى
		M-135	محيطية ثابتة يمنى
		LFE	تتأثر بالتردد المنخفض
		U+045	أمامية علوية يسرى
		U-045	أمامية علوية يمنى
		U+135	خلفية علوية يسرى
		U-135	خلفية علوية يمنى
63-21	محجوزة		

[1*] تبين تشكيلة قناة الخرج السمعي بحقل من ست بتات يحمل قيمة تشكيلة القناة كما هو محدد في المعيار ISO/IEC 23001-8:2013، "تشفير نقاط التشفير المستقلة".

[2*] N/A: لا ينطبق؛ تشكيلة القناة غير متاحة في التوصية ITU-R BS.2051 أو التوصية ITU R BS.775.

الملاحظة 1 – القائمة مشتقة من الجدول 8 بالمعيار ISO/IEC 23001-8:2013/التعديل 1:2015.

الملاحظة 2 – يقدم مفهوم أرقام مكبرات الصوت بالاصطلاحات *"مكبرات أمامية/مكبرات محيطية، ومكبرات (تتأثر بالتردد المنخفض)"* وبين الأقواس *"مكبرات الطبقة العليا + مكبرات الطبقة الوسطى + مكبرات الطبقة السفلى"* مع استبعاد المكبرات التي تتأثر بالتردد المنخفض.

الملاحظة 3 – مكبرات الصوت محددة بوسوم طبقاً للتوصية ITU-R BS.2051.

الملاحظة 4 – تعتمد وسوم القنوات وأسماؤها على التشكيلة الفعلية للقناة.

الملحق 7
(إعلامي)

نظام التشفير المتقدم AC-4

1 مقدمة

AC-4 هو نظام تشفير متقدم للإذاعة الرقمية يستخدم خوارزمية ضغط رقمي ومجموعة متنوعة من أدوات التشفير المعلمي لتحسين الكفاءة والأداء الوظيفي. ويدعم النظام AC-4 أصلاً أنساق الدخل والخرج القائمة على القناة وعلى الكائن على حد سواء.

ويتضمن الجدول 4 قائمة بأنساق القناة التي يدعمها أصلاً النظام AC-4، وتشمل هذه القائمة تشكيلات القناة اللازمة للبث المحدد في التوصية ITU-R BS.1548. ويدعم النظام AC-4 أيضاً تشفير أنساق عدد أكبر من القنوات التي يمكن استخدامها لدعم الأنظمة السمعية المتقدمة الواردة في التوصية ITU-R BS.2051.

الجدول 4

ملخص أنساق القناة المدعومة أصلاً

النسق	عدد القنوات	ملاحظة
أحادي (النسق 1/0)[1]	1	
مجسَّم (النسق 2/0)[1]	2	
3.0 (النسق 3/0)[1]	3	
5.0/5.1 (النسق 3/2)[1]	5/6	
7.0/7.1 (النظام I)[2]	7/8	تشوير ثلاث تشكيلات مختلفة لمكبرات الصوت
7.0.4/7.1+4 (النظام J)[2]	11/12	تشوير مجموعات فرعية بعدد أقل من القنوات
9.0.4/9.1.4	13/14	تشوير مجموعات فرعية بعدد أقل من القنوات
22.2 (النظام H)[2]	24	

[1] محدد في التوصية ITU-R BS.775.

[2] محدد في التوصية ITU-R BS.2051.

ويستطيع النظام AC-4 تشفير من 1 إلى 22,2 قناة من مصدر سمعي بالتشكيل الشفري النبضي (PCM) إلى قطار بتات تسلسلي بمعدلات بيانات تتراوح بين 24 kbit/s و1 536 kbit/s. وإضافةً إلى دعم التمثيلات القائمة على القناة، يدعم النظام AC-4 أيضاً تشفير الكائنات السمعية الدينامية. ويمكن الاطلاع على وصف كامل لتركيب قطار البتات للنظام AC-4 في الوثيقة الواردة في المعيار ETSI TS 103 190-2.

ويقدم الجدول 5 معدلات البتات المقترحة لمختلف تشكيلات القناة للوفاء بالمتطلبات المحددة في التوصية ITU-R BS.1548.

الجدول 5

ملخص معدلات البتات لتشكيلات محددة للقناة

الأسلوب	معدلات البتات
2.0 مجسم	96 kbit/s
5.1 محيطي	192 kbit/s
22.2 محيطي	1 536 kbit/s

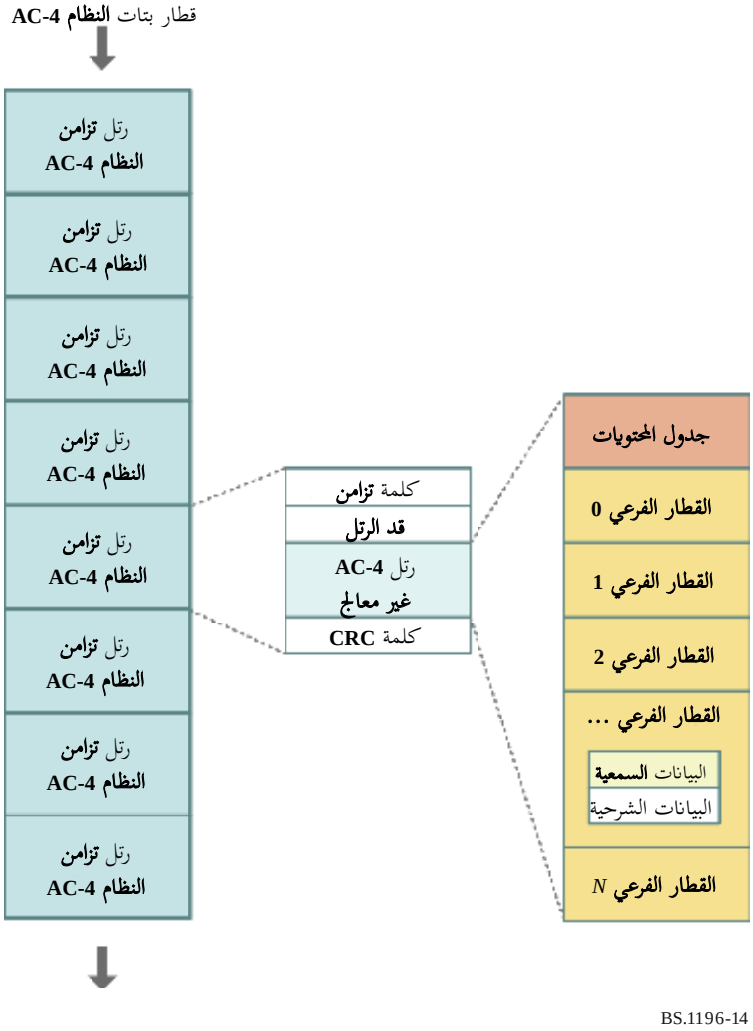
كما يدعم النظام AC-4 أصلاً خصائص النظام التالية:

- الإدارة الذكية لجهارة الصوت طبقاً للتوصيتين ITU-R BS.1770 وITU-R BS.1771، بما في ذلك التشوير لإظهار الامتثال للوائح التنظيمية الدولية والعديد من اللوائح التنظيمية الإقليمية السارية حالياً في مجال جهارة الصوت.
- دعم تشفير وفك تشفير التمثيلات السمعية القائمة على القناة وعلى الكائن.
- دعم بيئات الاستماع على النحو المطلوب في التوصية ITU-R BS.1909، وتحديداً "بيئات المنازل" و"البيئات المتنقلة". ويشمل ذلك التحكم المتقدم في المدى الدينامي المطبق على مجموعة واسعة من أنواع الأجهزة المستعملة في البيئتين "المنزلية" و"المتنقلة".
- تعزيز الحوار.
- التشفير المتزامن للأرتال الفيديوية، مما يمكّن من مواءمة الأرتال السمعية مع الأرتال الفيديوية.
- الدعم الأصلي لحمل وتشوير البيانات المساعدة أو البيانات الشرحية المعززة.

ويتألف قطار بتات النظام AC-4، كما هو مبين في الشكل 14، من أرتال تزامن النظام AC-4، التي تبدأ بكلمة تزامن (sync) وتنتهي بكلمة تحقق من الإطناب الدوري (CRC). وتساعد كلمة التزامن مفكك التشفير على التمكن بسهولة من تحديد فك تشفير بداية أرتال النظام AC-4، بينما تسمح الكلمة CRC لمفكك التشفير باكتشاف حدوث أخطاء في قطار البتات وإخفائها على النحو المطلوب. ويتألف رتل الكودك الفعلي أو رتل "النظام AC-4 غير المعالج" من جدول المحتويات (TOC) وقطار فرعي واحد على الأقل.

الشكل 14

تركيب قطار البتات عالي المستوى



ويشمل كل قطار فرعي البيانات السمعية المشفرة وما يرتبط بها من بيانات شرحية (بيانات مساعدة). ويتضمن جدول المحتويات (TOC) المعلومات اللازمة حول كيفية فك تشفير القطار الفرعي أو القطارات الفرعية المتعددة.

2 التشفير

مشفر النظام AC-4 غير موصف معيارياً ولكن هناك مجموعة متنوعة من الأدوات المدعومة بطريقة تسمح بتوليد قطار بتات مشفر ومطابق للمعايير.

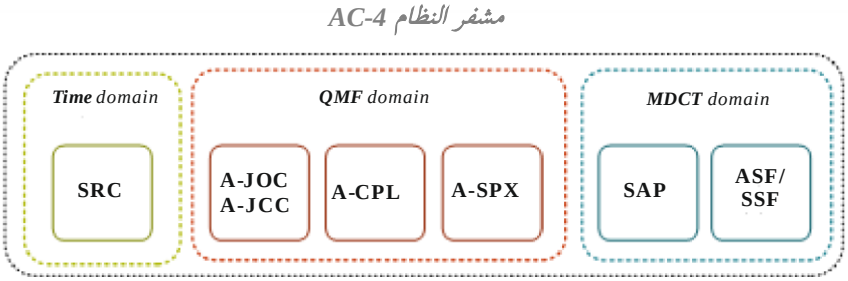
ويستعمل النظام AC-4 التقدير الكمي والتشفير في ميدان التحويل باستخدام تحويل منفصل معدل لجيب التمام (MDCT) مع تبديل مرن للنوافذ وتشفير معلمي في مجموعة من المراشيح المرآوية التربيعية. ويدعم النظام AC-4 تشفير من 1 إلى 22,2 قناة من مصدر سمعي بالتشكيل الشفري النبضي (PCM) إلى قطار بتات تسلسلي بمعدلات بيانات تتراوح بين 24 kbit/s و1 536 kbit/s. وفيما يتعلق بتشفير القنوات بالنسقين المجسمين 2.0 و5.1، فإن معدلي البيانات البالغين 96 kbit/s و192 kbit/s يفيان بمتطلبات الأداء المحددة في التوصية ITU-R BS.1548. ويدعم النظام AC-4 أيضاً ثلاثة أساليب لتوزيع البتات: معدل البتات الثابت، ومعدل البتات المتوسط، ومعدل البتات المتغير.

ويمكن تنفيذ مشفر النظام AC-4 باستخدام مجموعة متنوعة من أدوات التشفير، كما هو مبين في الشكل 15، من أجل تحسين الكفاءة والمرونة/الأداء الوظيفي وفقاً لأسلوب التشغيل و/أو التطبيق. ويتّبع ترتيب من اليسار إلى اليمين في تنفيذ الأدوات، بمعنى أن الإشارات الصوتية بالتشكيل PCM ستكون بمثابة الدخل للأدوات على اليسار أولاً وأن قطار البتات المشفر للنظام AC-4 سيكون الخرج على اليمين. ويرد أدناه وصف لأدوات التشفير:

- محوِّل معدَّل العينات (SRC): من اللازم وجود هذه الأداة في مشفر النظام AC-4 لتحقيق التناسق بين مدة الرتل والرتل الفيديوي من أجل أساليب التشفير المتزامن للأرتال. ووفقاً لمعدل الرتل، تحوَّل إشارة الدخل إلى أحد معدلات العينات الداخلية (034 46 Hz أو 000 48 Hz أو 200 51 Hz) التي تستخدمها أدوات المشفرات القائمة على التحويل MDCT والمرشاح QMF التالية.
- التشفير المتقدم للقناة المشتركة (A-JCC): تقوم هذه الأداة بالدمج المخفض لدخل القنوات الغامرة (أكثر من 5 قنوات) وتحويلها إلى عدد أقل من القنوات، ومع تشفير المعلمات ذات الصلة. وتمكّن المعلمات من إعادة بناء قناة الدخل بأكملها بواسطة مفكك التشفير.
- التشفير المتقدم للكائن المشترك (A-JOC): تأخذ هذه الأداة الكائنات الصوتية كمدخلات وتشفرها مكانياً لإنتاج عدد أقل من الكائنات المُخرجة، فتقلل بالتالي من عدد الإشارات المشفرة بالتحويل MDCT. وتمكّن المعلمات المشفرة بعدد مخفض من الكائنات المُخرجة من إعادة بناء الكائنات في مفكك التشفير.
- أداة اقتران متقدمة (A-CPL): تجري هذه الأداة عملية دمج مخفض من قناتين إلى قناة وتشفر المعلمات ذات الصلة التي تمكن من إعادة بناء الدخل الأصلي ذي القناتين.
- أدوات التوسع الطيفي المتقدم (A-SPX): تقوم هذه الأدوات بتشفير المعلمات المرتبطة بالمحتوى عالي التردد من إشارة الدخل ثم توسع طيفياً في مفكك التشفير. وتتألف المعلمات من الغلاف والنغمية ومقاييس الضوضاء. ويمكن تكييف الاستبانة الطيفية والزمنية للمعلمات حسب خصائص إشارة الدخل.
- أداة معالجة الصوت المجسم (SAP): تجري هذه الأداة تشفير القناة المشتركة في الميدان MDCT بين قناتين أو أكثر من قنوات الدخل.
- أداة الطرف الأمامي الطيفي السمعي (ASF): هي عبارة عن أداة تكمية وتشفير على أساس التحويل MDCT تستخدم تبديل نافذة التحويل. وتقوم الوحدة النمطية للتحكم في تبديل النافذة باختيار طول التحويل الأمثل لأي رتل حسب نوع إشارة الدخل. وتخزن معاملات التحويل MDCT ومعلومات التحكم الإضافية بعد التكمية غير الخطية والتشفير الخالي من الضوضاء لقطار البتات. وتوزيع البتات عبر الزمن والتردد يتم التحكم فيهما بدارئ بتات ونموذج إدراكي. ويأخذ نموذج دارئ البتات في الاعتبار أيضاً البتات المستعملة من جانب أدوات المشفر الأخرى والبيانات الشرحية العامة.
- أداة الطرف الأمامي الطيفي للكلام (SSF): هي أداة تكمية وتشفير بديلة تقوم على التحويل MDCT تخص تحديداً تشفير الكلام الذي يجري على تحويلات قصيرة. وتقوم هذه الأداة بالتكمية والتشفير في ميدان التحويل MDCT باستعمال أداة للتنبؤ بالنطاق الفرعي. والأداتان SSF وASF تستبعد كل منهما الأخرى، وبالتالي تستعمل إما الأداة ASF أو الأداة SSF لتشفير التحويل MDCT.

الشكل 15

أدوات التشفير المتاحة في النظام AC-4

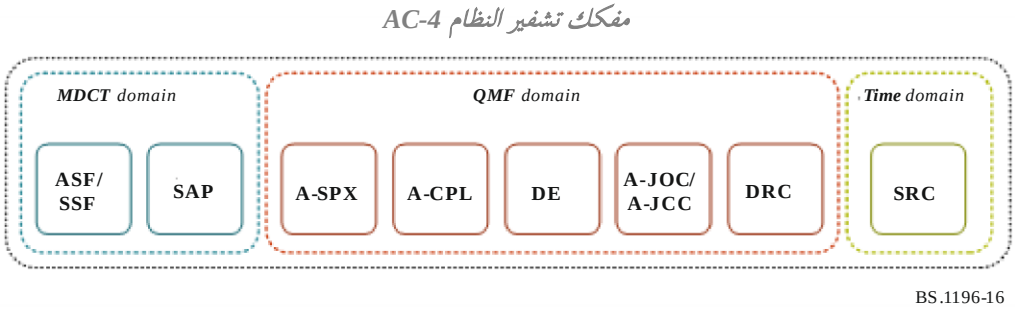


3 فك التشفير

عملية فك التشفير هي في الأساس عكس عملية التشفير وتعرض في الشكل 16.

الشكل 16

أدوات فك التشفير



يدعم تصميم قطار بتات ومفكك تشفير النظام AC-4 أصلاً تنفيذ مفككات التشفير الأقل تعقيداً لدعم الأجهزة ذات القدرات المحددة (مثل الهواتف المحمولة/الأجهزة اللوحية).

وتستخدم طريقتان لدعم هذه المقدرة:

1 فك التشفير الأساسي: يدعم النظام AC-4 أسلوبين لفك التشفير، الكامل والأساسي. وبمقدور مفكك تشفير النظام AC-4 العمل بأسلوب فك التشفير الأساسي الذي يتم فيه فك تشفير مجموعة فرعية أساسية من القنوات (تمثل محتويات جميع قنوات الدخل) من البرنامج المشفر مما يمكن من عملية إعادة إنتاج متوافقة للبرنامج بتعقيد حاسوبي مخفض.

2 فك التشفير القابل للتوسع: يدعم النظام AC-4 أيضاً إمكانية التوسع في معدل العينات حيث يتسنى للنظام AC-4 دعم معدلات العينات الأعلى، وهي 96 و192 kHz تحديداً، وبصورة قابلة للتدرج. والأجهزة التي تدعم عينات الخرج ذات المعدل 48 kHz فقط لا تحتاج إلا إلى فك تشفير الطبقة الأساسية.

وإلى جانب دعم فك تشفير نسق القناة المدعوم أصلاً، كما هو مبين في الجدول 4، يدعم النظام AC-4 استخدام البيانات المساعدة أو البيانات الشرحية. ويمكن ذلك من الدمج المخفض لخرج القناة المشفر من عدد قنوات أعلى إلى عدد قنوات خرج أقل حسبما يحتاج الأمر بالنسبة للجهاز بصورة قابلة للتنبؤ.

الملحق 8
(إعلامي)

النموذج MPEG-H 3D Audio منخفض التعقيد

1 المقدمة

المعيار MPEG-H 3D Audio عبارة عن معيار تشفير سمعي وضع لدعم تشفير الصوت كقنوات سمعية أو كائنات سمعية أو صوتيات محيطة من الرتبة الأعلى (HOA) وتوفير حلول لمعايرة جهارة الصوت والتحكم في المدى الدينامي. وكل نوع محتوى (قنوات أو كائنات أو صوتيات HOA) يمكن أن يستعمل بمفرده أو في توليفة مع النوعين الآخرين. واستعمال مجموعات القنوات أو الكائنات أو الصوتيات HOA السمعية يسمح بالأنشطة البينية لأي برنامج وشخصنته مثلاً من خلال اختيار مسارات سمعية بلغات مختلفة أو ضبط كسب الكائنات أو موضعها أثناء العرض في مفكك التشفير MPEG-H.

وتنشر المواضعة MPEG-H 3D Audio برسم المعيار ISO/IEC 23008-3:2015. ونشر في أوائل عام 2017 التعديل 3 لهذا المعيار والذي يوصف النموذج منخفض التعقيد (LC Profile) من المعيار MPEG-H 3D Audio مع تكنولوجيا إضافية.

والنموذج منخفض التعقيد من المعيار MPEG-H 3D Audio يمكن أن يدعم حتى 24 مكبر صوت للخرج و56 قناة أساسية للكوديكات (يمكن فك تشفير 28 قناة منها في كل مرة).

أمثلة للتشكيلات المحتملة لمكبرات الصوت المستهدفة:

- 2.0 مجسم (النسق 2/0 الموصف في التوصية ITU-R BS.775).
- 5.1 صوت متعدد القنوات (النسق 3/2 الموصف في التوصية ITU-R BS.775).
- 10.2 صوت غامر (النظام F الموصف في التوصية ITU-R BS.2051).
- 22.2 صوت غامر (النظام H الموصف في التوصية ITU-R BS.2051).

ويمكن استعمال المعيار في مجموعة واسعة من التطبيقات منها تخزين وإرسال الصوت المجسم والمحيطي. ودعم المعيار للأنشطة البينية والصوت الغامر مهم لتلبية متطلبات الجيل القادم من عمليات توصيل الوسائط، خاصةً أنظمة الإذاعة التليفزيونية الجديدة وخدمات البث الترفيهي فضلاً عن محتوى الواقع الافتراضي وخدماته.

فعلى سبيل المثال، يمكن إرسال التعليقات أو الحوارات في الإذاعة التليفزيونية بوصفها كائنات سمعية ودمجها مع حشية قناة سمعية غامرة في مفكك تشفير النموذج MPEG-H 3D Audio ويسمح ذلك بإرسال الحوار بكفاءة بلغات متعددة ويسمح كذلك للمستمع بضبط التوازن بين الحوار وعناصر الصوت الأخرى حسبما يروق له. ويمكن توسيع هذا المفهوم ليطول العناصر الأخرى التي لا تكون موجودة عادةً في أي بث، مثل الوصف الصوتي لذوي الإعاقة البصرية وتعليقات المخرج أو للحوارات من المشاركين في الفعاليات الرياضية.

ويدعم النموذج MPEG-H 3D Audio منخفض التعقيد إدارة جهارة الصوت طبقاً للتوصيتين ITU-R BS.1770 وITU-R BS.1771، بما في ذلك تشوير الامتثال لبيان الامتثال للوائح التنظيمية الدولية والعديد من اللوائح التنظيمية الإقليمية المتعلقة بجهارة الصوت. ويدعم هذا النموذج أيضاً التحكم في المدى الدينامي (DRC) المتقدم من أجل طائفة واسعة من أنواع الأجهزة للبيئتين "المنزلية" و"المتنقلة" على السواء.

2 التشفير

تقوم معمارية كوديك المعيار MPEG-H 3D Audio على كوديك إدراكي لضغط أصناف إشارات الدخل المختلفة، استناداً إلى التشفير الموحد للكلام والصوت (USAC) للفريق MPEG. ويسمح التشفير USAC بضغط الإشارات الصوتية من قناة واحدة إلى قنوات متعددة بمعدلات تساوي وتزيد عن 8 kbit/s لكل قناة.

وبالنسبة للمتطلبات الجديدة التي برزت في سياق الصوت ثلاثي الأبعاد، تم توسيع هذه التكنولوجيا بأدوات تستخدم بشكل خاص التأثيرات الإدراكية لإعادة الإنتاج ثلاثي الأبعاد وبالتالي تزيد من تحسين كفاءة التشفير، مثل:

- توفير ملء معزز للضوضاء من خلال السد الذكي للثغرات (IGF)، وهي آلية تقوم معلمياً بتخزين أجزاء من الطيف المرسل باستخدام المعلومات المناسبة من الفدرات الطيفية المتجاورة من حيث التردد والزمن. ويتم التحكم في تخصيص هذه الفدرات الطيفية ومعالجتها عن طريق المشفر استناداً إلى تحليل لإشارة الدخل. وبذلك، يمكن سد الثغرات الطيفية بمعاملات طيفية تتواءم بشكل أفضل إدراكياً من تتابعات الضوضاء شبه العشوائية التي يوفرها الملء التقليدي للضوضاء.
- إلى جانب التحسينات على كفاءة التشفير، يزود النظام الأساسي USAC-3D بآليات تشفير جديدة من أجل المحتويات/تشكيلات مكبرات الصوت ثلاثية الأبعاد ومن أجل نمط الإشارات في القطار المضغوط (قناة سمعية مقابل كائن سمعي مقابل إشارة HOA).

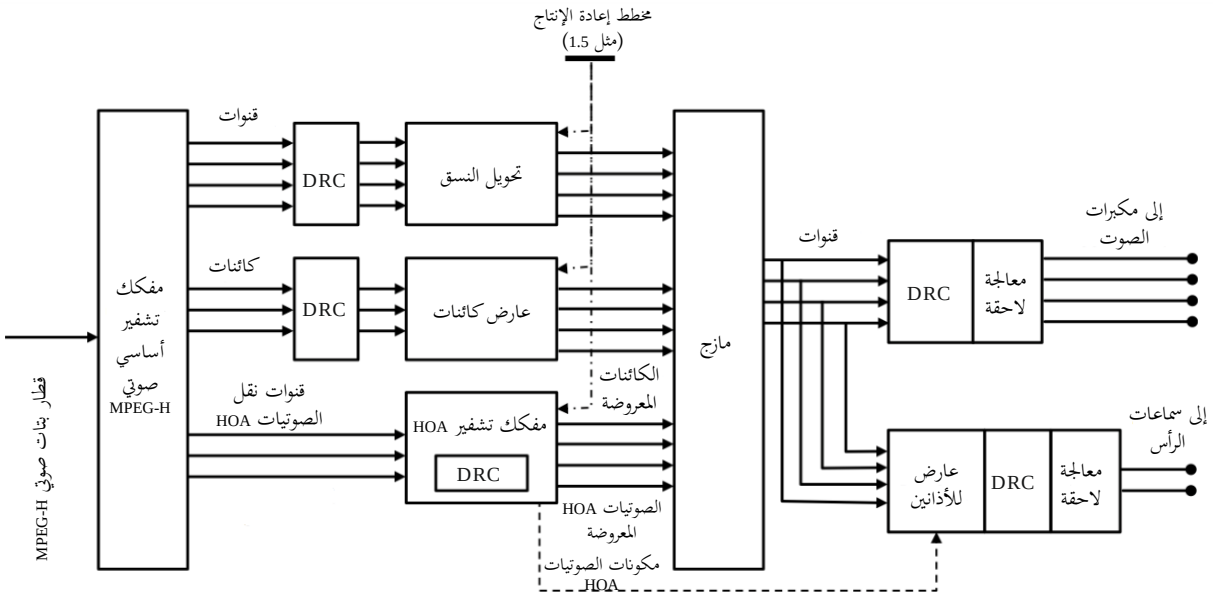
وهناك جانب آخر جديد في تصميم الحمولة النافعة الصوتية المضغوطة ويتمثل في سلوك محسن للتبديل اللحظي للمعدل أو التوجيه السريع كما يبدو في سياق البث التكيفي الدينامي للفريق MPEG (DASH). ولهذا الغرض، أضيفت ما تعرف باسم "أرتال العرض الفوري" إلى التركيب الذي يتيح عمليات انتقال بلا ثغرات من قطار لآخر. وهذه ميزة للبث التكيفي عبر شبكات بروتوكول الإنترنت.

3 فك التشفير

يرد في الشكل 17 مخطط وظيفي رفيع المستوى لمعمارية مفكك التشفير الصوتي للنموذج MPEG-H 3D Audio.

الشكل 17

مخطط وظيفي رفيع المستوى لمعمارية مفكك التشفير الصوتي للنموذج MPEG-H 3D Audio



BS.1196-17

والمكونات الرئيسية هي ما يطلق عليها مفكك التشفير الأساسي USAC-3D ومجموعة من أدوات العرض لأصناف الإشارات المختلفة ومازج. وفي مرحلة أولى، تحول الإشارات الرئيسية المختلفة من تمثيلها القائم على ضغط البيانات بواسطة ما يطلق عليه مفكك التشفير الأساسي USAC-3D.

وبعد ذلك تغذي أصناف الإشارات المختلفة (أشكال الموجات لإشارات القنوات وإشارات الكائنات أو إشارات معاملات الصوتيات HOA) لأدوات العرض الخاصة بها التي تقابل هذه الإشارات بالإشارات المغذية لمكبرات الصوت من أجل تشكيلة إعادة الإنتاج المعنية المتاحة على جانب المستقبل. وبمجرد تيسر جميع الإشارات المعروضة في نسق إعادة الإنتاج تجمع في مرحلة مزج لتكوين إشارة تغذية مكبر الصوت. وفي حالة طلب تمثيل للأذنين، تحول الإشارة إلى مشهد افتراضي ثلاثي الأبعاد من أجل إعادة الإنتاج لسماعة الرأس. ويمكن إرسال أي توليفة من أنماط الإشارات المختلفة في قطار MPEG-H وحيد، مثلاً، توليفة من إشارات القنوات مع إشارات كائنات أو مشهد صوتيات HOA مع كائنات.

وأدوات العرض هي:

- محول أنساق لتحويل إشارات القنوات من نسق مكبر الصوت الخاص بالإنتاج لهذه الإشارات إلى تشكيلة مكبرات الصوت الخاصة بإعادة الإنتاج.
- عارض للكائنات من أجل تحويل مسارات الأشياء الاستاتيكية أو الديناميكية إلى تشكيلة إعادة الإنتاج.
- عارض للصوتيات HOA للتحويل من التمثيل القائم على المشهد للصوتيات HOA إلى التشكيلة الفعلية لإعادة الإنتاج.
- عرض للأذنين للتحويل من التشكيلة الافتراضية لمكبرات الصوت إلى خرج من أجل سماعة الرأس.

وإضافة إلى ذلك، يمكن التحكم في تشغيل وعرض أصناف الإشارات المختلفة بواسطة سطح بيني للمستعمل إذا ما وسمت البيانات الشرحية المقابلة هذه الإشارات بأنها مهيأة للتفاعلية.

الملحق 9
(إعلامي)

DTS-UHD

1 مقدمة

يتضمن نظام التشفير DTS-UHD محرك تشفير سمعي (ACE) كأسلوب فعال لضغط أشكال الموجات السمعية. ويدعم نظام DTS-UHD التشفير السمعي المستند إلى القناة (CBA) والمجالات الصوتية المحيطة والإشارة السمعية القائمة على الكائنات (OBA). وقد قُيِّس نظام DTS-UHD في التوصيف التقني ETSI TS 104 491، وهو يشكل جزءاً من توصيف قطار النقل DVB MPEG ETSI TS 101 154. ويقدم النظام تجربة غامرة تماماً، ومن خلال استخدام الكائنات أو القنوات أو المجالات الصوتية أو مجموع الثلاثة بمجملها، يقدم إمكانية التفاعل والاختيارات الشخصية لتعزيز التجربة. وهو يدعم أيضاً خدمات إمكانية النفاذ للمستخدمين المعاقين بصرياً وسمعياً.

ويدعم نظام DTS-UHD جميع توزيعات مكبرات الصوت الموصَّفة في التوصية ITU-R BS.2051.

وإلى جانب الدعم السمعي الكامل القائم على القناة، يمكن لنظام DTS-UHD أيضاً تشفير ما يصل إلى 224 كائناً سمعياً منفصلاً يمكن الاسترسال في تنظيمها بما يصل إلى 32 مجموعة كائنات و32 عرضاً في قطار واحد.

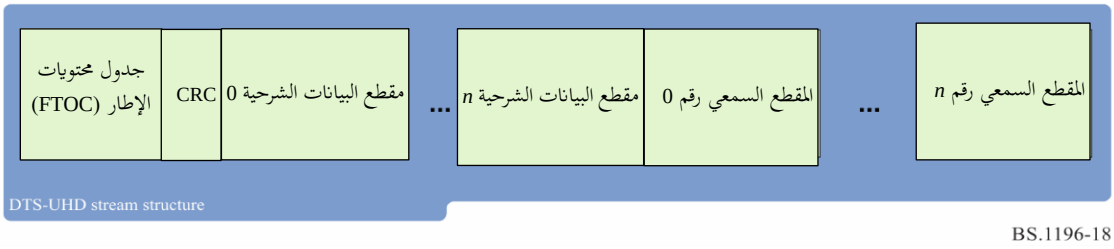
ويتكون قطار DTS-UHD من سلسلة من أطر DTS-UHD تحتوي على ثلاثة عناصر رئيسية:

- جدول محتويات الإطار (FTOC) – يسمح هذا العنصر لمفكك الشفرة بالانتقال مباشرة إلى العناصر ذات الأهمية في الإطار؛
- عناصر مقطع البيانات الشرحية؛
- عناصر المقطع السمعي.

وترد الخطوط العريضة للهيكل أدناه:

الشكل 18

هيكل قطار DTS-UHD



ويرد جدول محتويات الإطار (FTOC) في كل إطار لنظام DTS-UHD ويشير إلى ما إذا كان الإطار إطاراً متزامناً أو إطاراً غير متزامن، حيث تقدم الأطر المتزامنة جميع المعلمات اللازمة لبدء دورة فك التشفير.

وتحمل المقاطع السمعية أشكال الموجات المضغوطة التي تُضغط وتُحمل على النحو الأمثل ويمكن أن تكون إما أطراً متزامنة أو أطراً غير متزامنة. وينظَّم المقطع السمعي في عدد من القطارات الفرعية التي يمكن أن تمثل أشكال موجات غير مجسمة، وأشكال موجات مجسمة، وأشكال موجات مؤثرات الترددات المنخفضة (LFE).

ويصف مقطع البيانات الشرحية المكون السمعي تماماً، بما في ذلك نوع المكون، وماهية المقاطع السمعية اللازمة لترجمة المكون، ومعلومات عن الجهارة وضغط المدى الديناميي. ويشير مقطع البيانات الشرحية لنقطة نفاذ (إطار DTS-UHD متزامن) إلى مقطع سمعي يمثل أيضاً إطاراً متزامناً ويحتوي على مجموعة كاملة من البيانات الشرحية اللازمة لبدء فك التشفير.

2 المشفر

لم يوصَّف مشفر DTS-UHD ACE معيارياً ضمن المعهد الأوروبي لمعايير الاتصالات (ETSI). وينفذ المشفر مجموعة أدوات كاملة قادرة على توريد العديد من قطارات البتات لدعم عدد من تشكيلات مكبرات الصوت المختلفة.

وتحافظ تكنولوجيا تشفير النظام DTS-UHD على الجودة السمعية ويمكنها إنتاج قطارات بتات تحقق بثاً عالي الجودة على النحو الموصَّف في التوصية ITU-R BS.1548 بمعدلات البتات التالية:

معدل البتات	تشكيلة مكبر الصوت (kbit/s)
0+2+0 (مجسم)	128
0+5+0 (5.1)	192
4+7+0 (7.1.4)	288

يتيح مشفر DTS-UHD التحكم الكامل في تموضع الأطر المتزامنة للسماح للخدمة بالتحكم في نقاط الدخول إلى الخدمة السمعية.

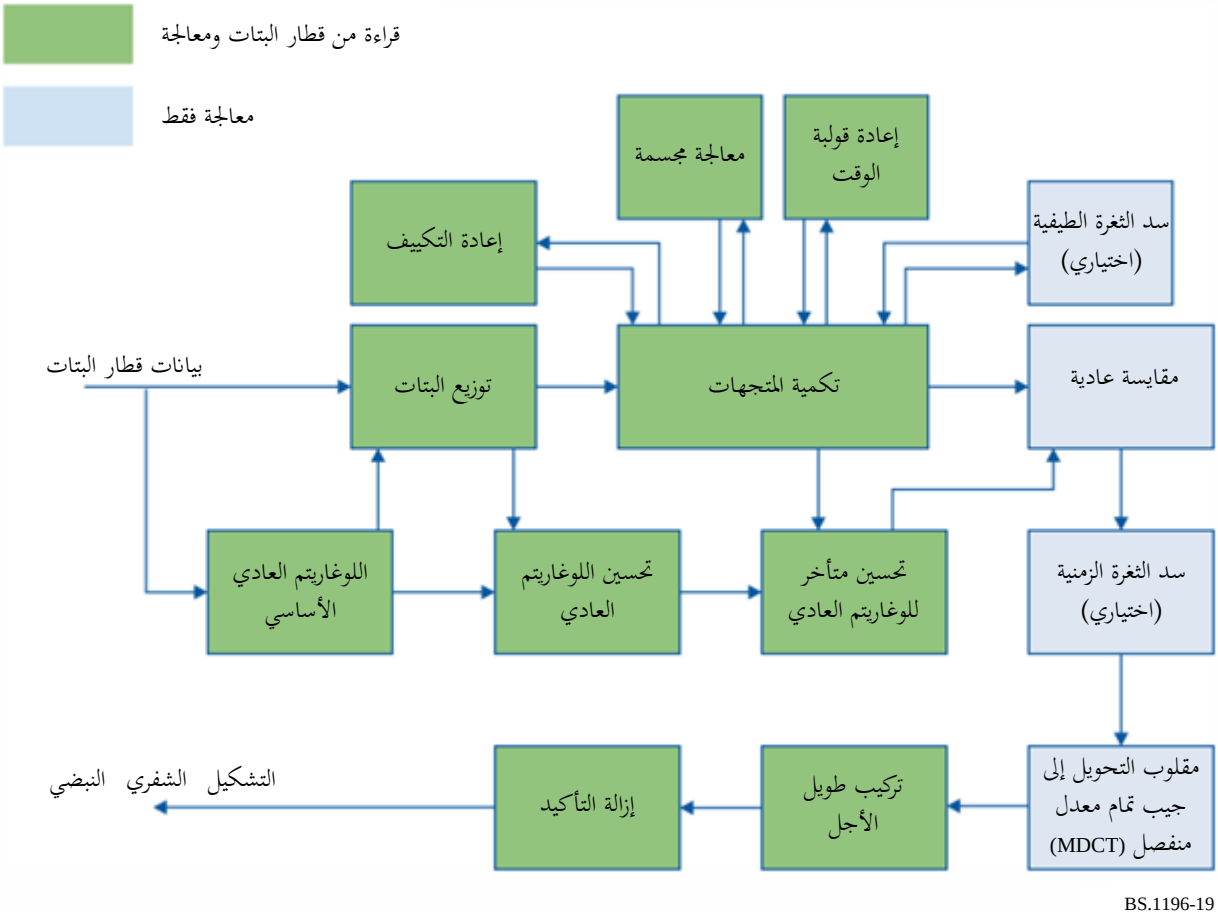
وتضمن وظيفة معدل البتات المتغير (VBR) في نظام DTS-UHD بتحقق معدل بتات ثابت (CBR) لكل مجموعة أطر – أي الفاصل الزمني بين إطارين متزامنين متتاليين (GoF). ويضبط المشفر الأطر المتزامنة، ويمكن تغيير الفاصل الزمني للمزامنة دينامياً أثناء عملية التشفير حسب الحاجة. ويمكن لمشفر DTS-UHD أيضاً تحديد الحد الأقصى لمعدل VBR لحظياً حسب الطلب. ويوزع نموذج DTS-UHD للتحكم في معدل البتات البتات بشكل دينامي ضمن كل إطار سمعي عبر الكائنات والقنوات وأزواج القنوات ضمن قطار البتات. ويوجه BRC المزيد من البتات لتشفير المحتوى الأقرب صلة إدراكياً في كل إطار بينما يهدف إلى تساوي الجودة السمعية عبر جميع الكائنات والقنوات ضمن إطار. ويتيح ذلك تحسين كفاءة التشفير بزيادة عدد العناصر السمعية من خلال الاستفادة من التوزيع المتنوع للمحتوى الأقرب صلة إدراكياً عبر الكائنات والقنوات. ويوزع المشفر أيضاً البتات دينامياً على الأطر السمعية ساعياً إلى ثبات الجودة السمعية على طول المحور الزمني (ضمن قيود CBR لكل مجموعة أطر والذروة القصوى المحددة لمعدل البتات)؛ علماً بأن وظيفة BRC لا تتطلب إرسال معلومات إضافية وأن مفكك التشفير ليس على علم بوظيفة BRC. ويظل كل كائن أو قناة أو زوج قنوات قابلاً لفك التشفير بشكل مستقل و"يمكن ممارسته تماماً" بأسلوب التحكم في معدل البتات (BRC).

3 مفكك التشفير

يعمل مفكك تشفير ACE على قطارات ACE مجسمة، وقطارات ACE غير مجسمة وقطارات ACE لمؤثرات الترددات المنخفضة (LFE). وفي إطار ACE، تُفصل القطارات إلى أحد هذه التصنيفات الثلاثة. وتحتوي القطارات المجسمة على تهيئة مثلى إضافية تستفيد من المعلومات المشتركة بين كلتا القناتين.

الشكل 19

مفكك تشفير ACE



يتضمن فك تشفير قطار ACE المجسم أو غير المجسم المراحل التالية:

اللوغاريتم العادي الأساسي: يُستخرج التقريب الأول لقدرة النطاق الطيفي من قطار البتات. وتمثَّل قيم القدرة هذه في الميدان اللوغاريتمي ويشار إليها بقيم اللوغاريتم العادي.

توزيع البتات: لكل نطاق طيفي، يحسب عدد البتات المتاح لفك تشفير النطاق الطيفي المقيّس. ويعتمد هذا الحساب على المعلومات في قطار البتات وقيم اللوغاريتم العادي الأساسي (المحتملة).

تحسين اللوغاريتم العادي: يتم استخدام جزء صغير من توزيع البتات لتحسين قيم اللوغاريتم العادي الأساسي.

VQ: (تكمية المتجهات)، يُستخدم معظم توزيع البتات لإعادة بناء قيم التردد الطيفي المقيسة، لكل نطاق طيفي على حدة.

إعادة التكييف: بالنسبة للنطاقات الطيفية "الكاملة" في الأصل وقيم توزيع البتات الصغيرة، يعاد تكييف النطاقات المتفرقة التي أعيد بناؤها في البداية لتقريب طيف كامل بشكل أفضل.

المعالجة المجسمة: في القطارات المجسمة، تحوَّل القناتان المعاد بناؤهما إلى تمثيل أصلي (غير مختلط).

إعادة قولبة الوقت–التردد: تعالَج النطاقات الطيفية مسبقاً بتحويل Haar البسيط، مما يجعل جميع النطاقات متساوية في تمثيل الوقت–التردد.

سد الثغرة الطيفية: تُملأ النطاقات ذات الطاقة الأصلية، التي أعيد بناؤها إلى خانات جميعها أصفار، "بالضوضاء" المتولدة من قيم النطاق المعاد بناؤها قبلاً.

التحسين المتأخر للوغاريتم العادي: تُستخدم أي بتات باقية بعد تكمية المتجهات لتحسين الوغاريتم العادي.

المقايسة العادية: تستعيد النطاقات الطيفية قيم القدرة المقابلة لقيم اللوغاريتم العادي النهائية.

سد الثغرة الزمنية: يُحتمل أن تُملأ نطاقات طيفية ذات خانات جميعها أصفار بضوضاء مركَّبة حسب قدرة النطاق الطيفي في الأطر السابقة.

مقلوب التحويل إلى جيب تمام معدل منفصل (MDCT): يحوِّل التمثيل الطيفي إلى تمثيل في ميدان الوقت (PCM).

تركيب طويل الأجل: يستخدم مرشاح تركيب طويل الأجل لإعادة بناء مكونات الإشارة التي أزيلت في وقت التشفير.