الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيـــة ITU-R BS.1196-3

(2012/08)

التشفير السمعي من أجل الإذاعة الرقمية

السلسلة BS

الخدمة الإذاعية (الصوتية)

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، 2013

© ITU 2013
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 BS.1196-3*، **

التشفير السمعي من أجل الإذاعة الرقمية

(المسألة ITU-R 19/6)

(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.

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

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

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

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

ز) 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؛

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

ط) 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؛

* قامت لجنة الدراسات 6 بإدخال تعديلات صياغية على هذه التوصية في عام 2003 وفقاً للقرار ITU-R 44.

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

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 النظامين التاليين 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 (2008-08)؛

الملاحظـــة 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).

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

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 ACC-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-4HE AAC-LC v2 على النحو الموصف في المعيار ISO/IEC 14496:2009؛

– النظام AC-3 على النحو الموصف في المعيار ETSI TS 102 366 (2008-08)؛

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

الملاحظـــة 4 – يُشجَّع أعضاء قطاع الاتصالات الراديوية، إلى جانب مصنعي المستقبلات ومجموعات الرقائق، 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 الشفرة 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؛

الملاحظـــة 5 – 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 مخطط التشفير ISO/IEC 11172-3، الطبقة II، في وصلات التوزيع والمساهمة بمعدل بتات 180 kbit/s كحد أدنى لكل إشارة سمعية (أي لكل إشارة غير مجسمة أو لكل توليفة من إشارة مجسّمة مشفرة بصورة مستقلة) مع استبعاد البيانات المساعدة؛

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 المُدخلة للمشفر السمعي منخفض معدل البتات بدون تشديد وألا يطبق المشفر أي تشديد على الإشارة؛

8 بأن الامتثال لهذه التوصية أمر طوعي. بيد أن التوصية قد تتضمن بعد الأحكام الإلزامية (لضمان قابلية التشغيل البيني أو قابلية التطبيق، مثلاً)، ويتحقق الامتثال للتوصية عند الوفاء بكل هذه الأحكام الإلزامية. وتستعمل كلمات مثل "يتعين" أو أي صياغة إلزامية أخرى مثل "يجب" ونفيها للتعبير عن المتطلبات. ولا يعني استعمال هذه الصيغ مطلقاً أن الامتثال الجزئي أو الكلي لهذه التوصية إلزامي،

توصي كذلك

1 بأن يتم الرجوع إلى 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.

الملاحظـــة 1 – يمكن الاطلاع على المعلومات الخاصة بالكودكات الواردة في هذه التوصية في التذييلات من 1 إلى 5.

التذييل 1

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

1 التشفير

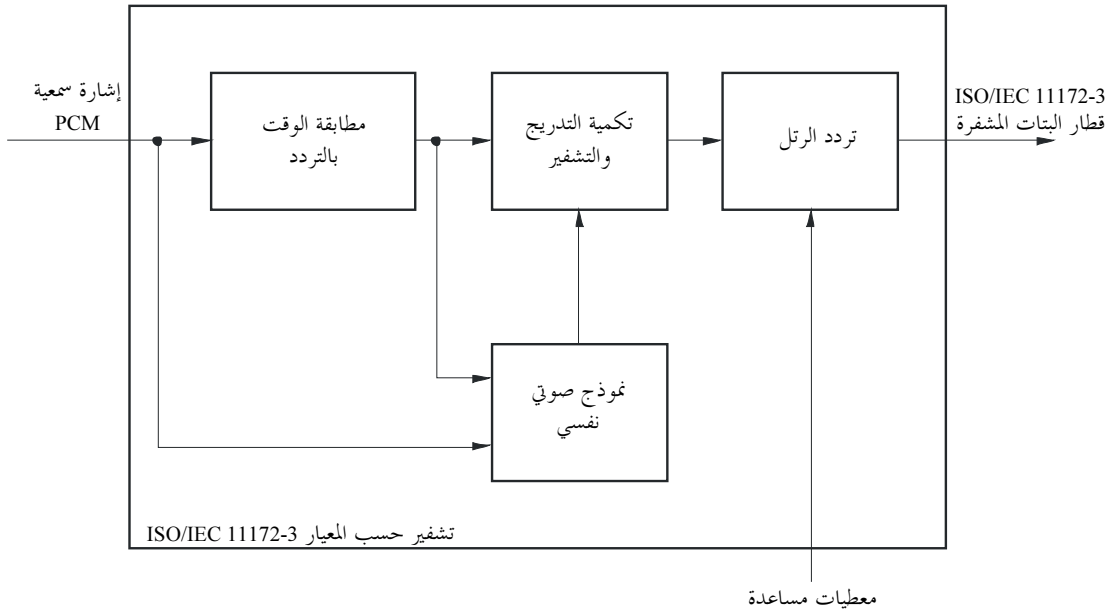
يعالج المشفر الإشارة الصوتية الرقمية ويولد قطار البتات المضغوط. وخوارزمية التشفير غير مقيسة ويمكن أن تستعمل عدة وسائل للتشفير، مثلاً تقدير عتبة الحجب السمعية، والتكمية والتدريج (الملاحظة 1). ومع ذلك، لا بد أن يكون خرج المشفر على نحو يمكن مفكك الشفرة المطابق لهذه التوصية من إنتاج إشارة صوتية ملائمة للتطبيق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

الملاحظـــة 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 فورييه 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.

الشـــكل 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:

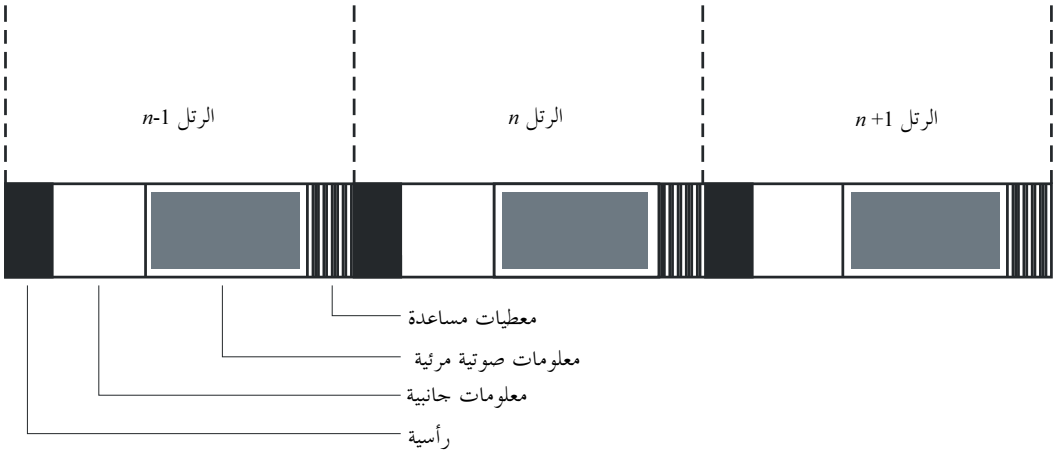
- قناة وحيدة؛
- قناة مزدوجة (إشارتان صوتيتان مستقلتان مشفرتان داخل قطار واحد للبتات، تطبيق بلغتين مثلاً)؛
- مجسم (الإشارتان اليسارية واليمينية لزوج مجسم داخل قطار بتات واحد)؛
- مجسم مركب (الإشارتان اليسارية واليمينية لزوج مجسم داخل قطار واحد للبتات مع استغلال الاختلاف والإطناب المجسمين). ويمكن استعمال 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:

الشـــكل 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؛

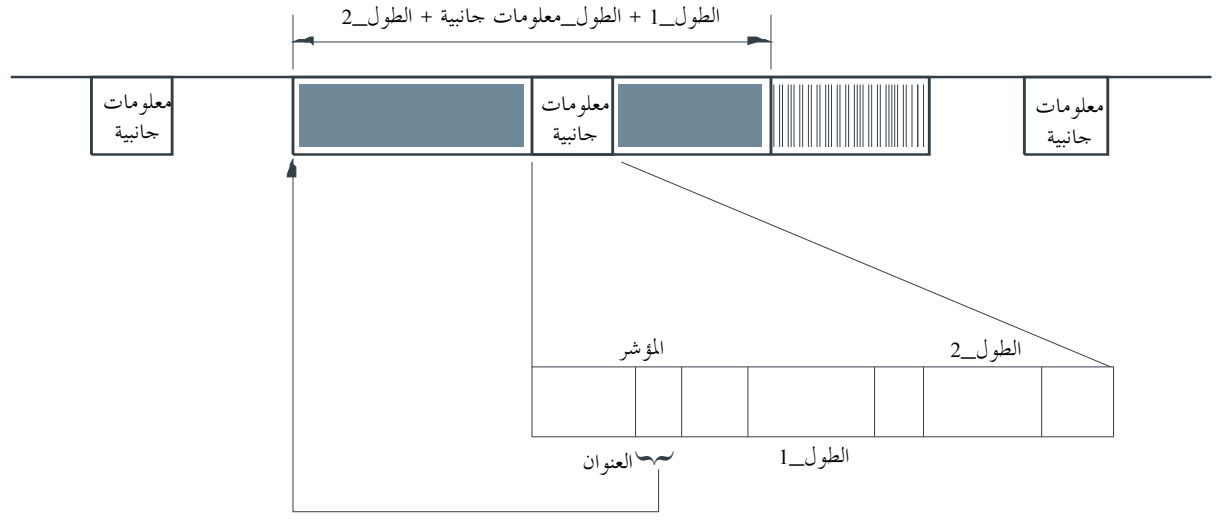
المعلومات الصوتية الرئيسية: جزء من قطار البتات يتضمن عينات النطاق الأساسي المشفرة؛

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

BS.1196-02

الشـــكل 3

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



المعلومات الصوتية الرئيسية

معطيات فرعية

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

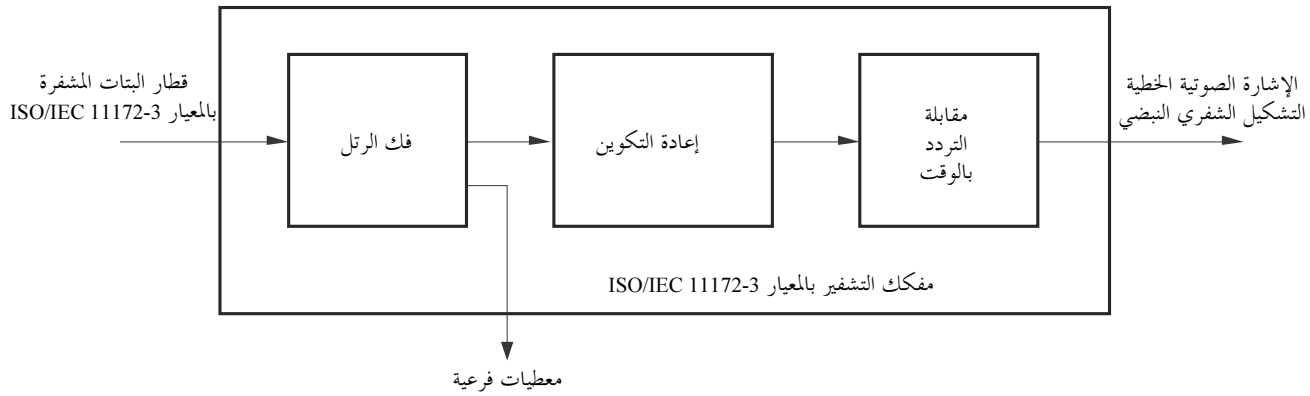
4 فك الشفرة

يقبل مفكك الشفرة 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 الشفرة بواسطة المعطيات المتصلة بقطار البتات الصوتي. وتقوم عملية إزالة ترزيم الرتل وفك شفرة 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.

الشـــكل 4

المخطط الوظيفي لمفكك الشفرة



BS.1196-04

التذييل 2

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 شفرة النموذج الرئيسي أن يفك شفرة 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 ترددية لفك الشفرة وبذلك يمكن مفكك الشفرة من استعمال عدد محدود من المعدات. فلفك شفرة أدنى نطاق ترددي على تردد الاعتيان 48 kHz مثلاً يستطيع مفكك الشفرة أن يعيد إنتاج إشارة صوتية بعرض نطاق يبلغ 6 kHz بالحد الأدنى من تعقد فك الشفرة.

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 لآثار الترددات المنخفضة (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.

الجـــدول 1

ترددات الاعتيان المدعمة

ترددات 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

الجـــدول 2

التشكيلات الاسمية للقنوات

عدد مكبرات الصوت	العناصر الصوتية اللغوية مدرجة بالترتيب الذي وردت به	العنصر النظري في تحديد أماكن مكبرات الصوت
1	single_channel_element	مكبر صوت أمامي وسطي
2	channel_pair_element	مكبرات صوت في الأمام على اليسار وعلى اليمين
3	single_channel_element()	مكبر صوت أمامي وسطي
	channel_pair_element()	مكبرات صوت في الأمام وعلى اليمين وعلى اليسار
4	single_channel_element()	مكبر صوت أمامي وسطي
	channel_pair_element(),	مكبرات صوت في الأمام وعلى اليمين وعلى اليسار
	single_channel_element()	مكبر صوت رجعي في الخلف
عدد مكبرات الصوت	**العناصر الصوتية اللغوية مدرجة بالترتيب الذي وردت به**	**العنصر النظري في تحديد أماكن مكبرات الصوت**
5	single_channel_element()	مكبر صوت أمامي وسطي
	channel_pair_element()	مكبرات صوت جانبية وعلى اليمين وعلى اليسار
	channel_pair_element()	مكبرات صوت في الأمام وعلى اليمين وعلى اليسار
1 + 5	single_channel_element()	مكبر صوت أمامي وسطي
	channel_pair_element()	مكبرات صوت في الأمام وعلى اليمين وعلى اليسار
	channel_pair_element()	مكبرات صوت رجعية على اليمين وعلى اليسار وفي الخلف
	Lfe_element()	مكبر إيقاع
1 + 7	single_channel_element()	مكبر صوت أمامي وسطي
	channel_pair_element()	مكبرات صوت رجعية على اليمين وعلى اليسار وفي الخلف
	channel_pair_element()	مكبرات صوت خارجية في الأمام وعلى اليمين وعلى اليسار
	channel_pair_element()	مكبرات صوت في الأمام وعلى اليمين وعلى اليسار
	lfe_element()	مكبر إيقاع

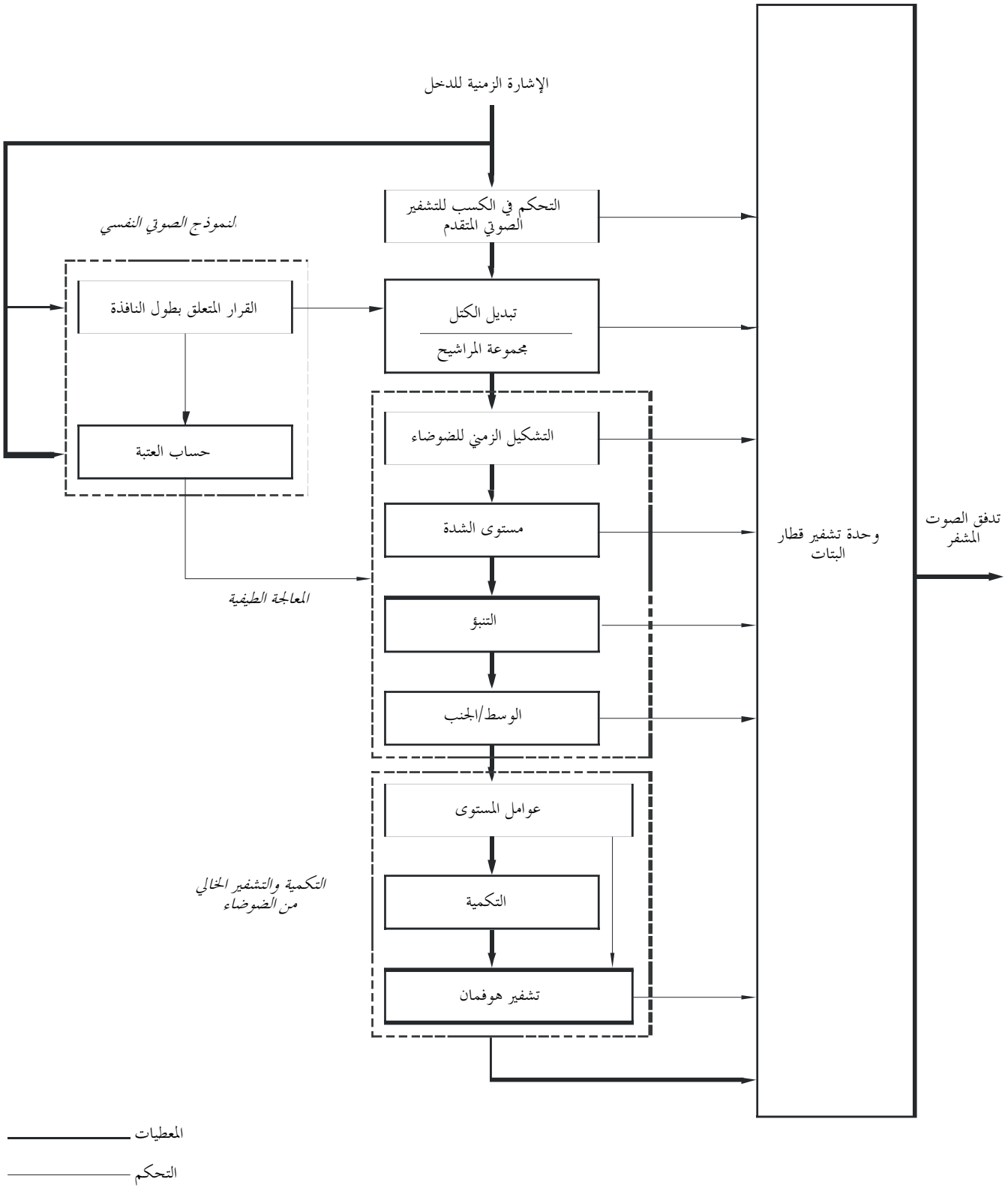
2 التشفير

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 ترددية 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 واختبار أداة تشفير مناسبة.

الشـــكل 5

مخطط وظيفي لجهاز للتشفير الصوتي المتقدم بالصيغة 2 لفريق الخبراء السينمائيين



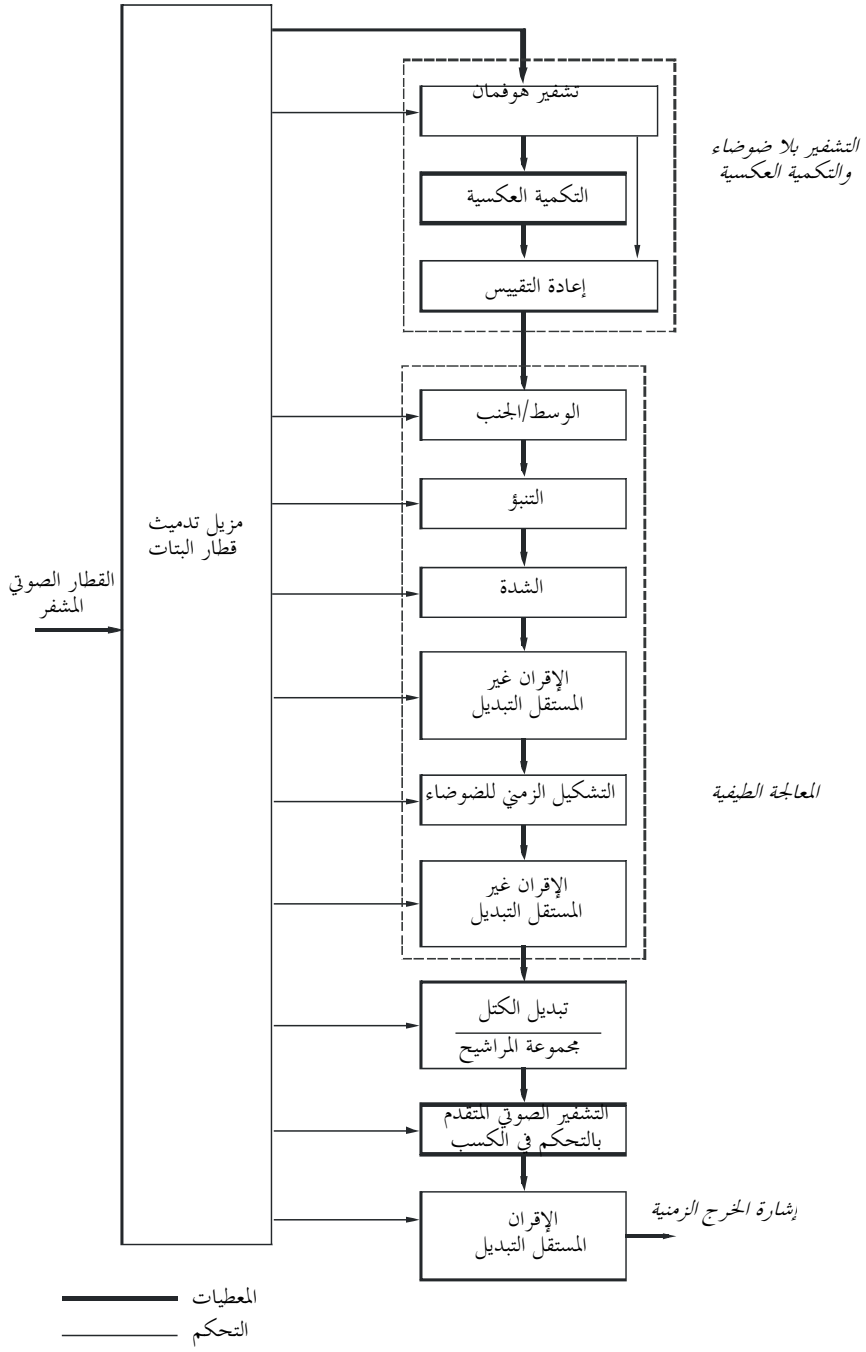
BS.1196-05

3 فك الشفرة

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

الشـــكل 6

مخطط جهاز لفك التشفير الصوتي المتقدم بالصيغة 2 لفريق الخبراء السينمائيين



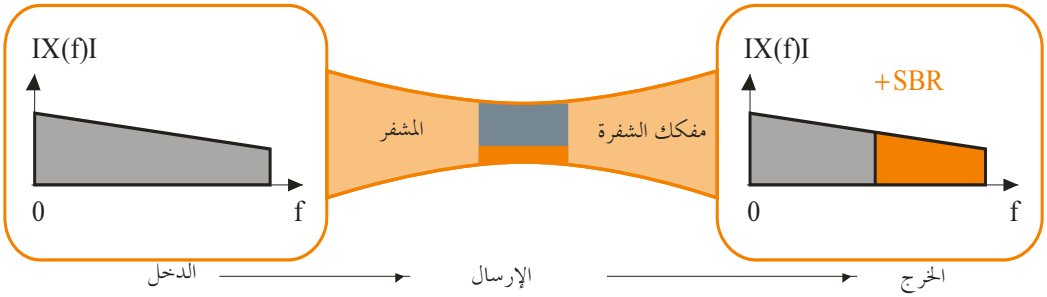
BS.1196-06

ويتمثل عمل مفكك الشفرة في إيجاد وصف للأطياف الصوتية المكماة في قطار البتات وفك شفرة 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 الطيف الترددي. 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.

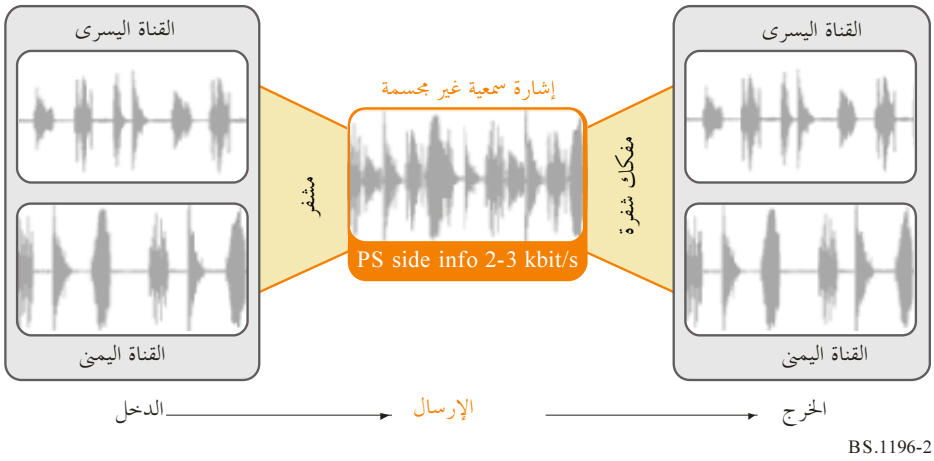


وقطار بتات التشفير HE AAC يعتبر تحسيناً لقطار بتات الإشارات السمعية ذات التشفير السمعي المتقدم (AAC). وتُدمج البيانات الإضافية SBR في عنصر ملء التشفير AAC، بما يضمن التوافق مع معيار AAC. وتكنولوجيا التشفير HE AAC عبارة عن نظام ذي معدلين. ويعمل قطار بتات الإشارات السمعية AAC العادي المتوافق عكسياً بنصف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



ونتيجة لذلك، تكون الجودة السمعية المدركة لقطار بتات صوتي بمعدل بتات منخفض (kbit/s 24، 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 الشفرة AAC العادي، غير المجهز بإمكانية تفكيك شفرة بيانات التحسين SBR، ينتج إشارة خرج زمنية غير مجسمة بنصف معدل الاعتيان.

التذييل 3

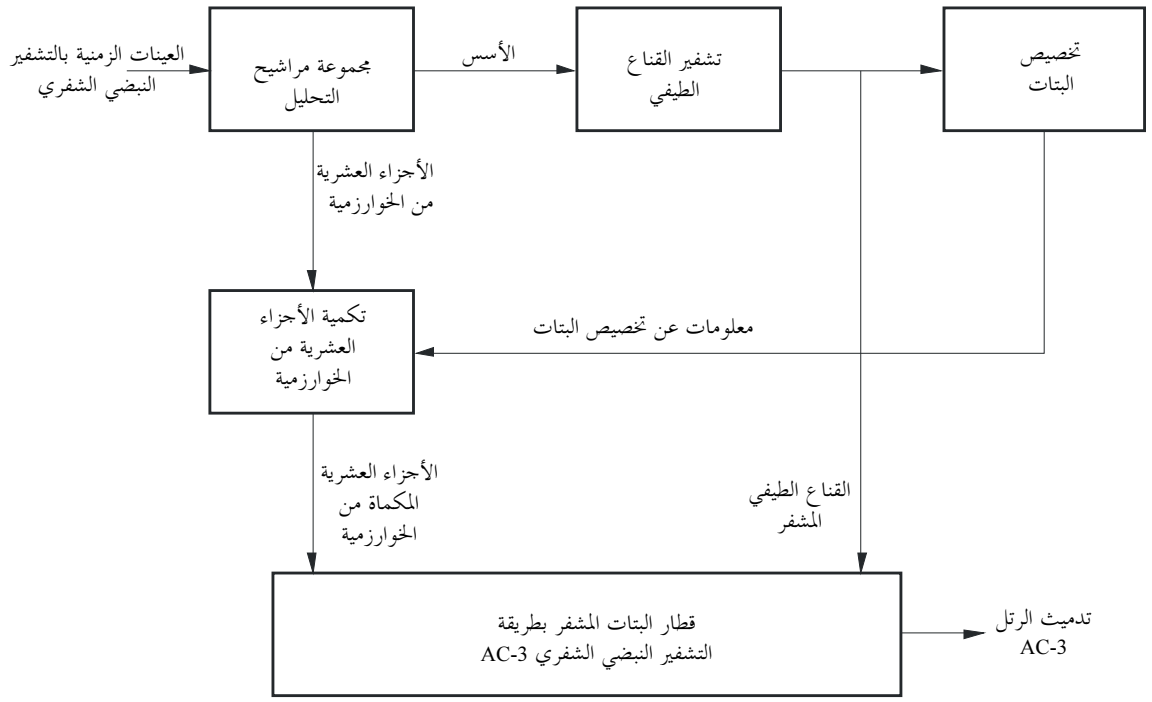
الخوارزميات AC-3 وE-AC-3 لضغط الإشارات السمعية

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 المجال الترددي. 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 ترددي. وبسبب الكتل المتراكبة تمثل كل عينة دخل لخوارزمية الضغط الرقمي في كتلتين محولتين متتابعتين. ويمكن حينئذ قسمة تمثيل المجال الترددي بمعامل 2 حتى تحتوي كل كتلة على 256 مكافئاً ترددياً. وتمثل المكافئات الترددية كل على حدة برمز أسي اثنيني باعتبارها أُسّاً 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 (1 536 عينة صوتية) إلى رتل AC-3. وقطار بتات خوارزمية الضغط الرقمي (AC-3) هو سلسلة من الأرتال.

الشـــكل 7

المشفر بخوارزمية الضغط الرقمي (AC-3)



BS.1196-07

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

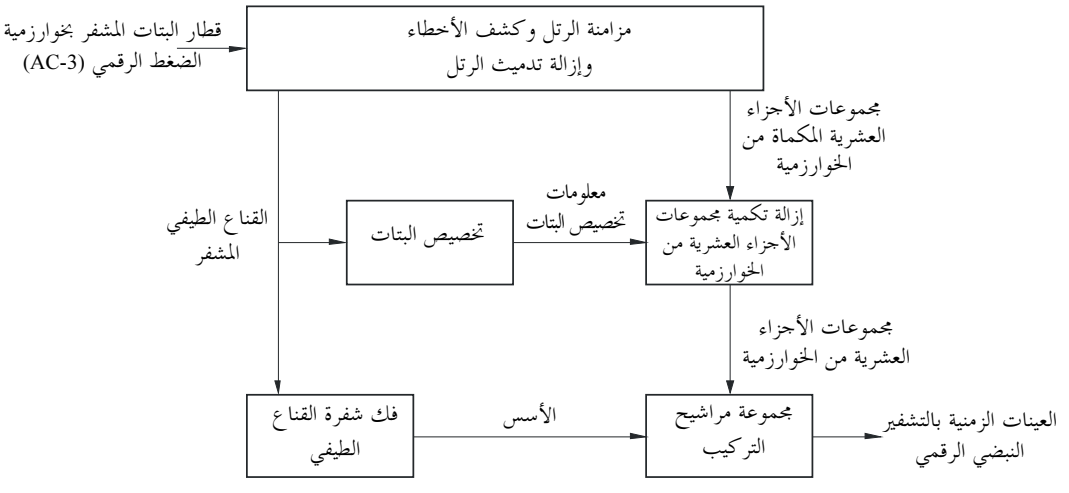
- يلحق عنوان بالرتل يتضمن معلومات (معدل البتات ومعدل البيانات وعدد القنوات المشفرة إلخ.) اللازمة لمزامنة وفك شفرة قطار البتات المشفرة؛
- تدمج شفرات لكشف الأخطاء لتمكين مفكك الشفرة من التحقق من أن رتل البيانات الوارد خال من الأخطاء؛
- قد يكون التحليل الطيفي لمجموعة مراشيح التحليل معدل تعديلاً دينامياً 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 شفرة إشارة القناتين بمفكك شفرة.

2 فك الشفرة

عملية فك الشفرة هي أساساً عكس عملية التشفير. فمفكك الشفرة، 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. وتفك شفرة القناع الطيفي لإنتاج الأسس. وتحول الأسس ومجموعات الأسس مرة أخرى إلى المجال الزمني لإنتاج العينات الزمنية بالتشكيل الشفري النبضي بعد أن فكت شفرتها.

الشـــكل 8

مفكك التشفير بخوارزمية الضغط الرقمي (AC-3)



مفكك الشفرة 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 الشفرة 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.

التذييل 4

تكنولوجيا MPEG المحيطة

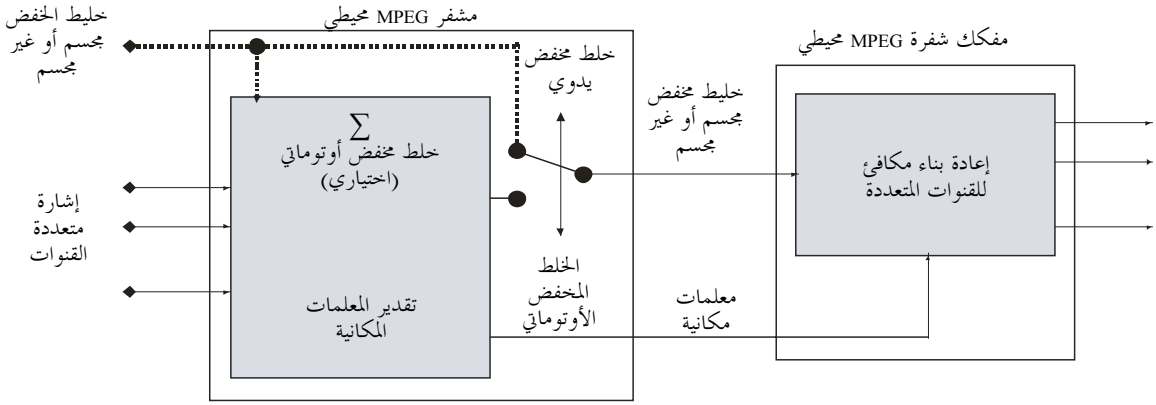
1 مقدمة

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 الشفرة التقليدية للصوت غير المجسم أو المجسم البيانات المساعدة وتقوم بتشغيل الخليط المخفض غير المجسم أو المجسم للإشارة السمعية. ومفككات الشفرة المجهّزة بهذه التكنولوجيا تقوم أولاً بفك شفرة 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:

الشـــكل 9

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



BS.1196-09

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 الشفرة 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 الشفرة 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 الشفرة التي يمكنها تشفير قطار البتات المجسم فقط، وإن كانت مجهزة بمفكك شفرة 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 مشفري 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

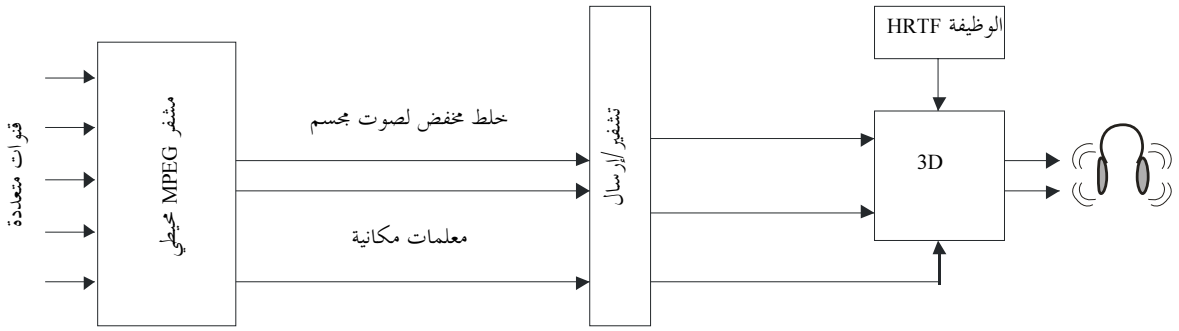
إلى جانب تحويل الخرج إلى خرج متعدد القنوات، يدعم المشفر المحيطي MPEG أيضاً التحويل إلى تشكيلات بديلة للخرج:

- 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 الشفرة والمشفر على السواء، حيث يوفر المشفر إمكانية تطبيق الصوت المحيطي الافتراضي على الخلط المخفض ومن ثم لا يحتاج إلى مفكك

شفرة MPEG محيطي. ويمكن لمفكك الشفرة MPEG المحيطي إلغاء معالجة الصوت المحيط الافتراضي من على الخلط المخفض وإعادة تطبيق صوت محيطي افتراضي بديل. ويبين الشكل 10 المبدأ الأساسي لهذه العملية.

الشـــكل 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 الشفرة 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 الشفرة 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 الشفرة مساوياً أو أكبر من مستوى قطار البتات لضمان فك التشفير على الوجه الأمثل. كما أن مفككات الشفرة 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 الشفرة. وعلاوة على ذلك، تعتمد جودة ونسق خرج مفكك الشفرة MPEG المحيطي على التشكيل الخاص بمفكك الشفرة. بَيد أن جوانب التشكيل الخاصة بمفكك الشفرة 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).

التذييل 5

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

1 مقدمة

المعيار ISO/IEC 23003-3 MPEG-D 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*

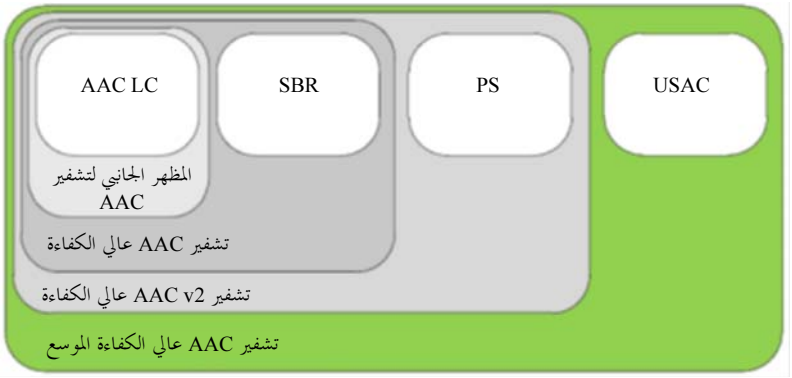
يوفر المظهر الجانبي للتشفير الموحد للكلام والصوت الأساسي الوظائف الكاملة لمعيار التشفير الموحد للكلام والصوت مع المحافظة على انخفاض التعقيد الحاسوبي الإجمالي. وتُستبعد الأدوات ذات متطلبات الذاكرة أو قدرات المعالجة المفرطة.

– *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).

الشـــكل 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.

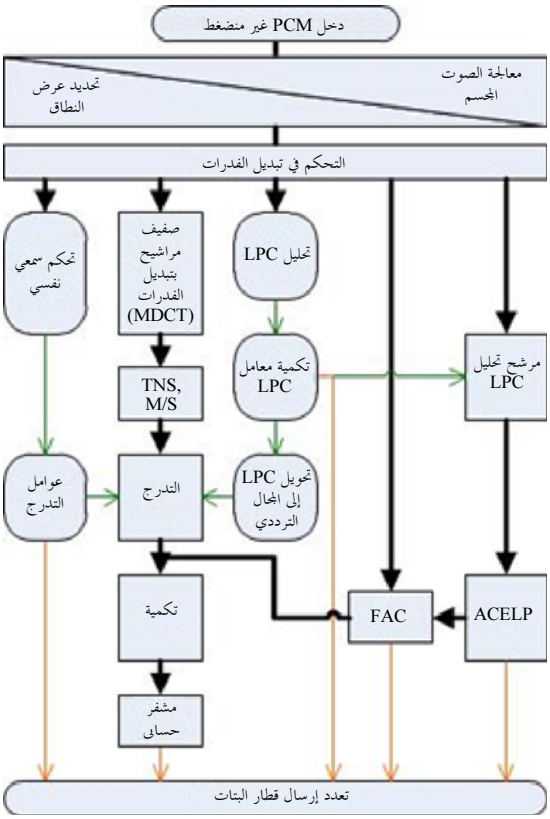
ويتكون المشفر من أدوات التشفير التالية:

– 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 إلا أنها تقوم على أساس المحيط الخاص بالفريق MPEG كما يوضح التذييل 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 الشفرة. 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. يُقدّر المشفر الغلاف الطيفي ونغمية نطاقات الترددات السمعية الأعلى ثم يرسل المعلمات المقابلة إلى مفكك الشفرة. 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.
- 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.
- 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.

الشـــكل 12

مخطط وظيفي لمشفر MPEG-D USAC



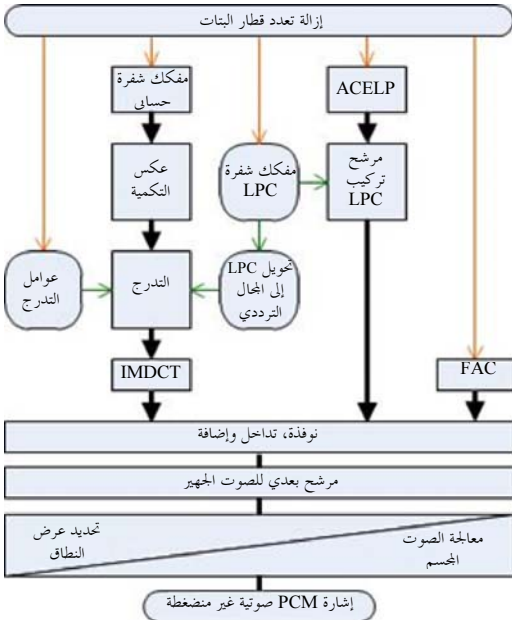
BS.1196-12

3 فك الشفرة

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

الشـــكل 13

مخطط وظيفي لمفكك شفرة MPEG-D USAC



BS.1196-13

ويمكن بيان عملية فك الشفرة بالتقريب كما يلي:

- *إزالة تعدد إرسال قطار البتات:* يحصل مفكك الشفرة على كل المعلومات المتعلقة بالأدوات في قطار البتات ويعيد توجيهها إلى وحدات مفكك الشفرة المقابلة.
- *فك الشفرة الأساسي:* على حسب محتوى قطار البتات، يقوم مفكك الشفرة بإحدى الخطوتين التاليتين:
  - فك شفرة معاملات تحويل MDCT الطيفية وعكس تكميتها، 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 النوفذ، 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 المجهر:* 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 السمعي المتطور (AAC) الأساسي*

يحتوي المظهر الجانبي للتشفير الموحد للكلام والصوت 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 لتشفير 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.

_____