الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية ITU-R BT.2073-2

(2022/01)

استعمال التشفير الفيديوي عالي الكفاءة من أجل تطبيقات بث التلفزيون فائق وعالي الوضوح

السلسلة BT

الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)

الاتحاد الدولي للاتصالات

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، 2022

© ITU 2022
جميع حقوق النشر محفوظة. لا يمكن استنساخ أي جزء من هذا المنشور بأي شكل كان ولا بأي وسيلة إلا بإذن خطي من الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

التوصية ITU-R BT.2073-2

استعمال التشفير الفيديوي عالي الكفاءة من أجل تطبيقات بث التلفزيون فائق وعالي الوضوح

(المسألة ITU-R 12-3/6)

(2022-2020-2015)

مجال التطبيق

توصف هذه التوصية استعمال معيار التشفير الفيديوي عالي الكفاءة (HEVC) حسب التوصية ITU-T H.265 | المعيار ISO/IEC 23008-2 من أجل بث التلفزيون فائق وعالي الوضوح بما في ذلك التلفزيون ذو المدى الدينامي العالي (HDR-TV).

مصطلحات أساسية

التلفزيون فائق الوضوح، التلفزيون ذو المدى الدينامي العالي، التليفزيون عالي الوضوح، تشفير الطبقات الفرعية، قطار بتات فرعي للتشفير المتوازي

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن هناك تطبيقات يحبذ فيها نقل برامج التلفزيون فائق الوضوح والتلفزيون ذي المدى الدينامي العالي و التلفزيون عالي الوضوح بمعدلات بتات مخفضة بشكل كبير مع أدنى انحطاط ملحوظ في الجودة؛

ب) أن التوصية ITU-R BT.2020 توصف معلمات عائلة الأنساق الفيديوية للتلفزيون فائق الوضوح (UHDTV)؛

ج) أن التوصية ITU-R BT.2100 توصف معلمات الأنساق الفيديوية للتلفزيون ذي المدى الدينامي العالي (HDR-TV)؛

د) أن التوصية ITU-R BT.709 توصف معلمات عائلة الأنساق الفيديوية للتلفزيون عالي الوضوح (HDTV)؛

هـ) أن التوصية ITU-T H.265 | المعيار ISO/IEC 23008-2 توصف معيار تشفير فيديوي عالي الكفاءة (HEVC) يمكن من تحقيق تحسين كبير في أداء الانضغاط مقارنة بالمعايير السابقة؛

و) أن المعيار HEVC يتزايد اعتماده لتطبيقات مختلفة بما فيها الإذاعة،

توصي

بأن يستعمل معيار التشفير الفيديوي عالي الكفاءة (HEVC) الموصف في التوصية ITU-T H.265 | المعيار ISO/IEC 23008-2، عندما يتحتم نقل أو تسجيل مواد برامج التلفزيون فائق الوضوح والتلفزيون ذي المدى الدينامي العالي و التلفزيون عالي الوضوح بمعدل بتات منخفض إلى حد كبير.

الملاحظة 1 – يعرض الملحق 1 المعلمات الأساسية لبث التلفزيون فائق وعالي الوضوح، بما في ذلك التلفزيون ذو المدى الدينامي العالي باستعمال المعيار HEVC.

الملاحظة 2 – يعرض الملحق 2 مخطط تشفير مفضلاً من أجل التشفير الزمني للطبقة الفرعية للتلفزيون فائق الوضوح عند ترددات رتل يساوي 120 و100 Hz باستعمال المعيار HEVC.

الملاحظة 3 – يعرض الملحق 3 مخطط تشفير مفضلاً للفيديو المشذر باستعمال المعيار HEVC.

الملاحظة 4 – يعرض الملحق 4 مخطط تشفير متوازياً مفضلاً للنسق 320 4×680 7 للتلفزيون فائق الوضوح باستعمال المعيار HEVC.

الاختصارات

CVS تتابع الفيديو المشفر *(Coded Video Sequence)*

DTS الخاتم الزمني لفك التشفير *(Decoding Time Stamp)*

GOP مجموعة صور *(Group of Pictures)*

HDR المدى الدينامي العالي *(High Dynamic Range)*

IRAP نقطة نفاذ عشوائية داخلية *(Intra Random Access Point)*

PTS الخاتم الزمني للعرض *(Presentation Time Stamp)*

SEI معلومات تعزيز تكميلية *(Supplemental Enhancement Information)*

الملحق 1

المعلمات الأساسية لتطبيقات بث التلفزيون فائق وعالي الوضوح بما في ذلك التلفزيون ذو المدى الدينامي العالي باستعمال المعيار HEVC

يعرض هذا الملحق المعلمات الأساسية لتطبيقات بث التلفزيون فائق وعالي الوضوح باستعمال المعيار HEVC

الجدول 1

المعلمات الأساسية لإرسالات بث التلفزيون فائق وعالي الوضوح باستعمال المعيار HEVC[1]

نسق الفيديو		المستوى	المواصفة	الطبقة	معدل البتات الأقصى[5] (Mbit/s)
الاستبانة المكانية	تردد الرتل (Hz)				
7 680 × 4 320	120[2] و100[3]	6.2	Main 10	Main	120-90
	60[2] و50	6.1	Main 10	Main	100-80
3 840 × 2 160	120[2] و100[3]	5.2	Main 10	Main	50-35
	60[2] و50	5.1	Main 10	Main	40-30
1 920 × 1 080	60[2] و50	4.1	Main 10 أو Main	Main	15-10
	30[2] و25 (مشذر)	4.1[4]	Main 10 أو Main	Main	15-10

[1] يمكن تشوير معلمات فيديو التلفزيون ذي المدى الدينامي العالي، بما في ذلك الألوان الأساسية وخصائص النقل، باستخدام معلومات إمكانية استعمال الفيديو (VUI) الموصفة في الملحق E من التوصية ITU-T H.265/المعيار ISO/IEC 23008-2.

[2] الترددات المقسومة على 1,001 مدرجة أيضاً.

[3] يرد الشرح التفصيلي لاستعمال التشفير الزماني للطبقات الفرعية في الملحق 2.

[4] للتمكين من التشفير بمعدل بتات كاف حسب المطلوب، يفضل المستوى 4.1 (معدل البتات الأقصى يساوي 20 Mbit/s) عن المستوى 4 (معدل البتات الأقصى يساوي 12 Mbit/s).

[5] معدلات البيانات المعروضة هي القيم القصوى من أجل نقل بمعدل بيانات ثابت لمتتابعات الاختبار الحرجة التي يتعين أن تتسم بجودة عالية تكفي لبث الإرسال عندما تُقيم من جانب خبراء. ويمكن استعمال معدلات بيانات أقل للصور الأقل أهمية.

الجدول 2

المعلمات الأساسية لمساهمة التلفزيون فائق الوضوح والتوزيع الأولي وتجميع الأخبار إلكترونياً باستعمال المعيار HEVC [1]

نسق الفيديو		المستوى	المواصفة	الطبقة	معدل البتات الأقصى[3] (Mbit/s)
الاستبانة المكانية	تردد الرتل (Hz)				
7 680 × 4 320	120[2] و100	6.2	Main 422 10 أو Main 10	High	285[4]
	60[2] و50	6.1	Main 422 10 أو Main 10	High	285
3 840 × 2 160	120[2] و100	5.2	Main 422 10 أو Main 10	High	145[4]
	60[2] و50	5.1	Main 422 10 أو Main 10	High	145
1 920 × 1 080	60[2] و50	4.1	Main 10 أو Main	High	30
	30[2] و25 (مشذر)	4.1	Main 10 أو Main	High	30

[1] يمكن تشوير معلمات فيديو التلفزيون ذي المدى الدينامي العالي، بما في ذلك الألوان الأساسية وخصائص النقل، باستخدام معلومات إمكانية استعمال الفيديو (VUI) الموصفة في الملحق E من التوصية ITU-T H.265 | المعيار ISO/IEC 23008-2.

[2] الترددات المقسومة على 1,001 مدرجة أيضاً.

[3] معدلات البيانات المعروضة هي قيم من أجل نقل بمعدل بيانات ثابت لمتتابعات الاختبار الحرجة التي يتعين أن تتسم بجودة عالية تكفي لثلاثة كودكات بالترادف عندما تُقيم من جانب خبراء. ويمكن استعمال معدلات بيانات أقل للصور الأقل أهمية. انظر التوصية ITU-R BT.1872.

[4] يُفترض أن تكون معدلات البيانات المطلوبة من أجل 120 و100 Hz مماثلة لتلك المتعلقة بالترددين 60 و50 Hz

الجدول 3

المعلمات الأساسية لإنتاج برامج التلفزيون فائق الوضوح وتبادلها باستعمال المعيار HEVC [1]

نسق الفيديو		المستوى	المواصفة	الطبقة	معدل البتات الأقصى[2] (Mbit/s)
الاستبانة المكانية	تردد الرتل (Hz)				
7 680 × 4 320	120[3] و100	6.2	Main 422 10 أو Main 10	High	600[4]
	60[2] و50	6.1 أو 6.2[5]	Main 10	High	600
		6.1	Main 422 10		
3 840 × 2 160	120[3] و100	5.2	Main 422 10 أو Main 10	High	200[4]
	60[3] و50	5.1 أو 5.2[6]	Main 10	High	200
		5.1	Main 422 10		

[1] يمكن تشوير معلمات فيديو التلفزيون ذي المدى الدينامي العالي، بما في ذلك الألوان الأساسية وخصائص النقل، باستخدام معلومات إمكانية استعمال الفيديو (VUI) الموصفة في الملحق E من التوصية ITU-T H.265 | المعيار ISO/IEC 23008-2.

[2] معدلات البيانات المعروضة هي القيم من أجل نقل بمعدل بيانات ثابت لمتتابعتات الاختبار الحرجة التي يتعين أن تتسم بجودة عالية تكفي لإنتاج البرامج وتبادلها عندما تُقيم من جانب خبراء. ويمكن استعمال معدلات بيانات أقل للصور الأقل أهمية.

[3] الترددات المقسومة على 1,001 مدرجة أيضاً.

[4] يُفترض أن تكون معدلات البيانات المطلوبة من أجل 120 و100 Hz مماثلة لتلك المتعلقة بالترددين 60 و50 Hz

[5] عندما يزيد معدل البتات عن 480 Mbit/s، يكون المستوى 6.2 مطلوباً.

[6] عندما يزيد معدل البتات عن 160 Mbit/s، يكون المستوى 5.2 مطلوباً.

الملحق 2

مخطط التشفير المفضل للتشفير الزماني للتطبيقات الفرعية من أجل التلفزيون فائق الوضوح عند تردد رتل يساوي 120[1] أو 100 Hz باستعمال المعيار HEVC

يعرض هذا الملحق مخطط تشفير مفضلاً لتحقيق التشفير الزمني للطبقات الفرعية للتلفزيون فائق الوضوح عند تردد رتل يساوي 120 أو 100 Hz باستعمال المعيار HEVC.

مقدمة

الغرض من مخطط التشفير المفضل هذا تمكين أي مفكك شفرة بقدرة فك تشفير قطار بتات بمستوى 6.1 (أو 5.1) للفيديو 60 أو 50 Hz من الفك الصحيح لتشفير الجزء 60 أو 50 Hz لقطار بتات بمستوى 6.2 (أو 5.2) لفيديو 120 أو 100 Hz. وتتحقق قدرة فك التشفير هذه بالتشفير الزماني للطبقات الفرعية الموصف في المعيار HEVC. ولتعظيم إمكانية تكيف مفكك تشفير بمستوى 6.1 (أو 5.1) لقطار بتات تشفير زماني للطبقات الفرعية بمستوى 6.2 (أو 5.2)، بفرض قيد آخر على ترتيب فك التشفير بحيث يمكن تطبيق قيمة الخاتم DTS/PTS لوحدة نفاذ في قطار بتات فرعي بالمستوى 6.1 (أو 5.1) على كل من فك تشفير قطار بتات بمستوى 6.2 (أو 5.2) وفك تشفير قطار بتات فرعي بمستوى 6.1 (أو 5.1)

[1] مدرج أيضاً التردد 120/1,001

التشفير الزمني للطبقات الفرعية

يشفر كل رتل ثان لفيديو 120 أو 100 Hz إلى وحدة نفاذ لقطار بتات فرعي. وتشفر جميع الأرتال الأخرى لهذا الفيديو إلى وحدات نفاذ في مجموعة فرعية.

يقوم مفكك الشفرة ذو المستوى 6.1 (أو 5.1) بتفكيك شفرة قطار البتات الفرعي وأرتال الخرج المشفرة بتردد الرتل المساوي 60 أو 50 Hz.

ويقوم مفكك الشفرة ذو المستوى 6.2 (أو 5.2) بتفكيك شفرة كل من قطار البتات الفرعي والمجموعة الفرعية وأرتال الخرج المشفرة بتردد الرتل المساوي 120 Hz.

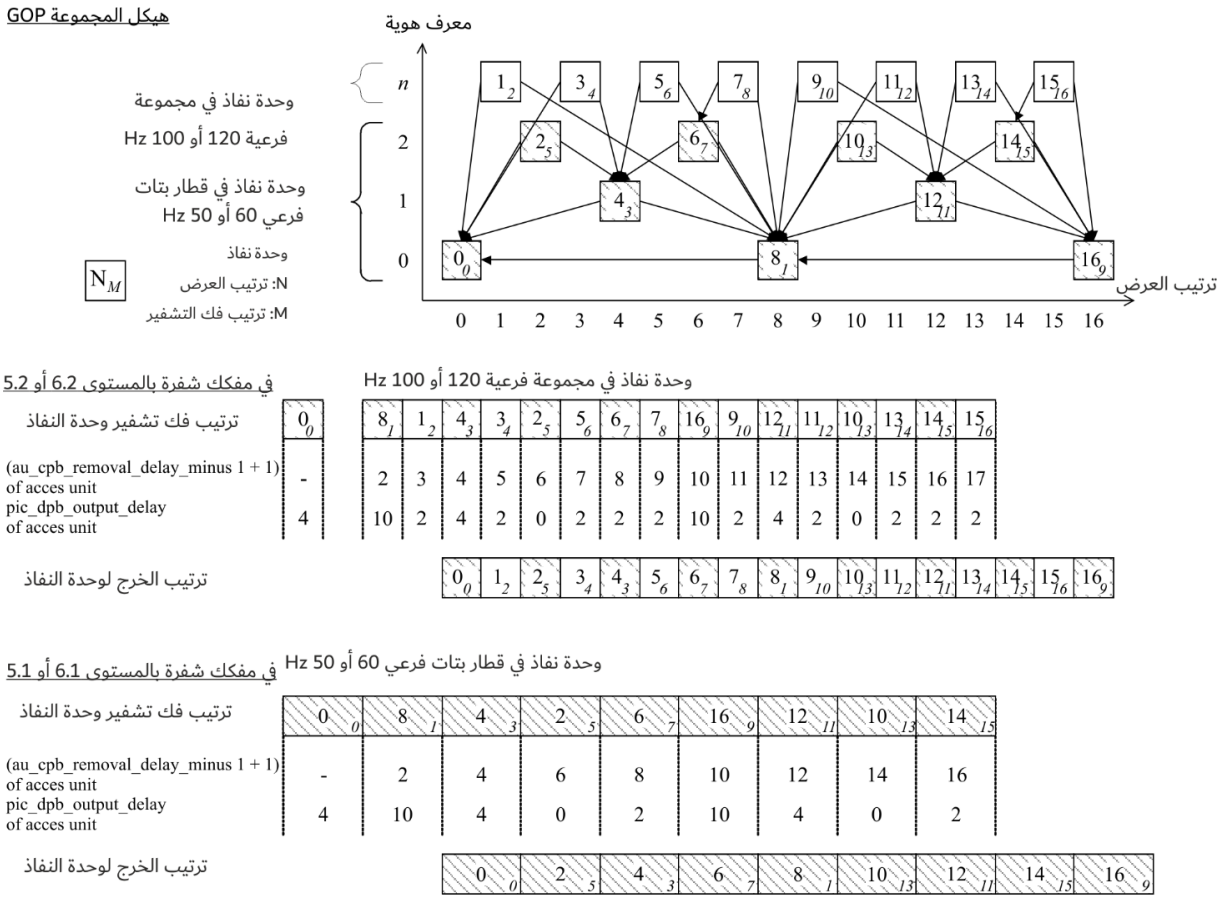
قيد على ترتيب فك التشفير

من المقر به ضرورة تشفير ترتيب فك التشفير لكل وحدة نفاذ في قطار البتات الفرعي وكل وحدة نفاذ في المجموعة الفرعية. بمعنى أن أي وحدة نفاذ في قطار البتات الفرعي يفك تشفيرها مباشرةً بعد وحدة نفاذ في المجموعة الفرعية والعكس.

ويعرض الشكل 1 مثالاً على ترتيب فك تشفير وحدة نفاذ في قطار بتات تشفير زماني لطبقات فرعية بمستوى 6.2 (أو 5.2). ويلاحظ أنه لا توجد حاجة إلى كتابة قيم جديدة للحقلين cpb_removal_delay_minus1 وpic_dpb_output_delay لوحدة النفاذ في قطار البتات الفرعي من أجل فك تشفير قطار البتات الفرعي في مفكك شفرة بالمستوى 6.1 (أو 5.1) بمعنى أنه لا توجد حاجة إلى رسالة SEI لتوقيت الصورة المتداخلة.

الشكل 1

القيد على ترتيب فك التشفير لقطار بتات التشفير الزمني للطبقات الفرعية



الملحق 3
(إعلامي)

مخطط تشفير مفضل من أجل الفيديو المشذر باستعمال المعيار HEVC

يعرض هذا الملحق مخطط لتشفير مفضلاً من أجل الفيديو المشذر باستعمال المعيار HEVC.

مقدمة

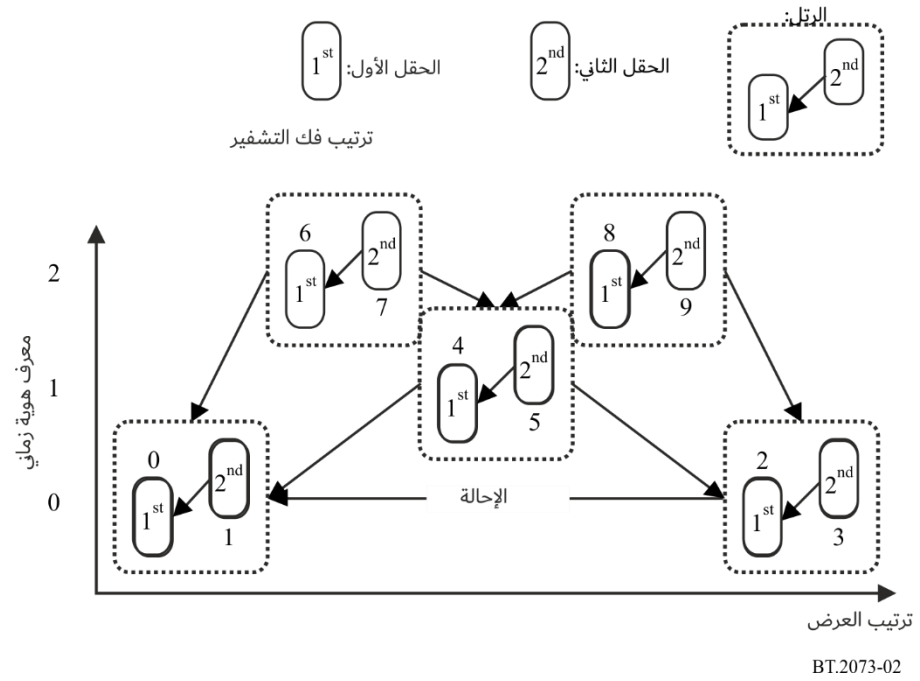
يستخدم مخطط التشفير المفضل الوارد في هذا الملحق قدرة التشفير من أجل الفيديو المشذر للمعيار HEVC. بمعنى، أنه يستعمل كل من التشفير القائم على الرتل أو التشفير القائم على الحقل في كل تتابع فيديو مشفر (CVS). فإذا كان التتابع (CVS) مشفراً بالتشفير القائم على الحقل (أي أن قيمة الحقل field_seq_flag تساوي 1)، تفرض القيود الموضحة أدناه. وخلاف ذلك، إذا كان التتابع CVS مشفراً بالتشفير القائم على الرتل (أي أن قيمة الحقل field_seq_flag تساوي 0)، لا تفرض قيوداً أخرى.

القيد على هيكل المجموعة GOP

من المقر به ضرورة تشفير صورتي الحقلين الأول والثاني بالتتابع إذا كان الحقلان موجودين في نفس الرتل. ويعرض الشكل 2 مثالاً على هيكل المجموعة طبقاً للقيد الخاص بهذا الملحق. ويلاحظ أن أي حقل في الرتل يمكن أن يشير إلى أي حقول مشفرة من قبل في أرتال أخرى.

الشكل 2

القيد على هيكل المجموعة GOP في التشفير القائم على الحقل



القيد على وحدة نفاذ النقطة IRAP

نظراً إلى أن المعيار HEVC لا يسمح بتشفير وحدة نفاذ صورة خرج قبل أي وحدة نفاذ صورة سابقة لها ترتيب أسبق في العرض من وحدة نفاذ صورة الخرج، يفرض القيد التالي لاستيفاء القيد على هيكل المجموعة GOP الموضح أعلاه.

وعند ظهور وحدة نفاذ صورة سابقة في قطار بتات، لا تظهر وحدة نفاذ صورة النقطة IRAP إلا عند بداية التتابع CVS.

وللحصول على نقاط نفاذ متواترة، يمكن وجود وحدات نفاذ متعددة مرتبطة بالرسالة SEI لنقطة الاستعادة في التتابع CVS. وفي هذه الحالة، يجب تشفير التتابع CVS بحيث تضبط قيمة الحقلين recovery_poc_cnt وexact_match_flag للرسالة SEI لنقطة الاستعادة على 0 و1، على التوالي.

الملحق 4
(إعلامي)

مخطط تشفير متوازي مفضل من أجل النسق 320 4 × 680 7 للتلفزيون فائق الوضوح باستعمال المعيار HEVC

يعرض هذا الملحق مخطط تشفير متوازياً مفضلاً من أجل النسق 320 4 × 680 7 للتلفزيون فائق الوضوح باستعمال المعيار HEVC.

مقدمة

بالنظر إلى أحدث اتجاهات التكنولوجيا في صناعة الإذاعة، هناك أماني كبيرة في تنفيذ مفكك شفرة بالمعيار HEVC في الوقت الفعلي لفيديو K4 على رقاقة واحدة بالدمج واسع النطاق للمدارات (LSI) في فترة قصيرة. ومن جهة أخرى، يتوقع أن يستغرق الأمر من 5 إلى 10 سنوات أخرى لتنفيذ رقاقة واحدة بالدمج LSI بوسعها فك تشفير فيديو K8 في الوقت الفعلي. لذا، يجب أن يحدد هيكل قطار البتات HEVC للفيديو K8 بحيث يمكن فك تشفيره باستعمال عمليات دمج LSI متعددة للمعيار HEVC ذات K4.

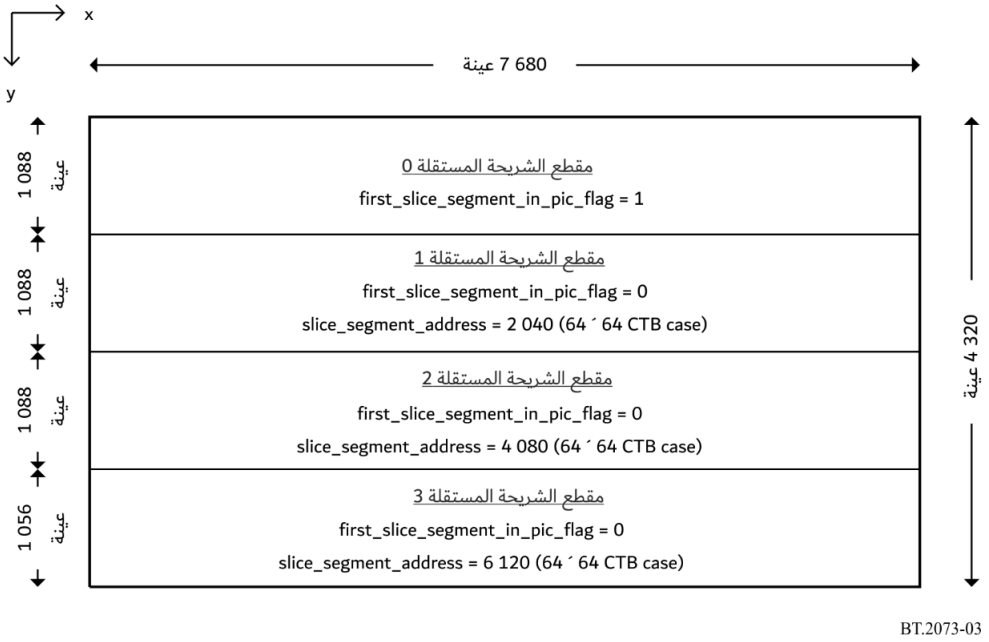
ويعتمد مخطط التشفير المفضل هذا للفيديو K8 مخطط تشفير متوازياً. وتُقسم الصورة K8 إلى أربع صور فرعية. ولتدنية الانخفاض في كفاءة التشفير نتيجة للتقسيم، يسمح بتقاسم صور مرجعية فيما بين الصور الفرعية وتفعيل مراشيح داخل العروة على حدود الصور الفرعية.

التقسيم إلى الصور الفرعية

تقسم الصورة K8 إلى أربع صور فرعية. وتشفر كل صورة فرعية بواسطة كل قلب معالجة كمقطع شريحة مستقل بالمعلمات الموضحة في الشكل 3 ويمكن تقسيم كل مقطع شريحة إلى شرائح متعددة.

الشكل 3

مخطط تقسيم الصورة K8 إلى أربع صور فرعية



القيود على المعلمات

تطبيق القيود الواردة في الجدول 4 على المعلمات.

الجدول 4

القيود على المعلمات من أجل التقسيم إلى الصور الفرعية على أساس الشريحة

المعلمة	القيد
pic_width_in_luma_samples	7 680
pic_height_in_luma_samples	4 320
first_slice_segment_in_pic_flag slice_segment_address	القيم الموضحة في الشكل 3
pps_loop_filter_across_slices_enabled_flag slice_loop_filter_across_slices_enabled_flag	1
tiles_enabled_flag	0 **ملاحظة** – لا يوصي بالتقسيم القائم على الرقع لأن التقسيم الرأسي للرقع يتسبب في انخفاض ملحوظ في كفاءة التشفير في المناظر النمطية في البرامج ذات الحركة الأفقية الكبيرة عندما يتقاسم كل قلب معالجة قدر محدود من العينات المرجعية لتعويض الحركة.
مدى المكون الرأسي للصورة المتحركة التي تقطع حد الشريحة.	يجب أن يقيد بحيث لا تؤول أي قدرة تنبؤ في مقطع شريحة مستقلة إلى عينات في مقطع شريحة مستقلة مختلفة يكون موقعها الرأسي بالنسبة لحدود الشريحتين المستقلتين خارج المدى (-128 و128) بالنسبة لعينة النصوع (Luma) و(-64 و64) بالنسبة لعينة اللون (chroma) (في حالة الاعتيان الفرعي للألوان 4:2:0). أنظر الشكل 4 من أجل الشرح التفصيلي. **ملاحظة** – يفرض هذا القيد من أجل تقليل عرض النطاق الإضافي بين قلوب المعالجة مع الحفاظ على كفاءة التشفير للمناظر النمطية في البرامج.

الشكل 4

القيود على متجهات الحركة التي تقطع حد الشريحة