

الاتحاد الدولي للاتصالات

ITU-R

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصية **ITU-R BT.2073-0**
(2015/2)

استعمال معيار التشفير الفيديوي
عالي الكفاءة (HEVC) من أجل بث
التلفزيون فائق وعالي الوضوح

السلسلة **BT**
الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)

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 مدى 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 والمظمنة الدولية للتوحيد القياسي واللجنة الكهروتقنية 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>)

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

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

النشر الإلكتروني

جنيف، 2016

© ITU 2016

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 BT.2073-0

استعمال معيار التشفير الفيديوي عالي الكفاءة (HEVC) من أجل بث التلفزيون فائق وعالي الوضوح

(المسألة ITU-R 12-3/6)

(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.

مصطلحات أساسية

التلفزيون فائق الوضوح، 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 يجذب فيها نقل برامج التلفزيون فائق وعالي الوضوح بمعدلات بتات مخفضة بشكل كبير مع أدنى انخراط ملحوظ في الجودة؛

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

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

د) 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؛

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

توصي

1 أن يستعمل معيار التشفير الفيديوي عالي الكفاءة (HEVC) الموصف في التوصية ITU-T H.265/المعيار ISO/IEC 23008-2، عندما يتحتم نقل مواد برامج التلفزيون فائق وعالي الوضوح بمعدل بتات منخفض إلى حد كبير.

الملاحظة 1 - يعرض الملحق 1 المعلومات الأساسية لبث التلفزيون فائق وعالي الوضوح باستعمال المعيار HEVC.

الملاحظة 2 - يعرض الملحق 2 مخطط تشفير مفضلاً من أجل التشفير الزمني للطبقة الفرعية للتلفزيون فائق الوضوح عند تردد رتل يساوي 120 أو 100 Hz باستعمال المعيار HEVC.

الملاحظة 3 - يعرض الملحق 3 مخطط تشفير مفضلاً للفيديو المصدر باستعمال المعيار HEVC.

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

* أجرت لجنة الدراسات 6 للاتصالات الراديوية تعديلات صياغية على هذه التوصية في فبراير 2015 طبقاً للقرار ITU-R 1.

الاختصارات

CVS	تتابع الفيديو المشفر (Coded Video Sequence)
DTS	الخاتم الزمني لفك التشفير (Decoding Time Stamp)
GOP	مجموعة صور (Group of Pictures)
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 (إعلامي)

المعلومات الأساسية لبث التلفزيون فائق وعالي الوضوح باستعمال المعيار HEVC

يعرض هذا الملحق المعلومات الأساسية لبث التلفزيون فائق وعالي الوضوح باستعمال المعيار HEVC

الجدول 1-1

المعلومات الأساسية لبث التلفزيون فائق وعالي الوضوح باستعمال المعيار HEVC

معدل البتات الأقصى لبث الإرسال ⁽³⁾ (Mbit/s)	الطبقة	المواصفة	المستوى	نسق الفيديو	
				تردد الرتل (Hz)	الاستبانة المكانية
120-90	Main	Main 10	6,2	120* و 100 ⁽¹⁾	7 680 × 4 320
100-80	Main	Main 10	6,1	60* و 50	
50-35	Main	Main 10	5,2	120* و 100 ⁽¹⁾	3 840 × 2 160
40-30	Main	Main 10	5,1	60* و 50	
15-10	Main	Main 10 أو Main 10	4,1	60* و 50	1 920 × 1 080
15-10	Main	Main 10 أو Main 10	4,1 ⁽²⁾	30* و 25 (مشدر)	

* الترددات المقسومة على 1,001 مدرجة أيضاً.

(1) يرد الشرح التفصيلي لاستعمال التشفير الزمني للطبقات الفرعية في الملحق 2.

(2) للتمكن 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).

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

الملحق 2 (إعلامي)

مخطط التشفير المفضل للتشفير الزمني للتطبيقات الفرعية من أجل التلفزيون فائق الوضوح عند تردد رتل يساوي 120¹ 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 بقدره 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) للفيديو 120 أو 100 Hz. وتحقق قدرة فك التشفير هذه بالتشفير الزمني للطبقات الفرعية الموصف في المعيار HEVC. ولتعظيم إمكانية تكيف مفكك تشفير بمستوى 6.1 (أو 5.1) لقطار بتات تشفير زمني للطبقات الفرعية بمستوى 6.2 (أو 5.2)، بفرض قيد آخر على ترتيب فك التشفير بحيث يمكن تطبيق قيمة الختام 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)

التشفير الزمني للطبقات الفرعية

يشفر كل رتل ثان للفيديو 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 بتعدد 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 بتعدد الرتل المساوي 120 Hz.

قيد على ترتيب فك التشفير

من المقرر 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 مثلاً على ترتيب فك تشفير وحدة نفاذ في قطار بتات تشفير زمني لطبقات فرعية بمستوى 6.2 (أو 5.2). ويلاحظ أنه لا توجد حاجة إلى كتابة قيم جديدة للحقلين `cpb_removal_delay_minus1` و `pic_dpb_output_delay` لوحدة النفاذ في قطار البتات الفرعي من أجل فك تشفير قطار البتات الفرعي في مفكك شفرة بمستوى 6.1 (أو 5.1) بمعنى أنه لا توجد حاجة إلى رسالة SEI لتوقيت الصورة المتداخلة.

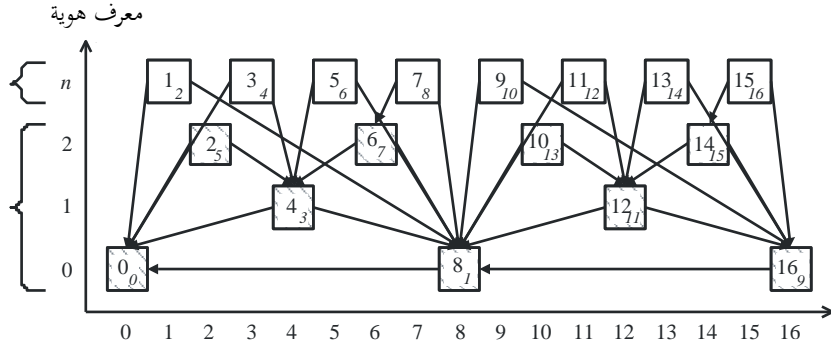
الشكل 1

القيود على ترتيب فك التشفير لقطار بتات التشفير الزمني للطبقات الفرعية

هيكل المجموعة GOP

وحدة نفاذ في مجموعة
فرعية 120 أو 100 Hz
وحدة نفاذ في قطار بتات
فرعي 60 أو 50 Hz

وحدة نفاذ
N: ترتيب العرض
M: ترتيب فك التشفير



في مفكك شفرة بالمستوى 6.2 أو

وحدة نفاذ في مجموعة فرعية 120 أو 100 Hz

ترتيب العرض

ترتيب فك تشفير وحدة النفاذ

(au_cpb_removal_delay_minus 1 + 1)
of access unit
pic_dpb_output_delay
of access unit

0 ₀	8 ₁	1 ₂	4 ₃	3 ₄	2 ₅	5 ₆	6 ₇	7 ₈	16 ₉	9 ₁₀	12 ₁₁	11 ₁₂	10 ₁₃	13 ₁₄	14 ₁₅	15 ₁₆
-	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
4	10	2	4	2	0	2	2	2	10	2	4	2	0	2	2	2

ترتيب الخرج لوحدة النفاذ

0 ₀	1 ₂	2 ₅	3 ₄	4 ₃	5 ₆	6 ₇	7 ₈	8 ₁	9 ₁₀	10 ₁₃	11 ₁₂	12 ₁₁	13 ₁₄	14 ₁₅	15 ₁₆	16 ₉
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	-----------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	------------------	-----------------

في مفكك شفرة بالمستوى 6.1 أو 5.1

وحدة نفاذ في قطار بتات فرعي 60 أو 50 Hz

ترتيب فك تشفير وحدة النفاذ

(au_cpb_removal_delay_minus 1 + 1)
of access unit
pic_dpb_output_delay
of access unit

0 ₀	8 ₁	4 ₃	2 ₅	6 ₇	16 ₉	12 ₁₁	10 ₁₃	14 ₁₅
-	2	4	6	8	10	12	14	16
4	10	4	0	2	10	4	0	2

ترتيب الخرج لوحدة النفاذ

0 ₀	2 ₅	4 ₃	6 ₇	8 ₁	10 ₁₃	12 ₁₁	14 ₁₅	16 ₉
----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	------------------	------------------	------------------	-----------------

BT.2073-01

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

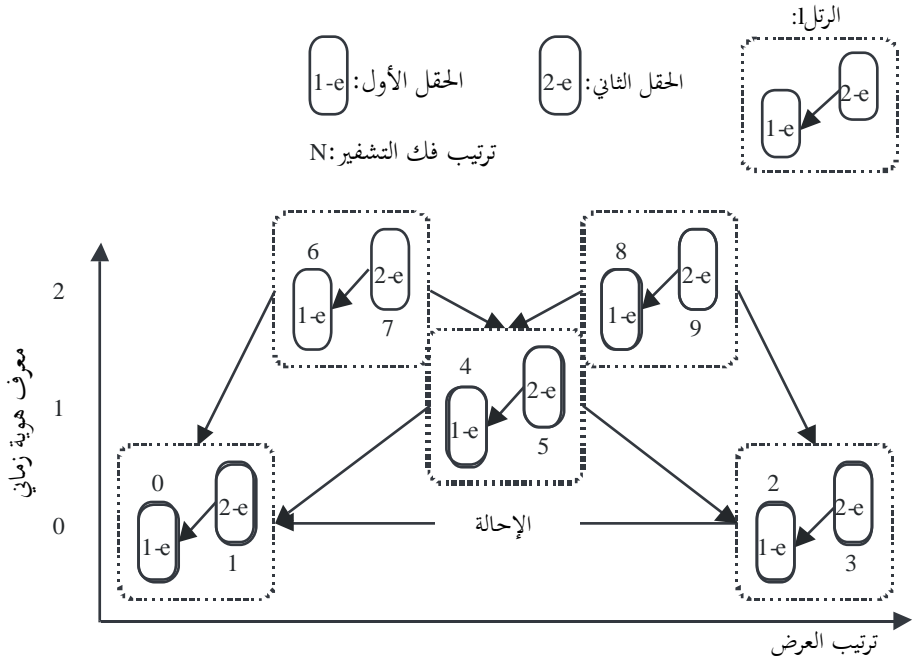
يستخدم مخطط التشفير المفضل الوارد في هذا الملحق قدرة التشفير من أجل الفيديو المشذر للمعيار HEVC. بمعنى، أنه يستعمل كل من التشفير القائم على الرتل أو التشفير القائم على الحقل في كل تتابع فيديو مشفر (CVS). فإذا كان التابع (CVS) مشفراً بالتشفير القائم على الحقل (أي أن قيمة الحقل field_seq_flag تساوي 1)،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

القيود على هيكل المجموعة GOP

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

الشكل 2

القيود على هيكل المجموعة GOP في التشفير القائم على الحقل



BT.2073-02

القيود 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 $pic_dpb_output_delay$ و $cpb_removal_delay_minus1$ للرسالة SEI لنقطة الاستعادة على 0 و 1، على التوالي.

الملحق 4 (إعلامي)

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

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

مقدمة

بالنظر إلى أحدث اتجاهات التكنولوجيا في صناعة الإذاعة، هناك أمان كبير في تنفيذ مفكك شفرة بالمعيار HEVC في الوقت الفعلي لفديو 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.

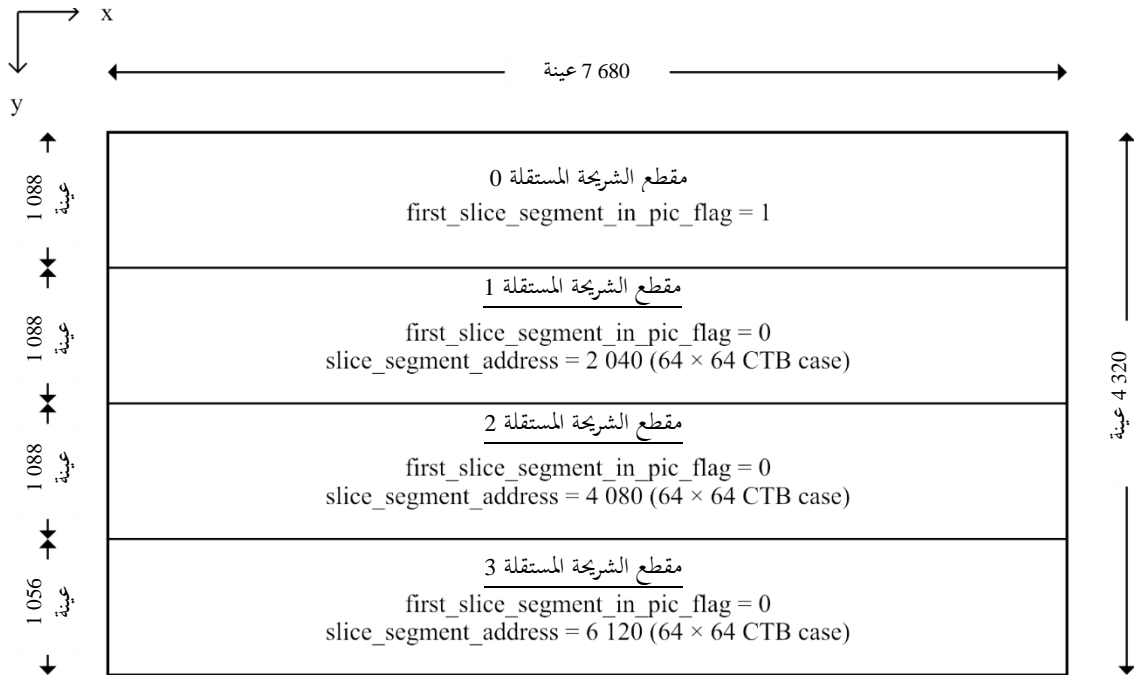
ويعتمد مخطط التشفير المفضل هذا للفيديو K8 مخطط تشفير متوازياً. وتُقسم الصورة K8 إلى أربع صور فرعية. ولتدنية الانخفاض في كفاءة التشفير نتيجة للتقسيم، يسمح بتقاسم صور مرجعية فيما بين الصور الفرعية وتفعيل مراشيع داخل العروة على حدود الصور الفرعية.

التقسيم إلى الصور الفرعية

تقسم الصورة K8 إلى أربع صور فرعية. وتشفر كل صورة فرعية بواسطة كل قلب معالجة كمقطع شريحة مستقل بالمعلومات 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 2 على المعلمات.

الجدول 2

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

المعلمة	القيود
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
مدى المكون الرأسي للصورة المتحركة التي تقطع حد الشريحة.	<p>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.</p> <p>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 و 128) بالنسبة لعينة النصوص (Luma) و(-64 و 64) بالنسبة لعينة اللون (chroma) (في حالة الاعتبار الفرعي للألوان 4:2:0). أنظر الشكل 4 من أجل الشرح التفصيلي.</p> <p>ملاحظة - يفرض هذا القيد من أجل تقليل عرض النطاق الإضافي بين قلوب المعالجة مع الحفاظ على كفاءة التشفير للمناظر النمطية في البرامج.</p>

