التوصيـــة ITU-R BT.1737

استعمال طريقة تشفير المصدر الفيديوي بمقتضى التوصية IUT-T H.264 (فريق الخبراء المعني بالصورة المتحركة MPEG-4/تحكم أوتوماتي في حجم الصوت AVC) في نقل مواد برامج التلفزيون عالي الاستبانة (HDTV)

(المسألة ITU-R 12/6)

(2005)

مجال التطبيق

تحدد هذه التوصية استعمال طريقة تشفير المصدر الفيديوي بمقتضى التوصية ITU-T H.264 (المعيار ISO/IEC 14496-10) المعروف أيضاً بـــ MPEG-4/AVC، لنقل مواد برامج التلفزيون عالي الوضوح الموجهة إلى تطبيقات إذاعية مختلفة.

إن جمعية الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن هناك تطبيقات من المرغوب بالنسبة لها نقل مواد برامج التلفزيون عالي الوضوح بطريقة شفافة فعلياً، أي إدخال أدنى قدر ممكن من التشويش المرئي، باستخدام معدل بتات منخفض؛

ب) أن الجزء 2 من التوصية ITU-R BT.709-5 يحدد المعلمات الخاصة بأسرة أنظمة فيديو التلفزيون عالي الوضوح التي تعتمد على استعمال نسق صورة مشترك من 1080 خطاً فعالاً (بمسح تشابكي وتدريجي) و1920 وحدة بيكسل لكل خط فعال؛

ج) أن التوصية ITU-T H.264[1] تحدد الخوارزميات الخاصة بأسلوب التشفير المتطور ذي معدل البتات المنخفض؛

د) أن المواصفات الواردة في التوصية ITU-T H.264 تطبّق على أنظمة فيديوية متنوعة، وأنها تستخدم أكثر فأكثر في تطبيقات مختلفة،

توصي

1 عندما يتعين نقل مواد برامج التلفزيون عالي الوضوح بطريقة شفافة تقديرياً باستخدام معدل بتات منخفض، ينبغي أن تكون الإشارة HDTV 1920 × 1080 الواردة في الجزء 2 من التوصية ITU-R BT.709 (المتشابكة أو التدريجية) مشفرة المصدر في التوصية ITU-T H.264، هبوطاً إلى معدّل البتات المتيسر في القناة، مع معلمات السويتين 4 و4.2 (يقدم التذييل الإعلامي 1 بياناً بالمعلمات والأدوات الدنيا المستخدمة في تشفير المصدر فيما يتعلق بمختلف أعضاء أنظمة الصور الواردة في الجزء 2 من التوصية ITU-R BT.709؛ كما يقدم هذا التذييل بياناً بمعدّل البتات اللازم لنقل مواد البرنامج المشفرة بالطريقة المذكورة)؛

2 وإذا كان معدل البتات المتيسّر منخفضاً بشكل خاص، ينبغي إجراء اعتيان هابط أفقي لإشارة التلفزيون عالي الوضوح HDTV بغية الحصول على 1440 عينة لكل خط فعال قبل تشفير المصدر.

الملاحظة 1: ترد الصيغة الإلكترونية للتوصية ITU-T H.264 على العنوان التالي: http://www.itu.int/md/R03-SG06-C-0225/en

[1] المعيار ISO/IEC 14496-10، المعروف عامة باسم MPEG-4/AVC.

الملحق 1

أمثلة للمعلمات والأدوات الأولية التي تتيح إجراء تشفير للمصدر لأعضاء مختلفة من أنظمة الصور الواردة في التوصية ITU-R BT.709 باستخدام التوصية ITU-T H.264

يسوق هذا الملحق أمثلة للمعلمات والأدوات الأولية الخاصة بطريقة تشفير المصدر المنصوص عليها في التوصية ITU-T H.264، التي يمكن استخدامها لضغط أعضاء مختلفة من أنظمة الصور المحددة في الجزء 2 من التوصية ITU-R BT.709. كما يشير إلى معدلات البتات اللازمة لنقل هذه الإشارات عندما تكون مشفرة المصدر بالطريقة المذكورة.

الجدول 1

أمثلة لمعلمات تشفير المصدر في التلفزيون عالي الوضوح الواردة في التوصية ITU-T H.264

أعضاء أسرة التوصية ITU-R BT. 709	السوية	المظهر الجانبي	التطبيق	معدل البتات (Mbit/s)
1 920 × 1 080 × 60/50i 1 920 × 1 080 × 24/25/30p	4	عالٍ 4:2:2	مساهمة	30-20[1]
	4	عالٍ 4:2:2	توزيع	20-16
	4	عالٍ 10	تجميع الأخبار بالساتل	15-10[1]
	4	عالٍ	بث	12-8
1 920 × 1 080 × 60/50p	4.2	عالٍ 4:2:2	مساهمة	40-30[1]
	4.2	عالٍ 4:2:2	توزيع	30-25[1]
	4.2	عالٍ 10	تجميع الأخبار بالساتل	سيحدد لاحقاً
	4.2	عالٍ	بث	سيحدد لاحقاً

[1] معدل البتات المشار إليه مؤقت.

الجدول 2

المظاهر الجانبية وأدوات التشفير المقترحة

أدوات التشفير	عالٍ	عالٍ 10	عالٍ 4:2:2	عالٍ 4:4:4
أدوات المظهر الجانبي الرئيسي	X	X	X	X
نسق التلون 4:2:0	X	X	X	X
عمق عيّنة من 8 بتات	X	X	X	X
مواءمة التحويل 8 × 8 مقابل 4 × 4	X	X	X	X
مصفوفات تدريج التكمية	X	X	X	X
تحكم منفصل في معلمات تكمية C_b وC_r	X	X	X	X
نسق فيديو غير ملون	X	X	X	X
عمق عينتي من 9 و10 بتات		X	X	X
نسق التلون 4:2:2			X	X
عمق عينتي من 11 و12 بتة				X
نسق التلون 4:4:4				X
تحويل اللون المتبقي				سيحدد لاحقاً
تشفير تنبُّئي بلا خسارة				سيحدد لاحقاً

الملحق 2

[سوليفان 2004]

تعتبر التوصية ITU-T H.264/MPEG-4 (الجزء 10) "التشفير الفيديوي المتطور" (الذي يعرف باسم H.264/AVC) هي أحدث توصية في سلسلة المعايير الدولية للتشفير الفيديوي. وتمثل حالياً أقوى وأحدث المعايير التي وضعتها فرقة الفيديو المشتركة التي تضم فريق خبراء تشفير الفيديو (VCEG) في قطاع تقييس الاتصالات ITU-T وفريق خبراء معني بالصور المتحركة (MPEG) في المنظمة الدولية للتوحيد القياسي/اللجنة الكهرتقنية الدولية (ISO/IEC).

وكما هو الشأن مع المعايير السابقة، يوفر تصميمها أحسن توازن ممكن بين فعالية التشفير وتعقد التنفيذ وتكاليفه، بالاستناد إلى الوضع الحالي لتكنولوجيا تصميم أنظمة الإدماج الواسع النطاق للغاية (VLSI) (وحدات المعالجة المركزية (CPUs) وأنظمة معالجة الإشارات الرقمية (DSPs) والدارات المتكاملة ذات التطبيقات الخاصة (ASICs) وصفيف البوابات ذات المجالات القابلة للبرمجة (FPGAs)، وما إلى ذلك).

واستحدث معيار في العملية حسَّن فعالية التشفير بعامل يبلغ على الأقل نحو ضعفي (في المتوسط) المعيار MPEG-2 مع إبقاء التكلفة ضمن نطاق محتمل.

وفي يوليو 2004، أضيف إلى هذا المعيار تعديل جديد، سمّي تمديدات مدى الدقة (FREXt، تعديل 1) الذي يظهر فعالية تشفير أعلى بالمقارنة مع معيار الطريق MPEG-2، قد تبلغ ما لا يقل عن 3:1 بالنسبة لبعض التطبيقات الأساسية.

ورغم أن المعيار الأول H.264/AVC (حسبما استكمل في مايو 2003) نطاق تطبيقات عريضاً فإن هذا المعيار ركّز بالدرجة الأولى على فيديو على أساس "نوعية التسلية" الذي يستند إلى 8 بتات/عينة، واعتيان التلون 4:2:0. ونظراً لقيوده المتعلقة بالوقت فإنه لم يشمل تقديم الدعم من أجل الاستعمال في أكثر البيئات المهنية تطلباً، كما لم يتركز التصميم على أعلى الاستبانات الفيديوية. وفيما يتعلق بالتطبيقات من مثل مساهمة البرامج وتوزيع البرامج والتحرير في الاستوديو والمعالجة بعد الإنتاج، فقد يكون من اللازم:

- استخدام أكثر من 8 بتات/لعينة دقة المصدر الفيديوي؛
- استخدام استبانة أعلى لتمثيل الألوان من التي تستخدم عادة في تطبيقات المستهلكين (أي استخدام اعتيان 4:2:2 أو 4:4:4 بدلاً من نسق اعتيان التلون 4:2:0)؛
- تطبيق وظائف تحرير المصدر، مثل عملية المزج آلفا (عملية مزج لقطات فيديوية متعددة معروفة تماماً فيما يتعلق بالنشرات الجوية، بمزج فيديو مقدم النشرة مع فيديو خارطة أو صورة لرادار الأرصاد الجوية)؛
- استخدام معدلات بتات عالية جداً؛
- استخدام استبانة عالية جداً؛
- تحقيق دقة عالية جداً — حتى بتمثيل بعض أجزاء الفيديو بلا خسارة؛
- تفادي أخطاء التقريب عند تحويل الحيز اللوني؛
- استخدام تمثيل بالألوان أحمر- أخضر- أزرق (RGB).

انتهى مشروع "FREXt" إلى سلسلة تتألف من أربع مظاهر جانبية جديدة أجمع على تسميتها *المظاهر الجانبية العليا*:

1) يساند المظهر الجانبي العالي (HP) الفيديو ذا الثماني بتّات باعتيان يبلغ 4:2:0، ويلبي احتياجات الاستعمال العالي للمستعملين النهائيين، وتطبيقات أخرى تستعمل فيديو ذا استبانة عالية، دون أن يستلزم الأمر استخدام أنساق تلوين أو دقة اعتيان موسعة؛

2) ويساند المظهر الجانبي 10 العالي (Hi 10P) الفيديو 4:2:0 إلى حد يصل إلى 10 بتات لدقة التمثيل للعينة؛

3) ويساند المظهر الجانبي العالي 4:2:2 (H422P) اعتيان التلوين 4:2:2 إلى حد يصل إلى 10 بتات للعيّنة؛

4) ويساند المظهر الجانبي 4:4:4 (H444P) اعتيان التلوين 4:4:4 إلى حد يصل إلى 12 بتة للعيّنة. وعلاوة على ذلك، يدعم هذا المظهر الجانبي إجراء تشفير فعّال بلا خسارة فضلاً عن تحويل تام للألوان المتبقية من أجل تشفير الفيديو RGB مع تفادي حدوث أخطاء تحويل الحيّز اللوني.

ونظراً لأن مواصفات FREXt ما زالت جديدة نسبياً، وأن بعض ميزاتها ذاتية أكثر منها موضوعية، فإنه من الأصعب نسبياً تقييم قدراتها. ومن المفيد، في هذا الخصوص، تقديم نتيجة تقييم ذاتي للنوعية أجرته رابطة بلو راي ديسك Blu-ray Disc (BDA). وموجز النتائج مستنسخ في الشكل 1 من تقرير الاختبار المشار إليه كمرجع في [Wedi and Kashiwagi, 2004].

وقد أسفر الاختبارات التي أجريت على برنامج فيلم من 24 صورة/ثانية، بمسح تدريجي 1080 × 1920، عن النتائج الاسمية التالية (وهي نتائج لا يمكن اعتبارها من الجانب الإحصائي دقيقة تماماً):

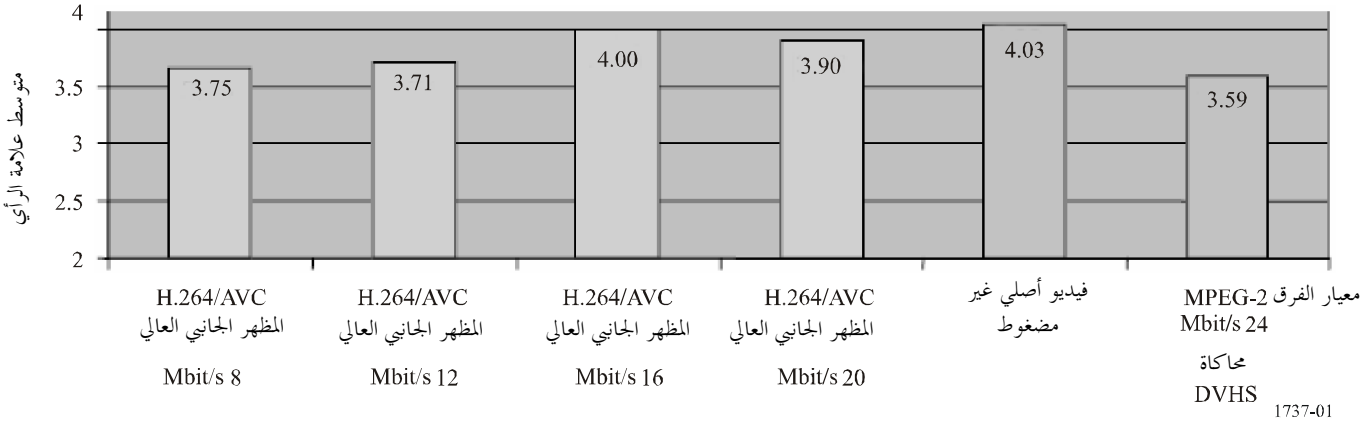
– سمح المظهر الجانبي العالي لمواصفة FREXt بالحصول نظرياً على نوعية فيديو أفضل من معيار الفريق MPEG-2 باستخدام لا يتعدى ثُلث البتات (8 Mbit/s بدلاً من 24 Mbit/s)

– سمح المظهر الجانبي العالي لمواصفة FREXt بالحصول نظرياً على نوعية فيديو غير منظورة (يعني أنه من الصعب تمييزه عن الفيديو الأصلي الذي لم يضغط) باستخدام يبلغ 16 Mbit/s فقط.

وقد تم تجاوز مستوى النوعية (3.0)، الذي يعدّ كافياً بالنسبة للأنظمة عالية الوضوح في هذه المنظمة، تجاوزاً كبيراً باستخدام بلغ 8 Mbit/s فقط. وهنا أيضاً، نلاحظ أن طريقة التشفير H.264/AVC المستخدمة في هذه الاختبارات لم تبلغ مستواها الأمثل. وبالتالي، سيكون ممكناً بالتأكيد تخفيض معدل البتات إلى حد كبير كي يصبح أقل من 8 Mbit/s، مع البقاء أعلى من مستوى النوعية 3.0، مما يتيح نوعية كافية لأن تسمى "نوعية ذات وضوح عالٍ مقبول" بالنسبة لهذا التطبيق المتطلب.

الشكل 1

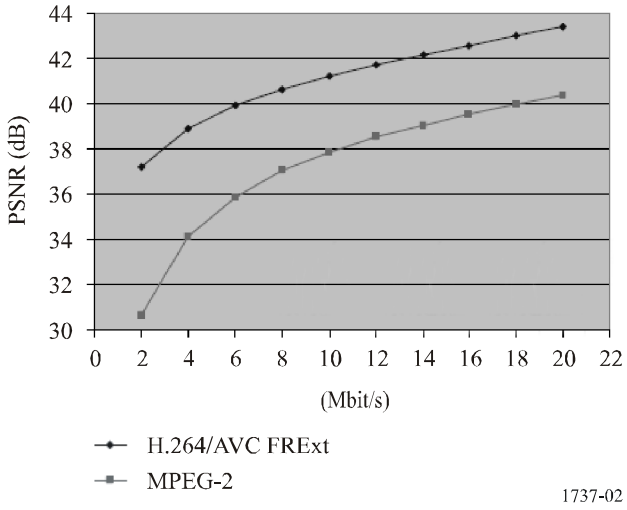
مقارنة بين معيار الفريق الأول MPEG-2 والمعيار الوارد في H.264



ترد في الشكل 2 نتيجة اختبار مقارنة موضوعية (PSNR) أجرته شركة فاست فدو (Fast VDO)[2] على سبيل المثال (القيم القصوى للعلاقة بين الإشارة والضوضاء). وتؤكد هذه النتائج الموضوعية النوعية الممتازة التي يتسم بها المظهر الجانبي العالي. (وفي هذا السياق أيضاً، تؤدي الاستخدامات غير المثلى للصور B إلى جعل النوعية الموضّحة في الرسم البياني أقل من الحقيقة فيما يتعلق بالنظام FREXt.)

الشكل 1

مقارنة نسبة إشارة الذروة إلى الضوضاء (PSNR)



[2] فاست فدو شركة متخصصة في التكنولوجيا الخاصة بوسائط الاتصالات وبرمجيات البنية التحتية، ويوجد مقرها في كولومبيا، ميريلاند، (الولايات المتحدة الأمريكية).

المراجع

SULLIVAN, G.J., TOPIWALA, P. and LUTHRA, A. [August, 2004] The H.264/AVC Advanced Video Coding Standard: Overview and Introduction to the Fidelity Range Extensions. Presented at the SPIE Conference on Applications of Digital Image Processing XXVII, Special Session on Advances in the New Emerging Standard: H.264/AVC.

WEDI, T. and KASHIWAGI, Y. [July 2004] Subjective quality evaluation of H.264/AVC FRExt for HD movie content. Joint Video Team document JVT-L033.