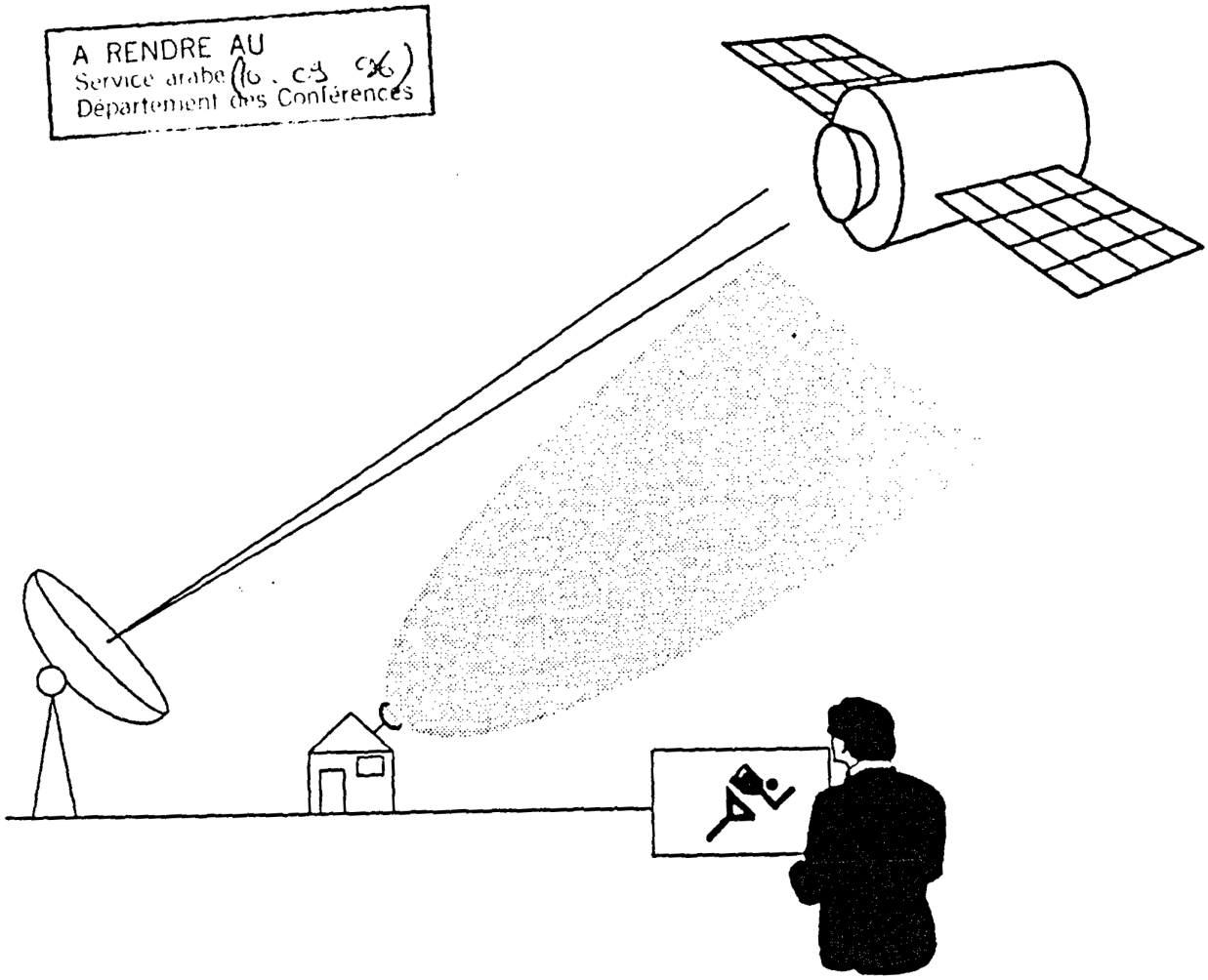
الاتحاد الدولي للاتصالات

التوصيات ITU-R

A RENDRE AU
Service arabe
Département des Conférences



مجلد السلسلة BO لعام 1994

الخدمة الإذاعية الساتلية
(الصوتية والتلفزيونية)

قطاع الاتصالات الراديوية في الاتحاد الدولي للاتصالات

تستجيب وظائف قطاع الاتصالات الراديوية استجابة كاملة لأهداف الاتحاد المتعلقة بالاتصالات الراديوية كما وردت في المادة 1 من دستور الاتحاد الدولي للاتصالات، جنيف 1992 :

- بأن يؤمن الترشيد والإنصاف والفعالية والاقتصاد في استعمال جميع خدمات الاتصال الراديوي لطيف الترددات الراديوية، بما فيها الخدمات التي تستعمل مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض،
- بأن يجري دراسات دون تحديد لمدى الترددات، وأن يعتمد توصيات تتعلق بالاتصالات الراديوية.

وتضع لجان دراسات الاتصالات الراديوية توصيات تتعلق بما يلي* :

أ) استعمال طيف الترددات الراديوية في الاتصالات الراديوية الأرضية والفضائية (بما فيه استعمال مدار السواتل المستقرة بالنسبة إلى الأرض)؛

ب) خصائص النظم الراديوية وأداؤها**؛

ج) تشغيل المحطات الراديوية؛

د) جوانب "الاتصال الراديوي" المتعلقة بمسائل الاستغاثة والسلامة.

* *المادة 11 في الاتفاقية الدولية للاتصالات، جنيف 1992.*

** *تعد لجان دراسات تقييس الاتصالات توصيات بشأن التوصيل البيني للأنظمة الراديوية في شبكات الاتصالات العمومية وبشأن جودة الأداء المطلوبة لهذه التوصيلات البينية.*

© ITU 1994

جميع الحقوق محفوظة. لا يمكن استنساخ أو استعمال أي جزء من هذه المنشورة بأي شكل أو بأي وسيلة إلكترونية كانت أم ميكانيكية، بما فيه النسخ التصويري أو الأفلام الصغرية، إلا بموافقة كتابية من الاتحاد الدولي للاتصالات.

Recommendation 788-1 (1994)

Coding rate for virtually transparent studio quality HDTV emissions in the broadcasting-satellite service [Arabic version]

Extract from the publication:
CCIR Recommendations: 1994 BO Series Volume: Broadcasting-satellite service (Sound and Television)
(Geneva: ITU, 1994), pp. 113-117

This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

هذه النسخة الإلكترونية (PDF) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (ITU) والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلاً.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.

© International Telecommunication Union

التوصيـــة ITU-R رقم BO.788-1

معدل التشفير لإرسالات تلفزيون HDTV ذات جودة أستوديو يقدر أنها شفافة في الخدمة الإذاعية الساتلية

(المسألة ITU-R رقم 92/11 والمسألة ITU-R رقم 100/11)

(1994-1992)

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن التلفزيون HDTV بنطاق RF عريض يوفر جودة أستوديو يقدر أنها شفافة؛

ب) أن الإشارات الرقمية HDTV بجودة الأستوديو تتطلب معدلاً من 1 Gbit/s تقريباً لصورة مشذرة، ومن 2 Gbit/s تقريباً لصورة بمسح تدريجي؛

ح) أن الإرسالات الساتلية تتطلب في التطبيق العملي تقييصاً ملموساً لهذه المعدلات نظراً إلى الطلبات في مجال طيف التـردات الراديوية وإلى جوانب أخرى تقنية واقتصادية؛

د) أن تقييص معدل البتات يمكن أن يتحقق عبر تشفير المصدر الذي قد يوفر، في أحسن الحالات، جودة للصورة يقدر أنها شفافة وتكون خالية من أية أحداث مصطنعة متبقية تدرك نتيجة للتشفير؛

هـ) أن عدة إدارات في أقاليم الاتحاد ITU الثلاثة تبحث باستمرار عن تقنيات مختلفة لتقييص معدل البتات؛

و) أنه ينبغي لإشارات التلفزيون HDTV في الإذاعة الساتلية أن تهدف إلى تحقيق الملاءمة مع السويات التراتبية للشبكة الرقمية مثل معدل 140 Mbit/s؛

ز) أن المؤتمر الإداري العالمي للراديو الخاص بمعالجة توزيع التـردات في بعض الأجزاء من الطيف (مالقـة -طورملينـوس، 1992) (WARC-92)، قد وزع نطاق التـردات GHz 22-21,4 في الإقليمين 1 و 3 والنطاق GHz 17,8-17,3 في الإقليم 2 للخدمة الإذاعية الساتلية (BSS) من أجل التلفزيون HDTV،

توصـي

1. في الوقت الحاضر

- بأن يستعمل تشفير إشارة الفيديو معدلاً من 110 Mbit/s، عندما يرغب في الحصول على جودة للصورة تكون شفافة، تقديرياً، من أجل استقبال الإرسالات HDTV في الخدمة BSS؛
- بأن يطلب معدل إضافي من 10 إلى 30 Mbit/s من أجل صـوت البرنـامج، والمعطيـات المسـاعدة والـتزتيل والـتزامن وتصحيـح الأخطاء في النطاق الأساسي؛

2. بأن يشجع أعضاء قطاع الاتصالات الراديوية المعنيين بتطوير تقنيات تقييص معدل البتات، على متابعة جهودهـم بهـدف التوصـل إلى جودة الصورة نفسها بمعدلات من البتات تقل على 140 Mbit/s.

الملحـق 1

أهداف الجودة لتشفير رقمي للصورة في التلفزيون HDTV بجودة أستوديو يقدر أنها شفافة

1. المقدمـــــة

تنص هذه التوصية على أن معدلاً للبتات من 110 Mbit/s تقريباً، قد يكفي حالياً لتوفير جـودة صـورة في التلفزيـون الرقمـي HDTV تكون شفافة، تقديراً، بالنسبة إلى جودة إشارة الأستوديو الحالية.

وتدعو التوصية، إضافة إلى ذلك، إلى مواصلة الجهود لتطوير تقنيات في تقييص معدل البتات تحقق جودة الصورة نفسها بمعدلات أدنى من البتات.

ويهدف هذا الملحق إلى توفير معلومات تقنية حول الموضوع.

2. الجودة الملازمة للصورة

لقد وضعت عدة طرائق لضغط معدل المعطيات في الأستوديو من Gbit/s 1 تقريباً (صورة مشذرة) إلى قيم يعقل إرسالها في الخدمة BSS أو في قنوات أخرى للاتصال الراديوي. وثمة أمثلة من هذه الطرائق هي:

- تحويل تهجين منفصل بجيب التمام (DCT)، و
- تشفير عرض النطاق الفرعي، و
- تكمية المتجهات.

ويعتبر تحويل التهجين DCT الخوارزمية الأكثر استعمالاً حالياً. وتستخدم كل هذه الطرائق تعويض الحركة إلى جانب شفرة الطول المتغير و/أو تقنيات تشفير أخرى.

1.2 *ملاحظات عامة حول الأحداث المصطنعة الناتجة عن التشفير*

ترتكز عمليات تنقيص معدل البتات على إزالة المعلومات بإطناب أو المعلومات غير المهمة في إشارة الأستوديو الفيديوية (أو الصوتية)، إزالة تصل إلى درجة معينة. وتؤدي حتماً هذه العملية إلى إدخال أحداث مصطنعة في التشفير، ويمكن التحدي المطروح أمام مصمم النظام في أن يحدد خوارزمية التشفير على نحو يبقي فيها هذه الأحداث المصطنعة غير مدركة عملياً ضمن شروط المشاهدة المحددة. إلا أن هذا الهدف قد لا يتحقق في بعض الصور الحرجة جداً والتي تتضمن نسبة عالية من الأجزاء المتحركة، فتظهر في الصورة بعد فك التشفير، بعض الأحداث المصطنعة مثل انخفاض الاستبانة للتفاصيل الدقيقة والمعلومات الجانبية ولا سيما الرسم التحريكي للحركة. ويجب أن يتيسر للإرسالات عالية الجودة معدل من البتات عال بما يكفي للحصول عملياً على صورة لم تتعرض للانحطاط ضمن شروط استقبال اسمية ولنسبة عالية من محتوى الصورة التي يتوقع ظهورها في التطبيقات الإذاعية.

ويمكن التصريح، عموماً، وبالنسبة إلى أية عملية تنقيص لمعدل البتات بأن احتمال ظهور أحداث مصطنعة (عيوب) تدرك في الصورة نتيجة لعملية التشفير يتناقص كلما ارتفع معدل بتات الإرسال المتيسر. ويمكن التصريح أيضاً وبصورة عامة بأن التعقيد المتزايد لخوارزمية تشفير الصورة يسمح بتنقيص معدل المعطيات اللازم للحفاظ على التقدير الشخصي المرغوب فيه لجودة الصورة.

ويقدر حالياً أكثرية الخبراء بأن إرسال إشارة إذاعية في التلفزيون HDTV يكون التقدير الشخصي لجودتها شفافاً عملياً بالنسبة إلى إشارة الأستوديو أو إشارة الإنتاج لا يحتاج إلى أكثر من 110 إلى 120 Mbit/s لتشفير إشارة الصورة. وبهذا تخلو أغلبية الصور (بما في ذلك الصورة التي يكون رسم حركتها حرجاً جداً) من أحداث التشفير التي يمكن إدراكها. وتجدر الإشارة إلى أن أي نظام لتشفير الصورة بمعدل بتات منقص، قد يُظهر أو يحدد صوراً يتجاوز تحميلها سعة النظام للمعلومات. فيستعاد، مثلاً، تسجيل صورة مكونة من ضوضاء غوسية بيضاء استعادة غير صحيحة تماماً بسبب الغياب الكامل للارتباط في محتوى الصورة.

2.2 *الهدف المتعلق بالإذاعة الساتلية للتلفزيون HDTV بنطاق RF عريض*

يجب أن تهدف جودة الخدمة في الإذاعة الساتلية للتلفزيون HDTV بنطاق RF عريض إلى تحقيق ما يلي:

- أن تكون شفافة، تقديرياً، بالنسبة إلى نظام الإنتاج في الأستوديو للتلفزيون HDTV. ويتضمن ذلك، تقديراً، ألا يحدث أي انخفاض يدرك في استبانة الصورة HDTV في الزمن والمكان وألا تدرك أية عيوب إضافية في هذه الصورة إذا شوهدت من مسافة تساوي ثلاث مرات ارتفاع الصورة؛
- أن توفر جودة يمكن أن يدركها المشاهد وفقاً لتقدير شخصي مكافئ لتقدير الصورة والصوت في التلفزيون HDTV عندما ينتجان في الأستوديو.

وتجدر الإشارة إلى أن أية طريقة تقدير شكلي لم يتم تبنيها إلى اليوم من أجل التعبير عن جودة الصورة المشفرة رقمياً بمعدل بتات منقص في التلفزيون HDTV (وفي التلفزيون بوضوح عادي). ولا يوجد تعريف فعلي لعبارة "جودة الأستوديو الشفافة تقديراً". وقد جرت محاولة لتطبيق طريقة القطاع ITU-R التي وضعت لإشارات التلفزيون التماثلي (وهو مجال يدرسه حالياً فريق العمل 11E للاتصالات الراديوية). وتحدد هذه الطريقة، من خلال تقديرات شخصية، الفرق المتوسط بين التقديرات في الاختبار والتقديرات ضمن الشروط المرجعية، مستخدمة سلم الجودة المستمر بمنبه مزدوج طبقاً للشروط المحددة في التوصية ITU-R رقم BT.500. أما بالنسبة إلى التوزيع، فيطبق، غالباً، فرق متوسط من 12% للأنظمة التماثلية الاصطلاحية.

وتبقى بعض الشكوك حول تأمين هذه القيمة للجودة الشفافة تقديرياً والتي تتطلب، وفقاً للتعريف أعلاه، إشارة فيديوية تخلو في التقدير الشخصي من أحداث مصطنعة يمكن إدراكها. ومن ناحية أخرى قد لا يشكل تقدير الجودة أفضل طريقة لوصف أداء أنظمة تشفير الصورة التي تستعمل تنقيص معدل البتات عندما تتعلق الأحداث المصطنعة التي تظهر بسبب التشفير، وبالنسبة إلى خوارزمية معينة، بالمحتوى الفعلي

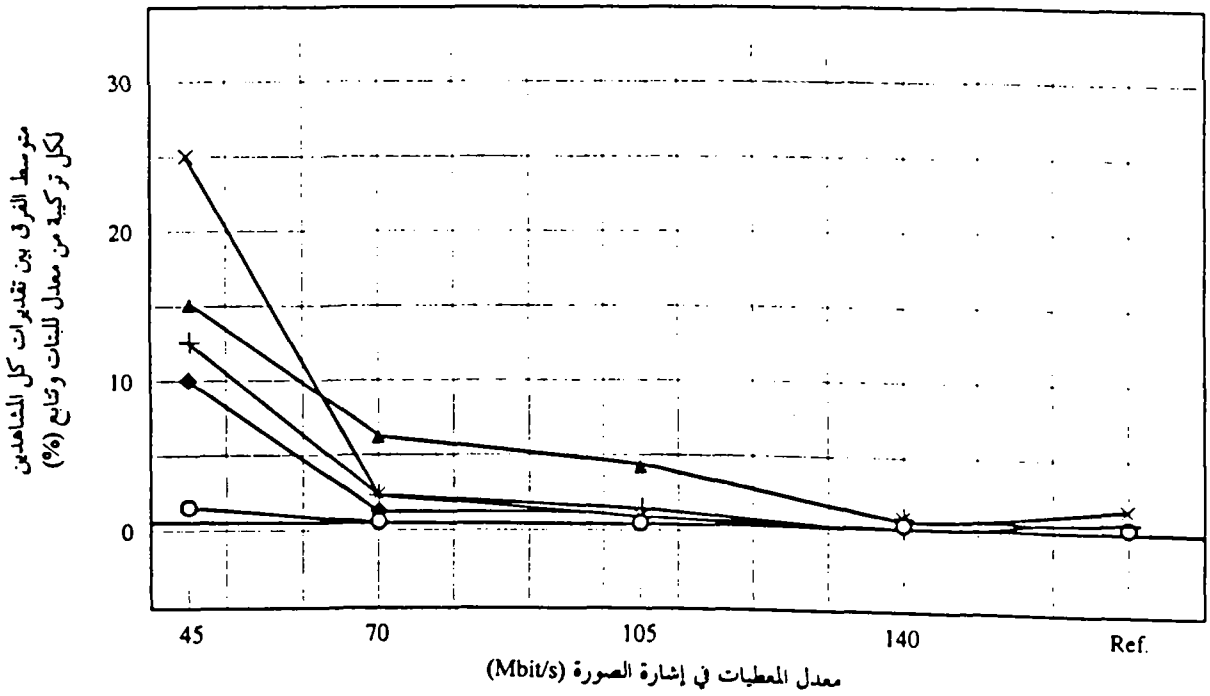
لتتابع فيديوي، كما تتعلق بأقصى معدل متيسر من المعطيات، وعندما تكون هذه الأحداث المصطنعة منتظمة كذلـك. ويخطط فريق العمل 11E لتقدير جودة الأنظمة HDTV وفقاً لخرجية محتوى البرامج واحتمال حدوثها. وسوف يسمح ذلـك بتعريف "حاصية الخلل في محتوى الصورة" بالنسبة إلى نظام معين ويوفر قياساً للنظام أكثر فائدة من التقدير البسيط للجودة. ويفترض أن الأنظمة HDTV بنطاق RF عريض قادرة على إرسال أية صورة تنتجها آلة التصوير أو ينتجها جهاز لتوليد الصورة تكون ممثلة لعناصر نموذجية في البرنامج.

ويقدم هنا مثال لقياس أجرته قناة التلفزيون RAI من أجل تحديد أداء كودك (مفكك-مشفر) من النظام EUREKA-256 في التلفزيون HDTV. ويهدف هذا المثال إلى إظهار الحاجة لتعريف محدد للعبارة: "جودة أستوديو يقدر أنها شفافة".

ويعرض الشكل 1 نتائج بعض اختبارات تقدير شكلي محدود (راجع التذييل 1 فيما يتعلق بالتفاصيل حول شروط القياس). ويبين بالنسبة إلى خمسة تتابعات فيديوية مختلفة متوسط فرق التقديرات بين الصور (الأستوديو) بعد فك التشفير والصور غير المشفرة وذلك وفقاً لمعدل المعطيات المتيسر لإشارة الصورة. فعند معدل 140 Mbit/s، لا يسبب أي تتابع أحداثاً مصطنعة مرئية. أما عند التشفير بمعدل 105 Mbit/s فتبدأ العيوب بالظهور لكنها تبقى ضمن نسب من بضع الأعداد في المئة من متوسط التقديرات. ويبدو أن هذه النتائج تؤكد قيمة 110 Mbit/s، تقريباً، التي حددتها هذه التوصية. إلا أنه في حال تطبيق نسبة 12% حداً للجودة في مجالات التوزيع، فيعتبر معدل 60 Mbit/s معدلاً كافياً.

الشكل 1

نتائج قياسات جودة الصورة في مثال الاختبارات على كودك HDTV
يستخدم نسق الأستوديو HDTV 1 920/2:1/50
مسافة المشاهدة: 3H للتلفزيون HDTV



3.2 *الحاجة إلى هامش في تحديد الجودة*

سوف تستمر الجودة التي توفرها تجهيزات الأستوديو HDTV للمستهلك في التحسن مع الوقت كلما تحسنت خصائص التجهيزات ومن المتوقع في الوقت ذاته أن تزيد الاستبانة المتيسرة في أجهزة العرض HDTV. كما تتطور متطلبات الجمهور فيما يتعلق بالجودة. ومن ثم ينبغي أن يتبع الأداء المعروض للخدمة HDTV-BSS هذا التطور. ويمكن، إضافة إلى ذلك، أن تدخل في المستقبل خدمات جديدة مثل الرؤية المجسمة (stereoscopy) أو شكل من الرسم التجسمي (holography). ولهذا فإن هامشاً معيناً يعتبر ضرورياً لمراعاة هذه التطورات الممكنة. ويفترض أن هذا الهامش يتعلق بالتحسين الممكن في خوارزميات تشفير المصدر. ويجب ألا ينظر إلى هذه الخوارزمية المحسنة كوسيلة لتنقيص معدل البتات المطلوب مقابل جودة معينة فحسب، بل إنها تستعمل أيضاً من أجل تحسين جودة استعادة الصورة التي تفترضها التحسينات في تجهيزات الأستوديو وشاشات العرض وزيادة متطلبات جمهور المشاهدين.

وسوف تكون سوية الجودة المعرفة أعلاه ضرورية في المستقبل بالنسبة إلى الخدمة HDTV-BSS بنطاق RF عريض لكي توفر جودة مماثلة للجودة التي يتوقع أن توفرها وسائط الإذاعة HDTV الأخرى مثل الشبكات بالألياف البصرية (الشبكة B-ISDN مثلاً) والوسائط المسجلة (مثل الأقراص (disks) وأشرطة الكاسيت). وتمتلك الخدمة HDTV-BSS بنطاق RF عريض إمكانات توفير جودة الخدمة نفسها لكل المشاهدين في أي مكان داخل مناطق من الخدمة واسعة نسبياً. وسوف يسمح تيسر نطاق مناسب من الترددات لهذه الخدمة بتنفيذ منظم لها كما يتيح لهذه الخدمة الحصول على جودة متوائمة مع جودة وسائط الإذاعة الأخرى.

4.2 *نظرة عامة لمختلف الدراسات الحالية*

تؤكد اختبارات المحاكاة الحاسوبية التي نفذت في اليابان والولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا على تحويل التهجين DCT وتكمية المتجهات أن من الممكن أن يحقق معدل بتات من 120 Mbit/s، تقريباً (في الفيديو فقط)، جودة ممتازة للصورة ودون انحطاط يلمس.

وتدل المحاكاة الحاسوبية، عند معدل 60 Mbit/s (في الفيديو فقط)، إلى أن طرائق تحويل التهجين DCT مع تعويض الحركة، تحقق جودة جيدة لأغلبية الصور باستثناء انحطاط خفيف في بعض الصور الاختبارية.

ويبدو أن إرسالاً اختبارياً على العتاد نفذ في أوروبا يؤكد هذه الدراسات الحاسوبية (راجع الفقرة 2.2 كذلك). وقد أطلقت في أوروبا مشاريع أبحاث كثيرة تهدف إلى متابعة الدراسات حول إذاعة التلفزيون HDTV الرقمي. وبينما يركز في الإذاعة الساتلية على متطلبات الجودة التي تعرفها هذه التوصية (RACE 2075، HD-SAT)، يعتبر أنه ينبغي لمخططات التشفير في إذاعة التلفزيون HDTV الرقمي عبر نظام للأرض، أن توفر أفضل جودة ممكنة (لا تقابل بالضرورة جودة الأستوديو) ضمن التقييدات الخاصة بعرض النطاق في قنوات التلفزيون للأرض (RACE 2082، DTTB).

وتجري الآن في الولايات المتحدة الأمريكية وكندا اختبارات شخصية على أربعة أنظمة عتاد رقمية تستعمل تقنية الانضغاط وتشغل بمعدلات من البتات من 20 إلى 25 Mbit/s (معدل معطيات إشارة الصورة الاسمي 17 Mbit/s) مخصصة لإذاعة التلفزيون HDTV الرقمي عبر نظام للأرض. وقد أكدت أحكام مشاهدين بلا خبرة على جودة ممتازة للصورة فيما يتعلق بمدى واسع من الصور الثابتة والتتابعات المتحركة من خلال استخدام سلم الجودة المستمرة بمنبه مزدوج وفقاً لشروط التوصية ITU-R رقم BT.500. وتراوحت نسبة الفروق المتوسطة بين تقديرات الاختبار وتقديرات إشارة الأستوديو المرجعية (1125/2:1/60 Hz) بين 2% و 14%.

وإذا أخذت الدراسات أعلاه في الاعتبار فيجب أن تدرس إجراءات التقدير التي تتضمن مصادر فيديوية مناسبة لصور HDTV وتتابعات مشفرة رقمياً، وأن يسمح بإجراء مقيس وحيد للتقدير الشخصي.

3. استنتاجات حول تشفير المصدر للرؤية

ثمة علاقة وثيقة جداً بين جودة الصورة المطلوبة ومعدل البتات اللازم لتشفير الصورة. وقد أظهرت المحاكاة الحاسوبية وتقدير العتاد والاختبارات الميدانية أن معدلاً من 110 Mbit/s (في الفيديو فقط) يستجيب لمتطلبات أعلى جودة ممكنة (جودة أستوديو شفافة). وقد يوفر أيضاً هذا المعدل من البتات، وبفضل تقدم تقنيات الانضغاط بعض المجال للتعامل مع إشارات أستوديو مستقبلية مطورة (بمسح تدريجي) و/أو مع تقنيات عرض محسنة.

و لم يتبين حتى الآن إذا كانت معدلات البتات التي تقل كثيراً عن هذا الرقم قادرة على استحابة شروط أعلى جودة ممكنة. وتشير الدراسات الجارية إلى أن تقنيات التشفير ربما تقود إلى معدلات بتات في النطاق الأساسي الفيديوي برتبة 45 إلى 70 Mbit/s مع الاستحابة لمتطلبات الجودة المذكورة. وإذا لم تكن الشفافية الدقيقة لجودة الأستوديو مطلوبة أي أنه يقبل في بعض الصور الحرجة جداً بعض الظواهر المصطنعة بسبب التشفير فيمكن بالتأكيد استخدام هذه المعدلات وحتى معدلات أدنى من البتات.

وإن أية تحسينات في تقنيات التشفير تؤدي إلى استخدام معدلات أدنى من البتات سوف تتمثل في تناقص مقابل لعرض نطاق القناة RF ومن ثم إلى زيادة مقابلة في سعة نطاق معين من الخدمة BSS.

التذيـيل 1

تفاصيل حول شروط القياس للكودك المستعمل مثالاً

النظـــام: EU256

الخوارزميـــة: تحويل تهجين DCT مع تعويض الحركة وتشفير بالقصور الحراري (VLC)

عناصر من المصدر: 5 تتابعات: 4:2:2 تنتج رقمياً وتدرج وفقاً لنسق التلفزيون HDTV: 1920/2:1/50

المشـــاهدة: مرقاب عالي الجودة 4:2:2 إلى مسافة H3 من الصورة HDTV التقديرية

الطريقـــة: تقديرات شخصية وفقاً لطريقة سلم الجودة المستمرة بمنبه مزدوج والتي تصفها التوصية ITU-R رقم BT.500

الملاحظـــون: مشاهدون بلا خبرة

التذيـــيل 2

قائمـــة المختصـــرات

B-ISDN: شبكة رقمية متكاملة الخدمات عريضة النطاق

DCT: تحويل منفصل بجيب التمام

DTTB: إذاعة تلفزيونية رقمية للأرض

EUREKA: برنامج الأبحاث الأوروبي

RACE: البحث والتنمية لتقنيات الاتصال الراديوية المتطورة في أوروبا

RAI: التلفزيون الراديوي الإيطالي

VLC: شفرة الطول المتغير