

H.264: مجموعة أدوات مرنة

معالم التطبيق

أدت زيادة فعالية تقنية الانضغاط لمعيار التشفير الفيديوي المتقدم المحدد في التوصية المحدثه ITU-T H.264/MPEG-4 إلى مجالات تطبيقات جديدة وفرص تجارية. وتستفيد من هذا المعيار الجديد الإذاعة عبر الكبل والساتل والمودم الكبلي والإذاعة للأرض، وما إلى ذلك. وأصبح من الممكن الآن إرسال إشارات فيديوية بمعدل 1 ميغابت/ثانية تقريباً مع نوعية تلفزيونية (PAL) مما يتيح التدفق عبر توصيلات xDSL. وبمجال العمل الآخر المثير للاهتمام هو الإرسال التلفزيوني عبر الساتل. وباختيار المعيار H.264، يمكن مضاعفة عدد البرامج التي تُبث عبر السواتل بالمقارنة مع الأنظمة الحالية التي تستخدم المعيار H.262 (MPEG-2). كما يؤدي المعيار H.264 في مجال الاتصالات المتنقلة دوراً هاماً نظراً لإمكانية مضاعفة فعالية الانضغاط بالمقارنة مع أنظمة التشفير المحددة سابقاً للاتصالات المتنقلة من الجيل الثالث (3GPP2 و 3GPP) من أجل تدفق البيانات.

وقد أثرت هذه التوصية على مجالات تطبيقات أخرى بما فيها على سبيل المثال وليس الحصر:

- خدمات التخزين التفاعلية متعددة الوسائط أو خدمات التخزين المتسلسلة متعددة الوسائط على الأجهزة البصرية والمغناطيسية والأقراص DVD، إلخ.
- خدمات التخاطب في الوقت الفعلي (RTC) مثل المؤتمرات الفيديوية والهواتف الفيديوية عبر الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات والإنترنت والشبكة المحلية وخط المشترك الرقمي والشبكات اللاسلكية والمتنقلة وأجهزة المودم أو مزيج منها.
- خدمة الفيديو عند الطلب أو خدمة التدفق متعددة الوسائط مثل الرصد الفيديوي عن بُعد (RVS) عبر الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات والمودم الكبلي وخط المشترك الرقمي والشبكة المحلية والشبكات اللاسلكية والمتنقلة، إلخ.
- خدمة الرسائل متعددة الوسائط (MMS) عبر الشبكة الرقمية متكاملة الخدمات وخط المشترك الرقمي والإنترنت والشبكة المحلية والشبكات اللاسلكية والمتنقلة، إلخ.
- الخدمات متعددة الوسائط عبر الشبكات العاملة بأسلوب الرزم (MSPN) مثل المراسلات متعددة الوسائط (MMM)، إلخ.

التشفير الفيديوي وتشفير الصور الثابتة

يتمثل انضغاط الإشارات في تخفيض الإطباب (من خلال التنبؤ المكاني/الزمني؛ وتحويل فك الارتباط المكاني/الزمني؛ والتشفير الإنتروبي) وتقليل عدم ملائمة (بواسطة التكمية) إشارة الدخل. وتستخدم خوارزميات الانضغاط الفيديوي مثل المعيار H.264 نوعين من الإطباب في الإشارة: إطباب زمني: (تغيير من رتل إلى الرتل التالي) وإطباب مكاني (كيفية تغيير عناصر الصورة داخل الرتل نفسه). وتقتصر خوارزميات تشفير الصور الثابتة مثل التوصيات ITU-T T.81 (JPEG)

و ITU-T T.800 (JPEG 2000) و ITU-T T.832 (JPEG XR) على استخدام الإطباب المكاني. ومن ثم فإن أفلام "الصور المتحركة JPEG" المستخدمة في بعض آلات التصوير الرقمية وأنظمة النشر الفيديوي هي أنظمة تشفير دون المستوى الأمثل من حيث فعالية الانضغاط نظراً لأنها لا تستخدم الإطباب الزمني.

يمثل التشفير الفيديوي المتقدم للمعيار H.264 أحدث توصية لقطاع تقييس الاتصالات مصممة لتمكين استعمال الإشارات الفيديوية المشفرة بطريقة مرنة من أجل مجموعة متنوعة من البيئات الشبكية. وقد أعدت هذه التوصية بالاشتراك مع المنظمة الدولية للتوحيد القياسي/اللجنة الكهروتقنية الدولية (حيث تم اعتمادها كمعيار تشفير فيديوي متقدم MPEG-4 (AVC) (الجزء 10)) استجابة للحاجة المتزايدة لانضغاط أعلى للإشارات الفيديوية فيما يتعلق بتطبيقات متنوعة تشمل الإذاعة التلفزيونية والمؤتمرات الفيديوية ووسائط التخزين الرقمي والبث على الإنترنت والاتصالات اللاسلكية وما إلى ذلك.

يحتوي المعيار H.264 على مجموعة غنية من أدوات التشفير الفيديوي وإن كانت هذه الأدوات ليست مطلوبة جميعها لكل تطبيق، ولذلك تُحدد مجموعات فرعية من أدوات التشفير (تدعى مظاهر جانبية). وقد يختار مفكك تشفير تنفيذ أي عدد من المظاهر الجانبية تبعاً لاحتياجات التطبيق. ولحددت المظاهر الجانبية الثلاثة التالية في المواصفات الأصلية للمعيار H.264 الذي استُكمل في 2003:

- المظاهر الجانبية الأساسية والمظاهر الجانبية الأساسية المقيدة (BP و CP)
- المظهر الجانبي الموسع (XP)
- المظهر الجانبي الرئيسي (MP)

وبالنسبة لتطبيقات مثل التطبيقات الفيديوية الترفيهية عالية الاستبانة، والمساهمة في المحتوى وتوزيع المحتوى والنشر في الاستوديو والمعالجة اللاحقة، كان من الضروري تطوير بعض التوسيعات لمجموعة الأدوات. واستغرقت هذه الجهود حوالي سنة وتدعى هذه التوسيعات "توسيعات مدى الأمانة" (FRExt). وتتمحور عن هذا المشروع مجموعة من أربعة مظاهر جانبية جديدة:

- المظهر الجانبي العالي (HP)
- المظهر الجانبي العالي 10 (Hi10P)
- المظهر الجانبي العالي 4:2:2 (H422P)
- المظهر الجانبي العالي 4:4:4 (H444P)

وقد سارعت الصناعة إلى تبني القدرات الجديدة ولا سيما المظهر الجانبي العالي. ويبدو من المؤكد دمج المظهر الجانبي في العديد من مواصفات التطبيقات الهامة قصيرة الأجل بما في ذلك المواصفات الفيديوية BD-ROM لرابطة "Blu-ray Disc"، ومواصفات HD-DVD لمنتدى الأقراص الفيديوية الرقمية ومعايير الإذاعة الفيديوية الرقمية للبث التلفزيوني الأوروبي. وقد تتبنى قريباً هذه التكنولوجيا عدة جهات أخرى مثل الشركات الرئيسية لتقديم الخدمة الإذاعية الساتلية المباشرة. وفي الواقع يبدو أن المظهر الجانبي العالي قد يتجاوز بسرعة المظهر الجانبي الرئيسي من حيث الاهتمام بتنفيذ الصناعة على المدى القريب. ويُعزى ذلك إلى كون المظهر الجانبي العالي يضيف المزيد من فعالية الانضغاط بدون إضافة قدر كبير من التعقيد على مستوى التنفيذ بما يتجاوز ما هو مطلوب للمظهر الجانبي الرئيسي.

ورش العمل: www.itu.int/ITU-T/worksem/

النشرات والأخبار الإلكترونية: www.itu.int/ITU-T/news/

شؤون الأعضاء: www.itu.int/ITU-T/membership/



جائزة

إمّي® للامتياز

قطاع تقييس

الاتصالات (ITU-T)

التوصية H.264

معيار التشفير الفيديوي المتقدم

فرص جديدة من أجل الاتصالات الفيديوية



معايير التشفير الفيديوي لقطاع تقييس الاتصالات والمعيار H.264/مشروع التشفير الفيديوي المتقدم MPEG-4

شهد التشفير الفيديوي الرقمي لتطبيقات مختلفة تطوراً على مدى السنوات الخمس عشرة الأخيرة كما يتبين من المعايير H.261 و H.262 و H.263 التي تم تطويرها. وكان المعيار H.261 المعتمد في 1990 أول معيار يُكتب له النجاح من هذه المعايير مما مكن من توفير خدمة المؤتمرات الفيديوية مع قابلية التشغيل البيني عبر شبكات الاتصالات الهاتفية الرقمية. وأُعد المعيار H.262 (معيار أُنشئ بالاشتراك مع المنظمة الدولية للتوحيد القياسي/اللجنة الكهروتقنية الدولية ومعروف عموماً بالمعيار الفيديوي MPEG-2)، بعد سنوات قليلة وكان بمثابة التكنولوجيا التمكينية للأنظمة التلفزيونية الرقمية في العالم. وسمح بالإرسال الرقمي للبرامج التلفزيونية الفيديوية عبر الساتل والكبل ومنصات الأرض. وسمح المعيار H.263 بتعزيز تقنية الانضغاط والمقاومة فيما يتعلق بتطبيقات مختلفة بما في ذلك الإنترنت والإرسال الفيديوي اللاسلكي. ومع ذلك، هناك المزيد مما يمكن تعلمه لزيادة تحسين التكنولوجيا الفيديوية وتنويع التطبيقات الفيديوية الرقمية.

في أوائل 1998، وجّه فريق الخبراء المعني بتشفير الفيديو (VCEG) التابع لقطاع تقييس الاتصالات دعوةً لتقديم مقترحات بشأن مشروع أُطلق عليه اسم H.26L، الهدف منه مضاعفة فعالية التشفير (مما يعني إتاحة معدل البتات اللازم لمستوى معين من النوعية الفيديوية) بالمقارنة مع أي معيار من معايير التشفير الفيديوي. وفي ديسمبر 2001، شكّل هذا الفريق وفريق الخبراء المعني بالصور المتحركة (MPEG) التابع للمنظمة الدولية للتوحيد القياسي/اللجنة الكهروتقنية الدولية فريقاً مشتركاً يعني بالفيديو (JVT) من أجل وضع الصيغة النهائية لمشروع المعيار الجديد للتشفير الفيديوي المتقدم الذي سيصبح التوصية H.264/ITU-T. ووافق الفريق MPEG على نص تقني مطابق في معياره المقابل الذي يُدعى H.264/ITU-T (ISO/IEC 14496-10).

ويمثل معيار التشفير الفيديوي المتقدم H.264/MPEG-4 AVC خطوة رئيسية إلى الأمام في مجال تطوير معايير التشفير الفيديوي المتقدم. ومن الواضح أنه يفوق المعايير السابقة بعامل 2 تقريباً أو أكثر، لا سيما بالمقارنة مع المعيار H.262/MPEG-2. وهذا التحسين يمكن من وضع تطبيقات جديدة وإتاحة فرص تجارية. وهناك حاجة إلى موارد حاسوبية إضافية لتنفيذ المعيار H.264، وقد تم توفيرها من خلال الظاهرة المعروفة بقانون مور. وإضافة إلى ذلك، فالمعيار H.264 معيار مفتوح صُمم بشكل تعاوني مما يسمح لجميع شركات التصنيع بإنتاج أجهزة التشفير وفك التشفير على أساسه. وهذا الأمر من شأنه أن يساعد على إنشاء سوق تنافسية وخفض الأسعار مع ضمان أن تكون المنتجات التي تصنعها مجموعة متنوعة من الشركات المصنعة المختلفة متوافقة تماماً فيما بينها.

وبناءً على نجاح المعيار H.264، اتفقت لجنة الدراسات 16 لقطاع تقييس الاتصالات والفريق MPEG على بدء العمل بشأن التشفير الفيديوي من الجيل التالي في إطار فريق التعاون المشترك المعني بالتشفير الفيديوي (JCT-VC). ومن المتوقع ظهور النتائج الأولى في 2013.

أداء المعيار H.264 ومقارنته بمعايير التشفير السابقة

بغية توضيح مكاسب الأداء التي يمكن تحقيقها باستخدام المعيار H.264، ترد أدناه نتائج المقارنة مع بعض معايير التشفير السابقة التي حققت نجاحاً. تنتج أجهزة الكودك الأربعة التي تمت مقارنتها تدفق البتات المطابقة للمعايير التالية:

- H.262، المظهر الجانبي الرئيسي (MP)
- H.263، المظهر الجانبي العالي للكومون (HLP)
- H.264، المظهر الجانبي الرئيسي (MP)

تشمل الإشارة الفيديوية للدخل المتعلقة بهذه المقارنة مجموعة من أرباع الأنساق المتوسطة المشتركة (QCIF) منخفضة المعدل المعروفة (H.263 و H.264) وتتابعات الأنساق المتوسطة المشتركة (CIF) بمعدل أعلى (H.263 و H.264) مع كميات مختلفة من الحركة والتفاصيل المكانية.

وجرى تحسين جميع أجهزة التشفير الفيديوي من حيث كفاءة تشويه المعدل الخاص بها باستخدام تقنيات لاغرانج. وقد اكتسبت هذه التقنيات أهمية نظراً لفعاليتها وبساطة مفهومها والقدرة على تقييم عدد كبير من خيارات التشفير الممكنة بطريقة أفضل. وبالإضافة إلى مكاسب الأداء، فإن استخدام تحكم مشفر فعال ومحدد لجميع أجهزة التشفير الفيديوي، سمح بمقارنة منصفة بينها من حيث فعالية التشفير.

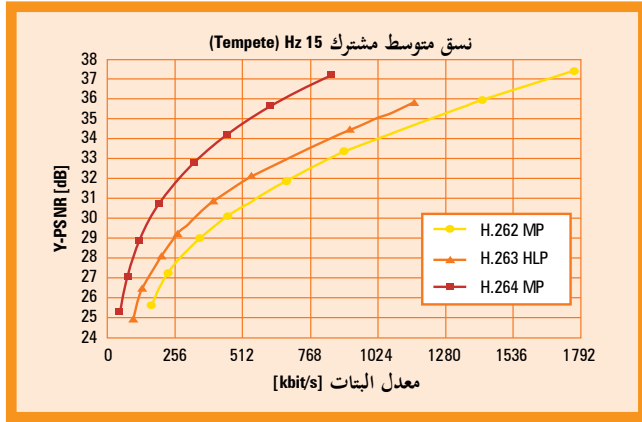
جهاز التشفير للمعيار	H.263 HLP	H.262 MP
H.264 MP	49%	64%
H.263 HLP	—	31%

يقدم الجدول أعلاه متوسط توفير معدل البتات التي يوفرها كل جهاز تشفير بالنسبة لأجهزة التشفير الأخرى التي خضعت للاختبار، والتي تم حساب متوسطها من خلال سلسلة الاختبارات ومعدلات البتات. ويمكن ملاحظة أن المعيار H.264 يفوق بشكل كبير جميع معايير التشفير الفيديوي الأخرى لقطاع تقييس الاتصالات.

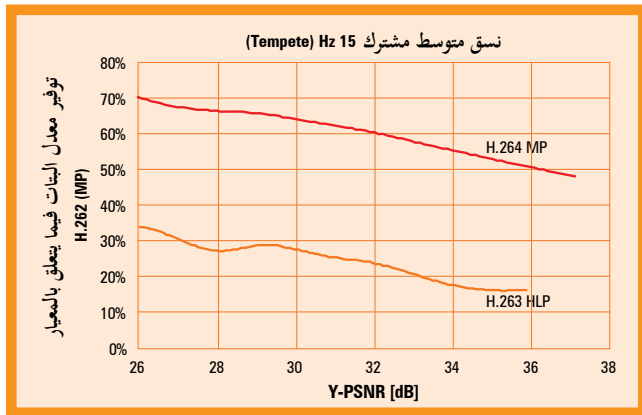
(مرجع دراسة النوعية: T. Wiegand et al.، Rate-Constrained Coder Control and Comparison of Video Coding Standards، في إطار IEEE Trans CSVT، طبعة خاصة بشأن معيار التشفير الفيديوي H.264/AVC، يوليو 2003).

منحنيات أداء تشويه المعدل

يبين الرسم البياني التالي ذروة نسبة الإشارة إلى الضوضاء (PSNR) مقابل منحنيات معدل البتات بالنسبة لأجهزة التشفير الأربعة لتتابعات الاختبار "Tempete". وفيما يتعلق بهذا التتابع (الذي اختير كمثال) وبجميع التتابعات الأخرى من مجموعة الاختبارات هذه، يفوق المعيار H.264 من حيث الأداء جميع أجهزة التشفير الأخرى بشكل كبير.



وفي الرسم البياني التالي، يُقارن توفير معدل البتات فيما يتعلق بمعيار التشفير الفيديوي H.262 (MPEG-2) مع النوعية الموضوعية PSNR لعنصر النصوص* بالنسبة إلى المعيارين H.263 (HLP) و H.264 (MP). ويلاحظ أن المعيار H.264 (MP) يفوق المعايير الأخرى من حيث الأداء إلى حد كبير.



* يمثل عنصر النصوص للإشارة الفيديوية عنصر السطوع المظلل باللون الرمادي من الصورة وهو يمثل أهم الأجزاء من الناحية الإدراكية في الصورة الملونة.