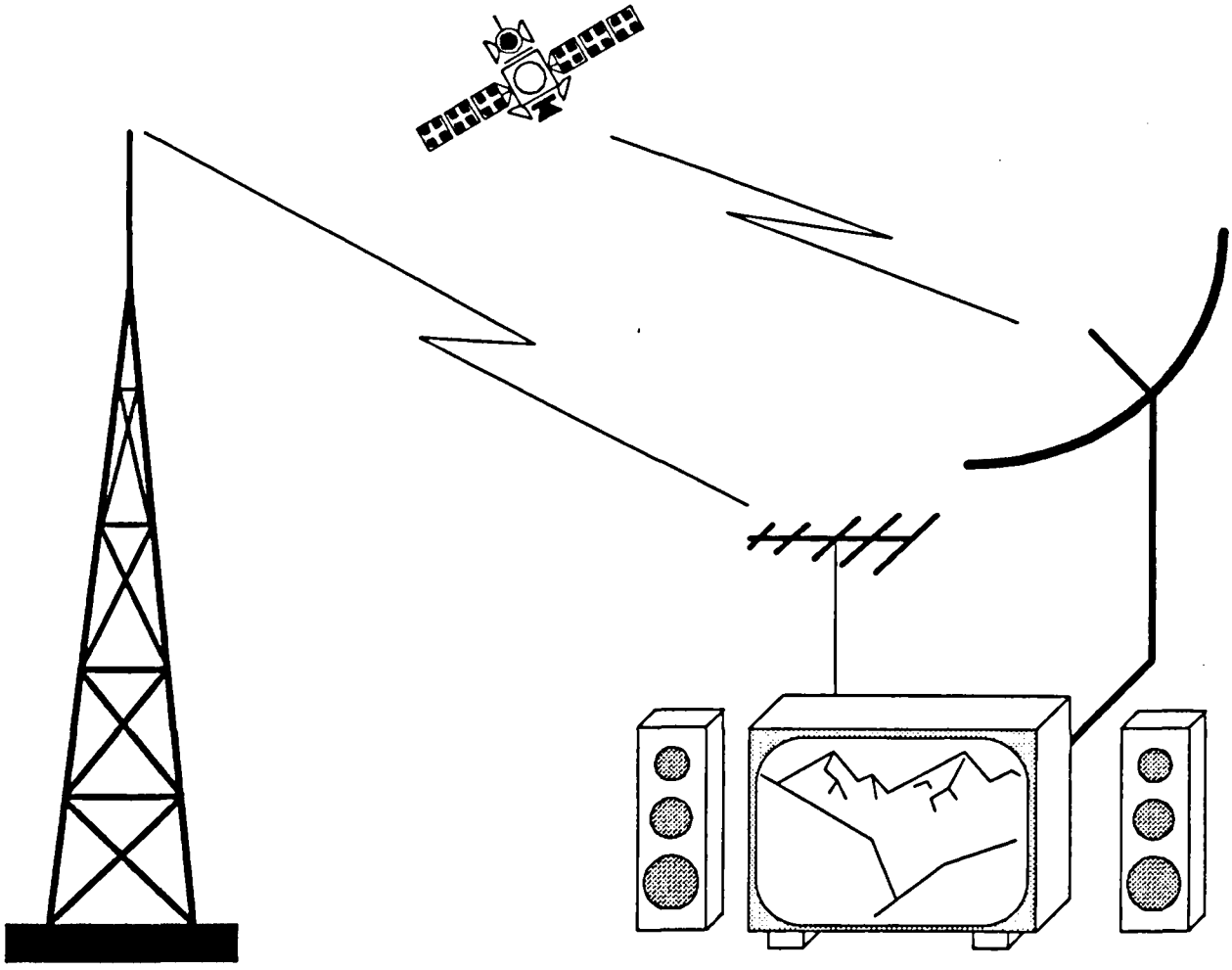
الاتحـــاد الـــدولـــي للاتصـــــالات

التـــوصيـــــات ITU-R

(الجديدة والمراجعة بتاريخ 21 أكتوبر 1995)

Service arabe 9/10/98
Département des Conférences



كراسة السلسلة BT لعام 1995

الخدمة الإذاعية (التلفزيونية)

جمعية الاتصالات الراديوية - جنيف 1995

قطاع الاتصالات الراديوية للاتحاد الدولي للاتصالات

يكمن دور قطاع الاتصالات الراديوية في ضمان استعمال طيف التردد الراديوي بطريقة عقلية وفعالة واقتصادية من قبل جميع خدمات الاتصال الراديوي، بما فيها الخدمات الساتلية، والقيام بدراسات لكل مديات التردد تكون أساساً لوضع التوصيات واعتمادها.

تودى الوظائف التنظيمية والسياسية لقطاع الاتصالات الراديوية من قبل المؤتمرات العالمية والإقليمية للاتصالات الراديوية وجمعيات الاتصالات الراديوية بمساعدة لجان الدراسات.

للحصول على المعلومات المتعلقة بالاتصالات الراديوية، الرجاء الاتصال بالعنوان التالي :

ITU
Radiocommunication Bureau
Place des Nations
CH -1211 Geneva 20
Switzerland

Telephone	+41 22 730 5800
Fax	+41 22 730 5785
Internet	brmail@itu.ch
X.400	S=brmail; P=itu; A=400net; C=ch

للحصول على منشورات الاتحاد الدولي للاتصالات، الرجاء إرسال الطلبات إلى العنوان التالي :

ITU
Sales and Marketing Service
Place des Nations
CH -1211 Geneva 20
Switzerland

Telephone	+41 22 730 6141 English
Telephone	+41 22 730 6142 French
Telephone	+41 22 730 6143 Spanish
Fax	+41 22 730 5194
Telex	421 000 uit ch
Telegram	ITU GENEVE
Internet	sales@itu.ch
X.400	S=sales; P=itu; A=400net; C=ch

© ITU 1996

جميع الحقوق محفوظة. لا يمكن نسخ 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 1201 (1995)

Extremely high-resolution imagery [Arabic version]

Extract from the publication:
CCIR Recommendations: 1995 BT Series Fascicle: Broadcasting Service (Television)

(Geneva: ITU, 1995), pp. 136-145

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 библиотечио-архивиой службы МСЭ.

© International Telecommunication Union

التوصية ITU-R BT.1201

تكوين صور ذات استبانة عالية جداً

(المسألة ITU-R 226/11)

(1995)

إن جمعية الاتصالات الراديوية التابعة للاتحاد الدولي للاتصالات،

إذ تضع في اعتبارها

أ) أن تكوين الصور باستبانة عالية جداً يمكن أن يستعمل في الأنظمة الصورية المستقبلية في مختلف الميادين مثل الرسوم البيانية الحاسوبية، والطباعة والتطبيقات الطبية والسينما والتلفزيون، إلخ.؛

ب) أن بناء هذه الأنظمة يتطلب استشارة عدة خبراء في مختلف المجالات المتعلقة بالتصوير؛

ج) أن دراسات وتجارب تطبيقية عن تكوين صور ذات استبانة عالية جداً تجري حالياً في أماكن مختلفة من العالم؛

د) أنه يفضل استعمال أجهزة مشتركة من أجل تنفيذ أنظمة تصوير باستبانة عالية جداً بكلفة معقولة؛

هـ) أن تكنولوجيات تنقيص معدل البتات تلعب دوراً رئيسياً في إرسال الصور ذات استبانة عالية جداً؛

و) أن الاستبانة الفضائية والاستبانة الزمنية ونسق الصور المطلوبة يمكن أن تختلف وفقاً للتطبيقات التجارية المتوفرة؛

ز) أن تحويل شبكات الاعتيان المكاني والزمني بين أنساق مختلفة أصبح ممكناً بدون إدخال انحطاطات على الصور المحوّلة؛

ح) أن التوصية ITU-R BT.1200 "المعيار المستهدف لأنظمة الفيديو الرقمية من أجل الإنتاج في الاستوديو ومن أجل التبادل الدولي للبرامج" تعرف مقاربة مبتكرة لأنظمة التلفزيون "المستقلة عن الاستبانة" وذلك في عدد كبير من التطبيقات،

توصي

1 أن تكون الاستبانة الفضائية والاستبانة الزمنية ونسق الصورة مرنة بما يكفي للاستجابة لعدد من المتطلبات في مختلف مجالات التطبيق. يعرض الملحق 1 أمثلة عن الأعمال الجارية؛

2 أن تستعمل رأسية في انسياب المعطيات من أجل تعريف المعلمات المحددة في الفقرة 1 أعلاه؛

3 أن تحقق معلمات مشتركة لقياس اللون في أنساق مختلفة.

الملحق 1

تقرير عن تقدم الأبحاث حول تكوين الصور ذات استبانة عالية جداً (HRI)

1 المقدمة

نظراً إلى التحديدات المادية للتكنولوجيات المتيسرة في الواقع، فإن أكثرية التطبيقات الموصوفة في هذه التوصية هي تطبيقات في غير الوقت الفعلي. وتوجب خلق نموذج افتراضي من أجل دراسة المسائل العملية المطروحة في الفقرة 2.

وتطرح الفقرة 2 تراتباً افتراضياً لنماذج الاستبانة الفضائية على النحو المشار إليه في الجدول 1.

الجدول I

تسلسل رتبي لنماذج استبانة فضائية

	HRI-0	HRI-1	HRI-2	HRI-3
الاستبانة الفضائية (عدد العينات)	1 080 × 1 920	2 160 × 3 840	3 240 × 5 760	4 320 × 7 680

يرتكز التراتب إلى نسق الشاشة 16:9 وذلك لأسباب عملية تتعلق بوضوح النقاش.

HRI-0 إلى HRI-3 هي مضاعفات بسيطة لقيم صحيحة في الاتجاهين الأفقي والرأسي.

يعرف التراتب HRI بالنسبة إلى المكان، ويفترض أن الصورة مستقرة على المحور الزمني (أو في غير الوقت الفعلي). أما في حالة الوقت الفعلي فيتم التصنيف وفقاً لتردد الرتل.

2 الوضع الحالي

1.2 معالجة الصور الثابتة والمعالجة صورة بعد صورة (مستعملة حالياً)

يلاحظ في الأفلام المحققة حديثاً أن التأثيرات الرقمية البصرية مستعملة استعمالاً واسعاً، وبهذا تصبح الأفلام جذابة جداً لنسبة كبيرة من الجمهور. وتشكل التأثيرات البصرية الرقمية مثل المعالجة الإلكترونية على الفيلم مرحلة جديدة في إنتاج الأفلام حيث تستعمل تقنيات المعالجة في الاستوديو بعد الإنتاج، وهي تقنيات مجربة وذات كفاءة تكاليفية. وهي تصبح بديلاً فعالاً لعمليات المعالجة البصرية القديمة. وتستخدم هذه التقنيات الرسوم البيانية الحاسوبية، وكمد الألوان، وتقنيات الشاشة الزرقاء التي تسمح بتحسين المشاهد عبر إزالة ألوان أو مناظر غير مرغوبة، وإدخال تغييرات على تدرج الصور في الأفلام القديمة أو الأفلام التي تعرضت للانحلال. تتيسر أنظمة كثيرة من هذا النوع في السوق وتستعمل بنجاح. ويتكون النظام الكامل من ماسح أفلام CCD، ومسجل أفلام عند الخرج ومرفق لمعالجة الإشارة. وتستعمل، عادة، لتحقيق هذه التأثيرات البصرية، محطات عمل وبرامجيات مناسبة. وتسمح التجهيزات بإنتاج صور من نوعية الفيلم وذات استبانة عالية جداً، وهي استبانة تساوي 40 مرة استبانة إشارات التلفزيون التقليدي.

2.2 الرسوم البيانية الحاسوبية (CG)

يمكن أن تولد الرسوم البيانية الحاسوبية صوراً مخصصة للفنون البيانية. تولد الصور بشكل مستقل ولا تثير مشاكل تقنية مهمة. وإذا كانت سعة القرص كافية والحاسوب عالي السرعة، يمكن مبدئياً أن تثبت المعلمات من مثل الاستبانة الفضائية ونسق الشاشة والاستبانة الزمنية والمعلمات الأخرى، وفقاً للطلب. غير أن توليد صور متحركة على أساس الوقت الفعلي يبقى صعب التحقيق مع التكنولوجيا الحالية. فهو يتعلق بتعقيد الصورة المنتجة وبالتكنولوجيا CG المستعملة. ويسمح استعمال توليد الصورة بواسطة تقنية CG بسيطة بتحقيق بعض التطبيقات من مثل أنظمة الواقع التقديري ومحاكاة الطيران والألعاب، وذلك في الوقت الفعلي.

يحتاج إنتاج البرامج الحالية HDTV إلى ساعة تقريباً لتوليد صورة إنسان بواسطة حاسوب من 200 MIPS. أما إنتاج الصورة بسوية HRI-3 وبواسطة التكنولوجيا نفسها، فيتطلب 16 ساعة لتوليد صورة باستبانة أعلى 4 × 4 مرة. ويبقى تيسر وحدات CPU ذات قدرة ضخمة بقياس MIPS، وتبني أجهزة بيانية مكرسة أساسيين لتوليد صور عالية الاستبانة بواسطة التقنية CG.

تكون معلمات العرض الأكثر استعمالاً في محطات العمل البيانية الحالية هي التالية، نسق الشاشة 4:3 بكسيل (عناصر صور) مربعة، مسح تدريجي مع 60 رتلاً، 280 1 × 024 1 بكسيل، وتدرج كلي من 32 بتة على سلم الألوان وسلم الرماديات. وتستعمل في النماذج الحديثة، 600 1 × 024 1 بكسيل وتدرج كلي من 48 بتة.

3 المسائل العملية

1.3 تكنولوجيا العرض

1.3.3 CRT (شاشات مهبطية)

يمكن في العرض على شاشات CRT مع قد للصورة من 20 in، الحصول على استبانة من 1000 خط عند مباعدة لثقوب القناع من 0,3 mm تقريباً. وقد حققت في محطات العمل عالية السوية مباعدة من 0,15 mm. وتتعلق مباعدة القناع بعدة عوامل تقنية مثل ثخانة القناع، وبشروط التصنيع. ويقدر الحد، في وضع التقنيات الحالية، بحوالي 0,16 mm، عندما يساوي قد الشاشة CRT 40 in. ويساوي قطر الحزمة النقطية الإلكترونية الحالي 1-2 mm تقريباً. ويجب تنقيص الحزمة إلى 0,5-1 mm من أجل الحصول على استبانة أعلى.

ومن الضروري أيضاً أن يصار إلى زيادة سرعة دارات انحراف الأنابيب المهبطية CRT. ويتم ذلك من خلال تنقيص عرض سلك مقرن الانحراف، ومن خلال تخفيض الخسارة عند اللب. ويحتاج تخفيض أخطاء الانحراف إلى دارة تعويض رقمية.

2.1.3 LCD (شاشة عرض بالبلورات السائلة)

ثمة تطبيقان بديلان للتكنولوجيا LCD على عرض صور عالية الاستبانة. وفيما يتعلق بنمط الشاشات LCD بقراءة مباشرة، يحتمل أن يشير تيسر لوح أكبر بالبلورات السائلة مشكلة كبيرة بالنسبة إلى التكنولوجيا والتكاليف الضرورية. ويطلب دائماً المشاهدون شاشة أكبر لعرض الصور عالية الاستبانة. ويجب في هذا السياق التوصل إلى التوفيق بين أنظمة بصرية مكلفة تتطلب لوحاً أكبر بالبلورات السائلة، وتدني اللمعان في ألواح البلورات السائلة الأصغر قداً.

2.3 تكنولوجيا الحيازة

1.2.3 آلة التصوير التلفزيوني

يفترض أن الاستبانة الهامشية لنظام عدسي تساوي، في التطبيق العملي، 100 خط/mm تقريباً. وبهذا تكون الاستبانة الرأسية الممكن تحقيقها في نظام عدسي من 1 in (منطقة مسح CCD، من 14 × 7,8 mm) هي 7,8 × 100 × 2 = 1560 TV lines. ويعتبر أن النظام بسوية أعلى من HRI-1 (840 3 × 160 2) يتطلب نظاماً بصرياً أعرض من 1 in.

عندما يراد الحصول على استبانة أعلى، يتناقص قد عناصر الصورة (بكسيل) لأجهزة التقاط الصور. وتعوض الحساسية المنخفضة بإجراءات من مثل توسيع مساحة استقبال الضوء، وتبني عنصر عالي الحساسية، وتنقيص سوية الضوضاء.

أما فيما يتعلق بعدد البكسيل وقدها، أعلن نموذج أول من CCD ببعدين ومليوني بكسيل (2/3 in للنظام البصري) خاص بالتلفزيون. ويعتبر أن من الممكن، بعد بضع سنوات، التوصل ليس إلى تنقيص القد بل إلى توسيع مساحة الأجهزة بالرقاقات التي قد تغطي السوية HRI-1. وقد تحتاج زيادة أكبر للاستبانة إلى تكنولوجيا جديدة.

يؤدي تنقيص النسبة *C/N* لآلة التصوير إلى تخفيض معدل الانضغاط. ولهذا يرتدي تخفيض سوية الضوضاء أهمية قصوى.

2.2.3 التليسينما

توجد حالياً ثلاث طرائق مختلفة لالتقاط الصور في التليسينما. آلة التصوير بالأنابيب أو ملقاط CCD وماسح ببقعة متحركة وماسح ليزري. وتظهر أغلب المشاكل المتعلقة بالصور عالية الاستبانة عندما تجري عمليات التليسينما في الوقت الفعلي. أما إذا كانت التطبيقات في غير الوقت الفعلي، فإن كل المشاكل تقريباً تختفي عندما تكون عمليات المسح منخفضة السرعة.

3.2.3 آلة تصوير إلكترونية لصور ثابتة

إن نوعية الصورة الفضية على فيلم من 35 mm تكون شبه مكافئة لنوعية الصورة من الصنف HRI-1. ويبقى الحصول على استبانة أعلى بكثير ممكناً عبر توسيع قد الفيلم المستعمل.

يوجد حالياً معالج CCD للصور الثابتة حصراً من 2 in × 2 in مع 4 ملايين بكسيل ويقابل ذلك الاستبانة بين HRI-1 و HRI-2. وسوف يسمح جهاز جديد بديل للمعالج CCD بتحقيق استبانة أعلى بكثير.

3.3 تكنولوجيا الإرسال

1.3.3 الإرسال البصري

لقد سمح استعمال طول موجة من 1,55 µm بالحصول على معدل إرسال يفوق 2,5 Gbit/s وفاصل ترحيل بقيمة 100 km. ولما كان للإرسال البصري سعة إرسال واسعة جداً بالنسبة إلى الأنظمة الأخرى، يفترض أنه سيكون نظام الإرسال الأساسي في أي استخدام مستقبلي للصور الرقمية المتطورة.

يبين الجدول 2 عدة مجالات يمكن أن تكون مهمة لتطوير تكنولوجيا الإرسال البصري بهدف نقل الإشارات المستقبلية ذات معدل بتات عالٍ في التطبيقات HRI في الوقت الفعلي. وتظهر بوضوح ضرورة اكتشاف تكنولوجيات جديدة مهمة في هذا الميدان.

الجدول 2

مسائل تتعلق بتطور تكنولوجيا الإرسال بترحيل بصري

	عندما تكون نسبة الإرسال المطبقة 150 Mbit/s من أجل HRI-0 و HRI-1 في الوقت الفعلي (1)	عندما تكون نسبة الإرسال المطبقة 600 Mbit/s من أجل HRI-2 و HRI-3 في الوقت الفعلي (1)
تكنولوجيا الإرسال بترحيل بصري	تقنية الإرسال البصري حتى 100 Gbit/s	تقنية الإرسال البصري حتى سوية البتات Tbit/s
	تكنولوجيا الإرسال بموجة ضوئية متماسكة	تكنولوجيا الإرسال بموجة ضوئية متماسكة
	تكنولوجيا تشكيل الضوء	تكنولوجيا تشكيل الضوء
	FDM (10 موجات)	FDM (100 موجة)
	تكنولوجيا تضخيم الضوء	-

(1) راجع الجدول 9 بشأن التعريفات HRI-0 و 1 و 2 و 3 في الوقت الفعلي..

2.3.3 الإذاعة الساتلية

فيما يتعلق بالإذاعة الساتلية عريضة النطاق، يمكن استعمال الترددات بين 21,4 و 22 GHz (600 MHz) التي خصصها المؤتمر الإداري العالمي للراديو المعني بتوزيعات الترددات في بعض الأجزاء من الطيف (ملغة – طورملينوس) (WARC-92). ويمكن، في هذه الحالة، ونظراً إلى عرض النطاق في صمام الموجة المرتحلة (TWT)، إلخ. أن تحقق مكررات للإذاعة الساتلية بعرض نطاق من 300 MHz تقريباً. غير أنه في الإذاعة الحالية وبالنسبة إلى جوانب توليد الطاقة الكهربائية وحجم الساتل، يجب تعويض التوهين والتوهين بسبب الامتصاص الجوي في نطاق الراديو 21 GHz من خلال تغيير قدرة الإشعاع وفقاً لكمية الهواطل في كل منطقة. ويجب تحقيق التطويرات التقنيات التالية من أجل هذا الهدف:

- صمام TWT ذات فعالية عالية، خفيف وعالي القدرة،
- هوائي فضائي ذو فتحة تركيبية،
- تكنولوجيا إنتاج طاقة كهربائية تركيبية،
- تكنولوجيا التحكم في قدرة الإشعاع.

3.3.3 تلفزيون بالكبل CATV

فيما يتعلق بالتلفزيون بالكبل CATV، وبالنسبة إلى الإرسال التماثلي الحالي، يتطلب إرسال إشارات HRI في الوقت الفعلي الإجراءات التالية:

- استعمال أنظمة متعددة القنوات،
- تحقيق إرسال بنوعية أفضل،
- سرعة أكبر ونطاقات أعرض،
- استعمال التكنولوجيا الرقمية والبصرية.

يعرض الجدول 3 مثالاً لتركيبة عرض النطاق وسوية التشكيل المقابلة لكل سوية من تراتب الإرسال HRI في الوقت الفعلي.

الجدول 3

عرض النطاق وسويات التشكيل في الإرسال HR1

تراتب الإرسال HRI في الوقت الفعلي [1] (بعد الانضغاط)	تركيبة لعرض النطاق وسويات التشكيل
HRI-0 (Mbit/s50)	QAM- 64/MHz 12
HRI-0 و 1 (Mbit/s 130-65)	QAM- 64/MHz 36-24 QAM- 256/MHz 18
HRI-2 و 3 (Mbit/s 500)	QAM- 256/MHz 100 (كبل بالليف البصري مطلوب)

[1] راجع الجدول 9 بشأن تعريف تراتب الإرسال في الوقت الفعلي..

4.3 تكنولوجيا التخزين

1.4.3 مسجلات الأشرطة الفيديوية (VTR)

يظهر تطور التكنولوجيا المستخلصة من المسجلات VTR للاستخدام المنزلي (VHS, mm 8) أنه يتوقع الحصول على سعة تخزين من 1,0 إلى bit/s 2,5 μm^2 في حوالي العام 2000. ويدل الجدول 4 على مساحات التسجيل المتيسرة لكل نمط من الحافظات المسوَّقة.

الجدول 4

مساحات التسجيل لأشرطة الحافظات

شريط	حافظة mm 8	حافظة VHS
أشرطة مسوقة (العرض والطول والثخن)	(8 mm و 106 m و 10 µm)	(12,7 mm و 246 m و 19 µm)
أشرطة تظهر في العام 2000 (العرض والطول والثخن)	(8 mm و 212 m و 5 µm)	(12,7 mm و 247 m و 10 µm)
مساحة التسجيل الفعلية في الشريط (90% من العرض المستعمل	$^{2}\mu m$ $^{12}10 \times 1,52$	$^{2}\mu m$ $^{12}10 \times 5,33$

يعتبر أن تسجيل الإشارات HRI في الوقت الفعلي يتطلب بالضرورة تطبيق شكل من أشكال خوارزميات الانضغاط على إشارات التسجيل الداخلة. ويعرض الجدول 5 سعة التسجيل المقدرة لكل نسق من المسجلات VTR المعنية.

يستخلص من الجدول 5 أن نسبة أعلى من 1/60 مطلوبة لتسجيل الإشارة HRI-3 في الوقت الفعلي.

إن الحسابات أدناه هي تقديرات مبنية على الفرضيات المستندة إلى اتجاهات التسجيل الحالية. ويجب أن تؤخذ في الاعتبار عناصر أخرى من أجل تحقيق مسجل لكل تراتب HRI في الواقع الفعلي.

الجدول 5

سعة التسجيل المقدرة للمسجلات VTR حتى العام 2000

التراتب HRI في الوقت الفعلي (1)	معدل بتات الإشارة الأصلية (Gbit/s)	نمط الحافظة	صورة متحركة (h)			صورة ثابتة (عدد الصفحات)
			نسبة الانضغاط			نسبة الانضغاط
			1/60	1/30	1/4	1/10
HRI-0	2.5	8 mm	8	4	0.5	3×10^5
2 million pixels		VHS	27	14	2	1×10^6
HRI-1	10	8 mm	2	1	0.1	7×10^4
8 million pixels		VHS	7	3	0.5	3×10^5
HRI-2	40	8 mm	0.5	0.2	0.03	2×10^4
19 million pixels		VHS	2	0.9	0.11	6×10^4
HRI-3	72	8 mm	0.3	0.1	0.02	1×10^4
33 million pixels		VHS	1.0	0.5	0.06	3×10^4

(1) راجع الجدول 9 بشأن تعريف التراتب في الوقت الفعلي.

– يقرأ هذا الجدول من اليسار إلى اليمين.

2.4.3 الأقراص

يبين تطور التكنولوجيات الحالية في ميدان صنع الأقراص، أنه يتوقع زيادة في سعة التسجيل للعام 2000 من 4 إلى 9 مرات السعة الحالية. ويدل الجدول 6 على سعة التسجيل المتيسرة في كل نمط من الأقراص المسوقة حالياً.

الجدول 6

سعة التسجيل المتوقع تحقيقها في العام 2000

وسيط التخزين	القد (mm)	سعة التسجيل (Mbyte)
MD	64	1 350-600
CD-ROM	120	6 120-2 720
LD	300	41 100-18 200

يعتبر أن تسجيل الإشارات HRI في الوقت الفعلي يتطلب بالضرورة تطبيق شكل من أشكال خوارزميات الانضغاط على إشارات التسجيل الداخلة. ويعرض الجدول 7 سعة التسجيل المقدرة لكل نسق من الأقراص المدروسة.

الجدول 7

سعة التسجيل المقدرة لأقراص الفيديو في العام 2000

التراتب HRI في الوقت الفعلي (1)	معدل بتات الإشارة الإصلية (Gbit/s)	وسيط تخزين	صورة متحركة (h)			صورة ثابتة (عدد الصفحات)
			نسبة الانضغاط			نسبة الانضغاط
			1/60	1/30	1/4	1/10
HRI-0 2 million pixels	2.5	MD CD-ROM LD	0.06 0.3 1.7	0.03 0.1 0.8	– 0.02 0.1	2×10^3 9×10^3 6×10^4
HRI-1 8 million pixels	10	MD CD-ROM LD	0.01 0.06 0.4	0.01 0.03 0.2	– – 0.03	5×10^2 2×10^3 2×10^4
HRI-2 19 million pixels	40	MD CD-ROM LD	– 0.02 0.1	– 0.01 0.05	– – 0.01	1×10^2 6×10^2 4×10^3
HRI-3 33 million pixels	72	MD CD-ROM LD	– 0.01 0.06	– – 0.03	– – –	7×10 3×10^2 2×10^3

– يقرأ هذا الجدول من اليسار إلى اليمين.

يستخلص من الجدول 7 أن سعة التسجيل سوف تزيد 9 مرات عن السوية الحالية مع تحسن التكنولوجيا. ويوضح الجدول أنه بالنسبة إلى الصور المتحركة، سوف تجعل نسبة انضغاط من 1/30 في HRI-1 وقت التسجيل قصيراً جداً. أما النسبة 1/60 فهي تحقق وقت تسجيل أقرب إلى وقت الأقراص LD التماثلية المسجلة حالياً.

5.3 تكنولوجيا تشفير الصور ومعالجتها

تفترض الصور فائقة الوضوح للإشارات HRI في الوقت الفعلي كميات هائلة من المعلومات. ومن الأساسي وضع خوارزمية ذات كفاءة أعلى وتقنية معالجة الإشارة أسرع في التشفير وفك الشفرة، وذلك للمحافظة على نوعية عالية للصورة مع تنقيص فعلي ومنخفض الكلفة لمعدل البتات حتى الوصول إلى النقطة المقابلة لخصائص الإرسال ولوسيط التخزين. وبناء على دراسات تكنولوجيا التشفير السابقة التي وضعها القطاع ITU-T والمنظمة الدولية للتقييس (ISO) واللجنة الكهرتقنية الدولية (IEC) ومنظمات التقييس الأخرى، تناقش في هذه الفقرة إمكانية بناء خوارزمية تشفير للإشارات HRI في الوقت الفعلي.

يشير الجدول 8 إلى مدى مساهمة كل من التكنولوجيات الوظيفية وكل من عناصر الخوارزميات المتيسرة حالياً، في نسبة تنقيص معدل البتات الكلي المحقق.

الجدول 8

فعالية الانضغاط في كل عنصر من الخوارزمية

الانضغاط في ميدان الترددات: تحويل يجيب التمام منفصل	10-5
الانضغاط في الميدان الزمني: تعويض الحركة	3-2
الانضغاط لخصائص المعطيات الإحصائية: تشفير طول متغير	1.5-1.3
متوسط نسبة الانضغاط	30-15

يشير الجدول 9 إلى نسبة الانضغاط المطلوبة لإرسال كل صورة من الصور HRI في الوقت الفعلي.

الجدول 9

نسبة الانضغاط المطلوبة للإرسال

تراتب الصور	H. 26X/ MPEG-2	في الوقت الفعلي HRI-0	في الوقت الفعلي HRI-1	في الوقت الفعلي HRI-2	في الوقت الفعلي HRI-3
عدد البكسيل الفعالة	483 × 720	1 080 × 1 920	2 160 × 3 840	3 240 × 5 760	4 320 × 7 680
نسبة تردد الاعتيان	4:2:2	4:2:2	4:2:2	4:4:4	4:4:4
التدرج (النصوع وفرق اللون (bit)	8	10	10	12	12
معدل الرتل في الثانية	30	60	60	60	60
معدل بتات الإشارة المصدر (Gbit/s)	0.216	2.5	10	40	72
سرعة الإرسال (Mbit/s)	10-5	80-60	150-100	600-150	600-150
نسبة الانضغاط	40-20	40-30	100-70	270-70	480-120

أن القيمة الهامشية لنسبة الانضغاط التي سوف يلاحظ المشاهدون نادراً عندها انحطاط نوعية الصورة بعد التوزيع الثانوي، تساوي 15 إلى 30 كما كان مشاراً إليه في الجدول 9. ويكون التنقيص الإضافي لمعدلات البتات ممكناً بواسطة الخصائص HVS (حساسية الرؤية البشرية) أو الترشيح. ومن ثم يعتبر أن انضغاطاً بنسبة 1/25 إلى 1/50 يمكن أن يحقق نوعية توزيع ثانوية. إلا أن نسبة انضغاط من 1/6 تقريباً قد تكون النسبة الحدودية فيما يتعلق بنوعية الصورة عند سوية المساهمة.

أما في حالة أعلى سوية التراتب، فيجب أن تحقق نسبة انضغاط من 300 إلى 500. وتتطلب هذه السوية من الانضغاط تطورات تقنية مهمة. ويشكل التشفير المبني على معرفة الصورة والذي لا يزال في مرحلة البحث أحد الحلول الممكنة.

يلخص الجدول 10 التيسر الزمني للأجهزة الرئيسية المطلوبة لمعالجة الإشارات HRI في الوقت الفعلي.

تقابل العناصر في صفي المشفر/ومفكك الشفرة من الجدول 10 التنفيذ برقاقة واحدة. ويمكن أيضاً وضع عتاد متعدد الرقاقات مبني على مخططات معالجة متوازية. فتجعل هذه المقاربة تنفيذ العتاد أسهل بكثير.

الجدول 10

الأجهزة ذات الأهمية وتيسرها لمعالجة الإشارات HIR في الوقت الفعلي

البنود الخاضعة للدراسة	في الوقت الفعلي HRI-0	في الوقت الفعلي HRI-1	في الوقت الفعلي HRI-2	في الوقت الفعلي HRI-3
محوال رقمي تماثلي A/D	إنتاج بالجملة ممكن حوالي1994 و 1995	قد يكون ممكناً تحقيق متوقع لحوالي 1997	صعب في الوضع الحالي للتكنولوجيا ابتكار تكنولوجي	ابتكار تكنولوجي مطلوب
محوال رقمي تماثلي D/A	إنتاج بالجملة ممكن	سوية مشاكل الإنتاج التجريبي لا توجد مشاكل	قد يكون ممكناً تحقيق متوقع لحوالي 1997	قد يكون ممكناً تحقيق متوقع لحوالي العام 2000
أقصى تردد اعتيان مطلوب	150 Hz تقريباً	150 Hz تقريباً	1,2 Hz تقريباً	2,0 GHz تقريباً
سعة ذاكرة الرتل (لكل رتل)	إنتاج بالجملة ممكن لا توجد مشاكل 40 Mbit/s	سوية الإنتاج التجريبي لا توجد مشاكل 165 bit	قد يكون ممكناً تحقيق متوقع لحوالي العام 2000 670 Mbit	قد يكون ممكناً تحقيق متوقع لحوالي العام 2000 1,2 Gbit/s
المعالجة LSI والتكامل	ممكن 0,5 µm	قد يكون ممكناً 0,35 µm في مرحلة الإنتاج التجريبي	قد يكون ممكناً 0,25 µm تحقيق متوقع لحوالي العام 2000	قد يكون ممكناً 0,15 µm تحقيق متوقع لحوالي العام 2003
منطق المشفر LSI (رقاقة واحدة) DSP (رقاقة واحدة)	6 ملايين ترانزستور ممكن قد يكون ممكناً (رقاقة VLSI كهدف خاص)	12 مليون ترانزستور ممكن (معمارية جديدة مطلوبة) شبه مستحيل ابتكار تكنولوجي مطلوب	30 مليون ترانزستور شبه مستحيل ابتكار تكنولوجي مطلووب ابتكار تكنولوجي مطلوب	100 مليون ترانزستور ابتكار تكنولوجي مطلوب ابتكار تكنولوجي مطلوب
منطق مفكك الشفرة LSI (رقاقة واحدة) DSP (رقاقة واحدة)	مليونا ترانزستور ممكن قد يكون ممكنا (رقاقة VLSI كهدف خاص)	5 ملايين ترانزستور قد يكون ممكناً قد يكون ممكناً (رقاقة VLSI (كهدف خاص)	12 مليون ترانزستور قد يكون ممكناً (معمارية جديدة مطلوبة) شبه مستحيل ابتكار تكنولوجي مطلوب	30 مليون ترانزستور شبه مستحيل ابتكار تكنولجي مطلوب ابتكار تكنولوجي مطلوب

LSI : دارة دمج واسع النطاق

DSP : معالج إشارات رقمية

4 المعلمات

الجدول 11

مجموعة من المعلمات لتكوين الصور ذات استبانة عالية جداً

المعلمات	القيم
نسق الشاشة	4:3 و/أو 16:9 هما النسقان الأساسيان لكن من الممكن تبني قيم أخرى مع مراعاة الأهداف المختلفة
الاستبانة الفضائية	نظراً إلى الملاءمة الحاسوبية، تفضل استبانة من 1920 × 1080 و/أو مضاعفاتها الصحيحة على شاشات 16:9 من أجل تحقيق بكسيل مربعة
الاستبانة الزمنية	فيما يتعلق بنظام المسح، يجب تبني نظام مسح تدريجي لأن هذا النظام يبين سمات وأرقام تتضمن خطوطاً جانبية. ويسهل أيضاً تشفيرالصور أو معالجتها بالنسبة إلى أنظمة المسح التشابكي. تجدر الإشارة إلى أن استبانة فضائية أعلى تتطلب عموماً استبانة زمنية أعلى.ويكون النظام الذي يتبنى معدل 60 رتلاً/في الثانية تقريباً ونظام المسح التشابكي مناسباً لفترة.
التدرج	8 بتات للصور المتحركة و 10 بتات للصور الثابتة. وقد يتوجب استعمال تدرج 12 بتة من أجل معالجات الإشارات المعقدة مثل تركيب الصور والتحرير الفيديوي، واستخدامات ثانوية
قياس التلون	يبدو أن قياس التلون الموضح في التوصية ITU-R BT.709 يبقى مناسباً لفترة، لكنه قد يتوجب استعمال طريقة جديدة يمكن أن تحقق مدى أوسع من استنساخ الألوان.