

ITU-R BT.1687-1 建议书

适合于供剧场环境内显像的大屏幕数字映像应用的实时分送*的图像比特率缩减

(ITU-R 15-1/6 号研究课题)

(2004-2006)

范围

本建议书包含适合于供剧场环境内显像的大屏幕数字映像应用的实时分送的图像比特率缩减，并包括在 LSDI 应用中使用的 MPEG-2 和 MPEG-4/AVC 压缩信号的比特率实例。基带 LSDI 数字映像系统在 ITU-R BT.1680 建议书中定义。

国际电联无线电通信全会，

考虑到

- a) 希望大屏幕数字映像 (LSDI) 节目分送和显像应保留创造性的内容和在分送母片上可获得的图像质量¹，只要所设想的节目显像条件允许；
- b) ITU-R BT.1680 建议书建议数字映像系统满足在剧场环境内显像的 LSDI 应用的要求，并应被用于这些应用的分送；
- c) 在 LSDI 应用的分送中，为了保存比特率并由此减少传输时间和成本，但反过来不会影响观看者能察觉的节目质量，必需应用比特率缩减来对信号进行编程；
- d) 人类视觉系统对亮度比对色彩有高得多的分辨率；
- e) 对于实际上提供具有不同压缩算法和不同显像系统²的透明图像压缩³所需的比特率，ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 已经进行和编制了广泛的研究；

* 国际电联定义“分送”如下：当不期待进一步后期制作处理时传送电视节目。

¹ 术语“分送母片”在这里用于表示从原始制作完毕的母片在其已经适于（在内容和质量上）分送媒体后得到的节目母片。

² 见实例文件 ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 – MPEG2003/N6231, 2003 年 12 月, Waikoloa — 关于 AVC 的正式验证测试报告 (ISO/IEC 14496-10 — ITU-T H.264 建议书)。

³ 国际电联定义“透明比特率缩减”为“不影响声音和图片序列的主观质量的 BRR 处理”。

- f) 这些测试已经证实使用 20 Mbit/s 优化编码器⁴的 MPEG-2 MP@HL 编码, 实际上对于 ITU-R BT.1680 建议书所指示的映像系统中的源质量是透明的, 系统的图像速率为 25 或 30 Hz, 渐进的或交织的;
- g) MPEG-2 图像压缩如今可广泛获得和使用, 它遵循国际电联的专利政策;
- h) 最近刚从 MPEG-2 和所谓的 MPEG-4/AVC (ITU-T H.264 建议书) 中得出一种新的图像压缩系统, 即使在其编解码器的最初实施中, 它都提供了大约 MPEG-2 的 2 倍的压缩效率;
- j) 最近开发出了最初 MPEG-4/AVC 源编码系统的一些扩展, 它们被称为保真度范围扩展 (FRExt), 可以提供更高的编码效率, 支持 50 和 60 帧 /s 的 1080/1920p 映像系统的编码;
- k) 从传送 LSDI 节目所需的更低的净比特率来看, MPEG-4/AVC 源编码器的使用证明它对于 LSDI 应用是一种有吸引力的选择, 尽管 MPEG-4/AVC 编解码器更复杂, 因此可以预计它们的价格稍微偏高;
- l) MPEG-4/AVC 在选择映像编码参数 (如 4:4:4 取样, 10 或 12 比特/取样和超过 72 Hz 的帧速率) 方面提供了高灵活性;
- m) 目前有几个国家正实施在剧场环境内显示 LSDI 节目的业务或计划在不久的将来实施这样的业务,

建议

- 1 LSDI 应用旨在在剧场环境内显像的最早实施应使用在 LSDI 分送链的输入和输出接口遵循 ITU-R BT.1680 建议书的数字基带图像信号;
- 2 从人类视觉系统对亮度比对色彩具有更高的分辨率这一观点来看, 4:2:0 图像编码或更适宜的 4:2:2 图像编码应被用于这些剧场显像的 LSDI 节目的分送;
- 3 由于 LSDI 节目信号在其分送后通常不会经受进一步的创造性图像后期处理, 所以对于 LSDI 节目在其剧场显像的分布中最好使用帧间比特率缩减, 因为它提供比帧内编码更高的压缩率, 已经认识到, 当要求本地节目插入 (EDI 或播放列表) 时, 帧间编码更好, 在此情况下, 最小的图像比特率值可以更高;
- 4 由于在分布信道中使用的比特率缩减实际上对于在设想的显像条件下的分送母片的质量是透明的, 对于 LSDI 节目在其剧场显像中的实时分送, 采用 MP@HL (HiQ) 和 20 Mbit/s 状态下的最小图像净比特率的 MPEG-2 帧间比特率缩减方法应在短期内考虑。(4:2:2 @ HL 编码的使用将要求稍微高些的比特率);

⁴ 术语“优化的编码器”在这里用于表示在硬件和综合高级解决方法中执行的 MPEG-2 兼容的编码器, 其优化与 MPEG-2 TM5 “参考模型”编码器相关, 这一编码器在软件中执行, 被 ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 11 作为执行基准采用。

5 MPEG-4/AVC 比特率缩减方法的使用也应被认为是有价值的替代，特别是当期望使用低得多的净比特率来传送 LSDI 节目时，使用稍微更复杂的编解码是可接受的；

注 1 — ITU-T H.264 建议书的电子版本可从下列地址获得：<http://www.itu.int/md/R03-SG06-C-0211/en>。

6 应及时地分析使用可能在将来出现的更复杂的压缩编解码的可能性，当它们将遵循国际电联专利政策并彻底地进行测试、广泛可获得和更适宜与 MPEG-2 和 MPEG-4/AVC 编解码交互操作时。

附录 1

(资料性)

在使用 MPEG-4/AVC (ITU-T H.264 建议书) 的 ITU-R BT.709 建议书中的 显像系统 LSDI 族的源编码不同成员的参数和最小工具实例

本附录推荐了 MPEG-4/AVC 源编码方法 (ITU-T H.264 建议书) 的参数和最小工具实例，该方法将被用于压缩 ITU-R BT.709-5 建议书 (第 2 部分) 中规定的映像系统的 LSDI 族的不同成员。它也提供当如此编码时这些信号的实际透明传输所需的比特率的指示。

| ITU-R BT.709 建议书系列成员 | MPEG-4/AVC 参数和最小工具 | 实际透明传输的比特率 |
|------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| 1 920 × 1 080 × 24/25p | 等级 4 | 9-11 Mbit/s — 贡献质量 |
| | 编码工具 | 高 10 7-10 Mbit/s — 分送质量 |
| | 主类工具 | X |
| | 4:2:0 色度格式 | X |
| | 8 比特取样比特深度 | X |
| | 8 × 8 对 4 × 4 转换自适应 | X |
| | 量化定标矩阵 | X |
| | Cb 和 Cr QP 分别控制 | X |
| | 单色图像格式 | X |
| | 9 和 10 比特取样比特深度 | X |
| | 4:2:2 色度格式 | |
| | 11 和 12 比特取样比特深度 | |
| | 4:4:4 色度格式 | |
| | 残余彩色转换 | |
| | 预测无损编码 | |

| ITU-R BT.709 建议书系列成员 | MPEG-4/AVC 参数和最小工具 | 实际透明传输的比特率 |
|------------------------|--|---|
| 1 920 × 1 080 × 60/50i | <p style="text-align: center;">等级 4</p> <p>编码工具 高 4: 2: 2</p> <p>主类工具 X</p> <p>4:2:0 色度格式 X</p> <p>8 比特取样比特深度 X</p> <p>8 × 8 对 4 × 4 转换自适应 X</p> <p>量化定标矩阵 X</p> <p>Cb 和 Cr QP 分别控制 X</p> <p>单色图像格式 X</p> <p>9 和 10 比特取样比特深度 X</p> <p>4:2:2 色度格式</p> <p>11 和 12 比特取样比特深度</p> <p>4:4:4 色度格式</p> <p>残余彩色转换</p> <p>预测无损编码</p> | <p>10-15 Mbit/s — 贡献质量</p> <p>8-12 Mbit/s — 分送质量</p> |
| 1 920 × 1 080 × 60/50p | <p style="text-align: center;">等级 4.2</p> <p>编码工具 高 4: 2: 2</p> <p>主类工具 X</p> <p>4:2:0 色度格式 X</p> <p>8 比特取样比特深度 X</p> <p>8 × 8 对 4 × 4 转换自适应 X</p> <p>量化定标矩阵 X</p> <p>Cb 和 Cr QP 分别控制 X</p> <p>单色图像格式 X</p> <p>9 和 10 比特取样比特深度 X</p> <p>4:2:2 色度格式</p> <p>11 和 12 比特取样比特深度</p> <p>4:4:4 色度格式</p> <p>残余彩色转换</p> <p>预测无损编码</p> | <p>18-20 Mbit/s — 发射格式</p> <p>注 — 10 比特/取样的使用可能不会增加 8 比特所需的取样上的比特率。</p> |

| ITU-R BT.709 建议书系列成员 | MPEG-4/AVC 参数和最小工具 | 实际透明传输的比特率 | |
|------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------|
| 1 920 × 1 080 × 24/25p | 等级 4 | 8-10 Mbit/s — 发射 高质量“电影”模式 | |
| | 编码工具 | | 高 4: 2: 2 |
| | 主类工具 | | X |
| | 4:2:0 色度格式 | | X |
| | 8 比特取样比特深度 | | X |
| | 8 × 8 对 4 × 4 转换自适应 | | X |
| | 量化定标矩阵 | | X |
| | Cb 和 Cr QP 分别控制 | | X |
| | 单色图像格式 | | X |
| | 9 和 10 比特取样比特深度 | | X |
| | 4:2:2 色度格式 | | |
| | 11 和 12 比特取样比特深度 | | |
| | 4:4:4 色度格式 | | |
| | 残余彩色转换 | | |
| 预测无损编码 | | | |

附 文 1

关于 MPEG-4/AVC 源编码方法的信息

[作者为 Sullivan 等人, 2004 年]

ITU-T H.264 建议书/MPEG-4 (第 10 部分) 高级图像编码 (通常指的是 H.264/AVC) 是国际图像编码标准系列中的最新条目。它是当前最具效力和最先进的标准, 由联合图像组 (JVT) 开发, JVT 由来自 ITU-T 的图像编码专家组 (VCEG) 和来自 ISO/IEC 的运动图像专家组 (MPEG) 的专家组成。

由于它已经是具有过去标准的情况, 它的设计在 VLSI 设计技术 (CPU 的、DSP 的、ASIC 的、FPGA 的, 等等) 的当前状态上提供了在编码效率、实施复杂性和基于成本之间的最新平衡。

在这一过程中, 创建了一个标准, 它用一个在 MPEG-2 上至少接近 2 (在平均上) 的因子提高编码效率, 而将成本保持在可接受的范围内。

2004 年 7 月, 一项新的修正被加入到该标准中, 它被称为保真度范围扩展 (FRExt, 修正案 1), 它示出比 MPEG-2 高得多的编码效率, 对于几个关键的应用潜在地可能达到 3:1。

当具有广泛范围的应用时, 初始 H.264/AVC 标准 (它在 2003 年 5 月完成) 主要关注基于 8 比特/取样和 4:2:0 色度取样的“娱乐质量”图像。考虑到其时间限制, 它不包括在大多数要求的专门环境内对使用的支持, 其设计也并不关注高的图像分辨率。对于如节目供稿、节目程序分送和演播编辑以及后期制作一类的应用, 它必需:

- 使用高于 8 比特每取样的源图像精度。
- 使用比消费者应用中通常的分辨率更高的彩色显示分辨率（即使用 4:2:2 或 4:4:4 取样而不是采用 4:2:0 色度取样格式）。
- 执行源编辑功能，例如 alpha 混和（混合多个图像场景的过程，在使用中最著名的是天气报告，它用于在地图或天气雷达布景上显示新闻广播评论员的关键图像）。
- 使用甚高比特率。
- 使用甚高分辨率。
- 达到甚高保真度 — 甚至是无损地显示图像的某些部分。
- 避免彩色空间转换舍入误差。
- 使用 RGB 彩色显示。

FRExt 方案产生了一组 4 个新类，它们被统称为高类：

- 高类（HP），支持 4:2:0 取样的 8 比特图像，选择高端消费者使用和使用高分辨率图像的其他应用，而无需使用扩展的色度格式或扩展的取样精度。
- 高 10 类（Hi10P），支持 4:2:0 图像，每取样的显示精度最高为 10 比特。
- 高 4:2:2 类（H422P），支持最高 4:2:2 色度取样和每取样最大 10 比特。
- 高 4:4:4 类（H444P），支持最高 4:4:4 色度取样和每取样最大 12 比特，对于编码 RGB 图像时又支持有效的无损编码和整数残余彩色转换而避免彩色空间转换误差。

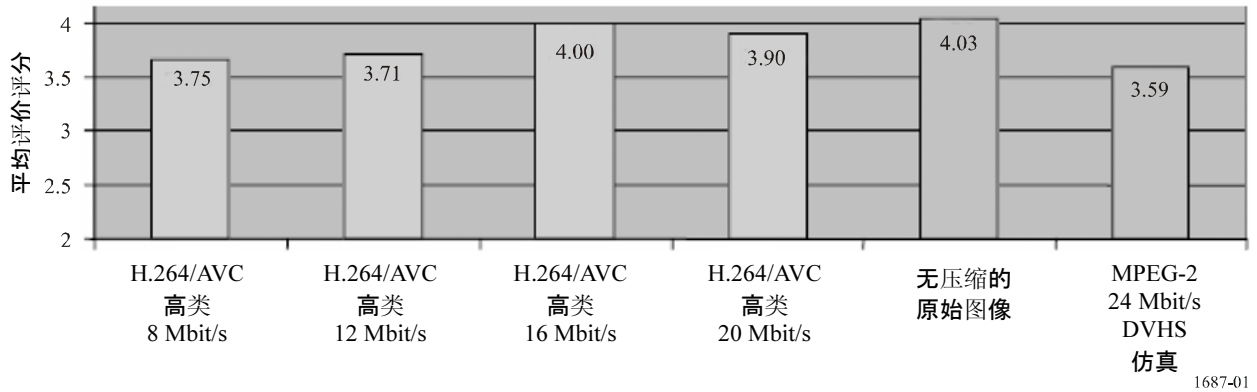
由于 FRExt 还是相当新的标准，FRExt 带来的一些益处是主观的而不是客观的，测试其能力还是有一些困难。一个有关的数据点是由 Blu-ray 协会（BDA）做出的主观质量评估结果。结果概况在测试报告（Wedi 和 Kashiwagi，2004 年）中再现，如以下图 1 所示。这一测试，在具有 $1\,920 \times 1\,080$ 连续扫描的 24 帧/秒电影节目中进行，示出下列标称结果（它不应被认为是统计上严格验证过的）：

- 当仅使用许多比特的 1/3（8 Mbit/s 对 24 Mbit/s）时，FRExt 的高类名义上生成比 MPEG-2 更好的图像质量。
- 在仅 16 Mbit/s 上，FRExt 的高类名义上生成透明的（即难以与原始无压缩图像区分开的）图像质量。

在这一机制中被认为足以在高定义分组媒质上使用的质量条（3.0），是使用仅 8 Mbit/s 的极其重要的超越。而且再一次地，在这些测试中使用的 H.264/AVC 编码方法中有次优化。因此，比特率可能被极大地缩减为低于 8 Mbit/s 而保持在 3.0 质量条之上，确定质量足够在那一要求的应用中被称为“可接受的 HD”。

图 1

MPEG-2 与 H.264 的比较

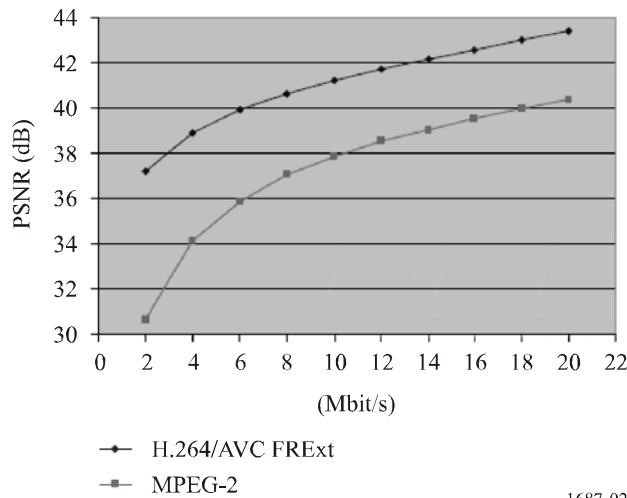


1687-01

FastVDO3 执行的客观比较测试实例的结果 (PSNR) 在图 2 中示出。这些客观结果证实了高类的高度可执行性。(再一次地, B 帧的次优化使得 FRExt 的标定性能保持不变。)

图 2

PSNR 比较



1687-02

³ FastVDO 是一个在媒质通信和基础设施软件方面有专长的公司。它位于美国的哥伦比亚特区。

参考文献

SULLIVAN, G.J., TOPIWALA, P. and LUTHRA, A. [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. [2004] Subjective quality evaluation of H.264/AVC FRExt for HD movie content. Joint Video Team document JVT-L033.
