

视频数字编码的标准*

杨新 邹捷 施鹏飞

(上海交通大学图象处理和模式识别研究所, 上海 200030)

摘要 由于大规模集成电路技术和计算机技术,尤其是多媒体和网络技术的发展,视频数字编码已从纯学术研究发展到具有广泛应用并受到各国高度重视的技术。为了跟上技术飞跃发展的需要,目前制定视频数字编码标准的效率和速度都明显提高。制定标准不再是各国少数代表在小圈子里讨论的事情,它已成为全球的研究和开发协作。视频数字编码标准是否被广泛采用的一个重要因素是,应妥善权衡理论上的可能性和技术上的可行性。一些新的视频数字编码标准都具有遗传性,并强调尽可能广泛的适用性。

关键词 数字视频编码,标准

1 引言

近20年来,视频数字编码已从纯学术研究发展到具有广泛用途的热门技术。从80年代开始,CCITT、CCIR和ISO都提出了有关标准。其中比较重要的有:CCITT的H.120和H.261建议,CCIR的721、723建议,ISO10918(JPEG)和ISO11172(MPEG-1)、ISO13818(MPEG-2)以及ISO正在制定中的MPEG-4。制定这些标准的重要意义,不仅在于能利用大规模集成电路技术大批量生产便宜的通用芯片,更重要的是,他有力地推动了国际间视频数字图象通过存储介质(例如:CD-ROM)交流以及通过数字通讯网络(例如:ISDN)传送技术的发展。

必须指出的是,制定国际标准需要各地区和各国之间的合作。而这些地区和国家之间现有的通讯设施不同,采用的技术方法不同,甚至政治和经济利益也不同。制定国际标准的一个重要目的是促进图象和视频编码技术的发展,因此必须考虑到现有的技术水平。国际标准并不一定是采用最新的科研成果。而是要权衡三个重要因素:该标准是否能支持尽可能多的应用;该标准是否容易实现,基于该标准产品的性能价格比如何;对于视频数字编码而言,还要看能够达到的压缩效率如何。当然最终的目标,是实

现应用统一标准的编解码器间的互通性。

国际标准制定一般需要经过下列阶段:

提出要求→方案竞争→选择基本方法→协作开发→制定国际标准草案→广泛验证→制定正式国际标准

有关数字视频技术的进展及其在商业上的应用,候自强先生已在本刊上作了详细介绍^[1]。本文不再赘述,这里主要对数字视频编码标准的发展概况及其在数字视频通讯中的作用进行讨论。

2 数字编码的标准

2.1 CCITT H.120和H.261建议

早在1984年,CCITT的一个研究组织(SG XV)经过4年的工作提出了视频编码的第一个标准,即H.120建议。其适用对象是数码率为2.048或1.544Mb/s的625线50帧/s或525线60帧/s的电视会议。该标准由三部分组成:第一部分适用于使用制式为625线50帧/s数码率为2.048Mb/s国家的区域性电视会议;第二部分适用于使用制式为625线50帧/s数码率为2.048Mb/s或525线60帧/s数码率为1.544Mb/s国际性电视会议;第三部分适用于使用制式为525线60帧/s数码率为

* 本文得到国家教委留学回国人员科研启动资金资助“教外司留[1996]644号”。

收稿日期:1997-01-01;收到修改稿日期:1997-04-02

1. 544Mb/s国家的区域性电视会议。遗憾的是虽然该标准的第一和第三部分都采用了帧间的DPCM压缩方法,但是两个算法实际上并不一样。这可能是导致该标准日后没有被国际广泛采用的重要原因。

此后,由于图象压缩研究和大规模集成电路制造技术的发展,传送速率较低的视频编码技术有了实现的可能。因此在1989年,XV又发布了适用于数码率小于或等于2Mb/s($p \times 64\text{kb/s}$, $p=1, \dots, 30$)的可视电话和电视会议的标准草案H. 261建议。该标准采用了离散余弦变换(DCT),帧间DPCM和运动补偿等混合编码技术。这个标准草案对以后其他组织发布的同类标准产生了重要的影响。

2.2 ITU-T H. 320和H. 324系列建议^[2]

ITU-T H. 320和H. 324包含了用于多媒体远程会议(Multimedia teleconference)的核心技术。

H. 320系列标准用于在ISDN上多点和点对点的可视电话会议系统中,它定义了可视电话的有关视频、音频和图象通信的基本概念,规定了处理音频和视频信号的方法,提供了音频和视频信号输入输出的标准格式,并且提供了使多媒体终端能够建立通信连接,并同步视频和音频信号的一些协议。

H. 320系列标准主要包括H. 320、H. 221、H. 230、等几个组成部分。

H. 324系列标准提供了使用高速调制解调器(V. 34)连接一根模拟电话线进行视频信号、语音和数据共享的一般规则。基于H. 324系列建议的可视电话会议系统能够完成多媒体功能。由于H. 324系列标准是针对全球最广泛分布的模拟电话线提出的建议,这必将使基于H. 324系列建议的产品获得广泛的流行。

H. 324系列建议主要包括H. 324、H. 223、H. 245、H. 263、G. 723等几个组成部分。

2.3 IWP CMTT/2 721和723建议

与此同时,CCIR、CMTT和ISO也在制定同类标准。CCIR中的SG11负责制定视频图象编码标准,CMTT负责电视信号的传输标准。为了协调工作,这些组织建立了IWP并推出了IWP CMTT/2标准721和723建议。

1990年发表的CCIR标准721建议规定了CCIR601建议中速率为140Mb/s的电视信号的编码方法。该标准采用了非常简单的帧内DPCM法,

所得到的画面可以用于节目的后期制作。

而在1989年CCIR发表的标准723建议规定了CCIR601建议中速率为30~40Mb/s的电视信号的压缩方法。该标准采用了类似H. 261中的混合DCT/DPCM算法,但在更高的传输速率时进行了优化。值得指出的是,CCIR723已用于速率不超过140Mb/s.采用4~6个并行电视编码器的高分辨率电视(HDTV)中。

2.4 ISO10918(JPEG)标准^[3]

ISO的第二分组(SC2)中的第八工作组(WG8)在1982年开始进行这方面的工作。最初仅限于静止图象的压缩。1986年,ISO/SC2/WG8和CCITTSGV VIII合并,组成了著名的JPEG(Joint Photographic Experts Group)。在1991年公布了ISO10918国际标准草案。并在一年以后成为国际标准(IS)。JPEG标准定义了两种压缩算法:基于DCT的有失真压缩算法;基于空间线性预测技术(DPCM)的无失真压缩算法。其中,基于DCT的编码算法包括两种不同层次的系统:基本系统(Baseline System)和增强系统(Extended System);并且定义了两种不同类型的工作方式,顺序(Sequential)方式和累进(Progressive)方式。基本系统采用顺序工作方式,编码过程中只采用哈夫曼编码,解码器只能存储两套哈夫曼码表;增强系统是基本系统的扩展和增强,它采用累进工作方式,编码过程可采用有自适应能力的算术编码。

2.5 ISO11172(MPEG-1)标准和ISO13818(MPEG-2)标准^[4]

“活动图象编码专家组”(Moving Picture Coding Experts Group,简称MPEG)是在ISO/IEC/JTC1的框架下于1988年建立的,其目的是制定活动图象、相伴随的声音及其组合在数字存储媒体上用于存储及重放时的编码表示标准。后来,(1991年4月)它成为JTC1/SC2的第11工作组(WG11)而在1991年11月它又成为JTC1/SC29的WG11。该专家组原来的工作项目在开始时是3个:在1.5、10及40Mb/s传输速率下对图象编码,并分别命名为MPEG-1、MPEG-2、MPEG-3。制定MPEG-3的工作在1992年7月取消,因为MPEG-2能支持MPEG-3的所有功能。

1991年ISO11172(MPEG-1)草案公布,到1992年形成正式国际标准。MPEG-1是具有遗传性

的(虽然最初的目的仅限于视频信号在数字存储介质上存放的标准)。所谓遗传性就是该标准不只限于某个特定的应用。MPEG-1 由很多工具构成,由用户根据他的需要确定用哪些工具。实际上 MPEG-1 只规定编码的方案,重点将解码算法标准化。MPEG-1 规定了一个类似 H. 261 和 CCIR723 的混合 DCT/DPCM 和运动补偿的编码方案,并改进了预测和递增过程以满足数字存储介质的随机存取要求。

MPEG-2 的研究始于 1990 年。最初仅限于制定 CCIR601 建议中 10Mb/s 传输速率的压缩标准。到了 1992 年,MPEG-2 的适用范围扩大到 HDTV,这样就把计划中的 MPEG-3 挤掉了。MPEG-2 也具有遗传性。并有进一步的改进,而且特别考虑了隔行扫描源问题。MPEG-2 采用了一种工具式(toolkit)标准,并相应地定义了整个语法的一族谐和的子集,称为档次(profile);其特点是根据需要从工具中选出一个子集以满足某指定应用的需要。档次的概念已由 ISO/IEC/JTC1 定义为一个或几个基本标准的集合,而在应用时可以从这些基本标准中识别出所选取的为完成某些特殊功能所必须的类型、子集、选择项和参数,每个档次通常有几个等级(level),一个等级 N 的解码器能够对最高为该等级(包括该等级)的数码流进行解码。因此,简单来说 MPEG-2 实际有不同的等级,以适用于不同的应用场合。

2.6 MPEG-4 标准

当前的 MPEG-4 工作项目是 1991 年 5 月首次提出,并于 1993 年 7 月确认的,其目标是甚低数码率(very low bitrate)的音频/视频编码,主要适用于 PSTN 上的视频通信或移动通信网络。

MPEG-4 是一个正在形成中的编码标准,其目的是寻求支持数字音频/视频数据通信、存取和管理的新途径。它的显著特点是基于内容的(content based)编码,并将引入新的重要的多媒体功能。MPEG-4 计划在 1998 年形成最后的国际标准,新增的功能试图提供高度的交互性、互操作性和灵活性。

由于认识到低价格高性能的技术以及迅速扩展的多媒体数据库所带来的机遇,MPEG-4 将提供一个灵活的框架和一个开放的工具集,以支持各种各样新颖的和高效的功能^[5,6]。MPEG-4 计划中的极重要的功能如下:

2.6.1 基于内容的交互性

(1) 基于内容的多媒体数据访问工具

通过使用各种访问工具,MPEG-4 将提供基于音频/视频内容的数据访问,例如:索引、超连接(hyper-linking)、查询、浏览、上载、下载和删除。

(2) 基于内容的处理和比特流编辑

MPEG-4 将提供“MPEG-4 句法描述语言(MS-DL)”和编码模式,以支持基于内容的处理和比特流编辑,且不需要转换代码。MSDL 的高度灵活性将为今后的使用提供足够的扩展。

(3) 混合自然和人工数据编码

MPEG-4 支持一种有效的方法,用于人工画面或对象和自然画面或对象的组合(如文本和图形的覆盖),并且具有对自然和人工音频和视频数据进行编码和处理的能力,MPEG-4 还支持解码器可控制的方法,该方法可将人工数据和原始音频和视频组合在一起,且便于交互。

(4) 改进的时间随机访问

MPEG-4 将提供一种有效的方法,可以在有限的时间内,且以较高的分辨率,随机访问视听序列的部分内容(如某一帧或特定对象)。这里包括甚低比特率的常规随机访问。

2.6.2 压缩率

(1) 改进的编码效率

与现行的或其它正在制定的标准相比,MPEG-4 将提供较好的音像质量

(2) 多重并行数据流的编码

MPEG-4 将具有对视频/音频进行有效编码的能力,在产生的基本码流之间提供足够的同步信息。对于立体视频应用,MPEG-4 还充分利用同一景物的多视角和多声道中的相关性,容许采用联合编码方案,既能与普通音频和视频兼容,又能适用于一些特殊的场合。

2.6.3 通用访问

(1) 易差错环境中的稳定性

MPEG-4 将具备一定容错能力,以便应用于各种网络和存储媒体访问。

(2) 基于内容的可分级性

MPEG-4 将提供基于内容的分辨率(如空间分辨率、时间分辨率)和复杂性方面可分级的能力。在 MPEG-4 中,这些可分级性是专门针对各种音像内容的不同标准而设的。

1995 年底发出了征集 MPEG-4 相应的编码方案,并计划进行竞争性测试。提出的编码方案必须对不同视频信号源在有效性、抗扰能力和灵活性等方面进行评估。目前已提出了很多算法。不少算法都

是基于所谓的“第二代编码技术”,例如,面向对象的编码方案、基于模型的编码技术和基于分形和小波变换的编码技术^[7]。目前 H. 261、MPEG-1 和 MPEG-2 标准中成功应用的混合 DCT/DPCM 编码方案不再是唯一的方式,甚至其中部分有可能被取代。

3 视频编码标准的新趋势

目前,制定视频图象编码标准的效率和速度都明显提高。这是因为标准化的过程必须跟上技术飞跃发展的需要^[8]。否则,有些标准还没有通过就已经过时了。国际图象编码标准的制定,从过去由某个委员会垄断的决策过程变为今天的受市场推动的各行各业的大协作行动。参加者有工厂设计人员,通信技术人员,网络管理人员,卫星控制人员,广播电视专业人员以及科研院所的研究人员等等。其结果,制定标准不再是各国少数代表在小圈子里讨论的事情,而已成为全球的研究和开发协作。

在信息行业中,世界各国对标准化问题都非常重视。标准化的基本概念也在变化。早期的标准,如: H. 120 和 CCIR721 只适用于某一种用途。而近来的 JPEG, MPEG-1 和 MPEG-2 都有遗传性,有相当广泛的适用范围。

远程通讯行业中,国际标准是至关重要的,如果没有国际标准,不同厂商生产的产品就没有办法相互通讯。在其它领域,例如:在民用电子产品和广播电视业中,人们总认为国际标准似乎不重要。这是错误的。由于标准化,大规模集成电路芯片大量生产的视频编码技术产品和相应的通讯设备将形成了一个市场。这样就能达到经济的规模效应。消费者不但能从市场上购买种类繁多,价格便宜,相互通用的电子产品,还能方便地获取大量的图象和视频资料。视频通讯技术在消费市场上也将会更吸引人并且能不断推陈出新,其结果造成对视频器材不断增长的需要。

应该指出的是,制定的标准是否被广泛采用的一个重要因素是,必须妥善地权衡理论上的可能性和技术上的可行性。这在图象和视频编码中尤其重要。因为目前有很多创新的编码算法,但不少算法按当前水平设计成的大规模集成电路芯片可能太复杂,成本过高,没有实用价值。

4 结论

回顾一下图象和视频编码标准的采用程度,可以看到早期推出的标准没有当前制定的那么成功。其主要原因是,近年来在视频信号的编码,传输和存储以及大规模集成电路芯片设计领域中技术的飞跃发展,导致了早期标准跟不上市场产品发展的需要。

H. 120 标准并不成功。因为技术措施简单、压缩率不大、且带来 TV 制式及 PCM 标准的不相容性,这就很难普及,不可能确立为唯一的国际标准。

为了避免这些弊病, H. 261 采取的策略是让用户自己决定视频图象的质量和传输速率,并采用统一的图象格式(CIF)。在该标准发布时,大规模集成电路的技术性能有限,视频编码器的价格很贵, ISDN 网络的规模也很小。如今 ISDN 飞速发展,而且技术上的进步使视频编码器的性能价格比不断提高。其结果使 H. 261 逐渐被 MPEG-1 所替代。MPEG-1 能提供更多的功能并具有更高的效率,而 H. 261 只能用于视频电话和多点可视电话。在应用上的局限性使 H. 261 标准在与适应范围更广的 MPEG-1 的竞争中失利。

MPEG-1 标准由于具有随机存取视频信号的灵活性,以及支持很多图象信号格式,对于日新月异的多媒体产品应用上具有很大优势。目前市场上有很多厂家生产 MPEG-1 编码和解码芯片,用 MPEG-1 芯片做成的 PC 编码或解码插卡(或称解压卡)也随处可见,市场上很多的交互式 CD 产品采用 MPEG-1 编码算法,例如, CD-1。

MPEG-2 也将会取得极大成功。因为工业界,有线和卫星网络以及广播电视界都一致同意用这个标准。数字电视广播、DVD、收费电视(payTV)、付一次费看一次的电视(pay-per-view)、在网络上点播视频节目(video-on-demand)、交互式电视(interactive TV)以及其它未来的视频服务方式也采用 MPEG-2。由于全球范围内消费电子产品都将接受 MPEG-2 标准,使 MPEG-2 的解压缩器的需求量很大,成本也会降低。这也会促进其它应用领域:视频通信、存储以及多媒体等技术迅速发展。

JPEG 已证明取得了巨大成功。在图象的存档和出版以及多媒体应用中,需要将静止图象进行压缩。这样 JPEG 基本算法就有了广泛的应用价值。今天在市场上用合理的价格已能买到不同厂家的硬件

产品。更吸引人的是,在今天功能强大的PC和工作站上,JPEG不用硬件用软件也能实现。而且,JPEG还有更进一步的用途,早已超出当初制定时的适用范围。例如,用于视频传输和视频信号存贮的运动图象JPEG;在专业广告和广播电视后期制作中,也广泛采用JPEG。

CCIR721和CCIR723是否能获得成功还很难说。虽然CCIR721实现起来并不复杂,而且图形质量也不错,但是并没有被多少人采用。其原因是CCIR721规定的140Mb/s传输速率实在太高,实现起来成本太高。目前至少在欧洲倾向于采用CCIR723,因为欧洲广播联盟在欧洲范围内的34Mb/s卫星分布网中采用这个标准。但是存在危机,因为MPEG-2目前也适用于4:2:2和4:4:4的Y:U:V表示,其分辨率为10b。MPEG能够提供更高的画面质量,而传输速率与CCIR723相同甚至更低。因此,CCIR723标准可能还未发布就被废除。

H.320系列标准已广泛应用于电视会议系统中,但它要求建立在ISDN上。而H.324系列标准可使可视电话会议系统建立在PSTN(Public switched telephone network)上,其视频编码标准H.263采取的技术措施已比H.261有了较大的改进,传输速率可从28.8kb/s到2Mb/s,因此从发展的观点来看,H.324有取代H.320系列标准的趋势。

MPEG-4正在制定中,目前还无法预测最后会采用什么技术。甚至低传输速率(<64kb/s)标准今后是否被广泛采用也难说。今后当然需要在PSTN

网或移动通信中传送视频信号。然而,MPEG-4成功的关键还在于能否达到满意的画面质量。虽然面向对象的分析综合编码技术已有了长足进步,以DCT为基础的方法也有了很大改进,演示中,16kb/s传输速率能得到可接受的画面质量。但现在还很难说第二代编码技术是否就适合于MPEG-4。当然,有一点可以肯定,MPEG-4要想达到的很多新功能既是一个挑战,也是一个机遇。很多与MPEG-4兼容的新产品将会应运而生。这正是制定MPEG-4标准的真正目的。

参考文献

- 1 侯自强. 数字视频技术的进展, 中国图象图形学报, 1996, (1).
- 2 建议H.320“窄带可视电话系统和终端设备”. 通信技术, 1991, (3).
- 3 Pennebaker William B, Mitchell Joan L. JPEG静止图象数据压缩标准. 北京: 学苑出版社, 1996.
- 4 Sun H, Kwok W, Zdepski J W. Architectures for MPEG Compressed Bitstream Scaling. IEEE Trans. on Circuits and Systems For Video Technology, 1996, 6(2).
- 5 CorteReal L, Alves A P. A Very Low BitRate Video Coder Based on Vector Quantisation. IEEE Trans. on Image Processing, 1996, 5(2).
- 6 Schafer, R Sikora T Digital Video Coding Standards and Their Role in Video Communications. Proceedings of the. IEEE, 1995, 83(6):907~924.
- 7 Pearson D E Developments In Model Based Video Coding. Proceedings of the IEEE, 1995, 83(6):907~906.
- 8 Leonardo Chiariglione. MPEG-Past and Future. 通讯学报, 1995, (5).



杨新, 1982年12月在西北工业大学取得工学硕士学位, 并留校。1985年聘为讲师, 当时主要从事航空动力装置数学模型和测控系统研究。1989年赴比利时留学, 从事医学图象处理, 1995年获布鲁塞尔自由大学工学博士学位, 1995年至1996年在西北工业大学计算机系副教授, 主要从事时间序列图象中运动物体识别, 已在国内外杂志和会议上发表文章十余篇。

邹捷, 1994年毕业于上海交通大学自动控制系, 取得学士学位。1994年9月至1997年3月在上海交通大学图象处理与模式识别研究所攻读硕士学位。主要从事图象处理应用软件开发。1997年3月获得硕士学位。现出国留学。



施鹏飞,1965年研究生毕业于上海交通大学电机工程系。现任上海交通大学电子信息学院图象处理与模式识别研究所所长、教授、博士生导师。IEEE高级会员。主要研究兴趣包括图象分析和理解、计算机视觉及智能技术和系统。

Digital Video Coding Standards

Yang Xin, Zou Jie, Shi PenFei

(Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200030)

Abstract With the growing availability of digital transmission links, progress in signal processing, VLSI technology and image compression research, digital video coding technology has developed from a purely academic research into a highly commercial business. To follow the accelerated speed of technology development, the standardization process has become significantly efficient and fast. The actual work of the standardization bodies has changed considerably and has evolved from discussion circles of national delegations into international collaborative R&D activities. It has to be understood that video coding standards have to rely on compromises between what is theoretically possible and what is technologically feasible. In contrast to the early standards, recent standards are intended to be generic and have wide applications.

Keywords Digital video coding, Standards

'98 遥感学术研讨与青年遥感辩论会

1997年11月5日,中国地理学会环境遥感分会四届三次常务理事会于北京召开,常务理事会议决定'98 遥感学术研讨与青年遥感辩论会将于1998年5月中旬在大连市召开。会期3天。

此次会议将积极围绕遥感基础理论研究;遥感在全球变化监测、资源及环境等领域中应用;遥感、地理信息系统、全球定位系统一体化技术与理论;国内外遥感学术前沿;遥感技术实用化、产业化等方面,汇聚国内同仁,开展多层次,多方位的研讨与交流。现已开始征文。

青年遥感辩论会,是地学界首次以辩论会的形式研讨学术热点问题,旨在推动与促进青年人才的学术活动,提高青年科技工作者对遥感重大问题的思辩能力。届时将有6—8支辩论队参加比赛。辩论会设有团体奖杯和最佳辩论员奖杯。赞助企业享有辩论会奖杯的冠名权。

中国地理学会环境遥感分会

1997,12,12