

高清晰度电视技术

译 丛

/22

1

国外高清晰度电视(HDTV)技术译丛

目 录

数字电视编码的国际标准	I parke & O J Morris(姚义强 译)(1)
满足“收集”质量要求的 140Mbit/s 编译码器(CODEC)	ADR Cotton & ND Wells(王祖华 译)(6)
一种用于 140Mbit/s HDTV 的子频带编码总方案	S Simon, B De Came 等(徐锦忠 译 马淑如 校)(12)
适用于 TV 及 HDTV 信号数字传输的高性能编码系统	P. Dumenil, C. Penon, P. Schwartz(张秋萍 王祖华 译)(20)
卫星数字 HDTV 的前景	Mario COMINETTI(蒋忠银 译 王华 校)(26)
高清晰度电视子频带编码中的兼容性	F Fan, S Simon 等(徐锦忠 译 马淑如 校)(30)
HDTV 多声道伴音之经验	D G Kirby (王祖华 译)(40)
数字 HDTV 地面广播的多载波调制解调器	ph. J. Tourtier 等(马骏 译)(48)
最新窄调制方案(Narrow-MUSE)	Minoru HONDA 等(徐锦忠 译)(65)
数字式频带兼容高清晰度电视的干扰抑制系统	Carl Eilers 等(徐锦忠 译)(69)
先进数字式电视(ADTV)传输系统	Bhavesh Bhatt 等(徐锦忠 译)(72)
联播 ADTV 解码器中的错误隐蔽技术	H. Sun 等(徐锦忠 译)(78)
先进电视自适应均衡	Robert A. Peloso(徐锦忠 译)(81)
NTSC 电视接收机中脉冲消除神经网络	J. C. Pearson(徐锦忠 译)(84)
重影消除器数字处理集成电路	Tsutomu Kume 等(徐锦忠 译)(86)
对 NTSC 重影消除系统的评价	Richard Prodan 等(徐锦忠 译)(89)
NHK 对 HDTV 数字传输系统的开发	E. NaKasu 等(赵晓 译 马淑如 校)(91)
用于 25MBIT/S 地面发射的 HDTV CODEC 设计	P. Weiss 等(饶茜 译 马淑如 校)(100)
民用数字视频	Mark Sauerwald(雷晓宁 译 王祖华 校)(106)
用于 525 行 TV 系统和 HDTV 的 B-MAC 信号格式	Charles W. Rhodes(赵明 译)(115)
增强型慢动和标准转换的运动补偿处理	H. Lau & D. Laon(姚愚 译)(124)
IDTV 接收机	Kiyoyuki Kawai 等(赵明 译)(131)
1250/50 电视系统与 625/50 电视系统间的标准转换	VG Devereux(徐锦忠 译 马淑如 校)(143)
用高清晰度电视系统传递兼容的宽屏幕图文电视节目	G. Moll(蒋忠银 译)(151)
将隔行扫描转换成逐行扫描的运动补偿技术	P. Delogne(马根定 译 王祖华 校)(160)
HDTV 广播,从演播室到家庭	Kengj NaKashima, Yozo Ono(徐莉 译 王祖华 校)(164)
电视之未来趋向	Werner F. Wedam(雷晓宁 译)(168)
电视工业界注视着高清晰度电视的进展(一)	Masayuki Fukuda 等(赵扬 译 林本华 校)(174)

电视工业界注视着高清晰电视的进展(二)	
..... Masami Honda 等(杨生机译 赵扬 林本华校)(185)	
数字 HDTV 地面广播的源编码	Willian Y. Zou(周素芳译 马淑如校)(193)
数字 HDTV 压缩技术	Willian Y. Zou(周素芳译 马淑如校)(195)
通过数字信号处理改进 NTSC 制和 PAL 制系统的图像质量	
..... Yoshimitsu 等(饶茜译 王华校)(198)	
美国过去十年 HDTV 地面广播系统发展概况	周素芳 马淑如(209)
采用频带压缩技术的高清晰度电视(HDTV)接收设备	
..... Isao Nakagawa 等(王祖华译 王华校)(219)	
高清晰度电视信号的光学数字传送	Taizo Kinoshita(周素芳译 赵光晓校)(234)
电视与高清晰度彩色监视器中的谐振消磁技术	Walter Truskalo(赵明译 马淑如校)(241)
使电视图像轮廓加重的数字信号处理过程	T. S. Rzeszewski(蒋志银译 谢兵校)(254)
使用二个 CMOS 硅片的高质量数字电视	Shinichi Makino 等(饶茜译 马淑如校)(260)
应用变换系数矢量量化的 HDTV 信号压缩技术	Siu-Waiwu 等(马淑如译)(267)
用于电视编码的预测块匹配运动估计——第 1 部分:块间预测	
..... Sohail Zafar 等(周素芳译 马淑如校)(280)	
用于电视编码的预测块匹配运动估计——第 2 部分:帧间预测	
..... Ya-Qin Zhang 等(周素芳译 马淑如校)(289)	
高清晰度电视图像处理的带宽压缩技术	Tim Trew 等(蒋志银译)(295)
包括数据条件的 HDTV 系统中的先进音频技术	
..... Thomas B. Keller(赵明译 周素芳校)(304)	
用于 D2MAC/包接收机的均衡器	J. P. Bernoux 等(姚义强译 蒋志银校)(311)
用于 HDTV 信号压缩的简单递归运动估计技术	
..... philips Research Laboratories Eindhoven, The Netherlands(马淑如译)(318)	
NTSC2 画面传送装置	[日]伊藤泰雅(尤宝英译)(325)
用于高清晰度电视视频制作的多效果样机	J. W. Richards(蒋志银译)(335)
高清晰度电视纹理合成器的模拟	M. Rebiai 等(徐锦忠译 马淑如校)(340)
高清晰度电视图像传输的数字编码	C. J. Phillips(蒋志银译)(347)
HDTV 的电子绘画	Robert Long(谢兵译 蒋志银校)(354)
高清晰度电视运动画面的预测	S. C. Dabner(谢兵译 蒋志银校)(357)
运动补偿显示转换	G. M. X. Fernando(谢兵译 蒋志银校)(362)

数字电视编码的国际标准

I Parke & O J Morris

一、引言

数字视频技术的发展使得在电视会议、电话、广播电视及以计算机为基础的多媒体系统等方面采用数字视频压缩成为现实。为了避免当今世界市场上许多类似但略有不同的编码系统间的竞争所引起的混乱,制定压缩技术的标准已是迫在眉睫。而且,制定一项适合众多应用领域的标准,会大幅度降低复杂型超大规模集成电路批量生产的成本,同时还能消除不同业务之间交替使用性的一些障碍。

本文简要描述了负责制定视频标准的国际标准化组织(ISO)所属的运动图像专家组(MPEG)的研究目标。负责视频无线电通讯的国际电报电话通讯咨询委员会(CCITT)的SGXV日前正与运动图像专家组召开联合会议。本文还概述了欧洲一些厂家及公司所做的工作,他们的目的是要参与标准的讨论与制定,并在标准完成时加快标准的应用速度。

二、运动图像专家组

对运动视频和音频信息进行编码是为了以 1.5Mbit/s 的比特率在数字存储介质,例如 CDROM、温切斯特盘以及无线电通讯和计算机网络上存储信息。1988 年,国际标准化组织的一个研究小组成立了运动图像专家组,该专家组的任务就是制定编码运动视频和音频信息的标准。为了最大限度地应用标准,专家组将制定通用标准作为自己的目标,通用标准不是具体地限于某一种特定的应用,而是适合于多种应用。

目前,运动图像专家组已完成了第一阶段的工作(简称为 MPEG-1)。该专家组 1990 年 9 月规定了编码视频和音频的技术条件,这些技术条件在由国际标准化组织审查之前,还要进行校对。MPEG-1 视频编码是为了在减小的分辨率图像上以 2Mbit/s 的比特率工作,虽然该系统是为 352 根像素×288 根扫描线、顺序图像率为 25 或 30Hz 的源输入格式(SIF)图像而设计的,但可以使用的准确格式和图像率非常灵活。这种方法还具有灵活的结构,可以在混合式 DCT 编码系统中广泛应用运动补插和预测。音频编码以每个通道 64Kbit/s~192Kbit/s 的比特率工作,在比特率为 192Kbit/s 时,音质很清楚。目前,研究人员正在研究延伸到低音频比特率的情况,和一种早期版本的视频编码一样,这种音频编码系统的硬件也已经过论证。有关音频和视频编码的更详细描述参见参考文献^[1,2]。

• "International Standards for Digital TV Coding", IEE COLLOQUIUM, MAY 1991, pp. 311~315.
(姚义强译)

运动图像专家组去年夏天开始了第二阶段的研究工作(称为 MPEG-2),第二阶段的工作任务是制订一种视频编码标准,这种视频编码在 CCIR601 图像上能以高达 10Mbit/s 的比特率工作,目的是以 9Mbit/s 左右的比特率获得“MAC 性能”。MPEG-2 与 MPEG-1 之间的主要差异是前者需要处理隔行扫描图像。目前,专家组尚未决定是否需要就声频压缩作进一步的研究工作。

1. MPEG-2 的任务

MPEG-2 计划按 MPEG-1 的相同程序进行。MPEG-2 将从一个富有竞争的阶段开始,为了比较不同的编码方案,要进行一组主观测试,然后要协作改进算法,目的是在 1992 年 11 月确定技术条件。还要统一一组“要求”,这组要求提出了比较不同编码技术的公共条件。这些条件有许多已经公开,其余的明年夏天定稿。主观测试 1991 年 11 月在标准条件下进行,测试结果将用来确定“参考模型”,该模型能完全确定编码/译码系统。专家组来年将对该系统进行改进,以进一步提高这种系统的性能并写入技术条件。

2. 参加人员

1988 年,运动图像专家组约有 15 名成员,主要来自邮政、电报电话及消费类电子工业。目前,该专家组的成员超过 150 人,主要来自 IT 工业,这反映出人们对许多不同应用的视频编码的广泛兴趣。尽可能满意地鼓励众多领域的专家和学者参与制定标准,已经成为一项慎重的政策。MPEG-1 标准主要由消费类电子工业、电报电话业、计算机工业以及半导体公司的专家制定。制定 MPEG-2 标准的成员与 MPEG-1 相同,另外还有广播电视工业专家的积极参与。

3. 要求

关于“要求”的目的是检查所有可能的应用标准,这样,在设计算法和主观设计中,可以考虑不同领域提出的约束条件。

MPEG-2 将以 4Mbit/s 和 9Mbit/s 的比特率测试这些算法,并对所要采用的比特率的可能范围进行分类,低比特率对多媒体及通讯应用的影响较大,高比特率对广播电视应用的影响较大,但目的是以 9Mbit/s 的比特率获得“MAC 性能”,以 3~5Mbit/s 的比特率获得“NTSC/PAL/SECAM 性能”。数字编码与模拟编码不一样,数字编码这一术语会被人们所误解。数字编码系统必须可以随意利用所编码的数据(主观测试具有确定的译码延迟)。对于迅速扫描的图像,数字编码系统还必须可以随意利用快速正向译码和反向译码的可能性。在合作改进算法期间,其他一些要求,例如编码/译码重复多次时的系统性能以及对数据误差的适应性,应在主观测试以后认真加以考虑。

MPEG-2 将最大限度地寻求与 MPEG-1 编码标准的兼容性。在许多应用中,MPEG-1 与 MPEG-2 之间的完全兼容是一个明确的要求。但是,运动图像专家组的其他一些成员对这种兼容不感兴趣,他们不愿为了达到这种兼容而降低图像质量的标准,这种情况在第四部分第二段中将进一步讨论。

4. 研究状况

目前,运动图像专家组的成员正在统一测试要求和条件,这些要求和条件将成为下一次专家组会议的重要议题。许多专家组成员正在分析研究今年 11 月将要展开激烈竞争的各种不同的编码系统。眼下尚不知道会出台哪种编码方案,在参考模型确定时,一年以后才能获

得一个很确切的计划。

三、欧洲方面的情况

欧洲工业为制定视频编码标准做出积极贡献,这一点很重要,这样就能很好地安排硬件工业和软件工业去迅速开发这种技术,运动图像专家组是一个国际性的委员会,大多数成员来自北美和日本的一些公司。如果协调顺利,能极大地发挥欧洲对这一进程的贡献。为此,在尤利卡计划(EU-625)内设置了一个称为 VADIS(视频—音频数字交互系统)的共同开发项目,该项目的目的是在该领域内与欧洲合作,以利用这一技术开发这种标准。

四、VADIS

该项目有 32 个成员,他们来自广播、微电子学、消费类电子和专业设备厂家、软件、无线电通讯和高等院校等领域。项目的主要目的是对标准化工作施加影响,并使欧洲工业界开拓 MPEG-2 将要开辟的许多新的应用,这些应用的范围和数字广播、电缆数字分配、多媒体系统及非同步传递模型(ATM)网络的交互视听通讯同样宽。为此,VADIS 将开发一些算法,以便使全部建议提交专家组讨论,在 91 年 11 月进行测试;测试后所选择的算法的关键部分将接受鉴定。还要制造一些硬件演示器,检查标准相对于各种应用的适应性。为了证实这些系统切实可用,还要进行现场试验。

1. 算法研制

在 VADIS 中,三种基本视频编码方法已经经过鉴定:次能带编码、离散余弦变换方法(DCT)与 MPEG-1 完全兼容的编码方案。

次能带技术将电视图像分解成各种频率带,大部分信息出现在最低频率带,较高频率带出现的信息很少,通过采用适合于每种能带信息量的不同编码方案,可以进一步开发次能带技术。

DCT 方法以为 CCITT 第 H261 项建议、ISO/MPEG-1 和 CMTT 编码而制定的方法为基础,大范围的应用包括运动补偿预测和插补以及混合 DCT 编码。这些算法将扩展,以覆盖较大的图像尺寸,因而必须能迅速运算,还要能克服交错扫描。目前,研究人员正在研究各种不同的方案,为了降低总延迟,有些方案取消了 MPEG-1 系统中的插补处理。所有这些系统的共性是它们都不能与现存的数字编码标准相兼容。

2. 兼容性

MPEG-1 以 1.5Mbit/s 左右的比特率编码 SIF 图像,标准草案已经出台,且视频芯片装置已在新闻界公布。MPEG 许多成员都非常希望 MPEG-2 能与 MPEG-1 兼容。二者完全兼容能使业务供方和生产厂家更容易进入市场,从而更迅速地获得大量的消费者,以不同格式控制几种应用软件和程序的问题也随之解决,而且,消费者和厂家也受益非浅。他们在译码设备中的投资能受到保护,厂家也可以研制价格和性能不同的各种产品,这些产品可以使用相同的编码材料。

图 1 表示了不同程度的兼容性,正向兼容性定义为 MPEG-2 译码器译码的 MPEG-1 比

特流的特性,反向兼容性使 MPEG-1 译码器能译码 MPEG-2 比特流。VADIS 所属的兼容编码组正在研究完全兼容性,只有在正向兼容性和反向兼容性都成为可能的条件下能达到完全兼容性。

目前正在研究的兼容编码方案基本上能产生两种多路数据流,一种数据流使 MPEG-1 译码器能译码 SIF 分辨率图像,另一种数据流含有增强型数据,通过 MPEG-2 译码器能提供更好的图像质量。增强型数据能译码并能与第一种数据流相混合。

兼容编码有两种方法,一种是佩尔域分裂法,另一种是变换域分裂法。在变换域系统中,两个通道之间的分裂在 DCT 域中完成。 16×8 的字组变换在输入电视图像上进行, 8×8 的低价系数字组以 MPEG-1 的格式编码,剩余的高价系数作为增强型图像(见图 2)分别编码。

在佩尔域分裂中,输入电视图像减小到 SIF 图像尺寸。SIF 图像采用 MPEG-1 编码,译码图像恢复到初始分辨率,这样,便形成了源图像和译码图像之间的差图,这种差图作为 MPEG-1 图像(见图 3)的增强型分别编码。

五、摘 要

ISO/MPEG 和 CCITT 关于数字视频编码国际标准的工作重点是 10Mbit/s 的比特率,目的是要求图像质量至少与高比特率下的 MAC 一样优异。时标很短,初次测试在 1991 年 9 月进行,1992 年底确定技术条件,这个目标是很激动人心的,但它是能达到的。许多公司和研究机构正在寻求解决问题的不同方法,这些方法今年底将进行比较,以在各种要求中找到最佳方案。欧洲的公司则在尤利卡计划中联手合作,旨在使欧洲能有效地参与数字视频系统的竞争。

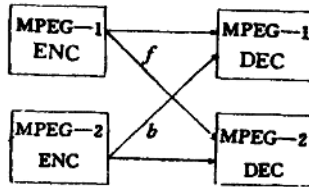


图 1 正向兼容性和反向兼容性

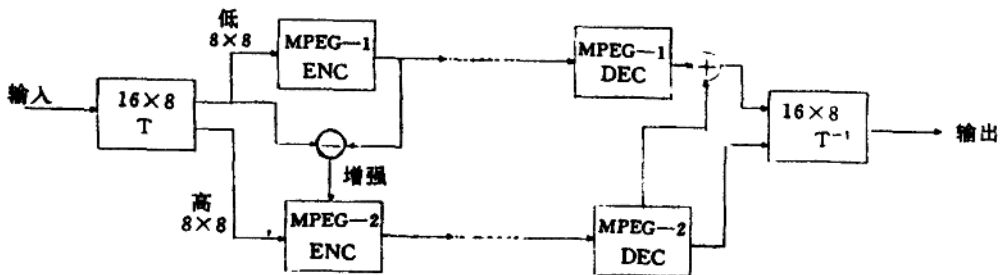


图 2 变换域分裂兼容编码

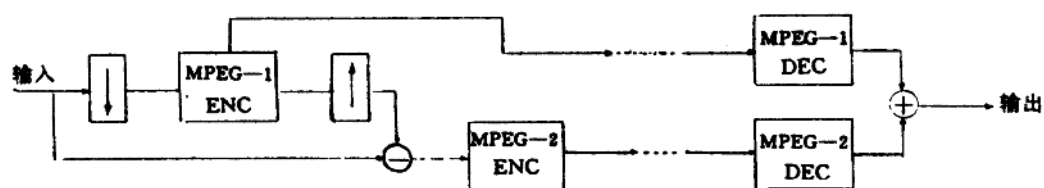


图3 佩尔域分裂兼容编码

参 考 文 献

- [1] Didirt Le Gall, "MPEG; A video compression standard for multimedia applications", Communications of the ACM, April 1991, vol 34, no 4.
- [2] MPEG draft of proposed standard on "Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media up to about 1.5 Mbit/s-CD 11172", available in the UK from the British Standards Institution.

满足“收集”质量要求的 140 Mbit/s 编译码器(CODEC)

ADR Cotton & ND Wells

前 言

在按高清晰度格式制作节目时,需要点对点“收集”链。数字技术可以为远离发送这些宽带信号提供最好的方法。

高清晰度电视(HDTV)信号的亮度和色度分量被数字化以后,得到大约 1.2Gbit/s 的码率。为了与现行 140Mbit/s 标准码率相适应,在远距离传送时,必须把 1.2Gbit/s 的码率压缩近 10 倍。为保持码率缩小约 10 倍后的收集质量,需要综合利用多种技术,如变换编码、运动补偿帧间预测和可变字长编码等。

作为 RACE HIVITS 项目的成员,BBC(英国广播公司)参与了 HDTV 140Mbit/s CODEC(编译码器)的设计。该 CODEC 以一个也是由 HIVITS 项目成员开发、THOMSON 公司制造的用于普通清晰度电视编码的 34Mbit/s CODEC 为基础。此 34Mbit/s CODEC 符合 ETSI 和 CMTT 的新建议。

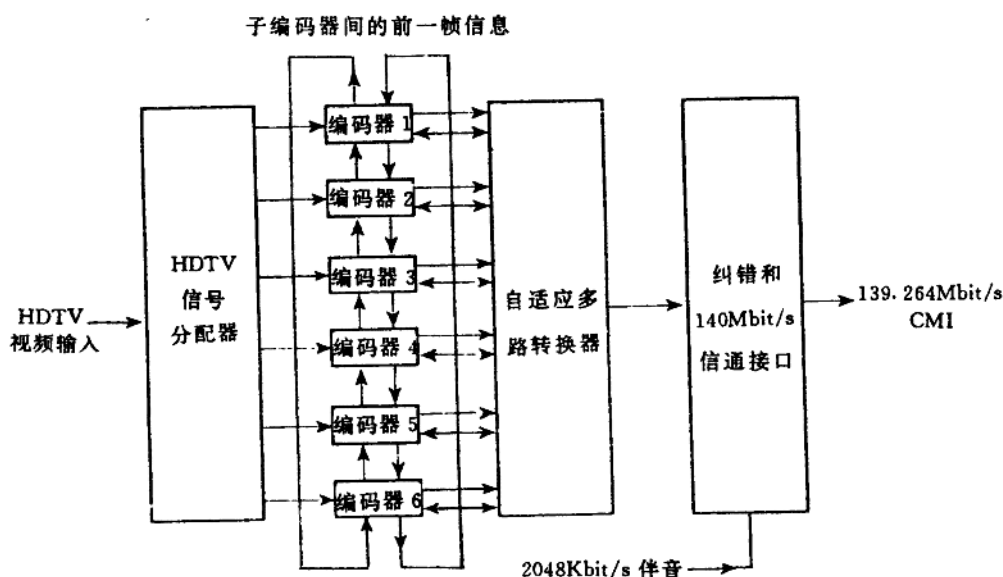
CODEC 结构

在当前技术条件下,有必要降低 HDTV CODEC 中各个单元的处理速度。这可以通过对组成高清晰度图像的各部分进行并联处理来实现。HIVITS HDTV CODEC 采用六个 TV CODEC 并联,可接纳像欧洲标准采样率(72MHz)这样的高清晰度信号。编码器把图像分成八条水平带。一场中的各个子带分别由各个子编码器和相应的子译码器处理,详见图 1a 和 1b。

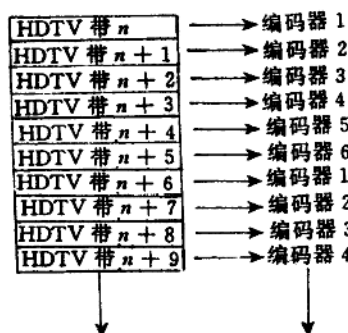
HIVITS 项目的任务之一是为并联使用多个子 CODEC 进行结构设计,使其产生的码流与标准 34Mbit/s 编码器所产生的码流的成比例型式类似。这样就能制定一个 HDTV 发送的新标准,为将来 HDTV CODEC 的结构设计提供更大的灵活性。在这种结构下的 HDTV CODEC 中传送的码流与并联工作的子编码器或子译码器的个数无关,这就保证了现有与将来编、译码设备间的兼容性。

并联结构的难点在于子编码器之间和子译码器之间的协调和同步。下面就简要介绍这

• “HDTV: A 140Mbit/s codec for “Contribution” Quality coding”, 1992 IEE/IEEE International Broadcasting Convention. —523~527. (王祖华译)



(a) 基本结构方框图



(b) 带信息分配图

图 1 HDTV TS 140Mbit/s HDTV 编译码器

些难点的解决办法。

子编码器

图 2 所示是一个子编码器的方框图。每个子编码器对高清晰度图像的 8×8 像素块进行离散余弦变换(DCT)。像块可用场内方式、帧间方式和场间方式形成。在场内方式中,像块直接取自输入图像。在帧间(和场间)方式中,像块取自当前场内像块和前一帧(或前一场)像块的预测值之差。在帧间方式中,采用运动补偿预测法。方式选择以一个“宏观块”为基础。一个宏观块包含两个相邻的亮度块和两个相应的色度块。方式的选定采用最小平均绝对差准则。

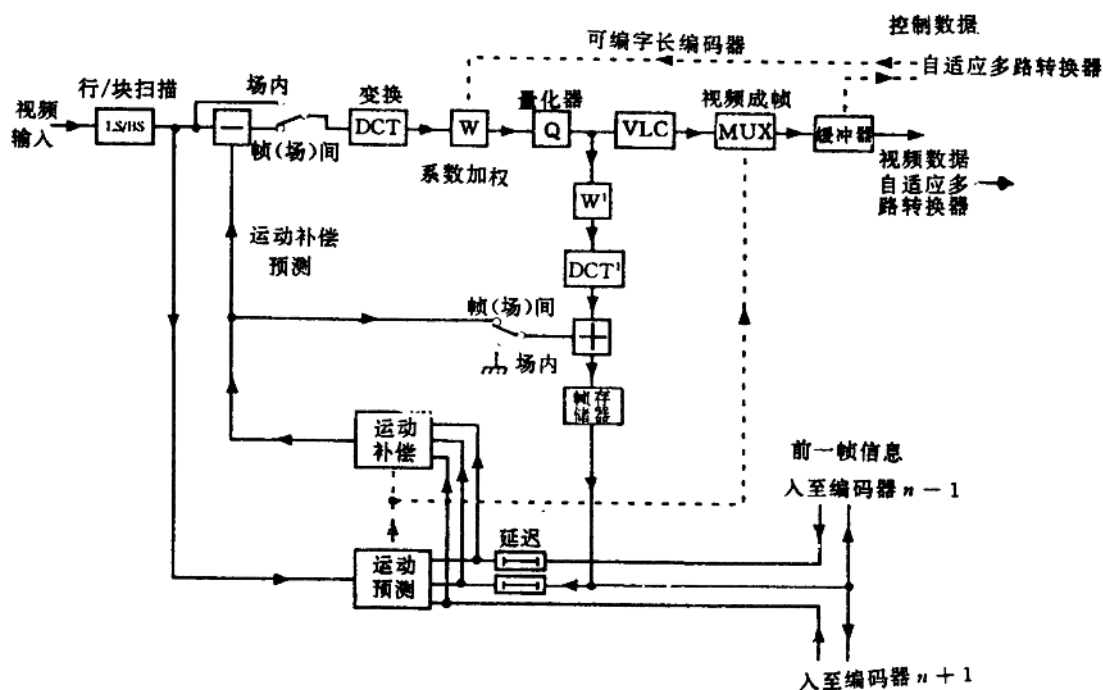


图2 子编码器方框图

在帧间方式中，最佳运动补偿预测用块匹配法生成，即把输入图像与前面已译码的帧进行比较。相对于当前像块的位置，在前一帧中的搜索范围为：水平方向 $+15/-16$ 像素；垂直方向 $+7/-8$ 场——行。帧间运动矢量精确到半个像素。

上述搜索范围包含已在前一帧中由上、下子编码器处理过的像素。为访问这些像素，每个子编码器的帧存储器的输出都要与上、下子编码器的运动预测和补偿电路连接（见图2）。这可以通过CODEC之间互连来实现，而CODEC电路则与普通清晰度电视的CODEC几乎一样。

每个子编码器都有自己独立的缓冲器以平整其可变长编码器所产生的数据率。缓冲器把一条带的信息依次送到发送通道。这种以一条带为基础的多路复用与并联子编码器的个数无关且等效于一个单独的编码器带一个输出缓冲器在HDTV满速率下工作。在译码器端，带信息被依次送到子译码器。并联子译码器的个数可以是任意的。目前，我们选用六个

子编码器和六个子译码器。

当视频数据组成 140Mbit/s 的码流时,要对其施加前向纠错(双列直插式 RS239、255)。140Mbit/s 多路变换器的结构以一个 138.240Mbit/s TV 色为基础,以便与将来的 SDH(同步数字分层)传送网络兼容。TV 色是与时钟再生信息一道在标准 139.264Mbit/s 通道中传送的。TV 色还包含一个 2048Kbit/s 的伴音通道。

子译器的同步

在标准 34Mbit/s CODEC 中,译码器还包含一个缓冲器,作为发送频道固定码率与可变速译码器所要求的可变码率间的接口。

不难证明,当发送码率固定时,译码器缓冲器的占用与编码缓冲器的占用是互补的。为保证编码和译码缓冲器的同步,在图像中某一点编码缓冲器的占用(信息)被插在视频数据流中,例如插在一个场同步或带同步字后。另外,两个缓冲器的正确同步决定了编码器输入和译码输出间的精确延迟。

然而,在当前采用并联结构的情况下,子 CODEC 的码率并不固定,而是随带信息量变化的。因此,子编码器的缓冲器占用与相应子译码器的缓冲器占用并不互补。为使译码器同步,在标准码流中的缓冲器占用信息在每个子编码器缓冲器的输出端被编码器时基信息所代替。然后,译码器使自己的时基同步。这样,编码器输入和译码器输出间的延迟就是一个已知的固定值了。

在视频数据流中的每个带同步字后,紧跟一个 HDTV 带号,使译码器能连续校验它是否依次向正确的子译码器寻址带数据。

当出现诸如带同步字因一个发送错误而出错时,子译码器的寻址过程就可能受到干扰。这种错误会导致两条连续的带信息被当作一条长带信息而送到同一个子译码器。好在每条子带都包含一个 16 位的 CRC 校验,子译码器能检出这种错误并对出错的子带实施隐藏。而紧随其后的子译码器就接收不到已被错误地送到前一子译码器的带信息。这样,第二个子译码器的带号就不再连续,于是它就利用前一帧的译码信息对丢失的带信息实施隐藏。

可见,带号的正确译码对于保证向正确的子译码器寻址子带是很重要的,即使在出现发送错误时也是如此。使带号在标题信息中出现两次能为带号提供附加保护。可以采用多数表决法,即把两个已译码的带号与第三个从前一带号求得的“期望”带号进行比较。

子编码器协调

在编码器中,有一块线路板是专门负责协调六个独立的子编码器的,其任务是确保:

- a) 所有子编码器以同样的图像质量进行编码;
- b) 以发射所要求的正确顺序从子缓冲器中读出带信息。

假如每个子编码器是单独工作的,那么每个子编码器的缓冲器占用就只能用来控制它自己的量化器步长。当子缓冲器装满时,量化器步长就分得更粗略,以便限制输入码率,使其等于平均输出码率。因此,每个子编码器有可能在不同的量化步长下工作,以致造成图像的

相邻两条子带间编码质量的明显差异。

为确保各个子编码器(带独立的缓冲器)编码质量的一致性,有必要仿真一个系统的动作,在这个系统中,所有被编码的带数据均写进一个大编码缓冲器而不是好几个小缓冲器中。这就需要有一个微控制器求出独立子缓冲器容量之总和并据此算出合适的量化步长。

然而,在需要建立源图像时,某些棘手问题依然存在。由于源图像中的所有活动,因此也是所有码率可能被限制在一个子编码器和子译码器所处理的子带内,译码器中相应的子缓冲器有可能溢出。因此,微控制器还必须负责监视每个子编码器的平均码率并限制其最大值。最大值由子译码缓冲器的容量来决定。如果某个子编码器码率升得过高,可以通过调节该编码器量化步长和其他子编码器量化步长来控制。

任何采用可变长编码和缓冲存储器的 CODEC 都有一条量化步长(或其 $\log$ 值)/缓冲器容量曲线。习惯上常采用如图 3 所示的基本“线性”调整曲线。但图 4 中实线所示的曲线更好。

图 4 中实线所示曲线分为三段:AB、BC 和 CD。AB 和 CD 是上、下“回落”区。在这两个区里,量化步长迅速变化以防止缓冲区下溢或上溢,从而保证一帧图像质量基本一致。因此我们要求码率平缓变化部分都发生在中间的 BC 段,以使量化步长在缓冲器容量有较大变化时仅有很小的变化。这就减少了量化步长在带与带之间产生明显变化的可能性,亦即减少了图像质量变化的可能性。

但是,曲线中段应复盖适合于被编码图像活动的量化步长这一点也很重要。使用这条线,首先要求出总缓冲器容量“误差”的积分。该“误差”被定义为:当前缓冲器容量与根据经验而确定的参考值之差。这样,BC 曲线就可写成:

$$\log(\text{量化步长}) = M \cdot BO + C + \alpha \cdot (\text{积分值})$$

其中,BO 是子编码缓冲器容量之和, m 、 c 、 α 是常数。

为避免曲线在 B、C 两拐点处的不连续性,AB 和 CD 两段要重新计算。

积分项使曲线在垂直方向上平移,如图 4 虚线所示。这样,根据一个给定的缓冲器容量就可得到不同的量化步长。这种方法保证了中段能复盖满足待编码图像的合适量化步长。

结 论

140Mbit/s HDTV CODEC 已由 RACE HIVITS 项目参加者完成。它由六个子 CODEC 组成,并联处理图像的相邻子带。其码流格式等效于一个 CODEC 在全速率下对高清晰度图像的所有子带进行处理的结果并可望获得与一个 CODEC 单独处理时同等的图像质量。

将来,同于“收集”目的的 HDTV CODEC 可以由更高速的单元组成。如果并联工作的子 CODEC 减少的话,成本也可望降低。采用上述结构形式,码流是“独立实现”的,且等效于与现行普通清晰度电视 ETSI 和 CMTT 标准成适当比例的类型。我们提议将来用于“收集”目的的 HDTV 编码标准仍应以“独立实现”原理为基础。

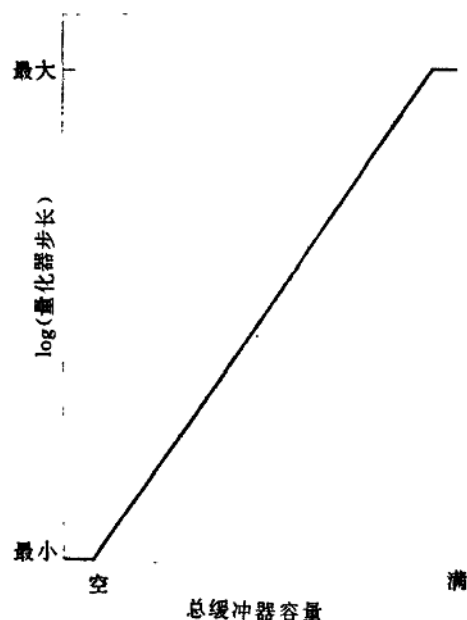


图3 传统调整曲线

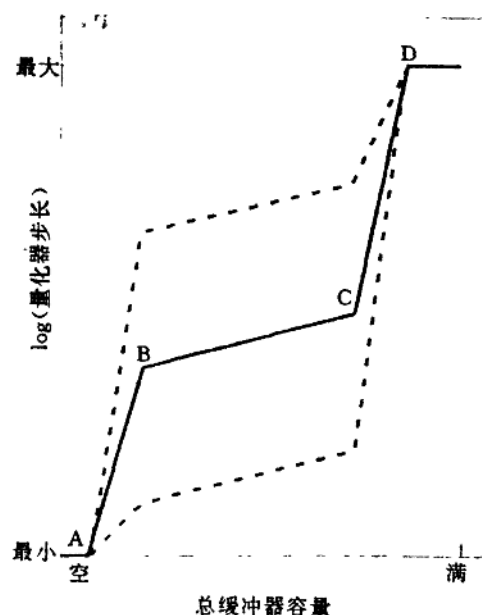


图4 自适应控制曲线

参 考 文 献

- [1] European Telecommunications Standard(ETSI) "Network Aspects; Digital Coding of Component Television Signals for Contribution-Quality Applications in the Range 34-35 Mbit/s" Draft PrETS 300 174, ETSI, 1991.
- [2] "Basic parameter values for the HDTV standard for the studio and international programme exchange" Recommendations of the CCIR, 1990, Volume XI-Part 1, Recommendation 709.
- [3] "Transmission of component-coded digital television signals for contribution quality signals at bit rates near 140 Mbit/s", Recommendations of the CCIR, 1990, Volume XII, Television and Sound Transmission(CMTT), Recommendation G721.

一种用于 140Mbit/s HDTV 的子频带 编码总方案*

S Simon, B De Canne 等

摘要 本论文论述了一种用于高清晰度电视(HDTV)的简单三维子频带编码方案,目的是把比特率为 880Mbit/s 的隔行扫描 HDTV 信号压缩到低于 140Mbit/s。该方案采用准确的重显和正交镜像滤波器(QMF)组在时间、水平和垂直方向分离帧序列。

时间高频带包含运动信息。滤波后,在时域和空域进行二次取样,并根据二次取样后那些频带的活动性对它们进行位分配。每个频带划分成三个不同的活动区,每个区使用不同的量化器,并采用算术编码对所得结果进行可变字长编码(VLC 编码)。采用该技术,能得到很好的分配质量。

绪 言

未经压缩的隔行扫描 HDTV 产生巨大的比特率。当活动像素和活动行为 1920×1152 , 并且每像素用 16 比特时(4:2:2 子取样),比特率大约为 884Mbit/s。

编码器的设计准则:

1. 恒定的比特率 125Mbit/s,或者压缩到 2.25bit/像素。
2. 令人满意的质量。在距离三倍 HDTV 图像高度处,肉眼看不出伪痕(artefact)或者主观降质。
3. 简易性。整个编码器仅需少数几个不同的功能块(blocks)构成。

编码方案

概述

在图 1 可见整个编码系统框图。在第一级,有时间、空间滤波器组,在此,一个序列分离成 32 个子频带,这些子频带的直方图经计算后输入位分配单元,这些频带根据活动性检测的结果进行量化。每个频带都用算术编码器进行编码,编码器的输出经过缓冲。缓冲器负载程度反馈到位分配。在下面各节中,我们将对系统中每个不同部分分别加以讨论。

三维子频带分离

* "A GENERAL SUB-BAND CODING SCHEME FOR 140MBIT/S HDTV", 1992 IEEE 4th International conference on Image processing and Its Applications. —401~402. (徐锦忠译,马淑如校)

子频带编码(SBC)是公认的图像压缩技术(3)、(4)。通常,该技术仅用于空间域。利用时间方向上的滤波器,可以很容易地使它适用于利用图像序列中的时间相关性。时间二次取样是通过忽略每两帧中的第二帧实现的。三维 SBC 编码的一个有趣特点是易于视频格式兼容。我们将在(6)中加以讨论。

在分离和重显阶段所需帧缓冲器的数量等于滤波器抽头的数量。使用频率隔离性能较好的滤波器组将大大增加存储器成本。为了使设计尽可能简单,我们在时间方向上只采用一个两抽头短核(Kernel)滤波器。序列中的静止区不会给时间高通频带来活动性,而运动区则会给它带来大量活动性。因此说,时间子频带分离是一种运动检测技术。时间子频带分离技术与运动补偿技术相比较,存在某些不良性能,(就压缩而言),但这些缺点却由于前者的简便性而得到补偿。

奇、偶场被作为一帧而一同处理。由于镜像效应,在时、空域、边界效应被减少到最低程度。时间分离后,两个时间频带中的每一个都被均匀分离成 16 个子频带,这就意味着,对每一组两个原始帧,我们可以从中得到 32 个子频带。

结果

在图 2 中可见,分离本身就已实现了相当程度的压缩。将 32 子频带(时间分离)的熵与纯空间(帧内)16——频带分离所得频带的熵进行了比较。可以发现,所有频带中(最低频带除外)的熵在时间分离后大量减少,代价是在一定程度上降低了重显信噪比(SNR)[就亮度而言,从空间 45dB 减为时间 42.5dB,就色度而言,从 46.6dB 减为 44dB]。

位分配与量化

位分配,准确地说,量化器分配,是根据每个子频带的统计特性进行的。对给定的比特率为了得到最低 MSE 值,将一套预置的量化器分配给每个子频带中一只。

量化器选择

首先,我们试用了一套按将要进行量化值的直方图进行优化的量化器,如 Wu 和 Rokne 文(7)。与均匀静态量化器相比,这种方法复杂得多,而且在位速率一定的情况下熵编码后失真更严重,因此,我们最终选择了均匀静态量化器。均匀静态量化器由两个值完全确定,即零附近静态区的宽度 $2 \cdot a$ 和步长 b 。在编码方案中,通过变换 a 、 b 值,仅使用有限的一套 6 比特量化器即可(见图 3)。这些量化器的编号从 1 到 15,再加上把所有值都置零的零比特量化器,共有 16 只量化器。

活动区

就高清晰度电视亮度而言,所有子频带只使用一只量化器这种方法已经证明太简陋了,因为这种方法忽视了频带的本身特征:它会在边界区域引起一些很明显的降质。一种解决办法是,把所有频带都划分成底、中、高三个活动区,每个区使用一个不同的量化器。通常,低活动区的量化应更精细,(例如,为了避免轮廓和时间亮度跳动),而高活动区则可使用动态范围大一点的粗量化器(量化误差被高活动性掩蔽)。这么做,对同样的比特率,能获得对重显帧更好的主观评价。

对于每一套 32 个频带,要确定一个所谓的“活动帧”。该帧尺寸与子频带尺寸完全一致。对于频带中的每一像素,活动帧中都有一个对应值来判断它是否属于低、中、高活动区。

下面我们对两种推导出活动帧的方法进行了比较。在第一种方法中,活动帧从最低子频

带中得到。把每个像素与其邻近的 8 个像素进行比较,再根据所遇到的最大绝对差划分等级。最大差值大,表示高活动性;最大差值小,表示低活动性。第二种方法从时间高频带、空间最低频带开始,频带中像素绝对值大表示高活动性;像素绝对值小表示低活动性。后面这种方法可以看作作为一种运动检测:高活动性等效于运动量大。只要正确选择等级划分参数,两种方法基本上得到同样的活动帧。然而从时间最高频带中得到的活动帧的噪声更大,不过,就重显质量而言,两者没有明显的区别。

位分配

位分配分几步进行:

首先,在亮度和色度之间进行总的位分配。位分配正比于亮度和色度的平均熵,再乘以一个主观加权因子。加权因子越高,该频道所分配到的位数也越多。

第二步,在高通亮度频带的低、中、高活动区之间进行分配。位分配不仅与三个活动区的尺寸、平均熵成正比,而且还与主观加权因子成正比。到目前为止,我们所取得的最佳结果是在所有活动区加权相同的情况下得到的。

前面这两步在表 1 中加以说明。

表 1 位分配,共 2.25bpp,运动物体,高通

加权值	亮度			色度
	0.7			0.3
活动区	低	中	高	—
尺寸(%)	24	48	28	100
熵	1.48	3.24	3.86	1.46
位分配	0.17	0.82	0.53	0.34

第三步,采用新方法对所有四个频道中的子频带进行位分配。

这种位分配是以量化器特性 MSE 失真与熵的关系为基础的。这一特性包含一张由 16 对 MSE 与熵组成的表,它们是在使用 16 只静态量化器对上述频带进行量化后得到的。由于直方图运算只准确到 8 比特,所以它们只包含 256 项,对每只量化器的熵和 MSE 计算很快。在这些特性当中,是根据增加的熵来选择量化器的,然后,那些既产生较高熵又产生较高均方差的量化器被淘汰,最后,为每个子频带中的每个活动区留下的是那些熵增加和误差减少的量化器。位分配本身是以迭代方式进行的。从分配零号量化器给所有频带开始,对应的比特率是 0 比特。逐渐地把精密度较高的量化器分配给残余误差最大的那些频带,这一过程一直持续下去,直到达到所需要的总比特率,即熵的总数。所得结果是量化误差均匀地分布在所有频带中。

这一位分配方法与 Farelle's (2) 极为相似,只不过在此方法中,分配的是熵,而不是比特。考虑到人类视觉系统的特点,如需进一步改善分配结果,则可以对残余误差采用主观加权因子。

最低频带总是用同样方法均匀量化,亮度和色度分别为 6 比特和 5 比特。对每两帧,也