

第一部分 MPEG 的介绍

1.1 整合

1.2 为什么需要压缩

1.3 压缩的应用

1.4 视频压缩的介绍

1.5 音频压缩的介绍

1.6 MPEG 信号

1.7 需要监视和分析

1.8 压缩的缺陷

第一部分

MPEG 的介绍

MPEG 是当今最流行的音频/视频压缩技术之一。这是因为它不仅仅是一个单独的标准，而是一系列以相似理论为基础且适合于不同应用的标准。MPEG是运动图象专家组的简称，它是由ISO(国际标准组织)就压缩专题而建立的。MPEG可以被描述为各种简称的相互作用。ETSI(欧洲通讯标准化协会)称：“CAT是一个激发IRD寻找与其使用的CA系统有关的EMM的指针。”如果你能够理解这句话，那么也就不再需要这本书了。

1.1 整合

鉴于很多原因，数字技术在音频和视频领域有了很大的发展。数字信息比较健全可靠，在编码中可基本避免误码的发生。这就意味着在录制中产生的损耗和传送中的损耗被消除了。光盘是能说明这一点的第一项消费性产品。当光盘相对于以前的乙烯基产品在声音质量上有明显提高时，仅仅质量上的比较已没有意义了。真正的意义是数字化录制和传送技术可以使节目内容处理达到模拟方式无法实现的程度。当音频和视频信息被数字化后就成为数据。这些数据与其它任何种类的数据并无什么区别，所以数字音频和数字视频便成

为了计算机技术所涉及的领域。计算机和音频/视频的结合是计算机的发明与脉冲编码调制出现的必然结果。数字化介质可以存储任何类型的信息，所以我们可以很容易地用计算机存储设备来存储数字视频信息。非线性工作站便是这一结合技术的第一个例子，而用模拟技术则是无法实现的。另一个例子便是多媒体，将音频、视频、图表、文字和数据存储在同一介质上。这也是在模拟领域中无法实现的。

1.2 为什么需要压缩

数字视频技术的最初成功是在后期制作应用中，数字视频的高成本被无限制的层次和效果能力所抵销。然而，制作标准数字视频会产生每秒200兆以上的数据，这一数据率要求扩展存储能力和传送带宽。只有降低存储和带宽要求，才能使用数字视频技术，而降低这些要求也正是压缩的目的。压缩是一种使用较少的数据来表现数字音频和视频信息的方法。

压缩有以下的优点：

对于给定的一段源内容而言，只需要较小的存储量。通过高密度录制，如使用磁带，压缩让用户能使用小型化设备和使用电子新闻采集仪(ENC)成为可能。磁带的出现使压缩进一步提高，因为只需少量的磁带便可跳过一段给定的节目内容。另外，随着如RAM那样的高容量介质的出现，压缩又可在新的应用场合中使用。在实时工作状态下，压缩技术降低了所需的带宽。另外，压缩技术允许在介质之间实现比实时更快的传送，比方说在磁带和磁盘之间传送。压缩录制格式只需较低的录制密度，从而降低了录制设备对环境因素和维护的敏感性。

1.3 压缩的应用

压缩技术与电视有很大的关系。交织是一种简单的压缩形式，它使带宽以2:1的比例降低。用色差信号代替GBR信号是另一种压缩形式。由于眼睛对色彩细节并不十分敏感，所以色差信号只需要较窄的带宽。当彩色电视广播出现时，一方面黑白电视的频道结构必须保留，另一方面又在发展复合视频信号。复合视频系统，如PAL、NTSC和SECAM，都是压缩的形式，这是因为它们在进行彩色电视广播时使用的带宽与黑白电视中使用的带宽相同。

图1.1a显示了在传统电视系统中，GBR摄像机信号被转变为用于制作的Y、Pr、Pb分量信号，并通过编码成为用于传输的模拟复合信号。图1.1b显示了在现代电视系统中，Y、Pr、Pb信号经数字化，并在制作过程中以SDI形式中的Y、Cr、Cb信号方式承载，再通过MPEG编码用于传输。很显然，广播工作者会认为MPEG是复合视频信号的一种更高效的替代物。另外，MPEG有更大的灵活性，因为它所需的数据率可以进行调节，以适应不同的应用场合。在较低的数据率和分辨率下，MPEG能够用于电视会议和电视电话。DVB和ATSC(由欧洲和美国首创的数字电视广播标准)如果没有压缩技术就会失去使用的可能性，因为它们所需的带宽会太宽。压缩技术延长了DVD(数字视频/通用光盘)的播放时间，能够在标准尺寸的光盘中存入整部电影。压缩技术也可以降低电子新闻采集的成本，并且可在其它电视制作中发挥作用。

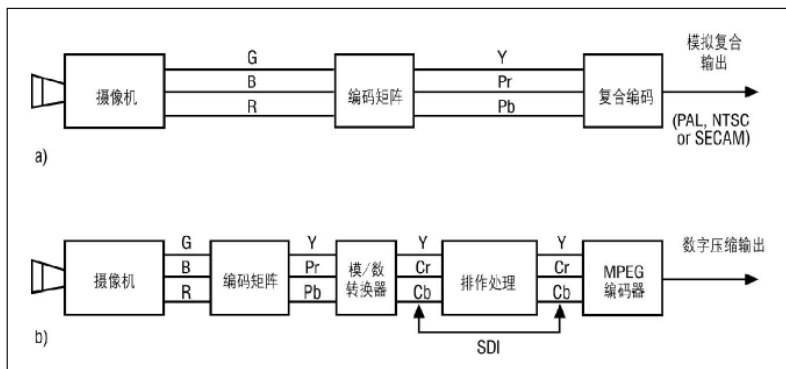


图 1.1

在磁带录制中，适度压缩易于兼容，并增加了数字Betacam 和Digitals 的可靠性。而在SX、DVC、DVCPRO和DVCM中，目标是小型化。在文件服务器和网络(特别是用于新闻目的网络)中使用的磁盘驱动器中，如泰克Profile存储系统，压缩技术降低了存储成本。压缩技术也降低了带宽，可以使更多的用户使用服务器。该特点对VOD(点播视频)应用也很重要。

1.4 视频压缩的介绍

在所有实际的节目内容中有两种信号分量：一种是异常而无法预见的，另一种是可以预见的。异常分量叫作熵，它是信号中的真实信息。余下的部分叫作冗余，因为它不是必需的。冗余可能是空间性的，它位于画面的大片单色区域中，相邻的像素几乎具有相同值。冗余也可能是时间性的，它是连续画面间相似部分使用的地方。所有压缩系统的工作方式都是在编码器中将熵从冗余中分离出来。只有熵被录制或传输，而解码器则计算传输信号中的冗余。图1.2a便显示了这个概念。

理想的编码器会提取出所有的熵，并仅将它们传送给解码器。理想的解码器则会重新制作原始信号。实际上，“理想的”是很难达到的。理想的解码器会很复杂，并会为了使用时间性冗余而造成很长时间的延迟。在某些应用场合中，如录制或播放时，某些延迟是可以接受的，而在电视会议中则不行。在某些情况下，非常复杂的编码器会相当昂贵。也就是说没有一种理想的压缩系统。

实际上，我们所用的各种编码器，都会产生各种处理延迟和复杂性。MPEG的特点在于它不是单个的压缩格式，而是各种标准化编码工具，能够灵活地组合起来以适用于各种应用场合。所进行的编码方式也被包括在压缩数据中，所以不论编码器如何工作，解码器均能自动地进行处理。

MPEG编码被分成具有不同复杂性的几组态，每组态又可根据输入画面的分辨率可在不同的层上加以补充。第二部分将对组态和层进行详细讨论。

我们有许多不同的数字视频格式，每一种有不同的数据率。比如高分辨率系统的数据率可能是标准分辨率系统数据率的六倍。然而仅知道编码器的输出比特率并不十分有用。重要的是压缩系数，即输入比特率对压缩比特率的比值，比如2:1或5:1 等等。

但是所包含的变量数量使确定合适的压缩系数变得非常困难。图1.2a显示的是一个理想的编码器，如果所有熵均被传送，那么画面质量便非常好。但是，如果为了降低比特率而增大压缩系数，那么并非所有熵均被传送，画面质量也就变差了。请注意，在压缩系统中当发生质量损耗时，说明压缩不合理(图1.2b)。如果可用的比特率不足，最好通过降低输入画面的熵来回避该区域。这可用滤波器来实行，因滤波引起的分辨率损耗要比压缩副产物更容易被接受。

为了更好地辨别熵，理想的压缩器要相当复杂。实际应用中的压缩器出于经济上的考虑会不那么复杂，并且必须传送更多的数据以确保承载所有的熵。图1.2b显示了编码器复杂性和性能之间的关系。所需的压缩系数越高，编码器就要越复杂。

视频信号中的熵是会变化的。录制一个新闻发布会上的新闻发言人的节目会有很多冗余，很容易压缩。相反，录制的树叶在风中飘和足球运动员不断移动的节目就没有很多冗余(更多的是信息或熵)，所以压缩起来也就困难得多。不论是哪种情况，如果未能传送所有熵，就会发生质量损耗。所以我们可以选择数据率固定的频道，但质量会发生变化；或者选择质量固定的频道，但数据率会变化。电讯网络操作者根据实际的需要更倾向于使用固定的数据率，但是在增加的延迟可被接受的情况下，可用缓冲存储器对熵的变化进行平均。在录制中，可变速率可以更容易处理。DVD便使用可变速率，提高了存放高难度节目内容的光盘的速度。

帧内编码是一项利用空间性冗余或画面中冗余的技术；而帧间编码则是利用时间性冗余的技术。帧内编码可以单独使用，如用于静止画面的JPEG 标准，或者如在MPEG 中那样与帧间编码一起组合起来使用。

帧内编码依赖于典型图象中的两个特点。首先，并非所有的空间频率会同时出现。其次，空间频率越高则幅度可能越低。帧内编码需要对图象中的空间频率进行分析。该分析是诸如弱波和DCT(离散余弦变换)那样的变换的目的。变换产生描述每个空间频率大小的系数。

一般来讲，许多系数均为零，或接近于零。这些系数可以被省略，从而使数据率降低。

帧间编码则依赖于找到连续画面的相似之处。如果解码器中有了一个画面，那么下一个画面可以通过仅仅发送画面差异来创建。当物体移动时，画面差异会增加，但由于移动物体在画面之间一般不大改变其外形，所以画面差异的大小可以通过运动补偿来抵销。如果运动可以被度量，那么可以通过将前面画面中的部分内容移动到新位置上的方法来创建当前画面中的近似值。这个移动处理过程由通过传送到解码器中的矢量来控制。矢量传送比发送画面差异数据所需的数据要小得多。

MPEG能够同时处理隔行和非隔行图象。一个图象根据时间轴被叫作“画面”，而不论其是一场或一帧。交织作为数字压缩的信号源并不理想，因为其本身便是压缩技术。时间性编码更为复杂，因为一场中的像素在下一场中便处于不同的位置。

运动补偿降低但并未消除连续画面间的差异。画面差异是本身的空间图象，并能用前面讨论过的以变换为基础的帧内编码进行压缩。运动补偿只是简单地降低了差异图象中的数据数量。

时间性编码器的效率随着其能够作用的时间跨度的增加而提高。图1.2c 显示了如果需要高压缩系数，就必须考虑到输入较长的时间跨度，并将产生较长的编码延迟。很显然，时间性编码信号很难进行编辑，因为给定输出画面的内容可能是以一段时间之前发送的图象数据为基础的。制作系统不得限制时间性编码的程度以保证能够进行编辑，这种限制反过来也限制了可使用的压缩系数。

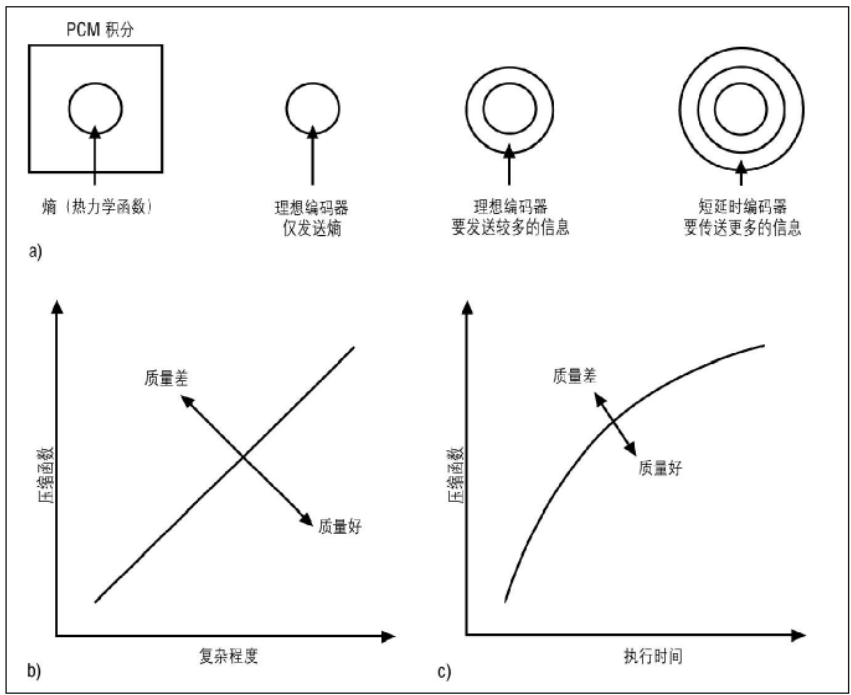


图 1.2

1.5 音频压缩的介绍

PCM 数字音频通道的数据率仅为每秒一兆左右，大约是4:2:2数字视频的0.5%左右。当使用适度视频压缩方案时，如数字Betacam，音频压缩就不必要了。但当视频压缩系数上升时，也就必需压缩音频了。

音频压缩利用了两个事实的优势。首先，在典型的音频信号中并非所有频率会同时出现。其次，由于遮蔽现象使人耳不能辨别音频信号的通过滤波或变换分解音频频谱到各频带中去，并包含了较少描述低电平频带的的数据。同时遮蔽阻止或降低了特定频带的可听度，从而使需要发送的数据变得更少。

音频压缩由于听觉的灵敏度而非象视频压缩那样容易实现。遮蔽仅仅当遮蔽和遮蔽的声音在空间上达到一致时才能发挥作用。空间上的一致性在单音道录制时总能实现，而在立体声录制时便不一定能实现，因为低电平信号如果位于音场的不同部分将仍可能被听到。所以，在立体声和环绕声系统中，对一给定的质量而言可使用较低的压缩系数。另一个使音频压缩复杂化的因素是劣质扬声器的延时共振实际上遮蔽了压缩副产物。用劣质扬声器检测压缩器会产生错误的结果，测试结果相当满意的信号如果用很好的设备去听就可能令人失望。

1.6 MPEG 信号

单个MPEG音频或视频编码器的输出叫作基本数据流(ES)。基本数据流是一个无限接近实时的信号。为方便起见。它在“打包基本数据流(PES)”中又被分割成大小合适的数据块。这些数据块需要报头信息以识别打包数据的开始，还必须包括时间标记，因为打包破坏了时间轴。

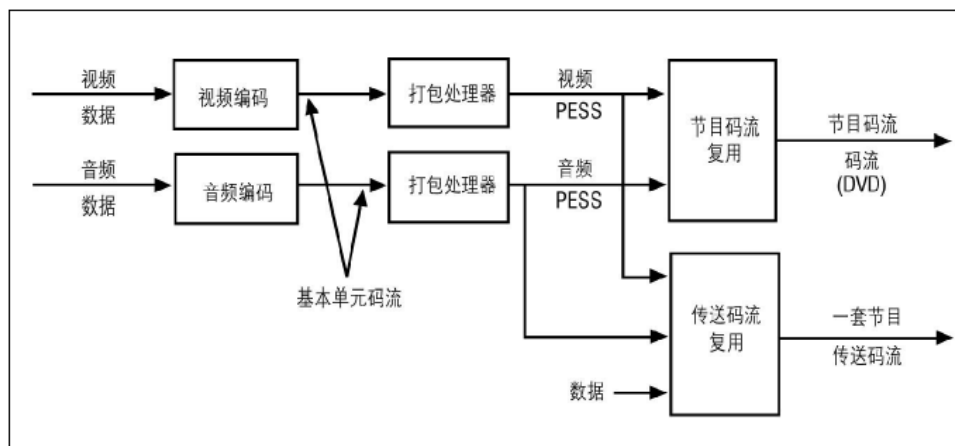


图 1.3

图1.3 显示，一个视频PES 和一些音频PES 能够组合起来形成节目流，只要所有编码器均锁定到同一时钟上。每个PES中的时间标记确保了视频和音频之间的唇同步。节目流含有带有报头信息的各个不同长度的数据包。它们在与光盘和硬盘之间相互的数据传送中发挥着作用，能够传送任意长度的文件，并且没有误差。DVD便使用节目流。对传送和数字广播而言，几个节目和与它们相关的PES

能复合成单个的传输流。传输流与节目流不同，前者中PES数据包进一步分成小的固定尺寸的数据包。并且能承载根据不同时钟编码的多个节目。之所以能够这样做是因为传输流具有节目时钟参考(PCR)机制，允许传送多个时钟信息，并在解码器上选择和再生其中的某一个。单个节目传输流(SPTS)也能这么做，并可在编码器和多路调制器间找到。由于传输流能够强制解码器时钟和编码器时钟同步，所以单个节目传输流(SPTS)比节目流更普遍。

传输流不仅仅是音频和视频PES的复合。除了压缩音频、视频和数据之外，传输流中还含有描述数据流的大量元数据。这包括列出传输流中每个节目的节目关联表(PAT)。PAT中的每一条目与节目映像表(PMT)相对应，后者列出组成每个节目的基本数据流。有些节目是公开的，而有些节目可能要有条件地进入(加密)，这些信息也放在元数据中。

传输流由固定大小的数据包组成，每个有188字节。每个数据包带有一个数据包标识符(PID)。同一基本数据流中的数据包带有相同的PID，所以解码器(或解多路调制器)能够选择其所需的基本数据流，并去除剩余的部分。数据包连续性计数确保收到对数据流进行解码所需的每个数据包。我们需要有一个有效的同步系统，使解码器能正确识别每个数据包的开始，并将数据流转换为字。

1.7 需要监视和分析

MPEG传输流是一个相当复杂的结构，它使用互联表和编码标识器在节目中将节目与基本数据流区分开。在每个基本数据流中都有一个复杂的结构，允许解码器区分矢量、系数和量化表等等。

故障可以分为两大类。在第一类中，传输系统正确地进行复接并将信息从编码器送到解码器，没有误码或增加的抖动，但编码器和解码器本身有错误。在第二类中，编码器和解码器状态良好，但它们之间的数据传输有错误。如果要找到正确的解决办法，就要了解故障是发生在编码器、传输过程，还是解码器中。

同步问题，如同步图案的遗失或中断，会导致无法接收完整的传输流。传输流协议错误会导致解码器不能找到节目的所有数据，或者画面接收到了，但却没有声音。数据正确传送但伴有过度抖动的情况会引发解码器的定时问题。

如果使用MPEG传输流的系统发生故障，那么故障会发生在编码器、多路调制器或解码器中。怎样来区分这些故障呢？首先要确认传输流是否符合MPEG编码标准。如果传输流不符合标准，那么解码器就没问题。如果传输流符合标准，那么就应注意解码器了。

传统的视频检测工具、信号发生器、波形监视器和示波器并不适宜用来分析MPEG系统，而只能保证输入和输出MPEG系统的视频信号质量良好。检测接收设备和解码器必须有可靠的有效MPEG检测信号源。使用合适的分析仪可以对编码器、传送系统、多路调制器和重复多路调制器的性能进行很好的评估。作为在视频工业中长期享有威望的高规格检测设备的供应商，泰克公司正不断地为用户提供检测和测量的方法及技术，使MPEG的用户确信复杂的压缩系统能够正确工作，并可进行快速的故障诊断。

1.8 压缩的缺陷

MPEG压缩在解码时会出现损耗，不能达到与原始内容完全一致。信号源的熵会不断变化。当熵很高时，压缩系统会在解码后留下看得见的副产物。在时间压缩中，我们假设连续画面间有冗余。但当真实情况并非如此时，系统就会发生故障。比如在新闻发布会上闪光灯闪烁时，含有闪光的单个画面与相邻的进画面完全不同，编码副产物便非常明显。

屏幕上不规则运动或几个独立移动的物体需要许多矢量带宽，这种要求可能只有通过降低画面数据带宽才能达到。另外，在电平根据运动不同而变化的地方也会出现看得见的副产物。这个问题在体育节目中经常出现。

不精确的量化会导致亮度轮廓和有污点的色彩，看上去象斑点状阴影和大范围单色内容上的块状现象。从主观上讲，压缩副产物比由模拟电视传送系统引起的相对固定的损害更令人讨厌。

解决这些问题的唯一办法就是降低压缩系数。所以，压缩技术的使用者必须在高压缩系数的经济性和副产物程度之间作出价值判断。

除了增加编码和解码延迟之外，时间性编码也会导致编辑困难。实际上，MPEG数据流根本不能随意编辑。之所以有这种限制是因为一幅画面的时间性编码和解码可能需要前面画面的内容，而前面画面的内容在编辑完成后可能就没法获得了。画面可能需要不按照顺序发送的事实又增加了编辑的困难。

如果使用了合适的编码，编辑仅仅能在空间相对较大的拼接点上。如果需要任意编辑，那么MPEG数据流就必须经过“读改写”处理，而这样做会引起发生损耗。观众对编辑并不感兴趣，但制作者则不得不对所需的编辑灵活性再作一次价值判断。如果需要更大的灵活性，时间性压缩就要降低，并需要更高的数据率。