

# 一种适于 ATM 网络的视频编码技术

陈 霏\* 沈兰荪\*\* 贾文辉\*

\* (中国科学技术大学 合肥 230026)

\*\* (北京工业大学 北京 100022)

**摘要** 本文提出了一种基于子带编码的可变比特率分层编码新算法。它能充分发挥 ATM 网络传输的特点,并对信元丢失这一 ATM 网络的固有缺陷造成的图像质量的下降进行有效的补偿,从而实现高质量的稳定的视频通信。文中给出了编码算法、信元构成的方法以及计算机模拟结果。

**关键词** 子带编码,可变比特率分层编码,信元丢失

## 1 引 言

异步转移模式(ATM)作为宽带综合业务数字网(BISDN)的信息传输和交换模式,对其中的视频通信业务产生了重大影响。它要求视频信号的编码不仅要适应于图像场的统计特性及人眼的视觉特性,还必须充分匹配于 ATM 中业务信息的传输特性<sup>[1-3]</sup>。

首先,ATM 支持可变比特率(VBR)传输。这与视频信源的突发性是一致的,采用 VBR 编码,不仅可以获得由用户(而不是信道)控制的恒定的图像质量,而且节省带宽、减小延时。但另一方面,ATM 网络存在着信元丢失的问题,这将给图像质量带来严重的影响。根据流量控制协议,当信道拥塞时将有大量信元被丢弃。而 ATM 中视频信号的速率通常很高,传输时更易于发生信元丢失,因此,必须研究有效的视频编码方法,在保证图像通信持续的前提下,尽量减小或补偿信元丢失的影响。目前研究较多的是 ATM 网络中的分层编码<sup>[2-5]</sup>。分层的思想就是将编码器的输出划分为不同的优先等级,使信元丢弃局限于低优先级的信元中,保证高优先级信元的正确传输,从而减小由信元丢失引起的图像质量下降。

上述分层编码多是基于离散余弦变换(DCT),本文则基于子带编码,提出一种新的 VBR 分层编码算法。文章第 2 节给出编码算法,第 3 节讨论信元的构成,最后两节是模拟实验结果及结论。

1993-07-29 收到,1994-01-06 定稿

陈 霏 女,1967 年生,博士生,研究领域为 ATM 环境下的图像编码。

沈兰荪 男,1938 年生,教授,博士生导师,现主要研究光栅光谱信号的智能化检测,宽带 ISDN 关键技术以及 VLSI 实时信号处理技术。

贾文辉 男,1969 年生,硕士生,从事宽带 ISDN 关键技术研究。

## 2 编 码 算 法

### 2.1 子带编码

子带编码<sup>[6,7]</sup>的基本思想是将输入信号的频带划分为一系列子带,然后针对不同的子带选择最佳编码方案。其中关键的技术是分析/合成滤波器组的实现,因为它涉及到图像信号的无失真恢复问题。目前文献中多采用正交镜像滤波器(QMF),但是为了实现无失真恢复,滤波器阶数要求较高,使运算量变大,不适于高速图像业务。为此,我们采用对称短核滤波器(SSKF),运算简单,而且能够实现无失真恢复,其参数如下<sup>[8]</sup>:

$$\text{分析} \begin{cases} H_L(z) = \frac{1}{8} (-1 + 2z^{-1} + 6z^{-2} + 2z^{-3} - z^{-4}), \\ H_H(z) = \frac{1}{2} (1 - 2z^{-1} + z^{-2}); \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{合成} \begin{cases} F_L(z) = H_H(-z), \\ F_H(z) = -H_L(-z). \end{cases} \quad (2)$$

通过这组滤波器,系统总的传递函数为 $2z^{-3[8]}$ ,可以看出,它满足无失真恢复。

通常,二维图像的子带分解都是化为一维的分解来实现。首先将输入图像在水平方向通过 $H_L(z)$ , $H_H(z)$ 滤波和减抽样后得到两个频带,再沿垂直方向分别经过 $H_L(z)$ , $H_H(z)$ 滤波和减抽样,一共得到四个子带信号 $LL$ , $LH$ , $HL$ 和 $HH$ 。 $LH$ 表示水平方向低通滤波、垂直方向高通滤波得到的子带,其余以此类推。



图 1 第 13 帧“Cronkite”图像的子带分解

(a) 原始图像 (b) 四个子带图像

图 1 是对一幅 $256 \times 256$ 的灰度图像进行二维子带分解后得到的子带图像( $128 \times 128$ )。显然, $LL$ 带与原始图像很相似,它保留了原始图像的大部分信息,称为基带。其它三个子带称为高频带,它们仅保留了原始图像不同方向的边缘信息。相应地,基带信息的丢失将严重影响重建图像的质量,而高频带信息的丢失只引起轻微的质量下降。这就

是子带编码内在的分层性。

### 2.2 基带信号的编码

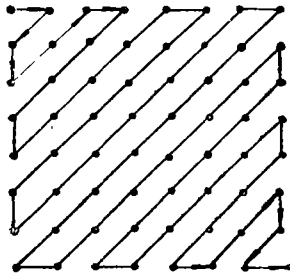
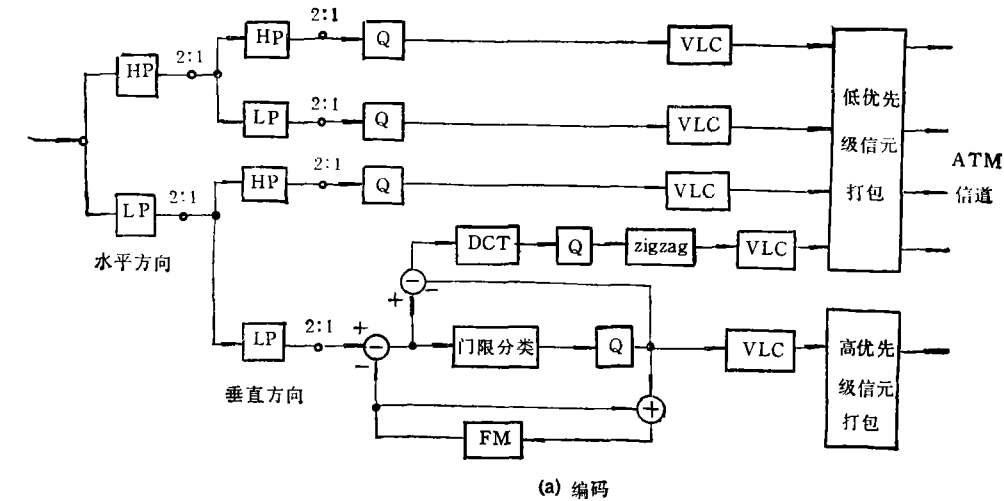


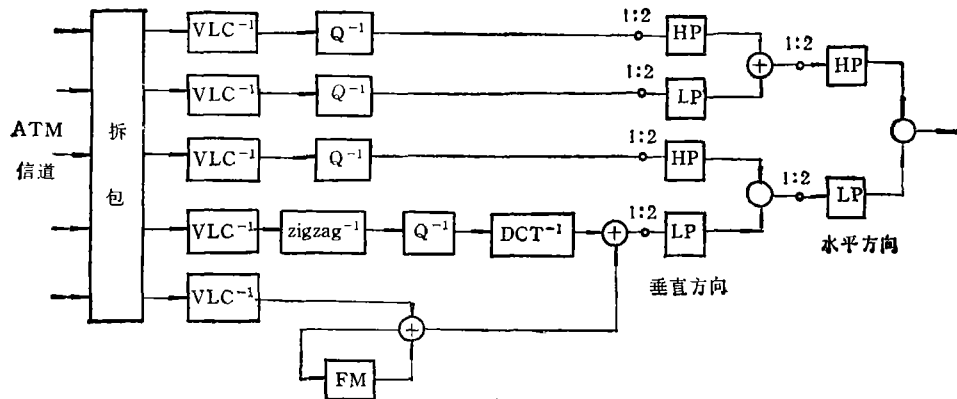
图 2 DCT 系数的 Z 形扫描

基带信号数据量是原始图象的四分之一，如何对其进行压缩，提取出尽可能少的数据量赋予高优先级在传输中加以保护，这是基带编码中首先应考虑的问题。

对序列图像而言，基带信号帧间相关性很强<sup>[9]</sup>，我们采用“条件补传法”对其进行压缩和分层，即仅对帧间变化较大的象素编码，作为高层信息传输。首先，对连续两帧图象求得预测误差图象(帧间 DPCM)，然后将每个象素预测误差的绝对值与一门槛比较，对大于门槛的值按照与该门槛相应的量化步长进行量化，最后通过 Huffman 和游程编码得到高优先级数据。这里，门槛的选取会影响编码压缩率，相应地影响重建图象质



(a) 编码



(b) 解码

图 3 编码、解码系统框图

HP: 高通滤波 LP: 低通滤波 Q: 量化 DCT: 离散余弦变换 FM: 帧存  
VLC: 可变长编码 (Huffman + run-length)

量对高优先级数据的依赖度。应用于 ATM 网络中,可根据图象业务的要求折衷考虑。

作为基带编码的第二步,可以产生一些“增强型”数据作为低优先级信息传输。如果接到这些信息,就能增强重建图象的质量。它们是通过取帧间预测误差与高优先级层之差得到的,实际上就是将未补传的象素点和补传象素点的量化误差作为“残差带”编码传输。这些数据的变化范围很小,采用 DCT 能达到很好的压缩效果。这里我们选用  $8 \times 8$  的 DCT,对变换系数均匀量化。然后,按照图 2 所示的 Z 形扫描将二维数据转化为一维形式,通过 Huffman 和游程编码进一步压缩。由于不能保证低优先级信息在接收端被接收,为防止误差扩散,在接收端进行帧间 DPCM 时仅用到高优先级数据。当然,这样做会使预测效果下降,但由于门限值一般取得不很大,预测效果下降得并不多。

### 2.3 高频带编码

高频带的帧间相关性较弱,特别是 *HH* 带,只有很弱的帧间相关<sup>[9]</sup>。另外,由于高频带数据都作为低优先级传输,若采用帧间编码也会遇到与残差带类似的误码扩散问题。因此这里都采用帧内编码。因为高频带信息对人眼的视觉作用较小,可以对其进行粗糙量化。实验表明,对 *LH* 和 *HL* 带作了 3bit 量化,对 *HH* 带 2bit 量化,重建图象的主、客观评价都比较好。由于高频带大多数值都集中于 0 附近,同样地,经过 Huffman 和游程编码能得到很好的压缩。

图 3 是整个系统的编码、解码框图。

## 3 信元的构成

ATM 中信息的传送是以固定长度的信元为单位进行的。每个信元由 48 字节的信息场和 5 字节的信头组成,在信头中有一位用来标记信元的优先级。为了使信元丢失的影响限制在一个带内,对编码后的数据应分别进行打包,由基带提取出的高优先级数据打入高优先级信元中,而其它各带的的数据则分别构成低优先级信元。

由于采用了 Huffman 和游程等变字长编码方式,使得每个信元中所含码字数是变化的,因此要考虑码字同步问题。我们的办法是使每一信元都包含完整的 Huffman 码字。从需要填充的 Huffman 码流中检测出下一个码字,若其长度长于包中剩余比特位数,则对这一信元剩余比特填 0 后开始打包下一个信元。另外,利用信息场中前两个字节记录该信元第一个码字对应的象素的位置信息。这样就能对所有正确接收的信元进行准确定位。图 4 所示为信元结构。

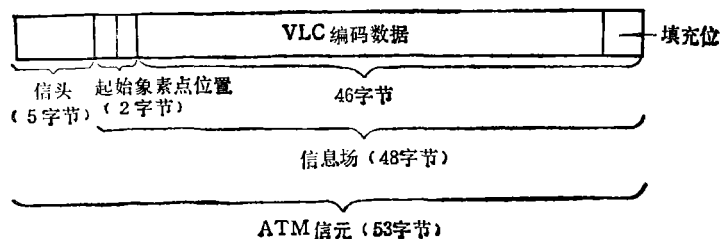


图 4 信元结构

## 4 模拟结果和讨论

我们用计算机模拟了上述编码算法,对国际标准测试图象“Cronkite”的连续 16 帧进行了处理。

表 1 各频带的编码比特率

|                    | 基带中高优先级部分 | 残差带   | LH    | HL    | HH    |
|--------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 平均比特率<br>(bit/pel) | 0.210     | 0.198 | 0.124 | 0.103 | 0.017 |
| 峰值比特率<br>(bit/pel) | 0.286     | 0.222 | 0.141 | 0.105 | 0.021 |

表 1 是编码比特率的模拟结果,其变化曲线如图 5 所示。由此可以看到,高优先级数据量只是原始图象的约 1/40,而它保留了原始图象的大部分信息,仅用它即可重建出质量较好的图象。这里,对图象质量的判定采用了客观和主观两种判定准则。客观判据使用信噪比 (SNR)

$$\text{SNR} = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2}{\left(\frac{1}{N}\right)^2 \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} (y(i,j) - x(i,j))^2} \right) \text{ (dB)}, \quad (3)$$

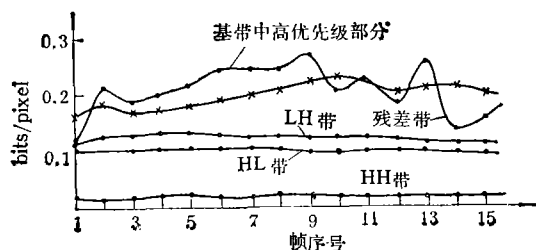


图 5 编码比特率曲线

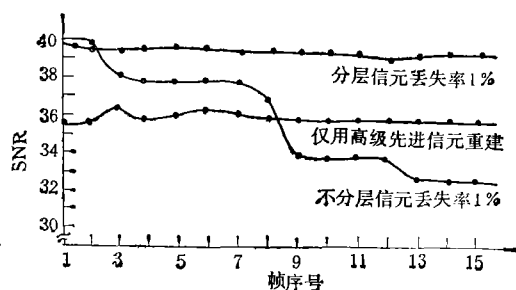


图 6 信元丢失对重建图象质量的影响

其中  $N$  为图象的尺寸,  $x(i,j)$  表示原始图象的灰度值,  $y(i,j)$  对应于重建图象。计算各帧图象的信噪比如图 6 中“仅用高级先进信元重建”的曲线所示,主观上看除了在中灰度值的平滑区域和边缘区域有轻微失真外,得到了很好的重建图象。图 7(a)即是仅由高优先级信元重建的第 13 帧图象。

我们还模拟了信元丢失对重建图象质量的影响。图 6 中“不分层信元丢失率 1%”的线是在没有指定优先级的情况下信元丢失率为 1% 的结果。这时所有频带的数据均可能丢失,我们看到在第 3, 9, 13 帧中出现了急骤的质量下降,对其进行分析发现在这三帧图象中基带信息发生了丢失,这说明了基带数据对重建图象的重要性。主观上看,在这几帧及其后的图象中出现了明显的斑,虽然信噪比并不低,但其主观质量已经很差了(图 7(b))。



图 7 重建的第 13 帧 Cronkite 图象

(a) 仅用高优先级信元 (b) 不分层, 丢失率 1% (c) 分层, 丢失率 1%

在分层情况下总的信元丢失率为 1% 的结果也表示在图 6 中。结果表明, 采用分层结构, 使信元丢失只发生在低优先级信元中, 则重建图象的质量不会出现明显下降(图 7(c))。

## 5 结 论

本文提出了一种基于子带编码的可变比特率分层编码新算法。这种算法有效地克服了 ATM 网络中信元丢失造成的图象质量下降。通过模拟实验, 分别用 SNR 和主观质量评价证实了该算法的优良性能。

## 参 考 文 献

- [1] CCITT: Rec. I. 121, Blue Book, Melbourne, 1988.
- [2] Verbiest W, *et al.* IEEE J. Select. Areas Commun., 1988, 6(9): 1623—1632.
- [3] Zhang Y, *et al.* Proc. IEEE, 1991, 79(2): 214—221.
- [4] Nomura M, *et al.* Signal Processing: Image Commun., 1991, 3(3): 301—311.
- [5] Ghanbari M. IEEE Trans. on Commun., 1992, COM-40(9): 1481—1490.
- [6] Woods J, O'Neil S. IEEE Trans. on ASSP, 1986, ASSP-34(5): 1278—1288.
- [7] Vetterli M. Signal Processing, 1984, 6(2): 97—112.
- [8] Ahmad Fadzil M H, Dennis T J. Signal Processing: Image Commun., 1991, 3(1): 3—21.
- [9] Gharavi H. IEEE Trans. Commun., 1991, COM-39(9): 1288—1291.

## VIDEO CODING SCHEME FOR ATM NETWORK

Chen Pei\* Shen Lansun\*\* Jia Wenhui\*

\*(University of Science and Technology of China, Hefei 230026)

\*\* (Beijing Polytechnic University, Beijing 100022)

**Abstract** This paper proposes a new variable-bit-rate layered coding algorithm based on subband coding. It makes full use of the advantage of variable-bit-rate transmission of ATM networks and has the ability to compensate picture degradation caused by cell loss, thus a high quality stable video communication is realized. The coding algorithm, cell composition method and simulation results are given.

**Key words** Subband coding, Variable-bit-rate layered coding, Cell loss