

运动序列的短期统计特性¹

李学明 门爱东 金子一

(北京邮电大学无线电工程系 北京 100088)

摘 要 本文利用动态图象序列研究了运动序列的短期统计特性,对每个宏块经过压缩后所产生的比特数进行了分析,研究了量化比例因子和量化加权矩阵对短期统计特性的影响.统计结果表明,量化比例因子对每个宏块比特数的概率分布影响最为明显,量化加权矩阵对分布特性的轮廓影响很小,当量化比较精细时图象内容对分布特性的低比特部分影响比较明显,而粗量化时它的影响较弱.

关键词 分组视频,异步转移模式,活动图象专家组

中图分类号 TN919.8, TN913.24

1 引 言

1987 年 CCITT 确定 ATM 为实现 B-ISDN 的核心技术.视频业务作为 B-ISDN 中的主要宽带业务,它在 ATM 网上的传输也成为人们研究的热点之一.作为研究实时活动图象在 ATM 环境下的编解码和传输的新领域——分组视频(packet video)也应运而生.

由于 ATM 网络能传送变比特率(Variable Bit Rate, VBR)业务,分组视频不需要用缓存和反馈环路来调节编码所采用的量化步长,所以分组视频最显著的特点是编码后比特速率是时变的,即它在 B-ISDN 网中是典型的 VBR 业务^[1-3],这种特点使图象序列具有一致的质量.

分组视频速率变化的原因主要有:图象内容(场景)的变化、同一场景内物体的运动,同一帧内图象细节的不同.相应的分组视频的统计特性也分为长期统计特性、短期统计特性和帧内统计特性.分组视频统计特性在 ATM 网络中有重要的作用.首先,由于 ATM 采用统计复接技术^[4,5]来提高网络的利用效率,分组视频在接入 ATM 时必须通知网络有关业务的基本参数如均值、方差、峰值等,以便让网络根据现有的资源决定是否让该业务接入;如果网络允许该业务接入,网络还要根据统计特性来动态地分配带宽^[6];分组视频统计复接预缓存大小的计算和统计复接时延估计也必须要有分组视频统计特性的先验知识,此外在信元丢失分析和网络管理方面都要求知道分组视频的统计特性.

目前人们对于分组视频统计特性的研究主要集中在低速缓慢移动的图象序列方面^[7,8],由于这类图象运动很小,图象呈现出平稳的特性,因而这方面的研究比较多,而对于运动序列的研究就相对少些,本文主要研究在同一场景下运动图象序列所呈现的特性,所采用的图象序列都没有场景切换.

2 分组视频的短期统计特性

我们采用符合 CCIR601 标准的运动图象序列,即每帧图象大小为 720×576 ,数据格式为 4:2:2,视频编码为基于活动图象专家组(Motion Picture Experts Group, MPEG)标准的压缩算法.根据分组视频的特点,在视频编码部分去掉了用于控制输出速率的缓存和反馈环路,采用固定的量化步长;运动矢量估值采用了全搜索的方法,搜索范围为 $[-16, +15]$;编码码流采用

¹ 1995-12-11 收到, 1997-03-18 定稿
国家自然科学基金资助项目

了 MPEG1 的层次结构。由于着眼于短期统计特性的研究，每个宏块 (macroblock) 的比特数是统计的基本单位，对多个不同内容的运动序列进行了统计，每个序列为 2s 的 PAL 视频信号。

2.1 图象内容、量化步长对统计特性的影响

在视频编码中影响图象质量的因素很多，如所采用的压缩算法、量化器的选择等。当压缩算法确定后，图象的质量的要求可以通过调节量化步长来满足。我们所关心的是当量化步长发生变化时分组视频统计特性的变化。图 1 中给出了在不同量化步长时花园图象序列的短期统计特性。图中水平方向表示每一宏块的比特数，垂直方向是它所对应的概率密度，曲线是对该图象序列的每个宏块的比特数统计后获得的。

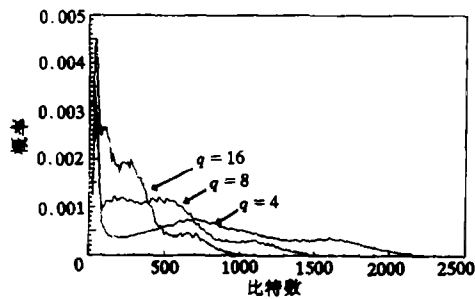


图 1 花园图象序列的短期统计特性

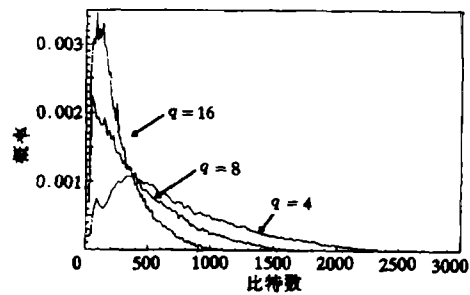


图 2 挂历图象序列的短期统计特性

图 2、图 3 中分别给出了另外两个序列在不同量化步长时的统计特性。

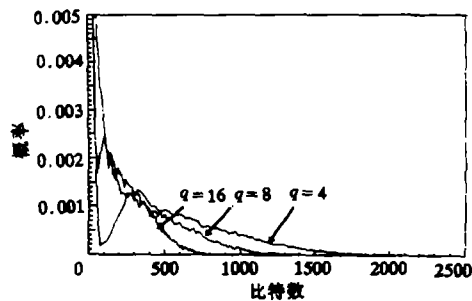


图 3 橄榄球图象序列的短期统计特性

从上面的图中可以看出，不同的图象内容，其短期统计特性并不相同，就是同一图象序列当量化步长 q 不同时其概率分布也不相同。对于同一图象序列， q 越大，概率曲线向低比特数方向压缩，低比特部分的概率增大，高比特部分的概率下降速度加大；当 q 相同时，不同的图象序列概率曲线的轮廓大都相似， q 较小时 ($q=4$) 它们都呈现一种非对称的分布， q 较大时 ($q=16$) 都呈现一种单调下降的趋势，并且下降的速度接近于负指数型。

2.2 加权矩阵对统计特性的影响

在上面的研究中，为了保证图象序列有一致的质量，要求图象序列要采用相同的量化器，即无论是帧内编码还是帧间编码的宏块都采用相同帧内量化加权矩阵和相同的步长计算公式。实验结果表明，当采用单一的帧内量化矩阵时，每一帧图象压缩后的信噪比的波动范围不会超过 1dB。

在 MPEG 标准中，由于对于帧内和帧间的宏块采用了不同的量化加权矩阵，使得 I 、 B 和 P 帧图象的量化有一定的差异，在这种条件下，我们用同样的图象序列进行统计。实验结果表明，这种差异主要影响比特数的绝对值的大小，分布特性的轮廓并没有改变，量化器的比例因子和图象内容对统计特性的影响与前面得到的结论相同。

在分组视频中由于没有反馈控制，而帧间量化器对于高频的量化失真较帧内量化器要小，所以 B 和 P 帧的图象质量应该比 I 帧高。实际仿真的结果也表明 B 和 P 帧的图象信噪比要比 I 帧高 2dB 左右，当然其编码后的比特数也较多。

3 短期特性的描述

上面的统计结果表明, 图象序列的统计特性与多种因素有关, 特别是在精细量化时与图象内容有密切的关系。在实际的应用中由于受输出码流的限制, 图象压缩都不会很细。上述序列在 $q=8$ 和 $q=16$ 时的压缩比和输出速率 (单位为 Mb/s) 见表 1。

表 1

| | 花园序列 | | 挂历序列 | | 橄榄球序列 | |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 压缩比 | 比特率 | 压缩比 | 比特率 | 压缩比 | 比特率 |
| $q=8$ | 5.85 | 21.25 | 6.67 | 18.63 | 10.09 | 12.32 |
| $q=16$ | 10.90 | 11.38 | 13.54 | 9.186 | 19.75 | 6.3 |

由此可见在应用过程中 q 的值通常还要更大才能使码速率进一步降低, 在 q 较大的情况下图象内容对统计特性的影响比较小, 统计特性呈现单调快速下降的趋势, 可以近似地用简单的负指数分布来描述运动序列的短期统计特性。

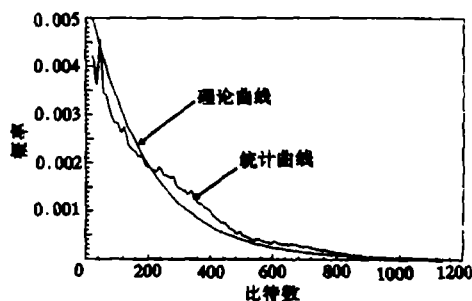
由于每个宏块的比特数不为零, 所以不妨设它的概率密度函数为

$$f(\lambda, x) = \begin{cases} e^{-\lambda(x-\mu)}, & x \geq \mu; \\ 0, & x < \mu, \end{cases}$$

其中 $\mu = x_{\min}$ 。它是每个宏块比特数的最小值。其特征参数为

$$E(X) = \mu + (1/\lambda) \text{ 和 } D(X) = 1/\lambda^2.$$

利用统计获得的均值 $E(X)$ 或方差 $D(X)$ 就可确定负指数分布的参数。图 4 中给出了理论的指数分布曲线和实际的统计曲线。从图中可以看出用负指数分布能够比较好地描述运动序列的短期统计特性。

图 4 $q=16$ 时的概率曲线

4 结 论

本文主要研究了分组视频的短期统计特性以及图象内容、量化步长和加权矩阵对短期统计特性的影响。实验结果表明, 量化加权矩阵对短期特性没有大的影响, 在精细量化时图象内容对统计特性的影响明显, 而当进行粗量化时, 统计特性可以近似地用负指数分布来描述。

参 考 文 献

- [1] Verbiest, et al. Impact of the ATM concept on video coding. IEEE J of SAC, 1988, SAC-6(12):1623-1632.
- [2] Mitsuru Nomura, et al. Basic characteristics of variable rate video coding in ATM environment. IEEE J of SAC, 1989, SAC-7(6):752-760.
- [3] Zhang Ya-Qin, et al. Variable bit-rate video transmission in broadband ISDN environment. Proc IEEE, 1991, 79(2):214-221.
- [4] Karlsson, et al. Packet video and its integration into the network architecture. IEEE J of SAC, 1989, SAC-7(6):739-751.

- [5] Maglaris Basil, *et al.* Performance model of statistical multiplexing in packet video communications. *IEEE Trans on COM*, 1988, COM-37(7): 834-844.
- [6] Pancha, El Zarki. Bandwidth-allocation schemes for variable-bit-rate MPEG sources in ATM networks. *IEEE Trans. on CAS, Video Techn.*, 1993, 3(6): 190-198.
- [7] Daniel P Heyman, *et al.* Statistical analysis and simulation study of video teleconference traffic in ATM networks. *IEEE Trans. on CAS, Video Tech.*, 1992,2(3):49-59.
- [8] Chin H S, *et al.* Statistics of video signal for viewphone-type pictures. *IEEE J of SAC*, 1989,SAC-7(6):826-832.

SHORT-TERM STATISTICAL CHARACTERISTICS FOR MOVING SEQUENCES

Li Xueming Men Aidong Quan Ziyi

(Radio Eng. Dept., Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100088)

Abstract Short-term statistical characteristics of moving sequences is discussed in this paper. To get reasonable results, real time motion image sequences are used, bit numbers of each macroblock after encoding using MPEG(Moving Pictures Experts Group) compression algorithm are analyzed. In the mean time, the effects of quantiser scale and quantiser matrix to the statistical property are also studied. Simulation result shows that quantiser scale plays a important role in the statistical property, while quantiser matrix has little influence. If small quantiser scale is adopted, image contents will affect the probability distribution at low bit end, and its influence decreases as the quantiser scale is relatively large.

Key words Packet video, ATM, MPEG

李学明: 男, 1969年生, 博士生, 主要从事视频图象的压缩与传输.

门爱东: 男, 1966年生, 副教授, 硕士生导师, 主要从事声音、图象的压缩与传输.

全子一: 男, 1929年生, 教授, 博士生导师, 主要从事 HDTV 传输制式的研究及视频图象的压缩与传输.