

H. 263 视频编码流的时域错误掩盖

梁 柱¹⁾ 王兆华²⁾

¹⁾(深圳华为技术有限公司中央研究部多媒体室, 深圳 518057)

²⁾(天津大学电信学院, 天津 300072)

摘要 当 H. 263 编码视频流在 Internet 上传输时, 很容易受到信道错误的影响而丢失数据, 由于数据的丢失不但会影响当前帧, 还会连续传递到以后的解码帧, 而导致图象质量的严重恶化, 因此必须采用一定的措施来消除这种影响. 目前较常用的错误掩盖算法是时域掩盖算法, 而时域掩盖算法是利用参考帧来恢复当前帧损坏的图象数据, 其计算较复杂. 为此, 提出了一种基于块匹配原则的时域掩盖算法, 同时用三步搜索代替完全搜索来降低算法的计算复杂性. 模拟结果显示, 该算法由于能够在很短的处理时间内, 获得较好质量的图象, 因此能适应于视频会议等实时应用的要求.

关键词 错误掩盖 运动估计 块匹配 时域掩盖

中图分类号: TN911.73 **文献标识码**: A **文章编号**: 1006-8961(2002)11-1204-05

Temporal Concealment for H. 263 Encoded Video Stream

LIANG Zhu¹⁾, WANG Zhao-hua²⁾

¹⁾(Multimedia Department of Huawei Technologies Co., Ltd., Shenzhen 518057)

²⁾(School of Electronic and Information, Tianjin University, Tianjin 300072)

Abstract When the compressed bitstream generated by a H. 263 video coder is transmitted over the Internet, it is sensitive to packet loss. Due to the coding structure of the H. 263 video compression algorithm, the packet loss can effect not only the current picture frame but also successive frame so that the quality of the video will be degraded seriously. The error concealment can be used to eliminate the effect. It commonly includes two methods: spatial concealment and temporal concealment. Spatial concealment uses the nearby correct image data of the corrupted part to recovery the image quality. The latter depends on the image data of the previous frame to estimate the lost data. However, spatial concealment will cause the blur of image quality and simple temporal concealment will make obvious artifacts. In this paper, we propose a temporal concealment algorithm based on block-match principle. And in order to reduce the computational complexity, a new three-step search algorithm is substituted for the exhaust search. Simulation results show that the proposed algorithm can produce acceptable quality of picture and can be implemented in the video conference application.

Keywords Error concealment, Motion estimation, Block-match, Temporal concealment

0 引言

随着 Internet 的日益普及, 其上的多媒体应用也随之发展, 而通过 Internet 进行传输的会议电视系统、远程教育系统和远程医疗系统已呈现出广泛的市场应用前景, 但由于 Internet 的带宽限制, 因此

图象数据传输必须采用低码率的视频压缩标准, 如 H. 261、H. 263 等. 实践证明, 通过使用 H. 263 来进行视频编码的会议电视系统能够得到较为理想的图象质量, 也能符合实时双向传输应用的要求.

如果解码器正确地接收了图象序列的每一帧, 那么它就能够重构出需要的图象. 然而, 在实际的传输信道中, 由于错误的发生是不可避免的, 因此, 当

视频编码流在传输过程中丢失或受到破坏时,势必影响传输图象的质量。为了获得质量可以接受的恢复图象,必须实施合适的错误恢复技术。

目前已经可以用一些方法来完成这个过程,如 ARQ(自动再传输请求)、FEC(前向错误纠正编码)和 Interleaving(数据交错)技术^[1],但它们均有一些缺点,如 ARQ 要求存在一条双向信道,而且有可能导致网络拥塞和数据丢失;FEC 要求更多的校验位来进行错误检测和纠正,从而引起码率的增大;而 Interleaving 技术则会导致系统的延时。

另一种可以选择的技术是 Error Concealment,即错误掩盖技术,它应用于解码端,以降低错误的影响,由于图象序列本身就有较强的空间和时间相关性,这就为使用正确接收到的视频数据去预测丢失的数据提供了可能,而且由于该过程是在解码器端完成的,因此不会产生网络的拥塞和延时问题。

错误掩盖方法一般分为空域错误掩盖和时域错误掩盖两类。其中,空域错误掩盖算法是根据当前帧正确接收的信息,用丢失宏块的相邻宏块的数据来恢复遭到破坏的数据,该类方法包括最大平滑恢复和双向内插等,由于空域掩盖算法是假设相邻的图象块中存在强相关性,因此,如果受损块和相邻块处于同一亮度区域,则这些方法会产生较好的掩盖效果,但如果它们处于图象边缘部分,由于亮度变化比较激烈,则会导致图象质量的钝化;而时域掩盖算法则是利用前一帧的图象数据来估计错误数据,即先用邻域宏块的运动矢量来估计受损块的运动矢量^[2],然后用其运动

补偿块来代替受损宏块,该类方法中一种最简单的方法是将受损宏块的运动矢量设为 0,即用上一帧相应位置的宏块来替换当前宏块的数据,这种方法对于图象的静止或运动较小的部分,恢复的图象质量较好,但是对于快速运动区域,以及当出现情景切换时,该方法则会导致出现明显的方块效应,进而造成图象的不连续。另外,重建运动矢量的其他方法还包括运动矢量的线性内插和中值内插法^[3,4]。

由于本文主要针对以数据包形式在 Internet 上传输的 H. 263 编码视频流的错误掩盖问题,因此主要集中讨论时域的错误掩盖算法,为此提出了一种新的通过预测运动矢量来完成错误恢复的技术,该技术主要基于受损宏块与相邻宏块的相似性这一基本原则。该算法能够很容易地扩展到其他编码压缩标准,如 H. 261, MPEG-1, MPEG-2 等。

1 H. 263 解码器的修改

在 H. 263 中,由于采用了可变长编码,以及运动预测和运动补偿,因此如果在解码过程中发现错误,就必须跳到下一个同步字,再继续解码过程,因为在 H. 263 中,最小的同步单元为 GOB,所以当错误发生时,则会引起整个 GOB 数据的丢失。同时,在解码当前帧时,由于要用到前一帧数据作为参考来进行运动补偿,因此前一帧中的错误数据会衍生到当前帧,并且会继续向下传递,直到出现一个 Intra 帧为止。图 1 表示了错误衍生后的结果。

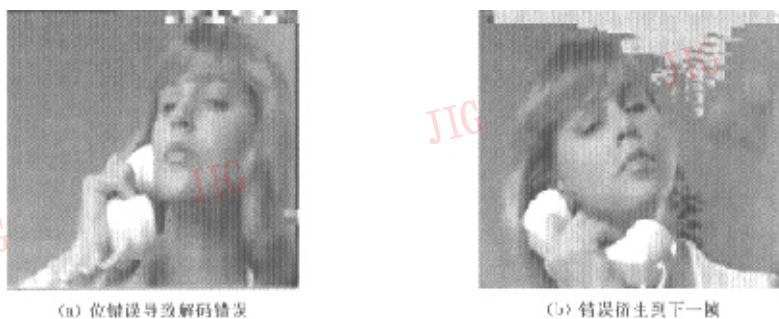


图 1 信道错误对图象质量的影响

由于 H. 263 视频码流是以 UDP 数据包的形式在 Internet 上传输的,包的大小不超过 1500Byte,因此从系统的复杂性考虑,一般一个数据包包含一个 GOB 的数据。如果要求一个包中,包含多个 GOB,则必须将一帧数据分成两个数据包进行打包。可是,从

防止错误的角度考虑,不能在一个包中包含连续的 GOB 数据,因为如果丢失了一个包,则当前帧的连续几行数据都会丢失,从而无法进行掩盖。一种简单的打包算法是一个数据包中含有所有奇数行的数据,而另一个数据包中则含所有偶数行数据。这样当一个包

丢失时,可以利用另一包中的数据来对丢失的数据进行重建.由于本文只考虑一个包中含有一个GOB的情况,因此在错误掩盖过程中所能利用的数据只有上一行和下一行正确接收的数据.

图2是一个修改以后的H.263解码器的功能框图,其中除了错误掩盖模块以外,其他都是标准中的配置.

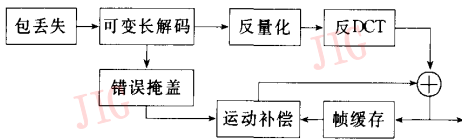


图2 修改以后的H.263解码器

2 时域掩盖技术

2.1 时域替换

最简单的时域掩盖算法就是时域替换法,它假设当前受损的宏块没有发生运动,此时把其运动矢量置为0,即用前一帧相同位置的宏块来代替.很明显,该方法在图象的静止区域会有较好的补偿效果,但对于运动明显的区域,则会造成图象的不连续.

在一般情况下,由于当前宏块与邻域宏块具有相似的运动方向,因此可以利用邻域宏块的运动矢量来估计当前宏块的运动矢量.图3表示了受损宏块运动矢量的重建过程.图中的灰色部分代表该宏块的运动矢量不可用.如前所述,可以利用的是垂直方向上相邻的两个宏块.如果当前宏块的上下两个宏块的运动矢量可用,则可以使用二者的平均值来表示当前宏块的运动矢量,如果只有一个宏块的运动矢量可用,则直接用该矢量来代替当前宏块的运动矢量;如果没有一个可用的运动矢量,则将该运动矢量置为0.

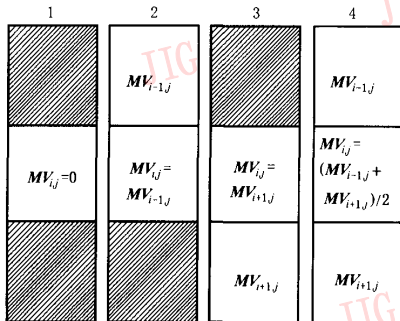


图3 运动矢量的估计

2.2 基于块匹配的时域掩盖

由于以上算法均没有考虑到像素的空间相关性,只是单纯地利用了时域的信息,因此如果邻域块是帧内编码块,则简单地将当前宏块的运动矢量置为0,就会导致图象质量不理想.由于基于块匹配原则的时域掩盖算法不但能够利用时域的信息,而且能够考虑到空域的相关性,因此可以获得理想质量的图象,但这种算法的时间复杂度相对较高.

该算法的具体过程是首先在前一帧建立一个以当前宏块的左上角为中心的搜索区域,同时针对搜索区域中每一个搜索点,确定一个以它作为左上角的 16×16 大小的区域,如图4(a)所示.然后计算该区域与当前帧受损宏块边界像素(图4(b)中用灰色表示)的相似性,最后选择相似性最大的区域作为当前宏块的运动补偿块.相似性用下式衡量:

$$S = \left| \sum_{i=0}^{15} (C_i - P_i) + \sum_{i=0}^{15} (B_i - T_i) \right|$$

式中, C 表示当前帧受损宏块上边界的16个像素的集合, B 表示下边界像素的集合, T 和 P 分别表示前一帧 16×16 区域的第1行像素和最后一行像素集合.

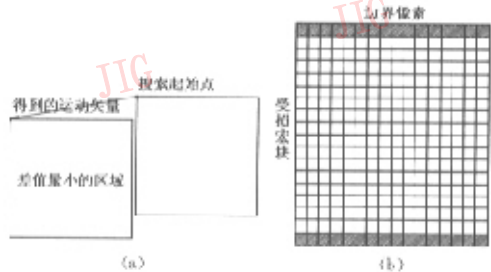


图4 本文建议的时域掩盖算法

算法的目的是在前一帧中,寻找与当前宏块边界像素相关性最高的 16×16 大小的区域,来作为运动补偿块,以便可以较好地避免单纯使用运动矢量进行掩盖所造成的方块效应.由于该算法需要对搜索区域中的所有点计算差值,因此计算量很高.

搜索时,搜索区域可以根据具体情况进行调节,而搜索过程则采用从内向外螺旋式的搜索,且步长可以调节,为了缩短处理时间,本文采用了一种新的三步搜索算法来降低算法的计算复杂性,实验证明,该算法在很大程度上减少了运算时间.图5表示了该算法整个搜索过程.

具体的搜索过程为:

(1) 在图5圆形表示的16个点(当前点除外)

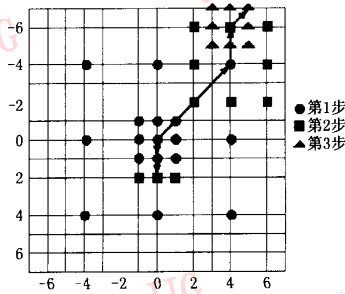


图 5 三步搜索法

中寻找最佳匹配点,其中 8 个点的搜索步长为 1,这些点的集合记为 N ,另外 8 个点的搜索步长为 4,构成的集合为 F .

(2) 如果搜索到的点位于 N 中,则以该点为中心,将搜索步长置为 1,在寻找到最佳匹配点(即图 5 中间部分用方形标注的点)后,转步骤(4);如果搜索到的点位于 F 中,则按照传统的三步搜索法,以搜索到的点为中心,在搜索步长为 2 的 8 个点(图 5 右上角用方形表示的点)中,寻找最佳匹配点;

(3) 以步骤(2)找到的匹配点为中心,在搜索步长为 1 的 8 个点(图 5 中三角形点)中,寻找最佳匹配点;

(4) 搜索过程结束.

图 5 中的箭头走向表示了两种不同的处理情况.

3 模拟结果

为了评测本文建议算法的性能,使用 SUSAN 标准序列图象(当数据丢包率从 0~50%时),进行

了时域替换法、邻域宏块均值法和本文方法的性能测试,测试得到的 $PSNR$ 值曲线如图 6 所示,从图 6 可以看出,本文建议的错误掩盖算法具有比其他方法更高的 $PSNR$ 值,即使在很高的丢包率情况下,不仅恢复图象具有较高的 $PSNR$ 值,同时也能获得质量理想的图象. $PSNR$ 按下式计算:

$$PSNR = 10 \log \frac{255^2}{\sum_i (x_i - \hat{x}_i)^2}$$

其中, x_i 是原始图象的像素值, \hat{x}_i 是相应像素的重建值.

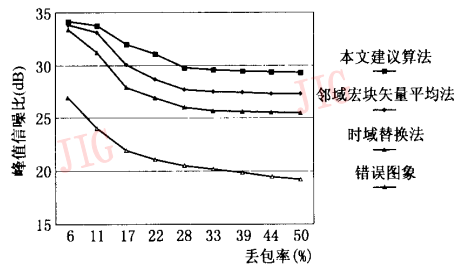


图 6 3 种方法 $PSNR$ 值比较

从主观质量评价来看,将数据包丢失率设置为 50%,即隔一行丢失一行数据,实验时,使用了 4 种错误掩盖算法,分别为时域替换法,邻域宏块运动矢量均值法,用穷尽搜索法和三步搜索法完成的基于块匹配原则的搜索算法,通过计算每个序列的 $PSNR$ 值来评价各种算法重建图象的质量,图 7 显示了错误的 SUSAN 图象和掩盖以后的图象,图 7 (c)使用的是时域替换算法,图 7(d)使用的是上下宏块运动矢量的平均方法,图 7(e)和 7(f)使用的是基于块匹配原则的时域掩盖算法,前者使用的是完



图 7 几种不同算法模拟恢复的 SUSAN 图象

全搜索法,后者使用的是三步搜索法恢复的图象.从图7中可以看到,前两种算法引起了很明显的方块效应,而后两种算法的图象质量则大大改善,其中虽然完全搜索法的图象质量最好,但是十分耗时,而三步搜索法则能够在保证获得较好图象质量的基础上,大幅度地减小处理时间.

4 结 论

本文描述了 Internet 中,丢包问题对视频通信的影响,还介绍了为降低这种影响而采用的时域掩盖算法,本文建议的基于块匹配原则的时域掩盖算法,由于考虑到了图象像素分布的空间连续性,因此能够获得比简单替换和邻域运动矢量平均方法质量更好的图象.在搜寻过程中,利用三步搜索法还大大降低了全搜索算法的计算复杂性.试验证明,在丢包率为 5%的情况下,该算法能很好地抑制丢包造成的影响,并能快速恢复受损图象,从而能够适应实时视频通信的要求.由于三步搜索法的结果直接影响图象处理的效果,因此可以预见,在今后的研究工作中,若对快速搜索算法进行深入研究,将会进一步提高掩盖后的图象质量.

参 考 文 献

- 1 Wang Y, Zhu Q. Error control and concealment for video communication: A review[J]. Proceedings of the IEEE, 1998, 86(5):974~996.
- 2 Aign S, Fazel K. Temporal & spatial error concealment techniques for hierarchical MPEG-2 video coder [A]. In: Proceedings of IEEE International Conference on Communications, (ICC'95)[C], Seattle, 1995:1778~1783.
- 3 Sun H, Challapali K, Zdepski J. Error concealment in digital simulcast AD-HDTV decoder [J]. IEEE Trans. Consumer Electronics, 1992,38(3):108~117.
- 4 Ghanbari V, Seferidis M. Cell-loss concealment in ATM networks [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 1993,3:238~247.



梁 柱 1976年生,2000年获天津大学材料学硕士学位,现为天津大学电信学院信号与信息处理专业博士研究生.研究方向为视频编解码、错误恢复.

王兆华 1937年生,1961年毕业于北京清华大学无线电电子学系电真空专业,现为天津大学电子工程系教授,博士生导师.研究领域为数字图象处理、数字滤波器 etc.