

基于 H. 263 中 PEI 域的视频抗误码方法研究

宋 彬, 常义林, 马林华, 艾 达

(西安电子科技大学 ISN 国家重点实验室, 陕西西安 710071)

摘 要: 本文提出利用 H. 263 中 PEI 域自适应改变前向纠错能力, 保护重同步信息进行误码掩盖, 以及防止误码扩散的一种新颖的抗误码方法. 实验结果表明, 在信道变化和高误码率环境下, 使用本文提出的抗误码方法大大提高了恢复视频的质量. 另外, 该算法与 H. 263 标准兼容, 且没有过多增加信道负担和运算复杂度, 具有实用价值.

关键词: 视频通信; 抗误码; H. 263; PEI 域

中图分类号: TN919.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 08 1226-03

PEI Domain Based Error Resilience Technique for H. 263 Video Transmission

SONG Bin, CHANG Yi lin, MA Lin hua, AI Da

(National Key Lab. on ISN, Xidian University, Xi'an, Shaanxi 710071, China)

Abstract: Based on PEI domain, this paper proposes a novel error resilience technology for H. 263 video transmission. It includes adaptive forward error correction, error concealment and error propagation prevention algorithms utilizing PEI domain. Simulation results show that the video quality is obviously improved using proposed technique over variable and error prone channels. Furthermore, these algorithms are compatible with H. 263 standard, and the presented technology has been used in practice.

Key words: video communication; error resilience; H. 263; PEI domain

1 引言

随着第三代移动通信系统的出现和 IP 网络的迅速发展, 视频通信和多媒体通信正逐步成为通信网络的主要业务. 由于视频通信的数据往往是压缩编码以后的数据, 而压缩以后的数据对误码非常敏感, 造成误码环境下恢复图像质量下降. 由于 H. 263(第二版)^[1]使用了运动补偿技术, 如果视频编码数据在传送时出现误码, 就会影响与该误码数据有时间相关性的数据恢复, 即误码扩散, 它会给后续的视频信号造成不可恢复的损失.

因此, 人们研究了多种视频通信的抗误码方法, 有效抑制了信道误码对恢复视频质量的破坏, 但也有一定的局限性. 采用固定的前向纠错(FEC)方法保护视频码流^[2], 是不能根据实际信道的变化而改变 FEC 的纠错能力; 在传统的误码掩盖算法中^[3], 一旦重同步码发生错误, 解码端就无法对出错的图像数据正确掩盖; 而一般的交互式抗误码方案虽然增强视频编解码端的综合抗误码能力^[4], 但它需要提供专门的反馈信道, 增加了视频通信系统的复杂度.

本文根据 H. 263 码流中 PEI 域的特点, 利用 PEI 域自适应改变前向纠错能力, 保护重同步信息和防止误码扩散. 实验结果表明, 综合使用 PEI 域, 能有效提高视频码流的抗误码能力, 保证恢复视频的质量. 且算法与 H. 263 标准兼容, 已应用于实际的会议电视系统中.

2 PEI 域的描述

H. 263 标准在图像层中定义了图像扩展信息(PEI)和补充增强信息(PSUPP). 根据标准的规定, 如果 PEI 位被置 1, 那么接下来的 9 个比特是 8 比特的 PSUPP 和 1 比特的 PEI, 如果这个 PEI 仍为 1, 那么接下来的 9 个比特依旧是 PSUPP 和 PEI, 依次类推, 直至 PEI 置 0. 本文将 PEI 和 PSUPP 的表示区域统称为 PEI 域. 由此可见 H. 263 中定义的 PEI 域可根据需求存放足够多的用户自定义信息. 对于不支持解析这些用户自定义信息的标准 H. 263 解码器, 检测到 PEI 为 1 后, 自动丢弃后面的 8 比特 PSUPP. 因此, 在 PEI 域内记入有用的自定义信息不会影响基于 H. 263 视频通信系统的兼容性.

本文根据 H. 263 标准对 PEI 域的描述, 在 PEI 域内存放用于视频抗误码的自定义信息, 这样既与标准兼容, 又利于采用有效的抗误码措施来保证恢复视频的质量.

3 使用 PEI 域抗误码方法研究

3.1 自适应前向纠错算法

H. 263 标准建议对视频信号采用 BCH(511, 493)的前向纠错. 但在高误码率环境下, BCH(511, 493)不能完全纠正错误, 因此, 本文使用另外几种 FEC 码: BCH(63, 57), BCH(127, 106), BCH(63, 51), 以及卷积码(2, 1, 6). 第四部分的实验结果中详细比较了上述 FEC 码的纠错能力和冗余度. 由实验结果

可知, 纠错能力越强的 FEC 码比特开销越大, 这就给在带宽受限的信道上实现视频通信带来困难; 而纠错能力弱的 FEC 码又不能保证恢复视频的质量。因此, 本文提出了一种根据解码端的反馈信息自适应调整 FEC 纠错算法。

(1) 首先, 给出一种不需要专门反馈信道的解码信息反馈方法。在双向视频通信中, 通信系统的各个终端都既有编码器, 又有解码器。基于这一特性, 解码端可以将错误宏块位置的信息记入该终端编码码流的 PEI 域中, 发往远端。这样既不占用专门的反馈信道, 又能加快信息反馈的速度。具体的做法是: 如果在解码时检测、定位出误码, 那么在本端的 H. 263 编码码流中将 PEI 置 1 表示有误码存在, 将误码在图像中出现的位置记入后面的 PSUPP 中。以 QCIF (176 × 144 像素) 格式的图像 (共 99 个宏块) 为例, 可以将 8 比特 PSUPP 的最高位置 0, 来标识 PEI 域记录的内容是解码反馈信息, 剩余 7 位用来表示图像中出错宏块 (MB) 的位置。例如, 解码端检测、定位出当前帧第 6 个 MB 和第 76 个 MB 有不可纠的误码, 那么 PEI 域表示的解码反馈信息如图 1 所示。

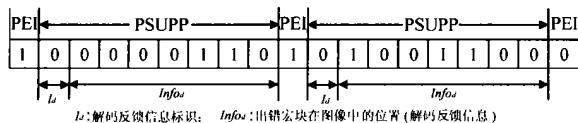


图 1 用 PEI 域表示解码端的反馈信息

(2) 远端收到 PEI 域表示的解码反馈信息后, 记录出错宏块的个数。当一帧图像中出错宏块的个数超过某个特定的门限值 (MB_n) 时, 就要改变 FEC 的纠错能力, 使用纠错能力强的 FEC 码; 否则, 保持原有的前向纠错策略不变。当信道误码率由高变低时, 如果继续使用纠错能力强的 FEC 就会增大了冗余度, 造成信道的浪费, 显然不利于恢复视频质量的提高^[5]。因此, 在连续解码多帧图像 (FR_n) 都未发现出错宏块时, 编码端就使用纠错能力相对较弱、但冗余度低的 FEC 码来进行前向纠错。

3.2 利用 PEI 域的误码掩盖算法

采用自适应前向纠错算法后, 解码端仍有可能出现误码。因此, 要在解码端使用误码掩盖算法来提高恢复视频的质量。在采用误码掩盖之前, 首先要对码流中误码准确检测和定位。接下来, 传统的误码掩盖方法是根据 H. 263 码流中每一个块组 (GOB) 的同步码进行重同步。解码端正确重同步后, 我们对出错宏块使用时/空误码掩盖算法^[6]。

但是如果 GOB 的同步码出错, 就会造成重同步失败, 解码器也就无法正确掩盖出错的图像数据。本文用 PEI 域保护重同步信息, 即使 GOB 的同步码发生错误, 也能准确地重同步到下一个正确的 GOB。其方法如下: 首先, 在编码端将下式计算得到的重同步信息记入 PEI 域,

$$Info_i = \begin{cases} LenGOB_i, & i = 1 \\ LenGOB_i - LenGOB_1, & i = 2, 3, \dots, N \end{cases}$$

式中 $Info_i$ 是第 i 个 GOB 插入 PEI 域的重同步信息, $LenGOB_i$ 是编码后的第 i 个 GOB 的比特数, N 是图像中 GOB 的个数。另外, 为了防止插入的重同步信息与 PEI 域中的解码反馈信息混淆, 本文在 PEI 域中将 PSUPP 最高位置 1, 表示 PEI 域中

保护的信息是重同步信息。这样, 当解码端需要重同步时, 可以根据第一个 GOB 的比特数计算出图像中每一个 GOB 的比特数, 然后在视频码流中准确地重同步到下一个正确的 GOB。该式计算简单, 编码时每个 GOB 的重同步信息只需存入 1~2 个 PSUPP 区域, 而且不依赖 GOB 的同步码。因此, 这种重同步算法简单实用, 没有过多增加信道负担, 能够保证解码端的正确重同步。

3.3 防止误码扩散算法

在高误码环境下, 误码扩散不仅使出错帧的恢复图像质量下降, 而且可能会给后续帧造成不可恢复的损失。因此必须采用防止误码扩散的方法, 保证恢复图像的质量。

利用 3.1 节中给出的解码信息反馈方法, 本文提出一种有效的防误码扩散方法。当接收端在解码时检测、定位出误码, 它就通过 PEI 域将已坏宏块在图像中的位置通知发送端 (这里假设反馈信息无延时传送)。发送端接收到该解码反馈信息, 立刻对图像缓存中出错帧的重构图像做处理: 根据 PEI 域中记录的出错 MB 的位置, 简单地将出错 MB 和同一 GOB 内后续 MB 中的所有像素值指定为一常数, 本文指定该值为零。编码端在计算后继帧的位移估值时, 总是将该宏块中的像素值看成零, 去计算各个假定位移点的匹配函数, 从而找出位移估值。在解码端运动补偿时, 如果有该宏块中的像素点参加预测, 则也将这些受破坏的像素值看成零, 从而有效地防止了误码扩散。

使用这种防误码扩散算法, 编码端既不需要对出现误码的图像进行重新编码也不需要重传被误码破坏的图像, 只是简单地标识了出错帧重构图像的错误宏块, 在解码端无需等待就避免了误码扩散, 保证了恢复图像的质量。另外, 该算法实现简单, 基本没有增加编解码器的运算复杂度。

4 实验结果

本文使用标准图像序列“Miss. America”共 300 帧 (重复 20 次) 进行实验研究, 它是 QCIF 格式, $Y:U:V$ 是 4:1:1。实验中设定信道速率为 16 kbit/s, 目标帧频为 12 frames/s。同时使用峰值信噪比 (PSNR) 作为衡量恢复图像客观质量的测度, 模拟的噪声环境为均匀分布的随机噪声。

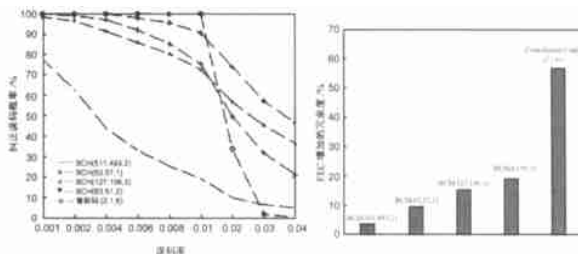


图 2 不同 FEC 码的纠错能力

图 3 不同 FEC 码的冗余度

图 2、图 3 分别给出使用不同 FEC 码保护视频码流的纠错能力和引入的冗余度。由图可知, FEC 码的纠错能力越强, 冗余度越高。因此, 在带宽受限的高误码信道上使用自适应前向纠错算法来保护视频码流, 既能减少信道误码对码流数据的破坏, 又能提高信道的利用率。另外, 通过实验确定 MB_n 为

2, FR_n 为 90.

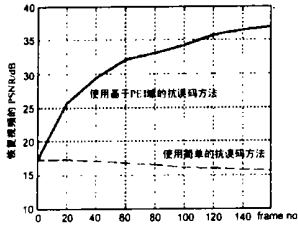


图4 恢复视频的 PSNR

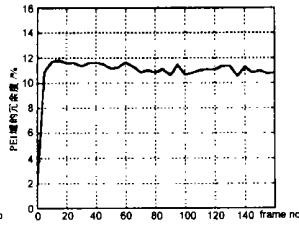


图5 使用 PEI 域在码流中引入的冗余度

接下来,使用本文提出的基于 PEI 域的视频抗误码方法,在误码率为 8×10^{-3} 的信道上进行视频通信.图 4 给出恢复视频的 PSNR,图中简单的抗误码方法是固定使用 BCH(511, 493) 的前向纠错和用前一帧对应位置 GOB 替换的误码掩盖算法.由图 4 可知,使用基于 PEI 域的抗误码方法与简单抗误码方法比较,恢复视频的 PSNR 可以提高 10~20dB.图 5 给出使用基于 PEI 域的抗误码方法后,PEI 域在每帧图像码流中引入的冗余度.从图 5 可以看出,PEI 域引入的冗余度不超过 12%,没有过多增加信道负担.在实验中,虽然由于 FEC 码和 PEI 域的冗余度,造成恢复视频的帧频下降到 9frames/s,但恢复图像的质量大大提高了.

本文在实验中对图像头使用了不等保护策略,以此来保证图像头中 PEI 域的正确性^[6].由于篇幅所限,本文对误码检测、定位和误码掩盖的具体方法未作详细讨论,其机理已另文发表^[6].

5 结论

本文提出了利用 PEI 域自适应改变前向纠错能力、保护重同步信息和防止误码扩散的一种新颖的抗误码方法.由实验结果可知,综合使用上述抗误码算法能够有效地保证恢复视频的质量,没有过多增加信道负担和编解码器的运算复杂度,且该方法与 H.263 标准兼容,已在实际的多媒体通信系统中得到应用.

参考文献:

- [1] ITU Telecom. Standardization Sector of ITU. Video Coding for Low Bit Rate Communication [S]. ITU-T Recommendation H.263 Version 2. 1998.
- [2] Stephan Wenger, Gerd Knorr, Jörg Ott, Faouzi Kossentini. Error resilience support in H.263+ [J]. IEEE Trans On Circuits and Systems for Video Tech, 1998, 8(7): 867-877.
- [3] Yao Wang, Qir fan Zhu. Error control and concealment for video communication: A review [J]. PROCEEDINGS OF THE IEEE, 1998, 86(5): 974-997.
- [4] Jong-Tzy Wang, Paor Chi Chang. Error propagation prevention technique for real time video transmission over ATM networks [J]. IEEE Trans. On Circuits and Systems for Video Tech, 1999, 9(3): 513-523.
- [5] Song Bin, Chang Yilin. Control strategy of subjective video quality over error prone channels [A]. 2000 Inter. Conf. On Communication Technology Proceedings [C]. Beijing: 2000. 962-965.
- [6] 宋彬, 常义林. 基于主观质量控制的数字视频综合抗误码技术 [J]. 电子学报, 2001, 29(7): 952-956.

作者简介:



宋彬男, 1973 年 11 月出生于河南郑州, 1996、1999 年分别获西安电子科技大学通信工程学院学士、硕士学位, 现为西安电子科技大学网络多媒体方向的博士研究生, 主要从事图像压缩和视频通信等领域的研究工作.



常义林男, 1944 年 12 月出生于江苏江都, 西安电子科技大学教授, 博士生导师, 主要研究方向为多媒体通信和网络管理等, 多次获得省部级科技进步奖励, 发表学术论文 80 多篇.