

# 一种新颖实用的交互式视频抗误码方法

宋彬<sup>1</sup>,常义林<sup>1</sup>,马林华<sup>1</sup>,罗忠<sup>2</sup>,王静<sup>2</sup>

(1. 西安电子科技大学综合业务网理论与关键技术国家重点实验室, 陕西西安 710071; 2. 华为技术有限公司, 广东深圳 518057)

**摘要:** 本文提出一种新颖的交互式视频抗误码方法. 首先, 分析了块匹配运动补偿编码方法产生时域误码扩散的机理, 然后, 相应地提出了一种新颖的误码掩盖和防止误码扩散联合方法. 实验结果表明, 使用本文提出的交互式视频抗误码方法能够有效地抑制和防止误码的扩散, 保证了恢复视频质量. 另外, 该算法与 H. 263 + 标准兼容, 具有实用价值.

**关键词:** 视频通信; 误码扩散; 交互式抗误码; 误码掩盖; H. 263 +

**中图分类号:** TN919. 8 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2003) 04-0556-04

## A Novel Method of Interactive Error-Resilience for Video Communication

SONG Bin<sup>1</sup>, CHANG Yi-lin<sup>1</sup>, MA Lin-hua<sup>1</sup>, LUO Zhong<sup>2</sup>, WANG Jing<sup>2</sup>

(1. National Key Lab. On Integrate Services Network, XiDian University, Xi'an, Shaanxi 710071, China;

2. HuaWei Technology Limited Cooperation, Shenzhen, Guangdong 518057, China)

**Abstract:** A novel method of interactive error-resilience for video communication is proposed in this paper. At beginning, the mechanism of error-propagation caused by block-encode algorithm is analyzed. Then, the new method of error concealment and error-propagation prevention is present. Simulation results show that error propagation can be prevented using proposed method of interactive error-resilience for video communication. Furthermore, this method is compatible with H. 263 +, and can be used in practice.

**Key words:** video communication; error propagation; interactive error-resilience; error concealment; H. 263 +

## 1 引言

随着第三代移动通信系统的出现和 IP (Internet Protocol) 网络的迅速发展, 视频通信正逐步成为通信的主要业务. 低比特率视频编码标准 H. 263 +<sup>[1]</sup> 由于使用了运动估值/补偿, 离散余弦变换和可变长编码等高效的压缩编码技术, 已广泛应用于视频通信产品中.

然而, 这些编码技术使得视频码流对信道误码非常敏感, 即使单个原发性错误, 也可能会造成恢复视频质量的急剧下降. 其中, 运动补偿技术是去除时间冗余度的有效编码方法, 但也正是由于运动补偿技术, 使得在解码端, 误码会影响与该误码数据有时间相关性的后续数据恢复, 即时域误码扩散, 它会给后续的视频信号造成不可恢复的损失.

在视频通信抗误码方法中, 人们常常采用误码掩盖技术和交互式防误码扩散方法降低时域的误码扩散影响. 误码掩盖技术<sup>[2,3]</sup>, 尽管能够提高误码环境下恢复图像的质量, 但它们不能彻底消除误码扩散, 而且已有的方法未能准确确定受到误码扩散的位置, 影响了误码掩盖效果. 而采用不等保护算法<sup>[3]</sup>, 不但需要改变视频码流的语法, 而且它也不能避免和抑

制各种头信息以外的数据发生误码. 因此, 人们研究了多种防止误码扩散方法<sup>[4,5]</sup>, 提高恢复视频的质量. 已有的防止误码扩散算法有两点不足之处: 计算误码扩散对后继帧影响的算法复杂, 难以实用; 对于可能受到误码扩散的宏块, 都全部采用帧内编码, 这样大大加重了信道负担, 降低了视频通信效率, 因而也降低了视频通信主观质量<sup>[6]</sup>.

论文详细地讨论了时域误码扩散的机理, 在此基础上提出了一种新颖的交互式视频误码掩盖和防误码扩散算法. 首先, 解码端将检测出的误码位置信息发往编码端, 并对最邻近后继帧 (NF) 的误码扩散进行准确定位及其误码掩盖, 然后通过编解码端的交互, 对继续影响的后继帧 (ANF) 做防止误码扩散. 实验结果表明, 在误码环境下, 使用本文提出的交互式视频抗误码方法能够有效地实现误码掩盖和防止误码扩散, 大大提高了恢复视频的质量, 而且没有过多增加信道负担和编解码端的运算复杂度. 另外, 本文提出的抗误码方法与 H. 263 + 标准兼容, 具有实用价值.

## 2 时域误码扩散的机理

解码端检测到无法纠正的误码, 编码端是不知道这种检

收稿日期: 2001-07-06; 修回日期: 2002-03-18

基金项目: 国家 863 项目 (No. 863-317-04-15-99); 国家自然科学基金 (No. 60172030); 华为科技基金; 综合业务网理论与关键技术国家重点实验室资助课题

测结果的,仍然有可能将这些宏块中数据用于后继帧的运动估值,解码端相应使用这些错误块中数据进行运动补偿,其结果是造成后继帧数据继续错误,这就引起时域误码扩散.图1给出了时域误码扩散的机理.

以 QCIF(176 × 144 像素,共有 99 个宏块)格式的图像为例,如果第  $N - 2$  帧的宏块 38 出错,图 1 则给出了第  $N - 1$  帧和第  $N$  帧可能受误码扩散的影响情况. H. 263 + 中对宏块做运动估值时,运动矢量的搜索范围是  $[-16, 15.5]$ . 因此,可以划定第  $N - 2$  帧的出错宏块 38 在第  $N - 1$  帧的运动补偿中可能影响到的范围  $W^{n-1}$ ,它以宏块 38 为中心向四周扩展 16 个像素,如图 1 第  $N - 1$  帧中虚线围成的区域所示. 如果编码第  $N - 1$  帧时,区域  $W^{n-1}$  内的宏块 39 的位移矢量落在第  $N - 2$  帧的宏块 38 中,那么解码第  $N - 1$  帧时,宏块 39 仍会使用第  $N - 2$  帧出错宏块 38 中的数据进行运动补偿,解码端宏块 39 中的数据继续出错,如图 1 第  $N - 1$  帧中的阴影区域所示. 同理,图 1 第  $N$  帧中虚线围成的区域是第  $N - 1$  帧宏块 39 的出错数据(图 1 第  $N$  帧中斜纹区域所示)在第  $N$  帧中可能影响到的区域  $W^n$ . 另外,图 1 还给出了区域  $W^n$  内宏块 50 中受误码影响的数据,如图中第  $N$  帧阴影区域所示.

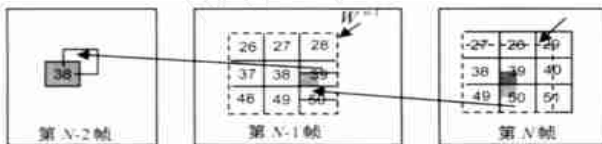


图 1 时域误码扩散的机理

由以上分析可知,出错宏块不仅影响本帧恢复图像的质量,而且会影响后继帧图像的正确恢复,造成恢复视频的质量急剧下降.因此,必须采用有效的抗误码措施,彻底避免时域误码扩散,从而保证恢复视频的质量.

### 3 交互式抗误码方法研究

根据时域误码扩散的机理,本文提出了一种编解码端交互式的误码掩盖、防止误码扩散的联合抗误码方法. H. 263 + 在图像层中定义了图像扩展信息(PEI)和补充增强信息(PSUPP),本文将 PEI 和 PSUPP 统称为 PEI 域,这是一个用户自定义域.交互式抗误码,需要收发双方的信息交互.一般视频通信是双向的,因此解码端可以使用 PEI 域向编码端传达解码反馈信息,而不需要专门的反馈信道.

#### 3.1 解码端的误码掩盖

首先,如果解码第  $N - 2$  帧时检测定位出误码,那么解码端根据宏块的不同编码类型,使用文献[2]或[3]中给出的误

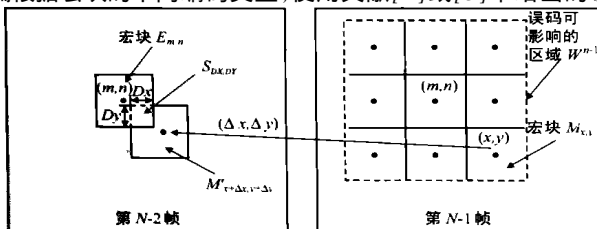


图 2 计算误码对第  $N - 1$  帧的影响

码掩盖算法对出错宏块进行误码掩盖,并将出错宏块的位置信息填入本端编码码流的 PEI 域中发往编码端.

然后,在解码 NF 帧时,首先是计算出前帧误码对该帧影响的准确位置,定位方法如图 2 所示. 图 2 假设已知第  $N - 2$  帧的宏块  $E_{m,n}$  出错,下标  $m, n$  代表宏块中心点的位置坐标. 由时域误码扩散的机理可知,出错宏块  $E_{m,n}$  在第  $N - 1$  帧中可能影响的区域为  $W^{n-1}$ ,因此,在计算第  $N - 1$  帧受误码影响的程度时,只需计算区域  $W^{n-1}$  内的 9 个宏块.

下面以第  $N - 1$  帧中宏块  $M_{x,y}$  为例,准确计算其受误码扩散的影响程度:

第一步 计算宏块是否受误码影响. 假设已知  $M_{x,y}$  的位移矢量为  $(x, y)$ ,则在  $N - 2$  帧中  $M_{x,y}$  的预测宏块为  $M_{x+x, y+y}$ ,其中心点与  $E_{m,n}$  中心点的坐标差值为:

$$\begin{cases} x = x + x - m \\ y = y + y - n \end{cases} \quad (1)$$

然后,判断以上差值  $x, y$  的绝对值是否小于 16. 如果  $|x|, |y|$  同时小于 16,宏块  $M_{x,y}$  就受到  $E_{m,n}$  的误码扩散;否则,该宏块不受误码影响.

第二步 计算宏块受误码影响程度. 假设宏块  $M_{x,y}$  中受误码扩散区域的宽度和高度分别为  $DX, DY$ :

$$\begin{cases} DX = 16 - |x| \\ DY = 16 - |y| \end{cases} \quad (2)$$

进而将  $DX, DY$  相乘可得宏块  $M_{x,y}$  受误码扩散影响区域的大小  $S_{DX, DY}$ .

第三步 确定受误码影响的宏块准确位置. 根据位移值定义<sup>[1]</sup>可知:

$$\begin{cases} x = 0, \text{宏块由右向左受误码影响} \\ x < 0, \text{宏块由左向右受误码影响} \\ y = 0, \text{宏块由下向上受误码影响} \\ y < 0, \text{宏块由上向下受误码影响} \end{cases} \quad (3)$$

确定了受误码扩散的准确位置后,则进行误码掩盖. 本文使用与区域  $S_{DX, DY}$  四周最邻近的正确像素值对区域  $S_{DX, DY}$  内的每一个像素点做插值<sup>[3]</sup>. 同理,对区域  $W^{n-1}$  内的其它宏块重复上述准确误码定位和数据掩盖过程,完成对第  $N - 1$  帧的误码掩盖.

从以上过程不难看出,本文提出的误码掩盖算法不仅对出错宏块进行误码掩盖,而且对 NF 帧中受误码扩散影响的区域进行准确定位和数据掩盖,这样,就有效地提高了解码端恢复图像的质量.

#### 3.2 快速防误码扩散算法

由图 1 中给出的例子可以看出,如果不使用有效的防误码扩散措施,时域的误码扩散会造成解码端恢复视频的质量急剧下降. 即使对出错帧和受误码扩散影响的 NF 帧使用 3.1 节中给出的算法进行误码掩盖,在 ANF 帧中仍不能彻底避免误码扩散,造成恢复视频质量的继续下降. 因此,本文在前面误码掩盖的基础上,继续进行防止误码扩散.

运动补偿,实际上是帧间预测编码. 因此,要消除解码端(为以后叙述方便,简称为 B 端)的误码扩散,在远端(A 端)编码时同样需要准确定位误码扩散对 NF 帧的影响. 由于 A 端

在第  $N$  帧编码前,已经从 PEI 域的解码反馈信息中解析知道 B 端第  $N-2$  帧的宏块  $E_{m,n}$  出错,那么利用 3.1 节中给出的算法,A 端同样能准确计算出 B 端  $E_{m,n}$  对第  $N-1$  帧的影响. A 端在计算出 B 端第  $N-1$  帧中受误码影响的区域  $S_{DX,DY}$  后,则将对对应位置  $S_{DX,DY}$  所有像素值置为一个常数去屏蔽误码,该常数为 A 端和 B 端双方约定值. 本文将该常数设定为零. 这时,在 A 端计算第  $N$  帧的位移估值时,总是将第  $N-1$  帧中区域  $S_{DX,DY}$  内的像素值看成零,去计算找出各个宏块的位移估值. B 端对第  $N$  帧解码时,根据约定,总是将  $S_{DX,DY}$  区域内像素值看成零,去进行运动补偿,从而有效地防止了误码扩散.

由以上分析可以看出,使用本文提出的防误码扩散方法,编码端不需要对当前编码帧中受误码扩散影响的宏块进行帧内编码刷新,只是准确地计算出 NF 帧中受误码扩散影响的区域,并对区域内的像素值进行简单标识,解码端从 ANF 帧开始就有效地避免了误码扩散,保证了恢复视频的质量. 另外,这种算法只需在编码端存储每一帧图像的位移矢量,就能快速准确计算出误码扩散对 NF 帧的影响,从而大大降低了编码器的运算复杂度.

#### 4 实验结果

本文使用标准图像序列“Susie”共 300 帧(重复 20 次)进行实验研究,它们是 QCIF 格式, Y:U:V 是 4:1:1. 实验中设定信道速率为 36kb/s, 目标帧频为 16 帧/s, 用峰值信噪比 (PSNR) 作为衡量恢复图像客观质量的测度. 同时使用 Gilbert 马尔可夫模型来模拟实际的无线信道<sup>[7]</sup>, 其中设定误码的平均突发长度为 24, 平均误码率为  $10^{-3}$ . 本文主要比较了下列不同视频抗误码方法的实验结果:

- (1) 只使用 H. 263 + 建议的前向纠错码 BCH(511, 493) (FEC);
- (2) 使用 FEC 和文献[3]中给出的误码掩盖算法 (EC);
- (3) 使用 FEC 和第 3.1 节给出的误码掩盖算法 (AEC);
- (4) 使用 FEC 和本文提出的交互式视频抗误码方法 (IER).

图 3、图 4 分别给出使用 EC 和 IER 算法后, 序列第 71 帧的解码重构图像. 从图中可以看出, 使用 IER 算法后恢复图像的主观质量有明显提高(尤其在眼睛、手等部位), 这主要是由于 IER 方法对误码扩散准确定位及采用了防止误码扩散措施产生的效果.



图 3 使用 EC 算法



图 4 使用 IER 算法

为了进一步研究论文所提方法的有效性,表 1 给出了使用不同抗误码方法时解码端恢复视频的平均 PSNR. 从表中可

以看出,使用 AEC 算法对受误码影响的 NF 帧进行误码掩盖,恢复图像的 PSNR 比 EC 算法提高了 1dB. 由此可知,对 NF 帧中受误码扩散的区域进行准确误码掩盖是非常必要的. 在 AEC 算法基础上,采用防止误码扩散措施,IER 方法较 AEC 方法信噪比又提高了 2dB. 在误码环境下,与只使用 FEC 方法比较,使用本文提出的交互式视频抗误码方法,恢复视频的 PSNR 可以提高 7dB 以上,有效地保证了恢复视频的质量.

#### 5 结论

本文在详细讨论时域误码扩散机理的基础上,提出了一种新颖的交互式视频误码掩盖和防误码扩散算法. 根据通信过程,首先,通过一种高效的编解码端交互方式,解码端将误码位置信息反馈给编码端,并对误码宏块进行误码掩盖;当误码后的最邻近帧到来时,根据给出的方法准确计算出最邻近帧的误码扩散位置,对其进行误码掩盖;根据约定,编码端和解码端同时对最邻近帧受误码扩散区域做误码屏蔽,从而有效地防止了后继帧误码扩散. 实验结果表明,在误码环境下,这种交互式视频抗误码方法能够有效地抑制误码扩散,保证恢复视频的质量. 该算法与 H. 263 + 标准兼容,和课题组研制的几种其它视频抗误码方法综合在一起,可应用于实际视频通信系统中.

另外,本文提出的算法仅适用于一对一的双向视频应用,如可视电话等,而一对多点的视频抗误码方法将是我们今后研究的重点.

#### 参考文献:

- [1] ITU-T Recommendation H. 263 Version2. Video Coding for Low Bit Rate Communication [S].
- [2] YAO WANG, QIN-FAN ZHU. Error Control and Concealment for Video Communication: A Review [J]. Proceedings of the IEEE, 1998, 86(5): 974 - 997.
- [3] 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.
- [4] Eckehard Steinbach, Niko Färber, Bernd Girod. Standard Compatible Extension of H. 263 for Robust Video Transmission in Mobile Environments [J]. IEEE Trans On Circuits and Systems for Video Tech., 1997, 7(6): 872 - 881.
- [5] Pao-Chi Chang, Tien-Hsu Lee. Precise and Fast Error Tracking for Error-Resilience Transmission of H. 263 Video [J]. IEEE Trans On Circuits and Systems for Video Tech., 2000, 10(4): 600 - 607.
- [6] Song Bin, Chang Yilin. Control Strategy of Subjective Video Quality over Error-prone Channels [A]. WCC 2000. ICCT 2000 [C]. Beijing: ICCT, 2000. 962 - 965.
- [7] M Zorzi, R R Rao, L B Milstein. ARQ Error Control for fading mobile radio channels [J]. IEEE Trans Veh. Technol., 1997, 46: 445 - 455.

## 作者简介:



宋彬 男,1973年11月出生于河南省郑州市,1996、1999、2002年分别获西安电子科技大学通信工程学院学士、硕士和博士学位,现为西安电子科技大学通信工程学院讲师,主要从事图像压缩和视频通信等领域的研究工作,发表学术论文十余篇。



常义林 男,1944年12月出生于江苏省江都市,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。

马林华 男,1965年10月出生于陕西省汉中市,1991年获空军工程大学工程学院硕士学位,现为西安电子科技大学网络多媒体方向的博士研究生,主要从事无线视频通信等领域的研究工作。

罗忠 男,1969年1月出生于陕西省西安市,1991、1996年分别获西安交通大学自动控制学士、博士学位,现为深圳华为技术有限公司多媒体部高级技术专家,主要从事图像压缩和视频通信等领域的研究工作。

王静 女,1967年9月出生于陕西省兴平市,1992、1995年分别获西安交通大学生物医学工程与仪器硕士、博士学位,现为华为公司多媒体视音频软件研究部经理,主要从事视频通信等领域的研究与开发工作。

(上接 543 页)

(三)正文编排用小5号宋体字(但作者投稿时字体可稍大),文章可分段落,但一律不用各级标题,文中所用计量单位,一律按国际通用标准或国家标准,并用英文书写,如 $\text{km}^2$ , $\text{kg}$ 等,面积请勿用“亩”表示,而要换算为公顷,用 $\text{hm}^2$ 表示,文中年代、年月日、数字一律用阿拉伯数字表示。

(四)文摘后可附5条以内参考文献,“参考文献”四字用小5号黑体居中;文献书写格式如下:

1. 书:作者姓名·书名·出版社名,出版年月,页码(如有两个以上作者,作者间用逗号分开)。
2. 期刊:作者姓名·文章名·期刊名,年份,卷(期)、页码。

(五)作者简介附在参考文献下方,“作者简介”四字请用小5号黑体字左起顶格排,后空一格,接排简介内容,作者简介50字以内,包括姓名、出生年月、工作单位、职务职称、专业领域、地址、邮编、电话、传真、E-mail。

(六)如在学术刊物上公开发表过的文章请在简介下面加注,注明文章发表日期、题目、刊物名称、出版单位,注文字体用6号宋体。

#### 五、征文截止日期及投递方式

论文作者需填写论文摘要登记表,连同软盘和清样稿各1份,于2003年4月30日前直接送交学术年会各个会场牵头

组织单位,各牵头单位将经审定后所推荐的所有论文摘要软盘1张、文章清样稿各一份及录用论文摘要登记表,于5月15日前送(或寄)至中国科普作家协会(以北京收到邮戳为准)。

#### 六、征文注意事项

- (一)文稿请用word录入排版。
- (二)请作者提交软盘和1份文稿清样,论文摘要未被入选者,请各牵头单位负责通知作者或退稿;论文摘要被入选者,软盘将不再退还。
- (三)邮寄件请标明“中国科协2003年学术年会征文”字样。

#### 七、联系方式

- (一)中国科协  
电 话:(010)68515739 68518822—21814  
联系人:李慧政 赵崇海
- (二)中国科普作协  
地 址:北京海淀区学院南路86号  
邮 编:100081  
电 话:(010)62195493 62103258  
传 真:(010)62195493  
联系人:王文静 孟 雄
- (三)各个会场牵头单位