

基于 H. 264/AVC 的自适应时域错误隐藏算法

王磊¹, 韩倩²

(1. 电子科技大学, 成都 610041; 2. 中国人民解放军 95486 部队, 成都 610041)

摘要: 为了简单且有效地估计出丢失宏块的运动矢量, 针对 H. 264/AVC 的特点, 提出一种自适应时域错误隐藏方法。算法充分利用丢失宏块周围宏块及 8×8 子块的运动矢量信息, 自适应地选择划分方式, 因此对丢失宏块有更好的恢复效果。实验结果验证了该方法的优越性。

关键词: 视频压缩; H. 264/AVC; 时域错误隐藏; 运动矢量估计

中图分类号: V271.4; TP37 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-637X(2013)11-0097-03

An Adaptive Temporal Error Concealment Method Based on H. 264/AVC

WANG Lei¹, HAN Qian²

(1. The University of Electronic Technology, Chengdu 610041, China; 2. No. 95486 Unit of PLA, Chengdu 610041, China)

Abstract: An adaptive temporal error concealment method is proposed based on H. 264/AVC in order to efficiently estimate the motion vectors with lost macro blocks. The method makes full use of the motion vector information of the blocks around the lost blocks, and can adaptively choose different algorithms to conceal errors according to the division. Experiments show that the visual quality of corrupted video is efficiently improved with the proposed method.

Key words: video compression; H. 264/AVC; temporal error concealment; motion vector estimation

0 引言

国际视频压缩标准采用运动补偿、基于块的 DCT、熵编码等方法来最大限度地降低了视频信号中的空间和时间冗余,但在增加压缩效率的同时,压缩后的码流抵抗差错的能力却非常脆弱。一个比特的错误可能导致后面很多比特无法正确解码,并且这些错误还可能传播到后续帧造成扩散^[1]。错误隐藏在解码端进行,无须改变码流结构,不额外增加开销,可以在一定程度上减少误码扩散的影响。

视频压缩编码多采用帧间编码,因此,时域错误隐藏技术是错误隐藏技术中采用最多的一种方法。时域错误隐藏技术主要利用了帧间冗余信息来进行错误恢复,首先通过某种算法估计出丢失的运动矢量,然后在参考帧中寻找与当前块相似的宏块来代替,因而,其关键的步骤就是如何合理地重构出错误宏块的运动矢

量。基于图像序列中物体的运动具有空间连续性和时间连续性,陆续出现了许多算法^[2-5],但原理基本相似。本文基于国际视频压缩标准 H. 264/AVC 的特点,提出一种自适应时域错误隐藏算法。算法充分利用丢失宏块周围 8×8 块的运动矢量信息,划分丢失宏块的运动矢量相似区域,再根据划分情况自适应地选择错误隐藏算法,因此对错误码流有较好的恢复效果,且运算量小。

1 自适应时域错误隐藏

视频图像中,全局运动的整个画面或同一运动物体,这其中的宏块运动基本一致,也就是说这些宏块的运动矢量具有空间连续性,但当运动物体相对于背景运动,此时位于物体内部的块和背景中的块的运动矢量一般会存在较大差异,运动矢量会出现突变。这说明相对于背景运动的物体边缘会产生运动矢量不连续块,运动矢量不连续的地方被称为视频内容分裂处^[6],在同一个运动物体内部的宏块运动矢量又具有空间连续性,根据这个思想,可以划分出具有相似运动矢量的区域,再在相似运动矢量区域内插值估计丢失的运动矢量。这样估计出的运动矢量更接近于真实的运动矢量。H. 264/

AVC 标准的帧间预测基于已编码视频帧,仍采用基于块的运动补偿预测模式,其帧间预测不同于以往标准的是其运动补偿块大小可变,并且采用了多参考帧和亚像素运动矢量估计,每个宏块(16×16 像素)可划分为不同大小的子宏块(16×16、16×8、8×16、8×8、8×4、4×8、4×4)分别进行运动补偿,每个块都有独立的运动矢量。本文采用 8×8 子块的模式。

因为视频内容分裂处的运动矢量不具空间连续性,会发生突变,因此利用丢失宏块周围 8×8 子块运动矢量可以检测出视频内容分裂处。丢失宏块及其相邻块位置关系如图 1 所示。

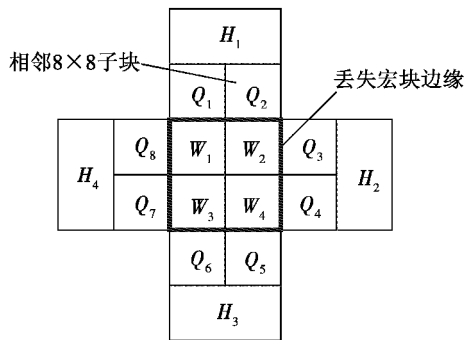


图1 丢失宏块与周围邻块位置关系

Fig.1 The lost macroblock and its neighboring macro blocks

因为需要邻块的运动矢量信息,首先检测丢失块周围的邻块 $H_1 \sim H_4$ 是否可用。如相邻块均不可得,直接使用零矢量恢复受损块;如丢失宏块周围存在可用宏块,则将所有可用邻块的运动矢量信息记录下来并计算邻块的运动矢量中值^[7]。如中值很小,说明当前区域是背景区域或者静态物体,使用 0 矢量进行补偿;否则进行运动矢量预测。进行运动矢量预测时,检测周围邻块是否划分为子宏块模式,如相邻块有划分为子宏块模式的,则丢失宏块划分为 8×8 子块模式;反之则宏块整体隐藏。宏块整体隐藏时直接采用边界匹配算法。

1.1 相似区域的划分

本节给出了进行子块模式运动矢量预测时,利用丢失宏块周围 8×8 子块运动矢量划分运动矢量相似区域的方法。视频图像中运动的物体或全局运动的整个画面,其运动有水平运动同时也有竖直运动,因而运动矢量既包含水平分量又包含竖直分量。设水平方向运动矢量为 MV_x , 竖直方向运动矢量为 MV_y , $\lambda = MV_x/MV_y$, $\alpha = \arctan \lambda$, α 即为运动矢量方向角^[8](如图 2 所示)。

设两个运动矢量方向角的角度差值为 $\Delta\alpha$, 通过 $\Delta\alpha$ 的值可判断视频内容分裂处。 $|\Delta\alpha|$ 的值越大,说明相邻 8×8 子块运动矢量不连续,出现突变,由此判断视频内容分裂处。经反复实验,在 $|\Delta\alpha| \geq 22.5^\circ$ 时,判断存在视频内容分裂处。首先检测丢失宏块上方

Q_1 与 Q_2 的运动矢量方向角角度差值,依次再检测 Q_3 与 Q_4 , Q_5 与 Q_6 , Q_7 与 Q_8 。

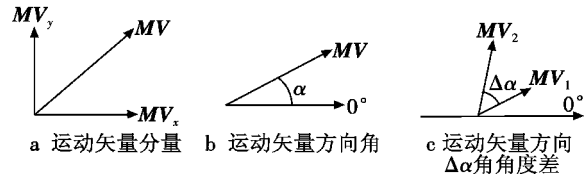


图2 运动矢量示意图

Fig.2 The schematic of the motion vectors

依次寻找出丢失宏块四周的视频内容分裂处后,即可划分相似区域,以图 3 所示为例。

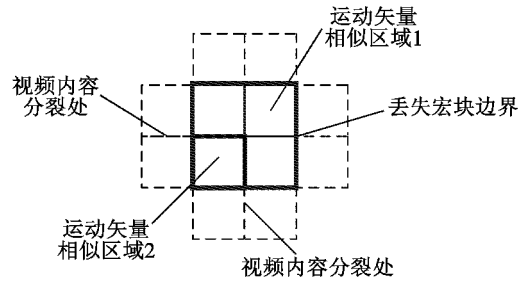


图3 运动矢量相似区域的划分

Fig.3 The division of the MVs' resemble area

1.2 子宏块模式时的图像错误隐藏

划分出具有相似运动矢量的区域后,在相似运动矢量区域内插值估计丢失的运动矢量。分别以无视频内容分裂处和存在视频内容分裂处两种情况进行图像错误隐藏。

1) 无视频内容分裂处。

当寻找结果为无视频内容分裂处时,说明丢失宏块及周围子块同为运动背景或同一运动物体内部。这时丢失宏块的运动矢量与周围子块的运动矢量具有运动矢量连续性,可以用周围子块的运动矢量来重构。无视频内容分裂处时,为减小运算量,以宏块为单位进行错误隐藏,不划分为 8×8 的子块。指定运动矢量候选集为丢失宏块周围 8 个 8×8 子块的运动矢量。估计出运动矢量集后,进行匹配块的寻找和丢失块恢复。

2) 存在视频内容分裂处。

当寻找结果为存在视频内容分裂处时,丢失宏块分为 4 个 8×8 子块分别进行错误隐藏,错误隐藏的顺序为 W_1, W_2, W_3, W_4 。 $W_1 \sim W_4$ 的运动矢量候选集估计过程如下。

① 判断 W_1 相邻可用块。可用块是与当前块相邻,属于同一相似区域且运动矢量已知的块。如果存在可用块,取所有可用块运动矢量和零运动矢量作为 W_1 估计的运动矢量集,估计出运动矢量集后,进行匹配块的寻找和丢失块恢复;如不存在可用块,直接使用零运动矢量恢复。

② W_1 恢复后,将 W_1 从未知块集合纳入已知块集合,再恢复 W_2, W_2 的错误隐藏过程如 W_1 。

③ 依次类推, W_3, W_4 均由此进行错误隐藏。

2 试验流程及结果

试验流程如图 4 所示。

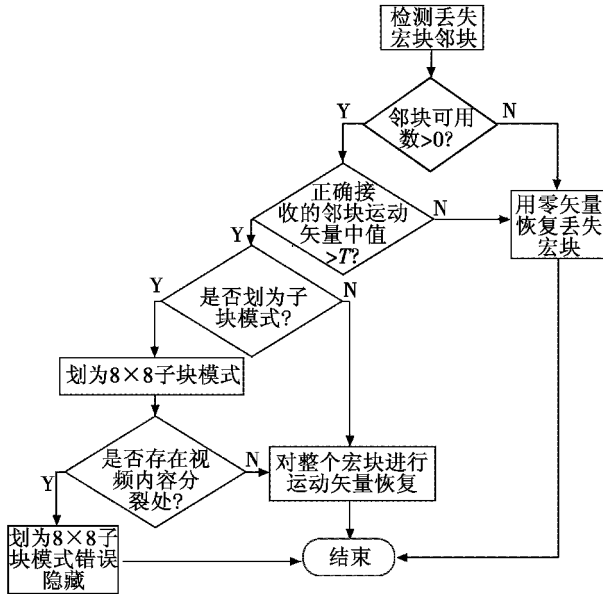


图 4 本文提出的错误隐藏方法流程

Fig. 4 Flow chart of the algorithm

为了测试本文错误隐藏算法的性能,选择两个具有代表性的测试序列 foreman 和 stefan 进行测试。仿真测试在有线信道模型上进行,丢包位置随机。利用 H. 264/AVC 官方实验平台 JM10.2 对序列进行编、解码。帧率为 30 fps;编码格式为 IPPPIPPP...;运动搜索范围为 16;量化参数设为 28;参考帧数为 1。分别对测试序列在不同的丢包率下进行测试,同时给出零运动矢量错误隐藏及 JM 错误隐藏后的结果进行对比,错误隐藏后亮度的平均 PSNR 值作为客观评价标准。

对于 forman 序列,人物局部运动,且存在背景的转变,属于中等剧烈程度的视频序列,其测试结果见表 1。

表 1 forman 序列错误隐藏后 PSNR 对比(单位:dB)

Table 1 The comparison of PSNR on forman video sequence

丢包率/%	隐藏方法		
	零运动矢量法	JM 方法	本文方法
0	30.48	30.48	30.48
5	25.16	28.31	28.72
10	22.34	25.72	26.67
20	21.24	24.77	25.27

对于 stefan 序列,运动剧烈,本文错误隐藏效果随着丢包率的增大,提高明显,原因在于 stefan 序列运动剧烈,通过本文方法对丢失宏块运动矢量相似区进行

划分,将丢失宏块分为子块进行运动补偿,因此有效地提高了输出图像质量。其测试结果如表 2 所示。

表 2 stefan 序列错误隐藏后 PSNR 对比(单位:dB)

Table 2 The comparison of PSNR on stefan video sequence

丢包率/%	隐藏方法		
	零运动矢量法	JM 方法	本文方法
0	31.43	31.43	31.43
5	25.31	28.47	29.13
10	23.28	26.16	27.24
20	18.89	23.09	25.83

模拟测试结果表明:与时域替换法和 JM 自带隐藏法相比,本文算法能够明显提高视频质量;且运动矢量方向角角度差 $\Delta\alpha$ 的计算相对简单,不会大幅增加运算量,适用于实时视频通信。

3 结论

本文针对视频压缩标准 H. 264/AVC 的特点,改进了时域错误隐藏算法。本文算法充分利用 H. 264/AVC 标准中的新特点,利用丢失宏块周围宏块及 8×8 子块的运动矢量信息,自适应地选择划分方式,因此对丢失宏块有更好的恢复效果。实验结果表明,本文算法与传统算法相比,有效提高了错误恢复的效果。

参考文献

- [1] 毕厚杰. 新一代视频压缩编码标准——H. 264/AVC [M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
- [2] LAM W M, REIBMAN A R, LIU B. Recovery of lost or erroneously received motion vectors [J]. ICASSP, 1996, 5:417-421.
- [3] SALAMA P, SHROFF N B, DELP E J. Error concealment in MPEG video streams over ATM networks [J]. Selected Areas in Communications, IEEE Journal on. 2000, 18(6): 1129-1144.
- [4] ZHANG Rongfu, ZHOU Yuanhua, HUANG Xiaodong. Content-adaptive spatial error concealment for video communication [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2004, 50(1): 335-341.
- [5] HSIA S C. An edge oriented spatial interpolation for consecutive block error concealment [J]. IEEE Signal Processing Letters, 2004, 11(9): 577-580.
- [6] 党韩兵,郑晓军,刘金刚,等. 基于相关区域的 H. 264/AVC 时域错误隐藏 [J]. 计算机应用, 2006, 26(6): 1437-1439.
- [7] 吕静. 基于 H. 264 视频通信的差错隐藏技术研究 [D]. 北京:北京邮电大学, 2006.
- [8] 刘志,徐剑峰,陆宇,等. 基于 H. 264 压缩域的实时运动对象分割算法 [J]. 中国图象图形学报, 2006, 11(11): 1614-1618.