

8-20-2020

Project Study of Adaptive Error Concealment Based on Multi-texture Direction for H.264 Video Stream

Xiaohong Zhang

School of Information Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China;

Ting Hu

School of Information Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the [Artificial Intelligence and Robotics Commons](#), [Computer Engineering Commons](#), [Numerical Analysis and Scientific Computing Commons](#), [Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons](#), and the [Systems Science Commons](#)

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Project Study of Adaptive Error Concealment Based on Multi-texture Direction for H.264 Video Stream

Abstract

Abstract: The smoothness of restored video is poor to the complex-texture block for the H.264 standard error concealment algorithm. Aiming at the H.264 questions, the project of adaptive error concealment based on multi-texture direction was proposed. Two thresholding methods were used to set the thresholding of Sobel edge detection algorithm, and the proposed Sobel algorithm was judged to detection the edges of adjacent. Cost function of the boundary pixel difference was combined with to determine the interpolation direction for each pixel of error block, and then, the error block was recovered by the interpolation direction of each pixel. JM8.6 simulation experiments show that the proposed method outperforms the standard algorithm based on subjective and objective measures.

Keywords

H.264, error concealment, complex-texture, adaptive, directional interpolation

Recommended Citation

Zhang Xiaohong, Hu Ting. Project Study of Adaptive Error Concealment Based on Multi-texture Direction for H.264 Video Stream[J]. Journal of System Simulation, 2015, 27(3): 571-578.

H.264 视频流自适应多纹理方向错误隐藏方案研究

张小红, 胡婷

(江西理工大学信息工程学院, 江西 赣州 341000)

摘要: H.264 标准的错误隐藏算法对于纹理信息复杂的错误宏块, 视频图像恢复后的平滑性较差。针对 H.264 标准算法存在的不足, 提出了一种自适应的视频流多纹理方向错误隐藏方案, 采用两个阈值设定策略自适应的设定 Sobel 边缘检测算法的阈值, 通过改进的 Sobel 算法, 检测出错误宏块的相邻块可能边缘方向, 同时结合边缘像素差值成本函数自适应的确定错误数据块中每个像素点的插值方向, 并根据其插值方向进行方向插值来恢复。JM8.6 仿真结果表明, 与标准算法相比, 其隐藏效果在主观视觉判断和客观数值计算上都有一定的提高。

关键词: H.264; 错误隐藏; 复杂纹理; 自适应; 方向插值

中图分类号: TN919.81

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2015) 03-0571-08

Project Study of Adaptive Error Concealment Based on Multi-texture Direction for H.264 Video Stream

Zhang Xiaohong, Hu Ting

(School of Information Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China)

Abstract: The smoothness of restored video is poor to the complex-texture block for the H.264 standard error concealment algorithm. Aiming at the H.264 questions, the project of adaptive error concealment based on multi-texture direction was proposed. Two thresholding methods were used to set the thresholding of Sobel edge detection algorithm, and the proposed Sobel algorithm was judged to detection the edges of adjacent. Cost function of the boundary pixel difference was combined with to determine the interpolation direction for each pixel of error block, and then, the error block was recovered by the interpolation direction of each pixel. JM8.6 simulation experiments show that the proposed method outperforms the standard algorithm based on subjective and objective measures.

Keywords: H.264; error concealment; complex-texture; adaptive; directional interpolation

引言

H.264 视频压缩编码标准是由国际电信联盟 (ITU-T) 的视频编码专家组 (VCEG) 和国际标准化组织 (ISO/IEC) 的运动专家组 (MPEG) 共同制定的

新一代视频压缩编码标准^[1]。H.264 带来高压缩比和良好网络亲和性的同时, 由于接收端接收到的信息量变少, 图像序列间的冗余度降低, 使得编码后的码流对错误更加敏感, 从而使得任何一个比特的丢失或错误, 都可能导致误码扩散, 容易降低接收到的视频图像质量。因此, 错误隐藏技术对 H.264 视频压缩码流在信道上的传输具有重要的意义。

错误隐藏技术是一个图像采样或一块采样在传输中由于错误而丢失, 解码器仍能基于周围的已经收到的采样点, 利用空间和时间相邻采样点的内



收稿日期: 2014-03-12 修回日期: 2014-06-09;
基金项目: 国家自然科学基金(11062002, 61363076);
江西省教育厅科技项目(GJJ14465, GJJ14439); 江西省
研究生创新专项资金项目(YC2013-S197);
作者简介: 张小红(1966-), 女, 河北昌黎人, 博士, 教
授, 研究方向为非线性动力学理论、视频保密通信;
胡婷(1989-), 女, 江西上饶人, 硕士生, 研究方向为
视频通信、图像处理。

<http://www.china-simulation.com>

• 571 •

在相关性进行估计,从而实现错误隐藏^[1],用估算数据恢复。该技术并不追求将原始数据完整还原,而是利用已经接收到的数据来尽量增强视频图像质量,因此无需增加额外的码率,也不需要改变编码器。常见的错误隐藏算法分两种:时域错误隐藏^[2-3]和空域错误隐藏^[4-5]。时域错误隐藏主要是利用视频序列的相邻帧之间的较强时间相关性,通过相邻帧经过运动补偿后的正确图形数据来对错误宏块内容进行恢复。这种方法较适合于运动不太复杂或无场景变换的视频信号。空域错误隐藏主要是使用同一帧图像中的空间相关性对丢失或受损的内容进行修复,因此对于场景变换的情况可以利用帧内信息对错误宏块进行掩盖。实际的视频信号多数是场景变换的情况^[6-7],因此空域错误隐藏应用十分广泛。

H.264 标准空域错误隐藏算法是双线性插值算法^[8],它是通过上下左右 4 个相邻像素块的边缘像素进行线性插值来恢复错误数据。该算法对较为平坦或者细节较少的区域恢复效果较好,但是,当待恢复的错误宏块内纹理信息较为复杂的时候,则重建视频图像效果不理想,可能出现虚假边缘,影响图像的平滑性及质量。针对空域错误隐藏的研究,目前提出了许多空域错误隐藏算法。文献[9-10]提出了对错误宏块进行区域划分,先确定出错误数据宏块的近似边界,然后根据近似边界将错误宏块划分为不同的区域,最后对划分出的区域依次进行不同规则的分块插值来恢复各个划分的错误宏块,这种方法对于边缘信息丰富的错误宏块恢复效果较好,但是可能由于区域划分不一定准确而产生边缘干扰。文献[11]提出了对错误宏块根据纹理状态设置门限值自适应地切换隐藏算法来进行错误恢复,该算法提高了方向插值的精确性,但是算法复杂度高、运算量大且门限值的设置主观性强。本文提出了 H.264 视频流自适应的多纹理方向错误隐藏方案,该方案是基于改进的自适应阈值的 Sobel 边缘检测算法,同时结合边界像素差值成本函数,自适应地确定错误宏块中每个像素点的插值方向,对错

误宏块中的每个像素点进行方向插值来恢复错误宏块,它能够更精确的提取出边缘信息及自适应的恢复错误宏块,保证了恢复后视频图像的平滑性。

1 Sobel 边缘检测改进算法提出

1.1 Sobel 边缘检测算法

在基于梯度的边缘检测中,根据模板的大小和元素值的不同,已提出许多种不同的边缘检测算子,常见的有 Roberts 算子、Sobel 算子、Prewitt 算子和 Canny 算子等,它们都是通过寻找一阶导数的局部极大值确定图像的边缘^[12]。Robert 算子和 Prewitt 算子比 Sobel 算子简单,但 Sobel 算子是将差分运算与局部加权平均相结合,从而达到降噪的目的,因而能更加有效地抑制噪声和平滑图像。Canny 算子使用环形二维高斯函数平滑图像,其计算量大,执行时间长,对实时的视频图像处理不太适用。综合考虑各类算子特点,本文采用 Sobel 算子^[13-14]对错误宏块的 4 个相邻块进行边缘检测。

1.1.1 计算梯度的幅值和方向

Sobel 算子是在图像空间利用 x 和 y 两个方向模板与图像中的每个像素点进行邻域卷积来完成的。对于 $f(i, j)$ 为图像中像素点灰度值(i, j 为像素点的坐标), x 和 y 方向的模板见图 1 所示。

1	2	1	-1	0	1
0	0	0	-2	0	2
-1	-2	-1	-1	0	1

图 1 Sobel 算子模板

水平梯度 $G_x(i, j)$ 为:

$$G_x(i, j) = f(i-1, j-1) + 2f(i-1, j) + f(i-1, j+1) - f(i+1, j-1) - 2f(i+1, j) - f(i+1, j+1) \quad (1)$$

垂直梯度 $G_y(i, j)$ 为:

$$G_y(i, j) = f(i-1, j+1) + 2f(i, j+1) + f(i+1, j+1) - f(i-1, j-1) - 2f(i, j-1) - f(i+1, j-1) \quad (2)$$

令图像中每个像素点的梯度幅值和方向分别为 $G(i, j)$ 和 $\theta(i, j)$, 则:

$$G(i, j) = \sqrt{G_x^2(i, j) + G_y^2(i, j)} \quad (3)$$

$$\theta(i, j) = \arctan \frac{G_y(i, j)}{G_x(i, j)} \quad (4)$$

1.1.2 边缘检测阈值设定

边缘检测是通过检测图像灰度变化确定图像边缘的过程, 图像边缘^[15]是图像灰度变化最显著的区域或边界, 因此梯度幅值较大的一些像素点才能体现真正的边缘信息。

Sobel 边缘检测算法中的阈值取决于整个视频图像像素灰度级信息, 阈值设置过小, 易产生伪边缘; 阈值设置过大, 易使边缘间断。设待进行边缘检测视频图像的尺寸大小为 $M \times N$, 进行边缘检测的视频图像需要剔除边界点, 因此其尺寸大小为 $(M-2) \times (N-2)$ 。Sobel 算子常规设定阈值 Th 的方法通常是通过待测像素点的梯度幅值 $G(i, j)$ 与整个 $M \times N$ 视频图像的平均梯度幅值 MG_1 和梯度标准差 SD_1 的比较, 来判定该待测像素点是否为边缘像素点, 并通过多次实验测试经验来进行判断; 其中:

$$MG_1 = \frac{\sum_{i=2}^{M-1} \sum_{j=2}^{N-1} G^*(i, j)}{(M-2)(N-2)} \quad (5)$$

$$SD_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=2}^{M-1} \sum_{j=2}^{N-1} (G^*(i, j) - MG_1)^2}{(M-2)(N-2)}} \quad (6)$$

令 $Th = MG_1 + SD_1$, 如果 $G(i, j) > Th$, 则判定该像素点为视频图像边缘点, 否则, 不是其边缘点。

1.2 改进的 Sobel 边缘检测算法

由于梯度具有方向性, 在进行视频图像边缘检测时如果方向相反的梯度值直接进行相加, 就会造成梯度值的相互抵消, 从而影响边缘检测的结果。平方梯度法^[16]就很好的弥补了这方面的不足。同时, 由于在 Sobel 边缘检测算法中, 阈值 Th 选取是根据整个视频图像的灰度级信息进行阈值估计

的, 其主观性很强, 容易产生阈值选取的不准确。而本文提出的阈值设定新方法是采用两个阈值设定策略, 根据每个待测像素点来进行阈值的自适应选择, 因此本文结合平方梯度法和自适应阈值对 Sobel 边缘检测算法进行改进。

1.2.1 平方梯度法计算梯度的幅值和方向

改进的水平梯度 $J_x(i, j)$ 为:

$$J_x(i, j) = G_x^2(i, j) + G_y^2(i, j) \quad (7)$$

改进的垂直梯度 $J_y(i, j)$ 为:

$$J_y(i, j) = 2G_x(i, j)G_y(i, j) \quad (8)$$

令图像中每个像素点的梯度幅值和方向分别为 $G^*(i, j)$ 和 $\theta^*(i, j)$, 则:

$$G^*(i, j) = \sqrt{J_x^2(i, j) + J_y^2(i, j)} \quad (9)$$

$$\theta^*(i, j) = \frac{1}{2} \arctan \frac{J_y(i, j)}{J_x(i, j)} \quad (10)$$

1.2.2 边缘检测自适应阈值设定

本文提出的阈值设定新方法是两个阈值设定策略, 第一个是在常规的阈值设定方法基础上通过改进的方程初步剔除一部分非边缘点和噪声点; 第二个是以可能的边缘像素点为中心的 3×3 邻域窗为对象, 通过计算中央像素点的梯度幅值 $G^*(i, j)$, 以及 3×3 邻域窗对象的平均梯度幅值和梯度标准差的比较, 通过相应的公式计算来最终判定该待测像素点是否为边缘像素点。基于自适应阈值进行边缘检测的步骤如下:

步骤(1): 分别根据 1.1.2 节中的公式(5)和公式(6)计算待进行边缘检测视频图像的平均梯度幅值 MG_1 和梯度标准差 SD_1 。

步骤(2): 令自适应阈 $Ath_1 = MG_1 + k_1 \times SD_1$, 其中 k_1 为阈值因子。如果 $G^*(i, j) > Ath_1$, 则初步判定该像素点为待定边缘点。此过程可剔除一部分非边缘点及噪声点。

步骤(3): 分别根据公式(11)和公式(12)计算以待测像素点为中心的 3×3 邻域窗中像素的平均梯度幅值 MG_2 和梯度标准差 SD_2 :

$$MG_2 = \frac{1}{9} \sum_{x=-1}^1 \sum_{y=-1}^1 G^*(i+x, j+y) \quad (11)$$

$$SD_2 = \sqrt{\frac{1}{9} \sum_{x=-1}^1 \sum_{y=-1}^1 (G^*(i+x, j+y) - MG_2)^2} \quad (12)$$

步骤(4): 令自适应阈 $Ath_2 = MG_2 + k_2 \times SD_2$, 其中 k_2 为阈值因子。如果 $G^*(i, j) > Ath_2$, 则可判定该像素点为边缘点。

2 自适应的多纹理方向错误隐藏算法

2.1 确定相邻块中可能的边缘方向

错误宏块周围最多可存在 8 个相邻块, 设错误宏块为 MB, 上、下、左、右 4 个相邻块分别为 B_T, B_B, B_L, B_R , 左上、左下、右上、右下 4 个相邻块分别为 $B_{TL}, B_{BL}, B_{TR}, B_{BR}$ 。由于错误宏块的上、下、左、右 4 个相邻块与其相关性最大, 同时为了降低计算复杂度, 因此本文只对错误宏块 MB 的上、下、左、右 4 个相邻块运用改进的 Sobel 算法进行边缘检测。

2.1.1 改进的 Sobel 算法对相邻块进行边缘检测

利用 1.2 节中改进的 Sobel 算法分别对 B_T, B_B, B_L, B_R 中的像素点进行边缘检测。经边缘检测后, 上、下、左、右 4 个相邻块中的每个候选边缘像素点 (i, j) 都有梯度幅值 $G^*(i, j)$ 和梯度方向 $\theta^*(i, j)$ 。

2.1.2 对相邻块的边缘方向分类

将边缘划分为 8 个方向, 即 $\theta_1 \sim \theta_8$ 。其中: $\theta_1 = (0^\circ, 22.5^\circ]$, $\theta_2 = (22.5^\circ, 45^\circ]$, $\theta_3 = (45^\circ, 67.5^\circ]$, $\theta_4 = (67.5^\circ, 90^\circ]$, $\theta_5 = (90^\circ, 112.5^\circ]$, $\theta_6 = (112.5^\circ, 135^\circ]$, $\theta_7 = (135^\circ, 157.5^\circ]$, $\theta_8 = (157.5^\circ, 180^\circ]$ 。梯度方向 $\theta^*(i, j)$ 的值在哪个范围, 该候选边缘像素点的方向就对应应该方向。

2.1.3 确定相邻块边缘方向

错误宏块的边缘信息取决于其相邻块的边缘方向, 确定其相邻块边缘方向的具体步骤如下:

步骤(1): 根据 1.2 节判定出来的候选边缘像素点, 可能有一部分像素点在其梯度方向上延伸后不

能通过错误宏块, 因此这一部分边缘像素点是伪边缘点。通过此步骤可以进一步剔除一些非边缘点或噪声点。

比如: 假设错误宏块大小为 $N \times N$, 则可通过相邻块中的候选边缘像素点在其梯度方向上延伸后与错误宏块边缘的交点坐标值的取值范围 $0 \sim (N-1)$ 来进行判断, 如果交点坐标值在 $0 \sim (N-1)$ 范围内, 则可判定为边缘像素点。

步骤(2): 根据公式(13)计算相邻块中边缘像素点在 2.1.2 节介绍的 8 个边缘方向的幅值总和:

$$D(k) = \sum_{\theta^*(i,j) \in \theta_k} G^*(i, j) \quad (13)$$

记上、下、左、右相邻块在 8 个边缘方向的幅值总和分别为 $D_T(k), D_B(k), D_L(k), D_R(k)$, 其中 $k=1 \sim 8$ 分别代表 $\theta_1 \sim \theta_8$ 这 8 个边缘方向。

步骤(3): 分别取步骤(2)中 $D_T(k), D_B(k), D_L(k), D_R(k)$ 4 个相邻块幅值总和中的最大值, 记为 $D_{TM}(dir_T), D_{BM}(dir_B), D_{LM}(dir_L), D_{RM}(dir_R)$ 。其中上、下、左、右 4 个相邻块幅值总和最大值对应的方向依次为 $dir_T, dir_B, dir_L, dir_R$, 其分别表示各相邻块中可能的边缘方向。

2.2 自适应方向插值

常见的基于多纹理视频图像信息的方向插值是将错误宏块划分为几个不同的区域, 最后根据不同区域的纹理特征进行方向插值。而本文提出的新方法是对错误宏块中的每个像素点根据其纹理特征进行自适应方向插值。该自适应方向插值方法能够有效避免区域划分带来的局部不准确性, 因此能够更加准确的恢复错误数据块。

2.2.1 确定错误宏块中每个像素点的插值方向

依据边界像素差值越小, 边界像素间的相关性越大的原理, 本文提出了边界像素差值成本函数 $Cost(i, j)$, 然后根据 2.1.3 节分别得到的错误宏块上、下、左、右 4 个相邻块可能的边缘方向, 自适应地确定错误宏块中每个像素点的插值方向。具体步骤如下:

步骤(1): 根据公式(14)分别计算出沿着 4 个可能的边缘方向的边界像素差值:

$$Cost(i, j) = \sum_{f'(i, j) \in P_N} |f(i, j) - f'(i, j)| \quad (14)$$

其中: $f(i, j)$ 为错误宏块中的像素点灰度值; $f'(i, j)$ 为经过错误宏块的像素点沿着可能的边缘方向与相邻块交点的像素点灰度值; P_N 为经过错误宏块的像素点沿着可能的边缘方向与相邻块交点的集合。记上、下、左、右相邻块的边界像素差值分别为 $Cost_T(i, j)$, $Cost_B(i, j)$, $Cost_L(i, j)$, $Cost_R(i, j)$ 。

步骤(2): 取 $Cost_T(i, j)$, $Cost_B(i, j)$, $Cost_L(i, j)$, $Cost_R(i, j)$ 4 个值中的最小值所对应相邻块的边缘方向为错误宏块中像素点 (i, j) 的插值方向 dir 。

2.2.2 基于错误宏块中每个像素点的方向插值

根据 2.2.1 节依次求出的错误宏块中每个像素点 (i, j) 的插值方向 dir 进行方向插值来恢复出该错误像素点, 设 $P_{dir}(i, j)$ 为当前待恢复像素点灰度值, 方向插值如公式(15)所示:

$$p_{dir}(i, j) = \frac{p_{1dir} \times d_2 + p_{2dir} \times d_1}{d_1 + d_2} \quad (15)$$

其中: P_{1dir} , P_{2dir} 分别为像素点 (i, j) 沿着其插值方向与相邻块交点的像素点灰度值, d_1 , d_2 分别为相应的距离。

自适应方向插值过程如图 2 所示。

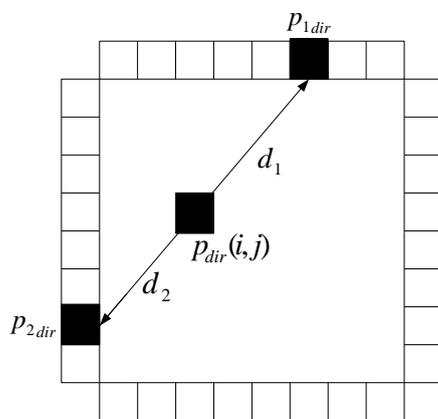


图 2 自适应方向插值示意图

2.3 本文算法具体实现步骤

基于上述方法, H.264 视频流自适应的视频流多纹理方向错误隐藏算法流程如图 3 所示。该算法主要步骤是确定各个相邻块的边缘方向、错误宏块中每个像素点的插值方向以及计算方向插值, 具体实现如下:

步骤(1): 判断接收端收到的视频图像的宏块是否发生错误, 如果是, 则转到步骤(2); 否则转到步骤(6);

步骤(2): 对错误宏块的相邻块进行改进的 Sobel 边缘检测算法, 依次确定各个相邻块可能的边缘方向;

步骤(3): 根据边缘像素差值成本函数自适应确定错误宏块中每个像素点的插值方向;

步骤(4): 对错误宏块中的每个像素点依据其插值方向计算方向插值, 并恢复错误宏块;

步骤(5): 判断错误宏块是否全部被错误隐藏, 如果是, 则转到步骤(6); 否则转到步骤(2);

步骤(6): 输出接收到的视频图像。

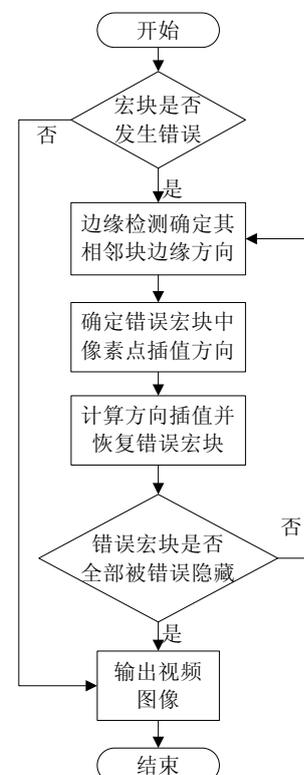


图 3 算法流程图

3 实验结果与分析

3.1 实验仿真平台与环境

视频仿真测试序列采用 foreman, highway, carphone 和 coastguard 等 QCIF 格式的 4 个标准序列, 其规格均为 176×144 , 使用灵活宏块排列方式 (FMO) 中的分散模式, 由于本文只研究空域错误隐藏算法, 因此编码序列采用全 I 帧编码, 编码长度为 50 帧, 码率为 30 fps, 量化参数 $QP = 28$, 输出包流格式为 RTP。同时使用 MobileIP 模拟信道丢包程序来模拟网络丢包, MobileIP 使用其自带的错误模式 18 681.3, 丢失率约为 30% ~ 40%^[16]。本文实验结果和实验数据是在 Intel Core, CPU T6500 @ 2.1GHz, 2GB 的内存以及 Windows 7 的环境下, 采用 JM8.6 视频软件平台进行仿真。

3.2 测试结果比较

为降低算法复杂度, 本文只对亮度信号 Y 运用改进的算法, 对色度信号 U 和 V 仍运用 H.264 标准算法。本文算法与文献[9]提出的区域指导帧内错误隐藏算法、文献[11]提出的改进的多纹理方向空域错误隐藏算法及 H.264 标准的空域错误隐藏算法进行实验对比。通过多次仿真实验测试, 阈值因子 k_1 和 k_2 分别设置为 1.1 和 1。测试结果见表 1, 其中 PSNR(Peak Signal to Noise Rate) 表示峰值信噪比。

(1) 从客观数值计算结果表 1 来看, 前四种算法其亮度信号 PSNR 值分别为 26.59 dB, 25.71 dB, 25.57 dB 和 25.01 dB, 色度信号 PSNR 值无变化。

因此对于亮度信号 PSNR 值本文算法有一定的提高, 最后一列无隐藏算法是针对没有经过错误隐藏算法解码的错误丢包图像, 这说明本文算法与其他几种现有同类算法相比有较好的鲁棒性。

(2) 为验证本文算法的有效性, 选取 foreman, highway, carphone 和 coastguard 标准序列中的第 10 帧进行错误隐藏, 其中原始正确图像, 错误丢包图像, 标准算法、文献[9]算法、文献[11]算法及本文算法重建视频图像效果如图 4 所示。

(3) 从主观视觉效果上看, H.264 标准的空域错误隐藏算法无法估计错误宏块内的边缘方向, 只能以相邻的像素进行线性插值, 产生了大量横竖条纹, 造成了主观视觉效果下降。

(4) 文献[9]提出的帧内错误隐藏算法对纹理信息复杂的错误宏块有一定的恢复效果, 但是由于错误宏块划分区域的跳跃性, 容易产生边缘干扰, 有明显的间断点, 如 foreman 序列的墙体边缘部分和 highway 序列的白色车道线部分等。文献[11]提出的空域错误隐藏算法中梯度门限值设置主观性较强, 导致恢复后的视频图像产生了伪边缘及边缘间断, 且视频图像重建过程中消耗的时间较长, 对于实时的视频通信则不太理想。

测试表明: 本文算法则较为精确的估计出错误宏块中每个像素点的边缘方向, 利用相关性最大的相邻像素进行方向插值来恢复错误宏块, 在一定程度上改善了图像的视觉效果, 恢复后的视频图像平滑性较好, 且视频图像重建速度有明显的提高, 实时性优于文献[11]算法。

表 1 本文算法与几种现有同类算法的仿真结果对比

标准测试 序列	本文算法			文献[11]算法			文献[9]算法			标准算法			无隐藏算法		
	PSNR(dB)			PSNR(dB)			PSNR(dB)			PSNR(dB)			PSNR(dB)		
	Y	U	V	Y	U	V	Y	U	V	Y	U	V	Y	U	V
foreman	26.06	41.13	39.69	23.98	41.13	36.69	23.72	41.13	36.69	23.00	41.13	39.69	6.42	9.54	8.54
highway	29.81	46.69	46.93	29.25	46.69	46.93	29.22	46.69	46.93	28.14	46.69	46.93	6.02	9.07	8.90
carphone	24.68	40.91	41.34	24.06	40.91	41.34	23.89	40.91	41.34	23.58	40.91	41.34	9.59	9.01	9.03
coastguard	25.82	48.45	48.87	25.56	48.45	48.87	25.45	48.45	48.87	25.32	48.45	48.87	8.89	9.13	8.89
平均值	26.59	44.29	43.46	25.71	44.29	43.46	25.57	44.29	43.46	25.01	44.29	43.46	7.73	9.19	8.84



图 4 视频序列错误隐藏的效果对比

3.3 实验结果分析

(1) 为进一步验证本文算法的有效性, 选取了规格尺寸大小各异的其他视频流标准测试序列, 同时进行了 10 次仿真实验, 实验都取得了类似预期的实验结果。

(2) 本文算法运用了平方梯度法和自适应阈值的方法对 Sobel 边缘检测算法进行改进, 牺牲了较小的时间代价, 但能更加准确的检测出视频图像的边缘像素点。

(3) 为了突出本文算法效果, 分别使用 MobileIP 错误模式 18681.4 和 wcdma_64kb_3kpb_5e_04.bin 模拟网络丢包, 其丢包率分别为 10%~20% 和 5%, 实验结果表明丢包率越小, 视频图像的错误隐藏效果更好。

(4) 影响本实验算法的不确定参数是阈值因子 k_1 和 k_2 , 多次实验结果表明当 k_1 和 k_2 取值范围为 0.8~1.2 时, 实验都能取得预期结果, 错误隐藏效果较好。

综合以上考虑, 本文算法在视频图像错误隐藏

效果方面要优于现有的空域错误隐藏算法, 具有更广泛的适用性。

4 结论

H.264 压缩码流中错误隐藏是一项非常重要且不可忽视的技术, 本文提出了一种 H.264 视频流自适应多纹理方向错误隐藏方案, 通过改进的自适应阈值的 Sobel 边缘检测算法, 检测出错误宏块的相邻块可能的边缘方向, 结合边界像素差值成本函数自适应地确定错误宏块中每个像素点的插值方向, 然后对错误宏块中的每个像素点进行方向插值来恢复错误宏块。实验结果表明本文算法从主观视觉判断和客观数值计算上均对视频图像错误隐藏效果有较大的提高, 具有实际应用价值。

参考文献:

- [1] 毕厚杰, 王健. 新一代视频压缩编码标准 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [2] 周启亚, 杨高波, 刘志成, 等. 针对 H.264/AVC 的时域错误隐藏算法 [J]. 中国图象图形学报, 2010, 15(9): 1338-1344.
- [3] 孙越, 蒋刚毅, 邵枫, 等. 基于区域划分的立体视频

- 整帧丢失错误隐藏新算法 [J]. 光电子 激光, 2012, 23(6): 1159-1165.
- [4] Asheri H, Rabiee H R, Pourdamghani N, *et al.* Multi-directional Spatial Error Concealment using Adaptive Edge Thresholding [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics (S0098-3063), 2012, 58(3): 880-885.
- [5] Zhao Yan, Chen He-xin, Wang Shi-gang, *et al.* An Improved Method of Detecting Edge Direction for Spatial Error Concealment [J]. Journal of Multimedia (S1796-2048), 2012, 7(3): 262-268.
- [6] 周巍, 史浩山, 周欣. 基于自适应门限的视频编码模式快速选择算法 [J]. 系统仿真学报, 2009, 3(21): 753-756. (Zhou Wei, Shi Haoshan, Zhou Xin. Fast Video Coding Mode Selection Algorithm Based on Adaptive Thresholds [J]. Journal of System Simulation (S1004-731X), 2009, 3(21): 753-756.)
- [7] Rusanovskyy D, Ugur K, Hallapuro A, *et al.* Video Coding with Low-complexity Directional Adaptive Interpolation Filters [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology (S1051-8215), 2009, 19(8): 1239-1243.
- [8] 龚昌来, 罗聪, 杨冬涛. 一种基于边缘方向的双线性插值方法 [J]. 激光与红外, 2010, 40(7): 788-791.
- [9] 赵莲凤, 郭宝龙, 韩合民. 区域指导的自适应帧内错误隐藏算法 [J]. 光电子 激光, 2008, 19(2): 221-224.
- [10] 丁志鸿, 刘立柱, 王刚. 基于边界分段匹配的空域视频错误隐藏算法 [J]. 计算机应用研究, 2011, 28(4): 1586-1587.
- [11] 王小虎, 黎福海, 黄银珍. 一种改进的多纹理方向空域错误隐藏算法 [J]. 小型微型计算机系统, 2011, 32(7): 1452-1455.
- [12] 冈萨雷斯, 伍兹. 数字图像处理(第三版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [13] 蒋伟, 陈辉. 基于分数阶微分和 Sobel 算子的边缘检测新模型 [J]. 计算机工程与应用, 2012, 48(4): 182-185.
- [14] Woods N C, Longe O B, Roberts A B C. A Sobel Edge Detection Algorithm Based System for Analyzing and Classifying Image Based Spam [J]. Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences (S2079-8407), 2012, 3(4): 506-512.
- [15] 李哲涛, 李仁发, 谢井熊. 基于全向小波的图像边缘检测算法 [J]. 电子学报, 2012, 40(12): 2451-2455.
- [16] H B Kekre, Saylee M. Gharge. Image Segmentation using Extended Edge Operator for Mammographic Images [J]. International Journal on Computer Science and Engineering (S0975-3397), 2010, 2(4): 1086-1091.

《系统仿真学报》荣获“2014 中国最具国际影响力学术期刊”证书

由中国学术期刊(光盘版)电子杂志社与清华大学图书馆联合成立的中国学术文献国际评价研究中心, 以美国汤森路透 Web of Science 收录的 1.2 万余种期刊为引文统计源, 首次研制发布了 2012《中国学术期刊国际引证年报》(CAJ-IJCR 年报)。第一次给出了我国 5600 余种中外文学术期刊总被引频次、影响因子、半衰期等各项国际引证指标, 并采用了新的国际影响力综合评价指标 CI 对期刊排序, 发布了“中国最具国际影响力学术期刊”(排序 TOP5%)和“中国国际影响力优秀学术期刊”(排序 TOP5-10%), 在国内外学术界产生了较大反响。之后, 2013 年版年报, 将引文统计源期刊扩展到 1.44 万多种。目前, 2014 版国际、国内年报与 TOP5%和 TOP5-10%期刊的遴选业已完成, 《系统仿真学报》被列入“2014 中国最具国际影响力学术期刊”行列。

我学报连续 2 年被列入 TOP5%国内一流的中国最具国际影响力学术期刊, 走向世界, 进入国际一流, 指日可待!