

一种基于边缘检测的空域误码掩盖算法

An spatial error concealment method based on edge detection

(重庆大学) 员晓毅 廖 明

YUN Xiao-yi LIAO Ming

摘要: 提出了一种基于边缘检测的空域误码掩盖算法,算法通过检测受损宏块相邻块的边缘信息,将受损块分为平坦块、边缘块和纹理块三类,根据受损宏块的类型,选择不同的方法恢复。对于边缘块,采用改进的方向内插恢复;对于纹理块,在不同的方向进行加权内插,并按照一定的规则将多个方向的亮度值加权组合。仿真实验表明,算法具有良好的误码掩盖效果。

关键词: 误码掩盖; 边缘检测; 方向内插

中图分类号: TN919.8 **文献标识码:** A

Abstract: In this paper, we propose an effective spatial error concealment method based on edge detection. By using edge information extracted from the surrounding blocks, the error block is classified into three categories: uniform blocks, edge block and texture block. And then the error block is reconstructed by appropriate methods. For edge block a new directional interpolation is used, and for texture block the damaged block is weighted interpolated on each detected directions, using related pixels in neighboring blocks then the results in each direction are the weighted linear interpolated. Simulation results show that the proposed method yields better video quality than conventional approaches.

Key words: error concealment; edge detection; directional interpolation

1 引言

网络上的视频应用在飞速发展,但由于其巨大的数据量,在传输之前必须进行压缩。而压缩码流对错误非常敏感,往往是一个比特的错误要向后传播很远,这时在解码端将出现一些无法解码的黑块。误码掩盖算法是目前认为比较可行的解决上述问题的方案。它主要的优点是无需消耗额外的带宽。误码掩盖算法可以分为时域和空域的误码掩盖。

对于空域误码掩盖算法,文献 1 提出了一种通过模型化图像内容来建立先验知识的掩盖策略,特别应用于图像的感兴趣区域。文献 2 使用连续度量度的二阶导数,减少边缘的模糊。文献 3 提出一种给予相邻几何结构的方向插值法。文献 4 提出一种改进的双线性边界插值算法和使用空间活动准则来有效的联合几个空间差值一避免边界模糊的策略。文献 5 提出了一种自适应误码掩盖策略,在不同状况下自动选择一种较佳的误码掩盖算法。

H.264 校验模型中的空域掩盖算法是基于邻块插值修复法,采用水平与垂直方向的加权插值。由于没有考虑纹理特性,对于图像纹理复杂与运动细节部分的恢复不能得到满意的效果。并且只在水平与垂直方向上作线性插值,相当于认为纹理边缘是垂直和水平两个方向,从而使损坏区的边界信息丢失,恢复图像块模糊化。为有效地恢复受损区域的纹理边缘,并与正确接收的邻域内的纹理保持良好的连续性,本文提出一种基于边缘检测的空域掩盖算法,根据受损块的边缘信息对受损块分为三类,根据宏块类型,选择合适的方法来恢复。

2 算法描述

2.1 边缘检测

员晓毅: 硕士研究生

边缘是指图像局部特性的不连续性,即灰度、颜色或结构等的突变,有方向和幅度两个特征。由于相邻宏块的空间相关性,一条物体边缘一般并不仅穿过一个宏块,同时也会穿过相邻的多个宏块,因此可以根据当前宏块的周围相邻 8 个宏块内边缘的位置与走向来判断受损区域的边缘位置与走向。本文采用 Sobel 算子计算梯度幅度和方向,它简单易行而且在边缘检测与抑制噪声方面有较好的性能。Sobel 梯度算子模板可以表示为

$$S_x = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}, S_y = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

设像素 $f(x, y)$ 为相邻宏块中的像素, $f(x, y)$ 的梯度 G 由水平分量 G_x 与垂直分量 G_y 来表示。对以像素 $f(x, y)$ 为中心的 3×3 区域 $F(x, y)$, 将其中像素与 Sobel 行、列滤波器分别作卷积得到 $f(x, y)$ 处的梯度水平与垂直分量:

$$\begin{aligned} G_x(x, y) &= F(x, y) \otimes S_x(x, y) \\ G_y(x, y) &= F(x, y) \otimes S_y(x, y) \end{aligned} \quad (2)$$

梯度的模值与方向由下式计算:

$$\begin{aligned} g(x, y) &= \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \\ \theta(x, y) &= \arctan \frac{G_y}{G_x} \end{aligned} \quad (3)$$

如果经过像素 $f(x, y)$ 、方向为 $\theta(x, y)$ 的直线与受损块相交,则称过该像素的边缘方向为相关边缘,并按最接近的方向归为如图 1 所示的 8 类相关边缘之一,如果不相交则称过该点的边向为无相关边缘。

将相邻宏块内属于同类相关边缘的边缘幅度进行累加作为该边缘的幅度,若以 $g(\theta_n)$ 表示 $n \times 22.5^\circ (n = 0, 1, \dots, 7)$ 方向的边缘幅度, S 表示 $n \times 22.5^\circ$ 边缘所对应的像素集,则:

$$g(\theta_n) = \sum_{(x, y) \in S} g(x, y) \quad (4)$$

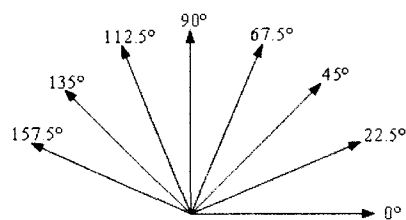


图1 边缘方向分类图

2.2 宏块分类

由相关边缘的定义和空域相关性,可根据 $g(\theta_n)$ 的大小来估计受损块内各个方向边缘的强弱。让 $g(\theta)_{\max} = \max\{g(\theta_0), g(\theta_1), \dots, g(\theta_7)\}$, 显然 $g(\theta)_{\max}$ 代表最强边缘幅度,称 $g(\theta)_{\max}$ 所对应的边缘方向为 θ_{best} 。

给定阈值 Th :

$$Th = \frac{\sum_{n=0}^7 g(\theta_n) \times w_n}{\sum_{n=0}^7 g(\theta_n)}, w_n = |\sin(\theta_n - \theta_{\text{best}})| (n, \text{best} \in (0, 1 \dots 7)) \quad (5)$$

如果 $g(\theta)_{\max} \leq Th$, 说明受损宏块在 8 个方向的边缘都不是很强,受损块比较平坦,可以认为是平坦块,对于平坦块我们采取传统的双线性内插恢复。

如果 $g(\theta_i) > \alpha * g(\theta)_{\max}, \alpha \in [0, 1]$, 可以认为 θ_i 方向边缘强度比较强,我们让 num 表示宏块内具有强边缘的方向个数。当 $num=1$, 表示只有一条边缘穿过宏块,可以认为受损块为边缘块,对于边缘块我们采取改进的方向内插恢复。当 $num>1$, 说明受损块可能有多条边缘穿过,可以认为是纹理块,对于纹理块在不同的方向进行加权内插,并按照一定的规则将多个方向的亮度值加权组合。

2.3 改进的方向内插

如图 2,对于受损宏块, $f(i, j)$ 是要恢复的像素, $f(x_1, y_1)$, $f(x_2, y_2)$ 是预测像素, θ_n 是量化后的边缘方向, α_1, α_2 分别表示 $f(x_1, y_1), f(x_2, y_2)$ 本身边缘方向和量化方向的夹角, D_1, D_2 分别表示 $f(i, j)$ 与 $f(x_1, y_1), f(x_2, y_2)$ 距离。

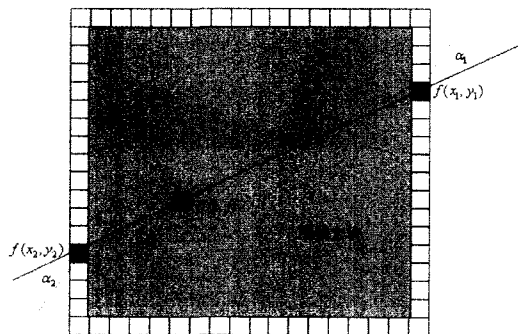


图2 改进的方向内插

由于预测像素边缘方向与量化方向并不一定同向,因此当预测像素 $f(x, y)$ 用作方向插时,其自身所在边缘方向 α 决定了该点像素与插值方向 θ_n 之间的相关性。

定义边缘相关性因子:

$$w_{\alpha}^{\theta_n} = \cos(\alpha - \theta_n) \quad (6)$$

则:

$$\hat{f}_{\theta_n}(x, y) = f(x, y) w_{\alpha}^{\theta_n} \quad (7)$$

$$f_{\theta_n}(i, j) = \frac{\hat{f}_{\theta_n}(x_1, y_1) D_2 + \hat{f}_{\theta_n}(x_2, y_2) D_1}{D_1 + D_2} \quad (8)$$

(i, j) 属于受损宏块, (x_1, y_1), (x_2, y_2) 属于边缘方向预测像素集合。

2.4 宏块恢复

正如前面所提,根据边缘信息将宏块分为三类,当宏块为平坦块时,我们采用双线性内插恢复;当宏块为边缘块时,采用改进的方向内插恢复,即:

$$f(i, j) = \frac{\hat{f}_{\theta_{\text{best}}}(x_1, y_1) D_2 + \hat{f}_{\theta_{\text{best}}}(x_2, y_2) D_1}{D_1 + D_2} \quad (9)$$

当宏块为纹理块时:在不同的方向进行加权内插,并按照一定的规则将多个方向的亮度值加权组合,即:

$$f(i, j) = \frac{\sum_{n=0}^7 \hat{f}_{\theta_n}(i, j) g(\theta_n)}{\sum_{n=0}^7 g(\theta_n)}$$

3 实验结果

以 H.264 参考软件 JM14.2 作为实验平台,分别对标准序列 Foreman、Paris、Mobile 进行实验,采用 FMO 交织模式,打包格式为 RTP/IP/UDP/IP 信道误码测试根据 ITU 推荐的典型平均丢包率为 10%、15%、20%、25%、30% 的 Error Pattern 文件模拟来实现,实验结果和 JM 参考软件中的空域算法做比较。在实验中,阈值 Th 表达式中的 w_n 用其近似值进行实验,即:当 $\theta_n - \theta_{\text{best}}$ 分别为 0° 、 22.5° 、 45° 、 67.5° 、 90° 时, w_n 分别为 0、0.25、0.5、0.75、1; $\alpha * g(\theta)_{\max}$ 中的 α 为 0.55。

表1 改进算法和 JM 参考软件中的空域误码掩盖算法对比

| 误码率 | Foreman | | Paris | | Mobile | |
|-----|---------|----------|--------|----------|--------|----------|
| | JM(dB) | Ours(dB) | JM(dB) | Ours(dB) | JM(dB) | Ours(dB) |
| 10% | 30.19 | 30.87 | 35.58 | 36.91 | 23.07 | 24.23 |
| 15% | 28.35 | 28.77 | 36.08 | 36.33 | 21.81 | 22.98 |
| 20% | 26.99 | 27.84 | 33.95 | 34.93 | 19.28 | 21.43 |
| 25% | 27.60 | 28.32 | 33.63 | 35.21 | 20.08 | 20.98 |
| 30% | 25.28 | 26.22 | 32.67 | 33.23 | 18.99 | 19.53 |

从表 1 中可以看出,采用文中掩盖算法比 JM 参考软件中的空域误码掩盖算法在客观指标 PSNR(峰值信噪比)有明显增加。因为文中算法根据宏块的边缘特性对宏块分类,根据宏块类型自适应选择合适的掩盖算法,能有效的恢复图像块的边缘信息,更精确的恢复了当前出错宏块,使宏块的质量大大提高了。

4 结语

目前各种误码掩盖算法具有不同的特点和适应范围,在不同的情况下,其掩盖效果各不相同。本文提出了一种基于边缘检测的空域误码掩盖算法,算法通过检测受损宏块相邻块的边缘信息,对宏块进行分类,根据宏块类型自适应选择合适的掩盖算法。实验结果表明,本算法不仅有效地恢复了误码区域的像素值与物体边缘,而且与相邻区域内的纹理保持良好的连续性。

创新观点:提出了一种基于边缘检测的空域误码掩盖算法,算法通过检测受损宏块相邻块的边缘信息,将受损宏块分为三类,根据受损宏块的类型自适应选择合适的方法进行恢复。同时,本文对方向内插进行了改进,考虑了预测像素边缘方向与量化方向的误差,引入边缘相关性因子。本文提出的算法能很好地保护受损宏块内部边缘,并适应不同内容类型的图像。

(下转第 164 页)

心的正方形领域(正方形边长的一半为 r ,单位像素点个数。)中的这些伪角点进行加权平均(以曲率为权重),求得实际角点的坐标。领域中 k 个伪角点的坐标分别为 $(x_1, x_2, \dots, x_k), (y_1, y_2, \dots, y_k)$,其近似曲率为 $(C(1, n), C(2, n), \dots, C(k, n))$,实际角点位置 (X, Y) 的计算公式如下:

$$X = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (x_i * \frac{C(i, n)}{\sum_{j=1}^k C(j, n)})$$

$$Y = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k (y_i * \frac{C(i, n)}{\sum_{j=1}^k C(j, n)})$$

* 第二类伪角点

此类伪角点曲率方向与实际角点的曲率方向正好相反,所以可以设置一个阈值 e 把第二类伪角点去除。

上述两类伪角点去除后,剩余部分为实际角点;再依据未缺失的平行边斜率,将实际角点进行配对,最终还原出缺失平行线,从而把“线”连接胶囊分离。

4 实验与总结

使用上述方法对 100 幅 600*800 分辨率的随机排列胶囊(每幅图像包含 50 颗胶囊)进行检测,边缘提取的正确率 97%。直线连接参数 $t_1=5.0, t_2=1.2, t_3=5.0, e_0=1.2, \varepsilon_1=0.5, \varepsilon_2=0.2, \varepsilon_3=0.8$; 平行边匹配参数 $e_4=5^\circ, e_5=10, e_6=15$; 角点识别计算区域的链码数 $n=5$, 阈值 $C_s=0.5$; 去除第一类伪角点的正方形领域范围的 $r=8$; 去除第二类伪角点。

本文所提出的随机排列胶囊分离边缘的方法,被应用于苏州某机电科技有限公司所研发的胶囊缺陷检测机中,大幅提高了原有的检测速度,促进了该机器的全国推广。文中处理“点”连接与“线”连接情况下边缘分离的方法,不仅适用与胶囊图像的问题,对其他同类问题也有一定的参考意义。

本文作者创新点: 第一,按多胶囊连通区中连接的紧密程度分为“点”连接与“线”连接两种情况。第二,利用角点识别的方法将“线”连接的分离。

参考文献

- [1]刘娟,巨辉.一种改进的基于机器视觉的边缘检测算法[J].微计算机信息,2007,11-2:21-23.
- [2]刘文予,朱光喜.二值图像角点检测的形态骨架法[J].信号处理,2000,16(3):276-280.
- [3]L.Kchen,A.Rosedfeld. Gray Level Corner Detection [J]. Pattern Recognition Letters,1982,3(1):95-102.
- [4]Chris Harris, Mike Stephens. A Combined Corner and Edge Detector[C]. Manchester:Proceedings of the 4th Alvey Vision Conference,1988,147-151.
- [5]季剑岚 王俭,一种实时人脸跟踪方法,苏州科技学院学报(工程技术版) [J], 2007,02: 83-86.

作者简介:吴宏杰(1977-),男,江苏苏州人,讲师,研究方向数字图像处理、模式识别、网络数据库。

Biography:WU Hong-jie(1977-), male, Jiangsu Province, Electronic&Information Engineering College, Institute of Science and Technology of Suzhou, lecturer, computer science, digital image processing, pattern recognition, network database.

(215011 江苏苏州 苏州科技学院电子与信息工程学院) 吴宏杰 付保川 朱音 季剑岚 奚雪峰

(Electronic&Information Engineering College, Institute of Science and Technology of Suzhou, Suzhou,215011, China)

WU Hong-jie FU Bao-chuan ZHU Yin JI Jian-lan
XI Xue-feng

通讯地址:(215011 苏州科技学院电子与信息工程学院 江苏苏州新区滨河路 1701 号) 吴宏杰

(收稿日期:2008.11.15)(修稿日期:2009.02.15)

(上接第 129 页)

作者简介:谢琦(1963-),男,郑州大学信息工程学院副教授,硕士生导师,主要研究方向:GIS,计算机网络安全,嵌入式等;胡昕杰(1982-),男,郑州大学信息工程学院,硕士研究生,主要研究方向:移动 GIS。

Biography:XIE Qi (1963-),male, College of Information Engineering, Zheng Zhou University, associate professor,major in web security and embedded development.

(450001 郑州 郑州大学信息工程学院) 谢琦 胡昕杰
(College of Information Engineering, Zheng Zhou University, Zheng Zhou 450001,China) XIE Qi HU Xin-jie

通讯地址:(450001 河南省郑州市郑州大学新校区信息工程学院 8106 信箱) 谢琦

(收稿日期:2009.01.06)(修稿日期:2009.04.06)

(上接第 171 页)

参考文献

- [1]T.P.Chen and T.Chen.Second generation error concealment for video transport over error prone channels.Wireless Communications and Mobile Computing (Special Issue on Multimedia over Mobile IP),Oct.2002.
- [2]W.Zhu,Y.Wang and Q.-F Zhu.Second-order derivative-based smoothness measure for error concealment.IEEE Trans.Cir.Syst. Video Technol.,1998,8(6):713-718.
- [3]W.Zeng and B.Liu.Geometric structured based error concealment with novel applications in block-based low-bit-rate coding.IEEE Trans.Cir.Syst.Video Technol.,1999,9(4):648-665.
- [4]S.Valente,C.Dufour,F.Groliere,and D.Snook.An efficient error concealment implementation for MPEG-4 video streams.IEEE Trans.Consum.Electron.,2001,47(3):568-578.
- [5]黎俊伟,传善.无线网络视频传输差错控制技术研究[J].微计算机信息,2007,1-1:25-227.
- [6]H.Sun and W.Kwok, "Concealment of damaged block transform coded images using projection onto convexsets, "IEEE Transaction-son Image Porcessing,vol.4,no.4,pp.470-477, Apr.1995

作者简介:员晓毅(1984-),男,汉族,河南三门峡人,重庆大学通信工程学院硕士研究生。主要研究方向无线视频通信、视频容错技术;廖明(1973-),男,汉族,四川自贡人,博士研究生,高级工程师。主要研究方向为移动通信、数据通信。

Biography:YUN Xiao-yi(1984-),male,the han nationality, post-graduate of communication and information system, Chongqing University, research field: wireless video communication, error concealment.

(400044 重庆市 重庆大学通信工程学院) 员晓毅 廖明
(College of Communications Engineering, Chongqing University, Chongqing,400044, China) YUN Xiao-yi LIAO Ming

通讯地址:(400044 重庆市重庆大学 A 区通信工程学院研 2006 级通信与信息系统专业) 员晓毅

(收稿日期:2009.01.16)(修稿日期:2009.04.16)