

基于图像分割的视频差错复原算法^{*}

肖明明^{1,2}, 梁 凡¹

(1. 中山大学电子与通信工程系, 广东 广州 510275;

2. 仲恺农业技术学院信息工程系, 广东 广州 510225)

摘 要: 人们可能更多的注意感兴趣的区域和倾向于对背景的改变不太敏感。根据人眼的这一视觉特性, 论文提出了基于图像分割的视频差错复原算法, 并实现了支持该算法的 H.264 编解码器。该算法利用: 灵活宏块排序技术对图像帧进行分割, 将图像帧分割为前景子图像和背景子图像。与背景子图像相比, 对前景子图像按更高图像质量的要求进行编码, 并且对前景子图像的传输进行更有效的保护。实验结果表明, 论文提出的基于图像分割的差错复原算法具有良好的容错性能, 重建图像的主客观质量良好。

关键词: 视频压缩编码; 差错复原技术; 灵活宏块排序; 图像分割

中图分类号: TN919.81 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) S2-0156-04

1 引 言

随着通信技术、计算机技术和网络技术的进步, 因特网得到了飞速发展。基于因特网的视频通信业务越来越受到重视, 已成为因特网多媒体通信业务的主流之一。因特网本质上属于一个“尽力而为”(best effort)的网络。网络连接情况的动态变化导致网络拥塞、数据分组的无序到达及丢失。因此 IP 网上的视频容错技术的研究具有重要的现实意义和应用前景。

视频通信系统通常使用不等差错保护 (UEP, unequal error protection)^[1] 技术进行差错复原控制, 即针对不同重要性的数据采取不同的编码和传输策略。为了更好地利用 UEP 技术, 我们可以根据人眼视觉特性, 将视频比特流按重要性分为若干部分并采用数据分割技术对视频比特流进行组织。

视频编码器通常对待编码图像帧的各个部分是一视同仁的。然而就人的主观感觉而言, 图像帧中通常都存在感兴趣的区域, 人们可能更多地注意感兴趣的区域和倾向于对背景的改变不太敏感^[2]。如果我们对这些重要区域进行更高质量的编码和更好的差错保护, 我们就能得到更好的重建图像质量。基于上述考虑, 我们提出了一种基于图像分割的差错复原算法。

H.264 是 ITU 和 ISO 联合制定的视频压缩编码标准, 其的性能大大优于现有的视频压缩标

准^[3,4]。在本文使用 H.264 的灵活条带排序 (FMO, flexible macroblock ordering) 技术实现了提出的算法, 并进行了实验研究, 效果良好。

2 基于图像分割的差错复原算法

2.1 子图像分割

文献 [1] 讨论了关于图像分割的空域子图像分割方法。参考这种办法, 把视频图像以宏块 (MB, macroblock) 为单位进行分割, 得到一个或多个矩形的前景子图像和一个背景子图像 (图 1)。

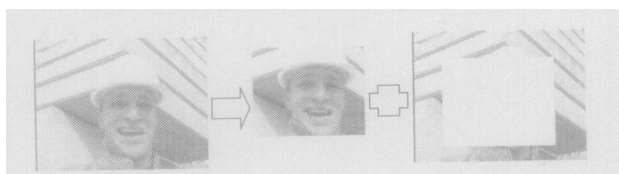


图 1 子图像分割

Fig. 1 Sub-picture segmentation

在现有的视频压缩标准中, 条带中的宏块通常是按光栅扫描顺序排列的。新的 H.264 标准支持灵活条带排序 (FMO), 允许条带中的宏块不按光栅扫描顺序排列^[3,4]。

利用 FMO 技术实现矩形条带组, 可以很方便地进行上述分割, 分割后子图像的边界是图像边界或条带边界。图 2 是使用 FMO 实现子图像分割 (QCIF 格式, 每帧图像 11×9 个宏块) 的例子, 假设图像中有一个感兴趣区域, 图中的数字表示

* 收稿日期: 2005-07-02

基金项目: 国家 863 计划基金资助项目 (2004AA119010); 广东省自然科学基金资助项目 (031546)

作者简介: 肖明明 (1972 年生), 男, 硕士研究生; 通讯联系人: 梁凡; E-mail: isslf@mail.sysu.edu.cn

FMO 的宏块分配映射 (MBAmapping) 值。图 2a 表示我们把图像分割为一个前景子图像和一个背景子图像; 图 2b 和图 2c 表示在该感兴趣区域 (前景子图像) 中进一步采用分散条带策略, 把该区域组织为多个条带 (图 2b 为分散条带, 图 2c 为交错条带)。在理想的情况下, 条带中任一宏块与同一条带中的所有其它宏块在图像帧中都是不相邻的, 单个条带的丢失不会造成相邻宏块的丢失, 因此总可以利用丢失宏块周围的宏块来进行有效的差错掩盖。

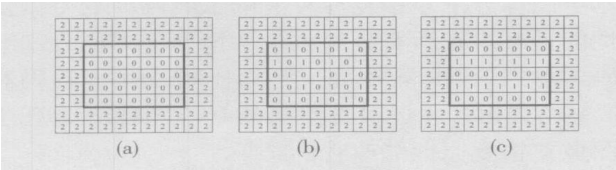


图 2 用 FMO 实现图像分割

Fig. 2 Sub-picture segmentation with FMO

2.2 子图像编码

子图像有两种编码模式: 正常模式和独立模式。在正常模式中, 子图像边界视为条带边界; 在独立模式中, 子图像的边界视为图像边界。换言之, 在独立模式中, 当对子图像编码时, 禁止在子图像边界上进行时域和空域的预测; 而在正常模式中就不存在这样的限制。

在我们的实现方案中, 从实现复杂性方面考虑, 采用了静态分割, 即在编码过程中子图像的大小和位置保持不变。每帧图像分割为一个前景子图像和一个背景子图像。在实现支持基于图像分割差错复原算法的 H. 264 编解码器时, 我们采用 FMO 技术, 通过参数集的定义实现图像静态分割。我们用独立模式对前景子图像进行编码, 并且编码过程中采用更小的量化参数, 分配更多的比特给前景子图像, 从而保证前景子图像获得更好的主客观质量。背景子图像则按正常模式编码。

2.3 视频数据打包传输的差错控制实现

考虑到视频通信业务的实时性和实现的复杂度, 我们使用前向差错纠正 (FEC) 分组对传输层进行前向差错控制^[5]。

RFC2733 定义了实时媒体进行一般前向差错纠正的 RTP 有效载荷格式。简而言之, FEC 分组也是一个 RTP 分组, 就是说在一般的 RTP 分组的有效载荷部分嵌入了 FEC 功能。通过把 FEC 头部和 FEC 有效载荷作为 RTP 的有效载荷来构成 FEC 分组。

考虑到本文提出的基于图像分割的差错复原算法的特点, 我们提出了一种差错纠正控制方案: 每帧图像分为 4 个分组, 包括 2 个前景子图像分组, 1 个 FEC 分组和 1 个背景子图像分组。FEC 分组负责对 2 个前景子图像分组进行差错控制, 背景子图像分组不使用 FEC 分组作差错控制。

3 实验结果和分析

为了验证本文提出的基于图像分割的视频容错算法的差错复原性能, 我们实现了支持该算法的 H. 264 编解码器, 并进行了实验。我们以基于 IP 网的广播型流式视频通信业务为目标, 这些业务符合文献 [6] 给出的低延时 Internet 应用的一般条件。

3.1 实验条件

我们以 H. 264 参考编解码器 JM9. 3 为基础, 实现了支持基于图像分割的视频容错算法的编解码器, 称为图像分割编解码器。

图像分割编解码器细分为 3 种情况: ①前景子图像组织为一个条带 (图 2a); ②前景子图像采用分散条带方式进行组织 (图 2b); ③前景子图像使用交错条带方式进行组织 (图 2c)。

如文献 [6] 所述, 每个分组有 40 字节 (320 比特) 的 RTP/UDP/IP 头开销。对图像分割编解码器, FEC 分组只用在前景子图像中; H. 264 编解码器没有进行图像分割, 每帧图像打成 2 个分组, 再加一个 FEC 分组对这 2 个分组进行差错控制。这两个编解码器可用的视频比特率可以通过下面的公式得到:

VideoBitRate_{segmentation} = TotalBitRate - (FrameRate × 2.5 × 320 / 1000) (1)

VideoBitRate_{jm} = TotalBitRate - (FrameRate × 3 × 320 / 1000) (2)

表 1 给出了实验序列参数和子图像分割的参数。上述两个编解码器采用相同的差错掩盖算法^[7-9]。

实验中, 通过手工分割得到前景子图像和背景子图像。

实验所用的差错模型是 ITU-T 提供的 Internet 模型^[10], 使用的差错模式如文献 [11] 所述。如文献 [10] 中所规定那样, 在源序列的每个帧和相应的重建帧间计算 PSNR。

表 1 序列参数和子图像分割参数
Tab 1 Parameters of subpicture segmentation

序列	比特率 (kbps)	帧率 (帧° s ⁻¹)	编码帧数	FMO 前景子图像位置和尺寸/MB			
				左坐标	上坐标	宽度	高度
Foreman	64	10	4000	2	2	7	6
News	128	15	4000	2	1	8	6
Paris	384	15	4000	5	3	14	11

表 1 中左坐标表示前景子图像中最左端宏块的坐标(以宏块为单位, 从 0 开始); 上坐标表示前景子图像中最顶宏块坐标; 宽度表示前景子图像的宽度(以宏块为单位); 高度表示前景子图像的高度。

3.2 实验结果

图 3—5 分别给出了 Foreman、News 和 Paris 序列的实验结果。图中 jm 表示 H.264 编解码器 (JM9.3); seg 表示图像分割编解码器, 前景子图像组织为一个条带; scat 表示图像分割编解码器, 前景子图像按分散条带组织; interl 表示图像分割编解码器, 前景子图像按交错条带组织。

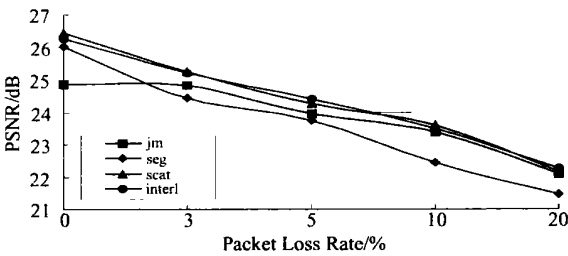


图 3 Foreman 序列实验结果
Fig. 3 R-D curve of Foreman

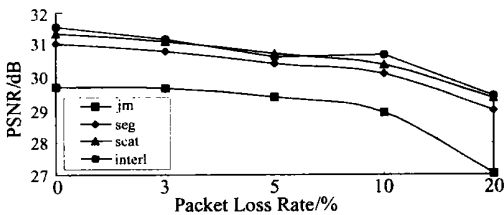


图 4 News 序列实验结果
Fig. 4 R-D curve of News

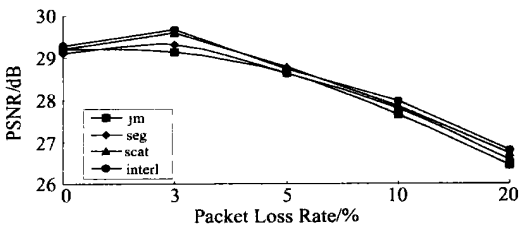


图 5 Paris 序列实验结果
Fig. 5 R-D curve of Paris

从图 3—5 的结果可以看到, 采用了本文提出的基于图像分割差错复原算法的编解码器的差错复原性能良好。在所有分组丢失率情况下图像分割编解码器总的 PSNR 均较高, 平均比 H.264 编解码器提高约 0.7dB。这是本文提出的基于图像分割算法对图像差错复原性能改善的结果。

图 6 给出了 Foreman 序列重建图像的主观质量 (视频比特率 64 kbit/s, 分组丢失率 20%), 作为比较图 (e) 给出没差错的本帧图像。从图中可以看到, 应用本文提出的基于图像分割的差错复原算法得到的重建图像, 其中的重要区域有良好的主观效果, 特别是采用分散条带组织的方案的主观效果最好, 而背景中的差错几乎注意不到。

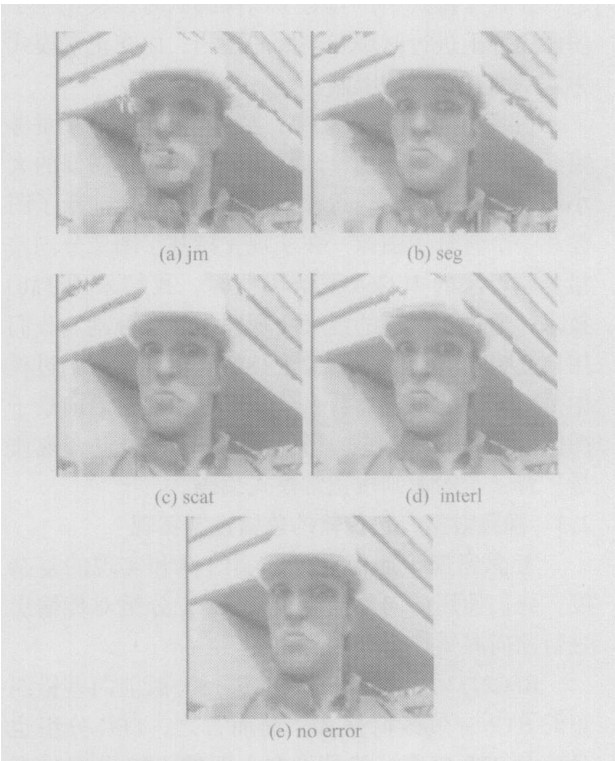


图 6 Foreman 序列 64 kbit/s、分组丢失率 20% 实验结果
Fig. 6 Experimental results of Foreman

由于在前景有更好的质量, 从所选择的截取图像可以看出, 在所有视觉察觉到的质量方面基于图像分割编解码器优胜于常规的编解码器。综合上述实验结果, 本文提出的基于图像分割的差错复原算

法具有良好的差错复原性能, 重建图像的主客观质量良好。

4 小 结

人们可能更多地注意感兴趣的区域和倾向于对背景的改变不太敏感。当视频比特流在易差错网络中传输时采用 FMO 机制进行的子图像分割有助于在所选的重要区域维持好的图像质量。特别是那些不能提供任何反馈机制的应用, 例如基于 IP 的广播和多播流, 在我们的实验中表现出好的重构图像性能。

本文在实现基于图像分割的差错复原算法时对子图像采用了静态分割。然而, 在丰富多彩的真实场景中图像信息更多的时候是瞬息万变, 引起主观敏感部分的前景子图像也会不断地变化, 因此静态分割无法很好地适应真实场景动态的变化。如果采用动态分割, 使得子图像的分割随着主观敏感部分的变化而变化, 可以获得更好的重建图像。然而, 由于图像分割的动态变化, 必然引起复杂度的增加和引入了延时, 这在实时性要求较高的视频通信应用中也需作出相应的折衷。

图像分割还要考虑前景子图像的大小问题以及前景子图像的数量问题。因为前景子图像部分要进行精细编码和着重传输保护, 这部分的编解码在整个编解码过程中所占的比例较大。而背景子图像可从子图像的预测中获得并只作相对较粗糙的编码。所以, 前景子图像的恰当分割对整个方案实施的计算复杂度影响较大。若选取的前景部分过大, 则失去了图像分割的意义, 若过小则未必包含了主观敏感部分, 总的来说如何进行恰当的图像分割是值得

研究的问题。

参考文献:

- [1] HANNUKSELA M M, WANG Y K, GABBOUJ M. Sub-picture: ROI coding and unequal error protection[C]. IEEE 2002 Int Conf Image Processing (ICIP2002), Rochester, NY, 2002(3): 537—540.
- [2] CHAI D, NGAN K N, BOUZERDOUM A. Foreground/Background Bit Allocation for Region-Of-Interest Coding [C]. IEEE 2000 International Conference on Image Processing, 2000(2): 923—926.
- [3] WIEGAND T, SULLIVAN G J, BJONTEGAARD G, et al. A Overview of the H. 264/AVC video coding standard[C]. IEEE Trans. Circuits Syst Video Technol, 2003, 13: 560—576.
- [4] Draft ITU-T Recommendation and Final Draft International Standard of Joint Video Specification[C]. JVT—G050r1, 2003.
- [5] ROSENBERG J, SCHULZTRINNE H. An RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction[C]. RFC 2733, 1999.
- [6] WENGER S. Common Conditions for Wire-Line[C]. Low Delay IP/UDP/RTP Packet Loss Resilient Testing. VCEG—N79r1, 2001.
- [7] 梁凡, 肖自美, 刘红梅. 用于 IP 网络的差错复原编解码器[J]. 中国图象图形学报, 2001, 6(5): 502—506.
- [8] 梁凡. 差错信道下视频传输关键技术的研究[D]. 广州: 中山大学电子与通信工程系, 2000.
- [9] VARSA V, HANNUKSELA M M, WANG Y-K. Non-normative error concealment algorithms[C]. VCEG—N62, 2001.
- [10] VCEG. Common conditions for the Internet/H. 323 case [C]. Q15—I61, 1999.
- [11] VCEG. Internet Error Pattern[C]. Q15—I16r1, 1999.

Error Resilient Scheme Based on Image Segmentation

XIAO Ming-ming^{1,2}, LIANG Fan¹

(1. Department Electronics & Communication Engineering, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

(2. Department Information Engineering, Zhongkai Agrotechnical College, Guangzhou 510225, China)

Abstract: In general, people think a lot of on foreground of picture, when they look at the picture. In this dissertation, we introduce a image segmentation based error resilience algorithm. The video frame is divided to foreground sub-picture and background sub-picture with FMO tool, then we do some fine code to foreground sub-picture, and implement transmission error control by forward error control packet to coded data of foreground sub-picture. Simulation results show that the overall subjective quality is considerably improved compared to the conventional coding schemes.

Key words: video coding; error resilience; flexible macroblock ordering; image segmentation