

一种新型的基于离散化宏块及螺旋扫描的视频数据打包算法

王 曜 朱光喜 刘 汝

(华中科技大学电子与信息工程系, 武汉 430074)

摘 要 在研究传统视频数据打包算法中所采用的光栅扫描方式的局限性基础上, 融合离散化宏块和螺旋扫描, 融合这两种算法提出了一种新的视频数据打包算法。该算法首先按照某种规则离散化编码宏块, 然后再从人眼感兴趣的中心区域开始, 螺旋形步进打包。理论和试验都证明了这种新型的打包算法一方面可以有效地提高数据包抗丢包、抗误码的性能, 另一方面可以使得数据包具有一定的可伸缩性。该算法比传统的打包算法在解码输出质量上具有明显的提高。

关键词 图象处理(510·4050) 离散化宏块 光栅扫描 螺旋扫描 视频数据打包

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8961(2003)12-1457-05

A New Video Data Packet Algorithm Based on Scattered Macroblocks and Helix Scan Order

WANG Yao, ZHU Guang-xi, LIU Ru

(E&I Engineering Department, Huazhong University of Sci. & Tech. Wuhan 430074)

Abstract In the error-prone environments like wireless channels, bits error or/and packets loss is unavoidable. So error concealment is becoming an important and necessary technology for decoder. As most error concealment schemes are all based on the neighboring spatial information, the probability of that surrounding macroblocks are all lost must be decreased. Address this question, This paper studies the limitation of the raster scan order that adopted by tradition video data packeted algorithm, then considers scatter macroblocks and helix scan order. Combining these two schemes, a new video data packet algorithm is proposed. In this scheme, macroblocks are assigned to different packets following a special scatter pattern. Then they are packeted by helix scan order from the visual central area. Simulation results show this algorithm not only can make compressed video data more robust, but also make the video stream be scalable.

Keywords Scatter macroblocks, Raster scan order, Helix scan order, Video data packet

0 引 言

像所有压缩后的数据一样, 压缩的视频数据对于错误具有很高的敏感性, 几乎任何的误差都能给终端用户造成不易接受的恢复结果, 因此需要采用差错恢复、错误隐藏等技术来解决这一问题^[1]。差错恢复是在发送端编码层采用的, 通过改善传输码流的结构, 使其有利于解码器检测差错和恢复丢失数据, 其目标在于提高连续媒体流的鲁棒性。错误隐藏

是在接收端解码层采用的, 是利用媒体信息的空间及时间相关性来降低传输差错对媒体流质量的影响, 其目标在于提高连续媒体流的恢复质量^[2]。传统的错误隐藏算法主要有空间插值错误隐藏^[3]和时间插值错误隐藏^[4]两种。对于前者, 由于视频图象在空间上存在着很大的相似性, 因而可以利用相邻的正确图象数据内插重建错误的帧, 以达到错误隐藏的目的; 对于后者, 则是利用视频图象在时间上的相关性, 通过前一帧相关位置上的数据来代替本帧的错误数据, 实现错误隐藏。由于在无线信道等误码率

基金项目: 国家 863 基金资助项目(2002AA119010)

收稿日期: 2002-08-07; 改回日期: 2003-06-20

较大的信道中, 比特误差和丢包是不可避免的, 所以错误隐藏对于解码器来说是重要且必需的技术. 为了保护前面提到的时间、空间相关性, 降低相邻宏块同时丢失的概率, 成为保证错误隐藏算法能够得以实施的重要条件. 基于此问题, 提出了一种新的基于离散化宏块和螺旋扫描方式的数据打包算法. 该算法将相邻的宏块按照一定的离散规律, 分布到不同的数据包中, 并且在每一个数据包中按一种螺旋扫描的方式组织各个宏块. 理论和试验的结果都表明, 采用这种算法能够更好地保护视频数据, 有效地提高数据流的抗误码和抗丢包性, 同时使得数据流具有一定的可伸缩性.

1 离散化宏块和螺旋形扫描

在 MPEG-4 的编码层次中包括块、宏块(MB)、视频对象平面(VOP)、视频对象组(GOV)、视频对象层(VOL)和视频对象序列(VOS)等多层. MPEG-4 编码时, 对各宏块采用光栅扫描方式, 如图 1 所示, 从左上角的宏块开始到右下角的宏块结束, 这种扫描方式虽然简单但却不利于数据码流的健壮性.

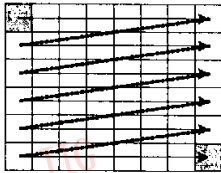


图 1 光栅扫描方式

1.1 光栅扫描方式的局限性

通常状态下, 一个传输数据包中会包含多个宏块, 如果这个数据包因某种原因发生了丢失, 那么包中所有的宏块都将不可避免的丢失. 在光栅扫描方式中, 这样的数据包中的宏块必然是相邻的, 宏块丢失的结果将很难利用空间相关性来补偿数据的丢失. 因而, 光栅扫描方式的一个局限性在于相邻宏块同时丢失的概率较大. 为了避免这种情况, 文献[5]提出了离散化宏块的算法, 这种算法将相邻宏块按照某种方法分散到不同的数据包中, 降低相邻宏块同时丢失的概率, 从而达到提高编码输出码流抗丢包性的目的.

光栅扫描方式的另一个局限性在于没有充分考虑人类视觉系统. 通常当人们观看一幅图片时, 大部分的视觉注意力集中于图片的中心区域. 光栅扫描

方式因没有对此中心区域内的数据做任何特殊保护, 造成了重要数据没有得到应有的重视, 从而降低了整个恢复图象的主观效果. 倘若能够将这部分区域先编码, 并采用较为有利的保护措施, 那么在解码端就会得到更好的视觉效果. 先编码此部分数据的目的在于利用包的头信息, 减少此区域数据错误或减小失同步的概率, 同时解码时先行显示此部分数据便于满足用户的视觉习惯.

1.2 离散图样

离散化宏块的目的, 在于将相邻宏块, 分布到不同的数据包中. 宏块离散化的规律, 称之为离散图样(Scatter Pattern). 文献[5]中采用的离散图样公式为

$$Y = \begin{cases} [(x \% n) + 1] \% m & (x/n) \text{ 为偶数} \\ [(x \% n) + 1 + m/2] \% m & (x/n) \text{ 为奇数} \end{cases}$$

其中, n 是图片中宏块列的维数; m 是每个数据包中宏块的数目(联合考虑效率与效果两方面的因素, 一般 $3 \leq m \leq 6$); x 是宏块离散化前按照光栅扫描方式该宏块的标号; Y 是离散化后该宏块所属的数据包标号; $\%$ 和 $/$ 分别是取模和整除的操作.

例如, 要将 3 行 8 列宏块组离散化, 每个数据包中含有 5 个宏块, 则 $n=8, m=5$, 离散后的结果如图 2 所示. 每个宏块中的数字表示该宏块离散后所属的数据包标号. 从图中可以看到, 相邻的宏块被分散到了不同的数据包中. 当然还可以采用其它的、更加复杂的离散图样, 来确定每一个宏块所属的数据包.

1	2	3	4	5	1	2	3
3	4	5	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	1	2	3

图 2 宏块离散图样

1.3 螺旋扫描方式

为了弥补光栅扫描方式没有考虑人类视觉系统的缺陷, 提出一种螺旋扫描方式. 这种方式以人类视觉系统注意的中心区域为起始点, 螺旋形步进直到扫描完整幅图片. 螺旋扫描方式的示意图如图 3 所示.

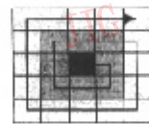


图 3 螺旋扫描方式

2 结合离散化宏块和螺旋扫描的新型打包算法

结合离散化宏块算法和螺旋形扫描方式,设计一种新型的打包算法.算法的步骤如下:

(1) 利用某种离散图样将宏块离散化;

(2) 以图象中心区域为始,利用螺旋方式扫描整幅图象;

(3) 结合离散化后的宏块标号和螺旋扫描的结果,确定每个发送数据包内的宏块以及宏块的排列方式.

例如,如果采用图 4(a)所示的宏块离散图样,则宏块离散化后如图 4(b)所示,螺旋形扫描结果如图 5 所示.数据打包的结果如表 1 所示.

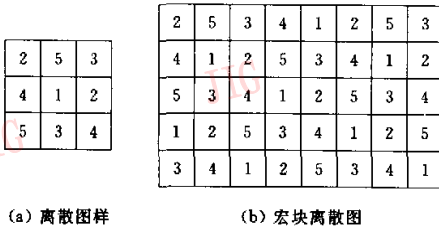


图 4 宏块离散化

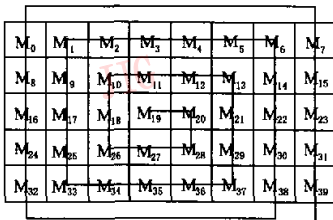


图 5 螺旋扫描结果

表 1 数据打包结果

包序号	宏块序号
1	M ₁₉ , M ₂₅ , M ₃₄ , M ₉ , M ₄ , M ₁₄ , M ₂₄ , M ₃₉
2	M ₂₀ , M ₁₀ , M ₃₅ , M ₂₅ , M ₅ , M ₃₀ , M ₀ , M ₁₅
3	M ₂₇ , M ₁₂ , M ₃₇ , M ₁₇ , M ₂ , M ₂₂ , M ₃₂ , M ₇
4	M ₂₈ , M ₁₈ , M ₁₃ , M ₃₃ , M ₃ , M ₃₈ , M ₈ , M ₂₃
5	M ₂₉ , M ₁₁ , M ₂₁ , M ₃₆ , M ₁ , M ₆ , M ₁₆ , M ₃₁

从打包的结果可以看出,相邻的宏块被分布到不同的数据包中,并且对于人类主观视觉影响较大的中心区域宏块,处于每个数据包的前部.分析这些宏块分布特点,可以发现这种算法的优势在于:

(1) 提高了数据包传输的鲁棒性.即使一个数据

包丢失,或者某些宏块因误码而发生错误,都可以通过接收到的其他包中的相邻宏块来重建丢失宏块;

(2) 使得数据包具有一定的可伸缩性.由于重要的宏块区域处于每一个数据包的前部,这样在带宽不足的时候,发送端可以通过截断等方式主动丢弃数据包后部不太重要的宏块数据.

采用这种打包算法对 Salesman 序列前 50 帧编码数据进行打包,视频编码采用 TML9.4.在丢包率为 0.05 时,第 10 帧恢复图象的 PSNR、第 11 帧恢复图象的 PSNR 以及第 11 帧恢复图象经第 10 帧错误隐藏后的 PSNR 值如图 6 所示.可以看出,经错误隐藏后的 PSNR 值有着明显的提高.

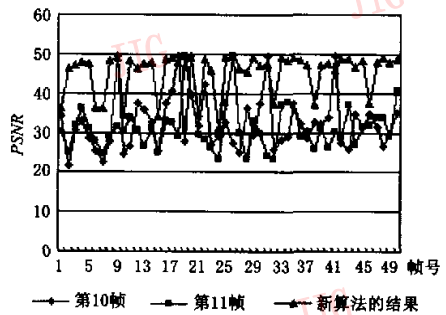


图 6 新算法试验结果图

由于采用了螺旋扫描方式打包输出,因而对于当前各类基于光栅顺序编码数据块的视频编码器而言,将至少存在一帧的群延时.不过这样的延时大小相对于网络的传输延时还是较小的,因而可以不予考虑.至于打包算法的复杂性,由于是根据有规则的离散图样来进行宏块离散的,因此在算法的复杂性上并没有增加多少.

3 离散化宏块对提高数据包抗丢包性能的理论分析

数据包的丢失情况可以看作是二阶的 Markov 链^[6],状态“0”表示该数据包丢失,状态“1”表示该数据包正确接收,概率 p 是由“丢失”转向“接收”的转移概率,概率 q 是由“接收”转向“丢失”的转移概率,数据包状态变迁图如图 7 所示.

如果包 1 丢失,那么

包 2 不丢失的情况为 {01}, 概率为 $B_2 = p$

包 3 不丢失的情况为 {001, 011}, 概率为

$$B_3 = p(1 - q) + p(1 - p)$$

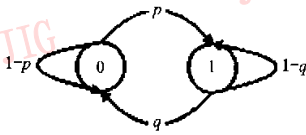


图 7 数据包状态变迁图

包 4 不丢失的情况为 {0111, 0101, 0011, 0001}, 概率为

$$B_4 = p(1-q)^2 + pqp + (1-p)p(1-q) + (1-p)^2p$$

包 5 不丢失的情况为 {01111, 00111, 01011, 01101, 00011, 00101, 01001, 00001}, 概率为

$$B_5 = p(1-q)^3 + (1-p)p(1-q)^2 + pqp(1-q) + p(1-q)qp + (1-p)^2p(1-q) + (1-p)pqp + pq(1-p)p + (1-p)^3p$$

根据宏块数据之间的相关性, 设水平和垂直方向上的宏块对本宏块错误隐藏的影响因子为 a , 斜向上的宏块对本宏块错误隐藏的影响因子为 b , 一般情况下 $0 < b < a < 1$. 如图 8 所示.

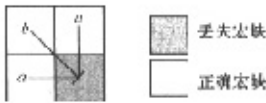


图 8 相邻宏块对本宏块的相关因子

图 9 显示了新型打包算法和传统打包算法相邻宏块分布图. 新型算法采用图 9(a) 的离散图样.



(a) 新算法 (b) 传统算法

图 9 新算法和传统算法宏块分布图

根据图 9(b) 宏块分布图, 利用传统打包算法能够正确恢复丢失宏块的概率 R_1 为

$$R_1 = aB_2 + aB_3 + 2bB_2 + 2bB_3 = (a + 2b)(B_2 + B_3)$$

而对于新型打包算法, 能够正确恢复丢失宏块的概率 R_2 为

$$R_2 = aB_2 + aB_3 + aB_4 + aB_5 + bB_2 + bB_3 + bB_4 + bB_5 = (a + b)(B_2 + B_3 + B_4 + B_5)$$

设定 a, b, p , 可以得到 R_1, R_2 随参量 q 的变化图, 如图 10 所示. 从图中可以看出, 随着网络状态的改善 (转移概率 p 增大), 能够恢复丢失宏块的概率

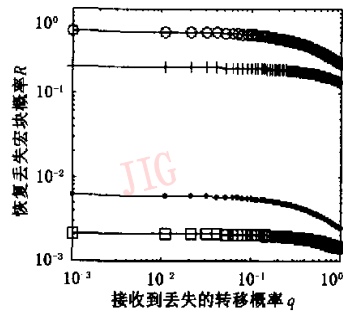


图 10 算法效果比较图

将增大, 而且新型的打包算法比传统的打包算法在恢复概率上具有更好的效果. 以此验证了这种新型打包算法对数据包抗丢包误码性能有很好的提高.

4 结 语

对现有光栅扫描方式局限性研究的基础上, 结合离散化宏块和螺旋扫描方式的优点, 提出了一种新的数据宏块打包算法. 该算法对数据码流的抗丢包性和可伸缩性都比传统打包算法具有更多的优越性.

由于在研究离散化宏块时, 没有考虑数据包的离散化, 而且根据目前的研究表明, 相邻数据包同时丢失的概率也较大 (尤其在无线等恶劣信道中), 因此相邻数据包的离散化将是下一步的研究方向 (虽然这样会增大传输延时, 但是在抗信道衰落方面会有更好的性能). 采用螺旋扫描方式使得数据流具有一定的可伸缩性, 如何利用这种可伸缩性, 尤其是结合遥感、医学等大幅图象的中心注意区域的研究将是另一个研究的方向.

参 考 文 献

- 1 Wang Yao, Zhu Q F. Error control and concealment for video communication; a review. [J]. Proceedings of IEEE, 1998, 86(5): 974~997.
- 2 Wu Dapeng, Hou Y T, Zhang Ya-Qin. Scalable video coding and transport over broadband wireless networks [J]. Proceedings of the IEEE, 2001, 89(1): 6~20.
- 3 Wang Yao, Zhu Q F, Shaw L. Maximally smooth image recovery in transform coding [J]. IEEE Transaction Communications, 1993, 41(10): 1544~1551.
- 4 Shyu H C, Leou J J. Detection and concealment of transmission

errors in MPEG-2 images a genetic algorithm approach [J]. IEEE Transactions on Circuits Systems Video Technology, 1999, 9(9): 937~948.

- 5 Stephan W, Michael H. Scattered slices: A new error resilience tool for H. 261.[R]. JVT-B027 Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU T VCEG[R] 2nd Meeting, Geneva, CH, Jan. 29-Feb. 1, 2002.
- 6 Yee J R, Weldon E J. Evaluation of the performance of error correcting codes on a gilbert channel [J]. IEEE Transaction Communications, 1995, 43(8): 2316~2323.



王 曜 1976 年生, 华中科技大学电子与信息工程系 2000 级博士生, 主要研究方向为多媒体通信。



朱光喜 1945 年生, 华中科技大学电子与信息系工程教授, 博士生导师, 中国数字音视频编解码技术标准专家组成员, 目前主要研究方向为多媒体通信、第四代移动通信等。



刘 汝 1983 年生, 华中科技大学电子与信息工程系 2001 级在读硕士生, 主要研究方向为多媒体通信中的音视频编码与传输。

戴尔商用笔记本电脑——值得您信赖的工作伙伴

在竞争异常激烈的现代社会中, 任何一分钟的业务中断, 都会给企业带来巨大的经济损失以及难以预计的后续影响。作为基本办公设备之一, 由于其特殊的使用环境和系统构造, 笔记本电脑对可靠性的要求尤其严格。稍一不慎, 就会出现上面所述的尴尬场景。如何予以避免呢? 戴尔在自己的商用笔记本电脑 Latitude 系列中, 通过成熟的技术、严格的测试体系以及完善的服务, 成功构筑起了三道壁垒, 将种种可能的意外损失拒之门外, 从而成为确保业务持续顺畅的最值得信赖的一个工作伙伴。

Latitude 是戴尔久负盛名的商用笔记本电脑品牌, 自 1997 年面世以来已成为全球最畅销的笔记本电脑。在 Latitude 系列成功的诸多因素之中, 成熟而领先的技术无疑占有重要地位。戴尔在 Latitude 机型开发过程中一如既往地贯彻了标准化的原则, 无论是主机构件还是附件, 在带给用户最新技术的同时, 都坚持必须以通用性和兼容性为基础, 只有经过多方面测试、尽可能地杜绝了一切不稳定因素的行业标准技术, 才能被纳入戴尔的产品研发体系, 最终服务于用户。

产品研发之后, 生产过程是决定产品质量的最重要环节。鉴于笔记本电脑的特殊性, 戴尔不但在生产环境、工序、元件质量等方面严格遵循国际标准, 还对笔记本电脑的全部组件都进行近乎苛刻的检测, 在多种不同的极端模拟应用环境如温度、湿度、海拔、撞击、跌落等之中全方位考察系统的耐用性和质量, 务求只有最坚固、最可靠、足以经受考验的产品, 才能到达最终用户的手中。

而在实际使用过程中, 由于频繁的移动, 再坚固的产品也难免会面临种种可能破坏系统稳定性的意外。针对这一长期困扰用户的后顾之忧, 戴尔除了固有的有限保修服务以及国家规定的“三包”服务之外, 近期又推出了名为全面保护 (CompleteCover™) 的全新服务举措, 使更多的笔记本电脑用户能够从中获益。作为一项专为笔记本电脑定制的服务, 全面保护服务为用户提供了全面完善的系统意外损坏保护。笔记本电脑一旦遭受跌落、液体溅入、电涌等意外损坏, 用户都可以从戴尔遍布全国乃至全球的专业服务团队免费获取迅速的部件维修或更换服务, 最大限度地确保了业务的连续运行, 并让用户已有的投资得到全面保护。这样贴心的服务措施, 即使在本土笔记本电脑厂商中也是不多见的。

多年以来, 凭借着直销模式和以用户为中心的经营宗旨, 戴尔始终保持着对用户实际需求的敏锐把握。稳定性和可靠性是商用产品的命脉, 也是戴尔商用品牌机赢得用户信任的最主要原因之一。在一个产品从理念转化为用户手中的实用工具、工作中的亲密伙伴的过程中, 从设计、制造到售前与售后服务, 戴尔的一切努力都旨在使产品完全融入最终用户的生活与工作, 最大限度减少产品本身问题导致的麻烦与困扰, 从而使用户能够把更多精力集中到重要的业务运营中, 为企业带来更大收益。在最新公布的 TBR 笔记本电脑用户满意度调查中, 戴尔再次荣登榜首, 由此我们可以坚信, 随着移动解决方案在商务领域应用的逐步深入, 戴尔商用产品系列还将继续成为企业用户不可或缺的重要伙伴。