

视频数据的基于多趟跳跃扫描的离散打包方法

马 然 张兆扬

(上海大学通信与信息工程学院, 上海 200072)

摘 要 打包技术是一种有效的、重要的抗误码技术。针对离散片打包方法的局限性, 本文在研究传统的光栅扫描打包方法和新近的离散片方法的基础上, 将两者的优点相结合, 提出了一种新颖的基于多趟跳跃扫描的离散打包方法。由于该打包方法对离散后的宏块按照一定的规律进行了多次扫描, 从而突破了离散片算法基于固定宏块数目的局限性, 实现了优化的、离散的基于比特数的打包。

关键词 视频数据 打包 扫描 交织

中图法分类号: TN941.1 文献标识码: A 文章编号: 1006-8961(2005)11-1364-04

Video Data Scattered Packet Algorithm Based on Multiple Jumpy Scans

MA Ran, ZHANG Zhao-yang

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200072)

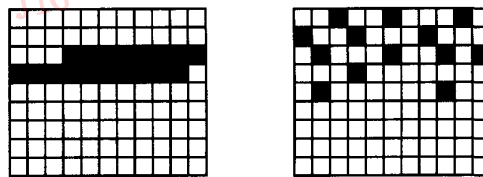
Abstract Packet algorithm is one of important effective technology against error. In this paper, a new scattered packet algorithm based on multiple jumpy scans is proposed, which combines the advantages of traditional raster-order scan and recent scattered slices. The proposed packet algorithm, which scans the scattered macroblocks in certain order, overcomes the limitation of macroblock's fixed numbers in scattered slices, and implements excellence scattered packets in term of bit numbers.

Keywords video data, packet, scan, interleave

1 引 言

在基于包交换的网络上传输视频数据时, 由于经压缩处理后的视频数据的数据量仍然是很大的, 因此需要打成一个一个适合网络传输的数据包, 其大小要小于最大传输单元(maximum transmission unit, MTU)。一个好的打包方法一方面可增强系统的抗误码能力, 以利于提高重建视频的质量; 另一方面又能以最少的包传输最多的数据, 这样既可减轻网络负担, 又可提高打包效率。如果一个数据包包含的是连续宏块信息, 那么该数据包一旦丢失, 就将会在图像的某个位置造成严重影响而不易恢复。然而如果打包前, 将相邻宏块进行离散交织, 则解码端就可

以比较容易地采用差错隐藏技术^[1]来恢复出原始视频信号(如图1所示)。很明显, 当有相同数目的宏块丢失时, 图1(b)与图1(a)相比, 其受损部分更易利用其周围接收到的正确宏块来重建图像。



(a) 连续宏块丢失

(b) 离散宏块丢失

图1 两种不同的包结构

Fig. 1 Two different packet structures

为此, 文献[2]提出了离散片(scattered slices)

基金项目: 上海市重点学科基金项目(2001-44); 上海市教委青年科学基金项目(03AQ86)

收稿日期: 2005-08-20; 改回日期: 2005-09-28

第一作者简介: 马然(1974~), 女, 2000年获上海大学信号与信息处理专业硕士学位, 现为上海大学通信与信息工程学院博士研究生。主要研究方向是网络流视频的差错控制、视频编码等。E-mail: maran@staff.shu.edu.cn

的算法,即将相邻宏块按照某种方法很好地分散到不同的数据包中,以降低相邻宏块同时丢失的概率。但是由于在这种方法中,每个离散片都包含固定数的宏块数目,而且由于不等长编码等技术的应用,使得每个宏块本身包含的数据量是不同的,这就一方面有可能导致离散片的长度会超过 MTU,必须进行再次分割,可能使得一个宏块被分割到两个 slices 中,这会造成抗误码性能的下降;另一方面也有可能导致离散片的长度过小,造成包中的有效负载量过小而使得传输效率过低,因此,本文提出了一种采用多趟跳跃光栅扫描来进行离散打包的方法,其实质上是集合了光栅扫描和离散片这两种打包方法的优点,先要对要传输的视频数据以宏块为单位进行离散,然后再有序地、跳跃地扫描离散后的宏块,最后通过对扫描到的宏块逐一进行判断来判定其是属于当前 slice,还是下一 slice,以获得最佳的、离散的基于比特数的数据包。

2 打包算法的简述

2.1 光栅扫描方式的打包算法

视频编码标准如 MPEG-4、H. 263 等,对各宏块是采用光栅扫描(raster-scan order)方式(如图 2 所示),即从图 2 中左上角的宏块开始到右下角的宏块结束来进行打包。与包含固定宏块数目的宏块组(group of blocks, GOB)结构不同, slice 结构其每一次所扫描的 slice 有大约相同的比特数,如果在当前 slice 中所包含的比特数超过了预定的阈值,那么在下一个宏块的开始就生成一个新的 slice。通常,由于视频中的活动区域(其中宏块需要更多的比特)会比静止区域具有更多的 slice,从而有更多的同步标记^[3],这就为解码端在活动区域的差错隐藏提供了便利条件。例如,在图 3 中,对于 GOB 结构,其中包含着物体的 GOB(第 3 和第 4 个 GOB)更有可能出错,这是因为它们含有较多的比特的缘故,而且受损的 GOB 将导致视觉上不可接受的失真。对于 slice 结构,由于其相同的区域会被更多的 slice 覆盖,使得在该区域出现更多的同步标记,且对丢失的 slice 其影响的区域较小,从而使得差错复原能力得到改善。简而言之,这种 slice 结构的基于比特数的打包方法,使得一个 slice 对应一个数据包,这样既避免了二次分割,又提高了打包效率。

由于重同步码后的报文头中包含了当前 slice

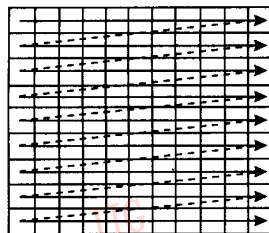


图 2 光栅扫描方式打包

Fig. 2 Packet in raster-scan order

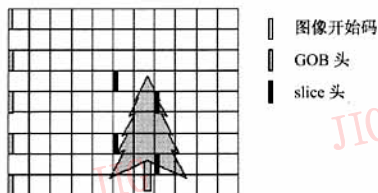


图 3 GOB 与 slice 的比较

Fig. 3 Comparison of GOB and Slice

中的第 1 个宏块的绝对宏块序号等信息^[4],因此无论先前的 slices 是否丢失,只要当前的 slice 中的宏块之间的关系是固定的、有规律的,则其他各宏块都可以找到其在重建图像中的正确位置,也就是说,每个 slice 是独立解码的。

然而,虽然这种基于比特数的光栅扫描打包方式实现起来比较简单,同时也提高了打包效率,但是在这种扫描方式下,一个 slice 中会包含多个连续相邻宏块,一旦这个 slice 丢失,就很难利用空间相关性来恢复丢失的宏块。

2.2 离散片的打包算法

离散片实质上就是交织打包,它尽量地将相邻的宏块分布到不同的 slices 中。文献[2]中采用如下的离散样本(scatter pattern)公式来确定宏块的分布情况:

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

其中, n 是图像中宏块的列数; p 是要生成的 slice 的数目; x 是未离散宏块的编号,从 0 开始编号,按光栅扫描次序递增; S 则是离散后 x 被分配到的 slice 的编号; $\%$ 和 $/$ 分别表示取余和整除运算。例如,若将一 QCIF 格式的图像(包含 9 行 11 列宏块)进行离散打包成 6 个 slices,则宏块离散交织后的情况如图 4 所示,其中与宏块对应的编号表示宏块被分配到的包的编号。由此可以看到,经过上述公式

处理,一个宏块与其周围相邻的 8 个宏块不在同一 slice 中,且这 8 个相邻宏块也大多分散在不同的 slices 中,这样就可以保证在丢失 2 或 3 个 slices 时,仍可以利用相邻的信息来恢复出丢失的信息。

1	3	5	2	4	6	1	3	5	2	4
2	4	6	1	3	5	2	4	6	1	5
1	3	5	2	4	6	1	3	5	2	4
2	4	6	1	3	5	2	4	6	1	5
1	3	5	2	4	6	1	3	5	2	4
2	4	6	1	3	5	2	4	6	1	5
1	3	5	2	4	6	1	3	5	2	4
2	4	6	1	3	5	2	4	6	1	5
1	3	5	2	4	6	1	3	5	2	4
2	4	6	1	3	5	2	4	6	1	5
1	3	5	2	4	6	1	3	5	2	4

图 4 宏块离散交织

Fig. 4 Macroblocks interleave

同时,文献[2]也指出,这种方案虽然能很好地将相邻宏块分布到不同的 slices 中,但是由于所生成的 slices 是基于固定宏块数目的,并不能有效地与 MTU 的尺寸相匹配,从而严重地影响到打包的效率,也使抗误码性受到挑战。

3 基于多趟跳跃扫描方式的离散打包算法

离散片方法能很好地将宏块进行交织,使得相邻宏块尽量不在同一 slices 中;而在光栅扫描方法中,由于扫描的次序是固定已知的,即只要知道一个 slice 中第 1 个宏块的位置,就可将整个 slice 中所有的宏块数据复原到正确的位置,而无需知道该 slice 中所包含的宏块的数目。因此,本文将这两种方法的优点有机地结合起来,设计出一种新的基于跳跃扫描的离散打包算法,该算法的具体实现如下所述:

由于离散片方法可以获得最佳的离散效果,因此,可首先利用式(1)将同一图像中的宏块离散交织,使得每个宏块 x 获得一个对应的新编号 S 。这里, S 不再作为新生成的 slice 的编号,而是作为扫描的次序序号,也就是说,此时对图像进行的从左到右、从上到下的光栅扫描,并不是对宏块逐个进行扫描,而是按照 S 的编号大小,先从左上角开始到右下角“跳跃地”扫描编号 $S=1$ 的所有宏块,然后再返回左上角重新开始扫描编号 $S=2$ 的所有宏块,依次

反复进行来实现对每个宏块的扫描。在进行这种跳跃式扫描的同时,每扫描到一个宏块,就要判断当前的 slice 是否超过 MTU 所规定的有效负载量,如果超过规定的阈值,则结束当前的 slice,而将这个宏块作为下一个 slice 的第 1 个宏块。例如,对图 4 进行跳跃式扫描,第 1 趟扫描编号 $S=1$ 的宏块,每扫描到一个编号为 1 的宏块,就将其加入 slice 1 中,并判断这个 slice 1 是否超出阈值。假设当扫描到第 15 个编号为 1 的宏块(即第 8 行第 4 列)时,如果发现这个宏块放入 slice 1 后,将使 slice 1 超过阈值,则结束当前这个 slice,重新开始另一新的 slice 2,并将第 15 个编号为 1 的宏块作为 slice 2 的第 1 个宏块,当扫描到右下角后,再重新返回左上角,开始第 2 趟扫描编号为 2 的宏块,并将其继续放在 slice 2 中,直到 slice 2 满,再开始下一个 slice。编码端和解码端只要事前约定好离散样本公式(1)和这种扫描规则,那么这种跳跃扫描亦可认为是固定、已知的。因此,当收到任何一个 slice 时,只要确定了这个 slice 中第 1 个宏块的绝对地址,那么其后的所有的宏块的位置也就相应可以确定。

综上所述,本文提出的算法可以归纳为以下步骤:

- (1) 离散交织:生成跳跃扫描的次序编号 S ;
- (2) 跳跃扫描:按照 S 的大小扫描每个宏块;
- (3) 判断打包:判断当前 slice 是否已满,如果已满,则结束当前 slice,并将目前的宏块作为下一 slice 的第 1 个宏块,返回步骤(2)。

4 仿真实验

为验证本文算法的效果,先随机抽取 QCIF 格式的 Forman、News 序列中的连续 100 帧,然后采用 MPEG-4 编码器对其进行压缩编码后,再分别采用光栅扫描、离散片及本文的新方法对同一段视频数据进行了打包。本文采用 ITU (international telegraph union) 所提供的 Internet 参考模型^[5]来模拟丢包情况,其结果如下表 1 所示(在解码时,对 3 种方法获得的重建图像均采用相同的差错隐藏处理)。由表 1 可以看到,新方法获得的重建图像质量的峰值信噪比优于前两者,这是因为这种方法既分散了相邻宏块,有效地降低了丢失连续宏块的可能性,同时也控制了 slice 的长度,从而有效地避免了其二次数据分割带来的抗误码能力的下降。

表 1 采用 3 种方法所获得的重建图像峰值信噪比
Tab.1 PSNRs of three algorithms

序列	网络模型 编号	丢包率 (%)	PSNR(dB)		
			光栅扫描	离散片	跳跃扫描的 离散打包
Foreman 序列	3	3.3	26.53	29.09	29.46
	5	5.3	24.18	27.78	28.95
	10	11.5	19.85	24.04	27.13
News 序列	3	3.3	27.05	30.35	30.78
	5	5.3	25.87	28.23	30.32
	10	11.5	20.03	25.48	28.11

5 结 论

本文在研究光栅扫描方法和离散片打包方法的基础上,提出了一种新的基于多趟跳跃扫描的离散打包方法。这种新方法将上述两种方法的优点有机地结合在一起,先利用离散片方法将相邻宏块分散,然后再采用类似光栅扫描的方法,对离散宏块图像

进行多趟跳跃扫描,从而实现了基于比特数的离散打包方案,实验结果表明,该方法不仅有利于提高打包效率,而且可改善抗误码的性能。

参考文献 (References)

1 WANG Yao, ZHU Qin-fan. Error control and concealment for video communication;a review [J]. Proceedings of IEEE, 1998, 86 (5) : 974 ~ 997.

2 Wenger Stephan, Horowitz Michael. Scattered slices: A new error resilience tool for H. 264 [A]. In: Joint video team(JVT) of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG 2nd Meeting [EB/OL], JVT-B027, Feb. 2002, Available: ftp://ftp. imtc-files. org/jvt-ex-perts/0202-Gen/JVT-B027. doc, Geneva, CH, Jan. 29 ~ Feb. 1, 2002.

3 WANG Yao, Ostermann Jorn, ZHANG Ya-qin. Video processing and communications [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2003, 6. [王瑶, Ostermann Jorn, 张亚勤(侯正信等译). 视频处理与通信 [M]. 北京:电子工业出版社, 2003, 6.]

4 Talluri R. Error-resilient video coding in the ISO MPEG- 4 standard [J]. IEEE Communications Magazine, 1998, 36 (6) : 112 ~ 119.

5 Wenger S. Proposed error patterns for internet experiments [S]. Q-15-I16r1, ITU-T SG16 Document, Ninth Meeting, Red Bank, New Jersey, USA, October, 19 ~ 22, 1999.