

基于3DDCT量化系数的编码策略的改进

王福龙¹, 余英林²

(1. 广东工业大学 应用数学系, 广东 广州 510643; 2. 华南理工大学 电子通信系, 广东 广州 510641)

摘要:详细研究了XYZ编码策略及3DDCT系数的统计特性, 提出改进的XYZ变长编码策略. 新的编码方法符合3DDCT系数分布特点, 提高了编码效率.

关键词:离散余弦变换; 视频编码; 熵编码

中图分类号: TN919.81

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2003)03-0014-05

目前XYZ编码^[1,2]一般是基于JPEG标准的, RLE零游程编码及对应的Huffman码表. 而XYZ编码是 $8 \times 8 \times 8$ 视频单元, 即512个变换系数进行编码, 量化后非零系数大部分位于以 $F_q(0,0,0)$ 为顶点的锥体顶部, 即使采用较好的Zig-zag将非零系数集中在一起, 但非零系数之间零出现的个数超过16个的可能还是存在的, 对基于最大游程为16个零的RLE编码及对应的Huffman码表显然不是最好的方法, 寻找符合三维DCT系数分布特点的变长编码, 进一步提高编码效率是一个有待解决的问题. 本文对XYZ编码策略进行了研究, 提出改进的XYZ编码策略, 新的编码方法更能适合XYZ三维编码.

1 XYZ中的熵编码原理

将视频序列分割为 $8 \times 8 \times 8$ 的视频单元, 设 $8 \times 8 \times 8$ 视频单元经3DDCT变换^[3]及量化后记为: $F_q(u, v, w)$, $u, v, w = 0, 1, \dots, 7$. XYZ编码是将量化后的3DDCT系数分为直流最低频分量DC($F_q(0,0,0)$)和交流高频分量AC(其余 $F_q(u, v, w)$), 对DC和AC值分别编码.

1.1 DC编码

每个DC系数减去前一个DC系数, 再以所得到的差值进行压缩编码. 取得差值后, 必须将差值左边值为0的比特删除, 只保留部分内容. 例如: 差值为3, 只要保留11两个比特, 其余14个比特全部删除. 如果差值为-2, 则先改为正整数2, 同样只保留最后两个比特值10, 再将10转换成1的补数即可. 所谓1的补数, 就是将每个比特若值为0, 便改成1; 若比特值为1, 则变成0.

删除差值前端值为0的比特之后, 还得在差值前端另外加一些比特作为识别码. 这些识别码就是Huffman码, 此时所用的Huffman编码表是专为DC差值设计的. 如表1^[4]所示.

1.2 AC的编码

AC的编码方式与DC略有不同, 在AC编码过程中多加了一项RLE压缩编码. 在进行RLE编码之前, 首先要将511个AC值进行排列. 由于DCT变换系数能量大部都集中在直流及低频

收稿日期: 2003-04-28

作者简介: 王福龙(1968-), 男, 讲师, 主要研究方向为信号处理与模式识别.

分量,经量化后的变换系数非零元素绝大部分都集中在以 $F_q(0,0,0)$ 为顶点的锥体顶部,因此,为了充分将非零系数排在一起,从而使零系数都能连在一起,得到高效的压缩编码, Zig-zag 按下列顺序进行:用以 $F_q(0,0,0)$ 及 $F_q(7,7,7)$ 连线为法线的平面从 $F_q(0,0,0)$ 到 $F_q(7,7,7)$ 依次切割量化系数正方体,在平面上相交的系数依次逐帧排序.我们把这种数据排列顺序称为 Zig-zag.

AC 值排列好后,接着就需要对 511 个整数值进行 RLE 编码.所产生的 RLE 编码是以两个整数值为一个单元,例如:在 $[M, N]$ 这一组 RLE 编码中, N 通常代表值不为 0 的 AC 数据;而 M 表示在 AC 数据值 N 之前有几个整数值为 0, M 最多只能为 15.因此,若是 AC 数据值 N 之前有 17 个值为 0 的整数,则先以 $[15, 0]$ 代表有 16 个值为 0 的数据,再以 $[1, N]$ 代表 N 的前面有一个值为 0 的整数.如果在某个 AC

数据值(这个整数不为 0)之后所有的整数皆为 0,则这串数据可以 $[0, 0]$ 来取代,即结束符(EOF).

完成 RLE 编码工作,再进行 Huffman 编码.每一组 RLE 编码的第二个整数(原始 AC 数据)与 DC 差值一样,都必须删除整数前端多余的比特(值皆为 0).所剩下的 AC 值前端也同样得加上一些比特,以作为这组 RLE 编码的识别码.这时将 RLE 编码的第一个整数(命名为 Run)和第二个整数剩下的比特数当做索引值,从对应的 AC 值的 Huffman 编码表(共含 162 项)中找出适当的识别码,再与剩余的 AC 值相连即可.

2 Huffman 编码的改进

$8 \times 8 \times 8$ 的视频立方体经 3D DCT 变换后,非零系数大部都集中在 $F(0,0,0)$ 为顶点的锥体的低频附近.高频区域的系数取值较小,且很多都接近或等于零.经量化后非零的系数绝大都位于低频区.

511 个 AC 系数经 Zig-zag 排序后,零值连续排在一起的机会增加.而且非零系数之间连续出现零的个数超过 16 的可能性亦增加.上述的 RLE 和 Huffman 编码是针对 8×8 的数据块经 2D DCT 变换的系数编码所制定的,将其直接应用于 3D DCT 的 511(除 DC 系数)AC 值,会影响编码效率的.因此有必要改进对应的编码机制,使其更适合于三维编码.

根据 3D DCT 系数量化后的取值分布的特点,我们将量化改进如下:首先将 AC 值按照位置分成两部分,第一部分是位于低频区的 AC 值,这一部分的非零值较多,且取值的比特数相对较多;第二部分是剩余的 AC 值,这些值大部都是零或取值比特数较少.对这两部分,我们采用不同的 RLE 和 Huffman 表编码.对于不同的视频系列,因其帧内及帧间相关程度不同,这两部分的划分也不同.一般相关性强的序列第一部分包含的 AC 值少些,反之则多一些.在本文实验中, Miss America 序列第一部分 AC 值一般不超过 50, Salesman 序列不超过 100.

第一部分的 AC 值,因其取值所用比特数可能较多,且连续出现零的个数一般不会超过 16 个,故继续使用原 RLE 和 Huffman 表.

第二部分的 AC 值,因其取值所用比特数较少,且连续出现零的个数超过 16 的可能性较大,故将原 RLE 和 Huffman 表作如下改变,将码表改作最高 AC 值编码比特数为 4 位.即 Run/Bits 中

表 1 亮度差值的 DC Huffman 编码表

差值	Bits 数	编码	Bits 数	编码内容
0	2			00
1	3			010
2	3			011
3	3			100
4	3			101
5	3			110
6	4			1110
7	5			11110
8	6			111110
9	7			1111110
10	8			11111110
11	9			111111110

Bits 的取值由原来的[1,10]改为现在的[1,4],同时将 Run 的取值由原来的[0,15]改为现在的[0,39]. Huffman 编码内容不作改变,依然是 162 个码本.我们定义一个新的 Run/Bits 与原来 Huffman 的 Run/Bits 相对应,来索引 Huffman 识别码,其中 0/0 依然代表结束,而将原来代表连续 16 个 0 的 15/0 码本改为代表连续出现 40 个零的 39/0 码本.这样新的编码机制最多可以编码连续排在一起的 40 个零,具体修改如下.

文献[4]表 5.5 AC 值的 Huffman 编码表具有 162 个 Run/Bits 编码内容,我们这里将编码内容简称为码本.码本长度(二进制位的位数)及含有对应长度码本的个数如表 2 所示.

表 2 AC 值 Run/Bits 码本长度及对应码本个数

码长	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	15	16
对应码本个数	2	1	3	3	2	4	3	5	5	4	4	1	125

若 162 个码本按其长度从小到大的顺序排列,并将这些码本按排列顺序标号为 1 到 162,则标准 Huffman 编码表 AC 值 Run/Bits 对应的码本编号如表 3 所示.

表 3 AC 值 Run/Bits Huffman 码本编号

Run	Bits										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	4	1	2	3	5	7	12	16	24	38	39
1		6	8	13	19	29	40	41	42	43	44
2		9	17	25	33	45	46	47	48	49	50
3		10	20	34	51	52	53	54	55	56	57
4		11	26	58	59	60	61	62	63	64	65
5		14	30	66	67	68	69	70	71	72	73
6		15	35	74	75	76	77	78	79	80	81
7		18	36	72	83	84	85	86	87	88	89
8		21	37	90	91	92	93	94	95	96	97
9		22	98	99	10	10	10	10	10	10	10
10		23	10	10	10	110	111	112	113	114	115
11		27	116	117	11	119	12	12	12	12	12
12		28	12	12	12	12	12	13	13	13	13
13		31	13	13	13	13	13	13	14	14	14
14		14	14	14	14	14	14	14	15	15	15
15	32	15	15	15	15	15	15	15	16	16	16

按改进的 Run/Bits 对应的码本编号如表 4 所示.

3 实验结果比较

我们对 Miss America 和 Salesman 等序列进行了实验并与 XYZ 编码结果进行了比较.见图 1 和图 2.这里 Miss America 和 Salesman 序列是 ITU-T 国际标准组织推荐使用的用于运动图像压

表 4 改进的 AC 值 Run/Bits Huffman 码本编号

Run	Bits					Run	Bits				
	0	1	2	3	4		0	1	2	3	4
0	4	1	2	3	5	20	83	84	85	86	
1		6	7	11	13	21	87	88	89	90	
2		8	15	21	27	22	91	92	93	94	
3		9	17	28	35	23	95	96	97	98	
4		10	22	36	38	24	99	10	10	10	
5		12	25	39	40	25	10	10	10	10	
6		14	29	41	42	26	10	10	10	110	
7		16	30	43	44	27	111	112	113	114	
8		18	31	45	46	28	115	116	117	118	
9		19	32	47	48	29	119	12	12	12	
10		20	49	50	51	30	12	12	12	12	
11		23	52	53	54	31	12	12	12	12	
12		24	55	56	57	32	13	13	13	13	
13		26	58	59	60	33	13	13	13	13	
14		33	61	62	63	34	13	14	14	14	
15		34	64	65	66	35	14	14	14	14	
16		67	68	69	70	36	14	14	14	15	
17		71	72	73	74	37	15	15	15	15	
18		75	76	77	78	38	15	15	15	15	
19		79	80	81	82	39	32	15	16	16	16

缩测试的视频序列。

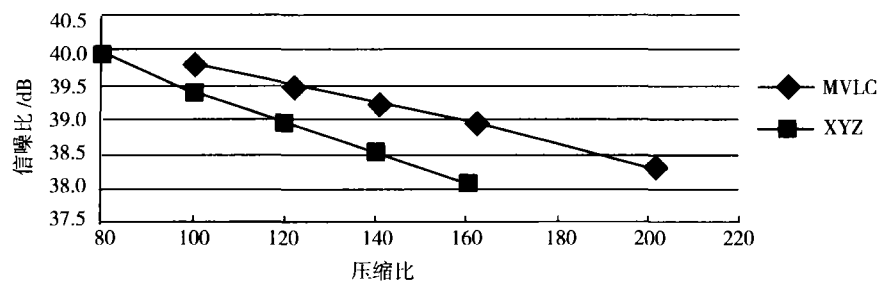


图 1 Miss America 实验结果比较

图中,XYZ 是指用文献[1]的 XYZ 编码方法实验的结果,MVLC 是指用本文提出的改进 AC 值 Run/Bits Huffman 编码表的方法实验的结果.从实验结果可以看出,编码策略的选择对编码效

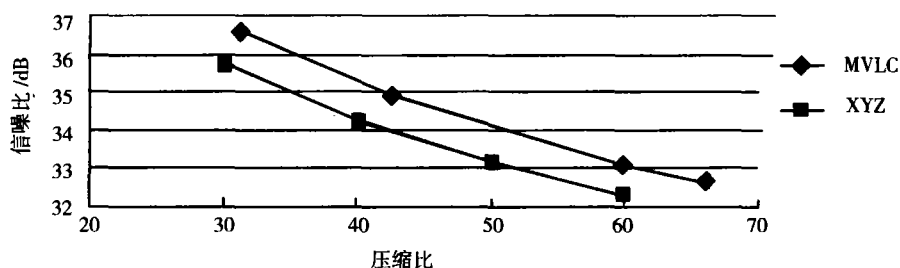


图 2 Salesman 实验结果比较

率是直接影响的,通过对 RLE 和 Huffman 码表的改进可以有效提高 XYZ 编码的效率.

参考文献:

- [1] Raymond Westwater, Borko Furht. Real-Time Video Compression Techniques and Algorithm[M]. U. S. A.: Kluwer Academic Publishers, 1997. 70-122.
- [2] 余英林编著. 图像处理与模式识别[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 1991, 108-120.
- [3] N 阿罕麦德, K R 罗. 数字信号处理中的正交变换[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1979, 10-56.
- [4] 李振辉, 李仁和, 探索图像文件的奥妙[M]. 清华大学出版社, 1996, 159-169.

An Improved Coding Strategy Based on Quantized 3DDCT Coefficients

WANG FU-long¹, YU Ying-lin²

(1. Dept. of Applied Mathematics, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510643, China;

2. Dept. of Electronics & Communication Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641, China)

Abstract: The XYZ coding strategy and statistical characteristics of 3DDCT coefficients have been deeply studied in this paper. A modified varied length XYZ coding strategy is proposed, which matches the distribution characteristics of 3DDCT coefficients and can increase the coding efficiency.

Key words: discrete cosine transform; video coding; entropy coding