

改进的 SOC 图像索引压缩算法

张冰清, 潘志斌, 高风娟

(西安交通大学 电子与信息工程学院, 陕西 西安 710049)

摘 要: 提出了一种图像矢量量化的无损索引编码算法. 该算法通过利用索引域中的相关性, 对矢量量化器输出的索引图进行有效的编码, 并且不引入额外的编码失真. 该算法是在经典算法 SOC(Search-Order Coding)基础上的改进, 实验结果表明, 与经典 SOC 算法相比, 文中算法实现了更好的压缩性能, 且在码书越大的情况下, 性能提升越为明显.

关键词: 矢量量化; 索引压缩; 图像压缩; SOC

中图分类号: TN919.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)05-0135-05

An Improved Index Coding Algorithm Based on Search-Order Coding

ZHANG Bing-qing, PAN Zhi-bin, GAO Feng-juan

(School of Electronic and Information Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: This paper presents a lossless index coding algorithm. The algorithm uses the correlation in the index domain of the index map for effective coding. The proposed algorithm is an improved algorithm based on the SOC (Search-Order Coding). Experimental results show that compared with the classical SOC algorithm, the proposed algorithm has a better compression performance. And the larger codebook we use, the better improvement it achieves.

Key words: vector Quantization; index compression; image compression; SOC

1 引言

矢量量化(Vector Quantization, VQ)^[1-3]自上世纪 70 年代以来, 因为其高效的压缩比已经被广泛应用到图像压缩和语音压缩等领域中. 矢量量化的三大关键技术是码书设计、码字搜索以及码字索引分配, 其中码字搜索的计算量非常大, 严重制约了矢量量化技术的应用和进一步发展. 因此提出了很多码字快速搜索算法, 如基于 Hadamard 变换的码字快速搜索算法^[4-5], 可以在 DM642 上实现的绝对误差差不等式删除算法^[6].

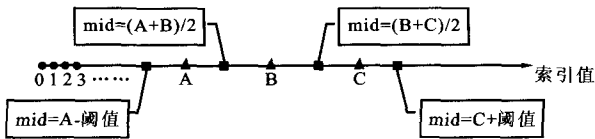
矢量量化是将若干个标量数据构成一个矢量, 然后在矢量空间给以整体量化, 从而达到压缩数据的目的. 在矢量量化的过程中, 将要被编码的图像分割成 $m \times m$ 像素的互不重叠的图像块. 对于每一个

图像块来说, 矢量量化编码器在码书中找到和原始输入矢量最匹配的码字, 然后将该码字的索引通过信道传输给矢量量化解码器. 在解码端, 解码器通过查表产生相应的重构矢量. 当整幅图经过编码器处理后, 会产生一个索引图, 索引图中每一个点表示该块相应的索引, 如图 1(b)所示. 由于自然图像中像素与像素之间存在很强的相关性, 且矢量量化的图像块又很小, 所以相邻的图像块之间通常也是高度相关的. 索引压缩算法就是利用这一部分相关性对索引图做进一步的压缩. 针对索引图压缩提出了各种算法: 如搜索路径编码算法(Search-Order Coding, SOC)算法^[7], 基于 SOC 的改进算法^[8-9], 动态树型编码算法(Dynamic Tree-Coding Scheme, DTCS)^[10], 自适应索引编码算法(Adaptive Index Coding Scheme, AICS)^[11]等.

收稿日期: 2010-06-13; 修回日期: 2010-07-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(60672054); 陕西省科学技术攻关项目(2008K04-01); 德州仪器创新基金(2009W1201)

三个点排成的序列中的位置. mid 的求法如图 3 所示. 如果 SC 在 A 、 B 之间或者 SC 在 B 、 C 之间, 则令 $mid = (A+B)/2$ 或者 $mid = (B+C)/2$; 如果 $SC < A$ 或者 $SC > C$, 则 $mid = A - \text{阈值}$, 或者 $mid = C + \text{阈值}$. 求出 mid 后, 判断 SC 与 mid 的差是否小于给定的阈值. 为了使索引间的相关性更适合于文中算法, 采用按照码字能量大小排序的码书.

图3 mid 求法示意图

文中算法具体步骤如下:

步骤 1: 判断 SC 与其上邻块的值是否相等. 如果相等, 则发送 00. 否则, 进入步骤 2.

步骤 2: 判断搜索路径上互不相等的 N 个值, 是否有与 SC 相等的. 如果有, 则发送 $01+C_1$. 否则, 进入步骤 3.

步骤 3: 取路径上前两个不相等的值, 求这两个值的中值, 将这三个值排序, 判断 SC 在序列中的位置, 求出 mid , 判断 SC 与 mid 的差是否小于阈值. 如果小于阈值, 则发送 $10+C_2+C_3$. 如果 SC 与 mid 的差大于阈值, 则进入步骤 4.

步骤 4: 发送 11 + 原始编码.

其中:

C_1 : $\log_2 N$ bit, 指示该值在搜索路径上出现的位置.

C_2 : $\log_2 4$ bit, 指示 SC 与排序后序列 A 、 B 、 C 中的位置关系.

C_3 : $\log_2 (2 \times \text{阈值})$ bit, 表示 SC 与 mid 的差值大小.

改进算法的流程图如图 4 所示. 解码过程与之相反, 不再详述.

4 实验结果及分析

为了验证文中算法的效果, 实验中使用了 512×512 的测试图像 Lena、Airplane、Sailboat 和 Couple, 如图 5 所示. 利用由 LBG 算法生成, 按码字能量排序后的码书, 码书大小分别为 128、256、512、1024, 矢量维数为 4×4 . 同时根据码书大小的不同, 阈值分别设定有 4、8 和 16. 实验使用主频 2GHz 的 Intel 酷睿 2 处理器, 2GB 内存, vista 操作系统的个人计算机, 在 visual studio 2008 环境下使用 C 语言进行测试. 压缩率定义为:

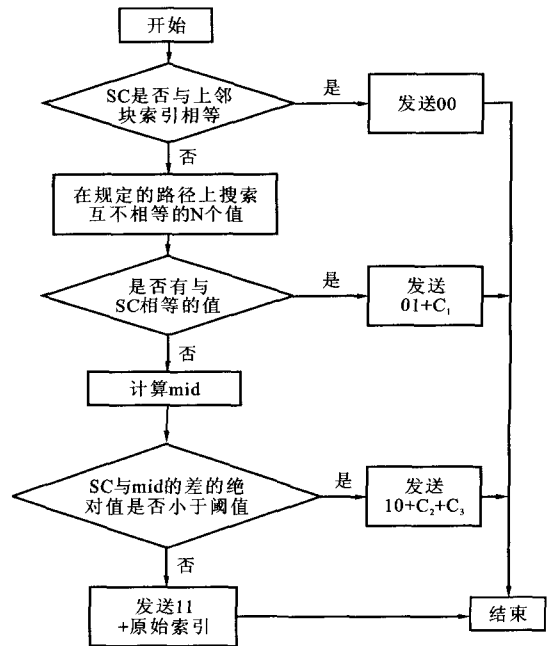


图4 改进的 SOC 算法流程图

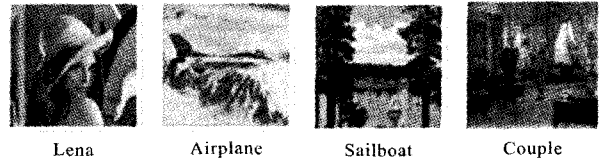


图5 实验中使用的测试图

$$\frac{b_0 - b}{b_0} \times 100\%$$

其中 b_0 为索引压缩前每像素所需比特数, b 为索引压缩后每像素所需比特数.

表 1~表 4 分别列出了码书在 125、256、512、1024 情况下, 文中算法与 SOC 算法的比较.

可以看出, 相对于 SOC 算法, 文中算法在压缩效率上均有明显提升, 且在码书越大的情况下提升效果越明显. 使用 128 码书时, 压缩率提升约 3%, 在使用 1024 码书时, 压缩率提升约 7%. 造成此现象的原因主要有: (1) 由于文中算法分别处理的情况较多, 导致了标志位位数的增加. 在使用小码书时, 传输原始索引所需要的比特数相对较少, 增加的标志位对码率的影响就比较明显. 而当使用大码书时, 标志位的比重下降, 从而影响减小. (2) 随着码书的增大, 矢量量化的量化台阶减小, 一些在较小码书下被判断相等的索引在大的码书下可能被判断为不等. 由于文中算法比 SOC 的优势在于可以在一定程度上处理搜索路径上与 SC 的值不相等但相似的点, 所以码书越大提升的效率越高. 实验中, 当码书小到 128 时, 因为量化台阶的减少, 相邻块的索引值

已经很接近,此时使用阈值 4 的效率会比阈值 8 的效率更高.当使用 1024 的码书时,阈值 16 的效果比阈值 8 的效率更高.当需要使用更大或者更小的码书时,可以通过调节阈值的大小以达到最佳的压缩效果.

表 1 使用 128 码书时文中算法与 SOC 算法的比较

测试图	压缩率(%)				比特率(bit/pixel)			
	文中算法			SOC	文中算法			SOC
	阈值 4	阈值 8	阈值 16		阈值 4	阈值 8	阈值 16	
Lena	35.87	34.14	30.16	31.70	0.281	0.288	0.306	0.299
Airplane	39.25	38.09	35.10	35.96	0.266	0.271	0.284	0.281
Sailboat	29.39	27.99	23.70	26.72	0.309	0.315	0.334	0.321
Couple	27.77	25.62	20.59	24.62	0.316	0.325	0.347	0.330
平均	33.07	31.46	27.39	29.75	0.293	0.230	0.318	0.308

表 2 使用 256 码书时文中算法与 SOC 算法的比较

测试图	压缩率(%)				比特率(bit/pixel)			
	文中算法			SOC	文中算法			SOC
	阈值 4	阈值 8	阈值 16		阈值 4	阈值 8	阈值 16	
Lena	34.17	34.40	31.83	29.75	0.329	0.328	0.341	0.351
Airplane	38.87	39.06	37.44	36.15	0.306	0.305	0.313	0.319
Sailboat	28.52	29.05	27.14	26.55	0.357	0.355	0.364	0.367
Couple	24.93	25.53	22.53	21.54	0.375	0.372	0.387	0.392
平均	31.63	32.01	29.74	28.50	0.342	0.340	0.351	0.357

表 3 使用 512 码书时文中算法与 SOC 算法的比较

测试图	压缩率(%)				比特率(bit/pixel)			
	文中算法			SOC	文中算法			SOC
	阈值 4	阈值 8	阈值 16		阈值 4	阈值 8	阈值 16	
Lena	24.50	26.87	25.83	20.10	0.425	0.411	0.417	0.449
Airplane	33.71	34.99	34.26	30.99	0.373	0.366	0.370	0.388
Sailboat	22.15	23.91	23.36	19.65	0.438	0.428	0.431	0.452
Couple	16.03	19.13	18.50	13.36	0.472	0.455	0.458	0.487
平均	24.10	26.23	25.49	21.03	0.427	0.415	0.419	0.444

表 4 使用 1024 码书时文中算法与 SOC 算法的比较

测试图	压缩率(%)				比特率(bit/pixel)			
	文中算法			SOC	文中算法			SOC
	阈值 4	阈值 8	阈值 16		阈值 4	阈值 8	阈值 16	
Lena	14.85	18.89	20.21	11.36	0.532	0.507	0.499	0.554
Airplane	25.22	27.88	27.92	21.36	0.467	0.451	0.450	0.492
Sailboat	15.52	18.51	19.92	14.11	0.528	0.509	0.501	0.537
Couple	9.10	12.92	15.07	8.13	0.568	0.544	0.531	0.574
平均	16.17	19.55	20.78	13.74	0.524	0.503	0.496	0.539

5 结束语

文中提出的改进算法是在经典 SOC 算法的基础上增加了两步有效的处理. 根据实验结果可知,文中算法可以全面提升 SOC 算法对矢量量化索引的压缩性能,特别是在使用较大码书时提升的效果更明显. 要得到越清晰的图像就需要越大的码书. 但是经典算法 SOC 在小码书时压缩效果明显,在大码书时效率迅速下降. 文中算法在 128 码书时可以对 SOC 算法的效率提升约 3%,而在使用 1024 码书时效率提升约 7%,这表明,文中算法具有实际应用的意义. 同时,文中算法思路简单、计算复杂度低、易于硬件实现.

参考文献:

- [1] 孙圣和,陆哲明. 矢量量化技术及应用[M]. 北京:科学出版社,2002.
- [2] 张霞,万国金,吴建华,邹道文. 矢量量化在图像压缩编码中的应用进展[J]. 数据采集与处理,1999,19(1).
- [3] 王卫,蔡德钧,万发贵. 用于图像编码的相关矢量量化研究[N]. 电子学报,1995,23(4):30—34.
- [4] 蔡光跃,董恩清. 一种改进的基于 Hadamard 变换的快速码字搜索算法[J]. 微电子学与计算机,2007,24(2):154—156.
- [5] 乔阳,潘志斌,乔瑞萍,等. 基于 Hadamard 变换和自适应顺序搜索的码字快速搜索算法[J]. 微电子学与计算机,2009,26(1):118—121.
- [6] 谢敏,乔瑞萍,潘志斌,等. 一种改进的绝对误差不等式

删除算法在 DM642 上的实现[J]. 微电子学与计算机,2010,27(4):182—185.

- [7] Hsieh ChaurHeh, Tsai JyiChang. Lossless compression of VQ index with search—order coding[J]. IEEE Transactions on Image Processing, 1996, 5(11):1579—1582.
- [8] Shie ShihChieh, Chen LongTai. Image compression based on side—match VQ and SOC[C]// Digital Image Computing: Techniques and Applications, 2009: 369—373.
- [9] Ho ChunYang, Hsieh ChaurHeh, Chao ChungWoei. Modified search order coding for vector quantization indexes[J]. Tamkang Journal of Science and Engineering, 1999, 2(3):143—148.
- [10] Chen PeiYin, Chen RenDer. An index coding algorithm for image vector quantization[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2003, 49(4):1513—1520.
- [11] Somasundaram K, Domnic S. Adaptive index coding scheme for VQ indices compression[C]// Proceedings of the International Conference on Computing: Theory and Applications (ICCTA '07). Kolkata, India: IEEE, 2007:639—644.

作者简介:

张冰清 女,(1988—),本科. 研究方向为图像编码.

潘志斌 男,(1963—),教授. 研究方向为图像编码、图像检索、视频处理.

高凤娟 女,(1986—),硕士. 研究方向为图像编码.

(上接第 134 页)

参考文献:

- [1] Michael Sutton, Adam Greene, Pedram Amini. Fuzzing brute force vulnerability discovery[M]. 北京:机械工业出版社,2009.
- [2] Miller B P, Fredrikson L, So B. An empirical study of the reliability of unix utilities[J]. Communication of the ACM, 1990, 33(12):32—44.
- [3] 刘晓东,孙圣和. 基于遗传算法的自适应测试生成[J]. 微电子学与计算机, 2002(3):14—16.
- [4] 吕军,冯博琴,李波. 免疫遗传算法及其应用研究[J]. 微电子学与计算机,2005(6):221—224.
- [5] Goldberg D E. Genetic algorithms in search, optimization and machine learning[M]. Boston, MA, USA: Addison—Wesley Pub Co, 1989.

dison—Wesley Pub Co, 1989.

- [6] Mills D. Simple network time protocol (SNTP) version 4 for IPv4, IPv6 and OSI. IETF Internet RFC, RFC 2030[R]. USA:University of Delaware, 1996.

作者简介:

王丹 男,(1980—),博士研究生. 研究方向为软件测试、网络信息安全.

高丰 男,(1972—),高工,博士. 研究方向为操作系统、网络信息安全.

朱鲁华 男,(1964—),教授,博士生导师. 研究方向为操作系统、网络信息安全.