

基于随机扰动技术的多级矢量量化器优化设计*

王世刚

陈贺新

(长春邮电学院计算机系, 长春 130012) (吉林工业大学电子系, 长春 130025)

摘要 提出了一种高效的随机扰动多级矢量量化编码方案, 实验证明该算法不仅能降低计算复杂度和码书存储量, 而且在较高压缩比下可获得较好的图象恢复。

关键词 矢量量化, 图象编码, 码书, 模拟退火, 随机扰动

1 引言

矢量量化(VQ)是一种高效的数据压缩方法, 它广泛地用于图象压缩、语音和模式识别等领域。矢量量化的关键问题是设计一个好的码书。1980年提出了一种LBG码书设计方法。LBG算法需要大量的训练序列来设计码书, 从而导致计算复杂度随着矢量维数 K 的提高呈指数增长; 另外LBG算法训练码书, 对初始码书非常敏感, 训练得到的最终码书只是局部最优码书, 这正是LBG算法的不足。

2 多级矢量量化(MSVQ)

理论上VQ是最佳编码技术, 但要求采用一个尽可能大的码书, 并在结构上没有任何约束, 所以在编码和存储方面存在困难, 难以实用。只有强制约束码书的结构, 改进编码算法才能使其实用。Juang和Gray在约束码书结构方面做了大胆的尝试, 他们根据渐近最优理论, 提出了多级矢量量化(MSVQ)设计方案^[1]。MSVQ编码过程在每一级所选择的码矢只能在该级内是最小失真, 在全局范围内都不是最小失真, 这也是MSVQ的不足之处。1992年提出了联合多级矢量量化码书设计方案(EMSVQ)^[2], 并推导出多级码书训练修正形心表达式, EMSVQ和MSVQ相比在信噪比上有所改善。

3 模拟退火(SA)与矢量量化(VQ)

利用模拟退火实现最优, 就是把最优问题和冷却熔化的金属物理过程结合起来。模拟退火算法依据Metropolis准则接受新解, 因此除接受优化解外, 还在一个限定的范围内接收恶化解, 这正是模拟退火算法与局部搜索算法的本质区别所在。模拟退火是随机扰动技术, 可分为编码器扰动和解码器扰动^[3]。为了实施对编码器的扰动, 在文献^[4]中, 首先将训练序列 X 对初始码书 Q_0 按最邻近的原则分区划分, 形成 N 个不同的子集合, 然后随机选一个源集合 R_i 和目标集合 R_d , 将 R_i 集合中的一个矢量运动到 R_d 中, 形成新的集合 R_i' 和 R_d' , 以达到降低能量(方差)的目的。SA技术从根本上摆脱了局部最优的局限性, 但模拟退火计算量大, 主要计算量集中在能量改变上, 因此不宜码书过大。

4 随机扰动多级矢量量化器(SD-MSVQ)的设计

由于SA计算量大, 不宜码书过大。MSVQ方法可以明显降低计算量, 因此把SA技术和MSVQ技术相结合, 可以取长补短。但如把MSVQ中的各级码书孤立起来训练, 势必导致局部最优。为实现全局最优, 在码书的训练过程中采用SA和多级码书

联合训练的方式,以获得全局最优码书。以 2 级 VQ 为例,由于 SA 法对初始码书不敏感的特点,初始码书的创建可以采用从训练矢量中随机抽取方法,第 1 级码书的码矢数为 N ,第 2 级码书码矢数 M ,对输入序列 X 进行 2 级码书的量化。

5 随机扰动多级矢量量化算法

(1) 初始条件(以 2 级码书训练为例):由训练序列随机抽取生成第 1 级初始码书 Q_{10} ,从 $E=X-Q_{10}(X)$ 生成第 2 级初始码书 Q_{20} ; T_0 、 α 、最大循环次数 $L_{10}=L_{20}$ 、 $D_{10}=D_{20}$ 可根据实验确定;

(2) 把 X 和 E 分别按码书 Q_{10} 和 Q_{20} (欧几里德距离最近原则)映射成子集合 G_1 和 G_2 ,然后计算形心;

(3) 计算方差 D_1 和 D_2 ;

(4) 当 $D_1 \leq D_{10}$ 时,就终止第 1 级码书的扰动,转去执行第 8 步;否则继续执行;

(5) 扰动 Q_1 ,随机选一训练矢量从 R_i 移动到 R_1 中,获得分配 G_1^* ,计算分区 R_i^* 和 R_1^* ,形心 y_i^* 和 y_1^* ,形成码书 Q_1^* 。

(6) 计算 ΔD_1 ,如果 $\Delta D_1 \leq 0$ 时,就接受扰动;如果 $e^{-\Delta D_1/T_k} > r_1$,接受扰动;如果 $e^{-\Delta D_1/T_k} \leq r_1$,就不接受扰动,进行第 8 步;

(7) 计算 $E=X-Q_1^*(X)$;

(8) 当 $D_2 \leq D_{20}$ 时,终止第 2 级码书的扰动,转去执行第 12 步;否则继续执行;

(9) 扰动码书 Q_2 ,方法同第 5 步。

(10) 计算能量增值 ΔD_2 ,方法同第 6 步;

(11) 把 E 按 Q_2^* 映射;

(12) 判断 T_k 值时,扰动均未接受,则返回到第 4 步;如至少有一级码书已接受扰动,则继续;

(13) $K=K+1, T_k = T_0 \times \alpha^k$;

(14) $D_1 \leq D_{10}$ 和 $D_2 \leq D_{20}$ 同时发生时,或循环次数 $L=L_{10}=L_{20}$,中止运算;否则返回第 4 步。

6 模拟实验

6.1 SD-MSVQ 与其它 VQ 编码方案的比较

针对随机扰动式多级矢量量化数字图象压缩编码方案,对大量的模拟实验进行了比较,如表 1 所示。训练图象采用 $256 \times 256 \times 8\text{bit}/\text{pixel}$ 的 Lenna 灰度图象,分成 4×4 块。

表 1 不同编码方案性能比较

Table 1 Comprison of properties difference coding

编码方案	码书	bit/pixel	PSNR	(小时)
LBG	32	0.3125	24.2351	4.25
SA	32	0.3125	25.5198	5.65
MSVQ	16+16	0.50	27.6589	1.75
SA-MSVQ	16+16	0.50	28.6589	2.85
SD-MSVQ	16+16	0.50	29.2384	2.26

在码书大小相同的情况下,从表 1 的数据中可以看出联合随机扰动 MSVQ 算法的峰峰信噪比 PSNR 要明显好于单级码书的编码方案(LBG 和 SA),并且训练时间短,代价是压缩比略有降低,0.3125bit/pixel(压缩比 25.6 : 1)变成 0.5bit/pixel(压缩比 16 : 1)。但由于码书由原来的 32 码矢的码书变成了两个 16 码矢的码书,计算量和码书搜索时间明显减少。并且 SD-MSVQ 算法是从生成全局最优码书的观点出发,这正是 SD-MSVQ 的优点。

6.2 量化级数的增加对 PSNR 的影响

基于随机扰动 MSVQ 可以级数任意增加。表 2 为级数增加对 PSNR 和 MSE 影响的实验数据。从表中可以看出,随着级数的增加,图象恢复质量明显改善,因此基于随机扰动 MSVQ 是一种递进式的编码方案,更适合现代通信的要求。

表 2 Lenna 图象 SD-MSVQ 编码性能比较

Table 2 Comprison of SD-MSVQ Properties of image "Lenna"

bit 分配	Codebook	bit/pixel	PSNR
1 级(4bit)	16	0.25(32:1)	20.77
2 级(4/4bit)	16/16	0.50(16:1)	28.33
3 级(4/4/4bit)	16/16/16	0.75(11:1)	31.89

7 结论

本文提出的基于随机扰动多级矢量量化数据图象压缩编码方案,把 MSVQ 和 SA 结合起来,取其各自的优点、补短板,理论和实验都证明用此方案进行码书训练,更能满足信源概率分布的最优码书的理论逼近,同时又能降低计算量和存储量,且两级码书可以推广到多级码书,以满足实际图象传输的清晰度要求。

A New Morphological Filter with Omnidirectional Multiple Structuring Elements

Zhao Chunhui, Wang Wei

(Dept. of automatic test and control of Haerbin Engineering University, Haerbin 150001)

Abstract The morphological filtering is an effective method to restore the root signal under noisy background. A class of omnidirectional multiple structuring elements are defined in this paper. Consequently, a new morphological filter—The morphological filter with omnidirectional multiple structuring elements is proposed. A standard test image is filtered in noisy environment. The results of simulation show that the new filter performs better in noise-suppressing and detail-preserving.

Keywords Nonlinear filters, Morphological filters, Structuring elements, Image processing

(上接 499 页)

参考文献

- 1 Juang B H., Gray A H. Multiple stage vector quantization for speech coding. Proc. ICASSP. France, Paris, 1982. 4, 597~600.
- 2 Chan W Y, Gupta S, Gersho A. Enhanced multistage vector quantization by joint codebook design, IEEE Trans. Commun. 1992. 11, 40(11).
- 3 Zeger K, Vaisey J, Gersho A. Globally optimal vector quantizer design by stochastic relaxation, IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, 1992. 2, 40, 310~322.
- 4 Flanagan J K, Morrell D R, Frost R L, Vector quantization codebook generation using simulated annealing in Proc. ICASSP, Glasgow, Scotland. 1989. 5, 1759~1762.



王世刚, 长春邮电学院计算机系副教授。1983 年和 1997 年分获学士和硕士学位, 主要研究领域包括图形图象处理、多媒体通信、计算机视觉等。

Globally Optimal Multistage Vector Quantizer Design Based on Stochastic Disturbing

Wang Shigang, Chen Hexin

(ChangChun Post and Telecommun. Inst, Changchun 130012)

Abstract In this paper, the algorithm of globally optimal multistage vector quantization based on stochastic disturbing (SD-MSVQ) is presented. Experimental results show that not only computation and storage is significantly reduced, but also obtained a good reconstructed image at a high compress ratio.

Keywords Vector quantization, Image coding, Codebook, Simulated annealing, Stochastic disturbing.