

图像编码

码本训练算法

计算机科学 2000 Vol. 27 No. 12

神经网络

(23)

一种码本训练算法

A Method of Training Code Book

95-96

徐 军 叶澄清

TN919.81

(浙江大学计算机系 杭州 310027)

Abstract This paper proposes a new code training method of VQ based on discussing varies VQ, brings out a math. model, and shows a training algorithm. The experiment results of the image encoding that employs this algorithm demonstrate the efficiency of training.

Keywords Vector quantization, Image encoding

1 引言

Linde、Buzo 和 Gray 在 1980 年提出的 LBG 算法^[1]一直是设计矢量量化器的经典算法。码书设计是基于矢量量化图像编码的关键技术。矢量量化的研究主要围绕着降低码率,减小失真和降低复杂度(空间、时间)这三者之间来展开的。码率、失真和复杂度是矢量量化的三个关键要素。自从 LBG 算法被提出以来,许多学者对矢量量化用于图像压缩提出了大量改进算法。从训练方式来看,一种是基于概率统计方式的,如 LBG 算法。一种是基于无教师训练方式,如学习矢量量化(LVQ),利用神经网络来训练产生码本^[2]。从码矢维数来看,一种是固定矢量维数的码矢方式,如随机松弛技术(SR)^[3],模拟退火技术(SA)^[4],模糊矢量量化(FVQ)^[5],一种是改变码矢维数的矢量量化。如 VDVQ^[10],VVVQ^[12],ECVQ,PTSVQ 等。变维矢量量化对所有码字并不分配固定维数的码字,而是随着输入矢量动态地进行调整。因此,变维矢量量化提高了码本的适用范围。文献[8][9]局限于根据输入矢量的统计特性来选择码矢维数,设计时未考虑全局性。尽管基于字典的编码方法从一个变维码本中进行编码,但是因为编码的目标是找到一个在失真最小的且符合最大失真门限值的情况下具有最大维数的码矢,而没有明确的码矢地址^[11]。

变维数矢量量化是在目前还没有训练出通用码本之前的一种针对固定维数矢量量化较好的方法。

各种固定码矢维数的码书设计方法都有各自的优缺点,如 LBG 算法码书对初始码书的选取有很大的依赖性,并且只能取得局部最小,LVQ 算法简单,但由于学习过程中只对胜者更新,所得码书与 LBG 存在同样问题。SR 与 SA 算法能得到全局最小的码书,但计算量大,而且在训练过程中必须人为调节几个参数,难以

实现。

本文利用各训练图像矢量之间存在的相关性,提出了一种新的码本训练算法。

2 算法原理

设 $C_i, i=1, 2, \dots, a$, 是码本矢量 C 的一组观测样本集。我们通过 C_i 来求得码本矢量 C 的估计值。于是问题转化为已知一组对物理量 C 的测量样本集 C_i , 求物理量 C 的估计值。设 C_i 的估计值为 $\hat{C}$, 即 $\hat{C} = C \pm \sqrt{\Delta C_i}$, 式中 ΔC_i 是 C_i 的改正值的平方和。

设组成一超球体的图像训练子块矢量为 I , 该超球体中心为 D , 两者之间的欧氏距离为 S 。P 为各训练矢量在超球体中心聚类中的权值矢量。令 $V = I - D$, 则训练图象矢量与超球体中心距离最小的加权平方和 S 为:

$$S = V^T P V = (I^T - D^T) P (I - D)$$

要使 D 接近于 I , 即 S 取得最小值, 将 S 对 D 求导, 令其为 0, 有:

$$\frac{dS}{dD} = \frac{d(V^T P V)}{dD} = 2 P V^T \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} = 2 \sum_{i=1}^a v_i p_i = 0$$

将 $v_i = i_i - d_i$ 代入上式得:

$$i_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^a (d_i p_i) \quad (1)$$

由(1)式可获得该超球体中心矢量的估计值。权值通过以下原则确定。

设一组输入图象矢量 $D_i (i=1, 2, \dots, n)$, 它们的方差为 σ_i^2 , 如选定任一常数 σ_c , 则定义

$$p_i = \sigma_c^2 / \sigma_i^2$$

称 p_i 为 D_i 的权。由权的定义可以写出各权之间的比例关系为:

徐 军 博士生,研究方向为图象编码,计算机图形学。叶澄清

教授,博导,研究方向为图象编码,高性能计算机体系结构。

$$p_1 : p_2 : \dots : p_n = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} : \frac{\sigma_2^2}{\sigma_3^2} : \frac{\sigma_3^2}{\sigma_4^2} : \dots : \frac{\sigma_n^2}{\sigma_1^2}$$

$$= \frac{1}{\sigma_1^2} : \frac{1}{\sigma_2^2} : \frac{1}{\sigma_3^2} : \dots : \frac{1}{\sigma_n^2}$$

可见,对于一组 D ,其权之比为相应方差之比,这表明,方差愈小,其权愈高;或者说,精度愈高,其权愈大。我们根据训练矢量与待替换码矢的距离来计算各权值。

在生成训练矢量的超球体中心集后,若存在距离小于阈值的超球体,则根据各超球体所包含的训练矢量个数,合并超球体。计算公式为:

$$\frac{1}{k_i + k_j} (C_i k_i + C_j k_j) \quad (2)$$

3 算法

根据以上模型,有以下算法。

- (1)初始化训练集,所有图像输入子块均为训练矢量 $C^{(0)}$,将码本集置为空。
- (2)将训练集中第一个训练矢量置入码本集 $C^{(1)}$ 。
- (3)将 $C^{(0)}$ 中所有矢量与该 $C^{(1)}$ 比较,计算其欧氏距离。
- (4)若小于阈值,则 $k_i = k_i + 1$;
- (5)根据公式(1)计算此超球体的中心。



图 1



图 2



图 3

表 1

灰度级阈值	20	15	10	7	6	5	4	3	2	1
超球体个数	248	336	434	509	548	583	626	678	743	810
信噪比	24.70	27.63	29.51	33.06	33.73	31.69	30.94	30.32	30.18	30.02

参考文献

- 1 Gray R M. Vector quantization. IEEE ASSP Magazine, 1984, 1(1): 4~29
- 2 Pal N R, et al. Generalized clustering networks and Kohonen's self-organizing scheme. IEEE Trans., 1993, NN-4 (4): 549~557
- 3 Zeger K, et al. Globally optimal vector quantizer design by stochastic relaxation. IEEE Trans., 1992, SP-40 (2): 310~312
- 4 Yair E, et al. Competitive learning and soft competition for vector quantizer design. IEEE Trans., 1992, SP-40 (2): 294~309
- 5 Karayannis N B, et al. Fuzzy vector quantization algorithm and their application in image compression. IEEE Trans., 1995, IP-4(9): 1193~1201
- 6 Linde Y, Buzo A, Gray R. An algorithm for vector quantizer design. IEEE Trans. Commun., 1980, COM-28 (Jan.): 84~95
- 7 Nasrabadi N M, Feng Y. Vector quantization of images based upon the Kohonen self organization feature maps.

- (6)落在此超球体内的训练矢量离开训练集。
- (7)直至所有训练矢量训练完成。
- (8)根据公式(2),收缩超球体。
- (9)重复训练,直至此超球体不再收缩。

4 实验数据及结果

我们采用 Lena 256 * 256 * 8bit 图像,训练图像子块为 8 * 8。图 1 为 Lena 训练图像,灰度级阈值取 1,图 2 为解压缩图像的结果。信噪比为 30.02,在 Pentium 133 上训练时间为 24 秒。图 3 为另一幅原始图像,图 4 为利用 Lena 图像训练所获得的码本编码后恢复图像,信噪比为 26.8。图 5 为灰度级阈值取 6 时的恢复图像,信噪比为 33.73,图 6 信噪比为 25.7。

从实验结果来看,图 2 没有明显的失真,虽然帽和头发等部分细节有些模糊。图 4 则效果较差。表 1 为在不同灰度级阈值下,所生成码本所包含的超球体个数及 Lena 恢复图像的信噪比。从表中看到灰度级阈值取 6 时效果较好。

通过实验结果看到了此编码方法的有效性。超球体的收缩算法及编码快速算法是我们下一步研究重点。



图 4



图 5



图 6

- In: Proc. Int. joint Conf. Neural Networks (Vol 1). San Diego, CA, 1988. 101~108
- 8 Boxerman J L, Lee H J. Variable block-sized VQ of grayscale images with unconstrained tiling. In: Proc. IEEE ICASSP'90, pp. 2277~2280
- 9 Hussain Y, Farvardin N. Variable rate finite state vector quantization of images. In: Proc. IEEE ICASSP'91 pp. 2301~2304
- 10 Mohamed S A, Fahmy M M. Image compression using block pattern VQ with variable code vector dimension. In: Proc. IEEE ICASSP'92 pp. 357~360
- 11 Constantinescu C, Storer J. On-line adaptive vector quantization with variable size code book entries. In: Proc. DCC'93, pp. 32~41
- 12 Chou P A, Lookabaugh T. Variable dimension vector quantization of linear predictive coefficients of speech. In: Proc. IEEE ICASSP'94, pp. 1-505~1-508
- 13 Effros M, Chou P A, Gray R M. Variable dimension weighted universal vector quantization and noiseless coding. In: Proc. DCC'94, pp. 2~11
- 14 Makur A, Subbalaksham K P. Variable Dimension VQ Encoding and Codebook Design. IEEE Trans. on Comm., 1997, 45(8)
- 15 Cross P A. Advanced Least Square Applied to Position-Fixing. North East London Polytechnic Department of Land Surveying. 1983