

一种优化的 Freeman 链码 及其在工程图纸绘制中的应用

王汇源

(山东工业大学电子工程系, 济南 250061)

摘要 提出一种适合于线状结构二值图象的最优化 Freeman 链码, 并讨论其在绘图仪图纸绘制中的应用。与传统的 Freeman 链码相比, 本文的方法是基于数字化点阵图象的无失真编码。根据图象中直线段长度的统计特性选择码长, 以使编码压缩率为最高。理论分析和实验结果证明, 本方法优于已有的方法并易于工程图纸的图象存储和在绘图仪上的输出。

关键词 矢量链 Freeman 链码 二值图象 图象编码

0 引言

在图象处理和现代通信领域中, 由于图象存储和传输的需要, 图象压缩编码理论和技术的研究, 得到了学术界和工业界越来越多的重视。对于二值图象, 传统的编码方法有跳过白色块编码(WBS)及其自适应形式(AWBS), 游程长度编码(RLC), 方块编码(BTC)^[1], Freeman 链码(FCC)^[2,3]和算术编码^[1]等, 近年来, 又有人提出了差分方块编码(DBC)^[4], 长方形编码(REC)^[5]以及运用二进制小波编码^[6,7]等方法。

在上述方法中, FCC 是由 Freeman 于 60 年代首先提出的一种对曲线, 字符, 图纸等一大类线状结构的二值图象进行编码的方法, 它对此类图象的编码效率, 比常用于对一般二值图象编码且效果较好的游程类编码要高, 这一点已由 Liu 和 Prasad^[3]在 1991 年给予了理论证明。事实上, 对于线状结构的二值图象编码, 据作者所知, 直至目前, 还没有比 FCC 效率更高的方法。例如, 由 Müller 等人在 1996 年提出的采用小波变换的方法^[7], 在存在失真的情况下, 其效率也只是和 FCC 相当。而由 Zenzo 等人在 1996 年提出的基于游程的方法^[8], 也仅仅是解决了直接从编码序列中提取图形结构的问题。

在 FCC 中, 使用一种单环或多环量化器, 沿模

拟曲线移动并进行量化, 从而形成矢量链或称 Freeman 链。作为 FCC 的变形, 将绝对对矢量方向改为相对方向, 就成为差分链码(DCC)^[9]。我们注意到, 当要求对数字化的线状结构二值图象进行无失真编码时, 由于这时的矢量方向只有 8 个可能的取值, 在 FCC 中, 不论是采用单环量化器还是多环量化器, 矢量长度只能取常数 1, 这时的编码效率显然不是最高的。因此, 我们提出一种基于直线段长度统计特性的矢量链编码方法, 以进一步提高编码效率。

1 改进的 FCC 算法(MECC)

在给出本文的算法之前, 首先看一下 FCC 是怎样编码的^[2,3]。给定一幅线状结构二值图象, FCC 是将其中的连续曲线变换为这样的编码序列: " $V_S V_1 V_2 \dots V_k V_E$ ", 这里, V_S 和 V_E 分别表示连续曲线的起点和终点, 而 $V_1 V_2 \dots V_k$ 则形成一条矢量链码。图 1(a)所示是 FCC 的单环量化器(8M 环), 矢量链中的每个矢量都是其(8M)个输出矢量之一, 其中, M 为编码环的中心到四周的距离, 决定编码环的大小。对于一个具体的方向, 矢量的长度是固定的, 因此, 每个矢量的编码共需要 $\log_2(8M)$ 比

特。图1(b)所示是FCC的多环量化器,考虑不同的方向和长度后,其输出矢量可有 $(8+8 \times 2+8 \times 3+\dots+8 \times M)$ 个不同的取值,其中, M 是量化器中编码环的个数,这样,每个矢量的编码共需要 $\log_2(8+8 \times 2+8 \times 3+\dots+8 \times M)$ 个比特。

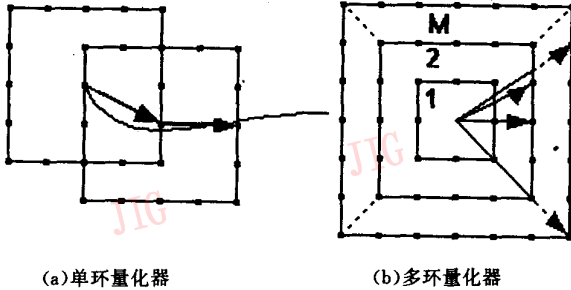


图1

对于点阵形式的线状结构二值数字图象,为了实现无失真编码,在FCC的单环或多环量化器中,只能令 $M=1$,我们将证明这时的编码效率较低。为此,我们可这样构造量化器:环的中心(矢量的起点)和环上的量化点(矢量的终点)都位于图象的象点处,并且仍然采用 M 个编码环,但这时每个编码环上只能取8个量化点,因为每个矢量只能有8个不同的方向,如图2所示。于是,我们只需要对8个不同的方向和 M 个不同的长度进行无失真编码。当采用等长编码时,对矢量方向的编码长度为3,而对矢量长度的编码长度为 $N=\log_2 M$,于是每个矢量的编码总长度为 $(3+N)$,这时,若待编码的直线段的长度大于 M ,则需要更多的码字对该直线段的剩余部分进行编码。若采用变长编码,则按照图象中直线段长度的概率分布,确定不同矢量长度的码长,并采用一种熵编码方法,例如 Huffman 编码,得到矢量长度的编码表。对于8个不同的方向,则可根据图象的类型,确定是否采用变长编码,例如对于工艺地毯图案,8个方向的概率分布基本一致,而对于汉字文本,各个方向的概率分布则有较大差别。这就是改进的 Freeman 链编码方法,我们称之为 MFCC。

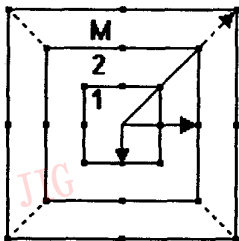


图2 MFCC 量化器

2 编码效率的分析与实验

令 $P(j)$ 为图象中任一直线段长度为 j 的概率,当图象为已知时,我们可以得到一个近似的直线段长度概率(实际为频度)分布: $\{P(j), j \in [1, J]\}$,其中, J 是图象中直线段的最大长度。图4就是从图3所示地毯图样部分图象求得的直线段长度概率分布图。由于 V_s 和 V_e 在全部编码数据中所占比例很小,我们在以下分析中不妨忽略其影响。



图3 地毯图样碎片

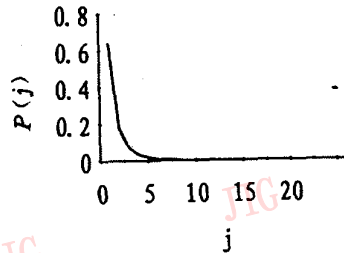


图4 图3的直线段长度概率分布

2.1 等长编码

对于MFCC,图象中的一个直线段,根据其长度的大小,若需要分成 K 个矢量,则该直线段的编码比特数为 $K(3+N)$,于是,一个直线段的平均编码比特数为

$$\lambda(N) = \sum_{j=1}^J (3+N) \text{INT} \left[\frac{G + 2^N - 1}{2^N} \right] P(j) \quad (1)$$

式中, $\text{INT}[\cdot]$ 为取整运算符。而对于FCC,只要令上式中的 N 等于0,即

$$\lambda = \sum_{j=1}^J 3jP(j) \quad (2)$$

通过对式(1)的分析,不难发现,对于一幅具体

的图象,能够使平均比特数 $\lambda(N)$ 为最小的 N 的最佳值是由 $P(j)$ 决定的,并且一般不为零。所以,对应 FCC 的式(2),通常并不是最佳的。

对于图3所示的样本图象,计算 N 取不同值时的 $\lambda(N)$,结果示于图5。

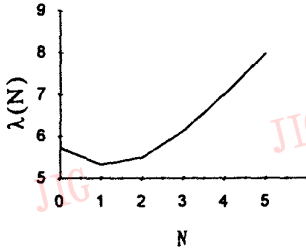


图5 直线段平均码长

可见, N 的最佳值一般是大于零的。实验中还发现,对于同一类图象,例如具有相同分辨率的地毯图,或具有相同字型和磅值的文本, N 的最佳值基本是固定不变的。这一点已经通过对式(1)的分析得到解释。在实际应用中,我们建议,在采用本文的 MFCC 对线状结构的二值图象进行编解码时,可根据图象类型的先验知识,确定一个 N 的近似最佳值,并作为编码参数加入编码头文件中。

2.2 变长编码

当采用变长编码时,图象中的一个直线段,就是一个编码矢量,其编码平均比特数,与直线段长度的熵有关。例如,当对矢量方向采用等长编码,而对矢量长度采用 Huffman 编码时,按照 Huffman 编码定理,一个直线段的平均编码比特数满足

$$H + 3 \leq \lambda \leq H + 4 \tag{3}$$

式中, H 为图象中直线段长度的熵,可由下式求得

$$H = - \sum_{j=1}^J P(j) \log_2 [P(j)] \tag{4}$$

对于图3所示的样本图象,采用上述变长编码的 MFCC,得到直线段的编码平均比特率,其与上述等长编码的 MFCC 及 FCC 相比较的结果,示于表1。

表1 平均码长比较

等长 MFCC	变长 MFCC	FCC
5.19	4.85	5.73

3 编码图象作为自动绘画仪的输入

如果经 MFCC 编码的图象欲在自动绘图仪上

绘出,就不需要进行解码,我们可以直接将已编码图象映射为绘图仪的指令语言。下面给出一个在 DMP-52 绘图仪上绘图例子。

在自动绘图仪中,笔的基本动作包括:抬笔,落笔和移到 $X-Y$ 平面上某一点。这在 DMP-52 绘图仪的指令语言中,分别表示为“U”,“D”和“nx,ny”。

当我们在 MFCC 编码的图象文件中,遇到形如“ $V_s V_1 V_2 \dots V_k V_e$ ”的编码段(连续曲线),三种映射分别为:

- (1) $V_s \rightarrow$ “nx,ny”,“D”;
- (2) $V_i \rightarrow$ “nx,ny”;
- (3) $V_e \rightarrow$ “U”。

其中, nx 和 ny 分别为 X 和 Y 方向上的坐标,在第1种映射中,它们可直接取自 V_s ,而在第2种映射中,它们可在第1种映射的基础上,连续不断地由 V_i 的方向和长度得到。

图3所示的地毯图样片,就是在 DMP-52 绘图仪上的输出结果。

4 结论

本文提出的对 FCC 的改进算法,经理论分析和实验验证,对线状结构二值图象的编码效率有明显提高。特别是,当采用变长编码时,提高幅度较大。

本文的方法是应某地毯图案计算机自动放样和用料计算系统中地毯图形的图象存储和绘图输出的需要而提出的,已成功地应用于该系统的实际工作中。

参考文献

- 1 吴成柯等. 图象通信. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1994.
- 2 Neuhoff D L, Castor K G. A rate and distortion analysis of chain codes for line drawings. IEEE Trans. on Information Theory, 1985, IT-31(1): 53~68.
- 3 Liu K, Prasad R. Comparing coding efficiency of vector chain coding and run-length coding for line drawings. IEE Proceedings-1, 1991, 138(5).
- 4 Robertson G F, Aburdene M F, Kozich R J. Differential Block Coding of Bilevel Images. IEEE Trans. on Image Processing, 1996, IP-5(9): 1368~1370.
- 5 Mohamed S A, Fahmy M M. Binary Image Compression Using Efficient Partitioning into Rectangular Regions. IEEE Trans. on Communications, 1995, COM-43(5): 1888~1893.
- 6 Swanson M D, Tewfit A H. A Binary Wavelet Decomposition of Binary Images. IEEE Trans. on Image Processing, 1996, IP-5(12): 1637~1650.

- 7 Muller G, Klodiz C, Bons J, et al. Progressive Transmission of Line Drawings Using the Wavelet Transform. IEEE Trans. on Image Processing, 1996, IP-5(4):666~672.
- 8 Zenzo S D, Cinque L, Levialdi S. Run-Based Algorithms for Binary Image Analysis and Processing. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1996, PAMI-18(1):83~89.
- 9 Klerk M de, Prasad R, Bons J H, et al. Introducing high-resolu-

tion graphics in UK teletext using differential chain coding. IEE Proceedings-I, 1990, 137(6):325~334.



王汇源 1958年生,山东工业大学电子工程系副教授、硕士生导师。研究方向:图象处理、模式识别等。

An Optimized Freeman Chain Coding Method and Its Application to Engineering Drawing Plotting

Wang Huiyuan

(Department of Electronic Engineering, Shandong University of Technology, Jinan 250014)

Abstract In this paper, we present an optimized Freeman chain coding method for bi-level line-structured images and discuss its application in the storage and automatic plotting of engineering drawings. Compared with the traditional Freeman chain coding that uses single-ring or multi-ring image quantizers, the proposed method is based on already quantized dot-matrix digital images, and is a lossless coding method. We select the code length according to the statistics of the length of straight line segment in the image and thus minimize the average number of bits needed to encode the segment. Theoretical rate analysis and several experimental results show that the proposed method achieves lower bit rate than the existing one and can be easily applied to the storage and plotting of engineering drawings.

Keywords Vector chain, Freeman chain code, Bi-level images, Image encoding

第三届全国多媒体辅助工程技术研讨会征文通知

由中国计算机学会多媒体专业委员会多媒体辅助工程学组主办的“第三届全国多媒体辅助工程技术研讨会”,定于1999年11月上旬在深圳大学召开,由深圳大学承办本次会议。会议将为从事多媒体辅助工程技术的研发人员、企业工程技术人员以及相关厂商提供交流科学研究、技术开发经验、科技开发成果及推广应用的场所,本次会议将以“多媒体辅助工程新技术与应用”为题目出论文选,会议组织委员会将邀请国内外著名专家学者和厂商参加,就多媒体辅助工程和虚拟现实技术在工程方面的最新应用发展作专题报告。

一、征文范围

1. 多媒体辅助工程的基础理论研究;
2. 多媒体CAD系统的开发理论与技术;
3. 分布式虚拟现实技术的研究与工程应用;
4. 数字地球与基于WEB的GIS技术;
5. 3D建模技术与多媒体人机接口;
6. 多媒体通信与协同设计和工程监理系统;
7. 多媒体辅助工程管理软件开发;
8. 工程数据可视化、图像识别与基于内容的图象检索;
9. VRML与3D JAVA API技术与应用;
10. 多媒体在土木、水利、矿山、铁路、国防工程中应用案例。

二、征文要求

1. 注重论文质量、文图规范、准确,最好用激光打印机输出;
2. 论文格式要求:论文全文A4标准纸打印;每页版芯大小为14.5×21.0cm,正文用五号宋体字,行距5.5mm;页码用铅笔在右下角标出,待审定录取后统一排序号。

三、注意事项

论文截止日期:1999年7月5日

录取通知日期:1999年8月5日

提交正式论文截止日期:1999年9月15日。

来稿请寄:深圳市深圳大学信息工程学院 黄云森(邮编:518060)

Email:huangys@szu.edu.cn

或寄:清华大学土木工程系 吴炜煜(邮编:100084)

Email:wuwuy@mail.tsinghua.edu.cn