

微机图象处理系统及其 FFT 算法

陈孝威 马光喜

(贵州大学计算机科学系, 贵阳 550025)

摘要 该文主要介绍由 PCVISIONplus 帧捕获器组成的微机图象处理系统的结构和编程原理. 计算机在处理数据时, 与硬盘交换数据非常费时. 为了解决这个问题, 该文研究了一个基于 DFT 性质的算法, 采用这个算法, 不需要与硬盘交换数据就可在微机的常规内存中实现 FFT 和对图象进行频域处理. 从而大大加速了图象处理的速度. 采用这种算法在该系统上对 X 光片进行了处理, 结果表明, 该算法是有效和快速的.

关键词 微机 图象处理

中图分类号: TP391.41 文献标识码: B 文章编号: 1006-8961(2000)02-0158-05

Microcomputer Image Processing System and FFT Algorithm

CHEN Xiao-wei, MA Guang-xi

(Department of Computer Science, Guizhou University, Guiyang 550025)

Abstract In this paper, a microcomputer image processing system using a PCVISIONplus Frame Grabber is built, and the principle for writing the programs is explained. Because it takes much time to exchange the data with hard disk, so an algorithm based on the properties of DFT is described in order to resolve this problem. The FFT and the image frequency domain processing can be carried out in the conventional memory of a microcomputer using the algorithm without exchanging the data with hard disk. The speed of the image processing was speeded up. A lot of X-radiology have been processed with the algorithm in the microcomputer image processing system. The result shows that the proposed algorithm is efficient and fast.

Keywords Microcomputer, Image processing, FFT

0 引言

随着微型计算机性能的提高和价格的降低, 微机图象处理系统得到越来越广泛的应用. 由于美国 Imaging Technology 公司的 PCVISIONplus 帧捕获器的性能稳定、功能丰富, 在微机图象处理系统中得到了广泛的应用. 本文主要介绍由 PCVISION-plus 帧捕获器构成的微机图象处理系统的结构和编程原理.

1 微机图象处理系统的基本组成结构和编程原理

由 PCVISIONplus 帧捕获器组成的微机图象

处理系统基本组成结构如图 1 所示.

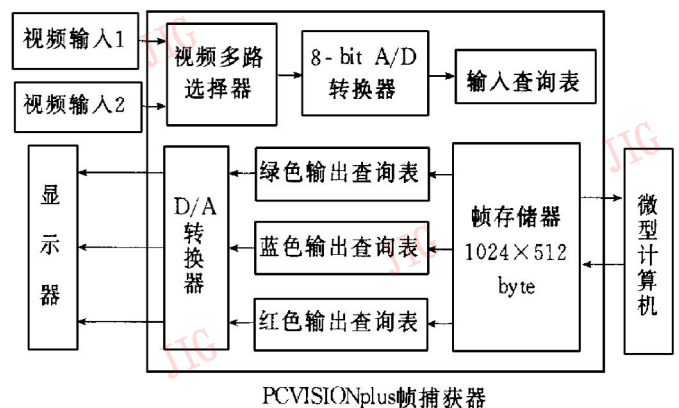


图1 微机图象处理系统的基本组成

PCVISIONplus 帧捕获器是一个可以直接插入 IBM 及其兼容机扩展槽的图象卡. 它可以接收两路标准 RS-170/330 或 50Hz CCIR 的视频信号, 另

外, 它还能显示 NTSC 信号. 其中的一路标准视频信号经视频多路选择器输入到高速 A/D 转换器, A/D 转换器以 10MHz/s 的速率对模拟信号进行抽样, 将 CCIR 视频信号转换为 512× 512 个像素的数字图象, 将 RS-170/330 视频信号转换为 512× 480 个像素的数字图象, 每个像素量化为 8bit, 即 256 灰度级. 输入查询表由 8 个可编程输入查询表组成, 通过微机总线接口可编程控制它们, 并选择其中一个作为现时的输入转换.

帧存储器是一个 8bit 的 1024× 512 像素阵列. 它可以存储两幅 CCIR 的 512× 512 像素(或两幅 RS-170/330 的 512× 480 像素) 的图象, 或一幅 640× 480 像素的图象. 它可以实时捕获和显示图象(每 1/30s 显示一幅图象), 它被划分为 8 个模块, 基址+

0H	1H	2H	3H	4H	5H	6H	7H	8H	9H	AH	BH
控制寄存器	查询表控制寄存器	查询表地址寄存器	查询表数据端口	输入增益/偏置控制	捕捉/状态寄存器	平移控制寄存器	滚动控制寄存器	帧接口控制寄存器	主机屏蔽寄存器	视频信号捕获屏蔽寄存器	像素缓冲寄存器

图 2 PCVISIONplus 控制寄存器结构

选择了帧存储器基址(可选为 D0000H)和控制寄存器基址(可选为 0300H)后, 就可以编程控制和操作 PCVISIONplus 帧捕获器, 并对帧存储器中的图象进行各种处理.

2 微机图象处理系统的 FFT 算法

数字图象处理的方法主要分为两大类, 即空域法和变换域法. 目前, 变换域法广泛应用于图象增强、图象复原、图象编码和模式识别中, 并在很多方面取得了比空域法更好的效果. 离散傅立叶变换(DFT)是变换域法中一种十分重要的正交变换, 并且可以用快速傅立叶变换(FFT)实现之, 但由于 DFT 涉及到浮点数和复数的运算, 需要较多的内存, 使其在微机图象处理系统中的应用受到限制. 本文灵活地利用 DFT 的性质, 巧妙地安排计算顺序, 在常规内存中快速地实现了 FFT, 并可在屏幕上同时显示原始图象和处理后的图象, 为 FFT 算法在微机图象处理系统中的应用开辟了广阔的应用前景.

设 $f(x, y)$ 为一幅 $N \times N$ 的数字图象, 则其二维离散 Fourier 变换对为^[1]

每块为 64kB. 通过控制寄存器的帧存储模块选择位, 可以选择其中任一模块以存储器基址进入微机存储器空间, 即可用 3 块 PCVISIONplus 帧捕获器组成真彩色微机图象处理系统, 通过将控制寄存器的板选择位置 1, 可以将 3 块 PCVISIONplus 帧捕获器映射进微机存储空间的同一 64kB 模块中, 减少了所需主存储器的空间. 帧存储器的输出, 通过 3 个可编程控制的绿色、蓝色和红色输出查询表送到 D/A 转换器, 转换成模拟的绿色、蓝色和红色输出, 送到显示器, 因而还可以显示伪彩色图象.

在 PCVISIONplus 帧捕获器中包含有 12 个 8bit 的控制寄存器, 其结构如图 2 所示. 它们控制帧捕获器与微机总线的接口, 通过编程控制这 12 个寄存器, 就可以控制和操作帧捕获器.

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{(-j2\pi(ux+vy)/N)} \quad (1)$$

$$f(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{(j2\pi(ux+vy)/N)} \quad (2)$$

其中, $x, y = 0, 1, 2, \dots, N-1; u, v = 0, 1, 2, \dots, N-1; j = \sqrt{-1}$ (以下如未说明, x, y, u 和 v 的取值范围同上, j 的含义同上)

设

$$F(x, v) = \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{(-j2\pi vy/N)} \quad (3)$$

即 $F(x, v)$ 为 $f(x, y)$ 的一维行离散傅立叶变换, 式(3)可用一维 FFT 算法实现之. 将式(3)代入式(1), 可得

$$F(u, v) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} F(x, v) e^{(-j2\pi ux/N)} \quad (4)$$

式(4)为 $F(x, v)$ 的一维列离散傅立叶变换, 可用一维 FFT 算法实现之.

由二维离散傅立叶变换的性质^[2]:

$$f(x, y) (-1)^{x+y} \Leftrightarrow F(u - N/2, v - N/2) \quad (5)$$

如在变换前用 $(-1)^{x+y}$ 乘以 $f(x, y)$, 则用式(3)和式(4)计算出的 $F(u, v)$ 在 (u, v) 平面上关于原点

称. 假设用关于原点对称的传输函数 $H(u, v)$ 对 $F(u, v)$ 进行变换:

$$G(u, v) = H(u, v)F(u, v) \quad (6)$$

则得到的 $G(u, v)$ 也关于原点对称.

利用式(2)可将 $G(u, v)$ 恢复到空间域, 从而得到变换后的图象 $g(x, y)$

$$g(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} G(u, v) e^{(j2\pi(ux+vy)/N)} \quad (7)$$

由于 $g(x, y)$ 是实函数, 由式(7)可得:

$$g(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{u=0}^{N-1} \sum_{v=0}^{N-1} G^*(u, v) e^{(-j2\pi(ux+vy)/N)} \quad (8)$$

其中, “*” 表示复数共轭.

设

$$g(x, v) = \sum_{u=0}^{N-1} G^*(u, v) e^{(-j2\pi ux/N)} \quad (9)$$

即 $g(x, v)$ 为 $G^*(u, v)$ 的一维离散傅立叶变换, 式(9)可用一维 FFT 算法实现之. 将式(9)代入式(8), 可得

$$g(x, y) = \frac{1}{N} \sum_{v=0}^{N-1} g(x, v) e^{(-i2\pi vy/N)} \quad (10)$$

上式可用一维 FFT 算法实现.

将式(9)两边取共轭, 并用 $N-v$ 代替 v , 可得 (以下为此算法创新之关键步骤)

$$g^*(x, N-v) = \sum_{u=0}^{N-1} G(-u, N-v) e^{(-j2\pi ux/N)} \quad (11)$$

由 $G(u, v)$ 的共轭对称性^[3]:

$$G(mN-u, nN-v) = G^*(u, v) \quad (12)$$

其中 $m, n = 0, 1, 2, \dots$

当 $m = 0$ 和 $n = 1$ 时, 由式(11)和式(12)可得:

$$g^*(x, N-v) = \sum_{u=0}^{N-1} G^*(u, v) e^{(-j2\pi ux/N)}$$

即

$$g^*(x, N-v) = g(x, v) \quad (13)$$

其中, $v = 0, 1, 2, \dots, N/2$

因而在用式(9)和式(10)计算 $g(x, y)$ 时, 可只保留 $N/2$ 列 $g(x, v)$ 的值; 在用式(3)计算 $F(x, v)$ 值时, 只需保留 $F(x, v)$ 前 $N/2$ 个点的值; 在用式(4)计算 $F(u, v)$ 时, 可只计算 $N/2$ 列的一维列离散傅立叶变换.

由上述分析可以得到如下处理过程:

- (1) 用 $(-1)^{x+y}$ 乘 $f(x, y)$, 得新的 $f(x, y)$.
- (2) 采用一维快速傅立叶变换 FFT, 根据式(3)计算 $f(x, y)$ 的一维行离散傅立叶变换 $F(x, v)$, 但只保留前 $N/2$ 个点的值 ($x = 0, 1, \dots, N-1; v = 0, 1, \dots, N/2$).
- (3) 采用一维快速傅立叶变换 FFT, 根据式(4)计算前 $N/2$ 列的 $F(u, v)$.
- (4) 利用式(6)计算 $G(u, v)$ ($u = 0, 1, \dots, N-1; v = 0, 1, \dots, N/2$).
- (5) 采用一维快速傅立叶变换 FFT, 根据式(9)计算前 $N/2$ 列的 $g(x, v)$.
- (6) 采用一维快速傅立叶变换 FFT, 根据式(10)计算 $g(x, y)$.
- (7) 用 $(-1)^{x+y}$ 乘 $g(x, y)$, 得处理后的图象.

其中, (2~6)的过程如图3所示

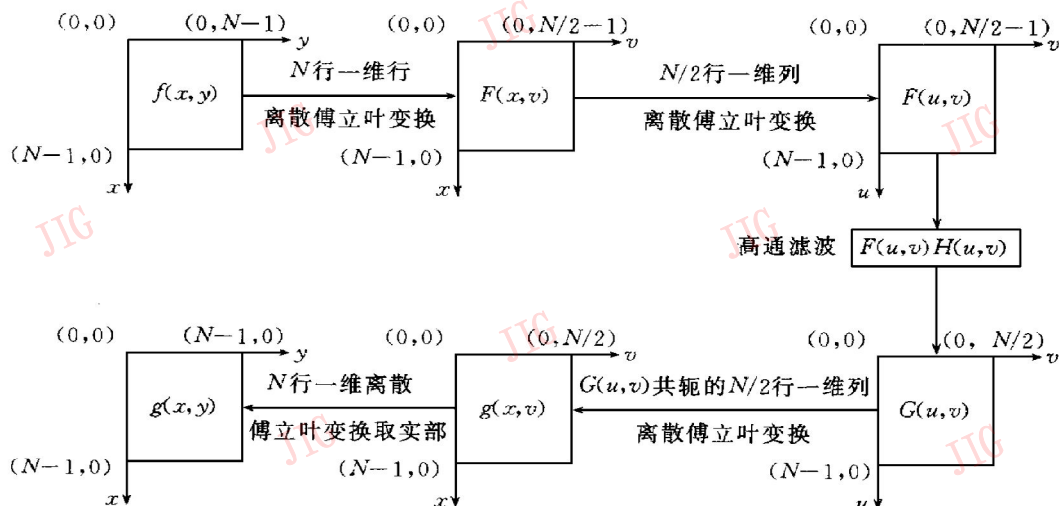


图3 FFT算法的计算过程

3 FFT 算法在图象增强技术中的应用

在图象增强技术中, 高通滤波法是一种十分重要的方法. 因为图象中的边缘部分对应于高频分量, 所以当用高通滤波器衰减图象中的低频分量时, 就会相对地增强高频分量, 达到增强边缘的效果, 使边缘变得清晰. 而在很多情况下, 边缘包含着大量有用信息, 增强了边缘, 也就增强了有用信息, 达到了增强视觉的效果, 有利于对目标的识别和分析.

为了在 640kB 的常规内存中实现高通滤波法, 并便于比较, 我们将显示图象的屏幕分成 4 个模块, 相对应于帧存储器的 4 个模块, (如图 4 所示). 每个模块存放 256×256 象素的图象, 其中模块 0 存放原始图象, 模块 1、模块 2 和模块 3 存放处理后的图象.

按照这种模式, 采用第 2 节提出的 FFT 算法对一幅图象进行 DFT 变换时, 其浮点数的实部和虚部共需占用 $256 \times 128 \times 4 \times 2 = 262\ 144$ byte, 可在 640kB 常规内存内实现 DFT 及频域处理. 我们用

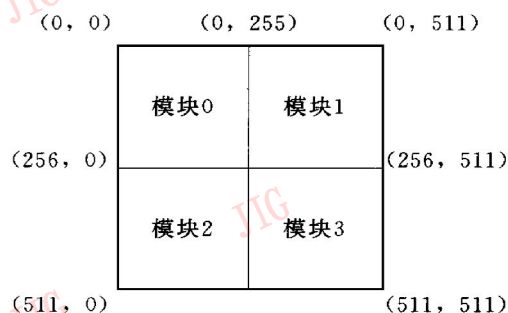


图 4 显示屏幕结构

C 语言和汇编语言编写程序, 从而在由 PCVISION-plus 帧捕获器组成的微机图象处理系统中快速而有效地实现了高通滤波法处理. 图 5 为一幅处理前后的 X-光片的图象, 左上角为原始图象, 右上角为经高通滤波法处理后的图象, 左下角为经高通滤波法处理后再经灰度变换的图象, 右下角为经高通滤波法处理后再经直方图均衡的图象. 经过处理的图象清晰度比原始图象大大提高, 且有更多的有用信息供医生诊断疾病用. 在由 386 微机组成的微机图象处理系统中, 处理一幅图象只需约 1min 的时间.

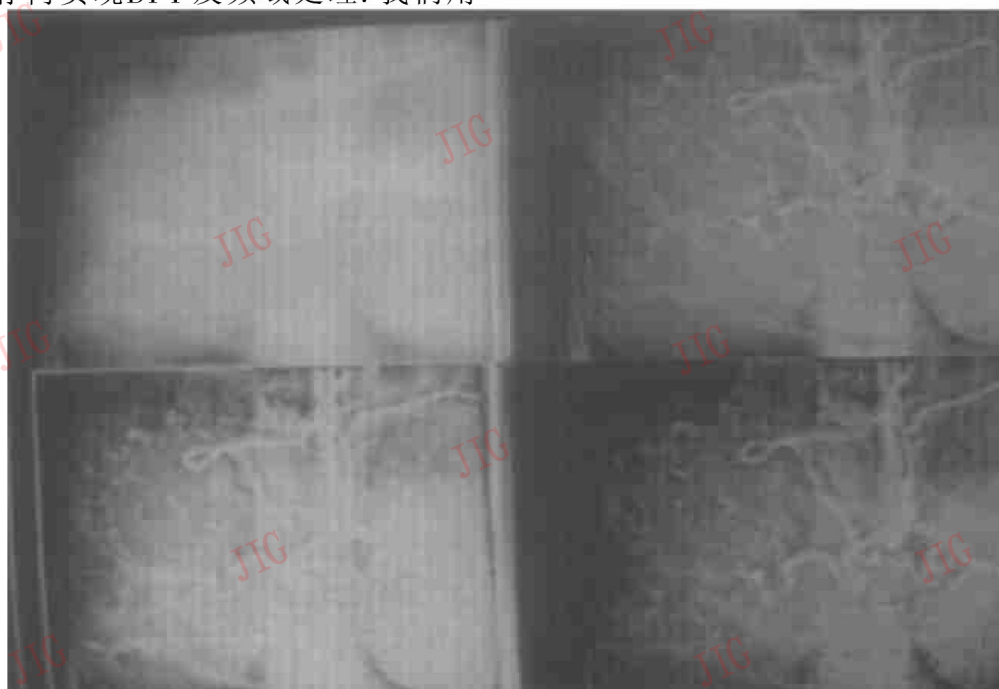


图 5 处理前后的 X-光片图象

4 结 论

本文介绍了由 PCVISIONplus 帧捕获器组成的微机图象处理系统的结构和编程原理, 并灵活地利用了 DFT 的性质, 巧妙地安排计算顺序, 在常规

内存中快速地实现了 FFT. 可在屏幕上同时显示原始图象和处理后的图象. 该算法的快速性和有效性在高通滤波法图象处理中得到证实. 由于该算法能在常规内存中实现 DFT 变换、频域处理及 DFT 反变换, 因此同样可以用于由一般视频捕获卡组成的微机图象处理系统.

参 考 文 献

1 Gonzalez R C, Wintz P. Digital Image Processing, 2nd Addison-Wesley Publishing Company, 1987. 69.



陈孝威 1969年毕业于北京大学物理学系, 1983年于武汉邮电科学研究院获硕士学位, 现为贵州大学计算机科学系副教授. 主要从事图象处理及编码、通信及信息理论、计算机应用等方面的研究工作.

2 Gonzalez R C, Wintz P. Digital Image Processing, 2nd Addison-Wesley Publishing Company, 1987. 77.

3 荆仁杰, 叶秀清, 徐胜荣, 陈存椿. 计算机图象处理. 杭州: 浙江大学出版社, 1990.



马光喜 1980年毕业于贵州大学电子科学系, 现任贵州大学电子科学系讲师. 主要研究方向为图象处理、计算机系统结构及计算机应用等.

新一代后期制作系统——JALEO

JALEO系统是近年来国际上推出的新一代计算机数字非线性后期制作系统, 是无压缩、无限层实时编辑系统。它的最大特点是可同时处理无限层画面, 不需要生成就可立即回放预演; 并可随时对无限层画面中的任何一层进行修改, 同时可立即看到效果, 无需等待生成。这使得制作者的思路始终集中在一个最重要的事情上——创意, 让他讲述着一个完整的故事! 同时 JALEO 可进行无压缩的实时输入输出, 真正保证了图象的快速无损编辑。正是由于它的独特功能, 高效率的制作环境, 高品质的制作质量, 自推出以来很快风靡于欧美主要电视台和视频制作公司。AVT、CNN、CBS 等世界著名的电视台都已采用了这一制作系统, 并连获在美国举行的 NAB 最佳剪辑奖。

由于 JALEO 特技处理与对源素材处理是分别独立的, 所以在对所有素材进行特技编辑和处理后, 可保留功能的树结构(只需占用极小的空间), 这样下次需要同样特技效果但不同画面内容时, 只需用另一组素材替换原素材, 即可得到原来的效果, 而无需重新制作。这样给制作人员带来了极大的方便, 省去了大量的重复性工作。

JALEO 系统可接受: 数字分量信号、模拟分量信号, S-Video 符合 CCIR601 标准, 制作时, 还可以从其它三维, 二维系统中直接采集素材, 可接受: Alias Wavefront, Soft Image, TDI, Targa, RGB, TIFF, YUV 等格式, 同时也可以输入输出 MPEG, JPEG 等压缩格式的图象及 EDL。