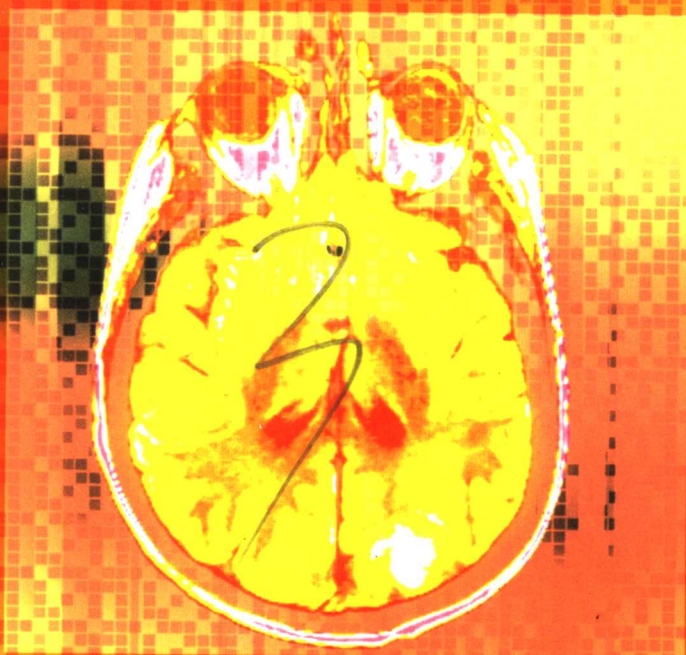


数字图像处理

——Java语言实现

王 宏 赵海滨 编著



NEUPRESS
东北大学出版社

数字图像处理——Java 语言实现

王 宏 赵海滨 编著

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 王 宏 赵海滨 2005

图书在版编目 (CIP) 数据

数字图像处理——Java 语言实现 / 王宏, 赵海滨编著. — 沈阳: 东北大学出版社,
2005.4

ISBN 7-81102-139-0

I. 数… II. ①王… ②赵… III. ①数字图像处理 ②Java 语言—程序设计
IV. ①TN919.8 ②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 043383 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 铁岭新华印刷有限公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm × 260mm

印 张: 13

字 数: 324 千字

出版时间: 2005 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2005 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 李毓兴

特邀编辑: 李 艳

封面设计: 唐敏智

责任校对: 尔 顺

责任出版: 秦 力

定 价: 28.00 元 (附赠一张光盘)

前 言

数字图像处理是随着现代计算机技术和超大规模集成电路技术的发展而产生、发展和不断成熟起来的一个新技术领域。目前,数字图像处理技术已经应用到了生物医学、遥感图像、军事图像和工业图像处理等领域。特别是近年来随着 Internet 和通讯技术的快速发展,数字图像已经广泛地进入了人们的日常生活。人们可以在 PC 机上浏览和处理数字图像,可以通过网络传输、下载、上载和处理数字图像等。数字图像处理技术引起了人们的广泛关注,并在许多领域中起到了很大的作用。据统计,人的视觉信息占人类获取信息的 80% 左右,所以图像信息无论是在社会进步,还是在人们的日常生活中,都占有极其重要的地位。

本书作为数字图像处理技术的入门书,由浅入深、详细地介绍了数字图像处理的基本原理和方法,并给出了具体而生动的例子。本书共分 8 章。第 1 章介绍了计算机数字图像处理的发展历史和它包含的主要内容;第 2 章介绍了计算机数字图像处理中所使用的数学变换;第 3 章介绍了将模拟图像转换成数字图像的基本原理;第 4 章介绍了图像增强;第 5 章介绍了图像复原;第 6 章介绍了图像的编码与压缩;第 7 章介绍了图像的分割与描述;第 8 章讲述了数字图像处理在医学中的应用。

本书中的 Java 程序由王宏和赵海滨共同完成,附录由赵海滨辑录,其余内容均由王宏编著。在编著本书的过程中得到了庞小飞、王志宇、叶柠、汤龙海、袁正华的帮助,本书的出版得到了国家自然科学基金的资助,在此表示深深的感谢。

由于编著者水平所限,书中如有不妥之处,恳切欢迎读者批评指正。

编著者

2005 年 4 月

目 录

第1章 引 言	1
1.1 数字图像处理的发展概况	1
1.2 数字图像和数字图像处理	2
1.2.1 图 像	2
1.2.2 数字图像	3
1.2.3 数字图像处理	4
1.3 数字图像处理系统	5
1.3.1 数字图像处理硬件系统	6
1.3.2 数字图像处理软件系统——Java 语言	7
练习题	10
第2章 数字图像处理的数学基础	11
2.1 图像的线性处理系统	11
2.1.1 成像系统模型的划分	11
2.1.2 点光源和 δ 函数	12
2.2 傅立叶变换	14
2.2.1 连续函数的傅立叶变换	14
2.2.2 离散函数的傅立叶变换	17
2.2.3 快速傅立叶变换	21
2.3 沃尔什变换	31
2.3.1 一维离散沃尔什变换	31
2.3.2 二维离散沃尔什变换	33
2.4 哈达玛变换	33
2.4.1 一维离散哈达玛变换	33
2.4.2 二维离散哈达玛变换	35
2.5 小波变换	35
2.5.1 连续小波变换	35
2.5.2 离散小波变换	36
练习题	38
第3章 图像的数字化的	39
3.1 概 述	39

3.1.1 取 样	39
3.1.2 量 化	40
3.1.3 Java 语言实现对图像像素的获取	41
3.1.4 取样、量化与图像的质量	43
3.2 点阵取样原理	54
3.2.1 一维点阵取样	54
3.2.2 二维点阵取样	57
3.3 最佳量化	59
练习题	61
第 4 章 图像增强	62
4.1 灰度变换	62
4.1.1 灰度变换	62
4.1.2 Java 语言实现线性灰度变换	65
4.2 直方图均匀化处理	70
4.2.1 灰度直方图	70
4.2.2 直方图修正技术	71
4.2.3 直方图均匀化处理	73
4.3 平滑化处理	83
4.3.1 邻域平均法	83
4.3.2 低通滤波法	90
4.4 尖锐化处理	92
4.4.1 微分尖锐化处理	92
4.4.2 高通滤波法	99
4.5 中值滤波	101
4.5.1 一维中值滤波	101
4.5.2 二维中值滤波	102
练习题	109
第 5 章 图像复原	110
5.1 退化的数学模型	110
5.1.1 退化模型及复原的基本过程	110
5.1.2 连续函数的退化模型	111
5.1.3 离散函数的退化模型	112
5.2 线性滤波图像复原	115
5.2.1 无约束图像复原	115
5.2.2 约束图像复原	116
5.3 反向滤波图像复原	116
5.3.1 基本原理	116
5.3.2 零点问题	117

5.3.3 消除因匀速直线运动引起的图像模糊	117
5.4 最小二乘方约束图像复原	121
练习题	130
第 6 章 图像编码与压缩	131
6.1 基本概念	131
6.1.1 图像编码	131
6.1.2 冗余信息和不相关信息	131
6.1.3 数据的压缩	132
6.2 图像质量的衡量准则	132
6.2.1 客观保真度准则	132
6.2.2 主观保真度准则	133
6.3 图像编码过程	134
6.3.1 图像数据转换	134
6.3.2 图像数据量化	135
6.3.3 图像数据编码	135
6.4 统计编码	136
6.4.1 基本概念	136
6.4.2 香农-费诺码	138
6.4.3 霍夫曼编码	140
练习题	146
第 7 章 图像的分割与描述	147
7.1 图像的分割	147
7.1.1 灰度阈值分割法	147
7.1.2 模板匹配法	156
7.1.3 边缘检测法	158
7.2 图像的描述	166
7.2.1 区域描述	166
7.2.2 关系描述	167
7.2.3 相似性描述	169
练习题	170
第 8 章 数字图像处理技术的应用——医学图像处理	171
8.1 医学成像系统的物理基础	171
8.1.1 原子模型	171
8.1.2 电磁波	172
8.1.3 伦琴射线	172
8.1.4 磁共振效应	173
8.1.5 多普勒效应	174

8.1.6 超声波	175
8.2 医学成像系统的技术基础	175
8.2.1 计算机断层扫描(CT)成像	175
8.2.2 正电子发射计算机断层扫描(PET)成像	178
8.2.3 磁共振(MRI)成像	179
8.2.4 超声多普勒成像	183
8.3 常用医学图像处理的方法	184
8.3.1 图像修正	184
8.3.2 图像分析	193
练习题	196
参考文献	197
附 录	198
附录 A Java 语言简介	198
附录 B JDK1.4 的安装及配置	199
附录 C 光盘说明	200

第 1 章 引 言

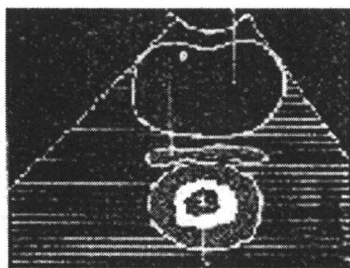
1.1 数字图像处理的发展概况

数字图像处理就是用计算机对图像进行分析和处理，它是一门跨学科的技术。数字图像处理始于 20 世纪 50 年代。特别是在 1964 年，美国喷射推进实验室使用计算机对太空船送回地面的大批月球照片进行处理后，得到了清晰逼真的图像，使这门技术受到了广泛的关注，它成为这门技术发展的重要里程碑，此后数字图像处理技术在空间研究方面得到了广泛的应用。20 世纪 70 年代初，由于大量的研究和应用，数字图像处理已具备了自己的技术特色，并形成了较完善的学科体系，从而成为一门独立的新学科。目前，数字图像处理在生物医学、通信、流通领域，产业界、文件处理领域，军事、公安、遥感、宇宙探险及日常生活中被广泛应用，已经成为当代不可缺少的一门技术。

(1)生物医学。生物医学数字图像处理技术大约是 20 世纪 80 年代初在生物医学上得到广泛应用的，随着现代医学特别是数字化医疗技术的不断发展，数字图像处理技术显得更为重要。如 X 光对人体组织有损害，在临床上为了减少这种生物副效应，同时又能得到比较理想的病人的 X 光片，可以用强度较低的 X 光对病人进行照相，然后通过图像处理技术得到清晰的图像，这就是 X 光图像的处理。此外，数字图像处理技术还应用到对超声图像的处理(图 1-1)、激光显微图像的处理、CT 图像的处理(图 1-2)、磁共振图像的处理、PET 图像的处理等。目前，数字图像处理技术在现代医学中不仅用于图像的加工和处理，同时还用于信息的存储和传输。



(a) 膀胱横向切片的超声波图像



(b) 图像处理后的结果——组织边缘清晰

图 1-1 超声波图像的处理(选自 T. Lehmann et al.)

(2)通信。在多媒体网络通讯中，对电视和电话等传输的图像进行数据压缩和处理等。

(3)流通领域、产业界、文件处理领域。数字图像处理技术在文件处理、机器人视觉、地质、海洋、气象、农业、灾害治理、货物检测、邮政编码、金融、银行、工矿企业、冶金、渔业、机械、交通、电子商务等领域被广泛应用。

(4)军事和公安。对现场照片、指纹和手迹等图像进行分析和处理。

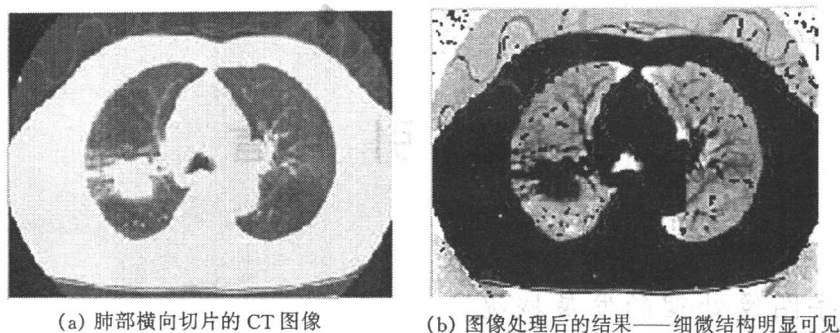


图 1-2 CT 图像的处理

(5)遥感。遥感是用不同光源和技术获得大量的遥感图像，这些图像需要用数字图像处理技术加工处理并提取有用的信息。

1.2 数字图像和数字图像处理

1.2.1 图 像

1. 景象

众所周知，人类的视觉系统能够看到五彩缤纷的世界，这是人类的生理功能。具体地说，它是由于光线照射到物体上，经过不发光物体形成的反射光线或发光物体发出的光线射入人们的眼睛内，这些光信号在视网膜上转化成神经电信号，然后神经电信号通过神经纤维传送到大脑皮层中，使人们看到外部的世界，这时所看到的外部世界称为景象。

2. 图像

直到人类文明发展到一定程度时，人们才意识到景象的存在，并想出一些方法将景象记录下来，这种记录下来的景象称为图像。所以说图像是对视觉信息的记录和展现。一幅照片就是一幅图像，如图 1-1 和图 1-2 所示。

要形成一幅图像，必须有两个因素：一个是景象，另一个是电磁波。电磁波谱包括可见光、X 射线和微波等(如图 1-3 所示)。电磁波以 $3 \times 10^8 \text{ km/s}$ 的速度传播，所以事件的成像是在瞬间进行的。电磁波辐射决定了一幅图像的亮度。电磁波与物体的相互作用决定了图像中呈现出的物体的几何形状。由于电磁波的波长不同，电磁波与物质的相互作用形式也不同。在可见光(波长在 $400 \sim 700 \text{ nm}$)区内呈现彩色图像，其中 550 nm 波长呈现绿色， 700 nm 波长呈现红色。在短波区，电磁波具有很大的能量。如在 X 射线区电磁波具有很强的穿透能

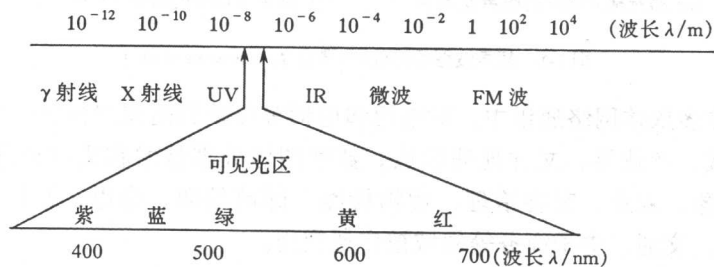


图 1-3 电磁波分布示意图

力, 所以 X 射线成像常用于观测物体的内部结构(如图 1-4 所示)。在更短的波长区域(如 γ 射线区)电磁波具有更大的能量, 所以具有更强的穿透能力, γ 射线成像在医学上也广泛应用着。X 射线可以提供物体内部的结构信息, 而 γ 射线成像可以提供内部的生理功能信息。在长电磁波区域, 如红外线成像和微波(雷达)成像也被广泛地应用。关于图像的例子很多, 这里就不一一列举了。

根据电磁波长的不同, 常采用不同的记录方式(如照相机、摄像机、X 光成像等)来形成各种不同的图像。通常将图像分为两种, 一种是可以为视觉系统直接感受到的图像, 如照片和图画等, 称为可见图像; 另一种是不可以为视觉系统直接感受到的图像, 这类图像必须经过某些数学和物理的转换才能为视觉系统所感受, 如 X 光片等, 称为不可见图像。从另一个角度, 若记录的图像是随时间变化的, 则称为时变图像, 如电影; 若记录的图像是不随时间变化的, 则称为静止图像, 如画。

通常用数学函数 $Q(x, y, z, \lambda, t)$ 表示一幅图像。对于平面图像, 只有变量 x 和 y , 可用数学函数 $f(x, y, \lambda, t)$ 表示。

若只考虑光的能量, 而不考虑波长, 则图像只有黑白深浅之分, 这样的图像称为黑白图像。对于平面黑白图像的数学表达式为

$$f(x, y, t) = \int Q(x, y, \lambda, t) v(\lambda) d\lambda \quad (1-1)$$

式中 $v(\lambda)$ 为 λ 的品质函数。

这样, $f(x, y, t)$ 就表示了一幅随时间变化的平面黑白图像, 即动态平面黑白图像。若图像函数与时间无关, 则代表静止图像, 对于静止的平面黑白图像可表示为

$$f(x, y) = \int f(x, y, t) dt \quad (1-2)$$

图像函数 $f(x, y)$ 在某一点的值称为灰度, 它与图像在该点的亮度是相对应的, 即

灰度值大 $\longrightarrow$ 亮

灰度值小 $\longrightarrow$ 暗

灰度是一个非负连续函数, 即

$$0 \leq f(x, y) \leq B_m \quad (1-3)$$

式中 B_m ——图像中灰度的最大值。

1.2.2 数字图像

上面提到的图像叫模拟图像或连续图像, 它们是不能直接送到计算机中处理的, 为了在计算机中对图像进行处理, 需要将现有的连续图像转换成计算机能识别的形式——数字图像。所谓数字图像, 就是将连续图像进行数字化后, 用一个矩阵表示的图像。图 1-5 示出了一幅连续图像的数字化的过程, 图 1-5(b)是该图像的矩阵表达。

这时从广义上来说, 静止、平面、黑白的数字图像就可用下面的数学形式表达

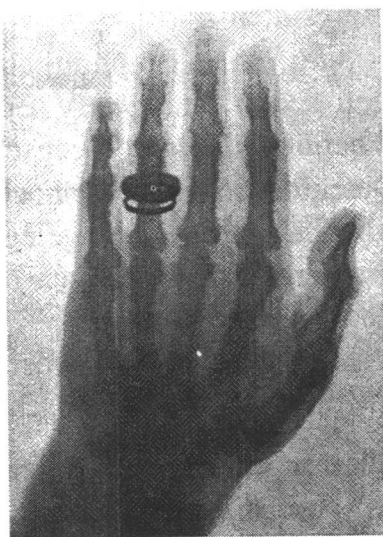


图 1-4 1896 年 1 月第一张 X 光片
(选自 H. Breuer)

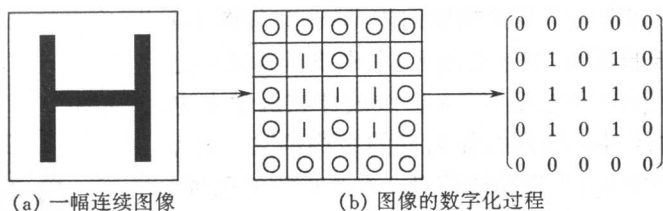


图 1-5 连续图像的数字化过程

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0, 0) & f(1, 0) & \cdots & f(M-1, 0) \\ f(0, 1) & f(1, 1) & \cdots & f(M-1, 1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(0, N-1) & f(1, N-1) & \cdots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (1-4)$$

式中 $x=0, 1, 2, \dots, M-1$;

$y=0, 1, 2, \dots, N-1$;

$f(x, y)$ ——点 (x, y) 处的灰度值。

这样就将一幅图像表示成为矩阵的形式——数字图像。

1.2.3 数字图像处理

一幅图像用矩阵表示后就可利用计算机对数字图像的矩阵进行各种运算了，这就是数字图像处理。图像处理的目的是改善图像的质量，使它更便于人们观察，适合机器识别。

通常分为两大类图像处理方式：

(1) 光学图像处理，它是用光学的方法对图像作某些特殊的处理。

(2) 数字图像处理，它是用计算机对图像进行加工和处理，主要有以下几个方面：

1) 对图像进行增强处理。这里是增强有用的信息，抑制无用的信息，从而改变图像的灰度分布，使图像更易于人们视觉系统观看。在图 1-6(a)中图像比较暗，经过增强处理后，得到了图 1-6(b)，这时图像更清晰了。



(a) 原图像



(b) 增强后的图像

图 1-6 图像增强的例子

2)对图像进行复原处理。有些图像由于在拍摄的曝光时间内,景物与照相机之间产生了相对移动,使图像模糊了(如图 1-7(a)所示),应用图像复原技术可以改善这种图像的质量(如图 1-7(b)所示)。



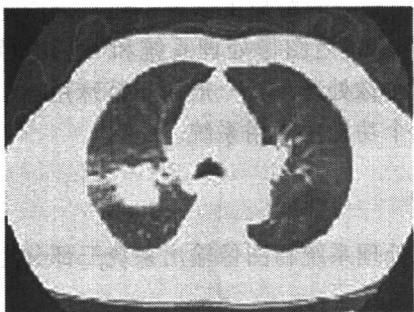
(a) 原图像



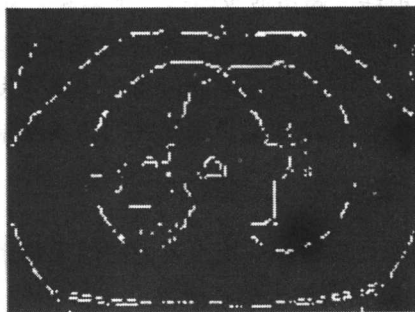
(b) 复原后的图像

图 1-7 图像复原的例子

3)提取、分析和描述图像中所包含的特殊信息。在图 1-8(a)中将图像中的边缘提取出来,得到了图 1-8(b)。



(a) 原图像



(b) 提取边缘后的图像

图 1-8 图像边缘提取的例子

1.3 数字图像处理系统

能够完成图像处理和任务分析的系统就是数字图像处理系统。数字图像处理系统主要有:图像输入设备,执行分析与处理图像的计算机及图像处理机;输出设备及存储系统中的图像数据库等。计算机数字图像处理系统的结构框图如图 1-9 所示。

数字图像处理系统与其他数据处理系统的不同之处是其庞大的数据处理量和存储量。因此,无论从硬件的配置还是软件的环境上,数字图像处理系统都有别于其他的计算机系统,从而形成了专门的数字图像处理系统。可以说,图像处理技术是以计算机为核心的技术,因此,图像处理系统的发展是随着计算机技术的提高而发展的。从系统的层次上,数字图像处理系统可分为高、中、低三个档次。

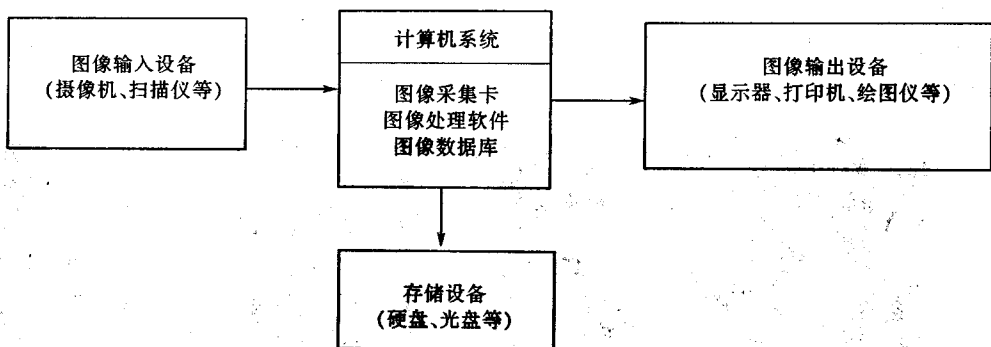


图 1-9 数字图像处理系统示意图

(1)高档图像处理系统。它是采用高速芯片、适合图像处理特有规律的并行阵列图像处理器。这种系统采用多个 CPU 或多机结构，可以以并行或流水线的方式工作。

(2)中档图像处理工作站。它是由主控计算机和图像处理器构成。其主控机是小型机或工作站。这类系统有较强的交互处理能力，在系统环境下具有较好的再开发能力。

(3)低档的数字图像处理系统。由计算机加上图像采集部件构成，其结构简单，是一种便于普及和推广的图像处理系统，它是本书重点介绍的系统。

此外，从图像传感器的敏感区域看，又可分为可见光、红外线、近红外线、X 射线、雷达、 γ 射线、超声波等图像处理系统；从采集部件与景物的距离上来说，还可分成遥感、宏观和微观图像处理系统；就应用场所而言，又能分成通用图像处理系统和专用图像处理系统。通用图像处理系统一般用于研究开发；而专用图像处理系统一般用于特殊用途，它是在通用系统研究基础上研制开发的为实现某一个或几个功能的商用系统。

1.3.1 数字图像处理硬件系统

图像处理硬件系统主要由图像采集系统、图像处理系统和图像输出系统三部分组成。

1. 数字图像采集系统

原始的图像数据是通过图像采集部件进入计算机的，即图像采集部件是采集原始的模拟图像数据，并将其转换成数字信号，计算机接收到图像的数字信号后，将其存入内存储器。

数字图像处理系统常用的图像采集部件有：

(1)摄像机和视频图像采集卡。该图像处理系统采用的摄像机需要和视频图像采集卡配合使用，使用时要考虑两者参数的优化问题。视频图像采集卡可以将摄像机摄取的模拟图像转化为数字图像。

(2)图像扫描仪。它是近年来出现的数字化产品，将图像采集和数字化部件集成在同一个机器上，使其输出的信号能直接为计算机所接受。

(3)数码摄像机。数码摄像机也是近几年来出现的数字化产品，将图像采集和数字化部件集成在同一机器上，使其输出的信号能直接为计算机所接受。数码摄像机使图像的采集部件和主机的连接更具有通配性，而且由于其携带方便，有相应的存储器，因此更适用于现场数据采集。

2. 数字图像处理系统

在数字图像处理系统中，图像处理工作是由计算机完成的，计算机的扩展槽上插有带帧

存储器的采集卡,图像处理的过程通常包含从帧存储器提取数据到计算机内存、处理内存中的图像数据和送数据回图像帧存储器三个步骤。对于直接使用内存的采集卡,则只需和内存进行数据交换,计算机的内存越大,CPU的运算速度越快,图像处理的速度也就越快。

3. 数字图像输出系统

图像的输出是图像处理的最终目的。图像输出有两种基本形式:一种是根据图像处理的结果作出判断,例如质量检测中的合格与不合格,输出不一定以图像作为最终形式,而只需作出提示供人或机器进行选择。这种提示可以是计算机屏幕信息,或是电平信号的高低,这样的输出往往用于成熟研究的应用上。另一种则是以图像为输出形式,它包括中间过程的监视以及结果图像的输出。图像输出方式有屏幕输出、打印输出和视频硬拷贝输出。

(1)屏幕输出。用屏幕输出处理结果是最直观、最简单的方法,并可获得高质量图像。根据硬件的不同,可分为单屏显示和分屏显示两种形式。单屏显示是指图像处理的过程与结果都在同一计算机的显示器上显示,一屏两用,比较经济。分屏显示是指图像处理的结果或中间过程由专门的监视器显示,加上计算机本身的显示器,这样的系统可以称作双屏系统。由于图像部分和程序执行过程互不干扰,因此处理过程比较直观。

(2)打印输出。打印输出的设备为打印机,按打印效果分成黑白、彩色两种,有点阵式、喷墨式、激光式、热敏式打印机等。

(3)视频硬拷贝输出。视频硬拷贝输出采用专用的拷贝和复制纸,得到高质量输出图像。视频拷贝机分成模拟式和数字式两种。模拟式拷贝机需连接视频信号,数字式拷贝机则可以直接和计算机相连,视频硬拷贝输出形式能长时间地保存图像。

1.3.2 数字图像处理软件系统——Java 语言

进行处理图像的应用软件很多,如 Photoshop, Fireworks 等。但这些图像处理软件只是为了改善用户的某些视觉效果,不利于针对某个具体任务进行特殊的图像处理。在实际应用中进行的图像处理应根据高级程序语言来编写自己的图像处理软件。Java 就是一种新型的可用于图像处理的高级语言。

众所周知,随着科技的发展,数字图像和网络都进入了人们的日常生活中。人们可以在计算机上浏览和处理数字图像,也可以通过网络传输、下载、上载和处理数字图像,这样就需要能将网络与数字图像联系起来的高级语言。Java 就是近年来很流行的一种网络编程语言,它提供了对图像的支持。在 Java 出现以前,Internet 上的信息内容都是一些乏味死板的 HTML 文档。这对于那些迷恋于 WEB 浏览的人们来说简直不可容忍。他们迫切希望能在 WEB 中看到一些交互式的内容,开发人员也极希望能够在 WEB 上创建一类无需考虑软硬件平台就可以执行的应用程序,当然这些程序还要有极大的安全保障。对于用户的这种要求,传统的编程语言显得无能为力。1995 年,当 SUN 公司正式以 Java 这个名字推出一套新的语言的时候,几乎所有的 WEB 开发人员都想到:噢,这正是我想要的。于是,全世界的目光都被这种神奇的语言所吸引了。

Java 是一种简单的、面向对象的、分布式的、解释的、安全的、可移植的、性能很优异的、多线程的、动态的语言。Java 能运行于不同的平台,使用 Java 编写的程序能在世界范围内共享。Java 对程序提供了安全管理器,防止程序的非法访问,避免病毒通过指针侵入系统。Java 建立在扩展 TCP/IP 网络平台上,其类库提供了用 HTTP 和 FTP 等协议传送和接受信息的方法。这就使得程序员使用网络上的文件和使用本机文件一样容易。

我们知道,早先的 WWW 仅可以传送文本和图片,Java 的出现实现了互动的页面,这是一次伟大的革命。Java 并不只是为 Internet 的 WWW 而设计的,它也可以用来编写独立的应用程序。Java 程序和它的浏览器提供了程序在浏览器中运行的方法。比如,浏览器可直接播放声音,播放动画,提供友好的交互式界面。

Java 图像处理常用的图像格式是 GIF 和 JPEG。GIF 图像文件格式是为了方便用户在网络上传输数据而制定的。JPEG 图像文件格式可用不同的比例对文件格式进行压缩,它采用最少的磁盘空间,而得到较好的图像质量。

Java 程序分为两种:Java Application 和 Java Applet。Java Application 可以独立运行,Java Applet 不能独立运行,可以使用 Applet Viewer 或其他支持 Java 虚拟机的浏览器运行。为了使读者对 Java 语言有一个初步的印象,下面将给出对图像进行提取和显示的简单例子。

在图像处理开始时,需要将图像载入,可以使用 Toolkit 类的 getImage()方法,

Image getImage(URL url)——从由 URL 对象指定的因特网地址上的图形文件中创建一个 Image 对象。

Image getImage(String filename)——从图形文件中创建一个带有指定名字的 Image 对象。

下面的语句是创建一个名字为 fileimg.jpg 的 Image 对象。

```
Image img = Toolkit.getDefaultToolkit().getImage("fileimg.jpg");
```

然后,若希望将读入的图像显示出来,需要使用 Graphics 类中的 drawImage()方法。程序清单 1-1 和 1-2 中示出了一个使用 Java Applet 读取和显示图像的例子。

程序清单 1-1 LoadFromApple. Java 的源代码

```
//LoadFromApple.java
import java.awt.*;
import java.awt.Image.*;
import java.applet.Applet;

public class LoadFromApple extends Applet{
    Image imgObj;
    // init()方法,加载图像 filename.jpg
    public void init()
    {
        imgObj = getImage(getDocumentBase(),"filename.jpg");
    }
    // paint()方法,显示图像信息
    public void paint(Graphics g)
    {
        g.drawImage(imgObj,0,0,this);
    }
}
```

上面的程序若使用 Applet 运行,还需要一个 HTML 文件(如清单 1-2 所示)。

程序清单 1-2 LoadFromApple.html 的源代码

```
<html>
<head>
</head>
<body>
<applet code = LoadFromApple.class width = 500 height = 400 ></applet>
</body>
</html>
```

为了观察上述程序的显示效果,可以将 LoadFromApple.class 和 LoadFromApple.html 复制在同一个目录下,以便浏览器对这两个文件进行读取,图 1-10 给出了根据程序清单 1-1 和程序清单 1-2 得出的效果。

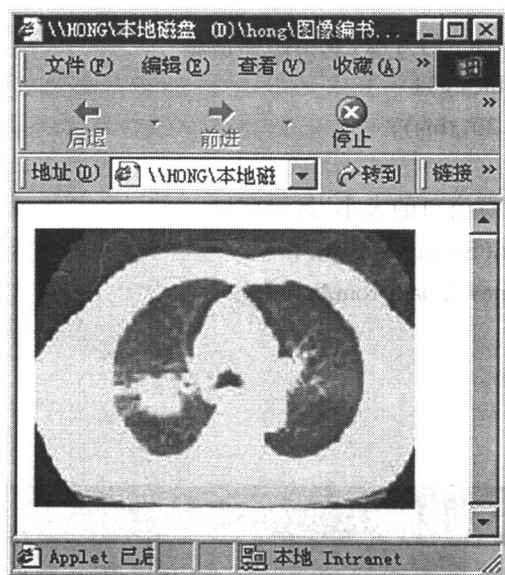


图 1-10 用 Java Applet 读取和显示图像的例子

Java 程序也可以独立运行,这就是 Java Application。程序清单 1-3 中给出了一个使用 Java Application 读取和显示图像的例子,图 1-11 示出了该程序运行的结果。

程序清单 1-3 LoadFromAppli. Java 的源代码

```
//LoadFromAppli.java
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;

public class LoadFromAppli extends Frame
{
    Image im;
    //LoadFromAppli 的构造方法,加载图像 filename.jpg
```