

# 数字图像处理技术的应用与发展<sup>\*</sup>

宁天夫

(东北电子技术研究所 锦州 121000)

**摘 要** 数字图像处理是将图像信号转换成数字信号并利用计算机对其进行处理的过程。文章简述了数字图像的优点、数字图像的采集、数字图像处理的特点、数字图像的识别、数字图像处理的应用、数字图像的研究内容。

**关键词** 数字图像; 采集; 识别; 应用

**中图分类号** TN97

## Application and Development of the Digital Image Processing Technology

Ning Tianfu

(Northeast Research Institute of Electronic Technology, Jinzhou 121000)

**Abstract** The digital image processing is the process of conversion and digital image processing computer. The article outlines the advantages, characteristics, the collection, identification and the applied research of the digital image processing.

**Key words** digital image, acquisition, identification, applications

**Class Number** TN97

### 1 引言

数字图像处理(Digital Image Processing)又称为计算机图像处理,它是指将图像信号转换成数字信号并利用计算机对其进行处理的过程。本文就数字图像的优点、数字图像的采集、数字图像处理的特点、数字图像的识别、数字图像处理的应用、数字图像的研究内容等,作了进一步的研究和探讨<sup>[1]</sup>。

### 2 数字图像的优点

1) 再现性好。数字图像处理与模拟图像处理的根本不同在于,它不会因图像的存储、传输或复制等一系列变换操作而导致图像质量的退化。只要图像在数字化时准确地表现了原稿,则数字图像处理过程始终能保持图像的再现<sup>[2]</sup>。

2) 处理精度高。按目前的技术,几乎可将一幅模拟图像数字化为任意大小的二维数组,这主要取决于图像数字化设备的能力。现代扫描仪可以把每个像素的灰度等级量化为 16 位甚至更高,这意味着图像的数字化精度可以达到满足任一应用需求。对计算机而言,不论数组大小,也不论每个像素的位数多少,其处理程序几乎是一样的。换言之,从原理上讲不论图像的精度有多高,处理总是能实现的,只要在处理时改变程序中的数组参数就可以了。回想一下图像的模拟处理,为了要把处理精度提高一个数量级,就要大幅度地改进处理装置,这在经济上是极不合算的。

3) 适用面宽。图像可以来自多种信息源,它们可以是可见光图像,也可以是不可见的波谱图像(例如 X 射线图像、射线图像、超声波图像或红外图像等)。从图像反映的客观实体尺度看,可以小

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2008 年 9 月 3 日, 修回日期: 2008 年 10 月 6 日

作者简介: 宁天夫, 男, 学士, 高级工程师, 研究方向: 光电技术。

到电子显微镜图像,大到航空照片、遥感图像甚至天文望远镜图像。这些来自不同信息源的图像只要被变换为数字编码形式后,均是用二维数组表示的灰度图像(彩色图像也是由灰度图像组合成的,例如RGB图像由红、绿、蓝三个灰度图像组合而成)组合而成,因而均可用计算机来处理。即只要针对不同的图像信息源,采取相应的图像信息采集措施,图像的数字处理方法适用于任何一种图像。

4) 灵活性高。图像处理大体上可分为图像的像质改善、图像分析和图像重建三大部分,每一部分均包含丰富的内容。由于图像的光学处理从原理上讲只能进行线性运算,这极大地限制了光学图像处理能实现的目标。而数字图像处理不仅能完成线性运算,而且能实现非线性处理,即凡是可以用数学公式或逻辑关系来表达的一切运算均可用数字图像处理实现。

### 3 数字图像的采集

随着数字技术的不断发展和应用,现实生活中的许多信息都可以用数字形式的数据进行存储和处理的图像。利用计算机可以对它进行常规图像处理技术所不能实现的加工处理,还可以将它在网上传输,可以多次拷贝而不失真<sup>[3]</sup>。

1) 获得图像的方法。要获得一个数字图像必须将图像中的像素转换成数字信息,以便在计算机上进行处理和加工。将模拟图像转换成数字图像的工作,通常可由扫描仪来完成。扫描仪测量从图片发出或反射的光,依次记录光点的数值并产生一个彩色或黑白的数字拷贝。这个图像被翻译成一系列的数字后存储在计算机的硬盘上或者其他的电子介质上,如可移动式硬盘,图形CD或记录磁带等。一旦图像被转换成数字文件,它就能够被电子化地从一台计算机传输到另一台计算机上。

模拟图像——一个以连续形式存储的数据。如在海边用传统相机拍摄的照片就是模拟图像。

数字图像——用二进制数字处理的数据(如通和断),如用数码相机拍摄的数字照片。

扫描仪——一个数字化的输入设备,产生比特图的拷贝,用以电子化地加工处理。

2) 规划数字化的方法。一个应用范围广泛的软件可以支持数字化的图像处理,如产生数字图形,修改数字图片,进行一些诸如页面设计之类的技术加工,并将一些图素组合在一个图像中。

通过应用这些软件所产生的图像被分成为两大类,即矢量图形和位图图像。

矢量图形经常用于线段绘图,标识语句作图和任何需要平滑过渡边缘清晰的图像。矢量图形的一个优点就是它们能够被任意放大、缩小而不损失细节和清晰度,也不会扭曲。

位图图像通常是图片或照片一类的图像,如用扫描仪得到的图像。位图图像利用扫描仪中的软件将图片的信息“映射”到虚拟的图形栅格中对应的空间,彩色像素填充每一个小格中,由此组成整个图像。与矢量图形不同的是,如果没有非常好的图像质量,位图图像不能被任意放大。当图像扩大时,像素栅格尺寸也相应增加,清晰度就下降了。因此为了获得足够的图像细节,选择扫描位图图像的尺寸很重要。位图图像文件通常要比矢量图形文件大得多,因为再生图像时需要更多的信息。

3) 目标图像采集与处理模块。该模块主要由DSP处理器TMS320C6416和FPGA来实现,DSP和FPGA之间采用主/从方式。其中,DSP主要完成对目标图像的处理及控制FPGA采样信号的启动。

由摄像头拍摄到的图像首先进行信号调理,即对图像进行嵌位、移相、放大以及同步信号分离。然后,由DSP启动对图像信号的采样,即控制FPGA进行图像的采样,同时通过中断查询方式(FIT-NT),监控FPGA发出的采样完成信号。

采用TI公司的TLC5510芯片来进行高速A/D采样。TLC5510为5V电源、8位、20MSPS的高速并行ADC,最大量程为2V。为了达到实时处理的目的,本系统只采集灰度图像,CCD图像的帧频为30Hz,帧图像分辨率为 $512 \times 512$ 像素,每个像素点8位量化。

FPGA在行(HS)、场(VS)同步信号和时钟信号的驱动下,产生A/D采样的控制信号来控制采样过程,同时,FPGA提供存储器地址及片选与读写控制信号,数字信号按照该地址并在RAM\_W有效时,写入FPGA存储器RAM中,为图像预处理作好准备。

采样完成后,FPGA产生外部中断,向DSP发出中断请求,DSP进入中断处理:FPGA提供RAM的地址信号,并在RAM\_R有效时,DSP将RAM中的采样数据以EDMA方式读至同步动态存储器SDRAM中。SDRAM为 $4\text{Mbytes} \times 512\text{kb} \times 32\text{b}$ ,时钟主频为166MHz,这样就保证了工作

时所需的存储容量和实时性的要求。数据传输完毕, DSP 启动 FPGA 进行下一帧图像的采样, FPGA 再次进入采样控制处理过程, DSP 则对目标图像数据进行预处理和畸变等处理。

在完成对目标图像的数据处理后, DSP 将处理后目标图像和存储在 ROM 中的参考图像构成的联合输入图像实时输出到液晶电视上的约定区域内, 以便进行光信息处理。

4 数字图像处理的特点

1) 数字图像处理的信息大多是二维信息, 处理信息量很大。如一幅  $256 \times 256$  低分辨率黑白图像, 要求约 64kbit 的数据量; 对高分辨率彩色  $512 \times 512$  图像, 则要求 768kbit 数据量; 如果要处理 30 帧/秒的电视图像序列, 则每秒要求 500kbit ~ 22.5 Mbit 数据量。因此对计算机的计算速度、存储容量等要求较高<sup>[4]</sup>。

2) 数字图像处理占用的频带较宽。与语言信息相比, 占用的频带要大几个数量级。如电视图像的带宽约 5.6MHz, 而语音带宽仅为 4kHz 左右。所以在成像、传输、存储、处理、显示等各个环节的实现上, 技术难度较大, 成本亦高, 这就对频带压缩技术提出了更高的要求。

3) 数字图像中各个像素是不独立的, 其相关性大。在图像画面上, 经常有很多像素有相同或接近的灰度。就电视画面而言, 同一行中相邻两个像素或相邻两行间的像素, 其相关系数可达 0.9 以上, 而相邻两帧之间的相关性比帧内相关性一般说还要大些。因此, 图像处理中信息压缩的潜力很大。

4) 由于图像是三维景物的二维投影, 一幅图像本身不具备复现三维景物的全部几何信息的能力, 很显然三维景物背后部分信息在二维图像画面上是反映不出来的。因此, 要分析和理解三维景物必须作合适的假定或附加新的测量, 例如双目图像或多视点图像。在理解三维景物时需要知识导引, 这也是人工智能中正在致力解决的知识工程问题。

5) 数字图像处理后的图像一般是给人观察和评价的, 因此受人的因素影响较大。由于人的视觉系统很复杂, 受环境条件、视觉性能、人的情绪爱好以及知识状况影响很大, 作为图像质量的评价还有待进一步深入的研究。另一方面, 计算机视觉是模仿人的视觉, 人的感知机理必然影响着计算机视觉的研究。例如, 什么是感知的初始基元, 基元是如

何组成的, 局部与全局感知的关系, 优先敏感的结构、属性和时间特征等, 这些都是心理学和神经心理学正在着力研究的课题。

5 数字图像的识别

数字图像以其高速并行处理和无串扰的优点成为实现模式识别实用化和实时化的重要途径, 其在目标识别、指纹识别、光纤检测、工业零件识别、汽车牌照识别等领域得到了广泛的研究和应用并取得了很好的识别效果<sup>[5]</sup>。

但在实际应用中, 待识别的目标图像需要经过图像预处理和畸变处理等操作。针对图像的实时处理要求, 将联合变换相关识别系统与数字信号处理中的双 CPU 技术相结合, 采用“FPGA+DSP+ARM”架构, 设计出一种新型的光电混合图像识别系统。该系统利用 TMS320C6416 与 FPGA 完成目标图像的采集与处理, 利用 ARM9 处理器 S3C2440 完成对相关功率谱的采集与目标图像识别, 从而实现畸变不变模式识别的快速和准确性。并实现了该系统的智能化和网络化。

光电混合图像识别系统是基于光电混合联合变换相关器的一种系统, 其结构框图如图 1 所示。

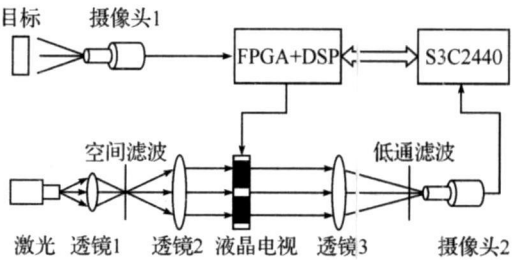


图 1 光电混合联合变换相关器原理图

ARM9 处理器 S3C2440 与 DSP 间为主/从方式, DSP 与 FPGA 间也为主/从方式。由 DSP 和 FPGA 组成的目标图像采集与处理模块, 将待识别的目标通过摄像头 1 传输到 DSP 中, DSP 完成对目标图像的预处理和畸变处理等处理过程。然后, DSP 将处理后的目标图像和参考图像构成的联合输入图像实时输出到液晶电视上, 联合图像经过激光光束的照射后, 经傅里叶变换透镜 3 后, 形成联合图像傅里叶频谱。该频谱经低通滤波后, 得到所需的中心频谱, 并通过摄像头 2 接收进入 ARM9 处理器 S3C2440, 来完成图像频谱的振幅调制及傅里叶逆变换的处理, 得到所需互相关结果。由于真目标互相关信号较强, 假目标的互相关信号很弱, 可以通过设定阈值来判断真假目标图像, 即当相关

结果大于阈值时,识为真目标,小于阈值时,识为假目标。当判为假目标时,通过通信接口控制DSP继续进行图像采集与处理,实现下一个目标的图像识别,直至判别出真目标。

## 6 数字图像处理的应用

图像是人类获取和交换信息的主要来源,因此,图像处理的应用领域必然涉及到人类生活和工作的方方面面,主要包括:

1) 航天和航空技术方面的应用。数字图像处理技术在航天和航空技术方面的应用,不仅应用于对月球、火星照片的处理,还应用于飞机遥感和卫星遥感技术中。

例如, LANDSAT 系列陆地卫星,采用多波段扫描器(MSS),在 900km 高空对地球每一个地区以 18 天为一周期进行扫描成像,其图像分辨率大致相当于地面上十几米或 100 米左右。这些图像在空中先处理(数字化,编码)成数字信号存入磁带中,在卫星经过地面站上空时,再高速传送下来,然后由处理中心分析判读。这些图像无论是在成像、存储、传输过程中,还是在判读分析中,都必须采用很多数字图像处理方法。

2) 通信工程方面的应用。主要应用于声音、文字、图像和数据结合的多媒体通信。例如,将电话、电视和计算机以三网合一的方式在数字通信网上传输。

3) 军事应用。在军事方面图像处理和识别主要用于导弹的精确末制导,各种侦察照片的判读,具有图像传输、存储和显示的军事自动化指挥系统,飞机、坦克和军舰模拟训练系统等。

## 7 数字图像的研究内容

数字图像处理技术,主要研究的内容:图像变换、图像编码压缩、图像增强和复原、图像分割、图像分类(识别)等。

1) 图像变换。由于图像阵列很大,直接在空间域中进行处理,涉及计算量很大。因此,往往采用各种图像变换的方法,如傅立叶变换、沃尔什变换、离散余弦变换等间接处理技术,将空间域的处理转换为变换域处理,不仅可减少计算量,而且可获得更有效地处理(如傅立叶变换可在频域中进行数字滤波处理)。目前新兴研究的小波变换在时域和频域中都具有良好的局部化特性,它在图像处理中也有着广泛而有效的应用。

2) 图像编码压缩。图像编码压缩技术可减少描述图像的数据量(即比特数),以便节省图像传输、处理时间和减少所占用的存储器容量。压缩可以在不失真的前提下获得,也可以在允许的失真条件下进行。编码是压缩技术中最重要的方法,它在图像处理技术中是发展最早且比较成熟的技术。

3) 图像增强和复原。图像增强和复原的目的是为了提高图像的质量,如去除噪声,提高图像的清晰度等。图像增强不考虑图像降质的原因,突出图像中所感兴趣的部分。如强化图像高频分量,可使图像中物体轮廓清晰,细节明显;如强化低频分量可减少图像中噪声影响。图像复原要求对图像降质的原因有一定的了解,一般讲应根据降质过程建立“降质模型”,再采用某种滤波方法,恢复或重建原来的图像。

4) 图像分割。图像分割是数字图像处理中的关键技术之一。图像分割是将图像中有意义的特征部分提取出来,其有意义的特征有图像中的边缘、区域等,这是进一步进行图像识别、分析和理解的基础。虽然目前已研究出不少边缘提取、区域分割的方法,但还没有一种普遍适用于各种图像的有效方法。因此,对图像分割的研究还在不断深入之中,是目前图像处理中研究的热点之一。

5) 图像描述。图像描述是图像识别和理解的必要前提。作为最简单的二值图像可采用其几何特性描述物体的特性,一般图像的描述方法采用二维形状描述,它有边界描述和区域描述两类方法。对于特殊的纹理图像可采用二维纹理特征描述。随着图像处理研究的深入发展,已经开始进行三维物体描述的研究,提出了体积描述、表面描述、广义圆柱体描述等方法。

6) 图像分类(识别)。图像分类(识别)属于模式识别的范畴,其主要内容是图像经过某些预处理(增强、复原、压缩)后,进行图像分割和特征提取,从而进行判决分类。

## 8 结语

随着数字技术、成像技术、计算机技术的不断研制和开发,其模糊模式识别和人工神经网络模式分类在图像识别中也越来越受到重视。数字图像处理技术,在今后的国家现代化建设、航天航空、通信、军事应用等领域,必将发挥更大的作用。

(下转第 91 页)

主瓣方向上的分布密度严重影响着接收系统的性能。因此以下的仿真中仍然关注这一点。另外,在以下的仿真中取天线仰角  $\phi=\pi/4$ 。

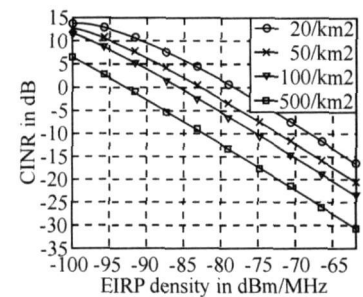


图 4 UWB 发射功率限制与卫星地面接收机载噪比关系曲线

1500m。仿真结果如图 4 所示。

图 4 可以看出当 UWB 发射功率限制(EIRP density)小于  $-90\text{dBm/MHz}$  时,UWB 在卫星接收机端的干扰影响很小,主要来自与外界噪声和设备内部热噪声。而当  $\text{EIRP density} > -80\text{dBm/MHz}$  时,系统链路设计中的链路裕量将被逐渐抵消,导致系统性能急剧下降。

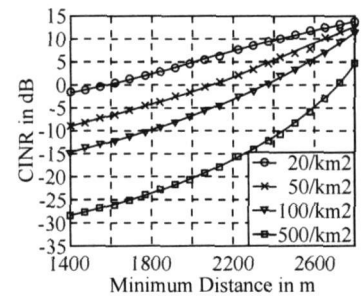


图 5 两天线间物理距离与卫星地面接收机载噪比关系曲线

的最小距离和分布密度成为关键。仿真中 UWB EIRP density 为  $-90\text{dBm/MHz}$ 。结果如图 5 所示。

从图 5 可以看出,如果卫星地面接收机天线能够 和 UWB 发射天线保持 1500m 以上的距离,并且

对于 UWB 的限制首先就是功率上,因此求出 UWB 辐射功率与卫星接收机 CINR 的关系十分必要。仿真中取 UWB 与卫星接收机天线的最小距离  $R_{\min} =$

由以上的分析可知,UWB 对卫星地面接收机影响较为严重,这就必须从空间上对 UWB 设备的空间分布使用情况进行限制。因此 UWB 与卫星地面接收机天线

保证 UWB 设备分布密度不是很高(综合图 3,4),则卫星地面接收机性能可以保持正常。

以上仿真可见卫星通信业务对于来自 UWB 的干扰是及其敏感的。“衬于底层”的 UWB 必须采取极其严格的限制措施才能保证正常的卫星通信。

5 结语

本文针对高密度超宽带设备对常规窄带无线系统的合成干扰,提出三维投影干扰模型,通过对 UWB 设备的分布进行投影和方位加权,使该模型更适于分析 UWB 对高增益、强方向性受扰设备的干扰。在此模型的基础上分析了 UWB 设备对卫星通信的干扰,通过仿真得出了 C 波段静止轨道卫星通信业务对 UWB 的电磁兼容要求。

参考文献

[ 1 ] 王野秋,吕英华,张金玲,徐勇.三维分布 UWB 设备对窄带无线系统干扰分析[ J ].无线电工程,2007,37(8):38~40

[ 2 ] 张凤山,周正.UWB 设备对移动通信系统的合成干扰分析[ J ].无线电工程,2005 35(10):10~12

[ 3 ] Report on the sixth meeting of ITU-R Task Group 1/8. Impact of devices using ultra-wideband technology on systems operating within radio-communication services [ R ]. 2006, 1, 17

[ 4 ] Electronic Communication Committee. ECC Decision of 24 March 2006 amended 6 July 2007 at Constanta on the harmonized conditions for devices using Ultra - Wideband (UWB) technology in bands below 10.6 GHz [ R ]. 2007, 6

[ 5 ] Andreas F. Molisch 著,天赋,帖翊,任光亮等译.无线通信 [ M ].北京:电子工业出版社,2008 1

[ 6 ] Timothy Pratt, Charles Bostian, Jeremey Allnutt. Satellite Communications, Second Edition[ M ]. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2003

(上接第 41 页)

参 考 文 献

[ 1 ] 王继军,张全金,张军洲,韦月琼.一种新的数字图像分存方法[ J ].计算机工程应用,2007,31:79~81

[ 2 ] 郭武,张鹏,王润生.独立分量分析及其在图像处理中的应用现状[ J ].计算机工程应用,2008,23:172~177

[ 3 ] 秦晴,杨晓元,王育民,王志刚.一种新的数字图像隐秘检测方案[ J ].计算机工程应用,2004 32:73~75

[ 4 ] 闫伟齐,丁玮,齐东旭.一种基于动直线的多幅图像分存方法[ J ].软件学报,2000 (9):1176~1180

[ 5 ] 何啸,麻志毅,邵维忠.一种面向图形化建模语言表示的元模型[ J ].软件学报,2008 (8):1867~1880