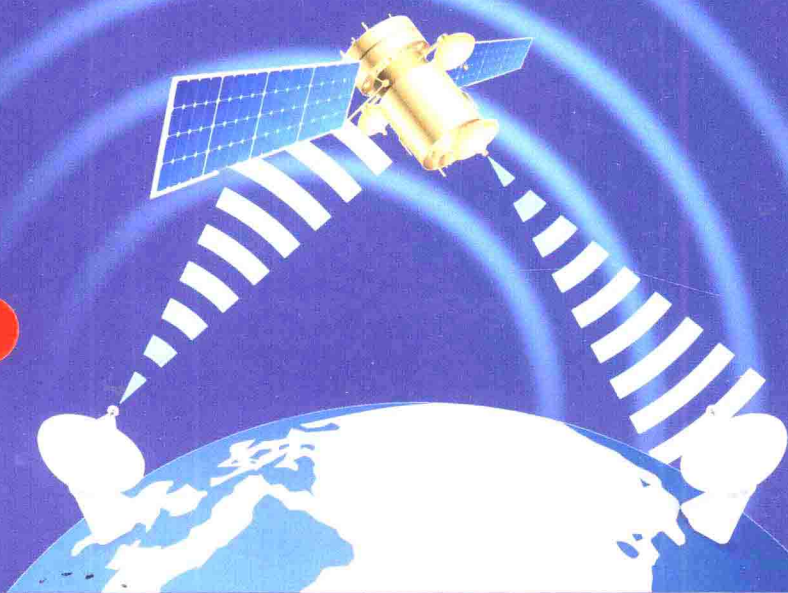




通信与导航系列规划教材

图像通信技术

◎ 张晓燕 符艳军 魏伟 钱渊 等编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

通信与导航系列规划教材

通信与导航系列规划教材

图像通信技术

张晓燕 符艳军 魏 伟 编著
钱 渊 单 勇 张 锐

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书对图像通信技术的基础理论、关键技术及重点应用进行了全面介绍。全书共9章,内容包括图像及图像通信概述、图像信号分析及预处理、数字图像压缩技术、新型图像编码技术、图像存储及检索技术、图像通信中的信道编码技术、图像传输技术、流媒体技术以及典型图像通信应用系统。本书涵盖了图像通信所涉及的基本原理、典型方法和技术,同时还介绍了相关标准和前沿技术。本书内容丰富、新颖,叙述深入浅出,注重理论与实际应用相结合,易于读者理解和掌握。

本书可作为高等学校通信工程、计算机通信等相关专业本科生教材或研究生的教学参考书,也可供从事图像通信技术研究和开发的工程技术人员参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

图像通信技术 / 张晓燕等编著. —北京: 电子工业出版社, 2015.8

通信与导航系列规划教材

ISBN 978-7-121-26687-4

I. ①图… II. ①张… III. ①图像通信—高等学校—教材 IV. ①TN919.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 164458 号



策划编辑: 竺南直

责任编辑: 桑 昀

印 刷: 三河市华成印务有限公司

装 订: 三河市华成印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 14.25 字数: 365 千字

版 次: 2015 年 8 月第 1 版

印 次: 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 32.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

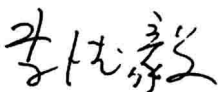
服务热线: (010)88258888。

《通信与导航系列规划教材》总序

互联网和全球卫星导航系统被称为是二十世纪人类的两个最伟大发明，这两大发明的交互作用与应用构成了这套丛书出版的时代背景。近年来，移动互联网、云计算、大数据、物联网、机器人不断丰富着这个时代背景，呈现出缤纷多彩的人类数字化生活。例如，基于位置的服务集成卫星定位、通信、地理信息、惯性导航、信息服务等技术，把恰当的信息在恰当的时刻、以恰当的粒度（信息详细程度）和恰当的媒体形态（文字、图形、语音、视频等）、送到恰当的地点、送给恰当的人。这样一来通信和导航就成为通用技术基础，更加凸显了这套丛书出版的意义。

由空军工程大学信息与导航学院组织编写的 14 部专业教材，涉及导航、密码学、通信、天线与电波传播、频谱管理、通信工程设计、数据链、增强现实原理与应用等，有些教材在教学中已经广泛采用，历经数次修订完善，更趋成熟；还有一些教材汇集了学院近年来的科研成果，有较强的针对性，内容新颖。这套丛书既适合各类专业技术人员进行专题学习，也可作为高校教材或参考用书。希望丛书的出版，有助于国内相关领域学科发展，为信息技术人才培养做出贡献。

中国工程院院士：



前 言

随着通信与图像技术的迅速发展,各种图像通信应用层出不穷,特别是计算机技术和网络技术的快速发展,不仅为图像通信发展和应用提供了良好的平台,也使得图像通信有了更大的需求。目前,许多高等院校对图像通信课程都非常重视,为了适应高等学校本科生和研究生教育对图像通信知识的需求,我们在教学和科研工作的基础上编写了本书。

全书共9章。第1章介绍了图像通信的基础知识,包括图像通信的概念、组成、应用和发展;第2章介绍了图像通信相关的图像处理技术;第3章和第4章对数字图像压缩技术进行了介绍,包括了经典的压缩算法、图像视频压缩国际标准和新型压缩技术;第5章介绍了图像存储和检索技术;第6章和第7章介绍了图像信道编码和图像传输技术;第8章介绍了流媒体技术,包括流媒体概述、协议、平台和应用等;第9章介绍了图像通信的典型应用系统。

本书系统地讨论了图像通信的基本理论和技术原理,分析了图像通信的典型应用。在选材时尽可能做到内容详尽,重点突出,难易得当;在编排上注重实用性、简洁性和先进性,对图像通信中的新技术、新发展给予了充分的关注;在编写时注重难易结合,体现出图像通信的技术原理及其实用性,力求对基础技术做到系统深入介绍,对新技术做到文献材料翔实可靠,对具体应用做到具体分析。本书每章后面均附有思考练习题,以帮助读者更好地理解 and 巩固所学内容。

本书由张晓燕、符艳军、魏伟、钱渊、单勇、张锐共同编写。在编写过程中,编著者参考了大量国内外图像通信方面的论文和学术论著,引用了一些文献中发表的内容,以便能够反映图像通信技术的发展水平,在此对这些文献的作者表示深深的感谢!本书得到了航空科学基金(20141996018)、陕西省自然基金(2013JM8025)的大力支持,在此表示感谢!

本书可作为高等院校通信工程专业和计算机专业本科生的教材或教学参考书,也可作为相关专业研究生教材。本书对从事通信、计算机方面工作的工程技术人员也有一定的参考价值。

由于时间紧迫,学识有限,书中难免有不足之处,敬请读者指正。

编著者

目 录

第 1 章 图像及图像通信概述	1
1.1 图像的基本概念	1
1.1.1 图像的特点	1
1.1.2 图像的分类	2
1.2 数字图像处理	2
1.2.1 数字图像处理研究内容	2
1.2.2 数字图像处理系统	3
1.3 图像通信系统的组成	4
1.3.1 模拟图像通信系统的组成	4
1.3.2 数字图像通信系统的组成	5
1.4 数字图像通信的关键技术	6
1.5 图像通信的应用及发展	8
1.5.1 图像通信的应用	8
1.5.2 图像通信的发展	9
本章小结	10
思考与练习	11
第 2 章 图像信号分析及预处理	12
2.1 图像信号的数字化	12
2.1.1 图像的采样	12
2.1.2 图像的量化	15
2.2 图像信号变换	16
2.2.1 傅里叶变换	16
2.2.2 离散余弦变换	19
2.2.3 沃尔什-哈达玛变换	20
2.3 图像的统计特性	21
2.3.1 基本统计分析量	21
2.3.2 直方图	22
2.4 图像增强技术	23
2.4.1 空域增强	23
2.4.2 频域图像平滑和锐化	30
2.5 几何变换技术	34
2.5.1 图像仿射变换	34

2.5.2 灰度插值	36
本章小结	38
思考与练习	38
第3章 数字图像压缩技术	39
3.1 数字图像压缩的必要性及可行性	39
3.1.1 压缩的必要性	39
3.1.2 压缩的可行性	40
3.2 图像压缩的分类和性能指标	42
3.2.1 图像压缩的分类	42
3.2.2 图像压缩的性能指标	43
3.3 图像的统计特性	44
3.3.1 图像的自相关系数	44
3.3.2 差值信号统计特性	45
3.3.3 频率域上的统计特性	46
3.4 信息熵编码	46
3.4.1 基本理论	47
3.4.2 哈夫曼编码	48
3.4.3 算术编码	51
3.4.4 行程编码	53
3.5 预测编码	54
3.5.1 帧内预测	55
3.5.2 帧间预测	58
3.6 变换编码	65
3.7 矢量量化编码	67
3.8 图像压缩编码标准	69
3.8.1 JPEG	69
3.8.2 JPEG 2000	73
3.9 视频压缩编码标准	75
3.9.1 H.26X 系列视频压缩编码标准	75
3.9.2 MPEG-X 系列视频压缩编码标准	82
3.9.3 视频编码的国家标准 AVS	92
3.9.4 新一代视频编码标准 HEVC	94
本章小结	95
思考练习题	95
第4章 新型图像编码技术	96
4.1 小波变换编码	96
4.1.1 小波变换	96
4.1.2 小波变换图像编码	97

4.2	分形编码	99
4.2.1	分形的概念	99
4.2.2	分形编码的基本原理	100
4.3	模型基编码	102
4.3.1	物体基编码	103
4.3.2	语义基编码	104
4.4	可分级视频编码	105
4.4.1	可分级视频编码的概念	105
4.4.2	可分级的基本模式	106
4.5	分布式编码	110
4.5.1	基本原理和框架	110
4.5.2	分布式视频编码中的关键技术	112
	本章小结	114
	思考练习题	114
第5章	图像存储及检索技术	115
5.1	图像输入及显示	115
5.1.1	图像信息输入	115
5.1.2	图像信息显示	121
5.2	图像信息存储技术	122
5.2.1	光存储技术	122
5.2.2	网络存储技术	125
5.3	图像信息的检索	128
5.3.1	图像数据库	128
5.3.2	基于内容图像检索	131
	本章小结	134
	思考练习题	135
第6章	图像通信中的信道编码技术	136
6.1	信道的定义及分类	136
6.2	信道编码	137
6.2.1	差错控制方式	138
6.2.2	纠错码的分类	139
6.2.3	纠错码中的基本概念	140
6.3	图像通信中的常用纠错码	142
6.3.1	线性分组码	142
6.3.2	交织码	146
6.3.3	卷积码	147
	本章小结	149
	思考与练习	149

第 7 章 图像传输技术	150
7.1 图像传输方式	150
7.1.1 微波传输	150
7.1.2 卫星传输	151
7.1.3 光纤传输	153
7.1.4 混合光纤/同轴电缆系统	154
7.2 图像传输信道的特点	155
7.2.1 图像传输对网络的要求	156
7.2.2 图像通信的互联网信道	158
7.2.3 图像通信的无线信道	160
7.3 图像通信质量分析	161
7.3.1 图像压缩质量评估	161
7.3.2 图像传输质量评价	163
7.4 图像传输错误控制和错误隐藏技术	164
7.4.1 编码端错误控制技术	164
7.4.2 解码端错误隐藏技术	167
7.4.3 编码端与解码端交互式差错控制	169
本章小结	170
思考与练习	170
第 8 章 流媒体技术	171
8.1 流媒体概述	171
8.1.1 流媒体的定义	171
8.1.2 流媒体通信原理	171
8.1.3 流媒体实现原理	173
8.2 流媒体传输协议	173
8.2.1 RTP/RTCP	173
8.2.2 RSVP	175
8.2.3 RTSP	177
8.2.4 MIME	178
8.3 流媒体系统的构成及开发平台简介	178
8.3.1 流媒体系统的基本构成	178
8.3.2 流媒体开发平台简介	181
8.4 流媒体播放方式	184
8.5 流媒体的应用	184
8.5.1 IPTV 系统	184
8.5.2 P2P 流媒体技术	193
本章小结	197
思考练习题	197

第 9 章 典型图像通信应用系统	198
9.1 视频会议系统	198
9.1.1 视频会议系统的基本概念	198
9.1.2 视频会议系统的分类	198
9.1.3 视频会议系统的组成	199
9.1.4 视频会议系统的发展趋势	202
9.2 可视电话系统	203
9.2.1 可视电话的基本概念	203
9.2.2 可视电话的分类	203
9.2.3 可视电话的组成	204
9.2.4 可视电话的发展趋势	205
9.3 视频点播系统	206
9.3.1 视频点播的基本概念	206
9.3.2 视频点播的分类	206
9.3.3 视频点播的组成	206
9.3.4 视频点播系统的发展趋势	208
9.4 视频监控系统	209
9.4.1 视频监控系统的基本概念	209
9.4.2 视频监控系统的分类及组成	209
9.4.3 视频监控系统的发展趋势	211
本章小结	212
思考与练习	213
参考文献	214

第1章 图像及图像通信概述

人类通过视觉获取的信息量是非常巨大的。统计表明,视觉信息约占人类感觉所获取总信息的60%,这些信息实际上就是图像。图像信息比其他形式的信号更易被大脑理解和记忆。日常接触到的照片、图画、电视画面等都属于图像范畴。图像信息具有直观、形象、易懂和信息量大等特点。近年来,图像信息处理和通信技术无论是在理论研究方面还是在实际应用方面都取得了长足的进展。目前各国皆投巨资,发展各自的信息产业,开发与应用图像通信和图像处理技术已形成新的热潮。本章从图像信号的基本概念出发,介绍图像通信的特点,分析图像通信系统的组成及其关键技术,最后介绍图像通信系统的发展。

1.1 图像的基本概念

图像是当光照射在客观存在的物体上,经其反射或透射,或由发光物体本身发出光能量,在人的视觉器官中重现出的物体的视觉信息。因此,照片、传真、电视、图画、计算机显示屏等介质所呈现的二维或三维视觉信息,都属于图像的范围。图像是人们体验到的最重要、最丰富、信息量获取最大的信息。

1.1.1 图像的特点

与文字和听觉信息相比,图像信息具有以下特点。

1. 信息量大

俗话说说的“百闻不如一见”、“一目了然”等表明图像带给我们的信息量是非常大的。用一幅图像可以直接说明很多问题,而说明同样的问题可能需要许多文字。“百闻不如一见”中的“一见”也表明人们接受图像信息的方式是一种“并行”的方式,一眼看去,图中所有的像素尽收眼底,而不像看文字一样要一行一行地看。由此可知图像信息的直观性和便于并行接收的特点。

2. 确切性

同样的内容由听觉和视觉两种不同方式获取信息其效果是不同的。后者显然比前者更容易确认,不易发生错误,这点在军事、工业指挥等重要通信中具有重要意义。

3. 直观性

同样的内容,看图显然比听声音更为形象、直观,印象深刻,易于理解,也就是说,视觉信息产生的效果更好。

4. 实体化和形象化

图像比文字和语言更具有实体化和形象化的功能。实体化和形象化能够帮助人们更有效

地理解、掌握和记忆学习内容。人们可在很短时间内，通过视觉接受到比声音和文字信息多得多的大量信息。

5. 适应多种业务

随着生产力的发展和提高，对通信业务将提出多样化的要求，而利用视觉得到的图像信息易于满足信息检索、生活指南、遥感图像、气象预报等各种各样的业务要求。

由于图像信息具有这样一系列的优点，所以传送、接收图像信息的图像通信方式，得到了较快的发展。

1.1.2 图像的分类

图像能够以各种各样的形式出现，例如，可视的和不可视的，抽象的和实际的，适于计算机处理的和不适于计算机处理的。就其本质来说，可以将图像分为两大类：模拟图像和数字图像。

传统的方式为模拟方式，例如，目前我们在电视上所见到的图像就是以一种模拟电信号的形式来记录，并依靠模拟调幅的手段在空间传播的。在生物医学研究中，人们在显微镜下看到的图像也是一幅光学模拟图像，照片、用线条画的图、绘画也都是模拟图像。模拟图像广泛存在，但处理困难，应用灵活性差。

将模拟图像信号经 A/D 变换后就得到数字图像信号，数字图像信号便于进行各种处理，例如，最常见的压缩编码处理就是在此基础上完成的。本书所介绍的图像信息处理技术就是针对数字图像信号的。与模拟图像相比，数字图像具有精度高、处理方便、重复性好等显著优点。

图像信号还可以按照其他规则分类。图像信号按其内容变化与时间的关系分类，主要包括静态图像和动态图像两种。静态图像信息密度随空间分布，且相对时间为常量；动态图像也称时变图像，其空间密度特性是随时间而变化的。人们经常用静态图像的一个时间序列来表示一个动态图像。图像信号按其亮度等级的不同可分为二值图像和灰度图像；按其色调的不同可分为黑白图像和彩色图像；按其所占空间的维数不同可分为平面的二维图像和立体的三维图像等。

1.2 数字图像处理

1.2.1 数字图像处理研究内容

数字图像处理主要研究的内容有以下几个方面。

1. 图像数字化

将非数字形式的模拟图像信号通过数字化设备转换成数字图像，包括采样过程和量化过程。

2. 图像变换

利用正交变换的性质和特点，将图像转换到变换域中进行处理，这样不仅可以减少计算量，而且能对图像进行更有效的处理。该技术包括傅里叶变换、沃尔什变换、离散余弦变换、离散小波变换等处理技术。

3. 图像增强

增强图像中的有用信息，削弱干扰和噪声，提高图像的清晰度，突出图像中感兴趣的对象，即所需研究的目标。例如，增强图像高频分量，可以使图像中的目标轮廓清晰。

4. 图像复原

对退化和降质的图像进行处理，使处理后的图像尽可能接近原始图像。

5. 图像压缩编码

对图像进行压缩编码以减少数据量，从而减少所占用的存储容量，节省图像处理、传输时间。压缩可以在不造成图像失真的前提下进行，也可以在允许的失真条件下进行。

6. 图像分割

通过提取图像中有意义的特征，把图像分成若干区域，使得能够从中提取出感兴趣的目标。图像分割是进一步进行图像识别、分析和理解的基础。

7. 图像特征提取

将一幅图像分割成若干个区域后，提取图像内的物体或区域特征，以用于图像的分析 and 理解。图像特征既可以是人的视觉可以直接识别的自然特征，如物体形状、颜色等，也可以是对图像进行数学运算以后得到的数字特征，如物体周长、面积、重心、连通性、不变矩等。

8. 图像识别分类

根据从图像中提取的各目标物的特征或特征集，与已知的标准目标物固有的特征进行匹配，计算两者之间的相似度，以做出对各目标物类属的判别。

1.2.2 数字图像处理系统

数字图像处理系统主要由 5 个部分（模块）组成，即图像输入（采集）模块、图像存储模块、图像通信模块、图像输出（显示）模块以及图像处理模块，如图 1-1 所示。

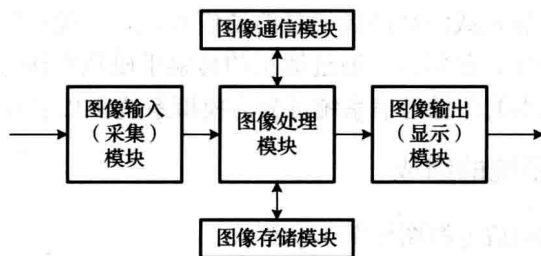


图 1-1 数字图像处理系统

1. 图像输入（采集）模块

图像输入（采集）模块主要负责图像的采集，即将景物或模拟图像转换为数字图像，以供图像处理设备进行处理。数字图像信号的采集有间接和直接两种途径。间接方式是指将模拟图像信号数字化后得到数字图像信号。近年来，随着电子领域数字化的发展，越来越多地出现了直接输出数字图像的装置和设备，实现了数字图像信号的直接采集。目前，最常用的

数字图像输入设备主要有图像扫描仪、数码照相机、数码摄像机以及相应的计算机接口卡、图像采集卡构成的摄像输入设备。

2. 图像存储模块

由于图像包含大量的信息，因而存储图像也需要大量的空间，在图像处理系统中大容量和快速的图像存储设备是必不可少的。现代存储技术的发展使海量存储设备的价格越来越低，为图像存储提供了多种选择，如大容量磁盘、磁带、CD-ROM、DVD 等。此外，光盘库、硬盘及磁盘阵列、存储区域网络（Storage Area Network, SAN）技术为图像提供了极大的存储容量以及高速的存储。

3. 图像通信模块

图像通信模块主要负责图像的通信传输，即将图像传输到远端。在进行图像通信前通常要对图像进行压缩编码，以节约传输的带宽和时间。

4. 图像输出（显示）模块

图像输出（显示）模块主要是将图像的处理结果显示给人看。目前，最常用的图像输出设备为 CRT 荧光屏显示器，如电视机、计算机的显示器。平板液晶显示器（LCD）和 PDP 显示器是近年来迅速发展的一种显示设备，将很快取代大部分 CRT 显示器。此外还有彩色打印机、硬拷贝机、彩色绘图仪等。

5. 图像处理模块

这部分是图像处理系统的核心。主处理设备可以大到分布式计算机组、一台大型计算机，小至一台微机，甚至一片 DSP 芯片。除了硬件外，更重要的是它还包括用于图像处理的各种通用或专用软件，其规模可以是一套图像处理系统软件，也可能只是一段图像处理指令。

1.3 图像通信系统的组成

图像通信是用来传送静止或活动图像信息的通信方式。它能把用符号、语言难以描述的任意图形、绘画，以至动作、色彩等，通过适用的传输手段从发送方传送到接收方。按照所传输图像信号的性质，基本的图像通信系统可分为模拟系统和数字系统两种。

1.3.1 模拟图像通信系统的组成

模拟图像通信系统的组成方框图如图 1-2 所示。

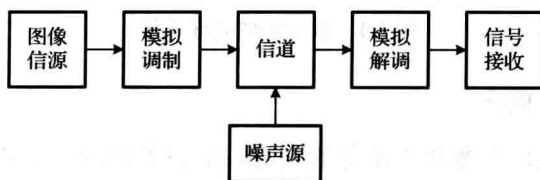


图 1-2 模拟图像通信系统的组成

图 1-2 中的图像信源是指光电变换器件（如摄像机或传真机的 CCD 器件等），它将光信

号变成电图像信息源。模拟调制主要完成把基带电图像信号的频率搬移至高频段实现高频频带传输,以满足信道传输的要求,通常以调频(FM)与残余边带(Vestigial Side Band, VSB)调制方式为主。模拟解调器是调制的逆过程,即将高频的图像信号反搬移至低频段,实现低频基带传输。信号接收一般将基带电图像信号变为光图像信号,实现信息重现。接收器可采用阴极射线管(CRT)、电视黑白与彩色显像管(BWC)及传真接收记录器等。信道是指无线、有线模拟信道。当然在信道中传递信息时,噪声干扰是客观存在的,必须采取减少或抑制措施,以保证图像质量的高标准。

1.3.2 数字图像通信系统的组成

在数字图像通信系统中,作为信源的输入图像是数字式的,然后由信源编码器进行压缩编码,以减少其数据量。信道编码器则是为了提高图像在信道上的传输质量,减少误码率而采取的有冗余的编码。由于数字图像通信系统具有传输质量好,频带利用率高,易于小型化,稳定性好和可靠性强等特点,正在逐步取代模拟图像通信系统。一个典型的数字图像通信系统的组成如图1-3所示。

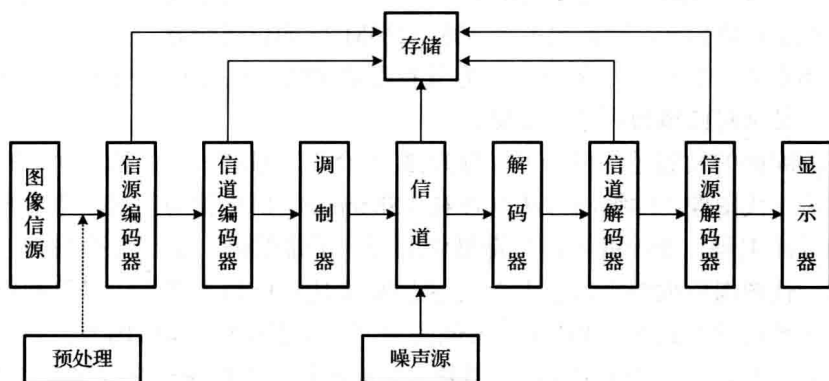


图 1-3 数字图像通信系统

与模拟图像通信系统相比,数字图像通信系统增加了信源编码器、信源解码器、信道编码器和信道解码器。由于图像信号具有相关性强的特点,采用信源编码器可以去除这种相关性,以压缩图像信号的频带或降低信号传输的数码率。信道编码器的作用与语音通信系统相同,也是为了提高对信道的抗干扰能力。在数字图像通信系统中,常用的调制方式有调幅、调频和调相3种方式。

随着通信的日益发展,数字图像通信系统取代模拟图像通信系统已成为必然趋势,这是因为前者较后者具备如下优点。

① 可以多次中继传输而不致引起噪声的严重积累,因此适用于需多次中继的远距离图像通信或在存储中的多次复制。

② 有利于采用压缩编码技术。虽然数字图像的基带信号的传输需要占用很高的频带,但采用数字图像处理和压缩编码技术后,可在一定的信道带宽条件下,获得比模拟传输更高的通信质量,甚至在窄带条件下,也能实现一定质量的图像传输。

③ 易于与计算机技术相结合,实现图像、声音、数据等多种信息内容的综合视听通信业务。

④ 可采用数字通信中的信道编码技术,以提高传输中的抗干扰能力。

⑤ 易于采用数字的方法实现保密通信, 实现数据隐藏, 加强对数字图像信息的内容或知识产权的保护。

⑥ 采用大规模集成电路, 可以降低功耗, 减小体积、重量, 提高可靠性, 降低成本, 便于维护。

当然数字通信系统也有不足之处, 如占用信道频带较宽及成本较高, 但这些不足, 将随着科学技术的发展及光器件的进一步更新, 一定会在不久的将来加以克服。

1.4 数字图像通信的关键技术

数字图像通信技术是一门跨学科的交叉技术, 它涉及的关键技术有多种, 下面分别对这些技术做简单介绍, 其中某些内容也是本书部分章节讨论的主题。

1. 图像数据压缩技术

图像信息数字化后的数据量非常大, 尤其是视频信号, 数据量更大。例如, 一路以分量编码的数字电视信号, 数据率可达 216Mb/s, 存储 1 小时这样的电视节目需要近 80GB 的存储空间, 而要实现远距离传送, 则需要占用 108~216MHz 的信道带宽。显然, 对于现有的传输信道和存储媒体来说, 其成本十分昂贵。为节省存储空间, 充分利用有限的信道容量传输更多的图像信息, 必须对图像数据进行压缩。

从图像压缩编码的发展过程看, 可以分为 3 个阶段, 即第一代、第二代、第三代图像压缩编码方法。第一代图像压缩编码方法以香农 (Shannon) 信息论为基础, 考虑图像信源的统计特性, 采用预测编码、变换编码、矢量量化编码、子带编码、小波变换编码、神经网络编码等方法。第一代图像压缩编码方法于 20 世纪 80 年代初已趋于成熟, 目前利用第一代技术对视频图像的压缩可以得到 8~48kb/s 的最低码率。第二代图像压缩编码方法充分考虑了人眼的视觉特性, 从人类的主观特性出发, 采用基于方向滤波的图像编码方法和基于图像轮廓-纹理的编码方法, 目前, 第二代技术尚未发展到成熟的阶段。第三代图像压缩编码方法考虑到了图像传递的景物特征, 采用分形编码方法和基于模型的编码方法, 其中, 基于模型的压缩编码方法是当前最活跃的研究领域, 代表着新一代的压缩编码方向。

有关图像压缩编码的国际标准主要有 JPEG、H.261、H.263、MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4 等。JPEG 标准是由 ISO 联合摄影专家组 (Joint Picture Expert Group) 于 1991 年提出的用于压缩单帧彩色图像的静止图像压缩编码标准。H.261 是由 ITU-T 第 15 研究组为在窄带综合业务数字网 (N-ISDN) 上开展速率为 $p \times 64\text{kb/s}$ 的双向声像业务 (例如可视电话、视频会议) 而制定的全彩色实时视频图像压缩标准。H.263 是由 ITU-T 制定的低比特率视频图像编码标准, 用于提供在 30kb/s 左右速率下的可接受质量的视频信号。MPEG 标准是由 ISO 活动图像专家组 (MPEG) 制定的一系列运动图像压缩标准。MPEG-1 是为速率为 1~1.5Mb/s 的数字声像信息的存储而制定的, 该标准通常用于提供录像质量 (VHS) 视频节目的光盘存储系统。MPEG-2/H.262 是由 ISO 活动图像专家组和 ITU-T 第 15 研究组于 1994 年共同制定发布的运动图像压缩标准, 初衷是提供一个广播电视质量的视频信号, 后来该标准的适用范围不断扩大, 成为能够在不同传输速率下对图像信号进行编码的通用标准。MPEG-4 即“甚低速率 (低于 64kb/s) 视听编码标准”, 其显著特点是采用了面向对象、基于内容的压缩编码、引入了视听

对象(AVO)的概念,支持固定和可变速率视频编码,使得多媒体系统的交互性、互操作性和灵活性大大增加。

2. 高效数字传输技术

数字图像通信系统的实现不仅需要对信源有效的压缩编码,而且有赖于高效、可靠的数字传输系统。这涉及各种信道纠错编码和数字信号调制技术。尽管信道纠错编码具有检错重传、信息反馈、前向纠错和混合纠错等多种纠错方式,但由于图像特别是视频图像往往需要信号的实时传输,因而在图像通信系统中主要采用前向纠错编码技术来保证信号的可靠传输。对于图像数据来说,高效率的信号调制技术与信源压缩编码技术具有同样重要的作用,设计良好的调制技术不仅可以在相同的信道资源下传输更多的数据,而且可以提高信号传输的可靠性。在数字视频图像传输中较为常用的调制方式主要有多相相移键控调制(MPSK)、多相正交幅度调制(MQAM)和栅格编码调制(TCM)。在模拟图像传输中普遍采用的残留边带调制(VSB),在数字视频的地面广播中目前仍有一定的生命力。近几年来,随着对数字编码技术和数字传输技术的深入研究,同时借助于大规模集成电路的飞速发展,人们将频分复用技术与现代数字技术相结合,提出了正交频分复用(OFDM)和编码正交频分复用(COFDM)等新的数字通信方式,大大提高了数字通信的频带利用率和传输质量。为HDTV、VOD等大容量数据通信业务的开展提供了技术基础。

3. 图像通信网络技术

图像通信的网络技术包括宽带网络技术以及接入网技术。能够满足图像通信的网络必须具有高带宽、可提供服务质量(QoS)保证、实现媒体同步等特点。从网络的发展趋势来看,在IP网络上实现图像通信是图像通信网络技术的主要目标,然而IP网络的带宽不易控制、时延不能保障、QoS不能保证等问题又不利于图像通信业务的开展,因此必须解决这些相关问题。另外,接入网是目前通信网中的一个瓶颈,虽然全光网、无源光网络(PON)、光纤入户(FTTH)被认为是理想的接入网,但光终端设备价格偏高、无源光网络的稳定性和实用性等问题还没有完善地解决。而现阶段大量的窄带双绞铜线因为价格低廉而得到广泛的应用,因此,目前的重点是如何充分挖掘现有铜线的潜力,将其改造为宽带接入网络,比较成功的就是高速数字用户线(HDSL)、不对称数字用户线(ADSL)、甚高速数字用户线(VDSL)等技术;其次可以充分利用CATV网络的带宽资源,使其适应图像通信业务的传输,目前比较看好的技术有混合光纤同轴系统(HFC)、交换型数字视频系统(SDV)、交互型数字视频系统(IDV)等。

4. 图像通信终端技术

图像通信技术的发展对图像通信终端提出了很高的要求,图像通信终端应是能够集成多种媒体信息,通过同步机制将多媒体数据呈现给用户,具有交互功能的新型通信终端。它必须完成信息的采集、处理、同步、显现等多种功能,而这些功能又涉及信号的处理与识别技术、信源编码的相关技术以及为了实现有效传输的信道编码技术(包括基带传输技术、频带传输技术、纠错技术等)等。同时,为了实现图像信息的可靠传输和图像通信技术的普及,必须将图像通信终端设备做成小型、可靠、低价的产品,因此,VLSI(大规模集成电路)和EDA(电子设计自动化)技术也是必不可少的。无疑,这些问题的解决将会推动图像通信终端技术的迅速发展。