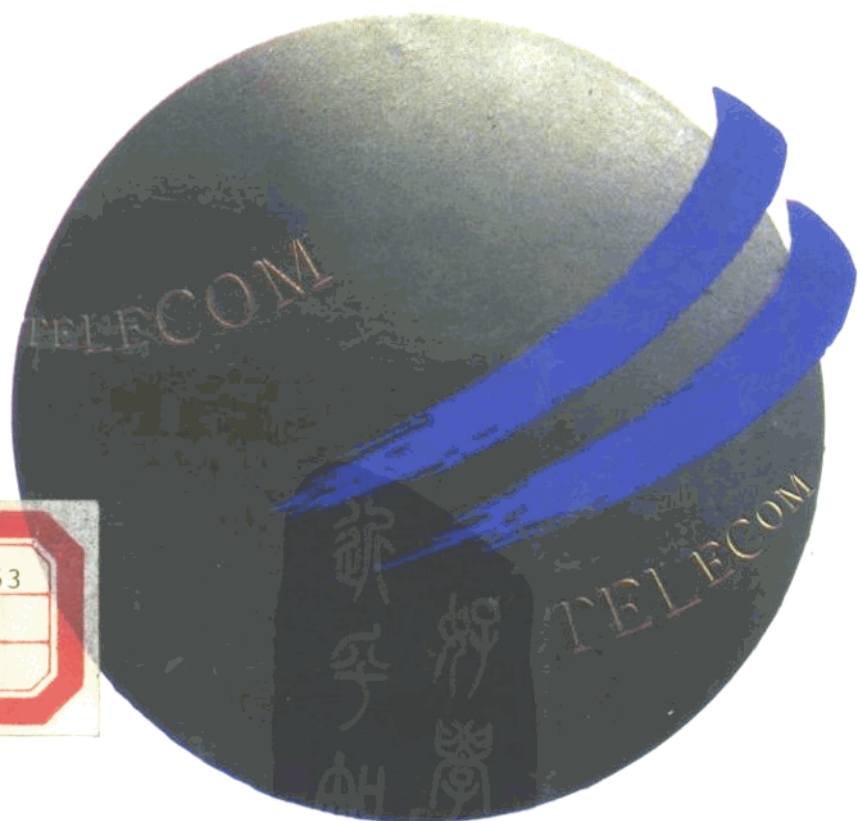


电信高技术普及丛书

数字图像通信

● 朱秀昌 胡栋 编著



人民邮电出版社

7-48100
502

电信高技术普及丛书

数字图像通信

朱秀昌 胡栋 编著

1994.12.

人民邮电出版社

9510061

登记证号(京)143号

2575/57

图书在版编目(CIP)数据

数字图像通信/朱秀昌,胡栋编著。—北京:人民邮电出版社,1994.6

(电信高技术普及丛书/人民邮电出版社主编)

ISBN 7-115-05233-6

I. 数… II. ①朱…②胡… III. 数字通信—图像通信 W. TN919.8

电信高技术普及丛书

数字图像通信

朱秀昌 胡栋 编著

*

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街27号

北京春雷印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

*

开本:787×1092 1/32 1994年6月 第一版

印张:4.5 1994年6月 北京第1次印刷

字数:98千字 印数:1—4000册

ISBN 7-115-05233-6/TN·708

定价:5.00元

丛 书 前 言

当今世界正在经历着波澜壮阔的科学技术的巨大变革。通信技术是最活跃的领域之一。通信的发展,在很大程度上取决于通信技术手段的先进性。通信高技术的采用正在迅速地改变着我国通信的面貌。

为了大力加强电信高技术的普及教育,我社组织编写了这套“电信高技术普及丛书”,向广大电信管理干部、技术人员介绍正在使用和即将使用的电信高技术,使读者能对某一高技术的概貌、关键问题、发展现状及发展趋势有一个基本了解。

这套丛书内容涉及个人通信、数字移动通信、光纤通信、程控交换、通信网、综合业务数字网、扩展频谱通信、宽带交换、移动卫星通信、智能终端等方面。为了跟踪世界通信高技术的发展,满足读者多方面的需求,我们欢迎广大读者提出宝贵意见,以便出好这套丛书。

序

随着社会的迅速发展,人们对通信的需求也日益增加,推动了通信事业的大发展。这种异乎寻常的发展主要表现在以下两个方面:在广度方面,各种通信业务在全世界范围内日益普及;在深度方面,在各种业务中,新理论、新技术、新系统如雨后春笋,层出不穷。本书所介绍的现代数字图像通信技术是其中发展比较迅速的一种。

由于人类信息的大部分来自视觉,图像所携带的信息量远大于语音、数据,这就从根本上决定了图像通信将成为人类最重要的通信手段之一。也正是因为如此,图像通信比其它通信(如电话)的实现起来难度要大得多。过去的三、四十年,图像通信的研究和实验可说是步履艰难,进展缓慢。但近年来,随着时代的进步,特别是由于通信网日趋数字化,计算机技术的更新换代,大规模集成电路的集成度日益提高,图像通信的核心技术——压缩编码理论的研究及实验工作取得长足的进展,为今后图像通信的发展提供了坚实的保证。所以说图像通信的艰难起步阶段已经过去,现在正步入一个实际推广应用的阶段,步入一个全面发展的阶段,逐步使图像通信和人们的需求相适应,成为一种主要通信手段之一。有理由相信,不久的将来必然会出现各种丰富多彩的图像通信业务,正如专家们预言的“90年代将是图像通信的年代”。

笔者正是基于以上原因而编写了这本小册子,向读者介绍数字图像通信基本内容。本书力求做到通俗易懂、全面系统;力求包括当前较为成熟的新技术和新标准。本书的重点在数字图像通信的核心技术和关键设备,至于和图像通信密切相关的数字通信技术、输出输入设备和电视技术等则不作重点。

本书的第二部分是介绍数字图像通信的理论基础,这里省略了一般数字通信的共同理论部分,以通俗的方法着重阐述了数字图像通信,尤其是图像压缩编码的主要方法和基本原理。第四部分介绍数字图像通信的主要业务和系统,一方面向读者展示各种图像通信系统的技术概况,另一方面也将目前的一些新技术、新应用一并介绍给读者。无疑这两部分分别是本书的理论和实际的重点。第三部分所介绍的有关图像通信国际标准方面的内容是为适应全球通信的新要求,通信标准化的新要求而特别选入的,从这里可以看到国际通信标准化的必然趋势。第一部分和第五部分分别对图像通信的概况和最新发展作了介绍。

本书的第二、四部分由胡栋编写,第一、三、五部分由朱秀昌编写并统编全书。在本书编写过程中得到了北京大学徐孟侠教授的大力支持,在此表示衷心的感谢。

由于本书所涉及的内容较新,书中有些内容、术语可能多有不妥之处,恳请读者予以指正。

目 录

一、绪论.....	1
1. 图像通信的回顾.....	1
(1) 简史.....	1
(2) 国内外应用现状.....	3
2. 图像通信的进展.....	5
(1) 由模拟转向数字.....	5
(2) 数字图像的压缩编码.....	6
3. 图像通信系统.....	7
(1) 图像通信的目的、优点和特点	7
(2) 图像通信的分类	10
(3) 基本系统组成	10
二、数字图像编码及其新进展	14
1. 数字图像处理概述	14
2. 图像质量的评价	16
(1) 图像的主观评价	17
(2) 图像的逼真度测量	17
3. 图像信号的数字化	19
(1) 图像的抽样	20
(2) 图像的量化	21
(3) 图像的统计特性	23
4. 数字图像编码的几种常见方法	27

(1) 预测编码(DPCM)	27
(2) 离散余弦变换(DCT)编码	30
(3) 最佳量化和矢量量化(VQ)	32
(4) 变字长编码(VLC)	35
(5) 帧间预测与运动补偿(MEP)	37
(6) 子带编码(Subband Coding)	40
5. 几种最新的数字图像编码方法	41
(1) 模型基编码(Model-Based Coding)	41
(2) 分形基编码(Fractal Based Coding)	46
三、最新国际标准	51
1. H. 261 视频压缩标准	52
(1) H. 261 基本内容	52
(2) H. 200 系列标准简介	58
(3) H. 261 的影响	61
2. JPEG 静止图像压缩标准	61
(1) 基本系统	61
(2) JPEG 的软硬件实现	64
3. MPEG 运动图像压缩标准	66
(1) MPEG 简介	67
(2) MPEG 的实现	71
4. HDTV 国际标准化	72
(1) 日本的 MUSE 和西欧的 HD-MAC	72
(2) 美国全数字 HDTV 系统	74
5. 小结	76
四、图像通信业务和系统	79
1. 活动图像通信系统	80
(1) 会议电视	80

(2) 电视电话	90
2. 静止图像通信系统	93
(1) 慢扫描系统	94
(2) 可视电话	95
3. 其它图像通信业务简介	98
(1) 传真	98
(2) 图文电视(Teletext)	103
(3) 可视图文(Videotex)	108
五、图像通信的明天	115
1. 图像通信与 ISDN	115
(1) 综合业务数字网(ISDN)	116
(2) B-ISDN 和 ATM(异步转移模式)	119
(3) 视像、智能和个人通信业务(VI&P)	122
2. 图像通信与多媒体	124
(1) 多媒体通信	125
(2) 多媒体处理技术	126
3. 图像通信的几个支撑技术	127
(1) 微电子学技术	128
(2) 计算机技术	129
(3) 光纤用户系统	130
(4) 宽带网和宽带交换	130

一、绪 论

1. 图像通信的回顾

(1) 简史

二十世纪 90 年代,通信在人们生产、生活中所起的作用越来越大,人们对通信、信息这类的概念非但不陌生,而且日益认识到其重要性。作为通信业务之一的图像通信也逐渐为人们所认识,所熟悉,所利用。

作为一个学科,作为一项通信业务,图像通信是一个较新的分支。但是,它也象其它的许多新技术、新业务一样,有着自身的悠久的历史 and 漫长的发展过程。从通信发展的历史来说,早在 1876 年美国贝尔发明电话之前,1843 年苏格兰的贝恩(ALEXANDER BAIN)设计了直接把写好的文字以黑白条纹发送出去,并在远方接收端按其原样重现出来的通信手段,应该说这就是传真(FAX)的雏型。1865 年在法国巴黎和里昂之间就成功地试验了属于图像通信领域的传真通信。由此可以看到图像通信的起源,比 1876 年贝尔发明的电话还要早 30 多年。

传真通信可算作图像通信发展的开端。1925 年在美国贝尔电话实验室(BTL)完成了实用照片的传真,从 1930 年起美国开始了横贯大陆的照片传真业务。另一方面,在 1934 年左右又对

现在所用的黑白二值传真进行了研究,1938年美国西部联合电报公司开始了电灼式电报业务。后来,尽管传真通信的质量在不断提高改进,可视电话也试验成功,但由于图像通信所要传送的信息量特别大,而且传送速度较慢,设备比较复杂昂贵,所以一直发展缓慢。

以电视为中心的图像通信历史比较短。1956年,美国贝尔电话实验室试制了扫描线为60条,频带为1200Hz的窄带电视电话。1959年他们又开始研究新的电视电话。1964年完成 Picture phone I 型,并在纽约国际博览会上展出,它的扫描线为275条,频带为500kHz,可传送完整的黑白图像。经改进后,于1968年推出 Picture phone II 型,频带增加到1MHz。并在70年代初在匹兹堡、芝加哥开始用于商业服务。然而,后来电视电话与原来的期望相反,不仅没有进一步扩大,并且商用业务也中断了。70年代前半期,与电视电话的低潮相反,会议电视的发展却引人注目,各国都开始了积极的研究。在商用业务上居于首位的是英国,他们开发了称为 Confravision 的会议电视系统,并于1971年开始了连接五城市的试用业务。在美国,贝尔电话实验室也开展了研究工作,1969年在 Murray Hill 与 Holmdel 的两个电话实验室之间开始了实验。在日本,NTT 的研究所也开展了研究,1972年在武藏野与茨城的两个研究所之间开始了电视电话的试用业务,次年扩展到 NTT 总公司办公大楼与横须贺电气通信研究所之间。

70年代后半期,英国最早开发了可视数据,英国电信公司(BT)开发出称为 Viewdata 的可视数据系统,并于1978年开始了实验业务,1979年又更名为 Prestel 系统并投入了商用业务。在日本,NTT 和邮政省联合开发了名为 Captain 的可视数据系统,并于1979年在东京开始了实验业务。

80年代以来,图像通信逐渐进入推广应用阶段,成为一种迅速发展的通信业务。大规模集成电路和计算机技术的发展,数字通信网技术的发展及完善,人们对各种信息交流需求的增加,这些因素都大大地推动了图像通信的发展。1980年国际电报电话咨询委员会(CCITT)为三类传真机和公共交换网上工作的数字传真设备建议了国际标准。1984年CCITT又形成了综合业务数字网(ISDN)的建议,这意味着非话业务,如会议电视、可视电话、图文电视、可视图文和传真等图像通信业务已在通信中占有重要地位。

综上所述,图像通信虽说有悠久的历史,但是一般说来,远没有达到电话和电报那样的普及程度。不过,随着数字网的普及,图像通信将很快有希望成为通信的主要手段之一。

(2) 国内外应用现状

80年代末、90年代初,图像通信在世界范围内,尤其是在工业发达国家得到了长足的进展。由于图像通信包括的业务种类繁多,限于篇幅,下面只就图像通信中的主要业务之一的视频通信的研究与应用情况作一简介。

●美国、加拿大

美国电报电话公司于70年代开通了从芝加哥到其它12个城市的以模拟可视电话为主体的可视会议。从1980年起,开始了以数字为主体,利用卫星、光纤传输的可视会议业务,并从纽约扩大到全国42个城市。美国VIDCOM公司在1984年研究成功了56kbit/s的活动图像编解码器。1988年,美国在ISDN上进行64kbit/s,128kbit/s会议电视的实验。

加拿大1988年作了384kbit/s速率的会议电视业务的试传输。

●日本

日本电报电话委员会(TTC)1986年6月统一了日本国静止图像可视电话的业务的标准。NTT公司于1989年春利用INS-64网、INSINS-1500网开通64kbit/s、384kbit/s、1.5Mbit/s三种可视会议,并纳入了正常的业务范围。1990年,日本KDD、NTT(包括美国CLI公司)等公司分别推出传输速率为64kbit/s的彩色活动图像编解码器。尽管其图像质量尚不能令人满意,但在一个数字话路内传输彩色活动图像的愿望总算实现了。

●英国、法国、德国

英国和法国1982年在中继区间上用2Mbit/s数字方式进行会议电视业务的试验。西德于1985年提供10个公共会议室,以2Mbit/s的速率传输会议电视图像。

●中国

早在1976年,由南京邮电学院和北京邮电学院共同研制成功的模拟可视电话系统在北京和广州之间作了开通实验,这套系统还包括视频交换装置。南京邮电学院于1988年研制成功8.448Mbit/s的图像编译码器,随后在福建省开通了七城市多点会议电视系统。

慢扫描静止图像通信系统已于1984年在北京—沈阳公安系统内开始使用。

1988年邮电部在北京、上海、广州三地开通了会议电视业务。

从1990年以来,北京、上海、杭州、福州等大城市都进行了可视电话业务的试验。中国的国际可视业务已开通了北京与德国、日本、美国及香港地区之间的业务。

目前,中央电视台和其它一些省市电视台已开始文字广播

的试播,为用户提供市场行情、天气预报、投资动向、交通指南以及寻医问药等信息。Videotex(可视数据)也在北京、上海等大城市作了运行试验,很快就可向各地推广。由此可见,我国的图像通信事业,虽然起步较晚,但其发展速度却是非常快的。

2. 图像通信的进展

尽管图像通信的近代起源并不比电话、电报迟,但其发展却不快,现在还没有达到电话、电报那样的普及程度,但从 80 年代中期至今,可以说图像通信进入了一个蓬勃发展的新时期。

我们知道,图像、数据与声音是通信的三个基本对象。相对于后两者,图像信息量特别大,在处理和存放时占有媒介容量特别大,在传输中占用信道量大。图像好比是一个集装箱,要有大型的仓库存放它,要有宽阔的马路和大型货车才能运输,而电话则好象是一个小包裹,它存放与运输都十分方便。因此要存储或传输图像信息实在不是一件容易的事。例如,传输一路电话信号,需要一个模拟话路(模拟通信方式)或者一个数字话路(64 kbit/s , 数字通信方式),但是传输一路电视信号,则需要 960 个模拟话路,或 1000 个数字话路(四次群信道)。如果不采取一些有效的方法压缩图像的信息量,则在目前的通信线路的水平下,传输图像几乎是一件没有什么实际价值的事。

由此看来由于图像的信息量特大对其处理有很大困难,造成了图像通信发展长期落后于数据通信和语音通信。

(1) 由模拟转向数字

模拟图像通信的发展有两个障碍:一是图像信息量大,仅靠模拟信号处理的压缩办法,其压缩率很小(通常只有几倍),而且

对图像的质量影响较大；二是模拟图像信息传输有噪声累积效应，使得图像传输劣化。因此，经过长期的实验和研究证明，用模拟方法进行图像通信，不利普及，其质量也难以令人满意。

数字通信技术的发展，为图像通信由模拟向数字转换奠定了基础。自从脉冲编码调制(PCM)原理提出以后，图像通信也逐步从以模拟通信方式为主过渡到以数字通信方式为主。数字通信的一系列的优越性(后面将提到)充分地证明了数字化图像信息的传输，能做到传输误差极小，误差概率可小至百万分之一甚至数亿分之一。但数字通信本身不能解决图像信息量大的问题。解决图像信息量大的问题必须用数字信息处理的方法，常称为“压缩编码”。

(2) 数字图像的压缩编码

如前所述，图像信息是一“庞然大物”，其传输问题的解决和其它任何问题的解决方法一样，往往可以从两方面去努力。一方面可以选大马路，选特大货车；另一方面也可以将“庞然大物”压缩包装，除去水分，使之变得小巧而易于运输。对图像通信而言，我们既可以建立高速宽带通信网，如光纤网，使得图像信息量对这样的通信网说来算不得什么。但目前要做到这一点，还有相当的困难，或者说还要经历一个比较长的时间才能达到这个程度。因此，解决这一问题另一路径就是对图像信息进行压缩编码处理，除去多余的信息量(在保证基本的图像质量前提下)大大地压缩图像的数据量，让其适应目前的数字通信信道速率的水平。压缩编码是在数字领域进行的。因此首先要将模拟图像信号数字化，再对数字化后的图像数据——“码”按一定的规律进行运算，这一运算过程又称为“编码”，这样经过编码以后的图像数据既充分保证有足够好的图像质量，同时，又大大地减少了原图像

的数据量,使其压缩到原来的十几到几十分之一,甚至可达到一百到几百分之一。本书的第二部分将着重阐述几种典型的图像编码技术,同时也将近来图像编码的新成果作一简单介绍,使读者既能了解图像编码的大概全貌,亦能领会该领域最新技术发展的动向。

因此图像的数字化,数字图像的压缩编码,使图像通信完成了由模拟向数字转换,克服了图像信息量大的困难,保证了图像通信能力的迅速提高。

进入 80 年代末,90 年代初,随着数字图像压缩编码理论与实践的不断成熟,随着数字通信与计算机技术的高度发展,随着半导体集成电路,尤其是超大规模集成电路(VLSI)的多次更新换代,那些制约图像通信发展的因素正在逐步消失,图像通信的发展速度也正在由慢到快,图像通信的实用化进程将在 90 年代呈现出惊人的速度,着重表现为图像通信普及程度和图像质量的提高。

3. 图像通信系统

(1) 图像通信的目的、优点和特点

在人们相互之间以及人们与外界环境之间传递或交换信息的过程中,虽然所传递的信息有语声、音乐、文字、图像、符号数据以及气味等多种形式,但可以将它们归纳为语言、数据、图像三种主要形式。当人们用自己的感觉器官来获取这些信息时,主要是靠视觉和听觉。据一些学者估计,由视觉获得的信息占全部信息的 70% 左右,其余的信息则是由触觉、听觉和嗅觉等感官获得。因此在语言、数据、图像三种通信方式中,图像通信应当起

到主要作用,这样才和人们获取信息的方式相匹配。然而目前的事实是图像通信远未达到语言通信的普及程度,这也许就是图像通信必然会有个大发展的潜在因素。

数据通信和图像通信在通信中属非话业务,即通常说的不用语音的通信。其中数据通信主要以字符信息为媒介。而图像通信则以图形信息和图像信息为媒介,前者的代表如传真,后者的代表如会议电视。

① 图像通信的目的

在观察一幅图像时,会因不同的观察者的理解方法不同而产生不同的解释,得到不同的印象,这都是因为图像存在着某种“不确定性”之故。为此,图像通信的目的就是要尽可能地不失真地把发送端的图像信息变换为电信号送到对方,因此图像所包含的“不确定性”也会原封不动地传送到接收端。反过来也可以这么说,尽可能地把图像的“不确定性”保留下来并加以传送,这正是图像通信的本质。静止图像或活动图像的数据量是非常大的,大多数情况下一方面要求对图像信息的冗余度进行数据压缩后再加以传送,另一方面又要求把图像的“不确定性”也要保留下来,这样才能达到图像通信的基本目的。可以说“百闻不如一见”,“非言语所能形容”之类的说法,正是肯定了图像具有“不确定性”的效果,暗示了图像通信的存在价值。

② 数字图像通信优点

电子领域中的数字化具有深远的意义,日新月异的计算机技术,日益普及的数字通信网络,只是其中的一例。人们也毫不例外地探索在图像通信系统中采用数字技术。这是因为采用数字化的图像通信系统粗略归纳起来具有以下的一些优点:

a. 可以多次中继而不引起噪声的积累。因此适合于多次中继的远距离图像传输或经储存后的多次复制。