

21 世纪电子电气工程师系列

通信技术

双色

〔日〕 正田英介 主编
吉永 淳 编

ART 21
电子电气工程师

科学出版社

OHM 社

00129219

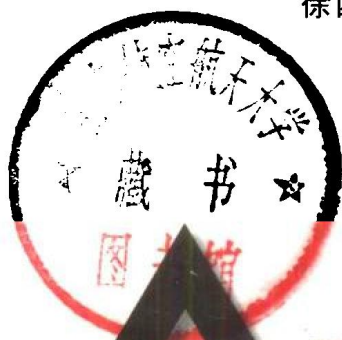
TN91-42



21 世纪电子电气工程师系列

通信技术

〔日〕 正田英介 主编 吉永 淳 编
徐国肅 薛培鼎 译



科学出版社 OHM 社

2001 北京



北航 C0547936

From 101

图字：01-2000-4328 号

Original Japanese edition

Arute 21 Tsuushin Gijutsu

by Kiyoshi Yoshinaga

Copyright © 1998 by Kiyoshi Yoshinaga

Published by Ohmsha, Ltd.

This Chinese language edition is co-published by Ohmsha, Ltd. and Science Press.

Copyright © 2001

All rights reserved.

本书中文版版权为科学出版社和 OHM 社所共有

アルテ21

通信技術

吉永 淳 オーム社 1998

图书在版编目(CIP)数据

通信技术/[日]吉永淳编;徐国翥,薛培鼎译. —北京:科学出版社,2001

(21世纪电子电气工程师系列/[日]正田英介主编)

ISBN 7-03-009371-2

I. 通… II. ①吉… ②徐… ③薛… III. 通信技术 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 26633 号

北京东方科龙电脑图文制作有限公司 制作

科学出版社 OHM 社 出版

北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

2001 年 7 月第 一 版 开本: A5(89×124)

2001 年 7 月第一次印刷 印张: 6 1/2

印数: 1—5 000 字数: 195 000

定 价: 18.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

21 世纪电子电气工程师系列

编辑委员会

主 编 正田英介 (东京理科大学 前东京大学)

编 委 楠本一幸 (株式会社东芝)
岛田 弥 (三菱电机株式会社)
高木正藏 (东芝综合人材开发株式会社)
常深信彦 (株式会社日立制作所 日立京滨工业专科学院)
丹羽信昭 (东京电力株式会社 综合研修中心)
春木 弘 (前富士电机株式会社)
吉冈芳夫 (金泽大学 前株式会社日立制作所)
吉永 淳 (福井工业大学 前三菱电机株式会社)

执 笔 立松 稔 (株式会社日立制作所)
山崎彰一郎 (株式会社东芝)
内田雅幸 (三菱电机株式会社)
山井孝雄 (三菱电机株式会社)
宫崎胜行 (株式会社日立制作所 日立京滨工业专科学院)
富士 刚 (三菱电机株式会社)
小野英世 (三菱电机株式会社)
林 克彦 (株式会社东芝)
北山忠善 (三菱电机株式会社)

主编的话

当今,电子设备已广泛应用于国民经济的各个领域。为了用好这些电子设备,科技人员必须掌握电子技术方面的有关知识。目前,电子技术的应用领域也在迅速扩展,人材需求量很大的状况一直没有改变。因此对电子工程专业的毕业生有必要从应用的角度进行二次培训,也有必要为非电专业的技术工作者学习电气电子技术的基础知识创造更多的机会。

为了适应这一形势的需要,组织编写了“21世纪电子电气工程师系列”丛书,目的是要编写一套全面系统介绍电子电气专业基础知识的,既适用于企业技术人员培训,也适于非电专业技术人员阅读的新型教科书。丛书编委都是在日本有名的电子电气企业中长期从事职工教育培训的专家,丛书结构及各册内容均由编委会讨论决定。

本套丛书的特点首先表现在教材内容紧密联系实际。通过产品和技术模型说明基础知识与产品、系统的关系,通过具体产品的结构和系统中所发生的现象说明其工作原理或理论。另外,本丛书的所有执笔者均为在相应企业中长期从事实际技术工作或从事职工教育工作的专家,所以,具有丰富的实际经验,书中的举例和例题都是他们多年工作经验的结晶。

此外,在电子技术的专业教学中,由于所涉及内容非常广泛,所以以往在对教学内容细化的同时常常忽略了对基础内容的充分消化。本丛书充分注意到了这一问题,从现象入手说明原理,从而保证了基础知识易学易懂,教材内容紧密联系实际。本丛书还可用于大专院校的专业课教学。

由于受产业全球化和社会环境的影响,21世纪的工程学科必将会发生巨大的变化。读者通过对本套丛书的学习,可以对新时代的电子技术知识有较系统的了解,并在各种领域的产品和系统的革新中充分发挥自己的聪明才智。

东京理科大学教授,工学博士

正田英介

前 言

在即将跨入 21 世纪的时候,信息通信技术已取得了长足的进步。环顾我们的周围,办公就不用说了,即使是在家庭中计算机和传真机也已普及,在利用因特网和电子邮件的同时,移动电话的使用范围正日益扩大。由于卫星广播和卫星通信的发展,观看太空中的作业图像或用互联网了解世界各国新闻的机会也日益增多。由于高速大容量信息处理、通信技术和硬件的实现,多媒体技术的发展速度也越来越快。

在这些信息通信的发展中,随着器件和硬件技术的进步,激光在有线、无线通信方面的应用已引起了致力于改进传输方式和传输结构的技术工作者的极大关注。

在信息化的进程中,通信的重要性已越来越被人们所认识,很多领域的技术工作者学习通信技术的要求也变得更加迫切。

本书内容共分七章,其中第一章介绍信息通信系统的基本组成,要求的功能、业务及多媒体化等的技术动向。第二章介绍网络的基本组成及为了高效统一地处理声音、图像等信息所采用的编码和压缩的基本原理。第三章介绍信息传送的方法以及有关信号加工的基础知识。第四章讲述有线通信系统的组成、主要装置及其功能以及电话、传真中的信号变换。第五章讲述无线通信中的电波传播、发送、接收的基本知识以及卫星通信系统的组成、应用举例,移动通信的组成。第六章介绍用通信线路将计算机相互连接的数据通信系统的基本知识。第七章介绍为通信容量大容量化作出贡献的光通信的有关内容,其中包括光纤、发送接收器件的原理、性能以及光通信的特点等。

本书第一章由立松稔执笔,第二章由山崎彰一郎执笔,第三章由内田雅幸、山井孝雄执笔、第四章由官崎胜行执笔,第五章由山井孝雄、富士刚、小野英世执笔,第六章由林克彦执笔,第七章由北山忠善执笔。全书由内田雅幸整理校订。在本书策划和出版之际,向给予我们支持和帮助的编辑委会

员主编东京理科大学正田英介教授、各位编委及欧姆社(OHMSHA)的有关人员表示诚挚的感谢。

希望本书的出版对学习通信技术基础和实际应用的读者能有所帮助。

吉永 淳

目 录

第 1 章 信息通信系统

1.1 对通信的要求	1
1.1.1 信息通信系统及其特征	1
1.1.2 对信息通信的技术要求	3
1.1.3 社会对信息通信的要求	5
1.2 通信的基本业务	7
1.2.1 业务的现状	7
1.2.2 业务的发展方向	9
1.2.3 基础设施的发展	10
1.3 今后的技术	12
1.3.1 多媒体化	12
1.3.2 宽带 ISDN	14
练 习 题	15

第 2 章 通信系统的组成和信号

2.1 网络的构成	17
2.1.1 交换作用	18
2.1.2 连接方法	20
2.2 信息的处理	23
2.2.1 信息的表现形式	24
2.2.2 信息的压缩	28
2.2.3 传送的信息质量	31
练 习 题	34

第3章 信号的传送方式和信号处理

3.1	传送的基本形式	35
3.2	传送方式	36
3.2.1	模拟传送和数字传送	36
3.2.2	串行传送和并行传送	39
3.2.3	发送、接收方式	40
3.3	同步	41
3.3.1	位同步	41
3.3.2	数据块同步	42
3.4	将模拟信号变换成数字信号	44
3.4.1	取 样	45
3.4.2	量 化	45
3.4.3	编 码	45
3.4.4	量化噪声	46
3.5	调制与解调	46
3.5.1	传送方法	46
3.5.2	调制方式	47
3.5.3	模拟调制	48
3.5.4	脉冲调制	52
3.5.5	数字调制	53
3.6	让信号更快更正确	56
3.6.1	信源编码	57
3.6.2	信道编码	58
3.7	传送线路的高效使用方法	61
3.7.1	模拟复用传送方式	61
3.7.2	数字复用传送方式	63
练 习 题		67

第4章 有线通信

4.1	有线通信的组成	69
-----	---------------	----

4.1.1 基本组成	70
4.1.2 主要装置的构成	71
4.2 声音通信	77
4.3 图像通信	82
4.3.1 传 真	82
4.3.2 电视会议	87
练 习 题	94

第 5 章 无线通信

5.1 电 波	95
5.1.1 电波的名称	96
5.1.2 电波的传播方式	96
5.1.3 电波的干涉	97
5.1.4 天 线	97
5.2 无线通信的组成	98
5.3 卫星通信	99
5.3.1 卫星通信的概况	99
5.3.2 通信卫星的组成	100
5.3.3 地面站的组成	102
5.3.4 卫星通信应用举例	104
5.3.5 移动卫星通信	105
5.4 移动通信	108
5.4.1 移动通信系统的概要	108
5.4.2 MCA(多信道接入)系统	113
5.4.3 移动电话系统	119
5.4.4 PHS(手持电话系统)	122
练 习 题	126

第 6 章 信息通信

6.1 数据传送系统的基本组成	129
-----------------------	-----

6.1.1	数据传送系统的组成要素	129
6.1.2	数据传送所使用的通信线路	130
6.2	协议和阶层模型	134
6.2.1	OSI 的基本参考模型	134
6.2.2	业务和协议	135
6.2.3	OSI 参考模型中通信网的位置	135
6.2.4	LAN 中组成要素的位置	135
6.3	低层协议和差错控制	136
6.3.1	低层协议的作用	136
6.3.2	物理层:X.21	137
6.3.3	数据链路层:HDLC	139
6.3.4	网络层:X.25 信息包协议	140
6.3.5	运输层:X.224	142
6.4	LAN/因特网的低层协议	143
6.4.1	LAN 的物理层及数据链路层: IEEE802.3 / IEEE802.2	143
6.4.2	点对点连接的数据链路层:PPP	145
6.4.3	因特网的网络层:IP	146
6.4.4	因特网的运输层:TCP	148
6.5	高层协议的作用	149
6.5.1	高层协议的作用	149
6.5.2	会话层:X.225	150
6.5.3	表示层:X.226	151
6.5.4	应用层	152
练 习 题		155

第 7 章 光通信

7.1	空间光通信	157
7.2	光纤通信	158
7.3	光纤的特性	159

7.3.1	光纤和全反射	159
7.3.2	光纤和光缆	160
7.3.3	光纤的损失	161
7.3.4	光脉冲的传播特性	164
7.4	光通信技术	169
7.4.1	光发射机和光接收机	169
7.4.2	掺铒光纤放大器	176
7.5	未来的光通信技术	181
7.5.1	光索利顿通信	181
7.5.2	耦合光通信系统	183
练 习 题		184
练习题解答		187
参考文献		191

第 1 章 信息通信系统

电话现在已四通八达、随处可见，移动电话之类的移动通信、ISDN、因特网已被广泛使用，可以说现在已进入了多媒体时代。尽管如此，仍有很多已开发的业务和产品还不为人们所知。

在本章中，首先讲述什么是信息通信系统，在技术方面必须具备哪些功能和性能，我们身边的信息通信系统发生了怎样的变化，有哪些要求。然后讲述面向多媒体的主要技术动向。

1.1 对通信的要求

1.1.1 信息通信系统及其特征

人类是通过嘴巴、耳朵、眼睛等与对方进行信息交换的。当想要了解某些东西的时候，往往都是通过书本或者电视的文字、图像和声音来获取信息的。通信就是指人们在相隔较远的地方，克服相互间的距离交换信息。通过电的手段可以克服交换时需要花费时间的问题，故将这种采用电的手段的通信称为**电子通信**。电话可以说是一种最典型的电子通信。由于通信系统所能处理的信息现在已扩展到计算机数据、图像等更宽的范围，所以常常用信息通信一词来替代电子通信。

1 信息通信系统的基本构成

人类是通过听觉、视觉、触觉、味觉、嗅觉等五种感觉来接受信息的。信息通信系统就是人们将通过这些感觉器官所感知的信息媒体(语言、文字、情景等)用电的方式传递给对方的系统，图 1.1 是信息通信系统的基本组成。信息通信一般是以前两种感觉为对象，所以把以听觉为对象的通信称做**声音通信**，把以视觉为对象的通信称做**图像通信**。

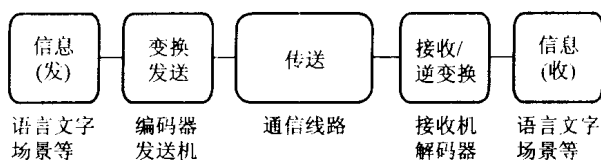


图 1.1 信息通信系统的基本组成

计算机之间的通信，在所传送的信息中包含有数值、文字、图形和图像等，但无论是什么信源都被编码成“1”、“0”，因此将此类通信称为**数据通信**。

2 声音通信

声音通信是以人的听觉为服务对象的通信方式。其中电话最具代表性。电话为什么会如此发达、能构筑起如此规模巨大的电话网呢？那是因为利用语言的声音和听觉的信息交换具有实时、高效的突出特点。而电话正是实现这种信息交换的一种通信方式。满足了通信的基本要求，所要求的条件也较明确，所以自电话发明以来使用电话与远方的朋友交谈的通信方式一直沿续至今，几乎没有什么变化，而规模则不断地扩大。

3 图像通信

人通过视觉所获取的信息是最多的。在视觉信息中，以文字为主，其次是图形。文字通信包括沿袭至今的电报和用户直通电报。而传真作为一种包含有图形的纸面信息如今已非常普及。所有这些通信方式都必须具备一个条件，即具有能适合信息传送的从发送端到接收端的传送系统。

处理自然场景的图像通信是最近以来人们用于直接交换信息的通信系统。由于图像信号中包含有一些多余的信息，所以信息量很大。目前已开发的有电视电话、电视会议、场景监视等多种系统，但既不损伤图像通信的质量，又能降低通信成本的研究工作仍在继续进行。

4 数据通信

数据通信所传送的是经计算机处理后的符号。与声音和图像通信相

比，声音和图像在传送时如果出现了一点点差错，对声音和图像的影响较小。但数据通信则不行，要求正确传送不能出一点差错。因此，对数据通信系统来说，差错检出和纠错是必须具备的重要功能。

● 1.1.2 对信息通信的技术要求

对信息通信系统提出了下述三项要求：

- ① 必须保证通信所需的质量。
- ② 可靠性。
- ③ 使用方便。

此外，作为一种服务设施，尽可能地降低成本，降低设备和运行所需的费用也是一个重要的方面。

1 信息通信系统和所需的带宽

对信息通信系统来说，所需要的传送带宽是由所处理的信息量和处理这些信息所需的时间来决定的。图 1.2 给出了具有代表性的几种媒体所需要的传送带宽。

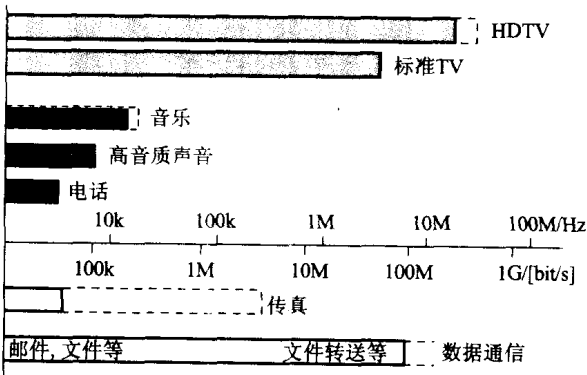


图 1.2 各种信息和所需的传送带宽

人耳可以感觉到的频率范围大约为 30~20000Hz。在声音当中频率越高能量就越小，所以在电话中只传送能听清对方说话声的 0.3~3.4kHz 的部分。

传真是借助于扫描来分解图像的，将每一个细分后的像素(也称为点)

处理成黑或者白的二值信息后再进行传送。例如一张 A4 的纸面在横向 8 点/mm、纵方向也是 8 点/mm 将整张纸面划分成若干个点,那么一张 A4 的文件的信息量为

$$8 \text{ 点/mm} \times 210 \text{ mm} \times 8 \text{ 点/mm} \times 297 \text{ mm} \approx 4 \text{ Mbit}$$

如果用一分钟来处理这些信息量,其处理速度就必须达到约 66kbit/s。

标准电视方式¹⁾的带宽约为 4MHz,其带宽是电话所需带宽的一千倍以上,所以已开发了多种能去除包含在图像信号中的冗余度的高效编码方式。例如一种称之为 MPEG2 的方式,用 2~3Mbit/s 的处理速度就可以获得高质量传递,重现图像的质量与标准电视一模一样。

数据通信所处理的信息量随着用途不同,范围极宽。在每秒监视一次有无异常情况发生的系统中,只需要 1bit/s 就足够了。如要在两分钟内传送 1MB 的 FD(软磁盘)的内容,那么需要 64kbit/s,如果只用五秒钟左右传送则需要 1.5Mbit/s。用 LAN(局域网)组成的高级计算机系统信息量达 100Mbit/s~1Gbit/s。

2 对通信质量和可靠性的要求

信息通信系统必须能稳定地高质量地传送信息。就电话来说,一直以来都有下述要求。

迅速→立即接通→连接标准。

清晰→能听清楚→传送标准。

稳定→任何时候都可以使用→可靠性标准。

除此之外,通信的保密性能是从另一个侧面提出的重要条件。

连接标准规定了线路需在多长的时间内准确、快速地接通。以电话为例,在连接标准中明确规定了线路全部被使用不能接通的概率是多少,从拨号开始直到线路接通所需的时间(连接延迟时间)是多少等内容。

传送标准规定了传送时的质量,例如通话质量、图像质量等。由于这些质量受主观因素的影响很大,所以规定测试方法采用由多个试验者参加的主观评价法,并将主观评价的结果转换成电气参数。在数据通信系统中,误码率标准的制定就是使用了这一方法。

1) 这里指的是日本的电视制式。——译者注

可靠性标准规定了系统的无故障使用时间,用不工作的概率来表示故障时间的比例。

3 追求便利和高性能

一般的电话在任何时候都能提供各种附加的业务和新的业务。对信息通信系统提出了无论在什么地方、在任何时候、无论与任何人都要能实现通信的要求,移动电话正好满足了这一要求,所以获得了迅速的普及。尽管如此也只解决了可携带的问题,还会遇到通信的对方正在与第三方通信、或者对方正在做重要的工作无法抽身的情况。在这种场合,如果能在对方能通信的时候传送信息或者反呼的话就能更为方便。电子邮件系统最近被大量地使用就是因为它能满足这一要求。

另外,使用简便是该种系统在使用时的必备条件。使用简便与否与人机接口技术有关,必须在终端机操作的简便性、显示器上所显示的菜单等方面多下工夫。

1.1.3 社会对信息通信的要求

正如信息化社会一词所表明的内容,在政治、经济、社会、教育等所有活动领域中,都利用了信息通信系统。最初是着眼于提高这些活动的效率,过去筹划这些活动都是以信息通信系统的存在作为前提条件的。这就意味着信息通信系统的基本部分具有基础设施的性质。

1 对功能的要求

图 1.3 从一个侧面表示出了社会对信息通信的要求。电话是作为远距离通信手段的代表媒体之一而发展起来的。随着二次世界大战后的经济复兴,对电话的便利性的要求也越来越高,随着电话的普及,要求电话能立即接通。为了满足这些要求,从 1953 年开始,以充分满足需要和全国拨号连接为目标,有计划地进行了电话网的扩容和改进。

这些目标到了 20 世纪 70 年代的后半期都已达到,在此前后经济迅速发展,加上高性能计算机的引入,开始从工业社会向信息社会发展。

随着企业、行政的信息化,由计算机进行信息处理的进一步发展,对电子通信的要求已不仅仅局限于电话,还对计算机数据、书面文件、场景的交换也提出了要求。这些属于数据通信和图像通信。