

数字传输入门

[日]山下 孚 编著
温向明 卢志鸿 译
张英海 审校



人民邮电出版社

数字传输入门

[日] 山下 孚 编著
温向明 卢志鸿 译
张英海 审校

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书是数字传输技术的入门书。

书中深入浅出地介绍了抽样、量化、编码、复用、再生中继和网同步等数字传输技术的基本概念。

为使读者易于理解和掌握本书的基本内容,本书力求通俗易懂,在阐明数字传输基本原理的同时,还简明扼要地介绍了最新的数字传输系统及其设备。

本书自1984年出版以来,已经过三次修订,增补了许多新的技术内容。特别是在最近的第三次修订中,增加了有关ISDN用户线复用方式、同步数字体系(SDH)等新的内容。

本书不仅适合通信专业的技术人员阅读,同时也是非通信专业技术人员的入门书和大专院校通信专业师生的理想参考书。

数字传输入门

[日] 山下 孚 编著

温向明 卢志鸿 译

张英海 审校

责任编辑 郑维强

人民邮电出版社出版发行

北京朝阳门内南竹杆胡同111号

北京顺义振华印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

开本:787×1092 1/32 1996年5月 第1版

印张:7.75 1996年5月 北京第1次印刷

字数:174千字 印数:1—3 000册

ISBN 7-115-06051-7/TN·1049

定价:11.00元

版 权 声 明

本书为日本社团法人电气通信协会独家授权的中文译本。本书的专有出版权属人民邮电出版社所有。在没有得到本书的原版出版者和本书出版者的书面许可之前,任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本书的部分或全部,以任何形式(包括资料和出版物)进行传播。

©1992

本书原版版权属日本社团法人電気通信協会
(The Telecommunications Association)。

版权所有,侵权必究。

本书原版书名《やさしいデジタル伝送》[改訂 3 版]

作者 山下 孚

中文版序言

数字技术应用于通信领域大约只有 30 年的历史,但至今从网络到终端都已实现了数字化。最近,引人注目的多媒体也因为有了数字技术而初步得以实现。

本书在十年前便计划动笔。当时,日本的传输系统数字化正在迅猛发展,但还没有系统介绍数字传输技术方面的通俗书籍。因此,本人决定写一本让非传输技术专业的人员也能理解数字传输技术基础的书。

基于此目的,本书介绍了数字传输的基本技术和原理,对每个具体系统和设备的介绍也力求简明扼要。即简单地叙述了编码、复用和中继传输等基本技术原理。一旦弄懂了原理,很快就能理解各种系统和设备不过是这些原理的应用和组合。

本书自出版以来已经过几次修订,增补了许多新的技术内容。在最近的一次修订中,又增加了同步数字体系(SDH)方面的技术原理。深信阅读本书将使您更深入地了解和掌握最新的数字传输技术。

山下 孚

1994 年 4 月

推荐者的话

在不知不觉中,数字技术出现在电信网传输领域中已经很久了。且不说以电报为代表的古典通信方式,就是作为近代数字传输方式先驱的所谓 PCM-24 方式,自开始应用至今,也已经过了近 20 年的岁月。

最早引入数字传输技术的是短距离市外中继传输方式。当时,那种点到点的传输系统,在经济方面并没有作出多大贡献。后来,在同轴数字传输方式和数字无线传输方式实用化以后,由于各种数字传输方式的相互协调,才使数字传输技术成为经济地扩展通信网不可缺少的有效手段,并得到不断发展。

近几年,通信网数字化的发展方向,并非仅停留在经济性上,而是侧重在网络本身应具有的各种功能方面。高质量的通信系统是未来信息社会的基础结构,通信网的数字化一定会在根本上使这一基础结构产生巨大的变革。

通信网数字化后有许多优点,而且,现在已初步形成了包括交换机和传输系统在内的从终端到终端的整个数字网络。因此,可以说如今我国电信网的数字化程度已向即将到来的二十一世纪迈出了坚实的第一步。

从使用光缆的用户系统到长距离数字传输方式;从立体声和图像信号的各种高效、高质量编码方式到通过各种数字交换机和数字终端设备相结合形成的高质量信息通信系统,传输技术始终是基础技术。在这种情况下,迫切要求能有一本专门介绍数字传输的通俗易懂的书籍。

本书包括了从抽样、量化、编码、复用、再生中继和网同步等主要内容的基本概念,到组成具体系统的工作原理等有关数字传输的各种技术和方式,并进行了简单明了的讲解。它不仅对于从事传输专业的技术人员十分有用,而且对于作为非传输专业的技术人员的入门书籍也是非常适合的。今天,为了使读者更好地了解数字网飞速发展的趋势,特向您推荐本书。

去年,通信协会发行《数字交换入门》一书时,本书就已列入了后续丛书计划。因此,若能同时阅读这两本书定会获益匪浅。

日本电信电话株式会社

理事 村上 治

1984 年 3 月

前 言

现代传输技术是和电子管等有源器件的发明同时起步的。至于有线传输方式,它是随着传输媒体的进步而不断发展的,最先使用的是裸线载波方式和无加感电缆方式,然后是同轴电缆方式。

以上方式的调制/复用形式都是模拟方式。在传输方式中采用数字技术是以晶体管的发明为契机的。后来,直到适合数字传输的传输媒体,即光纤出现之后,数字传输技术才在今天的传输方式中占了主导地位。

1965年,我国最早使用的数字方式——PCM-24方式,由于在短距离传输方式中比模拟方式经济而得到了广泛应用。不过,当时适用的主要领域是在长途局至终端局之间。其后,随着高速半导体器件、光器件和光纤的开发,从省间中心局干线传输线路到近距离传输线路才真正地引入了实用化的同轴数字方式和光缆方式,并预定在1984年用400Mbit/s速率的光纤传输方式,完成从北海道至九州大约3000km的横跨全国的传输线路。

时至今日,数字传输技术已在整个传输技术中占有非常大的比例,如果说数字传输技术就是传输技术本身也并不过分。而且,由数字传输和数字交换组成的数字网,不但更经济,而且还可以提高通信的质量。今后,数字技术在高质量的信息通信系统中必将起到主导作用。

基于以上观点,本书在介绍编码、复用和再生中继传输等基本技术的同时,尽可能多地涉及了有关网络数字化方面的内容。

本书为使非传输专业的技术人员更好地了解和掌握数字传输的基本内容,力求通俗易懂,特由参加数字传输方式实用化工作的日本电信电话株式会社技术局的几位专家和在 NTT 中央通信学院 从事培训教学的教官执笔。

最后,在本书出版之际,对给予多方指导的日本电信电话株式会社的村上理事、桑原技术局长、岩桥研究开发本部调查员(前横须贺通信研究所基础传输研究部长)、岡田京都通信部长(前技术局传输部调查员)、川山中央通信学院无线传输技术部长等,以及在印刷出版过程中给予各种帮助的日本电气通信协会的各位表示深深的谢意。

此外,全书由作者之一的高岛元先生协助整理完成,在此一并表示感谢。

山下 孚

1984 年 3 月

执笔者

山下 孚(日本电信电话株式会社技术局编码方式专业调查员)
高島 元(日本电信电话株式会社技术局 PCM 传输调查员)
稻村 美一郎(日本电信电话株式会社技术局传输部门调查员)
鷺山 幾男(日本电信电话株式会社设备局传输课课长)
八木 剛(日本电信电话株式会社技术局 PCM 传输调查员)
三浦 秀利(日本电信电话株式会社技术局光缆调查员)
徳永 正人(日本电信电话株式会社中央通信学院无线传输技术部主任教官)

第 3 版修订序

本书自初版以来,经过了 8 年的时间,修订了 3 次。

本书的初衷是围绕着抽样理论、再生中继和复用方式等的原理和技术进行介绍,其目的在于,即使以后不断地出现了新系统,也不必改动原理部分。因此,在到目前为止的修订过程中,只是增加了新系统和新设备方面的内容。

此次修订的原因是,在我自认为已充分阐述了的技术领域中又有了新的发展。即,出现了使用指针的 SDH 同步复用方式(3.4 节)的新技术。而且,后来又出现了 ATM 新技术。不过,ATM 目前还在技术开发过程中,此次只作为关键词来介绍(第七章)。

本次修订是几番修订中改动最大的一次。增加内容最多的是新的同步复用方式和以此为基础的 SDH 复用设备。上次修订时,因国际上正在研讨新的同步体系,所以只限于介绍其发展动向。后来,当国际上完成了对 SDH(同步数字体系)标准的研究之后,这种系统才被世界各国采用。

另外,在 16kbit/s 高效语音编码、会议电视和可视电话使用的 64kbit/s 图像编码方式等领域中,新技术也有了进一步的发展(第二章)。而且,在高速数字传输方式中,在提供新的业务速率方面和方式结构的变化方面,以及在 ISDN 用户线传输方式中都引入了复用传输方式(4.4 节)。补充部分增加了能够反映这些方面进展的新内容。因此,深信此次修订本编入了到目前为止最新的技术信息。

在重新编写 2.4、2.5 和 4.4 节的过程中,NTT 通信网综合研究所主任研究员高正博先生和 NTT 网络系统开发中心主任工程师井口善史先生给予了很大帮助,借此深表谢意。

山下 孚

1993 年 4 月

目 录

第一章 数字传输的基础	1
1.1 数字传输的构成	1
1.1.1 什么是数字	1
1.1.2 数字传输方式的构成要素	1
1.2 数字传输方式的特征	3
1.2.1 经济性	3
1.2.2 传输质量	4
1.2.3 适应各种业务的灵活性	5
1.3 数字传输技术的发展	5
第二章 编码技术	11
2.1 信号的数值表示(抽样定理).....	11
2.2 脉冲调制方式.....	13
2.2.1 模拟脉冲调制.....	15
2.2.2 数字脉冲调制.....	18
2.3 脉冲编码调制方式(PCM 方式)	19
2.3.1 编码原理.....	19
2.3.2 压扩.....	25
2.3.3 PCM 复用设备	29
2.4 高效语音编码方式.....	33
2.4.1 语音信号的编码.....	33
2.4.2 几种高效语音编码方式.....	37

2.4.3 高效编解码器的实现技术——信号处理器·····	43
2.5 立体声广播信号的编码·····	44
2.5.1 特点·····	44
2.5.2 编码方式·····	45
2.6 电视信号的编码·····	47
2.6.1 电视信号的构成·····	47
2.6.2 电视信号的特点·····	52
2.6.3 各种编码方式·····	53
2.6.4 设备构成举例·····	62
2.7 数据信号的编码·····	65
2.7.1 非同步数据信号的编码·····	66
2.7.2 同步数据信号的编码·····	68
2.8 传真信号的编码·····	70
第三章 数字信号的复用 ·····	77
3.1 同步的概念·····	77
3.1.1 同步的必要性·····	77
3.1.2 同步方法·····	79
3.1.3 帧同步·····	81
3.2 网同步·····	84
3.2.1 网同步方式的种类·····	84
3.2.2 日本的网同步方式·····	86
3.2.3 网同步设备·····	88
3.3 数字体系·····	90
3.4 同步复用设备·····	95
3.4.1 同步复用原理·····	95
3.4.2 二次群数字同步终端设备 ·····	111

3.4.3	SDH 同步终端设备	123
3.5	填塞复用变换设备	127
3.5.1	填塞复用原理	127
3.5.2	填塞率和去除填塞抖动	129
3.5.3	填塞复用变换设备	131
第四章	数字中继传输	136
4.1	数字再生中继的原理	136
4.1.1	模拟传输和数字传输	136
4.1.2	再生中继功能	138
4.1.3	数字传输的评价参数	141
4.2	传输媒体和传输线路码	146
4.2.1	传输媒体	146
4.2.2	传输线路码	154
4.3	各种数字传输方式	165
4.3.1	平衡对电缆传输方式	166
4.3.2	同轴数字传输方式	168
4.3.3	光缆传输方式	170
4.4	数字用户线传输	187
4.4.1	数字用户系统的意义和结构	187
4.4.2	用户—网接口	192
4.4.3	ISDN 金属用户线传输方式	195
4.4.4	ISDN 光用户线传输方式	201
4.4.5	高速数字传输方式	204
第五章	通信网数字化	210
第六章	各国的数字传输	215
6.1	各国的数字传输方式	215
6.1.1	数字中继传输方式	215

6.1.2 数字终端方式	216
6.2 各国的数字网	218
第七章 未来的数字传输技术	220
附录 1. 抽样定理的数学证明	222
2. 均衡特性	227

第一章 数字传输的基础

1.1 数字传输的构成

1.1.1 什么是数字

提起“数字”这个词,人们一般常联想到“数字式钟表”。

数字(Digital)在英语中原本是手指脚趾(Digit)这一名词的形容词形式,扳着手指我们就可以说出它所表示的“数值”或“离散值”等等含意。

此外,与数字相对应的概念是模拟(Analog)。模拟这个词的意思是指相似物或类似物。相似物与原物体成比例,并具有连续的尺寸大小。从这个意义上说,模拟就是指“连续的数值”。正因为如此,过去人们一直把指针式钟表叫做“模拟式钟表”。

由上述语源不难理解,在传输方式上,模拟传输方式是把信息作为“连续值”处理;数字传输方式是把信息作为“数值”处理。即:在振幅调制和频率调制这样的模拟传输方式中,是让载波的振幅和频率等参数与所有发送信息成比例地变化,以此来实现信息的传输;而在数字传输方式中,通常是用脉冲串取代载波,并根据脉冲的有无来实现信息的传输。

1.1.2 数字传输方式的构成要素

传输方式的基本结构如图 1.1 所示。它的作用就是在远离

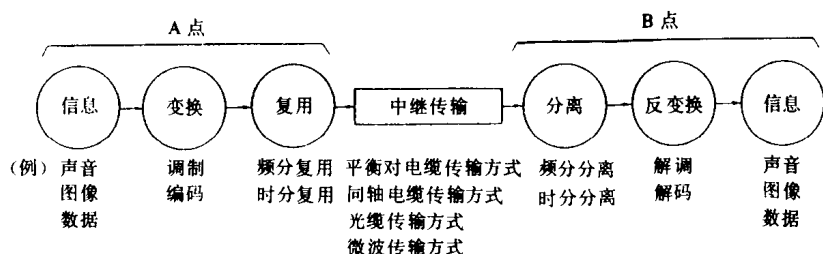


图 1.1 传输方式的基本结构

的两地之间经济地、高质量地传输信息。为了实现这一目的，图中首先需要将信息变换成易于传输的形式，或者将多个信息集中在一起使之成为一个信号(复用)，然后进行中继传输。数字传输方式和模拟传输方式的本质区别是在变换部分。当然，两种方式在后面的复用和中继部分采用的技术也不一样。即，数字传输方式由图 1.2 所示的基本框图组成。其各部分功能如下：

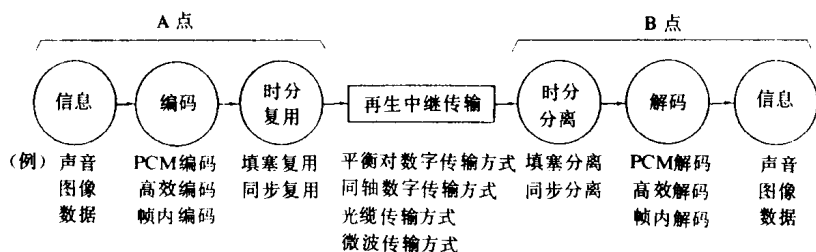


图 1.2 数字传输方式的基本结构

编码(Coding):就是把模拟信号变换成“数值”。有时，本来就是数值的数据信号，也要变换成易于传输的“数值信息”。

时分复用(Time Division Multiplexing):从传输方面考虑，为了满足其经济性，一般是把若干个信号汇集起来，在一个传输媒体中进行传输。由于编码后的信息只在离散时刻有数值，因此