

OHM 科学丛书

数字同步 传输SDH系统

島田禎晋 監修 河西宏之 槇一光 辻久雄 著

SDH



TN913.24
H36

414261

OHM 科学丛书

数字同步传输 SDH 系统

岛田 禎 晋 监修

河西 宏 之

榎 一 光 共著

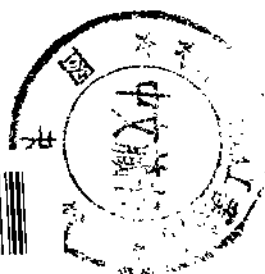
辻 久 雄

杨 明 君 译

彭承柱 李英灏 校



00414281



科学出版社

OHM 社

1998

图字:01-98-0692号

图书在版编目(CIP)数据

数字同步传输 SDH 系统/(日)河西宏之等著;杨明君译.-北京:科学出版社,1998.10

(OHM 科学丛书)

ISBN 7-03-006767-3

I.数… II.①河… ②杨… III.同步传输-数字传输系统
IV.TN913.24

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 13406 号

科学出版社 出版
OHM 社
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
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998 年 10 月第 一 版 开本:850×1168 1/32
1998 年 10 月第 一 次印刷 印张:4 7/8
印数:1—3 000 字数:122 000

定价:12.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(科印))

监修者的话

以电话业务为核心发展起来的通信网络可以说只是一个庞大的单媒体通信网,随着人们对电视会议(TV会议)及高清晰度图像等业务需求量的大幅度增加,近几年来,计算机工作站和高速本地通信网(LAN)间的通信、高速计算机通信和图像通信等新的多媒体通信业务正在迅速形成。预计二十一世纪这种新的通信业务不仅可与电话业务并驾齐驱,而且将会超过现有的电话业务。

同时,随着综合业务数字网(ISDN化)的实现,我们认为今后能将音频、数据、图像等多种通信媒体统一到一个通信网内,并能作为多媒体通信网络提供多种通信服务。而且目前就通信和广播以及有线电视(CATV)联合组网的争论也非常激烈。为了实现这个目标,尽管需要建设能够处理信号速率更高、频带更宽的通信网,但随着近几年来光波传输技术、光接入技术等光通信技术及数字信号处理技术等新技术的大力发展,实现这个目标已经成为可能。

本系列丛书共有六卷,最初是以归纳多媒体通信网的形式出版发行。编写本系列丛书的目的是为了让人们学习多媒体通信网技术的基础知识和掌握实际应用知识,并将多媒体通信网络的结构、交换技术、中继方式以及接入系统等方面的各种传输技术、网络管理技术等标准化的发展动向编纂进来。在编写过程中得到多媒体通信领域的研究人员,及第一线研究开发和技术人员的大力协助,对此表示感谢。

假如本系列丛书对有望学习多媒体通信领域的诸位学生、研究人员、工作在生产第一线的技术人员能系统地有所指导,并对

ii 监修者的话

今后的工作有所帮助的话,本人将感到非常荣幸。

岛田 禎晋

前 言

1988 年秋,对能有效地适用于包括从电话业务到数据、图像业务在内的同步复用方式的数字同步体系(SDH: Synchronous Digieal Hierarchy)制定了国际标准。

我们回顾一下复用方式的发展历史,首先是适用于联结两点间传输方式的原始同步复用技术得到实用化。它的特点是各复用装置都有它自己正常工作的时钟源。因此,它的独立性好,适用于高速复用方式。后来,随着数字数据传输系统和数字交换系统的引用,使用一个时钟源使得整个网工作的网同步技术和同步复用技术得以实用化。此种方法在提高网的运行性能方面效果极佳,但在技术上被限定在 6Mb/s 左右,而且作为复用信息时更高阶的数字传输体系,目前世界上已存在着三种,如果考虑到构筑国际间自由通信的一个网络,则需要统一的数字体系。

SDH 的特点是在统一这些数字层的同时,在技术上能实现填充同步复用的高速动作和同步复用化网络的高度运行性能。因此,我们认为它将对今后的通信发展起到很大影响。美国将 SDH 称之为 SONET(Synchronous Optical Network,光同步网),二者性质大致相同。

本书编写的目的主要为读者提供学习 SDH 的理论和实际应该掌握的 SDH 基本内容,并在阐述 SDH 的基本内容的同时,介绍了 SDH 传输系统的设计方法。本书作者是从事开发 SDH 传输系统的 NTT 工程项目的领导,深深感到广泛介绍 SDH 技术的必要性,因此对计划出版多媒体通信网丛书颇感欣慰。

由于作者的能力所限,也许不能很好地表达 SDH 的真实意义,请读者赐予批评指正。

最后,对在本书编写时参与 SDH 开发项目的众多先生深表感谢。

作 者

目 录

第一章 数字传输系统概要	1
1.1 为什么数字传输方式会成为主流	1
1.2 数字传输技术的现状	4
1.2.1 电话传输容量实现了大容量化	4
1.2.2 只有大容量传输系统才能实现单一化网络	6
1.2.3 从窄带 ISDN 向宽带 ISDN 过渡	8
第二章 数字复用技术的基础	11
2.1 复用方式的变迁	11
2.2 数字体系	12
2.3 填充同步复用技术	14
2.3.1 填充同步原理	14
2.3.2 填充同步的复用方式	15
2.3.3 填充同步复用变换装置的构成	17
2.4 同步复用技术	18
2.4.1 同步复用的特征	18
2.4.2 同步复用设备的构成	19
2.5 何谓 SDH 技术	21
2.6 SONET 和 SDH 的不同点	23
第三章 SDH 传输技术	25
3.1 SDH 发展的背景	25
3.1.1 SDH 的标准化	25
3.1.2 SDH 技术特点	27
3.2 SDH 的帧结构	31
3.2.1 STM-1 帧	31
3.2.2 STM-0 帧	32
3.2.3 STM-N 帧	32

vi 目 录

3.2.4 SDH 的速率	33
3.3 SDH 复用帧格式及其功能	34
3.3.1 SDH 中的术语说明	34
3.3.2 SDH 的复用	37
3.4 指针的作用	40
3.4.1 利用指针实现同步复用的原理	40
3.4.2 利用指针实现频率调整的原理	44
3.4.3 AU 指针	44
3.4.4 TU 指针	48
3.5 附加码的作用	51
3.5.1 段附加码(又叫开销)	51
3.5.2 通道附加码	55
3.6 信息复用的具体例子	59
3.6.1 从 STM-0 到 1.544Mb/s 信息的复用分接	59
3.6.2 1.544Mb/s 信息的复用	61
3.6.3 6.312Mb/s 信息的复用	63
3.6.4 宽带 ISDN 信息的复用	65
第四章 SDH 用传输设备	67
4.1 SDH 传输设备的模块化	67
4.1.1 SDH 对传输设备的冲击	67
4.1.2 SDH 传输设备的功能模块	67
4.1.3 适用于 A、B、C 模块的灵活传输节点构成	69
4.2 A 模块	69
4.2.1 A 模块的功能概要	69
4.2.2 A 模块的系统构成技术	71
4.3 B 模块	76
4.3.1 B 模块的功能概要	76
4.3.2 B 模块的系统构成技术	77
4.4 C 模块	81
4.4.1 C 模块的功能概要	81
4.4.2 C 模块的系统构成技术	82
4.5 SDH 光接口	82

4.5.1 基本方案	82
4.5.2 SDH 设备的光传输技术	83
4.5.3 光接口的主要指标和特性	88
4.6 SDH 设备的固定操作功能	90
4.6.1 设计概念	90
4.6.2 远端运行维护功能的实现	91
4.6.3 维护运行操作的高度化	92
4.7 传输系统的备用倒换系统	93
4.7.1 备用倒换系统的种类和基本构成	93
4.7.2 备用倒换序列(1:N 倒换系统)	95
4.8 SDH 设备的主要指标	97
第五章 网同步设备	101
5.1 网同步	101
5.1.1 网同步的特点	101
5.1.2 网为什么要同步	104
5.1.3 时钟的应用形式和定时的关系	104
5.1.4 主→从时钟分配系统	106
5.1.5 振荡器的发展经历	108
5.1.6 时钟供给装置和同步传输设备的功能分工	110
5.1.7 SDH 传输网的网同步接续状态及其条件要求	112
5.2 标准时钟发生装置	114
5.2.1 主局的功能	114
5.2.2 铯原子振荡器的工作原理	115
5.2.3 标准时钟发生装置的构成	116
5.3 时钟供给装置	117
5.3.1 子主局、从局的功能	117
5.3.2 石英振荡器 D1DCS, D2DCS	117
5.3.3 铷(Rb)振荡器的 CSM	119
5.3.4 SDH 用 CSM 时钟供给装置的构成	121
5.3.5 时钟供给装置的主要技术指标	122
5.4 SDH 网同步的实现	123
附录 网同步用语	124

1. 自由振荡模式	124
2. MRTE(CITT Q.502,G.812)	125
第六章 SDH 传输网络的构成	127
6.1 通信网的单一化	127
6.1.1 SDH 技术的发展	127
6.1.2 原有网络的结构和研究课题	127
6.1.3 采用 SDH 技术的传输网构成	129
6.2 操作技术的高度化	131
6.2.1 网元和操作系统	131
6.2.2 SDH 传输设备的操作系统	132
附录 超高速光孤子通信技术	139

第一章 数字传输系统概要

1937 年发明了 PCM 数字传输系统。但由于当时的数字电路采用真空管技术,而难于实用化。此后,1962 年又发明了晶体管技术,这样数字传输系统才得以实用化。随着光纤光缆技术的开发和 LSI 技术、数字信号处理技术的进步,数字传输方式达到了鼎盛时期。近几年来,随着 ISDN 和 SDH(数字同步网)的标准化及其广泛的普及,国际多媒体通信已是遍地开花。本节主要介绍数字传输方式的发展历史及其对通信事业的影响。

1.1 为什么数字传输方式会成为主流

最理想的通信应该无论何时、何地、跟谁都能随时交换信息。近几年我们所看到的汽车电话和便携电话的普及正说明了它正在一步步地向这个理想目标靠近。那么通信的传输作用是什么呢?那就是通信以准确、快速、廉价方式将任意信息送到远离的目的地的作用。

应该传输的信息大致分为两大类。一是象音频、图像那样随时间振幅连续变化的模拟信息,目前大部分属于这种形式。二是象数据通信那样,由数字“1”或“0”组成的数字信息。传输这些数字信息的组成方式见图 1-1 所示,有模拟传输方式和数字传输方式。

模拟传输方式以模拟信息的形式传输,而数字信息要通过调制信号处理,变成以与模拟信息等效的形式进行传输。为了能够有效地利用传输设备,在实施频分复用的复用处理后,又被传输

2 第一章 数字传输系统概要

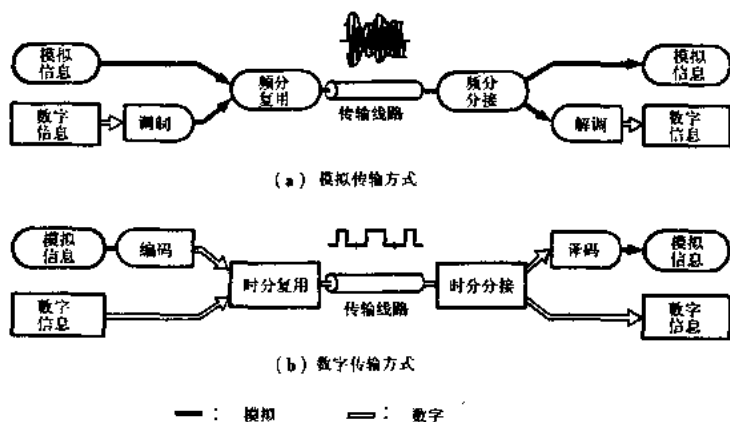


图 1-1 模拟传输方式和数字传输方式的比较

设备送出。接收端通过相反的操作,恢复原来的模拟信息,而数字信息的情况则是通过解调信号处理恢复“1”或“0”的信息。

数字传输方式中的数字信息不改变形式,而模拟信息要通过编码信号处理变换成以“0”或“1”的组合方式表示的数字信息,再经过时分复用处理后,送到传输线路上。接收端进行复用分离后的模拟信号,通过解码信息处理恢复原来的形式。

两种传输方式比较,从频率利用率、传输质量保证及传输设备的 LSI 化等三个方面看,具有鲜明的特点。应该传输的信息对象在以模拟信息为中心的时代,由于频率利用率高,几乎全部利用了模拟传输方式。但模拟传输方式在长距离传输时,有噪音增加和电平波动等缺点。其性能很难保证传输质量;从设备的小型化和经济化看不宜实现 LSI 化。

数字传输方式具有每隔一定中继距离识别再生脉冲继续传送的再生中继功能,因此,长距离传输容易保证传输质量。从传输设备所能实现的性能看,数字传输方式在编码时,因能全部以数字的形式处理信息,故与 LSI 的融洽性很好,有利于实现设备的

小型化、经济化。

数字传输方式的缺点是曾有过一个频率利用率低的时代。譬如电话的音频信息有 4kHz 的带宽,但数字传输方式一般要把电话的音频信息编码成 64kb/s 的数字信息。虽然不能进行单纯的带宽比较,但数字传输方式需要模拟传输方式约 16 倍的带宽。最近提取模拟信息的特点是只传输所需最小限度的信息,随着数字信号处理和 LSI 技术的进步,在接收端已经实现恢复原信息形状的带宽压缩编码技术,并已实用化。以上提到的电话,已能实现 8kb/s 的编码,其频率利用率也达到了与模拟传输方式相差无几的水平。

图 1-2 示出了模拟传输方式和数字传输方式的电话传输质量比较。模拟传输方式虽然评价因电平波动等差别较大,但数字传输方式所有的评价者都给出了好的判断结果。图 1-3 给出了音频编码装置的电路规模比较情况。由图可知 LSI 技术已达到了小型化。

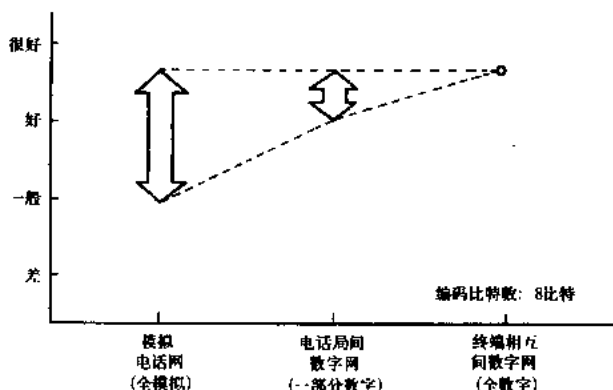


图 1-2 通信网数字化和电话的通话质量

如上所述,数字传输方式将超过模拟传输方式迎来数字传输的全盛时代。

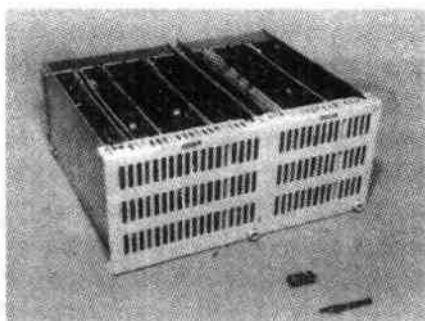


图 1-3 音频编码器的比较

1.2 数字传输技术的现状

1.2.1 电话传输容量实现了大容量化

1966 年数字传输方式开始引用 PCM 方式。该系统开发是用于短距离电话电路的,利用对称电缆,以 1.5Mb/s 传输速率复用传输 24 路电话。网的正式数字化是 1976 年以后开发引用同轴电缆作为传输媒体的 DC-400M 系统以及无线用准毫米波的 20L-P1 系统。这些系统都拥有 400Mb/s 信息传输速率,在经济、性能方面可适用于长距离数字传输方式。

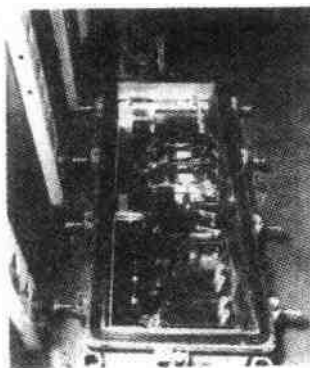


图 1-4 人孔内的中继器

全国规模的传输网实现数字化的决定是在光传输系统出现之后。同轴电缆传输衰减对频率 f 来说以 $\sqrt{f}$ 的形式增大,因此,如果通过提高传输速率实现大容量化,则必须压缩中继间隔。如图 1-4 所示,DC-400M 系统是在间隔 1.5km 的人孔中设置中继器,进行多中继传输的。因此,经济方面有一定限

度。70年代进行过中继间隔保持一定、使用多值码的大容量系统开发研究,但在经济化方面不可能从根本上解决。作为打破同轴电缆传输容量界限的传输媒体是光缆的出现。光缆的特点有宽频带、低损耗性能,适用长距离传输通信。

图1-5示出了数字传输方式大容量化的发展情况。1981年初次开始采用光传输方式,当时使用了多模(GI)光纤。后来随着光缆、光源等技术的进步和系统构成方面的研究,主要使用了单模光纤。1983年开始采用 $1.3\mu\text{m}$ 波长的 400Mb/s 传输方式,于1985年开通了从北海道到九州纵贯日本的传输系统。

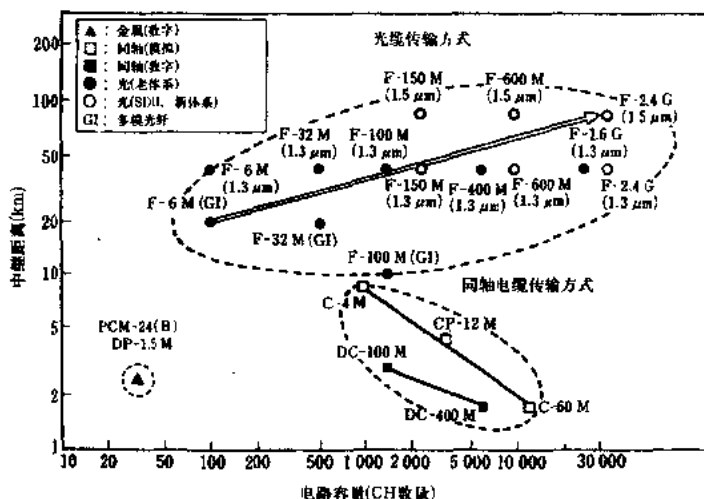


图1-5 数字传输方式的发展情况

关于单模光缆在 Gb/s 高速脉冲传输方面,向制约中继距离因素少的 $1.55\mu\text{m}$ 波长零色散光纤变迁。目前已使用这种光纤,其中继距离达到了 80km ,拥有相当于 2.4Gb/s ,即电话32000路传输容量的系统,1990年12月供商用化。同时,光缆的初期使用了24芯,也开发了100芯等多芯光缆,其结果是每一路由的传输容量达 $2.4\text{Gb/s} \times 50$ 系统,即超过了 100Gb/s 容量。这样仅以电话

及已开通业务的窄带 ISDN 系统为对象的传输系统已实现大容量化。

关于无线方面,初期使用了 20L-P1 系统即 20GHz 准毫米波段,中继间隔短只有 3km,对改善经济效益和路由选择存在着一定的制约条件。后来又陆续开发出 4、5、6GHz 微波段的数字传输方式。该系统的中继间隔为 50km,每一路由的总容量也超过 8 Gb/s,可分担与光传输方式相同的作用,为网络实现数字化作出了贡献。

1.2.2 只有大容量传输系统才能实现单一化网络

网的正式数字化是以 DC-400M 系统、20L-P1 系统的实用化为开端正式实现的。随着 1978 年同步终端系统的采用和 1981 年光传输系统的采用及 1982 年数字交换系统的采用,均加速了通信数字化发展的进程。如图 1-6 所示,当初的数字化长距离传输设备成本高,在电话局和中继站等各节点上设置了多级复用设备,进行了传输设备极为详细的安装设计。这就导致了网结构的复杂化,从而加深了运行维护的繁杂程度。

光传输系统具有容量大、传输距离长的特点,可飞跃性地降低设备成本。经济上比同轴电缆数字传输系统便宜一个数量级以上,大大降低了传输设备成本。从整个网的经济效益看,不需要在所有的节点上进行详细的安装设计。

利用图 1-6 和图 1-7 进行了从 A 点到 D 点的电路成本比较。图 1-6 是原有网络结构的状况,全部节点拥有相同的性能,由多级叠加的复用设备来实现。图 1-7 是新的网络结构状况,各节点因处理的电路数量大小不同,其性能也不一样,也就是大规模容量局由拥有交叉连接和复用功能的复用设备来实现,小规模容量局由只具备复用功能的复用设备来实现。

原有网络中,从 A 节点出发的电路 X 经由 B 节点、C 节点到达目的地 D 节点。各节点需要电路处理的成本,会大幅度地增