

电信高技术普及丛书

微波与卫星 SDH传输

陈如明 编著



人民邮电出版社

6-00
电信高技术普及丛书

微波与卫星 SDH 传输

陈如明 编著

人民邮电出版社

9510002

登记证号(京)143号

0028/09

图书在版编目(CIP)数据

微波与卫星 SDH 传输/陈如明编著. —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)

ISBN7-115-05237-9

I. 微 II. 陈… III. ①微波通信—数据传输②卫星通信—数据传输 IV. ①TN925②TN927

电信高技术普及丛书
微波与卫星 SDH 传输
陈如明 编著

*

人民邮电出版社出版发行
北京东长安街 27 号
北京顺义振华印刷厂印刷
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: 2.375 1994年6月 北京第1次印刷
字数: 50 千字 插页: 1 印数: 1—3 000 册

ISBN7-115-05237-9/TN·710

定价: 2.80 元

0028/09

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。

前 言

本世纪初期,信号时间域抽样及振幅域量化问世的同时,离散化处理开创了数字通信的新概念,而 1928 年瑞典科学家哈利·奈奎斯特(H·Nyquist)提出的取样点无失真传输准则和 1948 年美国贝尔研究所数学家克劳德·香农(C. Shannon)的两篇信息论著名论文则奠定了近代数字通信的理论基础。目前,在各种通信领域中数字通信全面取代模拟通信已成定局。

为克服数十年来准同步数字系列(PDH)传输的诸多明显缺陷,80 年代中、后期提出的同步数字系列(SDH)概念可说是近代数字通信网路构成发展的一个重要里程碑,它将支撑宽带综合业务数字网(B-ISDN),形成一种较理想的新一代传送网体制。

SDH 的构想源于同步光纤网(SONET),它特别适宜于宽带、高速、综合业务数字传输,从而对频带利用潜力较差的微波与卫星之类介质的未来发展带来了明显的冲击和影响。然而,作为近代通信网构成中与光纤介质补充配合的微波、卫星等无线传输手段,无疑将成为 ISDN 的重要链路环节。因此,随着光纤 SDH 传输的飞速发展,数字微波与卫星通信的 SDH 传输的加速发展与完善已成为当务之急。

我国通信事业在改革开放的大好形势下正飞速发展,因而及早从较高起点出发构成 SDH 数字传送网有着非常重要的战略意义。虽然目前光纤 SDH 传输已有较多资料可循,但数字微波与卫星通信的 SDH 传输资料尚少见,本书即拟填补这一空

白,提供给对此有迫切需要与兴趣的相关工作人员参考,为构成我国新一代完善的 SDH 近代通信网贡献一份力量。

本书虽不能详细论述更多的近代数字通信新概念与新技术,但期望文末相关文献可作其参考补充;同时,全书自成系统,有一定封闭性,以利于理解与阅读。

由于成稿匆草,兼之水平有限,错误不当之处在所难免,敬请批评指正。

陈如明

1993 年 12 月于北京

目 录

一、为什么要发展 SDH	1
1. PDH 的局限性	1
2. 从 SONET 构想至 SDH 相关建议的形成	2
3. SDH 传输的基本优越性	4
二、SDH 的信号结构及接口、传输规范	6
1. SDH 的比特速率	6
2. STM-1 的帧结构	8
3. SDH 的复接结构	10
4. SDH 的接口特性	13
(1) 光接口特性	13
(2) 电接口特性	14
(3) 数字微波和卫星 SDH 系统接口	14
5. SDH 传送网分层结构	16
6. 不同标准化组织的 SDH 传输标准间的关系及 差别	18
三、SDH 对形成新一代数字微波传输方式的冲击影响	22
1. 适应 SDH 要求的数字微波传输新对策与新技术 ...	22
(1) 更严格滚降滤波限带及高状态调制解调	23
(2) 高速编码调制及 Viterbi 检测技术	23
(3) 交叉极化同频再利用及单频中继	25

(4) 强有力衰落对抗新手段与高质量、高可靠传输新措施	25
2. 实现 SDH 数字微波传输的其它有关问题的考虑	28
(1) 网路接口问题	28
(2) 介质特殊功能问题	28
(3) 射频(中频)兼容互接问题	29
(4) Sub-STM-1 问题	29
(5) SDH 数字微波系统的射频波道倒换问题	32
四、新一代 SDH 数字微波及卫星通信系统规划与设计	37
1. 涉及 SDH 传输的 CCIR 波道间隔、容量配置及调制方式选择示例	36
2. 澳大利亚及新西兰的规划示例	37
3. 日本 NTT 的规划示例	38
4. 一些实际系统设计构成示例	40
(1) 日本 4、5、6G-300M 系统	40
(2) NEC 北美 128QAM 155Mbit/s 系统	43
(3) NT S/DMS 4/40 系统	45
5. 数字卫星通信 16QAM-STM-1 传输设计示例	47
五、SDH 数字微波传输网路构成	50
1. 从传输网路拓扑看 SDH 的优越性	50
2. SDH 自愈环构成	50
3. SDH 互连环结构	53
4. 更复杂的 SDH 网路拓扑结构	53
5. 高速数据 SDH 传输网构成	55
6. PDH/SDH 兼容并存网路管理	57
7. 借助 SDH 数字微波系统构成 SDH 网路	57
(1) 利用 SDH 数字微波系统闭合环路	57

(2) 利用 SDH 数字微波系统构成串联型网路单元	57
(3) 利用 SDH 数字微波系统作多介质传输网的备份手段 ...	58
(4) 无线 SMS 示例	59
 六、结束语	62
 参考文献	63

一、为什么要发展 SDH

同步数字系列(Synchronous Digital Hierarchy, SDH)的构想起始于 80 年代中期,由同步光纤网(SONET, Synchronous Optical Network, 亦称同步光网路)演变而成。它不仅适用于光纤传输,亦适用于微波及卫星等其它传输手段,并且使原有人工配线的数字交叉连接(DXC)手段可有效地按动态需求方式改变传输网拓扑,充分发挥网络构成的灵活性与安全性。而且在网路管理功能方面大大增强。因此,SDH 将成为 B-ISDN 的重要支撑,形成一种较为理想的新一代传送网(Transport Network)体制。

1. PDH 的局限性

数字通信技术的应用首先是从市话中继传输开始的。当时为适应非同步支路的灵活复接,采用塞入脉冲技术将准同步的低速支路信号复接为高速数字流。开始时的传输媒介首先是电缆,由于频带资源紧张,因此主要着眼于控制塞入抖动及节约辅助比特开销,根据国家/地区的技术历史原委形成了美、日、欧三种不同速率结构的准同步数字系列(PDH)。

随着 80 年代程控数字交换的大规模引入,数字通信应用从原有点对点传输发展为综合数字网,而且以光纤为代表的宽频带大容量传输技术的崛起进一步要求 PDH 向更高速率发展。

PDH 在实践中逐步暴露出一系列局限性:

① 虽说原则上 PDH 不排斥可跳群复接,但通常按逐级复用处理。因此当在某一传输节点从高速数字流中分出支路信号时,往往需配备背对背的逐级分/复接器,从而分支插入电路不灵活。

② 由于异步复接采用塞入脉冲方式控制抖动性能,速率愈高技术难度愈大,因此要适应光纤传输向更高次群传输,继续用 PDH 将更难实现。

③ PDH 各级信号帧中的预留辅助开销比特量很少,不利于进行操作管理和维护(OAM),亦不能适应近代电信管理网(TMN)的发展需要。

④ PDH 系统在各支路信号即使同源时仍需用塞入脉冲来调整速率,不能对未来网络需过渡到同步网而获得收益,亦不利于向 B-ISDN 方向发展。

⑤ PDH 存在北美、日本、欧洲三种不同系列,彼此难以兼容互通,从发展观点看这是一个极为严峻的问题。事实上 CCITT 从 1985 年即开始全面研究用户网络接口(UNI)以期支持 B-ISDN 业务,此时即发现由于现今有北美、日本、欧洲三种不同 PDH 的存在,不进一步研究与归一化网路节点接口(NNI)便不可能使 UNI 标准化。

2. 从 SONET 构想至 SDH 相关建议的形成

鉴于上述背景并首先基于 80 年代以来光纤通信技术的神速进展势头,使传输容量愈来愈大,带宽节省已不再构成选择速率级别的主要出发点,更主要的是要考虑网路运行的灵活性、可靠性,维护管理的方便性与有效性和对未来发展的适应性等等。

基于这一基本思想及上述 PDH 的一系列缺点,美国 Bellcore 在 1985 年提出了同步光纤网 (SONET) 的构想,在此基础上 CCITT 在 1988 年墨尔本会议上产生出一种在全球范围内统一的 NNI,形成所谓同步数字系列 (SDH),建立了 SDH 的第一批新建议书:G. 707, SDH 的比特速率;G. 708, SDH 的 NNI;G. 709, 同步复接结构。从此,SDH 被提上议事日程,引起各方面关注与快速响应,并于 1990 年及 1992 年两次修订完善,形成了一整套 SDH 的标准,而且目前还在继续增补完善中。已建立和正在起草的与 SDH 标准结构相关的一些建议编号与名称如下:

1. G. 707 SDH 比特速率;
2. G. 708 SDH 网路接点接口;
3. G. 709 同步复接结构;
4. G. 781 SDH 设备建议的结构;
5. G. 782 SDH 设备的类型和一般特性;
6. G. 783 SDH 设备的功能块特性;
7. G. 784 SDH 管理;
8. G. 957 SDH 设备和系统的复接口;
9. G. 959 SDH 光缆数字线路系统;
10. G. 774 SDH 管理信息模型;
11. G. 803 SDH 传送网结构;
12. G. 831 SDH 传送网性能和管理能力;
13. G. 825 SDH 数字网内抖动和漂移的控制;
14. G. 826 等于或高于一次群的恒定比特速率的国际数字通路的误码性能参数和指标;
15. G. 815 SDH 设备时钟的定时特性;
16. G. 703 系列化数字接口的物理/电气特性;

17. G. SDH_{int} SDH 网与其它网的互连;

18. G. xxx SDH 环形网结构。

其中,17、18 为两个尚在起草中的建议书。

3. SDH 传输的基本优越性

SDH 由一些基本网路单元(例如复接/去复接器,线路系统及数字交叉连接设备等)组成,对光纤、微波、卫星等多种介质上进行同步信息传输、复接/去复接和交叉连接,因而具有一系列优越性:

① 使北美、日本、欧洲三个地区性 PDH 数字传输系列在 STM-1 等级上获得了统一,真正实现了数字传输体制方面的全球统一标准。

② 其复接结构使不同等级的净负荷码流在帧结构上有规则排列,并与网路同步,从而可简单地借助软件控制即能实施由高速信号中一次分支/插入低速支路信号,避免了对全部高速信号进行逐级分解复接的作法,省却了全套背对背复接设备,这不仅简化了上、下业务作业,而且也使 DXC 的实施大大简化与动态化。

③ 帧结构中的维护管理比特大约占 5%,大大增强了网络维护管理能力,可实现故障检测、区段定位、业务中性能监测和性能管理,如单端维护等多种功能,有利于未来 B-ISDN 综合业务高质量、自动化运行。

④ 由于将标准接口综合进各种不同网路单元,减少了将传输和复接分开的必要性,从而简化了硬件构成,同时此接口亦成开放型结构,从而在通路上可实现横向兼容,使不同厂家产品在此通路上可互通,节约相互转换等成本及性能损伤。

⑤ SDH 信号结构中采用字节复接等设计已考虑了网络传输交换的一体化,从而在电信网的各个部分(长途、市话和用户网)中均能提供简单、经济、灵活的信号互连和管理,使得传统电信网各部分的差别渐趋消失,彼此直接互连变得十分简单、有效。

⑥ 网路结构上 SDH 不仅与现有 PDH 网能完全兼容,同时还能以“容器”为单位灵活组合,可容纳各种新业务信号,例如局域网中的光纤分布式数据接口(FDDI)信号,市域网中的分布排队双总线(DQDB)信号及宽带 ISDN 中的异步转移模式(ATM)信元等等,因此就现有及未来的兼容性而言均相当满意。

当然由于由 PDH 向 SDH 转换后附加了一系列辅助比特,对频带利用压力较大的介质如微波及卫星传输而言,将带来更多性能改善压力,在某种程度这也恰恰构成了一种促进其采用更高级更先进的传输技术以改善其频带/功率利用性能的巨大刺激力与推动力。

二、SDH 的信号结构及接口、传输规范

如上所述,CCITT 第 18 研究组在 1988 年墨尔本全会上建立了 SDH 的第一批新建议书,G.707~G.709,从而使 SDH 传输问题提上议事日程,引起各方面关注。尔后在 1990 年的 CCITT 18 组会议上对这些建议书又进行了修订并获得加速通过。从 1988 年至 1990 年 CCITT 共通过了 G.707~G.709, G.781~G.784, G.957~G.958 共 9 个建议书,1992 年又通过其它 7 个建议书,其工作速度为 CCITT 历史上罕见,这充分反映出各国对研制开发此 SDH 系统及网路的巨大热情。下面将以 SDH 信号结构及接口规范为重点,介绍这些新建议书的最主要内容,亦将涉及一些 SDH 传送网的分层功能和管理模型,并结合必要的光纤、微波、卫星 SDH 传输的相应特殊考虑。

1. SDH 的比特速率

CCITT 目前已规定的 SDH 同步传输模块(STM)第一级 STM-1 的比特速率为 155.520 Mbit/s。第 N 级 STM-N 可按字节同步复接获得,其 $f_{bN} = (155.520 \times N)$ Mbit/s。1990 年 G.707 版本中已正式从候补级中删除了 STM-8(1244.160 Mbit/s)及 STM-12(1860.240 Mbit/s),建议下述三种等级:

STM-1:155.520 Mbit/s

STM-4:622.080 Mbit/s

STM-16:2488.320Mbit/s

各级比特速率间满足 4 倍递增关系,更高速率的 STM-N 尚待标准化,例如第四个等级可能为

STM-64:9953.640Mbit/s

与 SONET 同步传送信号(STS)速率等级 STS-M 相比较,STM-N 为 STS-M 的 3 倍,即 STS-1 的速率为 51.840Mbit/s; STS-3 的速率相当于 STM-1 的速率,为 155.520Mbit/s; STS-12 的速率相当于 STM-4 的速率,为 622.080Mbit/s; STS-48 的速率相当于 STM-16 的速率,为 2488.320Mbit/s; STS-192 的速率相当于 STM-64 的速率,为 9953.280Mbit/s。与此相应 SONET 传输中光载波(OC)等级为 OC-M。M>48 的速率的 STS-M 亦尚待标准化。

标准 SONET 速率与 SDH 速率对比如表 2.1 所示。

表 2.1 标准 SONET 速率与 SDH 速率对比

光载波级别	STS 级别	SDH 级别	线路速率(Mbit/s)
OC-1	STS-1	Sub-STM-1	51.840
OC-3	STS-3	STM-1	155.520
OC-9	STS-9	(STM-3)	466.560
OC-12	STS-12	STM-4	622.080
OC-18	STS-18	(STM-6)	933.120
OC-24	STS-24	STM-8	1244.160
OC-36	STS-36	(STM-12)	1866.240
OC-48*	STS-48	STM-16	2488.320
OC-96	STS-96	(STM-32)	4976.640
OC-192	STS-192	STM-64	9953.280

* 注:OC-48 以上速率的标准化工作在研究中。

根据 SONET 的规范及微波、卫星介质频带较窄的特点, 1989 年 CCIR 第九研究组讨论决定, 为使实际构成灵活方便, 对 SDH 的数字微波传输, 可取用基本传送模块速率为 STM-1 的三分之一即 51.840Mbit/s , 相当于 STS-1, 称为 Sub-STM-1, 卫星传输亦可采用这一速率。

既定 SDH 格式首先针对光纤传输介质而确定, 因而不尽适合微波、卫星等介质的特殊传输需要。对数字微波传输而言, 一般不拟构成在射(中)频上兼容互接能力, 其线路传输比特亦不作硬性规定。对卫星传输而言, 例如象 INTELSAT(国际通信卫星组织, International Telecommunications Satellite Organization)这一具 131 个成员国的世界上最大的商业卫星通信组织, 在低容量 SDH 传输上, 为适应 2Mbit/s 及 6Mbit/s 相应支路单元信号的同步传送, 拟制定适应数字卫星传输的帧格式, 从而形成两个新的卫星同步传送模块 SSTM-1 及 SSTM-2。对 SSTM-1, 针对 2.048Mbit/s PDH 系列信号转为 SDH 传输的 2.304Mbit/s TU-12 信号后, 再转换成适应卫星传输的 2.368Mbit/s SSTM-1 信号。同理对 SSTM-2, 针对 6.312Mbit/s PDH 信号, 转为 SDH 传输的 6.912Mbit/s 的 TU-2 信号后, 再转换成适应卫星传输的 7.168Mbit/s SSTM-2 信号。这样对数字微波及数字卫星传输均可构成低、中、高三种速率挡次的 SDH 数字传输方式。

2. STM-1 的帧结构

STM-1 的帧结构如图 2.1 所示, 它为载荷区(Payload)及段前置位(SOH, 亦常称段开销)两大部分, 以矩阵结构表达, 共为 9 行, 270 列(字节), 帧长为 $125\mu\text{s}$ 。SOH 颇为复杂, 已考虑帧