

普通高等院校

电子信息类系列教材

SDH JiShu

SDH技术

(第2版)

© 孙学康 毛京丽 编



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

普通高等院校电子信息类系列教材

SDH 技术 (第 2 版)

孙学康 毛京丽 编

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

SDH技术 / 孙学康, 毛京丽编. —2版. —北京: 人民邮电出版社, 2009.7
(普通高等院校电子信息类系列教材)
ISBN 978-7-115-19984-3

I. S… II. ①孙…②毛… III. 光纤通信—同步通信网—高等学校—教材 IV. TN929.11

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第093411号

内 容 提 要

本书分为两部分共 10 章。第 1 部分包括第 1 章和第 2 章, 详细地介绍了 SDH 的基本概念以及 SDH 的复用、映射和定位等基本原理。第 2 部包括第 3 章至第 10 章, 内容侧重实际应用技术, 介绍 SDH 设备 (包括终端设备、分插复用设备、数字交叉连接设备、中继设备)、SDH 传输网的结构及其自愈功能、SDH 传输系统性能分析、基于 SDH 多业务传送平台、SDH 网络同步、SDH&MSTP 网络管理等实际问题。另外, 讨论了 SDH 在互联网、接入网中的应用方案以及 MSTP 在城域网中的应用方案, 并通过实例, 介绍了 SDH 网络规划设计内容。

本书可作为高等学校通信专业的教材, 也可供从事通信工作的工程技术人员参考。

普通高等院校电子信息类系列教材

SDH 技术 (第 2 版)

-
- ◆ 编 孙学康 毛京丽
责任编辑 滑 玉
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15
字数: 359 千字 2009 年 7 月第 2 版
印数: 20 501 - 23 500 册 2009 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19984-3/TN

定价: 26.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前言 (第2版)

随着 IP 业务的迅速发展,特别是各种多媒体应用的实用化,因特网已由简单的传送数据文件发展到普遍提供实时视频、音频通信及动画、广告等其他娱乐服务,数据传输量大大增加,因而对通信网络的服务质量提出了更高的要求。尽管 SDH 光传送网最初是针对话音业务而设计的,但其低传输损耗和高传输带宽的特点,特别是在基于 SDH 的多业务传送技术应用于城域网之后,使之成为高速数据业务的理想传输手段。SDH 技术得到了不断发展与进步,因此我们在《SDH 技术》第 1 版的基础上,作如下调整。

增加了有关基于 SDH 的多业务传送平台(MSTP)基本理论的内容,并在参照了相关 MSTP 技术协议标准的基础上,补充了 MSTP 网络管理及其 MSTP 在城域网中应用的内容,最后以实际网络应用为例,详细介绍了 SDH 网络设计中所涉及的网络结构、设备选型、通路组织、中继距离的确定等实际问题。同时取消了有关数字通信的预备知识和 SDH 微波传输系统相关内容。

本书主要作为通信专业本科生教材。在编写过程中,注意到应使其具有便于自学的特点,理论适中、内容实用,因而也可供从事通信方面工作的工程技术人员参考。

本书的第 1、2、6、8、10 章由毛京丽负责编写,第 3、4、5、7、9 章由孙学康负责编写。全书由李文海教授审稿。

感谢在本书的编写过程中做出贡献的李文海教授、张政教授、张金菊教授,还感谢为本书编写和出版给予帮助的北京邮电大学的石方文、刘勇等各位同事。

由于时间紧迫、学识有限,书中难免有不足之处,请不吝指正。

编者

2009 年 5 月

前言 (第1版)

本书主要作为通信专业本科生教材,在编写过程中,注意到应使其具有便于自学的特点,因而也可供从事通信方面工作的工程技术人员参考。

本书涉及到传输领域中的主要内容如下:

第一章主要介绍 SDH 的概念、特点、帧结构及段开销等。

第二章主要介绍 SDH 的复用结构以及映射、定位和复用的相关内容。

第三章主要介绍 SDH 设备(包括终端设备、分插复用设备、数字交叉连接设备、中继设备)。

第四章主要介绍 SDH 传输系统的基本结构,并对 SDH 光传输系统性能进行了详细的分析。

第五章主要论述 SDH 传输网的结构及其自愈功能。

第六章首先介绍网同步的基本概念,然后详细分析了 SDH 的网同步所涉及的一些问题。

第七章介绍 TMN 基础,并具体论述了有关 SDH 管理网(SMN)的一些问题。

第八章主要针对 SDH 在微波通信、因特网以及接入网中的应用进行了全面的分析和论述。

由于此教材涉及到了数字通信的基本理论,为此,在本书的开始扼要地编写了一段数字通信的基础知识,作为学习本书的预备知识。

本书的第一、二、六、七章以及预备知识由毛京丽编写;第三、四、五、八章由孙学康编写。全书由李文海教授审稿。

感谢为本书的编写做过贡献的李文海教授、张政教授、张金菊教授,还要感谢为本书编写和出版给予帮助的北京邮电大学网络教育学院的各位同事。

本书在编写过程中主要参考了韦乐平编著的《光同步数字传送网》、曾甫泉等编著的《光同步数字传输网技术》等书,在此表示深深的感谢。

由于时间紧迫、学识有限,书中难免有不足之处,请不吝指正。

编者
2002年3月

目 录

第 1 章 概述	1	2.4.3 2.048Mbit/s 信号复用、 定位、映射过程总结.....	42
1.1 PDH 的弱点.....	1	2.4.4 34.368Mbit/s 信号复用、 定位、映射过程总结.....	43
1.2 SDH 的概念.....	2	2.5 复用映射单元的参数.....	44
1.2.1 SDH 的概念.....	2	小结.....	45
1.2.2 SDH 网的基本网络单元 简介.....	3	复习题.....	46
1.3 SDH 的特点.....	5	第 3 章 SDH 设备	47
1.3.1 SDH 的特点.....	5	3.1 SDH 逻辑功能块.....	47
1.3.2 SDH 的缺点.....	6	3.1.1 基本功能块.....	47
1.4 SDH 的速率与帧结构.....	6	3.1.2 复合功能块.....	56
1.4.1 网络节点接口.....	6	3.1.3 辅助功能块.....	56
1.4.2 同步数字体系的速率.....	7	3.2 再生器.....	58
1.4.3 SDH 帧结构.....	7	3.2.1 SDH 物理接口 (1).....	59
1.4.4 段开销字节.....	8	3.2.2 再生器终端 (1).....	59
小结.....	13	3.2.3 再生器终端 (2).....	60
复习题.....	15	3.2.4 SDH 物理接口 (2).....	60
第 2 章 同步复用与映射方法	16	3.3 复用设备.....	60
2.1 复用结构.....	16	3.3.1 终端复用设备.....	60
2.1.1 SDH 的一般复用结构.....	16	3.3.2 分插复用器.....	62
2.1.2 复用单元.....	16	3.3.3 复用器类型 IV.....	63
2.1.3 我国的 SDH 复用结构.....	18	3.3.4 复用设备的抖动和漂移 性能.....	63
2.2 映射.....	20	3.4 数字交叉连接器.....	66
2.2.1 映射的概念.....	20	3.4.1 问题的提出.....	66
2.2.2 通道开销.....	20	3.4.2 DXC 的基本功能.....	66
2.2.3 映射方式的分类.....	23	3.4.3 DXC 的特点及与数字 交换机的区别.....	66
2.2.4 映射过程.....	24	3.4.4 DXC 设备连接类型.....	67
2.3 定位.....	33	3.4.5 DXC 设备性能要求.....	70
2.3.1 定位的概念及指针的 作用.....	33	小结.....	71
2.3.2 指针调整原理及指针 调整过程.....	34	复习题.....	72
2.4 复用.....	39	第 4 章 SDH 光传输系统及其 性能分析	73
2.4.1 复用的概念.....	39		
2.4.2 复用过程.....	39		

4.1 SDH 光传输系统	73	6.1 网同步的基本概念	132
4.1.1 点到点链状线路系统	73	6.1.1 网同步的概念	132
4.1.2 环路系统	73	6.1.2 网同步的必要性	132
4.2 SDH 线路性能分析	76	6.1.3 网同步的方式	134
4.2.1 衰减与色散对中继距离的 影响	76	6.1.4 时钟类型和工作模式	136
4.2.2 10Gbit/s 及 10Gbit/s 以上 的 SDH 光线路	81	6.2 SDH 的网同步	137
4.2.3 使用光放大器的 SDH 高速线路	82	6.2.1 SDH 的引入对网 同步的影响	137
4.3 SDH 网络性能指标	84	6.2.2 SDH 网同步结构	137
4.3.1 SDH 网络性能指标	84	6.2.3 SDH 网同步的工作 方式	139
4.3.2 SDH 网络的误码性能	85	6.2.4 对 SDH 网同步的要求	140
4.3.3 SDH 网络抖动性能	88	6.2.5 SDH 网元时钟的 定时方法	141
4.3.4 SDH 网络延时特性	91	小结	142
4.4 SDH 光接口、电接口 技术标准	93	复习题	143
4.4.1 SDH 光接口、电接口的 界定	93	第 7 章 基于 SDH 的多业务 传送平台	145
4.4.2 SDH 光接口技术指标	95	7.1 MSTP 的基本概念及特点	145
4.4.3 SDH 电接口技术指标	102	7.2 MSTP 中的关键技术	146
小结	105	7.2.1 级联与虚级联	146
复习题	106	7.2.2 链路容量调整方案	149
第 5 章 SDH 传送网络结构和 自愈网	107	7.2.3 通用成帧协议	151
5.1 SDH 传送网	107	7.2.4 智能适配层	155
5.1.1 传送网的基本概念	107	7.3 多业务传送平台	155
5.1.2 分层与分割的概念	108	7.3.1 以太网业务在 MSTP 中的实现	155
5.1.3 SDH 网络拓扑结构	113	7.3.2 ATM 业务在 MSTP 中的实现	157
5.2 自愈网	118	7.3.3 TDM 业务在 MSTP 中的实现	158
5.2.1 自愈网的概念	118	7.4 MPLS 技术在 MSTP 中的应用	158
5.2.2 自动线路保护倒换	118	7.4.1 MPLS 技术基础	158
5.2.3 环路保护	121	7.4.2 MPLS 技术在 MSTP 中的应用	160
5.2.4 DXC 保护	129	7.5 弹性分组环技术在 MSTP 中的应用	162
5.2.5 混合保护	130	7.5.1 弹性分组环基础理论	162
5.2.6 各种自愈网的比较	130		
小结	130		
复习题	131		
第 6 章 SDH 的网同步	132		

7.5.2 RPR 技术在 MSTP 中的应用	169	9.1.2 实现宽带 IP 网络的 主要技术	197
小结	170	9.1.3 IP over SDH 技术	202
复习题	171	9.1.4 基于 SDH 的吉比特 以太网技术	205
第 8 章 SDH 与 MSTP 网络管理	172	9.2 SDH 在接入网中的应用	209
8.1 电信管理网基础	172	9.2.1 在接入网中应用 SDH 的主要优势	209
8.1.1 电信管理网的基本 概念	172	9.2.2 SDH 在接入网中的 应用方案	210
8.1.2 TMN 的管理层次、 管理功能和管理业务	173	9.3 MSTP 技术在城域网 中的应用	211
8.1.3 电信管理网的体系结构	176	9.3.1 城域网建设技术策略	211
8.2 SDH 管理网	181	9.3.2 核心层组网方案	212
8.2.1 SDH 管理网的基本 概念	181	9.3.3 汇聚层组网方案	213
8.2.2 SDH 管理子网	182	9.3.4 接入层组网方案	215
8.2.3 SDH 管理网的分层 结构	184	9.4 MSTP 在 IP 承载网 中的应用	217
8.2.4 SDH 管理功能	185	小结	217
8.2.5 ECC 协议栈	186	复习题	218
8.3 MSTP 的网络管理	188	第 10 章 SDH 传输网的规划设计	219
8.3.1 对 MSTP 网络管理的 要求	188	10.1 SDH 传输网规划设计的 原则	219
8.3.2 MSTP 网络管理体系 结构	189	10.2 SDH 传输网规划设计的 内容	220
8.3.3 MSTP 网络管理功能	190	10.2.1 SDH 传输网规划 设计的内容	220
8.3.4 网元管理系统与网络 管理系统接口功能	192	10.2.2 SDH 传输网规划 设计举例	220
小结	194	小结	227
复习题	196	复习题	228
第 9 章 SDH 和 MSTP 的应用	197	参考文献	229
9.1 SDH 在 Internet 中的应用	197		
9.1.1 Internet	197		

21 世纪人类进入高度发达的信息社会，这就要求高质量的信息服务与之相适应，也就是要求现代通信网向着数字化、综合化、宽带化、智能化和个人化方向发展。传输系统是现代通信网的主要组成部分，而传统的准同步数字体系（PDH）有其自身的一些弱点，为了适应通信网的发展，需要一个新的传输体制，同步数字体系（SDH）则应运而生。

本章首先分析 PDH 的弱点，然后引出 SDH 的概念及特点，最后介绍 SDH 的速率和帧结构。

1.1 PDH 的弱点

现在的 PDH 传输体制已不能适应现代通信网的发展要求，其弱点主要表现在如下几个方面。

1. 没有全世界统一的标准

PDH 只有地区性数字信号速率和帧结构标准而没有世界性标准。从 20 世纪 70 年代初期至今，全世界数字通信领域有两个基本系列：以 2048kbit/s 为基础的原 CCITT（现为 ITU-T）G. 732, G. 735, G. 736, G. 742, G. 744, G. 745 及 G. 751 等建议构成的一个系列和以 1544kbit/s 为基础的原 CCITT G. 733, G. 734, G. 743 及 G. 746 等建议构成的一个系列，而 1544kbit/s 系列又有北美、日本之分，三者互不兼容，造成国际互通困难。

2. 没有世界性的标准光接口规范

由于 PDH 没有世界性的标准光接口规范，导致各个厂家自行开发的专用光接口大量出现。不同厂家生产的设备只有通过光/电变换成标准电接口（G. 703 建议）才能互通，而光路上无法实现互通和调配电路，限制了联网运用的灵活性，增加了网络运营成本。

3. 采用异步复用，复用结构缺乏灵活性

PDH 准同步系统的复用结构，除了几个低等级信号（如 2048kbit/s, 1544kbit/s）采用同步复用外，其他多数等级信号采用异步复用，即靠塞入一些额外的比特使各支路信号与复用设备同步并复用成高速信号。这种方式难以从高速信号中识别和提取低速支路信号。为了上、下电路，必须将整个高速线路信号一步一步分解成所需要的低速支路信号等级，上、下支路信号后，再一步一步复用成高速线路信号进行传输。复用结构复杂，缺乏灵活性，硬件数量大，

上、下业务费用高。图 1-1 给出了从一个 140Mbit/s 信号中分出、插入一个 2Mbit/s 信号所经历的过程。

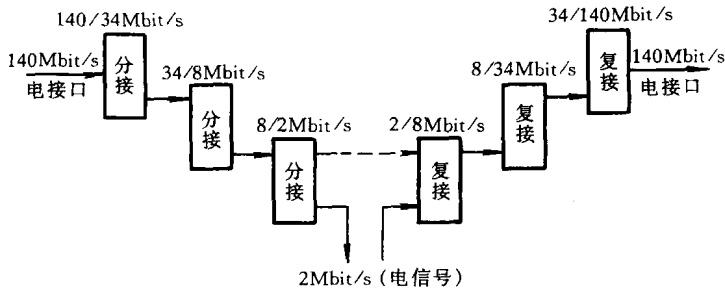


图 1-1 PDH 中分插支路信号的过程

4. 采用按位复接

复接方式大多采用按位复接，虽然节省了复接所需的缓冲存储器容量，但破坏了一个字节的完整性，不利于以字节为单位的现代信息交换。目前缓冲存储器容量的增大不再是困难的，大规模存储器容量已能满足 PCM 三次群一帧的需要。

5. 网络管理能力不强

复用信号的结构中用于网络运行、管理、维护 (OAM) 的比特很少，网络的 OAM 主要靠人工的数字交叉连接和停业务检测，这种方式已经不能适应不断演变的电信网的要求。

6. 数字通道设备利用率低

由于建立在点对点传输基础上的复用结构缺乏灵活性，使数字通道设备利用率很低。非最短的通道路由占了业务流量的大部分。例如，北美大约有 77% 的 DS₃ (45Mbit/s) 速率的信号传输需要一次以上的转接，仅有 23% 的 DS₃ 速率信号是点到点一次传输。可见目前的体制无法提供最佳的路由选择，也难以迅速、经济地为用户提供电路和业务，包括对电路带宽和业务提供在线的实时控制。

基于传统的准同步数字体系的上述弱点，它已不能适应现代电信网和用户对新要求，必须从技术体制上对传输系统进行根本的改革，找到一种有机地结合高速大容量光纤传输技术和智能网络技术的新体制。这就产生了美国提出的光同步传输网 (SONET)。

这一概念最初由贝尔通信研究所提出，1988 年被原 CCITT 接受并加以完善，重新命名为同步数字体系 (SDH)，使之成为不仅适用于光纤，也用于微波和卫星传输的通用技术体制，SDH 体制的采用将使通信网发展进入一个崭新的阶段 (注：SDH 网基本上采用光纤传输，只是当个别地方地形不好时，可以借助于微波、卫星传输)。

1.2 SDH 的概念

1.2.1 SDH 的概念

SDH 网是由一些 SDH 的网络单元 (NE) 组成的，在光纤上进行同步信息传输、复用、

分插和交叉连接的网络（SDH 网中不含交换设备，它只是交换局之间的传输手段）。SDH 网的概念中包含以下几个要点。

(1) SDH 网有全世界统一的网络节点接口（NNI），从而简化了信号的互通以及信号的传输、复用、交叉连接等过程。

(2) SDH 网有一套标准化的信息结构等级，称为同步传递模块 STM-N ($N=1, 4, 16, 64$)，并具有一种块状帧结构，允许安排丰富的开销比特（即比特流中除去信息净负荷后的剩余部分）用于网络的 OAM。

(3) SDH 网有一套特殊的复用结构，允许现存准同步数字体系、同步数字体系和 B-ISDN 的信号都能纳入其帧结构中传输，即具有兼容性和广泛的适应性。

(4) SDH 网大量采用软件进行网络配置和控制，增加新功能和特性非常方便，适合将来不断发展的需要。

(5) SDH 网有标准的光接口，即允许不同厂家的设备在光路上互通。

(6) SDH 网的基本网络单元有终端复用器（TM）、分插复用器（ADM）、再生中继器（REG）和同步数字交叉连接设备（SDXC）等。

1.2.2 SDH 网的基本网络单元简介

本书第 3 章将详细介绍 SDH 网的几种基本网络单元。为了方便读者学习，在此先简单介绍一下终端复用器（TM）、分插复用器（ADM）、再生中继器（REG）和同步数字交叉连接设备（SDXC）的作用。

1. 终端复用器和分插复用器

SDH 网的基本网络单元中最重要的两个网络单元是终端复用器和分插复用器。以 STM-1 等级为例，其各自的功能如图 1-2 和图 1-3 所示。

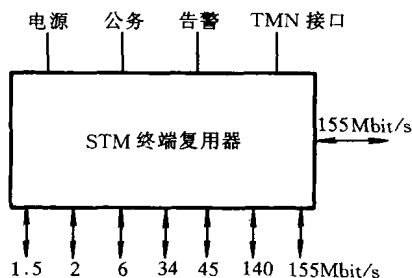


图 1-2 STM-1 终端复用器

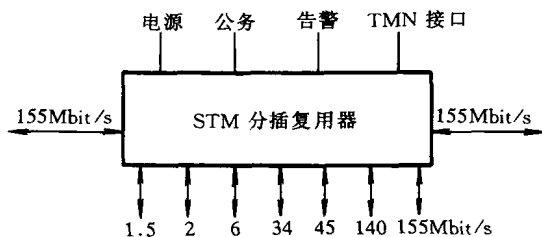


图 1-3 STM-1 分插复用器

终端复用器（TM）的主要任务是将低速支路信号纳入 STM-1 帧结构，并经电/光转换成为 STM-1 光线路信号，其逆过程正好相反。

分插复用器（ADM）将同步复用和数字交叉连接功能综合于一体，具有灵活地分插任意支路信号的能力，在网络设计上有很大灵活性。另外，ADM 也具有电/光转换、光/电转换功能。

以从 140Mbit/s 的码流中分插一个 2Mbit/s 低速支路信号为例，来比较一下传统的

PDH 和新的 SDH 的工作过程。在 PDH 系统中, 为了从 140Mbit/s 码流中分插一个 2Mbit/s 支路信号需要经过 140/34Mbit/s, 34/8Mbit/s, 8/2Mbit/s 三次分接后才能取出一个 2Mbit/s 的支路信号, 然后, 一个 2Mbit/s 的支路信号需再经 2/8Mbit/s, 8/34Mbit/s, 34/140Mbit/s 三次复接后才能得到 140Mbit/s 的信号码流 (见图 1-1)。而采用 SDH 分插复用器后, 可以利用软件一次分插出 2Mbit/s 支路信号, 十分简便, 如图 1-4 所示。

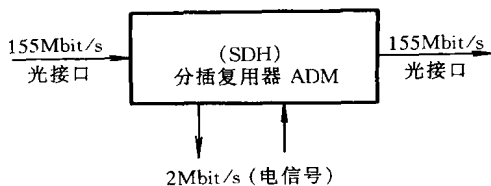


图 1-4 SDH 分插信号流图示

2. 再生中继器

再生中继器 (REG) 是光中继器, 其作用是将光纤长距离传输后受到较大衰减及色散畸变的光脉冲信号转换成电信号或进行放大、整形、再定时、再生为规划的电脉冲信号, 再调制光源变换为光脉冲信号送入光纤继续传输, 以延长通信距离。

3. 同步数字交叉连接设备

简单地说, 数字交叉连接设备 (DXC) 的主要作用是实现支路之间的交叉连接。这个支路的含义是广义的。在 PDH 中支路指的是 PCM 各次群 (也叫 PDH 支路信号); 在 SDH 中 DXC 实现交叉连接的支路可以是各同步传递模块 STM-N ($N=1, 4, 16, 64$), 也可以是更低等级的信号, 包括 PDH 的各支路信号及各种虚容器 (有关虚容器的概念参见本书第 2 章); 在数字数据网 (DDN) 中, 本地局内的 DXC 其交叉连接的支路指的是 64kbit/s (或 32kbit/s, 16kbit/s 及 8kbit/s) 的信号, 而在骨干节点机中的 DXC 其交叉连接的支路指的是 PCM 各次群。

DXC 的作用与交换机不同。交换机实现的是用户之间的动态连接, 用户有权改变这个连接; 而 DXC 实现的是支路之间的交叉连接, 是半永久性的连接, 用户无权改变这个连接, 这个连接的改变是由网管中心控制。

DXC 的应用非常广泛, 在 SDH 中使用的 DXC 称为同步数字交叉连接设备 (SDXC)。SDXC 除了可以实现支路之间的交叉连接以外, 还兼有复用、配线、光/电和电/光转换、保护/恢复、监控及网管等多种功能。实际中常常把数字交叉连接的功能内置在 ADM 中, 或者说 ADM 包括了数字交叉连接的功能。

几种基本网络单元在 SDH 网中的使用 (连接) 方法之一, 如图 1-5 所示。

图 1-5 中标出了实际系统组成中的再生段、复用段和通道。

再生段——再生中继器 (REG) 与终端复用器 (TM) 之间, 再生中继器与分插复用器 (ADM) 或 SDXC 之间以及再生中继器与再生中继器之间称为再生段。再生段两端的 REG、TM 及 ADM (或 SDXC) 称为再生段终端 (RST)。

复用段——终端复用器与分插复用器 (或 SDXC) 之间及分插复用器与分插复用器之间称为复用段。复用段两端的 TM 及 ADM (或 SDXC) 称为复用段终端 (MST)。

通道——终端复用器之间称为通道。通道两端的 TM 称通道终端 (PT)。

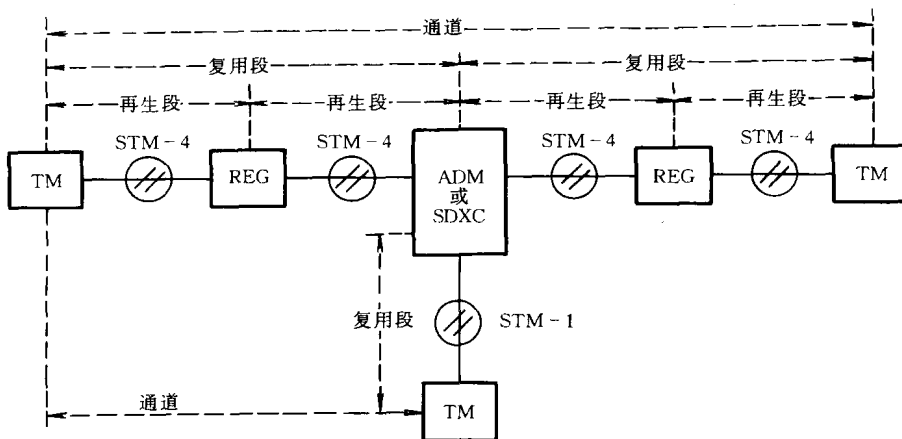


图 1-5 基本网络单元在 SDH 网中的使用

1.3 SDH 的特点

1.3.1 SDH 的特点

SDH 的特点主要体现在如下几个方面。

1. 有全世界统一的数字信号速率和帧结构标准

SDH 把北美、日本和欧洲、中国流行的两大准同步数字体系（三个地区性标准）在 STM-1 等级上获得统一，第一次实现了数字传输体制上的世界性标准。

2. 同步复用

采用同步复用方式和灵活的复用映射结构，净负荷与网络是同步的。因而只需利用软件控制即可使高速信号一次分接出支路信号，即所谓一步复用特性。这样既不影响别的支路信号，又避免了对整个高速复用信号都分解，省去了全套背靠背复用设备，使上、下业务十分容易，也使数字交叉连接（DXC）的实现大大简化。

3. 强大的网络管理能力

SDH 帧结构中安排了丰富的开销比特（约占信号的 5%），因而使得 OAM 能力大大加强。智能化管理，使得信道分配、路由选择最佳化。许多网络单元的智能化，通过嵌入在段开销（SOH）中的控制通路可以使部分网络管理功能分配到网络单元，实现分布式管理。

4. 有标准的光接口

将标准的光接口综合进各种不同的网络单元，减少了将传输和复用分开的需要，从而简化了硬件，缓解了布线拥挤。同时有了标准的光接口信号，使光接口成为开放型的接口，可以在光路上实现横向兼容，各厂家产品都可在光路上互通。

5. 具有兼容性

SDH 与现有的 PDH 网络完全兼容, 即可兼容 PDH 的各种速率, 同时还能方便地容纳各种新业务信号。它具有信息净负荷的透明性, 即网络可以传送各种净负荷及其混合体而不管其具体信息结构如何。它又具有定时透明性, 通过指针调整技术, 容纳不同时钟源 (非同步) 的信号 (如 PDH 系列信号) 映射进来传输而保持其定时时钟。

6. 按字复用

SDH 的信号结构的设计考虑了网络传输和交换的最佳性。以字节为单位复用与信息单元相一致。在电信网的各个部分 (长途、市话和用户网) 都能提供简单、经济和灵活的信号互连和管理。

上述特点中最核心的有三条:

- 同步复用;
- 标准光接口;
- 强大的网络管理能力。

1.3.2 SDH 的缺点

SDH 也有不足之处, 主要体现在如下几个方面。

- (1) 频带利用率不如传统的 PDH 系统 (这一点可从第 2 章介绍的复用结构中看出)。
- (2) 大规模使用软件控制和将业务量集中在少数几个高速链路和交叉节点上, 这些关键部位出现问题可能导致网络的重大故障, 甚至造成全网瘫痪。
- (3) 采用指针调整技术会产生较大的抖动, 造成传输损伤。
- (4) SDH 与 PDH 互连时 (在从 PDH 到 SDH 的过渡时期, 会形成多个 SDH “同步岛” 经由 PDH 互连的局面), 由于指针调整产生的相位跃变使经过多次 SDH/PDH 变换的信号在低频抖动和漂移上比纯粹的 PDH 或 SDH 信号更严重 (有关抖动和漂移的概念及指针调整会产生相位抖动的问题请参见第 2 章)。

尽管 SDH 有这些不足, 但它比传统的 PDH 体制有着明显的优越性, 必将最终取代 PDH 传输体制。

1.4 SDH 的速率与帧结构

要确立一个完整的数字体系, 必须确立一个统一的网络节点接口, 定义一整套速率和数据传送格式以及相应的复接结构 (即帧结构)。

1.4.1 网络节点接口

网络节点接口 (NNI) 是实现 SDH 网的关键。从概念上讲, 网络节点接口是网络节点之间的接口, 从实现上看它是传输设备与其他网络单元之间的接口。如果能规范一个唯一的标准, 它不受限于特定的传输媒介, 也不局限于特定的网络节点, 而能结合所有不同的传输设备和网络节点, 构成一个统一的传输、复用、交叉连接和交换接口, 则这个 NNI 对于网

网络的演变和发展具有很强的适应性和灵活性，并最终成为一个电信网的基础设施。NNI 在网络中的位置如图 1-6 所示。

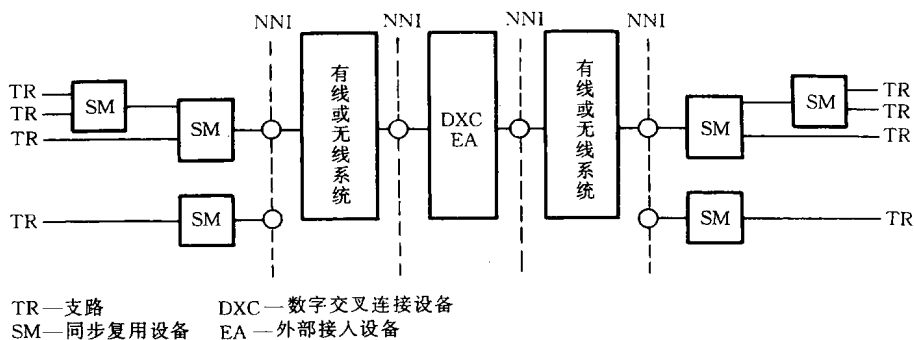


图 1-6 NNI 在网络中的位置

1.4.2 同步数字体系的速率

同步数字体系最基本的模块信号（即同步传递模块）是 STM-1，其速率为 155.520Mbit/s。更高等级的 STM-N 信号可以是将基本模块信号 STM-1 同步复用、字节间插的结果。其中 N 是正整数。目前 SDH 只能支持一定的 N 值，即 N 为 1, 4, 16, 64。

ITU-T G.707 建议规范的 SDH 标准速率如表 1-1 所示。

表 1-1 SDH 标准速率

等 级	STM-1	STM-4	STM-16	STM-64
速率 (Mbit/s)	155.520	622.080	2 488.320	9 953.280

1.4.3 SDH 帧结构

SDH 的帧结构必须适应同步数字复用、交叉连接和交换的功能，同时也希望支路信号在一帧中均匀分布、有规律，以便接入和取出。ITU-T 最终采纳了一种以字节为单位的矩形块状（或称页状）帧结构，如图 1-7 所示。

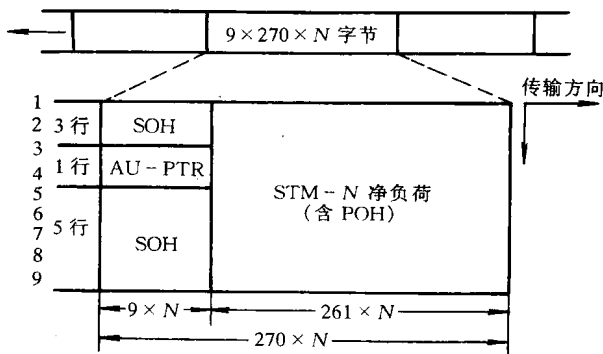


图 1-7 SDH 帧结构

STM-N 由 $270 \times N$ 列 9 行组成，即帧长度为 $270 \times N \times 9$ 个字节或 $270 \times N \times 9 \times 8$ 个比

特。帧周期为 $125\mu\text{s}$ (即一帧的时间)。

对于 STM-1 而言, 帧长度为 $270 \times 9 = 2430$ 个字节, 相当于 19440bit , 帧周期为 $125\mu\text{s}$, 由此可算出其比特速率为 $270 \times 9 \times 8 / 125 \times 10^{-6} = 155.520\text{Mbit/s}$ 。

这种块状 (页状) 结构的帧结构中各字节的传输是从左到右、由上而下按行进行的, 即从第 1 行最左边字节开始, 从左向右传完第 1 行, 再依次传第 2 行、第 3 行等, 直至整个 $9 \times 270 \times N$ 个字节都传送完再转入下一帧, 如此一帧一帧地传送, 每秒共传 8000 帧。

由图 1-7 可见, 整个帧结构可分为三个主要区域。

1. 段开销区域

段开销 (section overhead, SOH) 是指 STM 帧结构中为了保证信息净负荷正常、灵活传送所必需的附加字节, 是供网络运行、管理和维护 (OAM) 使用的字节。

帧结构的左边 $9 \times N$ 列 8 行 (除去第 4 行) 属于段开销区域。对于 STM-1 而言, 它有 72 字节 (576bit), 由于每秒传送 8000 帧, 因此, 共有 4.608Mbit/s 的容量用于网络的运行、管理和维护。

2. 净负荷区域

信息净负荷 (payload) 区域是帧结构中存放各种信息负载的地方, 图 1-7 中横向第 $10 \times N \sim 270 \times N$, 纵向第 1 行到第 9 行的 $2349 \times N$ 个字节都属此区域。对于 STM-1 而言, 它的容量大约为 150.336Mbit/s , 其中含有少量的通道开销 (POH) 字节, 用于监视、管理和控制通道性能, 其余荷载业务信息 (详情后述)。

3. 管理单元指针区域

管理单元指针 (AU-PTR) 用来指示信息净负荷的第一个字节在 STM-N 帧中的准确位置, 以便在接收端能正确地分解。

在图 1-7 帧结构中第 4 行左边的 $9 \times N$ 列分配给指针用, 即属于管理单元指针区域。对于 STM-1 而言它有 9 个字节 (72bit)。采用指针方式, 可以使 SDH 在准同步环境中完成复用同步和 STM-N 信号的帧定位。

1.4.4 段开销字节

SDH 帧结构中安排有两大类开销: 段开销 (SOH) 和通道开销 (POH), 它们分别用于段层和通道层的维护。

SOH 中包含定帧信息, 用于维护与性能监视的信息以及其他操作功能。SOH 可以进一步划分为再生段开销 (RSOH, 占第 1 至第 3 行) 和复用段开销 (MSOH, 占第 5 至第 9 行)。每经过一个再生段更换一次 RSOH, 每经过一个复用段更换一次 MSOH。

1. STM-1 段开销字节的安排和功能

(1) STM-1 段开销字节的安排

各种不同 SOH 字节在 STM-1 帧内的安排分别如图 1-8 所示。

(2) SOH 字节的功能

① 帧定位字节 A1 和 A2

SOH 中的帧定位字节 A1 和 A2 字节用来识别帧的起始位置。A1 为 11110110, A2 为 00101000。STM-1 帧内集中安排有 6 个帧定位字节, 占帧长的大约 0.25%。选择这种帧定位长度是综合考虑了各种因素的结果, 主要是伪同步概率和同步建立时间。根据现有安排, 产生伪同步的概率等于 $(\frac{1}{2})^{48} = 3.55 \times 10^{-15}$, 几乎为 0, 同步建立时间也可以大大缩短。

② 再生段踪迹字节 J0

J0 字节在 STM-N 中位于 S (1, 7, 1) 或 [1, 6N+1]。该字节被用来重复地发送“段接入点标识符”, 以便使段接收机能据此确认其是否与指定的发射机处于持续连接状态。

在一个国内网络内或单个营运者区域内, 该段接入点标识符可用一个单字节 (包含 0~255 个编码) 或 ITU-T 建议 G. 831 规定的接入点标识符格式。在国际边界或不同营运者的网络边界, 除双方另有协议外, 均应采用 G. 831 的格式。

对于采用 C1 字节 (STM 识别符: 用来识别每个 STM-1 信号在 STM-N 复用信号中的位置, 它可以分别表示出复列数和间插层数的二进制数值, 还可以帮助进行帧定位) 的老设备与采用 J0 字节的新设备的互通, 可以用 J0 为“00000001”表示“再生段踪迹未规定”来实现。

③ 数据通信通路 D1~D12

SOH 中的 (DCC) 用来构成 SDH 管理网 (SMN) 的传送链路。其中 D1~D3 字节称为再生段 DCC, 用于再生段终端之间交流 OAM 信息, 速率为 192kbit/s ($3 \times 64\text{kbit/s}$); D4~D12 字节称为复用段 DCC, 用于复用段终端之间交流 OAM 信息, 速率为 576kbit/s ($9 \times 64\text{kbit/s}$)。这总共 768kbit/s 的数据通路为 SDH 网的管理和控制提供了强大的通信基础结构。

④ 公务字节 E1 和 E2

公务字节 E1 和 E2 用来提供公务联络语音通路。E1 属于 RSOH, 用于本地公务通路, 可以在再生器接入。而 E2 属于 MSOH, 用于直达公务通路, 可以在复用段终端接入。公务通路的速率为 64kbit/s。

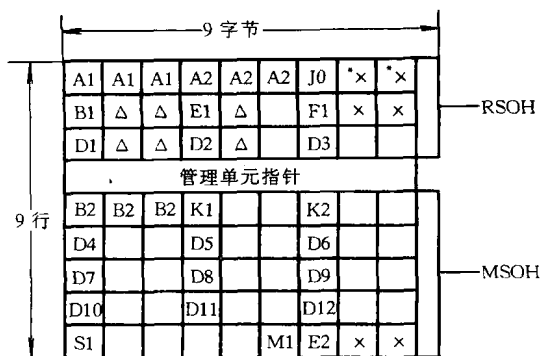
⑤ 使用者通路字节 F1

该字节保留给使用者 (通常指网络提供者) 专用, 主要为特定维护目的而提供临时的数据/语音通路连接。

⑥ 比特间插奇偶检验 8 位码字节 B1

比特间插奇偶检验 8 位码 (BIP-8) 字节 B1 用作再生段误码监测。

这是使用偶校验的比特间插奇偶校验码。BIP-8 是对扰码后的上一个 STM-N 帧的所有



注: Δ 为与传输媒质有关的特征字节 (暂用);
× 为国内使用保留字节;
* 为不扰码字节;
所有未标记字节待将来国际标准确定 (与媒质有关的应用, 附加国内使用和其他用途)。

图 1-8 STM-1 SOH 字节安排