

“十五”国家重点图书出版规划项目：**光通信技术丛书**

SDH 原理与技术

SDH YUANLI YU JISHU

编著 肖萍萍 吴健学
周 芳 胡春琳



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>

TN914.332

1

SDH 原理与技术

肖萍萍 吴健学 周芳 胡春琳 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书是从介绍 SDH 的特点及发展趋势入手,详细介绍了 SDH 的速率与帧结构、复用结构、映射方法与指针调整技术;SDH 网络保护与恢复技术;SDH 设备原子功能模型;SDH 网同步的结构、规划及 BITS 定时系统;光线路系统与光接口技术;SDH 网络的传输性能分析;SDH 网络管理协议等。

全书参考了 ITU-T 2000 年以来的最新协议,概念清晰、内容丰富,有较强的系统性和实用性。本书可作为理工科院校通信工程、电子信息工程等专业课教材,也可作为从事电信工作的专业技术人员和管理人员的培训教材或自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

SDH 原理与技术/肖萍萍等编著. —北京:北京邮电大学出版社,2002

ISBN 7-5635-0568-7

I. S... II. 肖... III. 同步通信网 IV. TN915.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 003736 号

书 名: SDH 原理与技术

编 著: 肖萍萍 吴健学 周 芳 胡春琳

责任编辑: 徐夙琨 王守平

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)

电话传真: 010-62282185(发行部) 010-62283578(FAX)

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷厂印刷

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张: 18.75

字 数: 477 千字

印 数: 1—5 000 册

版 次: 2002 年 3 月第 1 版 2002 年 3 月第 1 次印刷

序

“千里眼、顺风耳”是古代人们在神话故事中的憧憬和向往，“秀才不出门，能知天下事”是人们长期以来的一种美好愿望，在信息技术高度发达的今天，都已经变成了现实。

当你坐在计算机旁尽情浏览因特网上各种丰富多彩的文字、图像和声音信息时，有没有想过在10年前，如果你想得到现在一分钟内得到的信息，需要花费千万倍的时间和难以估算的人力、物力和财力；当你用廉价方便的IP电话和远在大洋彼岸的亲朋好友侃侃而谈的时候，有没有想到在20世纪70年代之前，哪怕想打一个长途电话，也要到电信局等候几个小时甚至整天的情景；曾几何时，“大哥大”还是有钱人或有权人的象征，而今天，手机已成为普通百姓的日常生活用品。这一切，都得益于通信技术的飞速发展，也是社会进步的象征。

我常说，学通信的人很累。的确，通信技术的发展太快了，新概念、新技术、新设备层出不穷，通信网所提供的业务日新月异，真有一种一天不学就要落后，就要被新技术淘汰出局的感觉。我想，一定有许多读者与我有同感。

通信网一般由交换与传输两大部分组成。传输的技术有许多种，各有千秋。然而光传送技术因其无可比拟的众多优点，在各种传输技术中独占鳌头。当今世界信息量的80%以上是通过光传送网络进行传送的。因此，光通信技术成为人们非常关注的一种通信技术。

武汉邮电科学研究院(烽火科技产业集团)是我国最早从事光通信技术研究开发的单位，是国家光纤通信技术工程研究中心、国家光电子工艺研究中心(武汉分部)、国家高技术研究发展计划成果产业化基地、信息产业部光通信产品质量监督检验中心、亚太电信组织光通信培训中心，集光纤光缆、光电子/光器件、光通信系统设备技术于一

身(迄今国内唯一的一家)。从“六五”开始,武汉邮电科学研究院就承担了国家科技攻关项目和国家“八六三”高技术研究发展计划项目近百项,产品转化率在90%以上;诞生了一个又一个光通信技术成果的国内首创,在国内光通信项目的研究上取得了一个又一个零的突破;造就了一支攻克光通信技术难关的骨干队伍,锻炼出了一大批光通信技术方面的专家。

为了使读者能对光通信技术有一个全面的了解,我们组织武汉邮电科学研究院的一批科技骨干编写了这一套介绍光通信技术的丛书。该丛书既包括了目前光通信技术发展的热点,又反映了光技术的发展前沿。我们将这套丛书献给奋战在光通信界的朋友们和愿意献身光通信事业的读者,目的是使更多的读者和我们一起,掌握光纤通信的最新技术,致力于发展我国的民族光通信产业,使我国的民族光通信产业在国际上占有一席之地。

只有民族的,才是世界的。

毛 谦

2001年10月

前 言

SDH(同步数字体系)是21世纪80年代末崛起的一门传输技术,是为满足电信网朝着高速化、数字化、综合化及智能化方向发展的一种必然结果。SDH传输体制正在迅速地替代不适应现代通信网发展的PDH体制,成为推动传输网实现新变革的基础。

为了解决世界范围内信息的互通,自1988年以来,国际电信联盟(ITU)陆续为SDH技术制定了一系列标准化的协议。这些协议涉及比特率、网络节点接口、复用结构、复用设备、网络管理、线路系统和光接口、SDH信息模型、网络结构、抖动性能、误码性能、组网及环互通等内容。根据实际应用的需要,SDH技术及其国际建议规范仍在发展之中,几乎每年都对部分协议进行修改和完善,同时也有新的标准出现。本书编写的宗旨是跟踪SDH技术的发展,将最新的ITU-T协议介绍给广大读者,有助于读者理解和掌握新协议的变更,为通信事业做些有益的工作。

本书参考了ITU-T 2000年以来的最新协议,概念清晰、内容丰富、系统性强、注重理论联系实际。全书共分9章,第1章主要介绍了SDH的特点及发展趋势;第2章重点介绍SDH的速率、帧结构及段开销字节的功能;第3章详细地介绍了复用结构、映射方法及指针调整技术;第4章较全面地介绍了SDH网络保护与恢复技术;第5章系统地介绍了SDH设备新的描述方法——原子功能模型;第6章侧重介绍SDH网同步的结构、规划及当前采用较多的大楼综合定时系统(BITS);第7章是根据高速光通信发展的要求,介绍光线路系统及带光放大器的光接口技术;第8章专门介绍了SDH网络的传输性能;第9章主要对SDH网络管理协议进行讨论和分析。

参加本书编写的作者具有多年从事PDH,SDH,DWDM原理与设备等多门课程教学与研发、设备调测的经验,曾经编写过与数字光纤通信传输设备相关的多种教材。

本书是在国际电信联盟组织的成员、武汉邮电科学研究院副院长、总工程师毛谦老师的指导下编写的。其中第1章由胡春琳编写;第4,7,8章由吴健学编写;第5章第5节及第6,9章由周芳编写;第5章第4节由马平全编写,其余章节由肖萍萍编写。全书由肖萍萍统稿。陈肖洁、喻增园参加了部分绘图和文字处理工作。在本书的编写过程中,得到武汉邮电科学研究院烽火科技学院常务副院长李勇及烽火通信股份有限公司领导的大力支持和帮助,毛谦院长在百忙之中审阅了书稿并提出了宝贵的修改意见,在此深表谢意。

本书可作为理工院校通信工程、电子信息工程等相关专业的专业课教材,也可作为从事电信工作的专业技术人员和管理人员的培训教材或自学参考书。

由于作者水平有限,时间仓促,书中谬误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

作者

2002年1月于武汉

目 录

第 1 章 概述

1.1 SDH 产生的技术背景	1
1.2 SDH 基本概念和特点	3
1.3 SDH 的发展趋势	4
1.3.1 IP 传送技术	5
1.3.2 SDH 的新应用	8

第 2 章 速率与帧结构

2.1 同步数字系列的速率	10
2.2 帧结构	11
2.3 段开销	12
2.3.1 SDH 的复用段与再生段	12
2.3.2 段开销的字节安排	13
2.3.3 SOH 字节功能	15

第 3 章 同步复用和映射方法

3.1 SDH 的复用结构	19
3.2 复用单元	21
3.2.1 容器	21
3.2.2 虚容器	22
3.2.3 支路单元和支路单元组	23
3.2.4 管理单元和管理单元组	23
3.3 映射	24
3.3.1 映射方式	25
3.3.2 异步映射	25
3.3.3 同步映射	34
3.3.4 各种映射方式的比较	35
3.3.5 STM-0 的映射复用结构	36
3.3.6 ATM 信元的映射	37
3.4 指针调整技术	39

3.4.1	管理单元指针调整技术	40
3.4.2	支路单元指针调整技术	44
3.5	VC级联	45
3.5.1	VC-4的相邻级联	45
3.5.2	VC-3/4的虚级联	46
3.5.3	VC-4相邻级联与虚级联的互通	48
3.6	同步复用	50
3.6.1	2 Mbit/s复用进STM-1的过程	50
3.6.2	34 Mbit/s复用进STM-1的过程	51
3.6.3	140 Mbit/s复用进STM-1的过程	51
3.6.4	4个AUG-N复用进AUG-4N	52

第4章 网络结构与生存性

4.1	传送网的描述	53
4.2	传送网的分层和分割	58
4.2.1	SDH传送网分层模型	59
4.2.2	层网络的分割	61
4.2.3	带光放大器的SDH分层模型	62
4.3	传送网的物理拓扑	63
4.3.1	网络的拓扑结构	63
4.3.2	我国的SDH传送网结构	66
4.4	网络的保护与恢复	68
4.5	线路保护倒换	72
4.5.1	线路保护倒换的基本结构	72
4.5.2	线性APS倒换协议	73
4.6	自愈环	75
4.6.1	SDH自愈环的工作原理	76
4.6.2	自愈环的APS协议	84
4.6.3	各种自愈环的比较和网络应用	86
4.7	DXC保护	95
4.8	网络生存性能的比较	98

第5章 SDH设备功能模型

5.1	原子功能结构的基本规则	100
5.2	监控处理和管理信息流	112
5.3	SDH层功能描述	125
5.3.1	SDH物理层	125
5.3.2	STM-N再生段层	130
5.3.3	STM-N复用段层	135

5.3.4	高阶 SDH 通道(S_n)层	139
5.3.5	低阶 SDH 通道(S_m)层	148
5.4	SDH 设备原子功能构建	149
5.4.1	SDH 物理层功能	150
5.4.2	再生段功能	151
5.4.3	复用段功能	152
5.4.4	通道层功能	154
5.5	典型 SDH 产品介绍	158
5.5.1	关于 SDH 产品	158
5.5.2	典型 SDH 产品介绍	159

第 6 章 SDH 网同步

6.1	网同步的基本原理	163
6.1.1	数字网中的同步	163
6.1.2	数字网中的同步方式	164
6.1.3	从时钟的工作方式	165
6.2	SDH 同步网结构	166
6.2.1	同步网构成	166
6.2.2	SDH 网同步中的时钟类型和时钟等级	167
6.2.3	定时基准的分配	168
6.3	SDH 网的定时方式	169
6.3.1	SETS 定时信息的提取	169
6.3.2	同步状态信息比特的使用	170
6.3.3	SDH 同步定时工作方式	171
6.4	时钟的定时要求	173
6.4.1	基准主时钟定时要求	173
6.4.2	从时钟定时要求	175
6.4.3	SDH 设备时钟定时要求	175
6.5	SDH 网同步的规划	181
6.6	典型时钟设备介绍	183

第 7 章 SDH 线路系统和光接口

7.1	概述	186
7.2	传输媒质	188
7.2.1	光纤的种类	188
7.2.2	光纤标准的新发展	190
7.2.3	光纤的主要参数	193
7.2.4	光纤的非线性	195
7.3	再生器	197

7.3.1	再生器的功能	197
7.3.2	再生器的性能	199
7.4	光接口及其技术要求	200
7.4.1	光接口的类型	201
7.4.2	光接口参数	203
7.4.3	光接口参数规范	209
7.5	光传输设计方法	214
7.5.1	最坏值设计方法	215
7.5.2	统计法设计	217
7.5.3	联合设计法	217
7.6	超高速 SDH 光线路系统的设计	218
7.6.1	系统功率预算	218
7.6.2	色散预算	220
7.6.3	光纤非线性限制	223
7.7	波分复用系统的光接口	224

第 8 章 SDH 传送网络性能

8.1	传输性能指标体系	228
8.2	假设参考通道和数字段	230
8.2.1	假设参考连接和通道	230
8.2.2	假设参考数字链路(通道)	231
8.2.3	假设参考数字段	231
8.2.4	国内最长假设参考通道	232
8.3	误码性能	232
8.3.1	概述	232
8.3.2	基群以下数字连接的误码性能	234
8.3.3	基群及更高速率的国际数字通道的误码性能	235
8.3.4	SDH 数字通道、复用段投入业务和维护性能限值	240
8.3.5	小结	242
8.4	抖动性能	243
8.4.1	抖动的概念和影响	243
8.4.2	抖动性能的规范	244
8.4.3	抖动的减少	249
8.5	漂移特性	250
8.5.1	漂移的概念和影响	250
8.5.2	漂移性能的规范	251
8.6	可用性目标	253
8.6.1	可用性定义	253
8.6.2	可用性目标	253

8.6.3 不可用时间的分配	253
第9章 SDH 网络管理	
9.1 概述	255
9.2 电信管理网	256
9.3 SDH 网络管理	263
9.3.1 SDH 管理网的组织模型	263
9.3.2 SMN, SMS 和 TMN 的关系	264
9.3.3 信息模型	265
9.3.4 SMN 的分层结构	266
9.3.5 SDH 网络管理	267
9.4 管理协议及标准接口	268
9.4.1 SDH 的 ECC 协议栈	268
9.4.2 简单网络管理协议 SNMP	269
9.4.3 公共管理信息协议 CMIP	270
9.4.4 管理接口	270
9.5 SEMS 2.0 网管系统简介	271
9.5.1 SEMS 2.0 系统概述	271
9.5.2 SEMS 2.0 系统简介	271
9.5.3 SEMS 2.0 系统结构	273
9.6 SDH 网络管理的发展	273
附录 缩略语	277
参考文献	287

SDH 是一个将复接、线路传输及交叉功能结合在一起并由统一网管系统进行管理操作的综合信息技术。引入和使用该体系设备组成的网络,可以实现高效、高智能、高灵活性和高生存力的、维护功能齐全、操作运行廉价的电信网,从而大大提高网络资源的利用率,显著地降低管理和维护费用,给网络运营者和使用者带来极大的好处。目前,SDH 在电信网的各个网络层次上都得到了广泛应用。

1.1 SDH 产生的技术背景

传输系统是现代通信网的主要组成部分,具有廉价而优良的带宽特性的光纤通信已成为通信网的主要传输手段。而传统的准同步数字体系(PDH)传输系统已不能适应现代通信网发展的要求,这主要表现在以下几点:

(1) 只有地区性的电接口规范,而不存在世界性标准。目前,国际上通行有 3 种信号速率等级,即:欧洲系列、北美系列与日本系列,三者互不兼容,这种局面造成了国际互通的困难。各种系列的电接口速率等级如图 1.1 所示。

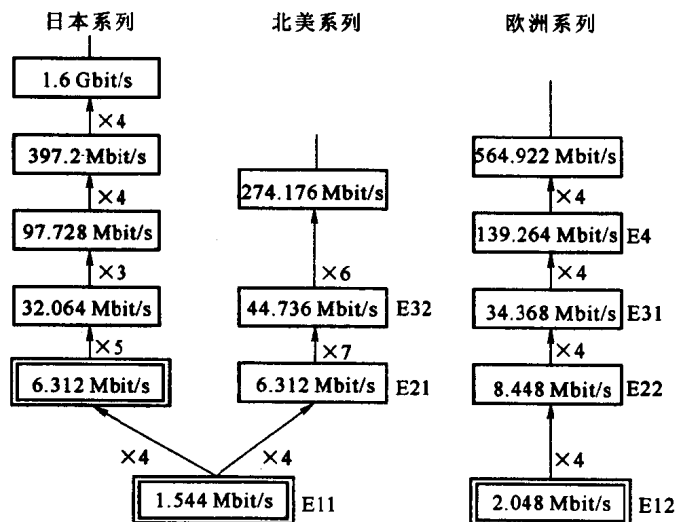


图 1.1 准同步数字系列

(2) 没有世界性的标准光接口规范。各个厂家各自采用自行开发的线路码型,使得在同

—数字等级上光接口的信号速率不一样,致使不同厂家的设备无法实现横向兼容,即在同一传输线路必须采用同一厂家、同一型号的设备,这就给组网、管理及网络互通,特别是国际互通带来很大的困难。

(3) PDH 系列只有 1.5 Mbit/s 和 2 Mbit/s 的基群速率的信号(包括日本系列的 6.3 Mbit/s 的二次群)是同步复用的,其他从低次群到高次群是采用异步复接,需通过码速调整来达到速率的匹配和容纳时钟频率的偏差,而且每提高一个次群,都要经历复杂的码变换、码速调整、定时、复接/分接过程。这样,为了上下电路,就得将整个高速线路信号一步一步地分接到所要取出的低速支路等级信号,上下支路信号后,再一步一步地复用到高速线路信号进行传输,因而在节点处需配备所有的相关复接设备,硬件数量大,缺乏灵活性,上下业务费用高,功能实现复杂。并且,随着通信容量越来越大,要求传输信号的速率越来越高,这就会使异步复接的层次越来越多,使传输性能劣化。同时,在高速率上实现异步复接/分接需采用大量的高速电路,这会使设备的成本、体积和功耗很大,降低了设备的可靠性,并使信号产生损伤。图 1.2 给出了从一个 140 Mbit/s 信号中分出一个 2 Mbit/s 信号所需的设备配置。

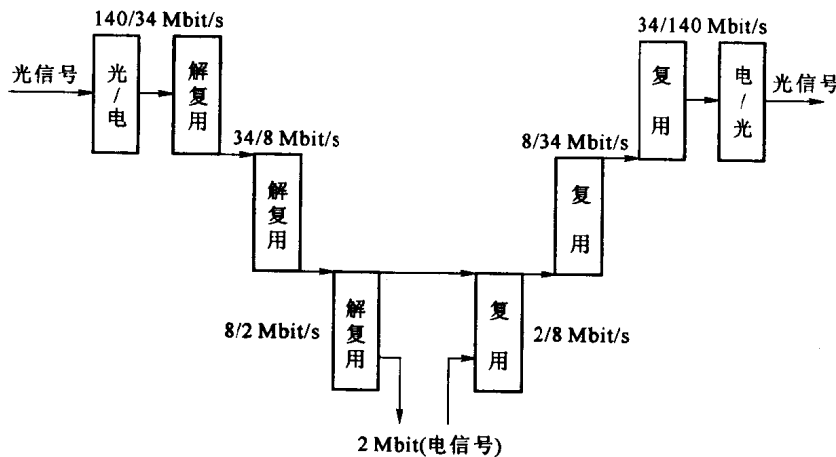


图 1.2 PDH 分插支路信号的过程

(4) 准同步复用信号帧结构中没有安排很多用于网络运行、管理和维护(OAM)的比特,只有在线路编码中用插入比特的方法来传输一些监控信号,故无法对传输网实现分层管理和对通道的传输性能实现端对端的监控。这种辅助比特的严重缺乏已成了进一步改进网络 OAM 能力的重要障碍。

(5) 对传输系统进行管理都是由各厂家自行开发的管理系统来实现,这些管理系统没有规范的接口进行互连,不利于形成一个统一的电信管理网。

(6) 准同步系统的网络运行和管理主要靠人工对数字信号交叉连接,无法经济地对网络组织、电路带宽和业务提供在线实时控制,难以满足用户对网络动态组网和新业务接入的要求。

为了解决以上这些问题,美国贝尔通信研究所(Bellcore)首先提出了用一整套分等级的准数字传递结构组成的同步光网络(SONET),而后,原国际电报电话咨询委员会(CCITT)于 1988 年接受了 SONET 概念,并重新命名为同步数字体系(SDH),使之成为不仅适用于光纤也适用于微波和卫星传输的通用技术体制。总的来说,与 PDH 相比 SDH 在技术体制上进行了根本的改革。

1.2 SDH 基本概念和特点

SDH网是由一些SDH网元(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。它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、交叉连接和交换过程;它有一套标准化的信息结构等级,称为同步传送模块STM- N ,并具有一种块状帧结构,允许安排丰富的开销比特(即网络节点接口比特流中扣除净荷后的剩余部分)用于网络的OAM;它的基本网元有终端复用器(TM)、再生中继器(REG)、分插复用器(ADM)和同步数字交叉连接设备(SDXC)等等,它们的功能各异,但都有统一的标准光接口,能够在基本光缆段上实现横向兼容,即允许不同厂家设备在光路上互通;它有一套特殊的复用结构,允许现存的准同步数字体系、同步数字体系和B-ISDN信号都能进入其帧结构,因而具有广泛的适应性;它大量采用软件进行网络配置和控制,使得新功能和特性的增加比较方便,适于将来的不断发展。

以上这些特点可以从以下几个方面进一步说明。

(1) 对网络节点接口进行了统一的规范。其包括数字速率等级、帧结构、复接方法、线路接口、监控管理等,这就使得SDH易于实现多厂商环境下操作,即同一条线路上可以安装不同厂家的设备,这体现了横向兼容性。*

(2) SDH信号的基本传输模块可以容纳北美、日本和欧洲的准同步数字系列。包括1.5 Mbit/s, 2 Mbit/s, 6.3 Mbit/s, 34 Mbit/s, 45 Mbit/s 及 140 Mbit/s 在内的PDH速率信号均可装入“虚容器”,然后经复接安排到155.52 Mbit/s的SDH STM-1信号帧的净荷内,使新的SDH能支持现有的PDH,顺利地由PDH向SDH过渡,体现了后向兼容性。

(3) 采用了同步复用方式和灵活的复用映射结构,因而只需利用软件即可使高速信号一次直接分插出低速支路信号,这样既不影响别的支路信号,又避免了需要对全部高速复用信号进行解复用的做法,省去了全套背靠背复用设备,使上、下业务十分容易,并省去了大量的电接口,简化了运营操作。

(4) SDH的网同步和灵活的复用方式大大简化了数字交叉连接功能的实现。利用同步分叉能力使网络增强了自愈能力,便于根据用户的需要进行动态组网,便于各种新业务的接入。

(5) SDH帧结构中安排了丰富的开销比特。这些开销比特包括了段开销(SOH)和通道开销(POH),因而使网络的OAM能力大大加强,例如故障检测、区段定位、端到端性能监视、单端维护能力等等。

(6) SDH设备是智能化的设备,兼有终结、分/插复用和交叉连接功能,它可以通过远控灵活地组网和管理。由于对网管设备的接口进行了规范,使不同厂家的网管系统互连成为可能**。因此SDH十分适合未来智能化的电信管理网络(TMN),网络中的每一个SDH的NE可通过软件进行本地或远地操作,包括性能监测,服务(或带宽)的管理,业务量调度,路由选择及改变,故障、告警、网络恢复或自愈等。这种网管不仅简单而且几乎是实时的,因此不仅降低了网

* 体制上有此可能,实际上能否互通,目前尚未成为普遍现实。

** 网络级上的互连在体制上是可能的,目前尚未成为现实,但在网元级上则不可能。

络维护管理的费用,而且大大提高了网络的效率、灵活性、可靠性与生存力。

(7) SDH 不仅构成了世界性统一的 NNI 接口的基础,而且也能与世界性统一的 UNI 接口协调。因为 SDH 除了支持基于电路交换的同步转移模式(STM)外,还可支持基于分组交换的异步转移模式(ATM)。在 ATM 中,信息以信元(cell)为单元来组织(目前暂定为固定的 53 个 8 位组的长度),UNI 的方案之一是将信元复接安排到 SDH STM-N 帧的净荷中,这样,SDH 适用于从 STM 向 ATM 过渡,体现了前向兼容性。

上述特点体现了 SDH 的 3 大核心:同步复用、标准光接口和强大的网管能力。当然,SDH 也有一些不足之处。

(1) 频带利用率不如传统的 PDH 系统。PDH 的 139.264 Mbit/s 可以收容 64 个 2.048 Mbit/s 系统,而 SDH 的 155.52 Mbit/s 却只能收容 63 个 2.048 Mbit/s 系统,频带利用率从 PDH 的 94% 下降到 83%;PDH 的 139.26 Mbit/s 可以收容 4 个 34.368 Mbit/s 系统,而 SDH 的 155.520 Mbit/s 却只能收容 3 个,频带利用率从 PDH 的 99% 下降到 66%。可见,上述安排虽然换来网络运用上的一些灵活性,但毕竟使频带利用率降低了。

(2) 技术上和功能上的复杂性大大增加。在传统 PDH 系统中,64 个 2.048 Mbit/s 到 139.264 Mbit/s 的复用/分接只需 10 万个等效门电路即可,而 SDH 中,63 个 2.048 Mbit/s 到 155.520 Mbit/s 的复用/分接共需 100 万个等效门电路。好在采用亚微米超大规模集成电路技术后,成本代价还不算太高。

(3) 由于 ADM/DXC 的自选路由以及难以区分来历的不同的 2.048 Mbit/s 信号,使得网同步的规划管理和同步性能的保证增加了相当难度。

(4) 由于大规模地采用软件控制和将业务量集中在少数几个高速链路和交叉连接点上,使软件几乎可以控制网络中的所有交叉连接设备和复用设备。这样,在网络层上的人为错误、软件故障乃至计算机病毒的侵入可能导致网络的重大故障,甚至造成全网瘫痪。为此必须仔细地测试软件,选用可靠性较高的网络拓扑。

(5) SDH 网络管理成本比 PDH 有望下降,但对于维护管理人员的素质要求提高。

综上所述,光同步传输网尽管也有其不足之处,但毕竟比传统的准同步传输网有着明显的优越性。毫无疑问,传输网的发展方向应该是这种高度灵活和规范化的 SDH 网,它必将最终取代 PDH 传输体制。

1.3 SDH 的发展趋势

SDH/SONET 技术是基于话音传输的体制。但是,近年来,因特网发展十分迅速,各种基于 IP 的业务每年以 50%~300% 的速率增长,目前国际上 IP 骨干网带宽要求每 6~9 个月翻番,是摩尔定律的 2~3 倍。我国的因特网发展也十分迅速,自 1994 年开通以来,每年以 400% 的速度增长。在下一代网络中,以 IP 为代表的业务将超过话音业务成为主要业务,这就要求 SDH/SONET 技术要不断向前发展。尽管 SDH/SONET 技术并不会被完全取消,它在光电领域之中有强大的需求,在自我恢复能力、故障管理、广泛记账支持和同步方面一直享有美誉,但是,为了适应将来网络的发展,除了继续完善其支持话音业务的功能之外,同时也正在向支持数据业务方向发展。目前已有支持数据业务的产品问世,并且今后在功能方面会更加全面。

当前许多新型的 SDH 传输设备大都提供了 GE(Gigabit Ethernet)接口。

下一代 SDH/SONET 技术的基本原理就是规定高速率 SDH/SONET 中的若干 STS-1 信号用于分组信号的统计复接,其余的 STS-1 信号则用于传统的电路交换信号,这样 SDH/SONET 设备就能同时支持电路交换信号和分组信号。基于新技术的系统能将多种网络单元综合进入到一个操作平台,极大地简化了 SDH/SONET 传送网,并增加了 SDH/SONET 网络的功能,可以动态地增加 SDH/SONET 传送的有效性和功能,不仅能支持传统的话音业务,同时也能支持数据和视频业务,而且在系统的安装、维护和成本上均有巨大的优势。

SDH/SONET 的容量发展趋势是从 2.5 Gbit/s 过渡到 10 Gbit/s,然后再扩展到 40 Gbit/s,整个过程将是灵活平稳的。

SDH 的级联功能增强了支持 ATM/IP 的能力。

SDH 正在融合路由交换功能,支持以太网透明传输。

1.3.1 IP 传送技术

为了适应 IP 业务快速增长的需求,业界提出了传送 IP 的 3 种主要方案,即 POA(IP over ATM),POS(IP over SDH)和 POW(IP over WDM)。其中,POS 就是将 SDH 与 IP 直接结合,获得了广泛的应用。

1. IP over ATM

IP 与 ATM 的结合是面向连接的 ATM 与无连接 IP 的统一,也是选路与交换的优化组合,可以综合利用 ATM 的速度快、容量大、多业务支持能力的优点以及 IP 的简单、灵活、易扩充和统一性的特点,达到优势互补的目的。

IP 与 ATM 相结合主要是利用 ATM 的 QoS 来解决 IP QoS 问题。IP 与 ATM 相结合的技术有很多,如局域网仿真(LANE)、IPOA、MPOA、IP 交换、IP 导航器、标记交换和多协议标签交换(MPLS)等。这些技术可分为重叠模式和集成模式,重叠模式是指 IP 协议在 ATM 上运行,ATM 仅仅作为 IP 的低层传输链路,这样 IP 和 ATM 各自定义自己的地址和路由协议,ATM 系统需分配 IP 地址和 ATM 地址,以及 ARP 协议,其特点是采用标准信令,与标准的 ATM 网络及业务兼容,但传送 IP 数据包效率较低,计费较难。集成模式是指 ATM 被看作 IP 的对等层,ATM 系统只需分配 IP 地址,ATM 交换机变成了多协议的路由器,其特点是仅需标识 IP 地址,不再需要 ATM 地址解析协议,提高了 IP 转发效率,保留了 IP 选路的灵活性,计费容易,但增加了 ATM 交换机的复杂性,与标准的 ATM 技术融合较困难。

目前的发展趋势是集成模式,普遍看好的技术是 MPLS。MPLS 将第三层技术(如 IP 路由)与第二层技术(如 ATM 交换)进行了有机结合,由此引入了一种多级交换的新观念。采用 MPLS 的 IP over ATM 方案中,以传统的路由协议为基础进行网络控制,以简化的标记分配协议(LDP)代替复杂的 ATM 信令协议,预先为 MPLS 边缘路由器建立直达的数据链路连接。

但 IP 与 ATM 结合的网络体系结构复杂且重复,ATM 与 TCP/IP 都具有寻址、选路和流量控制功能,开销损失达 25%以上。在网络扩展性方面,ATM 的分段与组装(SAN)功能将随着接口速率的增加而变得十分复杂,因而其速率不易提高。

2. IP over SDH

IP over SDH 又称 Packet over SDH,简称为 POS。POS 通过 SDH 提供的高速传输通道直接传送 IP 数据业务。

SDH 技术具有如下的特点:

- (a) 采用同步复接技术,便于从高次群的数据流中分离出低次群的数据流;
- (b) 帧结构中有完善的运行与维护用码,便于网络管理。

这些特点可以使 IP 数据包通过多种高速率进行传送,减小了传送延时,同时也可以提供自动保护切换特性实现备份,提高传输系统的可靠性。

另外,标准化的 SDH 使得不同公司的产品可以互操作。目前,光 SDH 系统是传输系统中的主要传输手段,SDH 在近期仍然是可靠性和生存性最高的传送网技术,它在本地及长途传输系统中都已大量使用。即使是 ATM 网络系统,目前仍然主要以 SDH 作为其传输网络。

目前 POS 所采用的是 IETF(Internet Engineering Task Force)定义的 IP/PPP/HDLC/SDH 结构的 IP over SDH;此外 ITU-T 另外定义了一种结构,即武汉邮电科学研究院提出的 IP/LAPS/SDH 结构的 POS,其标准号为 X.85/Y.1321。

(1) 采用 PPP/HDLC 结构的 POS

IETF 定义的 POS 的基本思路是将 IP 数据报通过点到点协议(PPP)直接映射到 SDH 帧,省掉了中间复杂的 ATM 层,这样可大大节省网络的投资。具体作法是先把 IP 数据报封装进 PPP,然后利用高层数据链路控制(HDLC)成帧,再将字节同步映射进虚容器(VC)包封中,最后加上相应的 SDH 开销,置入 STM-N 帧内。IP over SDH 在 OSI(开放系统互联)模型中的层次分布如图 1.3 所示。IP 以包的形式出现,在 OSI 的第 3 层;PPP 以帧的形式出现,在 OSI 第 2 层;SDH 以帧的形式出现,在 OSI 的第 1~1.5 层。

PPP 是点到点协议的简称,标头只有两个字节,没有地址信息,是面向非连接的。这个协议可将太长的 IP 包切短(IP 包长短是不稳定的)成 PPP 帧,以适应映射到 SDH 帧的要求,它提供了多协议封装、差错控制和链路初始化的特性。

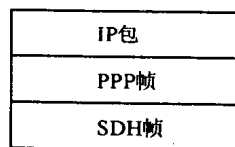


图 1.3 IP over SDH 的 OSI 模型

HDLC 的主要功能是区分通过同步传输网络传输的、使用 PPP 封装的 IP 数据报。这种区分是通过字节填充(byte stuffing)来完成的,每一个 HDLC 帧以字节标志 0x7e 开始,也以 0x7e 结束。在发射端,为了标志序列和填充序列,HDLC 帧被监控,如果标志序列发生在 HDLC 帧的信息域,它被改变成 0x7d 和 0x5e 序列;相反的,在填充序列中,0x7d 改变成 0x7d 0x5e。在接收端,填充的信息被丢掉只剩下原来的信息域,而且在空闲期间,当没有数据报被传送时,HDLC 的标志被作为帧间填充传输。图 1.4 为采用 IP over SDH 映射的 HDLC 的帧格式。

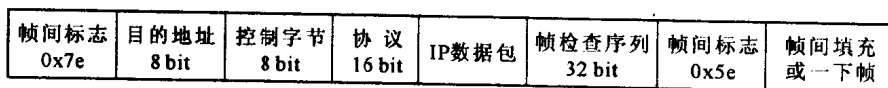


图 1.4 映射 IP over SDH 的 HDLC 帧格式

(2) 采用 LAPS(Link Access Procedure-SDH)的 POS

LAPS 方式的协议分层结构如图 1.5 所示。

IP/LAPS/SDH 协议模型见图 1.6。

LAPS 具有以下特点: