

XIANDAI GUANGTONGXIN

WANGLUOJISHU YU ZHIQINWEIHU

现代光通信

网络技术值勤维护

主编◎郑 军 冯 涛



电子科技大学出版社

现代光通信

网络技术与值勤维护

主 编 郑 军 冯 涛

副主编 都 明 赵定国 王洪梅

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 琛 刘学卫 朱孝伟

李秀峰 张晓平 周光彬

胡津瑞 查 斯 闻立武

湛 军 蒲晓波 谭启彬

主 审 郭新松 吕 庆

副主审 郑 飞 牛延莉 黄祖福



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

现代光通信网络技术与值勤维护/郑军, 冯涛主编.

—成都: 电子科技大学出版社, 2017. 6

ISBN 978-7-5647-4621-6

I. ①现… II. ①郑… ②冯… III. ①光通信—通信网—维修 IV. ①TN929.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 136639 号

现代光通信网络技术与值勤维护

主 编 郑 军 冯 涛

副主编 都 明 赵定国 王洪梅

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)

策划编辑: 张 琴 汤云辉

责任编辑: 汤云辉

主 页: www.uestcp.com.cn

电子邮箱: uestcp@uestcp.com.cn

发 行: 新华书店经销

印 刷: 成都蜀通印务有限责任公司

成品尺寸: 185mm×260mm 印张 22.5 字数 562 千

版 次: 2017 年 6 月第一版

印 次: 2017 年 6 月第一次印刷

书 号: ISBN 978-7-5647-4621-6

定 价: 49.00 元

■ 版权所有·翻印必究 ■

◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。

◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

前言

随着科学技术的飞速发展,信息化、数字化、网络化成为现代社会的重要特征。信息网络是全球最重要的基础设施之一。在各类信息网络中,光纤通信传送网以其无可比拟的大容量、远距离、高可靠性成为信息传递的基础平台,承载着超过 80% 的信息传递任务。光通信技术发展引领着信息网络世界的变革。

纵观光纤通信传送网技术近十余年发展,经历了带宽由窄到宽,速度由低到高,管理由人工向智能的发展过程。从最初的基于 T1/E1 的第一代传送网络,经历了基于 SONET/SDH 的第二代传送网,发展到了以 OTN 为基础的第三代传送网。随着数据业务颗粒的增大,IP 业务对传送网提出了新的需求。目前,适配 IP 业务的传送需求已经成为光通信发展的一个重要议题。广义的 OTN 技术(在电域为 OTH,在光域为 ROADM)提供了新的解决方案,它解决了 SDH 基于 VC-12/VC4 的交叉颗粒偏小、调度较复杂、不适应大颗粒业务传送需求的问题,部分克服了 WDM 系统故障定位困难、组网能力较弱、能够提供的网络生存性手段和能力较弱等缺点。同时,针对业务对光传送网提出更加细致的处理要求,采用 SDH、DWDM、MSTP、ASON、OTN、PTN 混合组网成为一种合理的解决方案。信息网络应用实践中强调“三分建设,七分维护”,随着光纤通信传送网技术不断进步,网络结构更趋复杂,网络组织、资源调度、故障处置对值勤维护管理提出了更高的要求。针对这种情况,我们编写了本书,主要面向从事光纤通信传送网值勤维护的台站值勤人员和通信管理人员,旨在增进本专业技术人员能力,提高台站值勤维护水平。

本书分为两个主要部分,一方面重点介绍当前光传输领域主流技术,编写过程中注重理论与实践的结合,知识与运用的统一,力求系统清晰、概念准确、简明扼要、通俗易懂,使读者对当今光通信网络技术有较为全面的了解;另一方面重点围绕提高值勤台站标准化、精细化管理水平,结合编者长期从事光纤通信传送网值勤维护与教学工作实际,突出强调机房值勤、线路维护,以及日常维护和常见故障处理,力求把握全面、突出重点、注重实际、操作性强。本书可以作为本专业维护人员的知识用书,也可作为从事光纤通信专业的工程技术人员和院校师生的参考书。本书内容翔实、通俗易懂、理论与实际联系紧密是本书的最大特点,适合广大想了解当今通信技术发展状况和正在学习通信

相关领域知识的读者。

在本书编写和后期出版过程中,得到了胡津瑞、宋泽阳等同志的大力帮助,在此谨向他们表示衷心的感谢!

由于篇幅有限、时间仓促,加之编者水平有限,书中的疏忽、遗漏或谬误在所难免,恳请读者批评指正,以便今后改进和修正。

编 者

2016年9月

目 录

前 言	(1)
-----------	-------

●第 1 章 SDH 技术

1.1 SDH 概述	(1)
1.1.1 SDH 的定义	(1)
1.1.2 SDH 产生背景	(1)
1.1.3 SDH 的优缺点	(2)
1.2 SDH 帧结构和复用	(3)
1.2.1 SDH 的帧结构	(3)
1.2.2 SDH 的复用路线	(4)
1.3 SDH 开销及指针	(10)
1.3.1 开销	(10)
1.3.2 指针的作用、构成及工作原理	(18)
1.4 SDH 设备逻辑组成	(21)
1.4.1 SDH 四种网元	(21)
1.4.2 SDH 的逻辑功能块的组成及功能	(23)
1.5 SDH 自愈网络保护技术	(35)
1.5.1 基本的网络拓扑结构	(35)
1.5.2 链网	(36)
1.5.3 环网——自愈环	(38)
1.6 光接口类型和光功率参数	(48)
1.6.1 光接口类型	(49)
1.6.2 光接口参数	(50)
1.7 传输性能介绍	(52)
1.7.1 误码性能	(52)
1.7.2 抖动漂移性能	(54)

●第 2 章 MSTP 技术

2.1 MSTP 概述	(56)
2.1.1 MSTP 的定义及产生的背景	(56)
2.1.2 基于 SDH 的 MSTP 的概念及其发展阶段	(57)
2.2 MSTP 的关键技术	(58)
2.2.1 级联与虚级联	(58)

2.2.2	链路容量调整机制 LCAS	(59)
2.2.3	封装协议(PPP/HDLC、LAPS、GFP)	(60)
2.2.4	多协议标签交换 MPLS	(63)
2.3	MSTP 的硬件构成	(65)
2.4	MSTP 的主要功能及特点	(66)
2.4.1	MSTP 的主要功能	(66)
2.4.2	MSTP 的技术特点	(67)
2.5	MSTP 的组网及应用	(67)
2.5.1	MSTP 的组网	(67)
2.5.2	MSTP 的应用	(68)

●第 3 章 ASON 技术

3.1	ASON 概述	(72)
3.1.1	ASON 产生的背景	(72)
3.1.2	ASON 的定义	(72)
3.2	ASON 网络原理	(73)
3.2.1	ASON 的主要特点	(73)
3.2.2	ASON 的主要技术优势	(73)
3.2.3	ASON 的网络模型	(74)
3.2.4	ASON 的逻辑功能结构	(75)
3.2.5	ASON 的平面类型	(76)
3.2.6	ASON 的接口方式	(76)
3.2.7	ASON 网络中的业务连接类型	(77)
3.3	ASON 网络的协议	(79)
3.3.1	ASON 网络的协议开发进展	(79)
3.3.2	ASON 的三种重要协议	(80)
3.4	ASON 网络技术总结	(84)
3.5	ASON 网络控制平面信息	(85)
3.5.1	网元与链路	(85)
3.5.2	网元智能特性	(85)
3.5.3	链路拓扑	(86)
3.6	ASON 网络的数据平面	(87)
3.6.1	智能业务基本概念	(87)
3.6.2	智能业务保护类型	(89)

●第 4 章 PTN 技术

4.1	PTN 概述	(93)
4.1.1	PTN 的定义	(93)
4.1.2	PTN 产生的背景	(93)
4.2	PTN 的原理	(94)
4.3	PTN 的分层结构	(95)

4.4	PTN 的功能平面	(96)
4.4.1	传送平面	(96)
4.4.2	管理平面	(97)
4.4.3	控制平面	(97)
4.5	PTN 的设备形态	(98)
4.6	PTN 的关键技术	(98)
4.6.1	通用分组交叉技术	(99)
4.6.2	可扩展性技术	(99)
4.6.3	运行管理维护 OAM 技术	(99)
4.6.4	多种业务承载和接入	(100)
4.6.5	丰富完备的生存性技术	(100)
4.6.6	服务质量 QOS 技术	(100)
4.6.7	频率和时间同步技术	(101)
4.7	PTN 的技术特点	(102)
4.8	PTN 实现的协议和应用	(102)
4.8.1	PBT(Provider Backbone Transport)	(103)
4.8.2	MPLS-TP/T-MPLS	(104)
4.9	PTN 的应用定位	(105)

●第 5 章 DWDM 技术

5.1	WDM 技术产生的背景	(106)
5.2	WDM 的定义与分类	(106)
5.2.1	WDM 的定义	(106)
5.2.2	光纤的传输特性	(107)
5.2.3	WDM 的分类及特点	(108)
5.3	DWDM 的关键技术	(109)
5.3.1	光源技术	(109)
5.3.2	光转发技术	(109)
5.3.3	合分波技术	(111)
5.3.4	光放大技术	(113)
5.3.5	光分插技术	(116)
5.3.6	光监控技术	(116)
5.3.7	DWDM 的层次划分	(116)
5.4	光功率调试(计算方法、主要光功率指标)	(118)
5.4.1	光功率调试的目的	(118)
5.4.2	光功率调试的方法	(118)
5.4.3	光功率调试的步骤	(118)
5.4.4	光功率调试前的准备	(118)
5.4.5	开始调试	(119)

第6章 OTN 技术

6.1	OTN 技术产生的背景	(123)
6.2	OTN 的定义与技术特点	(123)
6.2.1	OTN 的定义	(123)
6.2.2	OTN 的特点	(123)
6.2.3	OTN 的技术优势	(124)
6.3	OTN 相关 ITU-T 建议	(125)
6.4	OTN 的网络层次	(125)
6.4.1	OTN 的接口结构	(125)
6.4.2	OTM-N 的基本信息包含关系	(126)
6.4.3	OTN 功能模块的实现	(128)
6.5	OTN 客户信号的复用映射过程	(128)
6.6	OTN 的帧结构和开销	(132)
6.6.1	OTN 的光层开销	(132)
6.6.2	OTN 电层帧结构及开销	(133)
6.7	OTN 常见维护信号	(141)
6.7.1	维护信号	(141)
6.7.2	OTS 维护信号	(142)
6.7.3	OMS 维护信号	(142)
6.7.4	OCh 维护信号	(142)
6.7.5	OTUk 维护信号	(142)
6.7.6	ODUk 维护信号	(143)

第7章 PON 技术

7.1	接入网概述	(144)
7.1.1	接入网的定义	(144)
7.1.2	接入网的主要类型	(144)
7.2	光接入网	(145)
7.2.1	产生背景	(145)
7.2.2	光接入网的定义	(146)
7.2.3	光接入网的功能模型	(146)
7.2.4	光接入网的拓扑结构	(146)
7.2.5	光接入网的应用类型	(147)
7.3	无源光网络 PON	(147)
7.4	以太网无源光网络 EPON	(148)
7.4.1	EPON 的工作原理	(148)
7.4.2	EPON 的帧格式	(148)
7.4.3	EPON 的关键技术	(149)
7.5	吉比特无源光网络 GPON	(150)
7.5.1	GPON 的发展历程	(150)
7.5.2	GPON 的体系结构	(150)

7.5.3 GPON 的工作原理	(152)
------------------------	-------

●第 8 章 时钟同步技术

8.1 同步网概述	(154)
8.1.1 同步网的地位和作用	(154)
8.1.2 时间、频率的概念	(154)
8.2 数字同步网的构成	(155)
8.2.1 数字同步网的结构	(155)
8.2.2 节点时钟同步的方法	(155)
8.2.3 同步网的三种同步方式	(155)
8.2.4 我国的同步网结构及节点时钟设置	(157)
8.3 定时参考链	(158)
8.4 同步的指标参数介绍	(159)
8.5 定时分配	(159)
8.6 SDH 定时链路介绍	(160)
8.6.1 SDH 设备时钟的结构和功能	(160)
8.6.2 SDH 网定时传递原则	(161)
8.6.3 SDH 网络常见的定时方法	(161)
8.6.4 SSM 的应用与定时恢复	(162)
8.7 SYNLOCK V2、SYNLOCK V3 设备主要功能及区别	(165)
8.8 NTP 协议与 1588 V2 协议简介	(166)
8.8.1 NTP 协议	(166)
8.8.2 1588 V2 协议	(167)

●第 9 章 机房值勤

9.1 机房规范	(169)
9.1.1 配置及标准	(169)
9.1.2 布线规范	(179)
9.1.3 物品设置	(184)
9.2 指标	(185)
9.2.1 运维指标	(185)
9.2.2 经常性检查指标	(187)
9.3 业务流程	(188)
9.3.1 业务处理标准流程	(188)
9.3.2 故障处理参考流程	(191)
9.3.3 交接班流程	(194)
9.4 表报资料	(195)
9.4.1 种类	(195)
9.4.2 管理要求	(195)
9.4.3 填写要求	(196)
9.5 无人值守站配置参考标准	(196)

● 第 10 章 光缆通信线路与维护

10.1	光缆的维护	(199)
10.1.1	光缆通信线路维护概述	(199)
10.1.2	光缆通信线路维护项目和周期	(199)
10.1.3	光缆线路维护规范	(201)
10.1.4	光缆日常维护常用图表	(204)
10.1.5	光缆通信线路维护措施	(204)
10.2	光缆的测试	(208)
10.2.1	光缆线路测试类型及测试项目	(208)
10.2.2	光纤衰减的测量	(209)
10.2.3	光纤长度的测量	(212)
10.2.4	光缆工程测试	(213)
10.3	光缆线路抢修	(218)
10.3.1	光缆线路抢通的原则	(218)
10.3.2	抢代通的准备	(218)
10.3.3	抢代通的时限	(218)
10.3.4	光缆的修复时限	(219)
10.3.5	光缆线路抢修要求	(219)
10.3.6	光缆线路障碍的测查	(219)
10.3.7	线路障碍应急抢修程序	(221)

● 第 11 章 ASON 典型设备介绍

11.1	ZXMP S385 设备介绍	(224)
11.1.1	设备概述	(224)
11.1.2	常见单板功能介绍	(226)
11.1.3	技术指标	(235)
11.2	Optix OSN3500 设备介绍	(240)
11.2.1	设备概述	(240)
11.2.2	常见单板功能介绍	(240)
11.2.3	技术指标	(262)

● 第 12 章 OTN 典型设备介绍

12.1	ZXONE 8700 设备介绍	(268)
12.1.1	设备概述	(268)
12.1.2	常用单板功能介绍	(269)
12.1.3	单板技术指标	(280)
12.2	OptiX OSN 6800 设备介绍	(288)
12.2.1	设备概述	(288)
12.2.2	常见单板功能介绍	(289)

附录:缩略语	(334)
参考文献	(347)

第 1 章

SDH 技术

1.1 SDH 概述

1.1.1 SDH 的定义

SDH(Synchronous Digital Hierarchy)叫作同步数字系列,它是由一些网络单元组成,在光纤上进行同步信息的传输、复用和交叉连接,并由统一网管系统进行管理的综合信息网。国际电报电话咨询委员会(CCITT,现 ITU-T)于 1988 年接受了由美国贝尔通信技术研究所以提出的同步光网络(SONET, Synchronous Opticd Network)概念,并重新命名为 SDH。

SDH 是一种传输的体制(协议),这种传输体制规范了数字信号的帧结构、复用方式、传输速率等级、接口码型等特性。

1.1.2 SDH 产生背景

当今社会是高度发达的信息社会,通过通信网传输、交换和处理的信息量不断增大,这就要求现代通信网向数字化、综合化、智能化和个人化方向发展,传输系统的好坏直接制约着通信网的发展。20 世纪 80 年代末期,PDH(Plesiochronous Digital Hierarchy,准同步数字系列)已不再适应当时日益发展的电信网管理和电信业务开发需要,急需一种新的技术体制予以替代。

PDH 传输体制的缺陷体现在以下几个方面。

1)接口方面

(1)只有地区性的电接口规范,不存在世界性标准。这种局面造成了国际互通的困难,这些都不适应当前随时随地便捷通信的需要。

(2)没有世界性标准的光接口规范,不同厂家的设备无法实现横向兼容。这样在同一传输路线两端必须采用同一厂家的设备,给组网、管理及网络互联互通带来困难。

2)复用方式

由于 PDH 采用异步复用方式,导致当低速信号复用到高速信号时,低速信号在高速信号的帧结构中的位置不固定,不能直接从高速信号中分插出低速信号,而要通过逐级复用和解复用,这样不仅增加了设备的体积、成本、功耗,还增加了设备的复杂性,降低了设备的可靠性,尤其是频繁的复用和解复用过程会使信号的传输损伤加大,使传输性能劣化,在大容量传输时,此种缺点是不能容忍的。这也是 PDH 的传输速率很难更进一步提高的原因。

3)运行维护方面

PDH 信号的帧结构里用于运行维护管理(OAM)的开销字节不多,因此对完成传输网的分层管理、性能监控、业务实时调度、传输带宽控制、告警分析定位是很不利的。

4)没有统一的网管接口

由于没有统一的网管接口,这就使你买一套某厂家的设备,就需买一套该厂家的网管系统。容易形成网络七国八制的局面,不利于形成统一的电信管理网。

由于以上这种种缺陷,PDH 传输体制越来越不适应传输网的发展,于是美国贝尔通信研究所首先提出了用一整套分等级的标准数字传递结构组成的同步网络(SONET)体制。再由 CCITT 重命名为同步数字系列(SDH),使其成为不仅适用于光纤传输,也适用于微波和卫星传输的世界统一的通用技术体制。

1.1.3 SDH 的优缺点

SDH 设计的初衷就是为了克服 PDH 的缺点,所以 SDH 的优点与 PDH 的缺点相对应。具体来讲 SDH 有如下优点。

1)接口方面

(1)电接口方面

SDH 对电接口规范了数字信号速率等级、帧结构、复接方法、线路接口、监控管理等。这就使 SDH 设备容易实现多厂家互连,体现了横向兼容性。

(2)光接口方面

SDH 的光接口采用世界性统一标准规范,SDH 信号的线路编码仅对信号进行扰码,不再进行冗余码的插入。扰码的标准是世界统一的,这样对端设备仅需通过标准的解码器就可与不同厂家 SDH 设备进行光口互连。由于线路信号仅通过扰码,所以 SDH 的线路信号速率与 SDH 电口标准信号速率相一致,这样也不会增加发端激光器的光功率代价。

2)复用方式

由于低速支路信号是以字节间插方式复用进高速 SDH 信号的帧结构中的,这样就使低速信号在高速 SDH 信号的帧中的位置是固定的、有规律的,也就是说是可预见的。这样就能从高速 SDH 信号中直接分插出低速 SDH 信号或 PDH 信号,从而简化了信号的复接和分接,使 SDH 体制特别适合于高速大容量的光纤通信系统。

3)运行维护方面

SDH 信号的帧结构中安排了丰富的用于运行维护管理(OAM)的开销字节,开销字节占用整个帧所有比特的 $1/20$,使网络的监控功能大大加强,这样就使系统的维护成本大大降低,据估算仅为 PDH 系统的 65.8%。

4)兼容性

SDH 有很强的兼容性,在组建 SDH 传输网时,原有的 PDH 传输网不会作废。另外,异步转移模式的信号(ATM)、FDDI 信号等其他体制的信号也可用 SDH 网来传输。

凡事有利就有弊,SDH 的这些优点是以牺牲其他方面为代价的。具体来讲 SDH 有如下缺点。

1)频带利用率低

由于在 SDH 的信号 STM-N 帧中加入了大量的用于 OAM 功能的开销字节,这样必然

会使 SDH 的频带利用率要比 PDH 的频带利用率低。

2) 指针调整机理复杂

SDH 体制可从高速信号中直接上下低速信号,省去了多级复用解复用过程。但是指针功能的实现增加了系统的复杂性。最重要的是使系统产生 SDH 的一种特有抖动,即由指针调整引起的结合抖动。这种抖动多发于网络边界处(SDH/PDH),其频率低、幅度大,会导致低速信号在拆出后性能劣化,这种抖动的滤除会相当困难。

3) 软件的大量使用对系统安全性的影响

SDH 的一大特点是 OAM 的自动化程度高,这也意味着软件在系统中占据重要地位,这就使系统很容易受到计算机病毒的侵害。另外,在网络层上人为的错误操作、软件故障,对系统的影响也是致命的。这样,系统的安全性就成很重要的一个方面。

SDH 体制是一种在发展中不断成熟的体制,尽管还有这样那样的缺陷,但它已在传输网的发展中显露出强大的生命力。

1.2 SDH 帧结构和复用

1.2.1 SDH 的帧结构

SDH 的帧结构如图 1-1 所示。

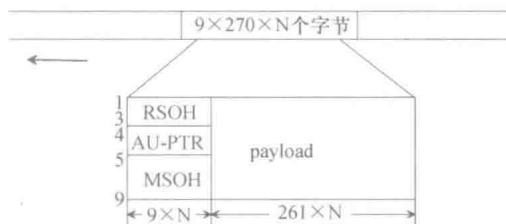


图 1-1 STM-N 的帧结构

图 1-1 是 SDH 的 STM-N 的帧结构,从图上看 STM-N 的帧结构是 9 行 $\times$ 270 $\times$ N 列的块状帧。此处的 N 与 STM-N 的 N 一致,取值范围:1,4,16,64……,表示此信号由 N 个 STM-1 信号通过字节间插复用而成。由此可知,STM-1 信号的帧结构是 9 行 $\times$ 270 列的块状帧。ITU-T 规定对于任何级别的 STM-N 帧,帧频是 8000 帧/秒,也就是帧长或帧周期为恒定的 125 μ s。由于帧周期的恒定使 STM-N 信号的速率有其规律性。例如 STM-4 的传输速率恒定等于 STM-1 信号传输速率的 4 倍,STM-16 恒定等于 STM-4 的 4 倍,等于 STM-1 的 16 倍。

从图中看出,STM-N 的帧结构由 3 部分组成:段开销,包括再生段开销(RSOH)和复用段开销(MSOH);管理单元指针(AU-PTR);信息净负荷(payload)。这三大部分的功能如下。

1) 信息净负荷

信息净负荷是在 STM-N 帧结构中存放将由 STM-N 传送的各种信息码块的地方。信息净负荷区相当于 STM-N 这辆运货车的车箱,车箱内装载的货物就是经过打包的低速信号——待运输的货物。为了实时监测货物(打包的低速信号)在传输过程中是否有损坏,在

将低速信号打包的过程中加入了监控开销字节——通道开销(POH)字节。POH 作为净负荷的一部分与信息码块一起装载在 STM-N 这辆货车上在 SDH 网中传送,它负责对打包的货物(低速信号)进行通道性能监视、管理和控制。

2)段开销(SOH)

是为了保证信息净负荷正常、灵活传送所必须附加的供网络运行、管理和维护(OAM)使用的字节。例如段开销可对 STM-N 这辆运货车中的所有货物在运输中是否有损坏进行监控,而 POH 的作用是当车上有货物损坏时,通过它来判定具体是哪一件货物出现损坏。也就是说 SOH 完成对货物整体的监控,POH 是完成对某一件特定的货物进行监控。当然,SOH 和 POH 还有一些管理功能。

段开销又分为再生段开销(RSOH)和复用段开销(MSOH),分别对相应的段层进行监控。段其实也相当于一条大的传输通道,RSOH 和 MSOH 的作用也就是对这一条大的传输通道进行监控。

那么,RSOH 和 MSOH 的区别是什么呢?简单来讲二者的区别在于监管的范围不同。举个简单的例子,若光纤上传输的是 2.5Gbit/s 信号,那么,RSOH 监控的是 STM-16 整体的传输性能,而 MSOH 则是监控 STM-16 信号中每一个 STM-1 的性能情况。

再生段开销在 STM-N 帧中的位置是第一到第三行的第一到第 $9 \times N$ 列,共 $3 \times 9 \times N$ 个字节;复用段开销在 STM-N 帧中的位置是第 5 到第 9 行的第一到第 $9 \times N$ 列,共 $5 \times 9 \times N$ 个字节。与 PDH 信号的帧结构相比较,段开销丰富是 SDH 信号帧结构的一个重要的特点。

3)管理单元指针(AU-PTR)

管理单元指针位于 STM-N 帧中第 4 行的 $9 \times N$ 列,共 $9 \times N$ 个字节,AU-PTR 起什么作用呢?SDH 能够从高速信号中直接分插出低速支路信号(例如 2Mbit/s),是因为低速支路信号在高速 SDH 信号帧中的位置有预见性,也就是有规律性。预见性的实现就在于 SDH 帧结构中指针字节功能。AU-PTR 是用来指示信息净负荷的第一个字节在 STM-N 帧内的准确位置的指示符,以便收端能根据这个位置指示符的值(指针值)正确分离信息净负荷。这句话怎样理解呢?若仓库中以堆为单位存放了很多货物,每堆货物中的各件货物(低速支路信号)的摆放是有规律性的(字节间插复用),那么若要定位仓库中某件货物的位置就只要知道这堆货物的第一件货物放在哪儿,然后通过本堆货物摆放位置的规律性,就可以直接定位出本堆货物中任一件货物的准确位置,这样就可以直接从仓库中搬运(直接分插)某一件特定货物(低速支路信号)。AU-PTR 的作用就是指示这堆货物中第一件货物的位置。

1.2.2 SDH 的复用路线

SDH 的复用包括两种情况:一种是低阶的 SDH 信号复用成高阶 SDH 信号;另一种是低速支路 PDH 信号(例如 2Mbit/s、34Mbit/s、140Mbit/s)复用成 SDH 的 STM-N 信号。

第一种情况在前面已有所提及,复用主要是通过字节间插复用方式来完成,复用的个数是 4 合一,即 $4 \times \text{STM-1} \rightarrow \text{STM-4}$, $4 \times \text{STM-4} \rightarrow \text{STM-16}$ 。在复用过程中保持帧频不变(8000 帧/秒),这就意味着高一级的 STM-N 信号速率是低一级的 STM-N 信号速率的 4 倍。在进行字节间插复用过程中,各帧的信息净负荷和指针字节按原值进行间插复用,而段开销则会有些取舍。其具体的复用方法在后面讲述。

第二种情况是用得最多的,即是将 PDH 信号复用进 STM-N 信号中去。

ITU-T 规定了一整套完整的复映射复用结构(也就是复用路线),通过这些路线可将 PDH 的 3 个系列的数字信号以多种路线复用成 STM-N 信号。尽管一种信号复用成 SDH 的 STM-N 信号的路线有多种,但是对于一个国家或地区则必须使复用路线唯一化。我国的光同步传输网技术体制规定了以 2Mbit/s 信号为基础的 PDH 系列作为 SDH 的有效负荷,并选用 AU-4 的复用路线,其结构如图 1-2 所示。

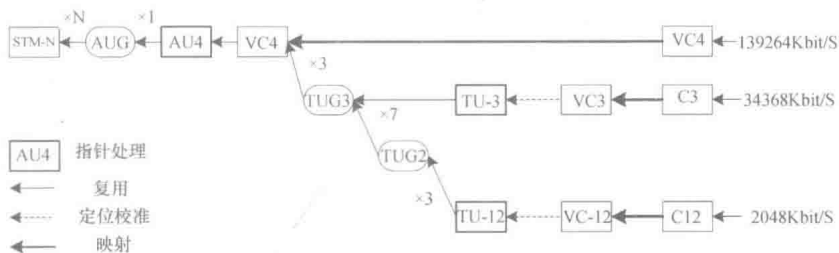


图 1-2 我国 SDH 复用映射结构

从图 1-2 中可以看到此复用结构包括一些基本的复用单元:C—容器、VC—虚容器、TU—支路单元、TUG—支路单元组、AU—管理单元、AUG—管理单元组。

下面分别描述 140Mbit/s、34Mbit/s、2Mbit/s 的 PDH 信号是如何复用进 STM-N 信号中的。

1) 140Mbit/s 信号复用进 STM-N

140Mbit/s 信号复用进 STM-N,首先将 140Mbit/s 的 PDH 信号经过正码速调整(比特塞入法)适配进 C4,C4 是用来装载 140Mbit/s 的 PDH 信号的标准信息结构(容器)。容器的主要作用就是进行码速调整。140Mbit/s 的信号装入 C4 也就相当于将其打了个包封,使 140Mbit/s 信号的速率调整为标准的 C4 速率。C4 的帧结构是以字节为单位的块状帧,帧频是 8000 帧/秒,也就是说经过速率适配,140Mbit/s 的信号在适配成 C4 信号时已经与 SDH 传输网同步了。这个过程也就相当于 C4 内装入异步 140Mbit/s 的信号。C4 的帧结构如图 1-3 所示。

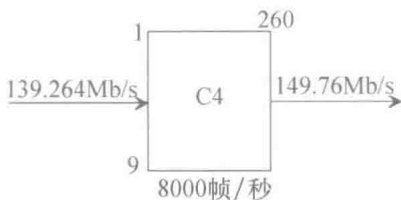


图 1-3 C4 的帧结构图

C4 信号的帧有 260 列 $\times$ 9 行(PDH 信号在复用进 STM-N 中时,其块状帧一直保持是 9 行),那么 E4 信号适配后的信号速率(也就是 C4 信号的速率)为:8000 帧/秒 $\times$ 9 行 $\times$ 260 列 $\times$ 8bit=149.760Mbit/s。所谓对异步信号进行速率适配,其实际含义就是指当异步信号的速率在一定范围内变动时,通过码速调整可将其速率转换为标准速率。在这里,E4 信号的速率范围是 139.264Mbit/s $\pm$ 15ppm(G. 703 规范标准)=(139.261—139.266)Mbit/s,那么通过速率适配可将这个速率范围的 E4 信号,调整成标准的 C4 速率 149.760Mbit/s,也就是说能够装入 C4 容器。

为了能够对 140Mbit/s 的通道信号进行监控,在复用过程中要在 C4 的块状帧前加上一列通道开销字节(高阶通道开销 VC4-POH),此时信号成为 VC4 信息结构,如图 1-4

所示。

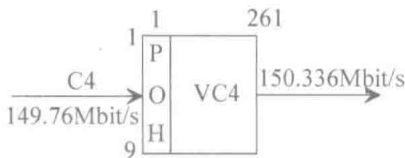


图 1-4 VC4 结构图

VC4 是与 140Mbit/s PDH 信号相对应的标准虚容器,此过程相当于对 C4 信号再打一个包封,将对通道进行监控管理的开销(POH)打入包封中去,以实现对其通道信号的实时监控。

虚容器(VC)的包封速率也是与 SDH 网络同步的,不同的 VC(例如与 2Mbit/s 相对应的 VC12、与 34Mbit/s 相对应的 VC3)是相互同步的,而虚容器内部却允许装载来自不同容器的异步净负荷。虚容器这种信息结构在 SDH 网络传输中保持其完整性不变,也就是可将其看成独立的单位(货包),十分灵活和方便地在通道中任一点插入或取出,进行同步复用和交叉连接处理。

其实,从高速信号中直接定位上下的是相应信号的 VC 这个信号包,然后通过打包/拆包来上下低速支路信号。

在将 C4 打包成 VC4 时,要加入 9 个开销字节,位于 VC4 帧的第一列,这时 VC4 的帧结构,就成了 9 行×261 列。VC4 其实就是 STM-1 帧的信息净负荷。将 PDH 信号经打包成 C,再加上相应的通道开销而成 VC 这种信息结构,这个过程就叫映射。

货物都打成了标准的包封,现在就可以往 STM-N 这辆车上装载了。装载的位置是其信息净负荷区。在装载货物(VC)的时候会出现这样一个问题,当货物装载的速度和货车等待装载的时间(STM-N 的帧周期 $125\mu\text{s}$)不一致时,就会使货物在车箱内的位置“浮动”,那么在收端怎样才能正确分离货物包呢? SDH 采用在 VC4 前附加一个管理单元指针(AU-PTR)来解决这个问题。此时信号由 VC4 变成了管理单元 AU-4 这种信息结构,如图 1-5 所示。



图 1-5 AU-4 结构图

AU-4 这种信息结构已初具 STM-1 信号的雏形——9 行×270 列,只不过缺少 SOH 部分而已,这种信息结构其实也算是将 VC4 信息包再加了一个包封——AU-4。

管理单元为高阶通道层和复用段层提供适配功能,由高阶 VC 和 AU 指针组成。AU 指针的作用是指明高阶 VC 在 STM 帧中的位置。通过指针的作用,允许高阶 VC 在 STM 帧内浮动,即允许 VC4 和 AU-4 有一定的频偏和相差;简单而言,容忍 VC4 的速率和 AU-4 包封速率(装载速率)有一定的差异。这个过程形象地看,就是允许货物的装载速度与车辆的等待时间有一定的时间差异。这种差异性不会影响收端正确地定位、分离 VC4。尽管货物包可能在车箱内(信息净负荷区)“浮动”,但是 AU-PTR 不在净负荷区,而是和段开销在一