

"十五"国家重点图书出版规划项目：**光通信技术丛书**

光网络的生存性技术

GUANGWANGLUO DE SHENGCUNXING JISHU

编著 吴彦文
郑大力
仲肇伟



北京邮电大学出版社
<http://www.buptpress.com>

TV915.63
W86
S933
W88

光网络的生存性技术

吴彦文 郑大力 仲肇伟 编著

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

光纤通信的飞速发展意味着光纤上所承载的信息也跟着呈爆炸性增长,对光纤上所走的业务实行保护的意义也就更加重大了。本书对光网络的生存性技术在实际应用中的诸多问题进行了探讨,其主要内容包括对近几年来 SDH 自愈环及其相关领域出现的新概念和新技术的介绍、对基于 DXC 格状网的网络保护的引入、对光层保护问题的介绍以及 DPT 技术的介绍等等。本书特别详细地探讨了有关自愈环的许多问题,如节点间业务分布模型对自愈环容量影响的分析、业务路由的优化、多种自愈环的经济特性分析、自愈环的互通、自愈环的组网设计、自愈环光缆物理路由的算法、自愈环网络规划辅助软件等等,并给出了自愈环网络工程的设计实例。本书的最后对今后的光网络的生存性技术做了一个展望。本书内容全面、系统、有针对性,具有很强的实用性。

本书适用于从事 SDH 系统和设备的规划设计、施工建设和维护管理的工程技术人员和管理人员阅读,也可供通信院校相关专业的师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

光网络的生存性技术/吴彦文等编著. —北京:北京邮电大学出版社,2002

(光通信技术丛书)

ISBN 7-5635-0563-6

I.光... II.吴... III.光通信—通信网—安全技术—教材 IV.TN915.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 091169 号

书 名:光网络的生存性技术

编 著:吴彦文 郑大力 仲肇伟

责任编辑:时友芬

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

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:16.5

字 数:420 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 言

“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，就是打一个长途电话，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进步与发展，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、光天下通信系统设备技术与一

身(迄今国内唯一的一家)。从“六五”开始,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。在武汉邮电科学研究院诞生了一个又一个光通信技术成果的国内首创;烽火人在国内光通信项目的研究上取得了一个又一个零的突破。在武汉邮电科学研究院造就有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,又反映了当前光通信技术在这些方面发展的前沿。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

目前,作为国家信息基础结构中的核心部分——电信网——正在朝着数字化、宽带化、综合化、智能化、个人化的方向发展,通信日益成为人们生活中不可或缺的部分。为此,人们引进了各种各样的新技术,以保证通信网络的安全性与可靠性。但在这些新技术和新方案中,究竟哪一种方案最合理、最经济、最适合当地网络建设的实际状况,这是一个亟待解决的问题。

近年来,电信传输网逐渐由同步数字传输(SDH)体制取代了过去的准同步数字传输(PDH)体制。由于新的体制有灵活的组网潜力和强大的维护管理功能,为提高网络的生存性带来了更广阔的空间。自愈环(Self-healing Ring)是SDH传输网的各种网络组织结构中十分突出的一种。它是一种有自动故障恢复功能的环型结构,因其技术具有高可靠性和较灵活的组网特性,目前已成为在SDH体制下的电信传输网中最典型的应用之一;而由数字定义连接设备(DXC)构成的格状网,是提高网络可靠性和灵活性的有效途径。

随着光纤通信技术的迅速发展,许多学者提出了“全光网络”的目标,为了达到该理想目标,使得宽带化、大容量、高性能、低价格的传输网络的应用成为大势所趋。如果在现有成熟的波分复用技术上引入光分插复用器(OADM)和光交叉连接器(OXC)组成光网络层,那么这种通信网络不但能够充分利用现有的光纤资源,也满足了大容量、高速率的现代通信业务的要求,而且还具有高度的灵活性和生存能力,完全能适应未来社会的发展需求。

进入90年代,以因特网为代表的新技术革命在深刻改变传统的电信概念和体系。骨干网上业务量的激增表明,传统电话网络将不再只是承载电话业务的载体,数据业务

特别是 IP 业务也将融合到下一代电信网之中。宽带化与分组化将逐步成为通信网络发展的主流和趋势。为了适应光纤网络及 IP 业务发展所提出的新的需求, RPR 弹性分组环协议应运而生了, 其独特的功能将有可能成为新一代的传送技术。

本书对光网络的生存性技术在实际应用中的诸多问题进行了探讨。全书共分 11 章, 第 1 章和第 2 章对近几年来 SDH 自愈环及其相关领域出现的新概念和新技术等作了简单介绍; 第 3 章从自愈环容量的角度, 着重分析了节点间业务分布模型对自愈环容量的影响, 同时对在双向环中如何进行业务路由的优化, 提出了一种改进的双向环分割配置算法; 并在此基础上, 讨论了多种自愈环的经济特性; 第 4 章侧重描述自愈环的互通; 第 5 章介绍了自愈环的组网设计; 第 6 章提出了自愈环光缆物理路由的算法; 第 7 章介绍了自行开发的与自愈环组网拓扑、业务路由、容量计算、环物理路由组织、设备特性等方面相融合的自愈环网络规划辅助软件; 第 8 章给出了一个自愈环网络工程的设计实例。第 9 章则介绍了基于 DXC 格状网的网络保护与恢复; 第 10 章介绍了光层保护问题, 即由 OADM 和 OXC 实现的网络保护与恢复; 第 11 章对今后的光网络的生存性技术做了一个展望。

光网络的生存性的建设涉及到业务市场需求、网络资源配置、建设投资规模、运行维护管理、技术升级等多方面因素, 是在业务上、技术上、政策上、竞争上敏感的领域, 因此人们必须对它慎重又慎重, 再加上对许多概念和技术还有待于进一步加深认识, 以达到共识, 这就给本书的编写带来了许多困难。本书的作者有的长期从事通信方面的教学、科研工作, 有的具有系统集成的实践经验, 还有的多年从事电信运营方面的工作, 其内容包括了作者在网络建设方面的许多体会。

本书由武汉邮电科学研究院烽火科技学院的吴彦文博士、内蒙古自治区电信公司的郑大力、甘肃省电信公司工程部的仲肇伟编写。在编写的过程中, 王峥辉等同志提供了丰富的资料及很多有益的建议, 在此向他们表示深深地感谢。

由于作者的学识水平有限, 写作时间仓促, 所以书中难免会出现谬误之处, 热忱欢迎读者批评指正。

作 者

2001 年 8 月

目 录

第 1 章 光网络的生存性技术基础

1.1 光网络的生存性技术的提出	1
1.2 SDH 网络生存性基础	3
1.2.1 SDH 的产生	3
1.2.2 SDH 基础知识	5
1.3 通信网络生存性基础	10
1.3.1 网络生存性的定义	10
1.3.2 生存性与可靠性的区别	11
1.3.3 生存性网络设计内容	11
1.4 SDH 网的物理拓扑	12
1.5 自愈环的研究与现状	13
1.6 自愈环的相关术语	14
1.7 小结	17

第 2 章 自愈环保护结构简介

2.1 SDH 光缆系统及设备保护概述	18
2.1.1 SDH 光缆系统	18
2.1.2 设备保护概述	18
2.2 SDH 各种保护类型的一般描述	20
2.2.1 线性复用段保护	20
2.2.2 MS 共享保护环	21
2.2.3 MS 专用保护环	22
2.2.4 单向和双向倒换操作	23
2.2.5 线性 VC 路径保护	23
2.2.6 子网连接保护	23
2.3 SDH 自愈环结构分类	24
2.3.1 单向通道保护环	25
2.3.2 复用段共享保护环	32
2.3.3 自愈环的 APS 协议	39
2.3.4 MS 共享保护环的跨洋通信应用	39
2.4 无源保护的自愈环	42
2.4.1 概述	42

2.4.2	网络结构	42
2.4.3	保护倒换过程	43
2.5	使用波分复用器组成的复用段共享保护环	44
2.5.1	概述	44
2.5.2	网络结构	45
2.5.3	具体实现	46
2.6	自愈环技术在光接入网中的应用	49
2.6.1	概述	49
2.6.2	光纤接入网通道保护环	50
2.7	小结	53

第3章 自愈环的经济性能分析

3.1	特殊业务分布模型下自愈环的容量分析	54
3.1.1	业务量分布模型	54
3.1.2	几种特殊业务模型下的自愈环容量	58
3.2	双向自愈环的容量配置算法	61
3.2.1	双向环分割配置算法	62
3.2.2	双向环不分割配置算法	64
3.3	分割优化算法的CAD数学模型和流程	65
3.3.1	分割优化算法的数学模型	66
3.3.2	分割优化算法的流程	68
3.4	自愈环经济性能分析	69
3.4.1	成本/容量	69
3.4.2	保护/恢复时间	71
3.4.3	端到端的保护	71
3.5	小结	72

第4章 自愈环的互通

4.1	连通结构	74
4.1.1	单节点互通环结构	75
4.1.2	双节点互通环结构	75
4.2	几种自愈环的互通	75
4.2.1	单向通道保护环的互通	75
4.2.2	复用段共享保护环之间的互通	78
4.2.3	复用段共享保护环与通道保护环的互通结构	80
4.3	子网连接保护环之间的互通	82
4.3.1	结构	82
4.3.2	倒换准则和操作	86
4.3.3	倒换竞先	86

4.4 MS 共享保护环(或高阶 SNCP 环)和低阶 SNCP 环之间的互通	86
4.4.1 MS 共享保护环和低阶 SNCP 环之间的互通	86
4.4.2 高阶 SNCP 环和低阶 SNCP 环之间的互通	88
4.5 其他互通问题	88
4.6 环间互通与互连的工程应用	89
4.6.1 环带链	89
4.6.2 相交环	91
4.6.3 相切环	91
4.6.4 节点跨接方式	92
4.7 小结	94
4.7.1 网络拆分基本原则	95
4.7.2 网络拆分的应用举例	96

第 5 章 自愈环的组网设计

5.1 保护方式及组网选择	97
5.1.1 保护开关的时间限制	97
5.1.2 应用于双向复用段保护环的高性能开关	98
5.1.3 自愈环保护方式选择探讨	101
5.2 复用段自愈环的同步方案	103
5.2.1 SDH 网同步结构	103
5.2.2 SDH 设备的定时工作方式	105
5.2.3 自愈环的同步问题探讨	106
5.3 复用段保护环的误连接及抑制	111
5.3.1 误连接的产生原因	112
5.3.2 误连接的处理	114
5.3.3 误连接的判断依据	115
5.3.4 误连接时隙的计算	116
5.4 本地接入网中的自愈环网	117
5.4.1 线性专用保护	117
5.4.2 互通自愈环	118
5.5 互通自愈环的容量分析	120
5.5.1 互通自愈环业务流量计算	120
5.5.2 互通与互连复用段保护环的业务配置问题	122
5.6 互通网络应用实例分析	123
5.6.1 日字环	123
5.6.2 在本地电话网中的 SDH 自愈环网络组织	127
5.7 小结	130

第6章 自愈环光缆路由组织算法探讨

6.1 哈密顿环	131
6.2 分枝-限界法求解 TSP 问题	132
6.3 对非完全图的建环算法探讨	138
6.4 光缆路由算法的实际成本估计探讨	141
6.5 其他光缆路由算法简介	144
6.5.1 算法描述	144
6.5.2 路由算法模拟及容量配置比较	146
6.5.3 业务分布对环路所需容量配置的影响	147
6.6 小结	149

第7章 自愈环网络工程辅助软件设计

7.1 节点的数据结构	150
7.2 辅助软件设计	153
7.3 小结	158

第8章 SDH 自愈环实例分析

8.1 设计依据	159
8.2 工程规划	159

第9章 基于 DXC 的光网络保护与恢复技术

9.1 DXC 简介	163
9.2 DXC 应用	164
9.2.1 作多种网的网关	164
9.2.2 电路调度	164
9.2.3 业务量的集中与疏导	164
9.2.4 开放宽带业务	165
9.2.5 保护倒换	165
9.2.6 网络恢复	165
9.2.7 不完整通道段的监视	166
9.2.8 测试接入	167
9.3 DXC 保护与恢复	167
9.3.1 网络故障分类	168
9.3.2 DXC 网络生存性	168
9.3.3 DXC 网络恢复系统规划总体结构	169
9.3.4 主用容量的多路由分配	170
9.3.5 备用容量分配算法	171
9.3.6 异常情况下网络调度	173

9.4 DXC 与自愈环网的比较	175
9.5 ATM DXC 交换网络	176
9.6 小结	180
第 10 章 基于 OADM 和 OXC 的光网络生存性技术	
10.1 光传送网	182
10.1.1 WDM 的应用解决了传输容量问题	182
10.1.2 光传送网(OTN)的概念	184
10.1.3 光传送网的优点	185
10.2 光传送网络保护倒换模型研究	186
10.2.1 光层恢复的特点	187
10.2.2 OTN 网络的分层模型	188
10.2.3 OTN 光层抗毁能力的网络保护结构模型	189
10.3 OADM, OXC 在 OTN 网络保护中的应用设计	191
10.3.1 OADM 和 OXC 的功能结构	192
10.3.2 OADM 环和 OXC 格状网的功能结构	196
10.3.3 OADM 环的具体应用	198
10.4 多种保护与恢复方案比较	203
10.4.1 采用 2.5 Gbit/s 二纤/四纤自愈环	203
10.4.2 采用 10 Gbit/s 二纤/四纤自愈环	203
10.4.3 OTM 与二纤/四纤 BSHR 混合城域网络	204
10.4.4 采用 OADM 组成光自愈环	204
10.4.5 城域光网络技术的经济分析	205
10.5 传送网多层恢复方案协调的策略	206
10.6 小结	208
第 11 章 光网络生存性技术发展展望	
11.1 SDH 技术继续发展	210
11.2 DXC 与 OXC	212
11.3 WDM 技术继续发展	212
11.4 智能自动交换光网络	213
11.4.1 自动网络的潜在发展规模和功能要求	213
11.4.2 ASON 结构	214
11.4.3 ASON 相关结构因素	215
11.4.4 几种 ASON 协议草案的比较	217
11.5 IP 优化光网络技术	218
11.5.1 未来 IP 宽带骨干网传输技术的发展方向	218
11.5.2 弹性分组环协议	219
11.5.3 DPT 技术	225

11.6	MPLS 自愈恢复	232
11.6.1	什么是 MPLS	232
11.6.2	MPLS 的基本原理	233
11.6.3	MPLS 如何实现流量控制	233
11.6.4	MPLS 的优势	234
11.6.5	MPLS 快速自愈恢复技术	235
11.7	ATM VP 环	236
11.7.1	ATM VP 自愈环	236
11.7.2	多业务 ATM VPR 在综合接入网的应用	238
11.8	无纤光联网技术	240
11.8.1	无纤光传输技术	240
11.8.2	自组网技术	241
11.9	小结	243
附 录	线路保护倒换原理及 PDH 设备的保护	244
参 考 文 献	249

光网络的生存性 第1章

技术基础

1.1 光网络的生存性技术的提出

随着时代的发展,社会的进步,人类对通信的需求越来越大,对通信质量的要求也越来越高。从简单的电报电话业务,到 Internet 接入、远程服务、E-mail 收发等等,通信网络已经在社会、经济和人们生活中扮演着越来越重要的角色,这些都导致着电信技术的不断革新。例如,在 30 年前,以数字传输代替模拟传输为开端,整个电信网从传送到交换到网管以及其他每个部分,都逐步经历了从模拟到数字的巨大变动。现在传送网又处于另一个大变动的初期——由以“电”为特征的时代向以“光”为主导特征的时代过渡。这将是一个范围更为广泛而深刻的变革。在这次变革中,光纤将逐步代替铜缆,向着更靠近用户的地方推进;而 SDH 以及 WDM 技术的不断成熟,也将极大地发掘出光纤所具有的巨大的带宽能力,并正在促进全光网的形成。未来的宽带网络必然以光纤为传输媒体,不论是交换节点之间的中继线,还是用户和交换机之间的用户接入网络,将主要采用光纤作为传输媒质。世界上先进的工业化国家都正朝着这个方向努力,如日本计划在 21 世纪初实现光纤到路边(FTTC)、光纤到大楼(FTTB)、光纤到办公室(FTTO)。

显然,网络技术的发展促进了通信技术的发展,它一方面方便了我们的生活,而另一方面又使我们的生活更加依赖于通信,特别是政治、军事、经济等方面的发展更依赖于通信技术等信息技术,各种通信网络的结构愈加复杂,功能不断扩大。当前,通信网正处在电话网向信息网过渡的时期。它既要满足不断增长的服务要求,又要提供日益多样化的业务,如语音业务,视频业务,VOD,Internet 接入、图像业务等等。通信网络的故障,将给人们的生活带来极大的不方便,甚至可能使整个社会陷入瘫痪。

另外,技术进步和社会需求要求传输线路的速率也越来越高。目前,国际上 SDH 传输速率等级已达 40 Gbit/s,实用化及商用化的已达到 10 Gbit/s,相当于十几万条话路。若一根 24 芯的光缆被意外事故所切断,则可能同时丢失几十万条话路的信息。最近,日本 NTT 采用光时分复用(OTDM)和光波分复用(OWDM)技术在一根光纤上实现了 340 Gbit/s 的 150 km 传输,这意味着通信网尤其是大容量高速通信网络的失效将造成巨大的社会影响和经济损失,网络的生存性问题日益受到人们的普遍关注。从经济的角度也可直观地看出这一点,随着通信量的日益扩大和新技术、新业务的不断涌现,传输网时刻都承载着大量的信息,其安全可靠性问题越来越重要,如在美国很普遍的银行信用卡业务,在电路一旦中断时,所有的交易将面临停止,这样所带来的经济损失将是巨大的。据美国有关资料分析,如果通信中断 1 小时,航空公司要损失 250 万美元,投资银行要损失 600 万美元;如果通信中断两天,足

以使投资银行倒闭。因此如何提高网络的生存性和可靠性是网络运营管理者所迫切要考虑的重要问题。也正因为今天的光纤通信网络的加盟,使网络所能承载的信息容量和通信速率成阶梯型的增长,这种现状,使网络的生存性问题被提到前所未有的高度。

鉴于通信安全和可靠问题一直是从事通信开发和服务行业的广大工作人员所追求的目标,近年来,随着光通信事业的飞速发展,人们不断地发展了光网络的各种生存性技术。例如:

(1) 随着 SDH 体制在传输网中的广泛应用,人们进一步提出了 SDH 自愈网的概念。自愈网的目标和它的名字一样,是希望网络能在极短的时间内从失效的故障中自动恢复所携带的业务,而无需人为的干预。它之所以得以实现,是因为 SDH 体制为开发具有强大网管功能和灵活的网络组织能力的设备提供了潜力。

(2) 随着越来越多的光传输系统升级为 WDM 或 DWDM 系统,以及在 DWDM 技术逐渐从骨干网向城域网和接入网发展的过程中,人们发现 DWDM 技术在提高传输能力的同时,还具有无可比拟的联网优势。光联网技术利用波分复用和波长路由技术,将一个波长作为一个通道,全光地进行路由选择。其中 OXC 和 OADM 是实现光联网和建立 DWDM 光传输网的核心节点技术,而波长转换器和光分插复用器等器件更是这些核心节点技术中的关键技术。在 DWDM 城域网中,由于光纤中传输的容量很大,为保证网络传输的可靠性,要求光层上的保护。光层的保护对于不同的网络结构采取的保护方式也不同,典型的有线性路径保护和环型网保护,也有做成 DWDM 光网状网的保护方式。

(3) Internet 和企业内 Intranet 应用的持续增长,基于 VoIP 和组播能力的增值 IP 业务的迅速出现,以及通过 xDSL 和 Cable MODEM 等技术实现的低成本、高带宽的住宅连接,使得 IP 业务流量以指数形式迅猛增长;因此,对于具有高度灵活性的高带宽 IP 连接的需求与日俱增。这时通过 SoNET/SDH 实现的 IP 路由器的连接却还存在一系列问题,如带宽利用率问题、成本和复杂性等问题等等。为了解决这些技术难题,满足市场需求,动态包传输(DPT: Dynamic Packet Transport)技术应运而生,这是一种全新的包优化光纤传输技术。DPT 的出现引入了一个新的 MAC 层协议,即空间再利用协议(SRP),以及两个专利算法,即 SRP 公平算法(SRP-fa)和智能保护切换(IPS)。

(4) 随着 SDH 数字交叉连接设备 DXC 的出现,人们越来越倾向利用 DXC 的快速重构能力来恢复网络,尤其是在业务量高度集中、互连度高的长途干线网中。在由 DXC 组成的网孔型拓扑结构的网中采用自愈技术,不仅能够满足网络运营者和使用者对业务的可靠性要求,而且能够充分利用网状网中物理路由的多样性,节省备用容量的配置,提高资源利用率,实现网络自愈的经济性。

总而言之,随着新业务的引入以及现代电信网的不断扩大,世界各国的电信管理部门都越来越感到必须采取新的策略和手段来管理和保护它们的传输网络。各种网络保护技术纷纷出台,这其中主要以环网保护技术,备受众人瞩目。

在环网保护的实现上有两个原理不同的技术:网络保护和网络恢复。网络保护通常是利用预留的容量,为失效通道提供备用通路,使受影响的业务从备用通路到达目的地。因为这种方式为每种可能发生的故障中受影响的业务都有默认的备用传输通路,所以在故障发生后,直接按预定方案操作,恢复受影响业务的时间很快,它是一种静态的保护方式。采用这种技术的网络结构有线型和环型两种,其中 SDH 的环网,因为具有较完善的保护功能和

较灵活的组网方式,是 SDH 网络结构中应用较广的一种,它有一个专用名称——自愈环,组成自愈环的节点设备叫做分插复接设备(ADM)。而网络恢复通常是利用网络的冗余容量,依据特定的算法,为受故障影响的业务重新分配到达目的地的通路。这种方式与故障时网络当前的时隙分配,业务容量有关,其为受故障影响的业务寻找新路由的过程,是一种动态的过程。这种技术主要用在数字交叉连接设备(DXC)上。保护与恢复的另一个区别是保护无网管干预而恢复需网管干预。

应该说,在组建有自愈能力的光网络上,DXC 的功能是最灵活而强大的。一般的 DXC 都有在某一数率等级信道的全交叉能力,也有一套完整的路由算法,去支持网络恢复。可以用它灵活的组成各种拓扑结构的网络。而多个 DXC 的网络相连的网络,则称为网状网,这是一种真正完全意义上的网。但正因 DXC 有如此强大的功能,设备结构比较复杂,它的价格相对同等线路速率的其他类型设备要贵很多。在有些不需要 DXC 就可以满足业务传输的节点,应该有较廉价而功能也可以满足的设备。ADM 设备从功能上说,虽然比不上 DXC,但它可以实现本地上下业务,也有交叉矩阵实现从东西方向以及本地上下业务的时隙交换。有的 ADM 设备,能做到在这三个方向进出数据在 VC-12 通道等级的全交叉,这样的 ADM 设备在传输功能上,可以相当于一个小的 DXC 设备,当然它的保护实现方式是不同的。

1.2 SDH 网络生存性基础

1.2.1 SDH 的产生

21 世纪人类将进入信息社会。在这个高度发达的信息社会里,人们不仅要求得到高质量的信息服务,而且要求通信网能提供多种多样的电信业务,这样通过通信网传输、交换、处理的信息量也将不断增大。这就要求现代化通信网向数字化、综合化、智能化和个人化方向发展。

传输系统是现代通信网的主要组成部分,而传统的准同步(PDH)传输系统(欧洲系统标准)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,如图 1.1 所示。目前,国际上通行有三种信号速率等级,即欧洲系列、北美系列与日本系列。这种局面造成了国际互通的困难。

(2) 没有世界性的标准光接口规范。由于各个厂家各自采用自行开发的线路码型,使得在同一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) 现有的 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)是同步的,从低次群到高次群的复接是异步的,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,如图 1.2 所示。

(4) 目前的准同步复用信号帧结构中没有安排很多用于网络 OAM 的比特。只有在线

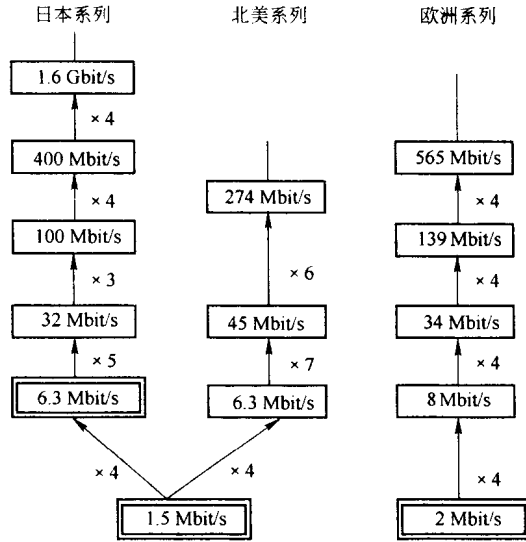


图 1.1 准同步数字系列(PDH)

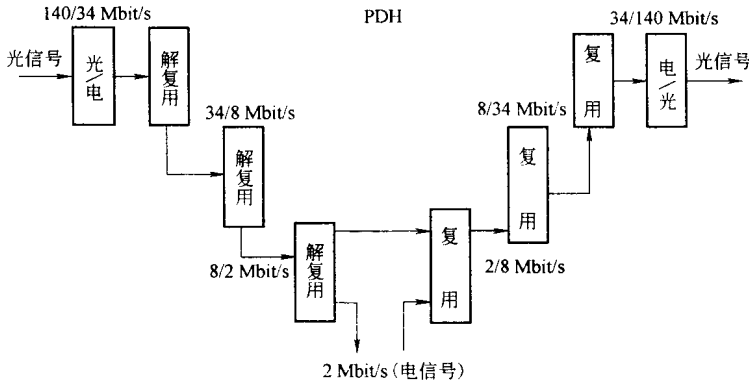


图 1.2 PDH 中分插支路信号的过程

路编码中用插入比特的方法来传输一些监控信号,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。

(5) 对目前的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校准数字传递结构组成的同步网络(SONET),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,SDH与PDH相比在技术体制上进行了根本的改革。