

信息与通信网络技术丛书

光网络评估及 案例分析

**Evaluation and Analysis of
Optical Network**

王健 张敏锋 周晓 李永嫚 揭水平 黄柳山 等◎编著

给从事光网络技术研究的相关人员提供的
一本系统论述光网络评估方法和评估指标体系的著作



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

信息与通信网络技术丛书

光网络评估及 案例分析

Evaluation and Analysis of
Optical Network

王健 张敏锋 周晓 李永嫚 揭水平 黄柳山 等◎编著

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

光网络评估及案例分析 / 王健等 编著. — 北京 :
人民邮电出版社, 2015. 12
(信息与通信网络技术丛书)
ISBN 978-7-115-39061-5

I. ①光… II. ①王… III. ①光纤网—评估方法—案例 IV. ①TN929.11

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第257523号

内 容 提 要

全书分为3个部分:第一部分全面介绍光网络的发展历程、光网络的关键技术、光网络现状及分析,提出光网络评估的必要性;第二部分阐述评估的概念、评估的分类、光网络评估的范围及内容、光网络评估的流程和方法、光网络评估指标体系的建立;第三部分结合运营商网络实际,介绍光网络中长途传输网、本地传输网、接入网3张网络的评估案例,这部分有助于加深对前面章节的理解,对准备参与光网络评估的人员也是一个较好的实际参考,最后介绍了下一代光网络特征以及下一代光网络评估的方法及重点。

本书内容翔实,较全面地介绍了光网络评估的指标体系,书中结合了作者参加光网络评估项目的实践经验,阐述了光网络评估的案例,工程实践性较强,可供从事光网络技术研究、勘察设计,以及运营商规划、建设、维护部分的技术人员使用,也可供高校通信、网络等专业师生阅读参考。

◆ 编 著 王 健 张敏锋 周 晓 李永嫚 揭水平
黄柳山 等

责任编辑 杨 凌

责任印制 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

三河市潮河印业有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 22

2015年12月第1版

字数: 535千字

2015年12月河北第1次印刷

定价: 88.00 元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

前 言

近几年来,电信行业竞争不断加剧,竞争主体日益多元化,竞争层次日趋多样化;通信业务宽带化、IP化和多媒体化发展,单一业务经营的电信企业朝着全业务经营的方向转变;光网络技术迅速发展,SDH/MSTP与传统WDM广泛应用,PTN和OTN规模化部署,PON网络建设不断推进,各种光传输技术将长期并存,共同组网。

光网络作为通信业务提供承载的基础网络,承担着通信网络中80%以上的流通信息量,其质量对承载的通信业务起着至关重要的作用。以往,在一个传输网络建成之后,根据业务需求和发展,要经历多次的升级改造。在这个过程中,网络结构的安全性、资源利用等诸多方面都会发生较大的变化,如安全性下降、资源利用率和配置不成比例等问题日趋突出。另外,在维护过程中,由于缺乏对传输网络性能/质量的全面详细了解,始终维持的是一种简单的维护模式,造成的结果就是传输网络维护效率低下。因此,积极探索光网络的评估模式,是我们解决上述问题的一个有效途径。

目前通信行业关于光网络如何评估方面还鲜有系统论述、有效指导的著作,本书可以弥补这一空白,通过理论介绍与案例分析,形成一套相对完整的评估体系与方法,根据作者在工作过程中积累的光网络评估与优化经验,图文并茂,表格化、流程化梳理,对于光通信专业的从业者极有参考价值。

全书分为3个部分共6章,此外还有一个附录,各个部分及附录的内容介绍如下。

第一部分:第1章光网络现状及分析,这部分主要讲述光网络的发展及关键技术,介绍了光网络的发展历程、光网络关键技术、光网络现状及分析,从而引出光网络评估的作用及评估的必要性。

第二部分:包括第2至第4章,这部分首先介绍评估的概念及分类,光网络评估的范围及内容、光网络评估的流程与方法,然后提出光网络评估的指标体系。

第2章首先介绍评估的概念,评估的国内外发展动态,研究通信网常用的评估类型,提出光网络评估的总体架构,阐述光网络评估的范围及内容。第3章介绍光网络评估的思路,光网络评估的流程以及光网络评估常用方法。第4章详细介绍了光网络评估的指标体系。

第三部分:包括第5至第6章,第5章讲述了光网络中长途传输网、本地传输网、接入网的评估案例,这部分有助于加深对前面章节的理解,对准备参与光网络评估的人员也是一个较好的实际参考。第6章讲述下一代光网络的特征、下一代光网络的规划内容及其评估思路 and 评估重点。

附录部分为国家/行业标准/规范表。

本书作者基于多年来光网络规划、设计、建设、评估的经验总结，参考了行业内其他单位的技术成果，编写了本书，希望能起到抛砖引玉的作用。

本书由江苏省邮电规划设计院有限责任公司副总经理王健策划、主编，江苏省邮电规划设计院网络院院长张敏锋负责全书的结构安排及内容的掌控。负责相关章节编写的同志有王健、张敏锋、周晓、李永嫚、揭水平、黄柳山等，此外，参与本书编写和整理工作的还有叶春、王睿、何晓卉、李龙、马晓亮、周楠、江建方等。

在本书的编写过程中，得到了中国电信江苏公司、中国移动通信集团甘肃公司的大力支持和帮助，在此谨向各位专家表示衷心的感谢。

由于水平所限，编写时间仓促，书中难免有疏漏和不妥之处，欢迎广大读者批评指正！

作者
2015 年 8 月于南京

目 录

第 1 章 光网络现状及分析	1
1.1 光网络的发展历程	1
1.1.1 光网络概念和分类	1
1.1.2 光网络的特点	2
1.1.3 光网络的发展历程	2
1.1.4 光网络面临的机遇和挑战	3
1.2 光网络关键技术	4
1.2.1 同步数字体系 (SDH)	4
1.2.2 多业务传输平台 (MSTP)	5
1.2.3 自动交换光网络 (ASON)	7
1.2.4 波分 (WDM)	10
1.2.5 光传送网 (OTN)	11
1.2.6 波长交换光网络 (WSON)	13
1.2.7 分组传送网 (PTN)	15
1.2.8 IP 无线接入网 (IP RAN)	17
1.2.9 无源光网络 (PON)	20
1.3 光网络现状及分析	22
1.3.1 光网络现状	22
1.3.2 光网络现状分析	32
1.4 光网络评估的必要性	38
1.4.1 光网络评估的背景	38
1.4.2 光网络评估的作用	39
1.4.3 光网络评估的必要性	39
1.5 本章小结	40
参考文献	40
第 2 章 光网络评估的架构与范围	41
2.1 概述	41
2.2 网络评估概念	41

2.2.1	网络评估概念	41
2.2.2	网络评估的作用	46
2.3	评估的国内外发展动态	46
2.3.1	评估的国外发展动态	46
2.3.2	评估的国内发展动态	47
2.4	通信网络常用的评估类型	51
2.4.1	按通信项目全生命周期的分类	51
2.4.2	按项目评估的内容分类	53
2.5	光网络评估体系架构	56
2.5.1	光网络评估管理体系	56
2.5.2	光网络评估技术体系	58
2.5.3	光网络评估指标体系	68
2.6	本章小结	73
	参考文献	74
第3章	光网络评估的流程与方法	75
3.1	光网络评估的原则	75
3.1.1	光网络评估的总体原则	75
3.1.2	光网络评估的依据	76
3.1.3	光网络评估的思路	77
3.2	光网络评估的流程	78
3.2.1	网络评估工作程序	78
3.2.2	光网络评估流程	79
3.3	光网络评估的方法	81
3.3.1	评估数据的调研与分析	81
3.3.2	定量分析与定性分析	85
3.3.3	纵向分析与横向分析	90
3.4	本章小结	93
	参考文献	94
第4章	光网络评估指标体系	95
4.1	建立评估指标体系的总体要求	95
4.1.1	评估指标体系的建立原则	95
4.1.2	评估指标体系的建立思路	96
4.2	长途传输网评估指标	103
4.2.1	长途传输网网络评估体系概述	103
4.2.2	长途传输网评估指标体系	105
4.2.3	长途传输网传输系统评估指标详解	107
4.2.4	长途传输网光缆网络评估指标详解	108
4.2.5	长途传输网维护管理体系评估指标详解	110
4.3	本地传输网评估指标	112

4.3.1	本地传输网评估体系概述	112
4.3.2	本地传输网评估指标体系	118
4.3.3	本地传输网传输系统评估指标详解	127
4.3.4	本地传输网光缆网络评估指标详解	157
4.3.5	本地传输网管道资源评估指标详解	164
4.3.6	本地传输网机房资源评估指标详解	171
4.3.7	本地传输网辅助系统评估指标详解	178
4.4	接入网评估指标	184
4.4.1	接入网评估体系概述	184
4.4.2	接入网评估指标体系	185
4.4.3	接入网综合业务接入区评估指标详解	187
4.4.4	接入网 ODN 网络评估指标详解	192
4.4.5	接入网传输系统评估指标详解	195
4.4.6	接入网维护管理综合评估指标详解	195
4.5	本章小结	196
	参考文献	196
第 5 章	光网络评估案例分析	198
5.1	案例一: XX 长途传输网络评估案例分析	198
5.1.1	项目概况	198
5.1.2	网络现状	198
5.1.3	网络评估	222
5.1.4	网络优化建议	234
5.2	案例二: XX 本地传输网络评估案例分析	235
5.2.1	项目概况	235
5.2.2	网络现状	236
5.2.3	网络评估	256
5.2.4	网络优化建议	261
5.3	案例三: XX 接入网络评估案例分析	274
5.3.1	网络现状	274
5.3.2	网络评估	279
5.3.3	网络优化建议	281
5.4	本章小结	284
第 6 章	下一代光网络的规划与评估	285
6.1	概述	285
6.1.1	我国光通信的发展前景	285
6.1.2	光通信的产业地位和作用	285
6.2	下一代光网络的特征	287
6.2.1	提高频谱效率, 降低比特成本	288
6.2.2	优化网络结构, 降低运维成本	294

- 6.2.3 打造智能管道，差异化流量经营 305
 - 6.2.4 可编程光网络，开放提升价值 305
- 6.3 下一代光网络的规划 307
 - 6.3.1 光网络面临的主要问题 307
 - 6.3.2 未来业务需求及运营要求 308
 - 6.3.3 基于演进中的光网络规划 312
 - 6.3.4 下一代光网络的规划重点 314
- 6.4 下一代光网络的评估 328
 - 6.4.1 下一代光网络的评估思路 328
 - 6.4.2 下一代光网络的评估重点 329
- 6.5 本章小结 335
- 附录 国家/行业标准/规范 336

第 1 章

光网络现状及分析

全业务运营、三网融合、云计算、物联网、智能管道和 LTE 新业务的需求,驱动传输网络迅速发展。整个光网络将向宽带化、分组化、融合化、智能化、低碳化方向发展,因此对光网络的端到端业务承载、可靠性和稳定性、网络可扩展性、可管可控性提出了新的挑战。

本章首先介绍了光网络的发展历程,包括光网络的概念、分类、特点、发展历程,并指出目前光网络面临的机遇和挑战,然后对 SDH、MSTP、ASON、WDM 等 9 种光网络关键技术,从概念、产生背景、功能、主要特点等方面进行介绍,并对光网络目前的网络现状进行详细分析,从而阐明光网络评估的作用及评估的必要性。

1.1 光网络的发展历程

随着经济的不断发展,人们对通信业务的需求也不断增强,电信业务市场仍然继续保持增长。为了适应业务的增长和变化,光网络也不断地演进,以促进和保障业务的增长。

1.1.1 光网络概念和分类

光网络(Optical Network)包含的内容十分广泛。从字面意思上理解,光网络具备“光”和“网络”两层含义,光网络指使用光纤传输的网络结构,它是由光纤及光信号处理设备组成的网络,在光层上完成通信数据的传输、交换、汇聚、接入等网络功能。由于光纤媒质所具有的传输带宽大、传输损耗低、抗干扰能力强等特点,光网络始终在通信基础网络建设中占据着主导地位,并承载着通信网络中大部分的信息流量。

我们可以从功能、区域等不同的参数和维度对光网络进行分类,具体分类详见表 1-1。

表 1-1 光网络分类表

分 类 参 数	网 络
功能	核心交换网
	光传输网
	光接入网
	光局域网和光局域互联
区域	光广域网
	光城域网
	光局域网

续表

分 类 参 数	网 络
光信号的传输媒介	光纤网、空间通信网
光承载的信号	数字、模拟
信号承载方式	PDH、SDH、WDM、IP 等
业务	静态业务网络
	动态业务网络
波长变换	无波长变换
	有波长变换
节点	单跳网络
	多跳网络
拓扑结构	总线型、星形、网状、环形、树形
选路	广播与选择
	波长选路网

本书中涉及的光网络主要是指由光纤和光传输设备组成的网络，主要功能包括光传输网和光接入网。

1.1.2 光网络的特点

与传统的由铜缆或电缆构成的通信网络相比，光网络有许多技术上和经济上的优点，主要为以下几点：

- ① 通信容量大、传输距离远；
- ② 高效的网络管理和保护技术；
- ③ 信号串扰小、保密性能好；
- ④ 光纤尺寸小、重量轻，便于敷设和运输；
- ⑤ 材料来源丰富，环境保护好，有利于节约有色金属铜；
- ⑥ 光缆适应性强，寿命长；
- ⑦ 降低运营成本，增加了利润增长点。

1.1.3 光网络的发展历程

光网络是当前最活跃的领域，由于光网络是通信业务的承载网络，所以随着通信行业的繁荣，光网络也日渐繁荣。光网络可以分为以下几个发展阶段。

1. 第一代光网络

第一代光网络较为简单，光纤纯粹作为传输媒介，只是用来实现大容量传输，主要实现点到点的传输。所有的交换、选路、比特处理和其他功能都在电层面上实现。SONET（同步光网络）和 SDH（同步数字体系）网络是第一代光网络的代表，它们分别构成北美、欧洲和亚洲通信基础设施的核心。

2. 第二代光网络

随着技术的发展,在第二代光网络中,部分交换和路由功能从电层进入光层。它的主要优点是,一旦光通路建立,电路交换光通路服务对发送到上面的实际数据是透明的;相比第一代光网络,它能够以光形式交换分组,在光域执行更多功能,比如路由和交换波长功能。

3. 第三代光网络

第三代网络借助于动态可管理的全光 DWDM 技术,支持以波长为单位的分级式业务。为了满足用户对服务速度的要求,可结合使用动态可管理的 OADM 和 WXC 节点、可调激光器、可调滤波器、光性能监测、波长级的保护机制和网络管理软件,既削减了运营成本,又可方便地提供增加收益的新业务。

4. 下一代光网络

近年来,随着云计算、流媒体、移动宽带等新业务的不断涌现,需要网络变得更宽、更智能,于是提出了下一代光网络的理念——软件定义的弹性光网络,它是新时期光网络架构的新理念,由三大核心部件组成,是可实现弹性、协同、开放的新一代光网络。

首先是弹性的超大管道,用以承载未来多变的海量的业务,包括光层弹性、电层弹性、容量弹性三大技术。光层弹性是 Flex Grid,激活光层,提升频谱效率;电层弹性是基于 $N \times 100\text{Gbit/s}$ 的弹性帧架构 Flex OTN,可实现高速管道的交叉复用;容量弹性是通过强大的信号调制处理技术,实现容量和距离的弹性转换。

其次是高效的多层协同,包括跨层 IP 和光的协同,跨域多网元组大网管理,以及单网元波长、OTN、以太,即 L0/L1/L2 的流量协同。每层管道每比特的成本是不一样的,通过管道间的协同,打造智能的策略引擎,实现流量成本的最优化,提升管道整体的效率。

最后是软件可定义实现的网络开放。一方面,通过软件定义网络(SDN, Software-Defined Network)技术提升了系统的硬能力,实现上述的弹性管道和高效协同;另一方面,SDN 技术实现了网络能力的开放,实现带宽的货币化。SDN 简化网络的运营和维护,有效降低每比特的成本。

1.1.4 光网络面临的机遇和挑战

光网络面临以下机遇和挑战。

(1) 互联网、视频等新兴业务层出不穷,业务的剧烈变化迫使光网络随之而变

随着居民收入逐渐提高,内需消费引导逐步增强,产业结构调整优化,有利于通信行业继续快速发展。生活方式、消费结构、需求层次的多元化,促使在线互动娱乐业务成为人们首选的娱乐休闲方式;人们对 PC、手机和网络的接受度和使用度日益提高,更多人通过更多类型的终端和方式交流,这必然加速推进通信业务的宽带化、IP 化和多媒体化的发展。

从全球看,移动宽带和固定宽带用户增速分别达到 34.7%和 9.2%,远远超过移动电话用户增速(6.6%)和固定电话用户增速(-1.2%)。数据业务的增速远高于语音业务。

以往的光网络上承载的业务以语音业务为主,随着互联网、视频、云计算、流媒体、移动宽带等新业务的不断涌现,数据业务已渐占主流。以往适应流量、流向单一的语音业务的光网络需要随着业务需求的改变而变化,需要网络变得更宽、更智能。

(2) 光网络发展的速度已大大落后于互联网流量增速，现有光层功能和性能难以满足业务发展的需求

过去 10 年，光通信容量的增速已经从超摩尔定律的 78%降到现在的 20%，大大落后于近些年全球互联网流量的增速（40%），预计 2020 年将现容量危机。

在光网络上，近几年缺乏突破性的技术，以带来容量的大幅提升。网络上现有的光层功能和性能缺少低速信号的灵活调度能力，缺少保护恢复，需要提高信号传输的透明性。

(3) 可持续发展的挑战

经过多年的建设，各大通信运营商的光网络都具备一定的规模。对于通信行业发生的变化，现有的光网络如何调整、优化，以适应业务的发展和社会的需求，如何既能适应行业形势的变化，又能最大限度地保护投资，实现光网络的可持续发展，是行业从业人员不得不面临的问题。

1.2 光网络关键技术

1.2.1 同步数字体系（SDH）

1. 概念及产生背景

(1) 产生背景

在 SDH 技术出现前，传输网大都采用 PDH 技术。但 PDH 系统不仅复用结构复杂，也缺乏灵活性，硬件数量大，上下业务费用高，数字交叉连接功能的实现也十分复杂。这些缺陷制约了其速率等级的进一步提高，因而已不能满足信息社会的需要。这就迫切需要采用一种全新的体制来替代 PDH。

为了解决 PDH 技术的先天劣势，高速大容量光纤传输技术和智能网络技术出现，新一代同步数字系列 SDH 技术应运而生。

(2) SDH 的概念

SDH（Synchronous Digital Hierarchy，同步数字体系）是为不同速率的数字信号的传输提供相应等级的信息结构，包括复用方法和映射方法，以及相关的同步方法组成的一个技术体制。SDH 的特性使其得到了广泛应用，中国各大运营商都已经大规模建设了基于 SDH 的光网络。

2. 主要技术特点

(1) 具备统一的光接口标准和帧结构

SDH 具备统一的光接口，标准速率见表 1-2。

表 1-2 SDH 标准速率表

等 级	速率（Mbit/s）	2M 数量	最大通道容量（等效话路）
STM-1	155.52	63	1890
STM-4	622.08	252	7560
STM-16	2488.32	1008	30 240
STM-64	9953.28	4032	120 960

SDH 具备统一的帧结构,它是实现数字同步时分复用、保证网络可靠有效运行的关键。一个 STM- N 帧有 9 行,每行由 $270 \times N$ 个字节组成。每帧共有 $9 \times 270 \times N$ 个字节,每字节为 8bit。帧周期为 $125\mu\text{s}$,即每秒传输 8000 帧。对于 STM-1 而言,传输速率为 $9 \times 270 \times 8 \times 8000 = 155.520\text{Mbit/s}$ 。字节发送顺序为:由上往下逐行发送,每行先左后右。

(2) SDH 具有灵活的保护和恢复机制

SDH 的保护主要分为两种,即路径保护和子网连接保护。SDH 路径保护主要分为线性复用段保护倒换 (1+1 和 1: N)、复用段共用保护环 (二纤环和四纤环)、复用段专用保护环 (二纤环) 和线性 VC 路径保护等几大类。

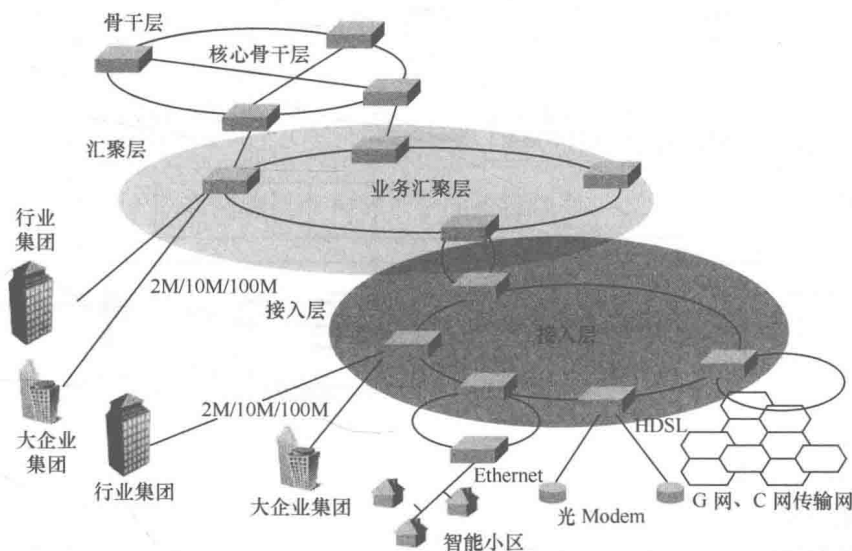


图 1-1 SDH 的组网应用

1.2.2 多业务传输平台 (MSTP)

1. 概念及产生背景

(1) 产生背景

不断增长的 IP 数据、话音、图像等多种数据业务传送需求,使得宽带化技术迅速普及。原先以承载话音为主要目的的 SDH 在容量以及接口能力上都已经无法满足业务传输与汇聚的要求。SDH 的固定带宽分配,也不适应数据业务面向统计复用的动态连接。于是,以 SDH 技术为基础,继承 SDH 优点的 MSTP (Multi-Service Transport Platform, 多业务传送平台) 技术应运而生。

(2) 概念

广义的 MSTP 技术指能够满足多业务传送要求的所有技术或解决方案。狭义的 MSTP 技术指能够满足多业务传送要求的、基于 SDH 技术的多业务传送技术。它是基于 SDH 平台,同时实现 TDM、ATM、以太网、IP 等业务的接入处理和传送并提供统一网管的多业务平台。本书中的 MSTP 均指狭义的 MSTP 技术。

基于 SDH 的多业务传送平台 (MSTP) 将 SDH 的高可靠性、严格的 QoS 和 ATM 的统计

复用以及 IP 网络的带宽共享、统计复用特征集于一身，可以针对不同 QoS 的业务提供最佳的传送方式。基于 SDH 的 MSTP 最适合作为网络边缘的融合节点支持混合型业务，特别是以 TDM 业务为主的混合业务，可以更有效地支持分组数据业务，有助于实现从电路交换网向分组网的过渡。

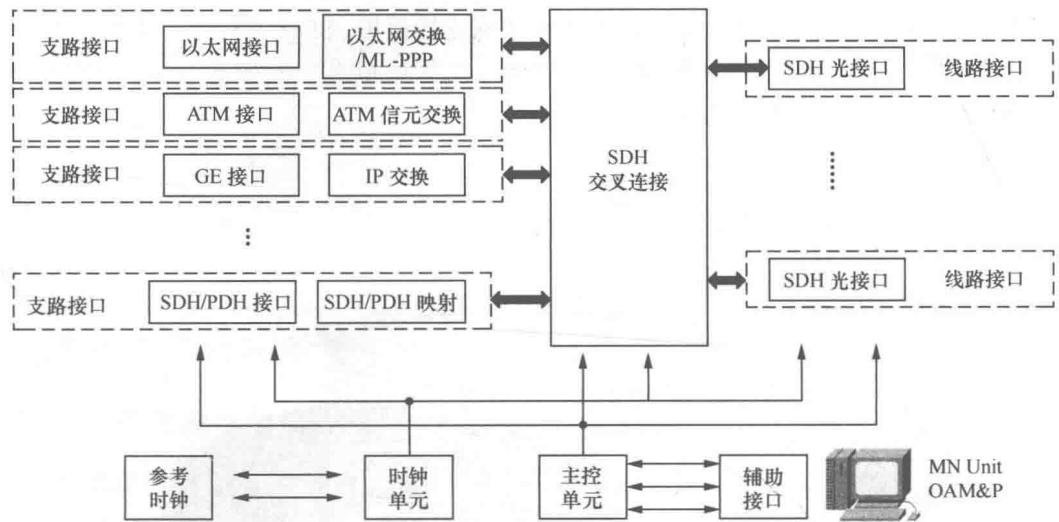


图 1-2 MSTP 系统的基本功能模型

2. MSTP 的功能

MSTP 的功能如下：

- ① 具有 TDM 业务、ATM 业务或以太网业务的接入功能；
- ② 具有 TDM 业务、ATM 业务或以太网业务的传送功能包括点到点的透明传送功能；
- ③ 具有 ATM 业务或以太网业务的带宽统计复用功能；
- ④ 具有 ATM 业务或以太网业务映射到 SDH 虚容器的指配功能。

3. 主要技术特点

(1) 级联

VC 级联的概念是在 ITU-T G.707 中定义的，分为相邻级联和虚级联两种。相邻级联是指 SDH 中用来承载以太网业务的各个 VC 在 SDH 的帧结构中是连续的，共用相同的通道开销 (POH)；虚级联是指 SDH 中用来承载以太网业务的各个 VC 在 SDH 的帧结构中是独立的，其位置可以灵活处理。

(2) 通用成帧规程 (GFP)

GFP 是 ITU-T G.7041 定义的一种链路层标准，是一种对于以帧为单位组织的数据业务的简单有效的封装方式，它既可以在字节同步的链路中传送长度可变的数据包，又可以传送固定长度的数据块，是一种简单而又灵活的数据适配方法。GFP 采用了与 ATM 技术相似的帧定界方式，可以透明地封装各种数据信号，利于多厂商设备互联互通。

(3) 链路容量调整机制通用成帧规程

LCAS 功能应符合 ITU-T G.7042 标准的要求，它可以在不中断数据流的情况下动态调整

虚级联个数,它所提供的是平滑地改变传送网中虚级联信号带宽以自动适应业务带宽需求的方法。LCAS 可以将有效净负荷自动映射到可用的 VC 上,从而实现带宽的连续调整,不仅提高了带宽指配速度、对业务无损伤,而且当系统出现故障时,可以动态调整系统带宽,无需人工介入,在保证服务质量的前提下,使网络利用率得到显著提高。

(4) 多协议标签交换 (MPLS)

MPLS 是一种多协议标签交换标准协议,它将第三层技术(如 IP 路由等)与第二层技术(如 ATM、帧中继等)有机地结合起来,从而使得在同一个网络上既能提供点到点传送,也可以提供多点传送;既能提供原来以太网的服务,又能提供具有很高 QoS 要求的实时交换服务。MPLS 技术使用标签对上层数据进行统一封装,从而实现了用 SDH 承载不同类型的数据包。基于 MPLS 的 MSTP 设备不但能够实现端到端的流量控制,而且还具有公平的接入机制与合理的带宽动态分配机制,能够提供独特的端到端业务 QoS 功能。通过嵌入二层 MPLS 技术,允许不同的用户使用同样的 VLAN ID,从根本上解决了 VLAN 地址空间的限制。此外,由于 MPLS 中采用标签机制,路由的计算可以基于以太网拓扑,减少了路由设备的数量和复杂度,从整体上优化了以太网数据在 MSTP 中的传输效率,达到了网络资源的最优化配置和最优化使用。

1.2.3 自动交换光网络 (ASON)

1. 概念及产生背景

(1) 产生背景

传统 SDH 网络其拓扑结构以线形和环形为主,业务配置时需要逐环、逐点配置业务路径及时隙,网络生存性主要依赖 SDH 的自愈机制。虽然在这些拓扑结构下实现的保护方式有着快速保护倒换的优点,但其网络扩展性差,并且带宽利用率较低。随着网络规模越来越大,网络结构的日渐复杂,业务流量流向日渐复杂,传统 SDH 网络正面临着其前所未有的挑战——电路调配繁琐、提供的业务单一、带宽利用率低以及在多点故障灾难面前所表现出的无能为力等等。人们希望借助新技术,实现业务的动态申请、选路、业务自动建立,从而简化网络的业务管理,降低运营成本,在这样的背景下,ASON 应运而生。

(2) 概念

ASON (Automatically Switched Optical Network),即自动交换光网络,是新一代光传送网络,也称智能光网络。ASON 是能够智能化地、自动完成光网络交换连接功能的新一代光传送网。所谓自动交换连接,是指在网络资源和拓扑结构的自动发现的基础上,调用动态智能选路算法,通过分布式信令处理和交互,建立端到端的按需连接,同时提供可行的可靠的保护恢复机制,实现故障情况下连接的自动重构。

在定义上,ASON 分为狭义和广义两种理解。由于 SDH 电交叉技术的成熟,ASON 技术首先在 SDH 设备上实现,并得到规模使用。因此,狭义的 ASON 特指在 SDH 设备上的 ASON。而按照 ITU-T 的定义,ASON 并没有局限在 SDH 设备上,ROADM、OXC、OTN 电交叉技术的成熟,以及光电交叉、汇聚技术和 WDM 的结合,将极大地推动 ASON 技术在光传输领域的应用,此为广义的 ASON。

ASON 的基本概念包括 ASON 的 3 个平面、LSP (Label Switching Path) 和重路由等。

ASON 分成 3 个平面：控制平面、传送平面和管理平面，如图 1-3 所示。

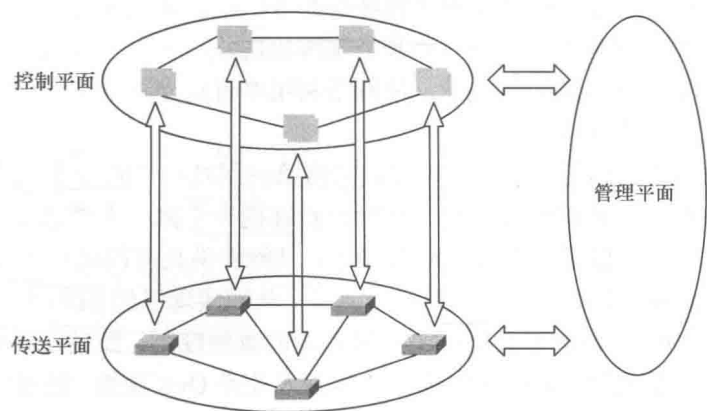


图 1-3 ASON 的 3 个平面

控制平面由一组通信实体组成，负责完成呼叫控制和连接控制功能。通过信令完成连接的建立、释放、监测和维护，并在发生故障时自动恢复连接。

传送平面就是传统的 SDH 网络，它完成光信号传输、复用、配置保护倒换和交叉连接等功能，并确保所传光信号的可靠性。

管理平面完成传送平面、控制平面和整个系统的维护功能，能够进行端到端的配置，是控制平面的一个补充，包括性能管理、故障管理、配置管理和安全管理功能。

ASON 由智能网元、TE 链路、ASON 域和 SPC (Soft Permanent Connection) 组成，如图 1-4 所示。

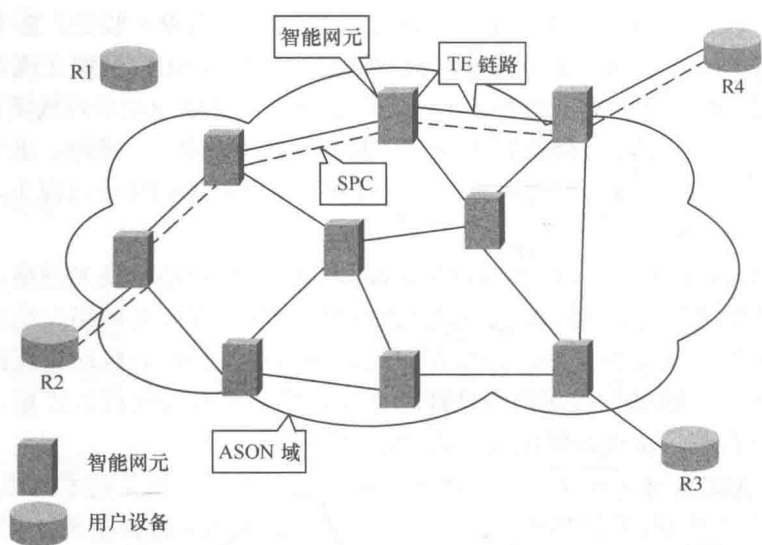


图 1-4 ASON 网络的组成

智能网元是 ASON 的拓扑元件。相对于传统网元，智能网元增加了链路管理功能、信令功能和路由功能，如图 1-5 所示。

TE (Traffic Engineering) 链路就是流量工程链路。智能网元将自己的带宽等信息以 TE