

中国移动创新系列丛书

6³

黄晓庆 唐剑锋 徐 荣 编著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

TN915.05
H905

中国移动创新系列丛书

PTN ——IP 化分组传送

黄晓庆 唐剑峰 徐 荣 编 著

TN915.05
H905

北京邮电大学出版社
·北京·

内 容 简 介

本书以面向 IP 的传送新技术为主线,系统地介绍了分组传送网 PTN 的概念、原理、关键技术、组网方案和网络应用。全书共分 5 章。第 1 章简要介绍了业务层和应用层 IP 化对下层传送网向 IP 化分组传送演进的驱动力,主要对分组传送网 PTN 的定义、体系架构、关键技术和实现方案进行了阐述。第 2 章详细介绍了运营级以太网概念,分析了基于增强以太网的 PBT 技术实现 PTN 的工作原理和体系结构技术,以及 PBT 的 QoS、OAM、可扩展性和可靠性等技术实现和应用方案。第 3 章详细介绍了基于 MPLS-TP 的 PTN 技术,重点包括 MPLS-TP 体系结构、QoS、OAM、生存性、全业务提供和应用定位等内容。第 4 章在分析 PTN 的同步和定时需求的基础上,阐述了 PTN 的频率同步、时间同步和相关接口技术,论述了无线系统的同步解决方案及 IEEE1588v2 的可用性和应用模式。第 5 章介绍了 PTN 的标准化和产业化状况,对 PTN、CE 和 MSTP 的概念进行了解析,对比了 PTN 的关键技术、业务能力、演进及应用方式,最后介绍了典型的 PTN 设备情况和应用案例。

本书在内容上力求明确需求、甄别技术、匹配方案,并且和运营应用相结合,在叙述时力求深入浅出,可供从事传送网、城域网、无线接入网传输维护、光通信系统开发、生产、工程维护和运营管理人员参考,也可作为全业务接入、宽带运营、大客户业务提供的运营管理人员的培训教材与高等院校教师和学生的教材和参考书。

图书在版编目(CIP)数据

PTN——IP 化分组传送/黄晓庆,唐剑峰,徐荣编著. —北京:北京邮电大学出版社,2009.10

ISBN 978-7-5635-2121-0

I. P… II. ①黄…②唐…③徐… III. 通信交换—通信网 IV. TN915.05

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 179821 号

书 名: PTN——IP 化分组传送

作 者: 黄晓庆 唐剑峰 徐 荣

责任编辑: 满志文

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(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 20.25

字 数: 504 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2009 年 10 月第 1 版 2009 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2121-0

定 价: 38.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

主 编 的 话

黄晓庆：现任中国移动通信研究院院长，在通信技术行业拥有超过 23 年的从业经验，是新技术的倡导者，在下一代移动交换系统、流媒体、G/EPON 系统、多服务软交换和运营支撑系统、移动互联网和终端等领域具有丰富的经验和独到的见解。

在移动互联网时代，通信网络 IP 化成为未来网络演进的主要发展方向。但在具体实施上，基于技术特点和业务要求，业务网必须实现 IP 化，而传送网则应采用分组化。这将成为网络架构的演进主线之一。随着 3G 和全业务运营的开展，分组传送网 PTN 技术融合了传送和数据能力的设计理念将开启 IP 化业务传送的新纪元！

在这里很欣慰地看到由中国移动研究院策划的“中国移动创新系列丛书”开始付诸实施，并以《PTN——IP 化分组传送》这本书首发，充分体现了传播领先思想、推动技术创新的指导思想。

作为国内首本系统讲解 PTN 技术的图书，在探讨新形势下承载技术分组化、信息通信宽带化及未来网络演进中的热点话题方面率先迈出了巨大的一步，代表了中国移动目前在相关技术的自主创新和研发水平。其独特性和创新性主要体现在下述几个方面：

首先，面对“以太为王”的大背景，书中详细解析了各种新型以太网的电信级增强技术，包括：多业务统一承载技术、灵活多样的分级 QoS 机制；以太网的链路级、网络级和接口级的 OAM 管理功能；具有 MAC in MAC 可扩展性的分层网络架构；吸收 SDH 环网保护特点的以太环网技术等。书中还对电信级以太网的技术创新、核心协议的每个字节、每个比特所蕴含的创新思想都有细致深入的分析和解密，这为电信级以太网设备开发和运营商的网络部署提供了丰富、全面、深入的技术参考和策略建议。

其次,书中详细解读了由 ITU 和 IETF 两大标准化组织联合攻关的 PTN 的主流协议 MPLS-TP 及其技术优势。从标准沿革、核心技术、设备特点、组网模式、运维要求、网络性能指标及未来的演进能力方面都进行了较为全面的分析。尤其重要的是对分组化网络环境中,新业务的性能需求进行了一一解析,对端到端网络性能指标进行了一一分解,从而对设备功能定位和网络部署提供了量化指标。

还有,这本书对全 IP 网络环境中的同步新技术进行了特别精湛的论述,书中十分透彻地解读了分组网络的频率同步技术和时间同步技术,包括 IEEE1588v2、同步以太网、TOP、时钟恢复、高精度时间接口(1pps+TOD)和 PTP 服务器要求等。其涉猎的技术领域和研究深度已经完全走在了世界前列。因此,它可以作为业内分组网同步方面的权威著作。它对国内和国际的运营商组建分组同步网络具有理论研究价值和重要的应用指导价值。

中国移动通信研究院作为“中国移动技术创新的引擎”,肩负着科技创新排头兵的光荣使命。书中核心内容是对中国移动承担的国家重大专项“TD-SCDMA 增强型无线及网络关键技术研究与应用(2008 ZX 03001-005)”项目相关研究成果的总结和提升。作者团队在专业领域内有深厚的积淀,超前的眼光和敏锐的方向感,在完成科研工作的同时,不断积累、分析、验证和总结经验,贡献出了这本既有深度、又有广度,并且具有前瞻性、创新性的图书。为建设创新型企业、树立创新旗帜、引领产业、回馈社会做出了应有的贡献。

相信本书能够切实帮助读者把握最新技术发展脉络,学习和掌握相关高新技术。希望每一位接触到该书的读者,能够喜爱她,阅后能有所收益;希望此书将为行业的技术发展和专业人员的有用工具。希望广大读者能与我们一同研究、开发、掌握信息通信技术的发展趋势和核心技术,为我国信息通信事业的发展贡献力量,为建设创新型国家尽心尽力。

中国移动通信研究院院长
黄晓庆

前 言

在全面信息化的大趋势下,国内外电信运营商纷纷实施业务转型、网络转型和技术转型的发展战略。随着 2009 年 1 月 7 日中国 3G 牌照的发放,标志着我国正式进入 3G 时代,同时意味着将形成新的电信运营竞争格局。其中之一就是中国电信业三大运营商将直接面临 3G 基站回传和宽带接入对城域网的全方位挑战。多重播放等新兴宽带数据业务、企事业单位的以太网专线和 L2 VPN 业务、普通宽带用户的接入量和速率提升是推动城域传送网转型的三个主要驱动力。而传统的同步数字体系(SDH)技术、IP 互联网和以太网技术都不能适应 3G 承载和全业务运营对传送和承载的全方位需求。

业务类型的变化决定了网络的演进方式,当业务和应用在进行如火如荼的 IP 化时,也提出了“传送网的 IP 化”概念,但作者认为传送网的“IP 化”其实质是“面向 IP 的高效传送”,而并非是纯粹意义上的具有三层 IP 路由和交换功能的“IP 化”或“路由器化”。“全 IP”是一种泛指,更多是强调将来各种业务信号会普遍采用 IP 格式,而不能狭隘地理解为所有网络就仅是一张端到端的 IP 网络就足够了。还有,全 IP 更多地侧重于接入层面和信息格式方面,也就是用户所感受到的业务表现形式,如 VoIP、IPTV 等。因此严格来说传输网络并不存在 IP 化问题,与其说“IP 化传送”,不如说“面向 IP 的传送”更加科学。

我国运营商的城域网现状是 SDH/MSTP、以太网交换机、路由器等多个网络分别承载不同业务、各自维护的局面,难以满足多业务统一承载和降低运营成本的发展需求。因此,城域网需要采用灵活、高效和低成本的分组传送平台来实现全业务统一承载和网络融合,分组传送网(PTN)技术由此应运而生。PTN 技术保持了传统 SDH 传送网的优点:良好的网络扩展性、丰富的操作维护(OAM)、快速的保护倒换、利用网管系统建立连接等。同时增加了适应数据业务的特性:分组交换、统计复用、采用面向连接的标签交换、分组 QoS 机制、灵活动态的控制面。这些优势是传统以太网和增强以太网技术所无法比拟的。

未来面对大量分组业务的接入需求,使得未来的网络业务类型是以分组业务为主,传送颗粒度以 FE/GE 为主,同时运营级的要求不变,因此传统以太网和 IP 互联网不能满足这些需求,分组传送网 PTN 将会得到巨大发展。

本书定位于面向 IP 的分组传送网 PTN 的运营级需求、实施的关键技术、可选的技术方案和引入应用策略等方面,全面翔实地阐述了 PTN 的体系架构、T-MPLS 和 PBT 核心技术。全书共分 5 章。

在第 1 章从总体上分析了传送网面对的 IP 化挑战,城域网现状和新需求,PTN 的由来、概念、体系结构和关键技术特征,然后对业界提出的 PTN 技术进行了分类解读。相对于传统的传送设备而言,PTN 设备采用独具特色的设计体系提供业务完全的扩展能力,克服了传统传送设备的缺陷。这是一种全新的多业务传送平台,也是一种业务交换传送设备。

在第 2 章和第 3 章中详细介绍了基于 MPLS-TP 和 PBT 的分组传送网技术,重点包括

体系结构、QoS、OAM、生存性、全业务提供和应用定位等内容。

在通信网络由电路交换型向分组交换型演进过程中,必然存在着由分组网提供部分 TDM 业务,以及分组网与 PSTN 等电路网互连互通的问题。这时,因此考虑分组网的同步与定时就显得很有必要。加之 TD-SCDMA 标准等 3G 移动通信系统对同步提出了很高的要求,因此第 4 章在详细分析了分组网的同步需求的基础上,系统研究了分组网的频率同步和时间同步技术及实现方案。

第 5 章首先对 PTN 的标准化和产业状况进行了介绍,分析了 PTN 和 CE 及 MSTP 的异同,然后详细对比分析了 PTN 的关键技术,全面总结了 PTN 的应用定位和演进策略。最后以主流设备提供商华为公司为例介绍了 PTN 设备情况及应用案例。

本书围绕分组化传送技术和应用,以作者的新技术培训教材为蓝本,以最新的国际标准和研究资料为基础,辅以作者多年以来对光传送网、城域网、IP 网、同步网、无线传输网络等领域的研究成果和参与国家相关重大项目的经验,系统全面地介绍了分组化传送网的发展背景、分组化传送的概念、分组化传送的技术分类和技术选择等内容,对分组化传送解决方案的思路、关键技术、实现原理、应用模式进行了重点的研究。

在本书编写过程中,得到了国内运营商、设备制造商、科研院所、业界专家学者的悉心指导和大力帮助,很多业界朋友分享了大量最新的研究成果,与他们的广泛交流和探讨给了作者很多的灵感,在此表示最深切的谢意。

分组化传送是一项正在发展变化中的技术,涉及 IP 网络、以太网、传送网、无线网等众多研究方向,很多技术还处在研究之中,有些还有待于标准化的进展和重大技术进步,所以作者愿意和读者一起推动科技创新,分享研究资料,继续跟踪研究该项技术的发展变化。由于作者水平有限,书中难免有错误和不当之处,恳请同行和读者批评指正。

作 者

目 录

第 1 章 PTN 概论	1
1.1 传送网面对的 IP 化挑战	1
1.1.1 互联网与电信网的融合	1
1.1.2 业务 IP 化应用宽带化	3
1.1.3 移动通信系统的演进	6
1.1.4 IP 化发展推动统一承载	8
1.2 光传送网与 IP 承载网现状	10
1.2.1 光传送网发展现状	11
1.2.2 骨干 IP 网络现状	12
1.2.3 城域网总体情况	14
1.2.4 城域数据网现状	16
1.2.5 城域传送网现状	19
1.3 全 IP 背景下的传送需求	20
1.3.1 传送功能定位	20
1.3.2 传送性能定位	23
1.3.3 网络融合新需求	27
1.4 PTN 原理与体系结构	30
1.4.1 PTN 原理与定义	30
1.4.2 PTN 的分层结构	32
1.4.3 PTN 的功能平面	33
1.5 PTN 的设备及技术特点	37
1.5.1 PTN 的设备形态	37
1.5.2 PTN 的关键技术	41
1.5.3 PTN 的技术特点	50
1.6 PTN 实现协议和应用	51
1.6.1 PTN 的实现协议	51
1.6.2 PTN 的应用定位	56
第 2 章 PBT 技术	58
2.1 运营级以太网	58

2.1.1	运营级以太网的产生	58
2.1.2	运营级以太网的体系结构	60
2.1.3	运营级以太网的技术特征	63
2.2	PBT 的原理和体系结构	72
2.2.1	运营级以太网面临的挑战	72
2.2.2	PBT 的工作原理和网络结构	73
2.2.3	PBT 的技术特征	78
2.2.4	PBT 标准化状况	80
2.3	PBT 的 QoS 技术	81
2.3.1	QoS 标准和协议	81
2.3.2	PBT 的 QoS 控制	83
2.4	PBT 的 OAM 技术	85
2.4.1	PBT 的 OAM 层结构	85
2.4.2	PBT 的 OAM 功能需求	87
2.4.3	PBT 的 OAM 标准化	90
2.4.4	以太网的 OAM 帧格式	95
2.5	PBT 的可扩展性技术	97
2.5.1	以太网的可扩展性标准	97
2.5.2	Que in Que 扩展技术	98
2.5.3	PBT 的 MAC in MAC 扩展技术	99
2.6	PBT 的可靠性技术	101
2.6.1	PBT 的 APS 保护倒换	101
2.6.2	PBT 的环网保护技术	108
2.6.3	北电公司的 ESU 以太网技术简述	111
2.7	PBT 的多点到多点技术	112
2.7.1	PLSB 协议原理	113
2.7.2	利用 PLSB 进行业务配置	114
2.7.3	PLSB 的技术特性	115
2.7.4	PLSB 与其他技术的对比	116
2.7.5	用 PLSB 作 PBT 的控制信令	118
2.8	PBT 的网络应用	120
2.8.1	城域 IP 网的转型	120
2.8.2	PBT 的应用优势	122
2.8.3	PBT 的应用场景	124
第 3 章	MPLS-TP 技术	127
3.1	MPLS-TP 的产生和发展	127



3.1.1 从 MPLS 向 T-MPLS 发展	127
3.1.2 从 T-MPLS 向 MPLS-TP 发展	129
3.1.3 MPLS-TP 标准化关键问题	133
3.2 T-MPLS 原理结构	136
3.2.1 MPLS 面向传送的简化	137
3.2.2 T-MPLS 的分层与适配	138
3.2.3 T-MPLS 的连接交换原理	140
3.2.4 T-MPLS 的功能平面	142
3.2.5 T-MPLS 的接口	144
3.2.6 T-MPLS 技术特点	148
3.3 T-MPLS 的 QoS 技术	150
3.3.1 IP QoS 框架简介	150
3.3.2 T-MPLS 的 QoS 策略	153
3.3.3 T-MPLS 网络安全性	154
3.4 T-MPLS 网络的 OAM 技术	155
3.4.1 术语定义	155
3.4.2 OAM 分组格式	157
3.4.3 OAM 功能	160
3.5 T-MPLS 网络的生存性技术	163
3.5.1 概述	163
3.5.2 线性保护倒换	164
3.5.3 环网保护	167
3.6 T-MPLS 基于伪线的业务提供	169
3.6.1 PWE3 标签与协议模型	170
3.6.2 用伪线提供以太网业务	171
3.6.3 TDM over Ethernet 伪线仿真	173
3.7 T-MPLS 网络的应用	174
3.7.1 T-MPLS 的应用优势	174
3.7.2 T-MPLS 应用定位	176
3.7.3 T-MPLS 的应用场景	178
第 4 章 PTN 网络的定时和同步	182
4.1 同步与定时概述	182
4.1.1 频率同步	182
4.1.2 时间同步	185
4.2 PTN 网络同步与定时需求	187
4.2.1 TDM 专线业务透传的同步需求	187

4.2.2 无线业务承载的同步需求	189
4.3 PTN 的频率同步技术	192
4.3.1 同步以太网技术	193
4.3.2 TOP 和 CES	194
4.3.3 分组网中 CES 业务的时钟恢复技术	196
4.3.4 分组网络同步性能表征参量	199
4.4 PTN 的时间同步技术	200
4.4.1 时间同步的传递方法	201
4.4.2 北斗卫星授时	203
4.4.3 NTP 时间同步	207
4.4.4 IEEE1588 技术原理	208
4.4.5 IEEE 1588v2 同步模式	220
4.4.6 基于 1588v2 的频率同步	226
4.5 分组网同步的标准化情况	228
4.6 无线系统的时间同步方案	230
4.6.1 卫星授时方案	231
4.6.2 PTN 时间传递方案	233
4.7 PTN 时间同步系统及其功能	235
4.7.1 PTN 同步系统组成	235
4.7.2 PTN 同步系统功能要求	238
4.8 时间同步接口技术	240
4.8.1 1pps+TOD 同步接口	240
4.8.2 以太网同步接口	243
4.9 IEEE 1588v2 的应用方案	244
4.9.1 IEEE 1588v2 的可用性分析	244
4.9.2 IEEE 1588v2 的时间同步方式	246
4.9.3 PTN 同步网的互连互通	249
第 5 章 以 PTN 实现 IP 化传送应用	251
5.1 PTN 的应用优势	251
5.1.1 PTN 与 MSTP 的对比	251
5.1.2 PTN 与新以太网的对比	254
5.1.3 PTN 与 IP/MPLS 的对比	258
5.2 PTN 的多业务承载能力	261
5.2.1 MPLS VPN 业务	262
5.2.2 PTN 的多协议伪线仿真	269
5.3 PTN 的 IP 化传送应用	274



5.3.1 城域核心网和骨干网中的应用	275
5.3.2 城域接入、汇聚网中的应用	277
5.4 PTN 的演进和应用方式	279
5.4.1 由 MSTP 向 PTN 演进	279
5.4.2 PTN 网络的引入方式	281
5.4.3 统一承载还是分网承载	282
5.5 PTN 设备和网络应用实例	286
5.5.1 城域网的业务需求	287
5.5.2 典型的 PTN 设备特点	287
5.5.3 PTN 应用情况	290
缩略词	295
参考文献	311

第1章 PTN概论



当前,各种业务都向 IP 化方向发展,同时新型业务也都是建立在 IP 基础上的。IP 化业务呈现出带宽突发性、高峰均值比等特点,传统基于电路交换的传送网以刚性管道为特点,不能很好地满足这些分组业务的传送需求,分组传送网(PTN)的诞生为解决分组业务的高效传送和运营级质量提供了一个较好的解决方案。

综合电信网的运营级特性、IP 网的分组交换/统计复用灵活性,以及光域高速传送和开销处理技术的分组传送网(PTN,Packet Transport Network)技术支持不断增长的带宽要求、面向传输的运营、具有便利的流量工程和简化的网络操作、维护管理能力,将 PTN 技术引入传送网,能够巧妙地协调 IP 网和传送网络的同步发展,使传送网络向着具有标准化的业务、可扩展性、业务管理、可靠性和体现差异化服务质量特性的可提供运营级以太网业务应用的方向发展。本章首先分析 PTN 的起源,然后分别介绍了 PTN 的定义、体系结构、技术特征和主要技术流派。

1.1 传送网面对的 IP 化挑战

1.1.1 互联网与电信网的融合

电信网经历了从模拟网到数字网(模拟通信网、TDM 数字通信网、分组交换数字通信网)的发展阶段。20 世纪 90 年代初期,电信界已经有了分组技术,但当时在制定技术标准时,过于重视技术规范和服务质量的完美,而束缚了电信分组业务的发展。互联网作为一种异质技术突入电信界,它无须遵循电信标准的种种“清规戒律”,而用一条新的思路,解决最基本的通信问题。互联网进入电信领域打破了电信网一家垄断的局面,大大加速了新技术的应用,促进了技术的发展。

正是以 IP 为核心的新技术层出不穷,极大地加快了传统电信技术和业务被淘汰的步伐。电信产业加速走向光纤化、宽带化、IP 化、综合化,移动和宽带正在成为电信业下一步发展的重心。而充分吸收 IP 精髓的下一代网,为固网运营商提供了技术转型和发展的战略机遇及再次振兴的希望。宽带接入、IP 技术、3G、NGN 等催生出一大批新兴业务,为电信运营企业实现转型、开辟新的价值创造领域提供了有利条件。IP 技术在网络中的广泛应用为增值业务的发展提供了全新平台,出现了“电信网 IP 化”和“IP 网电信化”的趋势。

需要指出,尽管目前这一代的电信网无法适应下一代电信网的要求,同样,目前这一代的IP网也无法适应下一代电信网的要求。IP网络体系结构缺乏内置的扩展性;网络可靠性和可用性很差,无法满足运营级网络的起码要求;实时业务质量还无法确保,靠线路卡互联路由器节点的方式消耗掉大量端口;目前,IP只考虑了用户平面功能和带内信令,将来必须扩展到控制平面和管理平面等。因而下一代网将是充分利用现有电信网和IP网各自资源和优势,克服各自劣势的融合的网络。

运营商对融合网络的要求是:一个安全的、可以信任的网,一个可以控制、管理和有服务质量保证的网,一个具有大规模组网能力的网。面对这种需求,电信网业务的发展和互联网业务的发展都认为目前的IP网完全不能满足未来发展的要求,不仅不能满足电信业务发展的要求,而且也阻碍了互联网业务(如:实时业务)的发展和业务范围的进一步开拓。这最主要是受电信网与互联网在业务网商业模型方面的差别所决定的。互联网上业务网的设计基本上是以寄生网(业务网与承载网彻底地分离)为主,很难有良性商业模型要求,而且寄生性正逐渐由良性寄生向恶性寄生发展,将有可能危及产业链。电信业务网的设计是按经营性业务网设计的,但是目前的设计是与承载网不适配,非常有限度的开放影响了业务创新。从目前的发展状况来看,电信网和互联网都不可能按当前的业务网发展思路走,两者必然是相互借鉴,渐行渐近,发展的必然结果是两网合一,当然不会是简单地合到目前的互联网上,也不会是合到目前的电信网上,而将会合一到下一代的以IP技术为基础的网络上。

互联网对电信网的冲击力度之大,冲击面之广泛前所未有,当然在客观上也促进了电信业技术的发展。在互联网的巨大冲击下,电信界开始对通信技术发展方向感到迷茫和困惑,电信业务收入直线下降,固网电信运营商存在的问题更为严重,世界各大电信运营商纷纷提出转型,并开始实施。由于看到互联网的火红局面,特别是被互联网上精彩纷呈的信息业务所吸引,都看上信息服务这块“肥肉”,期望从中分到一杯羹,世界上很多电信运营商都提出要转型去做综合信息业务提供商。

当前全球电信市场正处于一个关键的转型时期,整个信息通信业将呈现融合化、宽带化、IP化、IT化、多媒体化、网络架构扁平化、接入技术多样化等发展态势,如图1-1所示。从电信网对业务和网络的要求出发,充分利用互联网的先进技术,引入电信网的运营和管理模式,通过商业模式上的创新来实现面向未来的下一代网络。

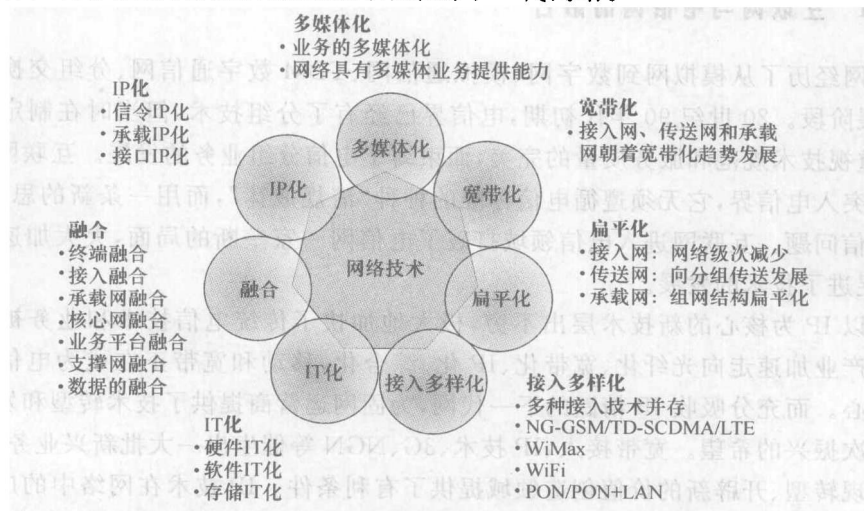


图 1-1 网络与技术发展趋势

下一代网络的总体特征是技术 IP 化、IT 化;业务融合化、开放化;承载宽带化、差异化;架构水平化、扁平化;管理智能化和集中化。下一代网络在业务网络层面的主要趋势是融合和开放,加强用户数据的统一管理,支撑融合、多样化信息服务的灵活提供和信息标志管理;在基础网络层面不断增加 IP 承载网络和接入网络的容量与带宽,提高网络的服务质量保证水平以及多业务支撑能力。

对于信息通信业发展而言,“融合”意味着不论何时何处,通过任何一种终端设备,运营商都能提供无缝的、直观的、适合的接入方式,为其提供业务或实现沟通。融合拓展了运营商的业务创新模式。首先,当前的电信综合业务智能平台就是一个融合的大平台,不仅可以无缝融合 PSTN、IP、移动等多种网络,还可以在这个平台上提供多种电信基础业务及增值业务,而且可以实现业务上的统一管理和实时控制。其次,运营商的许多基础业务或者增值业务,如果将它们进行融合后加以改造就可以成为另外一种新的业务,比如语音短信业务。

2009 年 1 月 7 日,工业和信息化部为中国移动、中国电信和中国联通发放 3 张第三代移动通信(3G)牌照,标志着我国正式进入 3G 时代,意味着身处中国电信业之中的三大运营商将直接面临固定和移动融合(FMC)、全业务运营的全方位挑战。

电信运营商为了适应业务的迅速发展和管制环境的变化,纷纷提出了战略转型,从“网络、通信运营商”转变到“综合信息服务提供商”,为客户提供多样化的信息服务。这些基于互联网与电信网融合思路的转型计划都有一个非常重要的目标,就是要完成网络融合和业务融合,在融合的网络上实现对全业务的支持。

为了适应新形势的要求,为国民经济和国家信息化发展作出大贡献,电信运营企业必须加快经济增长方式和发展道路的转型,改变粗放的投入驱动和用户驱动的发展路径,逐渐依靠业务创新和服务创新来实现持续增长,提升电信企业的竞争实力,从而实现向可持续发展。

1.1.2 业务 IP 化应用宽带化

当前,各种业务都向 IP 化方向发展,同时新型业务也都是建立在 IP 基础上的。“宽带”是一个相对概念,无论是当前讨论较多的宽带通信、NGN,还是 NGI 都是从不同角度对信息通信未来的描绘,都是基于 IP 技术,希望实现的理想目标一致,从长远看三者是统一的。

随着 IP 技术及宽带网络的发展,基于 IP 的语音、视频、数据的三重播放(Triple-Play)业务引起了运营商和用户的广泛关注,Triple Play 业务及其应用已经成为当前及今后网络发展的重点。Triple-Play 业务是一种融合了语音、视频和数据的捆绑业务模式,它不仅能满足用户对普通上网类数据业务的需求,同时也能满足用户对高端业务的需求,Triple-Play 业务中最受关注的是视频类多媒体业务的应用(如 IPTV 等)。此外运营商通过开展 Triple-Play 提供包括视频业务在内的业务捆绑,使用户能够享受到通过业务捆绑带来的资费优惠,可以提高用户 ARPU 值,同时培养用户的忠诚度,降低离网率。

从应用类别划分基于 IP 的多业务可以分为商业用户业务、移动用户业务和居民用户业务三大类,参照表 1-1 可以看到当前业界热点的网络多重播放业务的一些具体含义和对下层网络的要求。

表 1-1 多重播放 IP 化业务关键属性及对网络的需求分析

	流量特点	流向及比例	QoS 需求	其他特点
宽带 互联网	现状人均流量 40~60 kbit/s	从接入一直穿越核心出口到达大网及网外 (Out-of-Net-work) 80% 出城域网, 20% 城域网内	流量特性突发, 延时/抖动/丢包不敏感 需要在网关 (BRAS) 下行方向的 Per-User QoS (速率限制/流量整形)	未来带宽的增加及多媒体应用的丰富, 会达到每用户 100~200 kbit/s 网络需要能提供差分用户体验
IPTV (BTV)	标清: 2~3 Mbit/s/channel 高清: >8 Mbit/s/channel	BTV 流量为点到多点, 从网络自上至下逐级复制, 必须通过 IP 组播进行传送优化 海量的复制发生在接入和接入汇聚层面, 越接近用户效率最高	流量特性平稳, 已知, 无突发性, 延时/丢包非常敏感 不需要 Per-User QoS, 需要 Per-Service Class QoS (带宽保障)	接入和接入汇聚层面网络需配置足够的带宽, 且每 bit 成本要尽量低 必须通过 IP 组播技术对传送进行优化 对网络端到端故障收敛要求高 (包括骨干和接入) EMS 系统应尽量靠近终端
IPTV (VoD)	标清: 2~3 Mbit/s/stream 高清: >8 Mbit/s/stream	VoD 和点播用户数成正比, 而不是和链路数量成正比 视频流量在接入和接入汇聚层面将占据 70% 以上的流量		
IP Voice	64~150 kbit/s/Call	流量 80%~90% 网内, 10%~20% 网外 (非 Internet 出口) SS 网元控制语音呼叫, 数据转发平面流量严格受 SS 业务系统控制	语音流对时延、抖动非常敏感, 网络中必须优先级最高, 并通过 PQ/LLQ 实现品质保障 不需要 Per-User QoS, 需要 Per-Service Class QoS (低延时队列保障)	AG/TG/3G 模式, 商务客户 NGN 模式, Nx1K 的“网元/终端”数量级 个人用户/IAD/3G IMS 模式, NGN“终端”数量在 Nx1M 的量级
商务业务 (DIA, L2/ L3 VPN)	Nx1 Mbit/s/Site	DIA: 80% 出城域网, 20% 城域网内 VPN: 70% 城域网内, 30% 城域网外和骨干专网对接	每业务类的 QoS 规划和实现满足企业的数据、语音和视频应用 接入, 城域核心到骨干端到端	L3 要求多接入方式 L2 实现传统 ATM/FR 业务的替代, 及到 L3 业务的 L2 接入/传送实现

随着以 Internet 为代表的业务和数据业务的多媒体业务的不断发展, 电信运营格局的变化, 业务的传送环境发生了很大变化。全业务运营使得用户发起的业务种类大大增加, 每种业务的带宽需求也同步增加。基于 IP 的多业务应用是发展的主流, 对于固定、移动、商业不同业务的应用其带宽、安全隔离、传送 QoS 要求也各有所不同, 运营商面临业务转型的挑战。

在业务转型的初期, 传统的 TDM 业务 (如语音、TDM 专线等) 保持平稳增长趋势并仍是运营商重要的收入来源; 各种基于 IP 的新型数据业务流量迅速膨胀, 多重播放、NGN、3G、城域以太网专线/专网等业务的出现不但使得带宽需求迅猛增加, 而且要求更加细致的用户区分和管理和更加高效可靠的业务流量和传送。在这样的业务环境下, 必须根据实际的组网技术、设备功能和业务的发展趋势科学地规划和建设面向 IP 的网络, 从而满足新型数据业务对可靠性、QoS、带宽效率、安全性和可管理性等方面的要求。

另外, 在业务增长的同时, 各类业务的比例也发生了很大的变化。传统 TDM 业务所占比例将会逐步渐少, 但仍然会长期存在; 但是这种向分组化演进的趋势是不可阻挡的。业务的 IP 化使得未来传送网络将主要负责 IP、以太网流量的传送。

同时,新型业务的高带宽需求并不能立即与业务收入的增长相匹配,用户并不愿意为新业务花费更多的钱,但是运营商却不得不提供这些业务才能在将来维持住和当前一样的业务收入。因此如何引进新型业务将成为运营商能否持续发展的关键因素。很明显,运营商需要一个能够支持新业务快速增长的平台,该平台必须能够适应业务转型的趋势,有效地支持从 TDM 交换到分组交换的演进的。

电信新发展的业务已全部 IP 化,电信网赖以生存的主营业务——电话业务也正在 IP 化,电信网上承载的业务(企业网的业务)也已完全 IP 化,因此电信网上业务的全 IP 化趋势已完全确定。业务趋势的确定也决定了网络技术的使用,电信网将建立在 IP 技术的基础上。互联网使用 IP 技术是很成功的,尽管在发展中存在这些或那些问题,有的问题甚至还是十分严重的,但那是发展过程中的问题,不会改变未来信息业务使用 IP 技术的方向。

表 1-2 给出了全业务背景下各种不同类型宽带业务的接入带宽需求,每用户的使用带宽从语音的 100 kbit/s~IPTV 的 2 Mbit/s~高清晰 TV& 数字家庭 10~30 Mbit/s 演进发展,业务的传送接口也从传统的 E1、STM-1 等向数据接口 FE、GE、10GE 演进发展。IP 化业务呈现出带宽突发性、高峰均值比等特点,传统基于电路交换的传送网以刚性管道为特点,不能很好地满足这些分组业务的传送需求。传送网以 2Mbit/s(或 1.5Mbit/s,或 SDH155Mbit/s)为颗粒的基本单位不再是普遍的用户接口。新业务的接口主要是针对数据应用,同时一些传统的业务也转移到 IP 的承载方式,如 VoIP 语音业务。业务的接口形式也变成了以太网接口、POS 接口以及少数的 ATM 接口。有电信专家预计在不久的将来固定用户带宽需求下行接入带宽可达 20~30Mbit/s、上行接入带宽可达 4~8Mbit/s。

表 1-2 全业务背景下的业务模型和带宽需求

业务类型	下行带宽/bit	上行带宽/bit	高速率用户需求		中低速率用户需求	
HDTV	6~10M	50k	1 路	下行带宽 20 Mbit 左右 上行带宽 512 k~4 Mbit	1 路 HDTV 或 1~2 路 SDTV	下行带宽 8~12 Mbit 上行带宽 512 k~4 Mbit
SDTV	2~3M	50k	2 路			
标清点播	2~3M	50k	1 路		1 路	
视频通信	512k~2M	512k~2M	✓		✓	
网络游戏	256k~1M	256k~1M	✓		✓	
IP 语音	100k	100k	2 路		2 路	
高速上网	2~6M	512k~1M	✓		✓	

多重播放等新兴宽带数据业务、企事业单位的以太网专线和 L2 VPN 业务、普通宽带用户的接入量和速率提升是推动网络带宽迅速增长的主要驱动力。

进入 21 世纪,通信市场的潮起潮落使人们更加清楚地认识到了业务驱动是网络技术发展的原动力。到 2009 年,电信业务发展已经很明确地呈现出 IP 化的趋势。在固网中,一方面 DSL 技术的成功应用、FTTH 技术的逐步普及,已经把 2M 甚至更高的带宽送到了最终用户家中,宽带用户数的持续增长导致了巨大的带宽需求,省际干线以上的传输网中数据流量已占到总流量的 90% 以上;另一方面,传统网络向 NGN 的演进也使得长途话音流量中 VoIP 流量超过了总通话时长的 60%。可以确定,不久的将来,基于 IP 的视频业务迅猛增长和 xDSL/xPON/FTTH 技术的进一步发展将加速固网中 IP 业务量的增长势头。同时,