

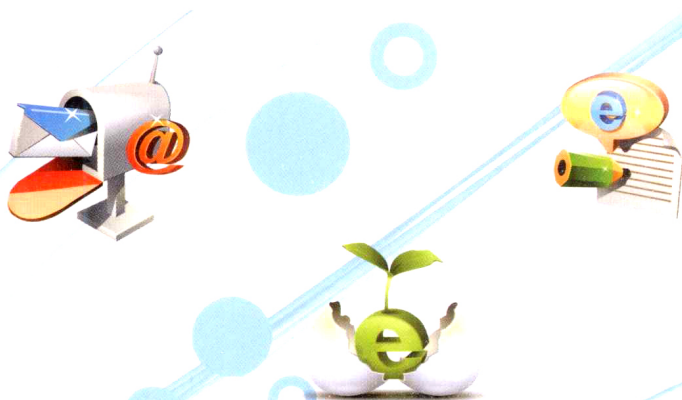
中国移动创新系列丛书



PTN 规划

建设与运维实战

龚倩 邓春胜 王强 徐荣 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中国移动创新系列丛书



PTN 规划

建设与运维实战

龚倩 邓春胜 王强 徐荣 主编

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

PTN规划建设与运维实战 / 龚倩等主编. — 北京 :
人民邮电出版社, 2010.12
(中国移动创新系列丛书)
ISBN 978-7-115-24086-6

I. ①P… II. ①龚… III. ①通信交换—通信网
IV. ①TN915.05

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第196276号

内 容 提 要

本书以分组传送网 (PTN) 网络的建设部署和运维实战为核心, 系统地介绍了 PTN 的设计规划、应用策略、设备规范要求、网络建设方案、性能评价体系、管理运维思路、测试评估等实践经验。

全书共分 6 章。第 1 章简要介绍了 PTN 的基本原理、PTN 技术和设备的技术特点。第 2 章详细介绍了 PTN 网络的应用部署策略、设计规划原则、建设策略以及国际国内典型的 PTN 网络建设实例。第 3 章首先详细介绍了 PTN 设备和网络的功能及性能要求, 然后以实际网络环境为例, 全面介绍了 PTN 网络在建设和维护中的评价体系 and 评估方法。第 4 章研究了 PTN 的同步定时技术方案、功能和性能要求, 然后结合实际 PTN 网络环境, 实践了同步测试工具使用方法和同步性能评价方法。第 5 章介绍了 PTN 网络的管理和运维规范要求。第 6 章有针对性地研究了 PTN 网络故障的运维实例。

本书以 PTN 网络的实际工程建设和管理运维为基础, 全面总结了 PTN 网络的实际运营维护经验, 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和运营管理人员参考, 也可作为从事全业务接入、宽带运营、大客户业务提供的运营管理人员的培训教材, 以及高等院校教师的教材和学生的参考书。

中国移动创新系列丛书

PTN 规划建设与运维实战

-
- ◆ 主 编 龚 倩 邓春胜 王 强 徐 荣
责任编辑 王建军
执行编辑 李 静
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 22
字数: 549 千字
 - 2010 年 12 月第 1 版
2010 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-24086-6

定价: 66.00 元

读者服务热线: (010)67119329 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

本书编写组

主 编	龚 倩	邓春胜	王 强	徐 荣	
编 著	王晓义	钱军波	高静敏	平宏伟	张金亮
	陈雷雷	罗建虹	冯 亮	贾红建	程建宁
	贾 佳	云雅琼	莫彬彬	李敏峰	王树敏
	季海峰	张先娥	刘 宏	褚文轩	王 宁
	庄 英	蒋俏峰	陈孟奇	徐江斌	沈 祥

前 言

近几年,我国信息通信产业 (ICT) 实现了跳跃式发展,3G 网络不断创新增强,电信体制改革进一步深化,信息化建设深入推进,三网融合取得突破性进展。3G 用户和移动互联网用户数量持续稳步增长,LTE 商用试点测试如火如荼。移动通信产业的高速发展,带动了面向 3G 和 LTE 的传送承载技术的发展和大规模地用于基站回传传输网络的建设需求。

目前,PTN 技术已完成了技术对比、方案选择和设备可用性测试等可行性研究工作,进入到大规模部署和实际应用阶段。那么在实际部署中,如何规范 PTN 技术和设备的具体定位?PTN 网络如何区别业务、防止拥塞?如何正确告警和故障诊断?如何维护好 PTN 网络?如何规划 PTN 网络中的网管?如何测量评估并把握好 PTN 网络的运营状态?这些问题都会成为 PTN 实际部署和日常运营维护中的焦点。

本书以 PTN 网络的建设部署和运维实战为核心,结合中国移动 PTN 网络的建设和运维经验,并以现网 PTN 网络环境的管理运维实际工作为主线,系统地介绍了分组传送网 PTN 的设计规划、应用策略、设备规范要求、网络建设方案、性能评价体系、管理运维思路、测试评估实践等运营商实际运维 PTN 网络中要面对的重大问题。

全书共分 6 章。第 1 章简要介绍了分组传送网 PTN 的基本原理、PTN 技术和设备的技术特点。第 2 章详细介绍了 PTN 网络的应用部署策略、设计规划原则、建设策略以及国际国内典型的 PTN 网络建设实例。第 3 章首先详细介绍了 PTN 设备和网络的功能及性能要求,然后以 EXFO 公司的 PTN 测评工具和中兴通讯公司的 PTN 设备搭建的实际网络环境为例,全面介绍了 PTN 网络在建设 and 维护中的评价体系和评估方法。第 4 章重点研究了 PTN 的同步定时技术方案、功能和性能要求,然后针对用中兴通讯的 PTN 设备搭建的网络环境,采用 EXFO 公司和 Calnex Solutions 公司的分组网络同步测试工具和同步性能评价方法,逐一为 PTN 提供同步时在运营维护方面的核心技术进行实践操作。第 5 章介绍了 PTN 网络的管理和运营维护规范要求,包括业务开通流程、资源调配方法、网络扩容方法、故障告警分析等日常管理维护工作规定。第 6 章有针对性地研究了 PTN 网络故障的运维实例,包括故障定位和故障处理流程等实际案例。

本书围绕分组化传送技术和应用的实际工作要求,以最新的国际标准和研究资料为基础,辅以作者多年来对光传送网、城域网、IP 网、同步网、无线传输网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 PTN 的技术原理、设备形态、部署方案、建设原则、运营应用模式等,重点介绍了 PTN 的规划建设策略、PTN 网络的测评体系和方法,以及 PTN 设备和网络的运维管理要求。

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,很多业界朋友让我们分享了他们大量的最新研究成果。与他们的广泛交流和探讨给了我们很多的灵感,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。因此,

本书主要基于现有的技术和实践经验。

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 分组传送技术基础	1
1.1 从刚性电路传送向业务感知分组传送的演进	1
1.1.1 3G 建设和 IP 化改造激发分组化传送的需求	1
1.1.2 3G 网络向 LTE 演进的分组化传送需求	3
1.1.3 移动通信系统未来演进的承载传送新需求	6
1.1.4 全业务和三网融合对分组化传送的需求	11
1.2 PTN 原理与体系结构	14
1.2.1 PTN 原理与定义	14
1.2.2 MPLS-TP 核心协议	17
1.2.3 PTN 的分层结构	19
1.2.4 PTN 的功能平面	23
1.3 PTN 的设备及技术特点	26
1.3.1 PTN 的设备形态	26
1.3.2 PTN 的关键技术	30
1.3.3 PTN 的技术特点	39
1.4 各设备商的 PTN 设备系列介绍	40
1.4.1 中兴通讯 PTN 产品系列及特点	41
1.4.2 华为公司 PTN 设备系列及特点	47
1.4.3 烽火通信的 PTN 产品系列及特点	49
1.4.4 阿尔卡特朗讯公司的 PTN 产品系列	51
第 2 章 PTN 网络规划与建设	54
2.1 移动回传和 RAN 的承载分析	54
2.1.1 移动通信系统和网络的基本组成	54
2.1.2 移动回传定义及其与传送承载的关系	55
2.2 运营商城域网及移动回传网络现状	57
2.2.1 全业务运营商城域网结构现状	57
2.2.2 运营商基站回传/RAN 承载现状	58
2.3 PTN 网络的引入策略与应用定位	61
2.3.1 基站回传与宽带接入严格隔离	61
2.3.2 以 PTN 为核心实现移动回传	63
2.3.3 以 PON 技术为主实现宽带接入	64
2.3.4 PTN 网络与其他网络的关系	66
2.4 PTN 网络的规划与设计	67

2.4.1	PTN 网络设计考虑	68
2.4.2	PTN 网络设计思路	69
2.4.3	PTN 网络设计原则	71
2.4.4	PTN 网络的业务流量规划	72
2.4.5	PTN 的 QoS 规划思路	75
2.4.6	PTN 网络的可靠性规划	76
2.4.7	PTN 网络的 OAM 规划	78
2.4.8	PTN 网络的时钟/时间同步规划	81
2.4.9	PTN 网络的 DCN 规划	82
2.4.10	PTN 网络的网管系统规划	83
2.5	PTN 网络的部署策略与建设方案	84
2.5.1	PTN 网络的组织方式	84
2.5.2	PTN 网络的建设模型	86
2.5.3	PTN 网络接入层的建设方案	87
2.5.4	PTN 网络的部署模式	89
2.5.5	城域传送网 MSTP 向 PTN 演进建设方案	92
第 3 章	PTN 性能评估与测试	95
3.1	PTN 设备的结构及功能要求	95
3.1.1	PTN 设备的系统结构	95
3.1.2	PTN 设备的功能要求	96
3.2	PTN 网络的性能指标评价体系	106
3.2.1	IP 化应用的区分服务	107
3.2.2	数据业务的性能评价指标	108
3.2.3	PTN 网络的性能指标要求	111
3.3	PTN 设备和网络的测试评价方法	116
3.3.1	PTN 的服务保证和服务监测测试方法	116
3.3.2	以太网服务激活测试的新方法: EtherSAM (ITU-T Y.156sam)	120
3.4	面向 PTN 的专业级测试系统介绍	125
3.4.1	EXFO 公司的 PTN 测试产品系列	125
3.4.2	EXFO 公司的 PTN 测试系统	126
3.5	EXFO 针对 PTN 网络各阶段的测试评估方案	128
3.5.1	初始安装阶段	129
3.5.2	业务开通和试运行阶段	130
3.5.3	服务保证/业务监测阶段	133
3.5.4	故障排除等运维管理阶段	136
3.5.5	测试评估方法与流程	140
3.6	中兴通讯 PTN 产品的测试与评估情况	150
3.6.1	现网测试与评估	151
3.6.2	主要测试项和内容	154

3.6.3 测试情况	157
第4章 PTN 同步的应用与运维	159
4.1 PTN 同步技术基础	159
4.1.1 同步以太网技术	159
4.1.2 IEEE 1588v2 技术	160
4.2 PTN 的网络和业务的同步方案	163
4.3 PTN 设备的同步功能要求	167
4.3.1 PTN 同步系统构成	167
4.3.2 频率同步要求	169
4.3.3 时间同步要求	173
4.4 PTN 同步网的性能测试与运维管理	177
4.4.1 分组网络的同步性能评价指标	177
4.4.2 对 PTN 同步进行测试/运维监测的意义	183
4.5 SyncWatch 同步测试和监测工具的应用	184
4.5.1 SyncWatch 同步测试和监测操作模式	184
4.5.2 SyncWatch 对 1588v2/PTP 进行鉴定和基准测试	189
4.6 Paragon 时间同步仿真和测试工具应用	194
4.6.1 Paragon 同步性能测试仪操作模式	195
4.6.2 Paragon 测试案例及测试结果分析	197
4.7 PTN 网络同步的测试实例	207
4.7.1 PTN 实现高精度时间同步的方案设计	207
4.7.2 PTN 同步 (GPS 替代) 试点技术方案	212
4.7.3 中兴通讯现网 G8261+1588v2 应用示例	219
4.7.4 广东移动 TD-SCDMA 基站 GPS 同步替代应用验证	223
4.7.5 PTN 与其他传送网的同步互通测试	225
4.7.6 北斗/GPS 失效时时间同步性能测试介绍	227
第5章 PTN 网络管理与运维	231
5.1 PTN 的运营维护新挑战	231
5.2 PTN 网络的运营维护思路探讨	233
5.2.1 PTN 的“电信级基因”是其可运维、可管理的基石	233
5.2.2 继承 (SDH)、扬弃 (IP)、集中化 (TMN) 的 PTN 运维思路	236
5.3 PTN 网络的运维管理机制	238
5.3.1 PTN 端到端业务的快速调配和开通	239
5.3.2 PTN 网络的性能监控和维护机制	247
5.3.3 PTN 网络的故障管理和维护机制	250
5.3.4 PTN 网络的扩容流程	251
5.4 中兴通讯的 PTN 网管系统	255
5.4.1 系统体系架构	256

5.4.2	NetNumen T31 系统特点	258
5.4.3	PTN 网络管理功能简介	260
5.4.4	PTN 网管的操作维护管理	262
5.5	华为公司的 PTN 网管系统介绍	263
5.5.1	华为公司的 PTN 网管方案	263
5.5.2	DCN 的组织和实现方案	265
5.5.3	全网告警集中管理	265
5.5.4	iManager 系列产品关键特性	265
5.6	PTN 网络的运维规程	268
5.6.1	PTN 网络维护组织架构及职责分配	268
5.6.2	PTN 与其他专业的职责划分	269
5.6.3	PTN 日常维护工作	269
5.6.4	PTN 网络备件配置标准及日常管理	271
5.6.5	PTN 故障处理要求	274
5.6.6	PTN 网络质量管理	275
5.6.7	PTN 网络数据配置规范	277
第 6 章	PTN 网络故障运维实战	282
6.1	PTN 网络优化部署和运维管理思路	282
6.1.1	四维度的网络规划	282
6.1.2	如何快速部署网络	283
6.1.3	基于 OAM 的网络监控和故障管理	283
6.1.4	网络后评估与优化	284
6.2	PTN 故障定位方法	285
6.2.1	告警分析法	285
6.2.2	性能分析法	285
6.2.3	环回法	285
6.2.4	OAM 分析法	285
6.3	PTN 故障处理实例	286
6.3.1	DCN 通信问题	286
6.3.2	网管操作问题	294
6.3.3	设备对接问题	301
6.3.4	承载业务中断	309
6.3.5	承载业务质量劣化	317
6.3.6	时钟问题相关	320
6.3.7	设备告警和性能事件相关	322
缩略词		324
参考文献		341

第 1 章 分组传送技术基础

IP 业务如 IPTV、移动/无线业务以及企业数据业务等的爆炸式增长带动了运营商网络向基于以太网业务为主导的 IP 化传送方式发展。在这一演变过程中,网络运营商意识到只有充分扩展现有网络的传送能力,才能满足以太网业务的高速增长以及三网融合下全业务运营的巨大带宽需求。

业务的 IP 化和传送的分组化将成为未来网络的演进主线。本章首先分析了向 PTN 演进的驱动力,然后分别介绍了 PTN 的定义、体系结构、关键技术、技术特征和典型 PTN 设备等基础知识。

1.1 从刚性电路传送向业务感知分组传送的演进

下一代移动宽带网必须同时满足传统电信业务和移动互联网业务的承载需求。移动软交换网络和下一代 IMS 的建设拉开了移动核心网络向 IP 化演进的序幕。而移动互联网新时代的全业务接入和移动回传的承载需求同样拉开了无线接入网(RAN)侧的 IP 化承载序幕!3G 网络的建设、3G 业务和承载网络的 IP 化改造、3G 向 LTE 演进、三网融合以及全业务运营,是推动传送网从刚性电路传送向业务感知的分组传送演进的五大驱动力。

1.1.1 3G 建设和 IP 化改造激发分组化传送的需求

在 3G 世界里,移动电话是个人的移动信息工具,是满足用户个性化需求的信息助手,用户可根据自己的需要自主选择信息、应用和服务内容。3G 网络大大拓展了用户的通信方式,为用户提供了更丰富的业务选择。

无论是 TD-SCDMA、cdma2000 还是 WCDMA,3G 网络建设的目的是为了满足不同增长的带宽需求,所有的 3G 系统都是为移动多媒体通信设计的。移动通信领域两个主要的第三代移动通信标准化组织 3GPP 和 3GPP2 都将第三代移动通信发展思路设定为全 IP 化架构。ITU 认为,可以将 IMT-2000 重新定义为 IMT-Internet Mobile/Multimedia Telecommunications,即“互联网移动/多媒体通信”。

移动网为用户提供了方便的语音业务和丰富的数据业务,未来市场增长趋势依然强劲,对于网络和容量将有更高的要求,其中移动网的 IP 化成为重要发展趋势,如图 1-1 所示。移动网 IP 化包括核心网 IP 化和接入网 IP 化,而这种 IP 化一方面体现在传送的主导业务类型以 IP 业务为主,另一方面体现在网络结构的分布化和扁平化。

RAN 的 IP 化能够有效优化运营商移动网络的架构,提升网络容量,节省成本,提升运营商移动网络的竞争力,是运营商完成核心网 IP 化后的发展战略重点。

IP RAN 发展的驱动因素有很多个方面,其中 5 个方面是主要的因素:一是为了适应移动通信网络发展的未来趋势;二是为了进一步满足当前移动业务带宽的需求;三是为了更好地

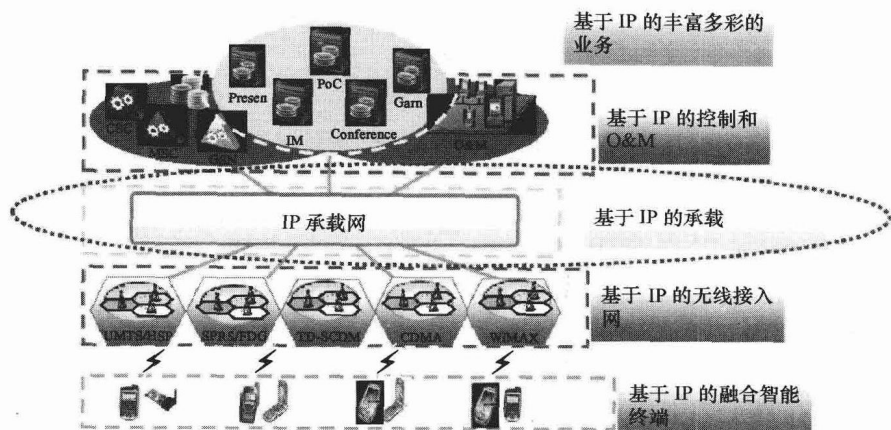


图 1-1 移动通信系统 IP 化演进方式

促进 2G 与 3G 网络的协同发展，因为 2G 用户和 3G 用户呈此消彼长的关系，3G 网络实现 IP 化以后，2G 网络将与 3G 网络统一在同一个承载网上，而 IP RAN 的实现更利于承载网的统一规划；四是移动接入网实现 IP 化以后，更有利于运营商更好地进行 Flex 保护；五是 IP RAN 将更加有利于移动网络语音质量的提高。无线接入网 IP 化带来的全球基站回传市场规模的预测如图 1-2 所示。

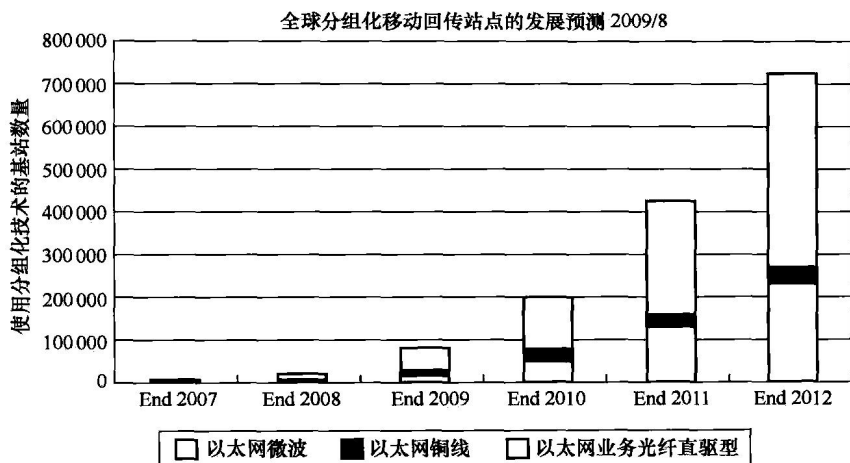


图 1-2 无线接入网 IP 化发展趋势预测

移动接入网的 IP 化特别是 RAN 的 IP 化对于网络发展意义十分重大，它能够有效提升网络的性能、新业务支持能力和用户体验，降低资本性支出（Capital Expenditure, CAPEX）和运营成本（Operating Expense, OPEX），并且保证移动接入网的长期演进和发展，其优势有以下 6 点。

- 构建更安全的架构。区别于传统的 TDM 网络，IP 网络具有灵活的自主路由寻址能力，这样可以很方便地实现移动网元之间的备份功能，保证 BSC/RNC 实现到主备 MGW/SGSN 的备份，或者 BTS/Node B 到 BSC/RNC 的备份，这样在这些网元节点出现故障的情况下，业务能够得到恢复保护。
- 更高的容量和带宽。高速分组接入（High-Speed Packet Access, HSPA）技术引发高

达5倍于GSM的传输带宽需求,传统SDH方案面临资源瓶颈,并且扩容难度较大。采用IP组网方式能够为基站提供FE/GE接口,FE相当于50个E1的带宽,基本上可以一劳永逸地满足基站的带宽要求;整个网络能够提供10GE以上的带宽,可以接入更多的基站,而且保证在接入基站的同时可以接入更多的其他业务。

- 更低的建设和维护成本。传统E1、SDH、微波建设和扩容成本较高,而HSPA技术将引发传输成本飙升,网络需要持续扩容,而且基于TDM方式传输的资源难以共享,带宽资源利用效率低。采用IP组网方式后续端口扩容少,相比传统的TDM组网,IP设备成本和网络维护人力成本低。
- 更高的复用效率,可提供差异化服务。传统TDM组网方式采用刚性管道模式,不同接口之间的带宽无法共享,带宽资源复用效率较低,而且不能针对业务进行分类传输管理和差异化服务。基于IP分组的组网方式可以在链路上进行带宽复用,有效提升带宽资源的利用效率。
- IP组网支撑更丰富的业务,提升用户体验:从实用经验来看,传统同步数字体系(Synchronous Digital Hierarchy, SDH)组网很好地适应了语音业务的承载,但是对于多业务支持,特别是在IP业务支持方面能力较弱。基于IP的组网不仅可以解决语音业务的承载,而且可以实现综合业务承载,提供网络资源利用效率,实现增值。基于IP的弹性管道(200ms缓存、加权随机先期检测Weighted Random Early Detection, WRED流控技术支撑)很好适应了数据业务的传输控制协议(Transmission Control Protocol, TCP)流量机制,传送效率和速度更快,能够提升用户体验。
- 可平滑演进支撑全扁平化的移动网络架构,支撑固定与移动融合(Fixed Mobile Convergence, FMC)架构:基于IP的组网可以支持基站之间的本地交换,RNC/BSC之间的本地交换,这样可以支撑构建一个完全扁平化的移动网络架构。LTE/SAE就致力于推进移动网络的扁平化。

移动运营商2G/3G网络的IP化趋势也驱动着城域移动回传网络向分组化的方向演进,所提供的主导业务也从TDM电路业务向运营级以太网业务方向演进。未来中国移动通信用户将继续快速发展,移动接入网的IP化特别是RAN的IP化建设和发展能够为终端用户提供更高的带宽、更丰富的业务和更优的网络质量,为运营商打造一个更有竞争力的平台参与全业务运营。

1.1.2 3G网络向LTE演进的分组化传送需求

为了保证3G系统持续演进的竞争力,3GPP从2004年开始了长期演进(Long Term Evolution, LTE)的研究,研究目标是使3GPP无线接入技术向“高数据速率、低时延和优化分组数据应用”方向演进,如图1-3所示。

从LTE的空中接口技术和接入网络架构来看,与此前的3GPP系统(包括高速下行分组接入(High Speed Downlink Packet Access, HSDPA)、高速上行分组接入(High Speed UP Packet Access, HSUPA)相比,LTE可以认为是一种“革命性”的全新系统,基本摒弃了3GPP一直坚持的后向兼容原则。

从GPRS/EDGE到TD-SCDMA及其HSDPA/HSUPA,数据传输速率大幅提高,频谱资源利用率显著提升,每比特成本明显降低。同时,TD-SCDMA基站设备的集成度比GSM的更高,占地更少,功耗更低,为发展移动互联网提供了更好的网络条件。

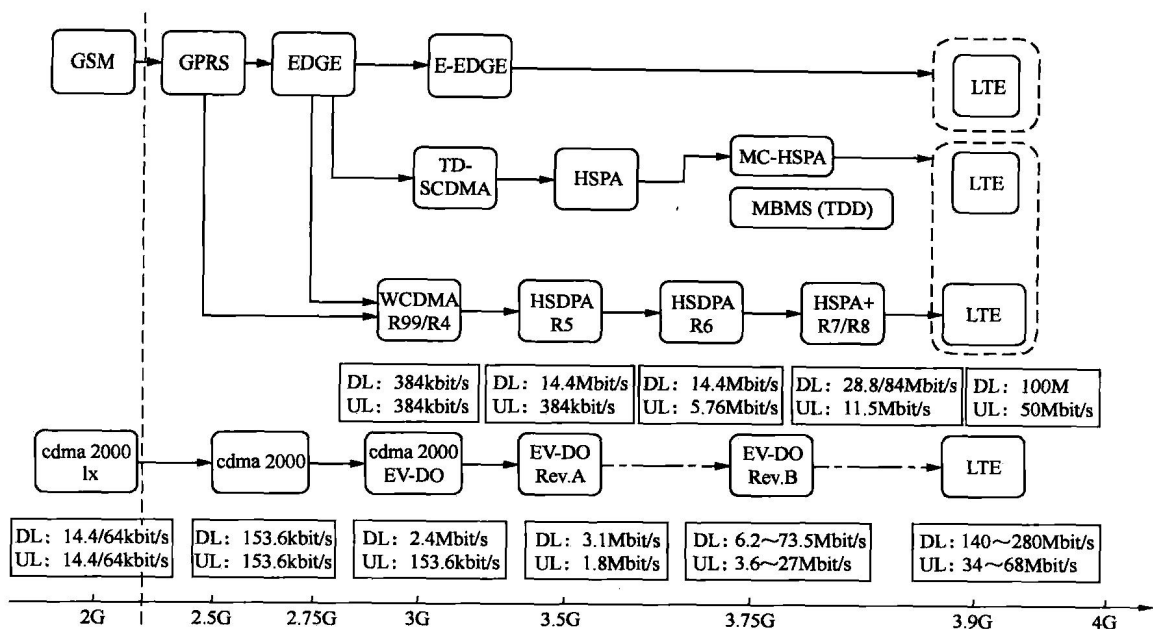


图 1-3 移动通信系统的 LTE 演进方向

移动运营商的业务将逐渐由以传统语音业务为主转向以数据业务为主。

基于 IP 的多业务应用是未来发展的主流，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。3G 网络的建设使得承载和传送层面临业务类型由以 TDM 为主向以 IP/ETH 分组为主转变、业务接口由 E1 向 FE 变化、业务粒度由 2Mbit/s 向 10Mbit/s/100Mbit/s 发展等挑战。有电信专家预计在未来 5~10 年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，而对移动通信系统每基站的带宽需求也将达到 30~100Mbit/s，下一代移动通信系统对更高带宽的需求见表 1-1。

表 1-1 移动网络演进带宽需求膨胀

Aspect	LTE (3GPP R8)	WiMAX R 1.0 (16e)	WiMAX R 2.0 (16m)
Air Interface	DL: OFDMA UL: SC-FDMA	DL: OFDMA UL: OFDMA	DL: OFDMA UL: OFDMA
Duplexing	FDD, TDD	TDD	TDD, FDD
Mobility/ Vehicular Speed	350km/h	60~120km/h	350km/h
Bandwidth	1.25, 1.6, 2.5, 5, 10, 15, 20MHz	3.5, 5.7, 8.75, 10MHz	5, 10, 20, 40MHz
Peak Data Rates	DL: 302Mbit/s (4×4) UL: 75Mbit/s (2×4) @20MHz FDD	DL: 46Mbit/s (2×2) UL: 4Mbit/s (1×2) @10MHz TDD 3:1	DL>350Mbit/s (4×4) UL>200Mbit/s (2×4) @20 MHz FDD
Average Sector Spectral Efficiency	DL: 1.91bit/s/Hz (2×2) UL: 0.72bit/s/Hz (1×2)	DL: 1.91bit/s/Hz (2×2) UL: 0.84bit/s/Hz (1×2)	DL>2.6bit/s/Hz (4×2) UL>1.3bit/s/Hz (2×4)
Latency	Link Layer<5 ms Handoff<50ms	Link Layer-20 ms Handoff35~50 ms	Link Layer<10 ms Handoff<30 ms
VoIP Capacity	80users/sector/FDD MHz	20users/sector/TDD MHz	>30users/sector/TDD MHz

为了满足用户日益增长的对高速分组数据业务的需求, 3GPP 在 R5 引入了 HSDPA 技术。对于 3G 的不同标准制式 TD-SCDMA 和 WCDMA 而言, HSDPA 所采用的关键技术是基本一致的。对于 FDD, HSDPA 理论峰值速率可达 14.4Mbit/s; 对于 3GPP R5 中定义的 TD-SCDMA HSDPA, 1.6MHz 带宽的理论峰值速率可达到 2.8Mbit/s。采用 N 个载波的多载波 HSDPA 方案, 理论上可以获得 N 倍 2.8Mbit/s 的峰值速率, 如 3 载波的 HSDPA 方案理论的峰值速率可以达到 8.4Mbit/s。

在 LTE 时代, 由于无线侧空中接口上的编码消耗了大量的时延, 因此, 为达到与固网相同的端到端业务性能指标, LTE 承载网上的时延要求比传统固网宽带承载网更加严格。传输时延越大, 系统吞吐量就越低, 意味着无线空口频谱效率越低, 为满足覆盖容量需求就要求无线增加更多的载频来覆盖, 这会带来无线网络成本的上升, 因此, 减少传输时延就是为无线网络省钱。

从 3G 到 LTE 的演进过程就是一个功能简化和重新分配的过程, 如图 1-4 所示。一方面通过全 IP、扁平化、简单化手段来降低 OPEX 和 CAPEX; 另一方面通过简化网络结构, 降低时延来提高用户体验 (Quality of Experience, QoE)。当前主流 3G 技术都成型于 20 世纪 90 年代, 其设计目标并未针对移动互联网。TD-LTE 充分考虑了移动互联网的需求, 且随着 TD-LTE 与 LTE FDD 产业的整合, 在移动互联网时代, TD-LTE 更具突出的高效率、低时延、高带宽、低成本的优势。

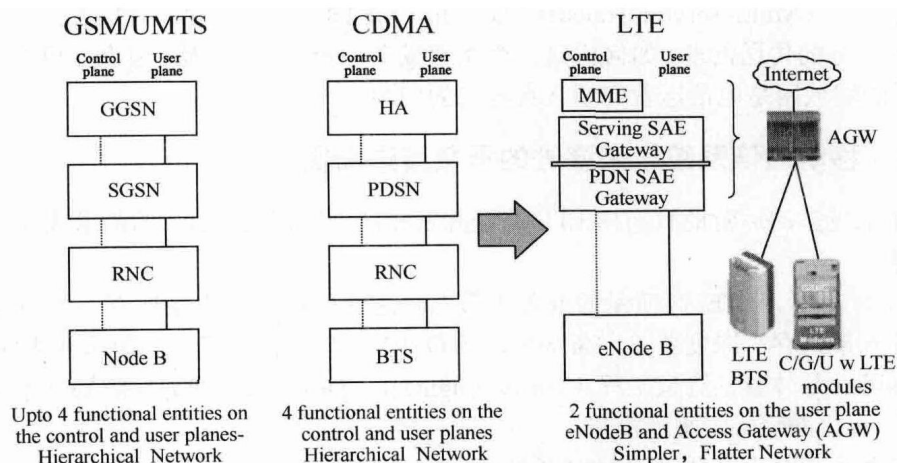


图 1-4 从 3G 到 LTE 演进的核心思想

2009 年, 3G 技术演进路线确定, LTE 成为共同方向。目前, WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA 三大移动通信阵营均已明确向 LTE 的演进方向, 全球主要运营企业和制造企业基本明确支持向 LTE 的演进, LTE 终端芯片、系统产品研发进入实质阶段, LTE 技术概念验证及产品样机开发已全面开展。

宽带业务的迅猛发展使互联网中的业务流量呈现爆炸式增长。据 Gartner 预测, 未来 5 年, 用户的带宽需求和网络中的业务流量将增加 10 倍, 其中以视频业务为主的 P2P 流量将占据互联网总流量的 60%~70%, 高峰时期甚至达到 85%以上。P2P 业务免费的特点加剧了网络流量的增长, 例如 LTE 急先锋 Verizon 同 ALU 一起于 2009 年 9 月初完成了 4G/LTE 网络测试, 下载速率可达 12Mbit/s。

互联网骨干网的提速如火如荼。很多运营商, 例如 Verizon、AT&T、Qwest 等, 已经建设了单条链路高达 40Gbit/s 的商用传送网络。4G/LTE 对移动互联网带宽能力的巨大需求预测如图 1-5 所示, 从总体上看, 因流量激增而导致的骨干网带宽的增长是 40Gbit/s 超宽带技术

发展的根本驱动力。

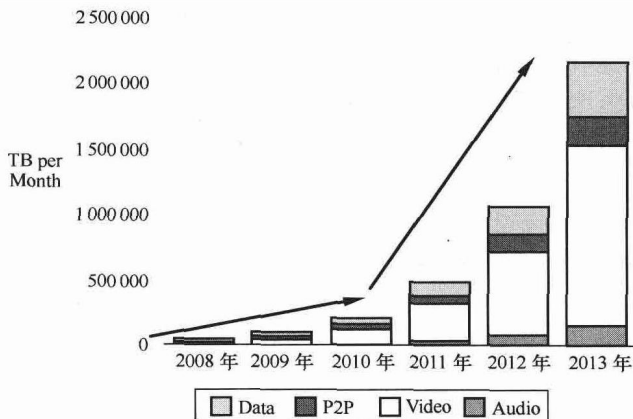


图 1-5 4G/LTE 造就的移动互联网时代对网络带宽的巨大需求

目前 3G/B3G、移动+互联以及全 IP 趋势的发展都对基站回传的承载和传送网络提出了更高的要求。IP 化的业务呈现出带宽突发性、很高的峰均值比等特点，传统基于电路交换的多业务传送平台（Multi-Service Transfer Platform, MSTP）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，如何构建一个能承载多种新旧业务、易于扩展、可靠且低 OPEX 和 CAPEX 的城域网是电信运营商要认真考虑的问题。

1.1.3 移动通信系统未来演进的承载传送新需求

随着越来越多的运营商宣布向 LTE 演进并发布商用时间表，LTE 的需求成为承载网技术发展的关键。

如图 1-6 所示，LTE 高质量的业务承载对传送网的承载需求主要有：多业务承载支持 2G/3G/LTE 长期共存；深度覆盖、高宽带、低 OPEX，全分布式基于连接的 IP 技术，低时延转发能力保障业务体验，流量工程（Traffic Engineer, TE）+QoS 能力保障基站不掉线，统一维护和 IP 可视化网管保障平滑演进。

（1）多业务承载支持 2G/3G/LTE 长期共存

从 2G/3G 到 LTE 时期，90%以上的无线站址会重用，而 2G/3G 又将长期与 LTE 共存，这就决定了传送网必须适应无线技术发展不同阶段的差异化需求。

但在整个无线网络建设的投资中，站址（机房、租金等）投资近 50%，无线基站约占 40%，而传送网不足 10%。由于投资的巨大差异，运营商很少会因传送网的 IP 化而改造现有的 2G/3G 基站，只会反过来要求传送网具备多业务传送能力。

目前支持 TDM/ATM/Eth 多业务传送的技术只有两种：传统的 MSTP 技术和基于 PWE3/MPLS 的分组传送技术。随着传送网络向 IP 化转型，PWE3/MPLS 技术已成为目前移动承载领域的关键需求。

（2）深度覆盖、高带宽、低 OPEX

在 LTE 覆盖的高速铁路移动场景上，目前的主流方案是采取多射频拉远单元（Radio Remote Unit, RRU）共小区的分布式基站覆盖，这样可以实现小区切换在一个室内基带处理单元（Building Base Unit, BBU）内部完成，减少跨 BBU 的小区切换次数，有效减少高速移动时的掉线率，提升用户宽带业务体验。

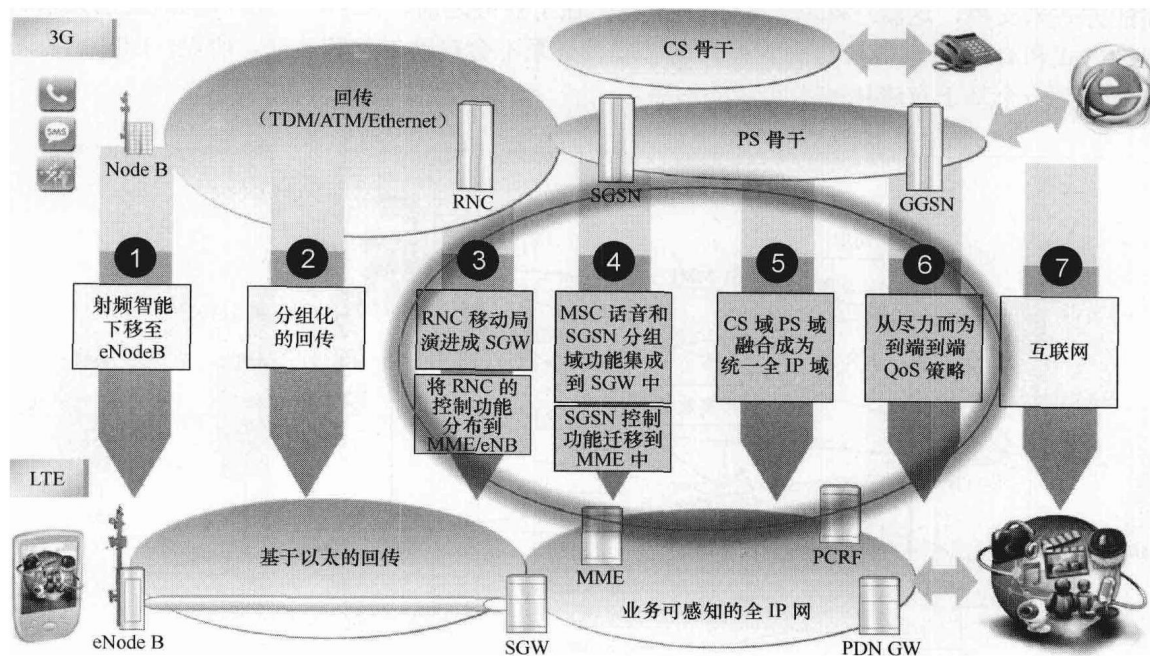


图 1-6 向 LTE 演进的核心要素

由于 BBU 和 RRU 之间标准的中频光接口的带宽很大，达到 1Gbit/s 以上，同时铁路沿线基站站点存在维护难和防盗难等客观因素，因此在承载方案上倾向于引入小型化 OTN/WDM 设备用于 CPRI 的承载，实现 BBU 集中管理、RRU 远距离分布式部署。该方案可以实现节约光纤，降低基站机房的获取难度，降低基站维护成本的目的。从保护投资角度出发，现在部署的 IP 承载网具备升级到 OTN/WDM 的能力是有价值的。

(3) 全分布式基于连接的 IP 技术

LTE 接入承载网主要有两种接口，如图 1-7 所示，一个是 S1 接口，用于基站和核心网网关之间的连接；另一个是 X2 接口，用于基站和基站之间的逻辑连接。

S1 接口的拓扑类似于 2G 的 Abis 和 3G 的 Iub 接口。出于容灾考虑，S1 接口有 Flex 的需求，这个需求其实不是很独特，在 2G/3G IP 化过程中对 Abis 和 Iub 接口也有过类似需求，但最终没有得到应用。S1 的 Flex 功能，需要承载网提供基于 IP 业务层的转发能力，以减少端到端的逻辑连接的数量。

对于 X2 接口，考虑到 LTE 是面向公众服务的电信网络，需要遵循国家相关政策规定，包括海外也有类似“合法监听”的需求，所有的用户流量都必须可控地经过网关进行内容监听，不会出现用户手机之间可以不受控制地接入互通的情况，因此，目前运营商对于基站和基站之间互联的 X2 接口的定位，仅限于改善用户在跨基站的移动切换时刻的体验，在切换完成后，业务还是要经过 S1 进行传输。

由于切换只发生在相邻基站之间，因此在 X2 接口设计上，主流运营商明确要求仅允许相邻基站之间存在逻辑连接，非相邻基站不允许互通。从避免一个基站故障扩散到所有其他基站的角度考虑，避免所有基站全 MESH 互通也是合理的。

由于基站覆盖相邻关系的复杂性，这种连接关系只可能通过静态配置来实现；由于 X2 和 S1 传输有严格的时延和保护要求，不可能在业务需求出现的时候再通过路由创建一条链