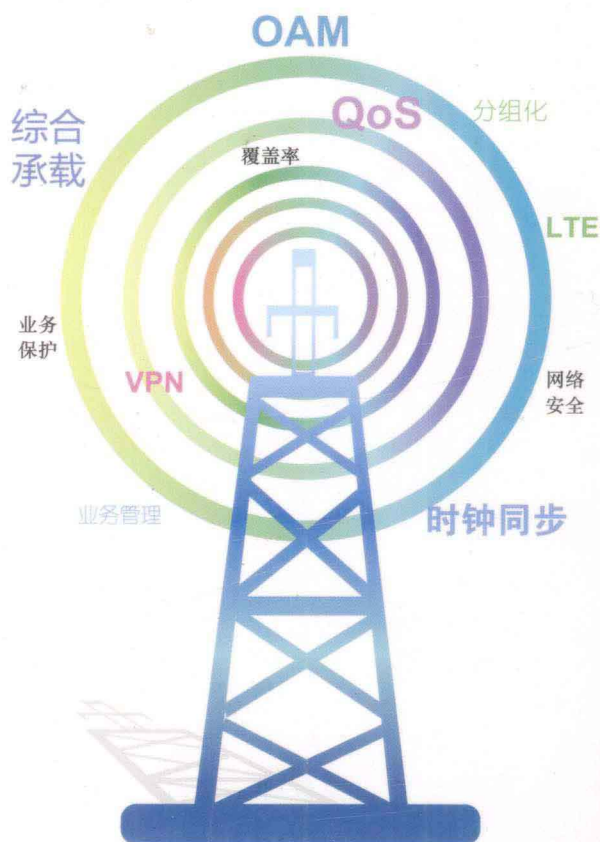


电信级IP RAN实现

面向LTE规模运营的 移动基站回传综合承载指引

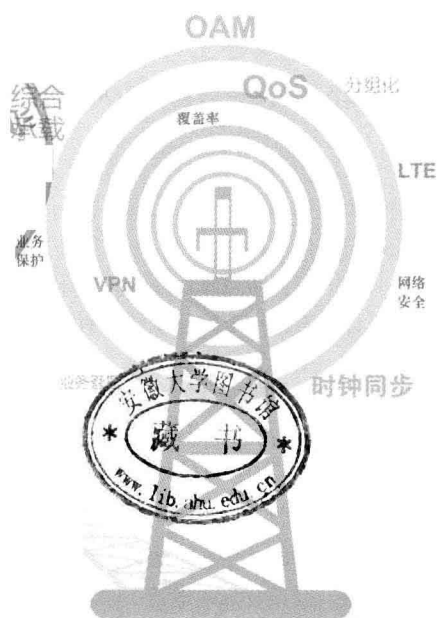
陈运清 吴伟 阎璐 聂世忠 等编著



电信级IP RAN实现

面向LTE规模运营的 移动基站回传综合承载指引

陈运清 吴伟 阎璐 聂世忠 史凡 王茜 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京•BEIJING

内 容 简 介

运营级 LTE 网络建设中的一个核心环节是构建电信级的移动基站回传 (Mobile Backhaul) IP RAN 网络, 以及与 LTE 的联动机制。本书首次系统地提出了 IP RAN 的体系架构、技术方案和应用案例。它从需求入手, 深入浅出地描述了 IP RAN 的架构、技术体系和具体组网方案等, 同时结合现网规划和部署实践, 让读者更好地了解 IP RAN 作为 LTE 承载的价值和优势, 而大量丰富、鲜活的部署案例更是为运营商 IP RAN 的后续部署提供了良好的经验参考。

该书可作为大专院校通信专业的辅助参考阅读材料, 同时对于 IP RAN 网络的设计、建设、运营维护工程技术及科研人员也具有重要的参考价值。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

电信级 IP RAN 实现: 面向 LTE 规模运营的移动基站回传综合承载指引 / 陈运清等编著. —北京: 电子工业出版社, 2013.8

(转型时代丛书)

ISBN 978-7-121-20589-7

I. ①电… II. ①陈… III. ①移动通信—宽带通信系统 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 119376 号

策划编辑: 刘 皎

责任编辑: 白 涛

印 刷: 三河市双峰印刷装订有限公司

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开 本: 720×1000 1/16 印张: 23 字数: 330 千字

印 次: 2013 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 3000 册 定价: 69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

转型时代丛书

● 指导委员会

主任委员：吴基传

副主任委员：杨杰

委 员：陈俊亮 李未 韦乐平

邬贺铨 张继平（按拼音顺序排序）

● 编委会

主 任：李志刚

副主任：侯春雨 赵慧玲

委 员：毕奇 朱健 野永东 谢朝阳

陈自清 杨峰义 王晓平 张成良



转型时代丛书

总序

“变化，无论是突如其来的，还是循序渐进的，有时都会淘汰你认为理所当然的一切”。

——《转型》

二十一世纪以来，信息化更加快速而深刻地改变着这个世界，大到全球经济社会的发展格局，小到每个人的日常工作、生活。许多国家把数字化、信息化、智能化作为国家战略的关键主题，把信息基础设施建设作为后金融危机时代振兴经济的重要手段。同样，我国“十二五”规划也把全面提高信息化水平，特别是加快建设下一代国家信息基础设施、推动信息化和工业化深度融合、推进经济社会各领域信息化作为重要工作列入其中。

信息通信产业中新技术、新业务的不断快速发展不仅催生着新的经济增长点，造就了谷歌、Twitter、腾讯等一个又一个明星企业，引领整个行业及社会经济的发展方向，更重要的是它对人们生产、生活产生了深刻而久远的影响。我们的生产资料不仅仅是机器，还有电脑、手机、互联网；我们通过点击“百度”打开未知世界，通过“淘宝”购买商品，利用手机登录“Facebook”去了解彼此、评论时政，所有这一切都表明信息通信产业正在更广、更深地影响着我们每一个人，互联网 / 移动互联网已成为像水、电一样的生产、生活“必需品”。

环顾全球，整个信息通信产业正在朝着宽带化、移动化、智能化发展，特别是 3G 的普及和 LTE 的逐步成熟使得移动互联网一跃成为整个行业中最前沿、最具革命性的领域。智能管道、物联网、下一代互联网、云计算等一个个新的理念、新的信息服务模式正在席卷全球成为新热点。而这一切变化，都将对从事信息服务的企业，包括电信运营商，带来前所未有的机遇和挑战。适者生存法则同样适用于多变的企业生态系统。无论是百年老店，还是创业新秀，只有顺应信息化时代发展潮流，重新审视并及时调整企业的商业模式，抓住信息化带来的重大机遇，才能在变化中顺势前进。

鉴于此，这套“转型时代丛书”既有对智能宽带网络、移动互联网、云计算等新技术、新网络的研究和实践总结，也有对商业模式、营销变革等现代管理中关键问题的长期探索。相信此系列书籍能帮助您了解趋势，廓清谜团，抓住机会，与信息化时代共同成长。



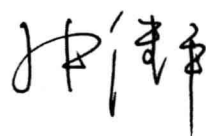
2012年1月

●—| 序 |

伴随移动互联网的深入发展，全 IP（All IP）成为网互联网已经承载了融合化、全业务承载网的基石。随着 3G 技术越来越成熟，使得人们在任何时间、任何地点、通过任何终端都可以享用互联网的服务，改变了移动回传网络中以语音业务为主的局面，使得数据业务逐步成为了主流。而数据业务对带宽的需求迅猛增长，SDH 传统的 TDM 独享管道的网络扩容模式难以支撑，分组化的承载网建设已经成为一种不可逆转的趋势。IP RAN 基于 IP 技术来做移动网络的承载，并且参考传统 SDH 的一些优势，在安全方面做了一些增强，使得其在网络的灵活性、扩展性和安全性方面拥有一定的优势，伴随着 LTE 即将进入电信运营商的网络，IP RAN 迎来了机遇发展期。LTE 网络对承载网络的 IP 方面提出了更高的要求，相对于点到点传输类解决方案，IP RAN 具有综合化、融合化承载的优势。更进一步，IP RAN 具有优秀的灵活组网、综合承载、可扩展性方面的自然演进能力，并可以与软件定义网络 SDN 相结合。

本书的作者十年来一直从事 IP 城域网的架构研究和业务承载方案的部署实践，以及相关现场试验类工作，全书从电信运营商网络的整体发展趋势入手，首先分析了当前移动网络承载需求的基础，介绍了 IP RAN 的技术体系架构，IP RAN 的关键技术及其原理，IP RAN 对不同业务的承载方案，IP RAN 在实际工程实施时的规划和部署案例，并对未来 LTE 时代 IP RAN 承载网络的架构和承载方案进行了探讨。整本书有理论有实践，

内容翔实，深入浅出。伴随 LTE 的到来和 IP RAN 在电信运营商网络中的实际部署，该书可作为综合承载研究领域的基础原理和应用场景的参考书，是《构建运营级 LTE 网络》的配套书籍，同时可对正在研究跨专业融合网络技术的专业人士，以及高等院校通信工程和无线专业学生提供有价值的参考。



中国电信股份有限公司副总经理

● — | 前 言 |

LTE (Long Term Evolution) 是 3GPP 推出的新一代无线通信系统, 它是 3G 的演进技术, 是为了对抗 WiMAX 作为 3GPP 的长期演进型计划被提出的。LTE 目前共有 R8、R9、R10 和 R11 这 4 个版本, 其中 R8 和 R9 版本已分别于 2008 年底和 2009 年底被冻结, 也被称为 3.9G 技术。代表 4G 技术的 R10 版本也称为 LTE-Advanced, 其主要技术规范已在 2011 年 3 月完成, 其改进版 R11 也于 2012 年 9 月完成。由于对 GSM、WCDMA 的后向兼容性, LTE 得到了国际主要通信运营企业和制造企业的广泛支持。

伴随着 LTE 标准的成熟和完善, 以及移动互联网时代全球移动数据业务每年倍增的爆发式增长, LTE 成为众多运营商选择的主流技术演进方案, 这其中包括很多 WiMAX 运营商和原本属于 3GPP2 阵营的 CDMA 运营商。2009 年 12 月, 北欧运营商 Telia Sonera 在 Stockholm 和 Oslo 两个城市开通了全球第一个商用的 LTE 网络。随后, 美国 Verizon Wireless、德国 Vodafone、日本 NTT DoCoMo、韩国 SKT 等领先运营商相继跟进, LTE 的商用进程开始加速。根据 GSA 2013 年 1 月的统计, 截至 2012 年底, 全球 381 家运营商承诺部署 LTE 网络, 并有 66 个国家的 145 个 LTE 网络已商用, 而 2011 年底才 47 个, LTE 已成为商用最为迅速的通信系统之一。

运营级 LTE 网络的建设是复杂而长期的过程, 涉及技术、网络、应用、用户、终端以及政策环境、产业链等方方面面, 本书集中介绍 LTE 建网和运营中涉及的移动基站回传 (Mobile Backhaul) 网络的构建及与 LTE

的联动机制。

在 LTE 系统中，空中接口主要采用了 OFDM、MIMO、高级编码调制方式（AMC）、混合自动重传（HARQ）等先进的无线链路技术，并通过动态调度、小区间干扰消除（ICIC）、功率控制等无线资源管理算法提高空口资源配置的效率和灵活性。LTE 可以在 20MHz 频谱带宽下提供下行 100Mbit/s 与上行 50Mbit/s 的峰值速率，同时频谱扩展性好，提高了小区容量，降低了系统延迟，移动性、覆盖、广播等方面的性能均有提高，可以更好地满足用户对数据业务的需求，特别是解决了移动增值业务、移动互联网业务和智能终端用户的快速发展与网络承载能力限制之间的矛盾。为此，LTE 需要一张高速、灵活，且能够快速推出灵活业务的基站回传网络。传统的 MSTP 承载网络由于存在不支持流量统计复用、承载效率低、无法承载多点到多点业务、业务承载扩展性差等缺点，无法满足 LTE 大突发流量及基站间的通信需求。IP RAN 具有承载效率高、支持点到多点间通信、扩展性好等优点，可基于现有 IP 城域网扩展并纳入城域网网管统一管理，可以很好地作为 3G 及 LTE 基站的回传网络。

IP RAN 网络是指为满足基站回传等承载需求而建设的基于 IP 协议的接入网，是 IP 城域网的延伸。IP RAN 目前主要用于承载 3G 及 LTE 的基站无线数据回传业务，未来还可承载政企客户的组网型业务。

IP RAN 基于路由器设备形态组网，在传统路由器的基础上，针对无线接入承载的需求，增加了时钟同步功能，增强了 OAM 能力。作为低成本路由器组网方案，IP RAN 网络具有如下特点。

1. IP RAN 网络支持流量统计复用，承载效率较高，能满足大带宽业务的承载需求。
2. 能提供端到端的 QoS 策略服务，保障关键业务、自营业务的服务质量，并可提供面向政企客户的差异化服务。
3. 能满足点到点、点到多点，以及多点到多点的灵活组网互访需求，具备良好的扩展性。

4. 能提供时钟同步（包括时间同步和频率同步），满足 3G 和 LTE 基站的时钟同步需求。

5. 能提供基于 MPLS 和以太网的 OAM，提升故障定位的精确度和故障恢复能力。

本书部分内容和案例来自于作者的实践经验和研究成果。同时，本书的写作得到了中国电信集团公司和中国电信北京研究院多位专家的大力支持，中国电信北京研究院的赵慧玲总工、王晓平副总工在内容上给予的丰富的指导。中国电信北京研究院科技管理部的王昭给予了作者在全书编写过程中的有力技术支持，在此一并表示感谢。

LTE 时代的 IP RAN 综合承载仍处于分阶段发展和不断完善演进的过程中。由于作者水平有限，书中难免存在谬误，欢迎读者批评、指正。

最后还要感谢电子工业出版社多位编辑大力的支持和高效的工作，使本书能够尽早与读者见面。

作者

• | 目 录 |

第 1 篇 IP RAN 概述

第 1 章	综合业务承载的趋势与挑战.....	2
1.1	IT 业与电信业融合发展的趋势	3
1.2	泛在超宽网络对运营商的机会与挑战	4
1.3	智能管道网络的趋势分析	6
1.4	IP 化分组传送网建设的产业进展	12
1.5	典型宽带运营商全业务承载网目标架构示例	18
第 2 章	运营商业需求的现状与发展	19
2.1	2G/3G, 分组化承载业务需求分析	20
2.2	3G 基站接口及带宽需求分析	21
2.3	LTE 业务需求分析	22
2.4	无线业务 QoS 要求	22
2.5	扇区吞吐量最大化	23
2.6	业务的 QoS 需求	24
2.7	无线系统同步要求	25
2.8	固网业务需求分析	26
2.9	综合业务承载需求总结	27
第 3 章	IP RAN 体系架构	28
3.1	IP RAN 原理与定义	29
3.2	IP RAN 各功能平面	29

3.3 IP RAN 的关键技术	32
3.4 IP RAN 的应用与定位	35

第 2 篇 IP RAN 技术体系

 第 4 章 IP/MPLS 基本原理	40
4.1 IP/MPLS 发展与现状	41
4.2 MPLS LDP	45
4.3 MPLS TE	49
 第 5 章 MPLS VPN 基本概念	59
5.1 VPN 基础	60
5.2 三层 MPLS VPN	61
5.3 二层 MPLS VPN	73
5.4 PWE3 技术介绍	77
 第 6 章 IP RAN 的 QoS 保障	84
6.1 什么是 QoS	85
6.2 QoS 模型介绍	86
6.3 IP RAN 的 QoS 技术介绍	93
6.4 IP RAN 精细化运营保证——HQoS	95
6.5 IP RAN 的 QoS 部署方案	97
 第 7 章 IP RAN 的 OAM 方案	99
7.1 OAM 概述	100
7.2 故障检测机制 BFD	103
7.3 以太网 OAM	108
7.4 MPLS-TP OAM	110
 第 8 章 IP RAN 时钟同步方案	116
8.1 时钟同步概述	117
8.2 同步以太网	118
8.3 1588 v2 时间同步方案	120
8.4 IP RAN 优化技术简化工程部署	121

 第 9 章 	IP RAN 业务保护机制	123
9.1	IP RAN 业务保护概述	124
9.2	IP RAN 隧道保护技术 (TE Hotstandby 和 TE FRR)	124
9.3	IP RAN 网关保护技术 (E-VRRP、E-APS/E-Trunk)	128
9.4	IP RAN 业务保护技术 (PW Redundancy 和 VPN FRR)	136
9.5	2G、3G CS 业务保护方案	138
9.6	3G PS/LTE 业务保护方案	141
9.7	政企专线业务保护方案	141
 第 10 章 	IP RAN 网络安全保障机制	143
10.1	用户访问权限控制——ACL	144
10.2	源地址欺骗攻击防范——URPF	145
10.3	设备安全保障技术 (L2 限制、ARP 安全和本机防攻击)	149
10.4	网元安全管理规划要素	153
 第 11 章 	IP RAN 业务管理	155

第 3 篇 IP RAN 综合承载解决方案

 第 12 章 	Mixed VPN 解决方案	162
12.1	业务承载	167
12.1.1	3G 基站的以太业务承载	167
12.1.2	2G/3G 基站的 TDM/ATM 承载	168
12.2	协议控制	169
12.2.1	对 Eth 业务的协议控制	169
12.2.2	对 TDM/ATM 业务的协议控制	171
12.3	数据转发	172
12.3.1	对 Ethernet 业务的转发	172
12.3.2	对 TDM/ATM 业务的转发	173
12.4	可靠性	174
12.4.1	对 Ethernet 业务保护	174
12.4.2	对 TDM/ATM 业务保护	176
12.5	QoS	177

12.6	时钟同步	180
12.7	网络运维	181
 第 13 章 	综合业务承载需要 L3 到边缘	184
13.1	端到端 L3VPN 方案	185
13.1.1	业务承载	185
13.1.2	协议控制	187
13.1.3	数据转发	191
13.1.4	可靠性	193
13.2	Hierarchy VPN 方案	197
13.2.1	基站业务承载	197
13.2.2	协议控制	198
13.2.3	数据转发	201
13.2.4	可靠性	204
 第 14 章 	补充覆盖方案——NativeIP+L3VPN	209
14.1	业务承载	210
14.1.1	端到端业务承载	210
14.1.2	环内流量业务承载	211
14.2	协议控制	211
14.2.1	IGP	212
14.2.2	MPLS 和 VPN	214
14.3	数据转发	215
14.3.1	端到端业务的封装和转发	215
14.3.2	环内流量业务封装并转发	216
14.4	可靠性	216
14.4.1	接入环链路和节点保护方案	217
14.4.2	B 类设备保护方案	218
14.4.3	汇聚环链路和节点保护方案	219
14.4.4	B 类设备保护方案	219
14.5	承载方案对比及选择建议	220
14.5.1	承载方案对比	220
14.5.2	全业务承载实施建议	221

第 15 章	QoS 部署方案	223
15.1	流分类及重标记	224
15.2	流量监管与整形	225
15.3	优先级映射	226
15.4	队列调度及拥塞避免	226
15.5	HQoS 部署方案	227
第 16 章	时间同步解决方案	228
16.1	同步需求概述	229
16.2	时间同步解决方案	229
16.2.1	时间同步解决方案概述	229
16.2.2	同步以太网方案	230
16.2.3	1588 v2 时间同步方案	231
第 17 章	简化运维解决方案	235
17.1	运维解决方案需求	236
17.1.1	无线业务对网管运维提出全新挑战	236
17.1.2	对网管系统的要求	236
17.2	提升 IP RAN 运维能力的方案	238
17.2.1	当前的网管 DCN 方案	238
17.2.2	未来基于设备虚拟化的网管解决方案	239

第 4 篇 IP RAN 网络规划与实践

第 18 章	运营商综合业务承载网规划	242
18.1	运营商城域网络及移动承载网络现状	243
18.2	全业务运营形势下的承载网络发展趋势	245
18.3	IP RAN 网络的引入策略和建设思路	246
18.4	IP RAN 网络规划	253
18.4.1	VPN 的规划	253
18.4.2	QoS 部署	253
18.4.3	网络管理	254
18.4.4	IP 地址的规划	254

18.5	IP RAN 工程实施	254
18.5.1	海量基站扩容带来的挑战	254
18.5.2	IP RAN 快速部署模式	257
18.5.3	1588 v2 的工程部署	261
 第 19 章 	IP RAN 日常运维与故障处理	268
19.1	全业务统一管理的新挑战	269
19.2	层次化 OAM 与快速保护倒换	272
19.2.1	OAM 技术	272
19.2.2	快速保护技术	277
19.3	向导式快速故障定位手段	278
19.3.1	故障诊断整体思路	279
19.3.2	排查告警	280
19.3.3	网间定界	280
19.3.4	网内定界	281
19.3.5	故障定位	282
19.4	网络及业务的调整	282
 第 20 章 	某电信公司 IP RAN 网络建设实践	285
20.1	IP RAN 建设目标和内容	286
20.2	网络设计和规划原则	286
20.3	网络拓扑结构	288
20.4	网络基础和业务基础设计	290
20.4.1	IP 地址和 VLAN 网络设计	290
20.4.2	IGP 设计	291
20.4.3	隧道设计	292
20.5	承载网业务设计	292

第 5 篇 面向 LTE 的 IP RAN 承载网

 第 21 章 	LTE 时代的承载网需求分析	298
21.1	LTE 的网络架构变化	299
21.1.1	网络架构	299