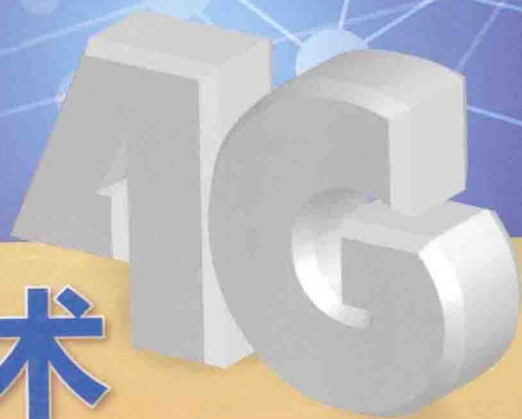


电信网新技术

IPRAN/PTN



王元杰 杨宏博 方遵铨 邓宇 等 主编

《大话通信》作者杨波加盟指导，语言**轻松幽默**

知名通信专家自身工作经验的**提炼与升华**

分享通信业大咖的**职场建议**

最贴近工作实际的鲜活**教科书**



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



4G

电信网新技术 IPRAN/PTN

王元杰 杨宏博 方道铨 邓宇 等 主编

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

电信网新技术IPRAN/PTN / 王元杰等主编. — 北京 :
人民邮电出版社, 2014. 5
ISBN 978-7-115-34969-9

I. ①电… II. ①王… 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(2014)第058721号

内 容 提 要

本书由中国联通、中国移动等单位的专家联合编著而成,分为上、下两篇。上篇为“技术篇”,主要剖析了电信网新技术IPRAN与PTN的不同;介绍了IPRAN与PTN在各运营商中的应用现状;讲解了IP路由基础知识、IPRAN动态路由协议(OSPF、IS-IS、BGP协议)基础知识、MPLS和VPN基础知识、IPRAN保护和同步知识;最后分享了IPRAN维护的一些经验。下篇为“心得篇”,作为技术类书籍的创新之处,本书还融合了一些成功人士的经验之谈,为广大维护人员(尤其是技术新人)提供了在网络IP化大趋势下的职业发展建议。

本书适合IPRAN技术的初学者阅读,可供电信网数据通信领域的人员参考,也可供大中专院校的师生和通信公司新入职员工学习。

◆ 主 编 王元杰 杨宏博 方遒铨 邓宇 等

责任编辑 李 静

责任印制 杨林杰

◆ 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>

北京鑫正大印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 17.5

2014年5月第1版

字数: 415千字

2014年5月北京第1次印刷

定价: 66.00 元

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

反盗版热线: (010)81055315

编 委 会

指 导

殷琪	中国联通集团网络公司	运维部固定网络维护处处长
傅玉林	中国联通山东省分公司	运维部高级技术经理
徐晓军	中国联通山东省分公司	网络与信息安全管理中心总经理
李云霞	中国联通济南市分公司	运维部总经理
李寿喜	中讯邮电咨询设计院有限公司	资深专家
王光全	中国联通网络技术研究院	网络技术研究部主任

顾 问

李永太	中国联通山东省分公司	网络管理中心总经理
丁洪峰	中国联通济南市分公司	副总经理
程立勋	中讯邮电咨询设计院有限公司	资深专家
周华	中国移动通信研究院	资深专家
曹光亚	华为技术有限公司	资深专家

主 编

王元杰	《电信网传输系统维护实战》主编	专家
杨宏博	中国联通集团网络公司	专家
方道铨	中国联通广东省分公司	专家
邓宇	中国移动通信集团公司	博士
张贺	中国联通网络技术研究院	专家
刘琦	中讯邮电咨询设计院有限公司	专家
王阿琳	中国联通山东省分公司	专家
胡建村	中国移动通信研究院	博士

副 主 编

谢鹰	中国联通北京市分公司	专家
张龙江	中国联通济南市分公司	中央企业技术能手
曹洪波	中国联通东营市分公司	中国联通集团内培训师
昃草心	中国联通济南市分公司	中国联通技术能手

杨波 《大话通信》《漫话 IP》主编
 朱立军 中国联通山东省分公司
 王树平 中国联通泰安市分公司
 杨吉焕 联通支付有限公司
 徐海涛 中国联通临沂市分公司
 郭亮 工业和信息化部电信传输研究所
 王键 中国联通威海市分公司

专家
 全国技术能手
 全国五一劳动奖章获得者
 东北区大区总监
 全国技术能手
 专家
 中国联通技术能手

编 委

张秋 华为技术有限公司客户支持部
 郑滢雷 中国联通网络技术研究院
 王显亮 中国联通山东省分公司
 王荣 中国联通山东省分公司
 高艳丽 中国联通山东省分公司
 潘潇腾 中国联通山东省分公司
 黄敏 中国联通安徽省分公司
 李铜 中国联通天津市分公司
 祝越 中国联通广东省分公司
 赖瑞扬 中国联通广州市分公司
 闫军 中国联通济南市分公司
 蒙志新 中国联通烟台市分公司
 宋文胜 中国联通青岛市分公司
 锦华 中国移动通信江西省分公司
 岑晓军 中国移动通信重庆市分公司
 宋公建 中国移动通信浙江省分公司

陶海 中兴通讯股份有限公司
 王海军 中国联通网络技术研究院
 张明栋 中国联通山东省分公司
 赵瑞金 中国联通山东省分公司
 段衍强 中国联通山东省分公司
 牛文林 中国联通山东省分公司
 黄渊峰 中国联通重庆市分公司
 李运巧 中国联通河北省分公司
 叶晓斌 中国联通广东省分公司
 唐勇 中国联通上海市分公司
 郑维通 中国联通临沂市分公司
 王光洁 中国联通潍坊市分公司
 柳杰 中国联通青岛市分公司
 肖俊 中国移动通信江西省分公司
 夏志超 中国移动通信江苏省分公司
 党志俊 中国移动通信广东省分公司

序

(一)

3G 时代的到来,使得传统的 MSTP 技术已经不能满足高速数据业务传送的需要,尤其是目前 LTE 牌照的发放,更促使传送网 IP 化如火如荼。技术领域在不断推陈出新,IPRAN 是近年来传送网 IP 化的新型解决方案,是传统 IP 技术和传送技术的有效结合。中国联通已逐步在全国各省市本地传送网中部署了基于 IP/MPLS (含 MPLS-TP) 的分组承载传送网络,也就是大家俗称的 IPRAN 网络,这也要求在运维一线上战斗的同志们及时跟进学习相关专业技术。

很高兴看到我们的一线运维同志在工作之余,能够刻苦钻研新技术。本书的作者都是经验丰富的运维专家,其中济南联通的王元杰同志是《电信网传输系统维护实战》的主编,在 2013 年中国联通基站故障抢通与恢复综合技能竞赛中取得了优异的成绩;中国联通广东省分公司的方道铿同志精通数据通信领域的知识,参与了广东联通的 IPRAN 网络部署与相关维护管理;同时中国联通集团网络公司运维部、网络技术研究院、中讯邮电咨询设计院有限公司等单位的专家杨宏博、张贺、刘琦等人也参与了本书的编写。有了这些专家的参与,本书一定会大放光彩。

本书内容丰富,行文通俗易懂,形式活泼生动,有针对性地对于 IPRAN 涉及的 IP 技术和部署方案进行讲解,对 IPRAN 网络的维护进行思考和经验总结,适合 IPRAN 初学者,尤其是进行 IP 化转型的传送网维护人员的入门学习。

相信,本书带给大家的一定是一场阅读的饕餮盛宴。

中国联通集团网络公司运维部副总经理 魏炎如

(二)

随着网络 IP 化的加快,传统的 SDH/MSTP 技术逐步被 PTN、IPRAN 等这样的分组传送承载技术替代的渐势日渐明显。基础通信运营商近年在本地层面都开始大量建设分组传送承载网络以适应网络发展变化的趋势,满足本地综合多业务承载的需求。这种新的网络传送承载技术与原来的 SDH/MSTP 技术有着本质的不同,虽然是技术发展的趋势,但同时也带来了诸如网络应如何合理地进行规划设计、如何更好地运行和维护等一系列全新的挑战。

很欣慰,一支长期工作在网络运行维护、网络技术研究、网络规划设计的技术骨干团队,联合一些活跃于互联网上的有着较大影响力的通信业知名人士,用他们深厚的理论知识,多年的一线工作经验和对新的通信网络技术的发展趋势敏锐的判断,撰写了这部轻松的

技术图书。本书在简要介绍 IPRAN 技术产生的背景以及 IP 和以太网相关的基础知识的基础上,对 IPRAN 关键技术、保护技术、IPRAN 网络同步的实现等关键技术知识进行了重点描述,对近年来 IPRAN 维护过程中的经验进行了认真细致的总结,并对一线维护员工的职业发展提出了中肯的建议。通过阅读本书,您可以轻松地掌握 IPRAN 的相关知识,如果您是一个一线维护人员,相信会在短时间内成为一位传送承载网络运行维护的高手。

中讯邮电咨询设计院有限公司副总经理 迟永生

(三)

本书出自一线优秀运维人员的笔端,是他们日积月累的心血之作,是最贴近工作实际的鲜活教科书。从书中我们可以深切感悟到作者们辛勤劳动汗水汇聚成的集体智慧和丰富实践经验凝结成的精湛技能。

知识,唯有开放共享,才能永久流传。我们的技术骨干用心积累、刻苦钻研,为提升电信网维护水平架线铺路,攒石纳金。相信这本书必能惠及广大通信员工、惠及通信企业、惠及社会大众。

钟表,回到起点,已是昨天;日历,翻过一页,便是明天。把握一天很难,若是美好,叫作精彩;若是糟糕,叫作经历。看过春天的桃花,听过夏天的蝉鸣,拾起过秋日的落叶,迎接过寒冬的磨砺,为了心中的梦想,勇往直前,加油,联通好男儿!

中国联通济南市分公司总经理 郝立谦

(四)

3G 热潮尚未退却,4G 牌照已经发放。运营商正在重新调整网络转型策略,以建设满足未来全业务运营特别是移动互联网发展需求的网络架构,这其中承载网的建设无疑是重中之重。

传统移动运营商的基站回传网络基于 TDM/SDH 技术体系构建,承载业务以话音为主,随着 3G 和 LTE 网络的部署,以及移动互联网业务的迅猛发展,数据业务成为网络承载主体,传统 TDM/SDH 独享管道的网络扩容模式难以支撑这种新的发展需求,IPRAN 凭借丰富的业务承载类型、强大的带宽扩展能力以及完备的服务质量保障能力,成为基站回传承载网络的不二之选。

由于 IPRAN 自身技术属于数据通信范畴,相对而言,传统传输运维人员在这方面的理论知识和实际经验比较欠缺,本书作者正是基于这一考虑,以日常维护的经验从数据通信的知识点开始说起,一直谈到 IPRAN 的技术内容,深入浅出地将数据通信和 IPRAN 有机结合。

工业和信息化部电信传输研究所作为支撑单位,参与了中国联通、中国电信和中国移动多年的 IPRAN 网络技术体制研究和设备选型招标测试,我所工程师郭亮基于日常对 IPRAN 技术的研究,以测试中遇到的问题和经验总结作为素材参与了本书的编写。

本书来源于实践,其生动的语言必将给读者带来不同的阅读体验,相信大家能在轻松的氛围中学习更多的 IPRAN 技术知识。

工业和信息化部电信传输研究所副总工程师 田辉

领导寄语

元杰，祝大作早日上架，大卖。

人民邮电出版社信通传媒公司总经理 刘华鲁

随着业务网络的全面 IP 化，作为承载各业务网的传送网络，也无可避免地驱向 IP 化。而当熟悉传统 TDM 体系的 SDH 传输网络的维护人员骤然面对 IP 技术一整套复杂的定义、协议时，难免会有无从下手的感觉。

本书作者针对传送网络的 IP 化给维护人员带来的新挑战，通过深入浅出的描述，让原本繁复枯燥的 IP 技术理论知识变得易于让人理解接受，便于传输维护人员尽快掌握 IP 技术，快速适应网络转型的需要。

中国联通集团网络公司运维部固网维护处主管 叶华

很实用的一本书，详细地介绍了 IPRAN 产生的背景、基础理论、维护经理，文章通俗易懂，是传输维护人员 IP 化转型的必备书籍。

中国联通集团网络公司运维部网络管理和优化中心支撑系统维护处副处长 支春龙

本书对近年来 IPRAN 的部署和维护经验进行总结，对日后 IPRAN 长期运营维护做出了有益探索。

中国联通广东省分公司网络运维部总经理 刘德双

本书及时普及了 IPRAN 基础知识，为传送网维护人员转型提供了很大帮助。

中国联通广东省分公司网络运维部副总经理 唐应环

衷心祝贺！希望这本书能为业界各类人员提供工作上的帮助！传输技术发展日新月异，愿你们继续努力，坚持笔耕不辍，为祖国通信事业的发展作出更大的贡献。

中国联通山东省分公司网络管理中心副总经理 张立彬

以通俗易懂的语言，风趣幽默的风格，介绍专业化很强的 IPRAN 电信技术，我还是第一次看到。本书一改过去技术类书籍多为专业术语、枯燥难懂的特点，引经据典，使读者学起来易于接受，且会受到语言艺术的感染，增加了学习兴趣，更容易读好、读懂、学会，是一本难得的科普性技术书籍。

中国联通济南市分公司运行维护部副总经理 张子东

勤奋、用心，这是作者王元杰给我留下的深刻印象。在繁忙的工作之余，能抛开周围的浮躁，静心将自己日常的工作经验及感悟进行提炼、升华，对于一个维护人员来说是一种境界，这种精神难能可贵。本书是各位专家智慧的结晶，是辛勤汗水换来的硕果，真诚祝愿本书顺利出版，以飨广大维护战线上的同事们。

中国联通济南市分公司运行维护部副总经理 刘永红

为了满足未来数据爆炸式增长，更高的带宽资源是承载网络的根本，无线接入网 IP 化是电信运营商网络发展的趋势。该书从需求入手，深入浅出地描述了 IPRAN 的体系架

构、组网方案，让读者可以更好地了解 IPRAN 作为 3G/LTE 承载的价值和优势。

中国联通威海市分公司副总经理 马红

王元杰是我中心的员工，2003 年工作后，他一直从事传输维护工作，期间他不断钻研技术，并多次取得集团、省、市公司技术比武优异成绩。作为他的领导，我见证了他的成长过程。相信通过此书的创作，他在技术上一定会更上一层楼，也祝本书早日出版，惠及读者。

中国联通济南市分公司省级平台总经理 姜剑利

正所谓十年磨一剑，宝剑锋自磨砺出，有这样一批运维人员，他们在兢兢业业工作之余，满怀激情，钻研技术，推陈出新，这让人很欣慰，也祝贺他们。

中国联通济南市分公司网络维护中心副总经理 李建平

衷心祝愿，在以后的日子里，王元杰能百尺竿头更进一步，继续丰富自己的专业造诣，不断创造新的成就。

中国联通济南市分公司网络优化中心总经理 刘太强

将自己多年的经验和感悟提炼、升华，惠及广大传输人，体现出作者高度的使命感和责任意识，祝你们成功！

中国联通济南市分公司网络维护中心总经理 李杰敏

将维护经验和比武心得汇集成文字，与大家分享，值得尊敬，祝愿再接再厉。

中国联通济南市分公司客户响应中心总经理 姜莉

前言

(一)

记得七八年前,“传输”和“数据”专业就一直嚷着要融合,那时作为传输专业的编者还给数据专业的同仁讲过课,后来两个专业还是各领风骚,直到近两年 IPRAN 出现。IPRAN 是基于数据通信的分组传送技术,它的出现使得传输领域开始变革,传统的 SDH 在本地网层面正在走向被淘汰的趋势。无论是谁,只要是技术人员,如果不知道 IPRAN 好像很没面子似的。其实对于 IPRAN 的认识,我们不能停留在面子工程那么肤浅的层面,传输 IP 化是大势所趋,大家应该有一种危机感。如果是数据人员,不学习 IPRAN 势必跟不上新技术的潮流;如果是传输人员,不学习 IPRAN 势必陷于被动甚至被淘汰,这不是危言耸听,而是“血淋淋”的现实。

想学习 IPRAN,不知从何学起怎么办? 由于它太新了,编者在 2012 年出版的《电信网传输系统维护实战》一书中对 IPRAN 也仅是惊鸿一瞥,不过不要着急,本书正是为大家来“雪中送炭”,普及 IPRAN 基础知识的。全书分为“技术篇”和“心得篇”两部分,上篇共分为 9 章,主要内容分别为:

第 1 章,初识 IPRAN,主要介绍 IPRAN、PTN 的概念,运营商 IPRAN、PTN 网络现状。通过本章的学习,读者可以对 IPRAN 和 PTN 有个大致的认识。

第 2 章,IP 路由基础,补充数据通信的基础知识,内容涵盖 IP 知识、VLAN 知识、三层交换通信知识等。

第 3 章,以太网概述,回顾传统传输领域的以太网知识。

第 4 章,动态路由协议基础,主要讲解 OSPF、IS-IS、BGP 协议的基本内容。

第 5~6 章,讲解 IPRAN、PTN 涉及的 MPLS 和 VPN 的概念。

第 7~8 章,介绍 IPRAN、PTN 保护和同步的内容,通过本章的学习,读者可以更清楚地了解它们在 IPRAN、PTN 和传统传输知识领域的不同。

第 9 章,IPRAN 维护经验,涉及业务性能、保护倒换、IP 地址分配等方面。

作为技术人员,我们在掌握专业知识的同时,也得注意一下职业发展。在“心得篇”中,编者邀请到了新浪微博知名评论人“通信老柳”、“中国 IT 杂谈”、北京联通运行维护部副总经理谢鹰、全国技术能手朱立军、全国五一劳动奖章获得者王树平等人给大家讲述各自的真实感受。

几年前看了杨波老师所著的《大话通信》,其语言文字幽默风趣,给读者留下了深刻的印象。本书在一些章节也尽量采取幽默风趣的口语化风格,试图让大家更容易理解。另外,杨波老师也是本书的编委,书中可一览他的风采。

香港地区的人说普通话时经常夹带着英语,很多人表示不理解,这其实是他们的语

言文化。对于我们技术人员来说，数据知识中的英文名词也很多，对于一些专有名词，首先会写出它的英文缩写，也就是日常应用中最常使用的说法，然后在括号中说明它的含义，在前文提到的专有名词，后文中一般直接使用英文缩写。数据知识中的英文名词，不好理解，怎么办？先讲个故事，战国时代，鬼谷子的学生苏秦，准备下山干大事业，鬼谷子对他说：一定得把《太公阴符》研究明白了。苏秦说：“我可以倒背如流。”下山游说列国多年，处处碰壁。绝望之余，想起鬼谷子的临别赠言，于是苏秦闭门探讨《太公阴符》，务穷其趣，夜倦欲睡，则引锥刺股，终悟道理，相封六国。对于看书来说，倒背如流不等于理解，看一遍看不懂，这很正常，不要泄气，多看几遍，慢慢就明白了。

编著本书旨在普及 IPRAN 的同时，也意在捐助。趁这次机会，我想号召大家一起学雷锋做好事。我是从农村走出来的，深知失学的影响，如果孩子们因为贫困而失学了，他们的天空将灰暗毫无色彩。工作后，我曾经捐助过多名贫困小学生，2012 年主编出版的《电信网传输系统维护实战》的稿酬也用于捐助了。本书的稿酬也将用于捐助，这个想法获得了编委会全体同仁的支持，感谢大家！

本书在创作过程中得到了中国联通、中讯邮电咨询设计院、工业和信息化部电信传输研究所等单位各级领导的大力支持，特别感谢中国联通集团运维部副总经理魏炎如、中讯邮电咨询设计院有限公司副总经理迟永生、工业和信息化部电信传输研究所副总工程师田辉、中国联通济南市分公司总经理郝立谦、中国联通山东省分公司运行维护部总经理张志辉等领导；同时感谢人民邮电出版社信息技术出版分社刘涛社长、人民邮电出版社信通传媒公司刘华鲁总经理和王建军主任的大力支持；另外感谢中国联通集团运维部李晓明经理、孙新莉处长、支春龙副处长、叶华、马小梅、陈强、陈东、邓宇章、中国联通济南市分公司省级平台总经理姜剑利，以及新浪微博博主“中国联通”、“山东省联通”、“中国 IT 杂谈”、“通信老柳”、“网通屁屁”、“君子如玉 1000”的大力支持；最后，由衷感谢编委会各位成员，大家齐心协力，团结合作，共同完成了本书的创作。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

中国联通济南市分公司 王元杰

2014 年 1 月

(二)

随着 3G 和 LTE 业务的发展，自己奋斗了十几年的传输专业已经无法胜任高速的基站回传网络了。技术的更新换代与推陈出新使得中国联通集团开始在 PTN 和 IPRAN 之间抉择，通过实验室测试、小部分区域的外场测试和部分地市的试商用测试，最终选择了基于 IP/MPLS(含 MPLS-TP)技术的分组承载传送网络，联通给它起了个名字叫 UTN。其实，在大部分形态上我们更习惯叫它 IPRAN。

说说自己吧，从刚参加工作时的无线局到后来中国电信、中国网通到现在的中国联通，虽然自己老老实实工作，没有辞过职但也算在几大运营商都工作过了吧。由于一直从事传输网络的维护管理工作，从开始的 PDH、SDH、DWDM 到 MSTP、ASON、OTN，传输网的形态也在传统管道的基础上融入了数据和路由的元素。直到现在的 IPRAN，彻底颠覆了传统传输专业的思维模式，学习 IP 技术，向 IP 专业转型已经是我本人在内的

全体传统传输网维护人员面临的重大考验。通过不断摸索与学习,艰难地从对 IP 技术“一窍不通”到现在的“略知一二”,相信随着 IPRAN 从建设转向维护,更多的问题和挑战将扑面而来。也正是出于此,在王元杰的号召下,有了本书。

本书的主编王元杰正如他的名字一样,是联通一线杰出人才的代表,从自己的学习转型过程中不断体会,并将经验与心得编撰成书以供广大维护人员分享,希望本书能对大家有所帮助,使得传输人员 IP 化转型更加“顺畅”。

中国联通集团网络公司运维部固网维护处 杨宏博

2014 年 1 月

(三)

对于传送网维护而言,我既是一个“老兵”,又是一个“新兵”。说是“老兵”,因为我自从 2000 年毕业之后就在传输干线大区网管工作,从监控开始到设备维护、网络调度、维护管理各个岗位都工作过;说是“新兵”,因为从 2006 年以后,我被调整岗位,整整 6 年没有接触传送网维护,直到 2012 年才回到传送网系统优化岗位。回到传送网维护岗位,第一个职责就是负责 IPRAN 这个新网络的维护管理。在接触 IPRAN 之后,我一方面开始学习基础的 IP 知识,理解 IP 技术的思维方式;另一方面也按照传送网的要求对 IPRAN 解决方案进行思考。在 2012 年下半年到 2013 年年初期间自己写了一些经验总结,这些经验总结也许并不系统和完善,与其说是经验,不如说提出了一些需要在 IPRAN 中考虑的问题和讨论的思路。后来在元杰的指点下,我结合前期自己学习过程中的一点体会编写了本书的部分内容,希望这些内容对维护人员学习 IPRAN、了解 IPRAN 的特点能够有所帮助。由于个人能力有限,如有错误,希望大家能够谅解和指正。

本书在编写过程中得到了各级领导的大力支持,特别感谢中国联通广东省分公司傅强副总经理、网络运维部刘德双总经理、网络运维部唐应环副总经理。本书同时也得到了中国联通网络技术研究院郑滢雷、王海军和中国联通广东省分公司祝越、叶晓斌,广州市分公司赖瑞扬,华为公司欧阳杰等专家的帮助和支持,在此一并表示感谢!

我还要感谢我的太太夏德群,6 年前我被从重庆联通长途网管中心“骗”到广州以来,她一直在家做全职太太,默默地支撑起整个家庭,支持着我的工作。最后感谢王元杰同志,作为牵头组织者,他为本书的出版付出了大量心血。

中国联通广东省分公司 方道铨

2014 年 1 月

目 录

技 术 篇

第1章 初识 IPRAN	3
1.1 IPRAN 技术产生的背景	3
1.2 IPRAN 技术架构	11
1.2.1 IPRAN 是什么	11
1.2.2 IPRAN 的设备形态	11
1.2.3 IPRAN 的关键技术	12
1.3 PTN、IPRAN 在运营商中的应用情况	14
1.4 “PTN” PK “IPRAN”	15
1.5 PTN、IPRAN 现状及发展趋势	17
第2章 IP 路由基础	19
2.1 OSI 模型	19
2.2 TCP/IP 参考模型	20
2.2.1 TCP/IP 分层结构	21
2.2.2 TCP/IP 协议体系常见术语	22
2.3 MAC 地址	26
2.4 IP 地址的结构和分类	28
2.4.1 IP 地址简介	28
2.4.2 IP 地址分类	28
2.4.3 子网掩码	30
2.5 基础网络词语	34
2.6 VLAN 概述	35
2.7 常见中继设备介绍	39
2.7.1 HUB	39
2.7.2 网卡和 Modem	39
2.7.3 二层交换	39
2.7.4 路由器	40
2.7.5 三层交换	48
2.7.6 四层交换	51

2.7.7 协议转换器	51
2.7.8 网关	51
2.7.9 路由表	51
第3章 以太网概述	57
3.1 以太网种类	57
3.2 以太网帧格式	57
3.2.1 不带标签的帧	58
3.2.2 带标签的帧	59
3.3 几个重要概念	61
3.4 交换机对帧的处理过程	62
3.5 以太信号传输过程	63
3.6 以太网业务配置	65
3.7 以太网帧的 TCP/IP 封装过程	65
3.8 以太网单板环回功能	66
3.9 以太网应用业务类型介绍	67
3.10 以太网业务中断常见问题	69
第4章 动态路由协议基础	71
4.1 动态协议基础	71
4.2 IS-IS 协议	73
4.2.1 链路状态协议的入门童话	73
4.2.2 IS-IS 概述	75
4.2.3 NET 地址	76
4.2.4 IS-IS 的分层	77
4.2.5 IS-IS 协议的工作原理	80
4.2.6 IS-IS 的增强特性	82
4.3 IPRAN 中 IS-IS 的应用	83
4.3.1 IS-IS 多进程组网	83
4.3.2 IS-IS 路由引入	85
4.3.3 IS-IS Cost	86
4.4 OSPF 协议	87
4.4.1 OSPF 概述	87
4.4.2 Router ID	87
4.4.3 OSPF 的分层	88
4.4.4 OSPF 的工作原理	89
4.4.5 OSPF 和 IS-IS 的对比	91
4.5 IPRAN 中 OSPF 的应用	92
4.6 BGP 协议	94
4.6.1 BGP 概述	94

4.6.2 BGP 的基本概念	94
4.6.3 BGP 的工作原理	98
4.6.4 路由更新	99
4.6.5 BGP 小结	100
4.7 IPRAN 中 BGP 的应用	100
4.7.1 BGP 路由优先级选择	102
4.7.2 BGP 路由发布过程	102
4.7.3 BGP 路由反射器	104
第 5 章 MPLS 基础知识	105
5.1 MPLS 发展概述	105
5.2 MPLS 主要术语	107
5.3 MPLS 拓扑介绍	108
5.4 MPLS 的工作原理	109
5.4.1 标签分发	110
5.4.2 标签转发	112
5.5 MPLS VPN 中的隧道标签分发	114
5.6 IPRAN 中 MPLS 的应用	117
5.6.1 IPRAN 中 MPLS TE 应用	117
5.6.2 IPRAN 中 MPLS LDP 应用	119
第 6 章 MPLS VPN 技术基础	120
6.1 VPN 技术概述	120
6.2 MPLS VPN	121
6.2.1 MPLS VPN 的几种典型组网	121
6.2.2 分类	123
6.2.3 MPLS VPN 的基本概念	123
6.3 PWE3	125
6.3.1 概述	125
6.3.2 分类	125
6.3.3 基本概念	126
6.3.4 PW 建立流程	126
6.3.5 PWE3 报文转发流程	127
6.3.6 多跳 PWE3	128
6.4 三层 VPN	128
6.4.1 重叠模式的 VPN—隧道建立在 CE 上	129
6.4.2 重叠模式的 VPN—隧道建立在 PE 上	129
6.4.3 点对点模式的 VPN—共享 PE 方式	130
6.4.4 点对点模式的 VPN—独立 PE 方式	130
6.4.5 MPLS BGP VPN 的解决思路	131

6.4.6 MPLS BGP VPN 中的基本概念	131
6.4.7 VPN 路由信息的发布过程	137
6.4.8 MPLS 三层 VPN 报文转发	138
6.4.9 三层 VPN 的实现过程	139
6.5 BGP 的路由控制	141
6.5.1 BGP 路由属性的分类	141
6.5.2 重要的 BGP 路由属性	142
6.5.3 BGP 选路原则	143
6.5.4 通过属性控制路由的范例	144
6.6 VPN 在 HVPN 解决方案中的应用	145
6.6.1 LTE S1 业务承载	145
6.6.2 LTE X2 业务承载	145
6.6.3 2G/3G 基站的业务承载	146
6.7 总结	147
第 7 章 IPRAN 保护	148
7.1 FRR 技术概念	148
7.1.1 TE FRR	149
7.1.2 LDP FRR	150
7.1.3 VPN FRR	152
7.1.4 IP FRR	154
7.2 BFD 技术原理	157
7.2.1 BFD 提出背景	157
7.2.2 BFD 协议概述	157
7.2.3 BFD 通信过程	158
7.3 VRRP 技术原理	161
7.3.1 VRRP 概述	161
7.3.2 VRRP 基本原理	161
7.3.3 VRRP 工作方式	163
7.4 其他保护方式	164
7.5 IPRAN 保护技术实现	165
第 8 章 IPRAN 同步技术	169
8.1 同步及同步网的概念	169
8.1.1 基本概念	170
8.1.2 时钟设备相关术语	172
8.1.3 时钟的工作模式	174
8.1.4 网同步的实现方法	175
8.1.5 同步相关技术指标	176
8.2 同步以太网介绍	178

8.3 1588v2 协议介绍	180
8.3.1 1588v2 协议原理	180
8.3.2 1588v2 (PTP) 协议报文及封装格式	181
8.3.3 网络时钟模型	183
8.3.4 端口状态及 BMC 算法	184
8.4 IPRAN 同步的实现	185
8.4.1 仅满足频率同步需求的 IPRAN 同步实现	186
8.4.2 既满足频率又满足时间同步需求的 IPRAN 同步实现	189
8.4.3 承载 CES 业务时的 IPRAN 同步实现	190
第 9 章 IPRAN 维护经验	193
9.1 广东联通 IPRAN 测试介绍	193
9.1.1 测试背景说明	193
9.1.2 测试组织	194
9.1.3 测试结果和出现问题	195
9.1.4 测试结论	196
9.2 IPRAN 业务承载质量分析	196
9.2.1 移动业务回传的业务质量要求	196
9.2.2 CES E1 仿真业务的时延	197
9.2.3 误码率和丢包率	198
9.3 华为 IPRAN 保护倒换方案初探	200
9.3.1 IPRAN 保护倒换方案要点	200
9.3.2 核心节点业务侧的保护倒换方案	202
9.3.3 汇聚节点应对多点故障的保护倒换方案	204
9.3.4 误码场景下的保护倒换	205
9.3.5 保护配置	206
9.3.6 总结	207
9.4 IPRAN 中的 IP 地址分配	207
9.4.1 IP 地址概述	207
9.4.2 IP 地址分配	208
9.4.3 IPRAN 地址分配范例	209
9.5 IPRAN 备用侧链路出现流量的情况分析	210
9.6 IPRAN 光功率验收和维护要求	213
9.7 充分利用网管系统, 建立高效的团队维护模式	215

心 得 篇

1. 风雨通信路	225
2. 从后台到前台的感想	228
3. 寄语通信工程师	230