

电信级骨干网传输技术

Carrier-Grade Backbone Transmission Technology

中图分类号:TN915; TP393.4 文献标识码:A 文章编号:1009-6868 (2008) 06-0022-05

摘要:城域以太网论坛(MEF)提出了电信级以太网(CE)的概念,以改进以太网技术并使之成为下一代网络(NGN)传输汇聚层的解决方案。运营商骨干网传输(PBT)技术是对早期以太网技术进行增强以及改进的产物,是一种有前途的新版CE实现技术和标准。通过研究与PBT有关的技术、PBT网络结构、PBT作为传输汇聚层解决方案的优势及其未来的发展趋势,可以看出虽然PBT还存在一些有待解决的问题,但在NGN中PBT将是传输汇聚层的优选技术。

关键词:电信级以太网(CE);运营商骨干网桥接(PBB);运营商骨干网传输(PBT)

Abstract: The Metro Ethernet Forum (MEF) put forward the concept of Carrier Ethernet (CE) to improve Ethernet technology and make it a transmission convergence layer solution for Next Generation Network (NGN). Provider Backbone Transport (PBT) is the result of the enhancement and improvement of the early Ethernet technologies and it is the new version of CE implementation technology and standard which is promising. Through studying the PBT-related technologies, PBT network structure, PBT advantages as the transmission convergence layer solution and its trend of future development, it is concluded that PBT can be used as the preferred technology of the transmission convergence layer in the NGN, though there are some problems to be solved for PBT.

Key words: Carrier Ethernet (CE); Provider Backbone Bridge (PBB); Provider Backbone Transport (PBT)

城域网(MAN)作为广域网(WAN)和局域网(LAN)的桥接区,也是传输网、接入网以及业务网的融合区。对电信城域网而言,除了对传统电信网络和数据网络的承载和融合之外,它还将牵涉到现有及未来多种类型业务的承载及融合。因此,固网和移动运营商在城域网展开激烈的竞争,都在积极寻求能大规模提高网络容量、运维效率,同时能提供多种类型业务支持和降低运维成本的技术。

下一代城域网可以同时传递分组业务和电路业务,运营商也一直在寻找一种可以作为传输汇聚层的技术。业界早已广泛认同IP协议将成为新业务的基础,并将有助于从基于

电路的业务向基于分组的业务转型。然而,将IP路由技术应用到传输汇聚层还有很多问题有待研究。IP/多协议标签交换(MPLS)^[1]作为业务层和汇聚层技术已广泛应用于电信网,尤其是电信骨干网和核心网中,目前,运营商网络中绝大多数的数据业务流量都起止于以太网,而且新的业务(如语音)流量也在急剧增加。电信业务的这种现状促使很多电信运营商都在考虑将以以太网作为下一代网的传输汇聚层解决方案。但是,在以太网得到接受之前,它必须能够提供至少和现在运营商所提供业务具有相同质量级别的多种业务,即,以太网必须能够提供电信级的质量,才可以真

张载龙/ZHANG Zai-long¹

方军/FANG Jun²

喻敬海/YU Jing-hai²

(1. 南京邮电大学信息网络技术研究所, 江苏南京, 210003;

2. 中兴通讯股份有限公司, 广东深圳, 518057)

(1. Institute of Information and Network Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China; 2. ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)

正地进入电信市场,因此,业界出现了电信级以太网(CE)的概念以及相应的解决方案。CE最早在2005年初由城域以太网论坛(MEF)提出,其技术主要以网络能够支持的以太网业务类型和业务所能达到的性能为衡量标准,并不专指某种网络技术,主要包括的内容有:

- 标准化的以太网业务:采用一定的手段实现点到点、点到多点的以太网连接,支持的业务类型具体可以分为4种:以太网专线(EPL)、以太网虚拟专线(EVPL)、以太网专用局域网(EPLAN)和以太网虚拟专用局域网(EVPLAN)。

- 可扩展性:业务带宽和业务规模均可灵活扩展,各种以太网业务类型繁多,带宽从1 Mb/s到10 Gb/s。

- 电信级可靠性:用户感知不到的故障恢复、低于50 ms的保护倒换。传统以太网使用链路聚合和生成树协议进行保护,耗费大量的线路和端口资源,链路出故障时的恢复时间都在秒级,远大于电信级需要的50 ms。CE技术则应确保业务倒换时间小于50 ms。除网络级保护,结点设备还采用了冗余技术,提供主备倒换功能,当出现故障时能迅速倒换,倒换时间在毫秒级,不影响用户业务。

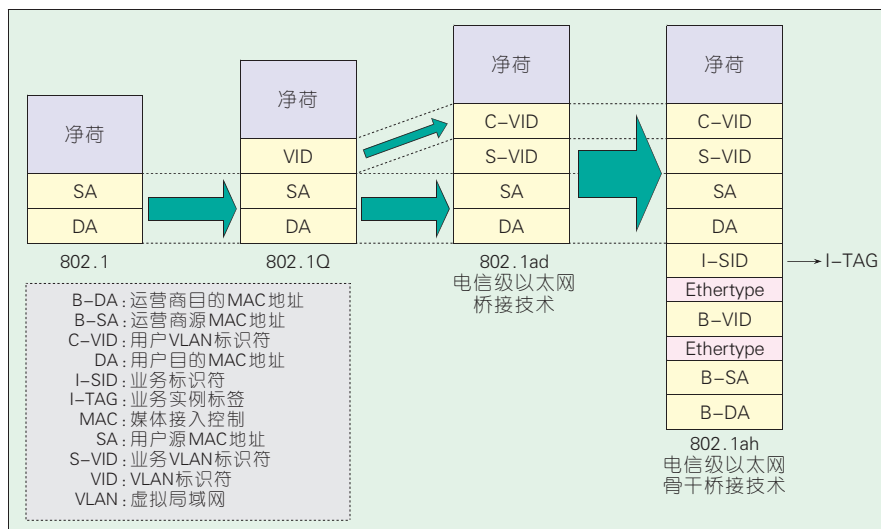
• 服务质量(QoS):端到端有保障的业务性能,其量化指标主要有:呼叫和连接建立的速度,包括端到端延迟和延迟抖动;能表明可用带宽大小的网络数据的吞吐量,和带宽、出错率、缓冲区容量和处理机的能力等因素有关。早期以太网在LAN内主要承载的数据业务对时延不敏感,TCP重传机制又能容忍以太网上少量数据分组的丢失,因此无需差异化的QoS确保。但由于CE技术需要承载综合业务,这种不区分流量类型的尽力而为服务难以确保QoS。CE实现QoS通常使用区分服务(Diff-Serv),其具体实现过程包括流分类、映射、拥塞控制、队列调度。

• 电信级网络管理:快速业务建立、运行管理和维护(OAM)、用户网络管理。CE能提供完善强大的网管,并能提供端到端的统一网管能力、集群管理能力、堆叠管理连同可视化图像管理。除常规的配置、监控、用户数据采样分析等,完善的网络管理还能自动发现网络故障,并能及时恢复;能自动发现新加入的业务结点,配置端到端的业务;网管还能测量端到端的性能,实时掌控网络的运行情况。

CE技术种类繁多,其中比较热门的3种为:传送MPLS(T-MPLS),运营商骨干网传输(PBT)^[2],运营商虚拟局域网传输(PVT)。从技术发展前景来看,在这3种CE技术中,T-MPLS是三者中标准化程度最高的,而PVT和PBT是两种相互竞争的技术,相对而言,PBT和传统以太网的兼容性以及和其他网络技术的互通性要优于PVT。总体来看,面向连接的以太网技术PBT是目前最被看好的CE技术。

1 PBT技术介绍

CE的概念一经MEF提出,就引起业界的普遍关注。经过争论,CE最终定位于解决城域网中IP、以太网、时分复用(TDM)等业务的传送问题。传统IP技术本身质量的不确定性、基于IP的宽带业务(网络电视、视频通信



▲图1 CE帧结构及其演进

等)的发展应用以及强烈的QoS需求,使运营商开始考虑构建下一代适合新的业务要求的城域网。

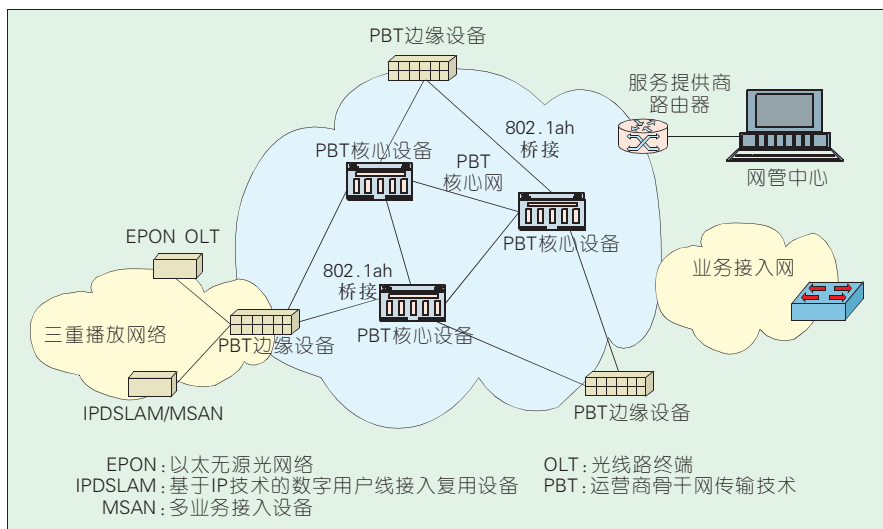
传统以太网无法实现电信级业务的主要根源在于其无连接性,扩展性的问题主要受限于有限的VLAN号和难于扩展的媒体接入控制(MAC)地址结构。为了提供高质量服务,必须建立点到点的连接,为了提高扩展性,扁平化的地址空间必须改变为层次化的地址空间。目前虚拟局域网(VLAN)^[3]、运营商桥接(PB)^[4]、运营商骨干网桥接(PBB)^[5]等技术的出现就是为了解决扩展性和管理上的问题,而第一英里内以太网(EFM)^[6]和连接性故障管理(CFM)^[7]则提供了全面的OAM手段。同时,随着新技术的不断出现,业界亟待一种有机、有效地结合各技术并真正适合现有网络操作的集成技术,提供可运营的电信业务,PBT就是在这种情况下产生的。

PBT技术源自PBB技术,即MAC-in-MAC技术。MAC-in-MAC是一种基于MAC堆栈的技术,用户MAC被封装在运营商MAC内,通过二次封装对用户流量进行隔离,增强了以太网的扩展性和业务的安全性。PBB的关键是在MAC-in-MAC基础之上引入了24 bit的业务实例标签(I-TAG)用来标识业务。I-TAG更适合用来和其他的

技术比如MPLS进行互通,它不再被用作标识一个虚拟的网络而是标识一个业务。IEEE把PBT技术称为支持流量工程的运营商骨干网桥接技术(PBB-TE)。图1是以太网发展过程中不同技术的帧格式演进^[8-9]。

面向连接的、具备电信网络特征的以太网技术PBT主要具备以下技术特征:基于MAC-in-MAC但并不等同于MAC-in-MAC,其核心是:通过网络管理和网络控制进行配置,使得CE中的以太网业务事实上具备连接性,以便实现保护倒换、OAM、QoS、通信量工程(TE)等电信传送网络的功能;使用运营商MAC加上VLAN标识符(VID)进行业务的转发,从而使得CE受到运营商的控制而隔离用户网络;基于VLAN关掉MAC自学习功能,避免广播分组的泛滥,重用转发表而丢弃一切在PBT转发表中查找不到的数据分组。

PBT技术采用骨干网目的MAC地址加上骨干网VLAN标识符(B-DA+B-VID)进行业务转发,使CE受到运营商的控制并能隔离用户流量。这样内层用户C-VID不必在全网中惟一,不同的运营商目的MAC地址(B-DA)可以采用相同的用户VLAN标识符(C-VID),不会造成数据帧在转发中的冲突。PBT技术能够和传统以



▲图2 PBT网络结构

以太网桥的硬件兼容,不需要对网络中间结点进行更新即可基于B-DA+B-VID对数据帧进行转发,数据帧也不需要修改,转发效率高,可支持面向连接网络中具备的带宽管理功能和连接接纳控制(CAC)功能以实现对网络资源的管理,通过网管配置或通过网络控制器(NC)建立连接,能很方便地实现灵活的路由和TE。

PBT技术的核心是对PBB技术进行改进,通过网络管理和控制,使CE中的业务事实上具有连接性,以便实现保护倒换、OAM、QoS、TE等电信网络的功能。PBT技术去掉了PBB技术的部分内容,因此支持PBT技术的设备,将会丢弃未知目的地的数据,而不是把它洪泛到所有潜在目的地。PBT技术关闭了多播功能,不转发而是丢弃多播数据;关闭了广播学习功能,因为通过网络的PBT通路是预先定义好的;还关闭了用于阻止网络内出现环路的协议,因为对数据帧的转发路径是预先配置好的,不再需要阻止环路协议,这样有助于提高网络的利用率。运营商可以管理不同路由上的负载,有效地防止负载不均衡情况的发生。

PBT技术采用IEEE 802.1ag中的CFM机制来持续地监视网络中的隧道状态。当主用隧道失效时会把业务

自动转移到预先建立的备用电路上,增加了必要的弹性。设备实现可以达到15 ms的故障倒换时间。

PBT的目的是帮助运营商实现:在大范围的以太网结构上传递保证的、确定的业务;保证可靠性、可管理性以及可扩展性从而传递企业需要的多媒体业务;在向汇聚结构演进的过程中,充分利用城域以太网在运行和成本上的优势。

2 PBT网络结构

IEEE在原有以太网标准的基础上,又制定了一系列新的标准,这些新标准对原有标准进行了完善和补充,主要包括:虚拟局域网802.1Q、运营商桥接802.1ad、连接性故障管理802.1ag、运营商骨干网桥接802.1ah、带OAM的EFM 802.3ah。PBT是建立在这些标准之上的以太网传输解决方案,它有一个独立的、面向连接的、基于分组交换的传输层,这使得它不仅限于以太网业务的传输,其他各种业务也都可以承载在其上透明地传输。

PBT网络结构如图2所示^[10]。PBT是对PBB技术的改进,采用MAC-in-MAC封装,即将终端用户以太网数据帧再封装成CE帧头,形成两个MAC地址,在运营商核心网中,只

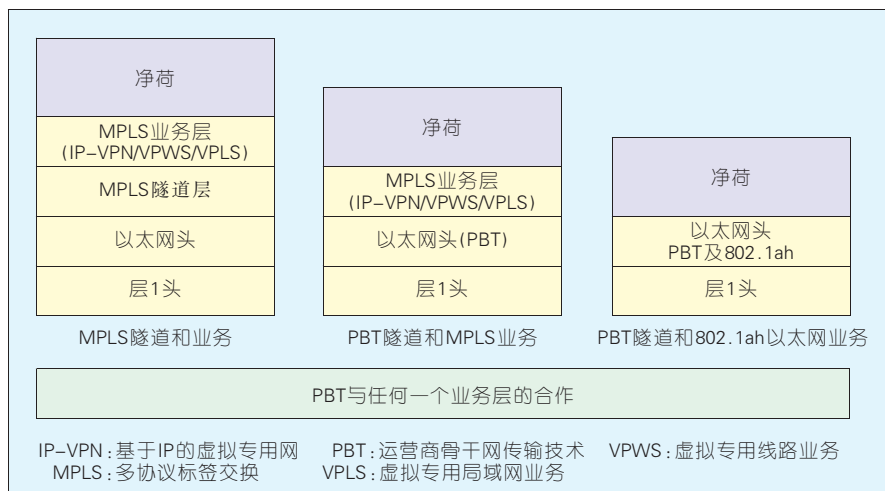
按照后一个封装的MAC地址进行流量转发。这一技术的使用使得以太网扩展性以及作为网络传输技术的能力得到了极大提升。换言之,以太网通过MAC-in-MAC的方式,实现了网络层次化和不同广播域的隔离,使以太网运营成为可能。通过PBT,可以构建完全基于以太网技术基础的电信级网络,而不需要其他的支撑网络。PBT能满足电信级应用的基本需求,它提供可管理和受保护的点到点连接,且其连接是直接由网络管理系统提供的,而不是采用以太网的MAC自学习机制以避免广播泛滥,从而使得网络更加稳定、运行更加简洁。

3 PBT技术优势

PBT生成了面向连接的以太网隧道从而使电信运营商可以为用户提供专用的以太网链路,该链路具有保证的、确定的性能级别。PBT设计用来满足或者超越MPLS基于流量工程扩展的资源预留协议(RSVP-TE)[11]隧道的功能,通过这些能力,根据“隧道”技术以及它所支持的“业务”,PBT为业务供应商提供了几个新的部署下一代城域网的可选方案,如图3所示^[12]。

作为一个针对流量设计的隧道技术,PBT为在城域范围内部署MPLS隧道(例如RSVP-TE)提供了一个可选的方法,并且在PBT隧道内支持任何以太网或者MPLS业务的复用。因此,业务供应商除了可以在PBT隧道上传递基于MPLS的业务之外,还可以传递纯粹的以太网业务。这种灵活性使得业务供应商可以在最初部署纯粹的以太网业务,而在需要的时候再部署MPLS业务。作为一个隧道以及业务结构技术,采用了MAC-in-MAC技术,相比于其他以太网技术,PBT具有以下优势:

- 可扩展性:通过关闭传统以太网复杂的MAC地址学习、广播和生成树协议,避免了用户网中可能发生的广播风暴问题,去除了产生MAC洪泛



▲图3 MAN隧道和业务技术选项

从而限制网络规模的广播功能。此外,采用VID+MAC(60 bit)地址作为全球惟一地址和基于目的地址的转发,使网络具有260个隧道,从而消除了业务扩展性限制。基于MAC-in-MAC封装方式,根据“B-VID+B-MAC”模式进行数据转发,VID用来识别特定通道,不具有全局惟一性,可有效扩展用户和运营商的地址空间,消除业务扩展性限制。

●硬QoS:PBT转发信息不再依靠传统的泛洪和学习,而是由网管/控制平面直接提供,通过定义一个分组穿越网络所需的路由,从而可以为网络提供确知的通道,业务供应商现在可以为他们的网络提供TE。无需超额指配网络容量就能提供硬QoS,实现带宽预留和50 ms的保护倒换时间。这使得业务供应商可以最大化网络的利用率,进而也就降低了携带每个比特所需的开销。

●支持TDM:PBT采用二层封装技术提供简单的点对点通道,无需复杂的信令机制,可以与现有WAN技术互通,不仅能够支持各种以太网业务,还能够支持各种基于MPLS的业务,包括二层的虚拟专用LAN业务(VPLS)和虚拟伪线业务以及三层的IP VPN业务等,具有相当的业务灵活性。以太网交换机非常低的时延和PBT确定性的流量流结合起来,为仿

真传统的TDM/电路仿真业务提供了一个完美的平台。

●安全性:在网络内采用点到点以太网连接的时候,任何的误配置或者分组泄漏都变得显而易见。这意味着流量受到了保护,不会因为误操作、有恶意或者无恶意地将分组泄漏给不是它的目的地端点而受到侵害。PBT技术还屏蔽了用户的真实MAC。

●PBT使用了大量IEEE和ITU定义的网管功能,沿用了现有的成熟的运维体系,并将这些网管功能从物理层或重叠的网络层移植到数据链路层,使其基本能提供类似同步数字体系(SDH)的电信级网管功能。

●业务管理:运营支撑系统(OSS)知道每个业务所占据路由的事实使得业务供应商可以实现告警关联、业务-故障关联以及业务-性能关联。它还可以实现在可控的模式下执行用于维护目的的保护倒换从而保证服务水平协议(SLA)中规定的性能。

PBT可以支持以太网所不支持的可扩展性、TE、QoS以及可管性,使得业务供应商可以利用以太网作为汇聚的、下一代城域网的结构来支持商业以及住宅语音、视频以及数据业务。PBT只对普通的以太网行为进行了较少的改动,因此该技术可以很容易地在现存的以太网硬件上执行。从而没有必要在MAN内引进复杂且昂

贵的网络叠加技术(例如MPLS)。PBT将以太网优势部分与MPLS优势部分结合起来,随着网络叠加的减少,设备本身变得更加简单,从而降低了初始费用。另外,随着设备的简化,运营负担相对降低,还能节省重复费用。

4 PBT的发展趋势

当前,国内外的运营商正在对PBT/PBB技术进行评估。虽然PBT缺少一个有效的自动配置系统而影响了它的可扩展性,但无疑PBT可以提供有效的、面向连接的、基于分组的网络能力。

PBT技术也存在一些争议,如PBT不具备点到多点的能力。在实际组网时,PBT一般部署在运营商核心骨干网络中,而在汇聚层则采用PBB技术,而PBB本身具备传递点到多点业务的能力,因此PBB/PBT的组合完全可以满足点到多点业务的需求。

支持PBT技术的人们认为,以太网交换机总是比IP/MPLS路由器便宜很多,而且会一直保持下去。一些支持厂商已经开发了专有的配置以及管理系统,并声称能够把配置工作降到最低,而且他们认为标准化进程并没有增加大量的复杂性。

PBT技术的标准化工作已经快速启动并开始逐步发力,已经陆续发布相关草案。业界第一次关于PBT技术的真正意义上的边缘设备(PE)之间互联互通的演示也已在2007年6月成功进行。这也从另一方面验证了PBT技术具备基于现有以太网硬件实现、技术简洁、标准化研究的复杂度较低等特性。

现阶段一些主流运营商的态度与做法,以及其他一些运营商对PBT技术的测试与商用,说明了PBT以其技术特性和得以验证的商业成本模型,已经开始逐步成为全球运营商网络转型道路上的一辆“直通车”。当然,最终是否选择以及何时部署基于PBT技术的电信以太网解决方案,运营商还需要结合自身发展战略以及

现网环境基础作出选择。

5 结束语

电信运营商面临着一系列的挑战,这驱使他们去寻找一种新的技术和解决方案以增强自身的竞争力,PBT的出现为他们提供了一定的机遇。PBT为业界提供了一个吸引人的新的网络和技术概念,它基于PBB的子集和其他一系列以太网标准,能提供一种简单的、面向连接的传输解决方案,此方案可以应对电信运营商所面对的挑战,并可用于现有的运营商网络中,它结合了以太网和MPLS的优点,为城域网提供了一种新的、扁平化的、低成本的融合架构,避免过度依赖IP/MPLS核心,利用它能构建一个具有技术优势的网络,在下一代网络中,它可以作为传输汇聚层的优选技术。

但在乐观地评价PBT优势的时候,电信运营商也一定要清醒地意识到它所面临的一些挑战:PBT是一个新的技术概念,在产品上支持PBT的现成的组件并不存在;PBT还没有标准化,现存标准还会出现变动,寻找一个可以解决所有问题的解决方案比较困难;PBT存在路由表庞大的N平方问题,需要大量连接,管理难度大;PBT只能环形组网,灵活性受限;PBT不具备公平性算法,不太适合宽带上网等流量大、突发较强的业务,

容易存在设备间带宽不公平占用问题;PBT和MAC-in-MAC多了一层封装,在硬件成本上必然要付出相应的代价。

6 参考文献

- [1] ROSEN E, VISWANATHAN A, CALLON R. Multiprotocol Label Switching Architecture [S]. RFC3031. 2001.
- [2] IEEE 802.1Qay. Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment 7: Provider Backbone Bridge Traffic Engineering [S]. 2007.
- [3] IEEE 802.1Q. IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Virtual Bridged Local Area Networks [S]. 2005.
- [4] IEEE 802.1ad. IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks—Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment 4: Provider Bridges [S]. 2005.
- [5] IEEE Draft P802.1ah/D4.0. Standard for local and metropolitan area networks—Virtual bridged local area networks, Amendment 6: Provider backbone bridges [S]. 2007.
- [6] IEEE 802.3ah. Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications, Amendment: Media Access Control Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for Subscriber Access Network [S]. 2004.
- [7] IEEE 802.1ag. Local and Metropolitan Area Networks—Virtual Bridged Local Area Networks, Amendment 5: Connectivity Fault Management [S]. 2007.
- [8] ALLAN D, BRAGG N, MCGUIRE A, et al. Ethernet as carrier transport infrastructure [J]. IEEE Communications Magazine, 2006, 44(2): 95–101.
- [9] 毕立波,卜哲,赵峰. PBT技术的产生与发展 [J]. 电信技术, 2007(10): 74–78.
- [10] TBACK A/S. PBB—TE, PBT: Carrier Grade Ethernet Transport [EB/OL]. http://www.tpack.com/fileadmin/user_upload/Public_Attachment/PBT_WVP_v2_web.pdf. Jun 2007/May 2008.

- [11] AWDUCHE D, BERGER L, GAN D, et al. RSVP—TE: Extensions to RSVP for LSP Tunnels [S]. RFC3209. 2001.
- [12] Notel White Paper: Provider Backbone Transport [EB/OL]. <http://www.nortel.com/solutions/collateral/nn115500.pdf>. 2007/May 2008.

收稿日期:2008-09-08

作者简介



张载龙, 南京邮电大学信息网络技术研究所副研究员, 中国通信学会会员, 南京邮电大学在读博士研究生。从事移动通信、计算机网络领域的科研和教学工作, 研究方向为普适计算、计算机通信和下一代电信网等。先后参加完成了多项国家自然科学基金、“863”基金项目。已发表论文近30篇,其中6篇被EI核心库检索。



方军, 中兴通讯股份有限公司技术专家委员会常委、IP专家组组长。硕士毕业于南京邮电大学, 研究方向为IP电信承载网技术。负责多项路由交换产品开发, 指导专利逾百, 发表论文近10篇, 列入EI索引1篇。



喻敬海, 中兴通讯股份有限公司工程师。硕士毕业于南京邮电大学, 研究方向为电信级以太网技术及IP路由、业务应用等。已申请专利10余项, 已发表的论文6篇。

中兴通讯SDR基站产品荣获世界宽带论坛InfoVision大奖

在刚刚结束的2008世界宽带论坛(BBWF)上,中兴通讯创新的SDR产品B8200和R8860从众多提交方案中脱颖而出,荣获由IEC(国际电工委员会)颁发的InfoVision大奖。世界宽带论坛由IEC主办,是全球宽带产业的权威盛会。InfoVision大奖旨在表彰那些对电信行业具有特殊重要性或价值的重大技术、应用、产品、创新和服务。获奖者包括那些开发出开创性技术并为社会做出重大贡献的企业与个人。此次中兴通讯通过创新的SDR产品荣获

该顶级奖项,再一次彰显了中兴通讯在无线技术领域的领先地位。

作为全球领先的通信设备和网络解决方案提供商,中兴通讯在2G/3G融合组网方面一直有着深入的研究和深刻的理解,推出了从业务平台、核心网、接入网到终端,从设备到解决方案,全面的、立体的端到端建网策略。据悉,中兴通讯在今年2月份的巴塞罗那电信展上就已经率先推出了全球首个试商用SDR基站,同时支持GSM和WCDMA,并可实现向LTE的平滑演进。