

多无线电协作技术与异构网络融合

Multi-Radio Cooperation Techniques and Convergence of Heterogeneous Networks

中图分类号:TN929.5 文献标识码:A 文章编号:1009-6868 (2008) 03-0027-05

摘要: 异构网络融合是未来网络技术发展的必然趋势。异构网络的融合面临着高延迟、高消耗、低速率等诸多方面的“瓶颈”。为克服这些“瓶颈”,满足异构网络融合的需求,多无线电协作技术应运而生。通过多无线电间的相互协作和对多无线电资源的有效管理及合理分配,能够有效地提高网络吞吐量,降低无线设备的能量消耗,减少异构网络间切换的延迟,从而为实现真正的异构网络无缝融合提供了可能。

关键词: 异构网络;融合;多无线电;协作

Abstract: The convergence of heterogeneous networks is the trend of future network development. However, many "bottlenecks" exist in the convergence such as high delay, high energy consumption, low communication rate, etc. To overcome these "bottlenecks" and to satisfy the requirements of heterogeneous networks convergence, Multi-Radio Cooperation (MRC) techniques have recently become an active realm. The MRC techniques can improve the network capacity, reduce the energy consumption of wireless devices and decrease the handoff delay by cooperation of multiple radios, management efficiency, and feasible allocation of multi-radio resources. The MRC techniques offer the feasibility of realization for seamless connectivity of heterogeneous networks.

Key words: heterogeneous networks; convergence; multi-radio; cooperation

黄川/HUANG Chuan

郑宝玉/ZHENG Bao-yu

(南京邮电大学信号处理与传输研究院,江苏南京,210003)

(Institute of Signal Processing and Transmission, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

控制等技术都不尽相同。面对种类繁多、技术各异(尤其是接入技术)的异构网络的融合,传统的单无线电技术有很大局限性,多无线电协作技术在这方面将大有可为。

多无线电指的是无线网络中单一节点配备多个独立的无线电系统,每个无线电系统可以使用不同的接入技术及不同的信道;即一个无线网络节点可以同时与不同的接入系统建立连接,或者同一时刻与一个接入系统保持多个连接。随着硬件技术的发展及成本的降低,多无线电系统的实现成为可能^[2]。

多无线电协作技术指的是通过多无线电系统间的协作以及对多无线电接口的管理和资源分配来达到异构网络间的协同工作,从而提高网络容量,降低能量消耗,增强移动管理,扩大连通范围,最终实现多种异构网络的互联互通。

1 异构网络的融合技术发展现状

近年来,人们已就异构网络融合问题相继提出了不同的解决方案: BRAIN提出了WLAN与通用移动通信系统(UMTS)融合的开放体系结构; DRiVE项目研究了蜂窝网和广播网的融合问题; WINEGLASS则从用户的角度研究了WLAN与UMTS的融合;

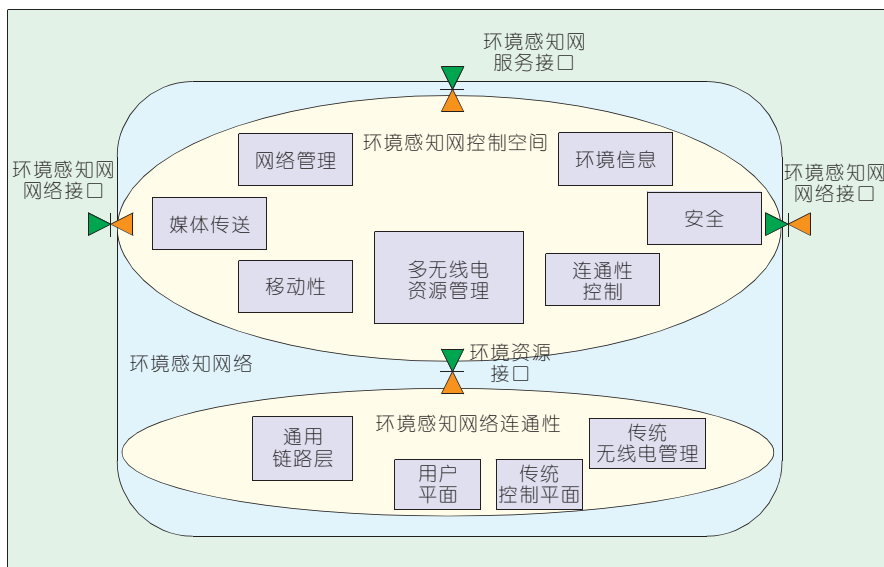
随着无线网络技术高速发展,出现了许多新型的无线异构网络,如蜂窝移动通信网络、卫星网络、GPRS、WLAN、移动自组织网络(MANET)、Wi-Fi、无线传感器网络(WSN)等。身处这些新型异构网络的用户能否相互通信呢?特别是使用无线网络的用户能否连接上Internet呢?如果这些异构网络之间无法互联,那么在未来信息时代将产生许多大小不一的信息孤岛,这是我们所不愿看见的。因此如何实现这些种类繁多的不同网络的无缝连接,即异构网络的融合是未来网络发展的必然趋势。具

体来讲,网络融合是采用通用的、开放的技术实现不同网络或网元的集成^[1],其中不同的网络或网元涉及到接入网融合、核心网融合、终端融合、业务融合和运维融合等。

异构网络的融合具有多方面的优势:融合可以扩大网络的覆盖范围,使得网络具有更强的可扩展性;融合可以充分利用现有的网络资源,降低运营成本,增强竞争力;融合可以向不同用户提供各种不同服务,更好地满足未来网络用户多样性的需求;融合可以提高网络的可靠性、抗攻击能力等。

但是,这些异构网络面向不同的应用场景、目标用户,因此它们从底层的接入方式到高层的资源管理与

基金项目: 江苏省自然科学基金重点项目(BK2007729)



▲图1 环境感知网络构成示意图

MOBYDICK重点探讨了在IPv6网络体系下的移动网络和WLAN的融合问题;MONASIDRE首次定义了用于异构网络管理的模块。虽然这些项目提出了不同网络融合的思路和方法,但与多种异构网络的融合的目标仍相距甚远^[3]。最近提出的环境感知网络^[4]和无线网状网络^[5],为多种异构网络融合的实现提供了更为广阔的研究空间。

1.1 环境感知网络

环境感知网络简称环境网络(AN),是一种基于异构网络间的动态合成而提出的全新的网络观念。它不是以拼凑的方式对现有的体系进行扩充,而是通过制定即时的网间协议为用户提供访问任意网络(包括移动个人网络)的能力。

一个AN单元主要由AN控制空间(ACS)和AN连通性构成,如图1所示。ACS由一系列的控制功能实体组成,包括支持多无线电接入(MRA),网络连通性、移动性、安全性和网络管理等实体。不同AN的ACS通过环境网络接口(ANI)通信,并且通过环境服务接口(ASI)来面对各种应用和服务。在具体实现上,ACS由多无线电资源管理模块(MRRM)和通用链路层(GLL)

构成,如图2所示。

AN最大的特点就是采用了MRA技术。图3给出MRA技术在异构网络融合中应用场景。

图3表明,MRA技术可使终端具有同时与一个接入系统保持多个独立连接的能力;通过MRA技术,可以实现终端在不同AN间的无缝连接;通过MRA技术,可以实现不同终端在不同AN间的多跳数据传输,以扩大AN的覆盖范围。

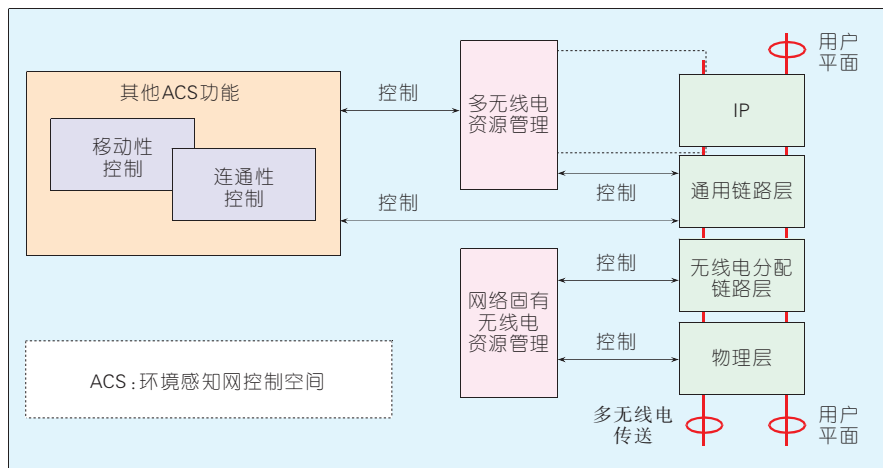
由此可见,在AN的核心组件ACS中,多无线电接入及其资源分配和管理尤显其重要性。因为它作为AN实现异构网络互联的第一步,是其他一

切提供面向用户的异构网络服务的基础。而多无线电协作技术是MRA技术的延伸和扩展,其主要功能是实现多无线电资源共享和不同AN间的动态协同。其他功能还包括有效的信息广播,发现和选择无线电接入,允许用户利用多无线电接口同时发送和接收数据以及支持多无线电多跳通信等。

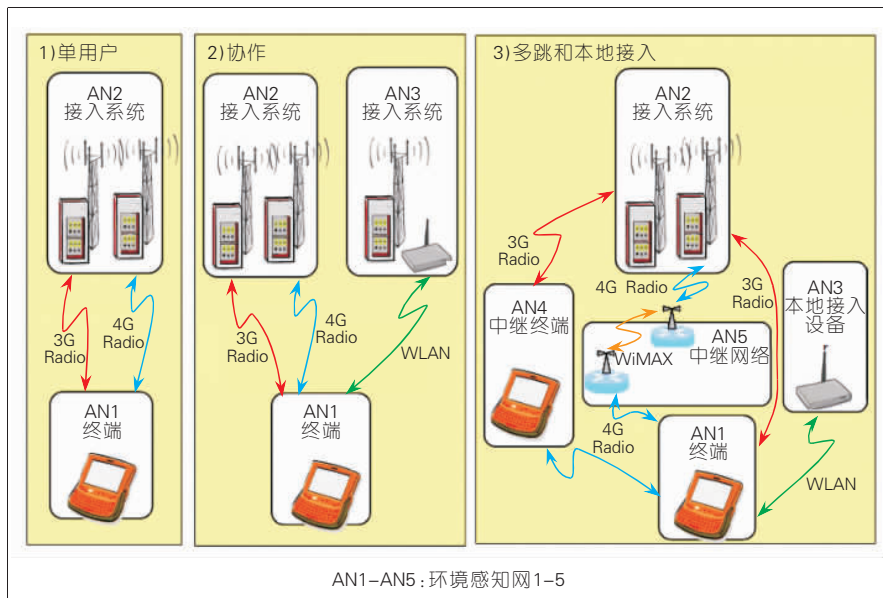
1.2 无线网状网络

近年来,无线网状网络技术的提出也为异构网络融合的实现提供了新的途径。WMN是一种采用网状组网方式的无线多跳网络。网络中每个节点均有自动选路的功能,每个节点只和邻近节点进行通信,因此又是一种自组织、自管理、自动修复、自我平衡的智能网络。图4为通过WMN实现异构网络融合的示意图,通过一个无线网状骨干网(WMB)可将各种无线异构网络连接起来,并实现无线与有线的相互通信。

从图4可看出WMN架构中包括由多个WMR互连组成融合不同异构网络的WMB和由各种异构网络或终端设备构成的用户部分。由此可见,作为WMN的核心设备WMR必须具备同时连接不同结构网络设备的能力,并且具有协调管理和控制这种多连接的功能。而多无线电协作技术正是由于具有这种同时和协同的能力成为



▲图2 ACS实现架构示意图



▲图3 基于异构网络融合的MRA技术的应用场景示意图

WMN领域研究的热点。

2 基于异构网络融合的多无线电协作技术

从异构网络融合技术的角度看,无论在AN还是WMN架构中,多无线电协作技术都扮演着极其重要的角色。这是因为通过多无线电协作,可使终端具有同时与一个接入系统保持多个连接或同时连接不同接入系统的能力,从而在网络容量、能量控制和移动管理等方面均优于传统技术。下面分别从这3方面阐述多无线电协作技术在异构网络融合的重要作用。

2.1 网络容量

在无线网络环境中,由于用户接入时会发生传输干扰、多用户冲突、丢包错误等情况,因此真正的可达带宽几乎只有理论值的一半^[6]。此外,收发双方通信距离、多跳环境中节点冲突的可能性、隐终端和暴露终端等问题也大大影响了网络吞吐量。而未来异构融合网络对容量有极大需求,如何提高网络容量则是其迫切需要解决的问题。

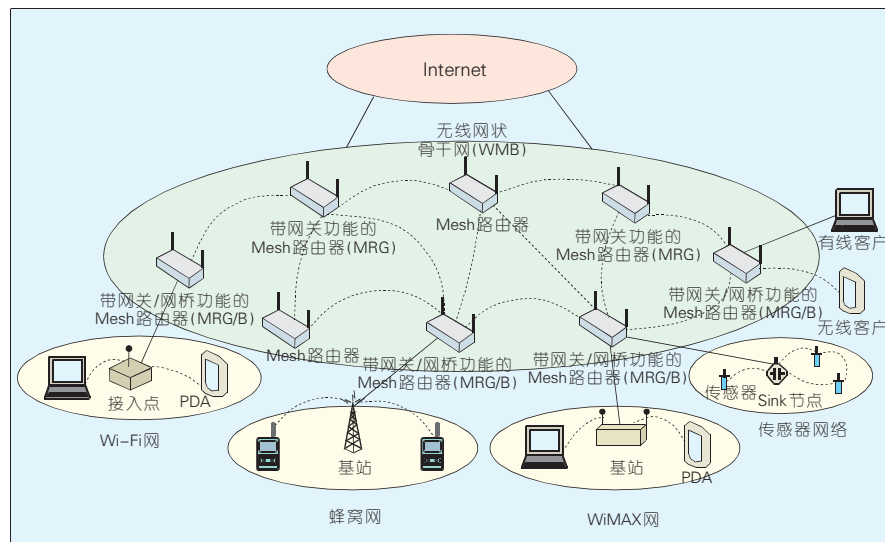
在文献[7]中,每个中继节点配备

多无线电设备,通过这些中继节点间多无线电的协调配合,以实现节点间同时收发数据,从而降低了传输延迟。其仿真结果表明,在理想状态下采用多无线电协作技术能获得两倍于单无线电情况下的网络容量,而且多无线电数目的变化对网络容量也有明显的影响。文献[8]探讨了无线电与信道数目之间关系及其对网络容量的影响,并推导出静态多无线电多信道网络在任意网络模式和随机网络模式下网络容量的上下界。文献[9]提出

了采用多无线电分集技术来减少分组丢失率和降低比特误码率,以提高网络可靠性,进而提高全网吞吐量的方法。其实质是采用多无线电多径协作分集技术来接收和发送数据,并辅以帧合并、低开销重传机制(LORFA)来提高网络可靠性和吞吐量。该技术的基本工作原理是:网络中每个接入节点(AP)和用户终端节点都配备多无线电系统,当某个无线网络中的AP收到有差错的数据帧时,该AP利用多无线电多径协作分集技术将收到的多个数据帧的副本传送给具有多个独立无线电设备的多无线电分集合并系统(MRDC)。由MRDC通过帧合成技术来恢复帧,并采用LORFA机制重发给AP,再由AP发送给终端用户。其仿真结果表明,在80%的传输过程中,多无线电系统的吞吐量可保持在15 Mb/s~20 Mb/s,而在单无线电条件下,吞吐量只有5 Mb/s~15 Mb/s左右。

2.2 能量控制

在未来的异构网络中,能量问题不可避免地成为许多新技术发展的瓶颈,主要表现在以下方面:要求更高的数据传输速率;具有更多的功能,提供更多的服务,并且需要同时运行;硬件具有更强的处理能力和更高容量存储能力。这些无一不是大量



▲图4 通过WMN实现异构网络的融合

消耗能量的主要因素。

目前已提出了许多节能的方法和技术,主要分为3类:改善信道接入机制、最大化无线接口的睡眠时间技术、使用最低能量级别来发送和接收数据的技术。大多数研究仍然是在单无线电环境下进行的。文献[2]提出一种具有唤醒功能的多无线电协作技术来达到节能的目的。在该技术中,每个移动设备包括两个无线电收发设备:一个是用来发送和接收控制信息的低功耗无线电设备(LPR),另一个是用来传送和接收数据的高功耗的无线电设备(HPR)。当该设备不传送和接收数据时,HPR关闭而LPR处于开启状态,以监控突发消息。如果有数据需要发送,由高层传送信息给LPR,并通过LPR上的唤醒机制唤醒HPR,则HPR接收上层数据分组然后发送;如果有数据接收,LPR将接收到的请求信息进行处理,接着将处理后的信息传递给HPR,并唤醒HPR。这样HPR就不需要一直处于等待信息的状态而消耗大量的能量,从而达到节能的目的。研究结果表明这种多无线电协作技术的节能效果明显优于其他技术。文献[2]中还将带有唤醒功能的多无线电协作技术扩展为具有控制功能和带宽判决功能的技术。前者进一步降低了唤醒机制带来的延迟;后者由于具有带宽判决机制,故当遇到低带宽数据传输时,由LPR负责传输数据,而不用开启HPR,从而达到节能。

2.3 移动管理

移动管理包括位置管理和切换机制两方面^[10]。目前切换技术主要有水平切换和垂直切换。水平切换是指在同一网络中移动台从一个基站切换到另一个基站。不同于水平切换,当用户从一种网络切换到另一种网络时,这种切换称作垂直切换。垂直切换技术是异构无线网络实现无缝连接的基础。但是具有不同无线电接入技术的各种异构网络,在数据速

率、频谱、QoS、安全性、成本及服务支持等各个方面都存在着很大差异。面对这些异构网络,要实现精确的位置侦测和快速的切换机制更加复杂。因此目前针对垂直切换的研究还很少。

同时,在异构网络中设计合理的切换机制还必须保证:用户在异构网络之间漫游时能够实现快速的切换,从而保证服务的连续性;如果用户处在多个不同的接入系统的覆盖范围时,能够总是选择最好的连接,从而保证服务的高质量。传统的单接入方式,即使单无线电设备具有可重配置或多模能力,但由于每个网络节点只配备一个无线电,因此在实行切换过程中,往往产生较大的延迟以及较高的丢包率,这对终端用户无线接入和连通都会造成很大的影响。因此传统技术都已不能满足发展的需要。

一个典型的垂直切换过程主要分为3个步骤:第一步,扫描(或发现)过程,通过这个阶段,终端通过探测发现不同AP发送的Beacon分组来判断选择链接性能最好的AP;第二步,认证过程,在这个过程中,用户必须与AP交换认证信息,以保证接入的安全性;第三步,结合过程,此过程主要负责用户在新AP中的登记注册,并发送通知给用户原有AP及获得原有AP中的此用户的缓存信息。文献[11]表明切换过程90%的延迟时间都是消耗在扫描过程。因此降低扫描过程延迟是切换方案关键的一步。文献[12]改进了现有的切换机制,提出一种基于多无线电协作的多扫描技术来降低扫描延迟。其基本原理是通过两个无线电之间的轮替交互来实现无缝切换。其试验床仿真结果表明采用多扫描技术的切换过程几乎没有延迟,而传统的单无线电条件下的切换过程出现了640 ms的延迟时间。可见采用多无线电协作技术为异构网络真正实现无缝连接提供了可能。

3 多无线电协作技术展望

目前,基于异构网络的多无线电

协作技术正处于起步阶段,相关研究文献还较少。这也为进一步的研究提供了广阔的空间。

除了上述的网络容量、能量控制和移动管理3个方面外,从层次的角度来看,其未来主要的研究内容还包括:在物理层,面对不同标准的接入系统,如何设计和协调多无线电设备依然是研究的难点和重点,同时利用多无线电与频谱感知技术、动态频谱接入技术的结合以有效地提高频谱利用率也是一个研究的新领域;在MAC层,如何设计适合多无线电技术的媒体接入控制(MAC)协议是其重中之重,其中多无线电多信道的信道分配算法和信道资源管理策略设计的是否合理成为能否最大限度发挥多无线电技术优势的关键;在网络层,如何结合多信道分配设计出适合多无线电的路由算法是此层的核心问题,其中最重要的就是多无线电多信道选择参数的设计;再则,结合多路径思路的多无线电多径选路算法也和多无线电网络的拓扑控制以及网络连通性等一系列问题都是极具挑战性的研究内容。

此外,多无线电技术的硬件和协议标准都还不够成熟,而且现有的仿真工具及试验床大都不直接支持多无线电,这都对多无线电的研究和发展造成了很大的障碍。因此,在今后的研究中,多无线电的仿真技术也是一个具有相当挑战性的课题。

4 结束语

异构网络的融合是未来网络发展的必然趋势,但多种不同异构网络从体系架构到底层接入技术的不同为异构网络的融合带来了很大的困难。随着硬件成本的降低,一个网络节点上配备多个无线电系统成为可能。由此出现的多无线电协作技术为异构网络的无缝融合提供了一种有效方法。文中从网络容量、能量控制和移动管理3个方面阐明了多无线电协作技术在异构网络融合中的重要

作用,并展望了多无线电协作技术未来的发展趋势。从目前的研究来看,基于多无线电协作技术的异构网络融合才刚刚开始,国内外的研究还不多,因此具有广阔的研究空间。

5 参考文献

- [1] 3GPP TS 23.228 v6.5.0. IP Multimedia Subsystem (IMS) Stage 2 [S].
- [2] PARAMVIR B, ATUL A, JITENDRA P, et al. Reconsidering wireless systems with multiple radios [J]. Computer Communications Review, 2004, 34(5):39-46.
- [3] LUNDSJO J, AGUERO R, ALEXNDRI E, et al. A Multi-radio access architecture for ambient networking [C]//Proceedings of 14th IST Mobile and Wireless Communications Summit, Jun 19-23, 2005, Dresden, Germany. 2005.
- [4] WWI. Ambient Networks[EB/OL]. http://www.ambient-networks.org.
- [5] IAN F A, WANG Xudong, WANG Weilin. Wireless mesh networks: a survey [J]. Computer Networks, 2005, 47(4): 445-487.
- [6] GARETTO M, SALONIDIS T, KNIQHTLY E W. Modeling per-flow throughput and capturing starvation in CSMA multi-hop wireless networks[C]// Proceedings of 25th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies(INFOCOM' 06), Apr 23-29, 2006, Barcelona, Spain. Piscataway, NJ, USA: IEEE, 2006:1-13.
- [7] ZHANG Yan, LUO Jijun, HU Honglin. Wireless mesh networking: Architectures, protocols and standards [M]. New York, NY, USA: Auerbach Publications, 2006:56-60.
- [8] KYASANUR P, VAIDYA N. Capacity of multi-channel wireless networks: Impact of number of channels and interfaces [C]// Proceedings of Annual International Conference on Mobile Computing and Communications (MOBICOM' 05).Aug 28-Sep2, 2005, Cologne, Germany. New York, NY, USA:ACM, 2005:43-57.
- [9] ALLEN M, HARI B, Can EMRE K. Multi-radio diversity in wireless networks[J]. Wireless Networks, 2007, 13(6): 779-798.
- [10] IAN F A, XIE J, MOHANTY!S. A survey on mobility management in next generation all-IP based wireless systems [J]. IEEE Wireless Communications Magazine, 2004, 11(4):16-28.
- [11] ARUNESH M. MINHO S, WILLIAM A. An empirical analysis of the IEEE 802.11 MAC layer handoff process[J]. Computer Communications Review, 2003, 33(2): 93-102.
- [12] VLADIMIR B, ARUNESH M, SUMAN B. Eliminating handoff latencies in 802.11 WLANs using multiple radios: Applications, experience, and evaluation[C]//Proceedings of Internet Measurement Conference, Oct

19-21, 2005, Berkeley, CA, USA. 2005: 299-304.

收稿日期:2008-03-25

作者简介



黄川,南京邮电大学信号与信息处理专业在读博士研究生。研究方向为无线通信与网络信号处理。



郑宝玉,南京邮电大学教授、博导、校学术委员会副主任,中国通信学会理事及通信理论与信号处理专业委员会主任委员,中国电子学会信号处理分会副主任委员。主要研究方向为无线网络与通信信号处理、智能信号处理、量子信息处理。主持完成了多个国家自然科学基金和省部级科研项目,曾获国家科技进步二等奖1项,省部级科技进步奖3项,出版学术著作(译)7部,发表论文150余篇。享受国务院政府特殊津贴,曾经获得国家有突出贡献中青年专家等多项荣誉称号。

力推定制化全IP多业务承载解决方案 中兴通讯数据产品海外收入首超国内

凭借在新兴市场力推定制化全IP多业务承载解决方案的策略,中兴通讯国际化战略在数据领域取得里程碑式进展,2007年,其数据产品全年海外收入第一次超过国内。

国际知名电信业咨询公司Gartner资深分析师Naresh认为,随着全球电信IP网络的发展演进,越南等新兴市场存在强大的IP网络转型需求,中兴通讯等厂商给出了解决这一网络转型要求的一系列定制化解决方案。

中兴通讯定制化全IP多业务承载解决方案应运而生,为印度、越南、俄罗斯、哥伦比亚等新兴市场运营商量身定制最佳解决方案。中兴通讯副总裁、承载网产品总经理樊晓兵表示:“中兴通讯依靠强大的研发实力和定制化优势,利用新技术为新兴市场运营商提供新的业务增长点。基于此,2007年中兴通讯数据产品业绩大幅增长,再度保持100%以上的增长率,海外收入首次超过国内。”

中兴通讯是全球领先的综合性通信制造业上市公司

和全球通信解决方案提供商,为135个国家的500多家运营商提供了优质的、高性价比的产品与服务。在越南,中兴通讯与VNPT、Viettel等知名运营商建立了深入紧密合作关系。以IP作为基础承载平台实现网络转型和战略转型是业界明确的网络发展方向,中兴通讯推出骨干网解决方案和城域网解决方案,成为全IP多业务承载最佳平台,为越南主流固网运营商VNPT, Viettel等度身订做了的最佳解决方案。

在近日中兴通讯“IP Network Seminar Vietnam 2008”网络技术研讨会上,来自VNPT, Viettel等运营商的两百多名知名技术专家对此创新解决方案表示了高度认可。越南VNPT专家在致辞中表示:“中兴通讯全IP多业务承载解决方案,针对性强,性能稳定,质量可靠,性价比高。”

中国一贯重视并积极参与大湄公河次区域经济合作。作为国内科技企业中“走出去”的排头兵,中兴通讯积极推动通讯领域的合作和建设。越南电信市场显现出极强的发展潜力,被国际电信联盟列为继中国之后增长最快的电信市场,中兴通讯希望双方通过合作实现双赢,为大湄公河次区域信息化建设做出更大贡献。