

新一代互联网体系结构

3

陆璇, 龚向阳, 程时端

(北京邮电大学 网络与交换技术国家重点实验室, 北京 100876)

[编者按] 互联网目前面临着各种问题和挑战,其体系结构再次成为了网络领域研究的热点之一。本讲座将分为3期介绍互联网体系结构的研究现状及未来的展望。第1期介绍了目前互联网体系结构面临的挑战以及国内外的研究现状。第2期介绍现有互联网体系结构向新一代互联网体系结构演进中的关键技术与解决方案,内容涉及新型路由寻址体系结构、端到端原则、网络安全性与可信性等方面的研究。第3期将介绍以全新的革命性方式来解决当前互联网体系结构缺陷的新一代互联网体系结构,包括国内外的研究现状和主要的解决方案,并对新一代互联网体系结构的研究进行了展望和总结。

中图分类号:TP393.4 文献标识码:A 文章编号:1009-6868 (2009) 05-0053-05

5 全新的互联网体系结构

经过30多年的发展,互联网已取得巨大的成功,成长为全球性的信息系统。但伴随着互联网的不断普及、商业化、各种新技术的不断涌现,它的缺陷也日益明显的暴露出来。服务质量难以保证、网络安全无法保障、网络控制和管理的复杂度增加、多样化的应用需求无法满足等问题亟待解决。为了能够从根源上找到解决问题的方法,世界各研究团体开始对互联网体系结构进行重新审视。对于如何解决当前互联网所面临的问题与挑战,研究和建设新一代互联网体系结构,研究界目前存在着两类方案:演进型和革命型方案。本讲座的第二期已经对演进型的下一代互联网体系结构方案作了介绍,本期将重点介绍革命型的下一代互联网体系结构方案。

NewArch、GENI和FIND是美国较

基金项目: 国家高技术研究发展计划 (“863”计划)资助项目(2007AA01Z206)

早启动的针对未来网络体系结构的研究计划。NewArch自2000年启动,通过对目前网络及应用的需求分析,预测了未来网络体系结构的需求,如服务自动生成、可测量性、分布式管理、安全与移动性等。同时,它还提出了未来网络的设计原则,包括全局连通性、即时传输、子网异构性、通用传输服务、全局寻址、分布式控制、移动性的设计、资源分配原则等。GENI启动自2005年,主要目标是设计全新的网络核心架构(域名、寻址及安全架构)、增强的网络功能(包括增强的安全可靠和高可用性)和新的服务及应用。FIND是美国科学基金会(NSF)资助的一个大型长期研究计划,始于2005年,旨在研究15年后的未来网络,解决目前存在的缺陷并满足未来的需求。FIND综合考虑社会、经济和政策方面的因素,力图摆脱现有的技术束缚,探求全新的网络架构。

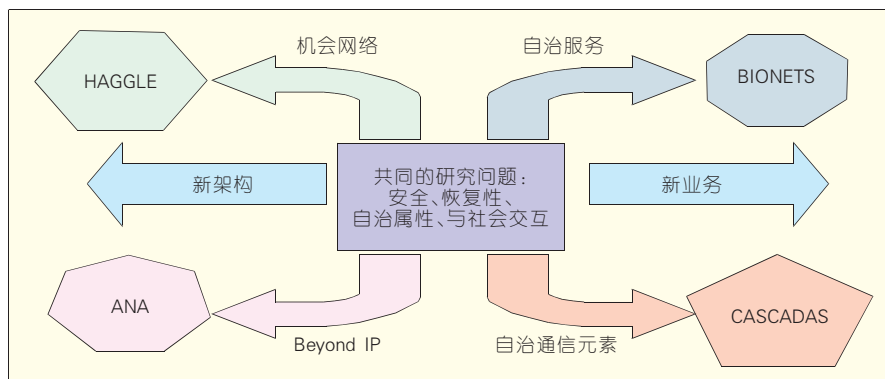
欧盟于2006年相继启动了ANA、BIONETS、HAGGLE等项目。2007年启动了ICT FP7, EFIPSANS为其中的项目之一。它们虽然从不同的研究视角出

发,但研究目标都是分析未来互联网的需求,设计适应未来互联网发展的网络体系结构。

综上所述,美国、欧洲等世界各国都对全新的下一代互联网体系结构的研究投入了大量的资金和人力。在这些全新的网络体系结构设计中,网络体系结构的自治性和跨层设计是主要研究方向之一。自治性是指网络体系结构的设计应该使网络具备自属性(自我管理、自保护、自优化、自组织等特性),较强的处理未知变化的能力(例如拓扑、负载、任务、网络能访问的物理及逻辑特征等),优化网络资源的利用,减轻管理高度复杂且动态变化的网络的负担,同时更好地支持目前已有的以及未来将会出现的网络技术和业务(各种联网技术、移动性、为用户提供无所不在的个性化服务等)。跨层设计是部分研究者对传统的分层体系结构提出的挑战。他们认为不透明的分层使得层间信息与功能访问缺乏灵活性,限制了性能优化,应打破这种限制,允许不相邻层间的交互甚至摒弃分层结构提出不分层的网络体系结构设计方案。

5.1 自治网络体系结构

自治系统(例如人类社会等),由自治元素(例如人类个体、家庭、公司等)组成。这些自治元素能够实现动态的自组织并自适应不断变化的环境。通过这些自治组件,系统可以利用局部环境交互实现无集中控制下的一致性的全局性行为,从而达到整个系统的平衡状态。自治网络体系结构的灵感来源于此。由于自治系统的特征如非集中式的控制、适应不断变化的环境、个体的自私性与整体利益的权衡等都与目前的互联网相似,研究学者开始尝试从自治的角度来解决目前的网络问题。自治的引入能使网络以一种可靠的方式管理自己并成功地提供服务,使网络具备智能、认知、可靠、安全等特点。



▲图7 SAC的项目关系

自治网络体系结构在管理方面的自治包括：自动运行——根据所在环境的上下文和状态自动启动并配置基本功能而无需人工干涉，自动控制内部资源和功能，无需人工干涉地预测任务所需的资源并使用这些资源；感知功能——清楚自身的组件、资源和能力、当前的上下文环境和状态以及与所在环境中的其他系统之间的关系；适应功能——感知内外部环境的变化，并进行自适应的调整。

在联网方面的自治则包括：节点级的自组织——节点通过和邻居设备的局部交互自组织到网络中的能力；自配置机制——节点能自动地建立关键的联网功能，例如寻址和命名；网络级的自组织——异构的网络云能够自组织到更大型的网络中从而形成能够全局可达的网络联盟；自保护——阻止业务中断和受到攻击；自恢复技术——网络从突发事件中的恢复。

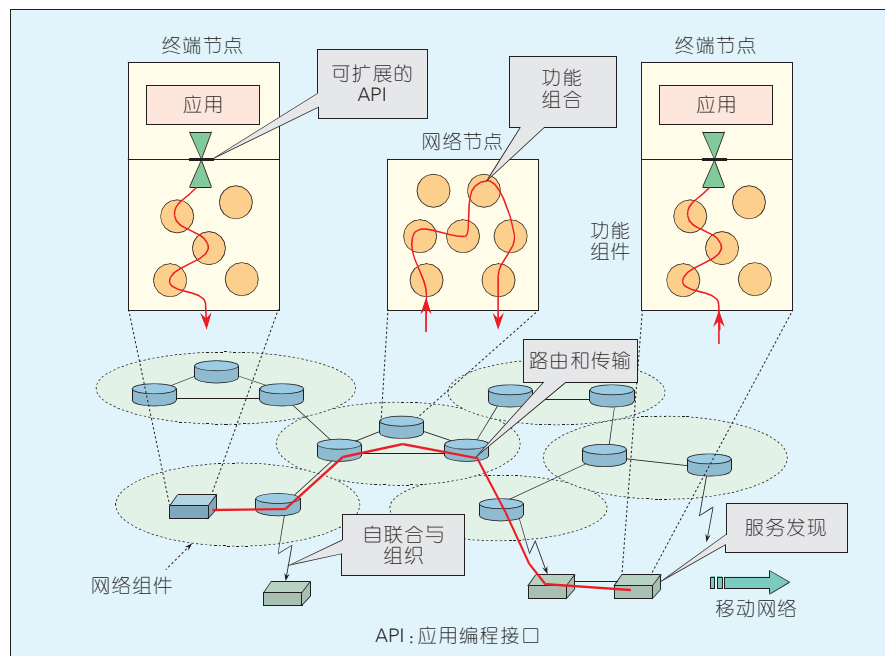
近几年来，对自治网络体系结构的研究已经成为了世界各国下一代互联网研究计划的重要内容之一。SAC是欧盟的信息社会技术(IST)下的子项目——未来和正在兴起的技术(FET)的研究领域之一，其目标是促进具有适应性、自治控制、自组织、分布式的通信网络系统的研究，从而使网络演化为任务和认知驱动的、可完全扩展的、能够适应多种动态上下文、面向业务的通信网络。ANA、BIONETS、HAGGLE等都是SAC这一研

究领域下的项目。图7显示了各项目之间的关系和各自的研究视角：ANA和HAGGLE是以全新网络架构为研究方向，BIONETS则是以新业务驱动的网络架构为研究方向。

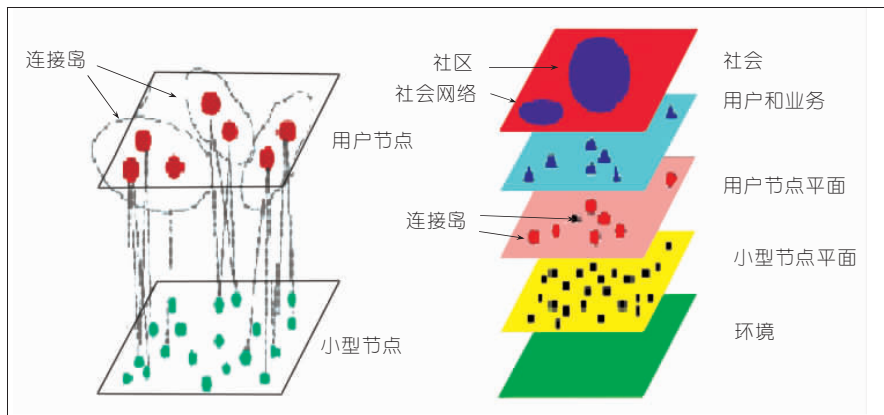
5.2 ANA项目

ANA启动于2006年，由欧盟IST FP6资助，参与者主要为欧洲和北美的大学和研究机构。ANA的目标是探索全新的网络架构，设计一种自治的网络，支持节点与网络的灵活、动态、完全自治地互联，能够根据用户需求动态适应和重配置。图8为ANA的整体架构图。图中的上部为ANA节点的

抽象结构，包括两个终端节点和一个网络节点。可以看出，与网络节点相比，终端节点多了一些应用层上的功能，这些功能通过一个可扩展的应用编程接口(API)和翻译机制与下层相联系。下层网络功能通过功能组合的方式来实现。图中的橘色圆形区域可以看作是一个独立的功能块，多个功能块之间相互协作完成特定的网络功能(如路由、监控等)。图中的下部为ANA的组网结构。图中淡蓝色的椭圆形区域可看作是ANA中的网络组件，网络组件可看作是使用相同通信机制(如寻址、路由等机制)的节点的集合，如目前的各类网络(以太网、IPv6网、Ad Hoc网等)。ANA网络可认为是包含了多个不同网络组件的融合网络。ANA分析了传统网络的缺陷，确定了自治网络架构的需求，研究了ANA的框架结构、功能、机制等原则问题。以以太网交换和无线接入点为主要支撑基础的第一个网络原型已经于2008年6月发布，主要实现自治节点如何自组织到网络中。在第一个网络原型的基础上，ANA计划在2009年建立第二个网络原型，此时的网络将包括有线和多跳无线异构设备，主



▲图8 ANA整体架构图



▲图9 BIONETS的两层网络体系结构框架

要目标是异构网络的自动融合。

5.3 BIONETS和HAGGLE项目

BIONETS由欧盟IST FET资助,始于2006年,主要参与者包括诺基亚、意大利电信和瑞士巴塞尔大学等。BIONETS的目标是解决传统通信目前面临的异构性、扩展性和复杂性问题。启动BIONETS项目的动机来源于普适计算和不断普及的各种异构网络,它们与生物有机体、生态系统和人类的经济社会十分相似。BIONETS从这些系统中找寻灵感并提出了一种受生物学启发的全新网络框架。它能够支持普适计算环境中的自治服务以及生物自我演化方式的自治服务。BIONETS提出了一种全新的两层网络架构,即用户节点平面和小型节点平面,如图9所示。“小型节点”是指便宜的小型设备如传感器、射频识别,它们有感应/识别能力,最小的通信能力,严格的能源限制,较低的计算能力。它们不需要互相通信,只给用户节点收集数据。用户节点是运行服务的设备,被用户随处携带,有计算/通信能力。这种两层的网络架构支持局部化自治的通信服务,无需集中控制,允许高层服务能够自治、本能地进化从而适应周围环境(类似自然选择进行的生物体进化)。BIONETS通过一种自治的局部化的对等通信范例实现可扩展性并解决设备的异质性。这个新的范例打破了服务提供

商和用户之间的屏障,为迅速增长的自发性服务提供了机遇,为以服务为中心的信息与通信技术革命铺平了道路。

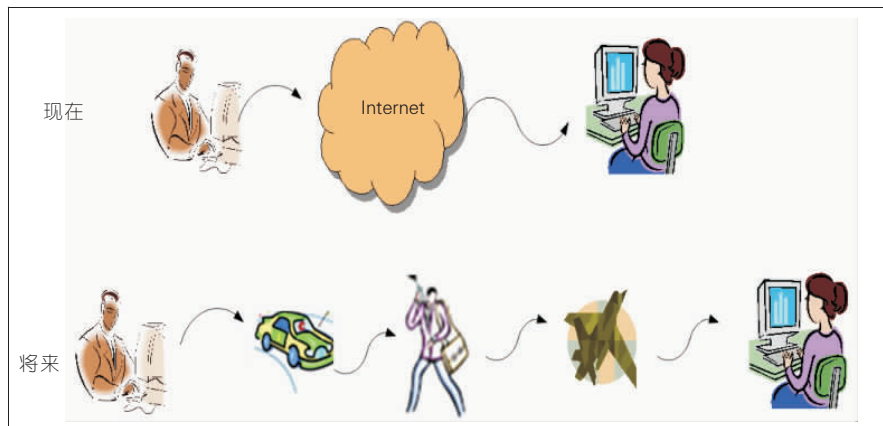
HAGGLE是欧盟IST FET资助的关于自治通信的项目,研究周期为2006—2010年,主要参与者有Thomson Paris实验室、剑桥大学、Uppsala大学等。HAGGLE是一个新的自治网络架构,主要目标是解决传统网络架构存在的弊端,支持间歇性连接网络环境,特别是缺乏端到端连接的环境中的自治通信——机会通信。HAGGLE希望支持的通信模式如图10所示。

5.4 EFIPSANS项目

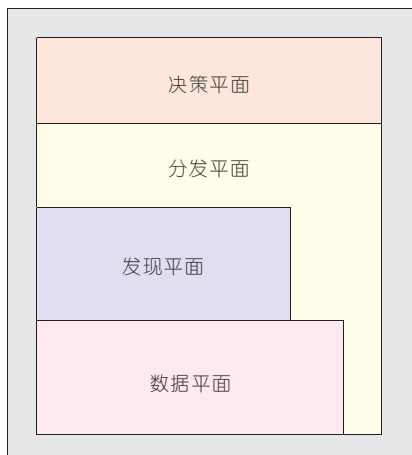
EFIPSANS项目的关键任务是提出一个通用的自治网络体系结构(GANA)。由于目标是探索IPv6的新特性,EFIPSANS与此前介绍的项目不

同,提出了一个演进型的(并非全新的)网络体系结构。EFIPSANS参与者包括瑞典的爱立信公司、德国的弗劳恩霍夫Fokus研究所、爱尔兰的沃特福德理工学院、波兰的华沙工业大学、中国的北京邮电大学等。北京邮电大学主要承担其中的服务质量、移动性管理和网络生存性的研究。EFIPSANS的目标是在对IPv6进行研究和拓展的基础上设计/构建自治网络和服务。具体来说,EFIPSANS将对用户行为、终端行为、业务移动性、e-移动性、上下文感知通信、自感知、自治通信/计算/联网等进行研究并为自治行为给出详细清晰的描述。EFIPSANS的研究内容涉及到网络体系结构的各方面,包括当前异构网络环境下的需求分析和自治行为的定义、基本联网服务(路由、转发等)、高级网络服务和应用的支持(服务质量、移动性管理等)、自治网络管理、自治的IPv6网络和服务实验、标准化和成果的发表。

目前EFIPSANS已经提出了GANA的设计,包括自治平面(A4D)、分级控制环(HCL)、决策元素(DE)、管理元素(ME)等。A4D结构如图11所示。A4D是指将网络功能分成4个平面:决策平面——负责管理根据网络环境做出管理、配置等方面的决策;分发平面——负责各网络元素之间控制信息的分发;发现平面——负责网络元素对周围外部环境和自己内部环境



▲图10 Haggle希望支持的通信模式



▲图11 自治平面结构

的发现;数据平面——负责用户数据的传输。DE是组成决策平面的基本元素,负责某个网络功能的决策部分,ME是被DE管理的元素,它接受来自DE的指示,根据这些指示来运行相应的实际操作。HCL规定了每个等级的自治控制过程,共分网络级、节点级、功能级、协议级4个等级。图12所示的是功能级的控制环,功能级的DE通过ME的反馈信息以及其他信息来源提供的上下文信息如监测信息

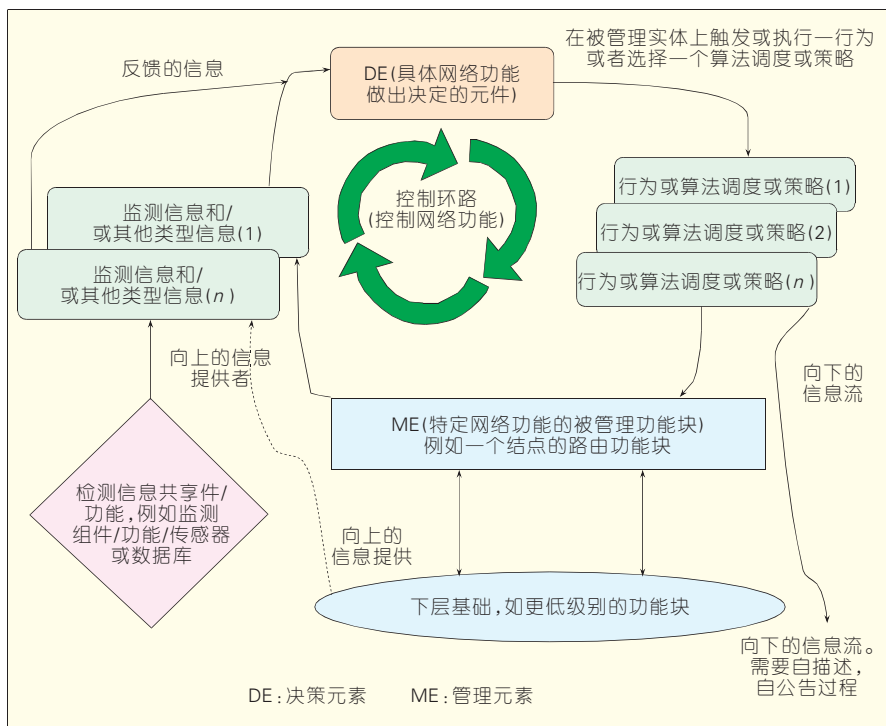
等做出本功能的相关决策,并将这个决策以某种规则、策略或自治行为的形式下发给它所管理的ME,ME根据这些决策来采取相应的措施,并将反馈发回给上级DE。这一等级的控制环使得网络功能例如,路由、转发、移动性管理以及QoS管理等具有一定的自治属性。每一等级的控制环流程类似,但由于控制环所属等级和实现的功能不同,具体的DE、ME、需要收集的信息、具体的决策和采取的措施也存在差异。

5.5 总结与展望

目前,自治网络体系结构的研究方案大致可分为两类:一类方案是以设计一个适合未来各种新型网络通信技术和业务的全新的通用的网络体系结构为目标,如ANA体系结构的设计目标是适合未来网络的,并不要求必须基于IP;另一类方案的目标是为某一个特定的环境/目标设计一个适合的自治网络体系结构,例如为了在普适环境以及未来到处充斥着移动智能终端、传感器等异构网络设备

的网络中实现自治服务的BIONETS;HAGGLE设计的自治网络体系结构则是为了实现在缺少端到端通信的基础设施下,进行间歇性网络连接的网络通信;EFIPSANS是基于IPv6设计一个通用的自治网络体系结构(GANA)。自治网络体系结构的研究涉及的领域较广,需要大量的人力、物力和时间的投入,所以有一些研究项目只关注其中的某一自治属性的研究。例如,ANA侧重在网络的自适应性以及节点、网络的自组织性方面。Apostolos Kousaridas等关注对自适应性的研究,指出未来通信系统运行在不可预知的环境中,必须具有适应不断变化的复杂环境的能力,并提出了一个综合了自治和自组织概念的体系结构框架从而实现支持可适应行为的未来通信系统。

跨层设计是互联网体系结构的另一个重要的研究方向。传统的分层体系结构简化了网络设计,给网络实现提供了较大的自由度,但协议栈的每一层单独运行,只有相邻层可以通过接口交换有限的信息。这种严格的分层结构阻碍了网络性能的最佳化(因为共享的层信息是性能优化的先决条件)。例如,无线环境下的数据包丢失——由于高比特错误率和移动引起的连接中断,TCP误认为是拥塞导致,调用拥塞控制机制,导致了网络性能退化。如果链路层和传输层之间能够跨层进行信息共享,这个问题就可以迎刃而解。所以研究人员在进行下一代互联网体系结构设计的时候考虑引入跨层的思想。Razzaque等指出跨层体系结构是一个允许协议栈中两个或多个不相邻层之间进行交互并根据交换的信息来优化端到端性能的体系结构。他提出了知识平面——存储各层的信息和网络范围的全局状况,允许各层的访问;并为每一层设计了一个上下文器,作为各层与知识平面之间的接口。当然,跨层设计也面临挑战,无约束的跨层交互会产生回路,同时从控制理论的观



▲图12 功能级的分级控制环

点看,有可能导致系统的不稳定,所以多个协议层之间的互操作必须能够协调从而避免冲突或回路。所以Razzaque也指出跨层体系结构的设计应遵循以下的原则:跨层的设计应考虑整体的优化目标;仍要保留层的概念,增强系统的稳定性,不可完全摒弃分层结构;跨层的层间交互必须可控的进行。

目前包括自治网络体系结构、跨层体系结构等下一代互联网体系结构的研究还处于初始阶段,尚存很多问题有待解决。随着研究的不断深入,这些问题最终都将得到解决,下一代互联网体系结构研究一定会在研究人员的不断努力下产生丰硕的成果。

6 结束语

目前,互联网正面临着各种困难和挑战,但同时也正是互联网网络体

系结构更新需求逐渐明晰的重要时机。从对互联网体系结构研究进展的分析来看,国内外的研究工作大多仍处于初始阶段,尚存大量的理论与实现问题需要解决。中国作为一个互联网用户的大国,必须抓住这个历史性的机遇,一方面跟踪分析国际上的最新研究进展,另一方面立足自主创新,努力形成具有自主知识产权的技术成果;使中国在新型网络体系结构研究领域与国际水平同步甚至领先,推动相关标准建立及技术进步,在从理论分析到应用基础研究以至可用技术实现和验证的各个环节,展开攻关,实现中国网络技术领域技术实力的一次跳跃性发展,最终提升中国在信息领域的核心技术竞争力及影响力。(续完)

收稿日期:2009-05-22

作者简介



陆璇,北京邮电大学计算机科学与技术学院在读博士研究生,主要研究方向为互联网体系结构、自治网络。



龚向阳,北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室副教授,主要研究领域为新型互联网体系结构、宽带网络技术与服务质量等。



程时端,北京邮电大学网络与交换技术国家重点实验室教授、博士生导师,主要研究领域为宽带网络、网络性能与服务质量等。

中兴通讯面向美国有线电视运营商推出EPON解决方案

【本刊讯】2009年11月2日,在刚刚结束的美国有线电视技术展览会上,中兴通讯推出了基于DOCSIS标准的EPON解决方案,该方案让美国MSO(有线电视多系统运营商)能构建光分发网络,提供住宅、商用和移动回程应用。该方案可以帮助运营商在不需改变已有的DOCSIS后台系统的基础上,利用现有的光纤资源提供基于EPON的多重业务。

通过采用中兴通讯高度融合的网络设备和新的DOCSIS控制平面,MSO可以与电信运营商在叠加市场进行竞争,利用新业务和可以平滑演进的现有网络增加收入、节省维护、运营和其他成本。

中兴通讯美国分公司首席技术官孙枕戈指出:“中兴通讯xPON设备已在全球部署了2 600万线,在中国以50%的市场份额成为第一品牌。如今,我们将这种成功经验带到美国,为当地客户提供创新形式的解决方案。”

中兴通讯发布新一代欧标以太网交换机

【本刊讯】2009年10月9日,中兴通讯在德国柏林发布了新一代欧标易维以太网交换机E系列,包括ZXR10 3900E系列和ZXR10 5900E系列。E系列易维交换机作为城域网多业务交换机,可以部署在城域网业务边缘层或企业网接入层,为用户提供易于维护、高速、高效、高性价比的汇聚接入方案。

随着电信业务的逐步融合,要求运营商提供统一的承载网络支持各类业务的能力。而支撑统一业务承载网的基础就是设备能力的提升和综合业务承载能力的保障。基于此,中兴通讯此次推出的ZXR10 3900E系列和ZXR10 5900E系列拥有自主设计的专用集成电路设计和高度可靠的软件平台,具有优秀的数据、语音、视频和移动业务支持能力,强大的业务处理能力和电信级的可靠性,能够为运营商下一代网络提供方便的操作和完善的管理。

广告
索引

A1—A5、封底:中兴通讯股份有限公司