

下一代互联网技术研究综述

杨芳, 王瑶, 赵峰, 吴凯峰(国电信息中心, 北京 100761)

随着互联网全球应用的广泛和普及,以IPv4为核心的第1代互联网技术面临日益严重的“技术瓶颈”。从介绍下一代互联网技术(即NGI)产生的背景着手,阐述以IPv6技术为核心的下一代互联网的主要技术优势,以及国内外研究应用的发展现状,并结合国家电网公司信息化工作实际以及网络现状,提出基于国家电网公司信息化发展目标的NGI网络研究建设的重点内容。



0 引言

近年来,下一代互联网技术(Next Generation Internet,以下简称NGI)研究发展迅猛,国家电网公司作为技术资金密集型企业,企业信息网络基础良好,信息化应用程度高,积极开展NGI前期工作,深入研究国际国内NGI发展现状、主要技术特点以及应用前景等,对于提升企业信息管理水平,促进公司信息化事业发展具有非常重要的意义。

1 NGI技术发展背景

自从第1代互联网出现以来,以其为代表的信息网络已经渗透到社会生活的各个领域,成为现代信息社会最重要的基础设施之一。然而,随着网络规模的持续膨胀和新的网络应用需求不断增长,Internet网络节点数目呈现出几何级数的增长。目前互联网上使用的网络层协议是IPv4,其地址

空间为32位,理论上支持40亿台终端设备的互联。但随着互联网的迅速发展,这样的IP地址空间日趋紧张。另外由于历史的原因,Internet早期主要是在欧美发展起来的,使得IP地址在区域上的分配不均,让亚洲等国家只得到少有的B类地址,很多人不得不用私有地址进行转换,这样在带来安全隐患的同时也直接降低了互联网的效率。

目前的互联网发展面临着许多挑战,主要表现在可扩展性、IP地址空间、端到端的IP连接、网络安全、服务质量控制和移动性。因此,以IPv6及其相关技术为中心的NGI应运而生,并在逐步实现语音、数据和视频信息流的融合应用。NGI的主要特征是网络更大、更快、更安全可信、更及时、更方便、更可管理以及更有效益等,显然其目标定位在对现有Internet的改进。

2 NGI的主要技术优势

NGI技术代表着互联网技术的一次革命,它将带来相关技术标准的全面革新。与第1代互联网技术相比,NGI的各项技术指标具有非常明显地提高:

(1)网络传输速度更快。预计NGI网络传输速度将在10G以上,并且由于光通信技术每半年翻一番,在这样巨大的技术驱动下,互联网用户将享受更高的带宽;

(2)网络规模更大。下一代互联网启用IPv6协议,这样地址空间大大拓展;几乎可以给生活中的每个可能的东西分配1个专用的IP;

(3)网络更加安全。因为任何接入互联网的设备都有唯一确定的IP地址,在确保网络畅通的同时,保证了网络的管理与安全,使防范黑客和病毒攻击变得有章可循,NGI网将在建设之初就从体系设计上充分考虑

安全问题,比如采用实名与IP捆绑的措施,使网络可控性大大增强,使网络安全可控性、可管理性大大增强;

(4)网络应用更为广泛。NGI的网络应用将非常丰富,实现协同工作的目标。

3 NGI国内外研究比较

目前,NGI技术研究已取得很大进展,特别是核心技术研究有了很大的突破。作为新一代网络协议,IPv6的各项标准目前已基本成熟,主流设备制造商陆续开发了包括核心路由器、核心交换机等设备在内的多种支持IPv6的硬件设备。

3.1 国外研究情况

以美国为首的西方发达国家已相继启动了各自的NGI研究计划,如由美国政府主导的NGI计划,以美国100多所大学和研究所以主导的Internet2计划、加拿大的CA*NET、欧盟的GEANT、亚太地区的APAN等。美国国防部在2003年2月正式下文要求所有美国军方单位在今后采购的网络设备必须支持IPv4/IPv6的双协议栈设备,并宣布在今后将逐步替换现有的IPv4网络。

在IPv6核心技术研究方面,诺基亚、爱立信、英国电信等各国大公司态度都十分积极。3GPP标准已经明确指定IPv6作为3GIP承载网络的基本协议,各种型号的IPv6路由器相继问世。日本有些公司早在1999年就开始了IPv6的试验性服务,2000年提供了纯IPv6(native IPv6)的服务,从2001年开始又分别增加了IPv6数据中心服务和IPv4/IPv6双栈服务,标志着网络公司可以开始提供真正的IPv6服务。美国的几大世界级IT巨头都宣布将对IPv6的支持作为今后的战略重点。微软的WindowsXP

操作系统提供了对IPv6的全面支持,标志着IPv6在终端设备上已经进入应用。

3.2 国内研究情况

20世纪90年代后期,我国启动了一系列和NGI研究相关的计划,如:1998年,教育部建设了CERNET-IPv6试验网、国家自然科学基金委员会资助建设了“中国高速互联研究试验网络(NSFCNET)”、“863”计划在“十五”期间还重点支持了IPv6核心技术开发、IP v 6综合试验环境和3Tnet高性能宽带信息示范网重大专项、中科院开展了“IPv6关键技术及城域网示范网”的建设和示范工作。2002年1月,在原国家计委的组织下启动了“下一代互联网中日IPv6合作项目”等。

2003年8月份,中国NGI示范项目CNGI(China Next Generation Internet)正式启动。CNGI的主要研究内容包括以下3部分:(1)建设NGI示范网络,包括:核心网建设、驻地网(CPN)建设以及国际联网和交换中心;(2)网络技术的开发试验和重大应用示范,包括网络关键技术开发试验、网络中间件技术开发试验以及重大网络应用示范;(3)关键设备和软件开发及推广应用,包括关键软、硬件网络设备产业化和重大应用产业化。

CNGI实际上是由6张网(主干网)组成(6个运营商各自独立建设自己的CNGI主干网)。这6个主干网之间的数据交换是由建在北京、上海2个交换中心负责完成。北京、上海2个交换中心还同时作为整个CNGI的国际出口,负责连接国际NGI。每个CNGI主干网由若干GIGAPOP组成提供高达1G的高速宽带接入。

第2代中国教育和科研计算机网CNGI-CERNET2是中国NGI示范工

程CNGI中最大的主干网和唯一学术网,是目前世界上规模较大的采用纯IPv6技术的NGI主干网。2004年3月,CERNET2试验网在北京正式开通并提供服务,标志着中国NGI建设的全面启动。CERNET2主干网以2.5~10Gb/s传输速率连接北京、上海、广州等20个主要城市核心节点,并以45Mb/s速率与北美、欧洲、亚太等地的国际NGI实现了互连。CERNET2还部分采用我国自主研发的具有自主知识产权的世界上先进的IPv6核心路由器。

目前CNGI-CERNET2通过了国家验收,获得了4项突出成就,其中有3项成就属国际首创,分别是“建设纯IPv6大型互联网主干网”、“基于真实IP源地址的网络寻址体系结构”和“IPv4 OVER IPv6网状体系结构过渡技术”,总体达到世界领先水平。

4 NGI的关键技术

NGI关键技术主要包括IPv6、光Internet、网格技术、软交换技术以及网络安全技术等。其中,IPv6主要解决当前互联网IP地址的匮乏的问题;光Internet从物理层去解决目前互联网的带宽瓶颈;网格技术则主要实现资源共享;软交换技术将使传统的电信业务与NGI融合起来;网络安全则是互联网不可缺少的需求。

4.1 IPv6技术

IPv6是下一代网络的核心协议。IPv6协议是IP协议的第6版本,于1992年开始开发,1998年12月发布标准RFC2460。IPv6技术除了解决当前互联网发展所面临的地址瓶颈问题,同时还可在地址结构、自动配置、移动性、安全、可扩展性等方面对IPv4进行改进和扩充。相对于IPv4

协议, IPv6 协议具有如下技术特点。

(1)采用 128 位的 IP 地址, 极大地扩展了地址空间, 解决了 IPv4 协议地址资源不足的问题, 并且用 128 位地址中的高 64 位标识网络前缀, 低 64 位标识主机, 使得地址层次丰富且分配合理。

(2)支持良好的自动配置功能, 包括 IPv6 地址的自动配置和主机默认路由的自动配置等。

(3)实现 IP 层网络安全。IPv6 要求强制实施因特网安全协议 IPsec (Internet Protocol Security), 并已将其标准化。IPsec 在 IP 层可实现数据源验证、数据完整性验证、数据加密、抗重播保护等功能。一般 IPv4 协议不要求实现 IPsec, 即使某些 IPv4 通信利用了 IPsec, 也由于 NAT 设备的限制, 无法实现端到端的安全性。

(4)采用固定的 40 字节报头以及类似 CIDR 的地址划分方式, 同时取消了报头校验和字段, 对地址空间的分配比较合理, 便于实现路由聚合, 便于路由器进行硬件转发处理, 有效限制路由表的规模。

(5)组播功能得到了扩展, 不仅使用了更多的组播地址, 而且对组播域进行了划分, 取消了 IPv4 当中的广播, 可以更加有效地利用网络带宽, 避免广播风暴。

(6)在解决 IP 网络的 QoS 问题方面进行了革新, 例如: 对各种信息可根据紧急程度和服务类别确定数据包的优先级。

4.2 业务质量(QoS)

IPv6 为各种应用构想提供了强大的技术支持, 这些领域的应用主要包括: 视频应用、VoIPv6、网络家电、移动 IPv6、传感器网络、智能交通系统、军事应用等。这些业务都依赖于 IPv6 在 QoS 方面提供更加完善和严

密的措施, 较为理想地解决网络服务质量问题。

Quality of Service(服务质量)是指网络通信过程中, 允许用户业务在丢包率、延迟、抖动和带宽等方面获得可预期的服务水平。

IP QoS 的研究目标是有效地为用户提供端到端的服务质量控制或保证。具体功能包括避免并管理 IP 网络拥塞, 减少 IP 报文的丢失率, 调控 IP 网络的流量, 为特定用户或特定业务提供专用带宽, 支撑 IP 网络上的实时业务等。QoS 并没有创造带宽, 只是根据应用程序的需求以及网络状况来管理带宽。

和 IPv4 相比, IPv6 在 QoS 方面提供了更多的措施。IPv6 的报头采用更规整的结构, 便于使用硬件进行高速处理。IPv6 报头有 2 个字段与 QoS 有关, 分别为流量类别(TC, Traffic Class)和流标签(FL, Flow Label)字段。其目的是允许发送业务流的源节点和转发业务流的路由器在数据包上加上标记, 并进行除默认处理之外的不同处理。一般来说, 在所选择的链路上, 可以根据开销、带宽、延时或其他特性对数据包进行特殊的处理。主机发送报文时, 如果需要把报文放到流中传输, 只需在流标签里填入相应的流编号, 路由器收到流的第一个报文时, 以流编号为索引建立处理上下文, 流中的后续报文都按上下文处理。流标签和源、目的地址一起, 唯一标识了一个业务流。同一个流中的所有包具有相同的流标签, 以便对有同样 QoS 要求的流进行快速、相同的处理, 为此引入流的概念简化因特网对多媒体的处理。

4.3 光 Internet

“光 Internet”的提出是为了适应未来网络业务 IP 化趋势和满足人们

对带宽的需要, 实现 IP 数据网和光网的无缝融合。光因特网采用 IP over WDM, 将 IP 技术和波分多路复用 WDM 技术结合。高速路由器通过光纤直接与 WDM 光网络相连, 从而充分利用路由器的高速分组交换性能和 WDM 技术带来的高带宽。

4.4 网格技术

网格技术是一种将高速互联网、高性能计算机, 大型数据库、传感器、远程设备等融为一体, 为用户提供更多的资源、功能和交互性的新技术。网格的最终目的就是要将整个互联网整合成一台巨大的超级计算机, 实现计算资源、存储资源、通信资源、软件资源、信息资源、知识资源的全面共享。网格屏蔽了互联网的复杂结构, 用户向网格发出资源请求而不是向某个具体的服务器发出请求。因此可以实现互联网资源的动态配置, 消除资源孤岛。通常, 网格系统可以分为 3 个基本层次: 资源层、中间件层和应用层。由于现在的互联网结构并不是针对网格计算设计的, 为了使网格计算和现有的结构兼容, 一般要有个可扩展的中间件层。中间件层是指一系列工具和协议软件, 其功能是屏蔽网格资源层中计算资源的分布、异构特性(Heterogeneity)向网格应用层提供透明、一致的使用接口。网格的中间件层也称为网格操作系统(Grid Operating System), 它同时需要提供用户编程接口和相应的环境以支持网格应用的开发。

4.5 软交换技术

作为 NGI 的控制功能模块, 软交换为 NGI 具有实时性要求的业务提供呼叫控制和连接控制功能。我国信息产业部电信传输研究所对软交换的定义是: 软交换是网络演进以及下一代分组网络的核心设备之一, 它独立

于传送网络,主要完成呼叫控制、资源分配、协议处理、路由,认证、计费等主要功能,同时可以向用户提供现有电路交换机所能提供的所有业务,并向第3方提供可编程能力。”软交换技术体现在物理节点上,即通常所讲的“软交换机”,所谓的“软”是相对于电信网络以前的时分复用技术(TDM)电路交换设备中大多采用专用硬件平台而言的。针对不同的网络状况和业务需求目前软交换应用主要集中在以下4个方面:分组中继、本地接入、多媒体业务3G核心网。

4.6 网络安全技术

NGI安全研究的主要内容是:如何保证NGI网络正常提供服务,如何保障经NGI网络传递信息的完整性,如何保障经NGI网络传递信息的机密性,如何保障经NGI网络传递信息的不可否认性,如何通过NGI网络控制有害信息传播,以及网络上出现的有害信息如何追查等等。

NGI将在下面几个网络安全技术上实现突破,包括防火墙技术、数据加密技术、生物识别技术、入侵检测技术、信息隐藏技术等。其中NGI的通信网络安全包括以下3层内容。

(1)承载与业务网络安全:包括网络可靠性与生存性。网络可靠性与生存性依靠环境安全、物理安全、节点安全、链路安全、拓扑安全和系统安全等方面来保障。

(2)网络服务安全:包括服务可用性与服务可控性。服务可控性依靠服务接入安全、服务防否认、服务防攻击等方面来保障。服务可用性和承载与业务网络的可靠性以及维护能力等相关。

(3)信息传递安全:包括信息完整性机密性和不可否认性。它们可分别依靠报文鉴别机制、加密机制以及

密钥分发、数字签名等技术来保障。

4.7 网络管理技术

NGI网络管理支撑系统包括故障管理、配置管理、计费管理、安全管理和性能管理等。目前NGI网络管理系统处于缓慢的发展阶段,面向于IPv6的网管技术,包括网络管理协议和相关网络管理工具等,处于起步阶段,在产品化方面不是很成熟,支持IPv6中的各种新技术,例如地址自动配置、过渡技术、移动、安全技术的网络管理系统还没有明确而且统一的解决办法。在传统IPv4网络中通过基于SNMP的网络管理工作站实现网络的故障监控、性能管理和部分配置管理。随着过渡到NGI网络,需要克服原有IPv4网络管理支撑系统所存在的问题,在此基础上部署和完善基于IPv6的NGI网络管理系统,使之成为可管理、可控制的新型网络体系。NGI网络管理系统的设置必须与目标网络结构和管理体制相对应,针对IPv6网络发展的不同阶段,网络管理支撑系统也存在着不同发展侧重点。在IPv6网络发展的初期,网管系统需支持对过渡方案的管理,网管工具需要完成从IPv4平台向IPv6平台的移植,可根据需要对不同的网管工具进行逐步移植。在过渡的后期,引入新的网络管理协议来增强网络的配置管理功能。随着纯IPv6协议的NGI网络的部署,一些网络管理方面的协议将得到更多的应用,来满足简化用户配置和统一设备配置的要求。

5 大力进行NGI业务平台建设

如何在NGI上为用户提供新的业务,创造新的价值,是其成功的关键。

在过去的几年中,设备制造商、

软件开发商和研究机构在NGI应用领域进行了较多的努力。例如PC终端主要采用的Windows操作系统开始普遍支持IPv6,而且在传送应用层数据时将IPv6作为优先采用的网络协议。另外,终端领域出现了支持IPv6的非PC终端产品,如远程监控的网络摄像头、IPTV机顶盒、VoIP的IAD设备等。另外,IPv6广泛的地址空间为端到端的移动数据通信创造了可能,目前部分移动终端可以支持IPv6。日本公司基于IPv6 IPSec技术提出了终端之间的个人VPN的解决方案。这个方案利用IPv6协议良好的安全性,实现了数据私密性保护、通信对端认证、数据完整性保护等,从而为终端之间的通信提供了一个良好的、可管理、可运营的平台。从大量文献资料的报导中可以看出,IPv6协议开始从网络层面逐渐渗入应用层面和终端层面,并体现出业务的多样化趋势。比如:建设拥有高性能计算资源的计算网络,实现网络之间大容量、高可靠性的数据传输,实现分布式高速安全交易和全网计费审计,为具有大规模、多站点分布式计算和数据挖掘技术的重大应用提供服务。还比如,通过建设纯组播环境,提供服务质量控制,实现基于组播、具有网络性能保障的大规模视频会议和高清晰度电视广播应用,以及建立具有实时远程控制功能的虚拟现实环境,实现远程仪器控制和虚拟实验室等非常丰富的互联网应用。

6 国家电网公司进行NGI网络研究与建设的重点

在过去的几年里,国内外的许多组织建立了NGI试验网络。由于不同的组织在网络规模和覆盖面、经营理念、业务类别、用户群等方面存在较

大的差别,在建立NGI网络时,需要根据自己的具体情况采用不同的IPv6部署策略和方案。

国家电网公司为大型国有企业,由于国家电网公司目前的网络都是IPv4网络,并且负责承载多种关键的生产业务,如果在原有网络基础直接升级到IPv6势必会影响正常的业务运行,可以先通过建设IPv6实验网,并结合现有网络情况来进行NGI技术的研究和实验。

(1)建设IPv6试验网,为IPv6网络的相关应用提供实验环境,可以开展组播、路由、测量和计费等各种技术试验,为NGI平台的运行和服务提供解决方案,如大规模的纯组播(Native multicast)实验环境、基于IPv6的无线/移动漫游接入技术、各类网络终端的接入试验环境、兼容性与互通性测试、网络测量研究与试验、IPv6和IPv4的融合试验等。

(2)重点开展IPv6核心网技术研究。搭建NGI网络包括2方面的内容:其一在网络的核心层部署IPv6,即建立IPv6核心网;其二在网络边缘的接入网部分部署IPv4。构建NGI核心网时,有多种IPv6链路可供选择:如专线、隧道和MPLS LSP等。核心层面的演进与过渡主要体现在设备和链路的选择上。目前的设备通过2种方式实现IPv6数据包的处理:硬件转发和软件转发,硬件转发指在路由器板卡中将IPv6包的选路和转发模块通过ASIC硬件来实现,硬件实现较好地保证了转发的性能和效率;软件实现指通过软件模块来执行IPv6数据包的选路和转发,软件实现在转发的速度上和硬件转发相比具有很大的差距。目前除了部分高端板卡支持IPv6数据包与硬件转发,还好多运转的设备板卡暂不支持IPv6的

硬件转发,因此当初期IPv6业务量不大,且已有的IPv4网络设备不能很好地支持IPv6协议时,不建议采用升级IPv4网络设备为双栈的方式。应根据实际需求添加一些支持双栈的路由器设备来构建IPv6网络。对于新建的IPv4网络,其设备类型较新,板卡支持IPv6的硬件转发,可以考虑采用双栈方式。

(3)开展NGI网络管理有关问题的前期研究。NGI网络管理支撑系统包括故障管理、配置管理、计费管理、安全管理和性能管理等。

(4)根据公司发展的需求和技术发展方向。在明确平台的总体目标的基础上,研究支持IPv6的NGI业务平台的系统功能,实现IPv4和IPv6终端之间的友好共存和互访,实现网络的统一用户认证功能,实现用户信息和业务能力的统一规划和数据共享,为第3方提供方便的业务开发接口,实现新业务的快速部署。

(5)从现有IPv4网络向基于IPv6的NGI演进将是一个长期而复杂的过程。在实施演进与过渡时必须遵循相应的原则,如业务驱动,新业务的开展必须能为企业的应用和研究发展带来实际促进,在短期内不能对原有的IPv4网络结构、性能和运行产生较大的影响和冲击;方案必须是易于理解和实现的、易于管理,不能太复杂等。

7 结语

我国NGI建设已全面拉开序幕,NGI将逐渐代替现有互联网,高速传输速度、充足的IP地址将完全改变人们的生活。对于国家电网公司这样一个资金密集型、技术密集型的国有骨干能源供应企业而言,规划和建设NGI网络,是建设信息化企业、数字化电网的重要信息网络基础。

通过对NGI网络的研究、实验和建设,可以进一步增强国家电网公司发展的核心竞争力,确立公司在科学研究、技术开发和产业发展等方面的重要地位,推动国家电网公司的信息化建设和应用,增强国家电网公司的综合竞争能力和可持续发展能力。

当前,公司需要抓住我国NGI技术尚处于起步阶段的产业发展机会,在主管部门的领导下,产学研合作开发,通过NGI的研究促进国家电网公司科研、标准和产业的发展,促进国家电网公司信息技术整体水平的提高。■

参考文献:

- [1] 张宁. IPv6技术与中国下一代互联网发展[J]. 北京联合大学学报(自然科学版), 2006, 20(1): 5-7, 18.
- [2] 吕为. 下一代互联网的QoS分析[J]. 电力系统通信, 2005, 26(9): 26-33.
- [3] Ldshin P. IPv6详解(IPV6 Clearly Explained)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

□ 责任编辑 杨娟

收稿日期: 2007-07-16

作者简介

杨芳(1973-)女,湖北松滋人,工程师,从事系统集成、软件开发及网络运行管理工作;

王瑶(1980-)女,吉林省吉林市人,工程师,从事系统集成、软件开发及网络运行管理工作;

赵峰(1980-)男,河北衡水人,工程师,从事系统集成、软件开发及网络运行管理工作;

吴凯峰(1966-)男,河北唐山山人,高级工程师,从事自动控制理论、计算机技术、网络技术和电力信息化技术工作。