

基于隧道的 IPv4/IPv6 过渡技术分析

沈庆伟¹, 张霖²

(1. 安徽建筑工业学院 计算机与信息工程系, 安徽 合肥 230022;

2. 安徽建筑工业学院 网络信息中心, 安徽 合肥 230022)

摘要:从 IPv4 向 IPv6 过渡, 需要解决 IPv4 网络和 IPv6 网络之间的互联互通问题。过渡技术研究的重点就是如何在现有的 IPv4 网络环境中实现向 IPv6 网络的平稳过渡, 并在对原有的 IPv4 应用不作改动的情况下, 实现其在新的 IPv6 环境下自由使用, 与新的 IPv6 应用互相通信。介绍了三种基本过渡技术的原理, 重点讨论了几种常用隧道技术, 详细分析了它们的工作机制、特点和应用场合, 并进行了综合评价。最后, 结合 IPv6 的发展情况, 预测了隧道技术的研究方向。

关键词: IPv4; IPv6; 过渡技术; 隧道

中图分类号: TN915.04

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2007)05-0170-03

Analysis of IPv4/IPv6 Transition Technology Based on Tunnel

SHEN Qing-wei¹, ZHANG Lin²

(1. Dept. of Computer and Info. Eng., Anhui Institute of Architecture and Industry, Hefei 230022, China;

2. Network Information Center, Anhui Institute of Architectue and Industory, Hefei 230022, China)

Abstract: The problem of interconnecting and communicating between IPv4 network and IPv6 network must be solved while transiting from IPv4 to IPv6. Major problems of transition technology is that how to realize streamline transition to IPv6 from existing IPv4 network, and that old IPv4 applications can be used freely in new IPv6 network not being changed and communicate with new IPv6 applications. This paper introduces the principle of three kinds of basic transition technology, emphatically discusses a few popular tunnels by analyzing and evaluating their mechanisms and performances and applications in detail. Finally, it predicts the future research direction based on the development of IPv6.

Key words: IPv4; IPv6; transition technology; tunnel

0 引言

IPv6 协议的出现, 解决了 IPv4 协议中地址枯竭、安全性不足以及移动性差等问题。但是, 从 IPv4 到 IPv6 是一个逐渐演进的过渡过程。在初始阶段, 孤立的 IPv6 网络和大量的 IPv4 网络共存, 随着 IPv6 的大规模发展, 出现骨干 Internet 网络, 逐渐过渡到以 IPv6 为主的阶段。过渡技术研究的重点是如何在现有的 IPv4 网络的环境中实现向 IPv6 网络的平稳过渡, 并在对原有的 IPv4 应用不作改动的情况下, 实现在新的 IPv6 环境下自由使用, 并与新的 IPv6 应用互相通信^[1]。

1 基本过渡技术

从 IPv4 向 IPv6 过渡的技术分为三类:

(1) 双栈技术(Dual Stack)。

IPv6 和 IPv4 是功能相近的网络层协议, 两者都基于相同的物理平台, 而且加载于其上的传输层协议 TCP 和 UDP 又没有任何区别。双栈方法, 即主机和路由器在同一网络接口上运行 IPv6 栈和 IPv4 栈。这样, 双栈节点既可以接受和发送 IPv4 包, 也可以接受和发送 IPv6 包, 因而两个协议可以在同一网络中共存。

双栈技术的优点是互通性好, 易于理解; 缺点是需给每个新的 IPv6 协议的网络设备和终端分配 IPv4 地址, 不能解决 IPv4 地址短缺问题。双栈技术可以和其他技术结合使用。

(2) 隧道技术(Tunnel)。

隧道技术通过报文封装的方式连接被其他类型网络分隔的同一类型节点或网络。隧道的端点可以是主机或者路由器, 必须是双协议栈的节点, 它们连接两种网络, 进行报文的封装与拆封^[2]。在过渡初期, IPv6 over IPv4 隧道用来在 IPv4 网络上连接孤立的 IPv6 节

收稿日期: 2006-07-29

基金项目: 安徽省教育厅科研项目(2005kj077)

作者简介: 沈庆伟(1967-), 女, 安徽合肥人, 硕士, 副教授, 研究方向为下一代网络技术、网络 QoS 等。

点,将IPv6的分组封装在IPv4分组中,从而实现两个IPv6孤岛之间的连接(如图1所示)。在过渡过程中也可以反过来作为IPv4网络的连接方式。

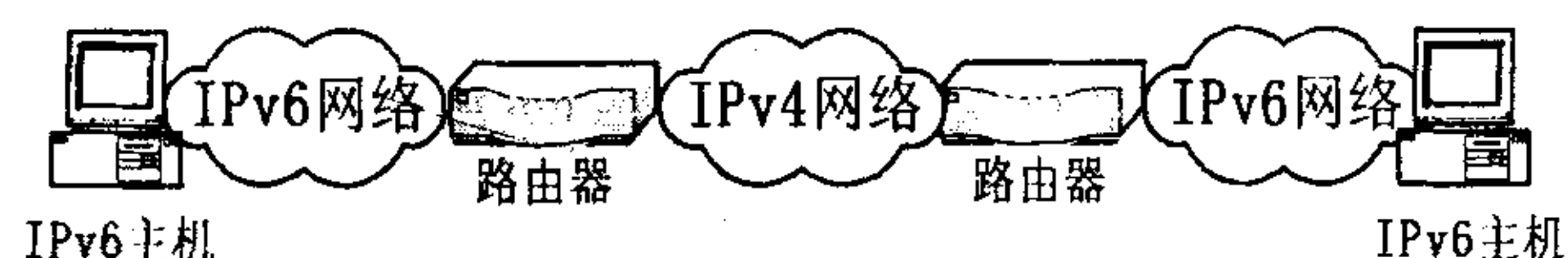


图1 IPv6 over IPv4 隧道

隧道技术的优点在于透明性,IPv4/IPv6主机之间的通信可以忽略隧道的存在,隧道只起物理通道的作用,它不需要大量的IPv6专用路由器设备和专用链路,可以明显减少投资;缺点是:配置隧道比较麻烦,而且隧道技术不能实现IPv4和IPv6主机之间的通信。

(3) 地址/协议转换技术(NAT-PT, Network Address Translation and Protocol Translation)。

NAT-PT是一种纯IPv6节点和IPv4节点间的互通方式,所有包括地址、协议在内的转换工作都由网络设备来完成。支持NAT-PT的网关路由器应具有IPv4地址池,在从IPv6向IPv4域中转发包时使用。此外网关路由器支持DNS-ALG(DNS,应用层网关),在IPv6节点访问IPv4节点时发挥作用。

NAT-PT方式的优点是不需要进行IPv4节点的升级改造;缺点是IPv4节点访问IPv6节点的实现方法比较复杂,网络设备进行协议转换、地址转换的处理开销较大,一般在其他互通方式无法使用的情况下使用。

2 隧道技术的分析

2.1 隧道的基本结构

基本结构有以下几种^[3]:

(1) 路由器至路由器(Router-to-Router): IPv4/IPv6的路由器可以利用IPv4的基础结构通过隧道传送数据IPv6信息包。

(2) 主机至路由器(Host-to-Router): IPv4/IPv6主机可以传输IPv6信息包到中间的IPv4/IPv6路由器。

(3) 主机至主机(Host-to-Host): IPv4/IPv6主机之间利用IPv4建立隧道相互连接,在它们之间传送IPv6数据包。

(4) 路由器至主机(Router-to-Host): IPv4/IPv6路由器可以利用IPv4的底层隧道连接IPv4/IPv6主机,传送IPv6数据包。

隧道技术不仅让IPv6数据包在IPv4网络中传递,同样适用于在IPv6的网络中传递IPv4的数据。

2.2 隧道的配置方式

隧道分为配置型隧道和自动型隧道,自动隧道又

有Tunnel Brokers, 6to4, ISATAP, 6over4, Teredo和DSTM等几种方式。

(1) 配置隧道。

这种隧道是由隧道端点所在网络的管理员手工配置而建立的。隧道的端点地址由配置来决定,不需要为站点分配特殊的IPv6地址;适用于经常通信的IPv6站点之间。每一个隧道的封装节点必须保存隧道终点的地址,当一个IPv6包在隧道上传输时,终点地址会作为IPv4包的目的地址进行封装,通常封装节点要根据路由信息决定一个包是否要通过隧道转发。

采用手工配置隧道进行通信的站点之间必须有可用的IPv4连接,并且至少要具有一个全球惟一的IPv4地址。站点中的每个主机都至少需要支持IPv6,路由器需要支持双栈。主要缺点是网络管理员的负担很重。

(2) 隧道代理(TB, Tunnel Brokers)^[4]。

隧道代理的目的就是简化隧道的配置,提供自动的配置手段。其思想是利用一种称为Tunnel Brokers的服务器自动来为用户的请求配置隧道。隧道代理的隧道配置原理是:客户端先向TB提出申请,并提供客户端IPv4地址、要使用的DNS域名以及客户端类型(主机还是路由器)等信息;TB接到申请后首先选择一个隧道服务器(TS)作为隧道的端点,同时选出IPv6的前缀分配给客户端,并用分配给客户的IPv6地址更新DNS;接下来配置TS端,同时把该隧道的信息和参数通知给客户机,完成隧道的配置工作。这样从客户端到TS端的6over4隧道就建立起来了,用户就可以访问TS所连接的IPv6网络了。

(3) 6to4隧道(RFC3056)。

6to4是一种应用在全球范围的自动隧道机制,它的作用为IPv4网络中的IPv6孤岛提供互通的手段。6to4隧道技术是在IPv6网络的边界路由器(6to4 router)之间建立隧道。边界路由器充当隧道的端点,实现双栈和6to4隧道功能,且至少有一个公有IPv4地址。这个公有地址(v4ADDR)加上IANA分配给6to4专用的TLA(顶层汇聚)号码就可以构成一个全球惟一的IPv6单播地址前缀2002:V4ADDR::/48。6to4网络内的主机使用该前缀生成自己的IPv6地址,它们送往外部IPv6网络的报文由6to4 router通过IPv4隧道转发,隧道的出口可能是另一个6to4网络的6to4 router,也可能是一个普通IPv6网络边缘的6to4 relay,它们会从回应报文的IPv6地址中提取出相应6to4 router的IPv4地址并自动与之建立隧道。

6to4隧道技术不需要任何ISP提供IPv6的服务,它采用地址映射关系使隧道进行自动配置。它只需要

一个全球惟一的 IPv4 地址就可使整个站点获得 IPv6 的连接,不需要双栈主机和 IPv4 兼容地址,因而解决 IPv4 地址不足的问题。

(4) 6over4(RFC2529)。

6over4(IPv4 组播隧道)是一种应用在区域范围的自动隧道机制,也称为虚拟以太网。它的作用是使得一个具备组播能力的 IPv4 局域网内孤立的 IPv4/IPv6 节点间能够实现 IPv6 的组播连接。组播是 IPv6 的重要特性,IPv6 网络内的主机通过组播实现邻居发现协议,从而完成自动配置、路由器发现和地址解析等功能。6over4 网络内的 IPv4/IPv6 主机首先使用自己的 IPv4 地址生成自己的链路本地地址,而后执行邻居发现协议,产生的 IPv6 组播报文被封装到 IPv4 报文中,目的地址是由 IPv6 组播地址生成的 IPv4 组播地址。网络中其它的 IPv4/IPv6 节点收到 IPv4 组播报文后取出其中的 IPv6 组播报文,回复的 IPv6 报文也封装在 IPv4 报文中,目的地址从 IPv6 地址中自动提取。通过上述机制,IPv4 局域网内孤立的 IPv4/IPv6 主机能够相互发现并建立连接。如果网络内有一个 IPv4/IPv6 路由器,这些主机还能够通过它连接到外部的 IPv6 网络。6over4 将 IPv4 网络视为一个具有组播能力的链路层网络,IPv4/IPv6 节点在使用这个网络时如同正常的 IPv6 节点使用以太网一样。

这种机制适用于没有 IPv6 路由器直接连接的孤立的 IPv6 主机,它们可以将 IPv4 组播域作为它们虚拟链路,成为功能完全的 IPv6 节点。但是,采用这种机制的前提是 IPv4 网络的基础设施支持 IPv4 组播,没有解决孤立的 IPv6 节点连接到全球性 IPv6 Internet 的问题。

(5) ISATAP^[5]。

站内自动隧道寻址协议(ISATAP, Intra-site Automatic Tunnel Addressing Protocol)过渡技术就是采用了双栈和隧道技术,并基于企业网和主机的一种从 IPv4 向 IPv6 过渡的技术。它用来将一个 IPv4 局域网内多个孤立的 IPv4/IPv6 主机连接起来能够建立与 IPv4/IPv6 路由器的 IPv6 单播连接,从而完成相应配置并连接到外部 IPv6 网络。

ISATAP 将 IPv4 网络虚拟成一个不具备组播能力的链路层网络供 IPv4/IPv6 节点使用,在这种链路层网络上 IPv6 主机要预先获知某个服务器的链路层地址,然后才能完成自动配置和地址解析等功能。ISATAP 网络内的 IPv4/IPv6 主机首先用自己的 IPv4 地址生成自己的 IPv6 地址并通过某种方式(IPv4 的 DHCP、DNS 或者手工配置)获得 ISATAP 路由器的 IPv4 地址(由固定的映射关系可得知其 IPv6 地址),然

后建立隧道,发起到路由器的 IPv6 单播通信。路由器则通过主机的 IPv6 地址获知其 IPv4 地址,自动建立隧道进行回应。

ISATAP 不要求隧道端节点必须具有全球惟一的 IPv4 地址,只要双栈主机具有 IPv4 单播地址即可,不管该地址是公有的还是私有的都可以。这样也就有效地避免了 IPv4 地址不足的问题。它也很容易和其他过渡技术结合使用。

(6) Teredo。

Teredo 由微软公司提出,是一种 IPv6-over-UDP 的隧道,数据包通过被封装在 UDP 载荷中的方式穿过 NAT。

Teredo 隧道的通信实体包括客户端、服务器、中继、特定于 Teredo 主机的中继。Teredo 客户端是指支持 Teredo 隧道接口的 IPv4/v6 节点,通过此隧道界面,数据包传送给其他的 Teredo 客户端以及 IPv6 网络上的其他节点(通过 Teredo 中继)。Teredo 地址只是分配给 Teredo 客户端,其他实体并不分配 Teredo 地址。Teredo 服务器指连接 IPv4 网络与 IPv6 网络的 IPv4/v6 节点,支持用来接收数据包的 Teredo 隧道接口,其常见作用是帮助 Teredo 客户端进行地址配置,协助在 Teredo 客户端之间或者客户端与纯 IPv6 主机之间建立通信连接,它使用 UDP 3544 端口侦听 Teredo 通信。Teredo 中继指能够在 IPv4 网络上的 Teredo 客户端之间(使用 Teredo 隧道接口)以及与纯 IPv6 主机之间传送数据包的 IPv4/v6 路由器,它使用 UDP 3544 端口侦听 Teredo 通信。特定于 Teredo 主机的中继指同时具有 IPv4 与 IPv6 Internet 连接并无需 Teredo 中继即可通过 IPv4 网络直接与 Teredo 客户端通信的 IPv4/IPv6 节点,它使用 UDP 3544 端口侦听 Teredo 通信。它能够使 Teredo 客户端与 6to4 主机、带有非 6to4 全球地址前缀的 IPv6 主机或者组织内部地址中使用全球前缀的 ISATAP 以及 6over4 主机进行有效通信。

Teredo 对 NAT 没有要求且多重 NAT 对它没有影响,它的缺点是比较复杂,对通信性能影响较大。

(7) 双栈过渡机制 DSTM。

DSTM 用于解决纯 IPv6 网络中的主机和其他 IPv4 主机及应用程序之间的通信问题。当一个 IPv6 网络内的 IPv4/IPv6 节点需要与外部的 IPv4 节点通信时,其上安装的 DSTM 客户端程序会通过 DHCPv6 向 DSTM Sever 请求一个公有 IPv4 地址和隧道端点的 IPv6 地址,然后该节点使用公有 IPv4 地址发起到 IPv4 节点的通信,IPv4 报文被封装在 IPv6 报文中送往隧道端点,隧道端点从 IPv6 报文中取出 IPv4 报文

(下转第 176 页)

数据分析处理后,发现若思维作业中有一类为 baseline 作业,则分类正确率比其它任意思维作业组合的分类正确率要高。所以在一些简单的基于两种思维作业的 BCI 设计时,选择 baseline 作业为其中之一,可以提高工作性能。

3 结 论

文中运用 ICA 对思维脑电数据进行预处理,然后建立 AR 模型提取特征,用 BP 神经网络作为分类器对 AR 模型提取的系数进行分类。

实验表明:文中的方法对不同思维作业脑电进行分类,取得了较好的分类结果,为思维作业分类和 BCI 技术提供了一种新的方法。并且独立分量分析能快速且有效地去除脑电伪迹,是该领域中一种行之有效的方法,具有广阔的应用前景。此外,文中采用 AR 模型进行特征提取,也可以尝试提取其它的特征进行分类。

参考文献:

- [1] Wolphaw J R. Brain - computer interface research at the wadsworth center[J]. IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, 2000, 8(2): 222 - 226.
- [2] Keirn Z A, Aunon J I. A new mode of communication be-

tween man and his surroundings[J]. IEEE Transactions on Biomedical Engineering, 1990, 37: 1209 - 1212.

- [3] Lee T - W. Independent Component Analysis - Theory and Application[M]. [s. l.]: Kluwer, 1998.
- [4] Bell A J, Sejnowski T J. An information - maximization approach to blind separation and blind deconvolution[J]. Neural Computation, 1995, 7(6): 1129 - 1159.
- [5] Schlogl A. Using Adaptive Autoregressive Parameters for a Brain - Computer interface Experiment[C]// Preceedings 19 # International Conference IEEE/EMBS. Chicago: [s. n.], 1996: 1533 - 1535.
- [6] Culpepper J. Discriminating Mental States Using EEG Represented By Spectral Power Density[R]. CA, USA: Harvey Mudd College, 1999.
- [7] Peltoranta M, Pfurtscheller G. Neural network based classification of non - averaged event - related EEG responses[J]. Medical and biological engineering and computing, 1994, 32: 189 - 196.
- [8] Ford D K. Analysis of LVQ in the context of spontaneous EEG signal classification[D]. Fort Collins, Colorado: Colorado State university, 1996.
- [9] Tavakolian K, Rezaei S. Classification of Mental Tasks Using Gaussian Mixture Bayesian Network Classifiers[C]// IEEE international workshop on biomedical circuits and systems. Singapore: [s. n.], 2004.

(上接第 172 页)

后再转发给 IPv4 节点。

DSTM 的作用和 NAT - PT 相同,两者都有一个分配临时 IPv4 地址的步骤,但是使用隧道的 DSTM 避免了报文翻译带来的很多问题^[6]。

通过分析可以看出,现有的过渡机制各有优缺点和各自不同的适用范围。到目前为止,还没有一种机制能够适用于所有的情况,各种过渡机制都有其特定的适用环境。在实际应用过程中,首先要明确应用的类型、范围和系统的类型,然后选择合适的过渡机制进行设计和实施。

3 结束语

文中介绍的 IPv6 over IPv4 隧道技术主要用于 IPv6 孤岛的互连。随着 IPv6 的大规模发展,出现骨干 IPv6 网络,IPv6 上引入大量业务,同时仍然有大量 IPv4 业务存在。例如在我国, CERNET2 搭建了一个纯 IPv6 骨干网,已经有多所科研院所和高等院校部署了 IPv6 主干网络,但是还要保持原有 IPv4 网络,需要 IPv4 over IPv6 隧道技术或者协议转换技术。目前 IPv6 over IPv4 隧道技术应用较广,也较成熟,而 IPv4

over IPv6 隧道技术则不够成熟^[7]。未来需要对 IPv4 over IPv6 隧道技术进行研究,以实现 IPv4 网络通过 IPv6 网络互连。总之,只有因地制宜、科学分析,在不同的过渡阶段明确应用的类型、范围和系统类型,合理选择转换机制,才能更顺利地以较小的代价实现 IPv4 网络向 IPv6 的平稳过渡。

参考文献:

- [1] 李津生,洪佩琳.下一代 Internet 的网络技术[M].北京:人民邮电出版社,2001.
- [2] Hagen S. IPv6 精髓[M].北京:清华大学出版社,2004.
- [3] 张云勇.基于 IPv6 的下一代互联网[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [4] Durand A, Fasano P, Guardini I, et al. IPv6 Tunnel Broker. RFC3053[S]. 2001.
- [5] 孙有越. IPv6 过渡机制综述[J]. 重庆邮电学院学报, 2004, 16(6): 108 - 113.
- [6] Tatipamula M, Grossetete P, Esaki H. IPv6 Integration and coexistence strategies for next - generation networks[J]. IEEE Communications Magazine, 2004(1): 88 - 96.
- [7] 吴建平. CNGI 核心网 CERNET2 的设计[J]. 中兴通讯技术, 2005, 11(3): 16 - 20