

IPv4 与 IPv6 混合网络中的 SIP 电话通信的研究

张越峰,唐学文,张志军

(重庆大学 计算机学院,重庆 400044)

摘要:随着互联网的发展,IPv6 最终会成为未来互联网网络层的核心协议。而 SIP 作为下一代多媒体通信中的重要技术也受到普遍的欢迎和认可。描述了 IPv6 网络环境下使用 SIP 的优势,并且提出了在 IPv4 与 IPv6 共存的混合网络环境下采用 NAT-PT 结合 ALG 进行 SIP 电话通信的解决方案。

关键词:SIP 协议;IPv6;IPv4;网络地址翻译;应用层网关

中图分类号:TP393;TN915.04

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2007)05-0083-04

Research of SIP Phone's Communication in IPv4 and IPv6 Integrated Network

ZHANG Yue-feng, TANG Xue-wen, ZHANG Zhi-jun

(Computer Science and Engineering College, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: With the fast development of Internet, IPv6 will become the core network protocol in the future's Internet. However, SIP is becoming the vital technology in the next generation of multimedia communication. The paper describes the priorities of using SIP in IPv6 network and puts forward a solution of SIP Phone's communication in the IPv4 and IPv6 integrated network by using NAT-PT and ALG technology.

Key words: SIP; IPv6; IPv4; NAT; ALG

0 引言

目前非常匮乏的 IPv4 地址已逐渐无法满足人们对 IP 地址的需要。而 IPv6^[1]被视作下一代网络的核心协议,而由 IETF 设计的 SIP^[2]也被普遍认定为下一代多媒体通信的核心协议。因此 IPv6 环境下的 SIP 通信是未来网络通信的发展方向。文中描述了在 IPv6 环境下使用 SIP 的优势,并且提出了一个能够在多网络环境中进行正确的通讯的解决方案。NAT-PT^[3]是一种常用的 IPv6 与 IPv4 互相通信的方法。但是 SIP 是为了建立媒体会话的应用层协议,当遇到 NAT-PT 这类协议时就会遇到一些麻烦。因为在 SIP 包的有效载荷中包含着用于建立会话的地址, NAT-PT 是与应用无关的,它仅会对 IP 包头中的地址进行映射,而不会对 SIP 包的有效载荷中的地址进行探测。

1 SIP 系统基本组成

按逻辑功能区分, SIP 系统由 4 种元素组成:用户代理、代理服务器、重定向服务器以及注册服务器。

(1) 用户代理。

用户代理 (User Agent) 分为两个部分:客户端 (User Agent Client), 负责发起呼叫;用户代理服务器 (User Agent Server), 负责接受呼叫并做出响应。二者组成用户代理存在于用户终端中。用户代理按照是否保存状态可分为有状态代理、有部分状态代理和无状态用户代理终端。

(2) 代理服务器。

代理服务器 (Proxy Server), 负责接收用户代理发来的请求, 根据网络策略将请求发给相应的服务器, 并根据收到的应答对用户做出响应。它可以根据需要对收到的消息改写后再发出。

(3) 重定向服务器。

重定向服务器 (Redirect Server), 用于在需要时将用户新的位置返回给呼叫方。呼叫方可根据得到的新位置重新呼叫。

(4) 注册服务器。

注册服务器 (Registrar), 用于接收和处理用户端

收稿日期:2006-07-26

作者简介:张越峰(1978-),男,重庆人,硕士研究生,主要研究方向为 VOIP 技术、信息网络安全技术;唐学文,高工,硕士生导师,主要研究方向为网络通信与网络安全。

的注册请求,完成用户地址的注册。

以上几种服务器共存于一个设备,也可以分布在不同的物理实体中。SIP 服务器完全是纯软件实现,可以根据需要运行于各种工作站或专用设备中。

2 在 IPv6 网中使用 SIP 的优点

使用 IPv6 最显而易见的原因是大量的可用地址。考虑到 3G 通信时代数以亿万计的基于 SIP 的移动电话都需要一个 IP 地址,大量的可用地址就显得非常重要了,而 IPv6 的地址多到可以让“地球上的每粒沙子都分配到一个 IPv6 地址”,IPv4 地址紧缺的问题将不复存在。IPv6 还为 SIP 提供了另一些的优点,特别是在动态配置和负载均衡领域^[4]。

2.1 动态配置

当在某些网络中启动 SIP 用户代理时,用户代理需要设置一个新的 IP 地址,包括一些 SIP 的特定参数(例如一个外部代理、注册服务器、主域名的地址)。由于这些信息会根据用户代理当前的网络位置而改变,需要动态地被表示。IPv6 的动态配置能力就使得标准的用户代理的配置更为简单。

2.2 任播(Anycast)

当某用户代理(UA)开始一段通信,它需要把所有的 SIP 信息发送给一个注册服务器或一个外部代理(用于认证用户或控制防火墙)。找出注册服务器或外部代理的位置可以通过在 UA 的静态配置来实现。还有更灵活的方法,就是让所有具有相同功能的代理处于相同的选播地址。这样,UA 信息就可以直接找到最近的实体。例如考虑到负载均衡的原因往往需要多个注册服务器,那么 UA 只要通过某服务器任播地址就能把注册信息传送给离它最近的一个。

3 混合网络中的 SIP 通信

尽管 IPv6 已被认为是下一代互联网络协议核心标准之一,但得到广泛应用还需要一个过程。研究者们必须开发出 IPv4/IPv6 互通技术以保证 IPv4 能够平稳过渡到 IPv6,除此之外,互通技术应该对普通用户做到“无缝”,对信息传递做到高效。在过渡时期,要解决互通问题应有两类:IPv6 之间互相通信的问题;IPv6 与 IPv4 之间的通信问题。笔者着重对 IPv6 与 IPv4 之间的通信问题进行阐述。IPv6 与 IPv4 混合网络通信有如下几种结构。

3.1 双 栈

即同时运行 IPv4 和 IPv6 两套协议栈,同时支持两套协议。在网络中同时运行 IPv4 和 IPv6 两套路由协议,终端系统可以接收发送 IPv4, IPv6 数据包,使

用 IPv4, IPv6 地址。当收到一个带 IPv4 地址的数据包时,终端系统会将数据包回复到该 IPv4 地址去。收到一个 IPv6 数据包时也同样。一个 DNS 查询到一条 AAAA 记录返回 IPv6 地址,若没有找到 AAAA 记录,则将寻找 A 记录返回 IPv4 映射 IPv6 地址。双栈主机将从返回结果列表中选择最佳地址作为目的地址。当返回的是纯 IPv6 地址时使用 IPv6,返回的是 IPv4 映射 IPv6 地址时使用 IPv4,这一过程由双栈传输协议控制。

3.2 隧 道

当 2 个 IPv6 的“岛”通过一个 IPv4 的网络相连接时要用到隧道技术。在隧道的两端是运行双栈的路由器,分别连接 IPv4 和 IPv6 网络。当 IPv6 的数据包到达隧道一端时会被封装为 IPv4 数据包通过 IPv4 网络。到达隧道的出口时,该封装包会被解封装,还原 IPv6 数据包发往原目的地址。隧道技术提高了网络的复杂性,增大了管理难度。

3.3 协议转换(NAT-PT)

这种结构要求在 IPv4 和 IPv6 网络之间设立网关。网关的功能就是协议地址转换。网关管理一张 IPv4 和 IPv6 的地址表,当 IPv4 接口收到要进入 IPv6 网络的数据包,网关将用 IPv6 地址头替换原来的 IPv4 地址头。它能较好地解决 IPv4 和 IPv6 的互通问题,其最大优点是原有的各种协议不加改动就能与新的协议互通。但该技术在应用上有一些限制:首先在拓扑结构上要求一次会话中所有报文的转换都在同一个路由器上,因此地址协议转换方法较适用于只有一个路由器出口的 STUB 网络(存根网络);其次一些协议字段在转换时不能完全保持原有的含义。

4 3G 中 IPv6 电话与互联网 IPv4 通信过程

4.1 IPv4 中的 SIP PHONE 主动发起呼叫

4.1.1 会话建立阶段

如图 1 所示,假设 IPv4 网络中的 SIP PHONE user4(user4@sip.zte.com.cn)想要呼叫 MIPT(IPv6)网络中的 SIP PHONE user6(user6@op.cctry.com)。

首先,user4 将与 user6 建立呼叫的 INVITE 请求消息发送给 SIP 代理 sip.zte.com.cn(如图 1 中 A1 所示)。SIP 代理收到此 INVITE 消息后,请求 DNS 服务器(zte.com.cn)对 INVITE 消息中包含的会话对端域名 op.cctry.com 进行域名解析,解析出对应的 IP 地址。由于 zte.com.cn 的 DNS 服务器无法对其进行解析,于是就将此请求逐层转发给根 DNS 服务器。

根 DNS 服务器收到此请求后,将 user6@op.cctry.com 所在的 IPv6 网络的 DNS 服务器的 IPv4 映射

地址,返回给zte.com.cn的DNS服务器。

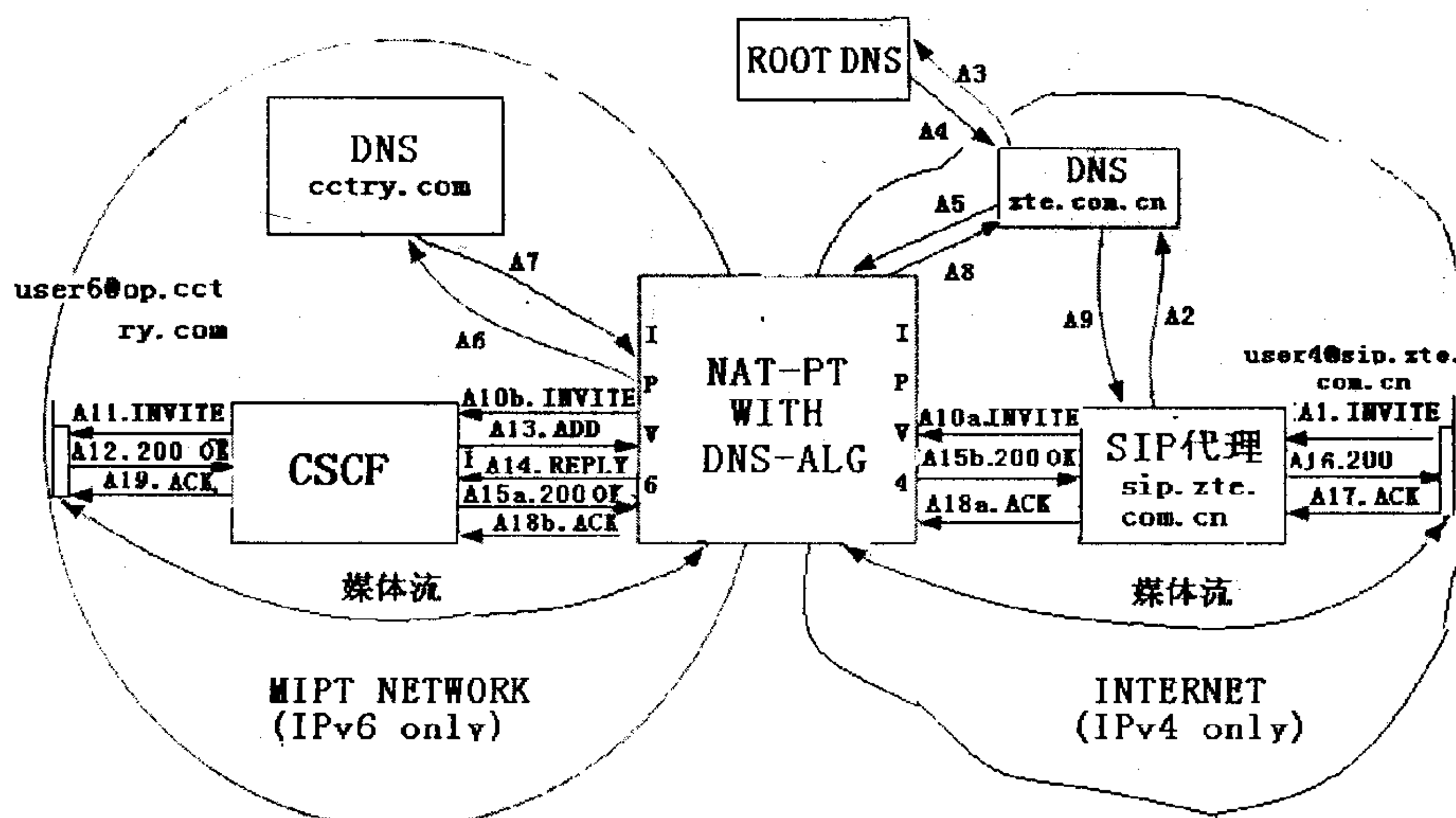


图1 IPv4中的SIP PHONE主动发起呼叫

处于IPv6与IPv4边缘的NAT-PT服务器,会为IPv6网络中的DNS服务器建立该服务器IPv6地址与NAT-PT地址池中的一个IPv4地址的映射关系。前面提到的IPv6网络的DNS服务器的IPv4映射地址,指的就是此DNS服务器在NAT-PT地址池中映射出的IPv4地址。值得指出的是,由于进行的这些域名解析请求都是在IPv4网络中进行传送的,因此在根DNS服务器中就必须只能配置这种IPv6网络的DNS服务器的IPv4映射地址。

下一步,在A5中zte.com.cn的DNS服务器向根DNS服务器返回的这个IPv4地址发送DNS请求,也就是向cctry.com的DNS服务器请求op.cctry.com的IP地址。由于此DNS请求是由IPv4网络传来的,为了能够在IPv6网络中进行路由和处理,就必须对此DNS请求报文的IP地址和载荷中的地址进行更改。

NAT-PT根据源或目的端口号来为DNS-ALG识别DNS请求报文。在图1的A6中,NAT-PT服务器中的DNS-ALG将载荷中的IPv4地址更改为cctry.com的DNS服务器的IPv6地址。NAT-PT则将此DNS请求报文的目IP地址和源IP地址进行更改,它将目的IP地址更改为cctry.com的DNS服务器的IPv6地址,而将源IP地址由IPv4地址更改为此IPv4地址映射出的IPv6地址(即加上96位的前缀0)。

在A7中,cctry.com的DNS服务器将解析出的IPv6地址通过响应消息发送给前面zte.com.cn的DNS服务器的IPv4地址映射出的那个IPv6地址。这里需要指出,在此IPv6网络中需要进行如下的静态路由配置:所有目的地址为这种“IPv4映射出的IPv6地址”的数据包都会被路由到此NAT-PT服务器。

NAT-PT收到此DNS应答后,将解析出的这个IPv6地址与NAT-PT地址池中的一个IPv4地址建立NAT-PT映射关系,并将此IPv4地址作为DNS查询请求的应答经DNS服务器(zte.com.cn)转发给SIP代理sip.zte.com.cn。

然后SIP代理sip.zte.com.cn就将INVITE消息转发给通过DNS查询到的此IPv4地址(如图1中A10a),NAT-PT收到此INVITE消息后,根据刚才建立好的NAT-PT映射关系将此INVITE消息转发给IPv6网络中的CSCF^[5](CallState Controlling Function)。因为是在IPv6网络中进行转发,所以NAT-PT需要将承载此INVITE消息的数据包的源地址更改为此IPv4地址映射出的IPv6地址。CSCF收到此INVITE消息后,需要对INVITE消息中的参数进行修改。CSCF将INVITE消息的消息头部中的Via字段改写为此CSCF的地址,以便此INVITE消息的最终接收者user6将应答消息发送给此CSCF。对INVITE消息的消息体而言,SDP描述的媒体信息部分中的媒体地址是正式通话时会话发起方(user4)想要接收承载语音的数据包的地址。所以CSCF需要将此会话发起方指定的IPv4地址改写为此IPv4地址映射出的IPv6地址,以便IPv6会话终端识别。对SDP有效载荷进行的这种修改很可能会变更SDP有效载荷的长度,因此SIP消息头部中的消息内容长度字段也必须进行相应的修改。CSCF对INVITE消息修改后,根据INVITE消息中所指定的被叫方,将其转发给user6@op.cctry.com,被叫方user6@op.cctry.com如果打算接受此呼叫,它会向会话发起方发送一个OK消息。它首先将此OK消息发送给CSCF。在OK消息中包含有被叫方user6在正常通话时想要接收语音数据包地址,此地址自然是一个IPv6地址。为了IPv4网络中的会话终端user4能够对此地址进行处理,必须将此地址映射为一个IPv4地址。于是,CSCF收到此OK消息后,通过MEGACO(H.248)^[6]协议发送ADD消息(如图1中A13所示),通过此消息将OK消息SDP中包含的IPv6地址发送给NAT-PT,NAT-PT在地址池中分配一个IPv4地址与此IPv6地址建立NAT-PT映射关系。并将这个IPv4地址通过REPLY消息发送给CSCF。CSCF IPv4地址代替OK消息的SDP中包

含的 IPv6 地址后,将其转发给 NAT-PT。

这个过程如图 2 所示,图 2 中的 A13 中, user6 在 OK 消息中指定用 IPv6 地址 AB:CD:EF::EF1 接收正常通话时的语音数据包。CSCF 将此 IPv6 地址通过 A13 中的 ADD 消息发送给 NAT-PT,在 A14 中, NAT-PT 将地址池中此 IPv6 地址映射出的 IPv4 地址 111.111.111.1 发送给 CSCF。在 A15 中 CSCF 将 OK 消息中的 IPv6 地址 AB:CD:EF::EF1 改写为 IPv4 地址 111.111.111.1 后,将其转发给 NAT-PT。NAT-PT 收到此 OK 消息后,根据先前的 NAT-PT 映射将这些 OK 消息的源地址和目的地址进行变更后,将此 OK 消息转发给 SIP 代理。并由 SIP 代理最终将其转发给会话发起方 user4 (如图 1 中 A15a 和 A16 所示)。

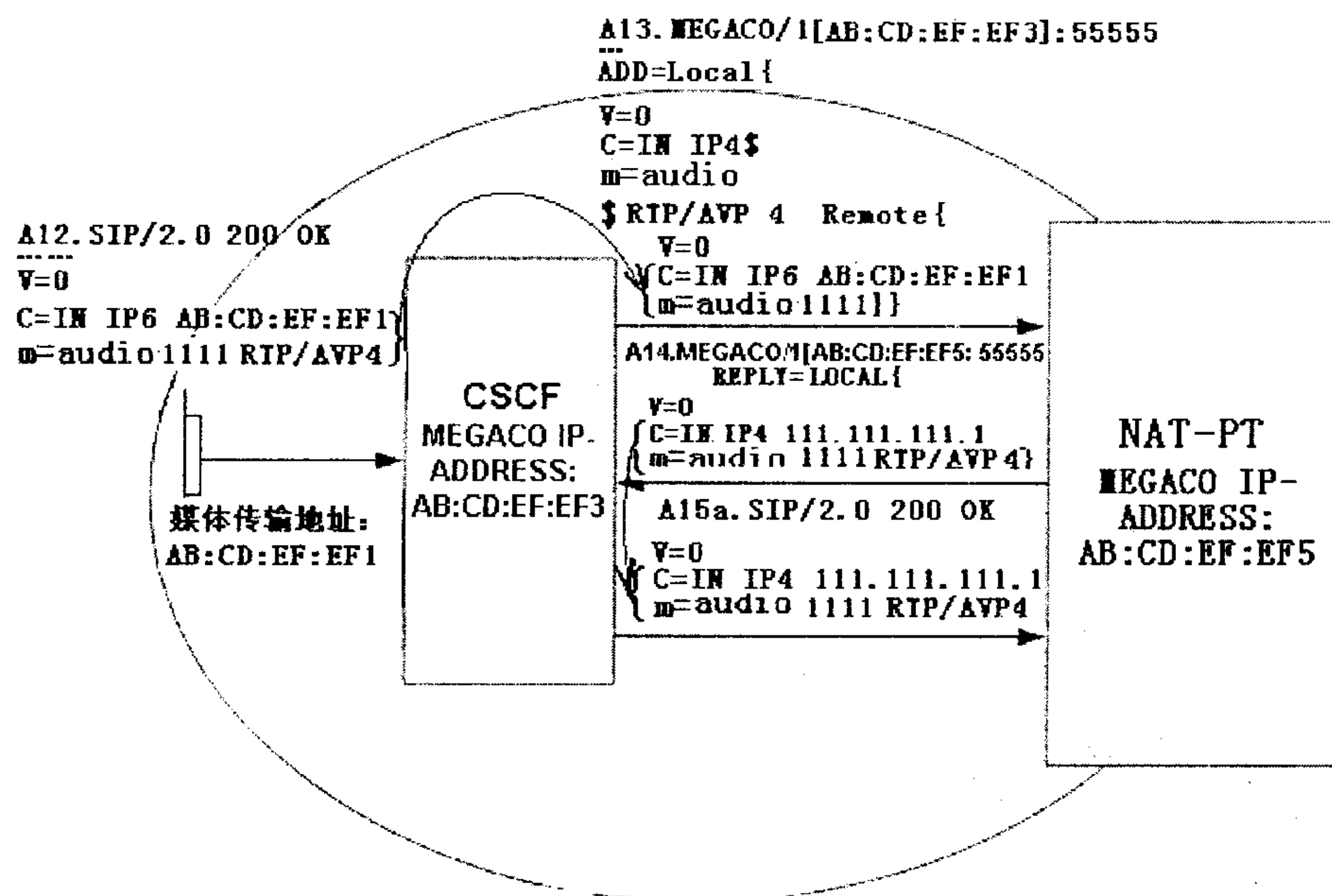


图 2 CSCF 通过 MEGACO 协议远程控制 NAT-PT

会话的发起方 user4 收到此 OK 消息只需一个 ACK 应答,整个会话就建立起来了。这个 ACK 应答的传递过程和前面所述的消息传递类似,此处就不再详述。

4.1.2 正常通话阶段

正常通话时,双方通过 RTP 协议 (Real-time Transport Protocol, 实时传送协议) 互发消息来进行通话。此时承载语音的数据包通过 NAT-PT 协议穿越 IPv6 和 IPv4 的边界。

当位于 IPv6 网络中的 user6 通过 RTP 协议向它的 IPv4 对端 user4 发送承载着语音信息的 UDP 数据包时,该数据包的源地址为 user6 在 OK 消息的 SDP 中指定的 IPv6 地址 AB:CD:EF:EF1 (如图 2 所示),而目的地址为会话对端 user4 的 IPv4 地址映射出 IPv6 地址。NAT-PT 后,该数据包的源地址变更为此

IPv6 地址 NAT-PT 映射的 IPv4 地址 111.111.111.1,而目的地址为会话对端 user4 的 IPv4 地址。

当位于 IPv4 网络中的 user4 通过 RTP 协议向它的 IPv6 对端 user6 发送承载着语音信息的 UDP 数据包时,该数据包的源地址为 user4 的 IPv4 地址,而目的地址为 111.111.111.1。在经过 NAT-PT 后,该数据包的源地址变更为 user4 的 IPv4 地址映射出的 IPv6 地址,而目的地址通过查询 NAT-PT 映射表,将其变更为 user6 在 OK 消息的 SDP 中指定的 IPv6 地址 AB:CD:EF:EF1。

正常通话结束后,通话的任何一方都可以向对方发送 BYE 消息,请求终止会话。接收方只需要回送一个 Ack 响应,则会话就结束了。这些会话结束阶段进行的消息交互的处理过程,与前面描述的消息处理过程是类似的。

所不同之处在于,当通话结束后, NAT-PT 会将会话建立阶段建立的用于收发承载语音数据包 NAT-PT 表项删除。至此,整个通知过程结束。

4.2 MIPT 中的 IPv6 SIP PHONE 主动发起呼叫

如图 3 所示,假设 MIPT (IPv6) 网络中的 SIP PHONE user6 (user6@op.cctry.com) 想要呼叫 IPv4 网络中的 SIP PHONE user4 (user4@sip.zte.com.cn)。

首先, user6 将与 user4 建立呼叫的 INVITE 请求消息发送给 CSCF, CSCF 收到此 INVITE 消息后,请求 cctry.com 的 DNS 服务器对 INVITE 消息中包含的会话对端域名 sip.zte.com.cn 进行域名解析,解析出对应的 IP 地址。由于处在 IPv6 网络中的 cctry.com 的 DNS 服务器无法对其进行解析,于是就将此请求转发给 NAT-PT 服务器。NAT-PT 下服务器接着将请求转发给根域名服务器。随后在 IPv4 网络中的 DNS 服务器进行一层层查找后将查找到的 sip.zte.com.cn 所对应的 IPv4 地址发送给 NAT-PT, NAT-PT 将此 IPv4 地址更改为此 IPv4 地址映射出的 IPv6 地址后,将此 DNS 查询结果经 cctry.com 的 DNS 服务器发送给 CSCF。整个 DNS 域名查询过程如图 3 中 B2-B11 所示。DNS 查询完以后的会话建立过程如图 3 中 B12-B19 所示。这个过程与前面所述的 IPv4 中 SIP

(下转第 136 页)

解决了当前 Web 推荐系统中无法处理用户对推荐服务的反馈情况,以及 Web 站点动态更新后对整个系统的影响情况。在 Web 站点中,本身靠信息的更新吸引用户。其中以新闻发布系统的页面时效性强,新页面的实时更新对站点的生存至关重要。如果不能即时为用户推荐最新的用户感兴趣的页面,新闻发布就失去了意义。因此文中提出的反馈式自适应系统的 RF 算法在考虑到用户反馈对推荐影响的同时,还考虑了实时性的因素。研究的下一步目标是结合 Web 内容过滤 CBF 和统计学的原理进一步探索 Web 挖掘在基于 B/S 模式下的 MIS 系统中的具体应用。

参考文献:

- [1] Jin Xin, Mobasher B, Zhou Yanzan. A Web Recommendation System Based on Maximum Entropy[C]//Proceeding of the International Conference on Information Technology: Coding and Computing (ITCC2005). Washington DC: IEEE Computer Society Press, 2005: 1-6.
- [2] Sarwar B, Karypis G, Konstan J, et al. Item-based collaborative filtering recommendation algorithms[C]//In: Proceedings of the tenth international conference on world wide web. New York: ACM Press, 2001: 285-295.
- [3] Mobasher B, Cooley R, Srivastava J. Automatic Personalization

Based on Web Usage Mining[C]//Communications of the ACM. New York: ACM Press, 2000: 142-151.

- [4] Agrawal R, Imielinski T, Swami A. Mining Association Rules between Sets of Items in Large Databases[C]//In Proc of the ACM SIGMOD Conference on Management of Data. New York: ACM Press, 1993: 207-213.
- [5] Mobasher B. Effective Personalization Based on Association Rule Discovery from Web Usage Data[C]//Proc. 3rd ACM Workshop Web Information and Data Management (WIDM 2001). New York: ACM Press, 2001: 9-15.
- [6] Perkowitz M, Etzioni O. Adaptive Web sites: automatically synthesizing Web pages[C]//In Proceedings of Fifteenth National Conference on Artificial Intelligence. USA: AAAI Press, 1998: 15-21.
- [7] 戴东波, 印 鉴. 结合使用挖掘和内容挖掘的 Web 推荐服务[J]. 计算机工程与应用, 2005(18): 162-165.
- [8] Ou Jian Chih, Lee Chang-Hung, Chen Ming-Syan. Web log mining with adaptive support thresholds[C]//WWW (Special interest tracks and posters). Chiba, Japan: ACM Press, 2005: 1188-1189.
- [9] De Bra P, Post R. Searching for Arbitrary Information in the World-Wide Web: the Fish-Search for Mosaic[C]//Second WWW Conference. Chicago: ACM Press, 1994: 45-51.

(上接第 86 页)

PHONE 主动发起呼叫的过程类似,在此不再赘述。

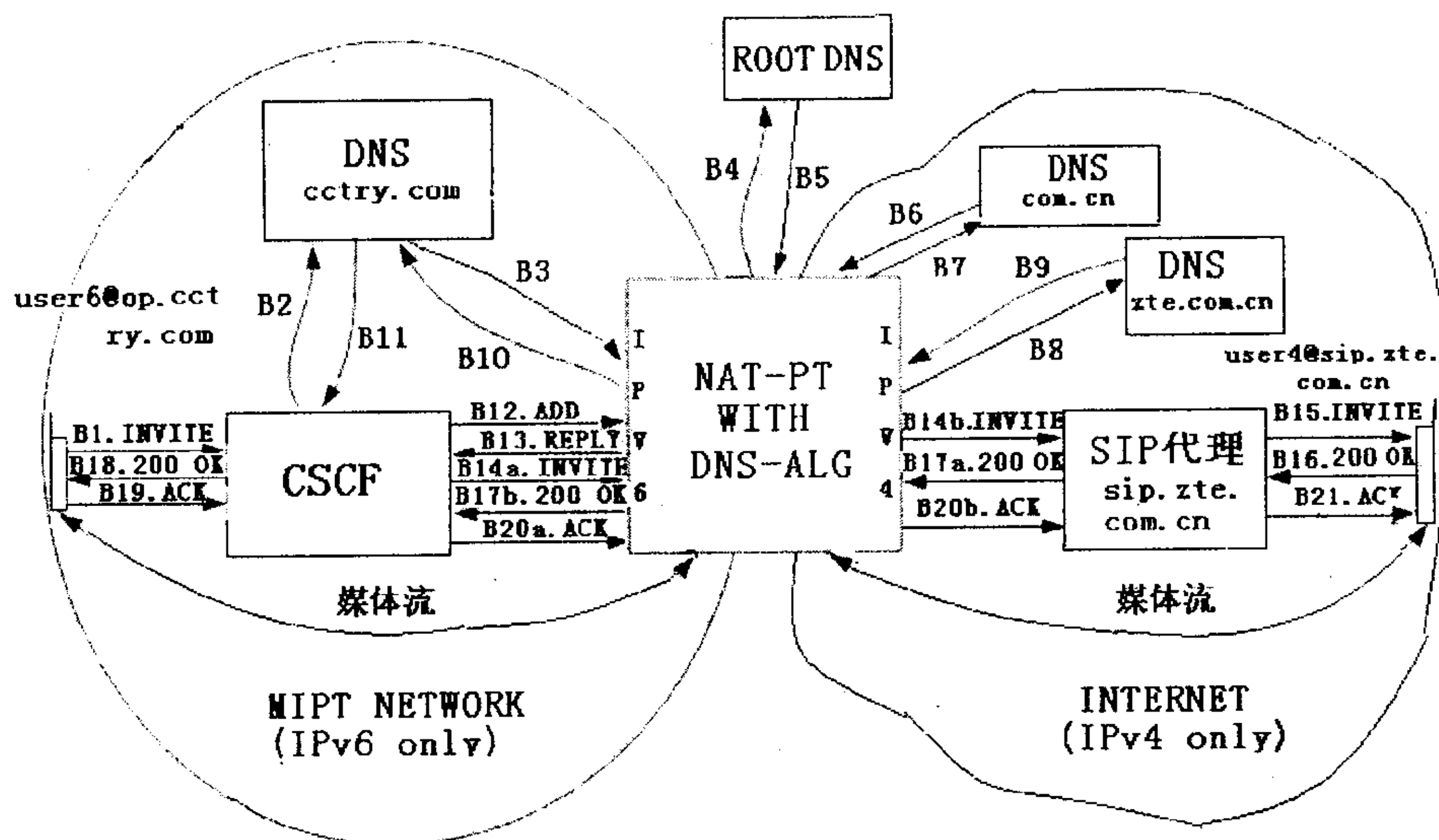


图 3 MIPT 中的 IPv6 SIP PHONE 主动发起呼叫

5 结束语

通过一个具体的例子,对 3G 中基于 IPv6 的 SIP 电话,如何与目前正广泛使用的基于 IPv4 的 SIP 电话进行正确的通讯进行了描述。

参考文献:

- [1] Deering S, Hinden R. Internet Protocol Version 6. 0. RFC 1883 IETF[S]. 2003.
- [2] Rosenberg J, Schulzrinne H, Camarillo G. SIP: Session Initial Protocol. RFC3261[S]. 2002.
- [3] Gabor B, Krisztian K. SIP sessions between IPv4 and IPv6 clients and SIP based call setup in 3GPP IMS with NAT in place [J]. Communications, IEEE Transactions, 2002, 45 (9): 468-477.
- [4] Robles T. Porting the Session Initiation Protocol to IPv6[J]. Networking, IEEE/ACM Transactions, 2003, 33(4): 1121-1132.
- [5] Wilijakka J. Analysis on IPv6 Transition in 3GPP Networks [EB/OL]. 2004-05. draft-ietf-v6ops-sgpp-analysis-10.txt.
- [6] Nakakima M, Kobayashi N. IPv4/IPv6 translation technology, IETF[S]. 2003.