

# 基于分层 P2PSIP 的移动终端跨域切换方案

刘天成 陶 军 董永强 夏 勤

(东南大学计算机科学与工程学院 南京 210096)

(东南大学计算机网络和信息集成教育部重点实验室 南京 210096)

**摘 要** 提出了一种基于分层 P2PSIP 的移动终端跨域切换方案。通过结合 P2P 定位方式和 SIP(Session Initiation Protocol)应用层对移动切换的支持,解决了终端在不同 P2P 覆盖网间移动后定位的问题。基于 SIP 的终端在不同 IP 子网间移动后,为了正常定位和维持当前会话,必须采取某种移动切换机制。常用的切换机制包括 Mobile IP 方式和 SIP 应用层的移动切换支持。在分布式 P2PSIP 环境中,移动切换问题仍然存在。实际环境中,一定范围内往往有多个相邻的 P2P 覆盖网,为了使处于不同 P2P 覆盖网的终端之间可以互相定位和发起会话,可以将独立的 P2PSIP 网络划分为两个层次,分别用于内部 SIP 会话和不同 P2P 网络间的交互。分析并扩展了分层 P2PSIP 的网络架构,设计了一套对应的切换方案,使得处于分层 P2PSIP 中的任意两个终端之间可以被定位和发起跨域会话。

**关键词** 分层, P2PSIP, 跨域, 切换

**中图法分类号** TP393 **文献标识码** A

## Scheme of Cross-domain Hand-off Based on Hierarchical P2PSIP

LIU Tian-cheng TAO Jun DONG Yong-qiang XIA Qin

(School of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, China)

(Key Laboratory of Computer Network and Information Integration of Ministry of Education, Nanjing 210096, China)

**Abstract** This paper presented a scheme of cross-domain hand-off based on hierarchical P2PSIP. It solved the problem about positioning of station which moves among different P2P networks by combining P2P Overlay location with SIP application-layer mobility support. There are usually multiple adjacent P2P networks in a certain area in the actual deployment. We specified a standalone P2PSIP network as a domain. An infrastructure of hierarchical P2PSIP network can be adopted to enable stations in different P2P networks to communicate. When a client moves among different P2P networks, we design a set of hand-off procedure to ensure that other stations can locate the mobile one. The stations can communicate with each other directly in the hierarchical P2PSIP network. And mobile station can be located and initiate or receive a session request after making a cross-domain move.

**Keywords** Hierarchical, P2PSIP, Cross domain, Hand-off

## 1 引言

随着各种网络移动终端的日渐普及和许多需要高速无线传输的多媒体业务的出现,对手机、笔记本电脑等终端的移动性要求越来越高。在终端随着用户发生移动时,其关联基站或所属网络的改变造成终端 IP 地址的改变,这会引起正在进行的会话中断。传统的解决方案是使用 Mobile IP 机制来解决终端移动切换问题,但由于存在三角路由问题,使得传输性能下降、切换延迟过大。SIP 是 IETF 提出的基于应用层的媒体会话控制协议,具有信令简洁和扩展性强等优点。SIP 和 P2P 技术的结合最初是为了解决 SIP 网络中心服务器造成的性能瓶颈和单点故障等问题,随着移动终端的性能和便携性的增强,使用 P2P 方式组织 SIP 移动终端可以简化管理,减少服务器成本。但是由于存在多种 P2P 覆盖网结构和算法,相邻 P2P 覆盖网内部终端之间的联系及由于终端移动引起

的退出和加入成为新的问题。随着 P2PSIP 研究的进一步深入,提出了分层 P2PSIP 的概念,这样可以使不同网络结构的 P2P 覆盖网之间可以互相协作,减少了中间节点需维持会话状态的数量,但也增加了终端在不同的 P2P 覆盖网中切换的复杂程度。由于 P2P 覆盖网的存在为 SIP 网络中信令和位置信息的储存和查询提供了新的途径,可以考虑利用 P2P 覆盖网提供的信息储存和查询功能来解决分层 P2PSIP 网络中移动终端的跨域切换问题。首先介绍了传统的移动切换技术,包括移动 IP(Mobile IP)和 SIP 应用层对移动性的支持;阐述了 SIP 与 P2P 技术结合的原理与优势,并进一步介绍了分层式 P2PSIP,分析了分层 P2PSIP 网络架构和引入分层架构的理由;然后介绍了跨域会话建立的流程,并提出了终端跨域移动后定位的问题;从理论上分析并设计了终端跨域移动后切换的流程;最后使用跨域切换后两个不同域的终端建立会话的过程作为例子解释了跨域切换和会话的消息交互流

程。

## 2 现有移动终端切换技术

### 2.1 基于 Mobile IP 的网络层切换

Mobile IP 是依靠网络层上的隧道技术解决移动切换问题的方案。在 Mobile IP 方案中,移动切换问题主要分为注册和路由两个方面,其核心思想是移动终端同时持有和使用两个地址:家乡地址(HoA)和转交地址(CoA)。在网络层使用转交地址作为移动节点的位置标识,以保证报文的可达性;在传输层则使用家乡地址作为移动节点的主机标识,保证 TCP 连接。当终端移动位置后,终端在新的子网中获得新 IP 地址作为当前的转交地址,并将该地址在家乡网络中注册并与原先的家乡地址建立绑定关联。因此,当终端不在家乡网络中时,所有发往移动终端的数据将会首先通过家乡网络,随后使用转交地址利用隧道技术重新封包后转发给移动节点现在的转交地址。通过不变的家乡地址,使通信终端可以在移动终端移动后正确定位并发起会话。但这一方案的缺点是所有端到端的消息都必须通过终端的家乡服务器中转,形成了三角路由,不仅增加了切换延迟,也使得移动终端过于依赖家乡服务器的中转功能。

### 2.2 基于 SIP 的应用层切换

SIP 作为应用层的会话控制协议,由于结构简单和扩展性强等特点,逐渐代替 H. 323 成为主流的媒体信令控制协议。利用 SIP 协议,服务提供商可以随意选择标准组件,快速驾驭新技术,用户可以快速查找和联系对方。SIP 负责对会话进行协商,以便所有会话参与方都能够就会话功能达成一致,它还提供了会话中修改会话参数的功能。

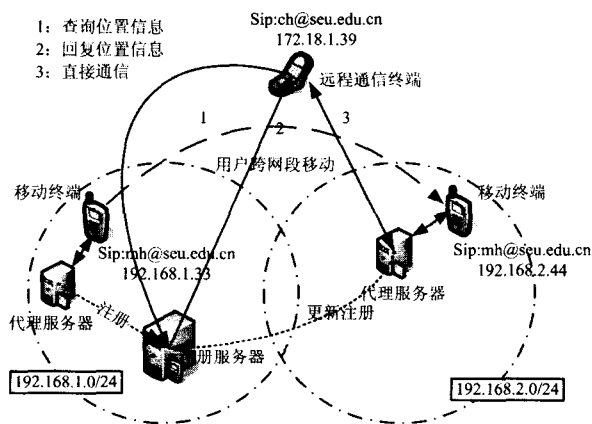


图 1 SIP 应用层移动切换

SIP 通过注册机制和 ReInvite 消息提供了应用层上的移动性支持。通过 SIP 应用支持移动性要求移动终端在发起会话前,首先在家乡域的注册服务器(Home Registrar)上注册,通过 SIP 消息中的 Register 方法将自己的 AOR(Address Of Record)与当前联系地址(Contact)绑定,AOR 为用户的公开 SIP 地址,通常是用户终端的 SIP URI(Uniform Resource Identifier),而 Contact 指用户终端或代理服务器的 IP 地址。通过与注册服务器交互,其他用户可以通过移动用户公开的 AOR 查找其当前位置信息,并向其发出会话请求。注册服务器的功能是将用户的注册信息保存在位置信息数据库中,注册信息还包括该项地址绑定信息的刷新时间,如果到期后原注册终端没有重新注册,这项绑定信息将失效。因此,用户终

端必须定期刷新注册信息。当用户终端在不同的 IP 子网间移动位置后,应尽快更新地址绑定信息,以便其他用户可以正确对其定位。因此,对于某个终端,不变的家乡服务器和可更新的注册信息是实现终端移动切换的关键,如果家乡服务器不可用或当前位置信息更新不及时,其它终端将无法正常对其发起会话。图 1 显示了移动终端基于 SIP 应用层切换的流程。

另一种情况是在媒体会话中终端移动导致切换发生,此时移动终端向通信对端发送包含自己最新 Contact 的 ReInvite 消息,双方进行一次信令交互后重新恢复之前的会话。这种切换流程简单,易于实现,切换后无需家乡服务器参与转发,不影响网络传输性能。但切换时需等待数据链路层切换完毕后才能开始网络层切换过程,增加了切换时的会话延迟。在实际部署时,往往由于不同网络的信令延迟以及媒体的即时性造成丢包后媒体传输中断。由于切换后移动终端的 IP 地址发生改变,对基于 TCP 的应用程序来说无法在切换后保持原有会话,必须重新连接,同时对位于 NAT 或防火墙后的移动终端切换需要额外处理。

## 3 独立 P2PSIP 中移动终端切换

### 3.1 P2P 与 SIP 的结合

对等网络(P2P)技术作为基础网络之上的覆盖网络,以分布式协同的方式组织多种资源,成为 Internet 领域的研究热点。P2P 的资源管理技术,如 Chord, Pastry, Bamboo, Kad 等利用分布式哈希表(DHT)实现了完全分布式的资源储存、定位、查找和删除,因而可以和 SIP 结合,用于实现无中心的会话业务功能。通过对 P2P 覆盖网络资源的分布式操作,可以取代 SIP 代理和注册服务器等中心服务器,实现 SIP 终端的定位和信令路由等功能,从而低成本地实现无中心的会话控制功能。

P2P 与 SIP 结合的技术被称之为 P2PSIP。通过将分散的 SIP 移动终端使用 P2P 覆盖网的方式组织起来,利用结构化 P2P 覆盖网使用 DHT 算法准确定位资源的特点,可以实现 SIP 终端查找定位功能,减少 SIP 服务器的购置成本,消除原有定位方式造成的网络瓶颈和单点故障问题。在实施时,可以灵活选择部分或者完全替代传统定位方式,提高系统的稳定程度,同时为 SIP 终端跨域切换时的重定位提供一种新的思路。

### 3.2 P2PSIP 网络架构

P2P 覆盖网中定义了资源和节点的概念,资源通常以“键值对”即哈希表的方式储存在节点中。P2PSIP 中移动终端的 AOR 和 IP 地址等位置信息作为资源储存在移动节点中。由于大部分普通移动终端缺乏构建 P2P 覆盖网所需要的计算能力和存储空间,因此可以将移动终端分为两种类型,分别对应 P2P 覆盖网中的普通节点和超级节点。其中超级节点既可以对应传统的 SIP 服务器,也可以对应具有一定计算和存储能力的 SIP 移动终端,一般由某种算法选举得出。超级节点需要负责维护 P2P 覆盖网,因此也可以通过 DHT 算法在 P2P 覆盖网中直接被定位。超级节点可以部分或全部实现 SIP 注册服务器、重定向服务器和代理服务器等 SIP 中心服务器的功能。所有超级节点在 IP 网络之上共同形成一个 P2P 覆盖网络。超级节点的加入和退出会引起 P2P 覆盖网

的维护操作。超级节点的主要功能是储存和查询 SIP 终端的位置信息以及通过 DHT 算法构建 P2P 覆盖网络和转发 P2P 覆盖网的内部消息。普通节点则对应常规的 SIP 移动终端,它们作为 P2P 覆盖网络的客户端加入其中。某个域内的所有普通节点必须关联于本域内的某个超级节点,否则它们无法被其它节点定位。普通节点一般通过某种远程调用方法(如 XML-RPC)并利用超级节点提供的服务,来存储和查询其它节点的信息。普通节点的数量通常比较大,并且会频繁地加入和退出网络,但不会引起 P2P 覆盖网的维护操作。普通节点的位置信息由超级节点来管理和对外发布,因此普通节点必须主动向关联的超级节点注册(即将节点信息储存在 P2P 覆盖网中)。

### 3.3 独立 P2PSIP 环境中的终端切换

移动终端发生切换时,在网络层将通过 DHCP 服务器或其它方式获得新的 IP 地址。但对于 P2P 覆盖网络来说,由于节点的 SIP URI 对应的哈希值没有变化,节点号也不发生变化,因此在移动后仍关联到原先的注册节点。但移动节点需要在 P2P 覆盖网中更新当前位置信息,即在注册节点上更新注册信息。终端切换流程和 SIP 消息交互见图 2。图中共有 3 个超级节点,通过各自的 SIP URI 哈希计算得出的节点号分别为 N1, N8 和 N16。其它的终端作为普通节点按 DHT 算法关联在各自的超级节点上。假设 3 个超级节点处于不同的子网中,当终端 N11 从 N8 所在的子网移动到 N16 所在的子网中后, N11 将获得新的 IP 地址。此时,如果其它 P2P 覆盖网中的节点通过 DHT 算法向 N8 查询 N11 的位置信息,将获得错误的 IP 地址,因此 N11 必须通过向原关联节点 N8 发送注册消息,以更新位置信息。更新成功后,切换过程完成。

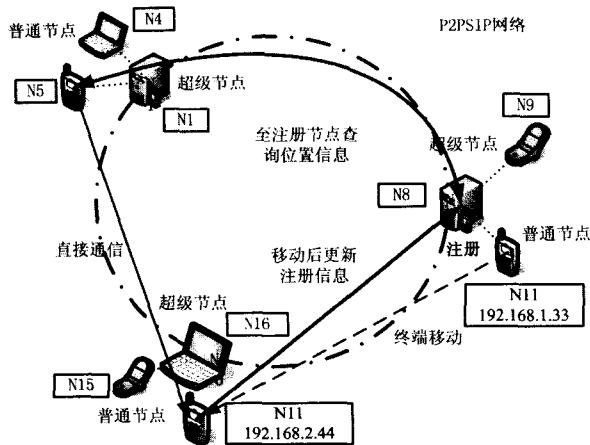


图 2 独立 P2PSIP 移动切换

## 4 基于分层 P2PSIP 的终端移动切换

### 4.1 分层 P2PSIP 网络架构

理论上的研究通常假设将所有移动终端连接成一个巨大的 P2P 覆盖网。但这样做,不仅使得 P2P 覆盖网的维护和查询等操作性能低下,也很难在现实中部署这样一个独立且唯一的 P2P 覆盖网络。在实际部署中,往往是将处于一定地域内或按某种规则将一定数量的终端彼此连接,构成一个封闭的 P2P 覆盖网络,可能存在多个彼此相邻的 P2P 覆盖网。所有这些 P2P 覆盖网内部可能使用不同的结构和 DHT 算法,

这样必然形成许多独立甚至异构的 P2P 覆盖网。这里将单个 P2P 覆盖网称为域。为了保证处于不同域的终端可以互相发起会话,可以基于分层 P2P 的网络架构来构建 P2PSIP 网络。在组成各个 P2P 覆盖网的超级节点中选择一个或数个作为边缘路由节点,所有的边缘路由节点共同组成一个独立的核心 P2P 覆盖网。每个边缘路由节点既是下层 P2P 覆盖网的内部节点,又是核心 P2P 覆盖网的节点。它们除了执行下层 P2P 覆盖网中超级节点的功能外,还要负责解析穿越不同 P2P 下层覆盖网的 SIP 消息,将源 P2P 覆盖网发送的 SIP 消息转发至不同域的 P2P 覆盖网节点。路由节点往往为多穴主机,在下层 P2P 覆盖网中使用私有 IP 地址,而在核心 P2P 覆盖网中使用公有 IP 地址。不同 P2P 覆盖网由 SIP URI 后缀区分,如 SIP URI 为 < sip: bob@seu. edu. cn >, 则该节点所属家乡 P2PSIP 的网络地址为 < sip: seu. edu. cn >。在会话过程中,边缘路由节点将作为有状态代理服务器维护会话状态,转发所有的会话信令消息。分层 P2PSIP 网络架构见图 3。为简单起见,假设超级节点之间直接发起会话,暂时不考虑普通节点存在的影响。事实上,无论是独立或是分层式的 P2PSIP 网络对于普通节点来说并没有区别,因为它们并不直接与 P2P 覆盖网交互,仅仅通过超级节点利用 P2P 覆盖网的信息存储和定位功能发起 SIP 会话。

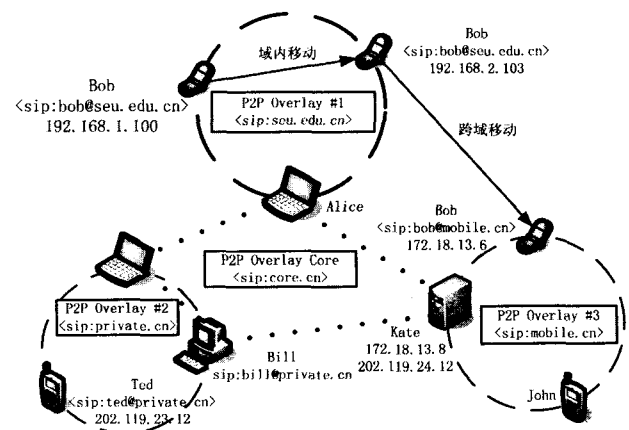


图 3 分层 P2PSIP 网络架构

下层 P2P 覆盖网中的终端通常位于防火墙或 NAT 之后,无法与核心 P2P 覆盖网或其它域的终端直接通信。因此本文设计的分层式 P2P 覆盖网中,下层 P2P 覆盖网内部使用 SIP using P2P 方式存储和查询节点信息,即不直接使用 SIP 消息来完成定位等功能,而是将 SIP 消息转换为 DHT 算法中的通用接口,如 get() 来实现功能。由于节点间不用 SIP 消息交互,减少了传输 SIP 消息头所带来的额外带宽占用。核心 P2P 覆盖网则使用 P2P over SIP 方式,使用 SIP 消息在 P2P 覆盖网中传输,实现定位等功能(P2P 接口与 SIP 方法转换方式见表 1)。可以直接利用 SIP 支持的如 ICE 和 STUN 等防火墙穿透机制,使不同的下层 P2P 覆盖网内的节点可以互相通信。

表 1 P2P 接口与对应 SIP 方法

P2P 接口	功能	SIP 方法
Hash(uri/ip_addr)	使用哈希算法计算用户的 SIP 地址或 IP 地址 返回 n-bit 的键 key	

Put(key, ip_addr, ttl)	将(key, ip_addr)键值对存入 P2P 覆盖网中, 保存 ttl 秒长的时间	REGISTER sip: x @ y SIP/2.0 To: < sip: x@y> From: < sip: x@y> Contact: ip_addr
Get(key)	返回 key 对应的值	REGISTER, INVITE

## 4.2 分层 P2P 覆盖网跨域会话

分层 P2PSIP 网络与独立 P2PSIP 网络的区别在于边缘路由节点注册机制和跨域的会话建立流程。正是由于引入了分层机制和考虑不同 P2PSIP 网络中终端的会话, 导致原有的 SIP 切换方案需要作出一定的修改, 其中分层 P2PSIP 网络中的跨域会话流程是下一节跨域切换方案的基础。首先, 所有边缘路由节点无论在核心 P2P 覆盖网或是下层 P2P 覆盖网中都使用网络地址, 即 SIP 地址的网络后缀部分作为 AOR 计算节点号。由于核心 P2P 覆盖网和下层 P2P 覆盖网可能使用不同的 DHT 算法, 因此同样的 SIP 地址在不同的 P2P 覆盖网中对应的节点号也可能不同。边缘路由节点需要同时在核心 P2P 覆盖网和下层 P2P 覆盖网注册。如果一个 P2P 覆盖网中存在多个边缘路由节点, 它们的节点号相同, 但 Contact 不同, 用户的跨域请求可以由任意一个边缘路由节点转发。可以将边缘路由节点视为不同层次 P2P 覆盖网的网关, 同一个下层 P2P 覆盖网的节点可以通过自身 SIP URI 中的网络地址后缀直接查找到所在 P2P 覆盖网的边缘路由节点的 IP 地址。

以图 3P2P Overlay # 1 中的用户 Bob 呼叫 P2P Overlay # 3 中的用户 John 为例, Bob 首先在域内通过 P2P 方法查询用户 John, 在确认没有该用户信息后, 将 Invite 请求直接发送至本域的路由节点 Alice(假设所有域内节点已经获得本域内路由节点的地址信息)。Alice 将请求地址的网络后缀取出, 构造新的查询请求, 在核心 P2P 覆盖网中获得 John 所在 P2P 覆盖网的路由节点 Kate 的地址后, 将 Invite 请求转发至 Kate。节点 Kate 在域内通过 P2P 方式查找 John 的地址, 并在查询成功后转发 Invite 请求。John 接收到 Invite 请求后, 根据用户操作直接向 Bob 发送回复消息。

## 4.3 分层 P2PSIP 终端跨域切换

### 4.3.1 终端非会话中切换

移动终端在非会话状态中移动时, 需要及时根据当前位置更新注册信息, 以便其他用户发起会话请求。这点是和普通 SIP 终端切换方式一致的。传统的 SIP 应用层切换方式是将终端的位置信息通过注册储存在每个终端所在家乡域的 SIP 注册服务器中。由于 P2PSIP 架构中已不存在专门的注册服务器, 而是使用 P2P 覆盖网的资源储存和获取能力代替集中式服务器, 因此这里我们将终端的位置信息储存在 P2P 覆盖网中, 物理上则是储存在由 DHT 算法计算得出的对应 P2P 超级节点, 即移动终端的家乡(注册)节点上。该节点由 SIP 终端的 AOR 和哈希算法唯一确定, 与终端的当前位置无关。在本文提出的分层 P2PSIP 网络中, 同一个终端在不同的 P2P 覆盖网中会有各自的家乡(注册)节点, 同一终端对应的节点号也会不同(虽然终端的 AOR 相同, 但哈希算法可能不同)。其它终端则通过 P2P 覆盖网和 DHT 算法获取位置信息, 以联系该移动终端。

当终端在域内移动引起切换时, 移动终端对应的普通节点在关联到新的超级节点后, 会向家乡节点发送注册更新消

息, 其中包含当前的关联节点 IP 地址(Contact)。之后, 无论域内或是域外终端都可以通过 P2P 覆盖网从家乡节点处获得移动终端的最新位置信息(域外终端需要执行跨域会话流程)。同时, 在原先的关联节点上也可以缓存移动终端的当前位置信息(通过先连后断等方式)。当有目标地址为已转移节点的消息被错误定向至原关联节点时, 可回复重定向消息, 以加快查找定位的速度。

对于终端跨域移动引起的切换, 由于终端移动后其 SIP URI 的网络后缀不再对应当前域的网络地址后缀, 不能直接通过终端 URI 的网络地址后缀来判断节点是否在本域内。并且当终端在移动到新域后也无法通过当前域的 P2P 覆盖网找到家乡域中的注册节点, 因此也不能通过普通域内切换方法更新家乡节点的注册信息。为了使其它终端可以通过移动终端的 SIP URI 查询到终端的当前位置信息, 必须修改原有的终端切换流程。

终端在移动到新域后, 仅有 AOR 保持不变, 包括 P2P 覆盖网的哈希算法、关联节点和对应节点号都会改变, 并且无法直接获得家乡注册节点的地址。此时, 如果有其它终端试图与该终端建立会话, 可以按终端对应节点的位置分为 3 种情况: 原家乡域的节点、移动后所在域的节点和其它位置节点。切换方案必须同时支持以上 3 种节点联系移动终端。

如果移动节点不在家乡注册节点更新注册信息, 家乡域内的节点将无法查找到移动节点的当前位置信息。因此移动节点切换时, 应首先更新家乡注册节点的注册信息, 详细步骤如下: 移动节点在新域获得 IP 地址后(即网络层切换完成), 通过广播等方式可获得所在域边缘路由节点的 AOR 进而计算出对应节点号, 之后移动节点分别在当前域和家乡域执行两次注册过程: 1) 向当前域的边缘路由节点发送 SIP 注册消息, 注册消息的 Contact 域中存有移动节点的当前位置信息(IP 地址)。如果该 IP 地址为私有地址, 外部无法访问, 则用 SIP 代理服务器地址代替。移动节点所在域的边缘路由节点在接收到移动节点的注册请求后, 使用该节点 SIP URI 的网络后缀作为 key 在核心 P2P 覆盖网中使用 P2P 方式查找移动节点家乡域的边缘路由节点, 并转发 SIP 注册消息至该节点。家乡域的边缘路由节点在接收到注册消息后, 根据节点的 AOR 使用 P2P 方式在家乡域中更新移动节点的注册信息。通过以上步骤, 移动节点的家乡域内节点可以通过移动节点的 AOR 确定节点当前位置并发起会话。2) 使用 P2P 方式在移动域内注册(即执行 put 操作), 目的是保证当前域内节点可以通过 P2P 方式直接查找到移动终端的位置信息, 不用再通过移动终端的家乡域跨域查询。此外, 当移动节点在家乡域注册节点注册后, 其它任意域的节点都可以通过跨域查询获得移动节点的当前位置信息。

这里以图 3 中的用户 Ted 对移动用户 Bob 发起会话的流程为例, 说明移动终端的一次切换和跨域会话流程。假设终端用户 Bob 已经从 P2P Overlay # 1 移动至 P2P Overlay # 3。图 4 中包括了用户 Bob 跨域切换和用户 Ted 查询 Bob 并对其发起会话的简单流程。

1) 首先 Bob 需要在 P2P Overlay # 1 中更新位置信息。Bob 发送 Register 消息至 Kate:

```
REGISTER sip:seu.edu.cn SIP/2.0
To: sip:mobile.cn
```

From:sip:bob@seu.edu.cn

Contact:172.18.13.6

2)P2P Overlay#3 域中的边缘路由节点 Kate 接收到注册消息后,转发注册请求至 P2P Overlay Core 中的节点 Alice。由于 Bob 的 IP 地址为私有地址,无法直接被外部访问,因此修改 Contact 为 SIP 代理服务器地址(通常与边缘路由节点位于同一主机):

REGISTER sip:seu.edu.cn SIP/2.0

To:sip:seu.edu.cn

From:sip:bob@seu.edu.cn

Contact:202.119.24.12

3)Alice 在 P2P Overlay#1 中使用 P2P 覆盖网提供的接口 put(bob@seu.edu.cn,202.119.24.12)更新用户 Bob 的位置信息。至此跨域切换流程完成。

4)用户 Ted 呼叫 Bob。首先在域内查询确定 Bob 是否在同一域内(此时有可能 Bob 已经移动到本域)。如在同一域,直接发送消息,否则向本域的边缘路由节点 Bill 发送 Invite 消息。假设 Ted 拥有公有 IP 地址:

INVITE sip:bob@seu.edu.cn SIP/2.0

To:sip:private.cn

From:sip:ted@private.cn

Contact:202.119.23.12

5)Bill 在 P2P Overlay Core 中使用 get(seu.edu.cn)查询 Alice,成功后转发 Invite 消息至 Alice。

6)Alice 在 P2P Overlay#1 内使用 get(bob@seu.edu.cn)查询 Bob。由于 Bob 为移动终端且已更新位置信息,因此查询结果为 Bob 当前域的代理服务器 Kate 的公有 IP 地址。成功后,转发 Invite 消息至 Kate。

7)Kate 通过 DNS 或路由表等方式获得 Bob 的私有 IP 地址,转发 Invite 消息至 Bob。

8)Bob 根据用户选择发送回复消息,节点 Bill, Alice 和 Kate 作为有状态代理服务器维护此次会话状态。通话双方可以直接建立端到端的媒体流,无需通过中间代理服务器。

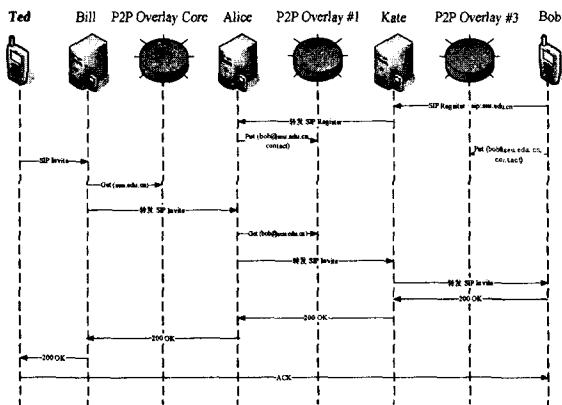


图4 移动终端跨域切换

#### 4.3.2 终端会话中切换

移动终端在会话状态中切换的主要问题是信令延迟对通信质量造成的影响。由于切换时终端 IP 地址的改变将引起通信双方媒体流的暂时中断,因此移动终端在网络层发生切换后,按照 SIP 切换流程需要向通信对端发送 ReInvite 消息,其中包含自己的当前位置信息(在 SDP 消息体中)。接收到

消息的通信对端通过更新后的 Contact 与移动终端重新建立媒体通道,完成 SIP 应用层切换过程。当移动端发送 ReInvite 消息时,已从会话上下文中获得对方的当前位置信息。同样,通信对端接收到 ReInvite 消息后,可以从中获得移动端的当前位置信息。所以实际上,通信双方在切换过程中都已拥有对方的位置信息,无论是否跨域切换都不用通过 P2PSIP 网络,便可直接进行端到端的消息交互。但在会话中,切换完成后,移动终端仍需执行非会话中的切换流程,以便其他用户发起新的会话。

**结束语** 本文详细分析了分层 P2PSIP 网络的架构和跨域会话建立流程以及需注意的几个问题,并根据分层 P2PSIP 网络的特点设计了终端跨域切换后的处理流程;根据文中的例子做了详细的分析。分层式 P2PSIP 网络可以适应多个异构的 P2P 覆盖网混合的环境。本文提出的切换方案利用 P2P 覆盖网的资源储存查询服务和 SIP 移动注册机制解决了移动终端跨域移动后定位的问题。P2PSIP 作为一种比较新的技术还有许多缺陷有待解决,本文仅仅从理论上分析了移动终端跨域时可能遇到的问题,在实际部署中可能还有更多的困难,尤其是切换过程对网络性能和通信质量的影响不可忽视,今后将对这些方面做进一步的研究。

#### 参考文献

- [1] Rosenberg J, Schulzrinne H, Camarillo G, et al. SIP: Session Initiation Protocol [S]. RFC 3261. Internet Engineering Task Force, 2002
- [2] Song Yongchao, Jiang Xingfeng, Zheng Hewen, et al. P2PSIP Client Protocol [OL]. draft-zheng-p2psip-client-protocol-01, February 2008
- [3] Cooper E, Johnston A, Matthews A. An ID / Locator Architecture for P2PSIP [OL]. draft-matthews-p2psip-id-loc-01, November 2007
- [4] Shi Juwei, Wang Yao, Gu Lanzhi, et al. A Hierarchical Peer-to-Peer SIP System for Heterogeneous Overlays Interworking [C] // Global Telecommunications Conference, 2007. GLOBECOM '07. IEEE, 2007; 93-97
- [5] Singh K, Schulzrinne H. SIPpeer: A SIP-based Peer-to-Peer Internet Telephony Client Adaptor [R]. Department of Computer Science, Columbia University, 2005
- [6] <http://www.cs.columbia.edu/~kns10/publication/sip-p2pdesign.pdf>
- [7] Singh K, Schulzrinne H. Peer-to-Peer Internet Telephony using SIP [C] // Proc. of NOSSDAV. 2005
- [8] Rosenberg J, Schulzrinne H. Session Initiation Protocol (SIP): Locating SIP Servers [S]. RFC 3263. Internet Engineering Task Force, 2002
- [9] Schulzrinne H, Wedlund E. Application-layer mobility using SIP [J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2000, 4(3): 47-57
- [10] Matuszewski M, Kokkonen E. Mobile P2PSIP-Peer-to-Peer SIP Communication in Mobile Communities [C] // Consumer Communications and Networking Conference, 2008 (CCNC 2008). 5th IEEE, Jan. 2008; 1159-1165
- [11] Li Lichun, Shi Juwei, Lin Wenjie, et al. Transit-Stub Architecture for Peer-to-Peer SIP [C] // Software Engineering and Advanced Applications, 2007. 33rd EUROMICRO Conference. Aug. 2007; 175-184