

# 下一代移动互联网信令系统现状及展望<sup>\*</sup>

杨宗凯 王玉明

(华中科技大学电子与信息工程系 武汉 430074)

**摘要** 随着移动互联网的逐步发展,迫切需要制定一套扩展性好的通用信令平台,既能在同一平台上实现资源预留、防火墙配置等固定网络已有的信令,又能兼容移动网络。本文综述了现有移动 IP 技术的研究成果和 IETF NSIS 工作组的最新进展,并结合相关研究基础对下一代移动互联网信令系统的若干问题进行了探讨,提出了可能的解决方案,最后,展望了移动互联网信令系统未来的研究和发展趋势,这些可以作为今后相关研究工作的框架和基础。

**关键词** 移动互联网,信令系统,移动 IP,服务质量

## A Survey and Prospect of Signaling in the Next Generation Mobile Internet

YANG Zong-Kai WANG Yu-Ming

(EI Dept., Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)

**Abstract** Along with the development of mobile internet, it cries for a general signaling platform with good scalability, which can not only implement signaling existed in the stationary networks, such as resource reservation and fire-wall configuration, but also can be adapted to mobile networks. In this paper, we have a survey on the existing research harvest of mobile IP technologies, and also trace the latest status of IETF NSIS working group. Based on the related research work, we have a discussion on some typical issues about signaling in the next generation mobile internet, and have given some possible solvents. At last, we present a prospect of the future research and development trends of signaling in mobile internet, and these can become our future research framework and groundwork.

**Keywords** Mobile Internet, Signaling system, Mobile IP, Quality of service

## 1 引言

移动通信和互联网技术是当今 IT 技术发展最为迅猛的两大研究领域,移动 IP 技术代表了这两个领域发展融合的方向,拥有巨大的市场应用前景。移动 IP 已经成为下一代无线网络的主要应用技术和重要发展方向。随着基于 IP 的无线多媒体数据业务需求的发展,移动 IP 技术的理论和应用研究发展很快, IETF 早在 2002 年就已制定移动 IPv4 协议。不过,移动 IPv6 草案也就最近才形成标准。与相对成熟的有线 IP 网络的研究相比,现有的移动 IP 研究在一些涉及到大规模部署的关键问题上还没有有效的解决方案,比如移动 IP 网络中支持移动用户的快速切换、端到端的服务质量保证、网络框架的可扩展性、网络性能的可靠性以及移动 IP 网络安全等。

与此同时,互联网工程任务组 IETF 旗下的 NSIS (Next Steps in Signaling) 工作组正在开展互联网信令系统的下一步工作。人们期待着新的信令系统能基于 IPv6, 提供一套扩展性好的通用信令支持平台, 支持比固定网络中现有的信令系统更为广泛的信令, 并能在日益明朗的移动互联网中大显身手。固定网络中现有的信令系统并非基于 IPv6, 另外, 也没有一个通用的信令支持平台, 各种信令互相独立, 致使信令的推广困难。在固定网络中, 为用户提供资源预留的 RSVP 信令已经发展的多年, 但并未得到实际的广泛使用, 究其原因有三点, 其一, RSVP 扩展性不好, 不适合支持大量用户的资源预留; 其二, RSVP 对组播提供支持, 过于复杂; 其三, RSVP 只

支持服务质量相关信令, 比如资源的预留及释放, 其信令平台不通用。NSIS 工作组将汲取固定网络中信令系统的设计经验, 借鉴其优点, 克服其过于复杂且信令间相互孤立的缺点, 建立一个扩展性好的通用信令平台, 并在这个平台上优先实现 QoS 信令。

目前 NSIS 工作组正在进行的工作还处于新信令系统基本框架标准的制定阶段, 新的信令系统在面向移动网络时还有许多问题尚待解决, NSIS 相关协议与移动性协议如何更好地交互尚无定论, 包括因移动导致的节点状态管理、本地路径修复、交叉节点发现、信令重路由等。本文在现有移动 IP 技术研究成果的基础上, 结合 NSIS 工作组在新的信令系统工作中的最新进展, 对下一代移动互联网中信令系统的若干问题进行了探讨, 并展望了其未来的研究和发展趋势。

## 2 移动 IP 技术研究现状

### 2.1 移动 IP 标准化工作

IETF 早在 2002 年就已制定移动 IPv4 标准<sup>[1]</sup>, 最近又转为对草案作进一步修改<sup>[2]</sup>。移动 IPv4 主要定义了三个功能实体: 移动节点、家乡代理、外地代理, 并为移动节点定义了两个地址: 家乡地址和转交地址。如图 1 所示, 当移动节点离开家乡网络时, 可以通过“地址自动配置”机制从外地网络获得一个全局可路由地址作为其转交地址, 移动节点利用该转交地址向家乡代理注册, 此时, 发往移动节点的数据首先根据其家乡地址到达家乡网络, 然后被家乡代理通过 IP 隧道送达移动

<sup>\*</sup> 本文研究得到国家自然科学基金(No. 60202005)资助。杨宗凯 教授, 博士生导师, 研究方向为下一代通信网络。王玉明 博士生, 研究方向为无线、移动网络相关技术, 高速交换网络中的服务质量, 以及标签交换技术的应用。

节点。但是,由于 IPv4 地址空间非常有限,移动节点通常以外地代理地址作为其转交地址,这样,多个移动节点可以共享同一转交地址,此时,家乡代理通过 IP 隧道转发的数据首先到达外地代理,再由外地代理转交给指定的移动节点。

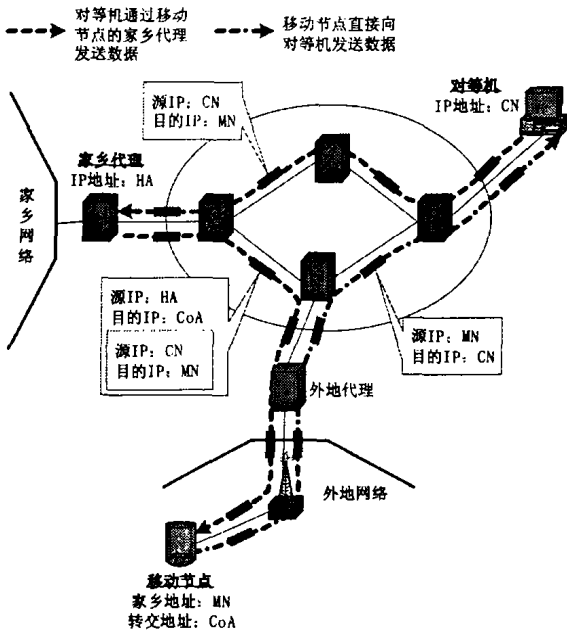


图1 移动 IPv4 中的数据传输

此外,移动 IPv6 草案最近才形成标准<sup>[3]</sup>。移动 IPv6 的设计汲取了移动 IPv4 的设计经验,并且利用了 IPv6 许多新的特征,所以提供了比移动 IPv4 更多的、更好的特点。相比之下,移动 IPv6 对移动 IPv4 的改进之处主要表现在:

**三角路由问题:**在移动 IPv4 的基本协议中,所有从对等机发往移动节点的数据必须经过其家乡代理转发,而移动节点可以直接给对等机发送数据,这就是所谓的“三角路由”问题。对此,“路由优化”问题的解决是由另外的协议完成的,移动 IPv4 协议本身无能为力。在移动 IPv6 中,对这个问题的解决已经成为协议的一个主要部分,并被所有的 IPv6 节点所支持。如图 2 所示,在移动 IPv6 中,对等机向移动节点发送数据有两种选择,其一,对等机向移动节点的家乡地址发送数据,再通过家乡代理利用 IP 封装隧道将数据转发给移动节点;其二,由于移动 IPv6 包头中新增了一个“家乡地址选项”,移动节点将家乡地址放在该选项中,并以转交地址直接向对等机发送数据,对等机根据这些信息,可以判断数据来自哪一移动节点,并可利用路由头(routing header)直接向移动节点的转交地址发送数据。由此可见,移动 IPv6 允许任何通信节点和移动节点之间直接路由数据包,而不必经过移动节点的家乡网络,也不再需要家乡代理的转发功能,从而解决了移动 IPv4 协议中存在的“三角路由”问题;这对降低传输时延和家乡网络负担,优化整网性能很有好处。

**防火墙问题:**如图 1 所示,在移动 IPv4 中,连接在外地网络的移动节点向对等机发送数据时,某些情况下为了保证位置的透明性,移动节点所要发送数据的源地址必须设置成自己的家乡地址。由于家乡地址具有与外地网络不同的子网前缀,因此当这些数据通过具有“入口过滤”功能的路由器时,将被路由器过滤掉。如图 2 所示,在移动 IPv6 中,移动节点可以直接使用转交地址作为数据的源地址,其家乡地址被携带在数据包的“家乡地址选项”中,对等机接收到包含该选项的数据包时,能够自动把数据包的源地址替换成选项中的家乡地址。

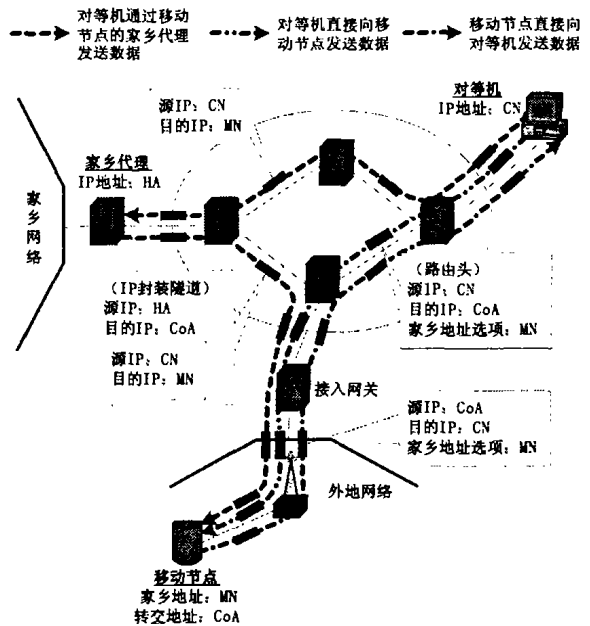


图2 移动 IPv6 中的数据传输

**外地代理:**在移动 IPv4 中,由于地址空间有限,移动节点通常以外地代理地址作为其转交地址,家乡代理通过 IP 隧道转发的数据首先到达外地代理,再由外地代理转交给指定的移动节点,这一过程离不开外地代理的支持。而由图 2 可以发现,在移动 IPv6 中完全不再有外地代理的概念。原因在于 IPv6 地址空间充足,移动节点离开家乡链路时可以利用“邻居发现”和“地址自动配置”机制等 IPv6 增强功能获得一个全局可路由的转交地址,移动节点向家乡代理和对等机发送绑定更新,这样,发往移动节点的数据可以直接送达其转交地址,而不需要任何来自当地路由器的特殊支持。

**安全性:**移动 IPv6 的安全性是建立在 IPv6 的安全机制之上的,这样移动 IPv6 就可以省去很多应付安全性的工作。另外,与移动 IPv4 不同的是,在移动 IPv6 中,移动节点不仅要向家乡代理发送绑定更新,还要向对等机发送绑定更新,以便对等机能直接向移动节点当前的转交地址发送数据。移动 IPv6 中移动节点向对等机的绑定更新主要是利用返回可路由过程(return routability procedure)建立的绑定管理密钥对绑定信息进行加密来实现。通过验证的绑定更新消息将促使对等机更新该移动节点对应的绑定信息。

移动 IPv6 建立在 IPv6 的体系结构之上,所以 IETF 的移动 IPv6 的协议开发总是跟在 IPv6 协议开发的后面。当前,IPv6 的发展虽然很快,但有些东西还有一定的想象空间,还不是很成熟,IPv6 对移动性的支持也必须随之作出相应的改变。

## 2.2 IP 微移动协议

在移动 IP 网络中,当移动节点从某一区域移动到另一区域时,降低切换时延和时延抖动对确保用户正在使用的服务不被中断至关重要。另外,当移动节点频繁切换时,势必给核心网络带来很大的信令负担,因此,必须采取措施提高移动节点的切换速度,并降低切换时交互的信令数量。为了达到这些目的,研究人员提出了许多有效地支持移动性的方案,通常我们称这些方案为“IP 微移动协议”<sup>[4]</sup>,几乎所有的 IP 微移动协议均采用了分层架构的思想。下面介绍两种典型的 IP 微移动协议:

**分层移动 IPv6(HMIPv6)**<sup>[5]</sup>:这一方案是移动 IPv6 协议的扩展,对用户的移动采用分层架构进行管理。如图 3 所示,

分层移动 IPv6 引入了移动锚节点 (Mobility Anchor Point, MAP) 的概念。当移动节点移动到外地网络时, 它将当前锚节点作为其本地家乡代理, 并从该锚节点所在的网络获得一个本地家乡地址作为其全局转交地址 (RCoA)。同时, 移动节点还拥有根据接入路由器 (Access Router, AR) 广播的地址前缀设置的本地转交地址 (LCoA)。家乡代理和对等机维护着移动节点家乡地址 (MN) 和全局转交地址 (RCoA) 的绑定信息, 根据这一信息, 发送给移动节点的数据可被家乡代理转发或被对等机直接发送至其全局转交地址 (RCoA)。锚节点维护着移动节点本地家乡地址 (RCoA) 和本地转交地址 (LCoA) 的绑定信息, 并根据这一信息将接收到的数据转发至移动节点的本地转交地址 (LCoA)。

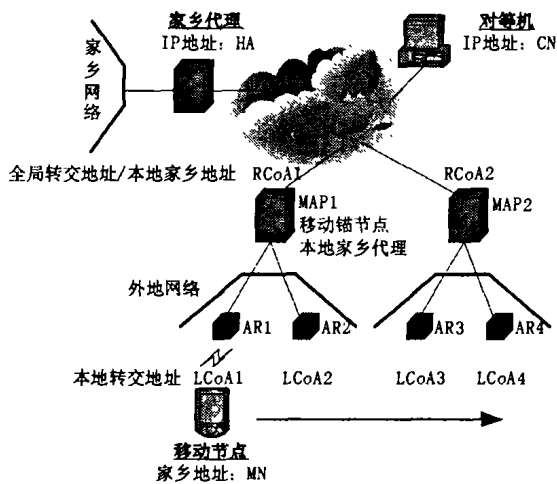


图3 分层移动 IPv6(HMIPv6)架构

移动节点在同一 MAP 域内的接入路由器间切换时, 其全局转交地址 (即本地家乡地址) 始终不变, 变化的是其本地转交地址, 因此移动节点只需向当前锚节点 (即本地家乡代理) 进行注册。只有节点发现自己移动到了一个新的 MAP 域并获得一个新的全局转交地址时, 它才需要向其家乡代理和对等机发送绑定更新信息进行注册。这样, 移动节点在同一 MAP 域内移动时, 既有效降低了切换时延, 又大大减轻了频繁切换给核心网络带来的信令负担。

该方案还有另外一些重要特征, 其一, 该分层架构允许有多层; 其二, 移动节点可同时在多个锚节点上注册, 并根据与其通信的对等机选择不同的锚节点, 这样有助于网络带宽的有效使用。

移动 IPv6 快速切换 (FMIPv6)<sup>[6]</sup>: 移动节点检测到自己发生移动后, 需要获得并配置新的转交地址, 才能向家乡代理和对等机发送绑定更新, 只有家乡代理和对等机成功处理了绑定更新, 移动节点才能通过新转交地址正常接收发送数据。因此, 切换时延包括两个方面: IP 连通时延 (包括移动检测时延和新转交地址配置时延) 以及绑定更新时延, 这一方案正是通过努力避开这些时延对移动节点切换的影响才得以实现。

如图 4 所示, 当移动节点通过旧接入点 (AP1) 连接在旧接入路由器 (PAR) 上时, 利用链路层机制获得当前可用的新接入点 (AP2), 然后获取对应的新接入路由器 (NAR) 信息, 包括子网前缀、IP 地址和 MAC 地址。移动节点根据新接入路由器的变化进行移动检测, 并可获得切换后可能使用的新转交地址 (NCoA)。移动节点向旧接入路由器发送快速绑定更新消息, 旧接入路由器再向新接入路由器发送切换初始化消息, 新接入路由器返回切换确认消息后, 旧接入路由器再向移动

节点返回快速绑定确认消息。这样, 新转交地址的使用得以确认, 并在新旧接入路由器之间建立一条临时 IP 隧道, 发送到旧转交地址的数据被重定向至新转交地址, 移动节点成功切换到新接入路由器。此时, 移动节点根据新转交地址向家乡代理和对等机发送绑定更新消息, 需要注意的是, 在绑定更新被正确处理之前, 移动节点通过临时 IP 隧道收发数据。

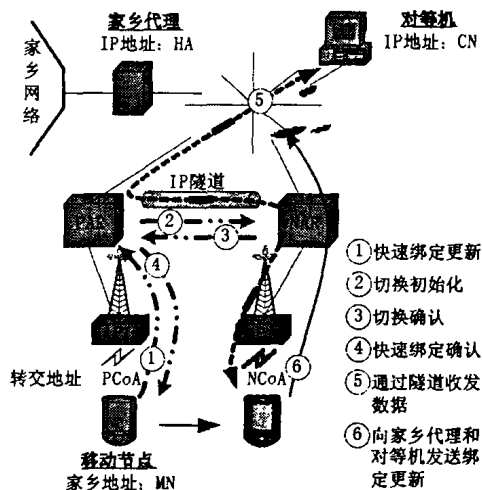


图4 移动 IPv6 快速切换(FMIPv6)架构

由于移动检测发生在切换之前, 新转交地址配置发生在切换之前或切换的同时, 而不是切换之后, 因此切换已不受 IP 连通时延的影响。并且由于绑定更新发生时移动节点可通过新旧接入路由器间的临时 IP 隧道收发数据, 绑定更新不会中断移动节点的数据传输。

### 3 信令系统的下一步工作

当前, IETF 的 NSIS (Next Steps of Signaling) 工作组正在开展 IP 信令协议的标准化工作, 他们建立了一个更加通用的分层信令框架<sup>[7]</sup>。如图 5 所示, NSIS 信令框架分上下两层, 上层是 NSIS 信令层, 包含具体的 NSIS 信令层协议 (NSIS Signaling Layer Protocol), 不同的协议实现不同功能的信令; 下层是 NSIS 传输层, 包含 NSIS 传输层协议 (NSIS Transport Layer Protocol), 该层提供一个通用的信令传输平台, 专门负责上层具体信令的传输。两层模型采用模块化的思想, 将信令的具体实现和信令的传输分开, 增强了信令系统的通用性, 简化了信令的接口设计, 也为新类型信令的发展创造了良好条件。NSIS 可以支持不同类型的信令, 比如 QoS 资源预留信令、middleboxes 相关信令及 NAT&Firewall 相关信令等。NSIS 将以 QoS 信令为第一个支持的信令实例, 充分利用现有 RSVP 协议的机制, 并对其进行简化, 在新的 NSIS 分层框架中实现资源的预留、释放及更新。

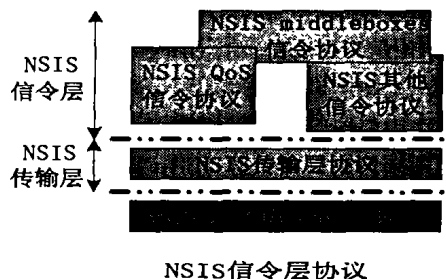


图5 NSIS 的分层信令框架

#### 3.1 NSIS 传输层

NSIS 工作组正在制定的通用互联网信令传输协议(General Internet Messaging Protocol for Signaling, GIMPS)<sup>[8]</sup>就是 NSIS 传输层协议的具体实现。GIMPS 对 NSIS 信令层具体协议的状态不予关心,它只负责维护自己的内部状态以及下层传输及安全相关协议的配置,并为上层具体信令协议提供一个通用的双向传输平台。如图 6 所示,GIMPS 可以选择多种 IP 传输层协议,并提供两种信令传输模式:基于连接的传输模式(如 TCP)和非连接的传输模式(如 UDP)。对于较长的、不能丢包或者对安全性要求较高的信令消息,采用基于连接的传输模式;而对于长度较短、不常出现并且对时延要求不高的信令消息,采用非连接的传输模式。此外,GIMPS 可以通过传输层和 IP 层的相关安全机制对信令的传输提供保护。

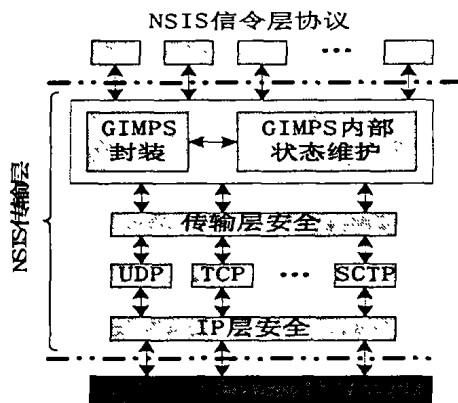


图 6 GIMPS 协议栈

当前,NSIS 主要考虑“路径耦合”式的信令模式,即信令的交互与状态信息的配置在数据传输路径经过的节点之间进行,不会涉及数据传输路径之外的节点,这一点和现存的 RSVP 信令类似。不过,NSIS 可以根据需要在某些节点之间进行信令交互,不必每次都像 RSVP 那样端到端进行。另外,NSIS 并不是不考虑“路径解耦合”式的信令模式,这一模式更有助于推出认证、计费等附加功能,不过这一点需要今后定义新的 NSIS 传输层协议来实现。如图 7 所示,每个 GIMPS 节点维护着一张消息路由状态表,可通过相应数据流标示、会话标示以及采用的信令类型等关键字获得上、下游节点的 IP,以便信令在各节点间交互。

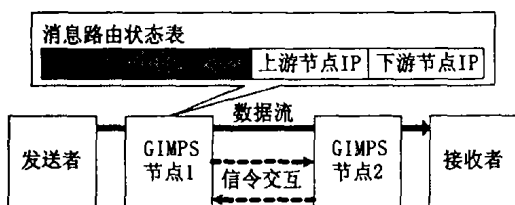


图 7 GIMPS 状态维护及信令交互

### 3.2 NSIS 信令层

信令系统用来对网络中节点的状态进行处理,既包括状态的管理(设置、更新、清除),也包括状态的监测。资源预留、防火墙配置等均属于状态管理,实时收集链路状态信息等属于状态监测。不同的功能对应着不同的 NSIS 信令层协议,NSIS 将以 QoS 作为第一个支持的信令实例(QoS-NSLP)<sup>[9]</sup>。如图 8 所示,QoS-NSLP 的设计很大程度上继承了 RSVP 的思想。此外,也采用软状态点到点刷新消息作为状态管理机制。QoS-NSLP 针对 RSVP 扩展性不好及复杂的缺点,对 RSVP 进行了简化,不再对组播提供支持,而只支持单播的资

源预留。另外,数据的发送者和接收者均可发起资源预留,预留可以是双向的,不再像 RSVP 那样仅限于接收者发起资源预留。而且,QoS-NSLP 允许在任意节点之间进行资源预留,不需要每次像 RSVP 那样端到端进行。由此可见,在 NSIS 分层框架上设计的 QoS-NSLP 汲取了很多 RSVP 设计的经验和教训,而这些问题正是 RSVP 经过多年的发展仍然没有得到普遍使用的根本原因。新的 QoS 信令结构更为简单,消息的处理更为灵活,对今后互联网 QoS 的研究和推广将起重要作用。

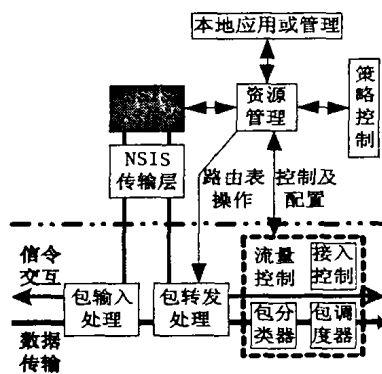


图 8 NSIS QoS 信令实例

## 4 NSIS 移动性支持的若干问题探讨

支持移动性是 NSIS 今后发展的重要环节,但是由于 NSIS 现在正处于基本框架标准的制定之中,很多基本性的问题仍然处于草案的讨论阶段,因此他们当前并没有太多精力在移动性支持方面做一些工作,而 NSIS 对移动性的支持又是必须考虑的重要方面。经过分析,当前 NSIS 在面向下一代移动网络时面临的主要问题有:

**网络拓扑变化导致的问题:**网络拓扑发生改变可能是由于路由发生了变化,也可能是由于移动节点的 IP 地址发生了变化,或者是由于网络中的某个节点或链路出现了问题。NTLP 需要快速获知问题的存在,并通知上层 QoS-NSLP,进行适当的本地修复,将旧的不再使用的链路拆除,重新预留新的链路。需要注意的是,这些工作尽量局部化,以降低通信恢复时延和信令代价。同时,可通过数据流标示、会话标示等状态信息避免资源的重复预留。

**交叉节点(CRN - Crossover Node)的快速发现:**新老链路的交叉节点在移动节点切换过程中起着至关重要的作用,包括新链路的建立和旧链路的释放,并能有效避免相同链路上的资源重复预留。然而,交叉节点的发现在移动节点切换时延中所占的比例却很大,耗时最长,因此,移动用户切换时,如何结合 NSIS 双层架构,快速有效地发现交叉节点是降低切换时延的关键。如图 9 所示,移动节点作为发送者和接收者时数据经过的链路是不对称的,因此,将出现两个交叉节点:上游交叉节点(UCRN)和下游交叉节点(DCRN)。交叉节点的发现既可以通过 NTLP 进行,也可以通过 NSLP 进行,或者结合两者来实现。交叉节点的判断依据在于 NTLP 和 NSLP 中维护的状态信息(包括会话标示、流标示、信令类型)以及信令收到和发出的网络接口。移动节点切换时,会话标示始终不变,而流标示会发生改变,因此,可以根据同一会话的流标示和网络接口的变化判断相应信令类型的交叉节点。需要注意的是,UCRN 的发现相对 DCRN 的发现较困难,主要原因在于信令在不同的网络接口送出时已经离开了 NSIS 处理模

块,无法被感知,需要考虑别的实现方案。交叉节点的发现时间及相关的信令代价是评价快速发现机制好坏的重要标准。

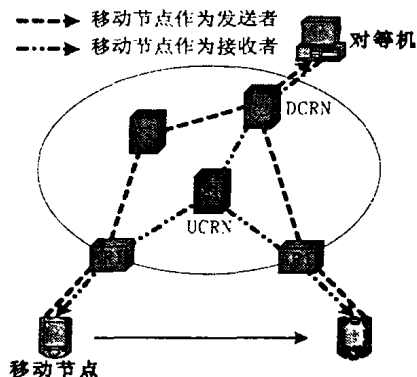


图9 交叉节点快速发现方案

**死去节点如何发现:**死去节点的出现可能是由于网络中间节点或链路出现了问题,或者移动节点在没有通知 NSIS 双层架构的情况下就关机或离开原来的接入点,造成节点联系不上。NSIS 在这种情况下应当尽快发现死去节点,并想办法恢复节点的通信,或者回收死去节点遗弃的预留路径,同时减小处理时延。可能的一种解决方案是发送周期性的探测消息,如果在一定的时间内没有收到移动节点确认消息就可判断为死去节点,并根据移动节点相关信息释放相应链路的资源。

**乒乓式移动:**有时移动节点会在两个网域之间来回移动,特别是当移动节点处于两个网域的交界处时,刚刚在一个网域预留的资源由于移动节点的离开又要被释放,这样的频繁切换势必增加 QoS-NSLP 信令的负担,切换时延也会很大。但是,如果不立刻释放预留又会造成本网络资源浪费,网络性能下降,阻塞概率增大。因此,当移动节点作乒乓式移动时,QoS-NSLP 如何对资源进行管理是一个值得商榷的问题。一种可能的解决方案是设置资源预留激活标示,标示置位表示预留的资源可用,标示清零表示预留的资源不可用,资源一旦预留,其后就无须经过完整的信令交互即可实现资源的预留和释放,可以大大减少切换时的信令代价和切换时延。当然,这一方案需要考虑激活资源预留时资源可能已被占用的情况。这一方案可以结合如图 10 所示的切换策略达到更好的效果,移动节点在基站 a 和 b 之间作乒乓式移动,两基站的辐射范围分别是  $R_a$  和  $R_b$ ,它们有一定的重叠区域,设定基站 a 和 b 的切换范围分别是  $L_a$  和  $L_b$ ,只有移动节点进入  $L_b$  范围 ( $P_b$  点)才会向基站 b 切换,进入  $L_a$  范围 ( $P_a$  点)才会向基站 a 切换。如果两基站的重叠区域足够大,且  $P_a$  和  $P_b$  两点相隔一定的距离,就可有效防止移动节点的频繁切换。这一切换策略需要一定的位置或信号强度监控机制,并能将监控结果通知 NSIS,使其在合适的时候实施切换。

**隧道支持:**与移动用户通信时,有些情况需要使用隧道。当数据通过隧道时,NSIS 无法获知数据的包头信息,在这样的情况下如何为移动用户预留资源。同时,多个移动用户共用隧道时又将如何预留和切换。对于前一问题,可以在数据进入隧道前将数据包头的部分信息复制到隧道封装头,或者采用隧道嵌套的方式为数据流预留资源。对于后一问题,QoS-NSLP 可以在隧道的两端点维护一张共用该隧道的数据流列表,某个数据流的资源被预留、释放或者更新之后,可以更新相应隧道的预留状态。

**安全问题:**NSIS 信令系统本身涉及到安全问题,当它面对移动网络时,其安全问题变得更为复杂。当用户发生切换时,在保证时延的情况下,既需要很好地保证 NSIS 信令的安全,又需要保证用户数据的安全。因此,兼容 NSIS 双层架构并支持移动性的验证、认证及加密机制的研究显得非常重要。

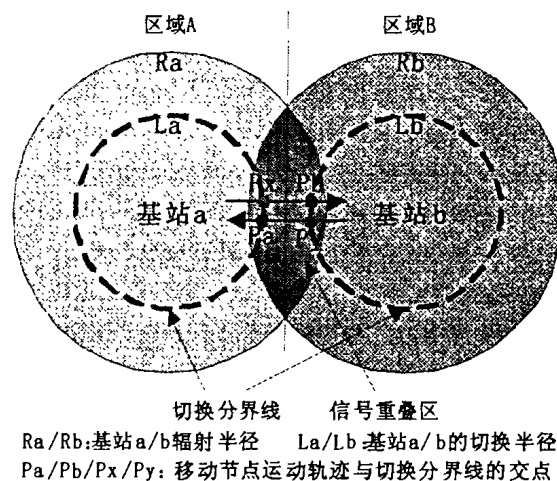


图10 乒乓式移动切换策略

**结束语及展望** 移动互联网是移动通信技术与互联网技术相结合的必然发展趋势,它能在不受信息源的限制和用户访问时位置限制的同时,以统一的标准向用户提供无处不在的信息网络服务,这其中具有潜在的、巨大的、不可抗拒的商业需求和市场。而新业务和新技术的应用需要移动互联网具有强大的信令系统支持。当前 IETF NSIS 工作组提出的分层信令框架,将信令的具体实现和信令的传输分开,增强了信令系统的通用性,简化了信令的接口设计,也为新类型信令的发展创造了良好条件,但是在面对下一代移动网络时仍然存在很多问题。对下一代移动互联网信令系统的基本移动性支持、通用性、可扩展性及性能评估等进行研究,顺应市场的需求,符合其发展趋势,有利于移动互联网的应用与普及,并将成为今后移动互联网的研究热点。

## 参考文献

- 1 Perkins C. IP Mobility Support for IPv4. IETF RFC3344, Aug. 2002
- 2 Perkins C. IP Mobility Support for IPv4, revised. IETF internet draft, draft-ietf-mip4-rfc3344bis-00 (work in progress), June 2004
- 3 Johnson D, Perkins C, Arkko J. Mobility Support in IPv6. IETF RFC3775, June 2004
- 4 Reinbold P, Bonaventure O. IP micro-mobility protocols. IEEE Communications Surveys and Tutorials, March 2003, 5(1): 40~57
- 5 Soliman H, Catelluccia C, Malki K E, Bellier L. Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6). IETF internet draft, draft-ietf-mipshop-hmipv6-02 (work in progress), June 2004
- 6 Koodli R. Fast Handovers for Mobile IPv6. IETF internet draft, draft-ietf-mipshop-fast-mipv6-02 (work in progress), July 2004
- 7 Hancock R, et al. Next Steps in Signaling: Framework. draft-ietf-nsis-fw-05(work in progress), Oct. 2003
- 8 Schulzrinne H, Hancock R. GIMPS: General Internet Messaging Protocol for Signaling. draft-ietf-nsis-ntlp-01 (work in progress), Feb. 2004
- 9 Van den Bosch S, et al. NSLP for Quality-of-Service signaling. draft-ietf-nsis-qos-nsip-03(work in progress), May 2004