

下一代无线网络中的移动性管理

周武

(中国科学技术大学电子工程与信息科学, 安徽合肥 230027)

摘要: 在 4G 全 IP 无线网络环境中, 提供无缝隙的移动性支持是严峻的挑战之一. 移动性管理协议可以在协议栈的不同层(如链路层、网络层、传输层及应用层)进行实现, 无论是在哪一层实现, 都有其优缺点. 从结构上看, 网络层是最适当的层, 但它需要修改协议栈; 而应用层上的移动性管理协议由于对低层特性是透明的, 似乎是一个很好的选择, 但它会引入较大的时延. 因此, 一个真正开放的、适应性强的、高效的移动管理方案是下一代无线系统亟待解决的问题.

关键词: 移动管理; 网络层; 应用层; 全 IP 网络

中图分类号: TN929. 5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2004) 12A-123-04

Mobility Management in Next-Generation Wireless Network

ZHOU Wuyang

(Dept. of Electronic Engineering and Information Science, University of Science and Technology of China, Hefei, Anhui 230027, China)

Abstract: Providing seamless mobility support is one of the most challenging problems towards the system integration of fourth generation (4G) all-IP wireless networks. Mobility management protocols can be operated in different layer (such as link layer, network layer, transport layer and application layer). Each of them comes with its own advantages and disadvantages according to the characteristics of its layer of operation. Architecturally, the network layer is the "right layer", but the protocol stack needs to be modified. Because of the transparency to the lower layer characteristics, application-layer mobility management protocol seems a good choice, but it introduces larger latency. Therefore, a real open, accommodative but still efficient mobility management solution is called for by the next-generation wireless system.

Key words: mobility management; network layer; application layer; all-IP network

1 引言

第四代移动通信系统将是一个集成的网络环境, 包含不同的无线接入技术和系统, 如数字广播、无线 LAN、GSM、IMT-2000、有线连接及新的空中接口等, 形成一个开放无线结构平台^[1]. 这样无论用户是在办公室、家里、高速公路或机场, 只要无线接入网存在, 用户终端就能无缝隙地接入到本地高速无线接入系统. 4G 网络的目标是取代目前核心网的多样性, 并用一个基于 IPv6 的全球统一的核心网标准. 不同的接入系统通过基于 IP 的核心网进行互连, 它们之间相互补充, 能够提供终端用户无缝隙的服务. 4G 网络的一个显著特征就是提供一个全 IP 的结构, 可随时随地连接到 Internet. 移动终端要么配备多种空中接口, 要么是一个基于软件无线电的空中接口, 以便使用一种或多种无线接入网接入到覆盖的网络, 并进行不同网络间的切换.

按照用户的移动范围, 切换可分为三类:

- ① 小区间切换(微移动性): 同一子网内不同基站间的移动.
- ② 子网间切换(宏移动性): 同一域内不同子网间的移动.
- ③ 域间切换(全球移动性): 在不同域间的移动.

移动性管理由位置管理和切换管理两部分组成. 当移动用户进行呼叫或分组传输时, 位置管理确保网络能够发现其

当前附接点. 如果移动终端在移动过程中改变其接入到网络的附接点, 切换管理应保证网络能够维持用户的连接.

移动性管理协议可以在不同的层进行实现, 如网络层^[2~8]、传输层^[9~11]和应用层^[12~15]. 无论是在哪一层实现, 都有其优缺点^[16]. 从结构上看, 网络层最适于为传输和应用提供移动性, 但存在入口滤波(Ingress filtering)及移动代理不易配置等问题; 传输层保证了端到端连接, 但需要修改核心网的传输层, 这就意味着固定主机为了要跟移动终端通信, 也要安装传输所需的协议软件. 同时, 传输层协议也是针对具体的传输层, 如面向 TCP 的协议只适于基于 TCP 的应用, 对 UDP 的业务和基于实时传输协议的应用就不能提供移动性. 绝大多数网络层和传输层机制都必须对移动主机的内核进行修改, 而应用层移动管理方案克服了这个问题, 而且它也是端到端的. 但它在处理协议消息时会引入的较大时延, 这对实时业务传输是非常不利的, 而且它还需要在低层有支持检测网络变化的能力.

2 网络层移动性管理协议

在 Internet 中, 主机只用 IP 地址唯一标识. 因此, 当一个网络级移动性协议运行在一个基于 TCP/IP 的网络中时, 上层就不必操心由于主机移动而导致的 IP 地址的改变. 虽然网络

层移动的概念是从移动 IP^[2] 建议开始的,但现在已经出现了很多不同的网络层移动性协议,如 HAWAII^[3]、CIP^[4]、HMIP^[5]、TeleMIP^[6]、EMA^[7]、IDMP^[17,18]等。每个协议都针对某些参数提高性能,基于它们的运行范围,这些协议大体上分为微移动性和宏移动性两类,微移动性协议工作在一个域内,而宏移动性协议跨域工作。

IETF 提出的移动 IP 协议是支持 IP 网络中宏移动性的一个标准,它有两个版本,即移动 IPv4 和移动 IPv6。移动 IPv4 协议是为移动节点提供一个近期的解决方案,它对静止的对应节点或路由器不需要协议升级。在 MIPv4 中,有三个功能实体:移动节点(MN)、本地代理(HA)和外地代理(FA)。MN 用一个其本地网的永久 IP 地址(也称为本地地址)进行配置,所有送给该 MN 的分组都传送给该地址。HA 是 MN 本地网中的一个路由器,它负责监测 MN 的当前位置。FA 是外地网中的一个路由器,MN 通过它得到一个新的临时地址,然后与 HA 进行注册。HA 和 FA 都称为移动代理。

移动 IPv4 的工作过程如下:当 MN 移动到一个网络时,它监听移动代理发出的广播信号。如果网络前缀改变了,MN 就意识到自己移动到了一个新的网络中,并尝试获取一个新的临时地址。该临时地址可以通过自动配置机制(如 DHCP)获取,也可以是 FA 的地址。前者称为配置转交地址(CCOA, Co-located Care-Of-Address),后者称为外地代理转交地址(FACOA, Foreign Agent Care-Of-Address)。如果 MN 得到的是 CCOA, MN 就用该地址作为源地址,通过与 HA 进行注册请求和注册响应的交换,完成与 HA 的注册过程。如果得到的是 FACOA, MN 就不能使用本地地址进行注册,而是通过 FA 将注册请求中继给 HA,一旦注册完成,HA 就截获送给 MN 的分组,使用 IP-in-IP 封装将这些分组通过隧道送给该 FACOA。对应的 FA 对这些分组解封



图 1 移动 IPv4 工作流程

然后再送给 MN,如图 1 所示。

相比 MIPv4 而言,MIPv6 体现了较大的技术优势:

- ① IPv6 有大量的 IP 地址资源,消除了 IPv4 中地址匮乏的问题;
- ② 不需要 FA。在 MIPv6 中,移动节点通过利用增强的 IPv6 的特征(如地址自配置和邻居发现等)进行地址配置,也不再需要 DHCP;
- ③ 集成了路由优化协议,避免了 MIPv4 中的三角路由问题;
- ④ 解决了路由器中入口滤波(ingress filtering)的问题。

由于移动 IP 协议是为宏移动性和相对移动较慢的移动主机设计的,它会导致切换过程中的中断以及由于频繁切换带来的大量的信令开销。当 HA 与移动节点相距较远时,完成一次更新所带来的时延也会较大。移动 IP 路由优化^[19]提供了对微移动性的支持,在这个提议中,上一个 FA(而不是 HA)将分组

转发给当前的 FA。但由于移动主机在不同的基站间移动时,其 CoA 每次都要改变,这样给 HA 和对应通信主机的通知仍是不可避免的。因此,对微小区或微微小区系统,由于移动主机改变其附接点(服务基站)很频繁,HA 的更新就成为快切换的瓶颈。另外,移动 IP 还缺乏寻呼机制,这样对空闲用户和通信用户就不能有效区别,空闲用户必须与通信用户产生相同的信令业务,当用户数较多时,就会带来大量的信令开销。

由于移动 IP 不适于蜂窝网环境,也不适于 LAN 或 PAN 网络环境,因此需要和其他协议相互补充来进行快切换的移动管理。目前已经提出了多种微移动性协议对 MIP 进行补充,来提供更快和更平滑的切换。HAWAII^[3]、蜂窝 IP^[4]、TeleMIP^[6]及 EMA^[7]是几个有代表性的协议。这些协议利用用户移动的位置,将切换或位置更新操作限制在移动节点附近。本地切换可进行本地管理,对 HA 和对应节点是透明的,同时宏移动性可通过移动 IP 管理,这样就可大大减少切换时延和 Internet 中的负载。

在移动 IP 的基础上开发微移动性协议,最有代表性的是分层移动 IP^[5]。无缝切换需要一个机制来确保当 MN 移动时能够迅速建立一个新的路径,并将旧的路径迅速删去,这样由于 MN 的移动所带来的分组丢失和传输时延就降到最小。当终端移动时,通常需要保持并更新每个终端的位置信息。而且,这些协议的可扩充性都受到了限制。有些协议(如带路由优化扩展的移动 IP、带隧道管理的分层移动 IP 等)是通过引入分层结构,并将域内移动性与域间移动性单独处理来解决切换时延问题,但这些协议都不能很好的解决位置管理问题。

与移动 IP 的微移动性协议相比,蜂窝 IP 和 HAWAII 不但包括切换解决方案,还包括带寻呼能力的位置管理,因此它们更适合于蜂窝网,CIP 和 HAWAII 都是分布式微移动性管理方案,当移动用户改变其附接点时,其 IP 地址并不改变。而且,蜂窝 IP 和 HAWAII 都可与 MIP 进行集成以支持宏移动性管理。

对任何一个微移动性管理方案,都需要一些类似于蜂窝网的信令(如注册、位置更新及寻呼等),另外,对实时业务还需要有高效的切换机制来确保分组传输中有较小的时延和丢包率。绝大多数协议都需要管理用户移动性的网络节点以分层的方式进行连接,其中一些(如 CIP、HAWAII、HMIP 等)甚至需要一个树状的分层结构。将分组到移动节点所需的信息就分布于这些网络节点中,这个分层结构的根部支持移动 IP 以进行宏移动性的管理,而枝叶部分主要管理微移动性。

微移动性协议广义上可分为分层隧道、特定主机转发及增强的移动路由三类,其中增强的移动路由协议是为移动 Ad Hoc 网(MANET)设计的,其路由器和主机都是移动的,因此不存在任何固定结构,这里不做讨论。

2.1 分层隧道

分层隧道方案是移动 IP 的扩展,其特征是树状结构的 FA。从 HA 发出的封装后的业务传送给根 FA,根 FA 进行解封,并根据 MN 当前附接点进行再封装,传送给适当的子 FA,如图 2 所示。当 MN 在这个树状结构中从一个分支移动到另一个分支时,就要在其共同的节点处进行位置更新(如图 2 中当

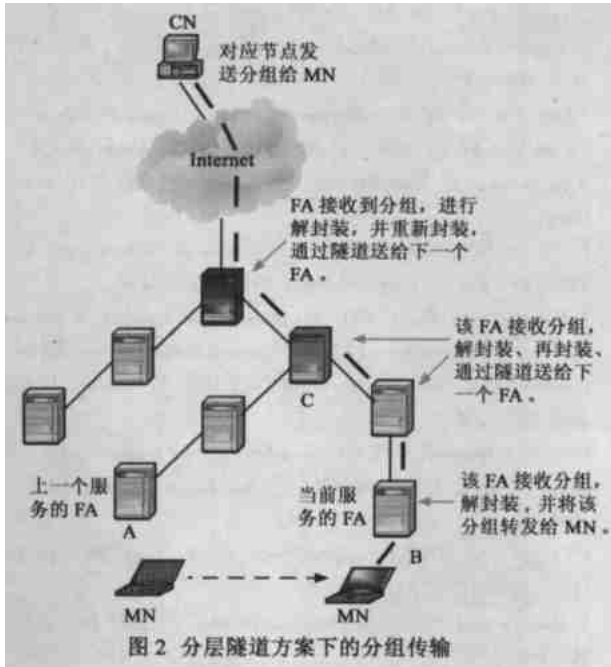


图 2 分层隧道方案下的分组传输

移动节点从 A 点移动到 B 点时,就在 C 点进行位置更新),这样就保证了业务能够正确路由。当移动主机在不同的接入点移动时,位置更新就在树状结构的最优点进行处理,并将业务路由到新的接入点。由于绝大多数位置更新是在本地接入网中进行的,因此信令负载和传输时延都大大减少。在 [20] 中,作者提出了一个动态的移动管理策略,即对不同的用户动态建立不同的分层,信令负载平均分布于整个网络。

使用分层隧道的微移动性协议包括分层移动 IP^[5] 及 TeleMIP^[6]。

2.2 特定主机转发

这类微移动性协议(如 HAWAII^[3]、蜂窝 IP^[4]等)使用路由更新方法,可以避免在每个 FA 处由于解封装和再封装所引入的开销。在这些协议中,基于主机的转发(而不是传统的基于网络 ID 路由)用于将分组路由到 MN 的当前附接点。转发数据库分布于不同的分层连接的网络节点中。这些方案通常会用信令来更新特定主机转发表,信令消息触发 IP 路由由表中特定主机转发入口的产生或消除。为了对分组进行转发,这类协议通常需要使用一个配置转发地址。

附接到本地网的移动节点或者使用网关(拓扑上类似于分层隧道方法中的根 FA) IP 地址作为其移动 IP 转发地址,或者通过 DHCP 等方法获取一个配置转发地址。网关负责将分

组转发给移动节点的附接点。在本地网之内,移动节点用其本地地址标识,数据分组用特定主机转发进行路由,不需要隧道或地址转换。

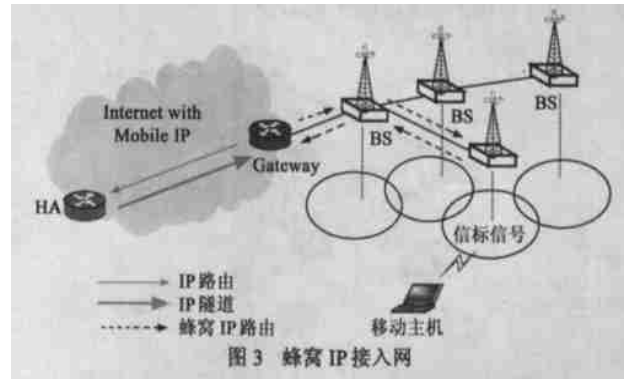


图 3 蜂窝 IP 接入网

图 3 表示通过蜂窝 IP 网关连接到 Internet 的一个蜂窝 IP 接入网。网关之间的移动性是由移动 IP 进行管理,而接入网内的移动性则仅由蜂窝 IP 管理。蜂窝 IP 接入网内的 BS 周期发射信标信号,移动主机使用这些信标信号确定最佳的 BS,并用该网关的 IP 地址作为其移动 IP 转交地址接入网络。每个信标信号都含有与 BS、蜂窝 IP 网络标识、网关 IP 地址及寻呼区域的 ID 等相关的第二层参数。分组首先路由到移动主机的本地代理,然后通过隧道送给网关。网关对这些分组解隧道,并转发给基站。在蜂窝 IP 网络中,移动主机是用其本地地址作为标识,数据分组在路由时不需要隧道或地址转换。

为了减少分组丢失,切换必须尽可能快及高效。切换管理引入了移动检测和 IP 路由更新两种类型的时延。移动检测时延可通过第二层(L2)触发切换来降低。为了减少路由更新时延,分层网络结构是一个较好的解决方案。表 1 列出了部分 IP 微移动性协议的一些特征。

3 应用层移动性管理协议

会话发起协议(SIP,Session Initiation Protocol)^[12]是应用层移动性协议。从结构上来说,由于应用层在协议栈的最高层,避免了网络层和传输层移动管理协议所涉及到的缺点(如次优路由,协议栈修改等)。这在下一代混合无线网络中将非常有用。SIP 中的主要实体有用户代理、代理服务器和重定向服务器。用户用 user@host 统一标识,其中 user 是用户名,host 是域名或 IP 地址。SIP 具有管理终端、个人和业务移动性的能力。

当终端移动位置时,无论是开始一个新的会话,还是在一个会话当中,终端移动性都需要 SIP 建立连接。前者情况对应

于呼叫前(pre-call)移动性,而后者指的是呼叫中(mid-call)的移动性。对于呼叫前移动性,通过发送一个 REGISTER 消息,移动主机用新的 IP 地址跟其本地网中的重定向服务器或 SIP 服务器进行注册;对于呼叫中的移动性,终端通过发送一个 IN-

表 1 IP 微移动性协议的一些特征

协议	切换类型	L2 触发切换	切换发起	涉及到的节点	更新手段	寻呼	隧道
CIP	半软 & 硬切换	支持	移动主机	所有 CIP 节点	数据分组	支持	不支持
HAWAII	转发 & 非转发方案	支持	移动主机	所有路由器	信令消息	支持	不支持
HMIP	层内 & 层间切换	不支持	移动主机	FA	信令消息	支持	支持
EMA	AR 和 BR 间的切换	支持	移动主机	所有路由器	数据分组	不支持	支持
TeleMIP	FA 和 GFA 间的切换	不支持	移动主机	所有路由器	信令消息	不支持	支持

VITE消息来通知对应主机有关自己的新IP地址及更新过的会话描述等信息.这个位置更新增加了一个单向时延.为了发送给移动主机的呼叫能转发到其新的IP地址,移动主机还必须跟其本地网中的重定向服务器注册.



SIP和移动IP也可以有效地结合在一起,形成一个混合MIP/SIP的解决方案^[21],如图4所示.这是一种分层的移动管理方案,它将局部移动性和全局移动性进行单独分开处理. SIP信令用于支持实时业务的域间移动性,而移动IP用于非实时业务,这样就能够满足各种不同类型服务的要求.两个协议之间的协同是在核心网和接入网之间的边缘即移动网关上完成的.来自于或接近于一个移动主机的业务是在域边缘的路由器上被分开.在移动网关上需要进行网络地址转换(NAT),因为根据所用的局部移动性协议(如CIP、HAWAII等),移动主机可在微移动性区域内用其本地地址进行识别,这样在终端主机上就不需要进行IP封装了.

4 结论

在4G全IP无线网络环境中,提供无缝隙的移动性支持确实是一个严峻的挑战.虽然目前已经从不同的角度提出了不同的移动性管理测量,但考虑到移动管理需求的多样性以及下一代无线系统的多元性,仍没有一种直接的方案可以解决.因为每种解决方案都有自己的优缺点,且自身可能都是不完善的.因此,一个真正开放的、适应性强的、高效的移动管理方案是下一代无线系统亟待解决的问题.

参考文献:

- [1] Janny Hu, Willie W Lu. Open wireless architecture—the core to 4G mobile communications [A]. Proceedings of ICCT '2003 [C]. Beijing, 2003. 1337 - 1342.
- [2] C Perkins. IP mobility support for IPv4 [Z]. IETF RFC3344. Aug. 2002.
- [3] R Ramjee, et al. HAWAII: A domain-based approach for supporting mobility in wide-area wireless networks [A]. IEEE International Conference on Network Protocols [C]. Toronto, 1999. 283 - 292.
- [4] C-Y Wan, et al. Design, implementation, and evaluation of cellular IP [J]. IEEE Per Comm. 2000, 7(4): 42 - 49.
- [5] E Gustafsson, et al. Mobile IPv4 regional registration [Z]. IETF RFC Draft. March 2002.
- [6] S Das, et al. TeleMIP: Telecommunication enhanced mobile IP architecture for fast intradomain mobility [J]. IEEE Per Comm. 2000, 7(4): 50 - 58.
- [7] A O'Neill, et al. Edge mobility architecture [Z]. IETF RFC Draft. March 2000.
- [8] I S Misra. MPLS based mobility framework in 4G architectures [A]. TENCON 2003 [C]. Bangalore, India, 2003. 670 - 674.
- [9] I Aydin, et al. Cellular SCTP: A transport-layer approach to internet mobility [A]. Proceedings of 12th International Conference on Computer Communications and Networks (ICCCN 2003) [C]. Dallas, Texas, 2003. 285 - 290.
- [10] D Maltz, P Bhagwat. MSOCKS: An architecture for transport layer mobility [A]. IEEE INFOCOM '98 [C]. San Francisco, 1998. 1037 - 1045.
- [11] P Conrad et al. SCTP in battlefield networks [A]. IEEE MILCOM '01 [C]. Virginia, USA, 2001. 289 - 295.
- [12] M Handley et al. SIP: Session initiation protocol [Z]. IETF RFC 2543, Mar. 1999.
- [13] E Wedlund, H Schulzrinne. Mobility support using SIP [A]. 2nd ACM/IEEE International Conference on Wireless and Mobile Multimedia [C]. Seattle, Washington, 1999. 76 - 82.
- [14] H Schulzrinne, E Wedlund. Application layer mobility using SIP [J]. Mobile Computing and Communications Review. 2000, 4(3): 47 - 57.
- [15] A Dutta, et al. Application layer mobility management scheme for wireless Internet [A]. IEEE International Conference on Third Generation Wireless and Beyond [C]. San Francisco, 2001. 379 - 385.
- [16] N Banerjee, et al. Mobility support in wireless internet [J]. IEEE Wireless Comm, 2003, 10(5): 54 - 61.
- [17] A Misra, et al. IDMP-Based fast handoffs and paging in IP-Based 4G mobile networks [J]. IEEE Comm Mag, 2002, 40(3): 138 - 145.
- [18] S Das, et al. IDMP: An intra-domain mobility management protocol for next generation wireless networks [J]. IEEE Wireless Comm Mag, 2002, 9(3): 38 - 45.
- [19] C Perkins, D Johnson. Route optimisation in mobile IP [Z]. IETF RFC Draft. Sep. 2001.
- [20] Wenchao Ma, Yuguang Fang. Dynamic hierarchical mobility management strategy for mobile IP networks [J]. IEEE JSAC, 2004, 22(4): 664 - 676.
- [21] C Pblitis, T Dagiuklas. The impact of mobility management schemes on the performance of multimedia services in All-IP Network Infrastructures [DB/OL]. <http://evolute.intranet.gr/het-net03.unis.pdf>.

作者简介:



周武雄 男, 1972年5月出生于安徽合肥, 博士, 中国科学技术大学副教授, 主要研究方向为个人通信与移动通信、通信中的信号处理. E-mail: wyzhou@ustc.edu.cn.