

## IP 微移动的切换管理

沈波<sup>①</sup> 刘云<sup>②</sup>

<sup>①</sup>(北京交通大学系统科学研究所 北京 100044)

<sup>②</sup>(北京交通大学电子信息学院 北京 100044)

**摘要:** IP 微移动是一种能够在移动过程中有效改善移动节点通信质量的移动性管理方式, 其核心部分为切换管理。该文首先分析了 IP 微移动的切换过程, 并从网络层切换和链路层切换的关系及其交互性的新视角提出了切换管理的分类方法, 详细分析和研究了目前典型的 IP 微移动协议的特点和存在的问题, 并给出对这些协议的性能比较, 最后讨论了 IP 微移动切换管理的未来研究方向。

**关键词:** 移动 IP; 微移动; 切换; 切换管理

中图分类号: TP33

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2008)11-2767-04

## A Survey of the Research on IP Micro-Mobility Handoff Management

Shen Bo<sup>①</sup> Liu Yun<sup>②</sup>

<sup>①</sup>(Institute of Systems Science, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

<sup>②</sup>(School of Electronics and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** IP micro-mobility is one of the mobility management methods that can improve the communication quality during movement of mobile nodes. Handoff management is its key technology. In this paper, a comprehensive survey on IP micro-mobility handoff management is given. A new classification of handoff management, from the viewpoint of relationship and interaction between network-level handoff and data-link-level handoff, is introduced. Further, the characteristics and problems of some representative IP micro-mobility handoff protocols are analyzed in detail, and the comparison results are given also. Finally, future research directions of IP micro-mobility handoff management are discussed.

**Key words:** Mobile IP; Micro-mobility; Handoff; Handoff management

### 1 引言

近年来, 随着无线技术的日益成熟和广泛应用, 在移动过程中进行 Internet 连接的接入方式正在被人们所接受。研究如何实现对移动性的支持, 并为移动用户提供与固定接入方式相近的网络通信质量, 已经成为 Internet 接入技术发展的重要研究方向。

移动IP技术<sup>[1]</sup>是目前解决移动中通信持续性问题的核心技术之一。当节点在子网间频繁移动时, 切换过程仍会产生很大时延, 导致网络服务质量大幅下降。为了解决这些问题, 人们提出了微移动的概念。微移动的目的是在一定移动范围(域)内对节点的移动性加以屏蔽, 以减少节点发送地址更新消息的次数, 减少隧道重建过程发生的频率, 进而减小切换时延。在IP微移动中, 切换管理是实现协议目标的核心内容。目前, 虽然人们已经提出了许多方法, 但许多问题还没有得到很好的解决, 仍然值得深入研究。

本文针对 IP 微移动协议的切换管理进行综合研究, 分析了当前典型的微移动切换方法的优缺点, 并从链路层切换和网络层切换发生的顺序与关系的角度, 研究了如何实现 IP 微移动切换管理最终目标的方法。最后讨论了今后的研究方

向。

### 2 微移动与切换过程

在IETF的定义中<sup>[2]</sup>, IP微移动被宏观地描述为移动节点(Mobile Node, MN)在一个小的区域内的移动过程。图 1 说明了微移动的基本思想。图中路径①表示MN离开家乡链路, 并进入子网 2 的情况。在这个过程中, MN需要向家乡代理(Home Agent, HA)进行区域注册, 属于基本移动IP定义的过程。当MN沿路径②所示的方向进入子网 3 时, MN

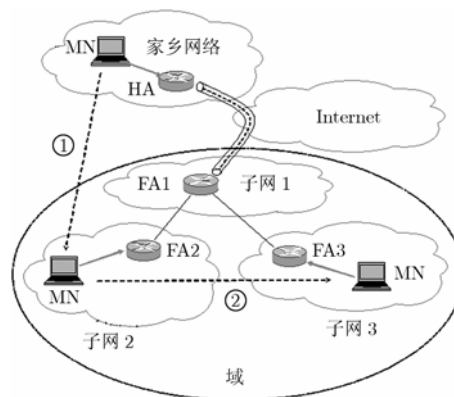


图 1 IP 微移动

的移动被认为是域内的移动,此时MN的位置变化信息和绑定更新信令只传递给外地代理(Foreign Agent, FA)FA1,从而避免了HA与FA1之间的隧道重建以及绑定更新信令穿越Internet,称为微移动。MN在域内进行微移动时,HA并不知道MN的位置发生了改变。所以对于MN所在域以外的网络来说,微移动协议实现了对MN移动性的屏蔽。

### 3 IP微移动的切换管理

#### 3.1 IP微移动切换管理需要解决的问题

同移动IP一样,微移动中MN改变与网络的附着点的过程也是影响通信性能的关键环节,称为切换过程。切换过程中时延是影响通信质量的重要因素。因此,改善切换性能是IP微移动切换管理的主要研究内容<sup>[3-5]</sup>。为此需要研究并解决以下问题:

(1)检测与预测MN的位置变化情况 无论是链路层还是网络层,目前的切换检测方法都属于被动检测的范畴,需要在节省资源与提高效率之间进行平衡,因此如何在减小资源消耗的前提下尽可能缩短检测间隔是一个值得深入研究的问题<sup>[6,7]</sup>。

(2)转交地址(Care-of Address, CoA)的构造与绑定更新过程 移动IP的CoA构造、唯一性检查以及向HA和通信对方(Correspondent Node, CN)进行注册与绑定更新的过程是造成网络层切换时延的重要原因。在切换管理中如何妥善解决这些问题将直接关系到网络切换性能的提高程度。

(3)MN的数据路由方式 在微移动区域中,MN的数据路由方式主要与它的CoA构造方式有关,包括隧道方式、特定主机路由方式和一般路由方式等。如何有效地将切换管理与数据路由相配合,也是一个需要深入研究和解决的问题。

(4)链路层切换与网络层切换的互操作 充分利用链路层切换的信息有助于快速完成网络层的切换。然而层间独立性原则使得链路层与网络层之间很难进行互操作。如何突破这一限制,同时又尽可能保持层间独立性是一个具有挑战性的问题。

#### 3.2 新的切换分类方式

IP微移动的切换是一个复杂的过程,切换过程涉及到链路层切换和网络层切换两种行为,均会对通信造成影响,为研究这些影响与切换行为之间的关系,本文从链路层切换与网络层切换发生的顺序和相互关系的角度,提出了以切换顺序为考察重点的新的分类方法:

(1)顺序切换(A方式) 顺序切换是最基本的切换方式,即先完成链路层切换,然后进行网络层切换。A方式具有层间相互独立的特点,但切换时延较大。符合A方式的典型方法有Cellular IP<sup>[8]</sup>,Hawaii<sup>[9]</sup>,TeleMIP<sup>[10]</sup>和Anchor<sup>[11]</sup>等。

(2)延迟切换(B方式) 延迟切换是指MN在切换期间,利用链路层触发器(L2 trigger)机制<sup>[3]</sup>,只进行链路层切换,

而网络层切换被延迟到通信过程中的方法。B方式使绑定更新与通信并行完成,降低了网络层切换时延的影响。典型的方法有HMIPv6<sup>[12]</sup>,Proactive Handoff<sup>[13]</sup>和Fast Handovers<sup>[14,15]</sup>等。

(3)预先切换(C方式) 预先切换也使用链路层触发器机制。当收到链路层触发消息时,MN立即向原AR发出切换请求。原AR在链路层切换开始前,代替MN构造新的CoA。C方式也减少了网络层移动检查的信令负担和CoA唯一性验证的时延。具有C方式特征的切换方法有HMIPv6<sup>[12]</sup>,Fast Handovers<sup>[14,15]</sup>,IDMP<sup>[16]</sup>,EMA<sup>[17]</sup>和Semisoft Handoff in Cellular IP<sup>[18]</sup>等。

(4)逆序切换(D方式) 逆序切换也采用链路层触发器来启动网络层的切换过程,并且除了构造新CoA外,还要在链路层切换完成前对HA,GFA(Gateway Foreign Agent,外地代理网关)和RFA(Regional Foreign Agent,区域外地代理)等进行CoA的绑定更新。在逆序切换中,时延被限制在链路层切换造成的时延范围内。具有D方式特点的切换方法包括Fast Handoff<sup>[19]</sup>和SHIP<sup>[20]</sup>等。

从链路层切换与网络层切换发生顺序的角度对切换方式进行分类能够更好地揭示切换算法的本质,从整体上把握切换算法在提高切换性能方面的潜力。

## 4 典型的IP微移动切换管理协议与算法

### 4.1 顺序切换

Cellular IP<sup>[8]</sup>是一种典型的顺序切换的IP微移动协议,采用蜂窝网络的概念对MN进行组织。当MN首次进入一个Cellular IP网络时,MN使用网关的IP地址作为CoA向HA进行注册。当MN在基站间进行域内切换时,MN发往网关的路由更新数据包会被新基站以及中间Cellular IP节点路由到网关。

Cellular IP的优点是通过蜂窝结构的模式把网络组织成一种具有两个层次的分层结构,从网络拓扑上简化了对MN进行位置管理的过程。另外,在一个Cellular IP网络内部,数据包按最优路由进行传递。Cellular IP最显著的缺点是切换过程产生的时延较长,虽然位置管理过程已经得到了简化,但顺序切换的切换管理方式仍然需要较长的时间来完成注册和位置更新等操作。

### 4.2 延迟切换

HMIPv6<sup>[12]</sup>中采用的Fast Handovers<sup>[14]</sup>的第一类切换方法是延迟切换的代表,其分层结构的最高层是一个被称为“移动性锚点(Mobility Anchor Point, MAP)”的AR。当MN在域内子网间切换时,只需要向MAP注册局部地址。MN首先只进行链路层切换,并保持原来的CoA不变。链路层切换结束后,在通信的持续进行中,MN再进行网络层切换。

HMIPv6的延迟切换实现了链路层和网络层的并行切

换,有效缩短了切换的整体时延。HMIPv6 的分层机制和 MAP 点的引入加重了三角路由问题;切换中对数据的缓存过程增加了数据在时间上的抖动。

### 4.3 预先切换

Semisoft Handoff in Cellular IP<sup>[18]</sup>定义了一种称为半软数据包(semisoft packet)的消息,用于进行切换的准备工作。同时还定义了一种称为交叉节点的实体(路由器),负责切换前后的数据路由。当MN收到一个新基站广播的信标消息时,它首先向该基站发送一个半软数据包。通过该数据包,MN请求新基站在实际切换发生之前创建路由缓存映射。

Semisoft Handoff 所提出的半软数据包机制和交叉节点路由方式是其不同于其它算法的具有创造性的特征,有效减小了切换的时延。由于交叉节点是被动态选出的,它十分有利于缩短域内数据转发路径的长度。相反,当 MN 出现 Ping-Pong 现象时,Semisoft Handoff 将难以适应。

### 4.4 逆序切换

SHIP<sup>[20]</sup>是一种网络层的软切换协议。当MN进行切换时,同时与两个接入点(Access Node, AN)保持连接。与传统的在物理层进行数据同步的方法不同,SHIP在网络层对两条链路转发来的数据进行处理。当在移动中收到链路层的切换触发时,MN通知AN和转发代理进入软切换状态。转发代理对这一状态进行记录,并同时与两个AN进行数据路由。当MN完成切换后,再通知AN和SHIP-FA离开软切换状态,结束对数据的双重转发。SHIP具有切换时延短、切换中不丢包的显著优点,但这需要双链路的支持才能实现。

### 4.5 分析与比较

以上对几种典型的微移动协议进行了分析,可以看出,它们具有以下共同特点:

(1)在微移动的域边界使用网关,屏蔽域内 MN 的移动

性。使用网关存在两大问题,一是所选出的数据路由不一定是最优路由;二是当有多个 MN 通过网关进行通信时容易造成网关的负担过重,使之成为故障点。

(2)特定主机路由是一些协议中使用的域内数据转发方式。与隧道方式相比,特定主机路由可以提供优化的数据路由,但存在扩展性方面的问题。

(3)为减少和避免切换中的数据丢失,上述协议多采用隧道从原子网向新子网转发数据。实现这种方式的前提是链路层能够为网络层切换提供触发机制,因此需要有特定的网络环境加以支持。

表 1 给出了关于上述协议的比较。

## 5 未来的研究方向

切换管理是 IP 微移动协议的核心内容之一,虽然已有许多关于切换管理的研究成果,但是每种算法或协议都只是针对切换过程的某些方面的改进,目前还没有非常完善的方案。对于 IP 微移动的切换管理问题,笔者认为需要在下列方面开展进一步的深入研究:

(1)在微移动的切换过程中,采用链路层与网络层相结合的快速切换是提高切换性能的有效方法。如何实现链路层切换与网络层切换之间的有效配合,是一个需要重点研究的问题。

(2)对链路层和网络层切换过程中的细节问题仍需要进一步研究,例如移动检测问题、隧道和特定主机路由等数据包转发方式的效率和扩展性问题、切换对安全性和服务质量的影响问题等。

(3)由于节点的移动具有随机性和任意性,节点在子网边缘移动时产生的 Ping-Pong 效应不可忽视,然而从上述对主要微移动协议的分析可以看出,对这一问题的考虑还较少。

表 1 微移动协议比较

协议	类型	触发器	切换控制	数据路由	绑定更新方式	MN 地址
HMIPv6	B 或 C	是	硬切换	隧道	信令消息	CoA
Cellular IP	A	否	半软切换	隧道	数据包	Home address
Proactive Handoff	B	是	硬切换	隧道	信令消息	CoA
Fast Handovers	B, C 或 D	是	硬切换	逐跳或隧道	信令消息	CoA
Hawaii	A	否	硬切换	隧道	信令消息	CCoA
TeleMIP	A	否	硬切换	隧道	信令消息	CoA 或 address of FA
EMA	C	是	硬切换	逐跳	信令消息	CoA
Semisoft Handoff	C	是	半软切换	逐跳	信令消息和数据包	CoA
SHIP	D	是	软切换	逐跳	信令消息	CoA

## 6 结束语

本文对 IP 微移动切换管理所要解决的问题、协议性能评价标准和分类方法进行了分析与讨论, 深入剖析了切换的过程, 并对现有的 IP 微移动切换算法和协议进行了综述, 研究了这些协议的适用范围、优越性以及存在的缺陷和问题。从链路层切换和网络层切换的关系这一角度, 给出了一种新的分类标准, 讨论了每种微移动协议在该分类角度上的特点。对已有典型协议的分析表明, 除了对切换过程中的每个环节进行改进外, 从链路层切换与网络层切换发生顺序的角度对切换过程进行控制是提高切换性能的有效手段。

## 参 考 文 献

- [1] Perkins C. IP mobility support. RFC2002, IETF, October 1996.
- [2] Manner J. Mobility related terminology. RFC 3753, IETF, June 2004.
- [3] Montavont N and Noel T. Handover management for mobile nodes in IPv6 networks. *IEEE Communications Magazine*, 2002, 2(1): 38-43.
- [4] 唐宏, 吴中福, 聂能. 宏移动协议和微移动协议的注册性能比较. *计算机学报*, 2003, 26(6): 765-768.  
Tang Hong, Wu Zhongfu, and Nei Neng. A comparison of registration performance between macro-mobility proposal and micro-mobility proposal. *Chinese Journal of Computer*. 2003, 26(6): 765-768.
- [5] Campbell A T and Gomez J. IP micro-mobility protocols. *ACM SIGMOBILE, Mobile Compute and Communication Review*, 2001, 4(4): 45-54.
- [6] Sharma S, Zhu N, and Chiueh T. Low-latency mobile IP handoff for infrastructure-mode wireless LANs. *IEEE Journal on Selected Areas in Communication*, 2004, 22(4): 643-652.
- [7] 沈波, 刘云, 张宏科. 一种新的 WLAN 环境下移动 IPv6 的低时延切换方法. *电子学报*, 2005, 4(33): 590-595.  
Shen Bo, Liu Yun, and Zhang Hongke. A novel scheme of low-latency mobile IPv6 handoff for wireless LANs. *Acta Electronica Sinica*, 2005, 4(33): 590-595.
- [8] Campbell A T, Kim S, and Gomez J, *et al.* Cellular IP. Internet Draft, draft-ietf-mobileip-cellularip-00.txt, IETF, December 1999.
- [9] Ramjee R, Varadhan K, and Salgarelli L, *et al.* HAWAII: A domain-based approach for supporting mobility in wide-area wireless networks. *IEEE/ACM Trans. on Networking*, 2002, 10(3): 396-410.
- [10] Das S, Misra A, and Agrawal P, *et al.* TeleMIP: Telecommunications-Enhanced mobile IP architecture for fast intradomain mobility. *IEEE Personal Communications*, 2000, 7(4): 50-58.
- [11] Dommety G and Ye T. Local and indirect registration for anchoring handoffs. Internet Draft, draft-dommety-mobileip-anchor-handoff-02.txt, IETF, July 2001.
- [12] Soliman H, Castelluccia C, and Malki K E, *et al.* Hierarchical mobile IPv6 mobility management (HMIPv6). RFC 4140, IETF, 2005.
- [13] Calhoun P, Akhtar H, and Qaddoura E, *et al.* Foreign agent assisted hand-off. Internet Draft, draft-calhoun-mobileip-proactive-fa-03.txt, IETF, November 2000.
- [14] Koodli R. Fast handovers for mobile IPv6. RFC 4068, IETF, 2005.
- [15] Koodli R. Fast handovers for mobile IPv6. Internet Draft, draft-ietf-mipshop-finipv6-rfc4068bis-00.txt, IETF, May 2006.
- [16] Misra A, Das S, and McAuley A, *et al.* IDMP: An intra-domain mobility management protocol using mobility agents. Internet Draft, draft-misra-mobileip-idmp-00.txt, IETF, July 2000.
- [17] O'Neill A, Tsirtsis G, and Corson S. Edge mobility architecture. Internet Draft, draft-oneill-ema-02.txt, IETF, July 2000.
- [18] Lee J, Kimura S, and Ebihara Y. Advanced semisoft handoff method of cellular IP access networks. *IEEE Proceedings of 18th International Conference on Advanced Information Networking and Application*, Fukuoka Japan, AINA, 2004, 2: 407-412.
- [19] Malki K El and Soliman H. Fast handoffs in MIPv6. Internet Draft, draft-elmaki-handoffsv6-01.txt, IETF, November 2000.
- [20] Hamdaoui B and Ramanathan P. A network-layer soft handoff approach for mobile wireless IP-based systems. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2004, 22(4): 630-642.

沈波: 男, 1971年生, 博士后, 研究方向为复杂系统与复杂网络、网络交通流、IP路由理论与移动IP组播等。

刘云: 女, 1955年生, 教授, 博士生导师, 研究方向为系统仿真、通信网理论、信息安全理论、智能交通等。