

# 微观移动协议的比较和评估

许小刚 赵 晨 夏 勤 顾冠群

(东南大学计算机网络研究室 南京 210096)

## Comparisons and Evaluations of Micro-Mobility Protocols

XU Xiao-Gang ZHAO Chen, XIA Qin, GU Guan-Qun

(Computer Network Research Division, Chinese Southeast University, Nanjing 210096)

**Abstract** The paper provides the comparisons of key technologies of Micro-Mobility protocols in detail; then it deduces the formulas of loads and extensivities of protocols.

**Keywords** Mobile IP, Micro-mobility protocols, CIP, HFA, Hawaii

### 1. 介绍

Internet 的无线访问(即 IP 指出主机的移动)是目前计算机网络研究的一个热点,目前所提出的 Mobile IP 是为支持主机移动而提出的。它提出了一种简单的、可扩充性很强并且与现有的网络有很强兼容性的框架,但是它的提出是单纯地从计算机网络的角度去看主机的移动,并没有考虑到下层电信网络和移动主机的特点等方面的因素,因此 Mobile IP 存在着很多缺点需要解决。

微观移动协议(Micro-Mobility Protocols)就是针对 Mobile IP 存在的问题而提出的解决方案,即通过处理主机的局部移动,来支持快速、平滑的移动切换;减少网络中移动性相关的控制流量。微观移动协议的关键技术是:快速平滑的移动切换机制;地址的分配与管理机制;分组转发机制;位置管理机制(路径的建立、维护和更新);此外还应注意:寻呼机制(被动连接)以及安全机制等内容。

根据域内分组转发机制的不同,微观移动协议主要有两种分类:(1)代理结构(Proxy-Agent Architecture, PAA);包括层次隧道协议、层次移动 IP 等;(2)局部路由优化机制(Localized Enhanced-Routing Schemes, LERS),包括 MMP、CIP 和 HAWAII。

本文从多种微观移动协议中选出有代表性的三种(层次移动 IP, HFA; Cellular IP, CIP; Hawaii)与 Mobile IP 进行比较。

### 2. 协议设计关键技术比较

• 分组转发机制 分组转发是指分组是如何到达和离开移动主机的。

对于传统的 Internet, 分组转发是基于地址前缀的方法使分组沿着最短路径传输的,因为在传统的 Internet 中,主机的地址起着两重作用:主机本身的标识,主机位置的标识,由于地址的这两重作用使得查找主机变得方便,因为地址部分本身就包含了主机位置的信息。

对于标准的 Mobile IP 来说,每个移动主机有两个地址:Home 地址和转交地址(COA)。Home 地址是指移动主机在 Home 域中的地址即移动主机在整个 Internet 中的标识即全局地址(Global Address)。转交地址是移动主机在当前域中的临时地址,是标识移动主机当前所在位置的地址也称局部地址(Local Address)。Mobile IP 的分组是不可以使用 OSPF 的,因为在主机移动时它的 COA 是变化的,因此 OSPF 的最短路径也是变化的,而且报文首先要到达移动主机的 Home 域,然后再用 HA 转发到当前移动主机所在的位置。

对于微观移动协议来说,我们讨论的分组转发机制是指分组在局部域中是如何到达和离开移动主机的。具体地说就是指报文从进入局部域后是如何到达,以及从移动主机发送出的报文是如何离开局部域的。

• 位置管理机制 位置管理是指路径的建立、更新和维护。对于微观移动协议来说,位置管理是指在局域域内部的固定结点中存放 MH 位置相关的信息,以便报文可以路由到 MH。通常路径是通过某种报文或数据报文中的某些信息来建立的。网络结点中存放的信息通常是一个转发表,转发表的内容基本上是按照〈主机 IP 地址,下一跳〉格式。位置管理机制不同的地方多是这些转发表的维护和更新,这包括通过什么样的机制来更新维护转发路径,是否是“软状态”方式维护,转发路径的有效性(即超时机制),新路径建立时旧路径如何处理等等问题。

键技术。

### 参 考 文 献

- 1 Perkins C, et al. RFC 2002, IP Mobility Support. Oct. 1996
- 2 Gustafsson E, et al. Mobile IP Regional Registration. draft - ietf - mobileip - reg - tunnel - 03. txt
- 3 Campbell A, et al. Cellular IP. draft-ietf-mobileip-cellularip-00. txt, Dec. 1999
- 4 Campbell A, et al. Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP. IEEE Personal Communications, Aug. 2000
- 5 Ramjee R. HAWAII: A Domain-based Approach for Supporting Mobility in Wide-area Wireless networks

- 6 Ramjee R, Porta T L. IP micro-mobility support using HAWAII. draft - ietf - mobileip - Hawaii - 00. txt, 25 Jun 1999
- 7 Das S. TeleMIP: Telecommunications-Enhanced Mobile IP Architecture for Fast Intradomain Mobility. IEEE Personal Communications. Aug. 2000
- 8 Eardley P, et al. A Framework for the Evaluation of IP Mobility Protocols
- 9 Campbell A T. IP Micro-Mobility Protocols. COMET Group, Center for Telecommunications Research Columbia University
- 10 Mihailovic A, Shabeer M. Multicast For Mobility Protocol (MMP) For Emerging Internet Networks
- 11 Mihailovic A, Shabeer M. Sparse mode multicast as a mobility solution for internet campus networks

• 切换管理机制 电信网中,切换(Handover或Handoff)是指移动终端在不同的基站之间移动时,在网络中需要一种管理机制来解决由于切换带来的通信中断,网络中终端位置信息改变和计费等问题。在微观移动协议中,主要的问题是由于切换导致报文延迟和大量的分组丢失情况,所以微观移动协议要求切换应该是快速、平滑的即没有特别大的延迟和没有分组的丢失。

• 支持空闲主机 其好处有:减少网络中的协议负载(包括信令、路由搜索和内存需求);节省 MH 的电池。通常使用 Paging(寻呼机制或称作被动连接)。寻呼机制可以减少空闲 MH 的刷新、更新频率。

• 对移动主机的要求 就是指在现有的 MH 中需要加入什么来支持移动性路由结构的建立和更新。Mobile IP 提出了一个参考的方案,MH 最少要执行的操作:注册地址,检测移动和刷新注册。

• 核心网络接口的要求 这个问题定义了访问网络中 Gateway 路由器的功能。Gateway 是全局和区域移动性的转接点。它可以包括如下功能:连接局部和全局移动性、地址映射、隧道管理、移动协议的控制中心。

• 安全性问题 移动性和无线访问网络提出了复杂的安全性问题,用户进入访问网络需要鉴定,路径更新需要鉴定,请求需要鉴定,应该保护用户的隐私,访问网络的拓扑应对移动主机隐藏,需要与 IPSec 的互操作等方面。

下面给出上面比较的表格:

表 1 简单的比较(参见文[9])

|             | 层次移动 IP  | Cellular IP | Hawaii   |
|-------------|----------|-------------|----------|
| 对应的 OSI 层   | 第 3.5 层  | 第 3 层       | 第 3 层    |
| 操作的节点       | FA       | 所有的 CIP 节点  | 所有的路由器   |
| 移动主机标识      | Home 地址  | Home 地址     | C/O 地址   |
| 中间节点        | 第 3 层路由器 | 第 2 层交换机    | 第 2 层交换机 |
| 支持第 2 层触发切换 | 不支持      | 可选          | 可选       |

表 2 关键技术的比较(参见文[8])

| 比较问题     | 层次移动 IP                | Cellular IP                            | Hawaii                |
|----------|------------------------|----------------------------------------|-----------------------|
| 分组转发机制   | 隧道,封装                  | 逐跳的上行、下行路径方式                           | 特定路径转发,主机与基站之间为封装报文   |
| 位置管理基站   | 报文中的地址扩展与访问列表          | 通过路由 Cache 和 Paging Cache              | 通过特殊的路径建立机制,保存报文地址转发表 |
| 切换管理机制   | 不支持快速、平滑切换             | 支持硬切换和 Semi-soft 切换                    | 支持转发和非转发的切换机制         |
| 对空闲主机的支持 | 不支持                    | 支持                                     | 不支持                   |
| 对移动主机的要求 | 有地址扩展能力和 MN-GFA 鉴定扩展能力 | 发送特殊的控制报文(Route Update, Paging Update) | 有 Co-located C-OA 的扩展 |
| 对网关的要求   |                        | 网关执行过滤器,控制器                            |                       |
| 安全性      | 增加结点之间的鉴定,并使用封装        | 网关处加入防火墙                               |                       |

3. 协议的理论评估

这里我们只讨论 Cellular IP, Hawaii 协议和标准的 Mobile IP。

3.1 协议负载计算模型

我们推出 Mobile-IP, HAWAII 和 Cellular IP 的更新、刷新的系统处理负载。这部分的推导主要借鉴了文[5]中的推导过程。文[5]给出了 Mobile IP 和 Hawaii 的计算公式,我们推导出 Cellular IP 的计算公式。

假设 1 每个基站周长为  $L_B$  的正方形(Square),覆盖面积是:  $L_B^2/16$ 。假设有  $B_D$  个基站,它的覆盖面积为  $L_B^2 B_D/16$ 。 $\rho$  是活动用户的密度。那么这个域的用户数为:  $N = \rho L_B^2 B_D/16$ 。

假设 2 用户移动方向是均匀分布在  $[0, 2\pi]$ , 并使用文[14]中给出的 Fluid flow mobility model, 计算公式和推导出用户穿过边界的频率是  $R(l) = \rho v l / \pi$ 。

Mobile-IP 的 HA 上的处理负载

$$CPU_M = P_{MU} M_U + P_{MR} M_R = P_{MU} \frac{\rho v L_B B_D}{\pi} + P_{MR} \frac{\rho L_B^2 B_D}{16 T_M}$$

$P_{MU}$  和  $P_{MR}$  为 Mobile-IP 注册更新和 renewal 的 CPU 处理时间。

HAWAII 的 Domain Root Router 的负载处理为:

$$\begin{aligned} CPU_H &= P_{MU} H_{MU} + P_{MR} H_{MR} + P_{HU} H_{FU} + P_{HR} H_{FR} \\ &= P_{MU} \frac{\rho v L_B \sqrt{B_D}}{\pi} + P_{MR} \frac{\gamma \rho L_B^2 B_D}{16 T_M} + P_{HU} \frac{\rho v L_B \sqrt{B_D} R_c}{\pi} + \\ &\quad P_{HR} \frac{[\rho L_B^2 B_D / 16 Y]}{T_R} \end{aligned}$$

$P_{HU}$  和  $P_{HR}$  为 HAWAII Path Setup 更新和刷新的 CPU 处理时间。

对于 Cellular IP (Cellular IP Gateway 是负载最重的路由器):

(1)  $C_{MU}$  为在 Gateway 上的 Mobile-IP 更新频率。在 HA 上的更新只有在域间移动才发生。 $R(l)$  为穿过域间的频率。 $L$  为域的周长。

$$L = 4 \sqrt{L_B^2 B_D / 16} = L_B \sqrt{B_D}$$

$$C_{MU} = R(L_B \sqrt{B_D}) = \frac{\rho v L_B \sqrt{B_D}}{\pi}$$

(2) 在 Cellular IP 中 Mobile-IP Renewal 的注册是由那些离开 Home 域的用户发送的。设  $\gamma$  为离开 Home 域用户的百分比,那么 Renewal 的注册频率为

$$C_{MR} = \gamma M_R = \frac{\gamma \rho L_B^2 B_D}{16 T_M}$$

(3) 在 Cellular IP 中每个更新相关的控制包都会路由到 Gateway, 控制包主要有两种: Route Update 和 Paging Update。在协议中 Route Update 包的时间  $T_R$  为 3sec, 而 Paging Update 包为 3Min, 所以我们在计算负载时忽略 Paging Update 包的处理负载。假设处于活动状态的主机的百分比为  $\delta$ , 设平均每  $W$  个活动主机发送一个控制报文。在  $T_R$  时间内, 每个活动主机都会更新。设  $C_{PR}$  为更新频率:

$$C_{PR} = [\delta N / W] / T_R = \frac{[\delta \rho L_B^2 B_D / 16 W]}{T_R}$$

(4) 当每个活动主机不同的基站之间移动时都会产生切换, 并且这个控制报文为 Route Update。设  $C_{HR}$  为切换频率。

$$C_{HR} = \delta M_U = \delta \rho v L_B B_D / \pi$$

(5) Cellular IP Gateway 上的处理负载为

$$\begin{aligned} CPU_C &= P_{MU} C_{MU} + P_{MR} C_{MR} + P_{CU} C_{HR} + P_{CR} C_{PR} \\ &= P_{MU} \frac{\rho v L_B \sqrt{B_D}}{\pi} + P_{MR} \frac{\gamma \rho L_B^2 B_D}{16 T_M} + P_{CU} \delta \rho v L_B B_D / \pi \\ &\quad + P_{CR} \frac{[\delta \rho L_B^2 B_D / 16 W]}{T_R} \end{aligned}$$

$P_{CR}$  为 Cellular IP Gateway Route Update 的报文处理时

间,  $P_{CU} = P_{CR}$

3.2 协议的扩展性

举例比较 Mobile-IP, Cellular IP 和 Hawaii 协议。表 3 是局部域的配置。这个域是三层的树层结构:最高层只是一个域 Router;第二层有 7 个中间 Router;第三层也就是最低层,有 140 个基站(每个 Router 平均 20 个)。我们还假设每个基站所覆盖的区域是正方形的(square with a given perimeter)。计算三种微观移动协议移动性相关的报文频率:1)Mobile-IP 的每个基站;2)HAWAII 的 domain root router 上;3)Cellular IP 的 Gateway 上。

这部分的推导参见文[6]。

下面格式中  $f(l) = R(l) = \rho vl/\pi$

对于 Mobile-IP:因为 MH 在两个基站之间切换都会产生更新注册到 HA,所以

- (1)HA 和 B 基站之间的移动性相关报文数为:  $f(L_B) * B$ 。
- (2)对于 N 个用户注册更新(renewals)的频率为  $N/T_M$ , 因为用户会周期的方式一个新的注册请求。

HAWAII:

- (1)Mobile-IP registrations(穿过域边界)频率(Rate):  $f(L_D)$ 。

表 3 域内配置的参数值

| Item     | Type                                                  | Value        |
|----------|-------------------------------------------------------|--------------|
| B        | Base stations per domain root router                  | 140          |
| R        | Second level router per domain root router = (B/S)    | 7            |
| D        | User density(active users)                            | 39 per sq km |
| V        | User speed                                            | 112 km/hr    |
| TR       | Router refresh timer for HAWAII                       | 30 seconds   |
| Y        | No. of mobile host entries in refresh in HAWAII       | 25           |
| TM       | Mobile-IP binding lifetime                            | 300 seconds  |
| Z        | Fraction of users in foreign domain in HAWAII         | 0.1          |
| LB       | Perimeter of base station                             | 10.6 km      |
| A        | Coverage area of domain = $B * LB * LB/16$            | 980 sq km    |
| LD       | Perimeter of domain = $SquareRoot(A) * 4$             | 125.2 km     |
| LR       | Perimeter of 2nd level router = $SquareRoot(A/R) * 4$ | 47.3 km      |
| N        | Number of users in domain = $B * D$                   | 38,720       |
| $\delta$ | the percent of Active MH in Cellular IP =             | 0.1          |
| W        | No. of MH entries in Route Update in CIP = Y          | 25           |
| TCR      | Router update timer for CIP                           | 3sec         |

- (2)Mobile-IP registration renewals(对于那也已经离开 Home Domain)频率:  $Z * N/T_M$ 。
- (3)Path setup updates(用户在基站之间切换(这些基站连接到不同的第二层路由器))频率:  $f(L_R) * R$ 。
- (4)Path setup refreshes 频率:  $(Ceiling(N/Y)/T_R)$ 。

Cellular IP

- (1)Mobile-IP registrations(穿过域边界)频率(Rate):  $f$

( $L_D$ )。

表 4 移动性相关报文频率(per second)

| 类型                        | Mobile IP | Hawaii | Cellular IP |
|---------------------------|-----------|--------|-------------|
| HAWAII update             |           | 127.8  |             |
| HAWAII refresh            |           | 51.3   |             |
| Mobile-IP registration    | 574       | 48.4   | 48.4        |
| Mobile-IP renewals        | 127.4     | 12.7   | 12.7        |
| Cellular IP Route Update  |           |        | 51.3        |
| Cellular IP Local Handoff |           |        | 57.4        |
| Total                     | 701.4     | 240.2  | 169.8       |

- (2) Mobile-IP registration renewals(对于那也已经离开 Home Domain)频率:  $Z * N/T_M$ 。
- (3)Route Updates(路由更新)频率:  $(\delta Ceiling(N/Y)/T_{CR})$ 。
- (4) Local Handoff(局部切换)频率:  $\delta f(L_B) * B$ 。

小结 从上面的分析可以看出:

- (1)CIP 和 Hawaii 的扩展性要比 Mobile IP 好得多,处理负载也要少。
  - (2)CIP 在活动主机较少的情况下,扩展性比 Hawaii 好。
- 由于 Internet 的无线访问这一趋势决定了微观移动协议这一领域的研究将越来越成为网络研究的一个热点,所以论文的研究工作会对以后的研究起着积极的作用。

参 考 文 献

1 Perkins C, et al. RFC 2002, IP Mobility Support, Oct. 1996

2 Gustafsson E, et al. Mobile IP Regional Registration. draft - ietf - mobileip - reg - tunnel - 03. txt

3 Campbell A, et al. Cellular IP, draft-ietf-mobileip-cellularip-00. txt, Dec. 1999

4 Campbell A, et al. Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP. IEEE Personal Communications, Aug. 2000

5 Ramjee R. HAWAII: A Domain-based Approach for Supporting Mobility in Wide-area Wireless networks

6 Ramjee R, Porta T L. IP micro-mobility support using HAWAII. draft - ietf - mobileip - Hawaii - 00. txt, 25 Jun 1999

7 Das S. TeleMIP: Telecommunications-Enhanced Mobile IP Architecture for Fast Intradomain Mobility. IEEE Personal Communications, Aug. 2000

8 Eardley P, et al. A Framework for the Evaluation of IP Mobility Protocols

9 Campell A T. IP Micro-Mobility Protocols. COMET Group, Center for Telecommunications Research Columbia University

10 Ramjee R. IP-Based Access Network Infrastructure for Next-Generation Wireless Data Networks. IEEE Personal Communications, Aug. 2000

11 Mihailovic A, Shabeer M. Multicast For Mobility Protocol (MMP) For Emerging Internet Networks

12 Mihailovic A, Shabeer M. Sparse mode multicast as a mobility solution for internet campus networks

13 许小刚. 微观移动协议研究:[研究生毕业论文]. 2002-3-3

14 Mohan S, Jain R. Two User Location Straegies for Personal Communications Services. IEEE Personal Communications, 1994