

# 微观移动协议仿真和评估

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)

## Simulator and Evaluation of Micro-Mobility Protocols

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

(Computer Network Division, Southeast University, Nanjing 210096)

**Abstract** The paper simulates three Micro-Mobility protocols in NS. Then, it analyzes the data produced by the simulator. In the end, the paper provides a improved Micro-Mobility protocol.

**Keywords** NS, Cellular IP, HFA, Hawaii, Handoff

### 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。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。

本文在 NS(Network Simulator)系统中仿真了层次移动 IP(HFA)、Cellular IP 和 Hawaii 这三种微观移动协议,并对仿真数据进行了分析,最后对这三种协议的性能进行了评估。

### 2. 仿真方案和拓扑

#### 2.1 仿真的拓扑结构

拓扑结构如图 1 所示。

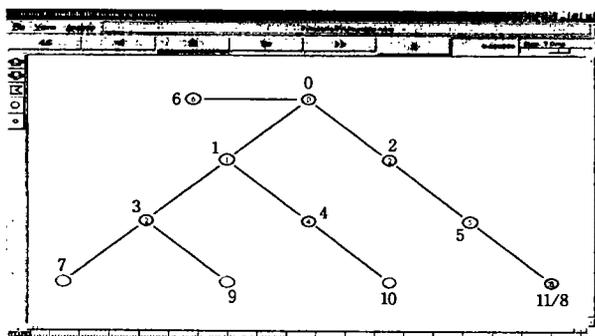


图 1

对于我们讨论的三种微观移动协议,使用相同的拓扑结构,因为图中的拓扑结构反应了移动主机移动时最普遍、最极端的情况。最普遍的情况是主机在基站 7 和基站 9 之间的移动,即交叉路由器是基站的上一层节点;最极端的情况是指主

机在基站 10 和基站 11 之间的移动,即交叉路由器是微观域的网关。

我们将在上面的拓扑结构下仿真三种微观移动协议的移动,从而得到移动主机在不同协议、不同位置下的切换时间和切换时间内的报文丢失和乱序等数据。分析并比较这三种微观移动协议的性能情况。在分析数据之前,我们给出 NS 中有关移动主机移动的规则,以便分析数据。

#### 2.2 移动主机的移动

在仿真中除了切换对分析的数据有影响之外,移动主机在新、旧基站之间移动时的衔接规则,仿真中移动主机的移动规则对仿真数据的影响也有很大。所以这部分介绍衔接规则和移动规则,以便数据分析时候分析。

(1)衔接规则 1)移动主机在 Overlap 内,在切换之前它仍然可以无丢失地接收旧基站发送的报文。2)如果在 Overlap 内进行切换,那么切换后移动主机可以无丢失地接收新基站发送的报文。3)如果在 Overlap 内没有进行切换,那么从移动主机离开 Overlap 区域到接收到新基站发送的广播这段时间内报文将会丢失,而且这段时间内的报文丢失不应该算在切换时间内的报文丢失,因为具体的切换协议是不会影响这些报文的丢失的,这种情况通常是在移动速度很快的情况下发生的。我们在后面的数据分析中会有相关的数据说明。4)如果移动速度特别慢也会产生来回切换的问题,我们可以加入特殊的延迟机制来减少这种情况发生的可能性。

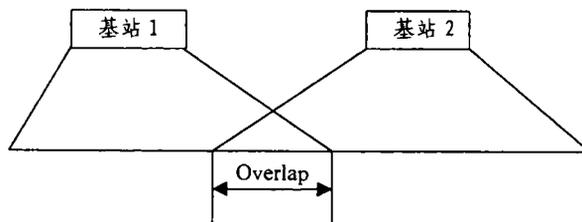


图 2

(2)移动规则 在仿真中,我们给出的是移动主机的移动速率而不是移动速度。假设移动速率为  $\rho$ ,移动主机的出发点为  $(x_1, y_1)$ ,目的点为  $(x_2, y_2)$ ,那么移动速度  $v$  为:

$$v = (\rho(x_2 - x_1)) / \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2},$$

$$\rho(y_2 - y_1) / \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

#### 2.3 仿真中的参数设定

仿真中基站的覆盖距离为 140m,四个基站的位置分别为  $(0, 0)$ ,  $(140, 140)$ ,  $(280, 280)$ ,  $(420, 420)$ 。基站之间的 Over-

lap 为 30m。主机移动过程中速率是可变的,主机移动的位置也分别在这四个基站之间。此外为了保证每次切换过程中报文的发送情况是恒定的,即为了计算切换中报文丢失的个数,让每次切换中都有报文发送,选定 Internet 节点(CN)与移动主机(MH)之间的报文发送频率为每 4ms 发送一个报文

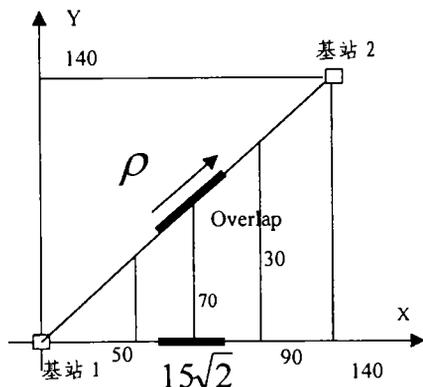


图 3

使报文在链路上产生丢失,计算发生错误。

现在给出切换中速度和基站,Overlap 之间的关系图(图 3)。

### 3. 仿真数据分析

#### 3.1 仿真正确性验证

在分析数据之前,首先要保证我们的仿真是正确的,而正确的标准就是看 Nam 对协议的仿真中,报文是否按照协议规定的方式进行转发,在不同位置的切换是否都能够正确地完成,切换所引起的报文丢失、切换时间、报文方式转变是否会按照理论计算的那样做对应的变化。

最后通过验证,我们的仿真基本上按照协议规定的方式运行,再加上 NS 对无线的扩展是值得信任的,所以它所产生的数据是可靠的,可以作为协议比较的依据。

#### 3.2 切换时间

(1)各个协议切换时间与位置关系 图 4、图 5 和图 6 给出 HFA、Hawaii 和 Cellular IP(CIP)的切换时间。横坐标为第几次切换,纵坐标为切换时间(s),有三条曲线分别为移动主机在基站 7—基站 9,基站 9—基站 10,基站 10—基站 11 之间的切换时间。

HFA Handoff Time

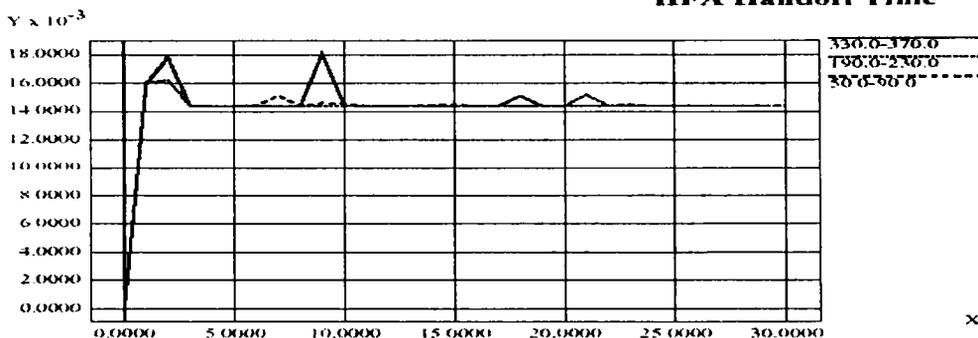


图 4

Hawaii Handoff Time

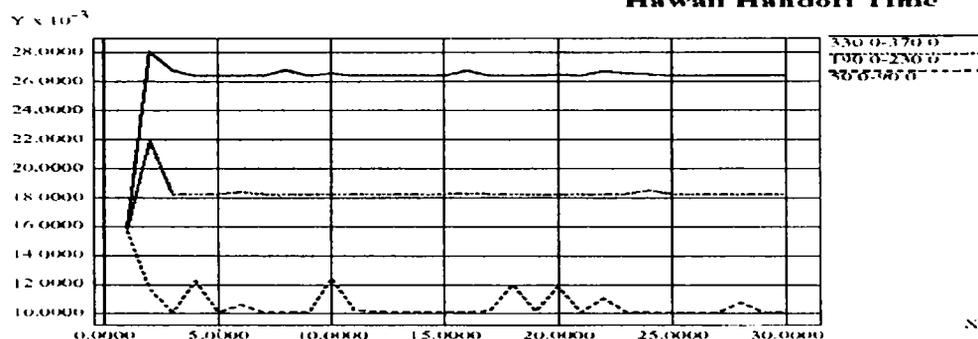


图 5

CIP Handoff Time

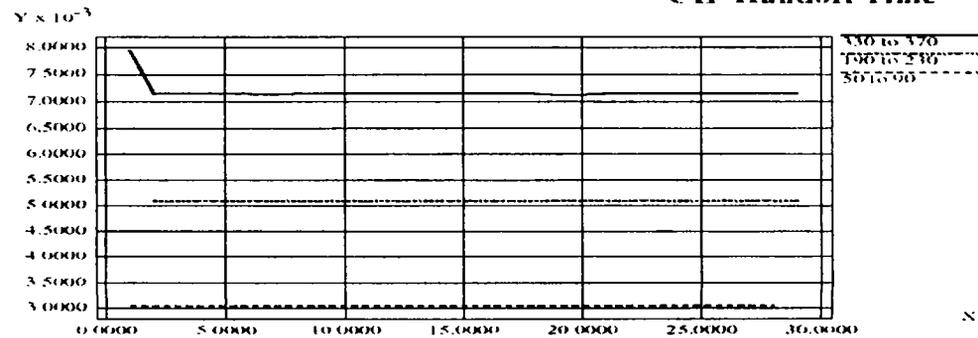


图 6

(1/4ms)。因为报文速度太慢就会发生在切换时间内没有报文传输,使计算差别很大;如果太快,链路承载会出现问题,而

从上述三幅切换图中可以看出:HFA 切换时间和切换的位置关系不大,这是因为 HFA 在每次切换时,注册报文都会到达局部域的顶层(GFA)。而 Hawaii 和 CIP 切换的时间与位置有明显的关系,在基站 7—9 之间移动切换时间最短,因为切换报文只到达上一层路由器,而不是 Gateway;在基站

10—11 最长,因为切换报文到达了 Gateway。

(2)切换时间比较 下面给出这三种协议切换时间比较图(图 7)。横坐标表示切换的位置,1.0 表示在基站 7—9 之间的切换;2.0 表示在基站 9—10 之间的切换;3.0 表示在基站 10—11 之间的切换。

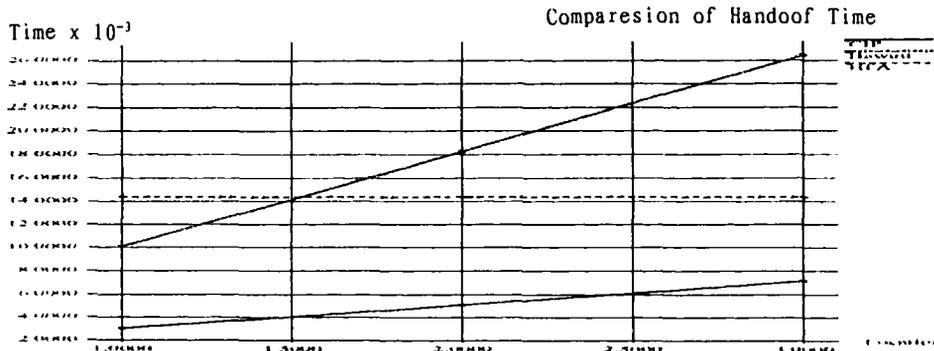


图 7

从图中可以看出 CIP 的切换时间明显小于 Hawaii 和 HFA,这并不是 CIP 协议切换效率特别高,而是因为 Hawaii 和 HFA 切换时间的计算是从 MH 注册请求开始到接收到注册回复这段时间,而 CIP 的切换时间计算是从 MH 的注册请求开始到交叉路由器接收到注册请求这段时间,之所以这样是因为 CIP 不会产生注册回复报文给 MH,它只修改路由器的转发表。但从切换报文路径来看,Hawaii 切换报文(即 Path Setup 报文)要比 CIP 的切换报文多三倍的路径,而在最坏情况下(Crossover Router 为 Gateway),Hawaii 切换报文的路径要比 HFA 切换报文路径多一倍。我们考虑到上述分析的情况,可以看出 CIP 切换时间在任何情况下都会比 Hawaii 少,而 Hawaii 只有在最坏情况下才比 HFA 的切换时间长。

### 3.3 切换时的报文丢失

(1)各自的报文丢失情况 图 8、图 9 和图 10 给出了三种协议各自平均每次切换的报文丢失个数图。横坐标为移动主机的移动速率,纵坐标为报文丢失个数,三条线分别为移动主机在不同基站之间的切换丢失线。

从图中可以看出,在主机移动速率小于 30m/s 的时候,切换时报文丢失情况是基本稳定的,而且和切换时间成比例的,但是当速率超过 40m/s 以后报文丢失个数迅速提高,这是因为在切换过程中产生了在 2.2 节中移动主机移动的衔接规则中所提到的特殊情况,在这种情况下报文的丢失和新、旧基站的衔接时间成比例。

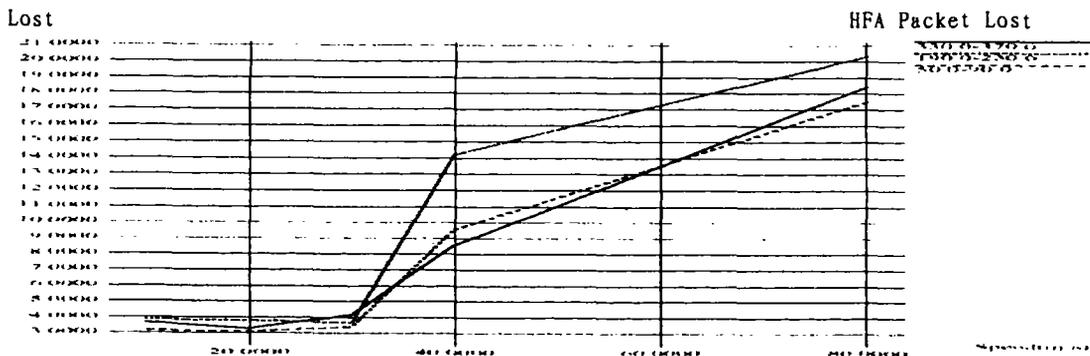


图 8

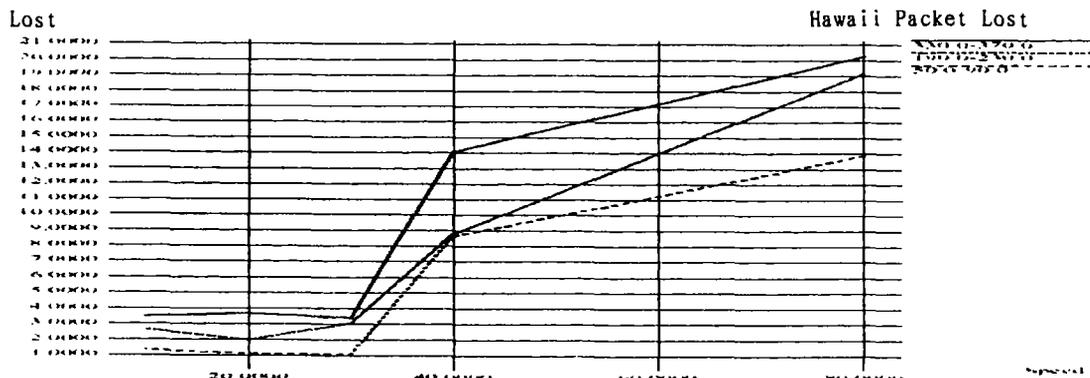


图 9

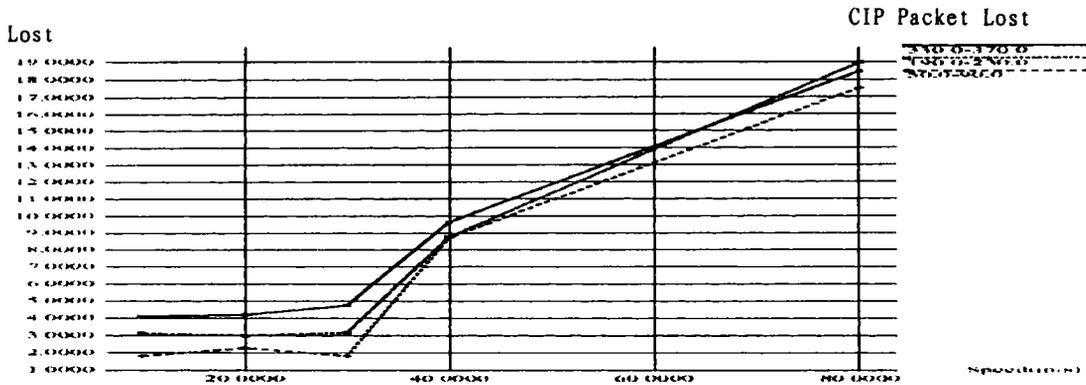


图 10

(2)报文丢失比较 图 11 中横坐标表示切换位置,1.0 表示基站 7—9 之间的切换,2.0 表示基站 9—10 之间的切换,3.0 表示基站 10—11 之间的切换。纵坐标为报文丢失个数。三条线分别为不同协议在不同位置下的报文丢失个数,从图中可以看出:

(1)HFA 的报文丢失个数和切换位置无关,并且通常都比 CIP 和 Hawaii 的报文丢失个数多,HFA 平均每次切换的报文丢失个数为 3—4 个是最坏情况下 CIP 与 Hawaii 的报文丢失个数。

(2)CIP 和 Hawaii 在不同位置下报文丢失个数基本相同,并且走势相同,因为 CIP 和 Hawaii 的切换报文到达交叉路由器后,就不会有报文的丢失。

(3)CIP 比 Hawaii 的报文丢失个数相对要高一些,这是因为 CIP 中间路由器的处理负载要比 Hawaii 大,CIP 除了要修改、维护路由 Cache,也要修改、维护 Paging Cache。而 Hawaii 只需修改转发表就可以了,并不需要特殊的机制来维护转发表。

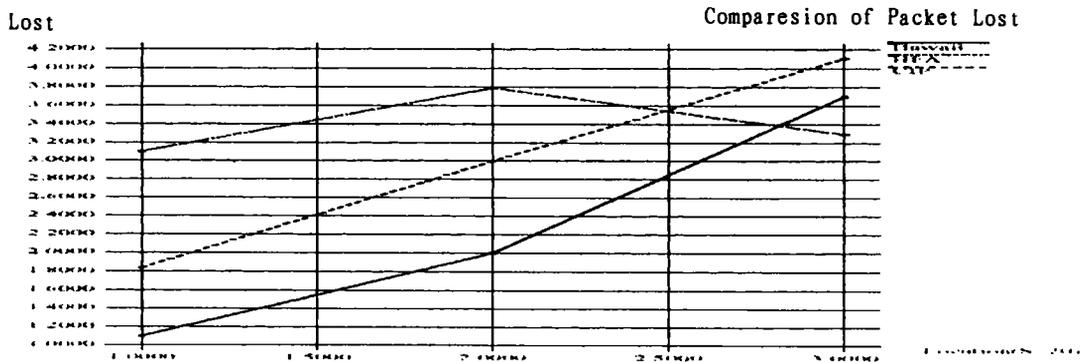


图 11

### 3.4 报文乱序问题

对于 HFA 和 CIP 不存在报文乱序问题,因为 HFA 每次都是到 GFA 后才会改变转发表,在此之前的报文都会丢弃,之后的报文都会按顺序转发到 MH。对于 CIP,在交叉路由器处理了切换报文后会立即改变转发表,所以也不存在报文乱序问题。

对于 Hawaii,由于其转发机制 MSF 是在回复报文到达交叉路由器时才改变转发表,在旧机制接收到 Path Setup 报文之前的报文会丢失,在回复报文从旧基站发送到交叉路由器之间这段时间内的报文会乱序。从仿真数据看,乱序报文个数和丢失个数几乎相同,因为它们经过的路径相同。

## 4. 分析总结

从以上图示和分析中可以看出:

(1)CIP 和 HAWAII 在通常情况下,切换时间和切换时的报文丢失都比 HFA 少,但是它们的处理复杂度也比 HFA 大。

(2)HAWAII 存在报文乱序问题,但 CIP 和 HFA 没有。

(3)CIP 中使用了 Cache,从而增加了对系统资源的耗

费,但是这同样也增加了系统的稳定性。

(4)HAWAII 对 MH 的要求最低,几乎不需要附加的内容。

总的来说:CIP 相对独立,并且更好地考虑了现有网络体系结构的特点,CIP 的性能也相对稳定和高效,因此下面我们以 CIP 为基础提出一种改进的方案。

## 5. 改进的微观移动协议描述

### 5.1 协议提出的触发点

1)第一个触发点是 2.2 小节中移动主机的衔接规则中的(3)、(4)两种情况,从分析数据也可以看出,(3)、(4)两种情况的任何一种情况的发生,都会导致大量的报文丢失,这比切换带来的报文丢失要大得多。因此我们要有一种机制,能够在上述两种情况发生时,使报文丢失减少到和切换带来的报文丢失一个数量级。

2)第二个触发点是,实际情况是会有很多个基站连接到上一层的路由器,这一点我们在理论比较的模型中已经看出了最下层的基站占实际节点的绝大多数。

(下转第 59 页)

特征数集合  $F$  始终维持  $g_i < g_j \Rightarrow f_i | f_j$  成立。

时间复杂度: 在特征数集合  $F$  的支持下, 每次判断数据请求之间是否有归并关系的时间复杂度为  $O(1)$ ; 反之, 需要搜索这个维度的所有层次, 时间复杂度为  $O(n)$ 。

**进一步工作** 本文主要介绍了如何判断复杂层次多维数据仓库中数据请求是否有解, 目的是为了建立一个可实现的基于查询优化的虚拟数据仓库模型, 在实际的虚拟数据仓库建模中, 还存在诸如用户请求解决方案的选择和自动生成, 虚拟元数据与物理元数据的映射匹配等问题。目前我们正在本文所提出的方法的基础上实现面向 Web 的数据查询优化和处理方法, 并进一步实现一个基于查询优化的虚拟数据仓库

(上接第8页)

因此说, 移动主机的移动大多数情况下是在同一层级的基站下移动的。基于上述两点, 论文提出了一种限级微观移动协议。

## 5.2 协议基于的框架

这个协议基于 Cellular IP 框架结构, 之所以选择 Cellular IP, 因为 Cellular IP 框架中的实体在执行协议是用特殊的功能模块, Cellular IP 有更好的扩展性, 并且它更好地考虑了实际的网络框架。

此外, 最重要的一点是它天然地支持 Paging 机制, 而论文中提出的协议就是利用 Paging 机制来实现的。

## 5.3 协议具体描述

要保证报文不丢失有两种方法: 一种是在固定节点保留大量的报文, 作为上述情况(3)(4)的缓冲; 另外一种就是预先检测, 并预先建立某种连接, 使报文不致丢失。第一种情况不太实际, 因为固定节点不知道缓存多少报文, 并且这会占用固定节点大量的资源。因此我们选择后一种方法。

首先, 移动主机检测到有可能发生基站的切换, 这种检测要比目前的检测基站要宽, 如检测移动主机接收信息的强度低于某一阈值比目前的大, 在 overlap 期间接收到新基站广播后立即触发协议执行等等。换句话说就是最大可能地预测移动主机的切换。

其次, 在检测到最大的切换可能性之后, 移动主机发送最低级 Paging 机制触发报文, 该报文的作用是让最低级的路由器(基站的上一层路由器), 建立对某一特定主机的 Paging 机制, 这个机制的建立可以在路由器中修改路由 Cache 中转发表的状态。在转发表状态改变后, 到移动主机的报文都会随 Paging 到所有的下层基站。

最后, 转发表状态的恢复需要移动主机确定其真正的完成切换之后, 发送特殊类型的报文到路由器上。

## 5.4 协议中涉及到的技术和问题

(1) 切换预测技术; (2) 移动主机确认完成切换问题; (3) 协议增加了报文的浪费, 因为路由器要复制报文; (4) 协议并没有太多增加路由器的处理负载, 和增加路由器空间资源, 因为转发表在 Cellular IP 中就已经有了。

**小结** 本文详细分析了仿真数据, 并就数据显示的内容比较了我们所讨论的三种微观移动协议。在分析数据的基础上, 本文还提出了一种改进的微观移动协议。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

模型。

## 参考文献

- 1 李建中, 高宏. 一种数据仓库的多维数据模型. 软件学报, 2000, 11(7): 908~917
- 2 Bischoff J. Data Warehouse - Practical Advice From The Experts. 1998. 196~202
- 3 A model-driven architecture for Distributed Information Integration. <http://www.omg.org>
- 4 Inmon W H. Building the Data Warehouse Second Edition. 2000. 116~143

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. 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 Welch B. Practical Programming in Tcl and Tk, Created: May 9, 1994 -bookTOC.doc-Copyright Prentice Hall-DRAFT: 1/13/95
- 14 The ns Manual,
- 15 Nam Manual
- 16 Xgraph Manual
- 17 NS Source Code. <http://www.comet.columbia.edu/micromobility>
- 18 NS tutor,
- 19 许小刚. NS 系统总结文档
- 20 Mohan S, Jain R. Two User Location Strategies for Personal Communications Services. IEEE Personal Communications, 1994
- 21 Chen Yi-an, A Survey Paper on Mobile IP
- 22 赵阿群, 等. 网络层支持主机移动的研究. 计算机科学
- 23 赵阿群. 无线 Internet 研究进展
- 24 许小刚. 微观移动协议研究: [研究生毕业论文]. 2002-3-3