

基于多层小区结构的移动 IP 移动性管理^{*}

唐宏^{1,2,3} 吴中福³ 聂能¹ 赵军¹ 熊思民¹

(重庆邮电学院 重庆400065)¹ (移动通信国家重点实验室 重庆210096)²

(重庆大学计算机学院 重庆400044)³

Mobility Management of Mobile IP Based on Multi-tier Cellular Systems

TANG Hong^{1,2,3} WU Zhong-Fu³ NIE Neng¹ ZHAO Jun¹ XIONG Si-Min¹

(Chongqing University of Posts and Telecommunications, 400065)¹ (Mobile Communications Research Laboratory, 210096)²

(Department of Computer Science of Chongqing University, 400044)³

Abstract In this paper, several currently existed Mobility Management Schemes of Mobile IP are simply analyzed, and so does the network structure of multi-tier cellular which nowadays is easily seen. Then we propose a few promotions on the strategies of mobility management when realizing mobile IP in multi-tier cellular network structure. The key of the promotions is that the required type of cell for a MN is determined based on the classification of its mobility pattern. Consequently, the capacity of system may be increased while the frequency of handoff is decreased.

Keywords Mobile IP, Mobility management, Multi-tier cellular

1. 引言

为了支持全球的 IP 网络互通和设备的漫游, IETF 提出了 IP 移动性支持协议——移动 IP^[1]。其中规定: 只要 MN 移动到另外一个 IP 子网, 它就会获得另外的转交地址, 从而启动注册过程, 该过程要求 MN 必须通过 FA 向 HA 进行注册, MN 的任何移动都必须报告给 HA, 由 HA 来维护 MN 的移动绑定。这种简单的移动性支持方案可以与现有网络兼容, 并且只需要在移动代理(包括 HA、FA)和 MN 上根据终端的移动性要求进行改进即可实现移动 IP 功能。当应用于“宏移动”(macro mobility)时, 这是必要的和充分的, 而当应用于“微移动”(micro mobility)和“快速移动”(high mobility)的环境时, 则存在许多不足, 突出表现在以下三点: 1. 在网络中将引发大量的注册报文的传输从而严重影响网络性能; 2. 造成较大的切换延迟, 特别是当 MN 远离其归属网络时, 将引起严重的包丢失和通信吞吐量的下降; 3. 采用优化路由时, 由于要正确地通过隧道传输 IP 包, 因而必须保存精确的位置信息, 将需要大量的缓存, 频繁的位置更新则会引起这项费用的急剧增加。

为了解决上述问题, 人们对现有的移动 IP(以下称为标准移动 IP)进行了详细研究并且提出了多种改进的方案, Ramon Caceres 等提出了一种把 MN 的移动方式分级的三级模型^[2], 引入 DFA 的概念, 针对 MN 的不同的移动方式采用不同的注册策略, 在此基础上 Cheng Lin Tan 等人加入了组播的应用^[3], 使得注册报文进一步减少; Campbell 等人提出了 Cellular IP^[4,5], 该方案的网络模型分为无线接入网和核心网两部分, 核心网(Internet)上采用标准移动 IP, 而在无线接入网上则采用 Cellular IP; Subir Das 等人提出 TeleMIP 建

议^[7], 引入了 MA, 一个 MA 可以管理多个 FA, MN 在这些 FA 之间的移动只需要相应的 FA 和 MA 处理即可, 不用 HA 的参与; R. Ramjee 等人提出 HAWAII 协议^[6,9], 该协议中引入了 DRR, 微移动情况下 MN 的位置更新对 HA 是透明的, 只需要由 DRR 以及相关路由上的节点处理即可。

以上改进协议中的移动性管理都是针对单层的小区结构的, 而随着移动通信技术的发展, 二层^[10](two-tier)乃至多层^[11,12](multi-tier)的小区结构(以下称为多层小区)的应用越来越广泛, 针对多层小区结构, 应该进行特殊的移动性管理, 以便使得管理信令进一步下降、切换时延进一步减小、无线资源得到更加有效的利用, 本文提出一种移动性管理方案, 可以有效地提高移动 IP 在多层小区结构的通信系统中的性能。

2. 多层小区结构

在移动通信系统中, 传统的蜂窝式网络由宏小区(macro-cell)构成, 每小区的覆盖半径大多为 1km~25km。这种小区中通常存在着两种特殊的微小区: 盲点和热点。盲点是由于网络漏覆盖或电波在传播过程中遇到障碍物而造成阴影区域等原因, 使得某些区域的信号强度极弱而形成的; “热点”是由于商业中心或交通要道等业务繁忙区域, 造成空间业务负荷的不均匀分布形成的。为了解决这些问题于是产生了微小区(microcell)技术。

微小区(microcell)最初被用来加大无线电覆盖, 消除宏小区中的“盲点”。同时由于低发射功率的微小区基站允许较小的频率复用距离, 每个单元区域的信道数量较多, 因此业务密度得到了巨大的增长, 将它安置在宏小区的“热点”上, 则解决了盲点和热点的问题。

^{*} 本文得到教育部西部地区高校高级访问学者计划基金、重庆市科委攻关项目基金、重庆市/信息产业部移动通信技术重点实验室开放基金、重庆市重点学科建设基金资助。唐宏 博士生, 主要研究方向为移动 IP, 吴中福 教授, 博士生导师, 主要研究方向为计算机系统结构、计算机网络及综合业务数字网, 聂能 教授, 主要研究方向为第三代移动通信系统, 赵军 博士生, 主要研究方向为计算机网络和数据挖掘, 熊思民 副教授, 主要研究方向为第三代移动通信系统。

随着容量需求进一步增长,可以安装第三或第四层网络,即微微小区(picocell)。微微小区实质就是微小区的一种,只是它的覆盖半径更小,基站发射功率更小。微微小区也是作为网络覆盖的一种补充形式而存在的,它主要用来解决商业中心、会议中心等室内“热点”的通信问题。表1给出了宏小区、微小区、微微小区的各类参数的大致数值及应用范围。

表1 宏小区、微小区、微微小区的比较

参数	宏小区	微小区	微微小区
覆盖半径	500m~25km	50~500	10~50
基站发射功率	>10w	<1w	几十mw
天线位置	很高	相对较低	建筑物内业务集中地点
应用范围	较高密度 高移动性	高密度,较低 移动性	很高密度, 低移动性

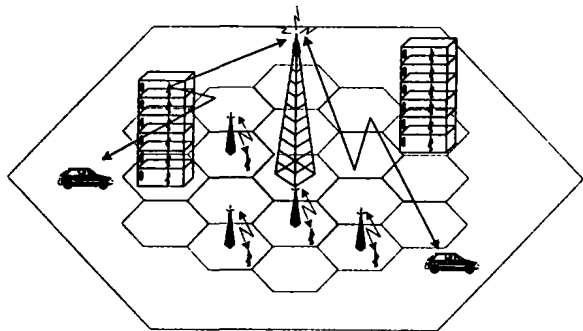


图1 多层小区结构

在移动通信系统中,通过在宏小区下引入微小区和微微小区形成分级小区结构,从而解决网络内的“盲点”和“热点”,同时也针对用户的不同运动状态,用不同级别的小区提供通信能力,如图1所示的三层分级小区结构示意图,它包括宏小区、微小区和微微小区。其中宏小区用于处理快速移动车辆的业务;微小区处理慢速移动,集中于步行或交通阻塞车辆的业务;微微小区用于覆盖商场和办公区等室内区域。这样处理的优势是可以降低切换的次数,减少网络中管理数据的流量,同时又保证了较大的网络容量。

当用户接入时,系统根据所测得的信号强度和各蜂窝的容量为某一呼叫选择最恰当的小区(宏小区、微小区或微微小区),发生切换时有两种切换方式:相同层次之间的小区之间的水平切换和不同层次小区之间的垂直切换。水平切换就是普通的蜂窝切换,通常情况下移动速率没有较大的改变,相同小区的容量未饱和都只需要水平切换即可,反之则根据情况进行相应的向上或者向下的垂直切换。

3. 移动性管理方案

当移动 IP 的应用是基于多层小区结构的网络拓扑时,其移动性管理策略应用与移动通信网络中所涉及的切换管理方式相对应,必然与标准的移动 IP 以及现有的扩展移动 IP 的方式有所不同。本文提出我们的移动性管理策略,该方案虽然只对三层小区结构进行考虑,但是可以简单扩展到更多层的小区结构中。

在一个管理域中,可能包括一个以上的宏小区,每个宏小区都有一个宏 FA(macro FA),其中一个同时充当网关(也可以另外设置网关),称为 DFA(Domain Foreign Agent);在微小区这一层次上,可以在每一个微小区上设置一个微 FA

(Miro FA),也可以几个微小区共用一个微 FA;在微微小区上的设置和微小区基本一致,只是 FA 的名称为微微 FA(Pi-co FA)。

在 MN 进入管理域后,无论注册到该域中的任何层次的小区上,都会获得一个 COA,而这个 COA 在 MN 离开该管理域之前保持不变。

3.1 FA 的拓扑

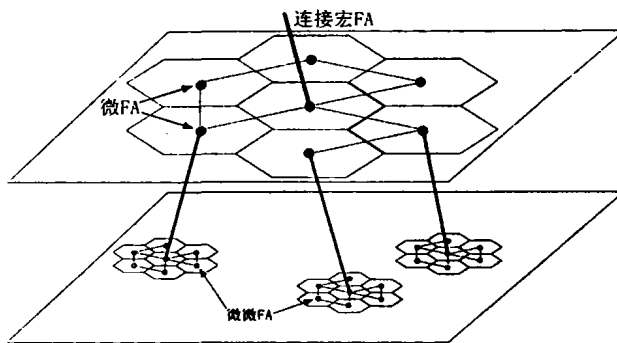


图2 多层小区中的分层 FA 拓扑图

FA 的拓扑如图2所示,一个宏小区覆盖范围下的微小区中的微 FA 互相联通(图中细的连接线),并且有一个公共的节点连接到宏 FA(图中粗连接线),属于不同宏小区的微 FA 之间的连接要通过各自的公共节点连接到自己的上层节点——宏 FA,才能联通。对于一个微小区下的微微小区中的微微 FA 也有同样的设计,这样一个管理域中的所有的 FA 就构成了一个分层的 FA 拓扑。在网络初起时,整个管理域中的 FA 产生一棵以网关为根节点的代理树,该树拓扑在管理域中的所有 FA 上都有一份拷贝,以便在管理域内的节点之间通信的及时和准确。

当 MN 注册到微微 FA 上时,来自域外的发往 MN 的数据包需要经过以下路径才能到达 MN: DFA → 若干个宏 FA → 若干个微 FA → 若干个微微 FA → 基站 → MN, MN 发往域外的数据包则沿相反的路径进行。在 DFA 与 MN 的路径上的每个节点,只需要保存上一跳节点和下一跳节点的地址即可。MN 注册在微 FA 和宏 FA 时的路径以此类推。

在 MN 的路径中,定义一种特殊的节点——交叉节点: MN 的旧 FA → DFA 路径和 MN 的新 FA → DFA 路径的第一个公共节点,称为交叉节点。

3.2 切换控制策略

由于不同层次的小区服务于不同类型的移动用户,要对移动用户进行区分,我们提出的方案中,用两个参数进行区分: MN 的移动速率和切换频率。其中 MN 的移动速率是由基站进行测量的,并且把测量结果报告给管理该基站的 FA,而切换频率则是由 MN 进行计算的,是指单位时间内发生水平切换的次数。

在每个 FA 上配置有 V_{max} 和 V_{min} , 通常情况下注册在该 FA 上的 MN 的速率在这两个值之间,对于宏 FA 来说, V_{max} 为无穷大, V_{min} 则比其所属的所有的微 FA 中的 V_{max} 的最小值要小;对于微 FA, V_{max} 和 V_{min} 均为有限值, V_{min} 则比其所属的所有的微微 FA 中的 V_{max} 的最小值要小;对于微微 FA, V_{max} 为有限值, V_{min} 为 0。

在 MN 上则保存有 P_{max} 和 P_{min} 分别表示向上垂直切换的门限切换频率和向下垂直切换的门限切换频率,这些参数是由网络提供的,在代理广播报文中广播这些参数, MN 第一次

到达一个管理域时,接受广播报文后,提取相应的参数并且进行存储。

注册:

通常情况下,当 MN 确定要进行一次切换时, MN 首先将自己计算出来的切换频率(在当前层次上的切换次数/发生这些切换的时间)与 P_{max} 和 P_{min} 进行比较,如果大于则向高一层的 FA 注册,如果小于,则向低一层的 FA 注册,否则向同一层的 FA 注册。

FA 收到注册请求后,还要进行 MN 速率的判断,此时只判断 MN 的速率是否大于 V_{max} ,是则将注册请求转发给更高级的 FA,否则响应注册请求。

在较高级的 FA 中,对应于每个注册在其上的 MN 均设置一个最低速率计时器,只要 MN 的速率降低到 V_{min} 以下,计时器开启,如果 MN 的速率回升到 V_{min} 之上,则计时器归零。当计时器达到设定值时,可以根据当前 FA 的系统容量占用情况决定是否把 MN 的注册转移到更低一级的 FA 上去。

路由更改:

如果切换发生在同一个 FA 中的不同基站之间,只需要在该 FA 的路由表中更改指向的基站地址即可。

如果切换发生在不同的 FA 之间(包括同一层次的和不同层次的 FA),那么在新的 FA 到交叉节点之间的所有节点上均要增加路由记录,在旧的 FA 到交叉节点之间的所有节点上均要删除原来的路由记录,在交叉节点上更改路由记录。

结论 在上面的描述中,我们介绍了关于在多层小区拓扑上实现移动 IP 的移动性管理的一种方案。由于该方法的引入,可以把高速移动的 MN 或者切换频繁的 MN 注册到宏 FA,从而明显地降低 MN 的切换次数,从而减少大量的网络控制报文的流量,与此同时,对于低速的或者办公室环境下的 MN,则注册到微 FA 或者微微 FA 上,在保证较低切换次数的基础上,也尽量地增加系统可接入的 MN 的数量,同时层次化的 FA 拓扑结构,也保证了在切换时的路由更改非常简单易行。

在本方法中,引入了两个参数对移动用户的类型进行分类,速率参数显然是必须的,而切换频率参数则有待在以后的研究过程中进行详细深入的论证后决定是否可以舍弃或者使用替代的参数。

本文提出了有关移动 IP 移动性管理策略方面的改进思

路,在以后的研究中,还需要从以下几个方面进行更深入的工作:1. 对于实现该方案所需要的控制报文格式的改进;2. 该方案在减少切换次数、减少报文流量等方面的定量分析;3. 移动通信网络中的不同切换方式对移动性管理性能的影响和优化;4. 与此相关的网络仿真工作。

参考文献

- 1 Perkins C. IP Mobility Support. Network Working Group, Oct. 1996. RFC 2002
- 2 Caceres R, Padmanabhan V N. Fast and Scalable Handoffs for Wireless Internetworks. In: Proc. of ACM MobiCom '96, Nov. 1996
- 3 Chen W, Lin E, Wei H. Dynamic location control for mobile nodes: [Technical Report 97-CSE-10]. Department of Computer Science and Engineering, Southern Methodist University, 1997
- 4 Yavatkar R, Pendarakis D, Guerin R. A Framework for Policy-based Admission Control. RFC2753; Jan. 2000
- 5 Andr'as G. Valk'o. Cellular IP: A New Approach to Internet Host Mobility. Computer Communication Review, 1999, 29(1): 50~65
- 6 Campbell A T, et al. Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP. IEEE Personal Communications, 2000, 7(4): 42~49
- 7 Subir D, Archan M, Prathima A. TeleMIP: Telecommunication-Enhanced Mobile IP Architecture for Fast Intradomain Mobility [J]. IEEE Personal Communications, 2000, 7(4): 50~58
- 8 Ramjee R, LaPorta T, Thuel S. IP micro-mobility support using HAWAII. <http://www.bell-labs.com/user/ramjee/papers/draft-ietf-mobileip-hawaii-01.txt>
- 9 Ramjee R, et al. HAWAII: a domain-based approach for supporting mobility in wide-area wireless networks. In: Proc. of the 7 th Intl. Conf. on Network Protocols (ICNP) 1999. 283~292
- 10 Chih-Lin I, Greenstein L J, Gitlin R D. A Microcell/Macrocell Cellular Architecture for Low-and High-Mobility Wireless Users. IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS, 1993, 11(6): 885~890
- 11 Hu L, Rappaport S S. Personal communication systems using multiple hierarchical cellular overlays. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 1995, 13(2): 406~415
- 12 Coombs R, Steele R. Introducing microcells into macrocellular networks: A case study. IEEE Transactions on Communications, 1999, 47(4): 568~576

(上接第131页)

面探讨了时延的产生和组成。在实际 Web 应用系统中, Web 流量的实时监测结果为客户选择服务提供商和服务提供商优化网络服务提供充分的支持。本文提出的基于测量的协作分配模型,从负载均衡的角度解决 Web 请求的时延问题,该模型首先从 DNS 进行 Web 请求的预分配,然后 switch 进行再分配,同时考虑了客户端的请求分配。将来重点研究根据客户的注册信息实现 Web-QOS 的分配调度算法。

参考文献

- 1 Martin H S, McGregor A, Cleary J G. Analysis of Internet Delay Times. PAM'2000
- 2 Liu B, Abdulla G, Johnson T, Fox E A. Web Response Time and Proxy Caching. WebNet98, Orlando, Nov. 1998
- 3 Shaikh A, Tewari R, Agrawal M. On the Effectiveness of DNS-based Server Selection. In: Proc. of IEEE INFOCOM, 2001

- 4 Cardellini V, Colajanni M, Yu P S. Dynamic Load Balancing on Web-Server Systems. IEEE Computer, 1999, 3(3): 28~39
- 5 Danzig, Obraczka K, Kumar A. An Analysis of Wide-Area Name Server Traffic. ACM Comp. Commun. Review (SIGCOMM'92)
- 6 Mikhail Mikhailov Craig E. Wills Embedded Objects in Web Pages. WPI-CS-TR-00-05
- 7 Smith F D, Campos F H, Jeffay K, Ott D. What TCP/IP Protocol Headers Can Tell Us About the Web. SIGMETRICS/Performance'2001
- 8 Youn J. A Performance Evaluation of Hyper Text Transfer Protocols in Wide Area Network. <http://cs-people.bu.edu/jsook/firstlayer/Wan-nistnet.ppt>
- 9 Venkata N, Padmanabhan, Subramanian L. An Investigation of Geographic Mapping Techniques for Internet Hosts. SIGCOMM'2001
- 10 Govindan R, Tangmunarunkit H. Heuristics for Internet Map Discovery. IEEE INFOCOM 2000