

移动 IP 的快速切换^{*}

庄宏成, 张光昭

(中山大学电子与通信工程系, 广东 广州 510275)

摘要: 移动 IP 协议使移动主机 MH 实现在任何时间和任何地点接入 Internet, 使 Internet 上主机透明地与 MH 通信。但是, 移动 IP 协议的切换时延较长, 严重影响了通信业务的质量。提出了一种结合层次外部代理管理和转发指针链的快速的移动 IP 切换算法, 以改善 MH 频繁切换时业务的 QOS。

关键词: 移动 IP; 层次 FA; 隧道; 转发链

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2002) 02-0019-04

由于 WEB 技术的出现, Internet 和 TCP/IP 协议得到了迅猛的发展和应用, 同时, 各种无线技术和便携式设备的成熟发展, 使移动计算和无缝接入 Internet 获取信息成为需要。然而, 实现移动的无线接入面临新的挑战: 传统的 TCP/IP 协议是为固定主机设计的。主机的移动要求改变 IP 地址以使分组能够正确到达, 但是为了维持上层的业务连接不被打破, IP 地址不能改变。

移动 IP 协议 (MIP: mobile IP)^[1] 解决了这个问题。对等主机 CH 向 MH 发送分组时, 目的地址为 MH 的固定地址, 即归属地址, 结果分组发送到 MH 的归属网络。MH 的归属代理 HA 利用 ARP 协议拦截分组, 采用隧道技术发送到 MH 的当前位置, 即 MH 向 HA 注册时的转交地址。在相反方向, MH 采用常规的 IP 协议向 CH 发送分组。

然而, 基本的移动 IP 要求 MH 每次切换时都要向 HA 注册, 导致切换时延较长、分组丢失和 HA 负担加重, 三角路由更使 HA 成为通信瓶颈。

因此, 如何减少 HA 的负担和 MH 的切换时延, 支持移动 IP 的快速切换, 是改善移动 IP 的业务 QOS 的关键。

1 相关工作

在支持移动 IP 的快速切换方面, 目前有一些方案。Padmanabhan^[2]、Gustafsson^[3] 和 Karim El Malki^[4] 提出了层次的移动管理方案。他们把无线网络划分为一个个的域, 每个无线域的最上级层次是域外部代理 DFA, DFA 的下一级层次为子网外部代理 SFA, 再下一级是外部代理 FA, 通常是基站, 用来连接 MH 到网络, 从而使 MH 的重新注册层次性和局部性。在同一域内的切换, MH 不需向距离比较

远的 HA 注册, 而是向 DFA 注册, 减少了重新注册的时间。但对不同域之间的切换, MH 向 HA 注册。

另外, Karim El Malki 在实现快速切换的同时还解决了在无线域内的三角路由问题。该方案同时适用于移动 IPv6^[5]。

Perkins^[6] 提出了具有路由优化和平滑切换的层次移动管理方案。MH 使用 MIP 的注册扩展实现注册的本地化, 但不针对不同域间的切换做任何处理。

HAWAII^[7] (handoff aware wireless access internet infrastructure) 和蜂窝 IP^[8] 提出, 对于在无线接入网内部 MH 的本地移动, 由特定信令完成 MH 路径的更新; 对于 MH 的全球移动, 由移动 IP 实现。但该两种方案仅仅适用于特定的 HAWAII 和蜂窝 IP 的网络。本文提出层次与转发链的移动 IP HF MIP (hierarchy and forwarding mobile IP) 方案, 实现无线域内的本地切换和不同域之间的快速切换, 以解决减少 HA 的负担和 MH 的切换时延这两个问题。

2 层次和转发链移动 IP HF MIP 方案

2.1 信令的处理

HF MIP 在无线域内, 采用^[3] 的层次方法, 完成切换的本地化。当 MH 第一次从归属网络进入一个外部域时, 其通过当前的 FA 向 HA 注册。FA 转发 MH 的注册请求到上一级层次 SFA, SFA 再转发到 DFA, DFA 转发给 HA。这时, HA 把当前 DFA 的地址当作 MH 的转交地址并且同时向 DFA 发送注册响应信息。注册响应信息沿着相反的路径逐跳 (hop by hop) 地到达 MH。当 DFA 接收到注册响应时, 建立 MH 和 SFA 的绑定, 同样, SFA 建立 MH 和 FA 的绑定, FA 把 MH 放到它的拜访列表 (Visit List) 中, 最后, MH 收到注册响应。

* 收稿日期: 2001-06-20

基金项目: “十五”国防科工委预研项目资助项目

作者简介: 庄宏成 (1973-), 男, 博士研究生; 通讯联系人: 张光昭; E-mail: isszg@zsu.edu.cn

当MH 在同一子网发生越区切换时, 该子网 SFA 处理来自MH 的经过其属下的 FA 的注册请求, 不再转发该请求, 而是向 MH 发送注册响应信息, 同时更新绑定。

当MH 发生在同一域内的越网切换时, 该域 DFA 处理来自MH 的经过其属下的 SFA 的注册请求, 不再转发该请求, 而是向MH 发送注册响应信息, 同时更新绑定。

HF MIP 采用转发链的方法完成不同域之间的切换。当MH 从一个外部域进入另一个外部域时, MH 向前一个 DFA (PDFA) 注册而不是 HA。注册请求信息在当前域经 hop by hop 到达当前的 DFA (CDFA), CDFA 转发给 PDFA, 这时, PDFA 相当于 HA, 向 CDFA 发送注册响应信息, 并更新绑定。

一般而言, 当MH 远离 HA 时, MH 向前一个 DFA 注册的时延比向 HA 注册的时延少得多, 因为相邻的无线域一般距离比较近。从而实现全球的快速切换。

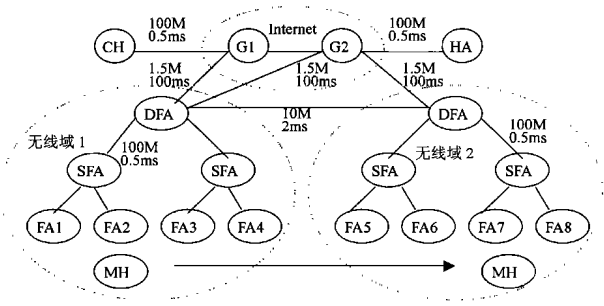


图 1 HF-MIP 的网络拓扑 (转发链=1)
Fig. 1 HF-MIP network topology (forwarding chain=1)

2.2 数据的处理

在无线域内通信时, HA 通过 ARP 拦截 CH 发往MH 的分组, 并根据绑定隧道给 MH 当前的 DFA, DFA 在根据自己的绑定转发分组给 MH 当前的 SFA, 类似地, SFA 转发分组给 MH 当前的 FA, 最终, 分组到达 MH。

在不同无线域通信时, 因为不同域的切换对 HA 隐藏, 因此, HA 拦截的分组还是隧道给以前的 DFA (PDFA), PDFA 根据当前的绑定转发给 CDFA, 最终, 分组到达 MH。

3 实验实现与结果分析

我们用 ns2^[9] 对本文提出的层次和转发链移动 IP 方案—HF-MIP 进行了仿真。在 ns2 中, MH 是移动节点类, 通过 2M 的 WaveLan 无线信道与基站进行通信。移动主机代理类负责 MIP 信令的处理, 包括接收代理公告、发送注册请求和接收注册响应。

HA、DFA、SFA 和 FA 属于基站节点, 具有有

线和无线的通信路由, 对接收到的数据分组, 通过建立封装器和解封装器来隧道分组或直接发送给 MH。基站代理类完成发送代理公告, 转发或响应注册请求等 MIP 信令的处理。

3.1 本地切换 (域内切换) 的实现

实验对基站代理进行了修改。每个 FA 利用自己的层次地址决定它的 SFA, 同样, SFA 和 DFA 分别确定各自的上游节点。这样, MIP 的信令可在层次之间用单播路由协议实现。当 FA 接收到一个 MH 的注册请求时, 先检查自己的 MH 列表, 如果 MH 不在列表中或在列表中但已超时, 则向 SFA 转发该注册请求, 否则, 不转发, 直接向该 MH 发送注册响应。类似的, SFA 和 DFA 做同样的处理。

3.2 全球切换 (域间) 的实现

全球切换采用转发链方案。为此, 实验对移动主机代理进行了修改。当 MH 接收到一个代理公告时, 比较代理公告中的转交地址和自己的地址是否是同一个子网, 从而确定 MH 是在归属网络或外部域, 并且, MH 建立一个基站列表和一个 DFA 列表。当 MH 从一个外部域进入另一个外部域, 即发生域间切换时, MH 向前一个 DFA 而不是 HA 注册, 因此, 数据的转发形成了一条转发链。

3.3 数据转发的实现

为实现数据在层次间的转发, 实验对基站节点类的解封装器进行了修改。HA 封装数据, DFA 和 SFA 先解封装, 再送回本节点的封装器再次封装, 而 FA 解封装后, 直接送给 MH。

3.4 实验结果和分析

利用层次和转发链的方法, 减少了 MIP 信令在网络中的传输, 大大减少了 HA 的负担和 MH 的注册时间。在 MH 越区切换比较频繁时, 更可以减少分组的丢失和提高分组的吞吐量。

实验一采用如图 1 的网络拓扑, Internet 内部和 DFA 的接入的链路带宽/时延为 1.5M/100 ms, DFA 之间的为 10M/2 ms, 其余链路的为 100M/0.5 ms, 蜂窝的半径为 250 m, 蜂窝间距为 550 m, MH 从 FA1 移动到 FA7, 对基本移动 IP 和 HF MIP 的性能进行了比较。两者的切换时延如表 1 和表 2。

在 MH 远离 HA 的情况下, HF MIP 的平均切换时延为 30.43 ms, B MIP 的为 310 ms, 减少了 10 倍左右。

表 1 B-MIP 和 HF MIP 的切换时延
Tab. 1 B-MIP and HF-MIP handoff delay

切换类型	基本移动 IP/ms	HF MIP/ms
域内切换	310.55	10.38
域间切换	310.55	45.73

表 2 HF MIP 的切换时延

Tab 2 HF MIP handoff delay

注册信令	注册次数	平均切换时延 ms
向 HA 注册	1	253.96
向 DFA 注册	2	29.49
向以前的 DFA 注册	1	45.73
向 SFA 注册	3	16.39
向 FA 注册	7	2.60
整个平均切换时延/ms		30.43

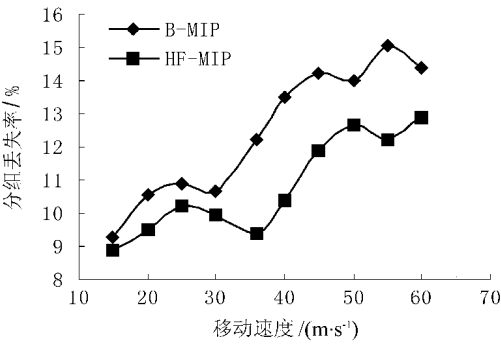


图 2 B-MIP 和 HF-MIP 的分组丢失率和移动速度的关系
Fig. 2 The relation between packet drop/packet drop ratio and moving speed of B-MIP and HF-MIP

切换时延的减少, 意味着分组丢失率的减少。两者的分组丢失率和 MH 移动速度的关系如图 2 所示。从图 2 中可以看出, 随着 MH 的移动速度的提高, 切换更为频繁, 因而, 分组的丢失率随之增大, 但是, 层次转发链 MIP 的分组丢失率始终比基本的移动 IP 的小。切换不是很频繁即移动速度较低时, 基本的移动 IP 与层次转发链 MIP 的分组丢失率相差很小, 但随着 MH 移动速度的提高, 切换的频繁, 两者的差距增大, 因此, HF MIP 比较适合于微移动。

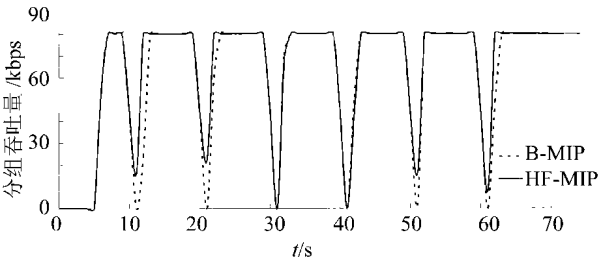


图 3 是 B-MIP 和 HF-MIP 的吞吐量比较
Fig. 3 The throughput comparison of B-MIP and HF-MIP

图 3 是吞吐量情况。CH 从第 6 秒开始向以 55 m/s 的速度移动的 MH 发送大小为 200 字节, 发送间隔为 20 ms 的语音数据, 直到 MH 移动停止。这样数据速率为 $200/20 \times 8$ kbps, 即为 80 kbps。从上图可以看出, 在第 11 秒时, MH 进入下一个蜂窝,

完成切换, 这时, 分组吞吐量开始上升。在第 11 秒处, 基本移动 IP 的吞吐量为零, 而 HF MIP 的为 16 kbps。平均来说, HF MIP 的分组吞吐量比 B MIP 提高了 7.7%。

实验 2 采用类似图 1 的网络拓扑, 但是蜂窝间距为 500 m, 对层次移动 IP H MIP 和 HF MIP 的性能进行了比较。图 4 是 H MIP 和 HF MIP 的分组丢失和分组丢失率与转发链的关系。

从图 4 可以看出, 层次移动 IP (H MIP) 的丢失分组和分组丢失率比层次转发链 MIP (HF MIP) 的大, 而且, 随着转发链个数的增加, 两者的差距进一步拉大, 即随着转发链个数的提高, HF MIP 的性能比 H MIP 的性能越来越好。但是, 转发链的个数不能无限增加, 增加到一定的程度, 两者的分组丢失率趋向相等, 进而, HF MIP 的分组丢失率甚至比 H MIP 的大。这是因为, 随着转发链的长度的增加, MH 的注册时延和分组的转发时延增大, 导致分组丢失率的增大。这时, MH 应向 HA 注册, 打破现有的转发链, 然后建立新的转发链。

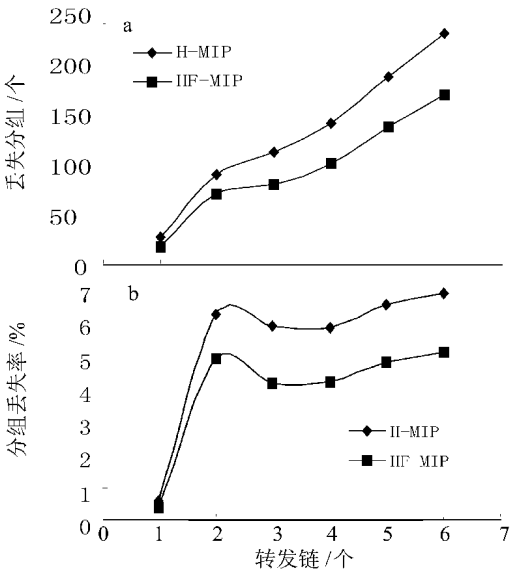


图 4 H-MIP 和 HF-MIP 的丢失分组和分组丢失率与转发链的关系
Fig. 4 The relation between drop packets/packet drop rate and forwarding chains of H-MIP/HF-MIP

图 5 是 HF MIP 和 H MIP 的分级平均传输时延以及越域切换时延的比较。从图 5 中可以看出, 随着转发链的长度的增加, HF-MIP 的分组平均传输时延随之增加, 增加的幅度大约每个转发链为 1 ms, 而 H-MIP 的传输时延几乎不变。

但是, H MIP 的越域切换时延却比 HF MIP 的大得多, 大约为 50 ms。随着转发链长度的增加, HF MIP 的平均切换时延明显减少, 而 H MIP 却居高不下, 而且, 两者的差距进一步拉大。

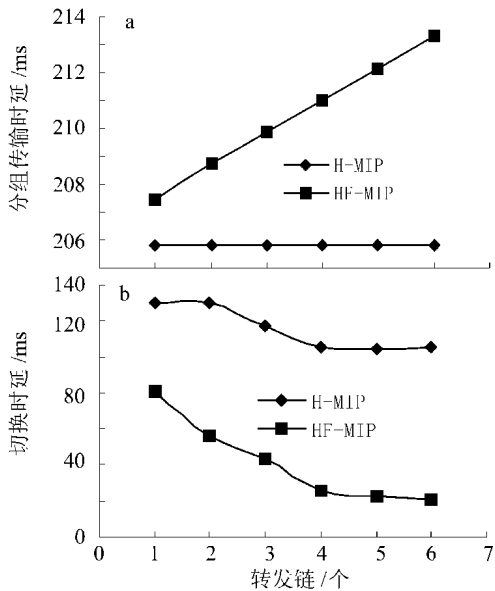


图 5 是 HF-MIP 和 H-MIP 的分组平均传输时延以及越域切换时延的比较

Fig. 5 The relation between packet transmission delay /cross-domain Handoff delay and forwarding chains of H-MIP/HF-MIP

4 结论和讨论

采用层次和转发链 MIP 的方案，明显减少了 MH 切换的时延，取得了移动 IP 的快速切换。同时，减少了分组的丢失率和提高了分组的吞吐量，从而，改善了业务的 QOS。但是，在层次 FA 之间需要经过的多次封装和解封装，增加了层次 FA 对分组的处理时间。如果 CH 距离 MH 比较近，而距离 HA 比较远时，分组经过 HA 的拦截转发，即三角路由更是增加了分组的传输时延，这对实时业务如话音尤为不利。因此。如何减少层次 FA 的分组

处理时间、避免三角路由和为了避免分组的丢失而采用平滑切换以及新转发链的建立算法是我们以后的工作。

参考文献:

[1] [1] PERKINS C. IP mobility support for IPv4, revised[EB/OL] . www.ietf.org/proceedings/01mar/1-D/mobileip-rfc2002-bis-04.txt, 2001, 3.

[2] CACARES R, PADMANABHAN V N. Fast and scalable wireless handoffs in support of mobile Internet audio[J] . Mobile Networks and Applications, 1998(3): 351— 363.

[3] GUSTAFSSON E. Mobile IP regional registration[EB/OL] . ETF, comet.ctr.columbia.edu/micromobility/pub/draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-04.txt , 2000.

[4] MALKI K EI, SOLOMAN H. Hierarchical mobile Ipv4/v6 and fast handoffs[EB/OL] . Internet Draft, www.join.uni-muenster.de/drafts/draft-malki-soliman-hmipv4v6-00.txt, 2000, 3.

[5] JOHNSON D B. Mobility support in IPv6[EB/OL] . www.monarch.cs.cmu.edu/internet-drafts/draft-ietf-mobileip-ipv6-12.txt, 2000, 4.

[6] PERKINS C, WANG K Y. ptimized smooth handoffs in mobile IP[C] . Proceedings of the Fourth IEEE Symposium on Computers and Communications, 1999: 340— 346.

[7] RAMJEE R, LAPORTA T, THUELS, et al. IP micro mobility support using HAWAII[EB/OL] . http://www.bell-labs.com/user/ramjee/papers/draft-ietf-mobileip-hawaii-01.txt , July 2000

[8] VALKO G V. Cellular IP: a new approach to internet host mobility[J/OL] . ACM Computer Communication Review, http://comet.ctr.columbia.edu/cellulairp/pub/ccr99.pdf , 1999, 1.

[9] SIMULATOR N S. ns-allinone-2.1b7a[EB/OL] . http://www.isi.edu/nsnam/ns/ns-build.html , 2001, 5.

Mobile IP Fast Handoff

ZHUANG Hong cheng, ZHANG Guang zhao

(Department of Electronics and Communication Engineering,
Sun Yat sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Mobile IP makes a Mobile Host (MH) access to Internet anywhere and anytime, and does hosts in Internet communicate with MH transparently. However, Mobile IP has long handoff delay, which has a terrible effect on quality of traffic. A fast Mobile IP handoff scheme, combined hierarchical foreign agent management with forwarding pointer chain, is proposed to improve traffic QOS while MH handoffs frequently.

Key words: mobile IP; hierarchical FA; tunnel; forwarding chain