

基于位置信息的 IP 层切换判决机制及性能分析

方 波, 宋俊德

(北京邮电大学 PCN&CAD 部级重点实验室, 北京 100876)

摘 要: 基于 IP 的流动性管理技术使得移动终端可以在互联网间漫游, 并且不会改变自己的 IP 地址. 当同时存在多种类型无线网络的时候, 如何选择最佳的候选网络, 何时发起切换等切换判决问题也是提高基于 IP 的流动性管理性能的重要课题. 提出了一种基于位置信息的切换判决算法, 使得终端在对自身移动模型预测的基础上, 做出正确的切换目标和切换时间的选择, 从理论分析和仿真结果可以看出, 该算法明显减小了切换次数和丢包率, 提高了切换的性能.

关键词: 移动终端; 当前接入路由器; 切换判决算法

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2004) 12A-153-04

Location Information Based Handoff Decision Algorithm on IP Layer and Performance Analysis

FANG Bo, SONG Jun-de

(Department Key Lab. of PCN&CAD, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: IP based mobility management scheme makes mobile host roaming in heterogeneous network without changing its IP address. How to select the best candidate network and when to make handoff have a strong effect on performance of mobility management. This paper proposed a location information based handoff decision algorithm. MH can select right candidate access router and make handoff in best occasion. Theoretical analysis and simulation show that number of handoff and packet loss rate can be decreased.

Key words: MH; AR; LBHD

1 引言

异种网络共存是未来通信网络的主要特征. 移动终端在移动过程中往往能够同时检测到多种类型的无线覆盖, 那么选择哪一个进行切换, 以及何时切换就变的非常重要. 目前的研究焦点是如何提高切换的速度, 减小切换的时延, 但是如果不能保证切换的目标是最佳的, 即使有较低的切换时延, 同样会产生较多的切换次数, 而这会造成巨大的无线资源浪费和信令开销, 因此, 如何能够保证移动终端准确的选择切换的目标和时间同样具有举足轻重的作用.

随着移动终端计算能力的不断提高, 终端在流动性管理中将扮演重要的角色. 下一代通信网络中, GPS 能够为移动终端和基站提供精确的位置信息. 如果终端在移动过程中, 可以获得自己的位置信息, 并且通过网络层的信令交互获得周围基站的信息, 那么它可以利用位置信息辅助切换判决. 这样就可以提高切换判决的效率. 本文提出了一种基于位置信息的切换判决算法 (LBHD 算法), 该算法充分利用了终端和基站的位置信息, 辅助终端进行切换判决, 从理论分析和实验结果可以看出, 该算法很大程度上减小了无效切换的次数, 并且降

低了分组丢失.

2 现有 IP 层切换判决机制及存在的问题

移动 IP 协议^[1]中给出了三种移动检测机制(被动小区切换/前缀匹配/主动小区切换), 通过移动检测, MH (移动终端) 可以判断出自己是否移动到了新的子网, 但是对于同时存在多种无线网络的情况, 这几种机制的效果就很差. 另外, MH 移动到 FA 的覆盖区域中时, FA (外地代理) 不可能立即发现 MH, 因为 ADS (代理公告) 消息的发送是有一定间隔的, 被动小区切换的平均时延长达 2.5s. 可见采用上述移动检测方法, 必定不可能实现“低延时”切换.

D. Johnson^[2]提出的机制是利用“是否能够收到数据包”来作为发起切换的条件, 并且提出了提高信标发送频率的改进方式, 减小了切换判决的时间, 从而提高了切换性能, 但是由于发送的过多的信标和业务数据竞争信道, 而使信道利用率下降了.

如果细分的话, MH 在开始 IP 层的切换之前需要完成“目标网络选择”、“IP 层切换机制选择”和“切换时间选择”三个主要任务. 它们都会受到很多因素的影响, 其中较为重要的因素

是用户的移动方向,所以,利用“位置信息”来辅助进行切换判决是必要的. Robert^[3]利用 RSS 来预测终端的位置信息,从而提高了切换目标网络选择的准确性,提高了切换性能.但是,对于位置信息的预测精度不高. Masaki^[4]利用 GPS 系统提供精确的位置信息,进一步提高了切换判决的准确度.但是该机制单纯依靠 MH 与邻居 FA 的距离来选择最佳的候选 FA 的,忽略了 MH 的移动特性,也没有涉及同时存在多个候选网络的判决.

3 基于位置信息的 IP 层切换判决机制

3.1 研究的假设

(1) 无线网络覆盖区域相互重叠: 同种类型或者不同种类型的无线网络之间存在重叠覆盖, 这样移动终端可以在重叠覆盖区进行适当的切换判决;

(2) 采用链路层触发机制: 当移动终端在链路层检测到切换将要发生的时候, 就可以向 IP 层产生一个触发信息, 这样可以提前开始 IP 层切换的相关准备工作. 本文采用的触发信息是 MH 接收到一个新的代理公告;

(3) 多模终端: 由于存在多种类型的无线接入技术, 所以要求移动终端能够支持多种类型的无线技术, 即要求移动终端是多模的.

3.2 算法描述

假设, MH 从当前接入路由器 (AR) 的覆盖区移动到了同时存在三种无线网络覆盖的重叠覆盖区, 那么 MH 可能相继收到三个无线接入点的代理公告.

终端和基站都可以通过 GPS 获取自身的位置信息. 如果 AR 之间定期通过 IP 层协议交互自己的位置信息^[4], 同时 AR 能够定期的向覆盖区域发送代理公告, 该代理公告在移动 IP 的基础上, 增加 AR 的位置信息, 同时包含了该 AR 的邻居 AR 的位置信息.

MH 在移动过程中获取的当前为自己服务的 AR 的邻居 AR 的信息, 将这些邻居 AR 作为 MH 切换的候选集: C.

候选集的确定:

如图 1, 假设当前为 MH 服务的 AR 是 0, 那么它的可能候选 AR 为 {1, 2, 3, 4, 5, 6}, 即

$$C = \{AR_1^0, AR_2^0, AR_3^0, AR_n^m, \dots\}$$

(n 表示 AR 的序号, m 表示 AR 的优先级, 初始情况 C 中的 AR 都具有

相同的优先级), MH 下一步切换的目标: AR_{high} . 其中 AR_{high} 表示 C 中的具有最高优先级的 AR.

MH 在移动过程中, 定期检测自己的位置信息, 并且按照移动模型预测算法, 对特定区域用户群的移动模型进行预测. 根据预测出来的用户移动方向, 周期性的对 MH 的候选 AR 集 C 进行优先级更新, 将候选概率最高的 AR 作为 AR_{high} , 以此类推.

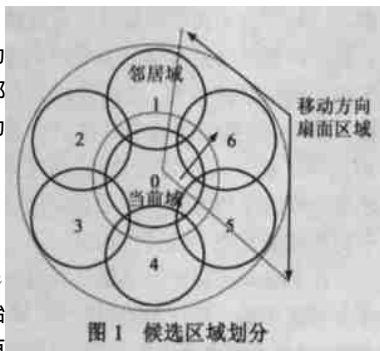


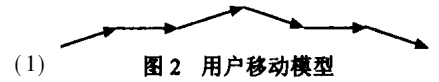
图 1 候选区域划分

用户移动模型的预测:

虽然用户的移动具有很大的随机性, 但是从统计的角度分析: 特定时间内, 处于特定区域内的特定群体用户具有相似的移动特性, 也就是说用户移动特征具有一定的时间性、地域性和群体特性.

用户的移动可以用转移概率来描述:

$$\begin{bmatrix} p_{01} & p_{02} & \dots & p_{06} \\ p_{11} & p_{12} & \dots & p_{16} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{61} & p_{62} & \dots & p_{66} \end{bmatrix} \quad (1)$$



其中, p_{ij} 表示, MH 从区域 i 移动到区域 j 的概率.

以图 2 为例, MH 的当前位置为 (X_n, Y_n) , MH 采集到的它下一点的坐标为 (X_{n+1}, Y_{n+1}) , 那么, MH 在覆盖区内的坐标可以表示为: $(x, y) = (x_{n+i}, y_{n+i}), (i = 1, 2, \dots)$ (2)

如果当前移动方向与上一次的移动方向的夹角 θ 满足:

$$\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2 \quad (3)$$

(通常情况下, θ_1 可以取 120° , θ_2 可以取 180°) 那么, 如果连续出现 $n (n \geq 4)$ 次, 可以将该用户移动模型匹配成直线. 关于移动模型预测的深入研究是未来需要重点解决的问题.

候选集的更新:

MH 在移动的过程中, 根据自己当前的位置信息, 不断进行移动模型的匹配, 同时根据该移动模型, 对于当前 AR 的邻居候选集 C 中的 AR 进行优先级更新,

更新的算法如下

1. 循环处理 C 中所有的元素:
 - a) 如果当前 AR 是 MH 的移动方向上的邻居 AR,
 - 则, 优先级加 1;
 - 否则, 不作操作;
 - b) 记录该 AR 到达 MH 移动方向所在直线的距离 L_i ;
- 2 对 MH 移动方向扇面区域上的 3 个 AR 按照 L_i 进行排序, 距离最近的将优先级加 2, 次之加 1, 再次不增加, 对于非 MH 移动方向上的 AR 的优先级不作改变;
- 3 按照优先级的大小对 C 的元素进行排序后将所有的优先级置零等待下一次的更新.

切换判决算法

假设 MH 进入重叠覆盖区之后, 会相继收到不同类型 AR 发送的信标, 具体的判决算法如下:

- 1 比较发送该 ADS 消息的 AR 是否 AR_{high}
 - a) 若是, 则立即进行快速切换^[8];
 - b) 否则: 判断其是第几优先级的 AR, 并保存该 AR 的地址, 然后“推迟”一定时间 (τ_1);
- 2 在 τ_1 内,
 - c) 如果 MH 收到了 AR_{high} 的信标, 则立即开始切换;
 - d) 否则: 如果没有收到 AR_{high} 的信标, 再“推迟” (τ_2), 其中 $\tau_2 < \tau_1, \tau = \tau_1 + \tau_2$;
3. 在 τ_2 内,
 - e) 如果收到了大于为当前 MH 服务的 AR 的优先级的信标, 则立即开始快速切换;
 - f) 否则向第一步中保存的 AR 切换.

3.3 性能分析

以图 3 所示的区域划分为基础, 如果采用移动 IP 机制的切换判决算法, MH 每一次收到新的 ADS 消息, 都会向该 AR 发出注册请求, 那么对于存在 N 个 AR 的场景, MH 将要最多进行 N 次切换。

假设移动终端在移动的过程中采用 LBHD 算法, 通过合理的选择“推迟”时间, 可以保证 $v \cdot \tau < D$ (D 是重叠覆盖区的宽度) 那么发生切换的次数可以按照下述步骤分析。

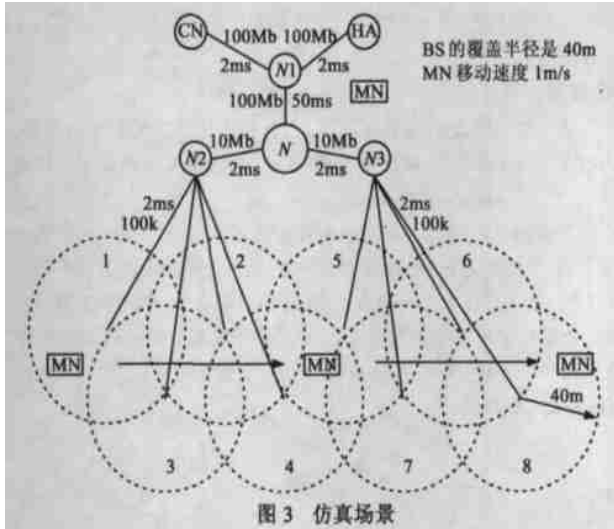


图 3 仿真场景

设, MH 在移动过程中成功节省一次切换的概率是 P_0 , 那么:

$$P_0 = P\{\text{推迟一次切换}\} \cdot P\{\text{收到 } AR_{high} \text{ 的 ADS}\} \cdot P\{\text{推迟一次切换}\} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} P\{\text{推迟一次切换}\} &= 1 - P\{\text{收到一个新的 ADS 就发生切换}\} \\ &= 1 - P\{\text{收到一个 AR 的 ADS 是 MH 移动方向上的 AR}\} \cdot P\{\text{该 AR 是 } AR_{high}\} \\ &= 1 - P\{0 < \theta < \theta_1 \text{ 或 } \theta_2 < \theta < \theta_{360}\} \cdot \frac{1}{3} \\ &= 1 - \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{5}{6} \end{aligned} \quad (5)$$

(θ_1, θ_2 可以分别取 60° 和 300°)

$P\{\text{收到 } AR_{high} \text{ 的 ADS}\} \cdot P\{\text{推迟一次切换}\} = 1/3$, 则,

$$P_0 = P_1 \cdot P_2 = \frac{5}{18}$$

如果, 当前场景有 8 个 AR, 那么可以近似估算, MN 在水平移动的过程中, 可以节省平均 2 次的切换, 如果 AR 的数量增大, 那么效果会更加理想。

另外, 由于 LBHD 的判决过程全部是在终端完成, 所以不会产生额外的信令交互, 因此, 在信令开销上同样可以节省相同的量级。

4 实验结果和分析

为了验证上述算法, 在仿真平台上进行了实验。仿真平台采用了 Ns2^[9], 以及公开发布的 Ns2 的扩展包 Noah^[7] 和 FHMIP^[8]。

该场景主要模拟移动用户在街道上直线行走的情况。“推迟”的时间取 5~25 秒。

4.1 仿真场景和参数

4.2 仿真结果及分析

(1) 图 4 说明, MH 处于基站重叠覆盖区的不同位置的时候发生切换的次数, 可以看出快速切换移动 IP^[8] 的机制下, MH 都要发生 7 次切换, 也就是说, MH 要向在移动过程中遇到的所有基站

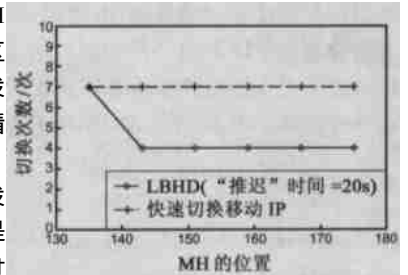


图 4 MH 处于不同纵坐标的切换次数

发出切换请求, 并完成向 HA 的注册; 而采用 LBHD, 切换的次数明显减小, 降到了最少的 4 次, 与理论分析的结果基本是一致的。可以看出该算法非常适合于街道的环境; 从图 6 可以看出, 采用 LBHD 算法, 不仅能够最大程度的减小切换的次数, 同时分组传输的丢包率不仅没有受到影响, 反而降低了 47.2%;

(2) “推迟时间”

(τ) 是 LBHD 算法中非常重要的参数, 如果太小, 那么该算法的优势就不可能充分体现, 仍然会产生较多的切换; 如果太大, 很可能会导致通信的中断, 从而严重影响系统性能。图 5 反映了不同的“推迟时间”

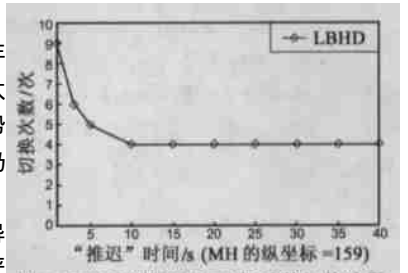


图 5 不同的“推迟时间”导致的切换次数

导致的切换次数, 可以看出“推迟时间”在 10 秒以后, 切换次数达到最小, 而小于 10 秒的时候, 切换次数会增多, 这说明, MH 在重叠覆盖区中移动的时候, 还没有到达覆盖区

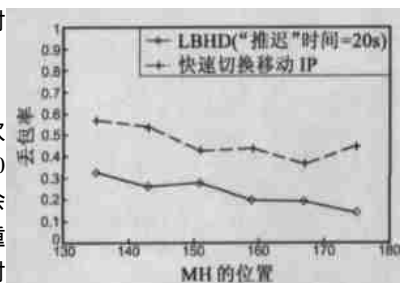


图 6 MH 处于不同纵坐标的丢包率

的边缘, 就提前进行了切换操作, 从而像快速切换移动 IP 一样, 产生较多的切换次数。由于本文实验仿真场景的限制, 对于三个 AR 的重叠覆盖区之间有间隔的情况, 当“推迟时间”大到一定程度之后, 如果 MH 还不发起切换操作, 势必会导致严重丢包, 甚至中断通信。因此, 针对基站重叠覆盖区的大小选择合理的“推迟时间”是 LBHD 算法的关键。

5 结论

本文提出了一种利用位置信息辅助进行 IP 层切换判决的算法, 移动终端可以通过定期获取自身位置信息来预测自己的移动模型, 根据终端距离移动方向上的邻居基站的距离, 来更新当前基站的候选邻居集。当终端接收到新的基站的信标的时候, 就可以用当前基站对候选邻居集中叠代查找, 从而保证移动终端切换至的基站是终端移动方向的最佳候选基

站. 仿真结果表明, 该算法非常明显的减小切换次数, 同时又减小了分组丢失. LBHD 算法的关键是设计好“推迟”时间, 以及对用户移动模型的预测, 因此, 下一步工作将对“推迟”时间和重叠覆盖区以及用户移动模型的关系进行深入研究, 同时探讨更为复杂的用户移动模型的预测. 另外, 为了使移动终端在异种网络间漫游, 需要对 LBHD 算法进行完善.

参考文献:

- [1] C Perkins. IP Mobility Support for IPv4[Z]. IETF RFC 3344, Oct. 2002.
- [2] D Johnson, C Perkins, J Arkko. Mobility support in IPv6[Z]. IETF Internet-Draft, October 2002.
- [3] Robert Hsieh, Zhe Guang Zhou, Aruna Seneviratne. S-MIP: A Seamless Handoff Architecture for Mobile IP[A]. INFOCOM 2003. Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, 2003[C]. San Francisco, USA. 1774- 1784.
- [4] Masaki Bandai, Iwao Sasase. A Low Latency Handoff Scheme Using Positional Information for Mobile IP Based Networks[A]. Global Telecommunications Conference, 2003. GLOBECOM' 03[C]. San Francisco, USA. 3468- 3472.
- [5] E Shim, H Wei, Y. Chang, R D Gilin. Low Latency Handoff for wireless IP Qos with neighborcasting[A]. Proc. of IEEE International Conference on Communications (ICC2002)[C]. 2002. Budapest, Hungary. 3245- 3249.
- [6] The Network Simulator—ns2[EB/OL]. <http://www.isi.edu/nsnam>.
- [7] J Widmer. Extensions to the ns Network Simulator[EB/OL]. <http://www.icsi.berkeley.edu/widmer/mnav/ns-extension/>.
- [8] Robert Hsieh. Fhmip ns-extension[EB/OL]. <http://mobqos.ee.unsw.edu.au>.
- [9] Rajeev Koodli. Fast Handovers for Mobile IPv6[Z]. IETF Internet-Draft, draft-ietf-mobilenip-fast-mipv6-06.txt.

作者简介:

方波男, 1977年出生于陕西省, 目前就读于北京邮电大学, 攻读工学博士学位, 主要研究兴趣: 移动 IP、移动互联网和下一代网络等. E-mail: fangbo@263.com.

宋俊德男, 1935年出生于河北沧州, 北京邮电大学, 教授, 博士生导师, 莫斯科电子工程学院荣誉博士, 国务院学位委员会评审组成员, 中国博士后评审委员会专家, 国际信息联合会(IFIP)TCT中国主席, 全球WAP论坛AGE组专家, 信息产业部重点实验室PCN&CAD中心和CTI技术研究中心主任, 研究兴趣: 通信系统理论、CTI、VLSI设计、移动互联网等.