

异构重叠网络下 MIP 移动检测方法性能比较

周云 王一鸿 王莹 张平
(北京邮电大学电信工程学院 北京 100876)

摘要: 未来的通信网络将融合、协同多种异构网络。IETF 提出的移动 IP(MIP)能够将各种网络统一到单一的 IP 信息平台。本文重点分析了影响 MIP 切换时延的移动检测机制: LCS, ECS。提出了异构重叠网络下跨层优化快速检测机制。理论分析和仿真均表明由于得到了来自链路层信息的辅助,该方法能有效地降低切换时延,减少丢包,提高通信服务质量。

关键词: 异构重叠网络; 移动 IP; 移动检测; 跨层优化

中图分类号: TN915.07

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2007)12-3031-04

Comparison of Movement Detection for MIP in Heterogeneous Overlay Networks

Zhou Yun Wang Yi-hong Wang Ying Zhang Ping

(School of Telecommunication Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: Future network is characterized by the integration of heterogeneous wireless access technologies. The IETF Mobile IP (MIP) integrates these different networks into a single IP-based platform. This paper focuses on the analysis of movement detection mechanisms for MIP: LCS, ECS. A cross-layer fast detection method in heterogeneous overlay networks is proposed. Analysis and simulation show that with the information of link layer, the proposed scheme can achieve better performance in terms of handoff latency and packet loss.

Key words: Heterogeneous overlay network; Mobile IP (MIP); Movement detection; Cross-layer optimization

1 引言

未来的 B3G 通信系统被认为是一个多网融合的系统,将由多种互相重叠的异构网络协同运营。异构网络形式、性能多样,可以将其分为两种类型:一种是提供较大带宽但覆盖范围有限的高速率本地网络,另一种是支持广域覆盖但速率较低的公共网络,但没有任何一个网络能够同时达到用户在内容,服务质量,速度等诸多方面的需求,因而 B3G 系统有必要融合这两种类型的网络实现用户在任何时间,任何地点进行高速率的数据传输。

IETF定义的移动IP(MIP)从网络层支持用户在异构网络间的移动。MIP发展至今具有两个版本: MIPv4^[1]和 MIPv6^[2]。MIPv4的代理发现、地址注册等过程时延可达秒级,并且存在三角路由问题; MIPv6消除了三角路由,一定程度降低了通信时延,但是地址分配时的重复地址检测(DAD)过程产生秒级的时延^[3],同样无法实现无缝切换。因此,开发低时延、快速、无缝的切换机制已经成为一个重要课题^[4,5]。本文主要基于MIPv4,研究影响切换时延的移动检测部分,提出了异构重叠网络下的快速检测机制,理论分析

和仿真均表明该方法能有效地降低切换时延,提高服务质量。

本文结构如下:第2节给出异构重叠网络结构;第3节描述MIP的各种移动检测机制;第4节提出跨层优化快速检测机制,并与其它方法进行性能分析比较;第5节给出仿真结果;最后总结全文。

2 异构重叠网络结构

本文研究基于松耦合方式的异构重叠网络,采用MIPv4支持用户在网络间的移动。MIPv4通过永久家乡地址(home address)来标识每一个移动节点(MN),当其漫游到外地网络时,会获得一个转交地址(CoA),并向家乡代理(HA)注册。

本文以通用分组无线业务(GPRS)网络和WLAN网络为例研究异构重叠网络快速移动检测机制。GPRS覆盖范围广,能够提供171.2kbps的最高数据速率^[6];WLAN(如IEEE802.11a)可以在热点地区提供高达54Mbps的服务。如图1所示,GPRS和WLAN网络完全重叠,定义此时GPRS是家乡网络,连接到家乡代理上,WLAN是访问网络,连接到外地代理(FA)上。为了获取高速率服务,当MN移动到热点地区时需要获得一个新的CoA,充分利用WLAN网络;离开时切换到GPRS来保持通信的连续性。这种异构网络间的切换即是垂直切换。可以将其按照切换方向分为两类:向下切换和向上切换。向下切换是指移动节点从处于覆盖

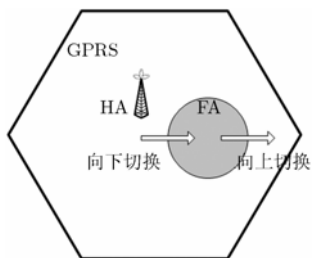


图1 异构重叠网络结构

范围广的高层网络或子网切换到低覆盖的网络或子网(如从 GPRS 到 WLAN); 向上切换与此相反(如从 WLAN 到 GPRS)。一般而言, 由于高层网络覆盖广泛, 如蜂窝网络, 可以认为是处处存在的, 向低层网络的切换可选, 因此向下切换对时延不太敏感; 相比之下, 向上切换是由于低层网络覆盖范围有限不可接入, 是必须进行的切换, 因此向上切换对时延更为敏感。本文的研究和仿真都主要针对向上切换。

3 MIP 移动检测

定义 MIPv4 的切换时延 $T_{\text{handoff}} = T_{\text{md}} + T_{\text{reg}}$, 其中 T_{md} 为移动检测时延; T_{reg} 为移动节点的注册时延, 与具体协议有关。

RFC3344^[1], RFC2002^[7]给出了基本的移动检测机制: LCS (Lazy Cell Switching), 前缀匹配 PM (Prefix Matching) 和 ECS (Eager Cell Switching)。根据 LCS, 若移动节点连续 3 次没有收到它当前注册代理的通告时才进行代理请求并向 HA 注册新的 CoA; PM 使用网络前缀, 移动节点选择注册到具有不同网络前缀的外地代理上; ECS 假设移动节点运动方向改变较慢时, 一旦发现一个新的代理通告就发生切换。由于 PM 和 LCS 原理基本相同, 都是在不同的生存期溢出后再进行注册, 只不过前者需要在代理通告中加入前缀长度扩展来判定是否两个通告是从同一子网接收, 此处只分析 LCS 和 ECS 检测机制性能。

设移动节点在切换前等待下一代理通告的时间为 X , 并设代理通告的周期为 T , X 在 $[0, T]$ 时间段内均匀分布, 则 X 的概率密度函数为

$$p(x) = \begin{cases} 1/T, & 0 \leq x \leq T \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (1)$$

$$E(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} xp(x)dx = T/2 \quad (2)$$

对于 LCS, 移动节点在注册前不得等待连续丢失 3 个以上小区的代理通告, 平均 LCS 移动检测时延为 $T_{\text{LCS}} = T/2 + 2T = 5T/2$; 平均 ECS 移动检测时延为 $T_{\text{ECS}} = T/2$ 。可见 ECS 比 LCS 具有更短的检测时延, 但是它存在一个严重的问题, 即对于频繁改变运动方向或者处于重叠覆盖区的移动节点很可能导致乒乓效应; LCS 可适用于小区重叠覆盖的情形。

尽管在重叠的网络中可以采用 LCS 或者 PM 来进行移动检测, 但这种网络层(L3 层)的切换将带来较大时延, 严重影响通信质量, 尤其是对于向上切换。因此, 下文针对上述异构重叠网络结构提出了一种跨层优化的快速检测方法。

4 异构重叠网络下的快速移动检测

在完全重叠的异构网络中, 移动节点从 WLAN 运动到 GPRS 时, 即便已经收不到来自 WLAN 的代理通告, 但仍然必须等待 FA 的生存期过期, 才能向 HA 更新注册, 这将导致很大的等待时延, 严重影响通话质量。

为了及时地从低层网络切换到高层网络, 本文提出链路层触发快速移动检测, 以链路层(L2 层)信号质量辅助 L3 层移动检测, 具体如下: 移动节点周期性地检测 WLAN 的信号强度, 一旦检测到该信号强度恶化到容忍门限时(其值依赖于 L2 层具体的切换算法, 如考虑门限或滞后信息, 最大最小判决算法等, 不同切换算法具备不同的链路层性能), 将触发移动节点的网络层立即做出反应: 强行将 FA 通告从 MN 的代理列表中删除, 其效果相当于 FA 生存期过期, 此时 MN 无需继续等待而直接向列表中的 HA 通告注册, 通过跨层促进了 MIP 的移动检测。所提检测方法适用于异构重叠网络, 特别是对时延敏感的向上切换。

从前面的分析可以看出, 平均移动检测时延与代理通告周期 T 有关, T 越小, 平均检测时延越小, 因此可以通过降低 T 的方法来减小小时延。但是 T 越小意味着需要频繁地广播通告报文, 会占用大量的无线链路资源, 甚至影响正常数据分组的传输, 所以需要进行折中。RFC3344^[1]建议通告周期为 1s, 为缩短时延, T 的取值可为 50ms~200ms^[8]。

图 2 为不同移动检测机制示意图, 通告周期为 T , 通告到达时刻之差为 X 。本文提出的检测方法, 检测点发生在 A-B 之间, 平均检测时延为 $T/2$; LCS 检测点发生在 D 处, 平均检测时延为 $5T/2$; 由于 ECS 在重叠的网络中可能存在乒乓效应, 此处对 ECS 进行改进(ECS⁺): 规定等待通告周期 T 后新收到通告处为检测点, 即图中的 C 点, 其平均检测时延为 $T/2 + X$ 。可以看出在向上切换时, 快速检测具有最低的检测时延。

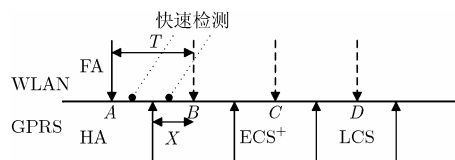


图2 移动检测

由于 GPRS 覆盖范围广, 移动节点总是能与其保持通信, 移动节点接入网络时首先注册到 GPRS 中, 即定义 GPRS 网络为家乡网络。当第一次收到 FA 的通告时采用 ECS, 发

生 L3 层的向下切换;在重叠的区域内,若移动节点采用本文提出的具有链路层信息辅助的 MIPv4 协议,在收到 WLAN 链路层的信息时(接收信号强度低于门限值)立即触发本文提出的检测机制,达到快速有效的向上切换;如果移动节点不支持所提检测方法,仍将采用标准的 MIPv4 协议,采用 LCS 检测,当 FA 通告过期后再注册到 HA 上。

5 仿真结果分析

此节利用 ns2 仿真所提出的机制,并与其它方法进行性能比较。其中移动节点是双模配置,如图 3 所示,能同时与 GPRS 和 WLAN 通信。表 1 给出了仿真参数,仿真中选取的通告周期为标准中建议的 1s。本文仅比较向上切换时的性能,检测机制选取策略如前文所述。

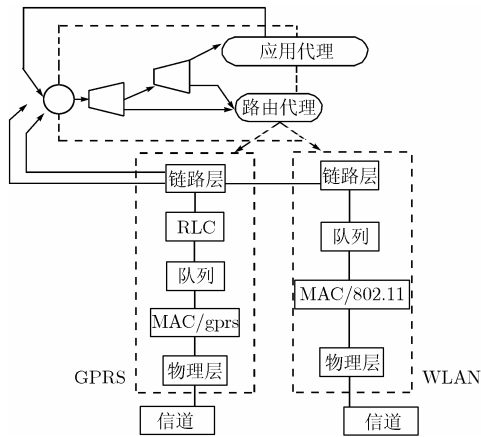


图 3 ns 中的双模节点模型

表 1 仿真参数设置

参数	参数值
GPRS 小区半径	1000m
WLAN 小区半径	100m
MN 平均移动速率	5m/s
业务类型	CBR
	200 字节/包
	50 包/秒
通告周期	1s

图 4 给出了通告周期为 1s 时各种检测方法下的切换时延和丢包。图中的点代表移动节点接收到的具有特定序号的包,丢失的点代表丢失的包。定义 MIP 的切换时延为从原代理收到的最后一个包和从新代理收到的第一个包之间的时间间隔,即图中的空白时间段。由于均采用 MIPv4 注册过程,因此可认为时延差异是由不同的检测方法引起的。可见,标准 MIPv4 中的检测机制较之其它两种会引起更长的切换时延,本文提出的快速检测具有最小的时延和丢包。

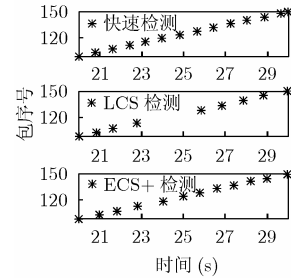


图 4 各种检测方法的时延和丢包图

图 5 比较了不同速率下,本文提出的方法所引起的时延差异。可见,当运动速度从 1m/s 增加到 20m/s 时,时延仅有 ms 级的差异,这是由于此方法获得链路层信息的辅助,对速度并不十分敏感。

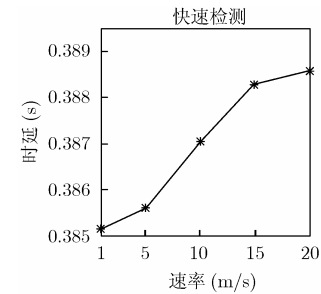


图 5 不同速率下快速检测的时延比较

尽管所有的分析都是基于 MIPv4,但此方法同样适合于 MIPv6。根据 RFC3775^[2], MIPv6 移动检测主要是利用 IPv6 的邻居发现机制(包括路由发现和邻居不可达检测)。通过向路由器发送路由请求,或者被动地等待下一个通告周期获得路由通告消息,移动节点可以发现新的路由器和新的“链路在线子网前缀”,类似于 LCS 机制。因此,在移动检测方面 MIPv4 和 MIPv6 是一致的。快速移动检测同样适用于异构重叠的 MIPv6 网络。

6 结束语

未来的 B3G 通信系统将由多种互相重叠的异构网络协同运营,由 IETF 制定的 MIP 可以支持用户在异构网络间的移动。但是标准 MIP 协议在满足实时通信和无缝移动性管理需求方面存在缺陷,因此开发低时延、快速、无缝的切换机制已经成为一个重要课题。本文重点研究了影响 MIP 切换时延的移动检测机制,分析了各种检测方法的平均检测时延,并提出了异构重叠网络下跨层优化快速检测机制。理论分析和仿真表明,本文提出的方法由于得到了来自链路层信息的辅助能有效的降低切换时延,减少丢包,提高通信的服务质量。

参考文献

[1] Perkins C E. IP mobility support for IPv4. IETF RFC 3344,

- Aug 2002.
- [2] Johnson D, Perkins C, and Arkko J. Mobility support in IPv6. IETF RFC3775, June 2004.
- [3] 廖小飞, 李津生, 洪佩琳等. 基于主动网络技术的移动 IPv6 切换方案. 电子与信息学报, 2004, 26(3): 440-445.
Liao Xiao-fei, Li Jin-sheng, and Hong Pei-lin. *et al.*. Mobile IPv6 Handoff Scheme Based on Active Network Technology. *Journal of Electronics & Information Technology*, 2004, 26(3): 440-445
- [4] Akyildiz I F, Jiang Xie, and Mohanty S. A survey of mobility management in next-generation All-IP-Based wireless systems. *IEEE Wireless Communications*, 2004, 11(4): 16-28.
- [5] Lee Cheng Wei, Chen Li Ming and Chen Meng Chang, *et al.*. A framework of handoffs in wireless overlay networks base on mobile IPv6. *EEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2005, 23(11): 2118-2128.
- [6] Rappaport T S. *Wireless Communication Principle and Practice* second edition. Beijing: PHEI, 2004: 25-55.
- [7] Perkins C E. IP mobility support for IPv4. IETF RFC 2002, Oct 1996.
- [8] 赵阿群. 移动支持协议切换性能研究. 软件学报, 2005, 16(4): 587-594.
Zhao A-qun. Investigation on handoff performance of mobility support protocols. *Journal of Software*, 2005, 16(4): 587-594
- 周 云: 女, 1983 年生, 硕士生, 研究方向为异构网络移动性管理.
- 王一鸿: 女, 1981 年生, 硕士生, 研究方向为异构网络移动性管理.
- 王 莹: 女, 1976 年生, 副教授, 主要研究方向为异构网络移动性管理及协同中继.
- 张 平: 男, 1959 年生, 教授, 主要研究方向为 B3G 先进技术研发.