

基于一种新的移动锚点选择算法的分层移动 IPv6 策略

孙文胜, 黄吉*

(杭州电子科技大学 通信工程学院, 杭州 310018)

(* 通信作者电子邮箱 865880004@qq.com)

摘要:针对在分层移动 IPv6(HMIPv6)中域内切换和域间切换的时延相差较大的问题,提出一种新的移动锚点(MAP)选择算法。在域内切换时继续使用 HMIPv6,在域间切换时则采用一种基于预重复地址检测(DAD)的 HMIPv6(D-HMIPv6)机制。D-HMIPv6 通过引入一个同伴节点(PN),进而帮助移动节点(MN)在域间切换时预先完成部分 3 层切换,以此来减少重复地址检测过程所带来的切换时延。网络仿真工具 NS-2 的结果表明,相比 HMIPv6,D-HMIPv6 把域间切换过程中的时延缩短了将近 2 s,有效地提高了对移动 IPv6 实时应用的支持能力。

关键词:域间切换;移动锚点选择算法;切换时延;同伴节点

中图分类号: TP393; TN915.04 **文献标志码:** A

Hierarchical mobile IPv6 strategy based on new mobile anchor point selection algorithm

SUN Wensheng, HUANG Ji*

(College of Communication Engineering, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou Zhejiang 310018, China)

Abstract: To deal with the big difference between inner-domain and inter-domain on handoff time delay of Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6), this paper proposed a new Mobile Anchor Point (MAP) selection algorithm. When handoff happened on inner-domain, the Mobile Node (MN) continued to use HMIPv6, otherwise to use a new mechanism based on Duplicate Address Detection (DAD) HMIPv6, called D-HMIPv6. An element called Partner Node (PN) was introduced to help MN complete partial three layer handoff work in advance when it was in inter-domain, which reduced the time delay by DAD. The results of the network simulation tool NS-2 show that, compared with the HMIPv6, D-HMIPv6 reduces the inter-domain handoff time delay nearly by two seconds, and improves the ability of supporting mobile IPv6 in real-time.

Key words: inter-domain handoff; Mobile Anchor Point (MAP) selection algorithm; handoff time delay; Partner Node (PN)

0 引言

传统的移动 IPv6 (Mobile IPv6, MIPv6)^[1] 不需要外地代理。它通过优化路由使通信对端 (Corresponding Node, CN) 和移动节点 (Mobile Node, MN) 能够直接通信而无需家乡代理 (Home Agent, HA) 的转发,这样就减少了数据包转发的次数,缩短了转发延迟,一定程度上减轻了 HA 的工作负载,保持了移动的透明性。虽然 MIPv6 协议解决了移动节点在移动过程中的通信持续性问题,但在子网间,MN 进行切换时仍会产生较大的切换延迟和丢包率,无法对时间敏感的语音和视频业务进行有效支持。分层移动 IPv6 (Hierarchical Mobile IPv6, HMIPv6)^[2] 的出现很好地弥补了这一不足点。文献[3]中,它通过引进移动锚点 (Mobility Anchor Point, MAP) 来对整个网络进行分层,对于域内切换而言,其有效地减少了与 HA 和 CN 绑定注册的时延。但是对于域间切换,HMIPv6 的改善效果并不明显,由于需要经历两次重复地址检测,其切换时延甚至比 MIPv6 略高,MAP 的出现也加重了整个网络的负担,所以如何改善 HMIPv6 的域间切换成为了本文的重点讨论对象。本文首先提出了一种新的 MAP 选择算法,它帮助 MN 去判断下一步是该进行域内切换还是域间切换。如果是域内切换,则继续使用 HMIPv6;如果是域间,则采用本文提出的基于预重复地址检测的 HMIPv6 (Duplicate Address

Detection-Advanced HMIPv6, D-HMIPv6) 机制。D-HMIPv6 实施了预重复地址检测方法,将重复地址检测 (Duplicate Address Detection, DAD) 操作阶段提前到 2 层切换之前,大大降低了整个切换时延。仿真结果表明,无论在丢包率还是时延方面,改进的 HMIPv6 明显优于传统的 HMIPv6。

1 HMIPv6

HMIPv6 从微观移动性出发,提出“域”概念,并在每个域中配置一种称为 MAP 的新实体 (如图 1 所示),其功能是充当所在域内 MN 的家乡代理。MN 在一个 MAP 域中使用两个转交地址:链路转交地址 (on-Link Care of Address, LCoA) 和区域转交地址 (Regional-Care of Address, RCoA),其中:LCoA 用于向 MAP 注册,RCoA 则是用来进行家乡注册和通信注册^[4]。

在文献[5]中,如果 MN 只是在同一个域内的不同子网间切换,即发生域内微移动,那么它的 RCoA 无需改变,但要重新配置 LCoA,并对其进行 DAD 操作,成功后只需向 MAP 注册该 LCoA,而不必再向域外的 HA 和 CN 进行注册。这种基于 MAP 域的管理策略使得 MN 的域内微移动对 HA、CN 透明,实现了位置更新过程的本地化,既减少了信令开销,又达到了缩短平均切换延迟的目的。尽管如此,由于 HMIPv6 沿用了 MIPv6 的重复地址检测方式,其每次 DAD 操作都要被动

收稿日期:2012-07-30;修回日期:2012-08-27。

作者简介:孙文胜(1971-),男,安徽巢湖人,高级工程师,博士,主要研究方向:嵌入式系统、无线通信系统;黄吉(1987-),男,浙江杭州人,硕士研究生,主要研究方向:网络信息系统、下一代互联网。

等待检测结果并至少造成 1 000 ms 的切换延迟,效率极低。尤其是当 MN 发生域间宏移动时,它需要分别对 LCoA 和 RCoA 进行重复地址检测,更加剧了延迟,系统丢包严重,难以满足实时业务的要求。

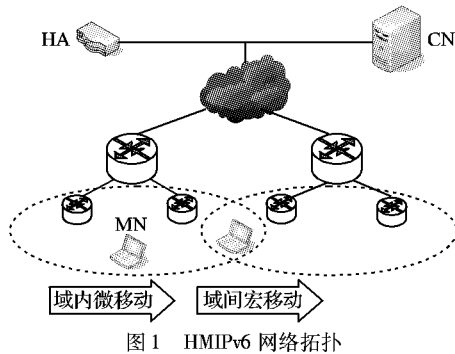


图1 HMIPv6 网络拓扑

2 D-HMIPv6

针对 HMIPv6 的域间切换延时过大的问题,D-HMIPv6 首先采用一种 MAP 选择算法对切换类型进行判定。如果只是跨越同一 MAP 的不同子网的话,那就继续使用 HMIPv6,因为其域内切换的表现性能十分优秀;如果跨越不同 MAP 的话,就使用经过改进的 HMIPv6。所以,一种良好的 MAP 选择算法十分关键。一般来讲,MAP 选择机制可以分为以下 3 种:1)基于距离;2)基于速度;3)基于拓扑结构^[6]。而本文采取的是一种基于拓扑结构的 MAP 选择算法。

2.1 MAP 选择机制

当 MN 移动进入两个不同网络的重叠区域之前,它会接收到来自原接入路由器(Previous Access Router, PAR)和新接入路由器(New Access Router, NAR)发来的路由通告(Router Advertisement, RA)消息^[7]。此消息中包含各自网络的 MAP 分层列表^[8]。MN 比较两张 MAP 分层列表,用 PAR 最底层的 MAP 地址从低到高去比较 NAR 中的所有 MAP 地址。如果找不到匹配的地址,则依次用 PAR 中更高的地址去比较。如果找到了匹配的地址,则和 MN 当前的 MAP 地址去比较,如果一致,则说明在同一个 MAP 下的不同子网间,为域内切换;如果不一致,则说明是在不同 MAP 间,为域间切换。如果比较完 PAR 中所有的 MAP 地址还是找不到匹配的,则依旧说明是在不同 MAP 间,为域间切换。这种 MAP 机制的算法流程如图 2 所示。

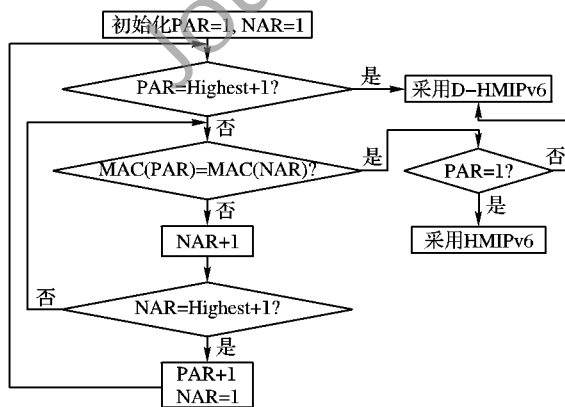


图2 MAP 算法流程

其中:PAR=1 表示 PAR 的 MAP 列表中最底层的 MAP 地址,PAR=Highest 表示最高层的 MAP 地址。MAC(PAR) 表示当前 PAR 的介质接入控制(Media Access Control, MAC)

地址列表中的地址,而 PAR+1 表示 MAC 地址往上层加 1。通过这个双层循环的算法,不但可以让 MN 区分下一步是域内切换还是域间切换,而且能够选择出离 MN 最近的 MAP,使得之后 MN 和 MAP 进行绑定注册的时候减少了许多不必要的因距离问题带来的时延和丢包。

2.2 D-HMIPv6 算法

在阐述本文对 HMIPv6 的改进方面之前,首先引入一个新的名词“同伴节点”(Partner Node, PN)。对于一个 MN 来说,任何在相邻不同的 MAP 域下的 MN 都可能成为它的 PN^[9]。PN 的作用是帮助 MN 在域间切换时预先完成部分 3 层切换(如图 3)。

一个 MN 若想成为 PN,需要满足以下两个条件:

- 1) 基站(Base Station, BS)发送给 PN 的接收信号强度指示(Received Signal Strength Indication, RSSI)必须小于 $RSSI_{thr}$ (RSSI 阈值),以确保 PN 位于 BS 辐射范围的边界点上。
- 2) PN 必须发送扫描信息给 BS 以确定它目前的位置^[10]。

在满足以上条件后,MN 可以向 BS 注册并成为 PN。设置 PN 的主要目的在于当 MN 快要到达另一个 BS 网络边缘的时候(也就是一个新的 MAP 域),PN 能协助 MN 完成部分的 3 层切换,主要是 LCoA 和 RCoA 的重复地址检测过程。一般来讲,HMIPv6 域间切换性能之所以表现不佳,就在于需要进行两次地址重复检测过程,每次 DAD 操作都要被动等待结果并造成至少 1 000 ms 的延时,效率极低^[11],D-HMIPv6 把这一过程提前到 2 层切换以前,这样就不必考虑 DAD 操作所带来的延时和丢包。

当 MN 快要接近新的网络时(还未到达交叠区域),它会收到来自对方 BS 发来的 RA 消息,而 PN 会把新网络的 RA 消息转发给靠近的 MN。根据两份 RA 消息内的 MAP 列表,MN 通过上述的 MAP 选择算法来判断切换类型。如果是域间切换,则会主动采用 D-HMIPv6 机制。凭借 RA 消息内的相关 PN 信息,MN 会进行判断并决定合适的 PN 去完成切换。

D-HMIPv6 网络拓扑如图 3 所示。

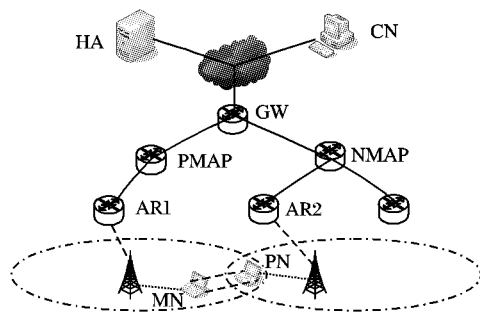


图3 D-HMIPv6 网络拓扑

同时,MN 会根据 RA 消息内的前缀信息来完成 LCoA 和 RCoA 的配置,并发送距离回复(Ranging Response, RNG_REQ)^[12]消息(即预切换消息)给 PN,RNG_REQ 包含 MN 所配置出的 LCoA 和 RCoA。然后,PN 会对 LCoA 进行地址重复检测,如果地址重复,会自动根据附近网络情况配置出唯一的 LCoA;然后发送本地绑定更新(Local Binding Update, LBU)报文给新网络的 MAP 注册 LCoA;MAP 收到 LBU 报文后,会提取出其中的 RCoA,并对其进行重复地址检测,完成后会回复本地绑定通告(Local Binding Advertisement, LBA)报文给 PN 通知其注册完成。此时,MN 感受到了新网络的 RSSI 超过了旧网络的 RSSI,启动 2 层切换。2 层切换完成后,MN 会分别向 HA 和 CN 发送绑定更新(Binding Update, BU)消息,至此,

3层切换也完成。图4为D-HMIPv6的信息流,其中NMAP表示新的MAP。

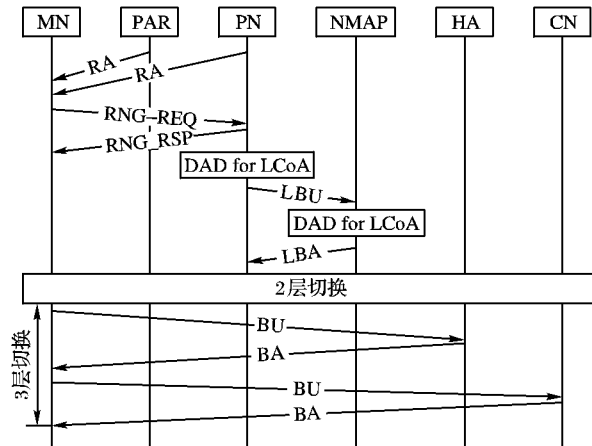


图4 D-HMIPv6信息流

一般来讲, HMIPv6 的切换时延共分为链路层切换和网络层切换, 也就是2层切换和3层切换。其中: 2层切换包括扫描并选择新的无线信道和与新接入点 (Access Point, AP) 建立连接的时间; 而3层切换包括移动检测时延, 转交地址的配置并重复检测时延以及注册绑定时延, 分别为 T_{MD} , T_{CoA} 和 T_{BU} ^[13]。其中以 T_{CoA} 和 T_{BU} 所占时延较长。在本文的 D-HMIPv6 中, 通过引入 PN 使得其中的 T_{MD} 和 T_{CoA} 被提前到2层切换之前, 这样3层切换就只剩下绑定注册时延了, 从而大大减小了切换时延, 提高了整个网络的性能。

3 仿真测试和结果

本文用 NS-2.31^[14] 去仿真测试网络性能 (如图5所示)。从图中可以看到, 本文选择 802.11 WLAN 无线介质。CN 开始定时以速率为 0.2 Mbps 来发送 512 B 大小的 UDP 包, 整个网络的无线带宽为 2 Mbps。相邻 AR 之间的距离为 70 m 以及每个 AR 大约覆盖一个直径 40 m 的区域。因此相邻网络有将近 10 m 的重叠区域。MN 以 3 m/s 的速度从 AR1 直线移动到 AR3。在网络拓扑中, MAP0 控制了 MAP1, MAP2, MAP3; MAP3 管理 MAP2, 而 MAP4 则被分配到另一个网络域。

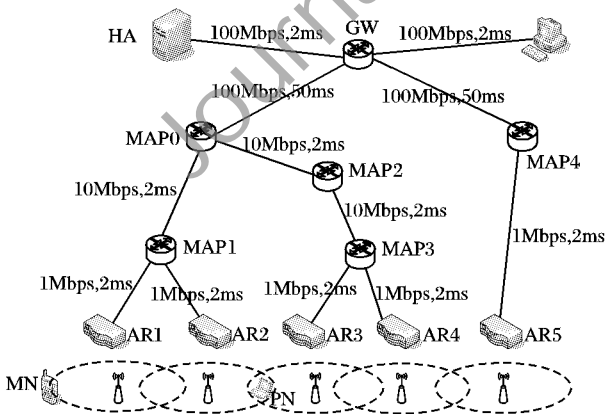


图5 实验仿真网络拓扑图

从图5可知, MN 从 AR1 网络移动到 AR2 网络的过程中, 属于域内切换, 共同被 MAP1 所管辖, 此时通过 MAP 选择算法, MN 决定继续采用 HMIPv6 机制; 同样, 在 MN 从 AR2 网络移动到 AR3 网络的过程中, MN 检测到它快要进入一个新的 MAP 域, 通过与 PN 的合作, MN 会及时改变自己的切换策

略, 采用 D-HMIPv6 切换机制。通过仿真测试, 图6~7 分别为域内切换和域间切换的实验结果。

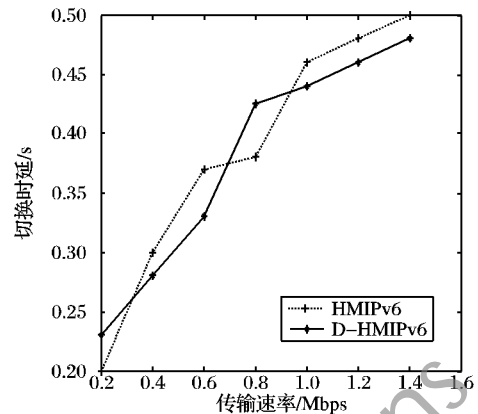


图6 在不同传输速率下的域内切换

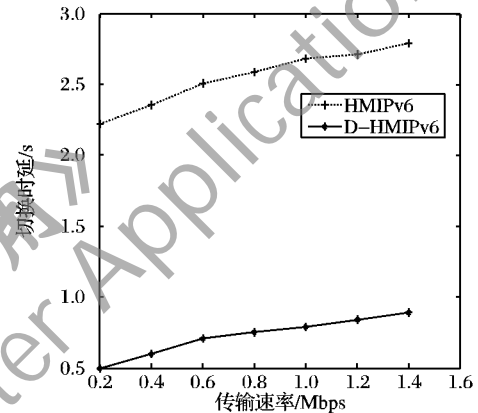


图7 在不同传输速率下的域间切换

从图6~7来看, 由于在域内切换时仍采用的是 HMIPv6 机制, 因此 D-HMIPv6 改进后的效果和 HMIPv6 差别并不大, 随着传输速率的增加, 时延仍然能控制在一个较低的范围; 然而在域间切换时, 因为 D-HMIPv6 的改进, 使得切换时延始终控制在 1 s 以内, 与传统的 HMIPv6 相比, 大大降低了切换的时延。

4 结语

本文提出了一个新的切换方法——D-HMIPv6, 通过设计的 MAP 选择算法, MN 判断进入下一个网络是域内切换还是域间切换。如果是域内切换, 则继续使用 HMIPv6 选择算法; 如果是域间切换, 则采用本文提出的 HMIPv6 改进算法。通过引入一个 PN 来协助 MN 提前完成 LCoA 和 RCoA 的 DAD 检测, 来减少 3 层切换时间, 将域间切换减少了将近 2 s, 与 HMIPv6 相比大大降低了切换时延和丢包率。

参考文献:

- [1] 张云勇, 刘韵洁, 张智江. 基于 IPv6 的下一代互联网 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2004: 169-239.
- [2] HESHAM S, CLAUDE C, KARIM E, et al. RFC 5380, Hierarchical Mobility IPv6 (HMIPv6) mobility management [S]. [S. l.]: IETF, 2008.
- [3] LEI Y X, GUO G S. Impact of MAP selection on handover performance for multimedia services in multi-level HMIPv6 networks [C]// IEEE 2077 Wireless Communications and Networking Conference. Piscataway: IEEE Press, 2007: 3904-3909.
- [4] 马航航. 一种分级移动 IPv6 切换的优化方案 [D]. 兰州: 兰州理工大学, 2009.

出,随着数据包生成速率的增加,网络生存时间在逐渐减少。但是改进算法 Joint-Sleep&Routing 比 IGP 算法的生存时间平均提高了 23% 左右。

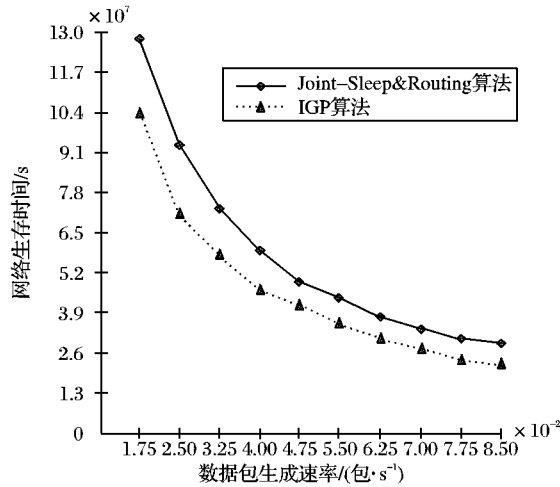


图2 不同数据生成速率下传感器网络生存时间对比

改进算法对节点最大睡眠时间进行限制,同时使用了对节点剩余能量进行估计预测的策略和选择了基于能量均衡的路由协议,使整个网络的时延和生存时间性能较 IGP 算法有了大幅度的改善。

4 结语

本文研究了联合路由和睡眠调度算法在无线传感器网络生存时间最大化中的应用,对文献[7]中的 IGP 算法进行了改进。将优化问题转化成了一个函数求最值问题,简化了算法。同时使用了对节点剩余能量进行估计预测的策略,该策略有效地减少了节点间的通信,减少了能耗,延长了网络生存时间。

从网络失去作用时节点剩余能量消耗分布上看,边缘节点能量剩余较多,而靠近网关节点能量所剩无几,个别节点能量耗尽。因此,网关节点在适当的时候进行重新选择将会更充分有效地利用网络中节点的能量,延长网络的生存时间。再次,本文中未考虑信道冲突问题,这是本文模型的不足之处。

参考文献:

- [1] CHANG J-H, TASSIULAS L. Maximum lifetime routing in wireless sensor networks [J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2004, 12(4): 609-619.
- [2] GAN L, LIU J M, JIN X L. Agent-based, energy efficient routing in sensor networks [C]// Proceedings of the Third International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2004: 472-479.
- [3] MADAN R, LALL S. Distributed algorithms for maximum lifetime routing in wireless sensor networks [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2006, 5(8): 2185-2193.
- [4] CHACHRA S, MAREFAT M. Distributed algorithm for sleep scheduling in wireless sensor networks [C]// Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics Automation. Piscataway: IEEE Press, 2006: 3101-3107.
- [5] SUBRAMANIAN R, FEKRI F. Sleep scheduling and lifetime maximization in sensor networks: fundamental limits and optimal solutions [C]// Proceedings of the 5th International Conference on Information Processing in Sensor Networks. New York: ACM Press, 2006: 218-225.
- [6] BULUT E, KORPEOGLU I. DSSP: a dynamic sleep scheduling protocol for prolonging the lifetime of wireless sensor networks [C]// Proceedings of the 21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshop. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2007: 725-730.
- [7] LIU F, TSUI C-Y, ZHANG Y J. Joint routing and sleep scheduling for lifetime maximization of wireless sensor networks [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2010, 9(7): 2258-2267.
- [8] 林恺,赵海,尹振宇,等.无线传感器网络路由中的能量预测及算法实现[J].通信学报,2006,27(5):21-27.
- [9] 廖明华,张华,谢建全.基于蚁群算法的WSN能量预测路由协议[J].计算机工程,2012,38(3):88-90.
- [10] 党小超,李小艳,郝占军.无线传感器网络的能耗均衡策略研究[J].计算机工程,2012,38(6):107-110.
- [11] 李戈阳,曹阳,冯浩,等.基于节点剩余能量调度的无线传感器网络能量均衡路由协议[J].中南大学学报:自然科学版,2009,40(6):1642-1648.
- [12] 张海洋,曾凡仔,罗娟,等.无线传感器网络的能量均衡路由算法[J].计算机工程,2010,36(1):134-138.

(上接第114页)

- [5] KOODLI R. RFC4068, Fast handovers for mobile IPv6 [S]. [S. l.]: IETF, 2005.
- [6] WANG L, GAABAB B, BINET D, et al. Novel MAP selection scheme using location history in hierarchical MIPv6 networks [C]// WCNC 2008: Proceedings of the 2008 IEEE Wireless Communications and Networking Conference. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2008: 2420-2425.
- [7] 赵成,陈萍,李建华. IPv6 的移动性支持及其优化[J].现代电子技术,2004,27(12):8-17.
- [8] FATHI H, CHAKRABORTY S S, PRASAD R. Optimization of mobile IPv6-based handovers to support VoIP service in wireless heterogeneous networks [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2007, 56(1): 260-270.
- [9] CHEN Y S, WU K L. A cross-layer partner-assisted handoff scheme for hierarchical mobile IPv6 in IEEE 802.16e systems [J]. Wireless Communications and Mobile Computing, 2011, 11(4): 522-541.
- [10] 杨君,郭伟,刘军,等.基于可信区域的移动IPv6切换优化[J].计算机应用研究,2010,27(3):1106-1109.
- [11] 陈魏鑫,韩国栋,刘洪波,等.基于快速DAD的分层移动IPv6切换算法[J].通信学报,2008,29(1):23-26.
- [12] LIU Q, LI S M, HE H Y, et al. A multi-binding solution for simultaneous mobility of MIPv6 [C]// SOSE2006: Proceedings of the Second IEEE International Symposium on Service-Oriented System Engineering. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2006: 143-146.
- [13] ZHANG D W, GAO J C, LIU Y. An improved hierarchical MIPv6 mobility solution used in inter-domain mobility management [C]// WOCN'07: Proceedings of the 2007 IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks. Washington, DC: IEEE Computer Society, 2007: 1-3.
- [14] The network simulator—ns-2. [EB/OL]. [2012-04-20]. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.