

移动 WiMAX 网络中跨层快速切换的研究*

李明, 杨雷

(东莞理工学院 电子工程学院, 广东 东莞 523808)

摘要: 针对移动 WiMAX 网络中, 基于 FMIPv6 和 DAD (duplicate address detection) 机制的快速切换存在着开销大和检测时延的问题, 提出了一种跨层快速切换的策略。新策略在 FMIPv6 基础上, 使用了 mSCTP 协议和 ODAD (optimistic DAD) 机制, 成功地消除了 FMIPv6 协议中建立隧道的开销和减少了 DAD 地址检测的时延。仿真结果显示, 新的切换策略将切换时延和分组丢失分别降低了 65% 和 60%。

关键词: 移动 WiMAX 网络; FMIPv6 协议; mSCTP; ODAD 机制; 快速切换性能

中图分类号: TN929.5; TP393 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2010)07-2706-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2010.07.086

Research of cross-layer scheme for fast handover in mobile WiMAX networks

LI Ming, YANG Lei

(School of Electronic & Engineering, Dongguan University of Technology, Dongguan Guangdong 523808, China)

Abstract: To improve heavy overhead and long detection latency while implanting FMIPv6 and DAD mechanism for fast handover in mobile WiMAX networks, this paper proposed a cross-layer fast handover scheme. In proposed scheme, used FMIPv6 and mSCTP, and considered ODAD mechanism also. It not only eliminated the overhead of establishing tunnel, but also reduced the overhead of address detection. Evaluating performance of proposed scheme with NS2, simulation results show the packet loss and the handover latency are significantly improved, up to 65% and 60% respectively.

Key words: mobile WiMAX (worldwide interoperability for microwave access); FMIPv6 (fast handover for mobile IPv6); mSCTP (mobile stream control transmission protocol); ODAD; fast handover performance

基于 IEEE 802.16e 的移动 WiMAX 网络以其良好的移动性、高的数据传输速率等优势自推出后就备受瞩目。IEEE 802.16e 标准建议移动 WiMAX 网络中的切换方式是先断后连的硬切换^[1]。切换时在新链路建立前, 终端不能发送/接收任何数据, 这段时间通常被称为切换时延。对于 VoIP (voice over IP) 等实时性很强的业务来说, 过长的切换时延会严重影响其 QoS (quality of service)。因此必须寻求良好的切换机制达到降低切换时延、减少切换时分组丢失的目的。

1 研究背景和相关工作

移动 WiMAX 网络中, 存在着两种切换机制, 即 L2 切换 (链路层切换) 和 L3 切换 (IP 层切换)。发生 L2 切换时, 终端仅仅需要与新的基站建立一条新的链接, IP 地址等参数不用更新。终端与基站间的联系将一直要等到切换结束后才能得以恢复。发生 L3 层切换时, 终端不仅要重新建立一条新的链路, 还必须对 IP 地址等参数重新配置。IETF (Internet Engineering Task Force) 提出了用 MIPv6 (mobile IP version 6) 解决终端移动性的问题^[2]。但是, MIPv6 中的移动检测 MD (movement detection)、新转交地址 NCoA (new care-of-address) 的获取、位置登记 LR (location registration) 等操作需要较长时间完成, 对切换不利。

为了降低切换时延, IETF 又提出了 FMIPv6 和 HMIPv6

(hierarchical mobile IPv6 mobility)^[3,4]。FMIPv6 的切换通过在 AR (access router) 间建立隧道来减少分组丢失, 但建立隧道时产生的信令交换增加了网络开销和切换时延; HMIPv6 的切换仅仅可以节约微移动性切换时 BU (binding update) 的时间^[5]。

2 移动 WiMAX 网络中的快速切换

FMIPv6 的首要目标是消除 MIPv6 中由于移动检测和新转交地址获取带来的时延。

移动 WiMAX 网络中, 基站在信标信道上周期性地广播包含了邻近基站的基站列表以及它们的 MAC (media access control) 地址等重要信息的相邻小区通告消息 MOB_NBR-ADV。需要切换的移动台 MS (mobile station) 通过对该消息的解码和相邻基站的扫描, 发现合适的目标基站。当 MS 决定切换时, 它向 Serving BS 发出一个指出了候选基站 (一个或多个) 信息的 MOB_MSHO-REQ 的请求; Serving BS 收到后, 将该请求转发给候选基站, 并与候选基站交换信息, 再通过 MOB_MSHO-RSP 应答向 MS 推荐合适的基站; MS 在收到应答后将选择其中的一个作为目标基站, 然后发送 MOB_HO-IND 消息 (内含目标基站的 BSID) 给 Serving BS 作为最终的切换提示。

文献[6]提出了一种移动 WiMAX 网络中使用 FMIPv6 的切换策略。图 1 是使用 FMIPv6 的切换过程。

MS 收到了 MOB_BSHO-RSP 消息后, MS 的 L2 发送 LGD (link_going_down) 给 L3。收到消息后, MS 的 L3 使用目标基

收稿日期: 2009-11-18; 修回日期: 2010-01-04 基金项目: 国家自然科学基金重大资助项目 (10890095); 东莞市科技计划资助项目 (2008108101006)

作者简介: 李明 (1971-), 男, 江西南昌人, 讲师, 硕士, 主要研究方向为移动通信、计算机网络等 (lmwyl@yahoo.com.cn); 杨雷 (1964-), 男, 河南邓州人, 教授, 博士, 主要研究方向为通信技术的应用。

站网络地址的前缀生成 NCoA,并发送 FBU (fast binding update)给 PAR(previous access router)发起切换。收到了 FBU 消息的 PAR 和 NAR (new access router)完成 HI (handover initiate)、HACK (handover acknowledge)消息交换后,新旧 CoA 间将建立一条隧道。在发送 HACK 之前,NAR 使用 DAD 对 NCoA 的惟一性进行检测。隧道建立后,PAR 就发送 FBack (fast binding acknowledge)给 MS 和 NAR,并将发送给 MS 的分组通过隧道转发给 NAR。MS 收到 FBack 意味着 L3 切换完成了,LSW(link_switch)将被用来通知 L2、L3 的切换结束了。然后,MS 的 L2 立即发送 MOB_HO-IND,与目标基站建立新的链路,开始重新进入移动 WiMAX 网络的操作。MS 的 L3 收到的 LUP (link_up)后,MS 发送封装了 NCoA 的 FNA (fast neighbor advertisement)消息给 NAR;接着 NAR 将该消息中转发给 CN,并将缓存的分组转发给 MS;CN 收到封装了 NCoA 的 FNA 消息后,也开始将分组发送给 MS。

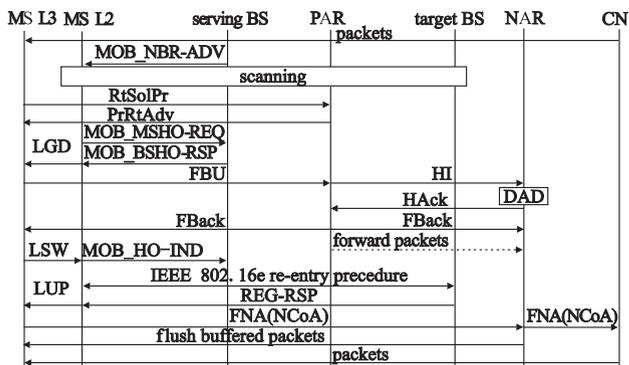


图1 基于FMIPv6的快速切换

3 mSCTP 和 ODAD

本文提出的新切换策略是在文献[6]基础上,结合使用了传输层的 mSCTP 和 ODAD 机制^[7]的一种跨层切换策略。

mSCTP 是在 SCTP 基础上延伸得来的,它使得 SCTP 能够应用于移动通信。mSCTP 依靠 DAR (dynamic address reconfiguration) 机制为既有的关联重新配置 IP 地址和多宿主来支持用户的移动性。DAR 机制使用了 ADD IP、set primary 和 Delete IP,允许用户在切换过程中,动态地增加、改变和删除 IP 地址^[8],从而保持会话的连续性。

文献[6]使用了 DAD 机制检测 NCoA 的惟一性。DAD 机制中,节点可能需要发送多次 neighbor solicitations 对某个地址进行检测,每次发送都要等待 RetransTimer 的间隔。检测过程中,地址被设置为暂时地址 (tentative address);检测完成后,如该地址可用,将会被作为首选地址 (preferred address);如是重复地址,该地址将被作为废弃地址 (deprecated address)。DAD 检测所需的时间很长,严重影响了切换时延。

ODAD 机制中没有使用 RetransTimer,引入了乐观状态 (optimistic state) 和乐观地址 (optimistic address) 的概念。在乐观状态下,节点不用等到 DAD 检测完成就可以通信,从而避免了等待 DAD 检测完成后节点才能通信带来的时延^[8]。乐观地址在完成 DAD 检测之前为乐观状态,在通过 DAD 检测后,乐观地址将会被作为首选地址;若发现是重复的,该地址则变为废弃地址。

4 新的切换策略

当 MS 需切换时,发送 RtSolPr (router solicitation for proxy)

消息给 PAR,收到 PAR 返回的 PrRtAdv (proxy router advertisement) 消息后,立即进入乐观状态,通过 IPv6 的地址自动配置协议机制生成 NCoA^[7]。此时,该 NCoA 相当于乐观地址,等通过 ODAD 检测后,就变成首选地址。在标准的 mSCTP 中,MS 用 ADD IP 消息通知 CN 自己的新地址,并用 set primary 消息通知 CN 更换主地址。文献[9]中提到减少 ADD IP 和 primary change 两个消息的发送间隔可以减少切换时延。因此,有必要对标准的 mSCTP 进行了一些修改。MS 在获取 NCoA 后,就发送 ASCONF (ADD IP, set primary) 通知 CN 自己的新地址并设置为主地址。CN 收到后立即进行 ODAD 检测;ODAD 检测通过后,CN 立即将 MS 的 NCoA 加入到关联地址中,并设置为主地址。MS 在收到 CN 发送的 ASCONF-ACK 后,立即发起重新进入移动 WiMAX 网络的操作后,MS 发送 FNA 消息给 CN,CN 立即将缓存的分组发给使用 NCoA 的 MS。至此,切换结束。收到分组后,MS 用 ASCONF (delete IP) 通知 CN 在关联地址中删除旧的主地址,CN 操作完毕后,发送 ASCONF-ACK 向 MS 确认。图 2 是新切换策略的消息流描述。

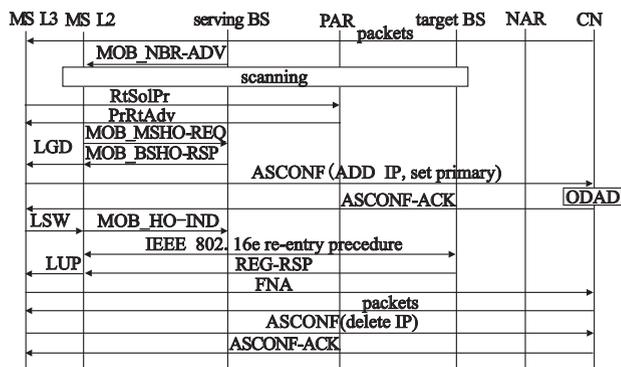


图2 新策略的切换消息流

相对文献[6]的切换策略,新的切换策略作了如下改变:

- a) 使用了 mSCTP,网络只需处理 ASCONF (ADD IP, set primary) 和 ASCONF (ASCONF-ACK) 两条信令消息,消除了 PAR 对 FBU 和 NAR 对 HI 的处理时延、HACK 的生成时延、PAR 对 HACK 的处理时延、HACK 的传输时延、NAR 和 MS L3 对 FBack 的处理时延;
- b) 由于地址重复的概率本来就低,再加上又使用了 ODAD 机制,ODAD 过程产生的时延很小;
- c) 基于 ODAD 机制使得在地址检测过程中 CN 和 MS 仍然可以通信,从而消除了隧道的建立时延和开销;
- d) 原主地址的删除安排在切换结束后进行,进一步缩短了切换时延。

5 系统模型和仿真

仿真是在 Windows XP SP2 + Cygwin 平台下进行的,使用了网络仿真软件 NS2。图 3 是仿真的场景。MS 从小区 1 向小区 9 移动,CN 位于小区 8,保持静止,小区半径为 2 km。MS 正在从 CN 处接收数据,传输速率为 CBR (constant bit rate) 的 100 kbps。MS 的移动速度不超过 50 km/h,服从均匀分布。移动过程中,每经过 200 m,有 20% 的概率会改变角度,角度不超过 45°^[10]。

阴影效应带来的阴影损耗使用了(0, 8)对数正态分布^[11]进行计算,见式(1)和(2)。

$$C(d) = 2 \frac{d}{d_{cor}} \quad (1)$$

$$S = C(d) \cdot S' + \sqrt{1 - [C(d)]^2} \cdot N(0, \sigma) \quad (2)$$

其中: d 为上一次计算完阴影损耗后 MS 移动的距离; σ 设置为 8; $C(d)$ 设置为 50 m; d_{cor} 的值仿真中设置为 6; S 为阴影损耗的值; S' 为上次计算出的阴影损耗的值。

假设 MS 离当前小区边缘 0.2 km 时发生切换。表 1 是仿真中使用的主要参数。

表 1 仿真主要参数表

parameter	value
number of cells	19
radius of cell/km	2
MS velocity/km/h	≤50
bandwidth/MHz	7
frame length/ms	5
number of subchannels	32
number of data subcarriers per subchannel	48
BS_Transmit power /dBm	43
GainBS/dBi	15
Noise Figure/dBm	4
HBS/m	32
GainMS/dBi	-1
HMS/m	1.5
carrier frequency/GHz	2
propagation model	Okumura-Hata urban
DAD/ms	Uniform [900, 1000]

图 4 是两种策略中切换时延与 MS 移动速度间的关系。

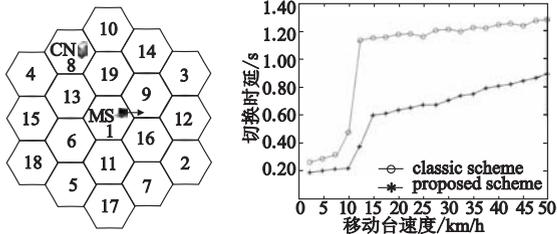


图 3 仿真场景

图 4 切换时延与 MS 移动速度间的关系

可以看出,当 MS 以低速移动时,两者的区别不是太大;但是当速度超过 10 km/h 时,两者性能有显著差异。新方案的切换时延平均缩短近 65%。

图 5 和 6 分别是应用两种策略切换时,分组丢失的情况。

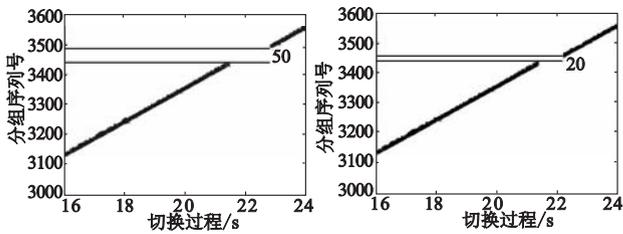


图 5 文献[6]切换策略的分组丢失情况

图 6 新切换策略的分组丢失情况

从图 5 和 6 可以看出,文献[6]的切换策略在切换过程中有 50 个左右的分组丢失了,而新的切换策略在切换过程中只有 20 个左右的分组丢失了。新策略的分组丢失率减少了近 60%。

6 结束语

针对移动 WiMAX 网络中快速切换存在的问题,本文提出了一种基于 FMIPv6 协议、mSCTP 和 ODAD 机制的切换策略,并在 NS2 环境中对文献[6]的切换策略和新的切换策略性能进行了比较。仿真结果显示,新的切换策略在切换时延上要比前者缩短了近 65%,在分组丢失率方面改善了近 60%。这说明该切换策略能够较好地改善移动 WiMAX 网络中的快速切换时的服务质量。

参考文献:

- [1] IEEE Computer Society and the IEEE Microwave Theory and Techniques Society. IEEE standard for local and metropolitan area networks Part 16: Air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems amendment 2: Physical and medium access control layers for combined fixed and mobile operation in licensed bands and corrigendum 1 [S]. 2006.
- [2] JOHNSON D, PERKINS C, ARKKO J. RFC 3775, Mobility support in IPv6 [S]. 2004.
- [3] KOODLI R. RFC 4068, Fast handovers for mobile IPv6 [S]. 2005.
- [4] SOLIMA H, CASTELLUCCIA C, E MALKI K, et al. RFC 4140, Hierarchical mobile IPv6 mobility management (HMIPv6) [S]. 2005.
- [5] LEE K, MUN Y. An efficient macro mobility scheme supporting fast handover in hierarchical mobile IPv6 [C]// Proc of International Conference on Computational Science and its Applications. Berlin: Springer, 2005:408-417.
- [6] JANG H, JEE J, HAN Y, et al. RFC 5270, Mobile IPv6 fast handovers over IEEE 802.16e networks [S]. 2008.
- [7] MOORE N. RFC 4429, Optimistic duplicate address detection (DAD) for IPv6 [S]. 2006.
- [8] STEWART R, XIE Q, TUOXEN M. et al. IETF. RFC 5061, Stream control transmission protocol (SCTP) dynamic address reconfiguration [S]. 2007.
- [9] KIM D P, HA J S, KIM S T, et al. Use of SCTP for IP handover support [C]//Proc of the 4th Annual ACIS International Conference on Computer and Information Science. Jeju Island, South Korea: ACM Press, 2005: 122-126.
- [10] ETSI. Universal mobile telecommunications system (UMTS); Selection procedures for the choice of radio transmission technologies of the UMTS TR 101.112 v3.2.0 [S]. 1998.
- [11] CHOI S, HWANG G H, KWON T, et al. Fast handover scheme for real-time downlink services in IEEE 802.16e BWA system [C]// Proc of Vehicular Technology Conference. Stockholm, Sweden: IEEE Computer Society, 2005: 2028-2032.

(上接第 2705 页)

- [2] CULLAR D, ESTRIN D, STRVASTAVA M. Overview of sensor network. [J]. Computer, 2004, 37(8): 41-49.
- [3] 崔莉, 鞠海玲, 苗勇, 等. 无线传感器网络研究进展 [J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(1): 163-174.
- [4] 周彤, 洪炳镕, 朴松吴. 基于虚拟力的混合感知网节点部署 [J]. 计算机研究与发展, 2007, 44(6): 965-972.
- [5] 曾映兰, 陈静, 郑金华. 基于遗传算法的 WSN 覆盖优化方法 [J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(11): 89-98.
- [6] 刘玉英, 史旺旺. 一种基于遗传算法的无线传感器网络节点优化方法 [J]. 传感技术学报, 2009, 22(6): 869-872.

- [7] 王驭风, 王岩. 基于矢量和粒子群优化的传感器网络节点定位 [J]. 计算机应用, 2009, 29(1): 309-311.
- [8] TEODOROVIC D, DELL'ORCO M. Bee colony optimization: a cooperative learning approach to complex transportation problems [C]// Proc of the 10th E-WGT Meeting. Poznan: [s. n.], 2005: 13-16.
- [9] TEODOROVIC D, LUCIC P, MARKOVIC G, et al. Bee colony optimization: principles and applications [C]// Proc of the 8th Seminar on Neural Network Applications in Electrical Engineering Belgrade. 2006: 151-156.
- [10] KARABOGA D. An idea based on honey bee swarm for numerical optimization, Technical Report TR-06 [R]. [S. l.]: Computer Engineering Department, Erciyes University, Engineering Faculty, 2005.