

# 基于 3G 与 WLAN 网络改进的切换策略研究

张历卓<sup>1,2</sup> 贾维嘉<sup>1,2</sup> 周仕飞<sup>1</sup>

(中南大学信息科学与工程学院 长沙 410083)<sup>1</sup> (香港城市大学电脑科学系 香港九龙)<sup>2</sup>

**摘要** 传统垂直切换技术缺乏切换对称性的考虑,从而导致了切换过程计算复杂度较高。通过对 3G 和 WLAN 之间切换过程的分析,提出了基于背景扫描机制的滑动平均值预测法和坡度预测法的改进切换策略。其中滑动平均值预测策略首先实时地计算接收的信号强度平均值,然后统计新接收的信号强度小于该平均值的个数,最后做出切换决策;而坡度预测策略通过计算所接收信号强度的一阶导数来决定是否发起切换。这两种策略的结合使用提高了移动终端发起切换的效率,缩短了切换过程中处于无连接状态的延时。设计了移动终端穿过 3G 网络、WLAN 及其重叠区域的实验,其结果显示切换延迟平均减少了 40%,切换过程丢包率平均减少了 35%。

**关键词** WLAN, 3G, 平均值预测, 坡度预测

**中图法分类号** TP393 **文献标识码** A

## Research on Improved Handoff Scheme between 3G and WLAN Networks

ZHANG Li-zhuo<sup>1,2</sup> JIA Wei-jia<sup>1,2</sup> ZHOU Shi-fei<sup>1</sup>

(School of Information Science & Engineering, Central South University, Changsha 410083, China)<sup>1</sup>

(Department of Computer Science, City University of Hongkong, Kowloon, Hongkong, China)<sup>2</sup>

**Abstract** The lack of consideration of handoff symmetry in traditional vertical handoff technology leads to the high computation complexity of handoff procedure. Thus, the Background Scanning based Moving Average Forecasting Scheme (MAFS) and Gradient Prediction Scheme (GPS) were proposed. MAFS firstly calculates the average value of the received signal strength, and counts the number of signal strengths which are small than average value. MAFS finally triggers the handoff procedure. GPS starts the procedure of handoff through computing the first derivative of the received signal strength. The combination of MAFS and GPS improves the efficiency of vertical handoff and abbreviates the disconnecting time. An experiment in which Mobile Terminal passes through 3G network, WLAN and the overlap area was designed and implemented. The experimental results show that the average handoff delay is cut off 40% and the average handoff packet loss is also reduced 35%.

**Keywords** WLAN, 3G, Average forecasting, Gradient prediction

## 1 背景

实现 3G 蜂窝网络与无线局域网(WLAN)的互通是下一代无线网络发展的重要方向<sup>[1]</sup>。WLAN 为小范围内的无线通信,可以提供高质量、高带宽的服务并且消耗相对较少的网络资源;而 3G 蜂窝网络则可以提供大范围的通信,但是其建立的连接带宽资源有限。因此,如果将这两种网络的优点利用起来则可以给用户带来更优质的服务。

两种网络集成中要解决的一个重要问题,就是如何实现移动终端(MT)在两种网络中进行全局无缝的垂直切换,并保证通信的不中断和满足用户的需求<sup>[2]</sup>。文献[3]提出预判决辅助的模糊逻辑垂直切换算法(PFL-VHO),该算法根据接收的信号强度来预测信号强度,通过使用模糊逻辑控制器来做出切换决策。然而由于从 WLAN 到 3G 网络和从 3G 网络到 WLAN 的切换过程是不对称的,因此所采取的切换策略也

会不同。由于 3G 网络覆盖了 WLAN, MH 从 3G 切换到 WLAN 采用模糊逻辑判决法将带来不必要的延迟,同时也将导致切换过程数据丢包率增大。文献[4]提出使用交换模块(SM)进行决策切换发起,然而这未能有效地解决切换过程中存在的乒乓效应。基于此,本文提出了两种改进的垂直切换策略,即从 WLAN 到 3G 的基于背景扫描的滑动平均值预测机制切换策略和基于坡度预测机制的切换策略。这两种策略通过接收信号强度,存储并计算信号强度值,从而进行可靠的预测,最终实现快速有效的切换决策。本文实验部分从切换延迟、丢包率方面与 PFL-VHO 进行了比较。实验结果达到了 MT 能够及时发起切换、减少切换延迟和数据丢失的效果。

## 2 切换策略

在 3G 与 WLAN 重叠的网络结构中,如图 1 所示,终端 D

到稿日期:2009-09-21 返修日期:2009-12-08 本文受国家重点基础研究发展计划 973(2003CB317003),香港城市大学应用研发基金(9668 009)资助。

张历卓(1974-),男,博士生,讲师,研究方向为多媒体通信,E-mail:zhanglizhuo@gmail.com;贾维嘉(1957-),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为组播、选播、路由、无线宽带网络、移动多媒体通信、分布式系统;周仕飞(1984-),男,研究生,研究方向为多媒体通信。

从 WLAN 通信范围移动出去后,可以切换到 3G 网络,从而保证通信的持续性。同时,终端 C 从 3G 网络中移动到 WLAN,并切换到 WLAN 网络可享受到高带宽传输速率的服务。

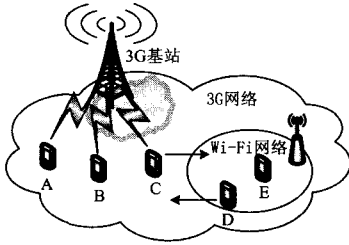


图 1 3G-WLAN 网络

## 2.1 WLAN 到 3G 的切换

当终端 D 从 WLAN 移出到 3G 网络时,如图 1 所示,由于 WLAN 网络通信范围的限制,终端需要发起从 WLAN 到 3G 网络的切换。终端首先检测到来自 AP 的信号强度在减弱,并将减弱的信号发给终端内部的交换模块 (Switching Module) [4],交换模块根据历史记录决定是否发起切换。当确定需要发起切换时,SM 发送切换请求数据包给 GGSN [5],该数据包同时携带自己的 UMTS IP 地址信息。GGSN 在接收到 SM 发来的请求后就在它与无线网络控制器 (RNC) 之间建立一条通信隧道,然后将该请求通过隧道传输到 RNC, RNC 同时使用该隧道将响应消息传回来给终端。终端断开与 AP 的连接,经过一段时间的连接后,终端与 3G 建立连接,过程如图 2 所示。

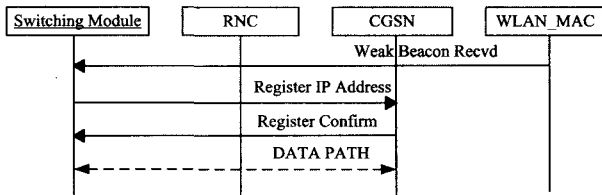


图 2 WLAN 到 3G 切换的信令流程

然而终端从 WLAN 网络移动到 3G 网络通常可分两种情况。第一种是终端慢速地移动,由于终端移动速度慢,因此 MT 可以检测到 AP 信号在减弱并计算其滑动平均值,最后决定发起切换。第二种情况是终端以较快的速度移出 WLAN 网络,此时使用计算信号滑动平均值的方式将会失效,因此本文采用计算 AP 信号强度的一阶导数来判断终端是否具有移出 WLAN 网络的趋势。

### (A) 滑动平均值预测法

在现实情况中,终端在进入 WLAN 与 3G 网络重叠覆盖区域时,WLAN 信号减弱导致切换发起,然而终端可能并未有进入 3G 网络的趋势,而是由于地理位置导致这种情况的发生,因此如果频繁发起切换也将导致通信效率受到严重影响。针对这种情况,本文提出采用滑动平均值预测法 (MVP) 来判断终端是否有移出 WLAN 网络的趋势。该策略的执行流程如图 3 所示。

在切换决策判断 AP 性能时,通常用 RSSI 作为标准,规定当 AP 信号强度低于某一阈值时,终端就发起切换。本方案中在决策时,利用背景扫描获取到 AP 信息,将多次扫描的结果储存下来,设共有  $K$  次,分别为  $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_K$ 。现假设存在一个二值函数  $I_{\Gamma_i}$ ,当性能较差的 AP 信号小于设定的门

限值  $\theta_{signal}$  时,  $I_{\Gamma_i}$  为 0, 否则为 1, 故有

$$I_{\Gamma_i} = \begin{cases} 1, & \text{if } \Gamma_i \geq \theta_{signal}, \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

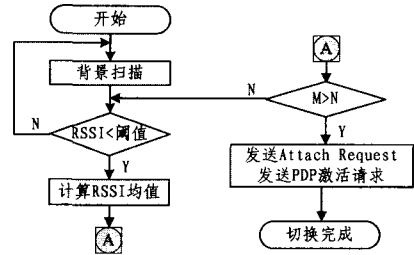


图 3 平均值预测算法

其中,  $i=1, 2, \dots, K$ , 令这  $K$  个 AP 的 RSSI 均值为  $\bar{\Gamma}_K$ , 则

$$\bar{\Gamma}_K = \frac{\sum_{i=1}^K I_{\Gamma_i} \cdot \Gamma_i}{K} \quad (2)$$

本文认为这个均值可以较为准确地反应出当前 MH 所处的无线环境。随着 MH 的移动,或者其他因素导致所处无线环境发生变化,这个均值能够实时地动态调整,以保证对当前 AP 信号判断的准确性。若当前 AP 信号强度低于此均值, MH 并不立刻发起切换,而是根据当前接收到的 RSSI, 假设为  $\Gamma_{K+1}$ , 计算下一个均值  $\bar{\Gamma}_{K+1}$ , 即

$$\bar{\Gamma}_{K+1} = \frac{\bar{\Gamma}_K \cdot K + \Gamma_{K+1}}{K+1} \quad (3)$$

同时启动计数器  $M$ , 间隔一段时间 (一般设为 20ms) 之后再次监测 AP 信号强度。假设在这段时间内 MH 又收到 AP 发来的  $n$  个 RSSI 值, 当 AP 信号强度低于均值达到事先设定的次数  $m$  时, 即当  $M = n - \sum_{i=K}^{K+n} I_{\Gamma_i} \geq m$  时, 才认为 AP 信号在持续衰弱, 将不能满足正常通信的需要, 此时 MH 做出切换决策。

### (B) 坡度预测法

针对第二种情况, 由于终端移动速度快, 没等终端收到 WLAN 网络的 AP 发来几个数据包, 终端就已经移出 WLAN 覆盖区域, 因此第一种方法在这种情况下是不适用的。然而, 由于终端的快速运动必将导致终端接收到的 AP 信号也突然减弱, 即可以通过计算终端接收到的 AP 信号强度的一阶导数来判断终端是否具有移出 WLAN 网络的趋势, 本文称这种方法为坡度预测法 (SLP)。

本方法利用背景扫描获取到 AP 信息, 将两次扫描的结果储存下来, 分别设为  $\Gamma_i, \Gamma_{i+1}$ 。假设收到这两次信号的时间差为  $\Delta t$ , 则两次信号所产生的坡度为

$$\Gamma_i' = \frac{\Delta \Gamma_i}{\Delta t} = \frac{\Gamma_{i+1} - \Gamma_i}{\Delta t} \quad (4)$$

设  $\Gamma_i'$  为 MT 计算得到的第  $i$  个坡度, 若  $\{\Gamma_1', \Gamma_2', \dots, \Gamma_i'\}$  都大于 0, 且最后收到的信号强度  $\Gamma_i$  小于指定的阈值  $\theta_{signal}$ , 则表明 MT 在朝着 WLAN 信号弱的方向做加速运动, 且 MT 收到的信号已经非常弱并可以发起切换。

若  $\{\Gamma_1', \Gamma_2', \dots, \Gamma_i'\}$  中存在小于 0 的坡度, 则说明 MT 在做减速运动, 为保证切换决策的有效性, 此时应结合滑动平均值算法, 通过计算信号强度的滑动平均值来决定是否发起切换, 从而发起有效的切换。因此在实际的切换决策过程中, 将两种策略结合运用, 则可以尽量避免切换过程中存在的乒乓效应, 保证数据可靠传输和良好的用户体验。

## 2.2 3G 到 WLAN 的切换

MT从3G网络进入WLAN网络,如图4所示,MT的MAC层首先收到WLAN网络中AP发送的beacon信号,MT计算出收到的信号强度并与指定的信号阈值 $\theta_{signal}$ 进行比较。如果所收到的信号强度 $\Gamma_i \geq \theta_{signal}$ ,则MAC层向Switch Module(SM)发送消息,表明已经检测到一个新的AP,同时将新AP的BSSID<sup>[6]</sup>发送至SM。SM将收到的BSSID与自身配置的BSSID进行比较并判断是否可以发起关联请求。如果BSSID匹配,SM通过MAC层向新AP发送关联请求。如果不匹配,则SM忽略所收到的beacon信号并要求MAC层继续进行背景扫描。当收到新AP的关联确认信号并成功建立关联后,MT使用DHCP功能向新AP申请新IP地址。申请成功后,MT给GGSN发送更新IP地址的请求,同时通知GGSN新的数据链路已经成功建立并断开旧的数据链路,使用新AP来传输数据。

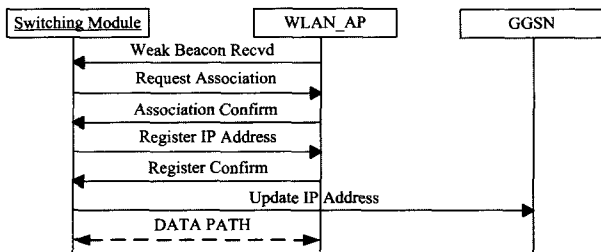


图4 3G到WLAN切换的信令流程

为了避免乒乓效应带来的负面影响,减少MT发起不必要的切换,可使用滑动平均值策略来决定切换的发起,即当MT收到的信号强度大于平均值的个数大于预设值时,MT才发起切换。

由于MT在与新AP关联过程中并未断开与3G网络的连接,而是在切换整个过程中始终保持与GGSN的连接,直到MT与新AP成功建立新的数据链路后才断开原来的连接,因此,MT从3G切换到WLAN可以实现真正的无缝切换,其切换延迟非常小,用户无法察觉到这部分延迟的存在。另外,在这个切换过程中,数据的传输是可靠的,能够最大限度满足用户需求及享受。

### 3 性能分析

由于3G网络覆盖的范围大,当终端进入WLAN网络时,3G连接不会立刻中断,终端判断有可用的AP时,决定执行切换过程,同时断开3G网络的连接,这个过程不会消耗太多的时间,而且消耗的时间也是用户可以接受的。然而,当终端在进行WLAN到3G的切换时,如果3G连接过程未能及时地完成,则将会消耗很长的时间,这是用户难以接受的。因此,减少切换延迟是十分有意义的。

本文首先定义切换延迟的概念<sup>[7]</sup>,即终端无法收到来自任何一个网络发来的数据包持续时间。假设 $t_s$ 代表终端与WLAN网络进行无线通信的数据传输延迟; $t_c$ 代表终端与3G网络中的节点(包括GGSN、RNC等)进行通信的延迟时间。设 $D_{AP}$ 为终端与WLAN网络通信的传输延迟, $D_{Tunnel}$ 为SM发送请求到GGSN所需的延迟时间,即建立通信隧道所需的时间, $D_{rsp}$ 为RNC返回消息处理结果的传输时间, $D_{disc}$ 为MT断开与WLAN的连接且未与3G网络进行通信的时间。

(A) 当终端从3G网络移动到WLAN网络覆盖区域时,

假设 $D_w$ 为终端从3G网络切换至WLAN网络所需的切换延迟,则

$$D_w = n \cdot D_{AP} = n \cdot t \quad (5)$$

其中, $n$ 表示终端与AP间交换信息的次数。由于终端与WLAN网络的AP进行通信时并不立刻断开与3G的连接,因此所需的断开并重新连接上AP的时间是可以接受的。

(B) 当终端从WLAN网络移动到3G网络中时,设 $D_h$ 为终端从WLAN切换到3G网络的切换延迟,则

$$D_h = D_{AP} + D_{Tunnel} + D_{rsp} + D_{disc} \quad (6)$$

假设在与终端与WLAN网络的AP断开连接后,终端才开始与3G网络节点进行通信,请求建立新的连接,则此时的切换时间变为

$$D_h = D_{Tunnel} + D_{rsp} + D_{disc} = 2t_c + D_{disc} \quad (7)$$

从上面的式子可以看出,切换延迟的瓶颈就是终端处于无连接状态所消耗的时间及在与3G网络节点通信过程中所花的时间。

## 4 实验数据及分析

本次实验中使用Windows作为运行切换程序的操作系统,终端使用HKC 908E,使用TD-SCDMA卡将终端连入3G网络,无线AP采用Personal Gateway。在切换过程中分为两种情况,一种是3G切换到WLAN,另一种是WLAN切换到3G。因此,以下将分别对这两种情况分开进行实验并分析结果。

### 4.1 3G到WLAN的切换

MT从3G网络移动至WLAN网络覆盖范围,检测到AP后,MT发起切换过程,最后连接上AP。

由图5(a)可以看出,在从3G切换至WLAN后,3G网络的流量几乎为0,这说明用户在进入WLAN网络并连接上WLAN网络的AP后,不需要再支付3G上网流量的费用。同时,从图5(b)可以看出,在切换过程中,采用MV-SLP策略预测MT的运行方向并及时发起切换。由于切换过程所消耗的时间比PFL-VHO算法少,因此丢包率也相应减少。图5(c)是在相同实验环境中,通过10次实验,MT从3G切换至WLAN的实验结果。其中,MV-SLP为本文提出的滑动平均值与坡度预测结合的策略,PFL-VHO为模糊逻辑切换算法。MV-SLP切换延迟平均值比PFL-VHO少4.5s。

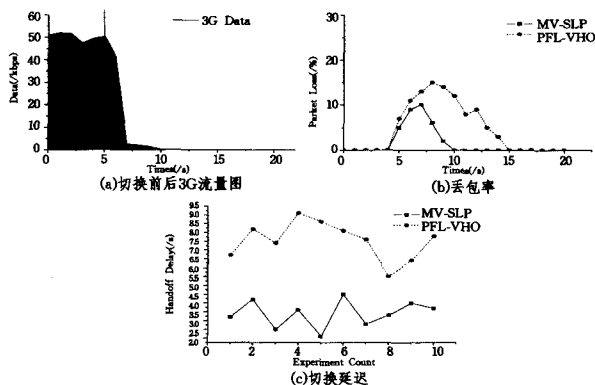


图5

### 4.2 WLAN到3G的切换

MT离开WLAN进入3G网络,检测到WLAN信号逐

(下转第56页)

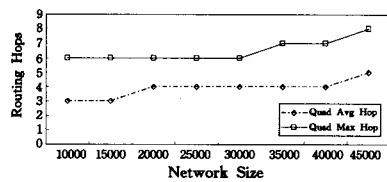


图8 Quad 结构化定位性能

**结束语** 本文提出一种基于分层象限空间的超级节点拓扑结构 Quad, Quad 可以同时支持非结构化查找和结构化数据定位。模拟结果表明, Quad 查找比现有的超级节点查找技术具有更高的查询成功率、更小的查询成本。Bloom Filter 技术能有效提高 Quad 查询效率, 降低 Quad 查找长度, 同时 Quad 具有高效的定位性能。

### 参考文献

[1] The Gnutella Protocol Specification v0.4[EB/OL]. [http://www9.limewire.com/developer/gnutella\\_protocol\\_0.4.pdf](http://www9.limewire.com/developer/gnutella_protocol_0.4.pdf)

[2] Kalogeraki V, Gunopulos D, Zeinalipour-Yazti D. A local search mechanism for peer-to-peer networks[C]//The ACM 11th Int'l Conf. Information and Knowledge Management (CIKM'02). Virginia, USA, 2002; 300-307

[3] Gkantsidis C, Mihail M, Saberi A. Random walks in peer-to-peer networks[C]//Proceedings of the IEEE INFOCOM 2004. New York: IEEE Press, 2004; 120-130

[4] Yang B, Garcia-Molina H. Improving search in peer-to-peer net-

works[C]//Rodrigues L E T, Raynal M, Chen W S E, eds. Proceedings of the 22nd Int'l Conf. on Distributed Computing Systems. Washington: IEEE Computer Society, 2002

[5] Crespo A, Garcia-Molina H. Routing indices for peer-to-peer systems[R]. Computer Science Department, Stanford University, 2002

[6] Tsoumakos D, Roussopoulos N. Adaptive probabilistic search (APS) for peer-to-peer networks[R]. CS-TR-4451. 2003

[7] Stoica I, Morris R, Karger D, et al. Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for Internet applications[C]//Cruz R, Varghese G, eds. Proceeding of the 2001 Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications (SigComm). New York: ACM Press, 2001; 149-160

[8] Rowstron A, Druschel P. Pastry: Scalable, distributed object location and routing for large-scale peer-to-peer systems[C]//Guerraoui R, ed. Proceedings of the IFIP/ACM Int'l Middleware Conf. London: Springer-Verlag, 2001; 329-350

[9] Gnutella protocol spec. v. 0.6 [EB/OL]. <http://rfc-gnutella.sourceforge.net/src/rfc-0.6-draft.html>

[10] 夏启志, 谢高岗, 闵应骅, 等. IS-P2P: 一种基于索引的结构化 P2P 网络模型[J]. 计算机学报, 2006, 29(4): 602-610

[11] 张一鸣, 卢锡城, 郑倩冰, 等. 一种面向大规模 P2P 系统的快速搜索算法[J]. 软件学报, 2008, 19(6): 1473-1480

[12] PeerSim Simulator[EB/OL]. <http://peersim.sourceforge.net/>

(上接第 51 页)

渐减弱后发起切换。

图 6(a) 显示 MT 移出 WLAN 网络后, 3G 流量开始增加, 此时 MT 不再使用 WLAN 提供的网络服务, 并且 MT 所获得的带宽资源也减少了。图 6(b) 则说明了与 PFL-VHO 算法相比, 使用平均值预测与坡度预测法后, 从 WLAN 网络切换到 3G 网络过程中, 切换延迟降低, 从而使得由切换引起的丢包率也大为减少, 平均为 30%, 切换效率得到了提高。图 6(c) 显示了 10 次 MT 从 WLAN 切换到 3G 网络的切换延迟的比较。MV-SLP 策略由于计算复杂度低, 并进行了有效的预测从而减少了切换延迟。切换过程的延迟平均为 6s, 而 PFL-VHO 平均切换延迟为 10s。可见本文所提算法有效地减少了切换延迟, 保证数据能够被高效可靠地传输。

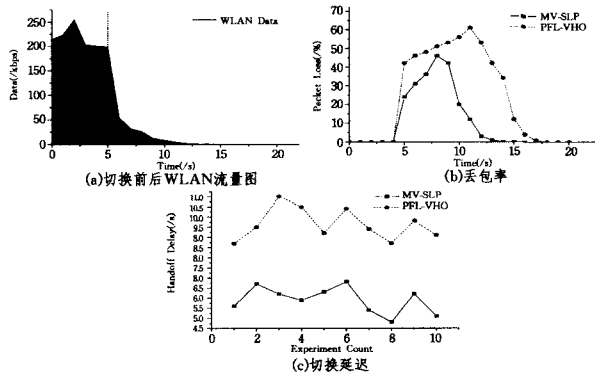


图6

**结束语** 本文针对 3G 网络与 WLAN 网络的切换进行了研究。首先分析了 3G 到 WLAN 网络切换的过程, 提出了对现有技术的改进措施, 并设计了基于背景扫描的可以提高切换效率的切换策略。然后分析了 WLAN 到 3G 网络的切

换过程, 并提出了基于 beacon 信号预测的切换发起改进策略, 在 MT 断开与 WLAN 连接之前提前与 3G 节点进行通信并建立连接, 从而缩短由于 WLAN 连接断开而 3G 连接未建立所带来的无连接状态的时间。实验结果显示提出的两个改进策略在实际网络环境中取得了很好的应用效果, 在 3G 切换与 WLAN 的过程中, 尽可能地达到无缝切换的效果, 最大程度地缩短了切换延迟。

### 参考文献

[1] Newman P. In search of the all-IP mobile network[J]. IEEE Communications Magazine, 2004, 42(12): 53-58

[2] Chen W T, Liu J C, Huang H K. An adaptive scheme for vertical handoff in wireless overlay networks[C]//Proceedings of the Tenth International Conference on Parallel and Distributed Systems (ICPADS'04). Newport Beach, California, USA, 2004; 541-548

[3] 刘侠, 蒋铃鸽, 何晨. 一种基于模糊逻辑的预判决辅助垂直切换算法[J]. 电子学报, 2007, 35(10): 1989-1993

[4] Siddiqui F, Zeadally S, Fowler S. A Novel Architecture for Roaming between 3G and Wireless LANs[C]//Multimedia Services Access Networks (MSAN'05). Orlando, Florida, USA, 2005; 101-105

[5] Vriendt D J, Laine P, Lerouge C, et al. Mobile Network Evolution: A Revolution on the Move [J]. IEEE Communications Magazine, 2002, 40(4): 104-111

[6] Chen J C, Chan S H, He J, et al. Mixed-Mode WLAN: The Integration of Ad Hoc Mode with Wireless LAN Infrastructure[C]//IEEE Global Telecommunications Conference (GLOBECOM'03). San Francisco, California, USA, 2003; 231-235

[7] Wang S-W. A Mobile IPv6 based Fast Handoff Scheme for 3G-WLAN Interworking [D]. Taiwan: Chaoyang University of Technology, etd-0702107-121352. June 2007