

文章编号: 1001 - 893X(2012)06 - 1003 - 06

# 3G - WLAN 融合网络中一种新的双模终端设计\*

亓海涛, 刘 伟

(电子科技大学 通信抗干扰技术国家级重点实验室, 成都 611731)

**摘要:**设计了一种能够在 3G 与 WLAN 融合网络中智能切换的双模终端模型。为了实现两种网络之间的无缝切换,提出了网络接口选择算法。该算法通过提前注册和认证机制减少了垂直切换时延,并采用提前切换的方法减少了垂直切换时数据包丢失。仿真结果验证了设计和算法具有良好性能。

**关键词:**融合网络;双模终端;无缝切换;网络接口选择

中图分类号:TN915;TN802 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2012.06.035

## A Novel Dual-mode Terminal Design for 3G - WLAN Interworking Networks

QI Hai-tao, LIU Wei

(National Key Laboratory of Science and Technology on Communications, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 611731, China)

**Abstract:** A dual - mode terminal model that can perform intelligent handoff between 3G and WLAN is designed. In order to realize seamless handoff between the two networks, a network interface selection algorithm is proposed. By pre - registration and pre - authentication in the algorithm, vertical handoff delays are reduced. Moreover, pre - handoff is used in order to reduce packets loss during the vertical handoff period. A good performance of the design and algorithm is verified through simulation.

**Key words:** interworking networks; dual - mode terminal; seamless switching; network interface selection

### 1 引 言

近年来,3G 移动通信网络和 WLAN 技术及应用都在飞速发展。3G 无线系统可以为用户提供无所不在的连接,但 3G 网络投资规模大,传输速率低。WLAN 建网价格低廉,传输速率高,但覆盖范围小,只能适用于宾馆、办公室、机场等地区。因此,WLAN 与 3G 无线系统具有很强的互补性,可以把 WLAN 作为一种无线接入方式融入 3G 无线系统。

当前研究<sup>[1-3]</sup>已经提出了很多 3G 和 WLAN 网络融合的架构方案,这些方案都是假设能够在 3G

和 WLAN 融合网络中漫游的双模终端,但能够在两种网络间智能切换的双模终端<sup>[4-5]</sup>较少。文献[4]提出的双模终端模型需要修改 3G 网络中核心网元 GGSN,另外在垂直切换后 IP 地址改变,可能导致通信中断。文献[5]设计的双模终端模型没有提出减少垂直切换时数据包丢失的方法,也没有提出如何防止垂直切换时乒乓效应的发生。本文设计了一种能够在 3G 和 WLAN 融合网络中智能切换的双模终端模型。这种双模终端适用于各种网络融合架构,并且在两种网络间切换时对用户透明,改善了用户通信体验。本文提出并详细讨论了网络接口选择算

\* 收稿日期:2011 - 12 - 21;修回日期:2012 - 02 - 22

基金项目:国家科技重大专项(2008ZX03005)

Foundation Item: The National Science and Technology Major Project(2008ZX03005)

法,通过该算法实现了两种网络之间的自动切换,减少了垂直切换时延和切换时数据包丢失,同时防止了乒乓效应的发生。最后,通过仿真对本设计进行了性能验证。

## 2 3G - WLAN 网络融合架构

松耦合网络融合架构最大限度的保持了 WLAN 和 3G 网络各自的独立性,具有简单、灵活、安全的特点,应用广泛。因此,本设计选择了松耦合网络融合架构作为网络融合方案。3GPP 已经提议了松耦合网络融合构架<sup>[6]</sup>和基于移动 IP 的流动性管理机制<sup>[7]</sup>。图 1 所示为 3GPP 提议的松耦合网络融合架构。在这种架构下,WLAN 网络和 3G 网络实现了重叠覆盖,当终端将要由 WLAN 网络切换到 3G 网络时,3G 网络总是可用的。

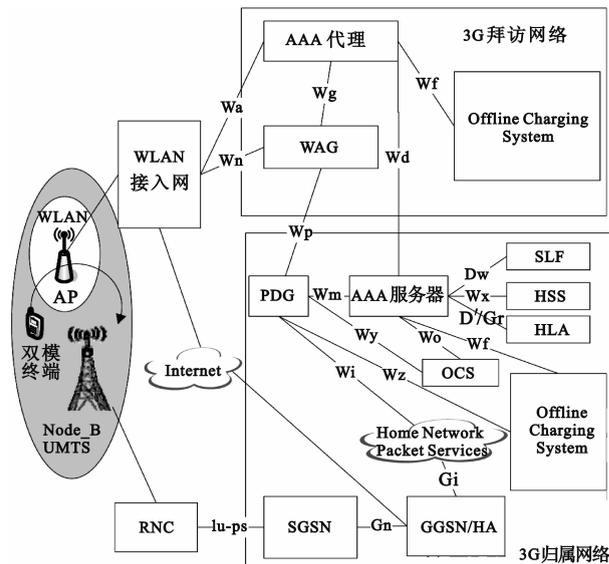


图 1 松耦合网络融合架构  
Fig.1 Loose interworking architecture

## 3 双模终端模型

现有的双模终端大多需要手动切换,这将导致用户通信中断,降低用户通信体验。即使终端能够在两种网络之间自动切换,也将产生垂直切换时延<sup>[3,8]</sup>,并可能发生乒乓效应和切换时数据包丢失<sup>[3]</sup>。垂直切换时延主要包括两方面:一是从 3G 切换到 WLAN 网络时,进行 AAA 和移动 IP (Mobile IP, MIP) 信令交互产生的时延;二是从 WLAN 网络切换到 3G 网络时, PDP 上下文激活和移动 IP 信令交

互产生的时延。乒乓效应主要是由于用户频繁地进出 WLAN 网络热点区时,终端在 WLAN 网络和 3G 网络之间频繁切换造成的。切换时数据包丢失主要是由于终端断开原网络切换到另一种网络时,从原网络返回的数据包不能正常接收造成。

为了实现网络接口之间的自动切换以及解决以上问题,本文设计了一种新型的双模终端模型,如图 2 所示。终端具备两个不同的网络接口:3G 和 WLAN,为满足终端能根据需要接入不同网络的需求,在网络层和数据链路层之间添加了网络接口选择模块。通过网络接口选择算法,实现了两种网络之间的自动切换,减少了垂直切换时延和数据包丢失,并防止了乒乓效应发生。

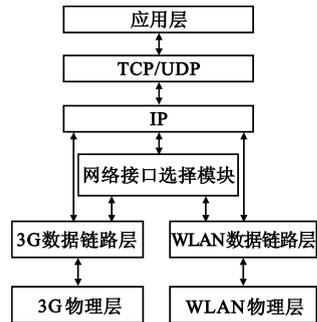


图 2 双模终端模型协议栈  
Fig.2 The dual - mode terminal model protocol stack

这种终端模型只是增加了网络接口选择模块,对 IP 层和数据链路层改动较小,并没有修改其他层的标准协议,具有模块化和灵活性的特点,易于扩展和开发。另外,这种终端模型不仅适用于松耦合网络融合架构,也适用于其他网络融合架构。

## 4 网络接口选择算法

本设计主要在网络选择模块实现网络接口选择。网络接口选择模块接收 WLAN 接口的接收信号强度报告和信令完成报告、WLAN 网络的 BSSID 和 SSID 以及 3G 网络接口和 IP 层的信令交互完成报告,然后根据不同报告做出相应的切换决策。这些信令主要包括 PDP 上下文激活、AAA 和移动 IP 信令。

由于 WLAN 网络带宽大于 3G 网络,在 3G 与 WLAN 网络重叠覆盖区,用户优先接入 WLAN 网络。当终端进入 WLAN 热点区,网络接口选择模块检测到 WLAN 接收信号强度在一定时间内满足条件,并且 AAA 和移动 IP 信令交互完成,就通告 IP 层选择 WLAN 网络进行通信。同理,当终端将要离开 WLAN

热点区,网络接口选择模块检测到 WLAN 接收信号强度在一定时间内满足条件,并且 PDP 上下文激活和移动 IP 信令交互完成,就通告 IP 层选择 3G 网络进行通信。这样就实现了网络之间自动切换。

#### 4.1 切换触发

在切换到另一种网络之前,终端需要判断网络条件是否到达切换标准。本设计选择终端接收到的信号强度(Received Signal Strength, RSS)作为切换触发条件。由于 3G 网络总是可用的,终端只需检测 WLAN 网络接口的接收信号强度。为了防止垂直切换时乒乓效应的发生,本设计选择在接收信号强度达到门限值并保持一段时间再切换的方法。

#### 4.2 切换执行

为了减少 AAA 信令,移动 IP 信令和 PDP 上下文激活产生的延迟并防止乒乓效应的发生,本文提出了预切换的方法。预切换就是当终端将要从一个网络接口切换到另一个网络接口进行用户应用业务通信时,提前进行 AAA、移动 IP 和 PDP 上下文激活信令等。当这些信令交互完成后,终端正式切换到另一个网络进行通信。切换时刻和 WLAN 网络接口的接收信号强度关系如图 3 所示。图中,  $RSS_{Min}$  为终端的 WLAN 网络接口与接入点(Access Point, AP)在数据链路层发生关联时的接收信号强度,即终端能够从 WLAN 网络正确接收数据的信号强度下限;  $RSS_{Up}$  为终端从 3G 网络切换到 WLAN 网络的接收信号强度门限值;  $RSS_{Down}$  为终端从 WLAN 网络切换到 3G 网络的接收信号强度门限值。下面详细描述切换过程中怎样减少切换时延和数据包丢失,并防止乒乓效应发生。

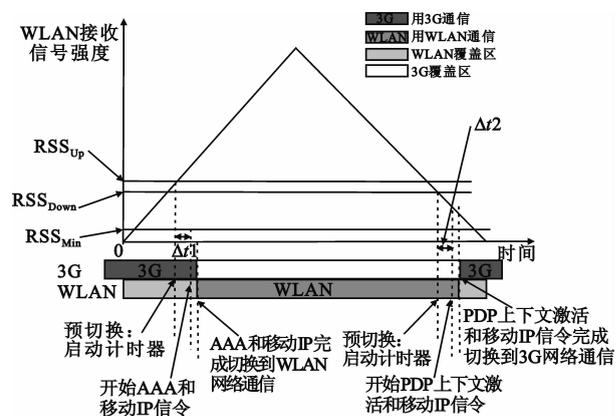


图 3 切换时刻和 WLAN 网络接口接收信号强度关系

Fig.3 Relationship between switching time and WLAN interface received signal strength

#### 4.2.1 从 3G 网络切换到 WLAN 网络

当用户从 WLAN 网络热点区之外进入 WLAN 网络热点区,网络接口选择模块检测到 WLAN 接口的 RSS 大于  $RSS_{Up}$  时,进入预切换阶段,网络接口选择模块开启一个计时器。如果计时器计时到达  $\Delta t1$  之前,又检测到 RSS 小于  $RSS_{Up}$ ,计时器清零。当 RSS 高于  $RSS_{Up}$ ,计时器再次开始计时。当计时器达到  $\Delta t1$ ,开始进行 AAA 和移动 IP 信令交互,这些信令从 WLAN 网络接口通过 WLAN 网络传输,而用户应用业务数据仍然从 3G 网络接口传输。当网络接口选择模块检测到 AAA 和移动 IP 信令交互完成,网络接口选择模块通告 IP 层正式切换到 WLAN 网络,终端利用 WLAN 网络接口以及从 WLAN 网络获得的 IP 地址和默认网关进行通信。此处的预切换有两个作用,一是保证 RSS 达到切换门限值并保持  $\Delta t1$ ,防止了乒乓效应的发生;二是减少了 AAA 和移动 IP 信令导致的切换时延。

由于 3G 网络总是可用的,从 3G 网络切换到 WLAN 网络之后,从 3G 网络返回的数据包能够被 3G 网络接口正确接收,不会发生数据包丢失。

#### 4.2.2 从 WLAN 网络切换到 3G 网络

当用户要离开 WLAN 网络热点区时,网络接口选择模块检测到 RSS 小于  $RSS_{Down}$ ,进入预切换阶段,网络接口选择模块开启一个计时器。如果计时器计时到达  $\Delta t2$  之前,又检测到 RSS 大于  $RSS_{Down}$ ,计时器清零。当 RSS 低于  $RSS_{Down}$ ,计时器再次开始计时。当计时器到达  $\Delta t2$ ,开始进行 PDP 上下文激活和移动 IP 信令交互,这些信令从 3G 网络接口通过 3G 网络传输,而用户应用业务数据仍然从 WLAN 网络接口传输。当网络接口选择模块检测到 PDP 上下文激活和移动 IP 信令交互完成,网络接口选择模块通告 IP 层正式切换到 3G 网络,终端利用 3G 网络接口以及从 3G 网络获得的 IP 地址和默认网关进行通信。此处的预切换有两个作用,一是保证 RSS 达到切换门限值并保持  $\Delta t2$ ,防止了乒乓效应的发生;二是减少了 PDP 上下文激活和移动 IP 信令导致的切换时延。

从图 3 中可以看到,从 WLAN 网络切换到 3G 网络后, WLAN 网络接口 RSS 还没有降到  $RSS_{Min}$ , WLAN 网络接口可以继续接收从 WLAN 网络返回的数据包,从而减少了数据包丢失。

网络接口选择算法如图 4 所示。该算法不仅可以减少 AAA、移动 IP、PDP 上下文激活信令导致的时延,也可以减少垂直切换时其他信令导致的时延。

另外,该算法思想也适用于多网络接口间的切换。

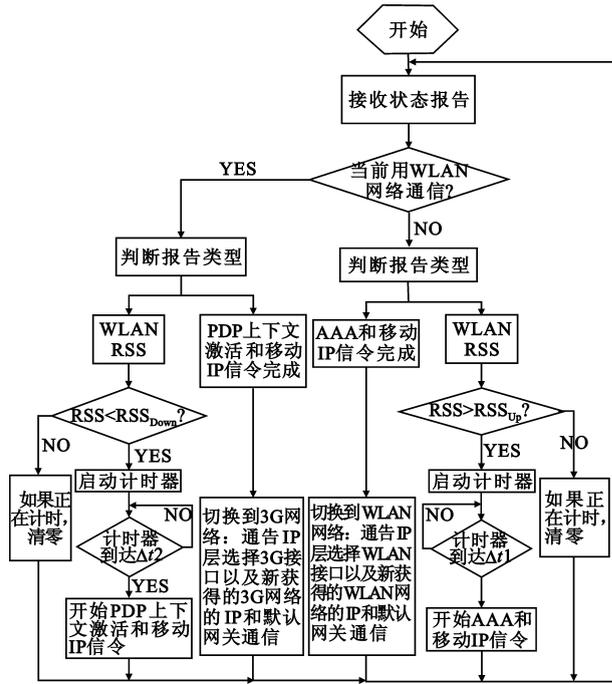


图4 网络接口选择算法  
Fig.4 Network interface selection algorithm

## 5 仿真实验

### 5.1 仿真场景

本文用 Opnet14.5 进行了仿真。终端模型如图5所示。

为了实现网络接口选择算法,在模型中增加了网络接口选择模块(ISU)。ISU 模块分别与 IP 模块、3G 和 WLAN 网络接口模块连接,相互交换信息。IP 模块分别与 WLAN 网络接口的 ARP 模块和 3G 网络接口的 GMM 模块相连接,进行数据传输。IP 模块维护两个 IP 地址:WLAN 网络和 3G 网络的 IP 地址。构建的松耦合的网络仿真场景如图 6 所示,WLAN 网络由 AP 组成,3G 网络由 Node\_B、RNC、SGSN、GGSN 组成。GGSN 为移动 IP 网络中的家乡代理(Home Agent, HA)。

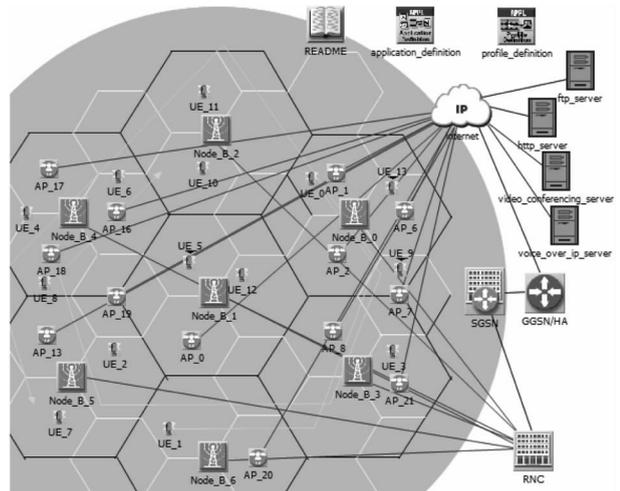


图6 仿真场景  
Fig.6 The simulation scenario

### 5.2 仿真预设

本文选择了不同应用业务类型对设计进行性能评估。表1展示了不同的业务类型和相应的 QoS 类型、传输层协议以及测量参数。通过观察垂直切换时两个网络接口接收数据的时间来验证网络接口选择算法的性能。

表1 仿真参数

Table 1 The simulation parameters

业务类型	QoS	协议	测量参数
FTP 文件传输	背景类	TCP	文件上传响应时间
HTTP 网页浏览	交互类	TCP	页响应时间
语音 (VoIP)	会话类	UDP	端到端时延

### 5.3 仿真结果及分析

图7所示为终端从3G网络切换到WLAN网络时两个网络接口接收流量。从图中可看到流量并没有中断,会话是持续的,验证了两种网络的无缝切换。从图中还可以看到,在从3G网络切换到WLAN

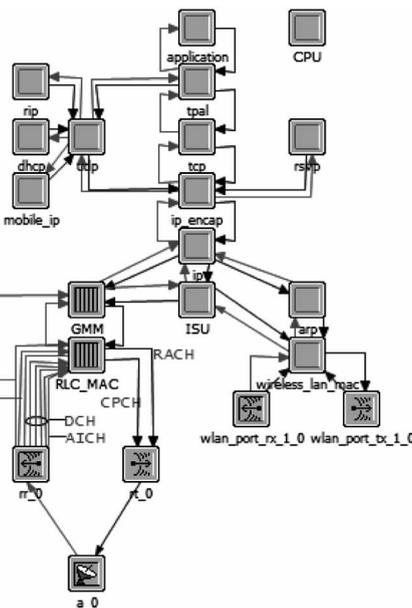


图5 双模终端模型  
Fig.5 The dual-mode terminal model

网络之前,WLAN 网络接口已经有了很小的流量,这是预切换阶段信令交互产生的流量。从图中也可以看到,终端能够从 3G 网络自动切换到 WLAN 网络,充分利用 WLAN 网络带宽。

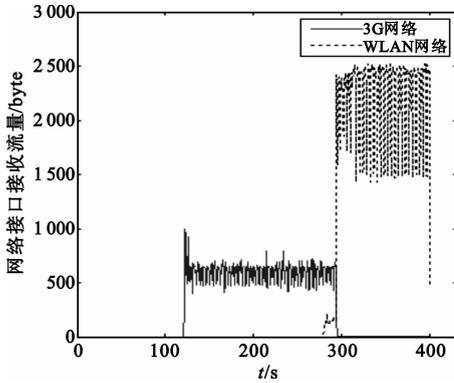


图 7 3G 和 WLAN 网络接口接收流量  
Fig.7 3G and WLAN interfaces received traffic

图 8 和图 9 分别为 FTP 业务文件上传响应时间和 HTTP 业务页响应时间。从图中可以看出 WLAN 网络的响应时间明显优于 3G 网络。图 10 所示为语音通信端到端时延,对于语音业务,WLAN 网络的优势并不明显。

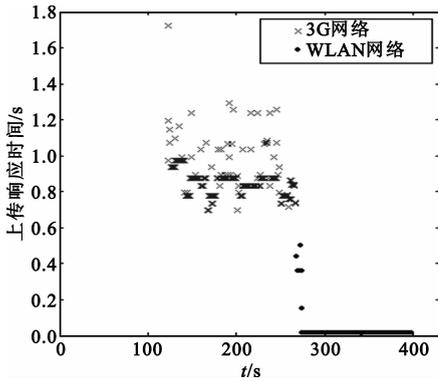


图 8 FTP 应用上传响应时间  
Fig.8 FTP application upload response time

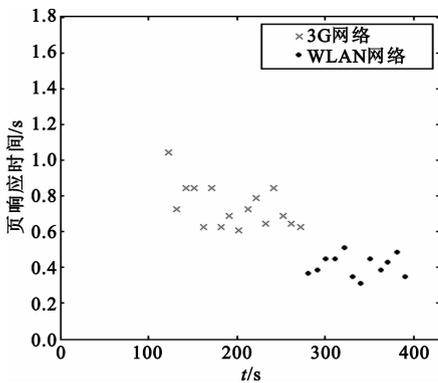


图 9 HTTP 应用页响应时间  
Fig.9 HTTP application page response time

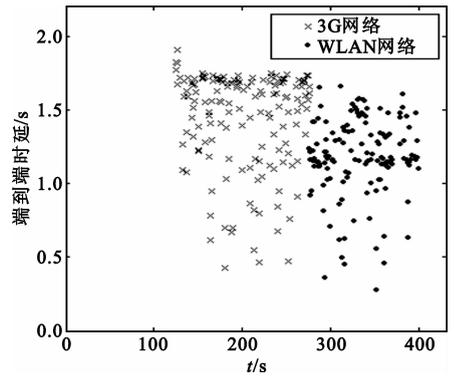


图 10 语音应用端到端时延  
Fig.10 Voice application end to end delay

以上仿真结果验证了所提出的设计和网络接口选择算法具有良好性能,同时为用户根据不同业务接入不同网络提供了依据。对于文件下载业务、网页浏览业务,不论是传输带宽还是响应时间,WLAN 网络明显优于 3G 网络,因此应优先选择 WLAN 网络;对于语音类业务可以选择 3G 网络或 WLAN 网络。

## 6 结束语

本文设计的终端模型具有模块化和灵活性的特点,易于扩展和开发,并且能够适用于各种网络融合架构。提出的网络接口选择算法思想不仅适用于两种网络之间的切换,也适用于多种网络之间的切换。另外,通过仿真验证了本设计能够实现两种网络之间的智能切换,改善用户通信体验,同时得到了两种网络对各种业务类型的支持能力,为用户根据不同业务接入不同网络提供了依据。在以后的研究中,可以在终端中加入并发业务接入控制算法,根据不同网络对各种业务支持能力以及用户偏好差异选择接入不同网络进行通信。

## 参考文献:

- [1] Tsao S, Lin C. Design and Evaluation of UMTS - WLAN Inter-networking Strategies[C]//Proceedings of 2002 IEEE Vehicular Technology Conference. [S.l.]: IEEE,2002:777 - 781.
- [2] Tsao S, Lin C. VSGN: A Gateway Approach to Interconnect UMTS/WLAN Networks[C]// Proceedings of the 13th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. [S.l.]: IEEE, 2002: 275 - 279.
- [3] Buddhikot M M, Chandranmenon G, Seungjae Han, et al. Design and Implementation of a WLAN/CDMA 2000 Internetworking Architecture[J]. IEEE Communications Magazine, 2003, 41(11): 90 - 100.
- [4] Siddiqui F, Zeadally S, Fowler S. A Novel Architecture for

Roaming between 3G and Wireless LANs[C]// Proceedings of the 1st International Conference on Multimedia Services Access Networks. Orlando, Florida; IEEE, 2005: 101 – 105.

- [5] Al – Helali A A, Ashraf Mahmoud, Talal Al – Kharobi, et al. A Novel Dual – Mode User Equipment Design and Enhanced Gateway Selection Algorithm for B3G Networks[C]// Proceedings of 2008 International Conference on Parallel Processing Workshops. Portland, Oregon, USA; IEEE, 2008: 162 – 166.
- [6] 3GPP TS 23.234 v7.4.0, Technical Specification Group Services and System Aspects; 3GPP system to Wireless Local Area Network (WLAN) interworking[S].
- [7] 3GPP TS 23.327 V8.3.0, Technical Specification Group Services and System Aspects; Mobility between 3GPP – Wireless Local Area Network(WLAN) interworking[S].
- [8] Abdul – Aziz Al – Helali, Ashraf Mahmoud, Talal Al – Kharobi, et al. Characterization of Vertical Handoff Delay for Mobile IP Based 3G/WLAN Integrated Networks[C]// Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference.

[S.1.]: IEEE, 2009: 1 – 5.

### 作者简介:

亓海涛(1987—),男,山东莱芜人,2010年获学士学位,现为硕士研究生,主要研究方向为无线通信与无线网络;

QI Hai – tao was born in Laiwu, Shandong Province, in 1987. He received the B. S. degree in 2010. He is now a graduate student. His research interests include wireless communication and wireless network.

Email: haitaoqi@foxmail.com

刘伟(1971—),男,山东文登人,2004年于电子科技大学获硕士学位,现为讲师,主要研究方向为无线通信与无线网络。

LIU Wei was born in Wendeng, Shandong Province, in 1971. He received the M. S. degree from University of Electronic Science of Technology of China in 2004. He is now a lecturer. His research interests include wireless communication and wireless network.

Email: liuwei@uestc.edu.cn