

安徽电信无线局域网建设规划和运营策略

摘 要

无线技术的出现实现了人类对于通信的终极梦想，真正摆脱了时间与空间的束缚，达到了随时随地随意进行沟通的可能。随着无线通信技术从模拟发展到数字，电信业务从语音通信到数据通信，出现了很多技术。而 WLAN 在过去的两年里得到了空前的发展，性能不断提高，应用范围不断扩大，价格不断降低。从个人用户、企业用户到运营商，整个产业链不断壮大，孕育着巨大的商机。根据中国电信和安徽电信对 WLAN 整体规划建设要求进行了本项目的研究。

本文介绍了 WLAN 采用的关键技术， IEEE 802.11 协议的主要内容，以及应用范围和实例。该系列标准主要速率为 1-2Mbps 的 802.11, 11Mbps 的 802.11b, 54Mbps 的 802.11a, 22Mbps 的 802.11g, 以及 108Mbps 的 802.11n 等。阐述了 WLAN 中 OFDM 数字调制技术，包括 OFDM 基本原理、调制方式、系统实现，同时还介绍了标准规范的物理层、数据链路层和安全性等。

通过与蓝牙、GPRS、CDMA1X、3G 等无线数据通信技术的比较，阐述各种技术的优缺点和分析了各自的市场定位。

根据安徽省实际情况和目前各大电信运营商现状，提出安徽电信建设规划 WLAN 项目必要性。通过对认证技术(PPPOE、WEB+PORTAL、802.1X)的分析，提出适合安徽电信认证技术的全省 WLAN 组网方案。

利用安徽电信宽带用户发展情况与 WLAN 用户发展相关性，并运用一元线性回归预测方法，根据近 4 年的安徽电信宽带用户的变化来预测 2007 年 WLAN 用户、业务发展和运营策略，为安徽电信 WLAN 项目建设提供参考依据。

关键词：无线局域网 热点 IEEE 802.11 OFDM 规划 策略

Anhui Telecom WLAN plan and running the tragic

Abstract

The appearance of wireless technology realizes the mankind's ultimate dream of communication, gets rid of the constraint of the time and space to make communication at anytime and anywhere possible. Many telecommunication technologies have appeared as the development of wireless communication technology from analogy to digital, telecom service from voice to data communication. Wireless-LAN has got unprecedented development over the past two years, with the performance improving constantly, the range of application expanding constantly, and the price reducing gradually. The Wireless-LAN industry chain is strengthening constantly, having the enormous business opportunity, from personal users, to enterprise users to the telecommunication operators. According to the

necessity of China Telecom and Anhui Telecom'S WLAN plan, this article study the item.

This article introduces the key technology that WLAN adopts, the main content of IEEE 802.11 and the range of application and some cases. The standard speed of this series is 802.11 of 1- 2Mbps, 802.11b of 11Mbps, 802.11a of 54Mbps, 802.11g of 22Mbps, and 802.11n of 108Mbps, etc. This article introduces OFDM'S digital modulation technique of WLAN ,including OFDM'S fundamental principle, modulation technique and system realization. This article also introduces normal standard physics layer, data chain layer, security and etc.

This article analyses the advantages and disadvantages of the different technology such as Bluetooth, GPRS, CDMA1X, 3G, etc, and it's object markets, and put out the Wireless-LAN 's application place at present.

According to practical situation of Anhui Province and now all telecom running enterprises, the article gives us the necessity of Anhui Telecom WLAN'S item. According to the analysis of authentication technique(PPPOE 、WEB+PORTAL、802.1X), the article Anhui Telecom the building network of WLAN.

Using the method of one linearity regression and according to the change of

Anhui Telecom Broadband clients, the article gives us the 2007 WLAN clients , service and running the tragic and supply the basement of Anhui Telecom building WLAN.

Key words: Wireless-LAN Hot Spot IEEE 802.11 OFDM Plan Tragic

插图清单

图 1-1 PC 卡/PCI 客户适配器、接入点、网桥、天线和附件.....	2
图 2-1 单一频率、频分复用和正交频分多路复用	6
图 2-2 正交方法原理	6
图 2-3 OFDM 调制器	9
图 2-4 OFDM 解调器.	10
图 3-1 无线技术及其市场定位	14
图 4-1 PPPoE 认证方式网络结构	22
图 4-2 DHCP+WEB 认证方式网络结构.	23
图 4-3 用户接入验证和计费流程.	27
图 4-4 全省认证方式.	28
图 4-5 漫游认证流程	30
图 4-6 WLAN 组网图.....	40
图 5-1 中小型企业网络拓扑图	47
图 5-2 园区网络拓扑图	49

插表清单

表 2-1 IEEE802.11 协议层件	3
表 4-1 三种认证技术比较	21
表 4-2 全省区域城市名规划表	29
表 4-3 接入市中心到省中心漫游认证请求包属性内容	31
表 4-4 省中心到开户市中心漫游认证请求包属性内容	32
表 4-5 开户市中心到省中心漫游认证成功	32
表 4-6 开户市中心到省中心漫游认证失败	33
表 4-7 省中心到接入市中心漫游认证成功	33
表 4-8 省中心到接入市中心漫游认证失败	34
表 4-9 AP 和无线网卡的参数技术条件	37
表 4-10 AP 覆盖半径	38
表 4-11 安徽电信宽带用户数和 WLAN 用户数统计表	41
表 4-12 全省 2007 年 AP 规划和增加设备统计表	42

独 创 性 声 明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标志和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得合肥工业大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者签字：牛旭 签字日期：06年6月17日

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解合肥工业大学有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅或借阅。本人授权合肥工业大学可以将学位论文的全部或部分论文内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。

(保密的学位论文在解密后适用本授权书)

学位论文作者签名：牛旭

导师签名：单承光

签字日期：06年6月17日

签字日期：06年6月17日

学位论文作者毕业后去向：

工作单位：家电修习

电话：2682179

通讯地址：合肥市经济技术开发区303号

邮编：230001

致 谢

论文能够顺利完成，首先感谢我的导师单承赣教授。单老师严谨的治学平易近人的学者风范，已使我受益非浅。学业上的谆谆教导，令我感动。最重要的，单老师身上流露出一种可贵的对待工作的敬业精神，这是会让我收益终生的财富。同时，在本论文的完成过程中，单老师给予了很多的帮助和支持，在此表示由衷的感谢。

感谢我的父母多年来对我的无微不至的爱护、关心和培养。

感谢我的夫人在我硕士生学习期间和写论文期间对我的帮助和支持。

感谢在这几年的学习中对我支持的工大计算机学院和研究生部的所有老师。

感谢我所在安徽电信有限公司的领导和同事们的帮助。

感谢我的所有朋友，你们与我共享快乐，分担忧愁。

最后，我要感谢所有曾经关心帮助过我的人。

作者：朱猛

2006年6月1日

第一章 无线局域网的概念

在过去的几年里，无线网络技术得到了空前的发展，其中 WLAN 更是大放异彩，在上海 APEC 会议、2002 韩日世界杯上，WLAN 都大显身手，让世人耳目一新。在业界领导厂商们的努力推动下，应用范围不断扩大，大有即将盛行于世的先兆。在 2002 年的消费电子展览会上，比尔·盖茨毫不掩饰内心的激动和热望：“未来十年将是无线的天下！”。2003 年 3 月世界上最大的计算机微处理器生产厂家 Intel 公司推出迅驰处理器，它集成了 P4 微处理器、芯片组和 WLAN，他标志着世界上最大的计算机微处理器生产厂家已进军无线网络领域，可见无线网络孕育着巨大的商机。

无线局域网（Wireless Local Area Network——WLAN）[1]于一种短距离无线通信技术，它是以无线信道为传输媒介构成的计算机局域网络，通过无线射频技术（RF）在空中传输数据、话音和视频信号。无线局域网可以在一些特殊的应用环境中弥补依靠铜缆或光缆构成的有线局域网的不足，实现网络的延伸，使个人计算机（PC）具有可移动性，能迅速、方便地解决通过有线方式不易实现的网络信道的连通问题。或者直接替代有线网络，建立覆盖广泛的无线宽带接入网，为运营上带来全新的盈利网络技术。

WLAN 最基本的设备包括 AP、Wireless LAN Card、Wireless Bridge 以及天线等几部分：

AP（Access Point）也称无线接入点或网络桥接器，一个 AP 能够在几十至上百米的范围内连接多个无线用户，AP 的主要作用是将无线网络接入以太网，其次要将各无线网络客户端连接到一起，相当于以太网的集线器，使装有无线网卡的 PC 可以通过 AP 共享有线局域网络甚至广域网络的资源。除此之外，AP 还具有网管的功能，实施对接入无线局域网的 PC 的控制、管理。

Wireless LAN Card 也称无线网卡，一般有 PCMCIA、ISA、PCI 等几种，安装到 PC 上。

Wireless Bridge 也称无线桥接器，主要是用来连接两栋大楼或进行长距离传输时使用，由 AP 和高增益定向天线组成。

无线局域网的天线有定向型（Uni-direction）和全向型（Omni-direction）两种，定向型天线适合于长距离使用如果采用高增益的定向天线，WLAN 甚至可以实现 20 公里以上的远程连接；而全向型天线则适合区域性使用。

无线局域网的用户端有两种基本的工作方式：一种为构架模式（Infrastructure），接入无线局域网的 PC 机通过 AP 接入以太网或通过 AP 彼此共享网络资源；另一种为对等模式，使用对等网络（Peer to Peer）操作系统，构成一个简易网络（Ad hoc），使多个安装了 IEEE 802.11b 标准产品的 PC 机相互连接，无需通过 AP，共享资源。

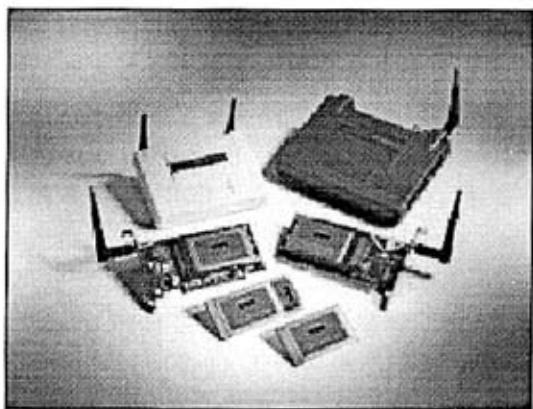


图 1-1 PC 卡/PCI 客户适配器、接入点、网桥和附件

第二章 IEEE 802.11 无线局域网协议

目前无线局域网标准众多，除了各标准组织定的标准外，一些产业集团和设备生产厂商还自行开发了许多通讯方式。但市场上使用主流标准通信协议的产品仍占绝大多数。目前，国际上主要的无线局域网标准有 IEEE 系列标准、ETSI 标准、ISO 标准、HomeRF1.0 & HomeRF 2.0 等，目前最为流行的为 IEEE 802.11b，以及最新的覆盖范围最大 50 公里，或可提供 70Mbps 数据传输速率的 802.16a 等协议。下面简单介绍一下 IEEE 系列标准：

美国的电气和电子工程师学会 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 最早于 1997 年制订了无线局域网的标准 IEEE 802.11[2]，由 IEEE 颁布的 802.11 系列标准已成为无线局域网的主导标准。

2.1 IEEE 802.11 系列标准介绍

IEEE 802.11 是 IEEE 于 1997 年 6 月发布的最早的无线局域网标准，该标准具有较好的开放性，可以实现不同厂商产品的互联；标准规定了传输可以采用窄带微波 (Narrowband Microwave)、扩频 (Spread Spectrum) 及红外线 (Infrared) 等三种技术，实际上一般普遍使用扩频方式；IEEE 802.11 的介质访问控制 (Medium Access Control) 采用 CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 协议，其传输方式类似 IEEE 802.3 的以太网协议 CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)，但在物理层作了修改，以实现在噪声较多的无线环境中顺利传输数据。

表 2-1 IEEE802.11 协议层

数据链路层 (802.2)		
MAC 802.11 层		
物理 802.11 层		
跳频扩频	直接序列扩 频	红外

由于 IEEE 802.11 的传输速率不高（为 2Mbps）以及产品价格昂贵等原因，没有受到消费者的重视，在 IEEE802.11b 问世之后，市场占有率明显变小。下面介绍一下目前该标准流行的几个系列。

2.1.1 IEEE 802.11b^{[3][13]}

1999 年 9 月，IEEE 802.11b 高速无线局域网标制订后，加速了无线局域网的发展，使其进入大众市场。

IEEE 802.11b 目前为市场上主流的产品标准，它实际上是 IEEE 802.11 标准的一种扩展形式，只定义了直接序列扩频(Direct Sequence Spread Spectrum——DSSS) 调制的传输方式；通过直接序列扩频把原来高功率、窄频率的信号变为低功率、宽频率的信号；同时，标准的传输速率也得到了大大的提高——最高可达到 11Mbps。

另外，IEEE 802.11b 标准的工作频段选定在 2.4GHz，主要是由于该频段为美国联邦通讯委员会(FCC) 定义的工业/科学/医疗(Industrial Scientific Medical——ISM) 频段，对工业、科学、医疗领域开放。

为了保证各厂商产品的兼容性问题，由 Cisco、IBM、Intel、3Com、Nokia 和微软等无线局域网厂商组成了非赢利的机构——无线以太网兼容性联盟 WECA (Wireless Ethernet Compatibility Alliance)，WECA 组织的成立促进了 IEEE 802.11b WLAN 产品的兼容性和标准化。WECA 通过对不同厂商的产品进行 IEEE 802.11b 规范的验证，以实现真正意义上的多厂商产品的互操作性，对符合该组织认证并经互通性测试认可的产品，颁发“Wi-Fi (Wireless Fidelity)”证书，表示该产品具有良好的兼容性，能够与其他厂商的 802.11b 设备共同工作，因而 IEEE 802.11b 产品又称为“Wi-Fi”。

2.1.2 IEEE 802.11a

IEEE 组织内另一个无线局域网工作小组 IEEE 802.11 Task Group a，在 IEEE 802.11b 标准发布之后，又制订了更为高速的无线局域网标准——IEEE 802.11a。

由于 2.4GHz 的 ISM 频段的开放性，没有使用授权的限制，致使频段内标准和产品太多，容易产生信号干扰，不能保证通信质量，因此，IEEE 802.11a 采用了 5GHz 作为信号传输频段；另外，标准采用了正交频分多路复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing——OFDM) [4] 的调制技术，有效地解决了传输信号时所产生的多重路径衰减问题，并使频道的利用率比一般的调制技术高；从传输速度看，IEEE 802.11a 的最高传输速率可达 54Mbps，几乎是 IEEE 802.11b 传输速度的五倍。

2.1.3 IEEE 802.11g

由于在 IEEE 802.11a 与 IEEE 802.11b 标准之间存在频段与调制方式不同等问题，使得两种产品之间不能互通，因此已拥有 IEEE 802.11b 产品的用户无法利用 IEEE 802.11a 设备来实现产品速度上的升级，IEEE 802.11g 就是为这段过渡时间所发展的规范，它构建在已有的 IEEE 802.11b 物理层与媒体层标准基础上，选择 2.4GHz 作为工作频段，并将传输速率提高到 22Mbps 以上，使已经使用了 IEEE 802.11b 产品的用户以 IEEE 802.11g 实现速度升级的需求。

2.2 OFDM（正交频分复用）技术

OFDM 并不是新生事物，它由多载波调制（MCM）[5]发展而来。美国军方早在上世纪的 50、60 年代就创建了世界上第一个 MCM 系统，在 1970 年衍生出采用大规模子载波和频率重叠技术的 OFDM 系统。但在以后相当长的一段时间，OFDM 理论迈向实践的脚步放缓了。由于 OFDM 的各个子载波之间相互正交，采用 FFT 实现这种调制，但在实际应用中，实时傅立叶变换设备的复杂度、发射机和接收机振荡器的稳定性以及射频功率放大器的线性要求等因素都成为 OFDM 技术实现的制约条件。后来经过大量研究，终于在 20 世纪 80 年代，MCM 获得了突破性进展，大规模集成电路让 FFT 技术的实现不再是难以逾越的障碍，一些其它难以实现的困难也都得到了解决，自此，OFDM 走上了通信的舞台，逐步迈入高速 Modem 和数字移动通信的领域。20 世纪 90 年代，OFDM 开始被欧洲和澳大利亚广泛用于广播信道的宽带数据通信，数字音频广播（DAB）、高清晰度数字电视（HDTV）和无线局域网（WLAN）。随着 DSP 芯片技术的发展，格栅编码技术、软判决技术、信道自适应技术等成熟技术的应用，OFDM 技术的实现和完善指日可待。

2.2.1 OFDM 的基本原理^[6]

OFDM 是一种特殊的多载波传送方案，单个用户的信息流被串/并变换为多个低速率码流（100 Hz ~ 50 kHz），每个码流都用一条载波发送。OFDM 弃用传统的用带通滤波器来分隔子载波频谱的方式，改用跳频方式选用那些即便频谱混叠也能够保持正交的波形，因此我们说，OFDM 既可以当作调制技术，也可以当作复用技术。OFDM 增强了抗频率选择性衰落和抗窄带干扰的能力。在单载波系统中，单个衰落或者干扰可能导致整条链路不可用，但在多载波系统中，只会有小部分载波受影响。纠错码的应用可以帮助其恢复一些易错载波上的信息。像这样用并行数据传送和频分复用的思路早在 20 世纪 60 年代的中期就被提出来了。在传统的并行通信系统中，整个系统频带被划分为 N 个互不混叠的子信道，每个子信道被一个独立的信源符号调制，即 N 个子信道被频分复用。这种做法，虽然可以避免不同信道互相干扰但却以牺牲频带利用率为代价，这在频带资源如此紧张的今天尤其不能忍受。上个世纪中期，人们又提出了频带混叠的子信道方案，信息速率为 a，并且每个信道之间距离也为 a Hz，这样可以避免使用高速均衡和抗突发噪声差错，同时可以充分利用信道带宽，节省了 50%。为了减少各个子信道间的干扰，我们希望各个载波间正交。这种“正交”表示的是载波的频率间精确的数学关系。如前所述，传统的频分复用的载波频率之间有一定的保护间隔，通过滤波器接收所需信息。在这样的接收机下，保护频带分隔不同载波频率，这样就使频谱的利用率低。

OFDM 可以满足两方面要求，第一它不是在一个时间间隔内用一个频率（或

载波)来传输信息，而是将传输信息分配到 N 个子载波传输，每个子载波的时间间隔增加了 N 倍(或传输信息减少为 $1/N$)。因此尽管每个单独的子载波的数据传输率降低为 $1/N$ ，但由于有 N 个不同的载波并行传输，因此系统总的传输速率是一样的。第二，由于分成了 N 个子载波， T_{max}/T 率也下降为 $T_{max}/(T \times N)$ ，这意味着每个子载波所能承受的多路径和 ISI 为原来的 N 倍[18]。

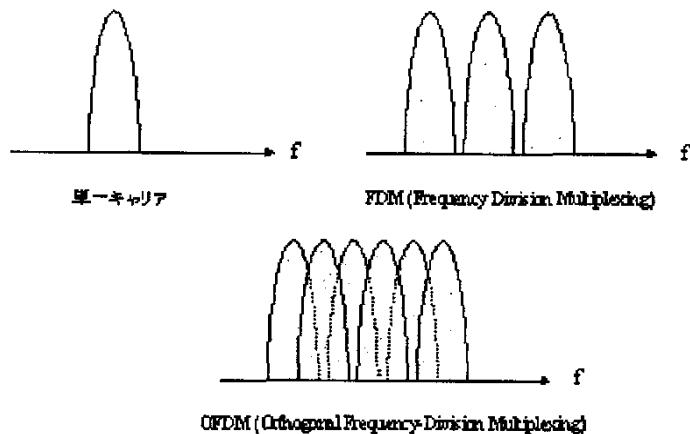


图 2-1 单一频率、频分复用和正交频分多路复用

上图显示了单一频率，频分复用和正交频分多路复用。频分复用和正交频分多路复用都可以将信息分配到 N 个子载波传输，但是正交频分多路复用利用了频率的正交性干扰为零的特点，在有限的频宽内增加了子载波的数量，大幅增加了传输率。

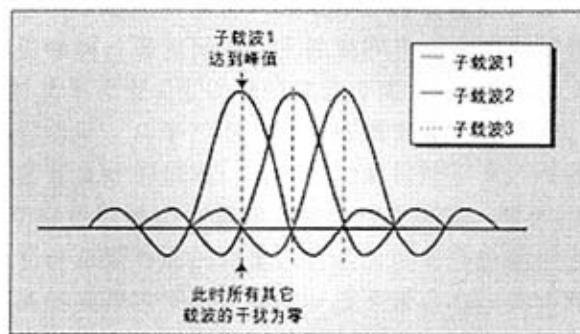


图 2-2 正交方法原理

OFDM 通过确保子载波之间相互正交来解决带宽的问题，上图解释了正交方

法的原理。我们看到图中有三个子载波，每个均携带有调制信号。三个子载波组成一个 OFDM 码，然后发送到信道内。不过在实际的 OFDM 系统中，由于每个波形分别采用不同的相移键控 (PSK) 和正交幅度调制 (QAM)，这些波形的相位或振幅将有所不同。这里为了描述方便，所显示的子载波波形相位与振幅都一致。每个子载波的频谱由一个正弦函数表示，其特性是：当中央频率时振幅达到峰值，而在此频率的整数倍时振幅为零。由于在每个函数振幅达到峰值时，其它子载波对它的影响为零，因此 OFDM 接收器能有效地将每个子载波进行检波。正是由于这种正交性使得子载波可以紧密交迭从而有效地利用有限的频谱，最终实现 54Mbps WLAN 物理链接速率。

2.2.2 OFDM 的主要技术

2.2.2.1 调制方式^{[7][17]}

OFDM 系统的各个载波可以根据信道的条件来使用不同的调制，比如 BPSK、QPSK、8PSK、16QAM、64QAM 等等，以频谱利用率和误码率之间的最佳平衡为原则。选择满足一定误码率的最佳调制方式可以获得最大频谱效率。多径信道的频率选择性衰落会导致接收信号功率大幅下降，达到 30dB 之多，信噪比也大幅下降。使用与信噪比相匹配的调制方式可以提高频谱利用率。众所周知，可靠性是通信系统运行是否良好的重要考核指标，因此系统通常选择 BPSK 或 QPSK 调制，这样可以确保在信道最坏条件下的信噪比要求，但是这两种调制的频谱效率太低。如果使用自适应调制，那么在信道好的时候终端就可以使用较高的调制，同样在终端靠近基站时，调制可以由 BPSK (1bit/s/Hz) 转化成 16QAM ~ 64QAM (4~6 bit/s/Hz)，整个系统的频谱利用率得到大幅度的改善，自适应调制能够使系统容量翻番。但任何事物都有其两面性，自适应调制也不例外。它要求信号必需包含一定的开销比特，以告知接收端发射信号所采用的调制方式，并且，终端需要定期更新调制信息，这又势必会增加更多的开销比特。OFDM 技术将这个矛盾迎刃而解，通过采用功率控制和自适应调制协调工作的技术。信道好的时候，发射功率不变，可以增强调制方式 (如 64QAM)，或者在低调制 (如 QPSK) 时降低发射功率。功率控制与自适应调制要取得平衡，也就是说对于一个远端发射台，它有良好的信道，若发送功率保持不变，可使用较高的调制方案如 64QAM；若功率可以减小，调制方案也相应降低，可使用 QPSK。失真、频偏也是在选择调制时必须考虑的因素。传输的非线性会造成互调失真 (IMD)，此时信号具有较高的噪声电平，信噪比一般不会太高；失步和多普勒平移所造成的频率偏移使信道间失去正交特性，仅仅 1% 的频偏就会造成信噪比下降 30dB。信噪比限制了最大频谱利用率只能接近 5~7bit/s/Hz。自适应调制要求对信道的性能有充分的了解，如果在差的信道上使用较强的调制方式，那么就会产生很高的误码率，影响系统的可靠性。多用户 OFDM 系统的导频信道或参考

码字可以用来测试信道的好坏。发送一个已知数据的码字，在满足通信极限的情况下测量出每条信道的信噪比，根据这个信噪比来确定最适合的调制方式。

2.2.2.2 信道分配

为用户分配信道有多种方式，最主要的两种是分组信道分配、自适应信道分配。

(1) 分组信道

最简单的方法是将信道分组分配给每个用户，这样可以使由于失真、各信道能量的不均衡和频偏所造成的用户间的干扰最小。但载波分组会使信号容易衰落。载波跳频可以解决这个问题。分组随机跳频空闲时间较短，约 11 个字符时间。利用时间交织和前向纠错可以恢复丢失的数据，但是会降低系统容量增加信号时延。

(2) 自适应跳频

这是一种新的基于信道性能的跳频技术。信道用来传递对它来说具有最佳信噪比的信号。因为每个用户的位置不同，所以信号的衰落模式也不相同，因此每个用户收到的最强信号都不同于其他用户，从而相互之间不会发生冲突。初步研究表明，在频率选择性信道采用自适应跳频可以大幅提高信号接收功率，能够达到 5~20dB，令人惊异。事实上，自适应跳频消除了频率选择性衰落。

多径信道中，速率为 1Gbit/s 的信号的频响特性每 15cm 就会发生很大的变化，因此信号的频率刷新速率要比 15cm 的移动速率快很多，一般情况下终端每移动 5cm 刷新一次就足够了。比如终端以每小时 60km 的速度移动，刷新速率就是大约 330 次/秒。跳频的开销比特数量与用户速率、用户数量以及系统是全双工还是半双工有关。全双工系统的接收机和发射机的工作频率的间隔至少应大于 40MHz，信道数量是用户数的两倍，发射的参考码字的数量比用户数多 1 个，也就是说除了每个用户需要发送一个参考码字外，基站的前向信道也必需发送一个。采用并行通信可以减少参考码字，20 个用户可以共用一个参考码字。对于一个 10Mbit/s 带宽全双工系统，有 100 个速率为 50kbit/s 的用户，调制方式是 QPSK，其开销比特将占整个数据的 30%~50%。而时分半双工系统可以减少开销比特，只有 10%~15%。

当信道变化太快，跳频速度跟不上时，用随机跳频代替自适应跳频。由于这种转换非常快，所以衰落时间很短暂，采用时间交错和前向纠错能够补偿这种衰落。时间交错要求尽可能短，否则会增加时延。

2.2.3 多天线

OFDM 由于码率低和加入了时间保护间隔而具有极强的抗多径干扰能力。由于多径时延小于保护间隔，所以系统不受码间干扰的困扰，这就允许单频网络（SFN）可以用于宽带 OFDM 系统，依靠多天线来实现，即采用由大量低功率发射机组成的发射机阵列消除阴影效应，来实现完全覆盖。多天线系统非常适用于无线局域网。一般的局域网由于阴影效应，信号无法完全覆盖，需要使用中继器。对于传统系统来说，中继器可能会带来多径干扰，但 OFDM 不存在这个问题，它的中继器可以加在任何需要的地方，不仅可以完全覆盖网络，并且可以消除多径干扰。

2. 2. 4 OFDM 系统的实现^{[8][12]}

由上面的原理分析可知，若要实现 OFDM，需要利用一组正交的信号作为子载波。我们再以码元周期为 T 的不归零方波作为基带码型，经调制器调制后送入信道传输。OFDM 调制器如图 2-3 所示。要发送的串行二进制数据经过数据编码器形成了 M 个复数序列，此复数序列经过串并变换器变换后得到码元周期为 T 的 M 路并行码，码型选用不归零方波。用这 M 路并行码调制 M 个子载波来实现频分复用。

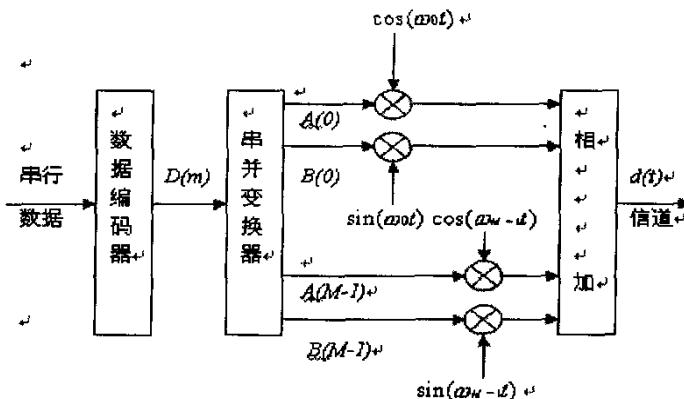


图 2-3 OFDM 调制器

在接收端也是由这样一组正交信号在一个码元周期内分别与发送信号进行相关运算实现解调，恢复出原始信号。OFDM 解调器如图 2-4 所示。

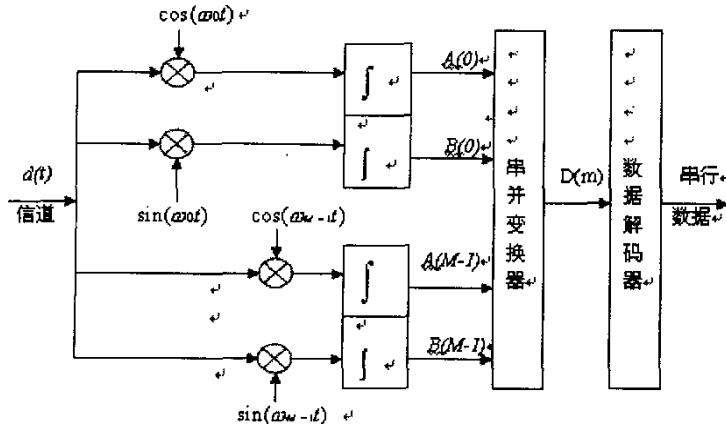


图 2-4 OFDM 解调器

系统主要分为发送、信道和接收 3 大部分。

2.2.4.1 OFDM 发送部分

输入数据经过编码后以较高速率传输，设每个码元周期为 T ，经过串并转换后变成较低速率的 N 路并行信号。再经 N 点 IDFT 调制成正交载频的基带信号，基带信号通过加载 波调制到射频部分，发射部分将射频信号发射到通信信道中。由于不同载频间的信号不相关，因此码元周期可以延拓来减小同一载频间的码间串扰。码元周期延拓后的理论长度最大可达到 NT 。输入的 N 个数据符号 $\{a_n, n=0, 1, 2, \dots, N-1\}$ 表示频域数据符号，经过 IDFT 变换后得到时域数据符号 $\{A_k, k=0, 1, \dots, N-1\}$ ，即：

$$A_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^N a_n W_N^{nk} \quad (2.1)$$

其中： $W_N = \exp(-j2\pi/N)$ ，而加入保护间隔会带来功率和信息速率的损失，其中功率损失可以定义为： $v_{guard} = 10 \lg \frac{T_g}{T} + 1$ dB，即当保护间隔占到 20% 时，功率损失不到 1 dB。但是带来的信息速率损失达 20%。同时为了保持子载波间的正交性，该保护间隔必须是循环前缀，此时 OFDM 的符号周期为：

$$T_s = T_g + T \quad (2.2)$$

保护间隔的离散长度，即样点个数：

$$L_s > \left[\frac{\tau_{max} N}{T} \right] \quad (2.3)$$

根据式 (1) 和式 (2)，包含保护间隔、功率归一化的 OFDM 的抽样序列 $\{x_v\}$ 为：

$$x_v = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} A_n e^{-j2\pi n/N} \quad (v = -L_s, \dots, N-1) \quad (2.4)$$

2.2.4.2 OFDM 信道部分

传输通道中可表示为一个多径模型。且信道中由多径反射产生的时延可以认为是一个常数。从衰减特性上看，信道中信号衰减随频率增长有增加的趋势，并且频率越高传输线效应越明显，发生谐振的可能性越大，导致在某些频率下衰减会迅速增加。因此多径信号传播模型可表示为式(5)：

$$H(f) = \sum_{j=1}^J g_j e^{-a_j d_j} e^{-j2\pi f \tau_j} \quad (2.5)$$

式中， j 为路径号，也可表示信号经过不同路径到来的先后次序， 1 为最短路径。第一项 g_j 为路径 j 的权系数(由路径中的反射和透射系数确定)；第二项为衰减部分，其中 a_j 为电力线的衰减参数， d_j 为路径 j 的长度；第三项为时延部分， τ_j 表示路径 j 的时延。

2.2.4.3 OFDM 接收部分

经过信道 $h(\tau, t)$ 和高斯噪声作用后的接收信号为：

$$y(t) = \int_0^{t_{\max}} x(t-\tau) h(t, \tau) d\tau + n(t) \quad (2.6)$$

接收信号 $y(t)$ 经过 A/D 变换后得接收序列 $\{y_v\}$ ， $v=-L_g, \dots, N-1$ 。ISI 只会对接收序列前 L_g 个样点形成干扰，因此将前 L_g 个样点去掉，就可完全消除 ISI 的影响。对于去掉保护间隔的序列 $\{y_v\}$ ， $v=0, \dots, N-1$ ，进行 DFT 变换，得 DFT 输出的多载波解调序列 $\{R_n\}$ ， $n=0, \dots, N-1$ ，及 N 个复数点：

$$R_n = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{v=0}^{N-1} y_v e^{-j2\pi nv/N} \quad (n = 0, \dots, N-1) \quad (2.7)$$

2.2.4.4 OFDM 性能分析

接收端经过 DFT 后的输出信号 $R_i(s)$ 可以表示成 4 部分：通过衰落信道的信号、子信道间串扰、码间串扰和加性高斯噪声。如下所示：

$$R_i(s) = a_i(s) H_i(s) + C_i(s) + S_i(s) + N_i(s) \quad (2.8)$$

其中： $H_i(s), C_i(s), S_i(s), N_i(s)$ 分别为信道衰落，子信道间串扰，码间串扰和加性白噪声。信道的平均信噪比是：

$$\overline{g_s} = \frac{E_s S_H^2}{2(S_{\sigma_1^2}^2 + S_{\sigma_2^2}^2 + NN_0/(N+L)E_s)} \quad (2.9)$$

式中 $N, M, L, fD, Ts, \sigma_m^2, N_0$ 和 E_s 。 N 是子信道的个数，也就是正交载波的个数。 M 是信道冲击响应的长度； L 是保护周期的离散长度； fD 是最大多普勒频移； Ts 是码元周期； σ_m^2 是第 m 个子信道衰落因子的能量； N_0 是信道加性高斯噪声的能量； E_s 是接收码。

对于码间串扰的解决是 OFDM 系统最大的优势之一。对应与 N 个子信道的 OFDM 系统，相当于将每个码元展宽为原来的 N 倍。如果多径时延与码元周期之比 $\tau / t = 1$ ，则当采用 OFDM 系统时，该比例变为 $\tau / NT = 1/N$ ，因此多径时延的影响对比单频调制就小得多。以 $\tau < T/2$ 为判决规则，单频调制时最大可允许时延为 $\tau = T/2$ 。OFDM 系统不加保护间隔时最大可允许时延为 $\tau = NT/2$ ，如果采用添加保护间隔的办法最大可允许时延为 $\tau = NT/2$ 。前一种情况抗多径时延能力是单频调制的 N 倍，后一种情况抗多径时延能力约是单频调制的 $2N$ 倍。以上分析可以看出，OFDM 系统在抗多径时延方面有单频调制无法比拟的能力。式(9)给出的是最复杂情况下的理论结果，即保护间隔长度小于多径时延时间、信道包含多径衰落和加性高斯白噪声。而当 $L > M$ 时，接收到的信号就只包含 3 部分：通过衰落信道的信号、子信道间串扰和加性高斯噪声。此时式(9)的结果也变得相对简洁，如式(10)：

$$\overline{g_s} = \frac{S_H^2}{2(S_{\sigma_1^2}^2 + NN_0/(N+L)E_s)} \quad (2.10)$$

信道中的另一个重要的因素是加性高斯白噪声。当 N_0 为 0 时，在理想情况下 $E_s/N_0 = \infty$ ，接收信号中就不存在加性高斯噪声分量，因此平均信噪比式(9)中就不存在高斯噪声分量，可以写为式(11)：

$$\overline{g_s} = S_H^2 / 2(S_{\sigma_1^2}^2 + S_{\sigma_2^2}^2) \quad (2.11)$$

从以上分析可知，影响误符号率的 gb 是由多种因素共同组成的，各因素之间相互制约。其中 σ_{2c1} 和 σ_{2s1} 是一对矛盾，一般地减小其中之一会增大另外一项。

新一代 WLAN 技术标准均采用了 OFDM 技术。较传统的 WLAN 技术，OFDM 具有更高的频谱利用率，以及良好的抗多径干扰能力。它不仅增加了系统容量，更重要的是它能更好地满足多媒体通信要求。尽管还是频分复用，但 OFDM 不再通过很多带通滤波器来实现，而是直接在基带处理，这也是 OFDM 有别于其它系

统的优点之一。OFDM 的接收机实际上是一组解调器，它将不同载波搬移至零频，然后在一个码元周期内积分。其它载波由于与所积分的信号正交，因此不会对这个积分结果产生影响。OFDM 的高数据速率与子载波的数量有关，增加子载波数目，能够提高数据的传送速率。OFDM 每个频带的调制方法可以不同，这增加了系统的灵活性。OFDM 适用于多用户的高灵活度、高利用率的通信系统。

同其它的通信方法一样，OFDM 的应用也有缺陷。首先，多载波的使用使得这种通信技术，相对于单一载波系统来说，对载频的偏移和抽样时钟的失配变得更加敏感。其次，OFDM 在相对较高的 5GHz 频带，在 FCC 功率限制下使用时，其覆盖范围会受到限制。

2.3 数据安全问题^{[9][14]}

安全性问题是 WLAN 应用过程中所要面对的最重要的一个问题。由于无线局域网通过射频方式以空气为媒介、通过电波进行传输数据，因此对数据的加密比有线网络更为重要。尽管 IEEE 802.11b 在第二层运用了标准型 40 位或 128 位有线对等式保密（Wired Equivalent Privacy——WEP）的机制，其目标是为无线局域网中的数据传输提供与有线网络相同级别的安全保护措施，还支持第三层及应用层的加密如 IPsec 安全协议等，但 IEEE 802.11b 的 WEP 运算法存在安全漏洞，难以抵制非法的入侵。

为此，业界许多大公司包括微软、Cisco 等已经开始着手解决无线安全检测和控制方面的问题，进行了动态无线密钥技术和集中用户管理等产品的开发；同时，无线以太网兼容性联盟 WECA 还成立了一个通信保密委员会，以进一步加强无线局域网的使用安全性。

2002 年 11 月 14 日中国成立了“无线局域网安全研究小组”。[10]2003 年 5 月 12 日发布了中国境内唯一合法的无线网络技术标准 WAPI，并宣布为强制性标准，但引起了业界哗然。此次标准之争暂时以“WAPI 无限期推迟执行”结束。目前，IEEE802 工作组针对 WLAN 安全问题推出了 802.11i 协议，并在 2004 年 6 月 25 日通过 IEEE 标准委员会批准。

第三章 无线局域网的市场分析

目前，主要无线数据接入技术有 GPRS、CDMA 1X、3G、蓝牙、WLAN 等。他们在市场定位上既细分市场、又相互竞争，下面通过几种技术的比较阐述各自的市场定位。GPRS 和 CDMA1X 工作频段在 800MHZ~1900MHZ，受无线电频率管制和运营牌照限制。都属于移动通信 2.5 代技术，他们都能提供大范围的覆盖，移动性能好，但是传输速率较低，GSM 系统上的 GPRS 速率一般低于 50Kbps，CDMA1X 一般低于 100Kbps，而且占用移动通信系统资源较多，属于过渡技术；3G 工作频段在 2000 MHZ，属于第三代移动通信技术，受无线电频率管制和运营牌照限制。办公室内可以达到 2Mbps，低速状态可以实现 384Kbps。是移动通信的发展方向，但目前的运营成本高，技术和标准还有待完善和规范；蓝牙工作在 2.4GHZ 的无许可证频段，传输速率 1~2Mbps。适合在短距离替代电缆进行通信[11]。

通过上述比较蓝牙技术适合个人范围，WLAN 适合本地范围，2G 和 3G 适合广域范围。随着 WLAN 技术的成熟，将会对 3G 和蓝牙技术冲击。

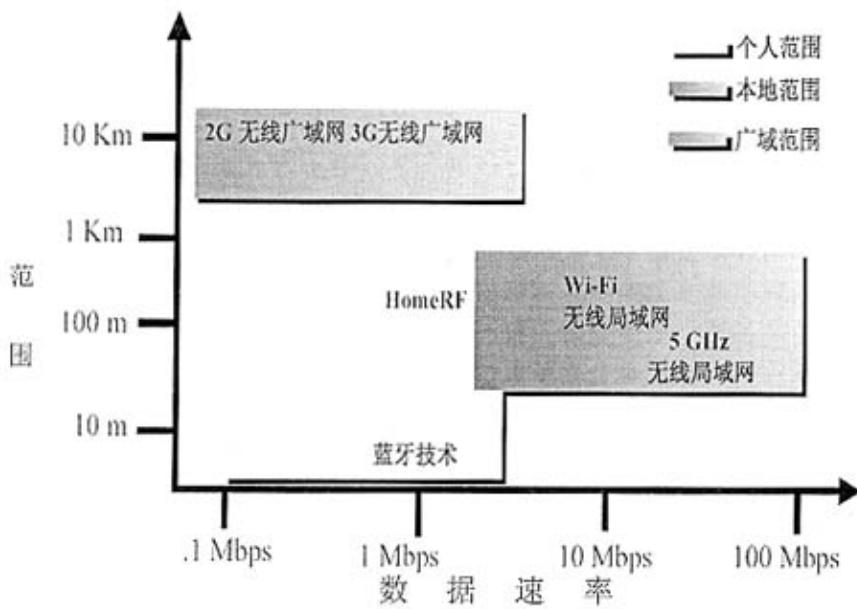


图 3-1 无线技术及其市场定位

3.1 市场前景

根据信息产业部相关数据，截止到 2005 年 12 月底，中国 WLAN 用户总数达到 3.4 万户以上。中国电信和中国网通是市场中的主要推广力量，同时，更多的应用集中于行业用户，包括机场、会展中心、宾馆、学校、政府机关等多个行业都有 WLAN 的应用。无线局域网作为传统布线网络的一种替代方案或延伸，将用户从有线环境中解放出来，可实现随时随地地获取信息，使用灵活、易于扩展，应用于需要在移动中连网和在网间漫游的场合。随着开放办公的流行和手持通信设备的普及以及无线上网习惯的逐步培养，人们对移动性访问和存储信息的需求愈来愈多，因而无线局域网将会在办公、生产、教育、家庭等领域不断获得更广泛的应用。今后一两年内，随着越来越多的企业用户使用无线局域网，同时无线网卡逐渐成为笔记本电脑的标准配置，无线局域网的使用人数会迅速上升。另一方面，互联网用户规模的不断扩大，将拉动 WLAN 市场的增长。近几年来，我国互联网用户呈现高速增长的态势。据统计，去年底我国互联网用户已达 1.1 亿户，用户构成正逐渐从原来的高学历、高收入阶层向其他群体扩展。随着互联网用户规模的扩大，高端消费群体对多媒体业务的需求以及对移动性的需求正在不断提高，这有助于 WLAN 用户的增长。同时，WLAN 设备技术的日益成熟、网络安全性的不断提高和终端设备的日益普及，将为 WLAN 的市场增长创造条件。尽管目前用户数量较少，但是随着运营商的宣传与推动及无线网卡价格的进一步下调，无线局域网用户数会迅速上升，同时应该注意到 WLAN 在中国的普及应用是从 2003 年下半年才开始，因此 WLAN 具有稳步增长的客户群。

3.2 目标客户

(1) 商旅人士。这类用户在飞机场、会展中心、四星以上酒店花费很多的时间，而且往往需要在这些地方充分利用时间上网或进入其公司的网络。而且这些用户往往是公费用户，其公司可能为每人均配有手提电脑和无线网卡，一个部门可能有一个帐号，这类用户的使用需求量是很大的。所以应允许一个帐号同时多人使用。对于此类高端用户，应该大力争取，是目前最重要的客户群。

(2) 技术爱好者。这类用户不是 WLAN 业务收入的主要来源，这个群体热衷于新技术的尝试。也是重要的客户群。却应该作为 WLAN 推广的主要对象。

(3) 家庭和中小企业用户。随着企业市场的发展，WLAN 业务将会在中小企业的办公室和家庭中得到突破性的应用。这将会培养人们的使用习惯，使公众无线接入网络具有数量巨大的潜在用户。另外 WLAN 消费市场的普及率将与具

有无线功能的手持移动终端的销量密切相关。这类用户主要是培养他们使用 WLAN 的习惯。

第四章 安徽电信 WLAN 建设规划

4.1 安徽省情情况和各大电信运营商现状

安徽省是一个农业大省，全省共有 6400 多万人口，其中农业人口占三分之二，经济欠发达。安徽省正在制定第十一个五年（2006—2010 年）发展规划，按照奋力崛起的要求，大力实施东向发展战略，加速融入长江三角洲，推动安徽快速增长，规划“十一五”期间经济年均增长 10%。

目前安徽电信市场主要有安徽电信、安徽移动、安徽联通、安徽网通、安徽铁通、安徽卫通六家电信基础运营商。其中安徽移动、安徽联通主要以无线业务（移动全球通、动感地带、神州行；联通世界风、UP 新势力、如意通等），截止到 2005 年底，安徽移动、安徽联通分别有手机用户 800 万户和 321 万户。安徽网通、安徽铁通主要从事与安徽电信（除小灵通）一样以固定电话为主的电信基础业务，由于进入安徽电信市场比较晚，目前用户规模还不是很大，截止到 2005 年底两家固定电话用户分别是 6 万户和 35 万户。安徽卫通公司主要从事 IP 电话卡业务，没有固定的用户群。安徽电信固定电话（有线）在安徽通信行业中占有绝对主导地位，到 2005 年底全省固定电话用户已达到 1300 万户（其中小灵通为 195 万户），但在无线领域中还尚未达到主导地位。WLAN 具有不需布线，流动性强的优势，使其可以作为固定运营商所提供的固定宽带接入的延伸和补充，并为已有的广大客户提供无线数据增值服务。随着 WLAN 在企业应用的迅速发展，人们对流动网络的需求是发展的必然趋势。WLAN 在一定程度上提高了有线网络的竞争力，保证了在竞争中的发展潜力。同时建设 WLAN 项目有助于安徽电信树立市场优势、扩展市场空间，提高固网资源利用率及经济效益。因此做好安徽电信无线宽带（WLAN）网络规划建设对 WLAN 业务发展有非常重要的作用，规划好建设思路不但能为企业节省大量的人力、财力和精力，而且能保证此项业务能稳定可持续的健康发展。

4.2 安徽电信 WLAN 建设项目必要性

(1) 竞争的需要

相对于与移动运营商的竞争而言，WLAN 在一定程度上提供了一种解决方案，使网络的灵活性与高速度相结合，提高了有线网络的竞争力，保证了在将来竞争中的发展潜力。相对于与固定运营商的竞争而言，该项目的建设是稳定现有客户、抢占市场的焦点。随着 WLAN 在企业应用的迅速发展，WLAN 高端用户群不断壮大，人们对流动网络的需求是发展的必然趋势。

(2) 战略性、前瞻性、树立优势

建设 WLAN 项目有助于树立市场优势、扩展市场空间，提高固网资源利用率及经济效益。随着越来越多用户在上班时间或者离开自己办公桌的时候使用手机，固定网络运营商的业务量正在向移动网络流失。WLAN 具有不需布线，流动性强的优势，使其可以作为固定运营商所提供的固定宽带接入的延伸和补充，为已有的广大客户提供增值服务，发挥稳定客户群、增强业务竞争能力、开辟新业务增长点的积极作用。

(3) 积极探索业务、建设和赢利模式

由于 3G 的迟迟推出，以及 WLAN 技术的成熟和价格的下降，越来越多的电信运营商感受到了 WLAN 所带来的新的盈利点。全球几乎所有的电信运营商都在做自己的实验网或已经实际运营，中国电信、中国网通、中国移动、中国联通等电信运营商都已在全国部分城市试点或规模建设 WLAN 网络，如中国电信的“天翼通”、中国网通的“无线伴旅”、中国移动“随 e 行”、中国联通的“CDMA1X+WLAN”等。建设 WLAN 项目有助于探索新的业务增长点，拓展业务范围和赢利模式。无线技术的发展将不断改变人们使用网络的习惯，开展该项目有利于及时跟踪客户需求，为业务开展提供灵活多样的选择。

(4) WLAN 应用价值

可移动性:由于没有线缆的限制，用户可以在不同的地方移动工作，网络用户不管在任何地方都可以实时地访问信息。

布线容易:由于不需要布线，消除了穿墙或过天花板布线的繁琐工作，因此安装容易，建网时间可大大缩短。

组网灵活:无线局域网可以组成多种拓扑结构，可以十分容易地从少数用户的点对点模式扩展到上千用户的基础架构网络。

成本优势:这种优势体现在用户网络需要租用大量的电信专线进行通信的时候，自行组建的 WLAN 会为用户节约大量的租用费用。在需要频繁移动和变化的动态环境中，无线局域网的投资更有回报。另外，无线网络通信范围不受环境条件的限制，室外可以传输几十公里、室内可以传输数十、几百米。在网络数据传输方面也有与有线网络等效的安全加密措施。

4.3 安徽电信 WLAN 建设方案

4.3.1 认证技术

认证技术是 AAA（认证，授权，计费）的初始步骤，AAA 一般包括用户终端、AAAClient、AAA Server 和计费软件四个环节。用户终端与 AAA Client 之间的通信方式通常称为“认证方式”。目前的主要技术有以下三种：PPPoE、Web+Portal、IEEE802.1x。三种方式有其产生的背景原因和技术特点，以下对这三种主要认证技术作一个简要的分析：

（1）PPPOE

1998 年后期间世的以太网上点对点协议（PPP over Ethernet）技术是由 Redback 网络公司、客户端软件开发商 RouterWare 公司以及 Worldcom 子公司 UUNET Technologies 公司在 IETF RFC 制的基础上联合开发的。主要目的是把最经济的局域网技术、以太网和点对点协议的可扩展性及管理控制功能结合在一起。它使服务提供商在通过数字用户线、电缆调制解调器或无线连接等方式，提供支持多用户的宽带接入服务时更加简便易行。通过 PPPoE（Point-to-Point Protocol over Ethernet）协议，服务提供商可以在以太网上实现 PPP 协议的主要功能，包括采用各种灵活的方式管理用户。PPPoE 协议允许通过一个连接客户的简单以太网桥启动一个 PPP 对话。PPPoE 的建立需要两个阶段，分别是搜寻阶段（Discovery stage）和点对点对话阶段（PPP Session stage）。当一台主机希望启动一个 PPPoE 对话，它首先必须完成搜寻阶段以确定对端的以太网 MAC 地址，并建立一个 PPPoE 的对话号（SESSION_ID）在 PPP 协议定义了一个端对端的关系时，搜寻阶段是一个客户-服务器的关系。在搜寻阶段的进程中，主机（客户端）搜寻并发现一个网络设备（服务器端）。在网络拓扑中，主机能与之通信的可能有不只一个网络设备。在搜寻阶段，主机可以发现所有的网络设备但只能选择一个。当搜索阶段顺利完成，主机和网络设备将拥有能够建立 PPPoE 的所有信息。搜索阶段将在点对点对话建立之前一直存在。一旦点对点对话建立，主机和网络设备都必须为点对点对话阶段虚拟接口提供资源。优点是传统 PSTN 窄带拨号接入技术在以太网接入技术的延伸；和原有窄带网络用户接入认证体系一致；最终用户相对比较容易接收。缺点是 PPP 协议和 Ethernet 技术本质上存在差异，PPP 协议需要被再次封装到以太帧中，所以封装效率很低；PPPoE 在发现阶段会产生大量的广播流量，对网络性能产生很大的影响；组播业务开展困难，而视频业务大部分是基于组播的需要运营商提供客户终端

软件，维护工作量过大 PPPoE 认证一般需要外置 BAS，认证完成后，业务数据流也必须经过 BAS 设备，容易造成单点瓶颈和故障，而且该设备通常非常昂贵。

(2) Web+ Portal

Portal 认证的基本过程是：客户机首先通过 DHCP 协议获取到 IP 地址（也可以使用静态 IP 地址），但是客户使用获取到的 IP 地址并不能登上 Internet，在认证通过前只能访问特定的 IP 地址，这个地址通常是 PORTAL 服务器的 IP 地址。采用 Portal 认证的接入设备必须具备这个能力。一般通过修改接入设备的访问控制表（ACL）可以做到。用户登录到 Portal Server 后，可以浏览上面的内容，比如广告、新闻等免费信息，同时用户还可以在网页上输入用户名和密码，它们会被 WEB 客户端应用程序传给 Portal Server，再由 Portal Server 与 NAS 之间交互来实现用户的认证。Portal Server 在获得用户的用户名和密码外，还会得到用户的 IP 地址，以它为索引来标识用户。然后 Portal Server 与 NAS 之间用 Portal 协议直接通信，而 NAS 又与 RADIUS 服务器直接通信完成用户的认证和上线过程。因为安全问题，通常支持安全性较强的 CHAP 式认证。优点是不需要特殊的客户端软件，降低网络维护工作量；可以提供 Portal 等业务认证。缺点是 WEB 承载在 7 层协议上，对于设备的要求较高，建网成本高；用户连接性差，不容易检测用户离线，基于时间的计费较难实现；易用性不够好，用户在访问网络前，不管是 TELNET、FTP 还是其它业务，必须使用浏览器进行 WEB 认证；IP 地址的分配在用户认证前，如果用户不是上网用户，则会造成地址的浪费，而且不便于多 ISP 的支持；认证前后业务流和数据流无法区分。

(3) 802.1x

优点是 802.1x 协议为二层协议，不需要到达三层，而且接入层交换机无需支持 802.1q 的 VLAN，对设备的整体性能要求不高，可以有效降低建网成本。通过组播实现，解决其他认证协议广播问题，对组播业务的支持性好。业务报文直接承载在正常的二层报文上；用户通过认证后，业务流和认证流实现分离，对后续的数据包处理没有特殊要求。缺点是需要特定客户端软件；网络现有楼道交换机的问题：由于 802.1x 是比较新的二层协议，要求楼道交换机支持认证报文透传或完成认证过程，因此在全面采用该协议的过程中，存在对已经在网上的用户交换机的升级处理问题；IP 地址分配和网络安全问题：802.1x 协议是一个 2 层协议，只负责完成对用户端口的认证控制，对于完成端口认证后，用户进入三层 IP 网络后，需要继续解决用户 IP 地址分配、三层网络安全等问题，因此，单靠以太网交换机 + 802.1x，无法全面解决城域网以太接入的可运营、可管理以及接入安全性等方面的问题：

802.1x 协议可以根据用户完成认证和离线间的时间进行时长计费，不能对流量进行统计，因此无法开展基于流量的计费或满足用户永远在线的要求。

表 4-1 三种认证技术比较

认证方式	WEB/PORTAL	PPPOE	802.1x
标准程度	厂家私有	RFC2516	IEEE 标准
封装开销	小	较大	小
接入控制方式	设备端口	用户	用户
IP 地址	认证前分配	认证后分配	认证后分配
多播支持	好	差	好
VLAN 数目要求	多	无	无
支持多 ISP	较差	好	好
客户端软件	不需要	需要	需要
设备支持	厂家私有	业界设备	业界设备
用户连接性	差	好	好
对设备的要求	高（全程 VLAN）	较高（BAS）	低

根据以上三种认证方式比较，从建设可运营、可管理以、接入安全性、灵活的计费方式方面考虑以及目前宽带认证技术，对 WLAN 安徽电信仍然使用 PPPOE 和 WEB+PORTAL 两种认证技术。

4.3.2 组网方案

WLAN 组网方案可以分为两种。

方案一：集中式组网，集中式结构是将无线局域网接入的流量通过中继网络汇聚到相对集中的一个或多个无线接入业务网关。采用集中式结构时，所有用户数据流量必须经过数量较少的、网络位置较高的无线接入业务网关，容易形成瓶颈，对设备性能要求高。但这种方式需要的无线接入网关数量较少，用户规模不是很大时，与分布式方案相比有一定的经济性。

方案二：分布式组网，分布式结构是采用二层以太网交换机汇聚多个无线接入设备的流量，联接到设置在每个服务区（用户驻地）的无线接入业务网关。无线接入业务网关上行可直接接入 IP 城域网的汇聚层，组网方式相对独立，具有更多的灵活性，可以较快地开通业务。采用分布式结构多个服务区需要多个无线接入业务网关，成本较高。适用于具有较大规模用户的公共场合，并可提供区域性服务。

下面以集中式组网方式划分为如下情形。

采用 PPPoE 认证方式

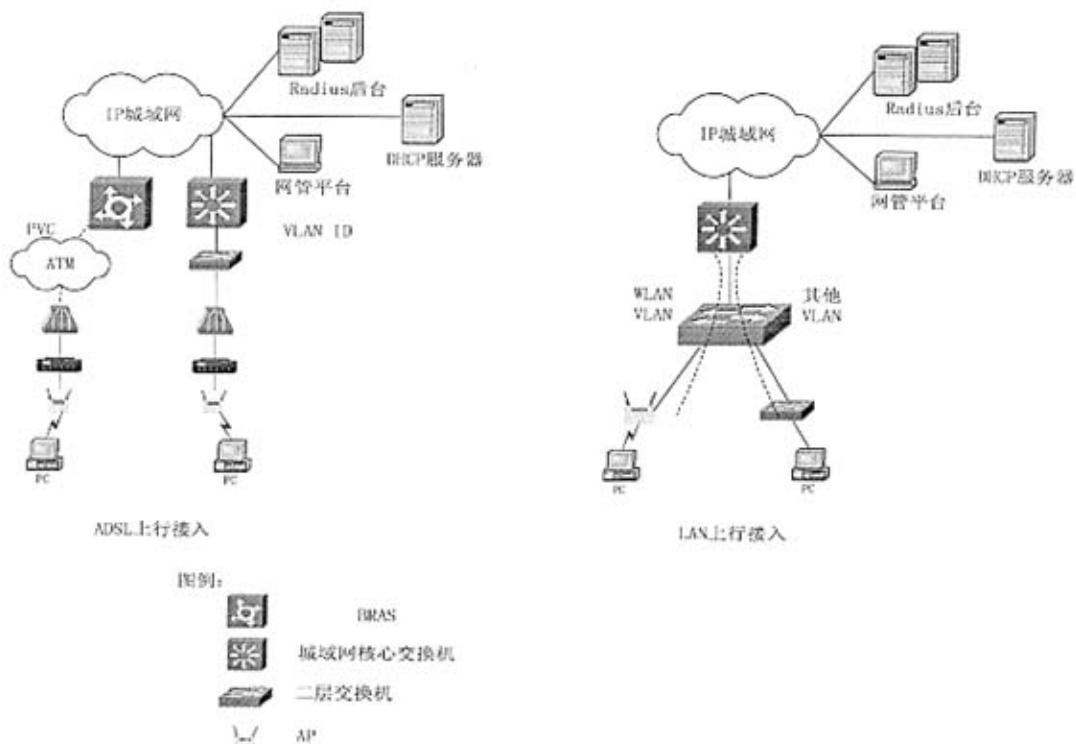


图 4-1 PPPoE 认证方式网络结构

由于目前全省的城域网已经具备一定的规模，且现有的 ADSL 和 LAN 接入多数采用 PPPoE 接入方式，所以若采用这种方式，基本上不需要新增设备，只需要对原有的后台系统增加相关的软件模块。这种方式将大大节省投资。

(1) 当采用 ATM 上行和 LAN 上行的 ADSL 接入方式时，AP 通过 ATM PVC(BRIDGED RFC1483) 终结到现有的宽带接入服务器 (BRAS)，由其对无线接入用户进行接入控制和 IP 地址的分配等；用户身份的验证将依靠统一的 RADIUS 后台进行，BRAS 将充当 RADIUS Client 的角色。

(2) 当采用 LAN 上行的接入方式时，AP 通过交换式以太网的 VLAN 终结到现有的宽带接入服务器 (BRAS)，由其对无线接入用户进行接入控制和 IP 地址的分配等；用户身份的验证将依靠统一的 RADIUS 后台进行，BRAS 将充当 RADIUS Client 的角色。

当验证结束后，用户流量将在二层终结到 BRAS，BRAS 将作为用户的 IP 网关，通过城域网进入 INTERNET 或者通过 Tunnel1 进入企业内部网。

采用 DHCP+WEB 认证方式

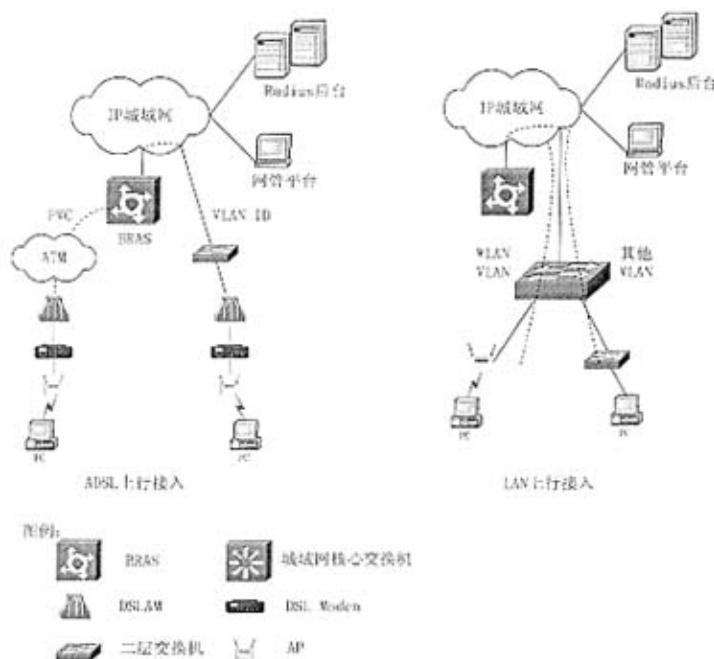


图 4-2 DHCP+WEB 认证方式网络结构

当采用 ATM 上行的 ADSL 接入方式时，又可分为两种情况。

第一种方式为：

AP 通过 ATM PVC(BRIDGED RFC1483) 终结到现有的宽带接入服务器(BRAS)，BRAS 将作为 DHCP SERVER，由其对无线接入用户进行接入控制和 IP 地址的分配等；用户身份的验证将依靠统一的 RADIUS 后台进行，BRAS 也将充当 RADIUS Client 的角色。该方式基本上不需要新增设备，只需要对原有的后台系统增加相关的模块。但若要实现 PORTAL 功能和业务选择功能，则需要 BRAS 厂家专有的软件系统，而且这部份内容不能加入到现有的后台系统。

第二种方式为：

当采用 ATM 上行时，AP 通过 ATM PVC(BRIDGED RFC1483) 终结到现有的宽带接入服务器(BRAS)，BRAS 将启动 DHCP RELAY 功能，由其与省中心新增的 DHCP SERVER 共同配合进行对无线接入用户进行接入控制和 IP 地址的分配等；用户身份的验证将依靠统一的 RADIUS 后台进行，DHCP SERVER 将充当 RADIUS Client 的角色。该方式需要新增设备，同时也需要对原有的后台系统增加相关的模块。

以实现 PORTAL 功能和业务选择功能，不需要 BRAS 厂家专有的软件系统。但后台系统必须能够动态地修改 BRAS 的 ACL(建议基于 Common Open Policy Service 协议，RFC2748 或者用 Telnet 方式)，从而控制用户的流量。当验证结束后，用户流量将在二层终结到 BRAS，BRAS 将作为用户的 IP 网关，通过城域网进入 INTERNET 或者通过 Tunnel 进入企业内部网。

将第一种方式和第二种方式比较后发现，两种方式在投资规模方面相差不大，第一种方式不用新增 DHCP SERVER，但需要购买厂家专有的后台系统，且不能与现有的后台相兼容；第二种方式需要新增 DHCP SERVER，但在后台方面只需要在现有的系统中增加相应的软件模块，所以，第二种方式有更好的可扩展性。

当采用 LAN 上行时，AP 通过 ATM PVC(BRIDGED RFC1483) 终结到现有的三层交换机，三层交换机将启动 DHCP RELAY 功能，由其与省中心新增的 DHCP SERVER 共同配合进行对无线接入用户进行接入控制和 IP 地址的分配等；用户身份的验证将依靠统一的 RADIUS 后台进行，DHCP SERVER 将充当 RADIUS Client 的角色。该方式需要新增设备，同时也需要对原有的后台系统增加相关的模块即可以实现 PORTAL 功能和业务选择功能，不需要三层交换机厂家专有的软件系统。当验证结束后，用户流量将在二层终结到三层交换机，三层交换机将作为用户的 IP 网关，通过城域网进入 INTERNET 或者访问企业网的网关从而进入企业内部网。

为了使用统一的认证计费系统，宽带接入服务器和三层交换机需要为无线接入用户提供可以识别的标识（比如接入 VLAN 的 IP 地址或 ATM PVC 等），以满足计费后台按不同接入手段进行计费时的需要。

经过比较，在具备 LAN 接入条件的地方，应优先采用 LAN 接入的方式，在不具备 LAN 接入条件的地方，可考虑暂时采用 ADSL 接入方式。

4.4 认证计费系统

4.4.1 用户认证方式的选择

可选的用户认证方式主要有 PPPoE、DHCP+WEB 和 IEEE802.1x，3 种方式。802.1x 技术的成熟性不够，应用的风险较大；而且用户漫游要求认证方式尽量统一，减少用户使用 WLAN 技术的复杂度，因此要使用 802.1x，必然要对中国电信原有的 AAA 系统做大量的修改，开销巨大。

相比之下，PPPoE 和 DHCP+WEB 是两种比较合适的方案。

PPPoE 在中国电信的城域网上得到广泛的应用—许多省市的 ADSL 都是使用 PPPoE 方式，WLAN 使用 PPPoE 认证方式对原有的 AAA 系统的冲击最小，但 PPPoE 有的缺点是需要客户端软件或者是 Windows XP。

DHCP+WEB 方式在中国电信的网络上得到一定的应用，但不如 PPPoE 广泛。

WEB 认证方式实现起来较复杂，而且用户在开机时必须触发 DHCP 请求，这样用户一开机就需占用 IP 地址，另外，由于用户开机时与 AP 建立的无线链路可能还不稳定，该次 DHCP 过程有较大可能会失败。这样用户必须手工刷新其网卡，否则不能正常认证。但 WEB 方式使用很方便，不需要客户端软件。

综上考虑，为减小投资规模和有利于业务开展，建议：

各市均应具备集中的统一认证后台，应能在公共场所同时提供两种认证方式，以方便于用户的使用习惯，比如有些用户喜欢和习惯于使用 PPPoE，而某些用户对 DHCP 似乎更熟悉和了解。若原有设备无法实现 DHCP+WEB，可以先支持 PPPoE 认证方式；对于家庭用户和企业用户可以只支持 PPPoE 认证方式。

识别 WLAN 用户

由于要支持用户使用原有的宽带接入帐号（ADSL）接入 WLAN，因此对于同一个用户帐号来说，必须识别出用户此时是否是通过 WLAN 接入的。对于是利用 WLAN 接入的用户，那么应该按照 WLAN 的资费标准来计费，否则按照通常的宽带接入资费标准来计费。

建议的组网方式有两种：采用 PPPoE 认证方式和采用 DHCP+WEB 认证方式，确定用户的上网方式的途径分别为：

PPPoE 认证

对于 ADSL 接入

如果是 ATM 上行，宽带接入服务器记录用户上连的 PVC 号并发给 Radius 服务器，Radius 服务器通过特别的 PVC 号识别 WLAN 用户；

如果是 LAN 上行，宽带接入服务器记录用户上连的 Vlan 号并发给 Radius 服务器，Radius 服务器通过特别的 VLAN 号识别 WLAN 用户。

对于 LAN 接入

接入交换机上连到城域网的宽带接入服务器，记录用户上连的 VLAN 号并发给 Radius 服务器，Radius 服务器通过特别的 VLAN 号识别 WLAN 用户；

DHCP+WEB 认证

对于 ADSL 接入

如果是 ATM 上行，后台系统通过不同的 IP 地址段识别 WLAN 用户。为 WLAN 在 DHCP 服务器上为 WLAN 分配特别的地址段。当用户发起 DHCP 请求时，BRAS 会通过 DHCP Relay 将 DHCP 请求发给 DHCP 服务器，DHCP 服务器通过 DHCP Relay 的源 IP 地址，也就是为 WLAN 新开 VR 接口的地址，来识别 WLAN 用户，从而为其分配一个 WLAN 专用的地址。后台计费软件通过识别 IP 地址就可以区分普通 LAN 接入用户还是 WLAN 用户。

如果是 LAN 上行，后台系统通过不同的 IP 地址段识别 WLAN 用户。为 WLAN 在 DHCP 服务器上为 WLAN 分配特别的地址段。当用户发起 DHCP 请求时，交换机会通过 DHCP Relay 将 DHCP 请求发给 DHCP 服务器，DHCP 服务器通过 DHCP Relay

的源 IP 地址，也就是为 WLAN 新开 VLAN 接口的地址，来识别 WLAN 用户，从而为其分配一个 WLAN 专用的地址。后台计费软件通过识别 IP 地址就可以区分普通 LAN 接入用户还是 WLAN 用户。

对于 LAN 上行接入

接入交换机上连到城域网的交换机，通常情况下 VLAN 信息在城域网交换机已经被终结。因此为了让后台计费系统识别出 WLAN 用户，可以采取以下方法：

通过不同的 IP 地址段识别 WLAN 用户。为 WLAN 在 DHCP 服务器上为 WLAN 分配特别的地址段。当用户发起 DHCP 请求时，交换机会通过 DHCP Relay 将 DHCP 请求发给 DHCP 服务器，DHCP 服务器通过 DHCP Relay 的源 IP 地址，也就是为 WLAN 新开 VLAN 接口的地址，来识别 WLAN 用户，从而为其分配一个 WLAN 专用的地址。后台计费软件通过识别 IP 地址就可以区分普通 LAN 接入用户还是 WLAN 用户。

PPPoE 在中国电信、中国网通的城域网上得到广泛的应用，大多数 ADSL 都是使用 PPPoE 方式，WLAN 使用 PPPoE 认证方式对运营商原有的 AAA 系统的冲击最小，但 PPPoE 有的缺点是需要客户端软件或者是 Windows XP。

DHCP+WEB 方式在各运营商的网络上得到一定的应用，但不如 PPPoE 广泛。其中中国移动的 WLAN 可以采用 DHCP+WEB+SIM 卡的认证方式。WEB 认证方式实现起来较复杂，而且用户在开机时必须触发 DHCP 请求，这样用户一开机就需占用 IP 地址，另外，由于用户开机时与 AP 建立的无线链路可能还不稳定，该次 DHCP 过程有较大可能会失败。这样用户必须手工刷新其网卡，否则不能正常认证。但 WEB 方式使用很方便，不需要客户端软件。

4.4.2 计费系统

计费方式有：

包月无上限：基本费（免费时长），其中免费时长不限。

包月有上限：基本费（免费时长）+计费通信时长 X 单价

按时长：计费通信时长 X 单价

计费软件按照以上原则开发或者在原有的计费系统软件上增加相应的模块；为了明确帐户使用 WLAN 的情况，在帐户中加入业务类别这一属性，表明用户所使用的不同接入方式：163/169、ADSL、LAN 等，为统计分析和清单查询提供依据；计费软件能实现对于同一个帐户当使用不同的接入方式时能按照不同的收费标准计费。

以上的计费都不涉及到漫游，如果用户在漫游方式下使用 WLAN，则在按照上述原则收取 WLAN 的使用费的同时还需要收取漫游费。

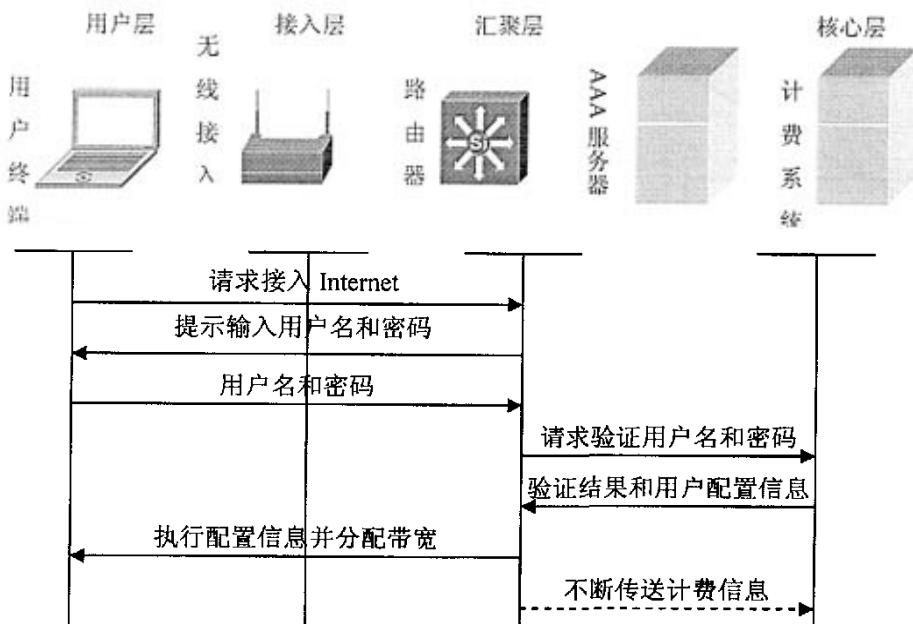


图 4-3 用户接入验证和计费流程

4.5 全省漫游系统^[19]

用户的漫游是指用户在非用户归属的 Radius 服务器管理区域内的业务需求，通常是指用户在非业务申请注册地的异地应用。WLAN 的用户的显著特点是移动性强，要求随时随地能方便接入 WLAN，因此实现全省漫游是必须实现的。

4.5.1 具体方案

利旧原有的 16300 全省漫游平台，修改原有的后台系统使其能识别新的帐户，同时能根据 Radius 包中的 NAS-Port-Type 值判断是窄带还是宽带接入，从而对不同的接入方式提供不同的处理（窄带中的 Called-Station-Id、Calling-Station-Id 等 Radius 属性对于宽带接入来说没有意义）。所有市的 Radius Proxy 都指向省中心的 Radius 服务器，由省中心的 Radius 服务器来实现不同市之间 Radius 包的中继转发工作。此时省中心与各个市中心之间形成中心—辐条结构。漫游用户仍要输入全用户账号访问。全省中心负责分配和管理市认证中心和全省中心之间相互认证的对称密钥，并且采用网外传输方式。如图 5-4 所示：

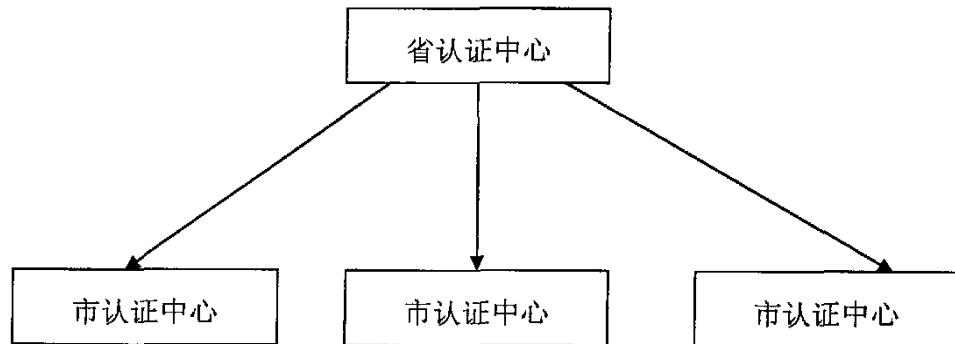


图 4-4 全省认证方式

4.5.2 具体实现方法

(1) 用户帐户的统一规划

为顺利实现 Internet 用户的自由漫游和方便对用户情况进行统计分析以及在发展趋势上符合潮流的考虑，安徽电信需要对全省各市的新增用户帐号进行格式上的统一规范和对原有帐号进行逐步整改。省公司尽快制定帐号命名规则，并下发给市公司进行严格操作，以免不规范的帐号名越来越多。

具体方案如下：

凡是新增的 Internet 用户（无论是普通的接入 Internet 用户还是 VPDN/VPN 用户，也无论是窄带用户还是宽带用户，也无论是 DSL 用户、有线 LAN 用户还是 WLAN 用户）的帐号模式应为如下：

用户帐号将由三大部分组成：帐号名@域名；域名应包括开户类型标识、城市名拼音缩写、省名拼音缩写、中国英文简称四部份。

开户类型标识：比如 16300、ADSL、LAN、WLAN、ISDN 等等，其字段长度应小于等于 5 个字符。其用途主要为用于区分用户和统计的方便。

城市名拼音缩写：应为官方正规城市名称中各汉字拼音的第 1 个字母，并按与原汉字相同的顺序排列。比如蚌埠采用 bb（不分大小写），长度应为 2~3 个字符以内。对不同市的城市名缩写允许相同（重叠），但同一市内的则不允许重复，若重复则采用强制命名的方法，其命名结果由各市公司确定。主要用于 RADIUS 对省内城市间漫游的识别和实现。以下是各市拼音缩写的 1 个方案，可以参考使用。

表 4-2 全省区域城市名规划表

地区名	缩写	地区名	缩写
合肥	hf	滁州	cz
蚌埠	bb	淮北	hb
芜湖	wh	铜陵	tl
淮南	hn	宣城	xc
马鞍山	mas	六安	la
安庆	aq	巢湖	ch
宿州	sz	池州	ci
阜阳	亳州	bz	
黄山	hb	省中心	zx

省名拼音缩写用 ah, 主要用于中国电信内部各省之间漫游。

中国电信英文简称：比如可采用 CTC 等，主要用于未来不同运营商之间的漫游或国家间的漫游。

原有用户帐户的整改计划和方案

目前的帐号现状如下：

163 的 PSTN/ISDN 拨号用户目前的帐号模式为帐号@域名模式，其中域名模式为“mail” + “城市名拼音的缩写” + “省名拼音的缩写” + “cn”当用户在本地拨号上网时，则只需要输入帐号和密码，若要漫游时则需要带上“@域名”，其中域名格式为“mail” + “城市名拼音的缩写” + “省名拼音的缩写” + “cn”（当用户在不同本地网试图只采用帐号时，由于帐号中有城市名拼音的缩写，故可提醒用户输入域名部分。）

目前合肥的 ADSL 虚拟拨号用户采用的帐号模式为“编号”@hf.ah。其他市可能采取另一种模式，这样给宽带接入用户的漫游造成了很大的障碍。

让各类接入手段的帐号互相通用，可方便用户的使用，并使各类业务互相促进发展。由这个角度来看，WLAN 的成功发展不仅是 WLAN 的难得机遇，也是进一步促进整个 INTERNET 业务发展的重要契机。

整改计划和方案如下：

为了不给用户带来更改用户帐号的麻烦，对于现有的 ADSL/LAN 拨号用户，要求用户在@之后加上规范的域名才可使用 WLAN。

漫游计费

计费服务器收到 NAS 的计费请求，发现是异地开户的用户，则向帐户开户地转发计费请求；

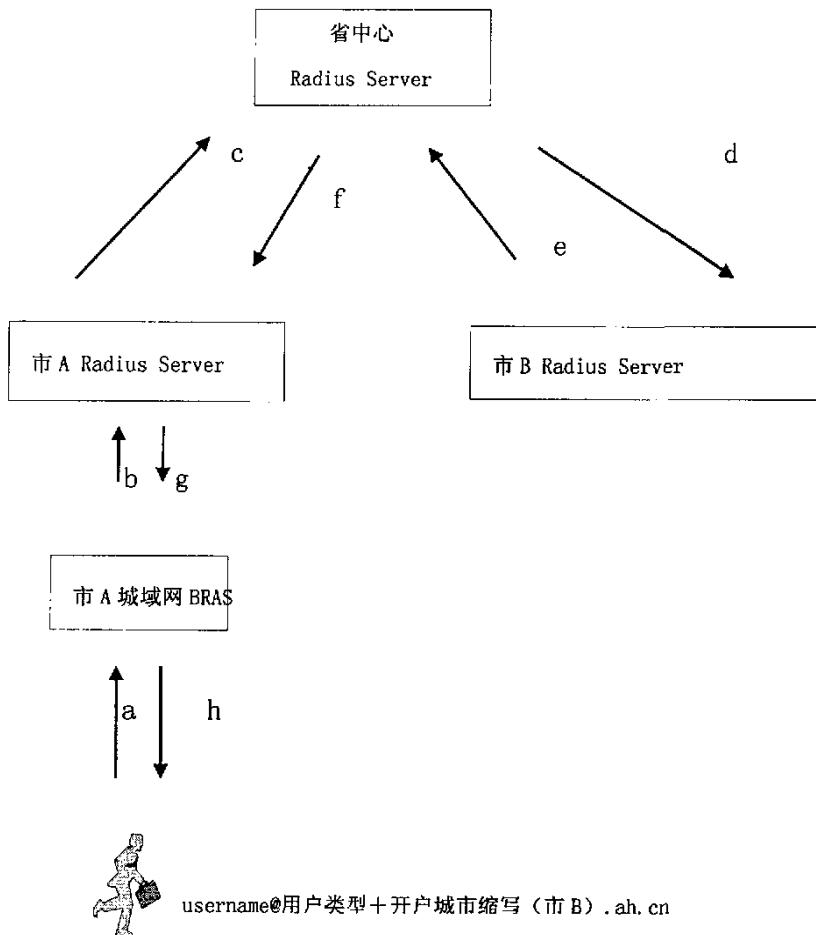


图 4-5 漫游认证流程

开户地计费服务器在成功记录后，发送响应信息；

接入地计费服务器收到响应信息后，记录记费信息。成功记录后向 NAS 发回响应；

统一以接入地原始计费信息为计费依据；

开户地计费服务器根据本地地计费方法，按漫游的资费标准对用户计费。

具体的漫游认证过程如上图所示[15]：

图中各环节说明：

a) B 市用户以漫游方式上网，用户标识为“username@用户类型+开户城市缩写（市 B）.ah.cn”，口令为本地口令；

市 A 城域网接入服务器（BRAS）向本城域网 Radius 服务器发出认证请求；

城域网 Radius 服务器将漫游认证请求转发到省中心 Radius 服务器；

d) 省中心 Radius 服务器将漫游认证请求转发到开户市中心 Radius 服务器；

e) 开户市中心 Radius 服务器对本市用户进行认证，并向省中心 Radius

服务器发送授权信息；

- f) 省中心 Radius 服务器将授权回应给接入市中心 Radius 服务器；
- g) 接入市中心 Radius 服务器将授权回应给接入城域网 BRAS 服务器；
- h) BRAS 与用户接入设备建立连接。

漫游计费

(a) 计费服务器收到 NAS 的计费请求，发现是异地开户的用户，则向省中心转发计费请求；

- (b) 省中心收到计费请求后，存储后转发给开户地计费服务器；
- (c) 开户地计费服务器在成功记录后，发送响应信息给省中心；
- (d) 省中心在存储响应信息后转发给接入地计费服务器；
- (e) 接入地计费服务器收到响应信息后，记录记费信息。成功记录后向 NAS 发回响应；

(f) 统一以接入地原始计费信息为计费依据；

(g) 开户地计费服务器根据本地地计费方法，按漫游的资费标准对用户计费。

(1) 发送 Radius 包的内容

(a) 接入市中心到省中心漫游认证请求包属性内容

表4-3 市中心到省中心漫游认证请求

属性名称	属性值
User-Name	username@域名
User-Password	用接入市中心↔省中心共享密钥重新加密
NAS-Port	上连 PVC 或 Vlan ID
NAS-Port-Type	接入手段
Proxy-State	0
NAS-Identifier	接入市中心 Radius 服务器域名
Proxy-State	0
NAS-Identifier	省中心 RADIUS 服务器域名

(b) 省中心到开户市中心漫游认证请求包属性内容

表4-4 省中心到开户市中心漫游认证请求

属性名称	属性值
User-Name	username@域名
User-Password	用接入市中心↔省中心共享密钥重新加密
NAS-Port	上连 PVC 或 Vlan ID
NAS-Port-Type	接入手段
Proxy-State	0
NAS-Identifier	全省中心 RADIUS 服务器域名
Proxy-State	0
NAS-Identifier	开户市中心 RADIUS 服务器域名

(c) 开户市中心到省中心漫游授权应答包属性内容

表4-5 市中心到省中心漫游认证成功

属性名称	属性值
Service-Type	Framed
Framed-Protocol	PPPoE 或 Ethernet
Class	访问权限级别
Proxy-State	0
NAS-Identifier	开户市中心 Radius 服务器域名
Proxy-State	0
NAS-Identifier	省中心 Radius 服务器域名
下列属性可选:	
Session-Timeout	本次会话最大时长
Idle-Timeout	空闲自动断线时长

表4-5 市中心到省中心漫游认证失败

属性名称	属性值
Proxy-State	0
NAS-Identifier	开户市中心 Radius 服务器域名
Proxy-State	0
NAS-Identifier	省中心 Radius 服务器域名
Reply-Message	失败原因

(d) 省中心到接入市中心漫游授权应答包属性内容

表 4-7 省中心到接入市中心漫游授权认证成功

属性名称	属性值
Service-Type	Framed
Framed-Protocol	PPPoE 或 Ethernet
Class	访问权限级别
Proxy-State	0
NAS-Identifier	省中心 Radius 服务器域名
Proxy-State	0
NAS-Identifier	接入市中心 Radius 服务器域名
下列属性可选：	
Session-Timeout	本次会话最大时长
Idle-Timeout	空闲自动断线时长

表 4-8 省中心到接入市中心漫游授权认证失败

属性名称	属性值
Proxy-State	0
NAS-Identifier	省中心 Radius 服务器域名
Proxy-State	0
NAS-Identifier	接入市中心 Radius 服务器域名
Reply-Message	失败原因

4.6 网管系统^[20]

在无线局域网中，每个 AP 覆盖的区域较小，设备数目较多，且不同的覆盖区域在网络结构和功能上都有一定的独立性。为了更好地维护网络和及时发现和解决网络中的故障，必须要求有一个良好的网管平台。由于 AP 分散且每个 AP 所需要传送的网管信息量小，因此采用带内网管；利用 AP 厂家的网管系统对 AP 进行管理（近期）；AP 由城域网的统一网管平台用管理接入层交换机的形式管理；网管协议尽量采用 SNMP V 2(3)，否则使用 SNMP V1，不能使用 SNMP 则采用 telnet 进行网管；如果使用 SNMP 网管，设定只读和可读写的 community；如果采用 telnet 进行网管，但 AP 又支持 SSH，则采用 SSH 进行网管。

4.7 无线接入系统

4.7.1 频率规划方法

根据 802.11b 规定的频段划分方法，各个信道之间并不拥有独立带宽，相邻子信道之间有重叠部分，因此为了避免干扰，在实际通讯中只能在 13 个信道中选用其中 3 个完全不重叠的子信道（即每个子信道中心频点相隔需大于 22M），相互隔离来覆盖通信区域。例如，采用中心频率分别是信道 1 (2.412GHz)、信道 6 (2.437GHz)、信道 11 (2.462GHz)。在 AP 组网时，应尽量避免相邻 AP 同频造成的干扰，AP 使用频率应达到最远复用。

4.7.2 接入安全性

无线局域网接入应当考虑无线链路的安全性、无线信道的安全性、用户之间的二层隔离、用户帐号和密码的安全等问题。主要可以应用三项安全技术来保障无线局域网数据传输的安全。

第一项为 SSID 技术，用户必须设置正确的 SSID 才能接入 WLAN。SSID 不能提供有效的安全保证，因此统一设为“CTC”。

第二项为 MAC 地址过滤技术，可在无线局域网的每一个 AP 下设置一个许可接入的用户的 MAC 地址清单，MAC 地址不在清单中的用户，AP 将拒绝其接入请求。

但 AP 上配置的工作量大，同时实现漫游困难，建议不采用。

第三项为 WEP 加密技术，WEP 在链路层采用 40 位的 RC4 对称加密技术来防止非授权用户的监听以及非法用户的访问。动态 WEP 密钥分配目前尚未标准化，建议只采用静态 WEP。

VPN 安全技术也可用于无线局域网络，从而提供更高的数据传输安全性。建议在用户接入企业内部网时将 IEEE802.11b 和 VPN 技术结合起来，提供较为理想的无线局域网的安全解决方案。

由于无线接入设备通常在二层技术实现，而对于广域接入的用户而言，即使是在同一个无线接入设备接入的用户间也存在相互间的不可信任性，因此在无线接入设备处用户间的二层隔离是必须的。对于用户之间的二层隔离，建议在无线网络部分仅开通无线端口和上联有线端口之间的通路，而阻断不同无线端口在同一设备上的通路；在有线网络部分则要求设备具有端口隔离功能。

为了账号和密码的安全，建议在用户认证时，用户账号和密码应加密传输。

4.7.3 用户接入控制^[16]

802.11b 理论上一个 AP 可以支持 256 个用户设备终端，但是当网络中设备终端数过多时，平均每发送一个数据包的等待时间将大大延长，网络性能会急剧下降。因此建议一个 AP 支持 20~30 左右的设备终端为最佳状态。

另外由于无线终端用户接入位置的随机性，有可能在特定的时间、特定的网络覆盖区域内出现大量用户同时接入的状况。因此，在无线接入设备处需要提供有效的接入控制，用于保证用户的带宽和性能。

对 WLAN 用户接入控制，提出以下几种建议，可以根据实际情况采用：

(a) 在 AP 的硬件上规定最大同时接入的用户数，比如说是 30 个用户；
(b) 通过网管远程配置最大用户接入数目来控制新到用户是否可以接入网络；

(c) 通过对 AP 在接入用户数或用户流量上评估本 AP 覆盖区域内的网络负荷，并可在网络负荷过大时控制新到用户是否可以接入网络；

(d) 对于某些特别重要的应用场合或用户，可以在 AP 中配置流量优先级管理功能来动态分配每个用户设备终端最大允许占用网络带宽。如果有高优先级的用户请求接入，AP 就减少低优先级的用户的最大允许带宽或者断掉与最低优先级的用户的连接，保证高优先级的用户的接入质量。

在无线局域网建设初期，建议可以通过网管远程配置最大接入用户数实现接入控制，或者由设备在用户数或用户流量上评估本设备覆盖区域内的网络负

荷，在网络负荷过大时实现新到用户的接入控制。

而在网络建设的中后期，需要实现无线局域网的 QoS 时，则建议设备具有流量优先级管理功能，设备与终端用户之间的通信方式采用轮询方式，每个用户轮询所占的最大有效时间对应于用户的优先级，从而达到动态分配每个用户设备终端最大允许占用网络带宽。

4.7.4 AP 的布放原则

目前公共 WLAN 接入点大多部署在飞机场、酒店、咖啡馆、会议中心、展览馆、餐馆、体育中心和广场等地，因此 AP 的布放主要考虑的是上述特定场所，我们可以把无线环境精简为下面三种：

- (1) 室外较为空旷地带的环境，指城市体育场、广场以及机场广场等地方。
- (2) 室内环境，其中又分为两种具体环境，一种是室内有直视路径的环境，这种环境下将发生莱斯衰落；另一种是没有直视路径的环境，这种环境下将发生瑞利衰落。
- (3) 以上两种环境的交界地带的环境。这种环境要考虑阴影效应，并且这种环境的出现伴随一定的运动，通常是步行。

在不同的无线环境下，AP 的布放也应该遵循不同的原则，在室外的空旷地带，同一时段上网的人较少，用户容量不会太高，对于这种地方主要是解决覆盖问题，应该尽量提高单个 AP 的覆盖半径，调高天线增益，达到无缝覆盖。这种解决办法一般用于城市中心广场、体育场等室外场所。

对于如机场候机大厅、星级宾馆、办公大楼等室内环境，用户数量比较多，对带宽需求量要求也较高，因此除了考虑覆盖问题，还要考虑容量问题，应该适当增加 AP 数量，缩小单个频道的覆盖半径来增加单位区域内的容量。

另外，由于室内的阻挡物较多，WLAN 的工作频段在 2.4G，波长较短，墙、地板之类的完全分割的损耗基本上在 10dB 以上。根据理论计算，信号即使能穿透墙壁等障碍，也只能再传播 2 米远的距离，因此只能通过绕射或者反射等方法来进行覆盖。另外，对于电梯和通信室都有可能产生频率干扰源的地方，布放 AP 时也需要避免信号直接到达上述区域。

我们可以采用 Motley-Keenan 模式来计算链路预算中的路径损耗，以得到各种实际情况下的覆盖半径的参考值。

AP 和无线网卡的参数取定以及不同环境的路径损耗指数见表 4-9，其中 LAN CARD 和 AP 接收机的动态灵敏度取传输速率为 11Mbps 时的取值：

表 4-9 AP 和无线网卡的参数

技术条件	
频率(取频段的最大值)	2. 4835G
AP 发射功率(不含天线增益)	35mW(15. 44dBm)
LAN CARD 发射功率	10mW(10dBm)
AP 接受机动态灵敏度	-84dBm
LAN CARD 动态灵敏度	-84dBm
AP 接收机传输允许路径损耗	99. 44dBm
LAN CARD 传输允许路径损耗	94dBm
根据不同环境的路径损耗指数	
室内环境中有少量障碍物, 非完全阻挡	3
环境中障碍物较多, 非完全阻挡	4. 5
室外环境中自由空间传播	2
室外环境广场环境(有人, 及非完全阻挡障碍物)	2. 3

这里所指的非完全阻挡, 指一些没有或者通过反射后没有把 AP 和 LAN CARD 的传播路径完全隔开的阻挡物。

在上述条件下, 我们可以计算出相应的如表:

表 4-10 AP 无线环境覆盖半径

无线环境	覆盖半径 (单位: 米)	
	AP	LAN CARD
室内环境中少量障碍物，非完全阻挡	93	60
环境中障碍物较多，非完全阻挡	20	15
室外环境中自由空间传播	900	500
室外广场环境 (有人，及非完全阻挡障碍物)	370	200

上表计算的覆盖半径并不包括天线增益，只是根据 AP 的发射功率计算得出。

在布放 AP 时，建议参照上表中的参考值，避免出现覆盖盲区。

4.7.5 不同 AP 之间的切换

本方案只要求实现用户在同一无线接入业务网关下的不同的 AP 之间的切换。

对于用户终端在不同的 AP 之间的切换而言，当用户终端察觉到无线电信号的强度减弱，连接变差的时候，用户设备终端的扫描功能被激活，开始定位另一个 AP 或者使用上一次扫描的信息来选择另一个 AP，一旦定位了新的 AP，该终端就给该 AP 发送一个重新连接请求，该 AP 收到请求后，通知分布系统(DS)更新其信息，并通知该用户设备终端原来连接的 AP 不再与该终端连接，然后该 AP 发送一个连接响应给该设备终端。如果用户设备终端收到该 AP 的连接响应，就跳到此 AP 上，如果没有收到 AP 的连接响应，用户设备终端将扫描另一个 AP。

如果 AP 的布放导致各个 AP 的导频区域不连续，那么用户终端就会在切换时出现掉线。

4.8 安徽电信 WLAN 建设规划思路

4.8.1 建设原则

统一方案，分期建设，全网漫游，提高网络价值和业务竞争力。电信网络服务的宗旨是全程全网，在规划建设初期各地市应统一建设方案，一方面有利

于各地市之间网络互通，另一方面也有利于日后网络扩容。建设 WLAN 网络是一个需要不断优化的过程，再资金有限的前提下，可以先建设一批重点热点覆盖区域，如机场、会展中心、高档酒店等，这部分用户也是 WLAN 业务的高端用户，从而提高网络价值和业务竞争力，保证业务健康循环发展。

4.8.2 近期主要建设场所和建设规模及内容

为满足 2006 年下半年至 2007 年底全省范围内采用 WLAN 接入方式高速接入因特网及企业网的需求，本项目的建设规模和主要内容如下：

(1) 近期主要针对机场、四星以上酒店、会展中心等场所建设共 100 个 WLAN 网点，布放约 630 个 AP 设备。原则上只覆盖客流量大的热点场所，如会议室、大堂、咖啡厅等。

(2) 对不具备 BRAS 设备的地市，将新增适量的 BRAS 设备和一套相应的集中式后台认证系统，要求能同时实现 PPPoE 和 DHCP+WEB 两种认证方式。

(3) 对已经具备 BRAS 设备的地市，目前一般均已提供了 PPPoE 认证方式，本项目将在其集中式后台认证系统中增加 DHCP+WEB 认证的软件模块，考虑到系统可靠性、安全性以及原有系统容量有限等因素，预计将不仅需要增加 6 套软件模块（或者说对现有的 6 套后台系统进行改造），还需要新增后台用服务器硬件设备（与 SUN E250 性能相当）12 套（每套 2 台），要求能同时实现 PPPoE 和 DHCP+WEB 两种认证方式。

(4) DHCP+WEB 认证方式的实现将依靠 BRAS 的 DHCP RELAY 功能与后台配合实现（ATM 上行的 ADSL 接入方式）和依靠三层交换机的 DHCP RELAY 功能与后台配合实现（LAN 上行的 ADSL 接入方式和 LAN 上行接入）。

(5) ATM 上行 ADSL 接入的 PPPoE 认证方式的实现将依靠用户到 BRAS 的 BRIDGED RFC 1483 二层通道，同时 BRAS 作为 RADIUS Client 向后台发起认证请求的方式来实现。LAN 接入和 LAN 上行的 ADSL 接入的 PPPoE 认证方式的实现将依靠用户到 BRAS 的 VLAN 二层通道，同时 BRAS 作为 RADIUS Client 向后台发起认证请求的方式来实现。

4.8.3 全省 WLAN 组网图

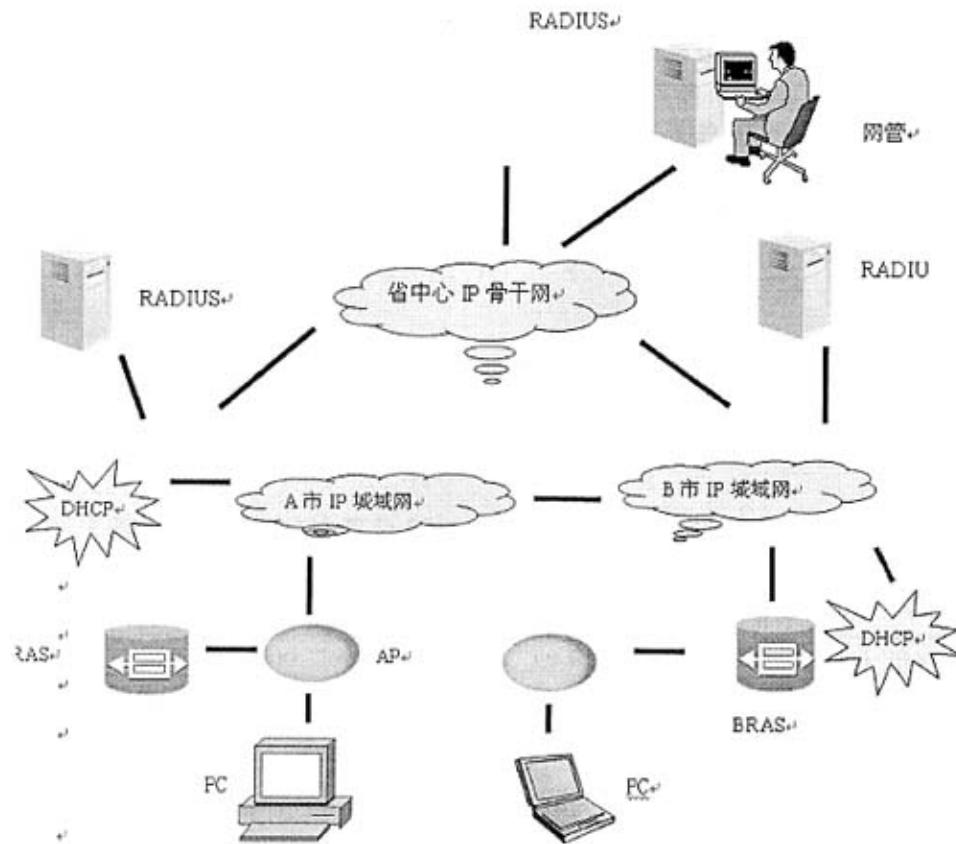


图 4-6 WLAN 组网图

4.9 市场预测

一元线性回归预测是运用一个在事物变动的诸因素中主要的和决定作用的自变量的变动，来推测另一个因变量的变动情况并得出它们之间的关系式，从而进行市场预测的一种方法。因为这两个变量之间的关系式一般呈线性关系，所以叫作线性回归预测法。再以它们相关的方向不同，又有正相关（顺相关）与负相关（逆相关）之分。例如，某地区居民人均年收入增加，某种耐用销售品的销售量也随之增加，其变动方向一致，因此称为正相关。如果根据商品流通费率的大小来预测商业利润的增减，由于流通费率增大，利润率就会随之降低，其变动方向是反的，就称为负相关。

目前安徽电信 WLAN 用户来源主要有两个渠道，一是新增 WLAN 用户，二是

原安徽电信宽带互联网用户转化而来。新增 WLAN 用户也是由于对互联网应用有需求而成为 WLAN 用户，因此可以利用一元线性回归预测方法，根据近 4 年的安徽电信宽带用户的变化来预测 2007 年 WLAN 用户。

一元线性回归法的公式为： $Y = a + bx$

上式中 Y 的因变数， x 为自变量，即引起市场变化的某影响因素，这里指安徽电信近 4 年的宽带用户； a 、 b 为回归系数，其中 a 是截距， b 为斜率。在市场预测中，回归分析则是通过历年数据确定回归系数 a 、 b 之值。推算 a 、 b 值的常用方法是最小二乘法。公式为：

$$a = \frac{1}{n} \sum y - b \frac{1}{n} \sum x = y - \bar{b} x$$

$$b = \frac{\sum xy - \frac{1}{n} \sum x \sum y}{\sum x^2 - \frac{1}{n} (\sum x)^2} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

【例】：现在以 2002 年至 2005 年安徽电信宽带用户与 WLAN 用户数为例来预测 2007 年安徽电信 WLAN 用户数。

表 4-11 安徽电信宽带用户数和 WLAN 用户数统计表

年份	宽带用户数 x (万户)	x^2	WLAN 用户数 (万户) y	$x y$	WLAN 用户数理论值 (户)
2002	7	49	0.1	0.7	0.2
2003	25	625	0.3	7.5	0.5
2004	42	1764	1.0	42	1.2
2005	65	4225	2.0	130	2.1
2006	93	8649	3.5	325.5	3.3
Σ	232	15312	6.9	505.7	7.3

根据上述公式，得： $b = 0.041$ $a = -0.522$

据此建立的预测模型为：

$$\hat{y} = -0.522 + 0.041x$$

根据安徽电信宽带规划数据 2007 年净增 50 万用户既达到 143 万，根据上述预测 WLAN 用户：

$$\hat{y} = -0.522 + 0.041 \times 143 = 5.34 \text{ (万户)}$$

2007 年新增 WLAN 用户数为 1.84 万户。

表 4-12 全省 2007 年 AP 规划和增加设备统计表

地市名	AP(个)	DHCP 设备(台)	2007 用户(户)	其他
合肥	80	4	2400	两套网管
蚌埠	40	2	1200	一套网管
芜湖	40	2	1200	一套网管
淮南	20	1	600	
马鞍山	30	1	900	
安庆	40	2	1200	
宿州	30	1	900	
阜阳	40	2	1200	
黄山	20	1	600	
滁州	30	1	900	
淮北	20	1	600	
铜陵	20	1	600	
宣城	30	1	900	
六安	30	1	900	
巢湖	30	1	900	
池州	20	1	600	
亳州	20	1	600	
合计	630	24	18900	四套网管

第五章 安徽电信 WLAN 业务发展策略

WLAN 市场目前还处于培育期，用户发展、业务发展、盈利模式探索等均需要一定时间，要在激烈复杂的竞争环境中争取更大的市场份额，现阶段就需制定合适的 WLAN 发展思路。

（1）培育用户使用习惯，引导用户群

培育用户使用习惯是全方位的，包括应用习惯、生活习惯、操作习惯和消费习惯，应用习惯可从视频、数据、语音、网络游戏等多方面为用户提供全方位的宽带数字体验。生活习惯可通过各类在线业务实现与传统产业（教育、交通、医疗、证券、商务）的融合，从而获得发展动力；消费习惯可通过限量消费进行培养，通过控制流量来提升用户的 ARPU 值，英国电信、法国电信均采用控制流量的业务策略来培育用户习惯。另外，运营商还需要简化操作流程，提供方便自助服务，培养用户的操作习惯。

（2）吸引尽可能多的用户，扩大用户群

目前我国的宽带目标客户群已经由早期的技术敏感型用户（对价格不敏感）转移为价格敏感型用户（对技术不敏感），此时采用灵活的资费策略来降低宽带门槛将迎来宽带发展的又一高峰。降低门槛并不等于简单地降价，关键是如何进一步细分客户群，并根据客户群的业务需求制定具有针对性的业务发展策略、创新营销手段来拓展用户。

（3）开展应用业务，通过与 SP 合作来共同探索盈利模式

WLAN 只有和其承载的业务和应用共同发展，才有生命力。运营商在建设 WLAN 同时，应积极与 SP 开展合作，开发网络上的应用和业务，不断推出丰富的产品，共同探索盈利模式，吸引用户入网。只有合适的盈利模式才能够使 WLAN 健康、快速的发展，而完善的 WLAN 盈利模式需要针对用户特性进行内容和网络的双重保障，因此应注重 SP 在 WLAN 发展中的重要地位，合理制订资费政策吸引 SP 共同探索盈利模式。

（4）紧密结合市场需求，认真分析用户行为，按需建设 WLAN

安徽宽带业务的发展存在地域上的差异性，大中城市发展速度很快。为使网络能够发挥最大的效益，可以根据各地市场需求的差异，确定启动时间和网络的建设规模。同时，需要认真分析用户行为，确定真正热点地区，并根据用户数量、无线上网使用次数、单点数据流量、覆盖成本对热点进行分级，按需建设 WLAN。

（5）打造 WLAN 品牌，提升服务和用户忠诚度

价格战只能暂时吸引用户，提升用户忠诚度依靠的是品牌和服务，使用户由被动忠诚变为主动忠诚。打造宽带品牌可借鉴移动运营商的成功品牌战略，有必要针对不同的客户群打造不同的业务品牌，同时加大品牌的宣传力度，从而提高品牌的认知度和满意度。目前安徽电信目前运营商针对 WLAN 推出了“天

翼通”的品牌。

(6) 综合考虑投资效益，充分利旧，节约资金

WLAN 盈利问题一直是困扰其健康发展的主要问题之一。WLAN 的建设最终是为了盈利，考虑到竞争问题、提升品牌问题、用户需求问题，在 WLAN 的继续建设中需要理性分析，综合考虑投资效益，尽量节约资金，控制投资规模。

5.1 业务推广模式

根据对 WLAN 应用市场的分析，WLAN 主要应用于以下几个不同的场合，并根据在不同场合应用的相应客户群确定不同的推广策略：

1、公共场所。如：机场、星级宾馆、休闲类公共场所、会展中心等。是 WLAN 当前的主要模式，也是业务及收益的主要来源，应作为推广的重点。该场所应用的客户群主要是高端商务人士，是 WLAN 推广的主要客户群，针对他们一般是企业员工的特点，WLAN 的推广可面向企业。突出宣传 WLAN 业务分布广，漫游方便，可快速接入 INTERNET 和企业 VPN 的优点。由于机场、宾馆、公共场所资源的稀缺性，导致个运营商争夺的重点。

2、企业办公区（包括商务楼）应用的客户群与公共场所基本一致，其推广可作为公共场所的扩展，可以在公共场所的推广达到一定规模后再予考虑，也可在公共场所客户拓展的同时，或者为某些有需要的企业大客户提供特别解决方案；

3、家庭（住宅）及高校的应用。由于使在此场合使用 WLAN 的人员大多文化素质较高、对新技术有浓厚的兴趣，同时他们的收入水平目前普遍不高，WLAN 业务的收费水平决定了他们对 WLAN 的接受程度。因此，WLAN 在此场合的应用很难获得收益，其推广旨在培养用户群，发展潜在用户，增强 WLAN 推广的宣传效果。可有选择地在某些经济发达、高校集中的地区进行试推广。试推广期间可获得以下信息：哪种收入的用户适合使用 WLAN，WLAN 业务可能出现什么缺点并如何改进。

针对 WLAN 使用与笔记本电脑销售量密切相关的特点，在业务推广方面可加强与知名笔记本电脑生产厂商的合作，采用一系列优惠促销的办法（如买内置无线网卡的笔记本电脑送一定时间的 WLAN 使用等）。

5.2 运营模式

1、公共场所运营。

(1) 租用场地方式是指所有业务的提供（包括接入、认证、计费、宣传广告、运营、配套设备等）由运营商完成和操作，但必须向场所拥有者支付场地租用费。这种方式的优点是运营商在开展业务方面有较大的主动性和灵活性，

可以采用集中统一的认证后台系统对用户进行管理，也方便于实现用户的漫游和各类帐号的互通互用，从而有利于业务的共同促进和发展，在设备投资方面，成本较低；其缺点是可能面临高昂的场地租用费，部分业主可能会不愿意采用这种方式。

(2) 分成的方式是指由运营商提供接入、配套设备（AC、AP、布线等），但用户的发展、运营、认证、计费、宣传广告等完全由运营商或业主去控制和操作，但另一方必须获知其实际的赢利情况，然后按预先协商好的比例分成。这种方式理论上比较理想，可以降低双方的投资风险，当可操作性差，建议在可以实施的情况下使用，比如双方的信任度很高等情况下或我方的公开经营情况具有很高的可信度。

(3) 由业主承包的方式是指由运营商提供接入和配套设备（AC、AP、布线等），但用户的发展、运营、认证、计费、宣传广告等完全由运营商包给业主去控制和操作，运营商可按月向业主收取一定的费用，运营商可以不获知业主的赢利情况。这种方式的优点是可以极大地调动业主在开展 WLAN 业务方面的积极性（因为业主也可通过开展业务增加获利的空间），运营商在运营成本方面开支较小（节省了人力资源），其缺点是运营商在开展业务方面失去了主动性和灵活性，也很难实现用户的漫游和各类帐号的互通互用，不利于业务的共同促进和发展，在设备投资方面，成本较高（需要向业主提供新增 AC 设备）。总之，采用这种方式弊大于利，运营商不适宜采用这种方式。

2、家庭

(1) 用户自己购买 AP 方式是指运营商推出家庭 WLAN 业务，AP 等设备由用户购买或运营商以优惠价卖给用户。该用户可在公共场所采用相同帐号上网。用户负担公共区域的网络使用费。从长远看，运营商可以通过这类业务很好地改变用户上网的习惯，为将来的获利打下良好的基础。另外家庭用户一般是帐号用户，应能提供不同业务的互通互用和漫游功能。

2) 用户向运营商租用 AP 方式是指用户负担 AP 租用费和公共区域的网络使用费。

3、企业

(1) 由运营商向用户提供该业务，企业自建 WLAN。这种方式是指运营商推出企业 WLAN 业务，AP 设备由企业购买。企业负担公共区域的网络使用费。

(2) 运营商向用户提供该业务，运营商建设 WLAN。这种方式应该为 WLAN 业务与室内覆盖工程相捆绑的一种销售方式。企业负担公共区域的网络使用费和设备租用费。

5.3 几种典型的应用方案

有许多行业的雇员们需要自由的或者说是移动性的进行商业活动，而不是

被束缚在固定的办公桌旁，像这样员工移动性较高的行业大多数会采用无限局域网技术。而运营商可以构建在全国或全球接入的无线网络，提供给那些对移动性要求更高的用户。

(1) 教育领域

对于大学和学校来说，无线局域网是一种非常理想的应用。教师们可以在办公室里通过笔记本电脑来制作讲稿，随后带着笔记本电脑去给学生讲课。他们大可不必将笔记本电脑通过电缆来接入校园网；相反，当这些教师走进教室，他们携带的笔记本电脑就会自动接入校园的无线网络。另外，教师们也可以给在这间教室里上课的、并且同样配备笔记本电脑的学生们直接传送课堂资料。

无线连接同时还向学生们提供了一种前所未有的网络接入的自由。学生们可以在校园的任何一个角落通过无线方式来访问学校的网络；当学生们进入不同教学区的不同教室时，他们会一直保持着与校园网络的接入状态。

(2) 库存管理领域

管理仓库的存货是一件非常繁琐的事情。源源不断的进货必须要进行记账并且还要存储；当货物运到仓库以外时，员工们又必须要实现到达指定的地点，然后将这些货物送到合适的地点。

通过无线局域网，仓库里的所有叉车可以配备无线计算机设备，或给仓库管理员提供无线便携设备。所有的设备都接入到无线局域网中。仓库管理系统（WMS）软件管理所有运货的事务。管理者也可以通过网络实时了解库存情况。通过无线网络可以大大提高劳动生产率，并且提高管理决策的及时性。

(3) 移动办公领域

在很多公司里，员工不采用固定的办公地点，每个员工拥有一台笔记本电脑和一个无线电话，任意选择一个办公桌即可以进行办公。这样做的好处是由于公司里经常有人出差，能够按照一定的比例设置办公桌，大大的节约了办公场所。同时也能够使组织扁平化，促进横向交流。而无线局域网技术正好提供了这种办公方式的解决方案。

另外，通过公共热点的接入，可以在旅途中访问公司网络，实现异地办公。

(4) 制造业领域

大多数制造工业都有一个共同的特点，那就是要占用非常大的空间，大多数制造过程都要散布在若干个厂房或是办公楼中，在那里他们可以实现对产品的接收、处理和分发。楼间的布线造价可能会很高，而且还需要每月定期检查线路的连通状况。在每栋建筑物里，都会有很大的房间，在这些建筑物中布线需要花费很大的一笔开支，施工周期也长。另外，如果这些计算机都被固定摆放，在提货、配料、盘存等过程中将很不方便。

使用无线局域网，无论在生产线上，还是在货运码头上，还是在办公室里，使用者们都可以在计算机连入无线网络的同时进行自由走动。另外，有些新款

的可以装在袖口中的指尖扫描器或正在兴起的无线识别系统可以极大的提高数据的读取速度和精度。

5.4 中小型企业解决方案

中小型企业一般拥有 100 名员工，50~100 台电脑。这种规模的用户网络建设，用户数量较多，往往有多少间办公场所，其人员数量和办公场所随业务的发展而变动，因此无线局域网为主、兼顾有线局域网的方案是比较有效地解决方案。下面以 CISCO 设备为例，对本方案进行描述。

(1) 方案描述

为销售、管理和技术人员配备笔记本电脑和无线网卡，根据场地情况部署 2~4 个无线局域网介入点设备；对于流动性相对较少的员工如财务等可以使用价格便宜的台式电脑；部署局域网交换机实现对这些设备、服务器以及无线接入点的联网功能；若需要访问因特网或连接远程分支网络，可以部署一台路尤其，提供传统路由器功能的同时，好提供防火墙、VPN、入侵检测、VoIP 的功能；为提供用户接入无线网络的安全控制机制，可以部署思科 ACS 安全接入控制服务器，配合无线接入点和局域网交换机可以提供基于 802.1X 和 EAP 的 AAA 安全功能。

采用这种方式，只需要工作量极小的网络设备连接工作，整个网络即可使用。员工数量的扩展、办公场地的变化均无需重新布线和重新配置网络设备，解决了企业发展的后顾之忧。

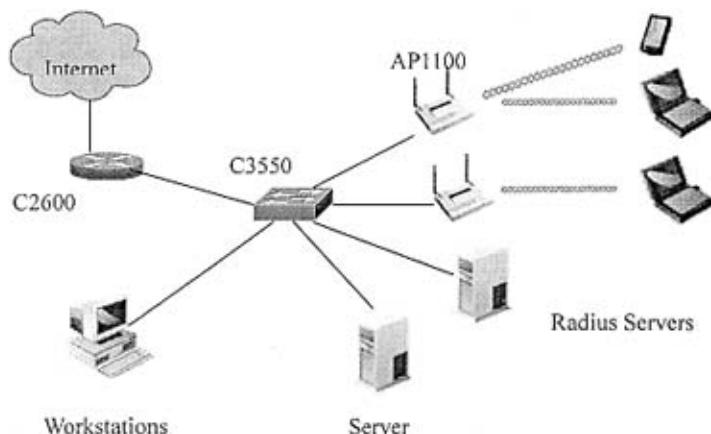


图 5-1 中小型企业网络拓扑图

(2) 方案功能要求

1、安全和保密：因用户的大多数应用均经过无线网络传播，在享受其方便性的同时，我们必须考虑信息传输式的安全性，在无线局域网层面部署基于802.11i安全规范的安全机制，从而提供用户接入无线局域网络的认证控制和网络传输的保密措施。

2、部门之间的网络隔离-VLAN划分：考虑到所有的用户、所有的应用均运营在同一个无线网络上，我们必须保证不同部门的用户拥有各自的网络，即虚拟局域网。

3、QoS机制：当前，越来越多的应用会运行在网络平台之上，比如无线IP电话、流媒体等，为保证这些应用均可以在网络上顺利运行，无线网络设备和有线局域网设备均须提供服务质量保证QoS的功能。

5.5 大、中型校园网、企业网解决方案

校园网、企业网是园区网，即一个园区内地理位置上互相分离的建筑物之间所连接起来的网络。校园包括教学楼、办公室、实验室等多个建筑组成；企业包括各个国有/外资中大型企业和大量中小公司，以及各种规模制造业、酒店、医疗行业等等。随着市场推广力度的加强，无线局域网运用所带来的方便性、流动性、简洁性在企业中逐渐得到认同，无线局域网的应用增长趋势加快。

(1) 应用需求

中型企业在成长过程中可能会变换办公地点，或增加员工，调整办公室格局，有的员工还要经常移动办公，传统的有线网络不能满足需要；企业内笔记本电脑日益普及，但其便携性也带来相应的问题：笔记本离开自己的办公室后，接入网络不方便，极大的限制了工作灵活度和效率；大型企业需要对会议室进行无线覆盖，为参加会议的人员提供便利的网络连接，方便会议中的资料演示和文件交换，还要为员工笔记本电脑提供无处不在的网络连接。

(2) 网络拓朴

在其中的一个建筑物中设一个网络中心，用来放置中心交换机（这台中心交换机目前比较流行的选择是具有三层交换能力的千兆以太网交换机）、路由器以及服务器等设备；其它建筑物放置汇聚层交换机，并在建筑物的楼层放置接入层交换机。从网络中心到各建筑物的汇聚层交换机的连是1000M的主干。千兆以太网的连线问题有IEEE 802.3z光纤标准和IEEE 802.3ab双绞线标准。IEEE 802.3ab规定1000Base-T标准，即在100米距离内的5类双绞线上传输千兆信息。若是100米以内可选择5类铜缆，超过100米的选择光缆。而汇聚层交换机到接入层交换机之间的连接一般选择5类铜缆，带宽也是1000M。而主机接入层交换机则采用100M的快速以太网。

由于接入方式多样，考虑到建筑物内已经装修等情况，以及建筑物之间互连会涉及破路，成本较高，投资也较高，无线应用就会更加有效。因此，在建

筑物内的会议室、大厅等需要无线连接的地方布置无线局域网。对于 2 栋楼之间不便于布线的地方可以采用无限网桥连接。而在园区内为了能够实现网络的覆盖，可以在园区内布置无线 AP，提供无线接入功能。

拓朴图和网络配置如下：

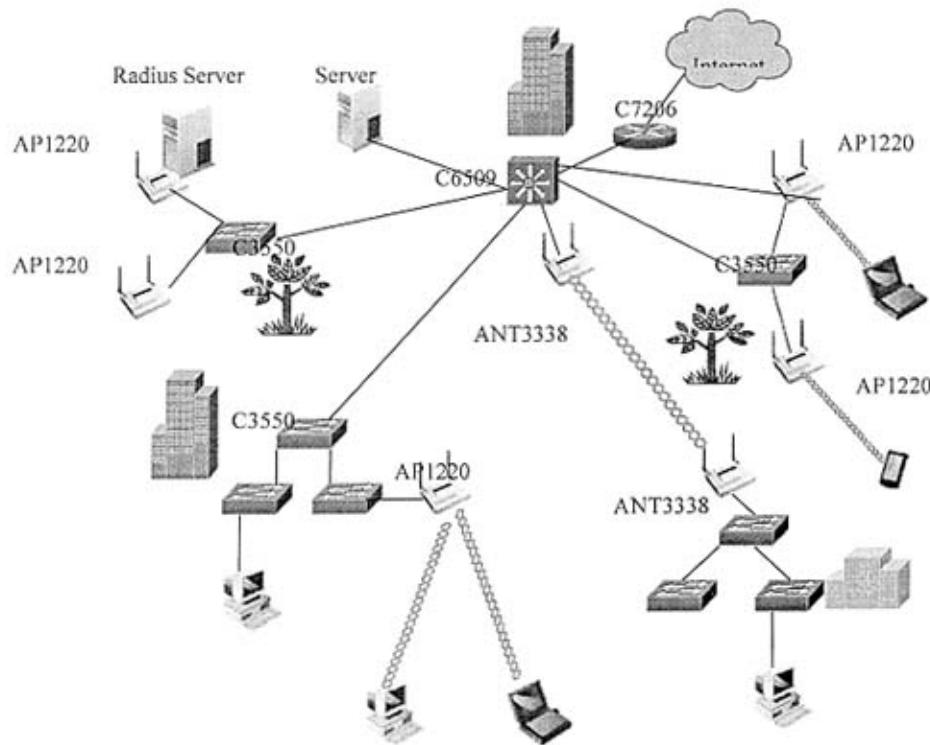


图 5-2 园区网络拓扑图

(3) 功能要求

- 1、VLAN 划分。不同单位的业务相对独立，使企业自身运转的特点，无线网络对 VLAN 技术的支持，确保了企业多种应用达高速有效运营；
- 2、漫游。企业员工在园区内移动办公室大部分企业员工（学生或老师）的业务特点，无线网络连接的无缝透明，进一步提高了使用人员的工作效率，充分体现了无线网络的高效可靠稳定的优势。

第六章 结束语

通过对本课题的研究，进一步掌握 WLAN 业务基本技术和基本原理。分析安徽电信 WLAN 业务规划建设的必要性和原则性，提出安徽电信 WLAN 业务建设方案。利用安徽电信宽带用户发展情况与 WLAN 用户发展相关性，通过一元线性回归方法预测近期用户发展量。并根据安徽省实际情况重点提出业务组网方案、业务推广模式和业务运营模式。

下一步的工作：

(1) 目前，无线局域网仍处于众多标准共存时期。每一标准的背后都有大公司或者大集团的支持。在美国和欧洲，形成了几个互不相让的高速无线标准：802. 11b 由 3Com、Lucent、Apple、Cisco 等公司支持，这个标准目前在北美非常流行；与其竞争的标准是由 Intel、Proxim、Motorola、Compaq 支持的 HomeRF 标准；标准不统一给 WLAN 不利于全球发展。

(2) WLAN 业务发展前景还需取决于是否在普通消费者中得到认可，网络建设规划是否合理、业务推广方案是否被接受还需在实际中检验。

(3) 在做好 WLAN 业务推广的同时，还需做好互联网应用等相关业务的发展，

只有互联网应用业务内容丰富，确实给老百姓带来方便才有利于 WLAN 业务进一步发展。

参 考 文 献

- [1] Jim Geier 著, 王群 李馥娟 叶清扬 译. 无线局域网. 北京: 人民邮电出版社, 2001
- [2] Mark Ciampa 著, 王顺满 吴长奇 张芨译. 无线局域网设计与实现. 北京: 科学出版社, 2003.
- [3] Eric ouellet, Robert Padjen, Arthur Pfund, Ron Fuller 著, 张颖 王欣轩 杨时毓 杨晓桃 译. 构建 Cisco 无线局域网. 北京: 科学出版社, 2003.
- [4] Gil Held 著, 栗欣 王艺 译. 无线局域网 北京: 人民邮电出版社, 2001.
- [5] Regis J. "Bud" Bates 著, 蔡海慧 张连波 申辉贤 方旭明 译. 无线宽带手册. 北京: 人民邮电出版社, 2003
- [6] William Stallings 著, 何军 译. 无线通信与原理. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [7] 王文博 郑侃 编著. 宽带无线通信 OFDM 技术. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [8] Shelly Brisbin Glen Carty 著, 天宏工作室译. 自己动手组建和 Wi-Fi 网络. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [9] 张仕斌 谭立 易勇 编著. 网络安全技术. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [10] 徐胜波 马文平 王新梅 编著. 无线通信网中的安全技术. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [11] Jon W Mark Weihua Zhuang 著 李锵 郭继昌等译. 无线通信与网络. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [12] John Ross 著 王海涛 汤杨译. Wi-Fi 安装、配置和使用 802.11b 无线网络. 北京: 清华大学出版社, 2004.
- [13] Vincent C-jones 著 张辉 译. 无线通信与网络. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [14] 方红琴 编译. 无线网络安全防御. 计算机世界 2004 年 第 36 期.
- [15] 倪维桢 主编. 数据通信原理. 北京: 中国人民大学出版社, 1999.
- [16] 陈德荣 林家儒 编著. 数字移动通信系统. 北京: 北京邮电大学出版社, 2000.
- [17] Sun Y, Tong L. Bandwidth efficient wireless OFDM. IEEE, November 2001;19(11):2267-2279
- [18] WEINSTEIN S B, EBERT P M. Data Transmission by Frequency Division Multiplexing Using the Discrete Fourier Transform [J]. IEEE

Trans Commun Technol, 1971 ,19(5):628-634

[19] A.Chouldy, A .Brajal, S.Jordan “Orthogonal Multicarrier Techniques Applied to Direct Sequence Spread Spectrum CDMA Systems” Proc of Globecom93, 1993.

[20] 曹志刚等：现代通信原理，清华大学出版社，1992