

高等职业教育精品工程规划教材·通信专业

无线网络技术

刘 威 主 编

孔艳敏

李 莉

陈海燕 副主编

 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

TN92
20/210

阅 览

高等职业教育精品工程规划教材·通信专业

无线网络技术

刘 威 主 编

孔艳敏 李莉 陈海燕 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书力求以全新的角度全面、深入地向读者介绍 IEEE 802.11 无线局域网、IEEE 802.11 无线网状网技术和 IEEE 802.16 WiMAX 技术,包括网络规划、网络建设、网络维护和管理以及无线网状网的典型应用。

第 1、2、3 章对无线 IEEE 802.11 技术进行了描述,第 4 章至第 9 章对无线网状网的应用进行了描述,并详细介绍了无线网状网的设计与规划、无线网状网的测试方案和方法、无线网状网的工程实施,包括现场场勘、设备配置和安装方式等,第 10 章对无线 IEEE 802.16 WiMAX 技术进行了描述。本书内容完整、新颖、实用,可作为高等院校通信与信息系统、电子与信息工程、计算机应用、计算机网络等相关专业的教材或自学用书,也可作为以上相关专业的工程技术人员和管理人员自学提高或工具用书,以及该领域技术培训之用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

无线网络技术 / 刘威主编. —北京:电子工业出版社, 2012.1

高等职业教育精品工程规划教材. 通信专业

ISBN 978-7-121-15050-0

I. ①无… II. ①刘… III. ①无线网—高等职业教育—教材 IV. ①TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 231741 号

责任编辑:郭乃明

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市桃园装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:12.75 字数:321 千字

印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:22.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

在无线接入领域，无线通信技术蓬勃发展，新的无线网络技术不断涌现，成为近年来通信技术领域的最大亮点。各种无线接入网络技术的应用从家庭局域网到城域网，从公众网到行业专网，从单一数据网到视频监控网等，朝着移动化、宽带化和 IP 化的方向发展。其中一种新的无线网络技术——无线 Mesh 网络也逐渐发展起来，并引起了人们广泛的注意。这种技术是一种非常有发展前途的宽带无线接入技术，目前已在很多国家被广泛应用到城市数字化、政府应急通信、城市无线监控等安全与反恐领域，在我国仍处探索、试验阶段。

本书力求以全新的视野，全面、深入地向读者介绍 IEEE 802.11 无线局域网、IEEE 802.11 无线网状网技术和 IEEE 802.16 WiMAX 技术，包括网络规划、网络建设、网络维护和管理以及无线网状网的典型应用。本书第 1、2、3 章对无线 IEEE 802.11 技术进行了描述，第 4 章至第 9 章对无线网状网的应用进行了描述，详细介绍了无线网状网的设计与规划、无线网状网的测试方案和方法、无线网状网的工程实施，包括现场场勘、设备配置和安装方式等，第 10 章对无线 IEEE 802.16 WiMAX 技术进行了描述。

本书内容完整、新颖、实用，可作为高等及高职院校通信与信息系统、电子与信息工程、计算机应用、计算机网络等相关专业的教材或自学用书，也可作为以上相关专业的工程技术人员和管理人员自学提高或工具用书。

本书在介绍无线 Mesh 网络时以加拿大 BelAir 公司的产品为例，具有一定代表性，读者可以举一反三。

本书由北京电子科技职业学院电信技术系的刘威担任主编，孔艳敏、李莉、陈海燕担任副主编，由于作者水平有限，书中难免存在疏漏和不当之处，恳请读者批评指正。

目 录

第 1 章 无线基础知识	1
1.1 无线电波传播特性	1
1.2 多径效应和多普勒效应	5
思考题	6
第 2 章 IEEE 802.11 无线局域网	7
2.1 IEEE 802.11 无线局域网基础知识	7
2.2 802.11 系列协议概述	12
2.3 802.11 物理层关键技术	19
2.4 802.11 无线局域网特点	27
2.5 802.11 无线局域网的市场应用	28
思考题	32
第 3 章 802.11 无线局域网设备	33
3.1 无线网卡	33
3.2 无线接入点 AP	33
3.3 天线	34
思考题	37
第 4 章 802.11 无线局域网的规划及应用	38
4.1 无线局域网的设计要点	38
4.2 802.11 无线局域网 (WLAN) 工程设计方案要点分析	39
4.3 无线局域网应用实例	47
4.4 无线局域网组网应用	52
思考题	55
第 5 章 802.11 无线网状网	56
5.1 无线网状网的定义和分类	56
5.2 无线 Mesh 网与其他无线网络的区别	61
5.3 无线 Mesh 网络应用场景	63
思考题	66
第 6 章 802.11 Mesh 网络的规划与设计	67
6.1 Wi-Fi-Mesh 组网方式	67
6.2 频率设计	74
6.3 无线网状网吞吐量及容量设计分析	79
6.4 无线 Mesh 网络安全	85
6.5 无线网状网设计流程	90
6.6 项目方案的编写	94

6.7 无线 Mesh 网络验收	102
6.8 解决方案	102
总结	121
思考题	121
第 7 章 无线 Mesh 网络性能测试	124
7.1 无线 Mesh 网络性能测试	124
7.2 无线 Mesh 网络常用测试工具	131
思考题	135
第 8 章 802.11 Mesh 网络工程实施	137
8.1 无线 Mesh 现场场勘	137
8.2 无线 Mesh 设备安装与配置	141
思考题	150
第 9 章 无线 Mesh 网络管理与维护	151
9.1 无线 Mesh 网络管理	151
9.2 无线 Mesh 网络故障排除	157
思考题	160
第 10 章 WiMAX 基础知识	162
10.1 WiMAX 技术原理	162
10.2 WiMAX 的技术特点	175
思考题	177
第 11 章 WiMAX 组网应用	178
11.1 WiMAX 组网特点	178
11.2 WiMAX 组网技术分析	179
11.3 WiMAX 系统规划简介	182
11.4 固定 WiMAX 网络的部署分析	187
11.5 WiMAX 组网应用实例	192
思考题	196
参考文献	197

第 1 章 无线基础知识

无线信道是无线网络合理设计、部署和管理的基础。与有线相比，无线电波带宽低，具有广播特性，在空气中传播受环境的影响非常大，具有不稳定性，这些无线信道的特性使得无线网络的设计比有线网络复杂得多。无线电波的传播与特定的场有密切的关系，并且受地形、工作频率、终端的移动速度、干扰源等因素的影响。通过学习本章无线基础知识，掌握无线电波传播特性、使用正确的数学模型和准确的参数，对于设计无线网络覆盖、网络容量、数据传输速率、避免系统干扰、安装设备及天线是十分重要的。

1.1 无线电波传播特性

在无线网络的设计、分析、安装过程中，用到的最重要的无线传播特性是：信号覆盖范围、信道最大数据传输速率和信道波动率。信号覆盖范围决定了无线基站的覆盖范围，通常由路径损耗模型试验得来。大多数路径损耗模型通过距离功率或路径损耗斜率和一个随机分量来描述它们的特性。数据传输速率受信道多径结构和多径分量衰减特性的影响。信道波动率由发送、接收之间或两者间物体的运动而产生，它通过信道多普勒效应来描述。

1.1.1 无线电波传播机制

本书中所描述的无线网络使用了超过 800MHz 的无线信号，其波长相对于建筑物的尺寸非常小，因此可以将无线电波简单看成射线，用射线的方法来描述无线电波传播特性。在无线电波传输中，发射机和接收机之间的传播路径可能有建筑物、各种植被、汽车、行人等障碍物，引起能量的吸收和穿透以及电波的反射、散射和衍射等，这样到达接收机的电波可能是直射波、反射波、折射波、衍射波、散射波以及它们的合成波。

无线电波传播主要有三种形式：反射、衍射和散射。

1. 反射

在电磁波传播过程中，如果遇到了障碍物，并且此障碍物的大小与信号波长相比很大，那么电磁波就会发生反射，地球表面、建筑物、水面、车辆都会引起电波的反射。反射信号沿着不同的路径到达接收端后引起信号的衰落。但是建筑物的反射也可以成为优势，它可以增加频率的复用，减少频率干扰，利用建筑物反射信号覆盖邻近的建筑物，如图 1-1 所示。

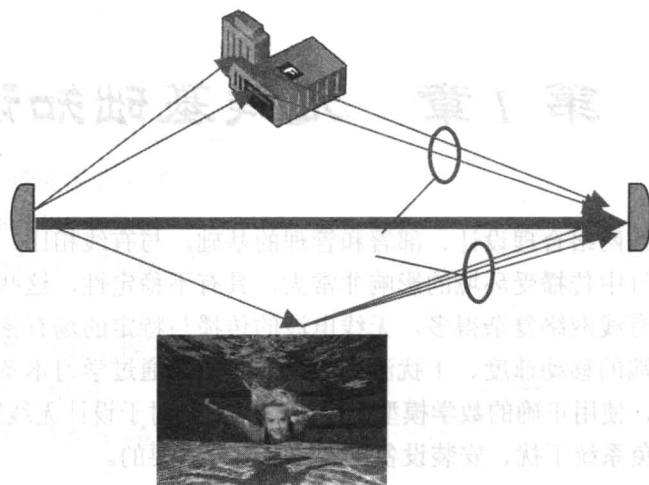


图 1-1 反射示意图

2. 衍射

无线电波入射到建筑物、墙壁或其他大型物体的边缘时，可以把边缘看成二次波源。电波在衍射的边缘处以柱面波传播。由于电波衍射，那么即使在收发天线之间没有视线路径存在，电波遇到障碍物时也会发生自然的围绕障碍物的弯曲，如图 1-2 所示，接收天线仍然可以接收到电波信号。在无线信道中，尤其是频率较高的无线信号，衍射波的信号取决于障碍物的几何形状、衍射点电波的振幅以及相位移积极化状态。尽管衍射波信号比较弱，但仍可以被性能好的接收机检测到。在无线工程中，由于建筑物的阻挡，不能视距传输时，可以利用衍射波的特性进行无线站点设计。衍射波的信号比主波束减少 25~30 dB。

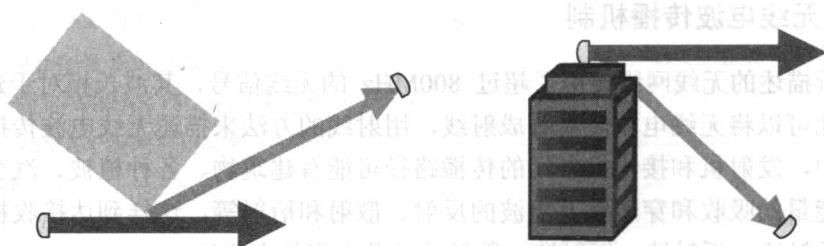


图 1-2 衍射示意图

3. 散射

在电磁波传播的介质中，如果充满了大小与波长相比很小的障碍物，那么电磁波就会发生散射。无线信道中不光滑的物体表面、树叶等都可以发生散射。散射情况下，近散射源时，无线信道中实际测得的信号功率比反射和衍射模型所计算的理论值高，这是因为当入射到表面粗糙的介质时，电磁波会向四面八方传播，形成球面波。

就微观而言，散射实际上是反射，只不过反射面很小，并且各个散射面的方向随机分布。宏观而言，如果介质表面光滑，并且其尺寸比波长大很多，就会发生反射现象。如果表面很粗糙，就会发生散射。

4. 吸收

微波信号会被雨、树叶吸收，减小信号的功率。树叶吸收一定的能量，潮湿的树叶会吸收更多的能量，所以，冬季站址勘察时所测得信号强度与夏季是不同的。因此，应尽量避免树木的阻挡，并留出一定的信号强度储备以弥补大雨和树叶引起的信号衰落。

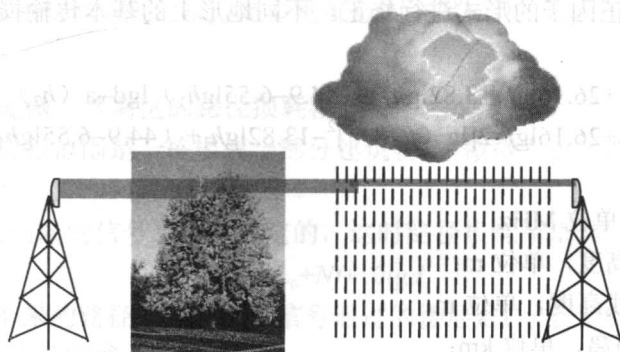


图 1-3 吸收示意图

电磁波的反射、衍射、散射和吸收对于电磁波能量的传播起着重要作用，同时也是产生无线信道衰落的根本原因。

1.1.2 电波传播的路径损耗预测

在设计无线覆盖系统时，计算信号覆盖范围是首要任务，而信号覆盖范围计算的核心是路径损耗模型。由于无线环境的复杂性和多变性，要计算接收信号的场强是相当困难的，因此通常做法是在大量场强测试的基础上，经过对数据的分析与统计处理，找出各种地形下的传播损耗与距离、频率以及天线高度的关系，给出传播特性的各种图表和计算公式，建立传播模型从而预测接收信号的场强。没有一个模型可以适合所有的传播环境，因此要求设计人员要根据具体的情况选择合适的模型。

不管是用哪一种模式来预测无线覆盖范围，都只是基于理论和测试结果统计的近似计算，城区街道中各种密集的、不规则的建筑物反射、绕射及阻挡，都会给数学模型预测带来很大困难。因此，模型可以指导网络基站选点及布点的初步设计，但仍需通过现场勘查和具体测试完成无线网络设计。

1. 理想自由空间损耗

无线电波在自由空间的传播是电波传播研究中最基本、最简单的一种。自由空间是满足下述条件的一种理想空间：（1）均匀无损耗的无限大空间；（2）各向同性；（3）电导率为零。

在自由空间发射功率和接收功率之间的关系如下：

$$\frac{P(r)}{P(t)} = G(r)G(t)\left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2$$

在自由空间传播条件下，传输损耗 L_s 的表达式为：

$$L_s = 32.45 + 20\lg f + 20\lg d$$

自由空间基本传输损耗 L_s 仅与频率 f 和距离 d 有关。当 f 和 d 扩大一倍时， L_s 均增加 6dB。

2. 用于宏蜂窝区的路径损耗模型

宏蜂窝区的跨越范围为几公里至几十公里，常用的无线网络频率为 900MHz、1800MHz、1900MHz。采用的路径损耗模型是 Okumura-Hata 模型。

该模式以准平坦地形大城市区的中值场强或路径损耗作为参考，对其他传播环境和地形条件等因素分别以校正因子的形式进行修正。不同地形上的基本传输损耗按下列公式分别预测。

$$L(\text{市区}) = 69.55 + 26.16 \lg f - 13.82 \lg h_1 + (44.9 - 6.55 \lg h_1) \lg d - a(h_2) - s(a)$$

$$L(\text{郊区}) = 64.15 + 26.16 \lg f - 2[\lg(f/28)]^2 - 13.82 \lg h_1 + (44.9 - 6.55 \lg h_1) \lg d - a(h_2)$$

其中：

f ——工作频率，单位 MHz；

h_1 ——基站天线高度，单位 m；

h_2 ——移动台天线高度，单位 m；

d ——到基站的距离，单位 km；

$a(h_2)$ ——移动台天线高度增益因子，单位 dB；

$$a(h_2) = \begin{cases} (1.1 \times \lg f - 0.7) h_2 - 1.56 \lg f + 0.8 & (\text{中, 小城市}) \\ 3.2[\lg(11.75 h_2)]^2 - 4.97 & (\text{大城市}) \end{cases}$$

$s(a)$ ——市区建筑物密度修正因子，单位 dB；

$$s(a) = \begin{cases} 30 - 25 \lg a & (5\% < a \leq 50\%) \\ 20 + 0.19 \lg a - 15.6 & (1\% < a \leq 5\%) \\ 20 & (a \leq 1\%) \end{cases}$$

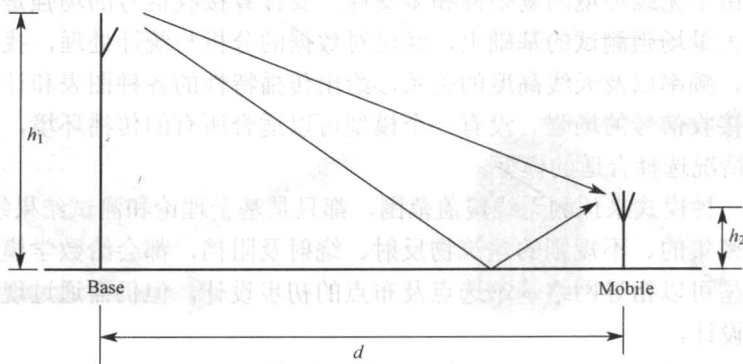


图 1-4 电波传播模型示意图

3. 用于微蜂窝区的路径损耗模型

微小区跨越的范围为几百米到一公里，它使用的基站天线通常安装到街灯柱上。在有障碍物的路径中，在建筑物的边角和屋顶处发生的信号衍射变得很重要。微小区的信号传播受到建筑物、地面反射以及车辆的影响，使得传播特性非常复杂。

Cost-231-Walfish-Ikegami 电波传播衰减计算模型是从对众多城市的电波实测中得出的一种小区域覆盖范围内的电波损耗模式。

分视距和非视距两种情况：

(1) 视距情况，基本传输损耗采用下式计算：

$$L=42.6+26\lg d+20\lg f$$

(2) 非视距情况，基本传输损耗由三项组成：

$$L=L_0+L_{\text{msd}}+L_{\text{rts}}$$

$$L_0=32.4+20\lg d+20\lg f$$

其中， L_0 代表自由空间损耗； L_{msd} 是多重屏蔽的绕射损耗； L_{rts} 是屋顶至街道的绕射及散射损耗。

4. 用于室内“微微”蜂窝区的路径损耗模型

“微微”小区的覆盖范围是一栋楼或部分建筑物。“微微”小区的跨度在30~100米之间。

假定建筑物楼层引起的信号衰落是恒定的，这时路径损耗模型为：

$$L=L_0+Nf+10\lg d$$

其中 L_0 代表第1米的路径损耗； N 是信号通过的楼层数； f 表示每层引起的信号衰落； d 是发射器和接收器之间的距离。

多年来，人们对电波由建筑物外进入室内的穿透损耗进行了大量的测试和研究。穿透损耗的大小与建筑物的材料、窗户、通信频率有关。

- ◆ 金属玻璃：12~15 dB 的损失
- ◆ 普通玻璃：6 dB 的损失
- ◆ 砖混墙：3~5 dB 的损失
- ◆ 水泥浇筑墙：金属网的水泥浇筑墙会产生很强的反射

1.2 多径效应和多普勒效应

前面各种模型的信号强度特性是大尺度的平均值，实际上，接收信号由于移动终端的运动而快速波动，这种波动导致沿不同路径到达的多个信号分量发生变化，这种信号幅度的快速波动是一种小尺度的衰落。

本节主要讨论两种引起信号幅度快速波动的效应：一种是多普勒效应，是由于移动终端朝着或背着基站运动而产生的；另一种是多径衰落，由于信号沿不同路径到达相加而产生。

1.2.1 多径衰落模型

无线信号在传播过程中，接收端受到障碍物和其他移动体的影响，以致到达接收端的信号是来自不同传播路径的信号之和，不同相位的信号进行相加造成信号幅度波动，从而产生多径衰落。

为了获得这些波动模型，可以按照时间生成接收信号的柱状图。用于多径衰落的最常见的分布是瑞利分布 (Rayleigh)，它的概率密度函数为：

$$f(r) = \frac{r}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right) \quad r \geq 0$$

小尺度衰落会产生非常高的误比特率，不能简单地增加发射功率减小多径衰落，一般通过带频谱交错的差错控制码、分集技术和定向天线技术减小多径效应。

1.2.2 多普勒效应

多普勒效应是由于接收端移动而产生的，由此而产生接收信号强度波动的频谱称为多普勒频谱。在图 1-5 (a) 中，发送器和接收器保持固定，附近也没有其他移动体，这时接收信号是恒定包络的，而且频谱仅是一个脉冲。在图 1-5 (b) 中，发送器任意移动，导致接收信号产生波动，这时的频谱宽度扩展到 6Hz，这个频谱就是多普勒频谱。

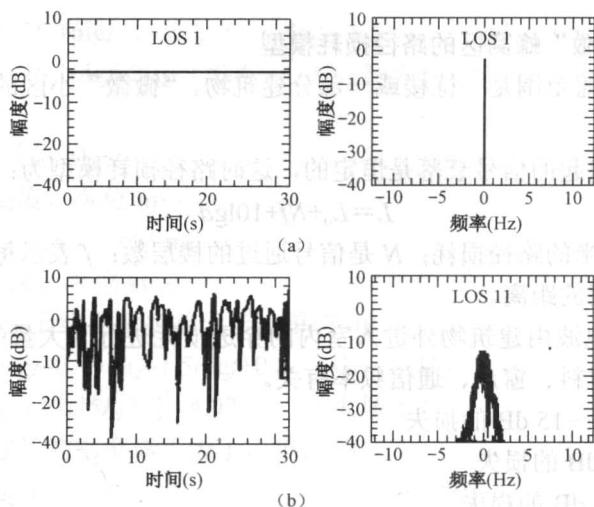


图 1-5 多普勒的测量值

常用的多普勒模型为：

$$D(\lambda) = \frac{1}{2\pi f} \left[1 - (\lambda/f)^2 \right]^{-1/2} \quad -f \leq \lambda \leq f$$

其中 f 是最大多普勒频率，它与终端的移动速度有关。通过设计合适的编码技术、频谱交错技术和调频技术，可以减少多普勒效应造成的信号快速衰落。

思考题

1. 信号在自由空间的发射功率为 1W，载波频率为 2.4GHz，如果接收器和发送器的距离为 1.6 公里，发射和接收天线的增益为 1.6，则接收功率是多少？路径损耗为多少？传播时延为多少？

2. 使用什么技术可以克服瑞利衰落？

3. 什么是多普勒效应？如何测量？

第 2 章 IEEE 802.11 无线局域网

无线局域网 (WLAN) 是利用无线通信技术在一定的局部范围内建立的网络, 是计算机网络与无线通信技术相结合的产物, 它以无线多址信道作为传输媒介, 提供传统有线局域网 LAN (Local Area Network) 的功能, 能够使用户真正实现随时、随地、随意的宽带网络接入。

如果从 MAC 层进行划分, 无线局域网的标准化进程分为两大阵营: 一个是 802.11 阵营, 主张采用无连接的 WLAN, 是从面向数据的计算机通信发展而来的, 另一个阵营是 HIPERLAN-2, 是基于连接的 WLAN, 从面向语音通信的蜂窝电话发展而来。如今 802.11 标准几乎占据整个市场, 本章内容主要讲述 802.11 标准阵营。

2.1 IEEE 802.11 无线局域网基础知识

2.1.1 IEEE 802.11 的发展历程

IEEE 802.11 (为叙述方便, 本书技术标准名称均省略“IEEE”) 是最早的无线局域网标准, 1987 年由 802.4 小组开始对无线局域网进行研究, 1991 年 5 月, 802.11 工作组正式成立, 开发无线局域网 MAC 层协议和物理介质标准。1997 年 11 月 26 日, 802.11 标准正式发布, 作为第一代无线局域网标准, 该标准定义了物理层和介质访问控制 (MAC) 层的规范, 允许无线设备制造商建立互操作网络设备, 该标准的诞生促进了不同厂家产品间的互连互通, 推动了无线网络技术的发展。

最初的 802.11 主要支持 1Mbps 和 2Mbps 数据速率, 支持 DSSS、FHSS 和 DIFR 等物理层。随着无线局域网技术的不断更新和完善, IEEE 又制定了大量的协议扩展标准, 用 802.11 后接相应的字母表示, 如图 2-1 所示, 字母的顺序已经从 a 排到了 n。

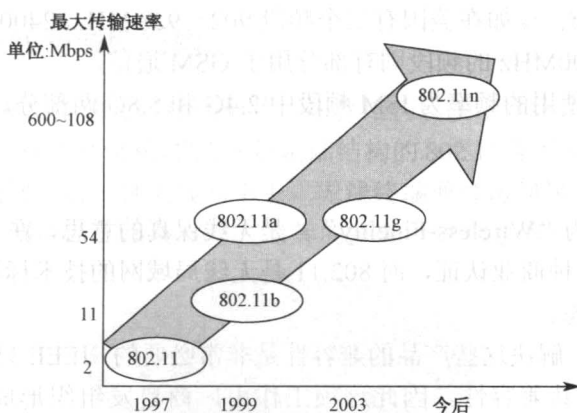


图 2-1 802.11 物理层标准发展

802.11 标准涵盖许多子集, 其中主要子集列表如下:

- 802.11a: 在 5GHz 通信频带内使用正交频分复用 (OFDM) 技术实现最高 54Mbps 的物理层传输速率;
- 802.11b: 在 2.4GHz 通信频带内实现最高 11Mbps 的传输速率;
- 802.11d: 定义域管理 (Regulatory Domains);
- 802.11e: 定义服务质量 (QoS, 即 Quality of Service), 目前已经成为正式标准;
- 802.11F: 接入点间的互联协议 (IAPP, 即 Inter-Access Point Protocol);
- 802.11g: 争取在 2.4GHz 通信频带内取得更高的速率, 即利用 802.11b 的通信频带实现 802.11a 的速率;
- 802.11h: 5GHz 通信频带内零的功耗管理;
- 802.11i: 网络安全性;
- 802.11n: 下一代无线局域网技术, 提供 100Mbps 以上的净荷速率。

按照物理层和 MAC 层将这些 802.11 标准进行了分类, 如图 2-2 所示。

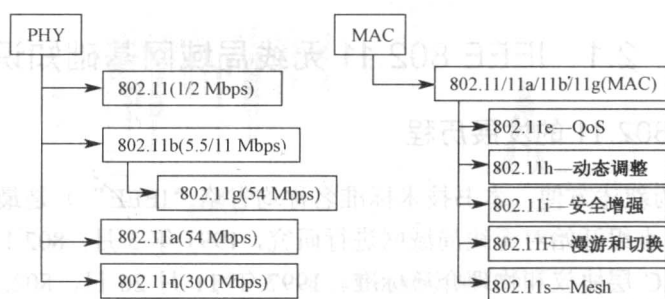


图 2-2 802.11 标准的划分

2.1.2 ISM 频段

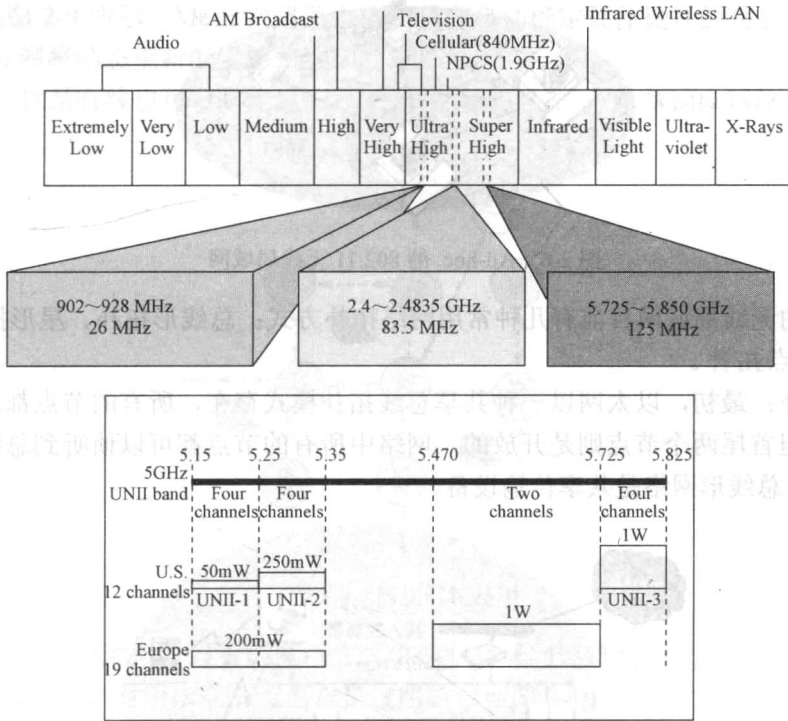
ISM (Industrial Scientific and Medical) 频段是一个免许可证的可用于发展消费电子产品的频段, 由美国联邦通信委员会 (FCC) 分配, 设备功率不能超过 1W。ISM 频段分为工业 (902~928MHz), 科学研究 (2.42~2.4835GHz) 和医疗 (5.725~5.850GHz), 如图 2-3 所示。ISM 频段在各国规定并不统一。如在美国有三个频段 902~928 MHz, 2400~2483.5 MHz, 5725~5850 MHz, 而在欧洲 900MHz 的频段则有部分用于 GSM 通信。

802.11 无线局域网使用的频率为 ISM 频段中 2.4G 和 5.8G 两部分。

2.1.3 Wi-Fi

Wi-Fi 的英文全称为 “Wireless-Fidelity”, 是无线保真的意思, 在无线局域网中是指 “无线兼容性认证”, 它是一种商业认证, 而 802.11 是无线局域网的技术标准, 两者不能等同, 但两者保持同步更新的状态。

无线产品种类繁多, 解决这些产品的兼容性是非常必要的。IEEE 只负责产品的技术标准, 并不负责产品的测试及其兼容性, 因此这项工作由厂商自发组织形成的非营利性机构, 即 Wi-Fi 联盟来担任。凡是通过 Wi-Fi 联盟兼容性测试的产品, 都会被授权打上标记, 如图 2-4 所示, 因此我们选购产品时, 最好选择有 Wi-Fi 标记的产品, 以确保产品之间的兼容性。



- U-NII-1: 室内应用
- U-NII-2: 室内或短距离室外应用, 如校园网
- U-NII-3: 长距离室外应用, 点对点链路

图 2-3 802.11 频率的划分



图 2-4 Wi-Fi 图标

2.1.4 802.11 无线局域网结构

网络拓扑是指网络中设备的几何排列形状, 拓扑结构反映了网络中设备的物理连接特性。802.11 无线局域网包含两种拓扑结构, 图 2-5 是基础结构的 802.11 无线局域网, 图 2-6 是 Ad-hoc 结构的 802.11 无线局域网。前一种无线网络中, 无线终端通过访问接入点设备 AP 与骨干网相连。在 Ad-hoc 无线网络中, 无线终端是在对等的基础上进行通信的。

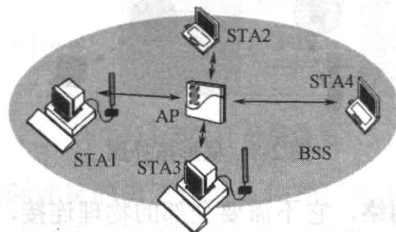


图 2-5 基础结构的 802.11 无线局域网

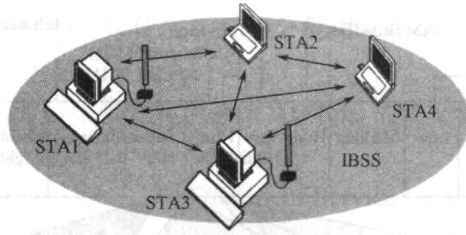


图 2-6 Ad-hoc 的 802.11 无线局域网

基础结构的无线局域网目前几种常用网络拓扑方式：总线形拓扑、星形拓扑、网状网拓扑以及点对点拓扑。

总线形拓扑：最初，以太网以一种共享总线拓扑模式存在，所有的节点都连接到一个共同的线缆上，但首尾两个节点则是开放的，网络中所有的节点都可以侦听到总线上的传输，如图 2-7 所示。总线形网络是共享传输设备。

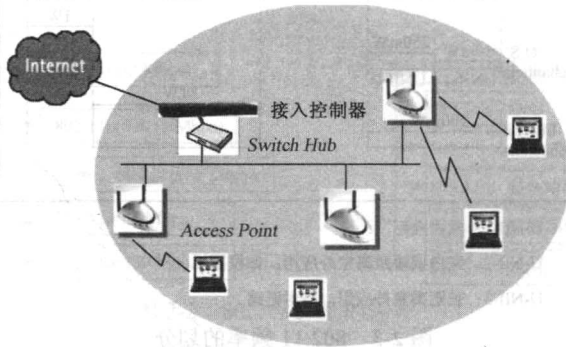


图 2-7 总线形拓扑图

星形拓扑：目前大多数的局域网采用的是一种星形的拓扑方式，即：将所有的节点连接到一个交换机上，交换机又可以相互连接组成一个大的网络，如图 2-8 所示。星形结构比较简单，每个用户都与交换机连接，用户之间完全独立。这种结构容易接入新的业务，但由于连接设备不能共享，故成本较高。

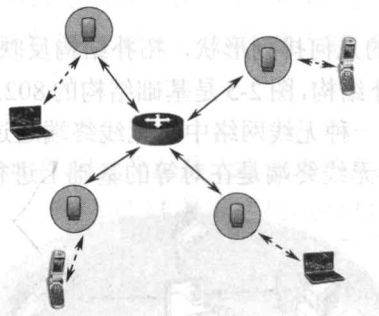


图 2-8 星形拓扑图

网状网拓扑：也称 Mesh 网络，它不需要全部的物理连接，只要将一个节点连接到 Mesh 网中的任何一个节点，它即可完全连接到整个网络，Mesh 网中每个节点都可以转发其他节点

的数据包，如图 2-9 所示。Mesh 网络路由协议具有自动确定最佳途径的功能，如果某条链路不可用，Mesh 网将动态重新配置路由器。

Mesh 网可以有有线也可以是无线。对于无线 Mesh 网，简称 WMN 网络，也称无线网状网。

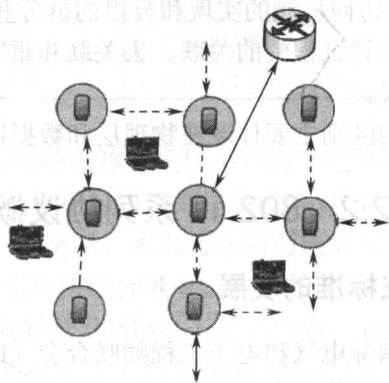


图 2-9 网状网拓扑图

点对点拓扑：把无线 AP 设置成网桥方式将两个局域网连接起来。这种方式是为局域网存储转发数据而设计的，对于末端节点用户是透明的，如图 2-10 所示。

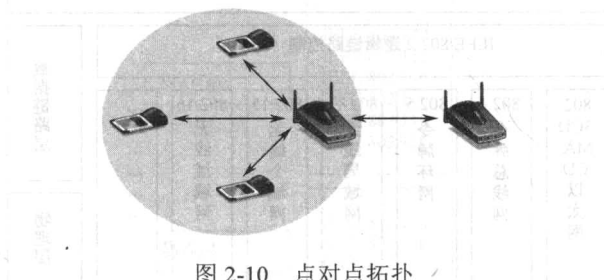


图 2-10 点对点拓扑

2.1.5 802.11 分层协议体系

802.11 定义了无线局域网设备的物理层和链路层协议规范，图 2-11 展示了 802.11 标准的协议分层架构。

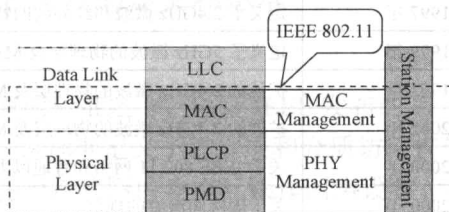


图 2-11 802.11 分层体系

物理层定义了设备之间实际连接的电气性能。物理层向下直接与传输介质连接，向上服务于数据链路层。该层包括使用频率、调制技术、频率扩展技术等。

物理层分为 3 个子层：PLCP（物理层汇聚协议）、PMD（物理介质相关协议）、物理层