

短距离

无线与移动通信网络

方旭明 何 蓉 等编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

短距离无线与移动通信网络

方旭明

等 编著

何 蓉

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

短距离无线与移动通信网络 / 方旭明, 何蓉编著. —北京: 人民邮电出版社, 2004.8

ISBN 7-115-11861-2

I. 短... II. ①方... ②何... III. ①短距离—无线电通信—通信网②短距离—移动通信—通信网 IV. TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 077442 号

内 容 提 要

本书是关于无线与移动通信网络的理论与技术方面的专业书籍, 其内容主要涉及目前学术界与工程技术界在短距离无线与移动通信领域的几大热点技术: 无线局域网、蓝牙网络、移动 Ad Hoc 网络和超宽带(UWB)技术, 但重点是后面三大技术。本书全面分析以上三个方面的基本理论、基本技术、基本方法与实际应用, 全书以全新的视野, 翔实的资料, 详细阐述短距离无线与移动通信网络领域的一些新的问题、解决问题的方案和产品的的设计方法。书中相当一部分内容反映了近年来本领域内专家与学者的研究成果, 通过学习本书, 读者可以在最短的时间内掌握目前短距离无线与移动通信网络的前沿技术。

本书适用于作通信与信息系统、计算机科学与技术、计算机网络、电子与信息等相关专业的大学本科高年级学生和研究生教材、教辅、教学参考或自学用书, 也可供以上专业的工程技术人员和管理人员作充实与提高的参考书籍。

短距离无线与移动通信网络

◆ 编 著 方旭明 何 蓉 等

责任编辑 杨 凌

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129258

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京密云春雷印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 18.5

字数: 451 千字

2004 年 8 月第 1 版

印数: 1-4 000 册

2004 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN7-115-11861-2/TN · 2207

定价: 30.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

近 10 年来,无线与移动通信以前所未有的速度迅猛发展,无论是在理论上,还是在技术上,各种无线与移动通信系统均有了长足的进步。尽管由于全球经济发展速度放缓影响了第三代移动通信(3G)系统的商业化进程,但近几年来,短距离无线与移动通信异军突起,无线局域网(WLAN)、蓝牙技术、移动 Ad Hoc 网以及超宽带(UWB)技术等各种热点技术相继出现,均展现出各自巨大的应用潜力,为我们开发各种应用系统提供了无限的想象空间。

短距离无线与移动通信在军事、工业、科学、医疗及日常生活等领域的需求日益增多。例如,几个技术人员或商务人员需要在机场或某一公共场所临时召开一个非正式会议,并交换会议文件,而会议现场并没有可以利用的通信基础设施,如何使各自携带的笔记本电脑或个人数字助理(PDA)互连通信呢?再比如,像伊拉克战争这样大量使用地面武装力量的战争,如何使行进中的士兵、战车、飞机等在指挥员的指挥下高度协调一致地作战?开发这样的应用系统需要哪些技术来支撑?如何开发这样的应用系统?本书所涉及的内容就是要提供解开萦绕在我们头脑里的这些疑团的方法。

针对书店里已经有大量关于 WLAN 的书籍,而缺少关于蓝牙网络、移动 Ad Hoc 网络和 UWB 技术等书籍的现状,本书不再在 WLAN 方面花费过多的笔墨,只在第 1 章对它作简要的介绍,而对蓝牙网络、移动 Ad Hoc 网络和 UWB 技术等方面精心组织素材,编写了这本《短距离无线与移动通信网络》,希望通过本书的出版弥补这些方面书籍匮乏的现状,开阅读者的视野,为我国培养这一领域的尖端科技人才贡献一份力量。

本书共分为五个部分,即前四章为正文,后加一个附录。第 1 章介绍了短距离无线与移动通信网络的发展、类型和当前已出现的与潜在的应用。由于短距离无线与移动通信网络涵盖 WLAN、无线个人域网(WPAN)、蓝牙技术、移动 Ad Hoc 网络、无线传感器网络和 UWB 等技术,所以本章对它们均作了简要的描述。值得一提的是,因为本书不着重于介绍 WLAN/WPAN 等技术,所以有关这方面的内容只在这一章进行了介绍。

第 2 章介绍蓝牙网络,共分 7 节。首先介绍蓝牙技术的基本知识背景,然后重点介绍蓝牙组网技术,其中包括个人域网络、蓝牙微微网和蓝牙散射网。除此之外,还介绍了近年来人们十分关注的蓝牙网络的安全性问题,其中涉及蓝牙技术现有的安全机制以及目前人们对于现有安全机制的改进方案。最后,还介绍了目前市场上现有的蓝牙模块和开发工具,并介绍了蓝牙应用系统的开发方法。

第 3 章介绍移动 Ad Hoc 网络,共分 7 节。首先介绍移动 Ad Hoc 网络的起源与基本概念,然后分节介绍移动 Ad Hoc 网络组网中所涉及的基本技术,其中包括基于移动 Ad Hoc 网络的 MAC 协议、移动 Ad Hoc 网络的路由协议、移动 Ad Hoc 网络的 TCP 以及其他有关联的协议。目前,蓝牙节点是一种能够有效构造移动 Ad Hoc 网络的手段之一,为此,在这一章介绍了基于蓝牙技术的移动 Ad Hoc 网络的组网技术。在这一章的最后,还介绍了几个潜在应用的实例。

第4章介绍超宽带(UWB)技术,共分6节,分别介绍UWB技术的历史背景、UWB信号的编码与调制技术、UWB收发器、UWB多址接入技术和UWB技术的潜在应用。为了说明UWB技术的应用,这一章专门介绍了IEEE 802.15.3a标准的有关细节,特别是其中所涉及的UWB技术的应用部分。

最后一部分为附录,其中介绍国际上一些著名的研发机构,以及他们所专长的主要领域。此外,附录还介绍了两个著名的仿真工具——NS2和Opnet,概述了它们的特点及一般使用方法。这一部分的内容为我们开展相关理论与技术的研究、仿真等提供了必要的信息和开发手段。

本书主编为西南交通大学“多媒体无线与移动网络研究室”主任方旭明教授,参加编写工作的还有何蓉、张连波、申辉贤、蔡慧辉、代玲莉、赵春芬、王英洲和陆慧等教师与研究生。需要指出的是,本书相当一部分内容参考了学术界近期的研究成果,我们尽量以客观的态度介绍一些具有代表性的研究方法与结论,这些内容均不代表本书作者的观点,其中必然存在有争议的地方,希望留待读者去进一步探究。尽管我们力求完美,但书中还必然会存在由于本书作者学术水平有限和工作疏忽所导致的错误,我们真诚地企盼读者批评指正。

作 者

2004年2月于交大东园

目 录

第 1 章 短距离无线与移动通信网络简介	1
1.1 短距离无线与移动通信网络的发展	1
1.2 短距离无线与移动通信网络技术的分类及特点	3
1.2.1 无线局域网 (WLAN) 与 IEEE 802.11 标准族	4
1.2.2 蓝牙无线通信标准	8
1.2.3 无线个人域网络 (WPAN) 与 IEEE 802.11.3a 标准	9
1.2.4 移动自组织 (Ad Hoc) 网络与无线传感器网络	9
1.2.5 超宽带 (UWB) 无线通信技术	12
1.3 短距离无线与移动通信网络的应用	12
1.3.1 无线局域网 (WLAN) 的应用	13
1.3.2 蓝牙技术的应用	14
1.3.3 移动自组织 (Ad Hoc) 网络的应用	17
1.3.4 超宽带 (UWB) 技术的应用	21
第 2 章 蓝牙网络	25
2.1 蓝牙网络基本概念	25
2.1.1 蓝牙网络背景	25
2.1.2 蓝牙协议栈简介	26
2.1.3 蓝牙子集 (Profile) 简介	31
2.2 蓝牙协议栈	33
2.2.1 蓝牙模块	33
2.2.2 蓝牙主机	44
2.2.3 交叉层功能	64
2.3 蓝牙个人域网络 (PAN)	72
2.3.1 蓝牙 PAN 子集	73
2.3.2 蓝牙 PAN 的构建与特点	81
2.4 蓝牙微微网	84
2.4.1 蓝牙微微网拓扑结构	84
2.4.2 蓝牙微微网的混合结构	84
2.4.3 蓝牙微微网的工作原理	85
2.5 蓝牙散射网	87
2.5.1 蓝牙散射网的拓扑结构	88
2.5.2 蓝牙散射网的调度策略	90
2.6 蓝牙安全机制及其改进	98

2.6.1	蓝牙安全性机制的现状	98
2.6.2	用户认证的改进	99
2.6.3	接入控制的改进	100
2.7	蓝牙应用系统的开发	101
2.7.1	蓝牙模块	102
2.7.2	蓝牙系统开发工具	110
2.7.3	蓝牙应用系统开发方法	115
第3章	移动自组织 (Ad Hoc) 网络	119
3.1	移动 Ad Hoc 网络基本概念	119
3.1.1	移动 Ad Hoc 网络的起源	120
3.1.2	什么是移动 Ad Hoc 网络	121
3.1.3	移动 Ad Hoc 网络的类型	123
3.1.4	移动 Ad Hoc 网络所面临的新的问题	123
3.2	移动 Ad Hoc 网络 MAC 协议	125
3.2.1	无线 MAC 协议面临的挑战	125
3.2.2	隐藏终端与暴露终端问题	126
3.2.3	MACA 与 MACAW 协议	128
3.2.4	IEEE 802.11 MAC 协议 (DCF)	129
3.2.5	带信令的功率感知多址协议 (PAMAS)	132
3.2.6	双忙音多址接入 (DBTMA) 协议	135
3.2.7	定向 MAC 协议	136
3.2.8	基于移动 Ad Hoc 网络的其他 MAC 协议	140
3.3	移动 Ad Hoc 网络的路由协议	141
3.3.1	移动性对路由的影响	141
3.3.2	移动 Ad Hoc 网络路由协议的分类	143
3.3.3	目的排序距离矢量 (DSDV) 协议	143
3.3.4	Ad Hoc 按需距离矢量 (AODV) 协议	146
3.3.5	动态源路由 (DSR) 协议	150
3.3.6	临时排序路由算法 (TORA)	152
3.3.7	簇头网关交换路由协议 (CGSR)	158
3.3.8	基于关联性的路由 (ABR) 协议	159
3.3.9	几种路由协议的比较	161
3.4	移动 Ad Hoc 网络的 TCP	162
3.4.1	TCP 在移动 Ad Hoc 网络中遇到的问题	162
3.4.2	移动 Ad Hoc 网络中 TCP 的方案	163
3.5	移动 Ad Hoc 网络其他关联协议	172
3.5.1	移动 IP	172
3.5.2	移动 IP 的路由优化技术	177
3.5.3	移动 Ad Hoc 网络的安全	180

3.6 基于蓝牙技术的 Ad Hoc 网络	190
3.6.1 蓝牙 Ad Hoc 网络的形成	190
3.6.2 蓝牙 Ad Hoc 网络的路由协议	195
3.6.3 蓝牙 Ad Hoc 网络的带宽容量分配	200
3.7 移动 Ad Hoc 网络应用举例	205
3.7.1 移动 Ad Hoc 网络潜在的应用	205
3.7.2 移动 Ad Hoc 传感器网络	206
3.7.3 移动 Ad Hoc 战场自愈雷场系统	208
第 4 章 超宽带 (UWB) 无线技术	212
4.1 UWB 技术背景	212
4.1.1 UWB 技术的历史	212
4.1.2 什么是 UWB?	213
4.1.3 UWB 的空间容量	218
4.2 UWB 信号的编码与调制	219
4.2.1 UWB 信号的编码	219
4.2.2 UWB 常用的调制技术	220
4.2.3 UWB 多带技术	221
4.3 UWB 收发器	222
4.3.1 UWB 收发器结构	223
4.3.2 UWB 相关接收器	223
4.4 UWB 多址接入技术	224
4.4.1 UWB 多址接入模型	225
4.4.2 UWB 多址接入系统的容量	235
4.5 UWB 技术的应用	239
4.5.1 世界范围内对 UWB 的规定	239
4.5.2 UWB 的主要优点与面临的挑战	241
4.5.3 基于 UWB 技术的潜在应用	242
4.6 IEEE 802.15.3a WPAN 标准	245
4.6.1 IEEE 802.15.3a 标准的基本特征	245
4.6.2 IEEE 802.15.3a 无线收发器特征	247
附录 A 移动 Ad Hoc 网络领域部分活跃的机构与组织	249
附录 B 超宽带 (UWB) 技术领域部分活跃的机构与组织	251
附录 C 仿真工具 NS2 简介	255
附录 D 仿真工具 OPNET 简介	271
参考文献	278

第 1 章 短距离无线与移动通信网络简介

随着各种便携式个人通信设备与家用电器设备的增加，人们在享受蜂窝移动通信系统带来的便捷的同时，对短距离的无线与移动通信又提出了新的需求，这种短距离的无线通信主要用于家庭、办公室、商场等室内场所，有时也用于室外环境。这种技术的应用大大地改善了人们的生活与工作质量，对现有的无线长距离通信技术（如蜂窝移动通信技术、卫星通信技术）是一个良好的补充。

本章在详细介绍蓝牙网络、移动 Ad Hoc 网络和 UWB 技术这三种主流的短距离无线与移动通信网络技术之前，首先对所有相关的短距离无线与移动通信技术作一个概括性的介绍，包括各种无线局域网（WLAN）标准、蓝牙无线通信标准、移动 Ad Hoc 网络和 UWB 技术的基本背景与主要特点，使读者对短距离无线与移动通信网络技术有一个全貌性的了解。

1.1 短距离无线与移动通信网络的发展

正如英特尔公司的 David G. Leeper 所说的，“如果无线电是一种理想的媒介的话，它可以同时立即为许多同户发送大量数据，而且既远又快。但很遗憾，自然规律无法使其中的 5 个方面同时得到满足——我们必须作出妥协，使其中至少一种我们期望的属性发挥良好。”[1]。从无线通信 100 多年的发展历程来看，无线通信技术的发展正是印证了这一规律。例如，早期的大区制蜂窝系统，支持的用户少，数据传输速率低，但传播距离远；而现在的蜂窝系统，从宏蜂窝到微蜂窝，再到微微蜂窝，通信半径越来越小，但支持的用户越来越多，数据传输速率也越来越高。

毫无疑问，蜂窝移动通信系统的产生与应用是通信领域最伟大的成就之一。到目前为止，第三代通信系统（3G 系统）的商业化进程已经在全球展开；在有些国家或组织，第四代通信系统（4G 系统）的研发也已经在积极开展。作为未来通信系统的重要组成部分，短距离无线与移动系统正在扮演越来越重要的角色，各种网络的融合是我们需要解决的问题。

近几年，由于数据通信需求的推动，加上半导体、计算机等相关电子技术领域的快速发展，短距离无线与移动通信技术也经历了一个快速发展的阶段，WLAN 技术、蓝牙技术、移动自组织（Ad Hoc）网络技术和 UWB 技术等取得了令人瞩目的成就。有这样的观点认为，未来的 4G 系统网络是各种不同网络拓扑结构的集成（如图 1.1.1 所示），其中包括未来的蜂窝移动通信网络、卫星网络、公共交换电话网（PSTN）、WLAN/WPAN、移动 Ad Hoc 网络等，这些网络均集成到因特网的骨干网中[2]。

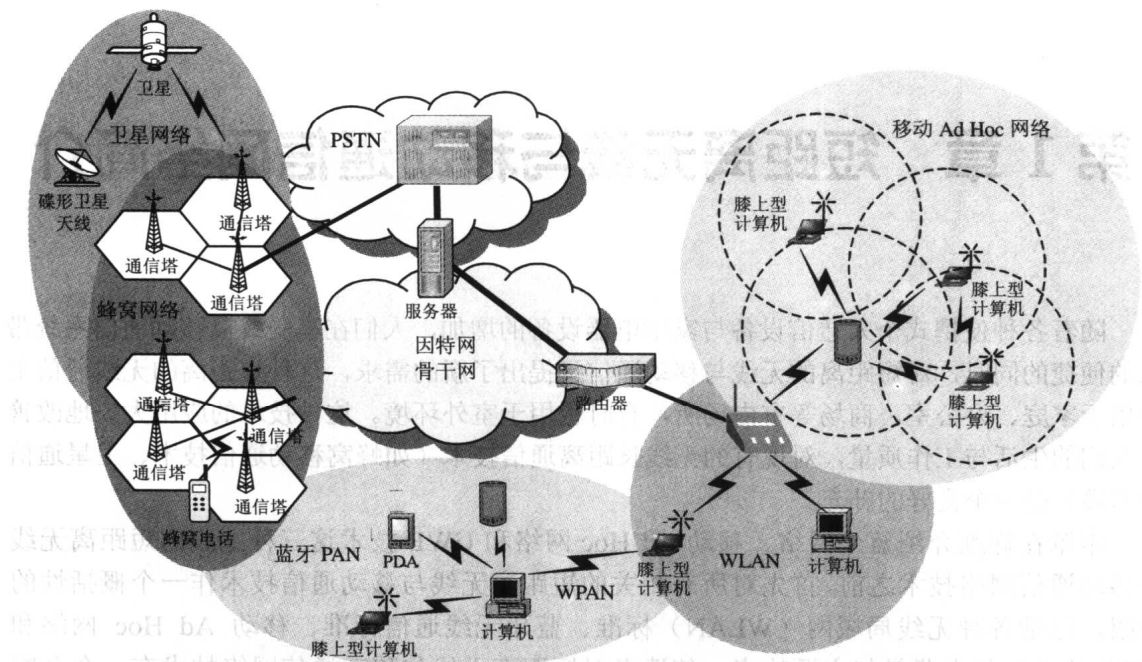


图 1.1.1 4G 网络综合结构

我们自然会有这样的疑问，究竟什么是短距离无线与移动通信技术或通信网络？到目前为止，学术界和工程界对此并没有一个严格的定义。但一般来说，我们称几十米或 100m 之内的通信距离为短距离的通信范围。有时候把 10m 之内的通信距离又称为超短距离。实际上，无线与移动通信系统的通信距离并不是一个固定的值，它会随着工作环境与移动节点的移动在较大的范围变化，因此，精确地归纳技术与距离的关系没有太大的意义。为便于讨论，本书不对短距离和超短距离作严格地区分。如图 1.1.2 所示为通信距离与通信网络技术关系的示意图。

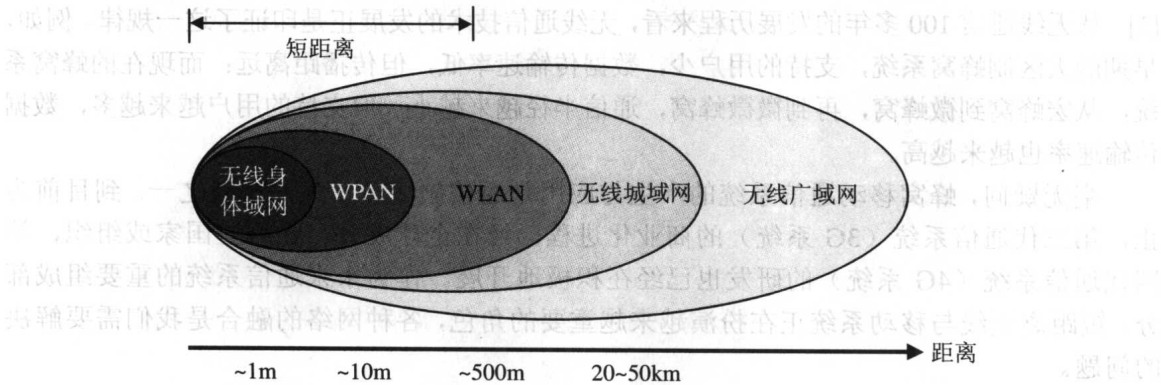


图 1.1.2 通信距离与通信网络技术的关系

较之长距离的无线与移动通信网络技术，短距离的无线与移动通信网络技术以牺牲通信距离为代价，为用户通信业务或用户提供更高的数据传输速率（高达几十兆和上百兆比特每秒）、更低的成本（无需支付通信服务费或频谱使用费）和更大的服务范围（不受基站等通信基础设施的限制）。借助这样的技术，用户可以把移动电话、头戴式耳机、PDA、笔记本

电脑、数字摄像机、各种音频和视频播放设备、各种计算机外部设备和各种家用电气设备通过无线的方式自由地连接起来,不仅免去了杂乱无章的电缆线,而且可实现信息共享。除此之外,用户还可以通过无线接入设备接入到传统的有线或无线核心网络中,实现语音、数据和视频等多媒体业务的无线传输。

短距离无线通信的历史并不短,但发展到标准级的网络技术基本上还是近10年的事。表1.1.1列出了几种主要标准的发展时间表及主要特点。

表 1.1.1 短距离无线通信的发展过程与特点

标准或技术	推出时间	典型通信距离(m)	最大数据传输速率(Mbit/s)
802.11	1997.6	100	2
802.11b	2000.10	100	11
802.11a	1999	50	54
802.11g	2001.11	100	54
蓝牙 1.1	2001.2	10	1
HomeRF	1998	100	1.6
HiperLAN2	2002.2	30	54
IrDA	1994.6	2	16
MANET	1970(大约)	10~100	1(大约)
UWB	2002.4	10	100~200

到目前为止,短距离的无线与移动通信网络技术的应用得到了惊人的发展,涉及工业、商业、科学、医疗、军事、教育等众多领域,并期待着得到更加广泛的应用。

1.2 短距离无线与移动通信网络技术的分类及特点

到目前为止,短距离的无线与移动通信网络技术有了很大的发展,但尚没有严格地对该相关技术进行分类。一般来说,主流的技术有:

(1) WLAN 技术。由于目前的 WLAN 技术在传输距离上已经突破了过去传统的几十米至 100m 的限制,因此, WLAN 是否严格属于短距离通信技术在认识上还有分歧。目前 WLAN 技术标准主要有 IEEE 802.11、HiperLAN2、IrDA 等。

(2) 蓝牙无线通信技术。蓝牙典型通信距离为 10m,如果除去点到点的对等通信模式,以网络的观点来看,蓝牙属于 WPAN 技术。

(3) 移动自组网络或移动 Ad Hoc 网络(简称 Ad Hoc 网络,或 MANET)。由于 Ad Hoc 网络的节点主要是便携式移动节点,要依靠电池来提供动力,而且在非许可证频段工作,因此,就决定了任意两个节点之间的通信距离属于短距离。Ad Hoc 网络的一个典型应用就是无线传感器网络。

(4) 超宽带(UWB)无线通信技术。严格来说,UWB 技术与前三者有着重大的区别,即前三者均属于网络技术的范畴,而 UWB 技术则属于传输技术的范畴。不过,UWB 技术有望在短期内形成标准,成为短距离无线通信的一个重要组成部分。例如,应用在今后的蓝牙

标准中，将蓝牙系统的数据传输速率提高到几百 M 比特每秒。

本节分别对以上所述各项技术作了一个简要的描述，使读者对短距离无线与移动通信网络主要技术有一个总的认识与了解，在后面的章节中将详细介绍其中的蓝牙网络通信技术、Ad Hoc 网络技术和 UWB 技术。

1.2.1 无线局域网（WLAN）与 IEEE 802.11 标准族

早期的 WLAN 典型通信距离在几十米范围之内，也属于短距离无线通信技术，但鉴于 WLAN 不是本书的重点，所以这里仅对 WLAN 作简单介绍。

WLAN 是在有线局域网（LAN）的基础上发展起来的，各种相应的 WLAN 技术或标准是根据用户的移动需求而出现的。较之有线 LAN，WLAN 有以下优点[8，9]：

- （1）用户可移动性。用户可在电磁信号覆盖范围内任意移动，不受线缆的束缚。
- （2）便捷与快速建网。不用穿墙打洞布线，特别是在旧建筑物或古迹等建筑物内节省了布线的时间和投资，使建筑物不至于被破坏。
- （3）组网的灵活性。无线缆意味着可随心所欲地组网和重新组网，不受地点环境等限制。
- （4）低成本。在很多情况下，布线是要为所穿行的地点付出代价的，而无线传输则不受此限制。

WLAN 的出现是以 1997 年 6 月 IEEE 802.11 标准（有时简称 802.11）的颁布作为一个重要的里程碑。到目前为止，WLAN 中比较主流的技术或标准有美国 IEEE 提出的 802.11 标准族、欧洲电信标准协会（ETSI）提出的 HiperLAN 标准、家用射频工作组提出的 HomeRF 标准和红外数据协会提出的 IrDA 标准等。

1. 802.11 标准背景

20 世纪 90 年代初，IEEE 802.11 工作组被指派制定一种全球性的 WLAN 标准，其工作频段为非许可证的工业、科学和医疗（ISM）频段，最大数据传输速率可达 2Mbit/s。1997 年，标准被批准。标准主要是制定物理层和媒体接入控制（MAC）层的规范。该标准就是后来我们所称的第一代标准。在 802.11 标准中，用户移动台可以工作于两种配置方式，即直接通信方式与与多个接入点通信的方式。前者又称为独立配置方式，后者又称为含基础设施的配置方式。

802.11 标准经过一段时间的发展，分别产生了几种不同的扩展标准，即 802.11b/a/g 标准族，它们在技术和性能上各有差异，见表 1.2.1[8，9]。

表 1.2.1 几种主要 802.11 WLAN 标准的差别

标准	频段 (GHz)	最大物理层 数据速率 (Mbit/s)	第三层数据 速率 (Mbit/s)	传输技术	与所列标准 兼容性	主要优点	主要缺点
802.11	2.4	2	1.2	FHSS/DSSS	无	有较大的辐射范围	比特率有限
802.11a	5.0	54	32	OFDM/IR	无	在非拥挤频段有较高的比特率	在 802.11 标准族中，辐射范围最小
802.11b	2.4	11	6~7	DSSS	802.11	应用广泛，有较大的辐射范围	对许多现在的应用需求来说，比特率太低
802.11g	2.4	54	32	OFDM	802.11/ 802.11b	在 2.4GHz 频段有较高的比特率	共存 WLAN 数目少，辐射范围比 802.11a 大

在工作频段上, 802.11 标准族工作在 2.4GHz 或 5GHz 非许可证频段上, 而在 2.4GHz 频段中, 在物理层的传输技术上, 有两个种选择, 即:

(1) 直接序列扩频 (DSSS), 物理层的数据传输数率分别为 1Mbit/s、2Mbit/s、5.5Mbit/s 和 11Mbit/s;

(2) 跳频扩频 (FHSS), 物理层的数据传输数率分别为 1Mbit/s 和 2Mbit/s。

两个均工作在 2.4GHz 频段并遵守同样物理层规范的 802.11 网络可以互通。例如, FHSS WLAN 可以与另一个 FHSS WLAN 通信, 但是却不能直接与 DSSS WLAN 通信。

对于 802.11a 标准, 物理层还可以工作在红外线 (IR) 频段, 其波长为 850~950nm, 接近可见光。信号传输距离在 10m 左右。

802.11 标准族协议层示意图如图 1.2.1 所示[3]。

802.11 标准允许无线用户终端设备通过射频 (RF) 收发器与以太网中的无线接入点 (AP) 通信, 而 AP 直接与有线网络相连, 就如同有线以太网中的集线器 (Hub)。只要用户设备始终处于 AP 收发器的电磁信号覆盖范围内, 用户设备就可以保持与网络的连接, 连续地收发数据。

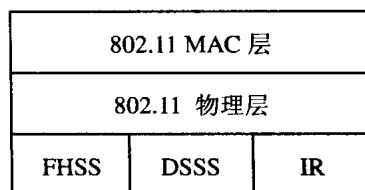


图 1.2.1 802.11 标准协议层

早期的 802.11 标准最大数据速率只能达到 2Mbit/s, 2000 年 10 月, 802.11b 标准得到批准。而 802.11b 标准 (俗称 Wi-Fi) 则采用了较先进的技术, 使其支持的数据数率最高达到 11Mbit/s。除此之外, 802.11 和 802.11b 的差别在于 802.11 标准允许 3 种不同的无线信道传输技术, 即 FHSS、DSSS 和红外线, 而 802.11b 则只支持 DSSS, 见表 1.2.1。

与有线 LAN 不同, WLAN 的性能要受到环境和移动台与 AP 之间的距离的影响。例如, 802.11b 的典型通信距离在数据传输速率为 11Mbit/s 时为 30~45m, 5.5Mbit/s 时为 40~45m, 2Mbit/s 时为 75~100m。实际上, 用户的移动性、无线环境中的多径效应、同频干扰、隐藏终端和暴露终端效应 (在后面的章节中将专门介绍) 等都会影响移动台与 AP 之间的实际数据传输速率。

2. 802.11 新标准

随着用户对 WLAN 带宽、业务种类 (数据、语音和视频)、服务质量 (QoS)、功率管理、安全性等需求的不断提高, 网络技术本身也面临着巨大的挑战。为此, IEEE 802.11 相关工作组最近推出了一系列新的标准, 如 802.11a、802.11e、802.11g、802.11h、802.11i 和 802.11x 等, 以下是这些标准的简介[3, 8, 9]。

802.11a

1999 年, 802.11a 标准被批准, 该标准是一个在新的非许可证频段上建立的无线局域网标准, 该标准将网络的带宽提高到 54Mbit/s。在很大程度上, 带宽的提高是来源于采用了正交频分复用 (OFDM) 技术。在美国, 802.11a 采用的频段是美国国家信息基础设施 (UNII) 频段, 在具体应用上, 分为三个非连续的频段:

UNII-1: 5.2GHz 范围;

UNII-2: 5.7GHz 范围;

UNII-3: 5.8GHz 范围。

有时候, 人们会有误解, 认为 802.11a 先于 802.11b 推出, 应该是最先进的技术。实际上,

802.11b 代表的是第二代无线网络技术, 而 802.11a 代表的是第三代无线网络技术。由于 802.11a 和 802.11b 在频段、所采用的技术、传输带宽和传输范围等方面存在很大的差别, 所以 802.11a 不能简单地取代 802.11b。802.11 标准之间的差别见表 1.2.1 所列。

802.11d

802.11d 本质上仍然是 802.11b, 它是为不能使用 2.4GHz 频段的国家和地区设计的对应版本。

802.11e

802.11e 的推出是基于前期的 802.11 标准对网络上传输的业务类型没有作区分而做的改进, 即对于实时性要求较高的多媒体业务实现服务质量 (QoS) 保障。实际上, 802.11e 并不是一个与 802.11b/a/g 等标准等价的标准, 而是作为这些标准的补充。IEEE 的 802.11e 工作组负责 802.11 WLAN 的 QoS 工作。这个工作组的目的是通过增强 802.11 WLAN 的 MAC 协议, 扩展对业务的 QoS 支持, 并同时提高网络的容量和效率。

802.11f

为了改善早期 802.11 标准用户的移动性, 802.11f 标准增加了协议的切换机制, 使用户能在不同的接入设备 (如 AP) 之间无缝切换, 增加了用户的服务期间移动的范围。

802.11g

802.11g 标准为 802.11b 的扩展, 扩展点主要在于在 2.4GHz 的 ISM 频段上提升标准所支持的数据传输速率。在传输技术上, 如表 1.2.1 所列, 802.11g 标准有别于 802.11b 采用的 DSSS 技术, 它是采用 OFDM 技术。然而, 802.11a 却对 802.11g 提出了质疑, 除了工作频段不同外, 802.11a 可以提供与 802.11g 相同的数据传输速率。

802.11h

IEEE 的 802.11h 工作组致力于开发一种统一的标准, 来控制 802.11 标准系列中无线传输的功耗, 其需求来自于延长电池的使用寿命和遵守 EIRP 的规定。

802.11i

IEEE 的 802.11i 标准是针对 802.11b 系统安全所存在的问题而提出的一种适用于所有 802.11 标准的新的数据安全协议。该标准包括一个有线等价协议 (WEP)。WEP 是一种先进的安全加密技术, 它采用的是 RC4 加密算法。

802.11j

802.11j 是为了将美国的 802.11a 推广到欧洲而推出的与欧洲 ETSI HiperLAN2 标准兼容的标准。

802.1x

802.1x 标准则是一种可用于 802.11 系列的简化版扩展的认证协议 (EAP)。

3. HiperLAN 标准

HiperLAN 标准是 ETSI 在 802.11 推出的同一时期提出的 WLAN 标准。HiperLAN 分为类型 1 和类型 2, 即 HiperLAN1 和 HiperLAN2, 现在我们通常所称的 HiperLAN 是 ETSI 于 2002 年 2 月公布的 HiperLAN2 标准。

HiperLAN1 工作在 5.15GHz 和 5.3GHz。它所提供的最大数据率可达 23.5Mbit/s, 能够支持异步和同步业务。HiperLAN2 与 802.11a 在物理层上相似, 它也是采用 OFDM 技术, 也工作在 5GHz 频段, 但两者的 MAC 不同。802.11a 采用 CSMA/CA 技术, 而 HiperLAN2 则采用

时分多址 (TDMA) 技术。HiperLAN2 可以承载以太网的帧结构、IP 分组以及 ATM 信元, 数据传输速率可高达 54Mbit/s。在欧洲, 因为与美国的 5GHz UNII 频段同样的频段已经预留给 HiperLAN2, 所以最初的 802.11a 未获准在欧洲使用。为此, 802.11a 又加上了两个附加的规范, 即动态信道选择 (DCS) 和发送功率控制 (TPC), 以便使两个标准能够共存[10, 11]。

4. HomeRF 标准

HomeRF 无线网络的基础是 1998 年 HomeRF 工作组制定的共享无线接入协议 (SWAP)。它与其他 WLAN 一样, 也是工作在 2.4GHz ISM 频段, 通信距离约 50m。SWAP 可以同时支持语音业务、流业务和数据业务, 并与 PSTN 互通。该标准源于 802.11 和欧洲无绳电话标准 DECT。HomeRF 的 SWAP 模型如图 1.2.2 所示[3]。

在接入方法上, HomeRF 采用 FHSS 技术, 但它的的数据传输速率较低, 只有 0.8Mbit/s 或 1.6Mbit/s。在设备支持上, HomeRF 可以在一个公共网络上支持多达 127 个设备。在协议的支持上, 包括对 802.11 标准的 TCP/IP 支持。在接入点 (AP) 支持上, HomeRF 接入点可以作为与 PSTN 连接的网关, 可以通过设备调度和电池的管理实现功率管理[3, 12, 13]。

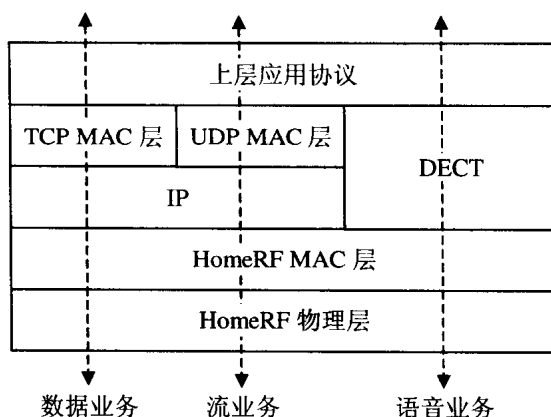


图 1.2.2 802.11 HomeRF 的 SWAP 协议模型

5. IrDA 标准

红外数据协会 (IrDA) 于 1993 年 6 月成立, 稳步工作并建立了一种低成本、可互操作的易于使用的 WLAN 技术标准。目前, 符合 IrDA 标准的设备遍及个人计算机、PDA、数字摄像机、移动电话、打印机等许多领域。作为短距离无线通信技术之一, 红外线技术的历史是比较长的, 但在 1993 年之前尚缺乏占主导地位的标准, 直到 1994 年 6 月, IrDA1.0 版平台规范的核心 IrPHY (红外物理层协议)、IrLAP (红外链路接入协议) 和 IrLMP (红外链路管理协议) 颁布之后, 业界才有了统一的标准。

IrPHY、IrLAP、IrLMP 和 Tiny TP (小传输协议) 是目前 IrDA 平台核心所定义的规范, 也是我们常说的 IrDA 或 IrDA1.x 平台。该平台扩展了 3 次, 其中包括:

- (1) 数据传输速率从 115kbit/s 增加到 1.152Mbit/s、4Mbit/s 和 16Mbit/s;
- (2) 包括了短距离、低功耗选项, 以适应移动电话电池能量有限的限制。

为了能够提供各种应用之间的互操作性, 该标准组织又在 IrDA1.x 平台上定义了一些新的协议和业务, 主要包括[4]:

- ① IrCOMM: 在 IrDA 之上提供串行和并行接口仿真;
- ② IrLAN: 提供与 802.11 类型的 WLAN 的无线接入;
- ③ IrOBEX: 提供简单数据对象交换;
- ④ IrTRAN-P: 提供数字静态图像摄像机、照片打印机和微机等之间的图像数据交换;
- ⑤ IrMC: 定义包括蜂窝电话类的 IrDA 相关规范的子集;
- ⑥ IrJetSend: 描述对于网络设备与 IrDA 平台交互, 如何绑定 HP JetSend 协议。

及至目前, IrDA 为各种短距离的无线应用提供了灵活的平台, 预期该技术将会在未来得

到更广泛的应用。

如图 1.2.3 所示为 IrDA 协议结构[4]。

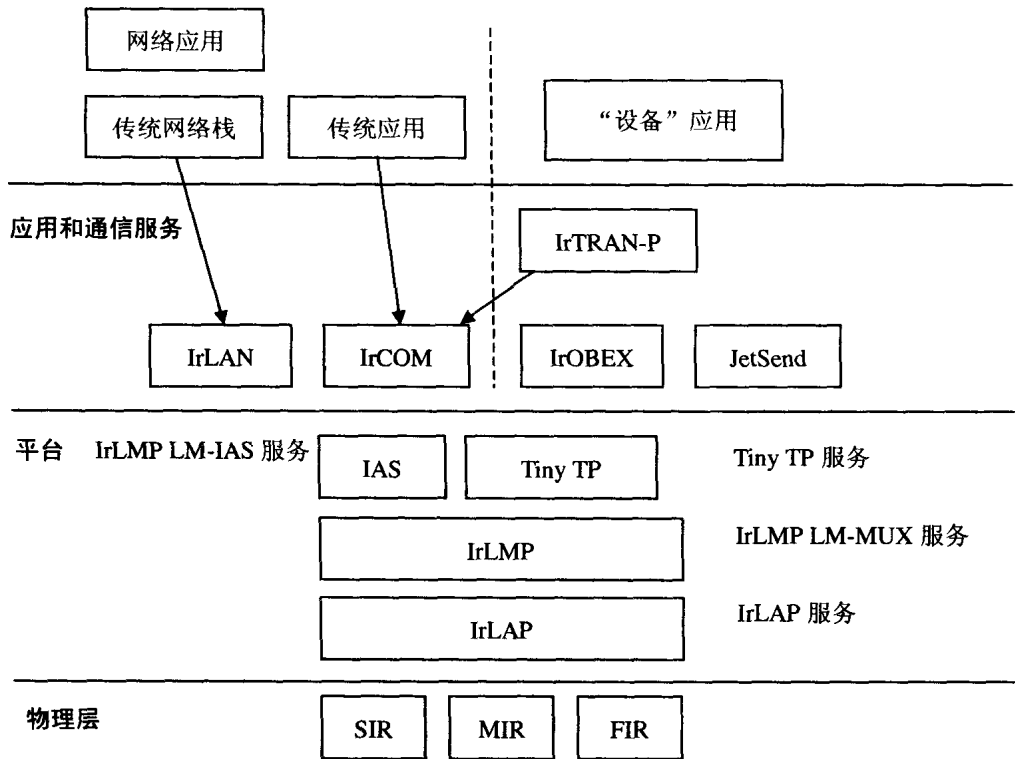


图 1.2.3 IrDA 协议结构

1.2.2 蓝牙无线通信标准

1998 年 5 月，5 家大公司（爱立信、诺基亚、IBM、东芝和英特尔）成立了一个集团，共同创立一种用于短距离无线通信的使用非许可证频段的通用无线技术，其结果就是我们今天所熟知的蓝牙技术。蓝牙规范定义了一种射频（RF）无线通信接口和相关的协议与用户子集（Profile）。蓝牙规范的动机是通过合理地选择链路的传输速度、通信距离和传输功率来实现一种成本低、功率效率高、使用单芯片的通信收发设备（早期的蓝牙芯片为双芯片，现在我们所见到的蓝牙芯片已经发展为单芯片）[14]。

蓝牙正式规范 Bluetooth 1.1 版是 2001 年 2 月颁布的。规范分为两部分：核心部分与子集部分。核心部分定义了蓝牙协议栈的所有层，该协议栈与经典的计算机网络 7 层协议模型不完全相同，区别主要体现在对于 Ad Hoc 连接性的支持。子集部分主要是定义用户应用规范。制造商可以利用蓝牙协议栈所提供的服务建立各种各样的应用，蓝牙子集为各种应用之间的互操作性提供了支持。蓝牙子集定义的内容很多，其中包括通用接入、业务传输、无绳电话、互通信、串行接口、头戴式耳机、拨号上网、传真、局域网接入、通用对象交换、对象推、文件传输和同步等。

蓝牙规范在物理层上有以下主要技术特点[14~16]：

- (1) 工作在 2.4GHz ISM 频段;
- (2) 频带被分成 1MHz 的信道间隔;
- (3) 采用 GFSK 调制技术, 传输速率为 1Mbit/s;
- (4) 采用 FHSS 扩频技术, 每个时隙 625 μ s, 每个报文跳一次 (每隔 1/3/5 个时隙);
- (5) 功率发射级分为 3 级, 即通信距离分别为 10m、20m 和 100m。

在业务的支持上, 蓝牙规范同时支持数据业务和语音业务的传输, 即同时支持异步方式 (ACL) 与同步方式 (SCO)。

在工作模式上, 蓝牙设备可以有两种选择, 即主设备 (Master) 方式或从设备 (Slave) 方式。主设备负责设定跳频序列, 从设备必须与主设备保持同步。主设备负责控制主从之间的业务传输时间与速率。

在组网方式上, 蓝牙规范支持微微网 (Piconet) 和散射网 (Scatternet) 两种模式, 但对前者, 一个主设备所支持的活跃从设备数不超过 7 个。多个微微网可以通过节点桥接的方式构成散射网, 但蓝牙规范并没有对散射网构成的细节加以定义。

除此之外, 蓝牙规范还对蓝牙设备的安全机制问题作了定义。本书第 2 章将对蓝牙无线通信标准及蓝牙组网等技术进行详细讨论。

1.2.3 无线个人域网络 (WPAN) 与 IEEE 802.11.3a 标准

无线个人域网络 (WPAN) 属于个人办公环境中较小范围的无线通信网络。目前, 在 WPAN 的有关技术标准方面主要有蓝牙补充规范和 IEEE 的 802.11.3a 标准。在特征和主要技术方面, WPAN 与 WLAN 并没有明显的界限。例如, 除了在网络协议上作了一些补充之外, 基于蓝牙技术的 WPAN 只是蓝牙微微网的扩展与延伸。又例如, 802.11.3a 只是在 802.11 的基础上进一步降低了后者的复杂性、成本和功耗, 同时提高了系统的数据传输速率。

WPAN 的通信范围还可以进一步缩小, 以构成目前所谓的无线身体域网络 (WBAN), 网络可以将一个人随身携带的各种便携式设备 (如移动电话、头戴式耳机、PDA 等) 连接在一起, 实现信息共享。

本书第 2 章将对蓝牙个人域网络, 第 4 章将对 WPAN 的标准 IEEE 802.11.3a 进行详细讨论。

1.2.4 移动自组织 (Ad Hoc) 网络与无线传感器网络

移动自组织网络在英文中多称为移动 Ad Hoc 网络, 或简称 Ad Hoc 网络或 MANET。Ad Hoc 网络是由一系列无线移动节点动态组成的临时性网络, 其节点是任意分布的, 网络不依赖于已有的网络基础设施或集中管理设施。例如, 在现实生活中, 一群人来到一起开会, 利用无线通信装置进行某些信息交流或决策等。Ad Hoc 网络有时候又称为自发网络。

Ad Hoc 网络有很多区别于传统无线网络的特征, 其中最重要的区别在于蜂窝网和 WLAN/WPAN 等都是单跳 (Single Hop) 网络, 而 Ad Hoc 网络则是多跳 (Multihop) 网络, 网络中除了用户节点外, 无任何其他中继或路由节点。所有节点都必须协调一致, 除了完成自身的计算与通信外, 还要充当传统网络中的路由器、交换机和服务器等, 还要具有路由和转发信息等功能。当然, Ad Hoc 网络也可以通过专用网关节点连接到固定骨干网上, 实现与因特网的连接。如图 1.2.4 为移动 Ad Hoc 网络简单结构层次示意图[2]。