



全国教育科学“十一五”规划课题研究成果



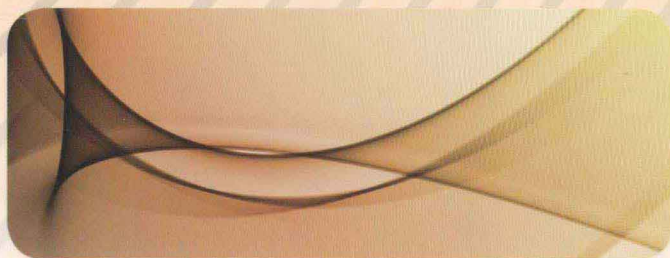
浙江省重点教材建设项目


高等学校网络工程系列教材

无线与移动网技术

Wireless and Mobile
Network Technology

唐震洲 施晓秋 刘 军 张纯容 编著



 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

全国教育科学“十一五”规划课题研究成果
浙江省重点教材建设项目
高等学校网络工程系列教材

无线与移动网技术

Wuxian yu Yidongwang Jishu

唐震洲 施晓秋 刘 军 张纯容 编著



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING



内容提要

本书是浙江省重点教材建设项目“网络工程专业系列教材”之一, 主要内容包括绪论、无线网络的物理层、无线网络的数据链路层、无线个域网与蓝牙技术、无线局域网、无线城域网、数字蜂窝移动通信系统、第三代移动通信系统、移动 Ad Hoc 网络、无线传感器网络、无线网状网、移动 IP 技术等。本书以无线与移动网络的知识与技能为核心, 内容系统, 结构合理, 实用性强。

本书既可作为高等学校网络工程、计算机科学与技术等专业相关课程教材, 也可供网络工程从业人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

无线与移动网技术/唐震洲等编著. --北京: 高等教育出版社, 2013. 4

ISBN 978-7-04-037052-2

I. ①无… II. ①唐… III. ①无线网-高等学校-教材②移动网-高等学校-教材 IV. ①TN92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 042805 号

策划编辑 刘 艳 责任编辑 刘 艳 封面设计 张雨微 版式设计 王艳红
插图绘制 尹 莉 责任校对 李大鹏 责任印制 刘思涵

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 北京明月印务有限责任公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 23.25
字 数 560 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landrao.com>
<http://www.landrao.com.cn>
版 次 2013 年 4 月第 1 版
印 次 2013 年 4 月第 1 次印刷
定 价 37.00 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 37052-00

前 言

随着无线与移动网络的快速发展与日益普及,在高等学校相关专业中开设无线与移动网络课程显得非常必要。本教材编著者结合浙江省新世纪教学改革项目“面向应用型人才培养的计算机网络实践教学体系的改革与创新”、全国教育科学“十一五”规划课题“我国高校应用型人才培养模式研究”子课题“以网络工程师和网络架构师为目标的网络工程应用型人才培养模式的研究”,对面向应用型人才培养的网络工程实践教学体系进行了深入研究与教学改革实践。作为课题研究成果,本教材旨在提供一本讲授无线与移动网络原理和主流技术,且体现网络工程专业应用型人才培养目标与特色的系统性教材。

本教材从结构上可分为无线通信理论和典型的无线与移动网络两部分。无线通信理论部分(第1~3章)着重介绍无线通信基础、无线网络的基本知识与理论基础;典型的无线与移动网络部分(第4~12章)按无线个域网、无线局域网、无线城域网、无线广域网的顺序,依次介绍了各种典型的无线与移动网络以及移动IP技术,并从工程角度介绍了若干无线网络规划与部署的方法。

本教材主要具有如下特色。

(1) 教学目标定位准确。本教材主要面向高等学校网络工程专业(或专业方向)的本科生,旨在为未来从事网络工程领域工作的学生打下无线与移动网技术方面的专业知识与技能基础。因此,在介绍各种无线网络时把重点放在网络架构上,而不是只强调具体的通信技术原理。而且在介绍技术原理时更多地强调定性的分析与理解,适当减少公式的罗列与定量计算。

(2) 教学内容具有针对性与适用性。基于对课程教学目标的定位,以高等学校网络工程专业学生所需的无线与移动网络知识及技能为核心,系统而又有针对性地选择教学内容,合理编排内容。本教材在适用范围上,除了网络工程专业外,还可辐射计算机科学与技术、通信工程、电子信息工程等本科专业。此外,也可作为相关领域在职人员的参考书。

(3) 对接主流技术与业界需求。本教材接轨业界需求,对接主流技术,同时也反映了无线与移动网络的最新发展。例如,本教材涉及了TD-SCDMA第三代移动通信技术;整合了作为物联网核心技术之一的无线传感器网络,并用独立的一章简要介绍了无线传感器网络的相关知识。此外,采用产学合作开发模式提高教材内容与业界需求的接轨性,教材编写团队包括校内专职教师与业界资深工程师。

本书第5章由张纯容撰稿,第11、12章由刘军撰稿,其他各章由唐震洲撰稿,全书由施晓秋修改定稿。本教材的编写得到了浙江省新世纪教学改革项目、浙江省重点教材建设项目、温州大学重点建设教材项目的立项资助;思科系统(Cisco Systems)的宁琛、傅儒松工程师为本教材的编写提供了建议与部分参考资料,在此谨表由衷的谢意。

针对应用型人才培养,本教材在教学内容的选择、编排及教学方法的设计等方面进行了一些改革与创新,我们非常希望广大读者对此提出建设性意见与建议。我们的联系方式是:mr. tangzz@gmail.com 或 sxq@wzu.edu.cn。

编 者
2012年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.1.1 什么是无线网络	1
1.1.2 无线网络的分类	1
1.1.3 无线网络的发展	3
1.2 无线网络的体系结构	7
1.2.1 OSI 参考模型	7
1.2.2 TCP/IP 参考模型	8
1.2.3 无线网络的协议模型	9
1.3 无线网络的组网模式	10
1.3.1 Infrastructure 模式	10
1.3.2 Ad Hoc 模式	11
1.4 无线网络所面临的问题与挑战	12
1.4.1 恶劣的信道特性	12
1.4.2 无线信道的干扰	12
1.4.3 电源管理	13
1.4.4 无线网络的安全	14
1.5 本书的结构	14
1.5.1 无线通信理论部分	15
1.5.2 典型的无线与移动网络	15
习题	16
参考文献	16
第 2 章 无线网络的物理层	17
2.1 无线传输媒体	17
2.1.1 无线传输媒体	17
2.1.2 短波通信	19
2.1.3 微波通信	19
2.1.4 红外线	20
2.2 无线传播模型	21
2.2.1 无线传播机制	21
2.2.2 自由空间传播模型	21
2.2.3 双线地面反射模型	23
2.2.4 室内无线传播模型	23
2.3 移动环境下的无线传播	24
2.3.1 多径传播与多径衰落	24
2.3.2 多普勒频谱扩展	25
2.3.3 快衰落与慢衰落	26
2.3.4 分集接收技术	27
2.4 基带传输技术	28
2.4.1 基带传输的常用码型	29
2.4.2 基带脉冲调制和超宽带脉冲 传输	31
2.5 频带传输	32
2.5.1 基本的调制解调方法	33
2.5.2 多进制调制原理	41
2.5.3 高斯滤波最小频移键控	43
2.5.4 正交调幅	45
2.5.5 正交频分复用技术	48
2.6 扩频技术	49
2.6.1 扩频的概念	49
2.6.2 扩频序列及其相关特性	51
2.6.3 直接序列扩频技术	53
2.6.4 跳频扩频技术	56
2.6.5 跳时扩频技术	57
习题	57
参考文献	58
第 3 章 无线网络的数据链路层	59
3.1 无线网络的媒体访问控制	59

3.1.1 非竞争的媒体访问控制	60	4.5.2 L2CAP 信道	108
3.1.2 基于竞争的媒体访问控制 协议	63	4.5.3 L2CAP 的数据分组格式	109
3.2 差错控制	70	4.5.4 L2CAP 信令	110
3.2.1 差错控制编码的工作原理	70	4.6 服务发现协议	113
3.2.2 常用的检错码	72	4.6.1 服务发现协议的工作 模型	113
3.2.3 常用的纠错码	76	4.6.2 服务记录	114
3.2.4 差错控制方式	82	4.6.3 服务类	115
习题	85	4.6.4 服务搜索和浏览服务	116
参考文献	86	4.7 蓝牙应用的实现举例—— 蓝牙耳机	117
第 4 章 无线个域网与蓝牙技术	87	4.7.1 蓝牙耳机应用的协议栈 模型	117
4.1 无线个域网与 IEEE 802.15 标准 概述	87	4.7.2 蓝牙耳机应用的链路 建立	118
4.1.1 无线个域网概述	87	习题	119
4.1.2 IEEE 802.15 标准概述	88	参考文献	120
4.2 蓝牙技术概述	91	第 5 章 无线局域网	121
4.2.1 蓝牙的特点	91	5.1 无线局域网概述	121
4.2.2 蓝牙规范的演进	92	5.1.1 无线局域网发展历程	121
4.2.3 蓝牙协议栈	96	5.1.2 无线局域网的特点	123
4.2.4 相关术语	97	5.1.3 无线局域网的标准组织	123
4.3 蓝牙的基带协议规范	99	5.2 IEEE 802.11 协议簇	124
4.3.1 蓝牙的物理信道与物理 链路	99	5.2.1 IEEE 802.11 体系结构	124
4.3.2 蓝牙基带协议的分组类型及 结构	100	5.2.2 IEEE 802.11 物理层	125
4.3.3 蓝牙微微网的建立过程	102	5.2.3 IEEE 802.11 MAC 子层	127
4.3.4 蓝牙基带协议的纠错 机制	105	5.3 无线局域网组网	131
4.3.5 蓝牙音频	105	5.3.1 无线局域网设备	131
4.4 蓝牙的链路管理协议	105	5.3.2 无线局域网逻辑架构	135
4.4.1 链路管理协议概述	105	5.3.3 基本无线局域网拓扑 结构	137
4.4.2 LMP-PDU 和过程规则	106	5.3.4 无线局域网的应用部署	138
4.5 蓝牙的逻辑链路控制和 适配协议 (L2CAP)	107	5.4 无线局域网的规划与设计	140
4.5.1 L2CAP 功能	107	5.4.1 需求分析	140
		5.4.2 无线局域网的设计	141

5.4.3 无线局域网设计举例	142	7.1.2 蜂窝移动通信系统的 关键问题	182
习题	143	7.1.3 移动网络中的大区制和 小区制	182
参考文献	143	7.1.4 蜂窝移动网络中的频率复用 与区群	184
第 6 章 无线城域网	145	7.2 第二代 GSM 数字移动通信系统 ..	185
6.1 无线城域网概述	145	7.2.1 GSM 的业务	186
6.1.1 无线城域网的发展	145	7.2.2 GSM 网络的系统结构	187
6.1.2 无线城域网的关键问题	146	7.2.3 GSM 的信道类型	193
6.1.3 IEEE 802.16 系列标准 概述	146	7.2.4 GSM 的多址方式及帧结构 ..	195
6.1.4 IEEE 802.16 系统结构	149	7.2.5 功率控制	198
6.1.5 IEEE 802.16 体系模型	150	7.2.6 越区切换	199
6.1.6 基于 IEEE 802.16 的 WiMAX 与基于 IEEE 802.11 的 Wi-Fi 的比较	151	7.2.7 位置管理	201
6.2 IEEE 802.16 的物理层	153	7.2.8 GSM 呼叫过程示例	203
6.2.1 IEEE 802.16 的四种物理层 规范	153	7.3 通用分组无线业务	205
6.2.2 链路自适应技术	155	7.3.1 GPRS 概述	205
6.3 IEEE 802.16 的 MAC 层	157	7.3.2 GPRS 的网络结构	205
6.3.1 IEEE 802.16 MAC 层 概述	157	7.3.3 GPRS 附着和去附着过程 ..	206
6.3.2 服务相关的会聚子层	159	7.3.4 GPRS 的移动性管理	209
6.3.3 MAC 公共部分子层部分	161	7.3.5 GPRS 路由区的更新	212
6.3.4 安全子层	172	7.4 第二代 CDMA 数字移动通信 系统	214
6.4 IEEE 802.16e 的移动管理	174	7.4.1 CDMA 系统概述	214
6.4.1 基站信息的获取	174	7.4.2 CDMA 系统的结构	215
6.4.2 切换过程	175	7.4.3 CDMA 系统的信道结构	216
6.4.3 移动切换的示例	177	7.4.4 CDMA 系统的关键技术	217
6.4.4 软切换和快速基站转换	178	习题	220
习题	179	参考文献	221
参考文献	179	第 8 章 第三代移动通信系统	222
第 7 章 数字蜂窝移动通信系统 ..	181	8.1 3G 系统概述	222
7.1 蜂窝移动通信系统概述	181	8.1.1 3G 的提出	222
7.1.1 蜂窝移动通信系统的 演变	181	8.1.2 3G 相关的标准化组织	223
		8.1.3 主流的 3G 无线传输技术 标准	224

8.2 宽带码分多址接入系统 (WCDMA)	224	9.2 MANET 的媒体访问控制技术	262
8.2.1 WCDMA 概述	224	9.2.1 MANET 中 MAC 协议设计 所面临的问题	262
8.2.2 WCDMA 网络结构	225	9.2.2 典型的 MANET MAC 协议	263
8.2.3 WCDMA 的系统接口	227	9.3 MANET 的路由协议	266
8.2.4 WCDMA 的核心网	227	9.3.1 MANET 路由协议的 分类	266
8.2.5 WCDMA 的信道	233	9.3.2 DSDV 路由协议	266
8.2.6 高速下行链路分组接入 技术(HSDPA)	237	9.3.3 DSR 路由协议	267
8.3 时分-同步码分多址接入系统 (TD-SCDMA)	238	9.3.4 MANET 的组播	270
8.3.1 TD-SCDMA 概述	238	9.4 MANET 的功率控制	272
8.3.2 TD-SCDMA 的主要技术 参数	239	9.4.1 网络层的功率控制	272
8.3.3 TD-SCDMA 的网络结构	239	9.4.2 数据链路层功率控制 机制	273
8.3.4 TD-SCDMA 的信道	239	习题	273
8.3.5 TD-SCDMA 的关键技术	241	参考文献	273
8.4 CDMA2000 系统	243	第 10 章 无线传感器网络	275
8.4.1 概述	243	10.1 无线传感器网络概述	275
8.4.2 CDMA2000 1x EV-DO 的网络 结构	245	10.1.1 无线传感器网络的 体系结构	275
8.4.3 CDMA2000 1x EV-DO 的空中 接口协议模型	247	10.1.2 无线传感器网络的特点	277
8.4.4 CDMA2000 1x EV-DO 的信道 结构	248	10.1.3 无线传感器网络的应用	278
8.4.5 CDMA2000 1x EV-DO 空中 接口关键技术	252	10.1.4 无线传感器网络的 关键技术	280
习题	254	10.2 无线传感器网络 MAC 协议	281
参考文献	255	10.2.1 无线传感器网络 MAC 协议的分类	282
第 9 章 移动 Ad Hoc 网络	256	10.2.2 无线传感器网络 MAC 协议的评价指标	282
9.1 MANET 概述	256	10.2.3 无线传感器网络的周期性 工作/睡眠调度机制	283
9.1.1 MANET 的定义	256	10.2.4 典型的无线传感器网络 MAC 协议	284
9.1.2 MANET 的特点	257	10.3 无线传感器网络的路由协议	286
9.1.3 MANET 的应用	258	10.3.1 无线传感器网络路由协议的 特点	286
9.1.4 MANET 的协议栈结构	259		
9.1.5 MANET 的拓扑结构	260		

10.3.2	无线传感器网络路由协议的 评价指标	287	参考文献	311
10.3.3	无线传感器网络路由协议的 分类	288	第 11 章 无线网状网	313
10.3.4	典型的无线传感器网络路由 协议	289	11.1 无线网状网的历史与发展	313
10.4 无线传感器网络的拓扑控制	290	11.1.1 无线网状网的历史	313	
10.4.1	拓扑控制的设计目标	291	11.1.2 无线网状网的发展	314
10.4.2	无线传感器网络的拓扑 结构	292	11.2 无线网状网概述	316
10.4.3	无线传感器网络的拓扑控制 分类	293	11.2.1 基本组成	316
10.5 无线传感器网络的时间同步 技术	295	11.2.2 体系架构	316	
10.5.1	无线传感器网络时间同步 技术概述	295	11.2.3 与异种网络的互联	318
10.5.2	传感器节点的时钟 模型	296	11.2.4 与同类网络的联系与 区别	319
10.5.3	典型的时间同步方法	298	11.2.5 基本特点	320
10.6 无线传感器网络的定位技术	299	11.3 IEEE 802.11s 标准	320	
10.6.1	无线传感器网络定位算法的 分类	299	11.3.1 网络架构	321
10.6.2	无线传感器网络定位技术的 评价标准	301	11.3.2 MAC 机制	321
10.6.3	基于测距的定位方法	302	11.3.3 拥塞控制	322
10.6.4	典型的无须测距的定位 方法	304	11.3.4 路由协议	322
10.7 无线传感器网络的数据融合	305	11.4 无线网状网的设计与部署	324	
10.7.1	数据融合概述	305	11.4.1 网络容量	325
10.7.2	数据融合的主要方法	307	11.4.2 可扩展性	325
10.8 无线传感器网络应用系统的设计与 部署	308	11.4.3 安全性	326	
10.8.1	硬件平台	308	11.4.4 负载均衡	326
10.8.2	软件平台	309	11.4.5 部署实例	328
10.8.3	网络平台	310	习题	330
习题	311	参考文献	330	
		第 12 章 移动 IP 技术	331	
		12.1 移动 IP 技术概述	331	
		12.1.1 移动 IP 技术的需求 背景	331	
		12.1.2 移动 IP 技术的基本 概念	331	
		12.1.3 移动 IP 技术的设计目标	332	
		12.1.4 移动 IP 技术的发展与 演变	333	
		12.1.5 移动 IP 技术的特点	333	

12.2 移动 IPv4 原理	334	12.4.2 移动 IPv6 的移动检测	347
12.2.1 移动 IPv4 的术语与 功能实体	334	12.4.3 移动 IPv6 的工作原理	349
12.2.2 移动 IPv4 的工作原理	335	12.4.4 移动 IPv6 与移动 IPv4 的 比较	349
12.2.3 移动 IPv4 的代理发现	336	12.5 移动 IPv6 切换技术	350
12.2.4 移动 IPv4 的注册	339	12.5.1 MIPv6 切换技术	350
12.2.5 移动 IPv4 中的报文 路由	343	12.5.2 FMIPv6 切换技术	351
12.3 移动 IPv4 切换技术	344	12.5.3 HMIPv6 切换技术	353
12.3.1 移动 IPv4 切换概述	344	12.6 移动 IP 组播	356
12.3.2 移动 IPv4 切换的问题	345	12.6.1 移动 IP 组播组管理的 缺陷	356
12.3.3 移动 IPv4 低延迟切换 技术	346	12.6.2 移动 IP 组播路由	356
12.4 移动 IPv6 原理	347	12.6.3 移动 IP 组播切换	358
12.4.1 移动 IPv6 的术语	347	习题	359
		参考文献	359

第 1 章

绪 论

本章介绍了无线网络的有关内容,包括无线网络的发展与演进、无线网络的定义与分类、无线网络的体系结构与组网模式,以及无线网络所面临的问题与挑战。同时,对全书内容的安排做了简单介绍,以为读者阅读本书提供线索。

1.1 引 言

1.1.1 什么是无线网络

无线通信(Wireless Communications)是利用电磁波信号可以在自由空间中传播的特性进行信息交换的一种通信方式。无线通信的发展始于电磁波的发现。1864年,英国物理学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦从理论上证明了电磁波的存在;1888年,德国物理学家海因里希·鲁道夫·赫兹用实验证实了电磁波的存在;1900年,意大利电气工程师和发明家伽利尔摩·马可尼等人利用电磁波进行远距离无线电通信取得了成功,并于1901年成功地将信号传送到了大西洋彼岸的加拿大,标志着人类进入无线通信时代。

与有线通信相比,无线通信适应性好,不受应用环境限制,而且实现成本低,不用铺设明线或架设电缆。同时,无线通信的发展使用户在运动过程中保持通信成为可能。通信中的一方或双方处于运动中的通信称为移动通信。

以无线通信技术为依托,以无线电磁波作为信息传输媒体的网络称为无线网络。无线网络涵盖的范围很广,常见的有无线传感器网络、蓝牙网络、Wi-Fi无线局域网、蜂窝移动通信网络、卫星网络等。在很多无线网络中,设备在参与通信的同时往往能够在一定范围内移动,这种支持网络用户在移动中通信的网络称为移动网络。由于蜂窝移动通信网络是与人们日常生活最密切相关的移动网络,因此,在很多场合下移动通信网络也特指蜂窝移动通信网络。

1.1.2 无线网络的分类

无线网络所采用的通信技术、实现规模及应用范围各不相同,因此存在着多种分类方式。

按照网络组织形式,可以将无线网络分为有结构无线网络和自组织无线网络。有结构无线网络具备固定的网络基础设施,负责移动终端的接入和认证,并提供网络服务,例如蜂窝通信网络和无线局域网;自组织无线网络按照自发形式组网,网络中不存在集中管理机制,各节点按照分布式途径协同提供网络服务,包括无线传感器网络和移动 Ad Hoc 网络。

按照网络覆盖范围和应用目标的不同,也可以将无线网络分为无线局域网、无线广域网、无线城域网、无线个域网等多种类型,如图 1.1 所示。每种类型的网络使用不同的协议和技术,同时服务于不同的目标。

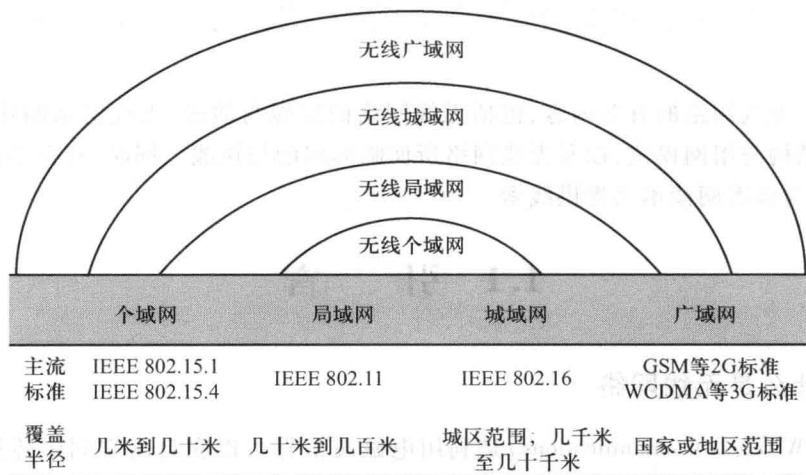


图 1.1 不同覆盖范围的无线网络

1. 无线个域网

无线个域网(Wireless Personal Area Network, WPAN)的有效覆盖半径一般为几米到几十米,主要用于满足个人工作、娱乐或家庭内对无线网络连接的需要。相对于传统局域网,个域网络的覆盖范围更小、目标更单一。无线个域网常用的无线通信技术有红外通信技术、蓝牙无线通信技术或者 Wi-Fi 等短距离无线通信技术。目前已成型的主流无线个域网标准包括电气电子工程师学会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)制定的 IEEE 802.15.1 标准和 IEEE 802.15.4 标准。

2. 无线局域网

无线局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)是使用无线电磁波作为数据传输媒体的局域网。无线局域网的有效覆盖半径通常为几十米到几百米。无线局域网可用于不宜铺设大量电缆线的临时办公地点或其他场合。无线局域网也被作为有线网络的补充,以方便那些在同一建筑中不同地点办公的用户。目前,无线局域网已经广泛地应用于商务区、大学、机场以及其他公共区域。无线局域网最通用的标准是 IEEE 定义的 802.11 系列标准。

3. 无线城域网

无线城域网(Wireless Metropolitan Area Network, WMAN)的有效覆盖半径可以达到几千米至几十千米,并且能够提供很高的数据传输速率。无线城域网能够使用户在一个城市的不同地点建立起无线联系,如在不同的办公楼之间或不同的校园之间进行无线联系,而不必花高昂的费用铺设光缆、电缆和租赁线路。目前,主流的无线城域网标准是 IEEE 制定的 IEEE 802.16 标准。

4. 无线广域网

无线广域网(Wireless Wide Area Network, WWAN)的覆盖范围非常广,可以扩展到一个国家或地区,甚至一个大洲,典型代表就是大家所熟知的蜂窝移动通信网络。随着无线通信技术的发展,目前无线广域网已经能够支持每秒高达数十兆比特的数据传输速率。

1.1.3 无线网络的发展

从 20 世纪 20 年代末期最早意义上的无线网络问世至今,无线网络的发展经历了将近一个世纪。在这近百年的时间里,无线通信技术、电子和微系统技术飞速发展,不断地推动着无线网络的演进。本节将以其中两个具有代表性的技术——以话音为主要业务的广域移动通信系统和以高速率数据通信为特征的无线局域网——为主线来介绍无线网络的发展。

1. 广域移动通信系统的发展

现代意义上的移动通信系统的发展开始于 20 世纪 20 年代,其发展基本经历了 5 个阶段。

第一个阶段从 20 世纪 20 年代至 20 世纪 40 年代,为早期发展阶段。在这期间,人们首先在短波频段上开发出专用移动通信系统,其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统。1928 年,美国普度大学学生发明了工作于 2 MHz 的超外差式无线电接收机,并很快在底特律市警察局投入使用。这是世界上第一种可以有效工作的移动通信系统,其特点是为专用系统开发,工作频率较低。

第二个阶段从 20 世纪 40 年代中期至 20 世纪 60 年代初期。在此期间,先后出现了第一个采用幅度调制技术的移动通信系统和第一个采用频率调制技术的移动通信系统。第二次世界大战后,原本为军事服务的移动通信技术逐渐应用于民用领域。到 20 世纪 50 年代,美国和欧洲部分国家相继成功研制了公用移动电话系统,在技术上实现了移动电话系统与公众电话网络的互通,并得到了广泛的使用。例如,1946 年美国建立了世界上第一个公用汽车电话网,称为“城市系统”。当时使用 3 个频道,通信方式为单工。随后,西德(1950 年)、法国(1956 年)、英国(1959 年)等相继研制了公用移动电话系统。但遗憾的是,这种公用移动电话系统由于采用人工接入方式,系统容量非常小。

第三个阶段从 20 世纪 60 年代中期至 20 世纪 70 年代中期。这期间美国推出了改进型移动电话系统,能够实现无线频道自动选择并能够自动接续到公用电话网。这一阶段是移动通信系统改进与完善的阶段,其特点是采用大区制、中小容量,使用 450 MHz 频段,实现了自动选频与自

动接续。

第四个阶段从20世纪70年代中期至20世纪80年代中期。随着民用移动通信用户数量的增加、业务范围的扩大,有限的频谱供给与可用频道数要求递增之间的矛盾日益尖锐。为了更有效地利用有限的频谱资源,美国贝尔实验室提出了在移动通信发展史上具有里程碑意义的小区制、蜂窝组网的理论,为移动通信技术的发展和新一代多功能通信设备的产生奠定了基础。这个阶段是移动通信蓬勃发展时期。1978年年底,美国成功研制模拟蜂窝移动电话系统,1983年首次在芝加哥投入商用。随后,其他发达国家也相继开发出了蜂窝公用移动通信系统。这一阶段的主要特点首先是蜂窝移动通信网成为实用系统,并迅速发展,特别是微电子技术的长足发展使得移动通信设备的小型化、微型化有了实现的基础。其次,提出并形成了蜂窝移动通信新体制,实现了频率复用,大大提高了系统容量,解决了公用移动通信系统大容量与频率资源有限之间的矛盾。再次,随着大规模集成电路的发展而出现的微处理器技术日趋成熟,计算机技术迅猛发展,这些都为大型通信网的管理与控制提供了技术手段。

第五个阶段从20世纪80年代中期开始至今,是数字蜂窝移动通信系统高速发展时期。第一代模拟蜂窝移动通信系统在实际应用中暴露出了频谱利用率低、移动设备复杂、费用较贵、业务种类受限制以及通话保密性差等问题,特别是其容量不能满足日益增长的移动用户需求。因此,新一代数字蜂窝移动通信系统应运而生。

20世纪90年代初,数字蜂窝移动通信系统,即第二代移动通信系统(2G)问世。与模拟蜂窝移动电话相比,数字蜂窝移动通信系统的频谱利用率更高、系统容量更大、无线传输质量更好。1991年泛欧数字蜂窝移动通信网(GSM)最先投入商用,随后美国的数字蜂窝移动通信网(CDMA)成功商用。我国在1994年建成了第一个GSM数字移动通信网,并迅速发展成为全球网络规模和用户规模最大的网络,2001年又建成了世界最大的CDMA数字移动通信网。

2G不仅在话音传输方面获得了巨大的成功,在数据传输方面也取得了很大成就。2000年出现了一种新的通信技术:通用分组无线服务技术(General Packet Radio Service, GPRS)。GPRS能够为移动用户提供高速无线IP和X.25分组数据接入服务。GPRS进而又发展到EDGE(Enhanced Data Rate for GSM Evolution)技术。EDGE是一种从GSM到第三代移动通信系统(3G)的过渡技术,它使带宽得到明显提高,单点接入速率峰值为2 Mbps,单时隙信道的数据传输速率可达48 kbps,从而使移动数据业务的数据传输速率在峰值时可以达到384 kbps,这为移动多媒体业务的实现提供了基础。

随着人们对数据传输速率和服务质量要求的提高以及用户数量的激增,从20世纪90年代末开始,3G逐渐从实验室走向市场,并进入蓬勃发展时期。3G具有较高的频谱利用率,可实现高速数据传输,在室内环境中可达2 Mbps,步行时达384 kbps,高速运动时达144 kbps;3G可提供多种数据传输速率,支持从语音、分组数据到多媒体的融合业务,实现全球覆盖及全球无缝漫游。国际上有三大3G技术标准,即WCDMA、CDMA 2000和TD-SCDMA。其中,TD-SCDMA是我国自主研发的移动通信标准,开创了世界百年通信史上中国人进入国际标准领域的历史,也成为我国

自主创新的一面旗帜。

然而,在新一代技术刚推向市场之后,更高的技术应用已经在实验室进行研发。目前国际电信联盟(ITU)已经公布了第四代移动通信系统(4G)的五大标准制式,即WiMAX、HSPA+、LTE,以及之前的LTE-Advanced和WirelessMAN-Advanced。4G的下载速率可以达到100 Mbps,上载速率为20 Mbps。用户可以通过各种各样的移动终端设备接入4G,各种不同的接入系统结合成一个公共的平台,它们互相补充、互相协作以满足不同业务的要求,移动网络服务将进一步趋于多样化,最终将演变为社会中多行业、多部门、多系统与人们沟通的桥梁。

2. 无线局域网的发展

在无线移动广域网蓬勃发展的同时,以高速率数据通信为特征的计算机网络也在迅速向无线方向扩展。

1971年,夏威夷大学的一项研究课题首次将计算机网络技术与无线电通信技术结合起来,建立了第一个基于分组的无线局域网,并命名为ALOHANET。ALOHANET横跨夏威夷的4座岛屿,将分散在这些岛屿中的7个校园里的计算机与位于瓦胡岛(Oahu Island)上的中心计算机互联起来。20世纪80年代,美国和加拿大的无线电爱好者设计并建立了终端节点控制器(Terminal Node Controller, TNC),将计算机通过无线电报设备连接起来。TNC的作用为调制和解调,以实现计算机数字信号与模拟无线电信号的转换。

1985年,美国联邦通信委员会(Federal Communications Commission, FCC)开放了ISM(Industry, Science and Medicine)频段,即902 MHz、2.4 GHz以及5.8 GHz三个频段,授权给工业、科学、医学三类机构免费使用。ISM频段对无线局域网产业产生了非常巨大和积极的影响,无线网络设备供应商开始利用这一频段设计与开发产品。但是,当时缺乏统一的无线局域网标准,设备供应商只能提供使用专用技术的设备。受限于特定的设备供应商以及不同供应商之间的兼容性问题,不同无线网络之间难以实现互联。

在这样的背景下,IEEE于1991年5月成立了IEEE 802.11工作组,着力于无线网络媒体访问控制和物理层规范的制定。1997年6月26日,IEEE 802.11标准制定完成,1997年11月26日正式发布。它是第一代无线局域网标准之一,对无线网络技术的发展和應用起到了重要的推动作用,促进了不同厂家无线网络产品的互通互联。该标准定义了无线局域网的物理层和媒体访问控制规范,允许无线局域网及无线设备制造商建立互操作网络设备。

但是,这个早期版本的无线局域网标准的数据传输速率最高只能达到2 Mbps,在数据传输速率和传输距离上都不能满足人们的需求。因此,IEEE 802工作组在此基础上又相继推出了两个新的分支版本:IEEE 802.11b和IEEE 802.11a。第一个分支版本是IEEE 802.11b,其载波频率为2.4 GHz,数据传输速率最高为11 Mbps,相当于当时10 Mbps以太网的水平,并且兼容原始的IEEE 802.11标准。另一个分支版本是IEEE 802.11a,它使用5 GHz的工作频段。IEEE 802.11a引入了正交频分复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)技术,

大幅度提高了频带利用率,达到 54 Mbps 的数据传输速率,从而能够有效地支持语音、数据、图像业务。

2003 年 6 月,IEEE 802.11 工作组发布了 IEEE 802.11g 标准,使工作于 2.4 GHz 的无线局域网物理层的数据传输速率同样也能够达到 54 Mbps。IEEE 802.11g 采纳了 IEEE 802.11a 中的正交频分复用技术,并且与 IEEE 802.11b 兼容。

同时,为了满足人们对数据传输速率不断提高的要求,IEEE 于 2002 年 9 月成立了高吞吐量研究小组,专门探讨进一步提升无线局域网速度的可行性。2003 年 9 月,IEEE 成立 IEEE 802.11n 工作组,负责制定 100 + Mbps 无线局域网标准。2005 年 7 月 IEEE 802.11n 第一版草案获得通过,2007 年 3 月第二版草案获通过,直至 2009 年 9 月 11 日,IEEE 标准委员会终于批准 IEEE 802.11n 成为正式标准。IEEE 802.11n 引入了诸如多输入多输出(Multiple Input Multiple Output, MIMO)、智能天线和正交频分复用等技术,使数据传输速率高达 300 Mbps。如图 1.2 所示。

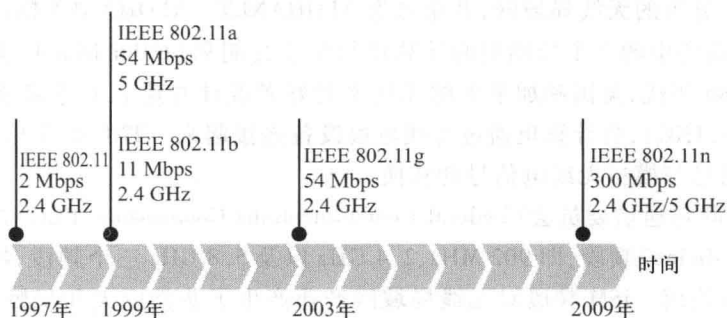


图 1.2 IEEE 802.11 无线局域网的发展历程

我国对于无线局域网技术的研究起步比较晚,开始于 20 世纪 90 年代初。西安电子科技大学于 1994 年 3 月研制了我国第一台无线局域网样机。由于 IEEE 802.11 标准存在着严重的安全技术漏洞,国家信息产业部下达了无线局域网国家标准起草任务。2000 年,中国“宽带无线 IP 标准工作组”成立,着手开发中国的无线局域网安全技术,同年 11 月完成标准草案。2003 年 5 月,我国正式发布 WAPI(Wireless LAN Authentication and Privacy Infrastructure,无线局域网鉴别和保密基础结构)国家标准,并于 2003 年年底实施。2006 年 1 月,我国颁布了无线局域网国标 GB 15629.11—2003/XG1—2006 及其扩展子项国家标准 GB 15629.1101—2006《无线局域网媒体访问控制和物理层规范:5.8 GHz 频段高速物理层扩展规范》、GB 15629.1104—2006《无线局域网媒体访问控制和物理层规范:2.4 GHz 频段更高数据速率扩展规范》、GB/T 15629.1103—2006《无线局域网媒体访问控制和物理层规范:附加管理域操作规范》三项国家标准,形成了全面采用 WAPI 技术的无线局域网国家标准体系。WAPI 是中国自主研发的、拥有自主知识产权的无线局域网安全技术标准。对于个人用户而言,WAPI 带来的最大益处就是让用户的笔记本电脑更加安全。

1.2 无线网络的体系结构

1.2.1 OSI 参考模型

1979年,国际标准化组织(ISO)成立了一个分委员会来专门研究用于开放系统的计算机网络体系结构,并于1983年正式提出了开放系统互连(Open System Interconnection)参考模型,简称OSI/RM。这是一个定义异种计算机互联的标准体系结构。“开放”是指任何计算机系统只要遵守这一国际标准,就能与位于世界上任何地方的、也遵守该标准的其他计算机系统进行通信。

1. ISO/OSI 七层模型

ISO/OSI参考模型(简称OSI模型)是将异构系统互联的分层结构,它定义了一种抽象结构,而非具体实现的描述。也就是说,OSI模型中的每一层,都只涉及层的功能定义,而不提供关于协议与服务的具体实现。OSI参考模型如图1.3所示,由下而上共有7层,分别为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层、应用层。

2. OSI 各层功能简介

物理层(Physical Layer)。物理层的主要功能是为上层提供物理连接,实现原始比特流的物理传输。同时,物理层还负责规定物理接口的机械、电气、功能和规程特性。

数据链路层(Data Link Layer)。物理层的原始比特流传输是不可靠的。数据链路层通过在数据传输中提供差错控制和流量控制等机制,为相邻节点之间提供可靠的数据传输。

网络层(Network Layer)。网络层负责网络中任意两个节点之间的通信,为它们选择合适的传输路径。同时,网络层还负责对网络中的节点进行寻址。

传输层(Transport Layer)。传输层负责端到端的进程(Process)之间的数据传输。传输层是承上启下的层,其下面三层主要面向网络通信,以确保数据被准确有效地从源主机传输到目的主机;其上面三个层主要面向用户,为用户提供各种服务。

会话层(Session Layer)。会话层的功能是在两个节点之间建立、维护和释放面向用户的连接。另外,会话层也提供了令牌管理和同步两种服务功能。

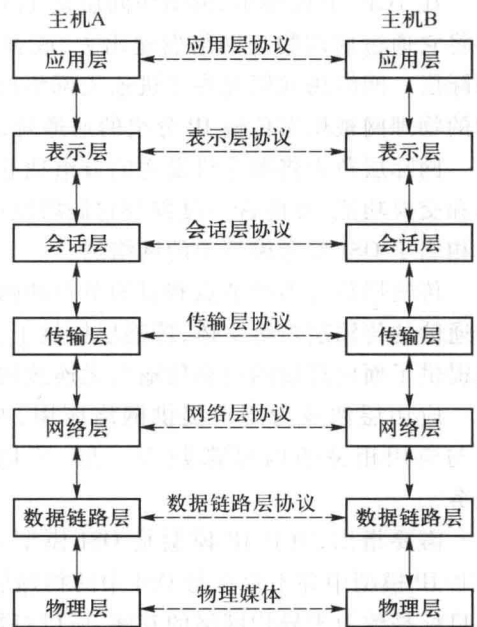


图 1.3 ISO/OSI 七层模型