

刘宴兵 唐 红

宽带无线移动通信 网络技术



科学出版社

www.sciencep.com

TN929.5/113

2008

宽带无线移动通信网络技术

刘宴兵 唐 红

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书论述了宽带无线移动通信系统,主要阐述宽带无线移动通信系统的网络演进、物理层传输技术、协议规范、主要无线网络、网络结构、无线资源管理、安全、业务架构等。全书共分10章,内容包括:宽带无线移动通信的特点及其演进和发展,宽带无线移动物理层所涉及的主要传输技术,宽带无线移动通信中主要无线网络的MAC协议原理及IEEE 802.11MAC性能分析和优化,宽带无线移动通信的移动IP技术和主要路由算法,自组织网络的关键技术及其在宽带无线移动通信中的应用,无线传感网络的体系结构、关键技术及其协议发展趋势和应用,宽带无线资源管理的相关技术原理,QoS及网络管理,通信安全技术,宽带无线移动通信中的业务环境和架构。

本书可作为宽带无线移动通信领域专业技术人员、研究人员、网络设计人员、管理人员、优化与维护人员,以及高等院校相关专业师生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

宽带无线移动通信网络技术/刘宴兵,唐红. —北京:科学出版社,2008
ISBN 978-7-03-021385-3

I. 宽… II. ①刘…②唐… III. 宽带通信系统—无线电通信:移动通信—通信网—研究 IV. TN929.5 TN915.142

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第034470号

责任编辑:余 丁 王日臣 / 责任校对:陈玉凤

责任印制:刘士平 / 封面设计:耕者

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年6月第一版 开本:B5(720×1000)

2008年6月第一次印刷 印张:26 1/2

印数:1—3 000 字数:518 000

定价:66.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

前 言

在过去的数十年,无线通信技术经历了巨大的技术变革和演变,对人类生产力产生了前所未有的推动作用。以宽带化、多媒体化、个性化为特征的移动信息型业务,成为公众无线通信持续高速发展的新动力,同时也对未来移动通信技术的发展提出了巨大的挑战。公众移动通信网络广域覆盖能力强,具有优秀的移动漫游能力和服务质量保障,但其数据传输速率相对较低;WiMAX、WLAN等宽带接入技术具有很强的数据传输能力,但其覆盖范围有限、漫游能力存在不足。因此,需要把不同的无线网络技术、移动通信技术进行融合,使其相互补充、扬长避短,实现对空间的多层次充分覆盖,满足人们的不同物质文化需求。为此,新一代宽带无线移动通信网络应运而生。

新一代宽带无线移动通信网络是现有网络和新生网络的大融合,“移动宽带化,宽带移动化”、移动与宽带的结合是发展的主要趋势,围绕这一趋势,网络的系统结构、组网方式、网络协议、网络管理、服务质量、移动性管理等都将逐步演化,进而实现宽带化、移动化、全IP化、异构化及个性化的无线移动通信网络。在这种新的网络体系中,自组织网络、无线传感器网络等特殊网络将发挥重要作用;网络协议需要适应新的无线网络加固定网络通信的异构网络;网络的组织和管理应智能化和自适应。新一代宽带无线移动通信为《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》中确定的十六个重大科技专项之一。该专项包括三个部分的内容:一是蜂窝移动通信系统的后续演进,包括通常所说的LTE(长期演进)技术、HSPA(高速分组接入)技术、4G等;二是宽带无线接入,即像WiMAX这样技术的发展;三是近短距离的无线互联系统与传感器网络的发展。根据《国家“十一五”科学技术发展规划》,“十一五”期间该重大专项重点实施的内容和目标是:研制具有海量通信能力的新一代宽带蜂窝移动通信系统、低成本广泛覆盖的宽带无线通信接入系统、近短距离无线互联系统与传感器网络,掌握关键技术,显著提高我国在国际主流技术标准所涉及的知识产权占有比例,加大科技成果的商业应用,形成超过1000亿元的产值。“新一代宽带无线移动通信”作为十六个专项之一已经被正式列入国家中长期科技发展规划纲要中,体现了中国政府对该项目的大力支持,说明该项目对国家经济发展和社会进步具有巨大意义。

由于目前还少有专门针对下一代无线移动通信知识进行系统阐述的书籍,我们在结合实际项目、参阅大量中外文献资料的基础上,编写了这本书。本书主要介绍和总结了新一代宽带无线移动通信系统,特别是详细介绍了宽带无线移动通信

系统的网络演进、物理层传输技术、协议规范、主要无线网络、网络结构、无线资源管理、安全、业务架构等。全书共分 10 章。第 1 章为宽带无线移动通信概论,介绍了新一代宽带无线移动通信的特点及其演进和发展;第 2 章介绍了物理层所涉及的主要传输技术;第 3 章介绍了宽带无线移动通信中主要无线网络的 MAC 协议原理;第 4 章介绍了宽带无线移动通信的移动 IP 技术和主要路由算法;第 5 章介绍了自组织网络的关键技术及其在新一代宽带无线移动通信中的应用;第 6 章详细介绍了无线传感网络的体系结构、关键技术及其协议发展趋势和应用;第 7、8、9 章分别研究了无线资源管理的相关技术原理、QoS 及网络管理、通信安全技术;第 10 章介绍了新一代宽带无线移动通信中的业务环境和架构。

本书的部分内容得到国家自然科学基金“间断连接无线互联网络:通信体系及其关键技术研究”(编号 60702055)和信息产业部“新一代宽带无线移动通信技术与系统的发展趋势和对策研究”项目资助。电子科技大学的孙世新教授、重庆大学廖晓峰博士、西南大学邱玉辉教授在此书的编写过程中给予了支持与指导;重庆邮电大学的谢显中博士、吴渝博士、赵国锋博士、李云博士、张毅教授以及他们的研究生在项目研究中提供了有价值的参考资料和技术信息,其中部分用于本书的编写;此外,研究生杨茜惠、赵金、陈杰、刘章雄、孟曼、周琴、林庆国、莫远国、康泰、罗善国等参与了本书的编写以及排版工作。谨在此向他们表示衷心的感谢。我们还要感谢所有直接或间接为本书作出贡献的同事和朋友。最后我要感谢科学出版社为本书付出辛勤劳动的编辑同志,与他们的愉快合作使本书得以顺利出版。

本书可供新一代宽带无线移动通信领域工作的专业技术人员、研究人员、网络设计人员、管理人员、优化与维护人员,以及大专院校相关专业师生阅读参考。由于新一代宽带无线移动通信系统标准化工作和各种解决方案仍处在研究和讨论阶段,以致相关的研究成果主要来源于外文期刊,如果本书的术语表达欠妥或者与其他书籍有出入,还请读者见谅;再加上作者的水平有限、时间仓促,疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 概论	1
1.1 引言	1
1.2 宽带无线移动通信网络的系统要求及研究对象	3
1.2.1 系统要求	3
1.2.2 研究对象	3
1.3 宽带无线移动通信网络系统结构	4
1.3.1 移动通信系统的演进	5
1.3.2 宽带无线移动通信网络系统	20
1.4 宽带无线移动通信网络的特点	23
1.5 宽带无线移动通信网络的国际背景	26
1.5.1 国际研究状况	26
1.5.2 区域性研究状况	28
1.5.3 标准化研究状况	33
1.6 宽带无线移动通信网络面临的挑战	34
1.7 本章小结	35
参考文献	35
第 2 章 宽带无线移动通信网的物理层传输技术	37
2.1 自适应编码与调制技术	37
2.2 多址技术	39
2.2.1 OFDM 技术	39
2.2.2 MC-CDMA 技术	42
2.3 多天线技术	47
2.3.1 MIMO 技术	47
2.3.2 智能天线技术	61
2.4 超宽带(UWB)技术	66
2.5 多用户协作分集技术	77
2.6 长期演进(LTE)物理层技术	85
2.7 本章小结	88
参考文献	89

第3章 宽带无线网络自适应媒体接入控制	91
3.1 WLAN 的增强分布式协调功能	91
3.2 Ad Hoc 网络的 MAC 协议	92
3.2.1 载波侦听无线网络	93
3.2.2 与上层交互	97
3.3 无线传感网络的 MAC 协议	98
3.3.1 S-MAC 协议概述	99
3.3.2 协同休眠	100
3.3.3 串音避免和消息传递	102
3.4 IEEE 802.11 MAC 性能分析及优化	104
3.4.1 IEEE 介质访问控制技术	104
3.4.2 MAC 协议优化例证算法	107
3.4.3 MAC 协议优化算法定量性能分析	111
3.4.4 MAC 协议优化算法仿真实验分析	116
3.5 IEEE 802.16 MAC 协议	119
3.5.1 IEEE 802.16 协议栈参考模型	119
3.5.2 MAC 层支持的网络拓扑结构	121
3.5.3 MAC 层协议原理	123
3.6 本章小结	148
参考文献	149
第4章 宽带无线移动通信的移动 IP 技术及路由算法	151
4.1 移动 IP 技术	151
4.1.1 移动 IP 的概述	151
4.1.2 移动 IP 的功能实体及工作原理	152
4.1.3 移动 IPv4 技术	155
4.1.4 移动 IPv6 技术	158
4.1.5 IPv6 和 IPv4 之间的通信机制和方法	167
4.2 路由算法	172
4.2.1 基本概念	172
4.2.2 最短路径路由算法	173
4.2.3 距离矢量路由算法	174
4.2.4 链路状态路由算法	175
4.2.5 移动 IP 组播路由算法	178
4.3 本章小结	181
参考文献	181

第 5 章 宽带无线移动通信中的自组织网络	183
5.1 概述	183
5.1.1 自组织理论	183
5.1.2 自组织网络发展及现状	184
5.1.3 自组织网络特点及定义	185
5.1.4 自组织网络的体系结构	187
5.2 自组织网络的关键技术	191
5.2.1 自组织路由技术	191
5.2.2 基于链路可靠性的 Ad Hoc 网络路由协议	201
5.2.3 自组织 TCP 协议	207
5.2.4 自组织 QoS 保证技术	210
5.2.5 基于自组织的 P2P 技术	212
5.2.6 网络自管理技术	214
5.2.7 自组织网络的广播技术	216
5.3 自组织技术在宽带无线移动通信中的应用	217
5.3.1 技术应用	217
5.3.2 自组织网络的应用领域	219
5.4 本章小结	221
参考文献	221
第 6 章 无线传感器网络	224
6.1 无线传感器网络概述	224
6.2 无线传感器网络特征	225
6.2.1 与现有网络的区别	225
6.2.2 无线传感器节点的限制	225
6.2.3 无线传感器网络的特点	228
6.3 无线传感器网络的体系结构	230
6.3.1 无线传感器网络拓扑结构、覆盖和连接	230
6.3.2 无线传感器网络协议栈	238
6.4 无线传感器网络的关键技术	239
6.4.1 无线传感器网络路由协议	239
6.4.2 无线传感器网络 QoS 保证技术	246
6.4.3 无线传感器网络数据融合技术	247
6.4.4 无线传感器网络定位技术	252
6.4.5 无线传感器网络同步管理机制	255
6.5 无线传感器网络技术相关标准	258

6.5.1	IEEE 802.15.4 标准	258
6.5.2	ZigBee 无线技术	260
6.6	无线传感器网络的应用	264
6.6.1	军事应用	264
6.6.2	生态环境监测	265
6.6.3	交通管理	265
6.6.4	医疗健康应用	266
6.6.5	空间探测应用	266
6.6.6	农业应用	267
6.7	本章小结	267
	参考文献	267
第 7 章	无线网络资源控制与分配管理	269
7.1	无线资源管理概述	269
7.2	接入控制机制与切换技术	270
7.2.1	接入控制概述	270
7.2.2	CAC 政策性能评价	270
7.2.3	接入控制门限的选择	271
7.2.4	切换的基本过程	275
7.2.5	切换技术	276
7.3	信道分配	280
7.3.1	固定信道分配技术	282
7.3.2	动态信道分配技术	284
7.3.3	信道分配技术示例研究	286
7.3.4	3GTDD 中信道分配	289
7.4	应用实例——单级系统	291
7.4.1	系统模型	291
7.4.2	数据吞吐量求解	295
7.4.3	性能分析	296
7.4.4	实现问题	299
7.5	本章小结	300
	参考文献	300
第 8 章	宽带无线移动网络 QoS 及网络管理	302
8.1	QoS 管理	302
8.1.1	QoS 概述	302
8.1.2	移动环境下的 QoS	303

8.1.3	QoS 服务体系结构	305
8.1.4	宽带无线移动网络中 QoS 的要求	309
8.1.5	宽带无线移动网络 QoS 保证技术	315
8.2	网络管理	321
8.2.1	网络管理概述	321
8.2.2	宽带无线移动网络管理的基本要求	321
8.2.3	简单网络管理协议	323
8.2.4	分布式网络管理	324
8.2.5	基于移动代理的网络管理	326
8.2.6	基于策略的网络管理	330
8.3	本章小结	333
	参考文献	334
第 9 章	宽带无线移动通信安全	336
9.1	宽带无线移动通信网络安全概述	336
9.2	宽带无线移动通信网络的安全威胁和需求	336
9.2.1	宽带无线移动通信网络系统的安全问题	336
9.2.2	宽带无线移动通信网络系统的安全需求	339
9.2.3	宽带无线移动通信网络系统安全机制的制定策略	340
9.3	宽带无线移动通信网络系统的安全体系设计	342
9.3.1	宽带无线网络的抽象	342
9.3.2	宽带无线移动通信网络系统的安全体系结构	344
9.4	网络安全机制的基本技术	346
9.4.1	加密与解密	346
9.4.2	消息认证	351
9.4.3	公开密钥基础设施	353
9.5	移动 IP 的安全问题	354
9.5.1	移动 IP 的安全分析	354
9.5.2	移动 IP 的安全解决方案	360
9.6	自组织网络安全技术	363
9.6.1	Ad Hoc 网络的特点及安全威胁	364
9.6.2	控制层安全	364
9.6.3	数据层安全	367
9.6.4	密钥管理安全	368
9.7	传感器网络安全技术	368
9.7.1	传感器网络安全协议	369

9.7.2	传感器网络密钥管理	370
9.7.3	传感器网络安全路由技术	371
9.8	安全管理应用领域	375
9.8.1	GSM 网络中的安全管理	375
9.8.2	UMTS 中的安全管理	376
9.8.3	UMTS/WLAN 互连的安全体系结构	377
9.9	本章小结	378
	参考文献	378
第 10 章	宽带无线移动通信网络的业务环境与架构	380
10.1	概述	380
10.2	移动通信业务环境	381
10.2.1	移动通信的业务融合	381
10.2.2	基于 IMS 的业务环境	383
10.2.3	下一代网络(NGN)的业务供给环境	386
10.2.4	ParLay 协议/OSA	387
10.2.5	OMA 开放业务环境	389
10.3	移动通信业务网络构架	392
10.3.1	概述	392
10.3.2	B3G 的业务架构	395
10.3.3	IMS 业务体系架构	399
10.3.4	MSF 的开放性业务体系架构	402
10.3.5	下一代网络(NGN)的业务架构	403
10.3.6	无线服务技术的业务网络架构	406
10.4	业务模型和应用	408
10.5	本章小结	410
	参考文献	410

第 1 章 概 论

无线移动通信网络技术的发展是一个不断创新的过程。随着 Internet 的迅速发展和个人对数据通信需求的快速增长,促使全球计算机网络和通信技术的发展呈现三大趋势:无线化、宽带化和 IP 化。互联网业务的发展推动了市场对无线宽带网络的需求,无线宽带移动用户的数量在全球也将呈逐步增长的趋势。在众多的宽带技术中,无线移动通信网络技术成为近年来通信技术领域的最大亮点,是构成未来通信网络技术的重要组成部分。

1.1 引 言

随着信息产业的飞速发展,移动用户的迅速增长,人们对移动通信的各种需求也与日俱增。从业务量预测来看,2010 年,预计面向话音业务的用户数量将增长 1.5 倍,多媒体业务量增长 2 倍;而在 2010 年以后,语音类业务将停止增长,多媒体业务迅速膨胀。从整个上下行链路看,话音业务量和多媒体业务量的比率将达到 1:2。可见,用户对高速移动数据业务及多媒体业务的需求迫切,现存的移动通信必然向着能够支持更高速率多媒体业务的宽带无线移动通信发展。第三代移动通信的目标是面向高速数据和多媒体应用,它能支持从话音到分组数据再到多媒体业务,国际电信联盟(International Telecommunication Union, ITU)规定的 3G 系统无线传输速率的最低要求是:在高速运动情况下(如汽车上)提供 144Kb/s 速率的多媒体业务;在低速运动情况下(如步行时)提供 384Kb/s 速率的多媒体业务;在室内固定情况下提供 2Mb/s 速率的多媒体业务。3G 要比 2G 优越得多,但 3G 仍然遗留了一些尚未解决的问题,其局限性主要体现在如下几个方面:

① 难以支持更高速率的业务。各种不同 QoS 和性能要求的高速业务之间过多的干扰,使得采用码分多址(code division multiple access, CDMA)技术的 3G 系统难以支持更高速率的业务,无法满足人们对未来高带宽业务的爆炸性要求。

② 在支持下一代的 Internet 协议(IPv6)方面存在困难。IPv6 能满足庞大的 3G 设备对网络地址的需求,但在现有 3G 系统中难以实现支持新版本的 Internet 协议(IPv6)。

③ 频谱资源的缺乏和带宽饱和。在 12GHz 频段附近分配给 3G 系统使用的可用带宽不久将饱和,而使用时分多址方式又受到无线管理部门的限制。

④ 要实现在不同频段间的不同业务环境中的漫游显得很困难。

⑤ 无法提供全范围的多速率业务。由于受到 3G 空中接口标准的限制,3G 系统难以提供具有不同 QoS 和性能要求的各种多速率业务。

⑥ 缺乏端到端的无线传输机制。用户在跨越一个可移动的子网(如蓝牙、PAN 等)和固定网络时,3G 缺乏端到端的无缝传输机制。

⑦ 费用昂贵。由于 3G 运营商们在 3G 许可证上花费了数十亿美元的巨额费用,而且在构建 3G 网络时,为了克服一系列技术难题,提供吸引人的商业服务模式等方面又要花费大量开支。因此,运营商将会把这些费用转嫁到用户身上,使得 3G 的费用就变得格外高昂。

因此,为了解决 3G 中遇到的上述问题,满足人们对高速数据业务的需求,有必要开发具有更强大多媒体业务能力,能提供更多应用业务和更高传输容量的宽带无线移动通信网络系统。宽带无线移动通信的发展可以归纳为两个体系:一是以通信为主要目的的蜂窝移动通信技术的发展,即 ITU 和第三代合作伙伴计划(Third Generation Partnership Project, 3GPP)引领的移动通信系统,并从 3G 走向 E3G,再走向 B3G/4G,主要包括 TD-SCDMA、CDMA2000、WCDMA 三种标准体制;二是以上网为主要目的的无线宽带接入技术的发展,即美国电气与电子工程师学会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)引领的无线接入系统,从无线个域网(wireless personal area network, WPAN)到无线局域网(wireless local area network, WLAN)、无线城域网(wireless metropolitan area network, WMAN),再到无线广域网(wireless wide area network, WWAN),包括 Wi-Fi、全球微波接入互通(worldwide interoperability for microwave access, WiMAX)技术等。

3GPP 定义的下一个移动宽带网络标准 LTE(long-term evolution)已列入 3GPP R8 正式标准。在 20MHz 载波的情况下,LTE 拥有下行 326Mb/s 和上行 86Mb/s 的带宽,延时小于 10ms,可以实现移动高清电视和互动游戏等业务,更高的带宽预示着移动多媒体时代的到来。LTE 也被通俗的称为 3.9G 或超 3G,具有 100Mb/s 的数据下载能力,被视作从 3G 向 4G 演进的主流技术。LTE 引入 MIMO(多输入多输出)天线等技术极大提高了移动通信的带宽,MIMO 同时也是 802.16e/m WiMAX 和 802.11n Wi-Fi 无线互联网所青睐的技术。

目前,移动无线通信技术的演进路径主要有三条:一是 WCDMA 和 TD-SCDMA,均从 HSPA 演进至 HSPA+,进而到 LTE;二是 CDMA2000 沿着 EV-DO Rev. 0/Rev. A/Rev. B,最终到 UMB;三是 IEEE 802.16m 的 WiMAX 路线。这其中 LTE 拥有最多的支持者,WiMAX 次之。全球主流 3G 技术的演进方向是 WCDMA/HSPA/HSPA+/LTE,再到 4G。

1.2 宽带无线移动通信网络的系统要求及研究对象

宽带无线移动通信网络涉及面宽、技术难度高,牵动一个大产业、大市场,是世界各国竞相争夺的制高点之一。因此,要全面地理解和研究该系统,首先应该根据目前的需求,对其提出新的系统要求,进而确定其研究对象。

1.2.1 系统要求

1. 高数据速率传输

宽带无线移动通信网络系统的传输速率要求 10Mb/s 以上,可以把蓝牙(bluetooth)、WLAN 和 3G 技术等结合在一起,组成无缝的通信解决方案及相应的产品。

2. 高移动性

宽带无线移动通信网络系统蜂窝对移动目标至少提供 2Mb/s 数据速率,尽管实现起来难度较大,但可通过智能运输系统(ITS)实现。ITS 第一阶段将工作在 5.8GHz,第二阶段将采用 50~200Mb/s。

3. 大区域覆盖及各系统之间无缝漫游

由于将来目标数据速率比当前的系统高出 2 个数量级,因此小区的半径可以缩小,从而使覆盖区域减小。未来的移动通信系统包括室内的 WLAN、室外的宽带接入、ITS 系统和 HAPS 系统,因此至关重要的是不同系统之间的无缝漫游。

4. 高性能与低比特成本

提高每个单位区域容量,使比特成本需要大大降低,用户才能不用担心是否用得起。

5. 无线 QoS 资源控制

由于 Internet 业务成本低廉而备受青睐,而无线系统资源(频率和功率)是有限的且还得受拥塞困扰,所以无线 QoS 资源控制必须保证业务质量、支持各种级别的应用。

1.2.2 研究对象

无线网络由不同的无线技术组成,从无线广域网、无线局域网到无线个域网,

无线技术在不同射频波段和速率上传输数据以支持不同移动性程度,如图 1.1 所示。

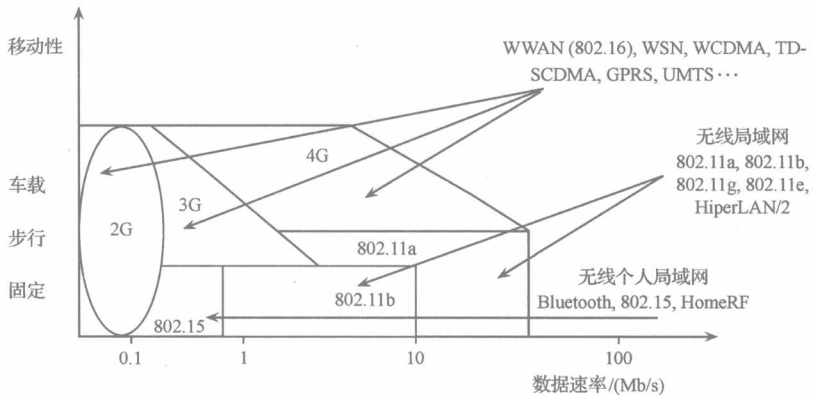


图 1.1 无线网络总括

从无线传输技术、无线通信网络技术、无线通信安全和无线通信业务环境与应用模式等方面开展研究,宽带无线移动通信主要研究对象包括:

① 宽带无线移动通信网络向更高传输速率、更大系统容量、更多业务应用、更好服务质量的目标发展,无线传输技术方面主要表现在单载波向多载波发展,单天线向多天线和分布式发展,单用户独立传输向多用户协作传输发展,单层设计向跨层的层间优化设计发展,一维频域/时域/码域/空域处理向频域/时域/码域/空域的多维处理发展,固定调制编码向自适应调制编码发展,单模式设备向支持多模式设备的软件无线电发展。

② “移动宽带化,宽带移动化”、移动与宽带的结合是发展的主要趋势,围绕这一趋势,网络的系统结构、组网方式、网络协议、网络管理、服务质量、移动性管理等都将逐步演化,进而实现基于全 IP 的宽带无线通信网络。在这种新的网络体系中,自组织网络、无线传感器网络等特殊网络将发挥重要作用,网络协议需要适应新的无线和固定的异构网络,网络的组织和管理应智能化和自适应。

③ 随着无线宽带通信越来越广泛应用,通信网络中的安全问题已经越来越突出,系统中必须开发出新的安全机制和技术以使网络系统达到可靠性、保密性、完整性和可用性。

1.3 宽带无线移动通信网络系统结构

移动通信从出现到现在已经经历了三代的发展:第一代移动通信系统、第二代移动通信系统以及第三代移动通信系统。由于新的通信技术的不断涌现,每一代系统比前一代系统都有革命性的进步。

1.3.1 移动通信系统的演进

目前存在的移动通信网络主要有 2G、2.5G 和 3G 移动通信网络,它们的系统结构基本相似,可以划分为核心网、接入网和用户终端三个部分(图 1.2),其中核心网包括移动交换网和传输网。

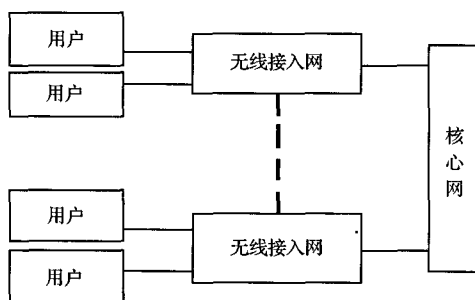


图 1.2 传统移动通信系统结构

1. 第一代移动通信系统

第一代移动通信系统主要采用模拟技术和频分多址(frequency division multiple access, FDMA)技术。此系统是使用单个大功率的发射机和高塔,覆盖地区超过 50km,仅能以半双工模式提供语音服务,使用 120kHz 带宽。这样,后来发展了蜂窝无线电话的原理和技术。利用在地域上将覆盖范围划分成小单元,每个单元复用频带的一部分以提高频带的利用率,从系统构造和技术原理可知,受到传输带宽的限制,第一代系统不能进行长途漫游,只能是一种区域性的移动通信系统。具有代表性的第一代移动通信系统有美国的 AMPS 系统、英国的 ETACS 系统、法国的 450 系统、北欧的 NMT-450 系统以及我国主要采用的 TACS 系统等。第一代移动通信有很多不足之处,比如容量有限、制式太多、互不兼容、保密性差、通话质量不高、不能提供数据业务、不能提供自动漫游等。

2. 2G、2.5G 和 2.75G 移动通信系统

2G 系统主要采用数字的时分多址(time division multiple access, TDMA)和 CDMA 技术,提供数字化的话音业务及低速数据业务。它克服了模拟移动通信系统的弱点。话音质量、保密性能得到很大的提高,并可进行省内、省际自动漫游。2G 的全球移动通信系统(global system for mobile telecommunication, GSM)的移动交换系统由移动业务交换中心(MSC)、归属位置寄存器(HLR)、访问位置寄存器(VLR)、设备标志寄存器(EIR)、认证中心(AUC)、操作与维护中心(OMC)等部

分组成。具有代表性的 2G 系统有美国的 CDMA95 系统和欧洲的 GSM 系统。

针对 2G 系统在数据业务上的弱点, 2.5G 系统通过在 2G 网络中添加分组交换控制功能, 可为用户提供一定速率的数据业务(如 GPRS 系统最大传输速率为 115Kb/s, 而 CDMA20001x 系统小于 150Kb/s), 从而成为介于 2G 和 3G 系统的过渡类型, 2.5G 的 GPRS 系统在 GSM 系统的基础上, 增加了分组控制单元、服务 GPRS 支持节点、网关 GPRS 支持节点等网元设备。GPRS 技术的引进, 把电信网络和计算机网络有机地连接在一起, 朝未来的全 IP 网络平台发展。具有代表性的 2.5G 系统有基于 GSM 的 GPRS 系统和基于 CDMA95 的 CDMA20001x 系统。为解决 GPRS 的实际速率往往只需要 $n \times 10\text{Kb/s}$ ($1 < n < 10$) 左右的问题, EDGE (enhanced data rate for GSM evolution) 被提出并用来提升 GPRS 网络的数据交换能力, 它实际速率可以达到 80~130Kb/s, 最高理论速率则可以达到 384Kb/s, 因此又被人们称为 2.75G 系统。

3. 第三代移动通信系统(3G)

(1) 3G 概述

与采用模拟技术的 1G 和 2G 移动通信技术相比, 3G 有更宽的带宽(其传输速度为 384Kb/s~2Mb/s, 带宽可达 5MHz 以上)和更大的系统容量, 可实现高速数据传输和多媒体服务。现有的 3G 系统的空中接口包含有 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 三个标准。其中, WCDMA 是欧洲倡导的宽带 CDMA 技术, 该标准提出了 GSM→GPRS→EDGE→WCDMA 的演进方案。而 CDMA2000 标准是美国主导的宽带 CDMA 技术, 它则提出了 CDMA95→CDMA20001x→CDMA2000 的演进策略。由我国大唐电信公司提出的 TD-SCDMA 标准非常适用于 GSM 系统, 可不经 2.5G 时代, 直接向 3G 过渡。

(2) 3G 网络架构

在 ITU 的 3G 框架中, 主要推广的还是全球移动通信系统(universal mobile telecommunication system, UMTS), UMTS 融合了 TDMA、CDMA 的关键技术和集成的卫星组件, 以便在移动通信网络中提供宽带多媒体业务。UMTS 的空中接口部分被称为 UTRAN(UMTS radio access network), 它在系统使用对称带宽(FDD)的方案中采用 WCDMA 无线接入技术, 而在不成对称的带宽(TDD)方案中采用 TD-CDMA 无线接入技术, 如图 1.3 所示。

3G 网络由无线接入网络(radio access network, RAN)和核心网络(center network, CN)组成。其中, RAN 用于处理所有与无线有关的功能, 而 CN 则处理 3G 系统内所有的话音呼叫和数据连接, 并实现与外部网络的交换和路由功能, CN 从逻辑上可分为电路交换域(CS)和分组交换域(PS)。UTRAN、CN 与用户设备(user equipment, UE)一起构成了整个无线系统。