



高等学校信息工程类“十二五”规划教材

移动通信网络及技术

孙海英 魏崇毓 编著◎

YIDONGTONGXIN
WANGJI



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

21 世纪高等学校信息工程类“十二五”规划



移动通信网络及技术

孙海英 魏崇毓 编著

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共 7 章, 内容分别为概述、GSM 移动通信系统、CDMA 蜂窝移动通信系统、WCDMA 系统、TD-SCDMA 系统、CDMA 2000 系统以及 3GPP 长期演进技术——LTE。

本书主要针对第二代(第 2、3 章)、第三代(第 4~6 章)移动通信网络和相关技术进行了讲述, 力求将通信的基础理论和应用系统相结合, 力争做到内容丰富且具有较强的系统性和实用性。本书既可作为通信工程专业的专科生、本科生的教材, 也可作为从事移动通信领域工作的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信网络及技术 / 孙海英, 魏崇毓主编. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2012. 8
21 世纪高等学校信息工程类“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2788 - 5

I. ① 移… II. ① 孙… ② 魏 III. ① 移动网—高等学校—教材 IV. ① TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 069611 号

策 划 马乐惠

责任编辑 任倍萱 马乐惠

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 13.5

字 数 315 千字

印 数 1~3000 册

定 价 23.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2788 - 5 / TN · 0653

XDUP 3080001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

前 言

20 世纪 80 年代以来,我国移动通信系统的发展经历了一个从模拟网到数字网、从频分多址(FDMA)到时分多址(TDMA)和码分多址(CDMA)的过程。目前我国的蜂窝移动通信系统已经基本结束了模拟网的历史,进入了数字网的时代。进入 21 世纪以来,人们在继续关注第二代蜂窝移动通信系统发展的同时,已经把目光转向第三代蜂窝移动通信系统的产品开发和大量投入商用的网络准备工作。与此同时,许多专家学者和移动通信产业界的有识之士,又在积极研究和开发第四代蜂窝移动通信系统。这些都预示着 21 世纪的蜂窝移动通信将会有更大的发展。

通信从基础理论到网络结构及相关技术所涉及的面非常宽广,新的技术不断涌现,未来移动通信系统的开发蓄势待发,因此不论是从教材编写还是从学习的角度,都没有办法以一门课程来诠释它。本书是针对通信及相关专业的专科与本科高年级学生而编写的。学生依据之前所学的通信的理论和知识和无线通信相关的理论和技术,进一步系统地、深入地了解现在典型移动通信系统的网络结构和相关技术,通过这一阶段的学习来加强移动通信方面的知识,为以后的工作、学习打下良好的专业基础。

在选材上,本书主要关心移动通信领域的网络结构和相关技术,内容上力求丰富全面、通俗易懂。

本书共 7 章。第 1 章为概述,介绍移动通信网络的发展历程、特点、移动通信技术的发展趋势等,目的是使读者简单了解移动通信网络的发展过程,为后续章节做铺垫。第 2 章和第 3 章介绍的是第二代移动通信系统的典型网络——GSM 系统和 IS-95 系统。第 2 章是 GSM 移动通信系统,主要介绍 GSM 系统的网络结构及组成部分、GSM 系统主要参数、GSM 网络的关键技术、GSM 网络规划等;第 3 章是 CDMA 蜂窝移动通信系统,主要介绍 IS-95 系统,内容主要包括 IS-95 CDMA 系统网络结构和 IS-95 CDMA 系统的关键技术。第 4~6 章介绍的是第三代移动通信系统的典型网络——WCDMA 系统、TD-SCDMA 系统和 CDMA 2000 系统。第 4 章是 WCDMA 系统,主要介绍第三代移动通信系统的总体架构、WCDMA 核心网的演进、WCDMA 的空中接口和关键技术;第 5 章是 TD-SCDMA 系统,以 TD-SCDMA 系统的网络结构、空中接口和关键技术为中心进行了介绍;第 6 章是 CDMA 2000 系统,主要介绍 CDMA 2000 体系结构、接口及 CDMA 2000 1x-EV-DO 的空中接口。第 7 章介绍了 LTE,主要对 LTE 的网络结构和关键技术进行了叙述。

本书既可作为通信工程专业的专科生、本科生的教材,也可作为相关领域工程技术人员的参考书。

在本书的编写过程中,海信集团的李勇和毛洪波高级工程师、中国联通青岛分公司的谭佩良高级工程师、歌尔声学股份有限公司的胡永生教授分别为本书提供了部分素材。另外,本书在成稿过程中得到了青岛科技大学信息学院的领导与同事的支持。在此向他们表示诚挚的谢意。

本书是由孙海英和魏崇毓老师编写而成的。在本书的编写过程中，研究生刘臣、韩永亮、杨洋、吕畅、李东生、柳树根、路成龙、陈鹏等人协助整理了部分材料并绘制了部分插图。青岛科技大学通信工程教研室的全体老师也提供了很多帮助，在此一并表示感谢。同时，编者对西安电子科技大学出版社的大力支持表示深切的感谢。

由于编者水平有限，并且第三代移动通信系统和 LTE 技术和标准也在不断完善和发展，因而书中难免存在不足，敬请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 2 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 移动通信的发展历程	1
1.2 移动通信的特点	4
1.3 移动通信面临的挑战	4
1.4 移动通信技术的发展趋势	6
思考题	9
第 2 章 GSM 移动通信系统	10
2.1 概述	10
2.1.1 GSM 的发展历史	10
2.1.2 GSM 的特点	11
2.2 GSM 系统结构	11
2.2.1 GSM 系统的总体结构	11
2.2.2 GSM 基站子系统结构及原理	13
2.3 GSM 系统的主要规格参数	22
2.4 GSM 位置区划分及编号方式	24
2.4.1 GSM 位置区域的概念	24
2.4.2 GSM 编号方式	25
2.5 GSM 逻辑信道和帧结构	27
2.5.1 GSM 逻辑信道	27
2.5.2 GSM 帧结构	30
2.6 GSM 的主要技术	32
2.6.1 语音编码和信道编码	32
2.6.2 GSM 安全性管理	34
2.6.3 切换控制	37
2.6.4 GSM 跳频原理	39
2.7 GSM 系统网络规划	40
2.7.1 蜂窝网络规划的主要内容	40
2.7.2 蜂窝网络规划流程	40
2.7.3 蜂窝系统业务量描述与业务量估计	41
2.7.4 GSM 蜂窝无线网络设计	43
2.7.5 GSM 蜂窝网络优化	56
2.8 GPRS 通用分组无线业务	64

思考题	65
第 3 章 CDMA 蜂窝移动通信系统	66
3.1 CDMA 系统概述	66
3.1.1 CDMA 系统的发展及特点	66
3.1.2 扩频技术	67
3.2 IS-95 CDMA 系统.....	71
3.2.1 IS-95 CDMA 系统网络结构.....	71
3.2.2 IS-95 系统的无线传输.....	72
3.3 IS-95 CDMA 系统关键技术.....	78
3.3.1 CDMA 系统的功率控制	78
3.3.2 CDMA 系统的软切换	80
思考题	81
第 4 章 WCDMA 系统.....	82
4.1 第三代移动通信系统概述	82
4.2 WCDMA 系统结构.....	84
4.2.1 WCDMA 网络结构及主要参数.....	84
4.2.2 WCDMA 陆地无线接入网络子系统(UTRAN)	85
4.2.3 WCDMA 核心网的演进.....	88
4.3 WCDMA 空中接口.....	95
4.3.1 空中接口的协议结构	95
4.3.2 RRC 层	96
4.3.3 RLC 层.....	98
4.3.4 MAC 层	99
4.3.5 分组数据会聚协议(PDCP).....	100
4.3.6 广播/多播控制协议(BMC).....	100
4.3.7 PHY 层	101
4.4 WCDMA 空中接口信道.....	102
4.4.1 空中接口信道类型	102
4.4.2 传输信道	102
4.4.3 物理信道和物理信号	104
4.4.4 物理信道的映射和关联	113
4.5 WCDMA 关键技术.....	114
4.5.1 多用户检测技术	114
4.5.2 RAKE 接收机.....	116
4.5.3 功率控制技术	119
4.5.4 CDMA 射频和中频设计原理	121
思考题	123

第5章 TD-SCDMA 系统	124
5.1 TD-SCDMA 系统概述	124
5.1.1 TD-SCDMA 系统的发展	124
5.1.2 TD-SCDMA 系统的主要参数	125
5.1.3 TD-SCDMA 系统的特点	126
5.2 TD-SCDMA 网络结构和接口	126
5.2.1 TD-SCDMA 网络结构	126
5.2.2 TD-SCDMA 无线接入网络	127
5.2.3 UTRAN 接口	130
5.3 TD-SCDMA 系统空中接口	135
5.3.1 TD-SCDMA 系统空中接口概述	135
5.3.2 TD-SCDMA 系统传输信道	143
5.3.3 TD-SCDMA 系统物理层	144
5.4 TD-SCDMA 关键技术	150
思考题	156
第6章 CDMA 2000 系统	157
6.1 概述	157
6.2 CDMA 2000 空中接口	161
6.2.1 CDMA 2000 体系的结构	161
6.2.2 CDMA 2000 物理层	164
6.3 CDMA 2000 1x EV-DO	179
6.3.1 概述	179
6.3.2 CDMA 2000 1x EV-DO 的空中接口	181
思考题	193
第7章 3GPP 长期演进技术——LTE	194
7.1 LTE 概述	194
7.2 LTE 网络	195
7.3 LTE 关键技术	196
思考题	206
参考文献	207



第1章

概 述

1.1 移动通信的发展历程

随着社会的进步,经济和科技的发展,特别是计算机、程控交换、数字通信的发展,近些年来,移动通信系统以其显著的特点和优越性得以迅猛发展,且应用于社会的各个方面。无线通信的发展潜力大于有线通信,它不仅能提供普通的电话业务,还能提供短信、多媒体、信息查询等业务,以满足各类用户的需求。

移动通信的主要目的是实现任何时间、任何地点和任何通信对象之间的通信。

从通信网的角度看,移动网可以看成是有线通信网的延伸,它由无线和有线两部分组成。无线部分提供用户终端的接入,利用有限的频率资源在空中可靠地传送语音和数据;有线部分完成网络功能,包括交换、用户管理、漫游、鉴权等,构成公众陆地移动通信网(PLMN)。从陆地移动通信的具体实现形式来划分,移动通信分为模拟移动通信和数字移动通信。

移动通信系统从20世纪40年代发展至今,根据其发展历程和发展方向,可以划分为三代。

1. 第一代——模拟蜂窝移动通信系统

第一代移动电话系统(1G)采用了蜂窝组网技术。蜂窝概念由贝尔实验室提出,并于20世纪70年代在世界许多地方得以研究。当第一个试运行网络在芝加哥开通后,第一个蜂窝系统AMPS(高级移动电话业务)1979年在美国成为现实。

不同制式的模拟移动通信系统中容量较大的系统主要有三种:①北美的AMPS;②北欧的NMT-450/900;③英国的TACS。它们的工作频带都在450 MHz和900 MHz附近,载频间隔在30 kHz以下。我国第一代模拟移动通信系统采用的是TACS系统。

鉴于移动通信用户的特点,一个移动通信系统不仅要满足归属区域内、越区及越局范围内自动转接信道的功能,还应具有处理漫游用户呼叫(包括主被叫)的功能。因此移动通信系统不仅希望有一个与公众网之间开放的标准接口,还需要一个开放的开发接口。由于移动通信是基于固定电话网的,因此各个模拟通信移动网的构成方式有很大差异。

鉴于模拟移动通信的局限性,尽管模拟蜂窝移动通信系统有了一定的发展,但也有它致命的弱点,具体如下:

- (1) 各系统间没有公共接口。
- (2) 无法与固定网迅速向数字化推进相适应,数字承载业务很难开展。



(3) 频率利用率低, 无法适应大容量的要求。

(4) 安全利用率低, 易于被窃听, 易做“假机”。

这些致命的弱点将妨碍其进一步发展, 因此模拟蜂窝移动通信逐步被数字蜂窝移动通信所替代。然而, 在模拟系统中的组网技术仍在数字系统中得到应用。

2. 第二代——数字蜂窝移动通信系统

由于 TACS 等模拟制式存在各种缺点, 因此 20 世纪 90 年代开发出了以数字传输、时分多址和窄带码分多址为主体的移动电话系统, 称之为第二代移动通信系统(2G), 其代表系统可分为两类。

1) TDMA 系统

TDMA 系统中比较成熟和最有代表性的制式有泛欧 GSM、美国 D-AMPS 和日本 PDC。

(1) 欧洲邮电联合会 CEPT 的移动通信特别小组在 1988 年制定了 GSM 第一阶段标准——phase1, 工作频带为 900 MHz 左右, 于 1990 年投入商用; 同年, 应英国要求, 工作频带为 1800 MHz 的 GSM 规范产生, 称为 DCS1800。

(2) D-AMPS 于 1989 年由美国电子工业协会(EIA)完成技术标准制定工作, 1993 年正式投入商用。它是在 AMPS 的基础上改造而成的, 数模兼容, 基站和移动台比较复杂。

(3) 日本的 JDC(现已更名为 PDC)技术标准于 1990 年制定, 1993 年投入使用, 仅限于在日本使用。

上述系统的共同点是数字化、时分多址、保密性好、语音质量比第一代移动通信的好、可传送数据及可自动漫游等。

三种不同制式各有其优点: PDC 系统频谱利用率很高; D-AMPS 系统容量最大; GSM 技术最成熟, 而且它以 OSI 为基础, 技术标准公开, 发展规模最大。

2) N-CDMA 系统

N-CDMA(码分多址)系统主要是以 Qualcomm 公司为首研制的基于 IS-95 的 N-CDMA(窄带 CDMA)系统。北美数字蜂窝系统的规范是由美国电信工业协会制定的, 1987 年开始系统研究, 1990 年被美国电子工业协会接受。由于北美地区已经有了统一的 AMPS 模拟系统, 因此该系统按双模模式设计, 随后频带扩展到 1900 MHz, 即基于 N-CDMA 的 PCS1900。

3. 第三代移动通信系统——IMT-2000

随着用户数的不断增长和数字通信的发展, 第二代移动电话系统逐渐显示出它的不足之处。首先是频带太窄, 不能提供如高速数据、慢速图像与电视图像等的各种宽带信息业务; 其次是 GSM 虽然号称“全球通”, 实际未能实现真正的全球漫游, 尤其是在移动电话用户较多的国家, 如美国、日本等均未得到大规模的应用。而随着科学技术和通信业务的发展, 所需要的将是一个综合现有移动电话系统功能和提供多种服务的综合业务系统, 所以国际电联要求在 2000 年实现第三代移动通信系统(3G), 即 IMT-2000 的商用化。IMT-2000 的关键特性有① 包含多种系统; ② 标准适用于全球任何国家; ③ IMT-2000 网内业务与固定网络的业务兼容; ④ 高质量; ⑤ 世界范围内使用的小型便携式终端。

1) IMT-2000 的频谱分配

1992 年世界无线电管制大会规定 IMT-2000 频谱的分配如下:



上行频段: 1885 MHz~2025 MHz; 下行频段: 2110 MHz~2200 MHz;

移动卫星业务频段: 1980 MHz~2010 MHz; 2170 MHz~2200 MHz。

从上面的分配可以看出, 其上、下行频段是不对称的, 因此有的系统提出利用不对称的频段以 TDD 方式提供业务。但是在 IMT-2000 频谱分配上, 各国家和地区的考虑并不相同, 不可能完全遵照这样的频谱安排。

2) IMT-2000 标准化组织

世界上许多组织参与了 3G 标准的制定工作, 主要标准化组织有 ETSI(欧洲)、T1(美国)、CWTS(中国)、TTA(韩国)、ARIB(日本)、TTC(日本)等。

(1) 第三代移动通信合作伙伴项目(3GPP)。第三代移动通信合作伙伴项目(3G Partnership Project, 3GPP)是 3G 技术规范机构, 由欧洲的 ETSI、日本的 ARIB 和 TTC、韩国的 TTA 以及美国的 T1 电信标准委员会在 1998 年年底发起, 并于 1998 年 12 月正式成立。3GPP 组织机构分为项目合作和技术规范两大职能部门。项目合作部(PCG)是 3GPP 的最高管理机构, 负责全面协调工作; 技术规范部(TSG)负责技术规范制定工作, 受 PCG 管理。

中国无线通信标准组织(China Wireless Telecommunication Standard, CWTS)于 1999 年 6 月在韩国正式签字加入 3GPP, 成为 3GPP 的组织伙伴, 在此之前, 我国是以观察员的身份参与 3GPP 的标准化活动的。

3GPP 的宗旨是研究制定并推广基于演进的 GSM 核心网络的 3G 标准, 即制定以 GSM 移动应用部分(GSM Mobile Application Part, GSM MAP)为核心网, 通用陆地无线接入网(Universal Terrestrial Radio Access, UTRA)为无线接口的标准。3GPP 已制定了 WCDMA、CDMA-TDD(含 TD-SCDMA 和 UTRA-TDD, 其中 TD-SCDMA 标准由中国提出)、EDGE 等标准, 2002 年 6 月已发布了 3 个版本的 UMTS 标准 R99、R4、R5, 正在制定 R6 和 LTE 的有关标准。

(2) 第三代移动通信合作伙伴项目二(3GPP2)。第三代移动通信合作伙伴项目二(3G Partnership Project, 3GPP2)是由美国的 TTA、日本的 ARIB 和 TTC 以及韩国的 TTA 等发起的, 于 1999 年 1 月正式成立。中国无线通信标准组织(CWTS)于 1999 年 6 月在韩国正式签字加入 3GPP2, 成为 3GPP2 的组织伙伴。

3GPP2 的宗旨是制定以 ANSI/IS-41 为核心网, 以 CDMA 2000 为无线接口的标准。ANSI(American National Standards Institute)是美国国家标准学会, IS-41 协议是 CDMA 第二代数字蜂窝移动通信系统的核心网移动性管理协议。3GPP2 已制定了 CDMA 2000 标准, 已发布了 Release 0、Release A、Release B、Release C、Release D 标准, 正在制定 AIE 有关标准。

3GPP 和 3GPP2 的目标是实现由 2G 网络向 3G 网络的平滑过渡, 保证未来技术的后向兼容性, 支持轻松建网及系统间的漫游和兼容性。

国际上, 3G 系统主流标准有 WCDMA、CDMA 2000 和 TD-SCDMA(Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access)三个, 并都已经开始商用。

目前超 3G(B3G)技术和 4G 技术也已经开始研究, 3G 数据速率可以达到 2 Mb/s, B3G 数据速率则可以达到 1 Gb/s 以上。

伴随着世界移动通信的发展, 中国移动通信技术的研究及应用均获得了快速的发展。



在第一代模拟移动通信的发展中,中国基本上全部采用国外进口设备。从第二代数字移动通信系统技术开始,中国逐步实现了自主开发与制造,并在此基础上自主地进行核心技术的创新,技术水平得到了快速的提高。在发展第三代移动通信技术的过程中,中国在1998年提出了自主知识产权的系统标准 TD-SCDMA,并为国际电信联盟 ITU(International Telecommunications Union)接纳,成为国际上三个主流的 3G 通信标准之一。TD-SCDMA 是中国在通信领域第一次系统性地提出国际标准,在移动通信技术上的这一重大进步,标志着从第三代移动通信开始,中国的移动通信技术已经发展到具备直接参与国际竞争的能力。2008 年,TD-SCDMA 系统产品在技术上逐渐成熟,并在产业化方面取得了重大进展,开始在国内京津沪等 8 个城市进行试商用。

到 2008 年 7 月底,全球移动用户数已经超过 30 亿,中国移动用户数已经超过 6 亿,中国已经成为世界第一大移动通信市场。

1.2 移动通信的特点

通话的双方,只要有一方处于移动状态,即构成移动通信方式。移动通信是有线通信的延伸,与有线通信相比,它具有以下特点。

1. 终端用户的移动性

移动通信的主要特点在于用户的移动性,需要随时知道用户的当前位置,以完成呼叫、接续等功能;用户在通话时的移动性还涉及到频道的切换问题等。

2. 无线接入方式

移动用户与基站系统之间采用无线接入方式,需要考虑频率资源的有限性、用户与基站系统之间信号的干扰(频率利用、建筑物的影响、信号的衰减等)、信息(信令、数据、话路等)的安全保护(鉴权、加密)等问题。

3. 漫游功能

移动通信的漫游功能主要指移动通信网之间的自动漫游、相同制式移动通信网之间的自动漫游、移动通信网与其他网络的互通(公用电话网、综合业务数字网、数据网、专网、现有移动通信网等)等,可实现包括电话业务、数据业务、短消息业务、智能业务等多种功能。

1.3 移动通信面临的挑战

1. 传播环境的复杂性

移动通信面临的技术挑战主要源自复杂的无线信道传播环境。有线通信使用特性稳定的传输媒介,传输环境是稳定的和可预测的。无线通信使用无线信道作为传输媒介,传播环境复杂多变。在发射机到达接收机的传播路径上,很少出现简单的视线传播(Line of Sight, LoS)情况。多数情况下,电磁波在传播过程中会受到许多地物的反射、绕射或散射的影响。反射和散射使得自发射机发出的信号可能经过多条路径到达接收机,这就是多径传播现象。



多径传播使电磁波的传播衰减增大,产生严重影响通信效果的多径衰落现象。而且,有时引起多径传播现象的物体还处于运动之中,这使得准确地预测任意位置上的无线接收信号电平基本上是不可能的。绕射增大了地物阴影区的信号电平,使得接收机在许多地物阴影区也能够工作,但绕射损耗一般都很大,当接收机处于大型地物的阴影区时,接收信号电平一般达不到正常接收的水平。另外,多径传播还会产生信号的时延扩展和频谱扩展,时延扩展使得前一脉冲符号因时延与后一脉冲符号重叠,在接收端导致符号间相互干扰。频谱扩展决定了信号的时域衰落波形。

移动通信系统的设计依据是对无线传播环境的研究,因此无线传播环境是无线通信技术研究的主要内容之一,通过研究无线传播环境的复杂特性以及可以在技术上采取特殊的措施,从而有效地提升移动通信系统的性能。

2. 用户的可移动性

用户的可移动性对系统设计有着重要的影响。一方面,移动增加了无线信道的复杂性,导致无线信道是一个时变的多径信道;另一方面,系统对移动用户的管理也是一个比较复杂的过程,系统在任何时候都需要确定用户的位置,并且能够跟踪用户,对用户提供服务,而不能使用户对这个管理过程有任何觉察。

鉴于以上这些特点,移动通信系统要比固定网络通信复杂得多。

3. 频谱资源有限

无线电频谱是一种资源,这种资源具有以下主要特点:一是有限性,频率资源在空间、时间和频率三维要素可以重复使用,但是一定条件下对某一频段和频率的利用又是有限的;二是非耗竭性,频率资源不同于土地、水、矿产等一类再生或非再生资源,不利用是一种浪费,使用不当也是一种浪费,甚至造成危害;三是固有性,频率的传播不受行政区域限制,既无省界也无国界;四是易受污染性,电磁波在空中传播容易受到自然噪声和人为噪声的干扰。由于无线电频谱具有以上这些特点,无线频谱的使用是通过国际协议进行管制的,在中国是由国家无线电管理部门进行管理的。

在建设公众服务无线网络时,从国家无线电管理部门得到的无线频谱总是非常有限的。而运营者总是力求获得大的无线服务区域和尽可能大的无线系统容量,这就需要使用许多的无线通信设备协同工作。为了消除干扰,相邻位置的不同无线连接不得使用同一频率,否则相邻的无线设备容易出现相互干扰。因此就出现了有限的频率资源与大的网络覆盖及系统容量之间的矛盾。增加频谱效率的各种方法就成为无线通信技术研究的核心问题之一。

频谱效率是描述频谱重复使用效率的概念,定义为每单位带宽或单位面积上可以达到的业务密度。对于话音业务,频谱效率的单位是 Erlang/(Hz·m²),对于数据业务,则为 bit/(s·Hz·m²)。由于无线系统运营商的网络覆盖区域和可获得的频谱带宽是一定的,增加系统容量的唯一方法就是提高频谱效率。20世纪60年代提出的蜂窝概念使得有限的无线频谱可以重复使用(称为频率复用),为解决频谱资源不足和用户容量问题的矛盾提供了最有效的解决办法,大大提高了无线通信系统的频谱使用效率,从而促进了无线通信的快速发展和应用。

然而,随着无线通信技术的飞速发展,适用不同业务要求的各种移动通信系统体制也



不断涌现,其中最广泛使用的蜂窝移动通信系统是需要通过授权使用无线频谱。移动通信业务的迅速发展使得频谱资源变得越来越紧张,使得无线频谱资源的分配与管理越来越困难。

1.4 移动通信技术的发展趋势

1. 移动业务走向数据化和分组化

在固定通信领域,语音业务正受到数据业务的强有力挑战。据预计,在最近一两年中,全球数据通信量将超过语音通信量。与固定通信相比,移动通信目前的语音通信显然占绝对优势,随着新技术的引入,移动数据业务已开始呈现蓬勃发展的景象,WAP在现有窄带移动网络上的实现,已经使移动通信能提供低速率的信息访问。目前,通过GPRS等技术对现有移动网络的改造可使它能提供更高带宽的数据业务,能够更快速地上网游览和开放其他信息服务,第三代移动通信系统更是以能够提供宽带的多媒体数据业务为一个主要出发点。

2. 未来移动通信网络将是全IP网络

未来的移动通信网络将向IP化方向演进,它的核心网将是一个全IP的分组网络。对此,两个主要的第三代移动通信标准化组织3GPP和3GPP2都将第三代移动通信发展的目标认定为全IP网。ITU也认为,可以将IMT-2000重新定义为IMT-Internet Mobile/Multimedia Telecommunications,即“互联网移动/多媒体通信”。可以想象,未来的移动通信核心网络将采用宽带IP网络,在此IP网上,承载从实时语音、视频,到Web游览、电子商务等多种业务,它将是一个电信级的多业务统一网络,在无线部分使用宽带无线接入技术。未来的移动通信网络将真正实现移动和IP的融合。

值得注意的是,尽管未来的移动通信网将使用移动IP技术支持未来的移动数据业务,但是这并不意味着它们都将IP化。这是因为,语音业务和数据业务的服务质量要求是不一样的,因此可以使用不同的技术手段保障用户满意的服务质量要求。

3. 三大主体结构为未来移动通信系统提供良好的发展空间

未来的移动通信系统的三大主体结构如下:

- (1) 设备制造商负责制造向用户提供服务的移动通信系统设备和终端。
- (2) 服务运营商负责向用户提供移动通信业务服务。
- (3) 业务设计商负责向运营商提供用户喜闻乐见的业务形式和业务内容。

这种分为三大主体结构的移动通信系统体系,是为了适应移动通信的业务内容在未来将从单纯提供语音业务向提供包括语音在内的多媒体业务的发展这样一个趋势。在移动通信系统需要提供多媒体业务的条件下,很多业务是不可能在设备制造阶段预见到的。因此,设备的制造就应该尽可能与业务的设置相独立。

从这个意义上讲,未来移动通信的发展不仅将为设备制造商和业务运营商提供更大的市场空间,也将造就一个庞大的业务服务群体,并为其提供良好的市场空间。



4. 超 IMT-2000 的研究已纳入议程

ITU 开展 IMT-2000 以及超 IMT-2000 的研究是在 ITU-R 的 WP8F 和 ITU-T IMT-2000 SSG 中进行的。前者成立于 2000 年,主要从事无线技术、频谱、业务等方面的研究,成立后即启动了“IMT-2000 及超 IMT-2000 的远景框架与总目标”的研究课题;后者成立于 2001 年,目前正在研究未来全 IP 核心网的融合,并起草超 3G 核心网的网络能力和业务能力的建议。2000 年召开的 WRC-2000 大会已经确定了 IMT-2000 的扩展频谱,用于 IMT-2000 增强及超 IMT-2000 系统。在 2003 世界无线电大会上,将超 IMT-2000 作为一个议程进行了广泛的讨论,这次无线电大会讨论的主要焦点和分歧是关于 WRC-2000 大会对超 IMT-2000 的决议的修改问题,即是否进行 600 MHz 以下频段用于超 IMT-2000 的研究问题。

对于 IMT-2000 以及超 IMT-2000 的研究,WP8F 开展较早,已经取得了阶段性成果,并于 2002 年 6 月结束。第 8 次会议上确定了关键的数据速率以及时间表等,同年 10 月,研究报告讨论通过并提交到 ITU-R SG8,SG8 又提交到 WRC-2003,并在大会上获得通过。该研究报告对 IMT-2000 系统的未来发展进行了如下描述。

(1) 对于陆地 IMT-2000 系统:在 2005 年左右,其有用数据的峰值总速率将达到 30 Mb/s,而卫星 IMT-2000 系统将进一步发展,能够提供广播、组播等补充业务。IMT-2000 系统未来发展的关键特征是系统能力能够稳定和连续不断地发展和增强,增强市场的稳定性,并使越来越多的业务得到应用。

(2) 对于超 IMT-2000 系统:WP8F 的研究认为,将有一种或多种新的无线接入技术和接口引入,有用峰值速率在高移动状态下应接近于 100 Mb/s,在低移动速率状态下应接近于 1 Gb/s。因此,必须在 2007 年世界无线电大会后进行。届时,不同的无线接入系统将被无缝地连接到一个共同的、灵活的核心网中。而接入网的结构应是一个分层互补的整体,可以在任意时间、任意地点实现最优的接入。总之,超 IMT-2000 系统的能力将涵盖并远远超过 IMT-2000 系统及与其进行互连的无线接入系统的能力。

关于推进的时间表,WP8F 认为,到 2010 年,在 WRC-2000 确认的频谱上应实现无线接口的融合和 IP 核心网的突破;从 2010 年开始,新的无线接口、额外的频段、先进的频率利用技术以及对现有资源的重新配置应当启动。

在下一阶段,ITU 的超 3G 工作计划是全面启动 IMT-2000 业务、市场、技术和频谱需求的研究,研究内容包括频谱、技术和演进以及干扰问题。在各国的研究进展中,目前成立于 2001 年 8 月的无线世界研究论坛(WWRF)负责协调部分国家的相关研究,该论坛由阿尔卡特、爱立信、诺基亚、西门子、摩托罗拉等公司参加,论坛共分四个研究组。在韩国,超 IMT-2000 的研究机构是 VRC,由 ETRI、有关大学和三星、LG 等企业共同参与,研究的重点主要是高速分组的 RTT 和 WLAN(100 Mb/s)的相互协作以及移动软交换网络。在日本,超 IMT-2000 的相关研究机构是 mITF,其目标是完成包括超 IMT-2000 系统和移动商务在内的技术和标准化方面的研究,技术上包括应用、系统研究、核心和无线接入网以及终端等。我国的超 IMT-2000 研究机构称为 FuTURE,其目标是通过 IPv6 核心网整合分层的无线通信系统,在广播层要建立 HAPS 演示系统,蜂窝层要使分组数据速率达到 20 Mb/s,WXAN 层的分组数据速率要达到 100 Mb/s;演示的业务应包括电信业务、IT 业务、媒体业务、家庭和个人业务等。



移动的网络(Movable Network, MN)是指当一个处于移动的 LAN 需要接入 4G 网络时,就需要通过 MN 进行接入。因此 MN 就像一个为小型网络提供接入的网关。

在 4G 系统中,网元间的协议是基于 IP 的,每一个 MT(移动终端)都有各自的 IP 地址。当 4G 网与其他网络连接时,如 PSTN/ISDN 则需要网关进行连接。另外,与传统的 2G、3G 接入网连接时也需要相应的网关。

由上述结构可以看出,4G 的网络应该是一个无缝链接(Seamless Connection)网络,也就是说,各种无线和有线网都能以 IP 协议为基础连接到 IP 核心网。当然,为了与传统的网络互联,则需要用网关建立网络的互联,所以,未来的 4G 网络将是一个复杂的、多协议的网络。

思考题

- 1-1 移动通信的特点是什么?
- 1-2 移动通信的发展趋势是什么?
- 1-3 目前移动通信系统经历了哪些发展阶段?
- 1-4 我国正在使用的陆地移动通信系统有哪些?