



高等学校信息工程类“十三五”规划教材

移动通信网络及技术

(第二版)

孙海英 魏崇毓 编著◎

YIDONGTONGXIN
WANGLUJISHU



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“十三五”规划教材

移动通信网络及技术

(第二版)

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, 主要介绍第二代、第三代及 LTE 移动通信网络和相关技术, 力求将通信的基础理论和应用系统相结合。全书主要分为三部分: 第一部分(第 2、3 章)讲述第二代移动通信网络, 包括 GSM 网络和 IS-95 系统; 第二部分(第 4、5、6 章)讲述第三代移动通信网络, 包括 WCDMA 系统、TD-SCDMA 系统、CDMA2000 系统; 第三部分(第 7 章)讲述了长期演进技术——LTE 和 LTE-A。

本书内容丰富, 具有较强的系统性和实用性, 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/孙海英编著. —2 版. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2018.2

ISBN 978-7-5606-4802-6

I. ① 移… II. ① 孙… III. ① 移动网 IV. ① TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 320945 号

策 划 马乐惠

责任编辑 雷鸿俊 任倍萱

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 陕西利达印务有限责任公司

版 次 2018 年 2 月第 2 版 2018 年 2 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 15.375

字 数 359 千字

印 数 1~3000 册

定 价 35.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 4802 - 6/TN

XDUP 5104002-1

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

本书第一版于 2012 年出版,在过去几年的使用中,许多教师和学生根据自己的使用情况提出了不少修改意见;同时,编者也感觉到第一版中的一些章节已不适应迅速发展的通信技术对教学的要求,尤其是第四代移动通信技术的逐渐成熟与应用。因此,编者在广泛吸收意见的基础上进行了第二版的编写。

与第一版相比,第二版中较大的修改主要体现在以下几个方面:对原书中的第 7 章内容进行了较大篇幅的修改,不仅增加了对 LTE 网络架构的描述,还对 LTE 关键技术中的 OFDM 和 MIMO 技术进行了详细的介绍,同时对 LTE 和 LTE-A 也进行了区分。除此之外,第 1 章中,在移动通信发展趋势部分增加了对 5G 网络的简单介绍,包括发展趋势及可能涉及的关键技术。

本书共 7 章,分为三部分,主要内容包括: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、CDMA2000 系统、LTE 和 LTE-A。

本书第二版的编写参考了部分专业老师和出版社老师的宝贵意见,这对本书内容的完善及修改起了很大的作用,对此,编者表示衷心的感谢。

鉴于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2017 年 10 月

第一版前言

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.....	5
1.3 移动通信面临的挑战.....	6
1.4 移动通信技术的发展趋势.....	7
思考题.....	11
第 2 章 GSM 移动通信系统.....	12
2.1 概述.....	12
2.1.1 GSM 的发展历史.....	12
2.1.2 GSM 的特点.....	12
2.2 GSM 系统结构.....	13
2.2.1 GSM 系统的总体结构.....	13
2.2.2 GSM 基站子系统结构及原理.....	15
2.3 GSM 系统的主要规格参数.....	24
2.4 GSM 位置区域划分及编号方式.....	26
2.4.1 GSM 位置区域的概念.....	26
2.4.2 GSM 编号方式.....	27
2.5 GSM 逻辑信道和帧结构.....	29
2.5.1 GSM 逻辑信道.....	29
2.5.2 GSM 帧结构.....	32
2.6 GSM 的主要技术.....	34
2.6.1 语音编码和信道编码.....	34
2.6.2 GSM 安全性管理.....	36
2.6.3 切换控制.....	39
2.6.4 GSM 跳频原理.....	41
2.7 GSM 系统网络规划.....	42
2.7.1 蜂窝网络规划的主要内容.....	42
2.7.2 蜂窝网络规划流程.....	42
2.7.3 蜂窝系统业务量描述与业务量估计.....	43
2.7.4 GSM 蜂窝无线网络设计.....	45

2.7.5 GSM 蜂窝网络优化	58
2.8 GPRS 通用分组无线业务	66
思考题	67
第 3 章 CDMA 蜂窝移动通信系统	68
3.1 CDMA 系统概述	68
3.1.1 CDMA 系统的发展及特点	68
3.1.2 扩频技术	69
3.2 IS-95 CDMA 系统	73
3.2.1 IS-95 CDMA 系统网络结构	73
3.2.2 IS-95 系统的无线传输	74
3.3 IS-95 CDMA 系统关键技术	80
3.3.1 CDMA 系统的功率控制	80
3.3.2 CDMA 系统的软切换	82
思考题	83
第 4 章 WCDMA 系统	84
4.1 第三代移动通信系统概述	84
4.2 WCDMA 系统结构	86
4.2.1 WCDMA 网络结构及主要参数	86
4.2.2 WCDMA 陆地无线接入网络子系统(UTRAN)	87
4.2.3 WCDMA 核心网的演进	90
4.3 WCDMA 空中接口	97
4.3.1 空中接口的协议结构	97
4.3.2 RRC 层	98
4.3.3 RLC 层	100
4.3.4 MAC 层	101
4.3.5 分组数据会聚协议(PDCP)	102
4.3.6 广播/多播控制协议(BMC)	102
4.3.7 PHY 层	103
4.4 WCDMA 空中接口信道	104
4.4.1 空中接口信道类型	104
4.4.2 传输信道	104
4.4.3 物理信道和物理信号	106
4.4.4 物理信道的映射和关联	115
4.5 WCDMA 关键技术	116
4.5.1 多用户检测技术	116
4.5.2 RAKE 接收机	118
4.5.3 功率控制技术	121

4.5.4 CDMA 射频和中频设计原理.....	123
思考题.....	125
第 5 章 TD-SCDMA 系统	126
5.1 TD-SCDMA 系统概述.....	126
5.1.1 TD-SCDMA 系统的发展.....	126
5.1.2 TD-SCDMA 系统的主要参数.....	127
5.1.3 TD-SCDMA 系统的特点.....	127
5.2 TD-SCDMA 网络结构和接口.....	128
5.2.1 TD-SCDMA 网络结构.....	128
5.2.2 TD-SCDMA 无线接入网络.....	129
5.2.3 UTRAN 接口.....	132
5.3 TD-SCDMA 系统空中接口.....	137
5.3.1 TD-SCDMA 系统空中接口概述.....	137
5.3.2 TD-SCDMA 系统传输信道.....	145
5.3.3 TD-SCDMA 系统物理层.....	146
5.4 TD-SCDMA 关键技术.....	152
思考题.....	158
第 6 章 CDMA 2000 系统	159
6.1 概述.....	159
6.2 CDMA 2000 空中接口.....	163
6.2.1 CDMA 2000 体系的结构.....	163
6.2.2 CDMA 2000 物理层.....	166
6.3 CDMA 2000 1x EV-DO.....	181
6.3.1 概述.....	181
6.3.2 CDMA 2000 1x EV-DO 的空中接口.....	183
思考题.....	185
第 7 章 LTE 和 LTE-A	196
7.1 LTE 概述.....	196
7.2 LTE 网络架构及接口.....	197
7.2.1 LTE 网络架构.....	197
7.2.2 网络接口.....	201
7.3 LTE 物理层.....	203
7.3.1 LTE 接入网协议.....	203
7.3.2 物理层概述.....	204
7.3.3 物理信道.....	207
7.4 LTE 关键技术.....	210

7.4.1 OFDM 技术	210
7.4.2 多入多出(MIMO)技术	214
7.4.3 随机接入过程	231
7.4.4 混合自动重传请求	232
7.5 LTE-A 概述	233
思考题	235
 参考文献	 236

第 1 章 概 述

1.1 移动通信的发展历程

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,且被广泛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,可以划分为四代。

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”。

这些致命的弱点妨碍了其进一步发展,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,其工作频带为 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,并被称为 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 月已发布了三个版本的 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。

伴随着世界移动通信的发展,中国移动通信技术的研发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。

4. 第四代移动通信系统(4G)

从 2004 年底到 2005 年初,3GPP 一直在进行 R6 的标准化工作,其主要特性是可进行 HSUPA 和 MBMS(多媒体广播组播业务)。此时,IEEE-SA 组织中进行标准化的 802.16e 宽带无线接入标准化进展迅速,对以传统电信运营商、设备制造商和其他产业环节为主组成的 3GPP 构成了实质性的竞争威胁。802.16a 和 WiMAX 技术是“宽带接入移动化”思想的体现。WiMAX 的主要空中接口技术是 OFDMA 和 MIMO,支持 10 MHz 以上的带宽,可以提供数十兆位每秒的高速数据业务,并能够支持车载移动速度。相比之下,WCDMA 单载波速率仅为 14.4 Mb/s。OFDMA 本身具有大量正交窄带子载波构成的特点,允许系统灵活扩展到更大带宽;而 5 MHz 以上的带宽 CDMA 系统会面临频率选择性衰落环境下接收机复杂等问题。因此,3GPP 迫切需要提出新标准对抗 WiMAX。在这种形势下,LTE 就应运而生了。

2008 年 12 月,3GPP 工作组完成了所有的性能规格和协议,并且公布了 3GPP R8 版本作为 LTE 的主要技术标准。3GPP 最终在提交对六个候选方案中选择了多址方式下行采用 OFDMA,上行采用 SC-FDMA,舍弃了 3G 核心技术 CDMA。LTE 系统具有 TDD 和 FDD 两种模式,与 3G 时代不同,这两种模式具有相同的基础技术和参数,也是用统一的规范描述的。LTE 核心网层面同样进行了革命性变革,核心网仅含分组域,并引入了 SAE,且控制面和用户面分离。LTE 网络中的网元进行了精简,取消了 RNC,整个网络向扁平化方向发展。

R8 之后的 R9 对 LTE 标准进行了修订和增强,其主要内容有:WiMAX-LTE 之间的移动性、WiMAX-UMTS 之间的移动性、Home Node B/eNode B、各种一致性测试等。

ITU 在探索 3G 之后下一代移动通信系统的概念和方案过程中,于 2005 年将 B3G 正式定名为 IMT-Advanced。2007 年 11 月世界无线电大会(WRC-07)为 IMT-Advanced 分配了频谱,进一步加快了 IMT-Advanced 技术的研究进程。2008 年 3 月,ITU-R 发出通函,向各成员征集 IMT-Advanced 候选技术提案,算是正式启动了 4G 标准化工作。2009 年,在其 ITU-R WP5D 工作组第 6 次会议上收到了六项 4G 技术提案,分别由 IEEE、3GPP、日本(两项)、韩国和中国提交。2010 年 10 月 21 日,ITU 完成了六个 4G 技术提案的评估;最后将三个基于 3GPP LTE-Advanced 的方案融合为 LTE-Advanced,它是 LTE 的增强型技术;另三个基于 IEEE802.16m 的方案融合为 WirelessMAN-Advanced,它是 802.16e 的增强型技术;完成了 IMT-Advanced 标准建议 IMT-GCS。2012 年,ITU-R WP5D 会议正式审议通过了 IMT-GCS,确定了官方的 IMT-Advanced 技术。至此,业界一致认为这是正式的 4G 标准,而之前的 LTE 和 802.16e 需求未达到 IMT-Advanced 的性能要求,但关键技术具有 4G 特征,并能平滑演进到 4G,所以将它们称为准 4G,或 3.9G,属于 4G 阵营。

4G 所能提供的业务包括了高质量的影像多媒体业务在内的各种数据业务、话音业务。

4G 的网络结构将是一个采用全 IP 的网络结构。4G 网络要采用许多新的技术和新的方法来支撑,包括:自适应调制和编码技术(AMC)、自适应混合(ARO)技术、MIMO(多输入多输出)和正交频分复用(OFDM)技术、智能天线技术、软件无线电技术等。另外,为使 4G 与各种通信网融合,4G 网络必须支持多种协议。

4G 网络结构的概念如图 1-1-1 所示。其中,IP 核心网(CN, Core Network),它不仅仅服务于移动通信,还作为一种统一的网络,支持有线和无线接入。它的主要功能是完成位置管理和控制、呼叫控制和业务控制。4G 无线接入网(eNode B),它主要完成无线传输和无线资源控制,移动性管理则是通过 CN 和 RAN 共同完成的。

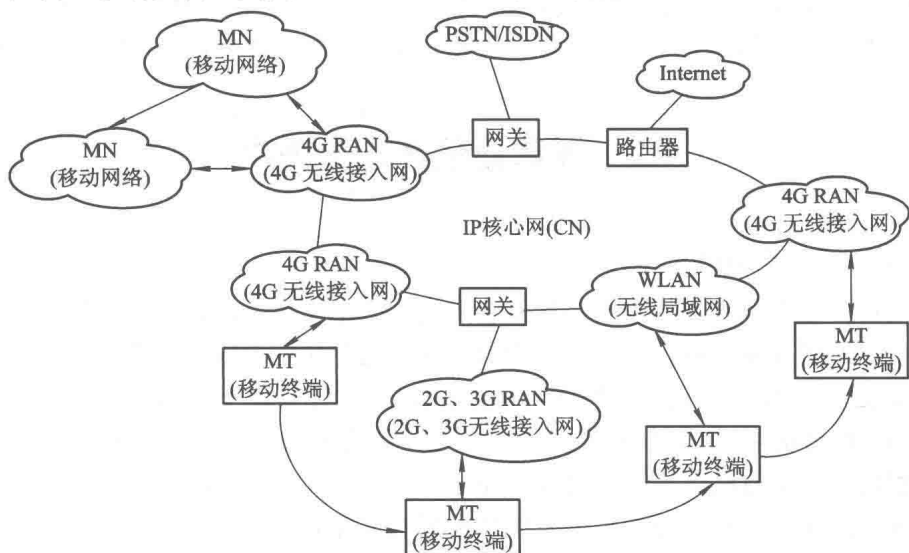


图 1-1-1 4G 网络结构

移动网络(MN, Movable Network): 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)的网络,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。

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。同时，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,在中国则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,其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

在固定通信领域,语音业务正受到数据业务的强有力挑战。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 GSM 移动网络的改造可使它能提供更高带宽的数据业务,能够更快速地上网浏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. 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。