



高等学校信息工程类“十二五”规划教材

3G 移动通信理论 及应用

樊 凯 刘乃安 李 晖 编著◎

3G YIDONGTONGXIN
LILUNJI YINGYONG



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校信息工程类“十二五”规划教材

3G 移动通信理论及应用

樊 凯 刘乃安 李 晖 编著

图书在版编目(CIP)数据

3G移动通信理论及应用

樊凯, 刘乃安, 李晖编著. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2014.12

ISBN 978-7-300-23485-7 I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

I. ①樊… II. ①樊… III. ①移动通信—教材

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

3G(3rd-generation)移动通信技术,是指将无线通信与国际互联网等多媒体通信结合的支持高速数据传输的蜂窝移动通信技术。目前 3G 技术存在三种标准:CDMA2000、WCDMA 和 TD-SCDMA,这三种标准均已被广泛使用。对 3G 移动通信理论及应用的学习与研究将对推动我国 3G 人才的培养及发展具有非常重要的意义。

本书主要介绍 3G 移动通信理论及应用。全书分为 12 章,分别为移动通信概述、CDMA 系统基本技术、3G 移动通信系统、CDMA2000 基本原理、WCDMA 基本原理、TD-SCDMA 基本原理、CDMA2000 关键技术、WCDMA 关键技术、TD-SCDMA 关键技术、TD-SCDMA 接口协议与信令流程、TD-SCDMA RNC 系统结构和 TD-SCDMA Node B 系统结构等。本书的特色在于原理讲解透彻,内容循序渐进。

本书是作者教学和研究成果的结晶,重点阐述了 3G 的三种技术标准的原理及关键技术,可作为高等院校或培训机构 3G 移动通信理论及应用教学与研究的教材,也可作为通信工程领域相关人员学习 3G 移动通信系统的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

3G 移动通信理论及应用/樊凯,刘乃安,李晖编著.—西安:西安电子科技大学出版社,2014.12
高等学校信息工程类“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3482-1

I. ① 3… II. ① 樊… ② 刘… ③ 李… III. ① 码分多址移动通信—通信技术—高等学校—教材
IV. ① TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 280410 号

策划编辑 邵汉平

责任编辑 邵汉平

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 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 11.5

字 数 268 千字

印 数 1~3000 册

定 价 26.00 元

ISBN 978-7-5606-3482-1/TN

XDUP 3774001-1

* * * 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

第一代移动通信系统采用频分多址(FDMA)的模拟调制方式,这种系统的主要缺点是频谱利用率低,信令干扰话音业务。第二代移动通信系统主要采用时分多址(TDMA)的数字调制方式,提高了系统容量,并采用独立信道传送信令,使系统性能大大改善,但TDMA的系统容量仍然有限,越区切换性能仍不完善。CDMA(Code Division Multiple Access,码分多址)作为第三代移动通信系统的技术基础,具有频率规划简单、系统容量大、频率复用系数高、抗多径能力强、通信质量好、软容量、软切换等特点,显示出巨大的发展潜力。

2000年5月,国际电信联盟(ITU)将WCDMA、CDMA 2000、TD-SCDMA三大主流无线接口标准,写入3G技术指导性文件《2000年国际移动通信计划》(简称IMT-2000)。

CDMA2000是由窄带CDMA(CDMA IS-95)技术发展而来的宽带CDMA技术,也称为CDMA Multi-Carrier,由美国高通北美公司为主导提出。系统从窄频CDMAOne数字标准衍生出来,从原有的CDMAOne结构直接升级到3G。中国电信采用这一方案向3G过渡,并已建成了CDMA IS-95网络。

WCDMA全称为Wideband CDMA,也称为CDMA Direct Spread,意为宽频分码多重存取。这是基于GSM网发展出来的3G技术规范,是欧洲提出的宽带CDMA技术。该标准提出了GSM(2G)-GPRS-EDGE-WCDMA(3G)的演进策略。这套系统能够架设在现有的GSM网络上,对于系统提供商而言可以较轻易地过渡。

TD-SCDMA全称为Time Division - Synchronous CDMA(时分同步CDMA),该标准是由中国制定的3G标准。该标准将智能天线、同步CDMA和软件无线电等当今国际领先技术融于其中,在频谱利用率、业务支持灵活性、频率灵活性及成本等方面具有优势。该标准提出不经过2.5代的中间环节,直接向3G过渡,适用于GSM系统向3G升级。

本书共分为12章,讲述3G三种技术标准(CDMA2000、WCDMA和TD-SCDMA)的原理及关键技术,并以TD-SCDMA技术为例介绍系统架构接口协议、信令流程、RNC系统结构和Node B系统结构。

第1章“移动通信概述”介绍了移动通信发展情况、2G向3G演进、蜂窝移动通信的基本概念和无线传播环境。

第2章“CDMA系统基本技术”从CDMA系统的编码技术开始介绍,其中包括编码技术、交织技术、扩频技术,最后介绍CDMA系统的调制技术。

第3章“3G移动通信系统”讲述了3G移动通信系统的三种技术标准,即CDMA 2000

移动通信系统、WCDMA 移动通信系统和 TD-SCDMA 移动通信系统。

第 4 章“CDMA 2000 基本原理”从体系结构开始介绍 CDMA 2000 系统的基本原理,其中包括体系结构、传输信道和物理信道、信道编码与复用,最后介绍 CDMA 2000 系统的扩频调制技术。

第 5 章“WCDMA 基本原理”从 WCDMA 系统的物理层结构开始介绍其基本原理,包括物理层结构、传输信道和物理信道、信道编码与复用。

第 6 章“TD-SCDMA 基本原理”从物理层结构、传输信道和物理信道、信道编码与复用、扩频与调制、物理层处理过程等介绍 TD-SCDMA 的基本原理。

第 7 章“CDMA 2000 关键技术”讲述了 CDMA 2000 移动通信系统中所使用的关键技术,主要包括信道估计与多径分集接收技术、高效的信道编译码技术、功率控制技术和宏分集与软切换技术。

第 8 章“WCDMA 关键技术”讲述了 WCDMA 移动通信系统中所使用的关键技术,主要包括功率控制技术、智能天线技术、分集和 RAKE 接收技术、多用户检测技术、切换技术、无线信道编码技术、高速下行分组接入技术和软件无线电技术。

第 9 章“TD-SCDMA 关键技术”讲述了 TD-SCDMA 移动通信系统中所使用的关键技术,主要包括 TDD 技术、联合检测技术、动态信道分配技术、接力切换技术和功率控制技术。

第 10 章“TD-SCDMA 接口协议与信令流程”讲述了 TD-SCDMA 移动通信系统接口协议中的 UTRAN 基本结构、UTRAN 接口协议模型、Iu 口相关协议、Iub 口相关协议、Uu 口协议结构;另一方面讲述了 TD-SCDMA 移动通信系统信令流程中的小区建立过程、UE 呼叫过程和 CS 域释放流程。

第 11 章“TD-SCDMA RNC 系统结构”讲述了 RNC 硬件系统、RNC 功能机框、RNC 单板 and RNC 数据流程。

第 12 章“TD-SCDMA Node B 系统结构”讲述了 TD-SCDMA Node B 系统结构,其中以 B328 和 R04 为例讲述 BBU+RRU 的 Node B 系统,以及各自的硬件结构及单板等。

在本书的编写过程中,得到了中兴通讯股份有限公司中兴 NC 教育学院、西安电子科技大学通信与信息工程实验教学中心、西安电子科技大学通信工程学院和西安电子科技大学教务处的大力支持和帮助,在此表示诚挚的感谢。另外,还要感谢西安电子科技大学孙宝华、李慧莹、龚圆圆、田琼、王朗、常晋云为本书所做的辛苦工作,感谢西安电子科技大学出版社为本书出版所做的细致工作。

由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,敬请同行专家和读者批评指正。

编 者

2014 年 10 月

目 录

第 1 章 移动通信概述	(1)	2.6.2 三种切换方式比较	(28)
1.1 移动通信发展	(1)	第 3 章 3G 移动通信系统	(30)
1.1.1 第一代——模拟蜂窝移动通信系统	(1)	3.1 CDMA 2000 移动通信系统	(30)
1.1.2 第二代——数字蜂窝移动通信系统	(2)	3.1.1 CDMA 2000 概述	(30)
1.1.3 第三代——IMT-2000	(2)	3.1.2 CDMA 2000 标准发展历程	(31)
1.1.4 4G 与移动通信的发展趋势	(5)	3.1.3 CDMA 2000 的优势	(34)
1.2 2G 向 3G 的演进	(6)	3.1.4 CDMA 2000 系统未来发展演进	(34)
1.3 蜂窝移动通信的基本概念	(8)	3.2 WCDMA 移动通信系统	(35)
1.4 无线传播环境	(10)	3.2.1 WCDMA 概述	(35)
1.4.1 多径传播	(10)	3.2.2 WCDMA 标准发展历程	(36)
1.4.2 时延扩展	(11)	3.2.3 WCDMA 优势	(37)
1.4.3 多普勒频移	(12)	3.2.4 WCDMA 系统未来发展演进	(38)
第 2 章 CDMA 系统基本技术	(13)	3.3 TD-SCDMA 移动通信系统	(40)
2.1 编码技术	(13)	3.3.1 TD-SCDMA 概述	(41)
2.2 交织技术	(15)	3.3.2 TD-SCDMA 标准发展历程	(41)
2.3 扩频技术	(15)	3.3.3 技术比较	(43)
2.3.1 扩频技术原理	(15)	3.3.4 TD-SCDMA 优势	(45)
2.3.2 扩频技术种类	(16)	3.3.5 TD-SCDMA 系统未来发展演进	(45)
2.3.3 扩频技术特点	(16)	第 4 章 CDMA 2000 基本原理	(48)
2.4 调制技术	(18)	4.1 CDMA 2000 的体系结构	(48)
2.5 功率控制技术	(22)	4.2 传输信道和物理信道	(49)
2.5.1 传统频率复用与 CDMA 频率复用	(23)	4.2.1 前向链路(FL)物理信道	(49)
2.5.2 功率控制准则	(23)	4.2.2 反向链路(RL)物理信道	(56)
2.5.3 功率控制分类及基本原理	(24)	4.3 信道编码与复用	(59)
2.5.4 小区呼吸功率控制	(26)	4.3.1 Turbo 编码器	(61)
2.6 切换技术	(26)	4.3.2 Turbo 译码器	(62)
2.6.1 切换方式	(26)	4.4 扩频与调制	(62)

4.4.1	CDMA 中扩频调制基本原理 分析	(63)	7.2	高效的信道编译码技术	(94)
4.4.2	扩频调制在 CDMA 2000 中的 应用	(65)	7.3	功率控制技术	(94)
第 5 章	WCDMA 基本原理	(68)	7.4	宏分集与软切换	(95)
5.1	物理层结构	(68)	7.4.1	宏分集	(95)
5.1.1	物理信道帧结构	(68)	7.4.2	软切换	(96)
5.1.2	物理信道时序结构	(68)	第 8 章	WCDMA 关键技术	(99)
5.2	传输信道和物理信道	(69)	8.1	功率控制技术	(99)
5.2.1	传输信道	(69)	8.2	分集和 RAKE 接收技术	(99)
5.2.2	物理信道	(70)	8.2.1	分集技术	(99)
5.2.3	传输信道与物理信道之间的 映射	(71)	8.2.2	RAKE 接收技术	(100)
5.3	信道编码与复用	(72)	8.3	多用户检测技术	(101)
5.4	扩频与调制	(72)	8.3.1	引言	(101)
5.4.1	上行链路的扩频与调制	(73)	8.3.2	多用户检测的现状	(102)
5.4.2	下行链路的扩频与调制	(74)	8.4	切换技术	(102)
第 6 章	TD-SCDMA 基本原理	(76)	8.5	无线信道编码	(102)
6.1	物理层结构	(76)	8.6	高速下行分组接入技术	(103)
6.1.1	物理信道帧结构	(76)	8.7	软件无线电	(103)
6.1.2	时隙结构	(77)	第 9 章	TD-SCDMA 关键技术	(104)
6.2	传输信道和物理信道	(79)	9.1	TDD 技术	(104)
6.2.1	传输信道	(79)	9.2	智能天线技术	(105)
6.2.2	物理信道及其分类	(80)	9.2.1	概述	(105)
6.2.3	传输信道到物理信道的映射	(81)	9.2.2	智能天线的基本概念和原理	(105)
6.3	信道编码与复用	(82)	9.2.3	智能天线实现示意图	(106)
6.4	扩频与调制	(84)	9.2.4	智能天线的分类	(107)
6.4.1	数据调制	(85)	9.2.5	天馈系统实物图	(107)
6.4.2	扩频调制	(85)	9.2.6	智能天线优势	(107)
6.4.3	同步码的产生	(87)	9.3	联合检测技术	(108)
6.5	物理层处理过程	(88)	9.3.1	联合检测的介绍	(108)
6.5.1	小区搜索过程	(88)	9.3.2	联合检测的原理	(109)
6.5.2	上行同步过程	(89)	9.3.3	联合检测+智能天线	(110)
6.5.3	基站间同步	(90)	9.3.4	关键技术论证	(111)
6.5.4	随机接入过程	(90)	9.4	动态信道分配技术	(111)
第 7 章	CDMA 2000 关键技术	(92)	9.4.1	动态信道分配方法	(111)
7.1	信道估计与多径分集接收技术	(92)	9.4.2	慢速 DCA	(112)
7.1.1	信道估计技术	(92)	9.4.3	快速 DCA	(112)
7.1.2	多径分集接收技术	(92)	9.4.4	快速 DCA 之码资源分配	(113)
			9.4.5	快速 DCA 之信道调整	(115)
			9.4.6	TD-SCDMA 对 DCA 的 考虑	(116)

9.4.7 DCA 小结	(116)	11.4.5 IMAB 单板	(151)
9.5 接力切换技术	(116)	11.4.6 SDTB 单板	(151)
9.6 功率控制	(117)	11.4.7 UIMU 和 UIMC 单板	(151)
9.6.1 上行功率控制	(117)	11.4.8 CHUB 单板	(152)
9.6.2 下行功率控制	(119)	11.4.9 PSN 单板	(152)
第 10 章 TD-SCDMA 接口协议与信令流程		11.4.10 GLI 单板	(152)
.....	(120)	11.4.11 RUB 单板	(152)
10.1 TD-SCDMA 移动通信系统		11.4.12 RGUB 单板	(153)
接口协议	(120)	11.4.13 PWRD 单板	(153)
10.1.1 UTRAN 基本结构	(120)	11.5 RNC 数据流程	(153)
10.1.2 UTRAN 接口协议模型	(122)	11.5.1 用户面 CS 域数据流向	(153)
10.1.3 Iu 口相关协议	(125)	11.5.2 用户面 PS 域数据流向	(154)
10.1.4 Iub 口相关协议	(126)	11.5.3 Iub 口信令数据流向	(154)
10.1.5 Uu 口协议结构	(127)	11.5.4 Iur、Iu 口信令数据流向	(155)
10.2 TD-SCDMA 移动通信系统信令流程		11.5.5 Uu 口信令数据流向	(156)
.....	(128)	11.5.6 Node B 操作维护数据流向	
10.2.1 小区建立过程	(128)		(156)
10.2.2 UE 呼叫过程	(129)	第 12 章 TD-SCDMA Node B 系统结构	
10.2.3 CS 域呼叫过程	(131)		(158)
第 11 章 TD-SCDMA RNC 系统结构 ...	(135)	12.1 TD-SCDMA Node B 系统	(158)
11.1 RNC 系统概述	(135)	12.1.1 BBU+RRU 系统	(158)
11.1.1 Node B 逻辑操作维护	(136)	12.1.2 Node B 组网	(160)
11.1.2 无线资源管理和控制	(136)	12.2 B328 系统概述	(162)
11.2 RNC 硬件系统概述	(137)	12.2.1 B328 移动性管理	(163)
11.2.1 硬件系统设计原则	(137)	12.2.2 B328 无线资源管理	(163)
11.2.2 硬件系统框图	(138)	12.2.3 B328 物理层功能	(165)
11.2.3 功能框图	(139)	12.3 B328 硬件系统结构	(165)
11.2.4 系统主备	(141)	12.3.1 机架配置	(165)
11.2.5 系统内部通信链路设计	(142)	12.3.2 机顶布置	(166)
11.2.6 时钟系统设计	(143)	12.3.3 机框	(166)
11.3 RNC 功能机框	(144)	12.3.4 单板	(167)
11.3.1 机框分类	(144)	12.4 R04 硬件系统结构	(170)
11.3.2 控制框	(144)	12.4.1 R04 功能	(170)
11.3.3 资源框	(146)	12.4.2 单板结构	(172)
11.3.4 交换框	(148)	12.5 R04 工作原理	(173)
11.4 RNC 单板介绍	(150)	12.5.1 总体框图	(173)
11.4.1 ROMB 和 RCB 单板	(150)	12.5.2 单板功能	(174)
11.4.2 CLKG 单板	(150)	12.5.3 R04 和 BBU 及 RRU 通信	
11.4.3 APBE 单板	(150)		(175)
11.4.4 DTB 单板	(151)	参考文献	(176)

第1章 移动通信概述

1.1 移动通信发展

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。

移动通信的发展始于20世纪20年代在军事及某些特殊领域的使用,到20世纪40年代才逐步向民用扩展,而最近十多年来才是移动通信真正蓬勃发展的时期。移动通信的发展过程大致可分为三个阶段,这三阶段对应的技术也被相应划分为三代,如图1-1所示。

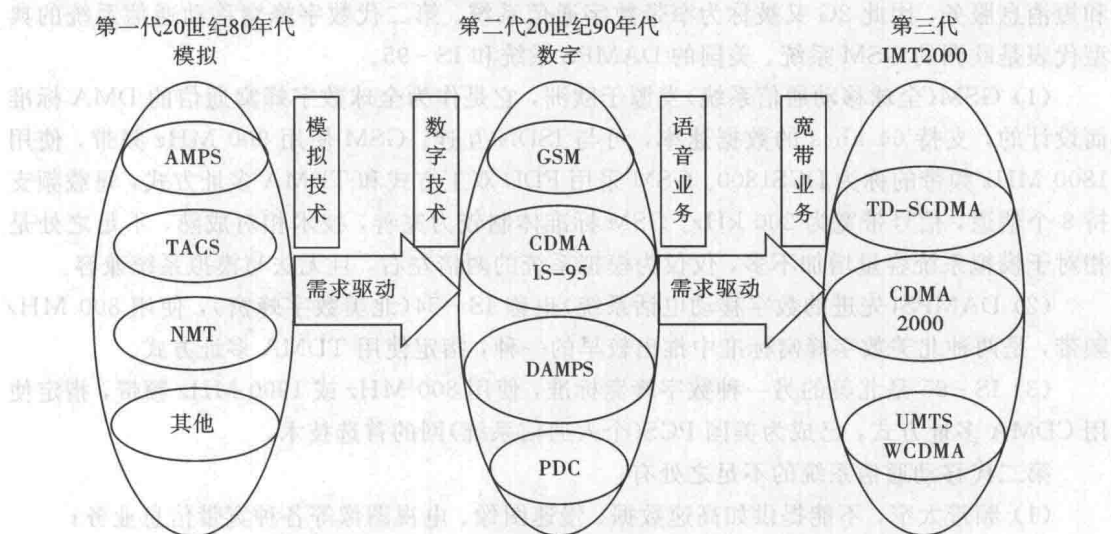


图 1-1 移动通信发展史

1.1.1 第一代——模拟蜂窝移动通信系统

第一代移动通信系统(1G)采用了蜂窝组网技术。1G系统出现在20世纪80年代中期,采用模拟调制技术,以FDMA技术为基础,主要提供语音业务。

第一代移动电话系统的主要标准有:

(1) AMPS(先进移动电话系统):使用模拟蜂窝传输的800 MHz频带,在美洲和部分环太平洋国家广泛使用。

(2) NMT-450/900(北欧移动电话):北欧部分国家开通了NMT系统。

(3) TACS(全向入网通信系统):20世纪80年代欧洲的模拟移动通信的制式,也是我国20世纪80年代采用的模拟移动通信制式,使用900 MHz频带。

第一代移动通信系统的弱点主要有:

- (1) 存在多种移动通信制式, 相互之间不能兼容, 无法实现全球漫游;
- (2) 无法与固网迅速向数字化推进相适应, 数字承载业务很难开展;
- (3) 频谱利用率低, 无法适应大容量的要求;
- (4) 安全利用率低, 易于被窃听。

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被数字蜂窝移动通信所替代。

1.1.2 第二代——数字蜂窝移动通信系统

为了解决模拟系统中存在的技术缺陷, 数字移动通信技术应运而生并发展起来, 这就是以 GSM 和 IS-95 为代表的第二代移动通信系统(2G)。从 20 世纪 80 年代中期至 90 年代初期开始, 欧洲首先推出了泛欧数字移动通信网(GSM)的体系, 随后美国和日本也制定了各自的数字移动通信体制。数字移动通信相对于模拟移动通信, 提高了频谱利用率, 支持多种业务服务, 并与 ISDN 等兼容。2G 除提供语音通信服务外, 还可提供低速数据服务和短消息服务, 因此 2G 又被称为窄带数字通信系统。第二代数字蜂窝移动通信系统的典型代表是欧洲的 GSM 系统、美国的 DAMPS 系统和 IS-95。

(1) GSM(全球移动通信系统)发源于欧洲, 它是作为全球数字蜂窝通信的 DMA 标准而设计的, 支持 64 kb/s 的数据速率, 可与 ISDN 互连。GSM 使用 900 MHz 频带, 使用 1800 MHz 频带的称为 DCS1800。GSM 采用 FDD 双工方式和 TDMA 多址方式, 每载频支持 8 个信道, 信号带宽为 200 kHz。GSM 标准体制较为完善, 技术相对成熟, 不足之处是相对于模拟系统容量增加不多, 仅仅为模拟系统的两倍左右, 且无法与模拟系统兼容。

(2) DAMPS(先进的数字移动电话系统)也称 IS-54(北美数字蜂窝), 使用 800 MHz 频带, 是两种北美数字蜂窝标准中推出较早的一种, 指定使用 TDMA 多址方式。

(3) IS-95 是北美的另一种数字蜂窝标准, 使用 800 MHz 或 1900 MHz 频带, 指定使用 CDMA 多址方式, 已成为美国 PCS(个人通信系统)网的首选技术。

第二代移动通信系统的不足之处有:

- (1) 频带太窄, 不能提供如高速数据、慢速图像、电视图像等各种宽带信息业务;
- (2) 无线频率资源紧张, 抗干扰、抗衰落能力不强, 系统容量不能满足需要;
- (3) 频率利用率低, 切换容易掉话;
- (4) 不同系统彼此间不能兼容, 使用的频率也不一样, 全球漫游比较困难。

由于第二代移动通信以传输话音和低速数据业务为目的, 从 1996 年开始, 为了解决中速数据传输问题, 又出现了 2.5 代移动通信系统, 如 GPRS 和 IS-95 B。这时期移动通信主要提供的服务仍然是语音服务和低速率数据服务。

1.1.3 第三代——IMT-2000

由于网络的发展, 数据和多媒体通信的发展势头很快, 所以, 第三代移动通信的目标就是移动宽带多媒体通信。从发展前景看, 由于自身的技术优势, CDMA 技术已经成为第三代移动通信的核心技术。为实现移动宽带多媒体通信, 对第三代移动通信技术(3G)的无线传输技术(RTT, Radio Transmission Technology)提出了以下要求:

- (1) 能高速传输以支持多媒体业务。室内环境下传输速率至少为 2 Mb/s; 室内外步行

环境下传输速率至少为 384 kb/s; 室外车辆运动中传输速率至少为 144 kb/s; 卫星移动环境下传输速率至少为 9.6 kb/s。

(2) 传输速率能够按需分配。

(3) 上、下行链路能适应不对称需求。

第三代移动通信技术的理论研究、技术开发和标准制定工作起始于 20 世纪 80 年代中期, 国际电信联盟 (ITU) 将该系统正式命名为国际移动通信 2000 (IMT - 2000, International Mobile Telecommunications in the year 2000), 即系统工作在 2000 MHz 频段, 最高业务速率可达 2000 kb/s, 在 2000 年左右实现商用。欧洲电信标准协会 (ETSI) 称其为通用移动通信系统 (UMTS, Universal Mobile Telecommunication System)。1999 年 11 月 5 日, 国际电联 ITU - R TG8/1 第 18 次会议通过了“IMT - 2000 无线接口技术规范”建议, 其中我国提出的 TD - SCDMA 技术写在了第三代无线接口规范建议的 IMT - 2000 CDMA TDD 部分中。

IMT - 2000 是一个全球无缝覆盖、全球漫游, 包括卫星移动通信、陆地移动通信和无绳电话等蜂窝移动通信的大系统。它可以向公众提供前两代产品所不能提供的各种宽带信息业务, 如图像、音乐、网页浏览、视频会议等。

IMT - 2000 系统的主要目标与特性有:

(1) 具有全球无缝覆盖和漫游能力。

(2) 高服务质量, 高速率传输, 提供窄带和宽带多媒体业务。

(3) 与固定网络各种业务相互兼容。

(4) 无缝业务传递。

(5) 支持系统平滑升级和现有系统的演进。

(6) 适应多种运行环境。

(7) 支持多媒体功能及广泛的业务终端等。

1. IMT - 2000 无线传输技术

IMT - 2000 无线传输技术标准如图 1 - 2 所示。

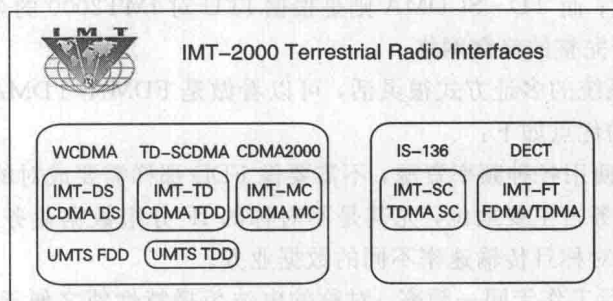


图 1 - 2 IMT - 2000 RTT 标准

1999 年 11 月召开的国际电联芬兰会议确定了第三代移动通信无线接口技术标准, 并于 2000 年 5 月举行的 ITU - R 2000 年会上最终批准通过。此标准包括码分多址 (CDMA) 和时分多址 (TDMA) 两大类五种技术, 它们分别是 WCDMA、CDMA 2000、CDMA TDD、UWC - 136 和 EP - DECT。其中, 前三种基于 CDMA 技术的标准是目前所公认的主流技术, 它又分成频分双工 (FDD) 和时分双工 (TDD) 两种方式。CDMA TDD 包括欧洲的

UTRA TDD 和我国提出的 TD-SCDMA 技术。

(1) CDMA 2000: 由北美最早提出, 其核心网采用演进的 IS-95 CDMA 核心网(ANSI-41), 能与现有的 IS-95 CDMA 向后兼容。CDMA 技术得到 IS-95 CDMA 运营商的支持, 主要分布在北美和亚太地区。

CDMA 2000 采用 MC-CDMA(多载波 CDMA)方式, 基本带宽为 1.25 MHz, 码片速率是 1.2288 Mc/s, 可支持语音、分组和数据等业务, 并可实现 QoS 的协商。其无线单载波 CDMA 2000 1x 采用与 IS-95 相同的带宽, 容量提高了一倍, 第一阶段支持 144 kb/s 业务速率, 第二阶段支持 614 kb/s。3GPP2 已完成这部分的标准化工作。目前增强型单载波 CDMA 2000 1x EV 在技术发展中较受重视, 极具商用潜力。

(2) WCDMA: 最早由欧洲和日本提出, 其核心网是基于演进的 GSM/GPRS 网络技术, 空中接口采用 DS-SS-CDMA(直接序列扩频的宽带 CDMA)。由于其与 GSM 系统反向兼容, 便于由 GSM 平滑过渡到第三代, 故受到很多 GSM 供应商的支持。

WCDMA 载波带宽为 5 MHz, 码片速率为 3.84 Mc/s, 不同基站可选择同步和不同步两种方式, 可以不采用 GPS 精确定时, 摆脱了美国 GPS 的控制。

3GPP WCDMA 技术的标准化工作十分规范。目前全球 3GPP R99 标准的商用化程度最高, 全球绝大多数 3G 试验系统和设备研发都基于该技术标准规范。今后 3GPP R99 的发展方向将是基于全 IP 方式的网络架构, 并将演进为 R4、R5 两个阶段的序列标准。2001 年 3 月的第一个 R4 版本初步确定了未来发展的框架, 部分功能进一步增强, 并启动部分全 IP 演进内容。R5 为全 IP 方式的第一个版本, 其核心网的传输、控制和业务分离、IP(Internet Protocol Address)化将从核心网(CN)逐步延伸到无线接入部分(RAN)和终端(UE)。

(3) TD-SCDMA: 在 IMT-2000 中, 空中接口技术规范分别是 UTRA-TDD(通用地面无线接入时分双工)和时分同步码分多址(TD-SCDMA)。两种标准的设计出发点不同, UTRA-TDD 系统是为 WCDMA 设计的 TDD 补充模式, 用于解决室内办公环境和“热点”地区的通信需求。因此, 在设计中为了尽可能与 WCDMA 保持一致, UTRA-TDD 牺牲了部分技术特性; 而 TD-SCDMA 则是根据 ITU 对 IMT2000 的全部要求设计的, 它本身就可以组成一个完整的蜂窝网络。

TD-SCDMA 系统的多址方式很灵活, 可以看做是 FDMA/TDMA/CDMA 的有机结合。TDD 传输模式的优点如下:

① TDD 模式能使用各种频率资源, 不需要像 FDD 那样需要成对的频率。

② 3G 中数据业务占主要地位, 尤其是不对称的 IP 分组数据业务。TDD 方式特别适用于传输上、下行不对称且传输速率不同的数据业务。

③ TDD 上、下行工作于同一频率, 对称的电波传播特性使之便于利用智能天线等新技术, 从而达到提高性能、降低成本的目的。

④ TDD 系统设备成本低, 便于频谱分配。

虽然 TDD 具有上述优点, 但是也存在一些不足, 主要体现在终端的移动速率和覆盖距离上。尽管如此, 移动通信以 FDD 为主流的传统观点已受到挑战, TDD 系统在 3G 中的位置被广泛接受。

2. 中国 3G 频谱分配

中国 3G 频谱分配如图 1-3 所示。

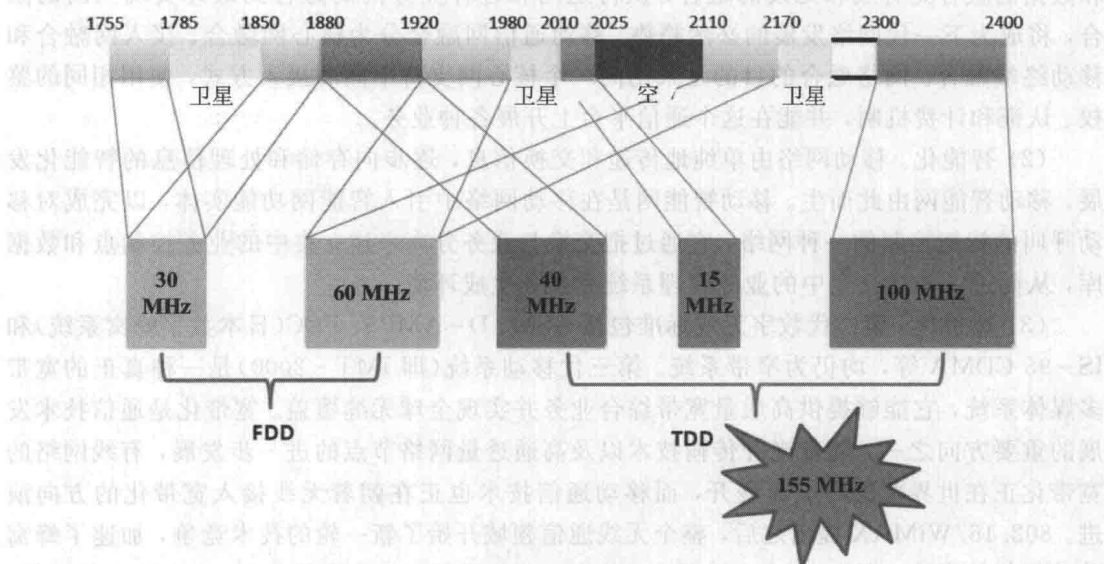


图 1-3 中国 3G 频谱分配

2002 年 10 月, 国家信息产业部下发的文件中规定了主要工作频段(FDD 方式: 1920 MHz~1980 MHz/2110 MHz~2170 MHz; TDD 方式: 1880 MHz~1920 MHz、2010 MHz~2025 MHz)和补充工作频段(FDD 方式: 1755 MHz~1785 MHz/1850 MHz~1880 MHz; TDD 方式: 2300 MHz~2400 MHz, 与无线电定位业务共用)。从图 1-3 中可以看到, TD-SCDMA 标准得到了 155 MHz 的频段, 而 FDD(包括 WCDMA FDD 和 CDMA 2000)共得到了 2×90 MHz 的频段。

1.1.4 4G 与移动通信的发展趋势

1. 4G 简介

第四代移动通信(4G)可称为宽带(Broadband)接入和分布网络, 是多功能集成的宽带移动通信系统, 其关键技术是正交频分复用(OFDM)、智能天线、多入多出天线(MIMO)、软件无线电等。4G 在业务上、功能上、频带上都与第三代系统不同, 将在不同的固定平台和无线平台及跨越不同频带的网络中提供无线服务, 比第三代移动通信更接近于个人通信。

4G 的技术特点主要有:

(1) 通信速度更快, 网络频谱更宽, 通信更加灵活。数据速率从 2 Mb/s 提高到 20 Mb/s, 甚至可以达到 100 Mb/s, 移动速率从步行到车速; 每个 4G 信道将占用 100 MHz 的频谱, 相当于 WCDMA 的 20 倍; 未来的 4G 终端将可以和小型电脑媲美, 使我们不仅可以随时随地通信, 而且可以双向下载/上传资料、图画、影像。

(2) 智能性更高, 兼容性能更平滑, 提供多种增值服务。

(3) 实现更高质量的多媒体通信, 频率使用效率更高, 通信费用更加低廉。

2. 移动通信的发展趋势

(1) 网络融合。随着技术条件的成熟,网络的融合正成为电信发展的大趋势。从话音和数据的融合到有线和无线的融合,从传送网和各种业务网的融合到最终实现三网的融合,将成为下一代网络发展的必然趋势。移动通信网融合分为核心网融合、接入网融合和移动终端融合。网络融合的目的是采用同一个核心网支持不同的接入方式,使用相同的鉴权、认证和计费机制,并能在这个通信平台上开展各种业务。

(2) 智能化。移动网络由单纯地传递和交换信息,逐步向存储和处理信息的智能化发展,移动智能网由此而生。移动智能网是在移动网络中引入智能网功能实体,以完成对移动呼叫的智能控制的一种网络,它通过把交换与业务分离来建立集中的业务控制点和数据库,从而进一步建立集中的业务管理系统和业务生成环境。

(3) 宽带化。第二代数字无线标准包括 GSM、D-AMPS、PDC(日本数字蜂窝系统)和 IS-95 CDMA 等,均仍为窄带系统。第三代移动系统(即 IMT-2000)是一种真正的宽带多媒体系统,它能够提供高质量宽带综合业务并实现全球无缝覆盖。宽带化是通信技术发展的重要方向之一,随着光纤传输技术以及高通量网络节点的进一步发展,有线网络的宽带化正在世界范围内全面展开,而移动通信技术也正在朝着无线接入宽带化的方向演进。802.16/WiMAX 提出之后,整个无线通信领域开始了新一轮的技术竞争,加速了蜂窝移动通信技术演进的步伐。3GPP 和 3GPP2 已经开始了 3G 演进技术 E3G 的标准化工作。WiMAX 的提出和推进以及 E3G 标准化的启动和加速,使得无线移动通信领域呈现明显的宽带化和移动化发展趋势,即宽带无线接入向着增加移动性方向发展,而移动通信则向着宽带化方向发展。

(4) 承载 IP 化。过去的十年,IP 应用取得了爆炸式增长,它充斥着网络的每一个角落并悄然改变着我们的生活。不久的将来,我们可以为家里的灯具、空调、冰箱、电视、手机、汽车分配一个 IP 地址,通过有线、无线方式访问和控制,从而真正进入崭新的数字化家庭、数字化生活。

参考 3GPP 对 WCDMA 系统所作的标准化工作可以看出移动网络的 IP 化发展趋势:移动通信网络无论是在接入网、核心网,还是信令网、接口、传输、控制都在向 IP 化发展和演进,最终实现全 IP 移动网络,达到降低成本、提高网络和业务的灵活性以及可扩展性的目标。

1.2 2G 向 3G 的演进

IMT-2000 标准化的研究工作由 ITU 负责和领导,3G 组织如图 1-4 所示。

由于 ITU 要求第三代移动通信的实现应易于从第二代系统逐步演进,而第二代系统又存在 GSM 和 CDMA 两大互不兼容的通信体制,所以 IMT-2000 的标准化研究实际上出现了两种不同的主流演进趋势:一种是以由欧洲 ETSI、日本 ARIB/TTC、美国 TI、韩国 TTA 和中国 CWTS 为核心发起成立的 3GPP 组织,专门研究如何从 GSM 系统向 IMT-2000 演进;另一种是以美国 TTA、日本 ARIB/TTC、韩国 TTA 和中国 CWTS 为首成立的 3GPP2 组织,专门研究如何从 CDMA 系统向 IMT-2000 演进。自从 3GPP 和 3GPP2 成立之后,IMT-2000 的标准化研究工作就主要由这两个组织承担,而 ITU 则负责标准的制定和正式发布方面的管理工作。

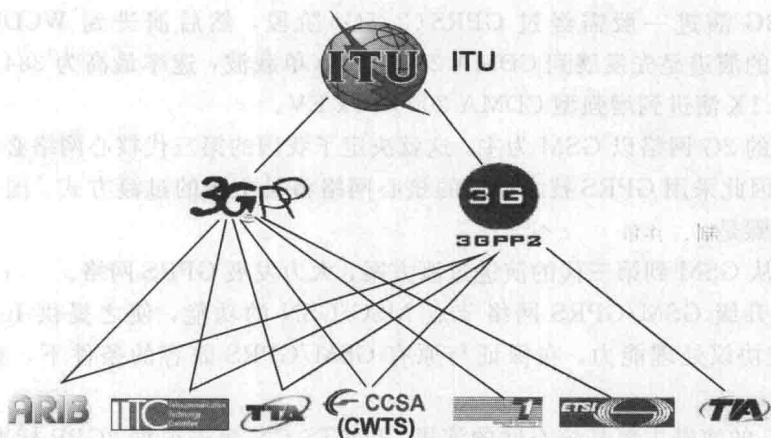


图 1-4 3G 组织

由于 3G 在无线接入网络上发生了质的变化，因此在考虑演进方案时，针对已拥有 2G 和没有 2G 网络，但获 3G 牌照的运营商，分别会出现两类演进情况。

对于新的网络运营商来说，由于没有 2G 网络的负担，可以尽量采用较新的技术，建设全新的网络。这样可以越过 GSM 网络，直接增加 3G 的网络节点来构建 3G 的核心网络，提供 3G 业务，从而满足运营商的需求。对于这种情况，3G 演进方案采用直接建设 3G 的核心网 CN 和接入网 UTRAN 的方式。

然而在大多数情况下，采用的是从第二代移动通信网络为基础发展第三代移动通信的演进策略，即尽量与 2G 系统兼容，实现 2G 到 3G 的平滑过渡，以解决 3G 建设初期的漫游问题和第三代网络建设的庞大投入问题。由于目前存在两大主要制式 GSM 和 IS-95 CDMA，所以从 2G 向 3G 的演进分为从 GSM 向 3G 的演进和从 IS-95 CDMA 向 3G 的演进。

两种制式向 3G 演进的路径如图 1-5 所示。

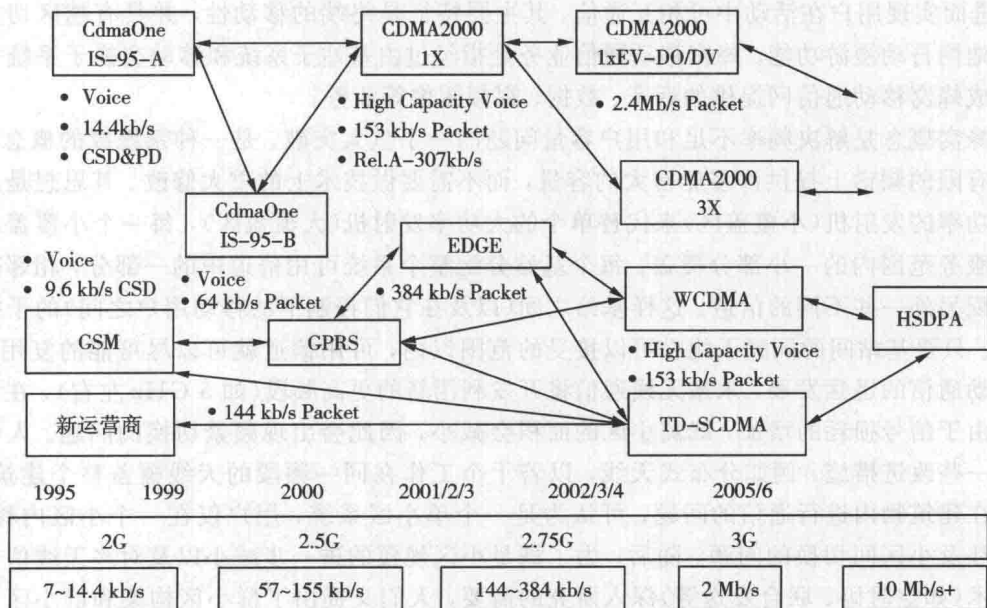


图 1-5 2G 向 3G 的演进路径

GSM 向 3G 演进一般需经过 GPRS(2.5G)阶段,然后演进到 WCDMA。IS-95 CDMA 向 3G 的演进是先发展到 CDMA 2000-1X(单载波,速率最高为 384 kb/s),再从 CDMA 2000-1X 演进到增强型 CDMA 2000-1x EV。

目前国内的 2G 网络以 GSM 为主,这就决定了我国的第三代核心网络必须由 GSM 网络演进而来,因此采用 GPRS 技术构成的核心网络将是主要的过渡方式。国内 GSM 向第三代演进步骤是:

(1) 研究从 GSM 到第三代的演进过渡方案,大力发展 GPRS 网络。

(2) 通过升级 GSM/GPRS 网络节点 MSC/GSN 的功能,使之提供 Iu 接口并增加 WCDMA 系统协议处理能力。在保证与原有 GSM/GPRS 兼容的条件下,实现 UTRAN 接入。

(3) 向 3G 的演进主要是核心网的演进。UMTS CN 演进根据 3GPP 标准分为两个阶段:第一阶段 3GPP R99 的网络结构主要是基于演进的 GPRS 网络;第二阶段 3GPP 演进目标是基于全 IP 网络,目前 ITU 按照 R4、R5 版本进行研究。

通过 TD-SCDMA 制式来建设 3G 移动通信网络,可采取以下两个步骤:

第一步:GSM 网络与 3G 网络并存时期。建设 UMSC(3G 核心网),并且将新建的 TD-SCDMA 基站子系统通过 Iu 接口连接到 UMSC,提供第三代业务。

第二步:建设基于全 IP 概念的第三代移动通信核心网,从 RNC 或 Node B 直接接入 IP 网络。在扩建 TD-SCDMA 基站的同时对第一阶段建设的 TD-SCDMA 基站进行软件升级,接入全 IP 核心网,平滑过渡到完全的第三代 TD-SCDMA 系统。

1.3 蜂窝移动通信的基本概念

蜂窝移动通信是采用蜂窝无线组网方式,在终端和网络设备之间通过无线通道连接起来,进而实现用户在活动中可相互通信。其主要特征是终端的移动性,并具有越区切换和跨本地网自动漫游功能。蜂窝移动通信业务是指经过由基站子系统和移动交换子系统等设备组成蜂窝移动通信网提供的语音、数据、视频图像等业务。

蜂窝概念是解决频率不足和用户容量问题的一个重大突破,是一种系统级的概念。它能在有限的频谱上提供许多非常大的容量,而不需要做技术上的重大修改。其思想是用许多小功率的发射机(小覆盖区)来代替单个的大功率发射机(大覆盖区),每一个小覆盖区只提供服务范围内的一小部分覆盖。每个基站分配整个系统可用信道中的一部分,相邻基站则分配另外一些不同的信道,这样基站之间(以及在它们控制下的移动用户之间)的干扰就最小。只要基站间的同频干扰在可以接受的范围以内,可用信道就可以尽可能的复用。随着移动通信的迅猛发展,未来无线通信将开发利用新的更高频段(如 5 GHz 左右),在该频段下由于信号损耗的增加,蜂窝小区的面积会减小,因此会出现频繁切换的问题。人们提出了一些改进措施,例如分布式天线,以若干个工作在同一频段的基站覆盖整个建筑物,解决在建筑物内进行通信的问题,可认为是一个单小区系统,用户仅在一个小区内移动,很少涉及小区间切换的问题。随后,为了满足小区规模的进一步减小以及对多天线信号处理技术(如空时码、联合发送等)深入研究的需要,人们又提出了群小区构架和群小区切换(群切换)策略。群小区即在地理位置上相邻的多个小区,这些小区采用同一套资源(如频

率、码道、时隙等)同时对同一用户进行通信,采用不同的资源与其他用户通信。随蜂窝移动通信出现的相关技术如频率复用、小区分裂、越区切换等,成为人们研究蜂窝移动通信系统的热点问题。

1. 频率复用

通常,相邻小区不允许使用相同的频段,否则会发生相互干扰(称为同道干扰)。但由于各小区在通信时所使用的功率较小,因而任意两个小区之间空间距离大于某一数值时,即使使用相同的频段,也不会产生显著的同道干扰(保证信干比高于某一门限)。为此,把若干相邻的小区按照一定的数目划分称区群(Cluster),并把可供使用的无线频段相应分成若干个频率组,区群内各小区使用不同的频率组,而任一小区所使用的频率组,在其他区群相应的小区中可以再用,这就是频率复用。频率复用是蜂窝移动通信网络解决用户增多而频谱有限的重大突破。

以1970年纽约市开通的大区制贝尔移动通信系统为例,该系统提供12对信道,若采用频率复用,将整个纽约市划分为100个小区,则整个城市将有1200对信道可供同时通话。

2. 小区分裂

一般来说,小区越小(频率组不变),单位面积可容纳的用户越多,则系统的频率利用率越高。由此可以设想,当用户数增加并达到每个小区所能提供服务的最大数量时,如果把小区分割成更小的蜂窝状区域,并使用相同的频率复用模式,那么分裂后的新小区能支持和原小区同样数量的用户,也就提高了系统各单位面积可服务的用户数。而且一旦新的小区所能支持的用户数量又达到饱和,还可将这些小区进一步分裂,以适应增长的业务需求,这种过程称为小区分裂,是蜂窝移动系统在运行过程中为适应用户数持续增长而逐步提高其容量的独特方式。

小区分裂后,基站数量随之增加,系统成本增加,但由于该成本是因付费用户数量的增加而增长的,从经济上说,这样的代价是值得的,可保证对系统的持续投资。当然,小区分裂也是有限度的,只有在通信业务高度密集的大城市才需将小区逐步分裂;而在业务密度较低的郊区,小区的直径可以较大。

一般来说,小区直径越小,数量越多,系统容量越大。目前,在用户密集的大城市地区,系统多采用微蜂窝,其直径仅达数百米至1 km左右,容量大,但结构也更为复杂。

3. 越区切换

越区切换(handover)是蜂窝移动通信系统的另一关键技术。将服务区域划分成小区所带来的一个很自然的问题是并非所有的移动中通话都能在单个小区内完成。例如,一辆快速行驶的汽车在一次通话中可能通过若干个小区。移动台在小区范围内以所分配频率与基站建立无线链路,通过基站连接到移动交换中心,然后再连接到有线电话用户或其他小区的移动用户。当移动台从一个小区进入相邻小区时,由于工作频率和接续服务改变,需要在通话过程中将移动台的工作频率和接续控制自其离开的小区交换给正在进入的小区,这个过程就成为越区切换。

越区切换是在系统控制下完成的。当需要进行越区切换时,系统就发出相应指令,正在越过边界的移动台就将工作频率和无线链路从有关小区切换到另一个小区。整个过程是