

《通信系统原理与实践》系列讲义（二）

CDMA 移动通信系统 原理与实践

中兴通讯实验室 编

南昌大学教务处印制

第二版说明

中兴通讯实验室编写的通信系统原理与实践系列讲义,主要介绍了现代通信系统的基本原理,并且以中兴通讯产品为对象。

原书第一版为整册共六部分,在两年多的使用中,随着技术的不断发展和实验内容的更新,讲义内容不断丰富,因此,讲义现分成六个分册,分别是: GSM 移动通信系统原理与实践, CDMA 移动通信原理与实践, PCS 个人通信系统原理与实践, 光纤通信系统原理与实践, 视频通信系统原理与实践, 以及数字程控交换原理与实践。

参加系列实验讲义编写的有(按拼音顺序排列): 陈桢, 陈利民, 陈其伦, 陈荣伶, 陈燕彬, 丁杰, 段荣行, 方安安, 干学仁, 洪向共, 赖青梧, 雷向东, 李安, 李迟生, 李春泉, 李建华, 梁音, 刘晔, 刘云来, 龙承志, 卢金平, 卢新发, 罗斌, 罗晓梅, 沈志勤, 史秀艳, 孙丽华, 陶凌, 万国金, 王平, 王艳庆, 王玉喙, 魏庆国, 吴毅强, 夏瑞华, 熊镛, 熊殷, 徐立兵, 许凯, 薛侠, 杨文玲, 叶小丽, 虞礼贞, 喻嵘, 张文全, 张焯, 赵安, 赵庆敏, 周南润, 周辉林等。全部系列讲义由李迟生负责统稿。

讲义中错误之处请读者批评指正。

中兴通讯实验讲义编写组
2007年5月于南昌

第 1 章 CDMA 发展简史

移动通信是指通信双方或至少一方是处于移动中进行信息交流的通信。20 年代开始在军事及某些特殊领域使用，40 年代才逐步向民用扩展；最近十年间才是移动通信真正迅猛发展的时期，而且由于其许多的优点，前景十分广阔。

第一代：1980S 出现，为模拟话音通信系统，如 AMP，TACS，NMT，NTT 等系统。

第二代：1980S 末出现，传递话音和低速数据，为窄带数字通信系统，如 GSM，PDC，D-AMPS，CDMA（IS95）等。

第二代半：1996 出现，用于解决中速数据传递的数字通信系统，如 GPRS，IS95B 等

第三代：用于传递高速数据，以支持多媒体应用，如 WCDMA，cdma2000、TD-SCDMA 等。

1.1 主要移动通信系统介绍

- AMPS

先进的移动电话系统（AMPS）使用模拟蜂窝传输的 800MHz 频带。AMPS 在北美、南美和部分环太平洋国家广泛使用。

- TACS

总接入通信系统（TACS）使用 900MHz 频带。有两种版本的 TACS：ETACS（欧洲）和 NTACS（日本）。英国、日本和部分亚洲国家广泛使用该标准。

- GSM

全球移动通信系统（GSM）使用 900MHz 频带，使用 1800MHz 频带的叫 DCS 1800。GSM 发源于欧洲，它是作为全球数字蜂窝通信的 TDMA 标准而设计的。GSM 支持 64kbit/s 的数据，可与 ISDN 互连。GSM 采用 FDD 双工方式，TDMA 多址方式，每载频支持 8 信道，使用 200kHz 的带宽。

- IS-54

北美数字蜂窝（IS-54）标准使用 800MHz 频带。也叫 D-AMPS。IS-54 在两种北美数字蜂窝标准中，是较早推出的一种，它指定使用 TDMA。

- IS-95

北美数字蜂窝（IS-95）标准，使用 800MHz 频带或 1.9GHz 频带。IS-95 指定使用 CDMA，CDMA 成为美国 PCS 网的首选技术。目前 54% 的许可证持有者使用 CDMA。CDMA One 是 IS-95 品牌名称。cdma2000 无线通信标准也是以 IS-95 为演变基础的。

1.2 第三代移动通信系统简介

第三代移动通信系统能提供多种类型、高质量的多媒体业务，能实现全球无缝覆盖，具有全球漫游能力，可与固定网络相兼容，并可以小型便携式终端在任何时候、任何地点进行任何种类的通信。由于其诸多的优点，吸引了全世界各个运营商、生产厂家与广大用户。

1.2.1 IMT-2000 的历史

第三代移动通信系统最早由国际电信联盟 (ITU) 1985 年提出, 曾被称为未来公众陆地移动通信系统 FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication System)。后来考虑到该系统将于 2000 年左右进入商用市场, 并且其工作的频段在 2000MHz, 故于 1996 年正式更名为 IMT-2000 (International Mobile Telecommunication-2000)。

1.2.2 第三代移动通信系统的目标

1) 能实现全球漫游: 用户可以在整个系统甚至全球范围内漫游, 且可以在不同的速率、不同的运动状态下获得有质量保证的服务;

2) 能提供多种业务: 提供话音、可变速率的数据、活动视频非话业务, 特别是多媒体业务;

3) 能适应多种环境: 可以综合现有的公众电话交换网 (PSTN)、综合业务数字网、无绳系统、地面移动通信系统、卫星通信系统、提供无缝隙的覆盖;

4) 足够的系统容量, 强大的多种用户管理能力, 高保密性能和服务质量。为实现上述目标, 对其无线传输技术 (RTT: Radio Transmission Technology) 提出了以下要求:

(1) 高速传输以支持多媒体任务①室内环境至少 2Mbit/s; ②室内外步行环境至少 384kbit/s; ③室外车辆运动中至少 144kbit/s; ④卫星移动环境至少 9.6kbit/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。

预计第三代移动通信系统的引入将经历一个渐变演进的过程, 并充分考虑向下兼容的原则。通信业务方面, 将以第二代出现的各种业务为基础。逐步引入宽带及多媒体业务; 通信技术方面, 网络技术和设施将与有线网的智能化、宽带化结合在一起, 通过一种演变的过程进入第三代, 而无线传输技术将经历一场革命, 为第三代移动通信新业务的提供奠定基础。

1.3 第三代移动通信的标准化的制定

1.3.1 ITU 的研究工作

第三代移动通信系统 IMT-2000 的标准化工作是在国际电信联盟的指导下有组织有步骤地进行的。

目前在 ITU 组织中负责第三代移动通信系统体制技术规范制定的工作组主要包括如下三个: ITU-R、ITU-T、ICG。

ITU-R: 负责系统集成无线部分, 解决频谱与法规问题, 协调无线传输技术的评估活动。

IUT-T: 负责网络端的标准化工作。主要包括网络部分、信令与协议、编号与寻址、网管及安全性等问题。

ICG for IMT-2000: 中间协调组, 负责协调工作, 使 ITU-R 和 ITU-T 之间能定期进行交流, 并协调在制定 IMT-2000 技术标准中出现的各种问题。

1.3.2 IMT-2000 标准化工作进度

1985~1994 年明确基本概念和目标;

1987~1994 年确定基本原则;

1990~1997 年制定框架和要求;

1992~1998 年确定技术评估方法和程序, 开展评估工作;

1998年6月前征集世界各国对IMT-2000的RTT提案；
 1997年6月~1999年3月对关键技术进行评选并确定方案和基本参数；
 1998年10月~1999年12月制定详细的技术规范。

1.3.3 IMT-2000 标准的频率制定

10多年来，ITU-R第8研究组的重要贡献除了起草了10余篇有关第三代移动通信系统目标和框架性建议以外，还争取到2GHz附近总共230MHz的频率作为第三代移动通信系统的专用频率。1992年负责全球无线频率管理和分配的WARC-92大会根据当时CCIR对未来陆地移动通信需要频率的估算，确定在2GHz周围总共辟出230MHz频带作为第三代移动通信系统的专用频率：

1885~2025MHz、2110~2200MHz作为2000年以后的全球性移动通信使用，其中卫星通信使用的频段1980~2010MHz和2170~2200MHz最迟到2005年退出。1995年WRC大会作出决议，对分配给移动卫星业务的频率又做了少量个性为第二大区增加了2010-2025MHz和2160-2170MHz频段，且要求退出频率的时间提前到2000年。IMT-2000将使用1875~1975MHz和2110~2160MHz两段频率。目前各国及国际组织对移动通信频率的划分也各不相同。

1.3.4 目前对3G的研究

目前ITU对3G的研究工作主要由3GPP和3GPP2来承担。

3GPP：是以WCDMA为基础，集合了Ericsson, Nokia, Simense等欧洲公司以及日本的NTT, 韩国的一些公司，共同研究3G的组织。

3GPP2：是以cdma2000为基础，集合了Qualcomm, Lucent等美国公司及日本的ARIB, 韩国的一些公司，共同研究3G的组织。

1.4 3G 三种制式的比较

制式	W-CDMA	cdma2000	TD-SCDMA
双工方式	FDD/TDD	FDD	TDD
带宽 (M)	5/10/20	1.25/5/10/20	1.2
码片速率 (Mbit)	$N \times 4.096$ N=1, 2, 4	$N \times 1.2288$ N=1, 3, 6, 9, 12	1.11
扩谱方式	前向: WALSH (信道化)+GOLD序列 2^{18} (区分小区) 反向: WALSH (信道化)+GOLD序列 2^{41} (区分用户)	前向: WALSH (信道化)+M序列 2^{15} (区分小区) 反向: WALSH (信道化)+M序列 $2^{42}-1$ (区分用户)	前向: WALSH (信道化)+PN序列 (区分小区) 反向: WALSH (信道化)+PN序列 (区分用户)
基站间同步	异步, 同步 (可选)	同步 (GPS、GLONSS)	同步 (GPS 或其它方式)

1.5 WCDMA 和 cdma2000 的演进策略

W-CDMA- (DS) 的演进策略是:

- (1) 目前的 GSM
- (2) 高速电路交换数据 HSCSD (14.4~64kbit/s)
- (3) 通用分组无线业务 GPRS (144kbit/s)
- (4) GSM/EDGE384 (将调制方式由 GMSK 更新为 8PSK 之类更高效率方式, 将传输速率上升至 384kbit/s)
- (5) 最终以网络业务覆盖再度平滑无缝隙地演进至 IMT-2000 W-CDMA- (DS) cdma2000- (MC) 的演进策略是:

- (6) 由目前与 AMPS 叠加的 IS-95-A , cdma2000 的第一阶段
- (7) 过渡到可传输 115.2kbit/s 的 IS-95-B ,
- (8) 实施加倍容量的 IS-95C, 最终平滑无缝隙地演进至传输速率可高达 2Mbit/s 的 cdma2000。

CDMA 的原理 : CDMA 是基于扩频技术, 即将需传送的具有一定信号带宽信息数据, 用一个带宽远大于信号带宽的高速伪随机码进行调制, 使原数据信号的带宽被扩展, 再经载波调制并发送出去。接收端由使用完全相同的伪随机码, 与接收的带宽信号作相关处理, 把宽带信号换成原信息数据的窄带信号即解扩, 以实现信息通信。

1.6 CDMA 移动通信网的关键技术

1.6.1 功率控制技术

功率控制技术是 CDMA 系统的核心技术。CDMA 系统是一个自扰系统, 所有移动用户都占用相同带宽和频率, "远近效用"问题特别突出。CDMA 功率控制的目的是克服"远近效用", 使系统既能维护高质量通信, 又不对其他用户产生干扰。功率控制分为前向功率控制和反向功率控制, 反向功率控制又可分为仅由移动台参与的开环功率控制和移动台、基站同时参与的闭环功率控制。

(1)反向开环功率控制。它是移动台根据在小区中接受功率的变化, 调节移动台发射功率以达到所有移动台发出的信号在基站时都有相同的功率。它主要是为了补偿阴影、拐弯等效应, 所以它有一个很大的动态范围, 根据 IS-95 标准, 它至少应该达到正负 32dB 的动态范围。

(2)反向闭环功率控制。闭环功率控制的设计目标是使基站对移动台的开环功率估计迅速做出纠正, 以使移动台保持最理想的发射功率。

(3)前向功率控制。在前向功率控制中, 基站根据测量结果调整每个移动台的发射功率,

其目的是对路径衰落小的移动台分派较小的前向链路功率,而对那些远离基站的和误码率高的移动台分派较大的前向链路功率。

1.6.2 PN 码技术

PN 码的选择直接影响到 CDMA 系统的容量、抗干扰能力、接入和切换速度等性能。CDMA 信道的区分是靠 PN 码来进行的,因而要求 PN 码自相关性要好,互相关性要弱,实现和编码方案简单等。目前的 CDMA 系统就是采用一种基本的 PN 序列-m 序列作为地址码,利用它的不同相位来区分不同用户。

1.6.3 RAKE 接收技术

移动通信信道是一种多径衰落信道,RAKE 接收技术就是分别接收每一路的信号进行解调,然后叠加输出达到增强接收效果的目的,这里多径信号不仅不是一个不利因素,而且在 CDMA 系统变成一个可供利用的有利因素。

1.6.4 软切换技术

先连接,再断开称之为软切换。CDMA 系统工作在相同的频率和带宽上,因而软切换技术实现起来比 TDMA 系统要方便容易得多:

5. 语音编码技术

目前 CDMA 系统的语音编码主要有两种,即码激励线性预测编码(CELP)8kbit/s 和 13bit/s。8kbit/s 的语音编码达到 GSM 系统的 13bit/s 的语音水平甚至更好。13bit/s 的语音编码已达到有线长途语音水平。CELP 采用与脉冲激励线性预测编码相同的原理,只是将脉冲位置和幅度用一个矢量码表代替。