



CDMA

无线网络工程 规划与设计

于笑 编著

CDMA 无线网络工程 规划与设计

于 笑 编著

辽宁大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

CDMA 无线网络工程规划与设计/于笑编著. --沈阳:
辽宁大学出版社, 2011. 1

ISBN 978-7-5610-6249-4

I. ①C… II. ①于… III. ①码分多址—移动通信—
通信系统 IV. ①TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 017495 号

出 版 者: 辽宁大学出版社有限责任公司
(地址: 沈阳市皇姑区崇山中路 66 号 邮政编码: 110036)

印 刷 者: 辽宁彩色图文印刷有限公司

发 行 者: 辽宁大学出版社有限责任公司

幅面尺寸: 210mm×285mm

印 张: 18.25

字 数: 540 千字

出版时间: 2011 年 2 月第 1 版

印刷时间: 2011 年 2 月第 1 次印刷

责任编辑: 王 健

封面设计: 韩 实

责任校对: 齐 悦

书 号: ISBN 978-7-5610-6249-4

定 价: 40.00 元

联系电话: 024-86864613

邮购热线: 024-86830665

网 址: <http://www.lnupshop.com>

电子邮件: lnupress@vip.163.com

前 言

CDMA (Code Division Multiple Access 码分多址) 移动通信系统具有频谱利用率高、功耗低、大容量、安全保密等技术优点,这使其成为现代移动通信系统的发展热点。在移动通信的各种体制中,CDMA 技术都占有十分重要的地位,基于 CDMA 技术的 IS-95 标准是第二代移动通信的两大技术标准体制之一,而当今第三代移动通信的 WCDMA、CDMA2000、TD-SCDMA 三大技术标准体制,则无一例外地基于 CDMA 技术。

CDMA 技术最早在军用抗干扰通信中得到应用。1995 年,中国香港和美国的 CDMA 移动通信网开始投入商用。2000 年,中国联通开始在国内部署 CDMA IS-95A 移动通信网。2002 年,中国联通又将国内 CDMA 网升级为 CDMA20001X 网络。2009 年,随着电信重组及 3G 牌照的颁发,中国电信购买了中国联通的 CDMA20001X 移动通信网,并在此基础上开始发展 CDMA2000 体制的 3G 网络。

CDMA 移动通信网络在国内的大规模建设,给移动通信工程技术人员带来了新的挑战。作者利用过去几年在主持 CDMA 移动通信网络工程设计工作中的成果,并在参阅大量国内外技术资料的基础上,编著了这本《CDMA 无线网络工程规划与设计》。希望本书可以帮助从事 CDMA 移动通信网络规划设计、施工建设、运营维护的工程技术人员更好地解决工作中遇到的一些问题。

本书共分七章。第一章移动通信网的发展,介绍了移动通信网络的整体发展历程及 CDMA 移动通信网的演进过程。第二章移动通信无线网规划设计基础,介绍了移动通信无线信道、多址方式、蜂窝技术等基础知识。第三章 CDMA 移动通信网概述,介绍了 CDMA 移动通信系统的网络组成,IS-95、CDMA2000 的无线信道结构及软切换、功率控制等主要技术特点。第四章 CDMA 无线网络规划,介绍了 CDMA 无线网络规划的步骤、流程及内容要求,从现网分析到业务预测,再到建设方案的拟订,全面介绍了 CDMA 无线网络规划的各个环节。第五章 CDMA 无线网络设计,介绍了 CDMA 无线网络设计的步骤、要点及规范要求等,详细阐述了基站勘察、基站天馈线、主设备安装设

计及配套工程设计的主要内容和工艺要求。第六章 CDMA 无线网络优化,介绍了 CDMA 无线网络路测 (DT)、定点测试 (CQT) 的主要方法及评估标准,并结合实际测试案例对 CDMA 网络的性能分析方法进行了介绍。第七章 CDMA 室内分布系统与直放站,主要介绍了 CDMA 室内分布系统及直放站的组成、分类、应用方法及设计要求等。

本书所有章节均由于笑同志编写完成,其中冯军同志对本书的章节设定及内容要点作了详细指导;曲明同志对本书的编写提出了宝贵意见;张鹏、相辉同志参与了第一、二、三章的编写;马杰、谢冰同志参与了第四章的编写;魏来、王东权同志参与了第五章的编写;李纪、张佳新同志参与了第六章的编写;刘军、吴彪、郝英华同志参与了第七章的编写。姜楠、张黎同志参与了对本书的最终审校。

本书的编写涵盖了作者多年在移动通信工程建设,特别是在负责 CDMA 网络工程设计过程中的大量实践积累,凝聚了在工程勘察设计过程中的辛勤与汗水。同时,本书的编写还参考了许多专家学者的专著和研究论文,在这里表示深深的感谢。

由于 CDMA 移动通信技术日新月异的发展,新技术、新体制层出不穷,并且作者是在总结已完成工程中设计、施工、优化经验的基础上编写的本书,所以书中难免出现与 CDMA 新技术、新体制发展不相符合的地方,同时由于时间仓促,加之作者水平有限,书中难免还存在一些错误和不足,殷切希望广大读者批评指正。作者的邮箱地址为: yuxiao024@126. com, 望广大读者为作者提供宝贵意见。

于 笑

2010 年冬于沈阳

目 录

前 言	1
第一章 移动通信网的发展	1
1 移动通信系统的发展历程	1
2 CDMA 移动通信系统演进过程	4
第二章 移动通信无线网规划设计基础	8
1 移动通信的无线信道	8
2 移动通信的多址接入	18
3 移动通信的蜂窝技术	22
4 移动通信的话务量	26
第三章 CDMA 移动通信网概述	29
1 CDMA 移动通信系统的网络组成	29
2 CDMA 系统无线信道	31
3 CDMA 功率控制技术	45
4 软切换	47
5 分集技术	52
6 EVDO 系统的关键技术	55
第四章 CDMA 无线网络规划	63
1 无线网络规划步骤	63
2 现网分析	66
3 业务预测	71
4 需求分析及规划目标	80
5 无线网络参数设定	82
6 新建基站设置	97
7 基站天线设计	110
8 链路预算及覆盖预测	120
9 基站扩容	144
10 多载波基站设置	153

11 BSC 设置	156
12 PN 规划	159
13 位置区规划	165
14 EVDO 无线网络规划	168
第五章 CDMA 无线网络设计	172
1 CDMA 无线网络设计概述	172
2 基站控制器 (BSC) 设计	173
3 无线基站勘察	174
4 基站机房设备安装设计	178
5 天馈线系统设计	187
6 防雷接地	197
第六章 CDMA 无线网络优化	199
1 CDMA 网络优化概述	199
2 CDMA 无线网络 DT 测试	205
3 CDMA 无线网络 CQT 测试	214
4 EVDO 无线网络测试	220
5 CDMA 无线网络性能分析	229
第七章 CDMA 室内分布系统与直放站	254
1 CDMA 室内分布系统	254
2 CDMA 直放站	271
3 CDMA 直放站规划	277
参考文献	286

第一章 移动通信网的发展

现代社会是信息的社会，而信息的传输需要进行大量的通信。由于人们对通信的要求越来越高，任何时间、任何地点、向任何个人提供快速可靠的通信服务已成为未来通信的目标。要实现这个目标，移动通信起到了非常重要的作用。

所谓移动通信，是指移动体之间或移动体与固定体之间的通信，即通信中至少有一方可移动。常见的移动通信系统有：无线寻呼、无绳电话、对讲机、集群系统、蜂窝移动电话（包括模拟移动电话、GSM 数字移动电话等）、卫星移动电话等。移动通信经历了近一百年的发展，特别是近十年来，其发展速度惊人。移动通信从最初的单电台对讲方式发展到现在的系统和网络方式；从小容量到大容量；从模拟方式到数字方式。可以说，现代的移动通信是当代电子技术、计算机技术、无线通信、有线通信和网络技术互相融合的产物。

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话音和数据；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。

移动通信是有线通信的延伸，与有线通信相比具有以下特点：（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，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。（3）漫游功能：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），各种业务功能的实现等（电话业务、数据业务、短消息业务、智能业务等）。

1 移动通信系统的发展历程

1.1 第一代——模拟蜂窝通信系统

第一代移动通信系统是模拟移动通信系统，在 20 世纪初开始了商业运营试验。它对移动通信的最大贡献是使用蜂窝结构，频带可重复利用，实现大区域覆盖；支持移动终端的漫游和越区切换，实现移动环境下不间断通信。第一代移动通信系统的出现和发展，最重要的特点是体现在移动性上，这是其他任何通信方式和系统不可替代的，从而结束了过去无线通信发展过程中时常被其他通信手段替代而处于辅助地位的历史。

第一代移动电话系统采用了蜂窝组网技术，蜂窝概念由贝尔实验室提出，20 世纪 70 年代在世界各地得到研究。当第一个试运行网络在芝加哥开通时，美国第一个蜂窝系统 AMPS（高级移动电话业务）在 1979 年成为现实。现在存在于世界各地比较实用的、容量较大的系统主要有：（1）北

美的 AMPS; (2) 北欧的 NMT-450/900; (3) 英国的 TACS。其工作频带都在 450MHz 和 900MHz 附近, 载频间隔在 30kHz 以下。

鉴于移动通信用户的特点: 一个移动通信系统不仅要满足区内、越区及越局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, 因而各个模拟通信移动网的构成方式有很大差异, 所以总的容量受到很大的限制。

鉴于模拟移动通信的局限性, 因此尽管模拟蜂窝移动通信系统还会以一定的增长率在近几年内继续发展, 但是它有着下列致命的弱点: (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) 安全性较差, 易于被窃听。

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将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将在数字系统中应用。

1.2 第二代——数字蜂窝移动通信系统

第二代移动通信系统是目前广泛使用的数字移动通信系统 GSM 及窄带 CDMA, 数字信号处理技术是其最基本的技术特征, 提供了更高的频谱效率和更先进的漫游。它对移动通信发展的重大贡献是使用 SIM 卡、轻小手机和大量用户的网络支撑能力。使用 SIM 卡作为移动通信用户个人身份和通信记录的载体, 为移动通信管理、运营和服务带来极大便利。由于 TACS 等模拟制式存在的各种缺点, 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, 称之为第二代移动电话系统。代表产品分为两类:

(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。D-AMPS 是在 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 的基础上改造成的, 数模兼容, 基站和移动台比较复杂。

日本的 PDC 技术标准在 1990 年制定, 1993 年使用, 只限于日本本国使用。欧洲邮电联合会 CEPT 的移动通信特别小组 (SMG) 在 1988 年制定了 GSM 第一阶段标准 phase1, 工作频带为 900MHz 左右, 1990 年投入商用; 同年应英国要求, 工作频带为 1800MHz 的 GSM 规范产生。上述三种产品的共同点是数字化, 时分多址、话音质量比第一代好, 保密性好、可传送数据、能自动漫游等。三种不同制式各有其优点, PDC 系统频谱利用率很高, 而 D-AMPS 系统容量最大, 但 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) 系统主要是以高通公司为首研制的基于 IS-95 的 N-CDMA (窄带 CDMA)。现在广泛使用的 CDMA 移动通信就和 GSM 数字移动通信一样, 都是第二代移动通信系统, 应用的就是窄带码分多址, 即 N-CDMA 技术。N-CDMA 通信技术是将可用的频段分成若干个频道, 例如每个 1.25MHz, 在每个频道采用码分多址扩频技术。应用的技术标准叫做 IS-95, 是美国在 1993 年发布的 N-CDMA 标准, 现在已成为常用的国际标准。IS-95A 是 1995 年美国 TIA 正式颁布的窄带 CDMA (N-CDMA) 标准。IS-95B 是 IS-95A 的进一步发展, 是 1998 年制定的标准, 其主要目的是能满足更高的比特速率业务的需求, IS-95B 可提供的理论最大比特速率为 115kbit/s, 实际只能实现 64kbit/s。IS-95A 和 IS-95B 均有一系列标准, 其总称为 IS-95。CDMA one 是基于 IS-95 标准的各种 CDMA 产品的总称, 即所有基于 CDMA one 技术的产品, 其核心技术均以 IS-95 作为标准。

1.3 第三代——IMT-2000

随着用户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)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,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 年实现商用化的第三代移动通信系统,即 IMT-2000,它的关键特性有:(1) 包含多种系统;(2) 世界范围设计的高度一致性;(3) IMT-2000 内业务与固定网络的兼容;(4) 高质量;(5) 世界范围内使用小型便携式终端。目前,国际电联接受的 3G 标准主要有以下三种:WCDMA、CDMA2000 与 TD-SCDMA。CDMA 是 Code Division Multiple Access (码分多址)的缩写,是第三代移动通信系统的技术基础。

(1) WCDMA 系统

WCDMA 全名是 Wide band CDMA,中文译名为“宽带码分多址”,是目前全球建网较多的第三代移动通信技术之一。其核心网基于演进的 GSM/GPRS 网络技术,空中接口采用直接序列扩频(DS)。它可支持 384kbps 到 2Mbps 不等的数据传输速率,在高速移动的状态下,可提供 384kbps 的传输速率,在低速或是室内环境下,则可提供高达 2Mbps 的传输速率,是无线的宽带通信系统。WCDMA 的载波间隔为 5MHz,码片速率为 3.84Mchip/s,带宽为 3.84MHz,主要采用 QPSK 调制方式。WCDMA 的每个载波有 128 个码道,有一个导频、一个寻呼和一个同步码道,其余码道均可作为业务信道,可传输多达 120 多路语音。还可传输语音、短信、高速数据和多媒体等。WCDMA 的支持者主要是以 GSM 系统为主的欧洲厂商,日本公司也或多或少参与其中。包括欧美的爱立信、阿尔卡特、诺基亚、朗讯、北电,以及日本的 NTT、富士通、夏普等厂商。这套系统能够基于现有的 GSM 网络上,可以较轻易地过渡到 3G,因此 WCDMA 具有先天的市场优势。

(2) CDMA2000 系统

CDMA2000 是第三代移动通信主要技术之一,由美国高通北美公司为主导,摩托罗拉、朗讯、北电及韩国三星等提出的基于 CDMA One 的系统方案。CDMA2000 是从 CDMA One 数字标准衍生出来的,沿用了 IS-95 的主要技术和基本技术思路,如软切换和功率控制技术,需要 GPS 同步等。CDMA2000 可以从原有的 CDMA One 结构直接升级到 3G,建设成本低廉。但目前使用 CDMA2000 的地区只有日、韩和北美,所以 CDMA2000 的支持者不如 WCDMA 多。CDMA2000 家族包含 CDMA2000-1X、CDMA2000-1X-EV、CDMA2000-3X 等。CDMA2000-1X 是 CDMA2000 的无线单载波系统,采用与 IS-95 相同的带宽,速率高于 IS-95,容量提高了一倍。CDMA2000-1X-EV 是在 CDMA2000-1X 基础上进一步提高速率的增强体制,采用高速率数据(HDR)技术,能在 1.25MHz 内提供 2Mit/s 以上的数据业务。CDMA2000-3X 是 CDMA2000 的无线多载波系统,它与 CDMA2000-1X 的主要区别是前向 CDMA 信道采用 3 载波方式,因此它的优势在于能提供更高的速率数据,但占用频谱资源也较宽。

(3) TD-SCDMA 系统

TD-SCDMA (Time Division Synchronous CDMA) 的中文含义为时分同步码分多址接入,是第三代移动通信主要技术之一,是我国提出的具有自主知识产权的技术。

TD-SCDMA 采用 TDD 技术,上下行使用相同频率,易于引入智能天线、多用户检测等新技术。TD-SCDMA 系统的载波间隔为 1.6MHz,必要带宽为 1.28MHz,码片速率为 1.28Mchip/s。TD-SCDMA 的帧长为 10ms,每帧两个子帧;每个子帧分为 7 个业务时隙、上行导频、下行导频和保护时隙。每时隙 16 个码道,8kbit/s 的语音可传输 16 路语音。支持对称业务时,上下行各 3 个时隙,可支持高达 48 路语音;时隙转换点可变,能很好地支持不对称业务。核心技术为软件无线电、

联合检测和智能天线等。

2 CDMA 移动通信系统演进过程

CDMA 技术源于军用抗干扰通信技术,后来由美国高通公司创新推广成为商用蜂窝移动通信技术。CDMA 在 20 世纪 90 年代末进入黄金发展阶段,特别是从 1997 年后,CDMA 在韩国、日本、美国、中国和印度进入增长的高峰期,CDMA 在全球通信市场的份额保持上升趋势。

2001 年中国联通开始在中国部署 IS-95A 网络,2002 年网络升级到 CDMA2000 1x,提供无线数据服务。经过多年的发展,用户数已经达到 4300 万,其用户规模仅次于美国的 Verizon,是全球第二大 CDMA 网络。2008 年 5 月中国电信市场正式重组,中国电信收购中国联通 CDMA 网络,并将 CDMA 网规划为中国电信未来的主要发展方向。整个电信业期待中国电信成为未来的移动通信运营的主要领导者,翘首期待 CDMA 产业的新一轮蓬勃发展阶段的到来。

2.1 CDMA 技术体制的演进

CDMA 移动通信技术标准 IS-95A 最早于 1995 年由美国国家标准委员会 ANSI 发布。之后经历了 2G 的 IS-95B, 1x 的 IS-20001x Rev0、IS-20001x RevA, 3GEVDV 的 IS-20001x RevC、IS-20001x RevD, 3GEVDO 的 EVDO Rev0、EVDO RevA、EVDO RevB 等发展阶段。如图 1-1 所示:

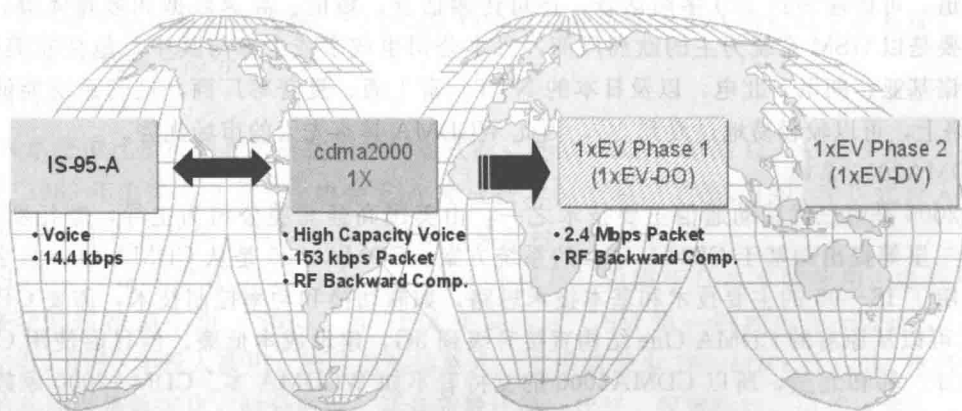


图 1-1 CDMA 技术体制演进过程图

CDMA 无线侧标准经历了几个阶段,包括属于第 2 代移动通信的 CDMA One 标准和属于第 3 代移动通信的 CDMA2000 标准。CDMA2000 标准是一个协议族,又可分为以下几个阶段,分别为 CDMA2000 1x、CDMA2000 1xEVDO 和 CDMA2000 1xEVDV。

CDMA2000 1x 能在 1.25MHz 无线传输带宽内提供语音业务以及高速分组数据业务。其中 1999 年发布的 Release0 版本提供高达 153.6kbps 分组数据业务,2000 年发布的 ReleaseA 版本可以提供高达 307.2kbps 的分组数据业务。目前,CDMA2000 1x Release0 版本已在全球多个国家和地区成功商用,技术已经非常成熟。

CDMA2000 1xEVDO 可以说是在 CDMA 阵营中异军突起,在 1.25MHz 的带宽内提供 2.4Mbps 的高速分组数据功能,具有非常高的频谱利用率,使得移动通信可以提供与固定网络相媲美的数据业务,为运营者提供更多的业务选择。CDMA2000 1xEVDO 是从 Qualcomm 的 HDR 系统演变而来的,在 2000 年 10 月,3GPP2 在对 HDR 进行优化之后,正式发布 CDMA2000 1xEVDO 的标准,2001 年 12 月,ITU 正式通过将 CDMA2000 1xEVDO 作为 IMT-2000 标准系列的一部分。CDMA2000

1xEVDO 是专门为分组数据优化而设计的,充分考虑了如何提升运营无线数据业务的利润空间,即较高的网络容量(固定带宽,每个小区容纳的用户数)和业务级别(提供给每个用户的平均数据吞吐量)优化。目前,CDMA2000 1xEVDO 也已在韩国、美国和日本等国家有了规模商用。

CDMA2000 1xEVDV 集成了 CDMA2000 1x 和 CDMA2000 1xEVDO 的优点,可以在 1.25MHz 带宽内同时提供语音业务和高达 3.09Mbps 的分组数据速率。其空中接口的第一个版本 CDMA2000 Release C 已在 2002 年 5 月 31 日由 3GPP2 完成并发布,该版本主要解决了 CDMA2000 1xEV-DV 前向链路的一些关键问题。改善反向链路性能的 CDMA2000 1xEVDV ReleaseD 版本已经在 2004 年 3 月发布。

从 IS-95 到 CDMA2000 1x、CDMA2000 1xEVDO 及 CDMA2000 1xEVDV,标准上都是向后兼容的,因此一旦部署了 CDMA 网络,就可以较低的代价平滑地向未来标准演进。CDMA 标准的前后向兼容性是其重要优势之一。兼容性有两个方面的含义:下一代移动终端可以直接在上一代网络中漫游,即回到上一代网络无须更换终端;上一代移动终端可以直接漫游到下一代网络中,即在下一代网络中漫游也无须更换终端。

由于 IS-95B 和 1xEVDV 两套标准技术成熟和产业的时机没有同步,随着时间的推移,这两项标准已经被主流运营商放弃了。IS-2000 1x 的网络是目前全球商用应用最大规模的 CDMA 系统。基于 EVDO Rev0 和 EVDO RevA 标准的 3G 网络是 CDMA 的规模商用系统,LTE/UMB 是 CDMA 的未来演进方向。

纵观 CDMA 技术体制的发展历史,可以看出从 2G 到 2.5G 1x,再到 3G EVDO,具有以下特点。后向兼容性:CDMA 的每个标准的升级,都对后向的老版本实现空中接口的兼容,其射频都采用相同的 1.25MHz 频宽,系统设备可以仅通过基带的升级扩容,实现平滑的演进,可以最大限度地保护运营商的投资;持续的技术领先性:CDMA 每个阶段的标准相对于 3GPP 对应的标准,都保持了其技术领先性;商用进程快:由于 CDMA 的领导者高通公司的芯片研发都是先于技术标准的开发,以及高通和主流设备厂家之间的协同开发,同等技术水平的 CDMA 设备的商用进程一般领先于 GSM 一到两年。

2.2 CDMA2000 1x EVDO 演进过程

CDMA2000 1x EVDO 标准最早起源于 Qualcomm 公司的 HDR 技术,早在 1997 年的时候 Qualcomm 就向 CDG 提出了 HDR(高速数据)的概念,此后经过不断地完善和实验在 2000 年 3 月以 CDMA2000 1x EVDO 的名称向 3GPP2 提交了正式的技术方案。CDMA2000 1x EVDO 是 CDMA2000 1x 演进(3G)的一条路径的一个阶段。这一路径有两个发展阶段,第一阶段叫 1x EVDO,即“Data Only”,它可以使运营商利用一个与 IS-95 或 CDMA2000 相同频宽的 CDMA 载频就可实现高达 2.4Mbps 的前向数据传输速率,目前已被国际电联 ITU 接纳为国际 3G 标准,并已具备商用化条件。第二阶段叫 1x EVDV,意为“Data and Voice”,它可以在一个 CDMA 载频上同时支持语音和数据。2001 年 10 月,3GPP2 决定以朗讯、高通等公司为主提出的 L3NQS 标准为框架,同时吸收摩托罗拉、诺基亚等公司提出的 1x TREME 标准的部分特点,来制定 1x EVDV 标准。2002 年 6 月,该标准最终确定下来,其可提供 6Mbps 甚至更高的数据传输速率。

CDMA2000 1x EVDO 标准现有 3 个版本,即 Rev.0、Rev.A 和 Rev.B,其中 Rev.0 和 Rev.A 可支持的前反向峰值速率分别为 2.4Mbit/s~153kbit/s 和 3.1Mbit/s~1.8Mbit/s,而在 Rev.B 中则支持高达 73.5Mbit/s~27Mbit/s 的峰值速率(使用 15 个 1.25M 载波)。

Rev.0 在反向链路上的容量大约为每扇区 300kbit/s;在 Rev.A 中,由于采用了自适应的 BPSK、QPSK 和 8PSK 等多种调制方式及多种编码速率和混合 ARQ 技术,极大地提高了反向链路的容量,扇区吞吐量大约为 Rev.0 的 2 倍,达到 600kbit/s;在 Rev.B 中,随着反向载波数目的增加,系统的反向数

据吞吐量也将相应成倍增长。同时,通过在载波间实现自适应调度和在系统中引入干扰消除、均衡与接收分集等技术,可以使系统性能在原基础上实现进一步的提高。这三种版本的技术演进特点如下。

2.2.1 EVDO Rev.0

针对数据服务突发性、高速率、非对称以及时延和 QoS 要求相对灵活的特点, EVDO Rev.0 进行了相应的优化,在前向链路实现了基于分组的调度,其主要特点和增强特性包括 4 点:

(1) CDMA/TDM 前向链路

EVDO Rev.0 是专门针对数据业务而优化设计的,其前向链路在信号传输时,对每一用户均以时分复用的方式在整个扇区内全功率和全码空间发送,从而使系统能以最大的数据吞吐率(峰值可以达到 2.4Mbit/s)高速传输突发的数据业务,并提高信号的传输质量。

(2) 自适应编码调制

终端基于通信过程中无线导频信道的变化情况,将定期上报请求(速率最高可达 600Hz)与当前前向链路信道条件匹配的服务速率(38.4kbit/s~2.4Mbit/s),每种服务速率将对应不同的调制方式(QPSK/8PSK/16QAM)和编码速率(Turbo 编码,码率为 2/3, 1/3, 1/5 等)组合。自适应编码调制结合优化的调度算法使基站可以根据整个系统的实际情况(信道质量及终端所请求的数据速率)来确定每一用户的服务时间和实际传输速率,合理地匹配各终端的当前物理信道情况服务其业务请求。由于多个用户的信道衰落具有相对独立性,系统在调度过程中可以利用多用户分级增益(Multiple-User Diversity)达到更高的传输效率。

(3) HARQ

用户的移动和干扰的随机性使系统在服务用户与用户上报时的物理信道情况可能存在误差,这使用户在上报请求服务的数据速率时相对保守,以保证数据包的可靠传输。EVDO Rev.0 在前向信道引入了 HARQ 机制来保证系统数据传输时匹配用户当前物理信道的同时,达到更高的传输效率。首先,系统在数据传输时引入了交织(Interlace)机制,系统在传输数据包时基于 Turbo 码可以将编码后的数据包分为若干子数据包,每个子信息包中包括数据或校验数据,子数据包中传输时使用非连续的时隙从而使系统在传输同一数据包所属数据时可以规避突发性的干扰,获得时间分级增益(Time-Diversity)。同时,用户接收每个子信息包后,将对接收的数据进行部分译码并基于译码结果对发送端进行反馈。如果部分译码成功,系统将提前终止该数据包的传输。增量式部分译码和提前终止的引入,可以使用户在进行信道估计的情况下保证系统对信道的匹配,从而提高传输效率。

(4) 前向虚拟软切换

当用户在 EVDO 系统中移动时,用户将选择当前信号最好的扇区来进行数据传输;当用户检测到服务扇区发生变化时,将及时向系统进行指示并进行虚拟软切换切换服务扇区。虚拟软切换的引入消除了由于系统软切换所带来的系统负载,同时可以保证系统在给定相同的前向功率条件下达到最高的传输效率。

2.2.2 EVDO Rev. A

EVDO Rev. A 是 EVDO Rev.0 的演进,除了在前反向链路数据传输能力的增强之外,尤其值得一提的是 Rev. A 针对各种实时业务(如广播、VoIP、可视电话、在线游戏、实时多媒体业务等)进行了专门的设计和优化,可以充分、有效地支持上述业务。Rev. A 的主要特点和增强特性包括 3 个方面。

(1) 前反向峰值速率大幅度提高

与 Rev.0 相比,在 Rev. A 中不仅前向链路峰值速率从 2.4Mbit/s 提升到 3.1Mbit/s;更重要的是反向链路得到了质的提升。随着增量传送、灵活的分组长度的结合、HARQ 和更高阶调制等技术在反向链路的引入,Rev. A 实现了反向链路峰值速率从 Rev.0 的 153.6kbit/s 到 1.8Mbit/s 的飞跃。

(2) 小区前反向容量均衡

通过在手机中采用双天线接收分集技术和均衡技术,Rev. A 的前向扇区平均容量可以达到

1500kbit/s, 较 Rev. 0 (平均小区容量 850kbit/s) 提高了 75%。Rev. A 的反向平均小区容量也得到大幅度的提升, 从 Rev. 0 的 300kbit/s 增加了 100%, 达到 600kbit/s。如果基站上采用 4 分支接收分集技术, 反向平均小区容量还可进一步提高至 1200kbit/s。

(3) 全面支持 QoS

与 Rev. 0 相比, Rev. A 在 QoS 支持方面也进行了优化, 取得了显著提高。Rev. A 中引入了多流机制, 使系统和终端可以基于应用的不同 QoS 要求, 对每个高层数据流进行资源分配和调度控制; 同时, Rev. A 中还提高了反向活动指示信道的传输速率, 使终端可以实时跟踪网络的负载情况。在系统高负载时, 保证低传输时延数据流的数据传输。Rev. A 对接入信道和控制信道均进行了优化, 降低了接入时延。在进行数据传输时, Rev. A 引入了高容量模式和低时延模式。在低时延模式下可以采用不同的功率来传输某数据包的各子信息包, 对首先传输的子信息包采用较高功率发射, 从而使该数据包提前终止传输的概率提高, 降低了平均传输时延。这对支持如 VoIP 和可视电话等实时业务十分重要。Rev. A 中引入了 DSC 信道, 使终端在基于信道情况选择其他服务小区时, 可以向网络进行预先指示, 提前同步数据传输队列, 大大降低了前向切换时延。这对支持 VoIP 和可视电话等实时业务十分重要且效果显著。

2.2.3 EVDO Rev. B

EVDO Rev. B 是在 EVDO Rev. A 基础上的多载波扩展和增强。Rev. B 在前向链路增加了 64-QAM 调制方式和 8192 比特数据包, 在单载波 (1.25MHz) 上系统峰值速率达到 4.9Mbit/s。在多载波条件下, Rev. B 系统所支持的峰值速率将随着载波数据成倍增加, 在系统带宽支持 15 载波 (20MHz) 时, 系统前反向峰值速率将达到 73.5~27Mbit/s。

多载波系统相对于单载波系统而言, 还可以利用无线信道的频率选择性对用户的服务请求在多载波上进行联合调度, 从而使系统在调度时获得时域和频域的多用户分级增益, 提升系统容量; 同时, 如果将单载波上的高速数据流分解为多载波上中/低速数据流进行传输, 可以获得更高的 HARQ 增益和降低终端发射功率, 最终提升系统的数据吞吐量。

另外, Rev. B 系统数据传输引入了对称模式 (前向载波数等于反向载波数) 和非对称模式 (前向载波数大于反向载波数)。对称模式下, 前向与反向载波将一一映射, 系统在成对载波上的数据和控制反馈信息的传输与 Rev. A 系统基本相同。非对称模式下, 多个前向载波将映射到一个反向载波, 系统将在一个反向信道上传输对多个前向载波的控制反馈信息。

此外, 不同于传统 FDD 系统前反向载波频率采用固定间隔, Rev. B 系统引入了前反向载波灵活配对模式 (Flex Duplex) 以满足对称和非对称模式下不同应用场景的需要。

Rev. B 系统引入了快速寻呼信道, 使系统可以预先向终端指示寻呼到达信息, 缩短了终端在寻呼周期到达时监听系统控制信道的的时间。此外, Rev. B 系统中还引入了非连续发送 (DTX) 和非接收模式 (DRX)。当终端工作在 DRX 模式时, 终端可以只在指定的前向交织时隙接收数据而在其他时刻可以关闭接收机。当终端工作在 DTX 模式时, 如果存在子数据包需要发送, 终端可以连续发送数据和导频信道的同时只在指定的时隙发送其他控制信息; 如果没有子数据包需要发送, 终端则可以只在指定的时隙发送导频信道以及其他控制信息, 而在其他时隙, 终端可以关闭发射机和功放。快速寻呼模式和 DTX/DRX 的引入可以有效地降低终端在待机和数据传输时的电源消耗, 提高待机和通话时间。

2.2.4 UMB 技术

UMB 以 OFDMA 技术为基础, 专门针对无线移动环境和实时应用优化的移动无线宽带系统, 它继承了 EVDO 系统的自适应编码调制、HARQ 以及 QoS 控制机制, 结合了 CDMA、TDM、QOFDMA、LDPC 等其他先进技术, 同时引入了基于 MIMO、SDMA、Beamforming 等多天线技术, 使系统可以在达到更高传输效率的同时经济有效地支持各类具有 QoS 要求的应用。UMB 系统在 20MHz 带宽中前反向物理链路上可以达到的峰值速率为 290Mbit/s~70Mbit/s。

第二章 移动通信无线网规划设计基础

1 移动通信的无线信道

移动信道属于无线信道，它既不同于传统的固定有线信道，也与一般具有可移动功能的无线接入的无线信道有所区别，它是移动的动态信道；移动信道取决于用户所在地的环境条件，其信道参数是时变的；移动通信中的各类新技术都是针对移动信道的动态时变特性，为解决移动通信中的有效性、可靠性和安全性的基本指标而设计的。

1.1 移动通信的信道特性

移动通信系统的性能主要受到移动无线信道的制约，而移动无线信道主要是受到无线传播环境的影响。移动通信无线信道大致有三个主要特点：

(1) 传播的开放性

一切无线信道都是基于电磁波在空间的传播来实现开放式信息传输。

(2) 接收环境的复杂性

是指接收点地理环境的复杂性与多样性；一般可以将接收点地理环境划分为三类典型区域：高楼林立的城市繁华区，以一般性建筑物为主体的近郊区，以山丘、湖泊、平原为主的农村及远郊区。

(3) 通信用户的随机移动性

移动通信主要包含三种类型：准静态的室内用户通信、慢速步行用户通信和高速车载用户通信。

1.1.1 移动通信的电磁波传播类型

移动通信信道中的电磁波传播主要有四种类型，分别是：

(1) 直射波

在视距覆盖区内无遮挡的传播，是超短波、微波的主要传输方式，经直射波传播的信号最强。

(2) 反射波

从不同建筑物或其他反射体反射后到达接收点的传播信号，其信号强度较直射波弱。

(3) 绕射波

从较大的建筑物与山丘绕射后到达接收点的传播信号。但是，它需要满足电波产生绕射的条件，其信号强度较直射波弱。

(4) 散射波

穿透建筑物的传播及空气中离子受激后二次发射的漫反射产生的信号，但它们相对直射波、反射波、绕射波都比较弱。

1.1.2 影响移动通信信号传输的效应

(1) 阴影效应

由于大型建筑物和其他物体的阻挡，在电波传播的接收区域中产生传播半盲区，类似于太阳光受

阻挡后产生的阴影。光线的波长较短，阴影可见，电磁波波长较长，阴影不可见，但接收机可以感觉出来。

(2) 远近效应

由于用户的随机移动性，移动用户与基站之间的距离也在随机变化，如果若干个移动用户发射信号的功率一样，那么到达基站时信号的强弱将不同，离基站近者信号强，离基站远者信号弱。

通信系统中的非线性将进一步加重信号强弱的不平衡性，甚至出现以强压弱的现象，并使弱者（即离基站较远的用户）产生掉话（通信中断）现象，通常称这一现象为远近效应。

(3) 多径效应

由于接收者所处地理环境的复杂性，使得接收到的信号不仅有直射波的主径信号，还有从不同建筑物发射及绕射过来的多条不同路径的信号，而且它们到达时的信号强度、到达时间及到达时的载波相位都不一样。所接收到的信号是上述各路径信号的矢量和，也就是说，各路径之间可能产生自干扰，称这类自干扰为多径干扰或多径效应。多径干扰非常复杂，有时根本收不到主径直射波，收到的一些连续的反射波等。

(4) 多普勒效应

多普勒效应是由于接收用户处于高速移动中，比如车载通信时传播频率的扩散而引起的，其扩散的程度与用户运动速度成正比。这种现象只产生在高速（ $\geq 70\text{km/h}$ ）车载通信时，而对于通常慢速移动的步行和准静态的室内通信则不予考虑。

1.1.3 移动通信信道的传输损耗

移动通信信号在传播过程中有三种损耗，分别是：

(1) 路径传播损耗

路径传播损耗是指电波在空间传播所产生的损耗，反映了传播在宏观大范围（千米量级）的空间距离上的接收信号电平平均值的变化趋势。

(2) 慢衰落损耗

慢衰落损耗主要指电磁波在传播路径上受到建筑物等的阻挡所产生的阴影效应的损耗，反映了在中等范围内（数百波长量级）的接收信号电平平均值起伏变化产生的趋势。慢衰落损耗为无线传播所特有，从统计规律上服从对数正态分布，其变化率比信息速率慢，所以称为慢衰落。

(3) 快衰落损耗

快衰落损耗反映了微观小范围（数十波长以下量级）接收电平平均值的起伏变化趋势，其电平幅度分布一般遵循瑞利（Rayleigh）、莱斯（Rice）和纳卡伽米（Nakagami）分布，其变化速率比慢衰落快，故称为快衰落。

传播损耗基本模型总体上对传播损耗模型做基本的定量分析。根据前面分析可知，传播的总损耗由大尺度范围（千米量级）的路径损耗、中尺度（数百波长量级）阴影效应和小尺度范围（数十波长以下量级）的快衰落共同决定的。

传播总损耗可表示如下：

$$P[d(t)] = [d(t)]^{-\gamma} \cdot S[d(t)] \cdot K[d(t)]$$

$[d(t)]^{-\gamma}$ ：大范围的路径损耗， $\gamma \approx 2-5.5$ ；

$S[d(t)]$ ：中范围的阴影效应损耗；

$K[d(t)]$ ：小范围内的快衰落损耗。

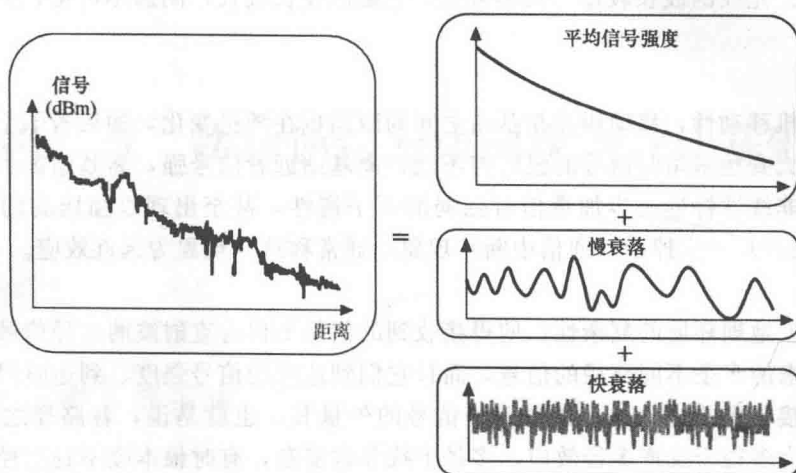


图 2-1 移动通信中的损耗

1.1.4 大尺度传播损耗

移动通信信道是一个完全开放式的信道，其传播损耗从宏观的大范围看，主要决定于传播的环境与条件。传播损耗不仅决定于传播距离，而且还与传播中的地形、地貌、传播的载波频率，以及收发天线高度等密切相关。从理论角度得出一个确切、完整的传播损耗公式难度很大。大多数传播模型是通过分析和试验相结合而获得的。试验方法依赖于测试数据的曲线或解析式拟合。这种方法的优点是通过对场强测试考虑了所有的传播因素，包括已知和未知的。通常在工程上大多采用一些经验公式与模型，这对于工程技术人员而言已基本能满足工程上的估算要求。

(1) 对数距离路径损耗模型

基于理论和测试的传播模型指出，无论室内或室外信道，平均接收信号的功率随距离的对数衰减。对任意收发距离，平均大尺度路径损耗可表示为：

$$PL [d] \propto \left(\frac{d}{d_0}\right) \text{ 或 } PL (dB) = PL [d_0] + 10n \log\left(\frac{d}{d_0}\right)$$

n ：路径损耗指数，表明路径损耗随距离增长的速率。 n 值决定于特定的传播环境，自由空间为 2，当有阻挡物时增大。

d_0 ：近地参考距离，由测试决定。在蜂窝系统，经常采用 1km 的参考距离，微蜂窝采用 100m 或 1m，但参考距离应设在天线的远场区。

d ：收发距离。

采用对数—对数坐标时，路径损耗表示为斜率 $10n$ dB/10 倍程的直线。不同环境下路径损耗指数详见下表。

表 2-1

路径损耗指数表

序号	环境	路径损耗指数, n
1	自由空间	2
2	市区蜂窝	2.6~3.5
3	市区蜂窝阴影	3~5
4	建筑物内视距传播	1.6~1.8
5	被建筑物阻挡	4~6
6	被工厂阻挡	2~3