

无线网络规划与优化技术丛书

cdma2000 1x

无线网络规划与优化

华为技术有限公司 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

无线网络规划与优化技术丛书

cdma2000 1x
无线网络规划与优化

华为技术有限公司 编著

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

cdma2000 1x 无线网络规划与优化 / 华为技术有限公司编著.

——北京: 人民邮电出版社, 2005.3

(无线网络规划与优化技术丛书)

ISBN 7-115-13069-8

I.C… II.华… III.码分多址—宽带通信系统

IV.TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 014390 号

内容提要

本书较为系统全面地介绍了 cdma2000 1x/EV-DO 无线网络规划与优化技术。本书分为 9 章: 第 1 章是第三代移动通信概述; 第 2~8 章依次介绍了 cdma2000 1x 物理层关键技术、cdma2000 1x 覆盖容量建模与仿真、cdma2000 1x/EV-DO 呼叫流程、cdma2000 1x 无线资源管理、cdma2000 1x 网络性能统计和监测、cdma2000 1x 无线网络优化、cdma2000 1x 数据业务优化; 最后一章介绍了 3G 无线建网策略。

本书内容实用, 理论联系实际, 是集体智慧的结晶。它适合于从事移动通信工作的工程技术、研究人员和通信管理人员阅读参考, 也可作为高等院校有关专业的课本或教学参考用书。

无线网络规划与优化技术丛书

cdma2000 1x 无线网络规划与优化

-
- ◆ 编 著 华为技术有限公司
责任编辑 刘君胜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京崇文区夕照寺街 14 号 A 座
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
读者热线 010-67132692
地质印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 26.5
字数: 660 千字 2005 年 3 月 第 1 版
印数: 1-5 000 册 2005 年 3 月 北京第 1 次印刷
ISBN 7-115-13069-8/TN·2420

定价: 46.00 元

序

从第一代模拟移动通信系统到目前的第三代数字移动通信系统，蜂窝移动通信已经历了20余年的发展历程，无线网络规划与优化也伴随着移动通信技术的发展从无到有，从简单到复杂，一个新兴的产业正在兴起，这个产业始终紧紧地围绕着一个目标——在满足业务需求的前提下，平衡网络覆盖、质量和成本之间的关系。

无线网络规划与优化是一门理论和实践紧密结合的综合性技术，一个优秀的网络规划与优化工程师不仅需要扎实的通信理论基础，还需要熟悉各种制式的移动通信系统工作原理、技术体制、频谱规划、小区规划、通信协议、电波传播、电磁兼容理论和技术经济评价等知识，更需要有丰富的实际规划优化经验。

无线网络规划的目标在于充分利用频谱资源，周密规划，在满足业务需求的前提下，用最小的分期动态投入实现最大的技术经济效益。网络覆盖满足客户和技术规范双重要求，具有较强的前后向兼容能力；容量和质量满足市场需要，具有灵活的扩容能力和质量持续改进能力；网络的管理、控制、升级和换代都力求方便快捷；系统内和系统间具有良好的干扰协调措施；技术经济上兼顾企业经济效益和社会效益，有利于我国多运营商、多制式、多系统的共存和发展。

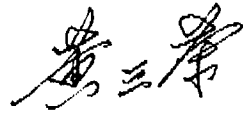
无线网络规划与优化是无线通信工程建设和运行的重要环节，其技术领域包括传送网、交换网、业务支撑网和无线接入网等；同时，项目投资财务评价决定着网络的经营效益和风险，也是网络规划与优化的重要课题；此外，还涉及国家相关技术政策、互连互通、法律法规以及网络安全等。正确地处理和平衡上述各种因素的关系是网络规划与优化的核心理念。“无线网络规划与优化技术丛书”为了解决无线网络规划的关键环节和技术，着重论述无线网络接入部分的规划与优化，不打算对网络规划作全面的分析阐述。

无线网络规划在系统容量和频谱资源确定的情况下，应充分掌握网络所在地域的业务模型、传播模型和干扰模型。业务模型的时空分布是网络分期建设时期评价的依据和基础，传播模型和干扰模型是平衡网络覆盖和质量的技术保证。一个技术先进、经济合理、高效优质的网络规划，必然是一个优化的网络规划。完善的规划将为持续的网优奠定良好的基础，而网优则是对网络运行质量的人为持续改进过程。

随着我国移动通信事业的蓬勃发展，运营商越来越重视无线网络规划与优化工作，并且不断地组建自己的网络规划与优化队伍。此外，由于网优市场巨大，国内已经出现了上百家专业网优公司。但是就系统地阐述网络规划与优化理论和技术的专业书籍来说，目前国内图书市场上还很少见，与我国移动通信事业的高速发展不相适应。

华为公司多年来持续投入了大量的人力和物力，从事无线网络规划与优化的研究，吸取全球多数无线运营商的网络规划与优化的丰富经验，形成了自己的网络规划与优化思路和理念。这次华为公司无线网络规划部的工程师在系统总结国内外实际工程经验的基础上，与业界专家

密切合作，编著了“无线网络规划与优化技术丛书”，系统地阐述了 GSM/GPRS、cdma2000、WCDMA 网络规划与优化的理论和技术。希望通过该丛书的传播和应用能缩短国内网络规划与优化人才培养的周期，促进网络规划与优化产业的发展。



2004年3月于郑州

前 言

1993年，高通公司提出了CDMA第一个商用标准，被美国TIA/EIA定为IS-95A（TIA/EIA INTERIM STANDARD/95A）标准。1994年，第一个CDMA商用网络在香港地区（香港和记电讯）开通。1995年，CDMA在韩国、美国、澳大利亚等国得到大规模应用。

2000年7月，高通公司利用基带调制解调芯片CSM5000和移动台调制解调芯片MSM5000，首次成功进行了双向153 kbit/s的cdma2000高速无线分组数据传输实验。测试结果充分表明，cdma2000在语音容量、数据吞吐量、通话和待机时间方面均比IS-95有明显优势。三星于2000年8月在SK Telecom成功开通了世界上第一个cdma2000 1x实验局。截至2004年6月，cdma2000用户已超过1亿，达到1.12亿，占全球3G市场的94%，分布在46个国家和地区的91个运营商。

朗讯公司与高通公司于2001年初成功进行了cdma2000 1x /EV-DO（HDR）实验，系统基于朗讯商用Flexent无线网络设备，支持网页浏览、视频流和电子邮件等多种应用。传输数据速率高达2.4 Mbit/s。SK Telecom在2002年1月发布了第一个基于cdma2000 1x /EV-DO技术的商用系统。截至2004年9月，全球EV-DO用户数已经超过830万，分布在9个国家的11个移动运营商。

摩托罗拉公司于2001年4月通过交互式赛车游戏首次演示了cdma2000 1x /EV-DV的候选技术之一1x TREFME。验证了其在1.25MHz的频段内高达4.8Mbit/s的高速数据吞吐能力。同时，cdma2000在450/800/1900 MHz等各个频段都得到了运用。

终端方面，目前CDMA终端有1000款以上，其中cdma2000 600多款，涵盖450MHz、800MHz、1.7GHz、1.9GHz各个频段。LG和三星也已推出了2.1GHz的样机，并完成与朗讯、华为等厂商的全系统测试。同时，1x和EV-DO双模移动台也已经投入商用。

cdma2000丰富的市场运用极大地推动了cdma2000技术本身的完善，特别是在空中接口能力上不断演进和增强；设备制造商也在这个过程中积累了大量3G系统性能开发经验，尤其是基于CDMA空中接口的资源管理算法、基于语音数据混合业务的资源算法以及对3G特征网络性能监控和评估的算法；而最为重要的是运营商和系统集成商在3G网络投资、建设和业务运营方面积累的成功经验和对3G的信心。

从无线网络规划、优化的角度而言，面对3G最为关键的挑战是CDMA空中接口特性和多业务多速率资源分配特性，本书着重阐述基于cdma2000 1x Release 0版本的无线网络规划、优化技术。但是，分清cdma2000、WCDMA、TD-SCDMA三种3G主流体制在协议限制、信令流程和具体实现上的差异后，大部分结论都可以直接相互借鉴。

cdma2000提供了丰富多彩的无线业务，高速率的无线业务对空中接口带宽提出了更高的要求，导致了多种关键技术的采用，同时CDMA多址技术的特点又要求几乎完美的蜂窝布局，这些都导致了cdma2000网络规划相对GSM网络规划的复杂性。cdma2000网络规划的复杂性，

要求网络规划工程师在各个层面都掌握新的知识和技能，概括起来主要涉及以下方面：射频规划；cdma2000 系统关键物理层调制与编码；cdma2000 系统覆盖和容量特性；cdma2000 系统关键信令流程和定时器；cdma2000 系统关键资源管理算法；cdma2000 系统性能检测与统计分析；cdma2000 系统无线网络优化特别是数据业务优化等。这里射频规划可以理解为狭义的无线网络规划，涵盖了话务覆盖分析、基站和天馈类型选取、站址工程参数确定以及邻区和小区参数设置等等。其中，关于射频规划技术的共性方面已经在本丛书的第一册《GSM 无线网络规划与优化》中有详尽描述，本书只讲述差异点。

本书由赵其勇主编。参与编写人员有宦澄、李忠东、谭扬波、邴浩、陶茂第、李云芝、唐春梅、曾淑慧等。最后赵其勇对本书进行了统稿和审核。本书凝聚着关心和从事华为公司 CDMA 无线网络规划优化事业的所有同事的心血，是他们多年的努力实践才有了这本书的充实内容。最后还感谢支持本书出版的人民邮电出版社。

本书在编写过程中还参考了业界专家、同行的著作，以及像 Motorola、Ericsson、Nortel 等公司的经验，在此也一并致谢。

作者
2004 年冬于深圳

目 录

第 1 章 第三代移动通信概述	1
1.1 第三代移动通信技术的发展和演进	1
1.2 第三代移动通信无线接入关键技术	3
1.3 第三代移动通信主流技术标准	8
1.3.1 WCDMA 标准演进	9
1.3.2 cdma2000 标准演进	10
1.3.3 TD-SCDMA 标准演进	11
1.3.4 3G 的演进 (超 3G)	12
1.3.5 三种主流无线技术标准的比较	13
1.4 第三代移动通信的频谱划分计划	15
1.4.1 无线电频谱资源的特性	15
1.4.2 ITU 和中国关于第三代移动通信的频谱划分	15
1.5 第三代移动通信无线网络规划	17
1.5.1 cdma2000 无线网络性能概述	17
1.5.2 cdma2000 全球商用进展	18
1.5.3 cdma2000 无线网络规划理念	19
1.6 小结	20
第 2 章 cdma2000 1x 物理层关键技术	21
2.1 CDMA 系统通信模型	21
2.2 调制技术	22
2.2.1 数字调制技术简介	22
2.2.2 CDMA 系统数字调制技术	24
2.2.3 小结	27
2.3 编码技术	27
2.3.1 编码技术介绍	27
2.3.2 CDMA 语音编码	28
2.3.3 CDMA 信道编码	29
2.3.4 小结	32
2.4 Rake 接收技术	32
2.4.1 Rake 接收基本原理	33
2.4.2 Rake 接收实现方法	34
2.4.3 小结	37

2.5	cdma2000 1x 物理信道概述	37
2.5.1	PN 码与掩码	37
2.5.2	cdma2000 1x 物理信道	39
2.5.3	cdma2000 1x EV-DO 物理信道	46
2.5.4	cdma2000 1x EV-DV 物理信道	55
2.5.5	小结	58
第 3 章	cdma2000 1x 覆盖容量建模与仿真	59
3.1	容量概述	59
3.1.1	信道容量	59
3.1.2	CDMA 处理增益及容量分析	59
3.2	覆盖容量的主要相关因素	60
3.2.1	阴影衰落余量以及覆盖概率	60
3.2.2	软切换增益	62
3.2.3	解调门限	63
3.2.4	语音激活因子	65
3.2.5	反向负荷	65
3.2.6	噪声系数和噪声密度	66
3.2.7	灵敏度和扩展灵敏度	67
3.2.8	移动台最小宽带接收功率	67
3.2.9	功控作用下发射功率上升与功控余量	68
3.3	链路预算模型	69
3.3.1	反向链路预算	70
3.3.2	前向链路预算	72
3.4	容量规划	74
3.4.1	3G 话务模型	75
3.4.2	反向链路容量	80
3.4.3	前向链路容量	82
3.5	前反向链路平衡	84
3.5.1	前反向干扰的差异	84
3.5.2	CDMA 系统前反向链路平衡	86
3.6	EV-DO 覆盖容量分析	87
3.6.1	EV-DO 概述	87
3.6.2	EV-DO 覆盖分析	88
3.6.3	EV-DO 容量分析	90
3.7	蒙特卡罗仿真	91
3.7.1	仿真原理	91
3.7.2	利用仿真手段辅助网络规划优化	96
3.7.3	仿真分析方法举例	100
3.7.4	ACP (Automatic Cell Planning) 功能介绍	103

第 4 章 cdma2000 1x/EV-DO 呼叫流程	105
4.1 移动台基本状态转移	105
4.2 移动台初始化状态	106
4.2.1 系统确定子状态	106
4.2.2 导频信道捕获子状态	107
4.2.3 同步信道获得子状态	107
4.2.4 定时改变子状态	109
4.3 移动台空闲状态	110
4.3.1 寻呼信道处理	110
4.3.2 消息证实程序	112
4.3.3 空闲切换程序	113
4.3.4 系统消息响应程序	114
4.4 移动台接入状态	119
4.4.1 移动台接入协议	119
4.4.2 移动台接入状态	119
4.4.3 接入切换	121
4.5 移动台登记流程	124
4.5.1 登记流程	124
4.5.2 登记消息内容说明	125
4.5.3 登记形式	128
4.6 移动台始呼、被呼流程	129
4.6.1 始呼流程	129
4.6.2 被呼流程	131
4.6.3 重要消息介绍	133
4.7 短消息流程	138
4.7.1 广播短消息	138
4.7.2 依次发送点对点短消息	139
4.7.3 MS 侧向网络侧发送短消息（在接入信道）	141
4.7.4 MS 侧向网络侧发送短消息（在业务信道）	141
4.8 移动台切换流程	141
4.8.1 软切换流程	142
4.8.2 BSC 间硬切换流程	143
4.8.3 切换重要消息描述	144
4.9 数据业务流程	147
4.9.1 数据业务呼叫建立流程	147
4.9.2 状态迁移流程	148
4.10 EV-DO 相关流程	150
4.10.1 cdma2000 1x EV-DO 网络结构	150
4.10.2 cdma2000 1x EV-DO 的 A 接口	151

4.10.3	cdma2000 1x EV-DO 系统间切换	152
4.10.4	cdma2000 1x EV-DO 典型呼叫流程	155
4.11	系统流控	161
4.11.1	过载问题分类	161
4.11.2	MSC 处理机制	162
4.11.3	BSC 处理机制	163
4.11.4	BSC 与 BTS 配合机制	164
4.11.5	BTS 处理机制	164
4.11.6	位置区划分	165
4.11.7	总结	168
4.12	QChat	169
4.12.1	PTT 业务	169
4.12.2	PTT/QChat 技术关键	170
4.12.3	技术实现	171
4.12.4	状态迁移	175
第 5 章	cdma2000 1x 无线资源管理	181
5.1	概述	181
5.1.1	无线资源管理的必要性	181
5.1.2	无线资源管理的主要任务	182
5.1.3	无线资源管理算法的分析与验证方法	182
5.2	无线资源管理算法分析	183
5.2.1	准入控制与负荷均衡算法	184
5.2.2	信道管理算法	189
5.2.3	切换算法	193
5.2.4	功率控制算法	204
5.2.5	端到端的 QoS 保障	216
5.2.6	陷波算法	220
5.3	功率分配	222
5.3.1	前向功率的重要性	222
5.3.2	前向覆盖与容量的关系	222
5.3.3	前向信道功率配置	223
5.3.4	功率分配基本原则和分析	223
5.3.5	不同地理区域的功率配置工程建议	225
5.4	小结	226
第 6 章	cdma2000 1x 网络性能统计和监测	227
6.1	网络性能统计和监测的目的	227
6.2	性能统计和监测的实现方式	227
6.3	网络性能应用和分析方法	229
6.3.1	话务统计	229

6.3.2	路测	238
6.3.3	信令跟踪	248
6.3.4	呼叫详细日志 (CDR)	249
6.3.5	无线链路质量监测 (RFMT)	255
6.3.6	邻区优化	259
6.3.7	常用网络测试和分析工具	260
6.3.8	EV-DO 无线网络的性能统计与监测	264
第 7 章	cdma2000 1x 无线网络优化	269
7.1	CDMA 无线网络优化流程	269
7.1.1	网络优化流程	269
7.1.2	网络优化一般思路	271
7.2	CDMA 覆盖容量优化	272
7.2.1	覆盖能力的衡量	272
7.2.2	覆盖与容量的相互影响	273
7.2.3	覆盖优化的手段	275
7.2.4	话务均衡控制	276
7.3	切换及邻区优化	277
7.3.1	搜索窗优化	277
7.3.2	邻区优化	285
7.3.3	切换失败问题	286
7.4	硬切换优化	287
7.4.1	硬切换流程	287
7.4.2	硬切换算法的选择	288
7.4.3	硬切换常见问题处理	289
7.5	多载波优化	291
7.5.1	多载频组网形式	291
7.5.2	频率更替过程	291
7.5.3	话务控制策略及优化	292
7.6	掉话性能优化	293
7.6.1	掉话控制机制	293
7.6.2	掉话主要原因及优化	294
7.7	接入性能优化	295
7.7.1	移动台接入协议	295
7.7.2	接入信令流程	299
7.7.3	接入失败原因及优化	300
7.8	直放站应用的优化	301
7.8.1	直放站的种类及指标	301
7.8.2	直放站的特性分析	302
7.8.3	直放站的工程参数	305

7.8.4	直放站对系统参数的影响	306
7.8.5	直放站常见的网络问题	311
7.9	异系统共存	312
7.9.1	背景	312
7.9.2	基站和移动台的抗干扰指标	312
7.9.3	最小耦合损耗 MCL	314
7.9.4	“死区”现象	315
7.9.5	异系统共存规划原则	316
第 8 章	cdma2000 1x 数据业务优化	319
8.1	概述	319
8.2	数据业务特点	320
8.3	SCH 的分配策略	321
8.3.1	静态 SCH 分配	321
8.3.2	动态 SCH 分配	322
8.3.3	SCH 延续	325
8.4	数据业务网络评估指标	327
8.5	数据业务呼叫流程	330
8.6	数据业务无线性能优化	331
8.6.1	前向 SCH 配置	331
8.6.2	反向 SCH 配置	335
8.6.3	SCH 延续配置	336
8.6.4	空中接口信令延时及 SCH 申请机制对数据业务性能的影响	337
8.7	数据业务网络性能优化	338
8.7.1	业务层实际吞吐量分析	338
8.7.2	TCP 算法与 RLP 重传机制	340
8.7.3	在 IS-2000 中影响 TCP 性能的 3 个因素	348
8.7.4	网络侧参数设置	352
8.8	数据业务测试设备	353
8.8.1	数据业务测试点	353
8.8.2	测试终端	354
8.8.3	数据线	355
8.8.4	空中接口测试设备	355
8.9	小结	355
第 9 章	3G 无线建网策略	357
9.1	3G 无线网络建设面临的一般问题	357
9.1.1	3G 网络特征	357
9.1.2	投资和竞争力的矛盾	357
9.1.3	3G 无线网络面临的主要技术问题	360
9.2	无线网络规划在无线建网中的作用	364

9.2.1	无线网络规划流程	364
9.2.2	话务覆盖分析	365
9.3	如何建设一个有竞争力的网络	367
9.3.1	总体策略	367
9.3.2	各类覆盖容量技术措施	368
9.3.3	数据业务覆盖策略	371
9.3.4	RF 规划中的难点分析	373
9.3.5	举例分析高站对容量的影响	373
9.3.6	RF 规划的一般原则	378
9.4	结论	382
附录 A	cdma2000 协议导读	385
A.1	无线部分	385
A.2	A 接口部分	387
A.3	Abis 接口部分	389
A.4	电路交换部分	389
A.5	分组交换部分	390
A.6	短消息部分	391
A.7	智能网部分	391
A.8	定位系统	391
附录 B	dB (x) 的概念	393
B.1	dB	393
B.2	dBm	393
B.3	dBu	393
B.4	dB _r	393
B.5	dBm ₀	393
B.6	dB _i 和 dB _d	394
B.7	dB _c	394
附录 C	缩略语及专用术语	395
附录 D	参考文献	405

第 1 章 第三代移动通信概述

1.1 第三代移动通信技术的发展和演进

随着通信业务的迅猛发展和通信量的激增，未来的移动通信系统不仅要有足够大的系统容量，而且还要能同时支持话音、数据、图像、多媒体等多种业务的有效传输，移动台既可以打电话，也可以实现收发传真和电子邮件，浏览 Internet、购物、医疗急救等多种功能。第二代移动通信系统主要针对语音业务制定，GSM 主要依靠在漫游上的优势，取得了极大成功；后来又补充了 GPRS 业务，能满足低速数据通信需求。但是，在支持全球漫游、高频谱利用率以及高速数据业务方面都表现出一定不足，特别是随着用户对多媒体通信需求的增长，以及移动通信与因特网的逐步融合，现有网络已无法进一步满足人们的需求，3G 应运而生，将高速移动接入和基于因特网协议的服务结合起来，在提高无线频率利用效率的同时，为用户提供更经济、内容更丰富的无线通信服务。

1. 第三代移动通信的特点

宽频带的 3G 可以提供很多种业务，主要包括：

流媒体业务。通常，利用各种不同的压缩算法如微软或 Real 网的算法或音频（MP3）协议，音频或视频文件可以通过无线网络下载（传输、存储或播放）或实时播放。

移动定位服务。移动定位服务是指根据移动用户所处的地理位置提供与位置相关的服务。由于定位技术可广泛地应用于军事和民用部门，如导航、测量、急救、车辆调度、防盗防劫、城市规划、城市导游等各个方面，因此移动定位业务将在第三代移动通信服务中占有重要位置。

可视电话。在移动环境下，通过终端提供可视电话将成为 3G 中的一个重要业务。随着通信技术的不断发展，人们对通信的需求将不再局限于单纯的语音通信，在带宽得以保证的 3G 中，可视电话将逐步流行起来。

移动电子商务。在移动环境下，提供因特网服务是第三代移动通信系统近期的主要业务特征，移动电子商务是最主要最有潜力的应用。股票交易、移动办公室、银行业务、网上购物、机票及酒店的预订、旅游及行程和路线安排、电子与交互式游戏、电子杂志分销、点播音频及视频业务订购是移动电子商务中最先开展的应用。

第三代移动通信，即国际电信联盟（ITU）定义的 IMT-2000（International Mobile Telecommunication-2000），俗称 3G。

第三代移动通信是第一次由国际标准化组织即国际电信联盟 ITU 牵头、领导，努力在频段和标准上统一的一个系统。经过十几年的艰苦努力，虽然没有完全实现最初的所有愿望，但与第二代相比，无论是在频段的统一上、标准的统一上，还是技术能力上都大大迈进了一步。

第三代移动通信系统是国际电信联盟（ITU）在 1985 年首先提出的，当时被称为未来公众陆地移动通信系统，即 FPLMTS（Future Public Land Mobile Telecommunication Systems）。随着

时间的推移, IMT-2000 的要求和目标愈加清晰, 由于 FPLMTS 这个名称含义不准确, 发音拗口, 1996 年 ITU 正式将其更名为全球移动通信系统 IMT-2000。其含义为该系统预期在 2000 年左右投入使用, 工作在 2000MHz 频段, 最高传输数据速率为 2000 kbit/s。IMT-2000 最主要的目标和特征为:

(1) 全球统一频段、统一制式, 全球无缝漫游;

(2) 高频谱效率;

(3) 支持移动多媒体业务, 即室内环境支持 2Mbit/s、步行/室外到室内支持 384kbit/s、车速环境支持 144kbit/s 等。

在过去的 10 年里, 移动通信得到了飞速的发展, 第三代移动通信系统 (3G) 的出现更使移动通信前进了一大步。到目前为止, 3G 各种标准和规范已达成协议, 并已开始商用。但也应该看到 3G 系统尚有很多需要改进的地方, 如: 3G 缺乏全球统一标准; 目前版本的 3G 系统所采用的语音交换架构仍承袭了第二代 (2G) 的电路交换, 而不是分组包方式; 流媒体 (视频) 的应用不尽如人意; 数据传输率离有线 xDSL 还有很大差距。所以, 在第三代移动通信还没有完全铺开, 距离大规模商用还有一段时间的时候, 已经有不少国家开始了对 B3G 甚至下一代移动通信系统 (4G) 的研究。相对于 3G 而言, 4G 在技术和应用上将有着质的飞跃, 而不仅仅是在第三代移动通信的基础上再加上某些新的改进技术。

2. 第四代移动通信技术

到目前为止, 第四代移动通信系统技术还只是一个主题概念, 即无线互联网技术。人们虽然还无法对 4G 通信进行精确定义, 但可以肯定的是, 4G 通信将是一个比 3G 通信更完美的新无线世界, 它将可创造出许多难以想像的应用。未来的无线移动通信系统是覆盖全球信息网络中的一部分, 它将包括室内无线 LAN、室外宽带接入以及智能传输系统 (ITS) 等。

作为新的移动通信系统, 4G 将不仅仅应用于蜂窝电话通信领域, 它还能够提供全息录音、远程控制卡以及移动虚拟实现等功能。展望 4G, 可以预见:

信息传输速率更快。人们研究 4G 的最初目的就是提高蜂窝电话和其他移动装置访问 Internet 的速度, 因此 4G 通信的特征莫过于它具有更快的数据速率。4G 的数据速率一般为 10~100Mbit/s, 最低可达 2Mbit/s, 这相当于 3G 在室内环境下的传输速率 (3G 的数据速率在 384kbit/s~2Mbit/s 之间)。

带宽更宽。要想使 4G 通信达到很高的传输速率, 其所需要的带宽比 3G 高出许多。每个 4G 载频将占有 100MHz 或更多带宽, 而 3G 的载频带宽在 1~20MHz 之间。同时, 两者使用的频段也将不一样。4G 的使用频段将在 2~8GHz 的范围内, 要比 3G 的 1.8~2.4GHz 高很多。

容量更大。10 年后, 每个人所获取的信息量比今天至少要高 3~4 个数量级, 而 3G 的网络容量将不能满足这种快速增长的信息业务需求, 所以在 4G 里将采用新的技术来极大地提高系统的容量, 如 SDMA (空分多址) 技术等, 来满足未来大信息量的容量需求。

智能性更高。4G 系统的智能性更高, 它能够将自适应地进行资源分配, 处理变化的业务流和适应不同的信道环境。在 4G 网络中的智能处理器, 将能够处理节点故障或基站超载; 4G 通信终端设备的设计和操作也将具有智能化。

兼容性强。4G 将采用大区域覆盖, 与 3G、无线 LAN (WLAN) 和固定网络之间无缝隙漫游, 实现真正意义上的全球漫游。

能实现更高质量的多媒体通信。4G 能提供的无线多媒体服务将包括语音、数据、实时影

像等,大量信息通过宽频信道传送出去,因此4G也是一种实时的、宽带的以及无缝覆盖的多媒体无线通信。

技术的发展将使4G能够实现3G未能实现的功能,实现真正意义上的个人通信。

1.2 第三代移动通信无线接入关键技术

未来的移动通信业务将从话音扩展到数据、图像、视频等多媒体业务,因此对服务质量和传输速率的要求越来越高。这对移动通信系统的性能提出了更高的要求,必须采用先进的技术有效地利用宝贵的频率资源,以满足高速率、大容量的业务需求,同时克服无线信道的多径衰落,降低噪声和多径干扰,达到改善系统性能的目的。

为了解决3G系统所必须面对的主要问题,各国学者进行了广泛而深入的研究,发展并创新了许多关键技术。这些技术有的已被3G系统采用,有的还在进一步研究之中。实际上,3G协议为满足多媒体通信的需求,在体系结构、传输技术等方面都引入了大量的最新技术,比如ATM、IP、IMS系统等是2G没有的。不过最关键、最根本的还是无线接入技术。下面对常用的无线接入关键技术进行简要介绍。

1. Rake 多径分集接收技术

移动通信是在复杂的电波环境下进行的,如何克服电波传播所造成的多径衰落现象是移动通信的一个基本问题。在CDMA移动通信系统中,由于信号带宽较宽,因而在时间上可以分辨出比较细微的多径信号。对分辨出的多径信号分别进行加权调整,使合成之后的信号得以增强,从而可在较大程度上降低多径衰落信道所造成的负面影响。这种技术称为Rake多径分集接收技术。

2. 高效信道编/解码技术

第三代移动通信的另外一项核心技术是信道编/解码技术。在第三代移动通信系统的主要提案中(包括WCDMA和cdma2000 1x等),除采用与IS-95 CDMA系统相类似的卷积编码技术和交织技术之外,还建议采用Turbo编码技术及RS-卷积级联码技术。

Turbo编码器采用两个并行相连的系统递归卷积编码器,并辅之以一个交织器。两个卷积编码器的输出经并串转换以及凿孔(Puncture)操作后输出。相应地,Turbo解码器由首尾相接、中间由交织器和解交织器隔离的两个以迭代方式工作的软判输出卷积解码器构成。虽然目前尚未得到严格的Turbo编码理论性能分析结果,但从计算机仿真结果看,在交织器长度大于1000、软判输出卷积解码采用标准的最大后验概率算法的条件下,其性能比约束长度为9的卷积码提高1~2.5dB。目前Turbo码用于第三代移动通信系统的主要困难体现在以下几个方面:

- (1) 由于交织长度的限制,无法用于速率较低、时延要求较高的数据(包括语音)传输;
- (2) 基于MAP的软输出解码算法所需计算量和存储量较大,而基于软输出Viterbi的算法所需迭代次数往往难以保证;
- (3) Turbo编码在衰落信道下的性能还有待于进一步研究。

RS编码是一种多进制编码技术,适合于存在突发错误的通信系统。RS解码技术相对比较成熟,但由RS码和卷积码构成的级联码在性能上与传统的卷积码相比较提高不多,故在未来第三代移动通信系统中采用的可能性不大。