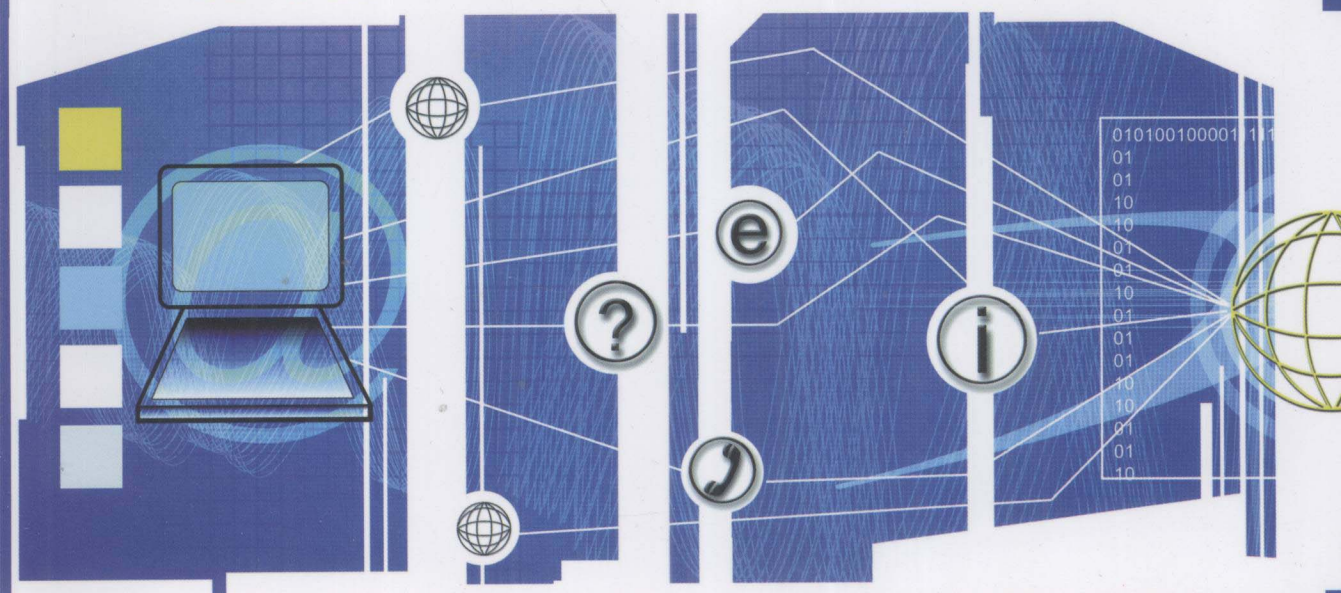


TD-SCDMA 移动通信系统

彭木根 王文博 等编著

第3版

TD-SCDMA YIDONG TONGXIN XITONG



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TD-SCDMA 移动通信系统

第3版

彭木根 王文博 等编著



机械工业出版社

本书是一本专门介绍 TD-SCDMA 移动通信系统的图书, 内容涵盖关键技术、基本原理、协议标准和工程技术指导等, 主要包括: TD-SCDMA 系统组成, TD-SCDMA 信令、协议、接口、基本原理、通信事件、安全、关键技术、智能天线、无线资源管理、TD-SCDMA 射频参数设置、TD-SCDMA 干扰及与其他系统共存、TD-HSDPA、TD-HSUPA、新型组网方法和先进技术、网络规划、网络优化等。

本书可供从事移动通信的专业技术人员、管理人员, 特别是从事 TD-SCDMA 标准研究、TD-SCDMA 系统测试、通信安全、网络规划、网络维护、网络优化的人员, 以及学习 TD-SCDMA 移动通信系统的大专院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

TD-SCDMA 移动通信系统/ 彭木根等编著. —3 版. —北京:
机械工业出版社, 2009.6
ISBN 978-7-111-27503-9

I. T... II. 彭... III. 码分多址—移动通信—通信
系统 IV.TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 109909 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 吉 玲 (E-mail: jiling@mail.machineinfo.gov.cn)
责任印制: 洪汉军
三河市宏达印刷有限公司印刷
2009 年 7 月第 3 版第 1 次印刷
184mm×260mm·30.5 印张·757 千字
0001—3000 册
标准书号: ISBN 978-7-111-27503-9
定价: 59.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294
购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643
编辑热线电话: (010) 88379768
封面无防伪标均为盗版

前 言

从移动通信的发展历程来看，第一代移动通信系统（简称 1G 系统）的作用在于开辟了移动通信领域，并在无线通信理论方面为后续系统的发展奠定了基础；第二代移动通信系统（简称 2G 系统）的贡献在于让普通老百姓也能享受到个人通信的方便和实用。随着人们物质文化水平的进一步提高，对移动通信业务的数量、质量的需求越来越大，2G 系统在容量和业务提供能力方面均不能满足社会的巨大需求，因此第三代移动通信系统（简称 3G 系统）应运而生。

WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA 是 3G 系统的 3 个主要标准，其中日本和欧洲支持 WCDMA；北美和韩国支持 cdma2000；TD-SCDMA 是中国首次提出的国际通信标准，与 WCDMA、cdma2000 一起成为 IMT2000 的正式成员，是中国移动通信发展史上里程碑式的重要事件。TD-SCDMA 是一种采用 TDD（时分双工）模式和智能天线技术的公众陆地移动通信系统，也是惟一采用 SCDMA（同步 CDMA）和 LCR（低码片速率）技术的 3G 系统，同时采用了多用户检测、软件无线电、动态信道分配等一系列先进技术。

TD-SCDMA 移动通信系统能够成功商用化，在于其全面完整的体系结构、成熟的空中接口协议和完善的技术解决方案等。TD-SCDMA 系统组成包括无线接入网、传输网和核心网三部分，本书对这三部分的结构和通信协议进行了较详细的介绍，阐述了接入层面和非接入层面关键通信流程和协议设计。作为区别于 WCDMA 系统的无线空中接口协议，本书详细介绍了 TD-SCDMA 系统的物理层、媒体接入控制层、无线资源控制层的原理和协议组成，并对相应的通信机制进行了详细的描述。作为支撑系统成功商用的关键，TD-SCDMA 采用了各种先进技术和算法，本书详细描述了这些关键技术的原理和技术挑战，并给出了不同算法时的性能结果。为了保证 TD-SCDMA 系统能够高效运维和提高网络性能，本书就 TD-SCDMA 的网络规划和优化的特征和关键流程进行了详细介绍，给出了不同场景时 TD-SCDMA 的容量和覆盖性能，并力求让读者通过本书的学习能够马上成为一名优秀的 TD-SCDMA 网络设计和管理专家。

随着中国移动主导的 TD-SCDMA 实验网建设不断推进，先进的多频点组网方法和一些创新的技术和理论不断提出，如基于软频率复用的 N 频点规划、极化智能天线、小区间联检等，TD-SCDMA 网络性能不断提高。本书在第 1 版和第 2 版的基础上，增加了这些先进技术的描述，给出了相关技术原理和性能结果。另外，随着商用 TD-SCDMA 网络大量的设计和优化经验积累，本书对 TD-SCDMA 网络规划和优化的内容进行了重新整理，力求让本书描述的方法和技术能够和实际的工程建设保持一致。

随着 TD-SCDMA 标准化工作的进一步完善，演进工作也全面展开，特别是 TD-HSPA 技术的引入和应用。本书在第 1 版和第 2 版的基础上，对 TD-HSDPA 和 TD-HSUPA 协议组成、关键技术和性能结果等进行了详细描述。考虑到篇幅限制，本书把 TD-SCDMA 长期演进（包括 TD-HSPA+和 TD-LTE）和向 IMT-Advanced 演进的相关内容删除，专门在新出版的《TD-SCDMA 移动通信系统增强和演进》一书中详细描述。

本书主要介绍和总结了 TD-SCDMA 移动通信系统网络结构、协议接口规范、通信事件、加密、关键技术、短期演进、网络规划优化等。全书共分 13 章。第 1 章为 3G 系统概述,介绍了 TD-SCDMA 的发展历程以及关键技术;第 2 章介绍了 TD-SCDMA 网络整体结构,重点阐述了接入网和核心网组成,包括核心网演化进程;第 3 章详细阐述了空中接口 Uu 的物理层技术;第 4 章阐述了 Uu 接口 MAC 和 RLC 子层等协议组成和配置;第 5 章对 TD-SCDMA 的通信事件和协议流程进行了介绍;第 6 章重点讨论了 TD-SCDMA 采用的智能天线技术;第 7 章全面详实地介绍了无线资源管理技术;第 8 章讨论了 TD-SCDMA 干扰共存问题,分析了在 2GHz 频谱下多移动通信系统干扰;第 9 章介绍了基于 TD-SCDMA 的 3.5G 演进,即 HSDPA 系统,包括协议组成、关键技术原理和性能结果;第 10 章阐述了 TD-HSUPA 系统的原理、组成、技术和性能等;第 11 章介绍了 TD-SCDMA 在组网技术和网络设计方面取得的一些新成果;第 12 章描述了 TD-SCDMA 网络规划知识,就网络规划流程、网络规划特征以及关键点进行了详细介绍;第 13 章初步提出了适合 TD-SCDMA 的网络优化策略。

本书是北京邮电大学无线通信中心无线信号处理与网络实验室全体研究人员多年的研究成果。本书主要由彭木根和王文博撰写,李勇、堵久辉、王荣、尚华、鲍炜、刘江宁、杨常青、张翔、孔佳、刘萍慧、王春忆、韩斌等参与了部分章节的写作,啜钢、胡春静、郑侃、彭涛、彭岳星、赵慧等对本书内容提出了很多好的建议,在此表示感谢。

本书的研究内容受国家高技术研究发展计划(863 计划)项目(编号为:2006AA01Z257)资助,在此特别表示感谢。在本书的编写过程中,我们还得到了工业和信息化部、工业和信息化部电信研究院、中国移动通信集团公司、大唐移动通信集团、鼎桥通信技术有限公司、工业和信息化部频率监测中心、中国普天信息研究院、诺基亚西门子通信公司、中国电信北京研究院等单位的大力支持,他们提供了许多宝贵建议和有益帮助,在此表示诚挚的谢意。由于作者水平有限,谬误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 第三代移动通信系统概述	1
1.1 第三代移动通信系统	1
1.1.1 IMT-2000 介绍	1
1.1.2 IMT-2000 业务特征	2
1.1.3 IMT-2000 无线传输要求	2
1.1.4 IMT-2000 频谱规划	3
1.1.5 第三代移动通信制式介绍	6
1.1.6 第三代移动通信系统标准化进程	10
1.2 TD-SCDMA 移动通信系统概述	14
1.2.1 TD-SCDMA 标准发展简述	14
1.2.2 TD-SCDMA 关键技术	15
1.3 TD-SCDMA 移动通信系统演进	18
1.3.1 TD-SCDMA 系统短期演进	18
1.3.2 TD-HSPA+系统	19
1.3.3 TD-LTE 系统	21
参考文献	23
第 2 章 TD-SCDMA 网络结构	24
2.1 TD-SCDMA 网络结构模型	24
2.1.1 概述	24
2.1.2 用户设备域	24
2.1.3 接入网域	25
2.1.4 核心网域	25
2.1.5 UMTS 域间通信	26
2.2 UTRAN 基本结构组成	27
2.2.1 基本协议结构和功能	27
2.2.2 基站	29
2.2.3 无线网络控制器	30
2.3 UTRAN 接口协议	32
2.3.1 用户平面和控制平面	32
2.3.2 Iu 接口	34
2.3.3 Iur 接口	37
2.3.4 Iub 接口	39

2.3.5 Uu 接口	42
2.4 TD-SCDMA 终端协议	43
2.5 UMTS 核心网结构	46
2.5.1 核心网的基本结构	46
2.5.2 核心网接口	49
2.6 UMTS 核心网演化	50
2.6.1 Release 4 网络结构及其接口	50
2.6.2 Release 5 网络结构及其接口	53
2.6.3 Release 6 网络结构及其接口	56
参考文献	58
第3章 TD-SCDMA 物理层	60
3.1 TD-SCDMA 物理层结构	60
3.1.1 TD-SCDMA 帧结构	60
3.1.2 TD-SCDMA 时隙结构	61
3.1.3 特殊时隙	63
3.2 传输信道和物理信道	64
3.2.1 传输信道	64
3.2.2 物理信道	66
3.2.3 传输信道和物理信道的映射	71
3.3 信道编码和复用	71
3.3.1 信道编码和复用步骤	71
3.3.2 物理层控制信息的编码	80
3.4 扩频、扰码和调制	83
3.4.1 数据调制方式	83
3.4.2 数据扩频	84
3.4.3 数据扰码	86
3.4.4 同步码	88
3.4.5 训练序列码	89
3.5 物理层处理过程	90
3.5.1 概述	90
3.5.2 小区搜索	90
3.5.3 上行同步	91
3.5.4 随机接入过程	93
3.5.5 功率控制	97
3.6 物理层测量	100
3.6.1 空闲模式下的测量	101
3.6.2 连接模式下的测量	103
参考文献	105

第 4 章 TD-SCDMA 空中接口协议	106
4.1 MAC 协议概述	106
4.1.1 MAC 子层提供的服务	106
4.1.2 MAC 子层主要功能	106
4.1.3 MAC 子层逻辑结构	107
4.2 MAC 子层逻辑实体	109
4.2.1 MAC-b 实体	109
4.2.2 MAC-c/sh 实体	109
4.2.3 MAC-d 实体	111
4.2.4 MAC-hs 实体	112
4.2.5 逻辑信道与传输信道之间的映射	114
4.3 MAC 子层通信机制	115
4.3.1 MAC 子层与其他层的层间通信	115
4.3.2 对等层通信	117
4.3.3 不同逻辑信道上的 MAC 头	119
4.4 混合业务中 TF 及 TFC 在 MAC 子层的确定	120
4.4.1 基本概念介绍	120
4.4.2 TF 及 TFC 的选择过程	123
4.4.3 不同类型不同速率业务的 TFC	125
4.5 RLC 协议	128
4.5.1 RLC 子层结构	128
4.5.2 RLC 功能	131
4.5.3 RLC AM 操作过程	131
4.5.4 RLC 透明/非确认/确认模式的性能比较	131
4.6 PDCP	132
4.6.1 PDCP 结构	132
4.6.2 PDCP 功能	133
4.7 BMC 协议	134
4.7.1 BMC 概述及其结构	134
4.7.2 BMC 功能	134
4.8 RRC 协议	135
4.8.1 概述	135
4.8.2 RRC 结构与功能	136
4.8.3 RRC 状态	137
参考文献	139
第 5 章 TD-SCDMA 系统通信事件	140
5.1 空闲模式下的 UE	140
5.1.1 概述	140

5.1.2	PLMN 选择和重选	142
5.1.3	小区选择和重选	144
5.1.4	位置登记和更新	146
5.1.5	小结	146
5.2	连接建立过程	146
5.2.1	RRC 连接建立过程	147
5.2.2	信令连接建立过程	148
5.2.3	RAB/RB 建立过程	149
5.3	核心网电路域信令流程	150
5.3.1	呼叫控制流程	150
5.3.2	移动性管理流程	153
5.4	核心网分组域信令流程	157
5.4.1	信令的整体流程	158
5.4.2	信令信息存储	159
5.4.3	移动性管理流程	162
5.4.4	会话管理流程	165
5.5	UMTS 安全问题	167
5.5.1	安全性背景知识	168
5.5.2	第二代移动通信系统安全性继承	170
5.5.3	相互鉴权	171
5.5.4	为鉴权进行加密	173
5.5.5	临时标识	175
5.5.6	UTRAN 加密	175
5.5.7	RRC 信令的完整性保护	176
	参考文献	177
第 6 章	TD-SCDMA 智能天线技术	178
6.1	智能天线原理及其关键技术	178
6.1.1	天线阵列分类	179
6.1.2	平面波传播	179
6.1.3	宽带信号模型	180
6.1.4	窄带模型	181
6.1.5	天线模型	182
6.2	智能天线波束赋形算法	183
6.2.1	波束赋形原理	183
6.2.2	最大输出功率算法	184
6.2.3	Capon 最小方差算法	185
6.2.4	最大接收功率算法	185
6.2.5	最大发送信噪比算法	186

6.2.6 最大接收信噪比算法	187
6.2.7 到达角度估计	188
6.3 TD-SCDMA 系统中智能天线技术的实现	189
6.3.1 智能天线系统框图	189
6.3.2 智能天线链路级处理	190
6.3.3 智能天线的使用	191
6.4 TD-SCDMA 智能天线仿真	191
6.4.1 Lee 模型	192
6.4.2 几何单反射统计信道模型	193
6.4.3 几何单反射圆周模型	193
6.4.4 几何单反射椭圆模型	193
6.4.5 高斯广义稳态非相关散射模型	194
6.4.6 时变矢量信道模型 (瑞利模型)	195
6.4.7 矢量信道的计算机模型	196
6.4.8 智能天线 TD-SCDMA 链路级性能仿真结果	197
参考文献	200
第 7 章 无线资源管理机制	202
7.1 无线资源管理概述	202
7.1.1 无线资源管理组成和功能	202
7.1.2 TD-SCDMA 系统无线资源管理特点	204
7.2 负载评估	204
7.2.1 上行链路容量	204
7.2.2 下行链路容量	206
7.2.3 上行链路负载预测	208
7.2.4 下行链路负载预测	209
7.3 负载控制	210
7.3.1 负载控制简介	210
7.3.2 过载识别	211
7.3.3 负载控制拥塞解决	212
7.3.4 TD-SCDMA 负载控制算法	212
7.4 接入控制	213
7.4.1 上行链路接入控制	214
7.4.2 下行链路接入控制	216
7.4.3 性能结果	217
7.5 功率控制	218
7.5.1 原理和分类	218
7.5.2 TD-SCDMA 系统中的功率控制	221
7.5.3 功率控制的发展趋势	227

7.6 切换控制	228
7.6.1 分类	228
7.6.2 TD-SCDMA 切换原理	229
7.6.3 切换具体过程	231
7.6.4 其他类型切换	232
7.7 动态信道分配	234
7.7.1 蜂窝系统信道分配技术	235
7.7.2 蜂窝系统动态信道分配技术	237
7.7.3 TD-SCDMA 动态信道分配技术	241
7.7.4 动态信道分配的实现过程	247
7.7.5 动态信道分配算法实例	248
7.8 码管理和分组调度	250
7.8.1 码分配策略	250
7.8.2 调度算法	252
7.9 基于智能天线技术的无线资源管理算法	258
7.9.1 智能天线技术下的系统容量和负载	259
7.9.2 基于智能天线技术的负载控制	263
7.9.3 基于智能天线技术的接入控制	263
7.9.4 基于智能天线技术的功率控制	264
7.9.5 基于智能天线技术的切换控制	265
7.9.6 基于智能天线技术的动态信道分配	266
7.9.7 智能天线对分组调度的影响	267
参考文献	267
第8章 TD-SCDMA 系统干扰共存	269
8.1 干扰共存研究概述	270
8.1.1 基本概念	271
8.1.2 2GHz 频带干扰类型	273
8.1.3 干扰共存研究方法	274
8.2 TD-SCDMA 无线设备特性	277
8.2.1 UE 发射机特性	277
8.2.2 UE 接收机特性	280
8.2.3 Node B 发射机特性	282
8.2.4 Node B 接收机特性	287
8.3 干扰共存研究参数设置	289
8.3.1 TD-SCDMA 系统仿真参数假设	289
8.3.2 WCDMA 系统仿真参数假设	290
8.3.3 cdma2000 系统仿真参数假设	291
8.3.4 PHS 仿真参数假设	292

8.4 TD-SCDMA 与 FDD-CDMA 干扰共存	295
8.4.1 基本干扰模式	295
8.4.2 WCDMA 系统和 TD-SCDMA 系统之间的干扰	296
8.4.3 cdma2000 1X 系统和 TD-SCDMA 系统之间的干扰	300
8.5 双 TD-SCDMA 干扰共存	305
8.5.1 双 TD-SCDMA 帧结构完全同步	306
8.5.2 双 TD-SCDMA 帧结构完全异步	308
8.5.3 结论	310
8.6 PHS 与 3G 系统之间的干扰	310
8.6.1 TD-SCDMA 对 PHS 的干扰	310
8.6.2 PHS 对 TD-SCDMA 的干扰	311
8.6.3 PHS 对 WCDMA 系统的干扰	312
8.7 GSM1800 与 TD-SCDMA 系统之间的干扰	315
8.7.1 GSM1800 系统概述	315
8.7.2 GSM1800 与 TD-SCDMA 共存	317
参考文献	318
第 9 章 TD-SCDMA HSDPA 技术	319
9.1 HSDPA 关键技术	319
9.1.1 AMC 技术	320
9.1.2 H-ARQ 技术	326
9.2 HSDPA 协议介绍	333
9.2.1 HS-DSCH	334
9.2.2 HS-SCCH	336
9.2.3 HS-SICH	337
9.2.4 HSDPA 中的信令参数	337
9.3 HSDPA MAC 子层	338
9.3.1 UE 侧 HSDPA MAC 结构	338
9.3.2 UTRAN 侧 HSDPA MAC 结构	340
9.3.3 H-ARQ 协议	342
9.4 HSDPA 无线分组调度算法	344
9.4.1 有线网络中分组调度算法	344
9.4.2 无线网络特性	346
9.4.3 无线网络中常见分组调度算法	347
9.5 HSDPA 移动性处理过程	352
9.5.1 服务 HS-DSCH 的改变	352
9.5.2 Node B 内同步服务 HS-DSCH 蜂窝改变	353
9.5.3 硬切换下 Node B 间同步服务 HS-DSCH 蜂窝改变	353
参考文献	354

第 10 章 TD-SCDMA HSUPA 技术	355
10.1 TD-HSUPA 无线信道	355
10.1.1 E-DCH 信道	356
10.1.2 E-RUCCH 信道	358
10.1.3 E-AGCH 信道	358
10.1.4 E-HICH 信道	360
10.1.5 E-DCH/E-AGCH 伴随和定时	362
10.1.6 E-DCH/E-HICH 伴随和定时	362
10.2 TD-HSUPA MAC 层协议	363
10.2.1 UE 侧 MAC-e/es 实体	363
10.2.2 UTRAN 侧 MAC-es 实体	364
10.2.3 UTRAN 侧 MAC-e 实体	365
10.2.4 MAC 层数据单元处理	366
10.2.5 E-DCH 的 MAC 头参数	366
10.2.6 E-DCH 控制信息信令	366
10.3 TD-HSUPA 关键机制	368
10.3.1 随机接入控制机制	368
10.3.2 UE 端的 HARQ 机制	368
10.3.3 基站端的 HARQ 机制	370
10.3.4 复用和解复用	371
10.3.5 调度和授权	371
10.3.6 E-TFC 选择	372
10.3.7 功率控制	373
10.3.8 同步机制	374
10.3.9 E-DCH 过程	375
10.4 TD-HSUPA 性能评估	375
参考文献	377
第 11 章 TD-SCDMA 组网技术和网络设计	378
11.1 N 频点组网技术	378
11.1.1 N 频点组网原理	378
11.1.2 N 频点基站的实现	379
11.1.3 N 频点组网的频率规划	382
11.1.4 辅载波软覆盖技术	382
11.2 分布式组网技术	383
11.2.1 RRU 单元	384
11.2.2 BBU 单元	385
11.2.3 组网方式	385
11.2.4 Ir 接口	386

11.3 双极化智能天线技术	391
11.3.1 双极化智能天线原理	391
11.3.2 双极化智能天线性能	393
11.3.3 双极化智能天线实际应用	394
参考文献	395
第12章 TD-SCDMA 无线网络规划	396
12.1 TD-SCDMA 网络规划要素	396
12.1.1 TD-SCDMA 规划目标	396
12.1.2 TD-SCDMA 网络规划特征	397
12.2 TD-SCDMA 网络初始准备和预规划	400
12.2.1 TD-SCDMA 网络规划初始准备	400
12.2.2 容量估算	405
12.2.3 覆盖估算	408
12.2.4 初始站点选择	409
12.3 TD-SCDMA 区域规划和邻区规划	410
12.3.1 RNC 区规划	410
12.3.2 寻呼区规划	411
12.3.3 邻区规划	413
12.4 TD-SCDMA 网络详细规划	413
12.4.1 覆盖方案规划	413
12.4.2 站址规划	414
12.4.3 传播模型校正	416
12.4.4 性能规划	418
12.4.5 扰码规划	421
12.4.6 频率规划	423
12.4.7 时隙比率规划	424
12.4.8 多系统共存规划	425
12.5 TD-SCDMA 网络规划验证	427
12.5.1 数据采集要求	427
12.5.2 测试数据分析	428
12.5.3 评估测试	429
12.6 TD-SCDMA 链路预算	429
12.6.1 传播模型的选择	430
12.6.2 上行链路预算	431
12.6.3 下行链路预算	434
12.7 TD-SCDMA 网络容量规划	437
12.7.1 TD-SCDMA 系统容量特性	437
12.7.2 TD-SCDMA 网络容量预测	438

12.7.3 硬容量分析	442
12.7.4 软容量分析	444
参考文献	448
第13章 TD-SCDMA 无线网络优化	450
13.1 TD-SCDMA 网络优化概述	450
13.1.1 TD-SCDMA 网络优化目标	450
13.1.2 TD-SCDMA 网络优化特征	451
13.1.3 TD-SCDMA 无线网络优化与规划设计的关系	452
13.1.4 网络建设优化流程	453
13.1.5 网络运维优化流程	454
13.1.6 网络优化工具	455
13.2 TD-SCDMA 无线网络优化方法	457
13.2.1 确定优化目标	457
13.2.2 单站验证	457
13.2.3 划分簇	458
13.2.4 确定测试路线	458
13.3 TD-SCDMA 无线网络优化内容	458
13.3.1 覆盖优化	458
13.3.2 网络质量的优化	462
13.3.3 直放站的优化	463
13.3.4 2G/3G 互操作优化	463
13.4 网络故障分析及优化	464
13.4.1 干扰优化	464
13.4.2 切换优化	466
13.4.3 孤岛效应的优化	467
13.5 不同场景下的网络优化	467
13.5.1 密集城区场景	467
13.5.2 一般城区场景	468
13.5.3 郊区场景	468
13.5.4 一般楼宇室内场景	468
13.5.5 高速公路场景	469
13.5.6 隧道覆盖	470
13.5.7 机场场景	470
13.5.8 地铁场景	471
13.5.9 体育场馆场景	471
13.5.10 立交桥场景	472
13.5.11 广场场景	472
参考文献	473

第 1 章 第三代移动通信系统概述

移动通信的历史可以追溯到 19 世纪 80 年代，在第二次世界大战期间种种军事上的需求导致了移动通信技术的巨大变化；二次大战后，移动通信技术开始转向民用；从 20 世纪 80 年代初模拟蜂窝移动通信系统出现以来，移动通信技术得到了迅猛发展；特别是 20 世纪 90 年代以后，无论是发展中国家还是发达国家，移动通信技术都以快捷速度进入到千家万户。

移动通信的高速发展是建立在技术发展和市场需求基础上的，1G 系统出现在 20 世纪 70 年代中期，采用模拟调制技术，主要提供语音业务。AMPS（北美蜂窝系统）、NMT（北欧移动电话）和 TACS（全向通信系统）是三种主要的窄带模拟标准。1G 无线网络技术使用户首次能够在他们所在的任何地方无线接收和拨打电话。由于其频谱利用率低、保密性能差（第三方只需将接收机频点调整到合适的信道，便能听到通话双方的内容）、业务单一，所以逐渐被 2G 系统所代替。2G 系统出现在 20 世纪 80 年代中期，采用数字调制技术，除提供语音业务外，还提供少量短信息服务。它提供更高的网络容量，改善了语音质量和保密性，并为用户引入了无缝的国际漫游。当今的 GSM、D-AMPS、PDC 和 IS-95 CDMA 等使用 2G 数字无线标准，且均为窄带系统。2G 技术的应用和推广，推动了移动通信系统的广泛使用，对无线通信领域以及人们的社会生活方式产生了深远影响。

20 世纪末，移动通信技术和 Internet 技术的发展极大地影响了人们的生活、学习和工作，两者的结合是信息产业发展的必由之路。由于制式、技术以及其他各方面的原因，2G 系统在支持全球漫游、频谱利用率以及数据业务方面都有较大的不足。随着全球经济一体化和社会信息化的进程，移动通信业务和移动通信用户呈高速增长的趋势，这使 2G 系统在系统容量和业务种类上趋于饱和，为了适应对移动通信个性化、智能化、多媒体化的要求，国际电信联盟（ITU）和世界上其他的电信标准实体和研究单位都早已开始了对 3G 系统的研究，提出了 3G 系统标准并将按照此标准开发 3G 系统。

1.1 第三代移动通信系统

第三代（3G）移动通信系统也叫“未来公共陆地移动通信系统（FPLMTS）”，后由国际电信联盟（International Telecommunication Union, ITU）正式命名为 IMT-2000（International Mobile Telecommunication-2000），即 3G 系统是工作在 2000MHz 频段，原计划于 2000 年投入商用^[1]。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，如高速数据、慢速图像与电视图像等，传输速率高达 2Mbit/s，带宽可达 2MHz 以上。3G IMT-2000 技术标准，是一种真正的“宽频多媒体全球数字移动电话技术”，并与改进的 GSM 网络兼容。

1.1.1 IMT-2000 介绍

IMT-2000 系统主要特性有：全球范围设计的高度共同性；业务上同固定网络业务的兼容性；高质量；具有全球漫游功能的袖珍终端；移动终端可接入固定或卫星网络；无线接口种类应尽可能少且具有高度共同性等^[2]。

IMT-2000 原作为未来公共陆地移动通信系统（FPLMTS），是国际电信联盟（ITU）组织各国进行研究的。IMT-2000 标准的制定主要由频谱规划、无线传输技术和网络方案三部分组成，其中无线传输技术的研究和选择是 3G 系统最为核心和关键的部分。

IMT-2000 系统具有服务质量的要求，对无线传输技术的基本要求包括：较高的频谱效率；适应多种无线运营环境；提供多种业务能力甚至包括未来不可预见的业务能力，即可变比特速率（VBR）服务；较高业

务质量;网络的灵活性及无缝覆盖能力等几方面。

IMT-2000 系统频谱效率是指在一定带宽内的语音业务容量及信息容量。对于具有多种业务功能的系统,频谱的有效利用十分重要。频谱有效利用涉及信源编码和无线传输中的多址技术、调制技术、射频(RF)信道参数(如带宽、信道间隔、信道分配等)、双工模式等诸多方面。

无线传播特性主要是指最大传输距离、总路径损耗预测模型、多径时延展宽、快慢衰落统计特性、最大多普勒频偏等。这些特性的差异决定了 IMT-2000 无线传输技术的设计与选择,从而影响多址技术、射频信道参数、无线覆盖范围、传输误码性能、调制解调技术、信道编码与交织等技术的选择与设计。因此要充分考虑到上述特性差异,以保证全球范围设计的高度共同性,以及无线接口种类尽可能少并具有高度共同性。

网络的灵活性及无缝覆盖能力是具有全球漫游功能的袖珍终端随时接入系统和得到服务的重要保证,涉及到位置登记、切换、功率控制、同步、无线覆盖、小区结构配置(包括各类型小区混合配置)等诸多因素。这些特性对无线传输中的多址技术、射频信道参数、双工模式、帧结构、物理信道结构与复用提出较高要求,必须全面设计以保证具有全球漫游功能的袖珍终端、无线接口种类应尽可能少且具有高度兼容性。

1.1.2 IMT-2000 业务特征

IMT-2000 系统要能提供多种业务,包括宽带多媒体业务,以及未来不可预见的业务能力,即支持可变比特速率(VBR)业务。这些业务具有不同的参数和属性,其中业务类型和数据速率直接影响无线传输设计,它们涉及多址技术、调制技术、信道参数、双工技术、帧结构、物理信道结构与复用等方面^[3]。

业务质量是衡量系统性能的重要指标。通常用传输时延、误码率/误帧率来评价。由于 IMT-2000 业务的多样化,不同的业务有不同的衡量标准。无线传输设计时,应仔细考虑调制技术、信道编码与交织、射频(RF)等,以满足不同业务质量的要求。

由于 IMT-2000 的应用现在还不是十分清楚,不能按目前的需要来确定,所以只能采取一种灵活的方式以适应今后的发展。这些应用的要求可按照承载服务的一般性确定如下:

- (1) 农村室外:终端速率 250km/h,业务速率至少 144kbit/s,最好 384kbit/s;
- (2) 城市或郊区室外:终端速率 150km/h,业务速率至少 384kbit/s,最好 512kbit/s;
- (3) 室内或小范围室外:终端速率 10km/h,业务速率至少 2Mbit/s;
- (4) 实时固定时延:误码率(BER) $10^{-3} \sim 10^{-7}$,时延 20~300ms;
- (5) 非实时可变时延:误码率(BER) $10^{-5} \sim 10^{-8}$,时延在 150ms 以上。

IMT-2000 能提供至少 144kbit/s 的高速大范围覆盖(理论能达到 384kbit/s),同时也能对慢速小范围区域提供 2Mbit/s 的速率。不同的应用产生不同的业务流,因而对系统设计和网络容量产生不同的影响。支持大量不同类型的业务使 3G 系统的网络规划更具挑战性,视频或语音通信要求能保证服务质量(QoS)。3G 标准展望了不同的用户业务。这些业务的要求如下:

(1) 恒不变比特率业务,如语音、高质量音频或视频电话和全速率录像等,这些业务对延时以及延时变化非常敏感;

(2) 实时可变比特率业务,如可变比特率编码音频和交互式活动图像专家组(MPEG)视频等,这类业务要求可变化的带宽,同时对延时和延时变化也很敏感;

(3) 非实时可变比特率业务,如交互式和大文件传递,这些业务能够忍受一定的延时和延时变化。

3G 系统的应用推动了具有高速数据率的 3G 无线系统的发展。3G 提供新的应用主要有如下一些领域:1) Internet,一种非对称和非实时的服务;2) 可视电话,一种对称和实时的服务;3) 移动办公室,能提供 E-mail、WWW 接入、Fax 和文件传递服务。3G 系统,提供不同的数据速率将更有效地利用频谱。3G 不仅能提供 2G 已经存在的服务,而且其新服务的引入使其对用户有更大的吸引力。

1.1.3 IMT-2000 无线传输要求

IMT-2000 要求 3G 系统运行在不同的无线环境中,例如,室内或室外,市内、郊区或乡下,终端用户可