

通信工程丛书

WCDMA 无线网络工程

杨峰义 覃燕敏 胡强 编著

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书主要介绍 WCDMA 无线网络工程方面的相关技术问题,内容包括电波传播基础、WCDMA 无线网络接口概述、WCDMA 无线网络结构和性能增强、WCDMA 无线网络的组网应用、无线资源管理、QoS 管理、无线网络规划、无线网络建设中的工程技术问题等方面。

本书可供第三代移动通信专业技术人员或管理人员阅读,也可作为高等院校通信工程专业师生的参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

WCDMA 无线网络工程/ 杨峰义,覃燕敏,胡强编著.

—北京:人民邮电出版社,2004.4

(通信工程丛书)

ISBN 7-115-12174-5

. W... . 杨... 覃... 胡... . 码分多址—
宽带通信系统 . TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 018950 号

通信工程丛书

WCDMA 无线网络工程

编 著 杨峰义 覃燕敏 胡强

责任编辑 陈万寿

人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129258

北京汉魂图文设计有限公司制作

北京朝阳展望印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

开本:850×1168 1/16

印张:10.5

字数:272千字

2004年4月第1版

印数:1-4000册

2004年4月北京第1次印刷

ISBN 7-115-12174-5/ TN·2266

定价:26.00元

本书如有印装质量问题,请与本社联系 电话:(010)67129223

丛书前言

为了帮助我国通信工程技术人员有系统地掌握有关专业的基础理论知识,提高解决专业科技问题、做好实际工作的能力,了解通信技术的新知识和发展趋势,以便为加快我国通信建设、实现通信现代化作出应有的贡献,我会与人民邮电出版社协作,组织编写这套“通信工程丛书”,陆续出版。

这套丛书的主要读者对象是工作不久的大专院校通信学科各专业毕业生、各通信部门的助理工程师、工程师和其他通信工程技术人员。希望能够有助于他们较快地实际达到通信各专业工程师所应有的理论水平和技术水平。

这套丛书的特点是力求具有理论性、实用性、系统性和方向性。丛书内容从我国实际出发,密切结合当前通信科技工作和未来发展的需要,阐述通信各专业工程师应当掌握的专业知识,包括有关的系统、体制、技术标准、规格、指标、要求,以及技术更新等方面。力求做到资料比较丰富完备,深浅适宜,条理清楚,对专业技术发展有一定的预见性。这套丛书不同于高深专著或一般教材,不仅介绍有关的物理概念和基本原理,而且着重于引导读者把这些概念和原理应用于实际;论证简明扼要,避免繁琐的数学推导。

对于支持编辑出版这套丛书的各个通信部门和专家们,我们表示衷心感谢。殷切希望广大读者和各有关方面提出宝贵的意见和建议,使这套丛书日臻完善。

中国通信学会

前 言

第三代移动通信系统(3G)是工作于 2GHz 频段的宽带移动通信系统,它区别于第一代和第二代移动通信系统的主要特点可以简单概括为:全球无缝漫游;具有支持信息速率高达 2Mbit/s 的多媒体业务的能力,特别是支持 Internet 业务;便于过渡、演进;更高的频谱效率、更低的电磁辐射、更好的服务质量等。

从 ITU-R 在上世纪发起 FPLMTS 研究到现在,第三代移动通信系统的研究开发和标准制订工作已经走过了十余年的历程。经过全球通信专家的共同努力,目前系列标准已经成熟稳定,终端和系统设备也已进入规模商用阶段。最近几年将是第三代移动通信系统在全球大规模商用的启动时期,相信第三代移动通信系统的使用将会极大地促进人类文明的进步,给人们的工作、生活带来前所未有的全新体验。移动通信将继续成为通信领域的研究和发展热点。

在第三代移动通信系统的众多技术标准中,随着技术开发、标准制订的逐步深入,WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA 已经逐渐成为主流。在目前全球已经颁发的 125 张 3G 许可证中,WCDMA 占 117 张。从当前全球移动通信用户的发展状况和 3G 牌照情况分析,我们不难看出 WCDMA 技术在全球第三代移动通信标准中名列前茅,在全球移动通信市场上处于有利地位。

我国的移动通信市场经过近 20 年的高速发展,目前已成为全球最大的移动通信市场。根据信息产业部 2004 年 2 月发布的统计结果,到 2003 年 12 月底,我国的移动用户已经超过 2.68 亿。在业务提供上也从早期单一的话音、低速话带数据业务过渡到中低速的分组数据业务,并且取得了可观的经济效益。根据国家权威部门的预测,到 2007 年底,我国的移动用户将发展到 5 亿左右,最近几年的发展速度虽然趋缓,但每年新增的用户数依然非常可观,市场潜力巨

大。目前的移动通信系统已经难以很好地支撑我国移动通信市场的进一步扩大,在数据业务提供能力上也明显不能满足用户的需求。因此,可以预见第三代移动通信系统将会在我国发挥重要的作用,在运营、制造业、内容提供等方面创造巨大的市场机会,推动国民经济的持续快速发展。

本书主要介绍 WCDMA 无线网络工程方面的相关技术问题。内容包括无线传播基本理论、WCDMA 无线网络接口概述、WCDMA 无线网络设备体系结构和性能增强技术、WCDMA 无线网络的组网应用、无线资源管理、QoS 管理、无线网络规划、无线网络建设中的工程技术等。这些内容基本涵盖了 WCDMA 系统在设备开发、网络建设和运营中的主要技术问题。对第三代移动通信系统的无线传输技术感兴趣的读者,可参阅胡捍英、杨峰义编著的《第三代移动通信系统》(人邮版,书号 09294,定价 39 元)一书。

由于 WCDMA 无线网络工程内容又多又复杂,同时相关标准又在不断修改和完善中,要想在本书中体现所有内容,显然是不现实的,因此本书在每章的结尾均列出了相应的参考文献,感兴趣的读者可以在这些参考文献中找到更深入细致的描述。

本书第一、二、三、八、九章由杨峰义编写,第四、五章由胡强编写,第六、七章由覃燕敏编写,全书由杨峰义统稿。在本书的完成过程中,得到了华为技术有限公司余承东、李英涛、谭竹、赵利坤、肖建平、周洪斌、吕武、李光辉、任杰等同志的大力支持和帮助,特此致谢。

WCDMA 无线网络工程涉及到移动通信的各个领域,需要各方面的专业知识和实践经验作基础才能有效地发现和处理工程中出现的各种问题,同时很多工程技术问题往往需要实际网络的充分验证才能有真正科学的结论。由于作者学识有限,经验欠缺,写作时间仓促,因而本书只能算是对 WCDMA 无线网络工程技术问题的概括描述,谬误之处在所难免,敬请读者不吝赐教。

作者

2004 年 2 月

目 录

第一章 概述.....	1
1.1 第三代移动通信标准发展简介	1
1.2 第三代移动通信系统的主要特征	4
1.3 WCDMA 技术标准的发展	5
1.4 第三代移动通信的后续发展	6
1.4.1 后 IMT-2000 系统的总体目标	6
1.4.2 B3G 系统可能应用的关键技术	8
第二章 无线传播基础	13
2.1 概述.....	13
2.2 自由空间传播模型.....	14
2.3 多径衰落.....	14
2.4 阴影衰落.....	16
2.5 多普勒效应.....	20
2.6 菲涅尔区.....	21
2.7 多径信道模型.....	23
2.7.1 多普勒频谱的类型.....	24
2.7.2 GSM 系统的多径信道模型	24
2.7.3 WCDMA 系统的传播模型	26
2.8 中值路径损耗预测模型.....	29
2.8.1 常用中值预测模型.....	30
2.8.2 自由空间的传播.....	30
2.8.3 Okumura-Hata 模型	31
2.8.4 COST231-Hata 模型	32
2.8.5 COST231 Walfish Ikegami 模型	32

2.8.6	Keenan-Motley 模型	34
2.9	传播模型校正	35
2.9.1	连续波(CW)测试	36
2.9.2	传播模型的校正	39
第三章	WCDMA 无线网络接口	43
3.1	概述	43
3.1.1	UTRAN 结构	43
3.1.2	U _u 接口结构	46
3.2	WCDMA U _u 接口信道结构	49
3.2.1	传输信道与物理信道	49
3.2.2	上行物理信道	50
3.2.3	下行物理信道	59
3.2.4	传输信道到物理信道的映射	69
3.2.5	物理信道间的定时关系	70
3.2.6	物理层工作过程	72
3.3	WCDMA U _u 接口业务复接与信道编码	75
3.3.1	物理层数据传输格式和配置	75
3.3.2	信道编码与复接	81
3.3.3	传输格式检测	89
3.4	MAC 子层	91
3.4.1	MAC 实体结构	91
3.4.2	MAC 子层功能	97
3.5	RLC 子层	98
3.5.1	RLC 模型	98
3.5.2	RLC 功能与提供的业务	103
3.6	RRC 子层	104
3.6.1	概述	104
3.6.2	RRC 层的功能	105

3.7	Iu 系列接口	106
3.7.1	Iu 接口	106
3.7.2	Iur 接口	111
3.7.3	Iub 接口	114
第四章	WCDMA 无线网络结构与性能增强	127
4.1	概述	127
4.2	WCDMA 无线接入网络整体结构	128
4.2.1	逻辑结构	128
4.2.2	RNC	129
4.2.3	Node B	129
4.3	RNC 体系结构	130
4.3.1	概述	130
4.3.2	中央交换功能模块	130
4.3.3	RNC 基本处理功能模块	131
4.3.4	无线资源管理模块	131
4.3.5	操作维护功能模块	131
4.4	Node B 体系结构	132
4.4.1	概述	132
4.4.2	传输子系统	132
4.4.3	中频/基带子系统	133
4.4.4	射频子系统	134
4.4.5	天馈子系统	135
4.4.6	控制子系统	136
4.5	覆盖扩展技术	136
4.5.1	基站四天线接收分集技术	136
4.5.2	基站发射分集技术	143
4.5.3	基站 OTSR 全向发射扇区接收技术	151
4.5.4	AMRC 语音速率自适应调整技术	154

4.5.5	塔放	157
第五章	WCDMA 无线网络组网应用	161
5.1	概述	161
5.2	应用场景的划分和相应的覆盖方案	161
5.2.1	分布式覆盖技术	162
5.2.2	密集城区	164
5.2.3	普通城区	167
5.2.4	室内覆盖	168
5.2.5	郊区/ 乡镇.....	175
5.2.6	农村地区	176
5.2.7	交通干线	176
5.2.8	风景区	178
5.2.9	大面积水域	178
5.2.10	其他偏远地区.....	179
5.3	WCDMA 无线接入网络传输组网	179
5.3.1	概述	179
5.3.2	WCDMA 接入网传输解决方案	180
第六章	无线资源管理.....	187
6.1	概述	187
6.2	功率控制	188
6.2.1	开环功率控制	188
6.2.2	闭环功率控制	188
6.2.3	下行功率平衡	190
6.3	准入控制	193
6.3.1	业务归一化因子	194
6.3.2	上行准入控制	194
6.3.3	下行准入控制	196

6.4	切换	197
6.4.1	软切换和更软切换	198
6.4.2	异频切换	201
6.4.3	系统间切换	203
6.5	负载控制	204
6.5.1	负载平衡	205
6.5.2	负载重整	206
6.5.3	拥塞控制	207
6.6	速率控制	207
6.6.1	AMR 模式控制	207
6.6.2	动态信道资源配置	209
第七章	QoS 管理	211
7.1	概述	211
7.2	3GPP 对 QoS 的定义	211
7.3	3GPP 典型业务定义	214
7.3.1	QoS 指标评价体系	215
7.3.2	传统话音业务的 QoS 指标评价体系	215
7.3.3	数据业务的 QoS 指标评价体系	216
7.4	WCDMA 网络中的 QoS 管理功能	217
7.4.1	QoS 管理子功能描述	217
7.4.2	QoS 管理子功能在 UMTS 网络中的实现	218
7.4.3	3G 典型业务的 QoS 实现与保障示例	222
第八章	无线网络规划	226
8.1	概述	226
8.2	估算	228
8.2.1	无线链路预算	228
8.2.2	小区覆盖范围和小区覆盖区域估算	236

8.2.3	设备估算	237
8.3	详细规划	240
8.3.1	初始化:定义无线网络布局	242
8.3.2	上行链路和下行链路迭代过程	242
8.3.3	后处理:网络覆盖预测	252
8.4	网络优化	255
8.4.1	扇区化	255
8.4.2	天线倾角的影响	257
8.4.3	塔放	258
第九章	WCDMA 无线工程技术	262
9.1	概述	262
9.2	共站址	264
9.2.1	干扰机理	266
9.2.2	隔离度计算方法	269
9.2.3	隔离度计算结果	271
9.2.4	工程措施	272
9.3	WCDMA/ GSM/ DCS 共室内分布系统	278
9.3.1	室内分布系统中无源器件的共用要求	279
9.3.2	WCDMA 干线放大器	282
9.4	直放站应用研究	290
9.4.1	WCDMA 直放站技术要求	290
9.4.2	直放站对系统的影响分析	295
9.4.3	使用直放站时的网络规划考虑	299
9.5	WCDMA 系统与其他系统共存研究	305
9.5.1	WCDMA 系统之间共存	305
9.5.2	WCDMA 系统与 GSM/ DCS1800 系统共存	310
9.5.3	WCDMA 系统与 TD-SCDMA 系统共存	315
9.5.4	WCDMA 系统与 PHS 系统共存	318

第一章 概 述

1.1 第三代移动通信标准发展简介

第三代移动通信系统(ITU-R 的正式名称为 IMT-2000),其前身为 FPLMTS(即未来公共陆地移动通信系统)。ITU-R TG8/1 在 FPLMTS 领域经过多年的艰苦努力,到 1996 年底确定了第三代移动通信系统的基本框架,包括业务需求、工作频带、网络过渡要求、无线传输技术的评估方法等诸多方面。1996 年底 FPLMTS 更名为 IMT-2000,其用意在于希望 2000 年左右最高传输速率可达 2Mbit/s (2000kbit/s)、工作于 2GHz(2000MHz)频段的第三代移动系统可以提供商用服务,并确定了无线传输技术(RTT)候选方案的最终提交时间——1998 年 6 月 30 日。

截止到 1998 年 6 月 30 日,提交 ITU 的地面第三代移动通信系统无线传输技术(RTT)共有 10 种,见表 1-1。其中 FDD 方式 8 种, TDD 方式 5 种。

表 1-1 10 种 IMT-2000 地面无线传输技术提案

序号	提交技术	双工方式	应用环境	提交者
1	W-CDMA	FDD、TDD	所有环境	日本: ARIB
2	ETSI-UMTS-UTRA	FDD、TDD	所有环境	欧洲: ETSI
3	WIMS W-CDMA	FDD	所有环境	美国: TIA
4	WCDMA/ NA	FDD	所有环境	美国: T1P1
5	Global CDMA	FDD	所有环境	韩国: TTA
6	TD-SCDMA	TDD	所有环境	中国: CATT
7	cdma2000	FDD、TDD	所有环境	美国: TIA

续表

序号	提交技术	双工方式	应用环境	提交者
8	Global CDMA	FDD	所有环境	韩国: TTA
9	UWC-136	FDD	所有环境	美国: TIA
10	EP-DECT	TDD	室内、室外 到室内	欧洲: ETSI DECT 计划

10 种提案按其各自的技术特征可分为以下几类^[1]：

(1) W-CDMA(序号 1~5)

欧洲 ETSI UTRA FDD、日本 ARIB W-CDMA、韩国 TTA CDMA、美国 T1 WCDMA/NA 和 TIA TR46 的 WIMS W-CDMA 这 5 种提案可以归为一类。这类提案的多址方式均采用 W-CDMA，同步方式、码片速率、帧结构等方面也基本一致。其中美国 T1 提交的 WCDMA/NA 和美国 TIA TR46 提交的 WIMS W-CDMA 后来已融合为一个标准，称为 WP-CDMA，即宽带分组 CDMA 技术。

(2) cdma2000(序号 7~8)

美国 TIA 的 cdma2000、韩国 TTA 的 CDMA 可以归为一类，均是基于 IS-95 技术发展来的。

(3) UWC-136 (序号 9)

UWC-136 是在北美 IS-136 TDMA(D-AMPS)技术的基础上提交的。由于 IS-136 TDMA 是北美第二代系统的主要技术之一，其用户规模与 IS-95 相当，IS-136 的运营者继续采用 UWC-136 也在情理之中。

(4) TD-SCDMA(序号 6)

我国的 TD-SCDMA 方案与欧洲 UTRA TDD(2)(即 TD-CDMA)技术比较相似，相互间融合的可能性最大。但在帧结构、码片速率、切换方式和一些新技术(如智能天线、多用户检测)的应用上差别很大，技术融合也不是一件简单的事情。

(5) EP-DECT (序号 10)

EP-DECT，也就是欧洲数字无绳通信系统 DECT。

从候选提案的技术特点来看,CDMA 技术占据了绝大多数,宽带 CDMA 技术无疑是第三代移动通信系统无线接入技术的主流,而其典型代表是 UTRAN FDD 和 cdma2000。

为了实现全球统一的第三代移动通信系统标准,RTT 提案完成以后,不同候选技术尤其是 CDMA 中的直扩方式间的融合成了一个最大的难题。以全球移动通信运营者为主形成的运营者融合组织(OHG)通过多次国际会议和技术讨论,对采用 CDMA 技术的 RTT 提出了融合的方向:

同步方式:基站可以支持同步和异步中的一种,而终端必须同时支持同步和异步两种方式。

导频方式:直接序列扩频 CDMA 同时采用两种导频方式,即公共导频用连续方式和专用导频用非连续方式。

码片速率:3.84Mchip/s。

在 OHG 和其他标准化组织的不断努力下,采用 CDMA 多址方式的不同 RTT 的技术走向逐渐明朗化:以 UTRA FDD 为代表的直扩 CDMA 按照 OHG 的建议进行必要的修改,而 cdma2000 则专注于多载波方式。

在技术规范的标准方面,为了加快第三代移动通信系统的标准化进程,推动第三代移动通信系统及早投入商用,原本由 ITU 完成的标准化工作也由地区性的标准化组织——第三代移动通信伙伴计划(3GPP)及 3GPP2 取而代之,ITU-R 建议的绝大部分将直接引用这两大标准化组织的规范。

3GPP 由 ARIB(日本)、CWTS(中国)、ETSI(欧洲)、T1(北美)、TTA(韩国)、TTC(日本)等 6 个成员组成。该组织以欧洲 ETSI UTRA 提案和日本 ARIB WCDMA 提案为蓝本,制订以 GSM 网络为基础的第三代移动通信标准。该标准的多址方式采用直接序列扩频,具有 FDD 及 TDD 两种双工方式。我国提出的 TD-SCDMA 也在该组织中与 UTRA TDD 进行融合。

3GPP2 则由 ARIB、CWTS、TTA、TTC 和 TIA 等 5 个成员组

成。该组织将完成与 IS-95 及 IS-41 后向兼容的第三代移动通信标准 cdma2000, 其多址方式为多载波 CDMA, 码片速率为 1.2288Mchip/s 的 1 或 3 倍。

1999 年 11 月赫尔辛基 TG8/1 会议, 通过了“IMT-2000 无线接口技术规范”建议。该建议中最终确定下来的第三代移动通信系统无线传输技术分为 CDMA 和 TDMA 两类, 具体包括^[2]:

CDMA DS: UTRA FDD(WCDMA);

CDMA MC: cdma2000 MC;

CDMA TDD: UTRA TDD 及 TD-SCDMA;

TDMA SC: UWC136;

TDMA MC: DECT。

该规范建议经 ITU-R 第八研究组通过后, 在 2000 年 5 月的无线电大会上成为国际电联建议。

1.2 第三代移动通信系统的主要特征

第三代移动通信系统是建立在 ITU IMT-2000 建议基础上的、工作在 2GHz 频段、最高速率可达 2Mbit/s 的宽带移动通信系统, 其基本特征可以概括如下。

(1) 全球普及和全球无缝漫游的系统: 第二代移动通信系统一般为区域或国家标准, 而第三代移动通信系统将是一个在全球范围内覆盖和使用的系统。它将使用共同的频段(WRC 已给 IMT-2000 分配了 1885 ~ 2025MHz, 2110 ~ 2200MHz 的工作频段, 但目前的 230MHz 频段只是 IMT-2000 计划频谱的一小部分, ITU 即将完成扩展频谱的规划), 全球统一标准。

(2) 具有支持多媒体(特别是 Internet)业务的能力: 现有的移动通信系统主要以提供话音业务为主, 随着发展一般也仅能提供 100 ~ 200kbit/s 的数据业务, GSM 演进到最高阶段的速率能力为 384kbit/s。而第三代移动通信的业务能力将比第二代有明显的改

进。它能支持从话音到分组数据到多媒体业务;能根据具体的业务需要,提供必要的带宽。ITU 规定的第三代移动通信系统无线传输技术(RTT)必须满足以下 3 种环境的最低要求,即:

快速移动环境,最高速率达 144kbit/ s;

室外到室内或步行环境,最高速率达 384kbit/ s;

室内环境,最高速率达 2Mbit/ s。

(3) 便于过渡、演进:由于第三代移动通信系统引入时,第二代网络已具有相当规模,所以第三代的网络一定要能在第二代网络的基础上逐渐灵活演进而成,并应与固定网兼容。

(4) 高频谱效率。

(5) 高服务质量。

(6) 低成本。

(7) 高保密性。

1.3 WCDMA 技术标准的发展

3GPP 组织成立于 1998 年 12 月,几年来该组织一直致力于 UMTS 技术规范的制订和完善。WCDMA 技术是 UTRA FDD 模式所采用的无线接入技术,由于 FDD 模式在 UMTS 系统的重要地位,业界通常简单使用 WCDMA 来代表 UMTS 地面无线接入技术甚至整个 UMTS 系统,因此我们这里也不刻意去区分这些不同。

3GPP 制订的 WCDMA 系统规范,很好地考虑了移动通信技术和业务运营的当前需求和未来发展,分成 R99、R4、R5、R6 等不同版本,各版本的基本情况可以概述如下。

(1) R99。目前在全球已经安装和开通的 WCDMA 网络都是基于这个版本。其最大的特征在于网络结构上继承了 GSM/ GPRS 核心网结构,而与 GSM 不同的是在无线接入部分引入了全新的无线接口 WCDMA,并采用了分组化传输,更有利于实现高速移动数据业务的传输。在接口方面引入了基于 ATM 的 Iub、Iur 和 Iu 接口。