

[WCDMA 技术丛书]

RAN的系统协议
WCDMA 的编码复用处理
WCDMA的扩频与调制
RAN的物理层进程
WCDMA终端的射频前端设计
WCDMA终端的数字基带设计
WCDMA系统测试
HSPA技术

WCDMA

无线接入网原理与实践

王立宁 等 编著



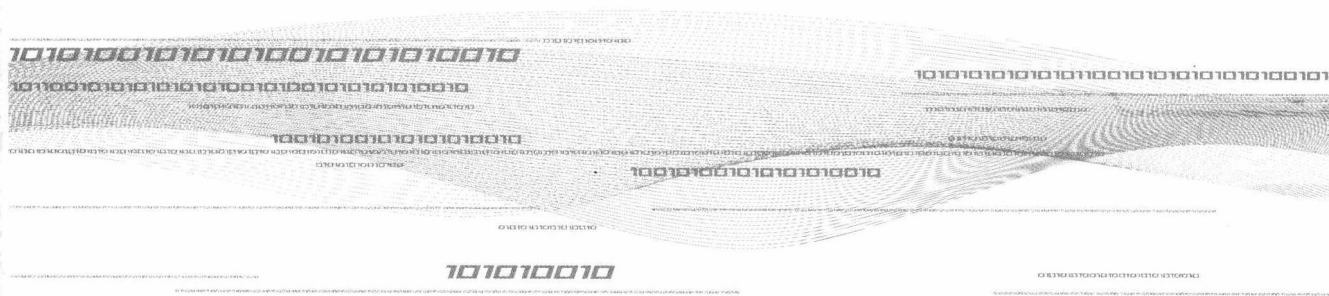
人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

[WCDMA 技术丛书]

WCDMA

无线接入网原理与实践

王立宁 等 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

WCDMA无线接入网原理与实践 / 王立宁等编著. —
北京: 人民邮电出版社, 2009.12
(WCDMA技术丛书)
ISBN 978-7-115-21401-0

I. ①W… II. ①王… III. ①码分多址—宽带通信系
统 IV. ①TN929.533

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第158725号

内 容 提 要

本书在介绍 WCDMA 系统的物理层和无线接入网协议的基础上, 对 WCDMA 无线接入网产品的设计与应用进行了详细的描述。本书不仅包含理论分析, 还侧重产品设计和技术应用问题。

本书是在结合作者多年的技术研究, 相关设备的研发、实现的基础上, 参照最新的 3G 规范和国外相关技术资料、图书编撰而成, 具有较高的工程实践指导意义。

本书的主要读者对象为: 相关的电信运营商, 设备制造商, 以及电信研究院的研究人员和相关专业的研究生。

WCDMA 技术丛书

WCDMA 无线接入网原理与实践

◆ 编 著 王立宁 等

责任编辑 梁 凝

◆ 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>

中国铁道出版社印刷厂印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 30.25

字数: 741 千字

印数: 1—3 500 册

2009 年 12 月第 1 版

2009 年 12 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-21401-0

定价: 78.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前 言

在 1987 年 GSM 系统定义的时候,并没有预见到移动通信在全球会有这么庞大和持续的市场需求,因此,其后续演进存在很大的局限性。GPRS 和 EDGE 都是继续在 GSM 基本的框架上进行业务的设计和拓展。

但是,全球性对移动通信的需求呈现爆发的增长,以国内为例,2000~2009 年,国内 GSM 手机用户从 4000 万持续稳定地增长到 6.5 亿。手机日益成为普通大众都拥有的通信工具和上网设备。因此,第三代移动通信系统(3G)从概念雏形阶段就广泛受到行业和社会的关注,而 3G 标准颁布 10 多年来,不可避免地历经很多挫折和转机。但这也促使了 3G 技术更加成熟,3G 的演进更加稳健。

2009 年年初,中国移动、中国电信和中国联通得到政府颁发的 3G 网络运营牌照,这启动了 3G 的实质性商用化进程。3G 终于开始逐步进入我们日常的生活。

这一切离不开所有长期从事移动通信从业人员的辛勤努力,包括曾经参与 3GPP 活动中的公司和专家们、半导体芯片设计公司的工程技术人员、电信设备的制造工程师和运营商的技术团队。感谢他们坚持不懈的努力,使 3G 标准历经长期的发展逐渐成熟起来,可以进入大众的生活,推动信息化社会的发展。

3G 的规范在设计之初就把灵活性放在了非常重要的地位,尽量定义开放的架构,以满足未来的要求。灵活性的代价是复杂,因为通信的本质是互联互通。3G 规范对复杂的对接也进行了定义。WCDMA 规范非常的繁杂,内在的关系千丝万缕。

在全书中,作者重点依据 3 个不同层次的概念进行介绍,这 3 个不同层次的概念是:

- (1) 无线传输的要求;
- (2) 蜂窝网络的要求;
- (3) 终端产品的设计。

从知识体系上而言,任何一种无线通信系统都是为了提高相应的服务,因此从上述 3 个层次的角度来看待这些原理、设计和应用问题,容易获得清晰的认识,也容易把它们应用到工作中。

WCDMA 作为 3G 技术的重要组成,是全球应用范围最广泛的 3G 规范,截至 2008 年年底,在全球已经有 200 多个 WCDMA 网络投入了商用,累计全球 WCDMA/HSPA 的用户已经达到 1.58 亿。

所谓 WCDMA 无线传输的要求是指,在 WCDMA 无线传输中,遵循的基本原则是扩频、解扩、信道的处理,还有信息的剥离技术,另外还包括分集方式等。在无线传输中 WCDMA 引入了 QoS 的机理,因为 QoS 可以节省无线资源,但是 QoS 也带来复杂度的提高。

对于无线传输唯一要满足的是同步之后的信噪比要求,而这些内容也贯穿在全书中。

所谓蜂窝网的要求是指,蜂窝网强调移动性,还有移动性的管理,这涉及切换,而在切换之后,存在的是大量的测量和功率控制,功率控制的根本目的上不仅仅是为了满足无线传输的要求,而是为了满足“远近效应”的消除,WCDMA 网络还要求对接入的管理。

所谓终端产品的设计是指，这里涉及的还只是物理层的内容，物理层最重要的核心话题是成本低的省电的待机、省电通信和省电的多媒体。而这方面的考虑，也会影响到要求（1）和（2）的性能。

如果采取规范、设计、应用的方式进行全书的编排，读者很容易陷入其中的某个细节而产生更多的疑问，相关的内容不易进行相互联系而产生堆砌感，因此编著者尽量采取浅显易懂的方式进行全书的编写。

感谢中国联通公司总部黄韬博士对稿件细致入微的审阅和中肯的修订意见；在编撰过程中，王险峰、赵文伟等无线通信专家对全书的细节提出很多有益的指导和修改建议；刘晖同志对全稿进行了细致和认真的整理与修订工作。编著者在此致以最诚挚的感谢。

本书的撰写过程中，参考了大量的 3GPP 规范和国内外技术出版物，所引用的出版物和技术规范读者可以参见参考文献部分。

本书的第 8 章和第 10 章由夏飞编写，其余章节由王立宁编写。王立宁对全稿也进行了细致的统稿，但是依然可能会有不确切的地方。关于本书的表述不当的细节，欢迎读者赐教，编著者电子邮箱 Lining.wang@gmail.com。

编著者

2009 年 7 月

上海

目 录

第 1 章 WCDMA 概述	1
1.1 第三代移动通信系统标准化	1
1.1.1 标准的制订	1
1.1.2 3GPP 规范各版本的细节	3
1.1.3 版本的技术演进	9
1.2 WCDMA 无线接入系统的关键技术	9
1.2.1 CDMA 的扩频和解扩	10
1.2.2 无线传输和接收的机理	12
1.2.3 无线接入网的要求	17
1.3 WCDMA 系统的主要参数	19
1.3.1 WCDMA 系统空中接口的主要参数	19
1.3.2 WCDMA 与其他数字蜂窝系统的比较	20
1.3.3 WCDMA 系统物理层的基本特点	24
1.4 WCDMA 系统的主要业务	25
1.5 本书的结构	30
第 2 章 RAN 的系统协议	32
2.1 WCDMA RAN 的结构	33
2.1.1 UTRAN 结构	35
2.1.2 无线网络控制器	36
2.1.3 Node B (基站)	37
2.2 无线接口协议结构	37
2.3 MAC 层协议	39
2.3.1 MAC 层功能	39
2.3.2 逻辑信道	40
2.3.3 逻辑信道和传输信道间的映射	40
2.4 广播/多播控制协议	41
2.5 MBMS 协议	42
2.6 RRC 层协议	43
2.6.1 RRC 层逻辑结构	43
2.6.2 RRC 业务状态	44
2.6.3 RRC 功能和信令过程	48
2.7 物理层的协议映射	60
2.7.1 介绍	60

2.7.2 物理层与上层的信息交互方式	61
2.8 WCDMA 的测量模型	68
2.9 本章总结	69
第 3 章 WCDMA 物理层概述	70
3.1 总述	70
3.2 WCDMA 物理层的基本元素	73
3.2.1 物理信道和传输信道	73
3.2.2 传输信道映射到物理信道	76
3.3 接入网信道概要	78
3.3.1 上行物理信道	78
3.3.2 上行传输信道	85
3.3.3 下行物理信道	87
3.3.4 下行传输信道	94
3.3.5 信令信道	95
3.4 无线接入系统控制进程	99
3.4.1 快速闭环功率控制	99
3.4.2 开环功率控制	99
3.4.3 寻呼进程	100
3.4.4 RACH 接入进程	100
3.4.5 CPCH 接入进程	101
3.4.6 UE 的小区搜索进程	102
3.4.7 切换测量进程	103
3.4.8 压缩模式	104
3.4.9 其他测量	104
3.5 WCDMA 发射分集技术	105
3.5.1 闭环发射分集	107
3.5.2 开环切换分集——STTD	108
3.5.3 时间交换发射分集 (TSTD)	110
3.5.4 站址选择发射分集 (SSDT)	110
3.6 手机无线接入能力	111
3.6.1 协议规定的手机无线接入能力的基本参数	111
3.6.2 TTI 周期的最大数据速率	111
3.6.3 10ms 的无线帧内可收发的比特最大数目	112
3.6.4 手机的其他无线接入能力级	112
3.7 本章总结	113
第 4 章 物理层信道	114
4.1 上行物理信道	114

4.1.1 专用上行物理信道	114
4.1.2 公共上行物理信道	117
4.2 下行物理信道	121
4.2.1 专用下行物理信道	121
4.2.2 公共下行物理信道	129
4.3 物理信道时序要求	143
4.3.1 时序的基准	143
4.3.2 寻呼模式下的时序	144
4.3.3 RACH 接入进程时的时序	145
4.3.4 CPCH 接入时的时序	146
4.3.5 DPCH/PDSCH 时序	147
4.3.6 DCH 连接模式下的时序	147
4.4 本章总结	147
第 5 章 信道的编码与复用	150
5.1 总述	150
5.2 数据信息的编码与复用	151
5.2.1 传输信道的性质	151
5.2.2 上行链路的编码复用链	156
5.2.3 下行链路的编码复用链	173
5.2.4 TrCH 到 CCTrCH 映射的约束	182
5.3 TF 的物理层映射和检测	183
5.3.1 TFCI 的编码和映射	184
5.3.2 根据 TFCI 的传输格式检测	187
5.4 本章总结	189
第 6 章 WCDMA 的扩频与调制	191
6.1 上行链路的扩频和扰码	192
6.1.1 概述	192
6.1.2 扩频(无线帧信号的信道化过程)	192
6.1.3 OVSF 序列和扰码序列的产生和使用	195
6.1.4 调制	201
6.2 下行链路的扩频和扰码序列	202
6.2.1 扩频	202
6.2.2 扩频序列和扰码序列的产生和使用	204
6.2.3 调制	208
6.3 本章总结	209
第 7 章 终端和网络的物理层进程	210
7.1 同步进程	210

7.1.1 小区搜索	213
7.1.2 DCH 状态的信道同步	216
7.2 功率控制	220
7.2.1 上行链路功率控制	224
7.2.2 下行链路功率控制	229
7.3 随机接入进程	235
7.3.1 PRACH 接入进程	235
7.3.2 CPCH 接入进程	238
7.4 闭环发射分集模式	244
7.4.1 求解 FBI 反馈信息	244
7.4.2 闭环模式 1	245
7.4.3 闭环模式 2	246
7.5 物理层对定位需求的支持	249
7.5.1 IPDL 的参数	250
7.5.2 空闲期位置的计算	250
7.5.3 UE 物理层的设计考虑	251
7.6 本章总结	252
第 8 章 终端的射频前端设计	253
8.1 综述	253
8.1.1 WCDMA 射频关键指标	254
8.1.2 频带与信道	255
8.1.3 射频系统概述	256
8.2 射频收发信机的设计	258
8.2.1 射频接收机设计	258
8.2.2 射频发射机设计	270
8.2.3 射频双工器	279
8.2.4 功率放大器 (PA)	279
8.3 模拟基带 (ABB) 设计	282
8.3.1 接收通路设计	282
8.3.2 发射通路设计	293
8.4 锁相环设计与应用	296
8.4.1 锁相环 (PLL) 的结构	296
8.4.2 小数分频 (Fraction-N) 锁相环	297
8.4.3 Sigma-Delta 锁相环	298
8.5 WCDMA 射频收发芯片应用	299
8.5.1 SPI 总线串行接口	299
8.5.2 WCDMA 射频接收芯片控制	300
8.5.3 WCDMA 射频发射芯片控制	302

8.5.4 射频产线校准	302
8.6 本章总结	304
第 9 章 WCDMA 终端的数字基带设计	305
9.1 概述	306
9.1.1 接收信号的处理	306
9.1.2 接收机的新技术	308
9.1.3 设计的步骤	310
9.2 Rake 接收机	313
9.2.1 Rake 接收机的信道估计	316
9.2.2 Rake 接收机的数据链路处理	322
9.2.3 Rake 的动态调度	325
9.3 TrCH 信道编解码器	326
9.3.1 时序关系	327
9.3.2 上下行编码复用链路的区别	328
9.4 3GPP 协议对数字基带实现的约束	332
9.4.1 切换带来的约束	332
9.4.2 测量带来的约束	334
9.4.3 压缩模式带来的约束	336
9.5 时钟问题	336
9.5.1 UE 中基本时钟	336
9.5.2 唤醒和睡眠的时钟管理	339
9.5.3 设计举例	340
9.6 信号处理架构的发展趋势	342
9.7 总结	343
第 10 章 系统测试	344
10.1 概述	344
10.2 WCDMA 无线终端测试	344
10.2.1 下行接收灵敏度测试	344
10.2.2 下行接收最大输入功率测试	346
10.2.3 上行最大发射功率测试	347
10.2.4 上行邻道泄漏功率测试	348
10.2.5 上行 EVM 测试	349
10.2.6 上行功率控制测试	351
10.2.7 下行衰落信道接收测试	353
10.3 本章总结	354
第 11 章 HSPA 技术	356
11.1 引入 HSDPA/HSUPA 的目的	356

11.1.1 HSDPA 的意义	356
11.1.2 HSUPA 的意义	357
11.2 HSDPA/HSUPA 的关键技术	358
11.2.1 HSDPA 的关键技术	358
11.2.2 HSUPA 的关键技术	361
11.2.3 HSDPA/HSUPA 关键技术的比较	365
11.3 HSPA 引入的信道类型	367
11.3.1 HSDPA 的信道结构	368
11.3.2 HSUPA 的信道结构	373
11.4 编码复用链	383
11.4.1 HSDPA 的编码复用	383
11.4.2 HSUPA 的编码复用	391
11.5 扩频调制处理	402
11.5.1 HSDPA 的扩频调制	402
11.5.2 HSUPA 的扩频和调制	404
11.6 HSPA 的控制进程	407
11.6.1 HSDPA 的 RAN 控制进程	407
11.6.2 HSUPA 的 RAN 控制进程	409
11.7 HSDPA 接收机的设计	412
11.8 本章总结	413
附录 A 物理层测量	415
附录 B AMR 语音编解码的处理	426
附录 C 速率匹配操作详细介绍	430
附录 D 压缩模式	449
附录 E 本书中的英文缩写及简要解释	467
参考文献	472

第 1 章 WCDMA 概述

从 2001 年 10 月日本 NTT DoCoMo 推出了世界上第一个 WCDMA 技术的 FOMA (Freedom of Mobile multimedia Access) 系统到 2009 年年初, 我国作为全球最大的移动通信市场, 开始 3G 网络的建设和运营, 3G 时代正式到来。

在近 10 年的时间里, 3G 无论是从标准还是到业务都有了很大的演进, 本章从 3GPP 的标准化开始, 介绍 WCDMA 的关键技术、主要特点和业务。

1.1 第三代移动通信系统标准化

1.1.1 标准的制订

1999 年 11 月, ITU-R TG8/1 会议确定了 5 个 IMT-2000 无线接口技术的框架性标准。此时, 包括无线接入部分和核心网在内的较为成熟、完善、具备商用基础的 3G 第一阶段的标准已经基本完成。此外, ITU 也已经启动了有关后 IMT-2000 (Beyond 3G) 的工作。

1. 3GPP 简介

为保证各个厂商设计制造的第三代移动通信系统之间的兼容性和设计资源的共享, 需要成立为制订通用的 WCDMA 标准的专门论坛。为了这个目的, 在 1998 年 11 月创建了这个专门组织, 即第三代合作伙伴项目 (3rd Generation Partnership Project, 3GPP), 该组织包括有 ARIB (日本)、ETSI (欧洲)、TTA (韩国)、TTC (日本) 和 T1P1 (美国) 等组织。这些 3GPP 的发起组织同意共同进行 UTRA (Universal Terrestrial Access) 的标准化工作, 设备制造商和运营商通过参加上述的区域标准组织, 参与 3GPP 的标准化工作。

在 1999 年, 中国通信标准研究组 (China Wireless Telecommunication Standard Group, CWTS) 加入 3GPP, 并提出 TD/SCDMA 标准, 被 3GPP 所采纳, 命名为 Low Chip Rate TDD 方式, 以区别 3.84Mchip/s 的 WCDMA TDD 标准。CWTS 的工作后来由 CCSA 接手, CCSA 作为 3GPP 的技术标准接口, 参与到 3GPP 的活动中。在 2001 年, TD-SCDMA 标准正式纳入 Release 4。这是国内的电信技术标准第一次成为国际标准, 意义非常重大。

3GPP 还包括市场代表伙伴: GSM 联盟、UMTS 论坛、Global Mobile Suppliers Association、IPv6 Forum 和 UWCC (Universal Wireless Communications Consortium)。

3GPP 为标准的制订成立了如下技术标准组 (Technical Specification Group, TSG):

- 无线接入网 (Radio Access Network) TSG

- 核心网（Core Network） TSG
- 业务和系统层（Service and System Aspect） TSG
- 终端（Terminals） TSG

其中，无线接入网技术标准组又分为 4 个不同的工作组，如图 1.1 所示。

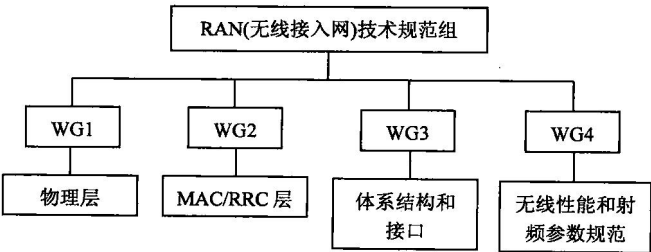


图 1.1 RAN 标准组的结构

RAN TSG 负责制订 UTRA 空中接口标准。在 1999 年的上半年，RAN TSG 致力于将不同区域组织提出的建议融合到统一的标准中。在 1999 年的下半年，为 Release-99 的第一个版本拟定细节参数。

在 2000 年，原先由 ETSI 承担的 GSM 标准的演化工作也转移到 3GPP，因此 3GPP 成立了一个新的“TSG-GERAN”，负责 GSM 标准方向的 GPRS 和 EDGE 的标准化工作。关于 3GPP 的所有信息可以访问 www.3gpp.org，其主页如图 1.2 所示。

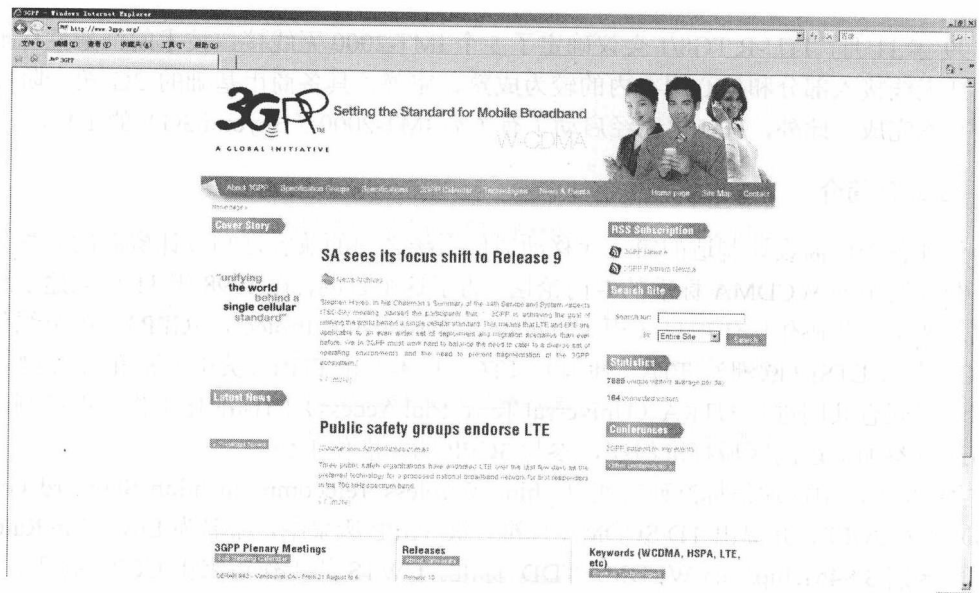


图 1.2 3GPP 主页

2. 3GPP 标准的版本管理机制

WCDMA 的标准化工作集中在 3GPP 进行。3GPP 的标准分为不同版本（Release），各版本之间的时间间隔约为 1 年。同一个版（Release）之内又分为不同的小版本（Version），每 3 个月会出现一个小版本。

3GPP 对技术规范采用严格的版本管理，这主要是为了保证设备厂商可以根据一套相对稳定的技术规范开发设备。当一个版本完成后，它就不会轻易改动，进一步的工作将被放在后续的版本中，这样设备商就可以根据一个稳定的版本进行开发。根据同一个版本规范开发设备的厂家的设备都能达到相似的功能。

WCDMA 的规范在 3GPP 的管理下，一直是个“活”的标准，其含义是版本号对整体的开发具有非常重要的意义，这对产品研发和运营存在很大的风险，最为关键的是物理层的设计，因为其属于基础定义的范畴，在产品开发中，会面临协议发生重大修订，导致设计不能进行的风险。因此 WCDMA 的版本之间也存在强弱的问题，在目前运营商已运营的系统，也可能存在未来进行规范修订的问题，因此对 3GPP 的规范进行足够的重视，对产品的生命周期是有非常重要的现实意义。因此在实际运营中，需要对 3GPP 的规范的变动引起足够的重视。比较好的是，3GPP 组织在其规范中的 Change History 会详细给出新旧版本的变动细节，以方便读者进行检索。在 3GPP 网站上也可下载到每次变更的正式报告和讨论概要。图 1.3 中举例给出 2009 年 3 月份的 TS 25.211 规范中的 Change History，包括 TSG Doc 号码和 CR 编号及该变更通过的会议编号和日期。

Release 7

51

3GPP TS 25.211 V7.7.0 (2009-03)

Annex A (informative):

Change history

Change history								
Date	TSG #	TSG Doc.	CR	Rev	Subject/Comment	Old	New	
07/03/07	RAN_35	RP-070114	0238	-	Transmit diversity operation in MIMO mode	7.0.0	7.1.0	
07/03/07	RAN_35	RP-070115	0230	2	Support of CPC feature	7.0.0	7.1.0	
07/03/07	RAN_35	RP-070115	0231	-	Support of CPC feature; addition of subframe numbering	7.0.0	7.1.0	
07/03/07	RAN_35	RP-070116	0234	2	Introduction of 64QAM for HSDPA	7.0.0	7.1.0	
30/05/07	RAN_36	RP-070388	0235	2	Introduction of 16QAM for HSUPA	7.1.0	7.2.0	
30/05/07	RAN_36	RP-070384	0237	3	Support for DL only SFN operation for MBMS FDD	7.1.0	7.2.0	
30/05/07	RAN_36	RP-070390	0239	3	Introduction of PICH to HS-SCCH timing relation and Tx diversity definition for HS-SCCH without associated DL dedicated channel	7.1.0	7.2.0	
30/05/07	RAN_36	RP-070387	0240	-	Definition of abbreviation "MIMO"	7.1.0	7.2.0	
30/05/07	RAN_36	RP-070398	0241	-	Clarification for CPC feature	7.1.0	7.2.0	
11/09/07	RAN_37	RP-070639	0246	1	Clarification on MICH	7.2.0	7.3.0	
11/09/07	RAN_37	RP-070649	0232	3	Enhanced F-DPCCH	7.2.0	7.3.0	
11/09/07	RAN_37	RP-070643	0242	1	PICH associated HS-SCCH for Enhanced CELL_FACH	7.2.0	7.3.0	
11/09/07	RAN_37	RP-070641	0243	-	Clarification for CPC feature	7.2.0	7.3.0	
11/09/07	RAN_37	RP-070648	0245	-	Clarifications on the use of S-CCPCH pilot bits for MBSFN FDD feature	7.2.0	7.3.0	
27/11/07	RAN_38	RP-070940	0250	-	Correction to E-DPCCH transmission	7.3.0	7.4.0	
27/11/07	RAN_38	RP-070941	0248	-	Correction to transmit diversity specification in MIMO mode	7.3.0	7.4.0	
27/11/07	RAN_38	RP-070941	0251	1	Mention PCI as part of HS-DPCCH structure	7.3.0	7.4.0	
04/03/08	RAN_39	RP-080142	0252	-	Correction to the use of transmit diversity on SCH and P-CCPCH	7.4.0	7.5.0	
28/05/08	RAN_40	RP-080351	0253	1	Correction to E-DCH control channel timing	7.5.0	7.6.0	
03/03/09	RAN_43	RP-090229	0260	1	Clarifications to the S-CPICH usage with MIMO	7.6.0	7.7.0	
03/03/09	RAN_43	RP-090227	0262	1	Clarification of ACK transmission in response to HS-SCCH order	7.6.0	7.7.0	

图 1.3 3GPP 规范中的 Change History

1.1.2 3GPP 规范各版本的细节

图 1.4 所示为 3GPP 的 WCDMA 规范相关的启动和稳定时间，目前 Release 6 作为一个比较成熟的版本，在接入网层面上不会进行更改，这样设备制造厂商和芯片厂商可以根据这个成熟的依据，开发相应的业务。运营商也可以据此提供电信和信息服务。相比较而言，之前的版本无不经历重大的变化，因为对设备制造厂商和芯片厂商而言，规范中的一个关键参数的修订都会导致产品整体不能进入量产。而在 2005 年之前的几年里，这是经常发生的状况。

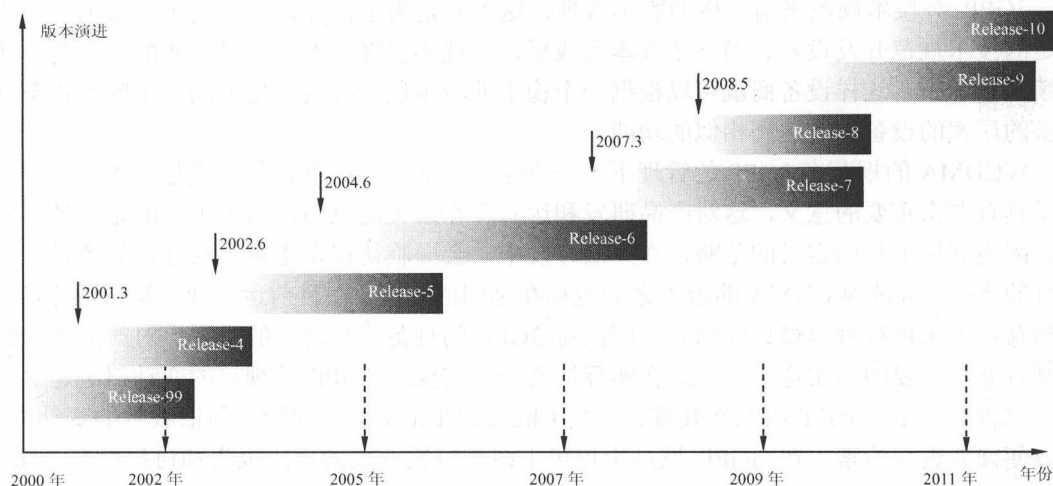


图 1.4 3GPP 的 WCDMA 规范历史演进时间表

下面将介绍各个版本间的一些细节和特点。

1. Release-99 版本（R99）

在 1999 年 12 月，3GPP 冰封（frozen）了第一个正式发布版本，Release-99 的特点是采用基于 GSM/GPRS 的核心网络，引入新的 WCDMA（UTRA FDD）和 UTRA TDD 的无线接入网络（RAN），确定 WCDMA 无线传输技术的接口，无线接入网络的 Iub、Iur、Iu 接口都基于 ATM 传输，核心网络基于演进的移动交换中心（MSC）和 GPRS 服务节点（GSN）。

但是在 2000 年 3 月的 RAN 会议结束后，又进行了大幅度的修正，影响了各个厂商开发产品的速度，直到 2000 年 12 月，Release-99 的版本才较为稳定，此后每三个月更新一次，且其后的更新版本将能与之之后向兼容。

Release-99 的主要特征是在网络结构上继承了 2G 系统的 GSM/GPRS 核心网结构。但在空中接口方面，Release-99 采用了全新的 UTRAN 结构，定义了全新的 5MHz 载频的宽带 CDMA（WCDMA）接入网，采纳了功率控制、软切换和更软切换等 CDMA 的关键技术。基站只负责基带处理和扩频调制等工作，接入系统由 RNC 管理，引入了适用于分组数据传输的协议和机制，可以支持到 384kbit/s 的数据速率，理论峰值速率可以达到 2Mbit/s。

R99 版本的功能于 2000 年 3 月份确定，是 UMTS 标准的第一个正式版本，后续版本将与 R99 版兼容。3GPP R99 版本的主要特征是在网络结构上继承了 2G 系统的 GSM/GPRS 核心网结构。但在空中接口方面，R99 引入了全新的 UTRAN 技术，定义了全新的 5MHz 载频宽带 CDMA（WCDMA）接入网，采纳了功率控制、软切换及更软切换等 CDMA 关键技术。基站只实现基带处理和扩频操作，接入系统由 RNC 集中统一管理，引入了适于分组数据传输的协议和机制，可支持 144kbit/s、384kbit/s 数据速率，峰值速率理论上可达 2Mbit/s。基站和 RNC 之间的 Iub 接口基于异步传输模式（Asynchronous Transfer Mode, ATM）实现，RNC 则分别通过基于 ATM 自适应层类型 2（ATM Adaptation Layer type 2, ATM AAL2）的 Iu-CS 接口和基于 ATM 自适应层类型 5（ATM Adaptation Layer type 5, ATM AAL5）的 Iu-PS 接口与核心网的电路交换（CS）域和分组交换（PS）域相连。

在核心网方面，R99 充分考虑到了向下兼容 GPRS，其电路域与 GSM 完全兼容，分组域仍采用了基于服务 GPRS 支撑节点（Serving GPRS Support Node, SGSN）和网关 GPRS 支撑节点（Gateway GPRS Support Node, GGSN）的网络结构，但相对于 GPRS，增加了服务等级的概念，提高了分组域的业务质量保证能力。

从系统角度来看，R99 仍然采用分组域和电路域分别承载与处理的方式，分别接入公共交换电话网（Public Switched Telephone Network, PSTN）和公用数据网。R99 是最早成熟的版本，适用于早期部署 UMTS 网络的运营商，同时也适用于拥有 GSM/GPRS 既有网络的运营商。R99 优点在于技术成熟稳定、风险小，多厂商环境基本形成；可充分利用部分现有网络资源。

但也正因为考虑了向下兼容，R99 也存在一定的缺陷。首先，R99 核心网发展滞后于接入网，接入网已分组化的 AAL2 语音仍需经过编解码转换器转化为 64kbit/s 电话语音，影响了话音质量，核心网的传输资源利用率较低。其次，核心网仍采用过时的时分复用（TDM）技术，虽然技术成熟，互通性好，价格合理，但技术过时，厂家后续开发力度不够，新业务跟进不足。另外，分组域和电路域双网并行，不仅造成了重复投资，而且增加了网管的复杂度，网络维护费用较高，演进线路不清晰。最后，R99 的网络智能仍然基于节点，全网新业务部署仍需逐点升级，既耗时，成本又高。

因此，3GPP R99 核心网只是为 2G 向 3G 过渡而引入的解决方案。

2. Release 4 版本（R4）

Release 4 中，CWTS 提交的 TD-SCDMA 技术被 3GPP 所接受。该版本在核心网电路域中实现了软交换的概念，即传统 MSC 分离为媒体网关和 MSC 服务器两部分。除此之外，Release 4 与 Release-99 的区别不大。

3GPP R4 版本功能于 2001 年 3 月确定。3GPP R4 与 3GPP R99 版本相比，在 RAN 的网络结构方面无明显变化，重要的改变是在核心网方面，主要是 3GPP R4 版本在电路域完全体现了下一代网络（Next Generation Network, NGN）的体系构架思想，引入软交换的概念，实现了控制和承载分开。在 R4 网络中，核心网的电路交换域被分为两层，它们是控制层和连接层。控制层负责控制呼叫的建立、进程的管理和计费等相关功能。由于分层结构的引入，可以采用新的承载技术（如 ATM 和 IP）来传输电路域的语音和信令。由于分组交换域的传输建立在 ATM 或 IP 网络上，因而运营商可以用同一个网络来传输所有业务。

3GPP R4 实现了语音、数据和信令承载的统一，有效降低了承载网络的运营和维护成本。而在核心网中采用压缩语音的分组传输方式，可以节省传输带宽，降低建设成本。由于控制和承载分离，使得媒体网关（MG）和服务器可以灵活放置，提高了组网的灵活性；集中放置的服务器可以使业务的开展更快捷。此外，由于 3GPP R4 网络主要是基于软交换结构的网络，为向 R5 的顺利演变奠定了基础。另外，TD-SCDMA 无线接入技术也在 3GPP R4 阶段被 3GPP 所接纳。

3. Release 5 版本（R5）

Release 5 是全 IP 的第一个版本。Release 5 的核心网部分结构进行了较大的变化，引入了 IP 多媒体子系统（IMS）。Release 5 引入支持下行速率为 14.4Mbit/s 的 HSDPA（High Speed

Downlink Packet Access) 技术。

随着数据业务的增长和移动互联网的应用, WCDMA 的网络结构逐渐向全 IP 化方向发展, 先是核心网, 然后是全网 IP 化。R5 是全 IP 架构的第一个版本。

3GPP R5 版本功能于 2002 年 6 月份确定。R5 阶段, 接入网部分采用全 IP, 核心网部分主要是引入了 IP 多媒体子系统 (IMS) 域, 它是基于 PS 域之上的多媒体业务平台, 用于提供各种实时的或非实时的多媒体业务。R5 的早期仍然保留电路域, 话音业务由 CS 域实现; 到后期 CS 和 PS 完全融合, 所有业务由 IP 承载, 全网从接入到交换实现全 IP 化。R5 阶段只完成了 IMS 子系统基本功能的描述。

3GPP R5 版本中 IMS 的引入, 为开展基于 IP 技术的多媒体业务创造了条件。R5 主要提供端到端的 IP 多媒体业务, 新增加了支持 SIP 业务的功能, 如 IP 语音 (VoIP)、一键通 (PTT)、即时消息、多媒体信息业务 (MMS)、在线游戏以及多媒体邮件等。同时, 为解决 IP 管理问题, IMS 引入了 IPv6。

4. Release6 版本 (R6)

到了 3GPP R6 版本阶段, 对前面规范版本的继承性较好, 网络架构和物理层的定义已没有太大的变更, 甚至不变化。主要增加了一些新的功能特性, 以及对已有的功能特性进行增强。在 R6 版本中进行标准化的主要内容包括以下几方面。

(1) HSUPA 技术。用于提高上行分组域的数据速率。

(2) 多媒体广播和多播业务 (Multimedia Broadcast and Multicast Service, MBMS)。网络中增加了广播和多媒体中心功能实体, 根据 MBMS 业务对用户终端。接入网及核心网提出的新需求, 对信道结构、接入网和核心网接口信令进行了修改。

(3) 扩展工作频段。支持不同频率的 UMTS 系统, 包括 850MHz、800MHz、1.7GHz/2.1GHz 等频段, 同时增强了不同频率和不同系统间的测量。

(4) 基于 PS 和 IMS 的紧急呼叫业务, 改变仅电路域支持紧急呼叫业务的现状, 提出 IMS 紧急呼叫业务, 对 PS 有一定帮助。

(5) 定位业务增强。支持 IMS 公共标识, 支持基于伽利略卫星系统的定位业务, 对 UE 定位进行了增强, 增加了开放式移动定位服务中心——服务无线网络控制器接口。

(6) RAN 功能的完善。完善的方向包括从 UTRAN 到 GERAN 网络的小区重选、天线倾角的远端控制、对无线接入承载 (Radio Access Bearer, RAB) 支持的增强、对 Iub/Iur 接口无线资源管理的优化。

(7) IMS 第二阶段。在 R5 IMS 第一阶段的基础上提供了新特性。

(8) 基于不同 IP 连接网的 IMS 互通。3GPP IMS 用户与 3GPP2 IMS、固网 IMS 等用户之间的互通。

(9) Push 业务。网络主动向用户 Push 内容, 根据网路和用户的能力退出多种实现方案。

(10) 安全性的增强。基于 IP 传输的网络域安全。

(11) 无线局域网 (WLAN) /UMTS 互通。用户经过 WLAN 接入时可与 UMTS 用户一样使用移动网业务, 包括统一的鉴权和计费、移动网提供的 PS 域和 IMS 业务, 在不同接入方式之间切换时业务不中断。

(12) 优先业务。指导电路域优先业务的实现。