

4G移动通信技术与物联网业务的完美融合，将会触发信息时代一次深刻变革

物联网关键技术与标准

——应对M2M业务挑战的4G网络增强技术

朱雪田 赵孝武 宋令阳 张银成 诸瑾文 李慧芳 编著 杨峰义 主审

物联网关键技术与标准

——应对 M2M 业务挑战的 4G 网络增强技术

朱雪田 赵孝武 宋令阳 张银成 诸瑾文 李慧芳 编著

杨峰义 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书着眼于 4G 移动通信与物联网的融合技术，以 3GPP/CCSA 对物联网关键技术标准制定和推进为主线，结合物联网的主要应用场景和增强需求，详细介绍了物联网应用在网络架构、业务管理支撑平台、承载网络和终端等多个方面增强技术的实现需求和基本原理。

本书内容较为全面且深入浅出，适合通信运营商、规划设计院和物联网解决方案提供商等单位的相关技术人员参考阅读，也可作为相关专业大专院校和科研机构研究生及教师的参考用书。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

物联网关键技术与标准：应对 M2M 业务挑战的 4G 网络增强技术 / 朱雪田等编著. —北京：电子工业出版社，2014.6

ISBN 978-7-121-22907-7

I. ①物… II. ①朱… III. ①互联网络—应用 ②智能技术—应用 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 065535 号



责任编辑：董亚峰 文字编辑：李

印 刷：北京天宇星印刷厂

装 订：北京天宇星印刷厂

出版发行：电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本：787×1 092 1/16 印张：20.5 字数：486 千字

印 次：2014 年 6 月第 1 次印刷

定 价：56.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

前 言

自然辩证法理论告诉人们：“社会的发展与进步是其基本矛盾相互作用的结果，矛盾双方相互对立，相互促进，达到辩证统一。”移动通信技术发展遵循同样的规律，而“业务产品与用户的快速发展与网络承载能力限制之间的矛盾”是移动通信技术发展的基本矛盾，正是这对基本矛盾为移动通信技术由第一代向第四代的快速推进提供了内在动力，而且矛盾越激化，移动通信技术发展、更新的速度就会越快。以 LTE/LTE-Advanced 为代表的 4G 移动通信技术已经在全球范围逐步商用，更低的传输时延和更高的传输速率为日趋丰富的服务应用提供了更好的技术基础和保证。在人与人之间的通信技术和应用已经取得巨大进展的今天，人们把目光转移到发展相对滞后的人与物和物与物之间的通信，希望大范围地拓展现有通信技术的应用范围，并以此来大幅度地推动社会的进步和发展，而 4G 时代的到来将为物联网产业进一步发展带来契机。

近年来物联网应用已经渗透到人类生产和生活的各个方面，通过与移动网络相结合，物联网几乎覆盖所有网络涉足的空间。但是，在物联网产业的发展过程中，依然存在诸多值得关注和解决的问题。一方面，现阶段不同公司采用多种私有协议提供物联网应用解决方案，高昂的设备开发和部署成本必然成为物联网产业规模化发展的桎梏；另一方面，传统移动通信网络是面向人与人（H2H）通信业务设计的，而物与物（M2M）通信在传输、QoS、移动性和终端分布密度等多个方面都与 H2H 通信不同。现有移动网络在接入网、核心网和承载网等环节均未将 M2M 与 H2H 通信进行区分，而是采用混同承载模式。随着 M2M 业务规模持续扩大，M2M 业务将会与 H2H 业务相互影响，并对标志和传输等通信网络资源造成巨大压力。现有规模庞大的 2G/3G 网络投资开始递减，全面进行网络体制改造和增强的难度较大，而以 LTE/LTE-Advanced 为代表的 4G 移动通信方兴未艾，并正处于高速成长期。采取针对性的优化和增强措施，将可以极大地提升物联网系统的效率和适用性，并有效降低其成本，有利于运营商的网络运营和有效管控，对物联网产业的发展具有积极意义。

本书着眼于 4G 移动通信与物联网的融合技术,以 3GPP/CCSA 对物联网关键技术标准的制定和推进为主线,结合物联网的主要应用场景和增强需求,详细介绍了物联网应用在网络架构、业务管理支撑平台、承载网络和终端等多个方面增强技术的实现需求和基本原理。本书内容较为全面且深入浅出,适用于通信运营商、规划设计院和物联网解决方案提供商等单位的相关技术人员参考阅读,同时也可以作为对口大专院校和科研机构研究生及教师的参考用书。

全书共 9 章。第 1 章为移动通信技术概述,该部分内容从移动通信技术发展的基本规律出发,重点对 3G/4G 移动通信的网络架构、关键技术和标准进展等方面进行简要介绍;第 2 章为 M2M 技术发展现状与前景,该部分内容通过综合分析 M2M 技术和标准的发展现状及应用前景,为读者理解支持 M2M 业务的移动网络增强技术的必要性方面奠定基础;第 3 章为 M2M 典型应用场景与解决方案,该部分内容结合 3GPP、ETSI 和 CCSA 等国内外标准化组织在对 M2M 应用分析的基础上,分别介绍了医疗监护、自动抄表、智能家居、智慧城市和车联网等典型场景的应用,重点对其定义与发展现状、应用场景和系统参考架构等方面内容进行介绍;第 4 章为 M2M 业务特征与流量模型,该部分内容抽象提取了 M2M 业务的通用业务和特定业务特性,分别分析 H2H 和 M2M 业务特征模型和业务流量模型的建模方法,并针对典型 M2M 业务提出模型建议,从而为后续支持 M2M 业务的 LTE 网络优化技术仿真评估,奠定了良好基础;第 5 章为 LTE 网络针对 M2M 通信的优化方向与需求,该部分内容基于 M2M 业务场景和特性,从 4G 核心网和无线接入网层面分别分析 LTE 网络支持 M2M 通信所涉及的寻址、拥塞控制、标识、激活和监控等方面的增强与优化需求,为后续增强技术方案的研究和分析明确需求和目标;第 6 章为支持 M2M 的通信网络架构增强,该部分内容基于 M2M 网络的总体架构,围绕应用层、网络/业务层和感知延伸层之间的有效融合,对支持 M2M 业务的通信网络架构增强方案进行分析和介绍;第 7 章为面向 M2M 的 LTE 蜂窝网络接入拥塞控制技术,该部分内容针对当前 LTE 网络支持 M2M 通信时存在的网络拥塞问题,重点介绍了 LTE 网络解决海量 M2M 终端接入的解决方案和评估结果;第 8 章为支持 M2M 通信的 LTE 网络承载控制和移动性管理优化技术,该部分内容结合当前 3GPP 标准化进展,详细分析了 LTE 网络承载控制、移动性管理和小数据传输等优化需求和解决方案;第 9 章为支持 M2M 的 LTE 终端技术,该部分内容结合现有 LTE 网络技术和产业链现状,分别从技术标准和产业链运营等多个角度,分析支持 M2M 通信的 LTE 终端发展中面临的问题和成本瓶颈,并重点对降低终端成本的系列方案进行分析和介绍。

本书的编著者是来自国内运营商、设备商、高等院校和研究所的专业技术骨干和专家,具有多年 M2M 技术研发、标准制定和业务推广的丰富经验,他们是宋令阳、邓俊和何奇超(参与编写第 1、4、8 章)、张银成、毛磊和陆婷(参与编写第 6~8 章)、诸瑾文和林毅(参与编写第 3、6 章)、李慧芳、王月珍、梁建生和陈平辉(参与编写第 5、9 章)、朱彩勤、聂衡和卞宏梁(参与编写第 5、6 章)、袁芝和欧阳玉玲(参与编写第 8 章)、朱雪田、王敏、

张建敏、许悠、梅承力和李金艳（参与编写第 2~8 章）。全书由朱雪田统稿和校对，杨峰义主审。在本书的撰写过程中，得到了中国电信北京研究院、技术创新中心和广东电信无线网络运营中心各级领导和同事的大力支持，在此表示衷心感谢。同时，还要感谢我的家人，感谢电子工业出版社各位同仁的高效工作，使本书能够尽早与读者见面。

本书是基于作者的主观视角和有限学识对 M2M 关键技术和标准的理解，观点难免有欠周全。此外，无论是 LTE 还是物联网的技术标准化工作仍在持续的完善之中，依然有诸多技术方案还未达到成熟的程度。对于本书中的不足和谬误之处，敬请各位读者和专家批评和指导。

作者

2014 年 1 月

目 录

第 1 章 移动通信技术概述	1
1.1 移动通信发展的内在规律	1
1.1.1 基本矛盾是移动通信技术发展的内在动力	1
1.1.2 信号质量是移动通信业务发展和流量增长的关键	1
1.1.3 解决移动通信发展基本矛盾的途径	2
1.2 移动网络演进历史	3
1.3 3G 系统	5
1.3.1 WCDMA 系统	5
1.3.2 CDMA2000 系统	16
1.3.3 TD-SCDMA 系统	29
1.4 LTE 系统	31
1.4.1 LTE 需求和演进目标	31
1.4.2 LTE 帧结构与基本物理资源	32
1.4.3 LTE 网络架构	34
1.4.4 LTE 标准进展及其不同版本主要功能	37
1.4.5 LTE 的关键技术	39
1.5 LTE-Advanced 系统	46
1.5.1 LTE-Advanced 的标准化进展	46
1.5.2 LTE-Advanced 关键技术	46
1.6 小结	54
参考文献	55
第 2 章 M2M 技术发展现状与前景	56
2.1 M2M 定义与分类	57
2.2 M2M 业务需求与市场前景	57
2.3 M2M 业务发展现状	59
2.3.1 全球各地区 M2M 业务发展概况	59

2.3.2	全球运营商 M2M 业务发展现状	60
2.4	M2M 市场展望	65
2.4.1	M2M 市场前景预测	65
2.4.2	M2M 产业将进入快速发展期	66
2.5	M2M 标准化进展	68
2.5.1	M2M 标准化的原因	68
2.5.2	标准化概述	69
2.6	小结	85
	参考文献	86
第 3 章	M2M 典型应用场景与解决方案	87
3.1	概述	87
3.2	解决方案介绍	88
3.2.1	医疗监护	88
3.2.2	自动抄表	93
3.2.3	智能家居	97
3.2.4	智慧城市	102
3.2.5	车联网	105
3.3	小结	112
	参考文献	113
第 4 章	M2M 业务特性与流量模型	114
4.1	M2M 业务特性	114
4.1.1	通用业务特性	115
4.1.2	特定业务特性	117
4.2	M2M 业务模型	121
4.2.1	业务模型	121
4.2.2	H2H 业务模型	124
4.2.3	M2M 业务建模	134
4.3	小结	154
	参考文献	154
第 5 章	LTE 网络针对 M2M 通信的优化方向与需求	155
5.1	概述	155
5.2	M2M 用户签约和计费管理	156
5.3	终端标识与寻址机制优化	157
5.4	核心网络拥塞与过载控制机制优化	158
5.5	无线网络拥塞控制机制优化	159
5.6	M2M 特定业务优化	161
5.6.1	时间受控特性优化	161
5.6.2	M2M 监控特性优化	161
5.6.3	M2M 终端设备低移动性特性优化	162

5.6.4	M2M 服务器触发特性优化	162
5.6.5	小数据传输机制优化	162
5.6.6	基于群组的优化机制	164
5.7	M2M 终端设备优化和管理技术	165
5.8	小结	165
	参考文献	166
第 6 章	支持 M2M 的通信网络架构增强	167
6.1	概述	167
6.2	ETSI M2M 网络架构模型	167
6.2.1	网络架构简介	167
6.2.2	业务能力介绍	169
6.3	3GPP M2M 网络架构增强	171
6.3.1	M2M 业务流传输模型	171
6.3.2	LTE 网络架构增强	172
6.3.3	LTE 增强功能实体和接口	173
6.4	CCSA M2M 网络架构模型	174
6.4.1	网络总体框架	175
6.4.2	感知延伸层	175
6.4.3	网络/业务层	177
6.4.4	应用层	178
6.5	M2M 无线接入网关	179
6.5.1	M2M 无线接入网关概述	179
6.5.2	M2M 无线接入网关分类	180
6.5.3	M2M 网关功能要求	180
6.6	M2M 应用支撑管理平台	184
6.6.1	支撑平台的需求分析	184
6.6.2	平台参考架构和功能	186
6.7	小结	188
	参考文献	189
第 7 章	面向 M2M 的 LTE 蜂窝网络接入拥塞控制技术	190
7.1	LTE 系统随机接入机制	190
7.1.1	随机接入的目的	190
7.1.2	随机接入的要求	191
7.1.3	LTE 随机接入过程	191
7.1.4	LTE 系统随机接入关键技术	194
7.2	LTE 网络对 M2M 设备接入拥塞评估	198
7.2.1	评估流量模型	198
7.2.2	仿真评估假设	199
7.2.3	评估结果	201

7.3	LTE 接入拥塞控制技术标准化进展	202
7.4	面向 M2M 的 LTE 蜂窝网络接入拥塞控制方案	203
7.4.1	接入网优化方案	203
7.4.2	RRC 层拥塞控制机制	230
7.4.3	NAS 层拥塞控制机制	238
7.4.4	对终端模组的要求	240
7.5	小结	241
	参考文献	242
第 8 章	支持 M2M 通信的 LTE 网络承载控制和移动性管理优化技术	243
8.1	网络承载控制优化技术	243
8.1.1	信令优化方案	243
8.1.2	小数据传输优化方案	247
8.2	移动性管理优化技术	257
8.2.1	LTE 移动性管理方案	257
8.2.2	移动性管理优化方案	264
8.3	小结	273
	参考文献	273
第 9 章	支持 M2M 的 LTE 终端技术	274
9.1	支持 M2M 的终端定义及组成模块介绍	274
9.1.1	M2M 终端定义	274
9.1.2	M2M 终端组成模块介绍	275
9.2	支持 M2M 的 LTE 终端发展现状和存在问题	282
9.2.1	技术和标准	282
9.2.2	产业链与运营	287
9.3	LTE 低成本 M2M 终端技术	291
9.3.1	减少最大带宽的成本降低方法	293
9.3.2	采用射频单接收机模式的成本降低方法	295
9.3.3	减少峰值速率的成本降低方法	297
9.3.4	减少发射功率的成本降低方法	299
9.3.5	采用半双工模式的成本降低方法	301
9.3.6	减少支持的下行传输模式的成本降低方法	302
9.4	支持 M2M 通信的 LTE 蜂窝网络终端成本降低方案	303
9.4.1	M2M 终端成本组成与成本降低方案概述	303
9.4.2	通信模块协议优化方案	304
9.4.3	大流量业务模型下终端低成本技术方案	307
9.4.4	小流量业务模型下终端低成本技术方案	308
9.5	小结	310
	参考文献	310
附录 A	缩略语	311

第1章

移动通信技术概述

1.1 移动通信发展的内在规律

1.1.1 基本矛盾是移动通信技术发展的内在动力

自然辩证法理论告诉人们：“社会的发展与进步是其基本矛盾相互作用的结果，矛盾双方相互对立，相互促进，达到辩证统一。”移动通信技术发展遵循同样的规律，而“业务产品与用户的快速发展与网络承载能力限制之间的矛盾”是移动通信技术发展的基本矛盾，正是这对基本矛盾为移动通信技术由第一代向第四代的快速推进提供了内在动力，而且矛盾越激化，移动通信技术发展更新的速度就会越快。

1.1.2 信号质量是移动通信业务发展和流量增长的关键

香农定理主要描述在有限带宽和随机热噪声信道条件下，最大传输速率与信道带宽、信号噪声功率比之间的关系。该定理指出：如果信息源的信息速率 R 小于或等于信道容量 C ，在理论上必然存在一种方法可使信息源的输出能够以任意小的差错概率通过信道传输。香农定理为移动通信技术的发展指明了方向，对当今及未来社会的信息化发展起到了决定性的指导作用。该定理中的香农公式是被广泛公认的通信理论基础和研究依据，也是移动

通信网络发展的基本法。

在高斯白噪声条件下，香农公式可以表达为

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

式中， C 为信道容量，单位为比特/秒 (bps)； B 为传输信息所用带宽，单位为赫兹 (Hz)； N 为噪声平均功率； S 为有用信号平均功率； $\frac{S}{N}$ 为信号与噪声功率之比。

由香农公式可以看出：移动通信系统的速率（对应于信道容量 C ）取决于两个基本因素，一是传输信息所用带宽，二是信号质量的优劣（对应于信号的信噪比）。因而在传输带宽一定的情况下，移动通信系统最重要的表征指标只有信噪比，信号质量是决定移动通信网络业务发展和流量增长的根本。

1.1.3 解决移动通信发展基本矛盾的途径

结合香农公式的基本结论，从无线网络技术的角度出发，主要存在四种途径用于解决移动通信发展的基本矛盾。

1. 频率资源的有效利用

频率资源是移动通信网络发展的基础和根本，通过配置更多的频率资源将会为无线网络提供更大的承载容量，不仅保证更多用户获得更高的传输速率，也为更多的业务支持和更好的业务体验提供了保障。

2. 异构负荷分担

随着低频段资源的逐步匮乏和网络建设成本的日益增加，通过不同制式的无线网络共同承载业务流量，成为移动运营商缓解网络负荷过重，提升网络承载能力的重要手段。

3. 室内话务有效吸收

当前 3G 网络中数据业务呈现逐年递增的态势，预计 LTE 数据业务流量也将延续这一趋势。室内话务的有效吸收将是提升用户速率和业务体验，拉动流量快速增长的重要途径。

4. 提高频谱利用率

提高频谱利用率就是在单位赫兹提供更高传输速率，它是解决移动通信基本矛盾的重要途径，也是根本途径。随着“移动互联网”、“云计算”和“物联网”等技术的快速发展，现有 2G 和 3G 移动通信网络远远不能满足人们日益增长的数据业务需求，LTE 以其可与有

线宽带相媲美的峰值速率，以及更低时延和更好的移动性等优势，逐步成为缓解基本矛盾的首要选择。

1.2 移动网络演进历史

移动通信技术的历史可以追溯到 19 世纪末，1864 年麦克斯韦从理论上证明了电磁波的存在；1876 年赫兹用实验证实了电磁波的存在；1900 年马可尼等人利用电磁波进行远距离无线电通信取得了成功，从此世界进入了无线电通信的新时代。但是，从 20 世纪 70 年代开始，无线移动通信才得到飞速发展。从模拟到数字，从低速语音信号到高速多媒体信号，从时分双工（TDD）和频分双工（FDD）再到码分双工（CDD），移动通信技术不断集成无线通信和有线通信的最新技术，而且还吸取了互联网和计算机技术的其他成果，以求实现在任何时间，任何地点，向任何人和物之间提供稳定、可靠、快速、多元化的通信服务。移动无线通信促进了人类社会的飞速发展，为人们的生活方式、工作方式及政治、经济带来了巨大的影响，是人们赖以生存的关键技术之一。图 1-1 为现代移动通信技术的演进示意图。

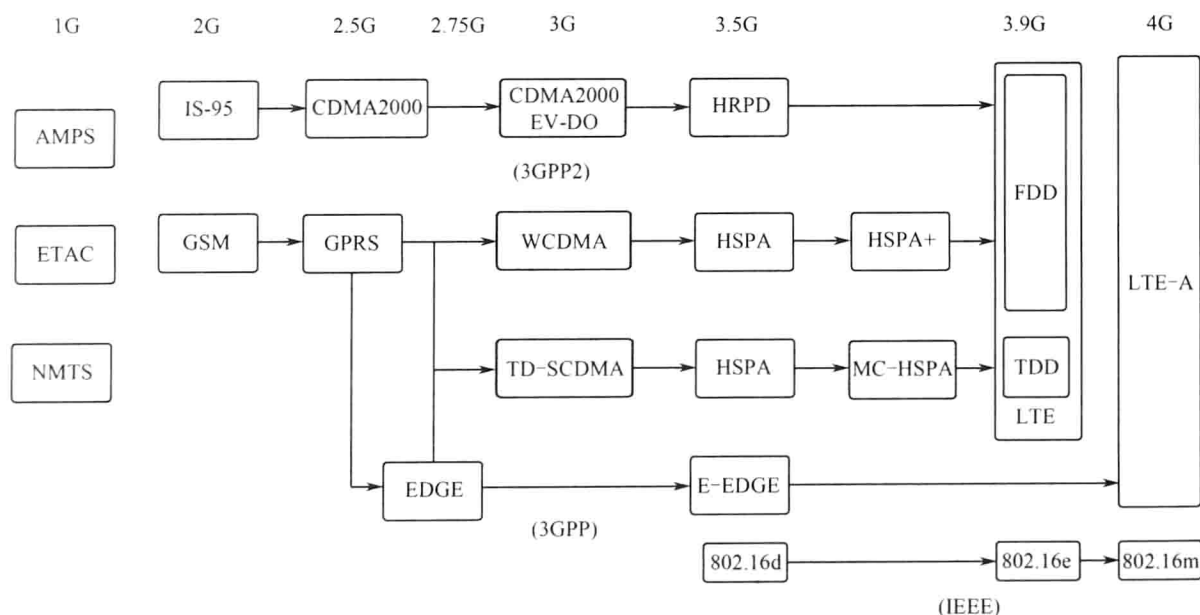


图 1-1 移动通信技术演进示意图

1978 年，美国贝尔实验室开发了先进移动电话业务（AMPS）系统，这是第一种真正意义上的具有随时随地通信能力的大容量的移动通信系统。AMPS 采用频率复用技术，可以保证移动终端在整个服务覆盖区域内自动接入公用电话网，具有更大的容量和更好的语音质量，很好地解决了公用移动通信系统所面临的大容量要求与频谱资源限制的矛盾。20 世纪 70 年代末，美国开始大规模部署 AMPS 系统。AMPS 系统以优异的网络性能和服务

质量获得了广大用户的一致好评。它在美国的迅速发展促进了在全球范围内对移动通信技术的研究。到 20 世纪 80 年代中期，欧洲和日本也纷纷建立了自己的移动通信网络，主要包括英国的 ETACS 系统、北欧的 NMT-450 系统、日本的 NTT/JTACS/NTACS 系统等。这些系统都是模拟制式的频分双工系统，也被称为第一代移动通信系统或 1G 系统。模拟蜂窝系统的缺点是容量小，业务种类单一，只能提供语音业务，传输质量不高，保密性差，而且设备难以小型化，因此逐渐被第二代移动通信系统所替代。

采用数字调制技术的第二代移动通信系统（2G 系统）是从 20 世纪 90 年代开始逐渐发展起来的。1992 年，欧洲开始铺设全球第一个数字移动通信网络——GSM，由于其优良的性能，GSM 在全球范围内迅速扩张，GSM 用户数一度超过全球蜂窝系统用户总数的 70%。此后，美国的 DAMPS 和日本的 JDC 等 2G 系统也相继投入使用。这些系统的空中接口都采用了时分多址（Time Division Multiplex Access, TDMA）接入方式。1993 年，美国推出了基于码分多址（Code Division Multiplex Access, CDMA）接入技术的 IS-95 系统。第二代移动通信系统在容量上和性能上都比第一代系统有较大提升，频谱效率高，系统容量大，不仅可以提供话音业务，还可以提供一定的低速数据业务。第二代系统在商业上取得了巨大的成功，但由于主要技术的固有局限，系统容量和所能提供的通信业务服务难以满足人们对通信应用高速增长的需求。用户和市场的需求及技术的进步使移动通信系统向第三代系统发展。

第三代移动通信系统在 1985 年由国际电信联盟 ITU 提出，1996 年更名为全球移动通信系统 IMT-2000，即 3G 系统。与第二代移动通信系统相比，3G 系统拥有更高的带宽、更高的频谱效率，同时支持电路域和分组域，传输速率最高可达 2Mbps，支持实现高速数据传输和宽带多媒体服务，并可以在全球统一频段无缝漫游。目前全球第三代移动通信存在三个主流标准，分别是欧洲主导的 WCDMA，美国主导的 CDMA2000 和中国提出的 TD-SCDMA。这三种技术标准均以码分多址技术为基础，只是具体实现层面有所区别，其中 WCDMA 和 TD-SCDMA 标准由国际标准化组织 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 支持和制定，而 CDMA2000 标准则由 3GPP2 支持和制定。在中国，这三个标准的系统分别由中国移动（TD-SCDMA）、中国电信（CDMA2000）和中国联通（WCDMA）负责建设和运营。

但随着智能终端的逐步普及和移动互联网时代业务应用的不断涌现，尽管基于码分多址的 3G 技术已经部署并运营，但依然不能满足日益增长的移动互联网服务需求。与此同时，正交频分复用（OFDM）和多输入多输出的多天线技术（MIMO）已经成熟并产业化。3GPP 于 2005 年 3 月正式启动了空中接口技术的长期演进（Long Term Evolution, LTE）项目；3GPP2 也启动了类似的超移动宽带（Ultra Mobile Broadband, UMB）项目。LTE 系统以 OFDM 和 MIMO 为主要技术基础，目标是开发出满足更低传输时延、提供更高用户传输速率、增加容量和覆盖、减少运营费用、优化网络结构、采用更大载波带宽，并优化分组数据域传输的移动通信标准。作为 4G 标准的后向兼容技术，LTE 也被人们称为 3.9G 的标准。

ITU 于 2005 年 10 月提出了未来移动通信系统 IMT-Advanced, 即第四代移动通信系统或 4G 系统。IMT-Advanced 系统支持从低到高移动性的应用和更大范围的数据速率, 满足多种用户环境下用户和业务的需求。IMT-Advanced 系统还具有在广泛服务平台下提供显著提升服务质量 (Quality of Service, QoS) 的高质量多媒体应用的能力。IMT-Advanced 的关键特性包括^[1-3]:

- 在保持成本的前提下, 支持灵活、广泛的服务和应用, 达到世界范围内的高度通用性;
- 支持 IMT 业务和固定网络业务的能力;
- 高质量的移动服务;
- 用户终端适合全球使用;
- 友好的应用、服务和设备;
- 世界范围内的漫游能力;
- 增强的峰值速率可以支持新的业务和应用。

2008 年 3 月, ITU 开始征集 IMT-Advanced 无线接入技术标准, 3GPP 和 WiMAX 论坛等国际标准组织都积极开始针对 IMT-Advanced 的预研和提案, 分别对应 LTE-A 和 802.16m。2012 年 1 月 20 日, ITU 会议正式审议通过将 LTE-A 和 802.16m 这两种技术规范作为 IMT-A 的国际标准。至此, 移动通信技术正式迈向第四代。

1.3 3G 系统

1.3.1 WCDMA 系统

UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), 即通用移动通信系统, 是 3GPP 制定的全球 3G 标准之一, 主体包括以 CDMA 为核心技术的接入网络和分组化的核心网络等一系列技术规范和接口协议。UMTS 作为一个完整的 3G 移动通信技术标准, 并不仅限于定义空中接口。除 WCDMA 作为首选空中接口技术获得不断完善外, UMTS 还相继引入了 TD-SCDMA 和 HSDPA 技术。

WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), 即宽带码分多址。在第三代移动通信规范提案评估过程中, WCDMA 技术以其自身的技术优势成为 3G 的主流技术之一。基于 GSM 的巨大商业成功, WCDMA 以 GPRS/EDGE 技术作为中间承接, 网络架构重视 GSM 向 WCDMA 网络的演进。

1. WCDMA网络框架

移动通信系统 UMTS 与传统的第二代移动通信系统在逻辑结构上基本相同, 从功能划分角度来说通常包括 CN(Core Network, 核心网)、UTRAN(Universal Terrestrial Radio Access

Network, 通用陆地无线接入网) 和 UE (User Equipment, 用户设备) 三部分, 系统结构如图 1-2 所示。



图 1-2 WCDMA 系统网络架构图

1) 用户设备 (UE)

用户设备 (User Equipment, UE), 即用户终端设备, 主要包括射频处理单元、基带处理单元、协议栈模块和应用层软件模块等。UE 通过 Uu 接口与无线接入网相连, 与网络进行信令和数据交互, 为用户提供电路域和分组域内的各种业务功能, 包括普通语音、数据通信、移动多媒体和 Internet 应用等。通常, UMTS 网络的 UE 包括如下两部分:

- ME (Mobile Equipment) ——移动设备, 即通常所说的手机, 提供用户与无线网络相连的交互界面等应用和服务。
- USIM (UMTS Subscriber Identity Module) ——通用用户识别模块, 其物理特性与传统 GSM SIM 卡基本相同, 提供 3G 用户身份识别, 并存储移动用户签约信息等。

2) 通用陆地无线接入网 (UTRAN)

通用陆地无线接入网 (Universal Terrestrial Radio Access Network, UTRAN) 位于两个开放接口 Uu 和 Iu 之间, 实现所有与无线相关的功能。UTRAN 主要功能包括宏分集处理、移动性管理、接入控制、功率控制、信道编码控制、无线信道加密与解密、无线资源配置和无线信道建立与释放等。UTRAN 由一个或几个无线网络子系统 (Radio Network Subsystem, RNS) 组成, RNS 负责所属各小区的资源管理。每个 RNS 包括一个无线网络控制器 (Radio Network Controller, RNC), 以及一个或几个 Node B 基站。

UTRAN 体系结构如图 1-3 所示。

(1) Node B。

Node B 是 WCDMA 系统的基站, 包括无线收发信机和基带处理部件, 通过标准的 Iub 接口与 RNC 互联, 主要完成 Uu 接口物理层协议的处理, 包括信道编解码、扩频与解扩、调制与解调, 以及基带与射频信号的相互转换等功能, 并支持 TDD/FDD 两种双工方式。Node B 逻辑功能模块主要包括基带处理部件、射频收发放大器、射频收发系统、基带部分

和天线接口单元等部件。

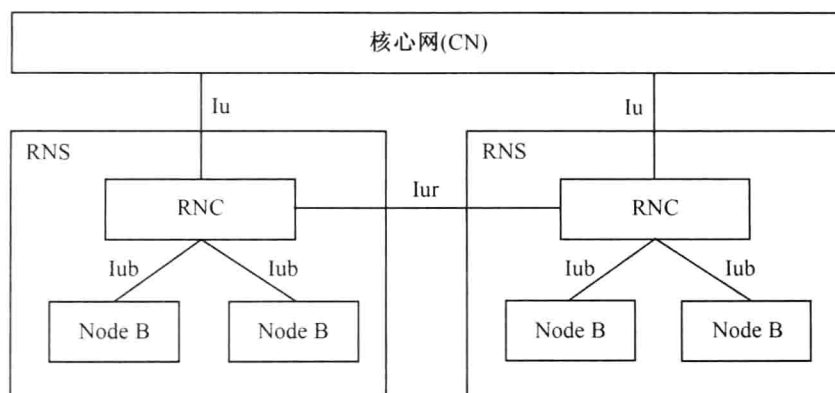


图 1-3 UTRAN 架构示意图

(2) RNC。

RNC 是无线网络控制器,负责控制其管辖范围内的无线资源,并通过 Iu 接口和核心网相连,主要完成建立连接和断开、切换、宏分集合并和无线资源管理控制等功能。由于 WCDMA 网络存在软切换,可能在一个 UE 与一个或多个 RNS 中的 RNC 连接的情况,因此针对 RNC 的作用不同,可以将涉及的 RNC 分为多个独立的逻辑功能。

- 控制 RNC (Control Radio Network Controller, CRNC): 控制 Node B 的操作与维护、接入控制等功能,并与 Node B 直接存在物理连接。CRNC 负责管理整个小区的资源,命令 Node B 配置、重配置或删除对小区资源的使用。
- 服务 RNC (Serving Radio Network Controller, SRNC): 负责 UE 和 UTRAN 之间的无线连接管理,对应于该 UE 的 Iu 接口 (Uu 接口的终止点)。实现无线接入承载到传输信道的参数映射、越区切换和开环功率控制等基本的无线资源管理功能。一个与 UTRAN 相连的 UE 有且只能有一个 SRNC。
- 漂移 RNC (Drift Radio Network Controller, DRNC): 除了 SRNC 以外,UE 用到的其他 RNC 都称为 DRNC,它控制着 UE 使用的小区资源,可以进行宏分集合并和分裂。与 SRNC 不同之处在于,DRNC 不对用户平面的数据进行数据链路层的处理,而在 Iub 和 Iur 接口间进行透明的数据传输。

上述三个概念均是从逻辑上进行描述和划分的,实际上一个 RNC 通常包含 CRNC、SRNC、DRNC 的功能。

3) 核心网 (CN)

核心网提供及定义各种类型的业务,包括用户的描述信息、用户业务的定义还有相应的一些其他过程。UMTS 核心网负责内部所有的语音呼叫、数据连接和交换,以及与其他网络的连接和路由选择的实现。不同协议版本的核心网之间存在一定的差异。