

信息与通信网络技术丛书

江苏省邮电规划设计院有限责任公司专家团队 | 精品力作

LTE / CDMA / WLAN 无线网络室内覆盖工程 规划与设计

Planning and Design of Indoor Coverage For
LTE/CDMA/WLAN Network

张磊 孔繁俊 刘永洲 蒋晓虞 查昊 ◎ 编著

紧密结合工程实践，详细阐述 LTE/CDMA/WLAN 室内覆盖技术与原理，帮助广大工程技术人员快速了解和掌握室内覆盖工程的规划与设计方法



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

信息与通信网络技术丛书

LTE / CDMA / WLAN

无线网络室内覆盖工程 规划与设计

**Planning and Design of Indoor Coverage For
LTE/CDMA/ WLAN Network**

张磊 孔繁俊 刘永洲 蒋晓虞 查昊 ○ 编著

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

LTE/CDMA/WLAN无线网络室内覆盖工程规划与设计 /
张磊等编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2016.9
(信息与通信网络技术丛书)
ISBN 978-7-115-42150-0

I. ①L… II. ①张… III. ①无线网—网络规划②无线网—网络设计 IV. ①TN92

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第071131号

内 容 提 要

本书对室内覆盖工程的规划及设计进行全面介绍,对覆盖的多种手段进行多维度的对比分析,并结合实际应用,提出不同手段的目标定位和协同覆盖策略。书中附有不少典型的案例,对室内覆盖规划、工程设计和室内网络优化都有一定的参考价值。

本书的主要读者为通信行业的相关从业人员,具体涉及运营商员工、通信设计院和施工单位员工、通信类高校的师生和集成商员工。

◆ 编 著 张 磊 孔繁俊 刘永洲 蒋晓虞 查 昊
责任编辑 杨 凌
责任印制 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 16
字数: 371 千字

2016 年 9 月第 1 版
2016 年 9 月北京第 1 次印刷

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315

前 言

移动通信网自 20 世纪 80 年代末期作为一个商用网在中国开始建设运营，至今已经有 27 年的历史，第四代移动通信技术（TD-LTE）已经于 2013 年年底在我国正式发牌运营。第一代移动通信网由于价格昂贵、用户少且没有竞争，对于网络建设质量指标的关注度不高、要求也较低。然而从第二代移动通信开始，移动通信业务在我国迅速发展壮大，且政府引入竞争机制，并在 2008 年扩大了竞争对手的数量。对于运营商而言，提升自家网络的各项指标，已成为重要的竞争手段。

根据移动通信网络的技术和建设特点，建筑内部区域的无线网络覆盖（简称“室内覆盖”，下同）传播环境复杂、屏障严重，是移动网需要解决的问题，同时也是最难解决的问题；然而，室内用户密集，是移动业务频发的区域，对竞争对手而言，室内覆盖的优劣直接影响着用户的口碑，各家网络指标的优劣对比结果往往在室内场景下才能分出胜负。因此室内覆盖问题又是必须解决的问题。室内分布系统作为一种手段长期以来被寄予厚望：一度被作为室内覆盖的终极解决方案来使用。客观来说，室内分布系统对于解决宏基站在室内的覆盖空洞（例如电梯、地下室、内部走廊楼梯灯区域）确实有立竿见影的效果，然而在移动通信高速发展的今天，室内覆盖需要解决的问题不仅仅是单纯的补盲，而是要解决包括网络覆盖、网络容量和网络质量等一系列复杂问题，单纯依靠室内分布系统已经不能完全解决所有问题。

本书的作者是江苏省邮电规划设计院从事移动通信网络研究的专业技术人员，多年从事室内覆盖工程的规划和设计工作，并长期跟踪研究全国各地室内覆盖解决方案，总结了一套室内分布系统、宏网络和小基站多手段协同解决室内覆盖的经验和心得。在本书中，作者以 CDMA、LTE 和 WLAN 技术制式作为研究对象，分析各种技术制式在室内多种场景下存在的网络问题，提出了多种解决手段，并做出对比分析，可供无线网络规划、建设人员参考使用。

全书主体内容共分为 7 个部分：首先简要介绍了移动通信发展历程和 3 种技术制式的基本原理；然后介绍室内覆盖的技术手段、规划方法和设计要求，并重点按场景分类介绍室内覆盖的策略、解决手段；最后对室内覆盖的新技术应用进行简要说明。书中包含了大量的图标和实例分析，可以使读者更好地理解室内覆盖解决方法、理解室内覆盖工程规划设计工作的步骤和过程。

本书由孔繁俊、张磊策划和主编，刘永洲、蒋晓虞和查昊负责全书的结构和内容的掌握和控制，孔繁俊、张磊、刘永洲、蒋晓虞、查昊、陈路、胡军、周建良、房玉龙参与了全书内容的撰写工作。

由于编写者水平有限，以及编写时间仓促，加之技术发展日新月异，书中难免出现一些错误和不足，恳请广大读者批评指正。

编 者

2016年6月于南京

目 录

第 1 章 概 述	1
1.1 移动通信发展史	1
1.1.1 第一代移动通信系统 (1G)	1
1.1.2 第二代移动通信系统 (2G)	2
1.1.3 第三代移动通信系统 (3G)	3
1.1.4 第四代移动通信系统 (4G)	5
1.2 LTE 的业务与应用	6
1.3 未来移动通信趋势	7
1.3.1 移动宽带化趋势明显	7
1.3.2 融合成为趋势	7
1.3.3 新技术不断应用	8
第 2 章 系统原理	9
2.1 CDMA 网络	9
2.1.1 CDMA 网络结构	9
2.1.2 CDMA 系统主要协议	11
2.1.3 CDMA 信道结构	13
2.2 LTE 系统原理	18
2.2.1 LTE 系统网络结构	18
2.2.2 LTE 系统主要协议	24
2.2.3 LTE 信道结构	26
2.3 WLAN 系统原理	33
2.3.1 WLAN 网络结构	33
2.3.2 WLAN 协议标准	34
第 3 章 室内覆盖基本原理	39
3.1 室内覆盖通信环境分析	39
3.2 室内分布系统与室内覆盖	40
3.2.1 室内分布系统与室内覆盖的关系	40

3.2.2	室内分布系统对室内覆盖的作用	42
3.3	室内覆盖传播模型	43
3.3.1	室内无线传播信道的数学模型	43
3.3.2	室内无线传播信道的统计模型	45
3.4	室内覆盖技术手段	49
3.4.1	技术手段分类	49
3.4.2	室外信号覆盖室内技术	50
3.4.3	室内分布系统技术	50
3.4.4	室内外综合覆盖	61
3.4.5	Small Cell	61
3.5	室内覆盖组网设备	63
3.5.1	无源设备	63
3.5.2	有源设备	81
3.5.3	POI 多系统接入平台	93
3.6	室内多系统共存覆盖干扰分析	95
3.6.1	干扰理论分析方法	95
3.6.2	干扰的基本原理	96
3.6.3	干扰的基本分类	96
3.6.4	干扰的场景	96
3.6.5	系统间干扰分析	97
第 4 章	室内覆盖规划和设计	107
4.1	规划原则与流程	107
4.1.1	建设初期规划原则与流程	107
4.1.2	建设中后期规划原则与流程	109
4.1.3	室内分布系统规划原则	109
4.2	信源规划	110
4.2.1	信源选择	110
4.2.2	信源功率配置	110
4.2.3	信源容量规划	111
4.2.4	小区规划	111
4.3	设计原则	111
4.4	查勘与测试	112
4.4.1	现场勘察	112
4.4.2	室内查勘测试	118
4.5	设计指标	121
4.5.1	CDMA 设计指标	121
4.5.2	LTE 设计指标	122
4.5.3	WLAN 设计指标	122
4.6	方案设计	122
4.6.1	方案确定	122
4.6.2	功率匹配	124

4.7	LTE 室内分布系统设计	125
4.7.1	建设原则	125
4.7.2	设计原则	125
4.7.3	建设方式	131
第 5 章	不同场景室内覆盖建设策略	135
5.1	分割密集型场景	135
5.1.1	场景分析	135
5.1.2	覆盖方案	136
5.2	轻质隔断型场景	137
5.2.1	场景分析	137
5.2.2	覆盖方案	138
5.2.3	典型案例分析	138
5.3	商场型场景	142
5.3.1	场景分析	142
5.3.2	覆盖策略	142
5.4	大型建筑	143
5.4.1	场景分析	143
5.4.2	覆盖策略	143
5.4.3	典型场景分析	144
5.5	密闭型场景	153
5.5.1	场景分析	153
5.5.2	覆盖策略	153
5.5.3	案例介绍	153
5.6	地铁	154
5.6.1	场景分析	154
5.6.2	覆盖策略	154
5.6.3	案例介绍	155
5.7	公路、铁路隧道	157
5.7.1	场景分析	157
5.7.2	覆盖策略	157
5.8	居民小区	157
5.8.1	场景分析	158
5.8.2	常用覆盖方式	159
5.8.3	小区分类覆盖策略	161
5.9	校园场景	165
5.9.1	校园场景分析	165
5.9.2	校园用户行为分析	165
5.9.3	校园类型分析	166
5.9.4	覆盖策略	167
5.9.5	典型场景覆盖策略	172

第 6 章 室内覆盖典型案例 174

6.1 综合室内分布建设案例 174

6.1.1 结构介绍 174

6.1.2 覆盖目标 174

6.1.3 业务量需求预测 175

6.1.4 信源选择与小区划分 175

6.1.5 链路预算 178

6.1.6 分布系统设计思路 179

6.1.7 信源与天馈系统安装 179

6.2 移动网居民小区覆盖案例 181

6.2.1 高层居民小区 181

6.2.2 多层居民小区 190

6.2.3 别墅区 192

6.2.4 城中村 193

6.2.5 高层/环抱小区 193

6.2.6 独栋高层 197

6.3 WLAN 室内建设案例 197

6.3.1 宾馆酒店场景 197

6.3.2 写字楼场景 198

6.3.3 医院场景 199

6.3.4 卖场场景 199

6.3.5 居民小区 200

6.3.6 机场 206

6.3.7 展览中心 207

6.3.8 校园 207

第 7 章 其他室内覆盖技术应用 219

7.1 Femtocell 技术 219

7.1.1 什么是 Femtocell 219

7.1.2 Femtocell 与其他无线接入设备的区别 224

7.2 微基站技术 227

7.2.1 技术特点 227

7.2.2 微站分类 229

7.2.3 应用场景 229

7.3 室内覆盖其他手段 231

7.3.1 五类线分布系统 231

7.3.2 MDAS 技术 233

7.3.3 泄漏电缆覆盖居民小区技术 234

结束语 237

缩略语 239

参考文献 247

第 1 章

概 述

1.1 移动通信发展史

通信的发展历史，可以追溯到远古时代。本书所述的通信，仅指借助于电磁信号形式，通过电缆、光缆、无线电波等媒介进行的双方之间的单向或双向远距离信息交换。

19 世纪 30 年代有线电报试验成功，用电磁系统传递信息的电信系统开始迅速发展；1872 年贝尔发明电话，将人类社会带入电信时代；1898 年，马可尼拍发了第一封收费电报，标志着无线电通信进入实用阶段。虽然“点”与“划”表示的 Morse 码本质上属于数字信号的形式，但从那以后，近百年中，数字通信发展缓慢，以电话、广播、电视为代表的模拟制的通信形式占据了统治地位。

通过有线信道传输的信号稳定，干扰与失真较小，但是由于通信设备必须连接在固定的线路上，通信形式不够灵活，难以满足某些场合的通信需求。无线通信利用电磁波携带的信息，通信双方无需拘泥于固定的地点，是实现个人通信的最佳选择，因而逐渐成为研究与应用的重点。

移动通信的雏形早在 20 世纪中期就已被开发了出来，包括步话机、对讲机等，这些早期的无线通信主要应用于军事或特种领域，仅能在少数特殊人群中使用且携带不便。近几十年来，无线通信技术在民用领域发展迅猛，先后出现了蜂窝移动通信系统、微波通信、卫星通信、固定宽带无线接入、802.x 系列无线接入标准、LMDS、MMDS 等技术。其中蜂窝移动通信的出现影响了全球数十亿人的生活方式，它的发展先后经历了模拟移动通信、数字移动通信、第三代移动通信系统（3G）以及后 3G（B3G）阶段。

1.1.1 第一代移动通信系统（1G）

第一代蜂窝移动电话系统是模拟蜂窝移动电话系统，主要特征是用模拟方式传输模拟信号，美国、英国和日本都先后开发了各自的系统。

随着对电磁波研究的深入、大规模集成电路的问世，移动电话首先被研制出来，移动终端设备的研制成功带动了对网络结构的探索。20 世纪 70 年代初，贝尔实验室提出蜂窝系统的覆盖小区的概念和相关理论后，立即得到迅速发展，很快进入了实用阶段，移动通信跨入了第一代模拟蜂窝移动电话系统的时代。

1978 年年底，美国贝尔试验室成功研制出先进移动电话系统（AMPS），建成了蜂窝状移动通信网，大大提高了系统容量；1983 年，首次在芝加哥投入商用；同年 12 月，在华盛顿也开始启用；之后，服务区域在美国逐渐扩大；到 1985 年 3 月已扩展到 47 个地区，约 10 万移动用户。其他工业化国家也相继开发出蜂窝式公用移动通信网。日本于 1979 年推出 800MHz 汽车电话系统（HAMTS），在东京、大阪、神户等地投入商用。联邦德国于 1984 年完成 C 网，频段为 450MHz。英国在 1985 年开发出全地址通信系统（TACS），首先在伦敦投入使用，然后覆盖了全国，频段为 900MHz。

1.1.2 第二代移动通信系统（2G）

第一代模拟制系统解决了移动通信系统的有无问题，但其在应用中的各种缺点也不断浮现出来，包括系统间没有公共接口、难以互通，频谱利用率低、系统容量小，安全性差、容易被窃听等。

为克服模拟通信的上述缺点，引入了数字技术的数字蜂窝移动通信系统，并在 20 世纪八九十年代得到了长足的发展，称之为第二代移动通信系统。2G 系统能提供更高的网络容量，改善了话音质量和保密性，并为用户提供无缝的国际漫游。2G 的制式主要有 GSM、CDMA（IS-95）、D-AMPS 等，其中 GSM 与 CDMA 系统应用广泛。

1. GSM/GPRS/EDGE

GSM 数字移动通信系统源于欧洲。1982 年，北欧国家提交了一份建议书，要求制定 900MHz 频段的公共欧洲电信业务规范。随后欧洲电信标准学会（ETSI）技术委员会成立了“移动特别小组”（Group Special Mobile, GSM）来制定有关的标准和建议书。1986 年在巴黎，该小组对欧洲各国及各公司经大量研究和实验后所提出的 8 个建议系统进行了现场实验。1990 年该小组完成了 GSM900 的规范，共产生大约 130 项全面建议书，不同建议书经分组而成为一套，其中共包含 12 个系列。

1991 年欧洲开通了第一个 GSM 系统，并且 GSM 更名为“全球移动通信系统”（Global System for Mobile communications），从此移动通信跨入了第二代数字移动通信时代。同年，移动特别小组还完成制定了 1800MHz 频段的公共欧洲电信业务的规范，名为 DCS1800 系统。该系统与 GSM900 具有同样的基本功能特性，因而该规范只占 GSM 建议的很小一部分，仅将 GSM900 和 DCS1800 之间的差别加以描述，二者绝大部分是通用的，两者均可通称为 GSM 系统。

在这之后，为了实现对数据业务的支持，GSM 体制制定了 GPRS 与 EDGE 这两种标准。通用分组无线业务（General Packet Radio Service, GPRS）由 GSM Phase 2.1 版本定义，是为适应移动数据接入需求的增长而产生的。由于 GPRS 支持中低速的数据传输，常被称作一种 2.5G 的技术，支持 9.05~171.2kbit/s 的接入速率。

增强型数据速率 GSM 演进技术（Enhanced DataRate for GSM Evolution, EDGE）介于 GPRS 与 3G 之间，也常被称作 2.75G 的技术。它在 GSM 系统中采用了多时隙操作和 8PSK 调制，能够支持 300kbit/s 的数据速率接入，匹敌 CDMA 1x。

2. IS-95/cdma2000 1x

在 2G 时代，CDMA 技术和 GSM 技术几乎是同时开始发展的。cdma2000 标准是一个

体系结构,称为 cdma2000 family,它包含一系列子标准。由 CDMA One 向 3G 演进的途径为: CDMA One (IS-95A/B) → cdma2000 1x → cdma2000 1x EV。其中 cdma2000 1x 属于准 3G 技术, cdma2000 1x EV 之后均属于标准的三代技术。

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 商用网络在中国香港地区(香港和记电讯)开通。1995 年,CDMA (IS-95A) 在韩国、美国、澳大利亚等国得到大规模应用。

从技术角度来说,IS-95A 完全是一种第二代移动通信技术,它主要支持话音业务。IS-95A 商用几年以后,市场对数据业务的需求逐渐显现。在这种情况下,美国电信工业协会(TIA)制定了 IS-95B 标准。IS-95B 通过将多个低速信道捆绑在一起来提供中高速的数据业务,可提供的最大理论比特速率为 115kbit/s,实际只能实现 64kbit/s。但是,从技术角度来说,IS-95B 并没有引入新技术,所以通常将 IS-95B 也作为第二代移动通信技术。

cdma2000 1x 是由 IS-95A/B 标准演进而来的,由 3GPP2 负责具体标准化工作。cdma2000 1x 在 IS-95 的基础上升级空中接口,可在 1.25MHz 带宽内提供 307.2kbit/s 的高速分组数据速率。cdma2000 成为窄带 CDMA 系统向第三代系统过渡的标准。cdma2000 在标准研究的前期,提出了 1x 和 3x 的发展策略,但随后的研究表明,1x 和 1x 增强型技术(1x EV)代表了未来发展方向。

cdma2000 1x 仅能提供准 3G 的数据业务,发表版本包括:

Release 0: 1999 年 10 月发布,主要特点是沿用基于 ANSI-41D 的核心网,在无线接入网和核心网增加支持分组业务的网络实体,单载波最高上、下行速率可以达到 153.6kbit/s。

Release A: 2000 年 7 月发布,与 Release 0 相比没有网络结构上的变化,仅增加了对业务特征的信令支持,如新的公共信道、QoS 协商、增强鉴权、加密、话音业务和分组业务并发业务。Release A 单载波最高速率可以达到 307.2kbit/s。

1.1.3 第三代移动通信系统(3G)

3G 在 ITU 的正式名称是 IMT-2000,其前身为 1985 年提出的未来公共陆地移动通信系统(FPLMTS)。ITU 在 1996 年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、网络过渡要求和无线传输技术的评估方法等,并将 FPLMTS 更名为 IMT-2000,其用意在于希望在 2000 年左右商用、最高速率达 2000kbit/s、工作在 2000MHz 频段。IMT-2000 的目标是:

- ① 全球统一频段、统一标准,全球无缝覆盖;
- ② 高频谱效率、高服务质量和高保密性能;
- ③ 提供多媒体业务,速率最高到 2Mbit/s;
- ④ 车速环境下速率达 144kbit/s;
- ⑤ 步行环境下速率达 384kbit/s;
- ⑥ 室内环境下速率达 2Mbit/s;
- ⑦ 易于从第二代系统过渡和演进。

1999 年 10 月 ITU 在赫尔辛基举行的会议确定了以下 5 种 3G 方案:

- ① IMT-2000 CDMA DS (Direct Spread), 即欧洲和日本的 UTRA FDD (WCDMA);
- ② IMT-2000 CDMA MC (Multi-Carrier), 即美国的 cdma2000;
- ③ IMT-2000 CDMA TC (Time Code), 即欧洲的 UTRA TDD 和中国的 TD-SCDMA;
- ④ IMT-2000 TDMA SC (Single Carrier), 即美国的 UWC-136;
- ⑤ IMT-2000 FDMA/TDMA FT (Frequency Time), 即欧洲的 DECT。

经过融合和发展,形成了 3 种最具代表性的 3G 技术标准,分别是 TD-SCDMA、WCDMA 和 cdma2000。其中 TD-SCDMA 属于时分双工 (TDD) 模式,是由中国提出的 3G 技术标准;而 WCDMA 和 cdma2000 属于频分双工 (FDD) 模式。

在 3G 的商用发展过程中,又发展出两大标准化论坛:一个是推广 WCDMA 和 TD-SCDMA 标准的 3GPP 标准化论坛,另外一个推广 cdma2000 标准的 3GPP2 论坛。

1. WCDMA

WCDMA 是由 3GPP 具体制定的,基于 GSM MAP 核心网,以 UMTS 陆地无线接入网 (UTRAN) 为无线接口的第三代移动通信系统,先后发布了 Release 99 (简称 R99)、R4、R5、R6、R7 等多个版本。

WCDMA 采用直接序列扩频码分多址 (DS-CDMA)、频分双工 (FDD) 方式,码片速率为 3.84Mchip/s,载波带宽为 5MHz。先期提出的 R99/R4 版本,在 5MHz 的带宽内可提供最高达 384kbit/s 的用户数据传输速率。

在 R5 版本中引入了下行链路增强技术,即高速下行分组接入 (High Speed Downlink Packet Access, HSDPA) 技术,在 5MHz 的带宽内可提供最高达 14.4Mbit/s 的下行数据传输速率。在 R6 版本中引入了上行链路增强技术,即高速上行分组接入 (High Speed Uplink Packet Access, HSUPA) 技术,在 5MHz 的带宽内可提供最高约 6Mbit/s 的上行数据传输速率。

除了上述标准版本之外,3GPP 从 2004 年即开始了长期演进 (Long Term Evolution, LTE) 技术的研究,基于 OFDM、MIMO 等技术,致力于发展无线接入技术向“高数据速率、低时延和优化分组数据应用”方向演进。

2. cdma2000

cdma2000 1x 提供高速分组数据业务的能力还是有限的。在向着更高的目标迈进的道路上,又出现了 cdma2000 1x EV 技术。EV 代表“Evolution”,有两方面含义,一方面是比原有的技术容量更大而且性能更好,另一方面是和原有技术后向兼容。

韩国、日本是 cdma2000 1x EV 商用网络的领军者。2002 年 1 月韩国 SKT 开通全球首个 EV-DO 商用网,紧随其后的是韩国的 KTF 与日本的 KDDI。

在技术发展上,cdma2000 1x EV-DO 逐步成熟并投入商用,cdma2000 1x EV-DV 以及 cdma2000 1x 同时提出的 cdma2000 3x 技术基本被市场所抛弃,大部分 cdma2000 1x 网络通过升级到 EV-DO 而跨入 3G 时代。

EV-DO 的演进又可以进一步细分为 Rel.0、Rev.A、Rev.B 以及 Rev.C/D 等不同阶段,上、下行最高分别支持 1.8/3.1Mbit/s 速率的 EV-DO Rev.A 网络已广泛部署。

3. TD-SCDMA

TD-SCDMA (Time Division-Synchronization Code Division Multiple Access) 的中文含义为时分同步码分多址接入。从 2001 年 3 月开始, TD-SCDMA 被正式融入 3GPP 的 Release 4 版本。目前 TD-SCDMA 已有 Release 4、Release 5、Release 6 等版本。

TD-SCDMA 采用不需成对频率的 TDD 双工模式以及 FDMA/TDMA/CDMA 相结合的多址接入方式, 使用 1.28Mchip/s 的低码片速率, 扩频带宽为 1.6MHz, 同时采用了智能天线、联合检测、上行同步、接力切换、动态信道分配等先进技术。基于 R4 版本, TD-SCDMA 可在 1.6MHz 的带宽内提供最高达 384kbit/s 的用户数据传输速率。

TD-SCDMA 在 R5 版本中引入了 HSDPA 技术, 在 1.6MHz 带宽上理论峰值速率可达到 2.8Mbit/s。通过多载波捆绑的方式可进一步提高 HSDPA 系统的单用户峰值速率。

1.1.4 第四代移动通信系统 (4G)

为了满足新型业务需求、保持在移动通信领域的技术及标准优势, 3GPP 规范不断增添新特性以增强自身能力。

在 2004 年 11 月的魁北克会议上, 3GPP 决定启动 UTRAN 系统的长期演进 (Long Term Evolution, LTE) 研究项目。全球主要的运营商和设备厂家通过会议、邮件讨论等方式, 开始形成对 LTE 系统的初步需求, 确定的工作目标如下。

① 使用 5MHz 或者更宽频谱分配时, 无线网络用户面的时延应低于 5ms; 而使用更小的频谱分配时, 时延应低于 10ms。

② 减小控制面时延。

③ 灵活的带宽分配, 最高可达 20MHz。使用的带宽可以更小, 包括 1.25MHz、2.5MHz、5MHz、10MHz 和 15MHz。

④ 下行链路的峰值数据速率可达到 100Mbit/s。

⑤ 上行链路的峰值数据速率可达到 50Mbit/s。

⑥ 频谱利用率是 HSDPA/HSUPA 的 2~3 倍。

⑦ 改善位于小区边缘用户的数据速率。

⑧ 可以只支持 PS 域。

LTE 是定位于 3G 与第四代移动通信系统 (4G) 之间的一种技术标准, 致力于填补这两代标准间存在的巨大技术差异, 希望使用已分配给 3G 的频谱, 保持无线频谱资源的优势, 同时解决 3G 中存在的专利过分集中的问题。

LTE 标准化工作分为两个阶段: 始于 2004 年年底的研究阶段以及始于 2006 年年中的工作阶段。2008 年年底, LTE 的第一个版本 R8 发布。

与 3GPP 在 3G 时代的标准制定上类似, LTE 也同时定义了 LTE FDD 和 TD-LTE 两种方式。两种方式在标准上具有共同的基础, 实现技术基本一致, 两种技术信号的生成、编码技术以及调制解调技术完全一样。但是, 基于 TDD 方式的 TD-LTE 有它自己的特性和优点, 保持了 TDD 技术独有的特点和关键技术。

作为 LTE 的需求, TDD 系统的演进与 FDD 系统的演进是同步进行的。2005 年 6 月, 在法国 3GPP 会议上提出了基于 OFDM 的 TDD 演进模式的方案, 同年 11 月, 汉城工作组

会议通过了针对 TD-SCDMA 后续演进的 LTE TDD 技术提案。到 2006 年 6 月, LTE 的可行性研究阶段基本结束, 规范制定阶段开始启动。在 2007 年 9 月的 3GPP RAN 37 次会议上, 几家国际运营商联合提出了支持 Type2 的 TDD 帧结构, 同年 11 月, 在济南工作组会议上通过了 LTE TDD 融合技术提案, 基于 TD 的帧结构在延续已有标准的两种 TDD 模式基础上进行了统一。在 RAN 38 次全会上, 融合帧结构方案获得通过, 被正式写入 3GPP 标准中。

1.2 LTE 的业务与应用

2G 取代 1G 是由明确的使用需要(安全、统一制式、漫游等)促发的技术革新。而 3G、4G 以及将来的移动系统, 主要是带宽越来越宽、速率越来越快, 当然安全性、稳定性也都会提升。这些提升的性能用来干什么? 如何发掘出足够的业务, 让新一代技术有用武之地? 业务应用的发展逐渐成为影响技术进步的重要因素, 而技术自身的发展与业务的发展相比, 反而是一件相对容易的事情。

目前, 3G 在全球规模商用, 尤其是 3G 增强型技术 HSPA/EV-DO 的普及和推广, 使得移动多媒体业务和移动互联网得到快速发展。在给用户提供新体验的同时, 由于用户对于数据业务需求的爆发式增长, 导致网络容量和业务承载的压力日益增大。并且, 对于许多高带宽业务, 如移动视频类、大容量文件传输和无线上网等业务, 随着用户数量的激增, 对带宽的占用快速增加, 用户业务体验也开始逐步下降。

在 3G 发展的阶段中, 存在手持终端丰富程度不足、功能性不强、网络覆盖不到位的问题, LTE 与其类似, 在这些方面上仍需要逐步完善。

移动数据业务的兴起带来了很多新应用和新市场, 这些新的应用体现了用户对于业务和带宽的需求也在发生着变化, 呈现出新的趋势。

1. 个人应用

(1) 移动互联网

在全球 ICT 融合的大趋势下, 移动网与互联网进一步融合, 即时消息、博客、电子邮件等都已经移动互联网上获得了良好的应用, 移动办公、移动上网、移动收发邮件将逐渐成为日常工作与生活的一部分。移动网络数据流量以超过 100% 的速度激增, 现有无线网络在承载这些爆发性增长的业务时难堪重负, 数据业务急需分流, 而 LTE 无线网络将带给用户更好的体验。

(2) 生活与娱乐

智能终端的普及带来移动业务的迅速增长。市场调研表明, 智能手机用户的业务应用比普通手机多出 50%, 而这多出的 50% 就是各种移动应用业务。手机终端处理能力已经超过计算机。

2. 行业应用

(1) 移动视频会议

越来越多的企业都希望能够借助视频会议特别是高清视频会议产品优化沟通形式, 提高会议和决策效率并降低运营成本。LTE 在系统带宽、网络时延、移动性方面都有了跨越式提高, 可帮助移动视频会议使用者获得更佳的远程会议体验。

(2) 移动商务

利用 LTE 无线网实现移动互联网接入,在移动终端与互联网终端之间建立连接,让用户实现移动办公、移动供应链等商务活动。

(3) 视频监控

LTE 的高带宽、移动性适合于提供广域范围内的视频监控解决方案。与 3G 相比,移动摄像前端的视频采集可以达到标清质量,视频质量提升多达 16 倍,移动客户端可以观看 720P/1080P 高清质量的视频。

3. 家庭应用

为用户提供无线宽带、基本话音业务和数据业务接入等多种基本通信服务,并基于 LTE 平台提供多种增值信息服务。

LTE 的业务发展与网络发展同样是一个逐步完善的进程。建设初期,网络终端类型较为受限,主要为 USB 数据卡和 CPE 等形态,主要满足无线上网的需求。网络发展期间,终端类型也由单一的上网卡逐步推广到智能手机、平板电脑、行业终端等,此时将会为用户提供高清视频通话、移动视频监控、即摄即传、远程教育、无线视频会议和动态电子商务等多种应用。

1.3 未来移动通信趋势

从提供基本的移动话音,到短消息、WAP 等低速数据业务,再发展到移动宽带所支持的各种高速无线上网、娱乐、计算与移动信息服务,在多种技术融合与发展的基础上,以用户为中心的移动通信系统逐渐浮现。技术的发展与业务的应用相互促进,未来的移动通信呈现出以下特征。

1.3.1 移动宽带化趋势明显

移动通信领域经过多年的内部自我发展,开始面临外部非电信业技术领域的影响与挑战。802.16/WiMAX 的提出,促使整个无线通信领域开始了新一轮的技术发展,加速了蜂窝移动通信技术演进的步伐。正是为了应对 WiMAX 标准的竞争,3GPP 启动了长期演进计划。显而易见,长期演进计划的目标首先是提高蜂窝移动网的宽带接入能力。

1.3.2 融合成为趋势

纵观全球通信业发展,融合正成为不可阻挡的趋势。总体来看,整个产业正处于重大转型期。从运营来看,全球电信运营商陆续成为同时拥有固网和移动网的全业务运营商;从网络层面来看,多种网络、技术和业务的融合趋势日益明显;从技术来看,信息通信技术正处于更新换代的关键时期,以 IPv6 技术为代表的下一代互联网呼之欲出,3G 演进技术发展迅猛,固定网与移动网的融合(FMC)技术发展使融合成为可能;从通信业务来看,正在由传统的话音业务向宽带数据业务转变,更引人瞩目的是,互联网向电信网的延伸明显加速。

信息通信业务呈现出宽带化、移动化、IP 化和融合化的特征,其中移动通信和互联网

是发展最快、影响最大的两个领域。这两个领域的融合，催生出蓬勃发展的移动互联网。越来越多的人希望在移动的过程中高速地接入互联网，获取急需的信息，完成想做的事情。因此移动网与互联网融合是历史的必然趋势。移动互联网已逐渐渗透到人们的生活、工作等各个领域，短信、铃图下载、移动音乐、手机游戏、视频应用、手机支付、位置服务等丰富多彩的移动互联网应用迅猛发展，正在深刻改变信息时代的社会生活。

1.3.3 新技术不断应用

宽带无线接入技术的发展极为迅速，各种微波、无线通信领域的先进手段和方法不断引入，使用频段从 2.4GHz 开始向上直至 38GHz 仍在不断扩展。一方面，这些技术充分利用了过去未被开发，或者应用不是很多的频率资源；另一方面，它们融合了在其他通信领域成功应用的先进技术（如 64QAM、OFDM 等），以实现更大的频谱利用率、更丰富的业务接入能力、更灵活的带宽分配方法。

目前，宽带 OFDM 技术、软件定义的无线电技术的应用、调制阶数和覆盖面大小可变的自适应技术、高效率频谱成形技术、自适应动态时隙分配技术、自适应信道估值与码间干扰对抗技术、自适应带宽分配及流量分级管理技术、中频与射频集成组装的紧凑型的户外单元技术和高级编码调制与收信检测技术等正成为宽带无线接入技术领域的最新技术亮点。整个移动接入技术领域的发展体现出如下趋势：

- ① 应用更高的频段，频率利用效率持续提高；
- ② OFDM 技术兴起；
- ③ 多址方式不断充实；
- ④ 调制方式向多状态化发展；
- ⑤ 双工方式灵活选择；
- ⑥ 网络业务数据化、分组化；
- ⑦ 带宽动态分配；
- ⑧ 业务接口日趋丰富。