



“十二五”
国家重点图书出版规划项目

LTE Network Planning and Design Handbook 4G 丛书

LTE

网络规划设计手册

□ 广州杰赛通信规划设计院 主编

深入地讲述了LTE的各项
关键技术和系统架构；对
传送网规划、核心网规划
以及室内覆盖规划进行了
细致的分析



“十二五”
国家重点图书出版规划项目

LTE Network Planning and Design Handbook 4G 丛书

LTE

网络规划设计手册

□ 广州杰赛通信规划设计院 主编

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

LTE网络规划设计手册 / 广州杰赛通信规划设计院主
编. — 北京: 人民邮电出版社, 2013.1
(4G丛书)
ISBN 978-7-115-29433-3

I. ①L… II. ①广… III. ①无线电通信—移动网—
网络规划—手册②无线电通信—移动网—网络设计—手册
IV. ①TN929.5-62

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第216944号

内 容 提 要

本书研究 LTE 网络的规划和设计, 主要内容包括: 技术原理分析、容量分析、覆盖分析、干扰分析、模拟预测、室内覆盖、规划设计流程、组网相关问题、传输网技术分析、核心网技术与设计分析。

根据现有国际标准和学术资料、厂家资料, 首先分析 LTE 关键技术性能增益, 然后分析其覆盖、容量、干扰, 在此基础上给出组网相关方案和应注意的问题。

本书内容翔实, 适于熟悉 2G、3G 网络规划设计的人员学习掌握 LTE 网络规划设计相关知识, 对研究 LTE 网络规划设计、优化的技术人员也具有参考价值。

4G 丛书

LTE 网络规划设计手册

-
- ◆ 主 编 广州杰赛通信规划设计院
责任编辑 李 强
 - ◆ 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 24.5
字数: 588 千字
印数: 1-5 000 册
- 2013 年 1 月第 1 版
2013 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-29433-3

定价: 78.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

本书编委会

主 任：彭国庆

副主任：孙义传 沈文明

委 员：程 敏 刘仲明 孙广波

序

国际电联已明确将 LTE 与 WiMAX 两大技术最终确定为 4G 标准。LTE 和 WiMAX 都是基于 OFDM 技术, OFDM 适合在多径传播和多普勒频移的无线信道中传输高速数据, 因而被无线局域网 (WLAN)、无线城域网 (WMAN) 采用, 现又由 WiMAX 移植到移动通信领域, 目前, 高速蜂窝移动网正加快向 3G 长期演进技术 LTE 的发展。

一、3G 网络向 LTE 的演进迫在眉睫

以 iPhone 为代表的智能终端的出现和迅速普及, 为移动通信新业务发展提供了无限可能, 同时也对移动通信网络的业务承载能力提出了更高的要求。3G 虽然以满足多媒体数据业务需求为主, 但是由于其容量和承载能力所限, 对高清电视这样的视频流媒体业务的支撑上还是显得力不从心, 一定程度上影响了移动通信业务与应用的发展, 因此移动互联网业务的蓬勃发展迫切需要网络向大容量和高带宽演进。

与此同时, 数据业务流量的激增也为运营商带来建设和运营方面的巨大挑战, 由于业务收入不能随着业务量线性增长, 承载成本和业务收入之间的差距随着数据业务量的指数性增长也将越来越大, 因此运营商势必要寻求更为高速率、低成本的技术体制。

LTE 技术顺应移动通信网络宽带化、IP 化、智能化的发展趋势, 具有如下的显著特征:

- (1) 高速率, 下行峰值速率至少 100Mbit/s, 上行至少 50Mbit/s;
- (2) 高频谱效率, 频谱效率为 HSPA 的 2~4 倍;
- (3) 网络结构扁平化, 整体架构基于分组交换;
- (4) 系统部署灵活, 能够支持 1.4MHz~20MHz 的多种系统带宽以及成对和非成对的频谱分配;
- (5) 降低无线网络时延, 具有完善和严格的 QoS 机制, 保证实时业务的服务质量;
- (6) 自组织网络, 降低网络建设、优化、维护成本;
- (7) 强调向下兼容, 支持已有的 3G 系统和非 3GPP 规范系统的协同运作。

可见与 3G 相比, LTE 具有明显的技术优势, 可很好解决业务带宽需求以及承载成本的问题, 成为 3G 网络演进的必然选择。实际上自 2009 年第一张 LTE 网络部署以来, LTE 在全球范围内迅速铺开, 已经成为有史以来发展最为迅速的移动通信技术。

二、LTE 为我国移动通信事业的发展带来空前契机

LTE 按照双工方式可分为基于 WCDMA 的 FDD-LTE 和基于 TD-SCDMA 的 TDD-LTE 两种, 二者在高层和网络侧是基本一致的, 其差别主要在底层上。在相同 OFDM、MIMO 等基础技术的支持下需要针对不同的双工模式作各自的优化。尤其是中国独立提出的 TD-LTE 及 TD-LTE Advanced 方案, 使得中国移动通信产业发展面临巨大的历史机遇。因此, 有必要深入分析 LTE 及其演进技术的特点与优势, 抓住机遇, 促进中国移动通信事业的快速健康发展。

国际上 1G、2G 和 3G 中的两种标准都是频分双工 (FDD) 的, 就像高速公路一样, 有

上行的路也有下行的路，必须两个频段。只有中国提出的 3G 国际标准——TD-SCDMA 是时分双工（TDD）的，只要一个频段按需分配上行或下行的时间。TD-SCDMA 利用了语音通信的特点，当一方讲话时，对方都是在听的，因此只用一个下行的路，上行的路是空闲的；此外还有互联网的特点，从网上下载的远远多于发给网上的，因此也是下行路忙，上行路闲；所以 TD 有它节约频谱的天然优势。

中国深刻认识到 TDD 在频谱效率方面的优越性，大胆采用了智能天线、联合检测、接力切换和上行同步等具有自主知识产权的先进技术，使 TDD 和 CDMA、TDMA 技术完美结合，符合移动互联网发展方向，不但能够高速移动、高速数据和大范围覆盖，适于独立组网，而且具有频谱效率高、适合非对称业务、性价比高、适于 2G 网络过渡和技术升级等突出优势，从而在公众移动通信领域开辟了一条新航线。

我国以 TD 为基础的 TD-LTE 正是沿着这条新航线发展的后续演进标准，先天上继承了很多 TD 的优良基因，后天上又恰逢国家高度重视自主创新的年代，受到了中国政府、科研机构、企业和学校等多方关注，通过从 2007 年起开展的新一代宽带移动无线网重大专项之后多年的努力，TD-LTE 赶上了时代的步伐，技术上与国际上的 FDD-LTE 并驾齐驱。2010 年 5 月上海世博园和 11 月广州亚运会成功演示了高清晰度视频、即拍即传等新业务，取得了理想的测试结果，获得了国际上业界的赞赏。自 2011 年开始，中国移动在 6 个城市进行了 TD-LTE 第一阶段的规模技术试验，之后，又在 9 个城市（北京、天津、上海、南京、杭州、广州、深圳、厦门、青岛）建设超过 2 万个 TD-LTE 基站。第二阶段试验已在今年展开，杭州、深圳主城区将达到试商用水平，并将在香港特别行政区开始 LTE TDD/FDD 商业服务。目前，全球已有 40 家运营商加入 TD-LTE 发展倡议组织(GTI)，五家已推出商用服务。前不久中国政府首次在国际场合公布频谱规划方案——决定将 2.6GHz 频段的 2500~2690MHz 全部的 190MHz 带宽规划为 TDD 频谱。这样就可以为多家运营商同时采用 TD-LTE-A 建网提供充足的频谱资源，这将有利于竞争，不致导致独家垄断。通过两个阶段规模技术试验和试商用，业界取得共识，认为 TD-LTE-A 具有下列优势：

（1）在带宽需求日益增加而频谱供应日益紧张的情况下，在频谱利用上，TDD 方式的效率较高；

（2）可利用信道对称性易于实现智能天线、MIMO 等新技术来改进系统性能；

（3）可灵活地支持非对称业务，更适应移动互联网的需求；

（4）在物理层与测量检测等方面具有自身的特点；

（5）其同步机制对于多小区资源与干扰的协调具有自身的优势。

因此，推行中国 4G 标准，可充分发挥我国自主技术只需一个频段的优势，顺应移动互联网与互联网结合的技术发展潮流，建设全球最为先进高效的移动互联网。

我们要特别重视系统标准是由专利技术群体所支撑的，每一项专利技术都代表滚滚财源。韩国移动通信的发展表明，没有自主技术终将受制于人，芯片加上提成，一半的钱都被美国高通公司拿走了！我国 DVD 产业也经受了同样的压制。只有解决好 IPR 问题，才能保证我国 3G/4G 产业健康发展。无论使用欧美哪一个标准，国内企业都要交纳高额的专利使用费；即使按 5% 计算，几年累计即可高达 500 亿元，如果再加上入门费、芯片费，金额之大，更是惊人！

根据国家知识产权局专利分析和预警办公室的《TD-SCDMA 和 LTE 专利态势分析》，通

信技术领域专利因保护范围大小和保护技术所处产业链位置等因素，其重要性差异很大，可以分为三个层次。

第一层次为底层基础技术专利，如 TD 中使用的时分双工(TDD)技术，智能天线(SDMA)技术和码分多址(CDMA)技术都属于基础底层技术，这种专利的保护范围通常比较大。

第二层次为标准框架技术专利：通信标准是将各种底层技术融合、协调，标准框架技术专利就是保护这种标准的专利。如 TD 是指时分双工(TDD)条件下，使用智能天线(SDMA)的码分多址(CDMA)系统(TDD+CDMA+智能天线)。标准框架技术专利是通信标准的重要专利。

第三层次为应用层面技术专利：为解决现有通信系统运行过程中出现的各类技术问题而形成的专利。这种专利的数量是最大的，如天线的防风、信号直放站等，但相对保护范围最小。对 3G 标准研发所产生的主要是第二和第三层次的专利。

最早涉及 TD 的中国专利申请于 1994 年提交，申请号为 ZL94194868，申请人是国际商业机器公司；国内公司相关专利申请始于 1997 年，申请号为 ZL97104039，申请人是大唐集团的北京信威通信公司。在 TD 发展初期，国外申请多于国内申请，从 2003 年开始，国内申请总量快速增长，并且申请量远超过国外申请。据统计，截止到 2010 年 10 月，TD 在华专利申请共 6634 件，其中 89%来自国内(5900 件)，11%来自境外(734 件)。TD 关键技术集中在：智能天线、多载波、上行同步、联合检测、接力切换和动态信道分配。

在 2004 年 11 月的 3GPP 魁北克会议上，3GPP 决定开始 3G 技术的长期演进(LTE)的项目研究，2006 年 9 月，LTE 标准正式开始起草，LTE 作为 3G 技术的进一步发展，代表了未来移动通信产业发展的一个重要方向。对 LTE 及其重要底层技术 OFDM(正交频分复用技术)和 MIMO(智能天线多入多出技术)专利态势的初步研究分析，共有 865 篇检索结果。TD-LTE 最终被确定为 TD-SCDMA 的后续演进标准，受到了中国政府的高度重视，得益于国内科研机构、企业和学校等多方面的贡献。因此，TD-LTE-A 国内专利中，从 2006 年开始增速超越国外来华申请，并保持高速增长态势，标准框架核心专利在中国，TD 产业联盟成员申请了更多专利，占有相当份额。到 2009 年公开的专利申请中，国内申请量与国外申请量相比已经具有了很明显的优势。LTE 相关专利申请量前 15 位申请人共有 627 篇 LTE 相关专利申请，占到总量的 72.5%，处于前三位的申请人分别是中兴、华为、大唐，其在申请量上均已远超申请量相对较大的国外申请人三星电子、高通公司和交互数字技术公司。

WiMAX 是 2002 年提出的，比 LTE 早了两年，因此，截止到 2009 年，WiMAX 的总体中国专利申请数量多于 LTE，为 480:364；中外申请机构 WiMAX 有 90 余家，LTE 有 70 余家。但是由于 LTE 的优势是从传统电信发展出来的标准，从理念到习惯电信运营商比较容易接受，如法国电信、德国电信、美国 AT&T、日本 NTT、韩国 KT 等都关注并投入 TD-LTE 阵容，因此从发展势头看两者的专利数量和申请机构间的差距正在缩小。可以看出，国内通信业界自主知识产权意识和能力在近年来有了巨大的改变，国内申请人在 LTE 长期演进项目上并没有像 3G 那样落后于国外申请人。目前 LTE 专利还处于发展中，尚未有公司形成垄断性优势。

综上所述，创新是一个国家兴旺发达的不竭动力，抓住历史机遇，大力发展具有自主知识产权的 LTE 与 4G 系统，可进一步缩短与国外厂家的差距，提高国产设备的市场占有率，保障国家的信息安全，集各家之所长，在 4G 领域掌握核心技术和拥有较为全面的自主知识

产权,从而开创中国信息化的新局面。而且随着频谱越来越稀缺,运营商需购买的频谱宽度越来越大,TDD 模式的经济性会越来越有吸引力,在国际上平分天下的期盼有望在 4G 上实现。

三、LTE 大规模网络建设迫切需要科学的规划设计

由于 4G 网络的技术含量高,网络规划设计的难度大,宽带业务需求更加多样化和个性化,因此,其网络规划设计同主要承载话音和低速数据业务的 2G 移动通信网络以及同主要承载高速数据业务的 3G 移动通信网络相比更加复杂。正确合理的网络规划设计是发挥 4G 优势的前提,也是解决其某些技术劣势的有效手段。早些年,广州杰赛通信规划设计院有预见性地及时安排了“第三代移动通信规划设计丛书”的课题,对 3G 的三种主流标准:WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA 进行了认真消化;对第三代移动通信业务发展、网络规划、网络设计优化、运营维护等方面进行了深入研究,掌握了相关技术,并形成了完善的设计工作流程。在此基础上结合我国的实际情况,逐一编著规划设计手册,针对每个标准的具体内容,包括相关的系统组成、网络结构、技术规范、指标要求,结合技术发展趋势和该院长期从事 GSM 和 CDMA 等 2G 网络规划设计所积累的经验,阐述通信工程设计人员应该掌握的专业知识,提供比较全面的网络规划设计技术资料、经验数据及常用图表。《WCDMA 规划设计手册》已于 2005 年 4 月由人民邮电出版社出版,《cdma2000 规划设计手册》相继于 2006 年 2 月出版,而《TD-SCDMA 规划设计手册》则是在上述行业标准、规模网络技术应用试验的基础上于 2007 年 3 月出版的。

时代已经发展到需要更加高速的宽带移动网络了。广州杰赛通信规划设计院在 6 年从事 3G 网络规划设计所积累的丰富经验基础上,与时俱进,及时编著了《LTE 网络规划设计手册》。由于 LTE 采用了很多关键技术(如 OFDM、MIMO 等),无论从无线接入方面还是在网络架构方面,相对于以 CDMA 为多址方式的 3G 技术都有革命性的变化。

深入理解 LTE 的各项关键技术、系统架构等,是对 LTE 的覆盖、容量性能等进行分析的基础和依据;正确合理的进行移动网、核心网、传输网的规划设计是 LTE 网络发挥其技术优势的前提,这些也正是本书的主要内容。

本书根据现有国际标准、中国通信行业标准和学术资料、厂家资料,首先概述 LTE,介绍 LTE 的发展背景和发展现状,以及通信系统结构、网元和功能、技术演进、规划设计的特点和难点,然后分析其原理、底层、覆盖、干扰、容量,在此基础上给出组网相关方案。

原理方面:主要对 LTE 网络架构演进、网元功能、系统接口及功能等进行了总结和归纳,对 LTE 无线技术中的 OFDM、MIMO、SON、ICIC 等技术原理及其在 LTE 中的实现进行了分析。

底层方面:对 LTE 帧结构,上下行物理信道与信号的构成和作用,主要的物理层过程如同步、随机接入、寻呼、功率控制等进行了介绍。

覆盖方面:对 LTE 链路预算的各关键项进行了分析,并根据 3GPP 标准中的指标要求,结合各种测试环境下的结果确定接收机解调门限和接收灵敏度,给出前反向链路预算和覆盖半径计算。对 LTE 室内覆盖规划,从建筑物穿透损耗特性入手,提出了室内覆盖楼宇的选取原则。结合室内传播模型,对室内天线覆盖能力进行了分析。对室内分布系统建设中的问题,如单双通道选择、通道平衡性、系统间干扰等问题进行了剖析,最终给出几种室分系统改造方案建议。

干扰方面：对干扰的形成机理、干扰计算方法进行了介绍，并结合标准中的最低要求给出 LTE 与其他系统的干扰隔离度的计算结果及隔离度实现方式建议。

模拟预测方面：详细叙述三维射线跟踪传播模型等较新的无线信号传播理论，给出不同 MIMO 模式、ICIC 方案下的性能仿真实例。

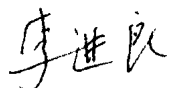
网络设计方面：首先研究关键技术的性能增益，然后分析覆盖、容量，在此基础上给出组网问题和解决方案。介绍了无线网络规划设计流程，并具体说明了 LTE 频率规划方法（包括频段选择建议、频率复用方式）和参数规划原则和方法。

对 LTE 容量规划。结合理论分析、仿真、测试结果，对 LTE 单站容量进行了分析，并特别对 VoIP 的容量影响因素、不同控制信道配置下的容量进行了对比分析。在单站容量分析的基础上，给出了基站容量配置建议以及接口传输带宽需求分析。此外本书对 LTE 传送网与 LTE 核心网的规划分别进行了介绍，包括传送网的快速 IP 化，不同技术相互竞争，PTN 和 IP RAN 二者的趋同和结合，并介绍了 LTE 核心网络的结构与演进，详细阐述了 EPC 网络规划设计，包括发展思路、演进路线、语音业务实现方式、GTP 隧道协议等，在此基础上给出了 EPC 网络建设方案，包括业务模型设置、网元建设、网络组织、编号计划、同步方式、网管系统、计费系统等。

本书内容详实，适于熟悉 2G、3G 网络规划设计的人员学习掌握 LTE 网络规划设计，另外对研究 4G 网络规划设计、优化的技术人员也具有参考价值。期望本书能为制定科学的基站规划方案及管理策略，借以充分发挥 TD 技术和频率资源的优势，指导下一步在全国各地扩大规模、增加网点的建网工程，确保我国移动通信产业的健康发展，为构建和谐信息社会做出贡献。

中国电子科技集团公司第七研究所

教授级高工



前 言

LTE 被认为是移动通信系统由 3G 向 4G 演进的主流技术, 由于其本身采用了 4G 的很多关键技术 (如 OFDM、MIMO 等), 无论从无线接入方面还是在网络架构方面, 相对于以 CDMA 为多址方式的 3G 技术都有革命性的变化, 因此被称作“长期演进”, 也被通俗地称为 3.9G。

深入理解 LTE 的各项关键技术、系统架构等, 是对 LTE 的覆盖、容量性能等进行分析的基础和依据; 正确合理地规划设计移动网、核心网、传输网是 LTE 网络发挥其技术优势的前提, 这些也正是本书的主要内容。

第 1 章, LTE 概述。介绍 LTE 的发展背景和发展现状。

第 2 章, LTE 关键技术原理。主要包括三方面内容: 第一, 网络结构, 对 LTE 网络架构演进、网元功能、系统接口及功能等进行了总结和归纳; 第二, LTE 对 WCDMA 关键技术的取舍分析; 第三, 关键技术分析, 对 LTE 无线技术中的 OFDM、MIMO、SON、ICIC 等技术原理及其在 LTE 中的实现进行分析。

第 3 章, LTE 物理层。对 LTE 帧结构, 上下行物理信道与信号的构成和作用, 主要的物理层过程如同步、随机接入、寻呼、功率控制等进行了介绍。

第 4 章, LTE 覆盖规划。对 LTE 链路预算的各关键项进行了分析, 并根据 3GPP 标准中指标要求, 结合各种测试环境下的结果确定接收机解调门限和接收灵敏度, 给出前反向链路预算和覆盖半径的计算方法。

第 5 章, LTE 容量规划。结合理论分析、仿真、测试结果, 对 LTE 单站容量进行了分析, 并特别对 VoIP 的容量影响因素、不同控制信道配置下的容量进行了对比分析。在单站容量分析的基础上, 给出了基站容量配置建议以及接口传输带宽需求分析。

第 6 章, LTE 传送网。LTE 的传输需求是对传输承载的一个挑战, 主要体现在两个方面, 一是要求高可靠性、带宽大; 二是要求灵活承载, 满足基站互访、多归属等。随着业务的 IP 化, 传送网也在快速 IP 化, 不同技术相互竞争, PTN 和 IP RAN 是目前技术的主流, 二者的趋同和结合成为未来发展的预期。

第 7 章, LTE 核心网规划。介绍了 LTE 核心网络的结构与演进, 并详细阐述了 EPC 网络规划设计, 包括发展思路、演进路线、语音业务实现方式、GTP 隧道协议等, 在此基础上给出了 EPC 网络建设方案, 包括业务模型设置、网元建设、网络组织、编号计划、同步方式、网管系统、计费系统等。

第 8 章, LTE 室内覆盖规划。从建筑物穿透损耗特性入手, 提出了室内覆盖楼宇的选取原则。结合室内传播模型, 对室内天线覆盖能力进行了分析。对室内分布系统建设中的问题如单双通道选择、通道平衡性、系统间干扰等问题进行了剖析, 最终给出室分系统改造方案建议。

第 9 章, LTE 干扰分析。对干扰的形成机理、干扰计算方法进行了介绍, 并结合标准中

的最低要求给出 LTE 与其他系统的干扰隔离度的计算结果及隔离度实现方式建议。

第 10 章, LTE 系统仿真。详细叙述三维射线跟踪传播模型等较新的无线信号传播理论, 给出不同 MIMO 模式、ICIC 方案下的性能仿真实例。

第 11 章, LTE 无线网络设计。介绍了无线网络规划设计流程, 并具体说明了 LTE 频率规划方法(包括频段选择建议、频率复用方式)和参数规划原则和方法。

本书的第 1~5 章以及第 8~11 章由程敏编写, 第 6 章由刘仲明编写, 第 7 章由孙广波编写, 沈文明、程敏负责全书的审核、校对。

本书适用于熟悉 2G、3G 网络规划设计的人员掌握 LTE 网络规划设计, 对研究 LTE 网络规划设计、优化的技术人员也具有参考价值。

由于 LTE 是全新的技术体制, 网络规划设计及优化的实践经验还不丰富, 本书难免有不当之处, 敬请读者批评指正。

广州杰赛通信规划设计院

2012 年 7 月

目 录

第 1 章	LTE 概述	1
1.1	LTE 背景分析	1
1.1.1	LTE 的驱动力	1
1.1.2	LTE 简介	6
1.2	LTE 发展现状	6
1.2.1	LTE 网络部署	6
1.2.2	LTE 设备	8
1.2.3	LTE 终端	8
1.3	我国 LTE 网络部署展望	9
	参考文献	10
第 2 章	LTE 关键技术原理	11
2.1	LTE 网络结构	11
2.1.1	网络架构	12
2.1.2	网元功能	13
2.1.3	系统接口	18
2.2	LTE 对 WCDMA 关键技术的取舍	20
2.2.1	高阶调制	20
2.2.2	自适应调制和编码 (AMC, Adaptive Modulation and Coding)	20
2.2.3	HARQ	21
2.2.4	软切换(宏分集技术)	24
2.3	OFDM 技术原理	25
2.3.1	OFDM 基本原理	27
2.3.2	SC-FDMA 基础	31

2.4	MIMO 技术原理	32
2.4.1	MIMO 基本原理和分类	32
2.4.2	MIMO 信道容量分析	33
2.4.3	下行 MIMO 技术	34
2.4.4	上行 MIMO 的实现	42
2.5	SON	44
2.5.1	自配置功能	45
2.5.2	自优化功能	46
2.5.3	SON 管理系统架构	46
2.6	干扰抑制技术	48
2.6.1	波束成形天线技术	48
2.6.2	干扰随机化技术	48
2.6.3	干扰消除技术	49
2.6.4	干扰协调/回避技术	50
	参考文献	51

第 3 章	LTE 物理层	53
3.1	LTE 物理层概述	53
3.1.1	信道带宽与双工方式	53
3.1.2	LTE 帧结构	53
3.2	LTE 物理信道与信号	55
3.2.1	上行链路	56
3.2.2	下行链路	75
3.2.3	伪随机序列生成	118
3.2.4	定时	118
3.3	LTE 物理层过程	119
3.3.1	同步过程	119
3.3.2	随机接入	120

3.3.3 寻呼	122	5.6.3 小结	200
3.3.4 功率控制	124	参考文献	200
参考文献	134		
第 4 章 LTE 覆盖规划	136	第 6 章 LTE 传送网	201
4.1 概述	136	6.1 全业务与综合承载	201
4.2 LTE 链路预算关键项	136	6.2 LTE 系统架构和传输需求	202
4.2.1 有效发射功率	136	6.2.1 系统构架	202
4.2.2 接收机灵敏度	138	6.2.2 LTE 传输需求	203
4.2.3 穿透损耗	163	6.3 LTE 承载网需求	204
4.2.4 衰落余量	163	6.4 核心网元设置	204
4.2.5 干扰余量	164	6.5 关于传送网二层 (L2) 与三层 (L3) 功能	204
4.2.6 其他增益损耗	165	6.6 基于 MPLS 的 L2 VPN 与 L3 VPN	205
4.2.7 典型链路预算	166	6.6.1 L2 VPN	206
4.2.8 LTE TDD 和 FDD 覆盖性能差异分析	168	6.6.2 L3 VPN	207
4.3 覆盖半径计算	171	6.6.3 性能对比	208
参考文献	172	6.6.4 小结	209
第 5 章 LTE 容量规划	173	6.7 关于 PTN 与 IP RAN	209
5.1 概述	173	6.7.1 PTN	209
5.2 容量规划流程	173	6.7.2 IP RAN	212
5.2.1 网络容量需求分析	173	6.7.3 PTN 与 IP RAN	213
5.2.2 单站容量分析	174	6.8 传输网与 LTE 核心网元的连接	213
5.3 业务模型	174	6.9 L3 功能部署方案	214
5.4 单站容量分析	175	6.10 LTE 传送网技术方案	215
5.4.1 理论峰值速率	176	6.11 PTN: L2 VPN + L3 VPN 组网	215
5.4.2 扇区平均吞吐率影响因素	178	6.11.1 简化 L3 VPN (PTN 核心层)	216
5.4.3 扇区平均吞吐率仿真结果	180	6.11.2 需要的技术支持	216
5.4.4 扇区吞吐量测试结果	189	6.11.3 局限性	217
5.4.5 VoIP 容量分析	192	6.12 网络技术方案示例	217
5.5 基站容量配置	198	6.13 网络部署	219
5.5.1 带宽选择	198	6.14 网络保护	219
5.5.2 基站载波配置	198	6.15 容量部署	220
5.6 接口传输带宽需求分析	199	6.16 时间同步	221
5.6.1 FDD	199	6.17 简要结论	221
5.6.2 TDD	200	参考文献	222

第 7 章 LTE 核心网规划	223		
7.1 核心网络的平滑演进.....	223	8.4.1 单通道和双通道的 选择.....	263
7.2 EPC 网络结构及特点.....	223	8.4.2 单极化和双极化天线的 选择.....	264
7.2.1 EPC 网络结构.....	224	8.4.3 双通道分布系统支路平 衡性.....	264
7.2.2 EPC 网络特点.....	227	8.4.4 单通道室分扩容.....	265
7.2.3 EPC 与 3G 核心网的 对比.....	228	8.4.5 LTE 与其他系统间干扰 问题.....	265
7.3 EPC 网络规划设计.....	229	8.5 室内分布系统改造.....	267
7.3.1 核心网网络发展思路 ...	229	参考文献.....	268
7.3.2 核心网演进路线的 选择.....	232		
7.3.3 EPS 网络中语音业务的 实现.....	232	第 9 章 LTE 干扰分析	270
7.3.4 GTP 隧道协议.....	239	9.1 干扰类型.....	270
7.3.5 规划设计步骤.....	240	9.1.1 噪声.....	270
7.3.6 网络规划设计中的重点 参数.....	241	9.1.2 系统内干扰.....	271
7.4 EPC 网络建设方案.....	242	9.1.3 系统间干扰.....	272
7.4.1 业务模型设置.....	242	9.2 系统内干扰.....	272
7.4.2 网元建设方案.....	242	9.2.1 TDD 系统的上下行 干扰.....	272
7.4.3 网络组织.....	248	9.2.2 邻频干扰.....	275
7.4.4 SAE 编号计划.....	250	9.2.3 分析结论.....	281
7.4.5 同步方式.....	252	9.3 系统间干扰分析方法.....	282
7.4.6 EPC 网管系统.....	254	9.3.1 系统间干扰计算.....	282
7.4.7 EPC 计费系统.....	256	9.3.2 系统间干扰分析方法 ...	284
参考文献.....	257	9.4 系统间干扰确定性分析.....	285
第 8 章 LTE 室内覆盖规划	258	9.4.1 邻频干扰.....	285
8.1 室内覆盖楼宇选择.....	258	9.4.2 杂散干扰.....	293
8.1.1 建筑物穿透损耗特性 ...	258	9.4.3 互调干扰.....	302
8.1.2 不同类型楼宇选取 原则.....	259	9.4.4 阻塞干扰.....	303
8.2 信源选取.....	260	9.4.5 系统间干扰确定性分析 小结.....	308
8.3 室内天线覆盖能力分析.....	261	9.5 系统间干扰仿真分析.....	311
8.3.1 室内传播模型.....	261	9.5.1 FDD 系统共存仿真 结果.....	311
8.3.2 LTE 室内天线覆盖半径 估算.....	262	9.5.2 TDD 系统共存仿真 结果.....	315
8.4 室内分布式天馈系统建设中的 问题.....	263	9.5.3 其他共存仿真结果.....	321
		9.5.4 系统间干扰仿真分析	

小结	327	影响	351
参考文献	327	参考文献	353
第 10 章 LTE 系统仿真	330	第 11 章 LTE 无线网络规划	
10.1 无线信号传播基础	330	设计	354
10.1.1 电磁波传播特性	330	11.1 无线网络规划设计流程	354
10.1.2 信号接收点移动特性	330	11.1.1 准备阶段	354
10.1.3 电磁波传播信道	332	11.1.2 预规划阶段	357
10.2 三维射线跟踪传播模型	334	11.1.3 详细规划阶段	358
10.2.1 电磁传播的影响因素	334	11.1.4 工程实施阶段	359
10.2.2 电磁传播模型分类	335	11.2 LTE FDD 和 TDD 的比较	
10.2.3 射线传播模型的原理	337	分析	359
10.2.4 Volcano3D 射线跟踪模		11.2.1 技术层面	359
型应用举例	339	11.2.2 性能层面	359
10.2.5 射线跟踪模型和传统模		11.2.3 LTE FDD 和 TDD 分析	
型的选择	340	小结	360
10.3 LTE 仿真	341	11.3 LTE 频率规划	361
10.3.1 静态分析	341	11.3.1 频段选择	361
10.3.2 静态仿真	341	11.3.2 频率复用	364
10.3.3 动态仿真	342	11.4 LTE 参数规划	365
10.3.4 仿真方法选择	344	11.4.1 TA 规划	365
10.4 仿真实例	345	11.4.2 Cell ID 规划	366
10.4.1 模拟条件	345	参考文献	367
10.4.2 MIMO 对系统性能的		缩略语	368
影响	349		
10.4.3 ICIC 对系统性能的			

第 1 章

LTE 概述

自从 20 世纪 80 年代人们突破有线连接的束缚、建立起第一代模拟移动通信系统以来，随着业务以及技术的驱动，移动通信技术在近 30 年的时间里发生了翻天覆地的变化，由第一代只提供简单语音业务的模拟移动通信系统，发展到以承载语音和低速数据为特征的数字蜂窝系统即 2G，再演进到目前在全球范围内飞速发展的 3G 网络，并且还在加速向着 LTE、4G 等宽带移动通信的方向演进。

LTE 是英文 Long Term Evolution 的缩写，它被认为是移动通信系统由 3G 向 4G 演进的主流技术，由于其本身采用了 4G 的很多关键技术（如 OFDM、MIMO 等），无论从无线接入方面还是在网络架构方面，相对于以 CDMA 为多址方式的 3G 技术都有革命性的变化，因此被称作“长期演进”，也被通俗地称为 3.9G。

自 2004 年 3GPP 的多伦多会议上提出 LTE 概念以来，LTE 标准制定经历了研究项目（Study Item）和工作项目（Work Item）两个阶段，R8 版本的 LTE 标准已于 2008 年底冻结，R9 版本的协议也于 2009 年 12 月冻结，R10 版本是 3GPP 作为 4G 标准提案的 LTE-Advanced 标准的第一个版本，在 2011 年 3 月冻结（标准协议在三个月后固定下来）。目前 R11、R12 版本规范正在制定当中，预计 R11 版本在 2012 年底冻结，R12 版本将在 2014 年 6 月冻结。

本章将对 LTE 技术的发展背景以及发展现状进行分析。

1.1 LTE 背景分析

1.1.1 LTE 的驱动力

目前通信业务移动化、宽带化和 IP 化的趋势日趋明显，移动通信技术处于向宽带网络技术演进的关键时期，在业务、成本和竞争等方面因素的驱动下，LTE 技术应运而生。

1. 业务驱动

从全球移动用户的增长趋势来看，如图 1-1 所示，虽然用户总数仍有增长，但是增长率却在逐年下降，全球移动通信用户发展正在进入相对稳定的成熟期。另外，从移动业务 ARPU 发展来看，语音的 ARPU 值在逐年下降，而数据业务发展势头强劲，数据业务的 ARPU 值呈现明显的增长趋势，如图 1-2 所示。在这一业务发展趋势下，运营商要想保证收入的持续增

长,就需要提升网络的带宽,引入新业务,增加业务量,以弥补传统语音业务收入下降带来的不利影响。

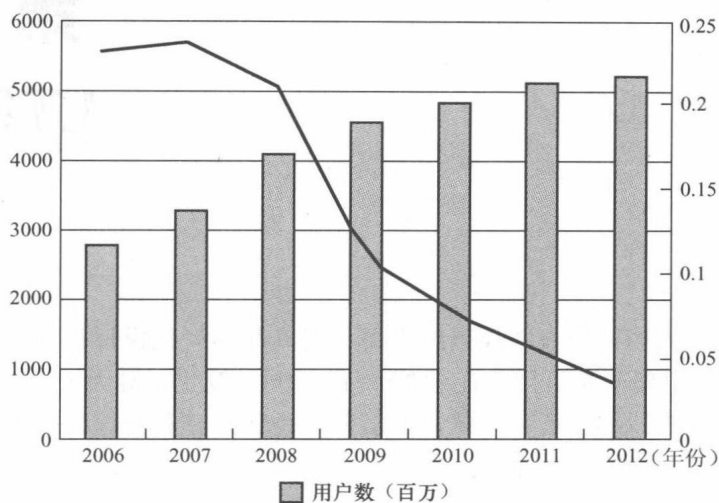


图 1-1 全球移动用户增长趋势图

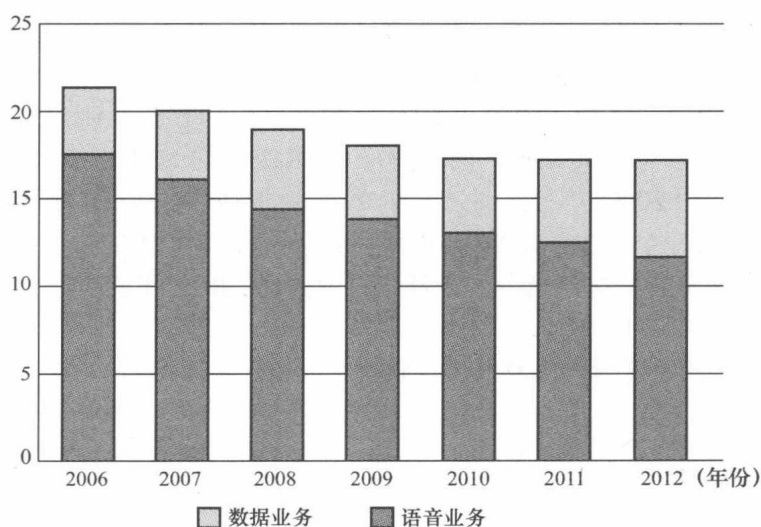


图 1-2 语音和数据业务 ARPU 趋势图

以 iPhone 为代表的智能终端的出现和迅速普及,为移动通信新业务的发展提供了无限可能,同时也对移动通信网络的业务承载能力提出了更高的要求。3G 虽然以满足多媒体数据业务需求为主,但是由于其在容量和能力上有一定的限制,对于高清电视这样的视频流媒体业务,还是力不从心;即使开通 HSPA,每个小区也只能支持 10~20 个普通视频并发用户,1 个标清用户就会用掉整个小区的资源,更无法支持高清业务。由于 3G 网络带宽不足,往往在用户较多时就会出现明显的时延加剧、体验变差现象。而 LTE 和 4G 技术将大大提升小区容量,也能进一步提升高清电视等流媒体业务的支撑能力,为运营商拓展新业务奠定了基础。