

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材



21世纪高职高专电子信息类规划教材·移动通信系列
21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

LTE

移动通信技术

范波勇 主编
杨学辉 副主编

- 坚持“以就业为导向，以能力培养为本位”
- 打破传统学科教材编写思路，基于工作过程，根据岗位任务需要合理划分工作任务
- 做到“理论够用、突出岗位技能、重视实践操作”的编写理念
- 较好体现面向应用型人才培养的高职高专教育特色



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中国通信学会普及与教育工作委员会推荐教材



21世纪高职高专电子信息类规划教材·移动通信系列
21 Shiji Gaozhi Gaozhuan Dianzi Xinxilei Guihua Jiaocai

LTE

移动通信技术

范波勇 主编

杨学辉 副主编

Electronic
Information

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

LTE移动通信技术 / 范波勇主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2015. 9

21世纪高职高专电子信息类规划教材
ISBN 978-7-115-39907-6

I. ①L… II. ①范… III. ①无线电通信—移动网—
高等职业教育—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第186577号

内 容 提 要

本书系统地讲解了LTE移动通信技术、LTE基站设备和LTE基站设备开通与维护等方面相关知识。全书共有6个模块, 主要内容包括LTE概述、OFDM基本原理、LTE协议原理、MIMO基本原理、LTE基站设备、LTE基站开通与维护, 并且还安排了LTE基站开通的实训部分。为了让读者能够及时地检查学习效果, 把握学习进度, 每模块后面都附有丰富的习题。为了更贴近企业、更符合岗位需求, 本书由经验丰富的企业专家直接参与编写与审核, 较好地体现了面向应用型人才培养的教育特色。

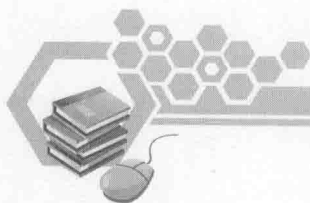
本书既可以作为高职高专通信类专业LTE课程的教材, 也可以作为通信企业培训或技术人员自学的参考资料。

-
- ◆ 主 编 范波勇
副 主 编 杨学辉
责任编辑 张孟玮
执行编辑 李 召
责任印制 沈 蓉 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>
北京中新伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 12 2015年9月第1版
字数: 294千字 2015年9月北京第1次印刷
-

定价: 36.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315



随着电信业 4G 市场的进一步扩大,一个庞大的 4G 产业链正在形成,当前社会对移动通信市场 4G 人才的需求量巨大并且十分急迫。在高职院校的通信类相关专业开设 LTE 移动通信技术课程、培养 4G 技术人才是未来一段时间高职院校人才培养的重点之一。

结合我国通信行业发展规划及 4G 移动通信技术业务发展趋势,推动工学结合人才培养模式的改革与创新,同时引导高职院校在通信产业升级背景下的教学改革与专业调整。湖南邮电职业技术学院在 3G 通信技术、4G 通信技术、网络优化等方面具有深厚的积淀和丰富的经验,在总结教学经验、企业培训与实践的基础上,与中兴通信专家合作编写了《LTE 移动通信技术》这本教材,以满足教学和培训之需。本书侧重于现在发展迅速的移动通信领域的 4G 技术、设备和开通等方面的知识。

本书共包括 6 个模块,模块一概述了 LTE 基础知识,模块二讲述了 OFDM 基本原理,模块三详细介绍了 LTE 协议及移动性管理,模块四讲述了 MIMO 基本原理,模块五讲述了 LTE 基站设备,模块六详细讲述了 LTE 基站开通与维护。

为了更贴近企业,更符合岗位需求,本书由经验丰富的企业专家直接参与编写与审核。教材坚持“以就业为导向,以能力培养为本位”的改革方向;打破传统学科教材编写思路,基于工作过程,根据岗位任务需要合理划分工作任务;做到“理论够用、突出岗位技能、重视实践操作”的编写理念;较好地体现了面向应用型人才培养的高职高专教育特色。

本书适合作为高职高专通信类的通信技术、移动通信技术等专业的教材,还可以供电信运营企业从事移动通信技术工作的人员参考使用、培训使用及自学者辅导使用。全书建议 50 个课时。

本书由范波勇主编,并负责全书的整体构思、大纲设计、统稿和全书审阅。全书写作安排如下:模块一、模块二、模块三由范波勇编写,模块四由范波勇、张敏编写,模块五、模块六由范波勇、杨学辉编写。

在本书的整体构思和编写过程中,湖南邮电职业技术学院领导和众多老师无私奉献,还得到了中兴通讯、中国移动湖南公司、中国电信湖南公司、中国联通湖南公司众多企业专家的大力支持和热心帮助,提出了许多宝贵意见,特此致谢。本书也参考了一些国内外学者的著作和文献,对相关作者表示衷心的感谢。

鉴于编者水平有限,书中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2015 年 7 月

目 录

模块 1 LTE 概述..... 1

任务 1 概述..... 1

一、背景介绍..... 1

二、LTE 简介和标准进展..... 4

任务 2 LTE 主要指标和需求..... 6

一、频谱划分..... 7

二、峰值数据速率..... 8

三、控制面延迟..... 8

四、用户面延迟..... 8

五、用户吞吐量..... 9

六、频谱效率..... 9

七、移动性..... 9

八、覆盖..... 9

九、频谱灵活性..... 10

十、互操作..... 10

任务 3 LTE 总体架构..... 10

一、系统结构..... 10

二、无线协议结构..... 13

三、S1 和 X2 接口..... 14

任务 4 LTE 关键技术..... 17

一、双工方式..... 17

二、多址方式..... 18

三、多天线技术..... 19

四、链路自适应..... 19

五、HARQ..... 20

六、小区干扰抑制和协调..... 22

过关训练..... 25

模块 2 OFDM 基本原理..... 28

任务 1 OFDM 系统概述..... 28

一、无线信道传播特性..... 28

二、无线信道的大尺度衰落..... 29

三、阴影衰落..... 29

四、无线信道的多径衰落..... 29

五、无线信道的时变性以及多普勒频移..... 31

六、OFDM 的基本概念..... 32

七、OFDM 的优缺点..... 34

任务 2 OFDM 的关键技术..... 35

一、保护间隔和循环前缀..... 35

二、同步技术..... 37

三、信道估计..... 39

四、降峰均比技术..... 40

任务 3 OFDM 的应用..... 41

一、OFDM 在下行链路中的应用..... 41

二、OFDM 在上行链路中的应用..... 43

过关训练..... 45

模块 3 LTE 协议原理..... 47

任务 1 物理层..... 47

一、帧结构..... 47

二、物理资源..... 48

三、物理信号..... 49

四、物理层过程..... 50

任务 2 信道..... 51

一、物理信道..... 51

二、传输信道..... 52

三、逻辑信道..... 52

四、相互映射关系..... 53

任务 3 层 2..... 54

一、MAC 子层..... 55

二、RLC 子层..... 56

三、PDCP 子层..... 56

任务 4 RRC 层..... 57

一、RRC 功能..... 57

二、RRC 状态..... 58



三、NAS 状态及其与 RRC 状态的关系.....	59	六、波束赋形的应用场景.....	105
四、RRC 过程.....	60	任务 4 天线技术参数的概念.....	106
五、系统信息.....	60	一、天线增益.....	106
六、连接控制.....	61	二、辐射方向图.....	107
七、RRC 层信令流程.....	61	三、波瓣宽度.....	107
任务 5 NAS 层协议.....	63	四、频段.....	108
一、AS 模型与 NAS 模型.....	63	五、极化方式.....	110
二、NAS 层协议状态及转换.....	65	六、下倾方式.....	110
三、NAS 基本流程.....	66	七、天线的前后比.....	111
四、NAS 层功能和基本流程的映射关系.....	66	八、天线的输入阻抗 Z_{in}	111
任务 6 典型信令流程.....	67	九、天线的驻波比.....	112
一、开机附着流程.....	67	十、旁瓣抑制与零点填充.....	112
二、UE 发起的 service request 流程.....	67	十一、三阶互调.....	112
三、寻呼流程.....	68	十二、端口间隔离度.....	112
四、TAU 流程.....	69	任务 5 LTE 天线选择.....	113
五、去附着.....	71	一、市区基站天线选择.....	113
任务 7 移动性管理.....	73	二、郊区农村基站天线选择.....	113
一、小区选择/重选.....	73	三、公路覆盖基站天线选择.....	114
二、小区切换.....	76	四、山区覆盖基站天线选择.....	114
过关训练.....	85	五、LTE 天线选型建议.....	114
模块 4 MIMO 基本原理.....	87	任务 6 天线的工程安装调试.....	115
任务 1 MIMO 系统概述.....	87	一、抱杆天线安装.....	115
一、MIMO 基本概念.....	87	二、防雷设计.....	115
二、LTE 系统中的 MIMO 模型.....	92	三、分集接收.....	116
任务 2 MIMO 基本原理.....	94	四、天线隔离.....	116
一、MIMO 系统模型.....	94	五、铁塔天线安装.....	117
二、MIMO 系统容量.....	95	过关训练.....	117
三、MIMO 关键技术.....	95	模块 5 LTE 基站设备.....	120
任务 3 MIMO 的应用.....	101	任务 1 LTE 基站系统概述.....	120
一、MIMO 模式概述.....	101	一、ZTE 分布式基站解决方案... ..	120
二、典型应用场景.....	103	二、在网络中的位置.....	121
三、发射分集的应用场景.....	104	三、产品特点.....	122
四、MIMO 系统的天线选择方案.....	104	四、产品外观.....	122
五、闭环空间复用的应用场景 ...	105	五、产品功能.....	123
		任务 2 基站系统结构.....	123
		一、系统硬件结构.....	123
		二、系统软件结构.....	125
		任务 3 基站工作原理.....	126
		一、协议处理.....	126



二、系统业务信号流向	128	一、总体说明	144
三、系统控制信号流向	129	二、软件支持场景	145
四、时钟信号流	129	三、操作建议	145
任务 4 基站单板	130	任务 2 BS8700 开通场景	145
一、机箱外观结构	130	一、总体说明	145
二、单板	131	二、网络拓扑	146
三、控制与时钟单板 CC	131	三、硬件安装	148
四、基带处理板 BPL	133	四、LMT 配置	156
五、现场告警板 SA	134	五、网管操作	159
六、现场告警扩展板 SE	135	任务 3 业务测试	169
七、风扇模 FA	136	一、拨号测试	170
八、电源板 PM	136	二、FTP 测试	171
任务 5 操作维护	137	任务 4 故障处理	172
一、操作维护系统简介	138	一、硬件问题	172
二、维护功能	138	二、建链问题	174
任务 6 组网与单板配置	139	三、SCTP 问题	174
一、典型组网模型	139	四、小区问题	176
二、单板配置说明	140	任务 5 仿真软件操作案例	176
任务 7 技术指标	141	一、硬件安装	177
一、物理指标	141	二、LMT 配置	177
二、容量指标	141	三、EMS 网管初始配置	178
三、供电指标	141	四、传输配置	179
四、接地指标	141	五、带宽资源组配置	179
五、功耗指标	141	六、静态路由配置	179
六、温湿度指标	141	七、无线配置	179
七、接口指标	142	八、版本同步	180
八、可靠性指标	142	九、整表同步	180
九、电磁兼容性指标	142	十、业务验证	180
过关训练	143	过关训练	181
模块 6 LTE 基站开通与维护	144	参考文献	183
任务 1 仿真软件	144		

模块 1

LTE 概述

【本模块问题引入】随着我国第四代移动通信（4G）牌照发放以后，3GPP 长期演进（Long Term Evolution, LTE）移动通信获得了长足的发展，中国移动、中国联通、中国电信在全国范围内大规模地建网，中国已建成全球规模最大的 TD-LTE 网络。4G 移动技术人员需要掌握 LTE 的基础理论知识，并将其应用到实际的 LTE 开通与维护工作中。本模块通过介绍 LTE 概念、LTE 主要指标和需求、LTE 总体架构，以及 LTE 关键技术等知识，为后续的 LTE 基站系统的开通和维护的学习打下良好的基础。

【本模块内容简介】LTE 概念、LTE 主要指标和需求、LTE 总体架构、LTE 关键技术。

【本模块重点难点】LTE 主要指标和需求、LTE 总体架构、LTE 关键技术。

【本课程模块要求】

1. 识记：WCDMA 技术演进过程、TD-SCDMA 技术演进过程、cdma 2000 技术演进过程、频谱划分、峰值数据速率、控制面延迟、用户面延迟、频谱效率、频谱灵活性、系统结构、无线协议结构、S1 接口、X2 接口、双工方式、多址方式、多天线技术、链路自适应、HARQ。

2. 领会：移动通信系统的发展过程、LTE 相关工作组、覆盖、减小 CAPEX 和 OPEX、系统结构网元功能、ARQ。

任务 1 概述

【本任务要求】

1. 识记：WCDMA 技术演进过程、TD-SCDMA 技术演进过程、cdma 2000 技术演进过程。

2. 领会：移动通信系统的发展过程、LTE 相关工作组。

一、背景介绍

1. 移动通信演进过程概述

移动通信从 2G、3G 到 3.9G 的发展过程，是从低速语音业务到高速多媒体业务发展的过程。3GPP 正逐渐完善 R8 的 LTE 标准：2008 年 12 月，R8 LTE RAN1 冻结，2008 年 12 月，R8 LTE RAN2、RAN3、RAN4 完成功能冻结，2009 年 3 月，R8 LTE 标准完成，此协议的完成能够满足 LTE 系统首次商用的基本功能。

无线通信技术和演进过程如图 1.1 所示。

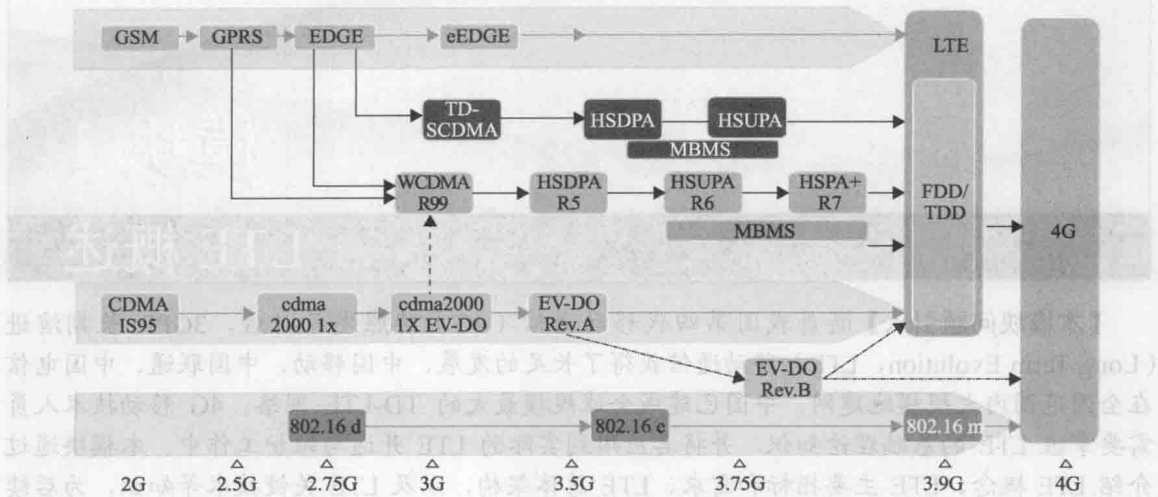


图 1.1 无线通信技术和演进图

移动通信技术的发展历程可以分为 4 个阶段，如表 1.1 所示。

表 1.1 移动通信系统的发展历程

1G	2G	3G	3.9G/4G
模拟通信	数字通信	多媒体业务	宽带移动互联网
模拟调制技术 小区制 硬切换 网络规划	数字调制技术 数据压缩 软切换 差错控制 短信息 高质量语音业务	多媒体业务 > 100kbit/s 数据速率 分组数据业务 动态无线资源管理	随时随地的无线接入 无线业务提供 网路融合与重用 多媒体终端 >10M 数据速率 基于全 IP 核心网
AMPS TACS NMT-450 NTT	GSM GPRS PDC EDGE IS-95A IS-95B	WCDMA HSPA/HSPA+ TD-SCDMA cdma 2000 1X EV WiMAX	IMT-Advanced 3GPP LTE 3GPP2 AIE
kbit/s	9.6kbit/s ~ 14.4kbit/s	1.144 ~ 2Mbit/s ~ 10Mbit/s	~ 100Mbit/s/1Gbit/s

2. WCDMA、TD-SCDMA 与 cdma2000 制式对比

尽管基于话音业务的移动通信网已经足以满足人们对于话音移动通信的需求，但是随着社会经济的发展，人们对数据通信业务的需求日益增高，已不再满足以话音业务为主的移动通信网所提供的服务。第三代移动通信系统（3G）是在第二代移动通信技术基础上进一步演进的，以宽带码分多址（Code Division Multiple Access, CDMA）技术为主，并能同时提供话音和数据业务。

3G 与 2G 的主要区别是在传输语音和数据速率上的提升，它能够在全球范围内更好地实现无线漫游，并处理图像、音乐、视频流等多种媒体形式，提供网页浏览、电话会议、电



子商务等多种信息服务,同时也考虑与已有第二代系统的良好兼容性。目前国内支持国际电联确定的3个无线接口标准分别是,中国电信运营的 cdma 2000、中国联通运营的 WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access) 和中国移动运营的 TD-SCDMA (Time-Division Synchronous Code Division Multiple Access)。3种制式的对比如表1.2所示。

TD-SCDMA 由我国信息产业部电信科学技术研究院提出,采用不需配对频谱的时分双工 (Time Division Duplexing, TDD) 工作方式,以及 FDMA、TDMA、CDMA 相结合的多址接入方式,载波带宽为 1.6MHz,对支持上下行不对称业务有优势。TD-SCDMA 系统还采用了智能天线、同步 CDMA、自适应功率控制、联合检测及接力切换等技术,使其具有频谱利用率高、抗干扰能力强、系统容量大等特点。WCDMA 源于欧洲,同时与日本几种技术相融合,是一个宽带直扩码分多址 (DS-SS) 系统。其核心网是基于演进的 GSM/GPRS 网络技术,载波带宽为 5MHz,可支持 384kbit/s~2Mbit/s 不等的数据传输速率。在同一传输信道中,WCDMA 可以同时提供电路交换和分组交换的服务,提高了无线资源的使用效率。

表 1.2

3 种制式对比

制 式	WCDMA	cdma2000	TD-SCDMA
继承基础	GSM	窄带 CDMA	GSM
同步方式	异步	同步	同步
码片速率	3.84Mcps	1.2288Mcps	1.28Mcps
系统带宽	5MHz	1.25MHz	1.6MHz
核心网	GSM MAP	ANSI-41	GSM MAP
语音编码方式	AMR	QCELP、EVRC、VMR-WB	AMR

WCDMA 支持同步/异步基站运行模式、采用上下行快速功率控制、下行发射分集等技术。

cdma2000 由高通公司为主导提出,是在 IS-95 基础上的进一步发展,分两个阶段: cdma2000 1xEV-DO (Data Optimized) 和 cdma2000 1xEV-DV (Data and Voice)。

cdma2000 的空中接口保持了许多 IS-95 空中接口设计的特征,为了支持高速数据业务,还提出了许多新技术:前向发射分集、前向快速功率控制,增加了快速寻呼信道、上行导频信道等。

第三代移动通信具有如下基本特征。

具有更高的频谱效率、更大的系统容量。

能提供高质量业务,并具有多媒体接口:快速移动环境,最高速率达 144kbit/s。

室外到室内或系统环境,最高速率达 384kbit/s。

室内环境,最高速率达 2Mbit/s。

具有更好的抗干扰能力:这是由于其宽带特性,可以通过扩频通信抵抗干扰。

支持频间无缝切换,从而支持多层次小区结构。

经过 2G 向 3G 的过渡、演进,并与固网兼容。

二、LTE 简介和标准进展

1. LTE 概述

目前 3G 系统仍存在很多不足,如采用电路交换,而不是纯 IP 方式;最大传输速率达不到 2Mbit/s,无法满足用户高带宽要求;多种标准难以实现全球漫游等。正是由于 3G 的局限性推动了人们对下一代移动通信系统——4G 的研究和期待。

第四代移动通信系统可称为宽带接入和分布式网络,其网络结构将是一个采用全 IP 的网络结构。4G 网络采用许多关键技术来支撑,包括:正交频率复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)技术、多载波调制技术、自适应调制和编码(Adaptive Modulation and Coding, AMC)技术、多进多出(Multiple-Input Multiple-Output, MIMO)技术和智能天线技术、基于 IP 的核心网、软件无线电技术以及网络优化和安全性等。另外,为了与传统的网络互连,需要用网关建立网络的互连,所以 4G 将是一个复杂的多协议网络。

当前,全球无线通信正呈现出移动化、宽带化和 IP 化的趋势,移动通信行业的竞争极为激烈。基于 WCDMA 无线接入技术的 3G 移动通信技术已逐渐成熟,正在世界范围内被广泛应用。随着宽带无线接入概念的出现,Wi-Fi 和 WiMAX 等无线接入方案迅猛发展,为了维持在移动通信行业中的竞争力和主导地位,第三代合作伙伴计划(3rd Generation Partnership Project, 3GPP)在 2004 年 1 月启动了长期演进计划(Long Term Evolution, LTE),以实现 3G 技术向 B3G 和 4G 的平滑过渡。LTE 计划是 3GPP 最近几年启动的最大科研项目,目标是在相当程度上推动 3G 技术的发展,并满足人们未来 10 年左右对于移动通信的技术要求。3GPP 设计的主要目标是满足低时延、低复杂度、低成本的要求,从而实现更高的用户容量、系统吞吐量和端到端的服务质量保证。

3GPP 的标准化进程分为两个阶段。SI (Study Item) 阶段,预计 2006 年 6 月完成,主要完成目标需求的定义,明确 LTE 的概念,完成可行性研究报告;但由于一些问题没有解决,研究阶段推迟到 2006 年 9 月才结束。第二阶段:WI (Work Item) 阶段,完成 LTE 的标准化工作,同时与 LTE 相配合的 SAE 项目的 SI 也开始进行。

2. TD-LTE 标准的提出

TD-LTE (TDD-Long Term Evolution) 是 TDD 版本的 LTE 的技术, FDD-LTE (FDD-Long Term Evolution) 的技术是 FDD 版本的 LTE 技术。TDD 和 FDD 的差别就是 TD 采用不对称频率,是用时间进行双工的,而 FDD 采用对称频率来进行双工。TD-LTE 是我国拥有核心自主知识产权的国际标准,是 TD-SCDMA 的后续演进技术,是一种专门为移动高宽带应用而设计的无线通信标准,沿用了 TD-SCDMA 的帧结构。

TD-SCDMA 向 LTE 的演进路线为,首先在 TD-SCDMA 的基础上采用单载波的高速下行分组接入(High Speed Downlink Packet Access, HSDPA)技术,速率达到 2.8Mbit/s;而后采用多载波的 HSDPA,速率达到 7.2Mbit/s;接着到 HSPA+阶段,速率将超过 10Mbit/s,并继续逐步提高它的上行接入能力。最后从 HSPA+演进到 TD-LTE。TD-LTE 的技术优势体现在速率、时延和频谱利用率等多个领域,这使得运营商能够在有限的频谱带宽资源上具备更强大的业务提供能力。另外,在 TD-LTE 的标准化过程中,还要考虑和 TD-SCDMA 的共存性要求。



3. TD-LTE R8 版本

3GPP 于 2008 年 12 月发布 LTE 第一版 (Release 8), R8 版本为 LTE 标准的基础版本。目前, R8 版本已非常稳定。R8 版本重点针对 LTE 与 SAE (System Architecture Evolution, 系统架构演进) 网络的系统架构、无线传输关键技术、接口协议与功能、基本消息流程、系统安全等方面均进行了细致的研究和标准化。

在无线接入网方面, 将系统的峰值数据速率提高至下行 100Mbit/s、上行 50Mbit/s; 在核心网方面, 引入了纯分组域核心网系统架构, 并支持多种非 3GPP 接入网技术接入统一的核心网。

从 2004 年概念提出, 到 2008 年发布 R8 版本, LTE 的商用标准文本制定及发布整整经历了 4 年时间。对于 TDD 的方式而言, 在 R8 版本中, 明确采用 Type 2 类型作为唯一的 TDD 物理层帧结构, 并且规定了相关物理层的具体参数, 即 TD-LTE 方案, 这为今后其后技术发展的基础。

4. LTE R9 版本

2010 年 3 月发布第二版 (Release 9) LTE 标准, R9 版本为 LTE 的增强版本。R9 版本与 R8 版本相比, 将针对 SAE 紧急呼叫、增强型 MBMS (E-MBMS)、基于控制面的定位业务, 及 LTE 与 WiMAX 系统间的单射频切换优化等课题进行标准化。

另外, R9 版本还将开展一些新课题的研究与标准化工作, 包括公共告警系统 (Public Warning System, PWS)、业务管理与迁移 (Service Alignment and Migration, SAM)、个性回铃音 CRS、多 PDN 接入及 IP 流的移动性、Home eNodeB 安全性, 及 LTE 技术的进一步演进与增强 (LTE-Advanced) 等。

5. TD-LTE 的未来演进

2008 年 3 月在 LTE 标准化终于接近于完成之时, 一个在 LTE 基础上继续演进的项目——先进的 LTE (LTE-Advanced) 项目又在 3GPP 拉开了序幕。LTE-A 是在 LTE R8/R9 版本的基础上进一步演进和增强的标准, 它的一个主要目标是满足国际电联无线电通信部门 (ITU-R) 关于 IMT-A (4G) 标准的需求。

同时, 为了维持 3GPP 标准的竞争力, 3GPP 制定的 LTE 技术需求指标要高于 IMT-A 的指标。

LTE 相对于 3G 技术, 名为“演进”, 实为“革命”, 但是 LTE-Advanced 将不会成为再一次的“革命”, 而是作为 LTE 基础上的平滑演进。LTE-Advanced 系统应自然地支持原 LTE 的全部功能, 并支持与 LTE 的前后向兼容性, 即 R8 LTE 的终端可以介入未来的 LTE-Advanced 系统, LTE-Advanced 系统也可以接入 R8 LTE 系统。

在 LTE 基础上, LTE-Advanced 的技术发展更多地集中在无线资源管理 (Radio Resource Management, RRM) 技术和网络层的优化方面, 主要使用了如下一些新技术。

载波聚合: 核心思想是把连续频谱或若干离散频谱划分为多个成员载波 (Component Carrier, CC), 允许终端在多个子频带上同时进行数据收发。通过载波聚合, LTE-A 系统可以支持最大 100MHz 带宽, 系统/终端最大峰值速率可达 1Gbit/s 以上。

增强上下行 MIMO: LTE R8/R9 下行支持最多 4 数据流的单用户 MIMO, 上行只支持

多用户 MIMO。LTE-A 为提高吞吐量和峰值速率,在下行支持最高 8 数据流单用户 MIMO,上行支持最高 4 数据流单用户 MIMO。

中继 (Relay) 技术: 基站不直接将信号发送给 UE,而是先发给一个中继站 (Relay Station, RS),然后再由 RS 将信号转发给 UE。无线中继很好地解决了传统直放站的干扰问题,不但可以提升蜂窝网络容量、增强覆盖扩展等性能,更可以提供灵活、快速的部署,弥补回传链路缺失的问题。

协作多点传输技术 (Coordinative Multiple Point, CoMP): 是 LTE-A 中为了实现干扰规避和干扰利用而进行的一项重要研究,包括两种:小区间干扰协调技术 (Coordinated Scheduling),也称为“干扰避免”;协作式 MIMO 技术 (Joint Processing),也称为“干扰利用”。两种方式通过不同的技术降低小区间干扰,提高小区边缘用户的服务质量和系统的吞吐量。

针对室内和热点场景进行优化: 未来移动网络中除了传统的宏蜂窝、微蜂窝,还有微微蜂窝以及家庭基站,这些新节点的引入使得网络拓扑结构更加复杂,形成了多种类型节点共同竞争相同无线资源的全新干扰环境。LTE-Advanced 的重点工作之一应该放在优化室内场景方面。

6. TD-LTE 与 FDD-LTE 系统的对比

LTE 系统定义了频分双工 (FDD) 和时分双工 (TDD) 两种双工方式。FDD 是指在对称的频率信道上接收和发送数据,通过保护频段分离发送和接收信道的方式。TDD 是指通过时间分离发送和接收信道,发送和接收使用同一载波频率的不同时隙的方式。时间资源在两个方向上分配,因此基站和移动台必须协同一致进行工作。

TDD 方式和 FDD 方式相比有一些独特的技术特点:能灵活配置频率,利用 FDD 系统不易使用的零散频段;TDD 方式不需要对称使用频率,频谱利用率高;具有上下行信道互惠性,能够更好地采用传输预处理技术,如预 RAKE 技术、联合传输 (JT) 技术、智能天线技术等,能有效降低移动终端的处理复杂性。

但是,TDD 双工方式相较于 FDD,也存在明显的不足:TDD 方式的时间资源在两个方向上分配,因此基站和移动台必须协同一致进行工作,对同步要求高,系统较 FDD 复杂;TDD 系统上行受限,因此 TDD 基站的覆盖范围明显小于 FDD 基站;TDD 系统收发信道同频,无法进行干扰隔离,系统内和系统间存在干扰;另外,TDD 对高速运动物体的支持性不够。

任务 2 LTE 主要指标和需求

【本任务要求】

1. 识记: 频谱划分、峰值数据速率、控制面延迟、用户面延迟、频谱效率、频谱灵活性。
2. 领会: 覆盖、减小资本性支出 (Capital Expenditure, CAPEX) 和运营成本 (Operating Expense, OPEX)。

3GPP 要求 LTE 支持的主要指标和需求如图 1.2 所示。

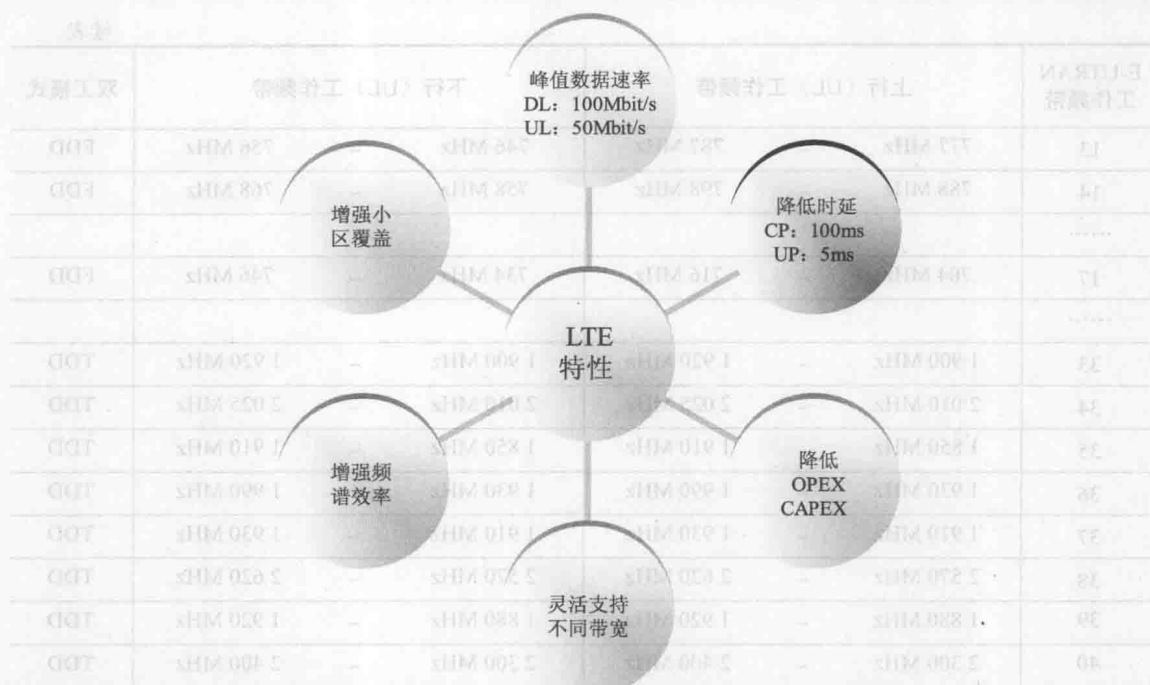


图 1.2 LTE 主要指标和需求概括

一、频谱划分

演进的 UMTS 陆地无线接入网络 (Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network, E-UTRAN) 的频谱划分如表 1.3 所示。

表 1.3

E-UTRAN 频段

E-UTRAN 工作频段	上行 (UL) 工作频段		下行 (UL) 工作频段		双工模式
1	1 920 MHz	~ 1 980 MHz	2 110 MHz	~ 2 170 MHz	FDD
2	1 850 MHz	~ 1 910 MHz	1 930 MHz	~ 1 990 MHz	FDD
3	1 710 MHz	~ 1 785 MHz	1 805 MHz	~ 1 880 MHz	FDD
4	1 710 MHz	~ 1 755 MHz	2 110 MHz	~ 2 155 MHz	FDD
5	824 MHz	~ 849 MHz	869 MHz	~ 894 MHz	FDD
6	830 MHz	~ 840 MHz	875 MHz	~ 885 MHz	FDD
7	2 500 MHz	~ 2 570 MHz	2 620 MHz	~ 2 690 MHz	FDD
8	880 MHz	~ 915 MHz	925 MHz	~ 960 MHz	FDD
9	1 749.9 MHz	~ 1 784.9 MHz	1 844.9 MHz	~ 1 879.9 MHz	FDD
10	1 710 MHz	~ 1 770 MHz	2 110 MHz	~ 2 170 MHz	FDD
11	1 427.9 MHz	~ 1 452.9 MHz	1 475.9 MHz	~ 1 500.9 MHz	FDD
12	698 MHz	~ 716 MHz	728 MHz	~ 746 MHz	FDD

续表

E-UTRAN 工作频带	上行 (UL) 工作频带		下行 (UL) 工作频带		双工模式
13	777 MHz	~ 787 MHz	746 MHz	~ 756 MHz	FDD
14	788 MHz	~ 798 MHz	758 MHz	~ 768 MHz	FDD
.....					
17	704 MHz	~ 716 MHz	734 MHz	~ 746 MHz	FDD
.....					
33	1 900 MHz	~ 1 920 MHz	1 900 MHz	~ 1 920 MHz	TDD
34	2 010 MHz	~ 2 025 MHz	2 010 MHz	~ 2 025 MHz	TDD
35	1 850 MHz	~ 1 910 MHz	1 850 MHz	~ 1 910 MHz	TDD
36	1 930 MHz	~ 1 990 MHz	1 930 MHz	~ 1 990 MHz	TDD
37	1 910 MHz	~ 1 930 MHz	1 910 MHz	~ 1 930 MHz	TDD
38	2 570 MHz	~ 2 620 MHz	2 570 MHz	~ 2 620 MHz	TDD
39	1 880 MHz	~ 1 920 MHz	1 880 MHz	~ 1 920 MHz	TDD
40	2 300 MHz	~ 2 400 MHz	2 300 MHz	~ 2 400 MHz	TDD

TD-LTE 系统频谱分配, 中国移动共获得 130MHz, 分别为 1 880~1 900 MHz、2 320~2370 MHz、2 575~2635 MHz; 中国联通获得 40MHz, 分别为 2 300~2 320 MHz、2 555~2 575 MHz; 中国电信获得 40MHz, 分别为 2 370~2 390 MHz、2 635~2655 MHz。

FDD-LTE 系统频谱分配, 中国电信成功获得了 1.8GHz 的 15M 资源 (1 765~1 780/1 860~1 875MHz), 中国联通也获得了 1.8GHz 的 10M 资源 (1 755~1 765/1 850~1 860MHz)。

二、峰值数据速率

下行链路的瞬时峰值数据速率在 20MHz 下行链路频谱分配的条件下, 可以达到 100Mbit/s (5 bit/s/Hz) (网络侧 2 发射天线, UE 侧 2 接收天线条件下); 上行链路的瞬时峰值数据速率在 20MHz 上行链路频谱分配的条件下, 可以达到 50Mbit/s (2.5 bit/s/Hz) (UE 侧 1 发射天线情况下)。宽频带、MIMO、高阶调制技术都是提高峰值数据速率的关键所在。

三、控制面延迟

从驻留状态到激活状态, 控制面的传输时延小于 100ms, 这个时间不包括寻呼时延和 NAS 时延; 从睡眠状态到激活状态, 控制面传输时延小于 50ms, 这个时间不包括 DRX 间隔。

另外控制面容量频谱分配是在 5MHz 的情况下, 期望每小区至少支持 200 个激活状态的用户。在更高的频谱分配情况下, 期望每小区至少支持 400 个激活状态的用户。

四、用户面延迟

用户面延迟定义为一个数据包从 UE 的 IP 层传输到无线接入网 (RAN) 边界节点的单



向传输时间。这里所说的 RAN 边界节点指的是 RAN 和核心网的接口节点。

在“零负载”（即单用户、单数据流）和“小 IP 包”（即只有一个 IP 头，而不包含任何有效载荷）的情况下，期望的用户面延迟不超过 5ms。

五、用户吞吐量

下行链路：

（1）每 MHz 用户吞吐量应达到 R6 HSDPA（高速下行链路分组接入的 R6 版本）的 2~3 倍。

（2）每 MHz 平均用户吞吐量应达到 R6 HSDPA 的 3~4 倍。

此时 R6 HSDPA 是 1 发 1 收，而 LTE 是 2 发 2 收。

上行链路：

（1）在 5% 累计概率分布（CDF）处的每 MHz 用户吞吐量应达到 R6 HSUPA（高速上行链路分组接入的 R6 版本）的 2~3 倍。

（2）每 MHz 平均用户吞吐量应达到 R6 HSUPA 的 2~3 倍。

此时 R6 HSUPA 是 1 发 2 收，LTE 也是 1 发 2 收。

六、频谱效率

下行链路：在一个有效负荷的网络中，LTE 频谱效率（用每站址、每赫兹、每秒的比特数衡量）的目标是 R6 HSDPA 的 3~4 倍。此时 R6 HSDPA 是 1 发 1 收，而 LTE 是 2 发 2 收。

上行链路：在一个有效负荷的网络中，LTE 频谱效率的目标是 R6 HSUPA 的 2~3 倍。此时 R6 HSUPA 是 1 发 2 收，LTE 也是 1 发 2 收。

七、移动性

E-UTRAN 能为低速移动（0~15km/h）的移动用户提供最优的网络性能，能为 15~120km/h 的移动用户提供高性能的服务，能使以 120~350km/h（甚至在某些频段下，可以达到 500km/h）速率移动的移动用户保持蜂窝网络的移动性。

在 R6 CS 域（电路域）提供的话音和其他实时业务在 E-UTRAN 中将通过 PS 域（分组域）支持，这些业务应该在各种移动速度下都能够达到或者高于 UTRAN 的服务质量。E-UTRAN 系统内切换造成的中断时间应等于或者小于 GSM/EDGE 无线接入网络（GSM EDGE Radio Access Network, GERAN）CS 域的切换时间。

超过 250km/h 的移动速度是一种特殊情况（如高速列车环境），E-UTRAN 的物理层参数设计应该能够在最高 350km/h 的移动速度（在某些频段甚至应该支持 500km/h）下保持用户和网络的连接。

八、覆盖

E-UTRAN 系统应该能在重用目前 UTRAN 站点和载频的基础上灵活地支持各种覆盖场景，实现上述用户吞吐量、频谱效率和移动性等性能指标。

E-UTRAN 系统在不同覆盖范围内的性能要求如下。

（1）覆盖半径在 5km 内：上述用户吞吐量、频谱效率和移动性等性能指标必须完全

满足。

(2) 覆盖半径在 30km 内：用户吞吐量指标可以略有下降，频谱效率指标可以下降，但仍在可接受范围内，移动性指标仍应完全满足。

(3) 覆盖半径最大可达 100km。

九、频谱灵活性

频谱灵活性一方面支持不同大小的频谱分配。例如，E-UTRAN 可以在不同大小的频谱中部署，包括 1.4 MHz、3 MHz、5 MHz、10 MHz、15 MHz 以及 20 MHz，支持成对和非成对频谱。

频谱灵活性另一方面支持不同频谱资源的整合。

十、互操作

E-UTRAN 与其他 3GPP 系统的互操作需求包括但不限于：

(1) E-UTRAN 和 UTRAN/GERAN 多模终端支持对 UTRAN/GERAN 系统的测量，并支持 E-UTRAN 系统和 UTRAN/GERAN 系统之间的切换。

(2) E-UTRAN 应有效支持系统间测量。

(3) 对于实时业务，E-UTRAN 和 UTRAN 之间的切换中断时间应低于 300ms。

(4) 对于非实时业务，E-UTRAN 和 UTRAN 之间的切换中断时间应低于 500ms。

(5) 对于实时业务，E-UTRAN 和 GERAN 之间的切换中断时间应低于 300ms。

(6) 对于非实时业务，E-UTRAN 和 GERAN 之间的切换中断时间应低于 500ms。

(7) 处于非激活状态的多模终端只需监测 GERAN、UTRAN 或 E-UTRAN 中一个系统的寻呼信息。

任务3 LTE 总体架构

【本任务要求】

(1) 识记：系统结构、无线协议结构、S1 接口、X2 接口。

(2) 领会：系统结构网元功能。

一、系统结构

LTE 采用了与 2G、3G 均不同的空中接口技术、即基于 OFDM 技术的空中接口技术，并对传统 3G 的网络架构进行了优化，采用扁平化的网络架构，即接入网 E-UTRAN 不再包含无线网络控制器 (Radio Network Controller, RNC)，仅包含节点演进型 Node B (evolved node B, eNodeB)，提供 E-UTRAN 用户面分组数据汇聚协议 (Packet Data Convergence Protocol, PDCP)、无线链路控制层协议 (Radio Link Control, RLC)、媒体接入控制协议 (Media Access Control, MAC)、物理层协议的功能和控制面无线资源控制协议 (Radio Resource Control, RRC) 的功能。E-UTRAN 的系统结构如图 1.3 所示，LTE 核心网分组核心网演进 (Evolved Packet Core, EPC) 结构如图 1.4 所示。