

LTE 技术丛书

LTE / SAE

移动通信网络技术

本书系统地讲解了LTE/SAE移动通信网络的系统架构及其关键技术机制，同时穿插介绍了GSM/GPRS、UMTS网络的基本理论与技术机制，通过对比分析的方法阐述了移动通信网络技术发展演进的思路，便于读者深刻理解LTE/SAE网络的相关核心技术。

■ 黄韬 刘韵洁 张智江 刘申建 编著

 **人民邮电出版社**
POSTS & TELECOM PRESS

LTE 技术丛书

LTE / SAE

移动通信网络技术

■ 黄韬 刘韵洁 张智江 刘申建 编著

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

LTE/SAE移动通信网络技术 / 黄韬等编著. —北京: 人民邮电出版社, 2009. 7
(LTE技术丛书)
ISBN 978-7-115-20849-1

I. L… II. 黄… III. 移动通信: 无线电通信—通信网
IV. TN929. 5

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第064149号

内 容 提 要

本书系统地介绍了LTE/SAE移动通信网络的系统架构及其关键技术机制,同时穿插介绍了GSM/GPRS、UMTS网络的基本理论与技术机制,通过对比分析的方法阐述了移动通信网络技术发展演进的思路,便于读者深刻理解LTE/SAE网络的相关核心技术。

本书适合于从事移动通信网络设备开发和网络规划设计的广大工程技术人员阅读,也可作为通信、网络、计算机等专业研究人员的参考书籍,同时可供高校相关专业师生参考。

LTE 技术丛书

LTE/SAE 移动通信网络技术

-
- ◆ 编 著 黄 韬 刘韵洁 张智江 刘申建
责任编辑 姚予疆
执行编辑 刘 洋
 - ◆ 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>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 15.25
字数: 371千字
印数: 1—4 000册
- 2009年7月第1版
2009年7月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-20849-1/TN

定价: 39.00 元

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

反盗版热线: (010)67171154

1. *What is the purpose of this study?*
 2. *What are the research objectives?*
 3. *What is the research methodology?*
 4. *What are the findings of the study?*
 5. *What are the conclusions of the study?*
 6. *What are the limitations of the study?*
 7. *What are the implications of the study?*
 8. *What are the future research directions?*
 9. *What are the contributions of the study?*
 10. *What are the key words of the study?*

本书系统地介绍了 LTE/SAE 移动通信网络的系统架构及其关键技术机制，同时穿插介绍了 GSM/GPRS、UMTS 网络的基本理论与技术机制，通过对比分析的方法阐述了移动通信网络技术发展演进的思路，便于读者深刻理解 LTE/SAE 网络的相关核心技术。

第 1 章简要介绍了移动通信和 3GPP 标准的发展历史, 并重点针对 LTE 与 SAE 两大计划的需求目标, 以及它们在标准制定、测试实验、预商用等方面的进度进行了一个详细的阐述, 给出了一个总体的概念, 便于后续章节进行具体讲述。

第3章具体介绍了LTE系统中采用的一些新的无线传输技术,主要包括多址方式、多天线、链路自适应、分组调度、小区间干扰抑制、网络自组织技术等。

第 5 章全面透彻地介绍了 EPS 网络中涉及的接入与鉴权、移动性管理, 以及会话管理等几个主要信令流程和状态转移过程, 并针对基于跟踪区 (TA) 的位置管理、空闲模式下的信令减少 (ISR)、多 PDN 支持等 EPS 系统中特有的关键机制进行了深入的分析与阐述。

第 7 章就 EPS 系统的增强型安全机制进行了详细讨论, 重点介绍了 EPS 系统的双层安全架构, 并对 EPS 系统的密钥体系、安全算法协商等关键问题

进行了详细分析。

第 8 章系统地介绍了在 EPS 系统部署时,需要同步部署的策略控制与计费(PCC)子系统,以完成整个系统的业务策略控制及内容计费,并针对 EPS 系统中所引入的增强型 PCC 机制进行了深入讨论与分析。

第 9 章详细介绍了 EPS 系统中涉及的几个业务连续性课题,重点针对语音呼叫连续性(VCC)、CS 语音回落(CS Fallback)、中心化 IMS 业务控制(ICS)以及多媒体会话连续性(MMSC)等新技术进行了详细讲解。

第 10 章作为全书最后一章,重点介绍了 ITU 组织提出的 IMT-Advanced 目标与需求,并针对 LTE-Advanced 需求与 LTE 系统的性能评估结果以及 IMT-Advanced 的需求目标进行了对比分析,在此基础上对 LTE-Advanced 系统的几个具有代表性的关键技术进行了讨论,以期为读者以后的研究提供一定的参考。

本书结合当前电信技术的发展趋势,分析了 EPS 系统的网络结构、关键技术与应用场景,介绍了 UMTS 网络向 EPS 网络的演进过程及其业务连续性机制,讨论了非 3GPP 网络与 EPS 网络之间的无缝漫游与切换。本书结构清晰,内容丰富,适合于广大从事电信工作,尤其是移动通信系统的研发人员和工程技术人员阅读,也可供从事相关课题研究的师生参考。

感谢诺西公司的刘颖、谢晓棠、林洁珍、常疆、沈洋、贺敬等专家以及华为公司的相关专家对本书进行的详细审定。感谢工业和信息化部电信研究院的许慕鸿女士在本书的编写过程中无私地提供了许多技术资料和最新的会议材料。感谢中国联通研究院张云勇博士在本书的编写过程中提出的诸多宝贵意见。同时感谢中国联通技术部黄涛为本书提出的很多建设性的意见。

另外,要特别感谢高通(中国)公司的朱西鹏博士对本书的大力支持。从本书的初期筹划、撰稿直至完稿的整个过程中,朱博士多次参与了讨论,提出了诸多宝贵建议,并参与了本书的后期审定工作。参与本书编写和审定工作的还有郭达、黄东巍、廖军、吴树兴、王宏鼎、张尼、孙昌璐、滕颖蕾、黄修栋等。

最后,还要感谢人民邮电出版社的大力支持和高效工作,使本书能尽早与读者见面。

希望通过本书的介绍,读者能够对 LTE/SAE 网络技术有一个全面而深入的理解。但是,由于作者能力和知识范围有限,且移动通信技术的发展非常迅速,相关的协议规范也正在逐步完善之中,书中疏漏之处在所难免,欢迎广大读者和同行批评指正。大家可通过电子邮件(liuyang@ptpress.com.cn)与我们联系。

目 录

第 1 章 3GPP 网络技术及演进1	
1.1 移动通信概述.....1	
1.2 3GPP 标准的发展.....2	
1.3 LTE/SAE 发展历程.....4	
1.4 本章小结.....7	
第 2 章 EPS 系统架构与功能9	
2.1 系统架构.....9	
2.1.1 EPS 总体架构.....9	
2.1.2 无线接入网架构.....11	
2.1.3 分组核心网架构.....11	
2.1.4 网络实体与功能.....14	
2.1.5 参考点.....16	
2.2 接口与协议.....17	
2.2.1 E-UTRAN 通用协议模型.....17	
2.2.2 控制平面协议栈.....17	
2.2.3 用户平面协议栈.....21	
2.3 EPS 系统的主要功能.....22	
2.3.1 网络接入控制功能.....22	
2.3.2 移动性管理功能.....23	
2.3.3 无线资源管理功能.....26	
2.3.4 负荷分担与容灾功能.....27	
2.3.5 网络节点选择.....28	
2.3.6 安全性功能.....30	
2.4 EPS 系统的 QoS 机制.....30	
2.4.1 EPS 承载概念.....30	
2.4.2 承载级 QoS 参数与属性.....32	
2.4.3 EPS QCI 与 UMTS QoS 参数的 映射.....34	
2.5 EPS 系统中的标识.....34	
2.6 本章小结.....36	
第 3 章 LTE 无线传输关键技术37	
3.1 多址技术.....37	
3.1.1 下行多址接入技术.....37	
3.1.2 上行多址接入技术.....40	
3.2 多天线技术.....41	
3.2.1 下行 MIMO 技术.....42	
3.2.2 上行 MIMO 技术.....44	
3.3 链路自适应技术.....45	
3.3.1 功率控制.....45	
3.3.2 自适应调制编码 (AMC).....47	
3.3.3 混合自动请求重传 (HARQ).....48	
3.4 分组调度技术.....52	
3.4.1 分组调度算法.....52	
3.4.2 LTE 系统中的分组调度.....53	
3.5 小区间干扰抑制技术.....54	
3.5.1 小区间干扰随机化.....54	
3.5.2 干扰删除.....55	
3.5.3 干扰协调与避免.....55	
3.6 网络自组织技术.....56	
3.6.1 网络自配置.....57	
3.6.2 网络自优化.....58	
3.7 本章小结.....58	
第 4 章 空中接口协议59	
4.1 协议框架.....59	
4.2 物理层.....61	
4.2.1 物理层功能.....61	
4.2.2 帧结构.....62	
4.2.3 物理信道与传输信道.....63	
4.2.4 下行链路的物理层设计.....64	
4.2.5 上行链路的物理层设计.....68	
4.3 数据链路层.....72	
4.3.1 MAC 子层协议.....73	
4.3.2 RLC 子层协议.....74	
4.3.3 PDCP 子层协议.....77	
4.4 无线资源控制层.....79	
4.4.1 RRC 层功能.....79	
4.4.2 RRC 层协议状态及转换.....79	

4.5 NAS 层	80	6.4.1 基于 PMIPv6 协议的 S2a/S2b 切换	131
4.5.1 AS 模型与 NAS 模型	80	6.4.2 基于 DSMIPv6 协议的 S2c 切换	133
4.5.2 NAS 层协议状态及转换	81	6.4.3 基于 ANDSF 的切换	134
4.6 一个完整的数据封装流程	83	6.5 E-UTRAN 与 HRPD 之间的 切换优化	135
4.7 本章小结	83	6.5.1 系统架构	135
第 5 章 基本信令流程	85	6.5.2 切换优化流程	136
5.1 接入与鉴权流程	85	6.6 移动模式选择	141
5.1.1 IP 地址分配	85	6.7 网络节点选择	141
5.1.2 附着管理	86	6.8 本章小结	142
5.1.3 服务请求	90	第 7 章 EPS 安全	144
5.1.4 S1 释放	92	7.1 安全层次与架构	144
5.1.5 ME-ID 校验	93	7.1.1 EPS 安全层次	144
5.1.6 GUTI 重分配	94	7.1.2 EPS 安全架构	146
5.1.7 用户数据管理	94	7.2 EPS 密钥体系	148
5.2 移动性管理流程	96	7.2.1 密钥体系结构	148
5.2.1 位置更新	96	7.2.2 密钥标识符与有效期	150
5.2.2 空闲模式的信令减少 (ISR)	98	7.2.3 状态转移过程中的密钥处理	151
5.2.3 E-UTRAN 系统内切换	99	7.2.4 切换过程中的密钥处理	151
5.2.4 与现有 3GPP 网络的切换	102	7.3 EPS 系统的认证流程	154
5.3 会话管理流程	107	7.4 安全算法协商	156
5.3.1 专用承载激活	107	7.4.1 安全算法协商需求	156
5.3.2 承载去激活	108	7.4.2 安全模式命令过程	157
5.3.3 承载修改	110	7.4.3 安全算法协商流程	158
5.3.4 UE 请求的承载资源修改	111	7.5 网络域安全	159
5.3.5 多 PDN 的支持	113	7.6 本章小结	160
5.4 本章小结	115	第 8 章 策略控制与计费 (PCC)	162
第 6 章 非 3GPP 接入 EPS 网络	116	8.1 PCC 概述	162
6.1 非 3GPP 接入网络架构	116	8.2 架构模型	163
6.1.1 网络结构	116	8.2.1 参考架构	163
6.1.2 网络实体与功能	119	8.2.2 功能描述	164
6.1.3 参考点	120	8.2.3 功能实体	166
6.1.4 接口协议栈	121	8.2.4 接口与参考点	168
6.2 非 3GPP 接入网发现与选择	123	8.3 PCC 规则与策略信息	169
6.3 网络附着与激活	123	8.3.1 PCC 规则信息	169
6.3.1 附着与去附着	123	8.3.2 PCC 相关策略信息	170
6.3.2 资源请求与释放	129		
6.4 3GPP 与非 3GPP 接入之间的 基本切换	130		

8.4 传统 PCC 流程	170	9.3.2 ICS 的需求	205
8.4.1 IP-CAN 会话建立	171	9.3.3 ICS 功能体系架构	206
8.4.2 IP-CAN 会话终止	171	9.3.4 ICS 信令流程	208
8.4.3 IP-CAN 会话修改	173	9.4 多媒体会话连续性 (MMSC)	210
8.4.4 PCRF 中签约信息更新	175	9.4.1 MMSC 概述	210
8.4.5 Rx 接口相关流程	176	9.4.2 MMSC 功能体系架构	212
8.5 R8 PCC 机制	176	9.4.3 MMSC 信令流程	213
8.5.1 Off-Path 模式	176	9.5 本章小结	217
8.5.2 R8 PCC 流程	178		
8.5.3 支持多 IP 的 PCC 机制	181	第 10 章 LTE 的演进——LTE-Advanced	218
8.5.4 EPS 网络的计费	183		
8.6 本章小结	186	10.1 LTE-Advanced 的目标与需求	218
第 9 章 业务连续性	187	10.2 LTE-Advanced 的核心技术	220
9.1 语音呼叫连续性 (VCC)	187	10.2.1 载波聚合技术	221
9.1.1 VCC 简介	188	10.2.2 多天线技术的扩展	222
9.1.2 SR-VCC 概述	193	10.2.3 CoMP 技术	222
9.1.3 SR-VCC 功能体系架构	194	10.2.4 Relay 技术	223
9.1.4 SR-VCC 切换信令流程	195	10.2.5 自组织网络技术	225
9.2 CS 语音回落 (CS Fallback)	199	10.2.6 频谱共享技术	225
9.2.1 CS Fallback 概述	199	10.3 本章小结	226
9.2.2 CS Fallback 功能体系架构	200	缩略语	227
9.2.3 CS Fallback 信令流程	201		
9.3 中心化 IMS 业务控制 (ICS)	205	参考文献	234
9.3.1 ICS 概述	205		

第 1 章

3GPP 网络技术及演进

1.1 移动通信概述

随着社会的发展，人们对通信的需求日益旺盛，对通信质量的要求也越来越高，理想目标是在任何时候、任何地方、以任何方式与任何人交流任何信息。移动通信由于具有不受地域束缚的灵活性和广域覆盖的连续性的特点，经过近 30 年的快速发展，已成为最具优势的个人通信方式。

到目前为止，移动通信的发展大致经历了三代。第一代移动通信系统以模拟化为主要特征，它自 20 世纪 70 年代末开始商用，其中最具代表性的是北美 AMPS、欧洲 TACS 以及日本 HCMTS 系统等。这一代移动通信系统主要基于模拟调制的频分多址（FDMA）方式，这种系统的主要缺点是频谱利用率低、移动设备复杂、业务种类受限制以及通话容易被窃听等。

第二代移动通信系统（2G）以数字化为主要特征，构成数字式蜂窝移动通信系统。它于 20 世纪 90 年代初正式走向商用，其中最具代表性的有欧洲采用时分多址（TDMA）方式的 GSM、日本的 PDC 以及北美采用码分多址（CDMA）方式的 CDMA 1X 系统等。从技术上看，2G 系统的主要措施包括采用 TDMA 或 CDMA 方式实现对用户的动态寻址，以数字式蜂窝网络结构和频率规划实现载频的复用，从而扩大了覆盖服务范围，满足了用户数量增长的需求。同时，对信道动态特性的匹配上采用了下面一系列措施：采用抗干扰性能优良的数字式调制，如 GMSK（GSM）、QPSK（IS-95）；性能优良的抗干扰纠错编码，如卷积码（GSM、IS-95）、级联码（GSM）；采用功率控制技术抵抗慢衰落与远近效应，这对于 CDMA 方式的 IS-95 尤为重要；采用自适应均衡（GSM）和 RAKE 接收技术（IS-95）抗频率选择性衰落与多径干扰；采用信道交织编码对抗时间选择性衰落；基站采用空间分集方式或极化分集方式抗空间选择性衰落。

第三代移动通信系统（3G）以多媒体业务为主要特征，它于 21 世纪初投入商业化运营。其中，最具代表性的有北美的 cdma2000、欧洲与日本的 WCDMA 以及我国提出的 TD-SCDMA 3 大标准。从技术上看，3G 系统的主要措施包括：为克服 CDMA 中的多址干扰，上行链路采用多用户检测与智能天线技术，下行链路采用发射分集、空时编码技术；针对数据业务要求误码率低且实时性要求不高的特点，对数据业务采用了性能更优良的 Turbo 码；为了实现与业务动态特性的匹配，采用了可实现不同速率业务（不同扩频比）的正交多址码。另外，

在 2007 年 10 月 19 日, 国际电信联盟 (ITU) 正式批准了无线宽带技术 WiMAX 成为 3G 标准。这标志着 WiMAX 也正式成为 IMT-2000 家族的一名成员, 与 WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA 3 者并列, 成为 ITU 的全球 3G 标准。

随着各种互联网应用的蓬勃发展, 尤其是移动互联网的快速发展, 现有系统越来越不能满足人们日益增长的通信需要。移动通信系统将呈现出移动化、宽带化和 IP 化的发展趋势, 在此形势下, ITU 提出了更高需求的下一代移动通信系统——IMT-Advanced, 也就是人们常说的第四代移动通信系统 (4G) 技术。目前, 3GPP、3GPP2 和 IEEE 等标准化组织都在加紧 4G 标准技术的制定工作。根据对现有的标准进展情况的研究与分析, 预计未来的几种 4G 系统将在无线传输技术 (如: 多址方式、多天线、调度算法、自适应重传等)、扁平化网络架构、全 IP 核心网等技术方面都越来越趋同。

目前, 3GPP 标准组织的 GSM/WCDMA 技术占据了全球 70% 以上的市场份额, 并且这一比例还在不断扩大。因此, 基于 3GPP 标准的相关技术已成为未来网络演进的重要方向与趋势, 也越来越成为全球运营商与设备商关注的焦点。

1.2 3GPP 标准的发展

3GPP (Third Generation Partnership Project, 第三代伙伴组织计划) 成立于 1998 年, 主要负责 UMTS 系统的标准化工作。

3GPP 标准组织主要包括项目合作组 (PCG) 和技术规范组 (TSG) 两类。其中 PCG 工作组主要负责 3GPP 总体管理、时间计划、工作的分配等, 具体的技术工作则由各 TSG 工作组完成。目前, 3GPP 包括 4 个 TSG, 分别负责 EDGE 无线接入网 (GERAN)、无线接入网 (RAN)、系统和业务方面 (SA)、核心网与终端 (CT)。每一个 TSG 进一步分为不同的工作子组, 每个工作子组分配具体的任务。例如, SA WG1 负责需求制定, SA WG2 负责系统架构, SA WG3 负责安全, SA WG5 负责网络管理, 等等。又如, TSG RAN 划分为 5 个工作小组, 分别是 RAN 层 1 规范组、层 2 与层 3 RR 规范组、Iub/Iur/Iu 规范与 OAM 需求规范组、无线性能与协议规范组和终端一致性测试规范组。

目前, 3GPP 已经正式发布 R99、R4、R5、R6、R7 和 R8 共 6 个版本, R8 版本于 2009 年 3 月正式发布, R9 的标准工作也已正式启动。其中, R99~R7 版本已基本稳定, R8 部分功能特性正在完善过程中。各版本的发布时间和主要功能增强如图 1-1 所示。

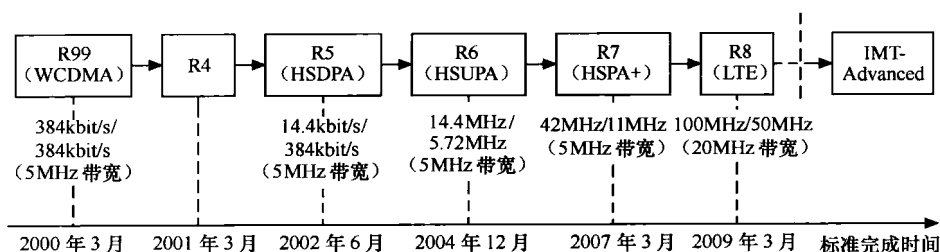


图 1-1 3GPP 标准演进路线

1. R99 阶段

R99 阶段是 3G 标准的第一个阶段。无线接入方面, 这一版本主要是定义了新型的空中

接口标准,即 WCDMA 无线接入技术,工作在 5MHz 频段,采用了 3G 系统的标志性多址技术——码分多址(CDMA)技术,使分组域(Packet Switched, PS)空口速率达到 2Mbit/s,电路域(Circuit Switched, CS)空口速率达到 384kbit/s。

核心网方面,R99 版本延续了 GSM/GPRS 系统的核心网系统结构,即分为电路域和分组域分别处理语音和数据业务。

业务方面,R99 阶段对 GSM 网络中的业务进行了进一步增强,除了支持基本的电信业务和承载业务外,还增加了对定位业务、64kbit/s 电路数据承载、电路域多媒体业务等的支持。

2. R4 阶段

与 R99 相比,R4 阶段在无线技术方面的主要变化是将 TD-SCDMA 纳入到 3GPP 体系中,融合为 3GPP TDD 模式的空中接口标准,其他方面没有根本性变化。

核心网方面,R4 版本在 R99 基础上引入了软交换思想,将 MSC 的承载与控制功能分离,即呼叫控制与移动性管理功能由 MSC Server 承担,语音传输承载和媒体转换功能由 MGW 完成。

业务方面,R4 阶段针对宽带 AMR 语音、定位业务(LCS)、视频媒体流等业务进行了全面的定义与增强。

3. R5 阶段

为了满足用户对高速下行数据业务的需求,在无线接入网方面,R5 版本定义了 HSDPA 技术,通过引入多种先进的无线传输技术,将下行数据业务的峰值速率提高到 14.4Mbit/s。

核心网方面,为了能够在 IP 平台上支持丰富的移动多媒体业务,R5 版本引入了基于会话初始协议(SIP)的 IP 多媒体子系统(IMS)。同时,R5 阶段引入了 Flex 技术,突破了一个 RNC 只能连接一个 MSC 或 SGSN 的限定,即允许一个 RNC 同时连接至多个 MSC 或 SGSN 实体。

在业务方面,R5 版本增加了支持 SIP 业务的功能,如 VoIP 语音、定位、即时消息、在线游戏以及多媒体邮件等。

4. R6 阶段

为满足高速上行数据业务的用户需求,R6 版本在无线接入网方面提出了 HSUPA 技术,通过引入 E-DCH 传输信道、自适应调制和编码、快速混合自动重传等技术,将上行数据峰值速率提高至 5.76Mbit/s。

核心网方面,R6 版本在系统构架方面没有做大的改变,主要是对 IMS 技术进行了功能增强,尤其对 IMS 与其他系统的互操作能力进行了完善,如与外部 IP 多媒体网络、与 CS 域之间、与 WLAN 网络之间的互通等,并引入了策略控制功能(PDF)作为 QoS 规则控制实体。

在业务方面,R6 版本进一步增强了业务能力:对无线信道、信令以及核心网实体都进行了修改以支持广播多播业务(MBMS);在 IMS 业务方面,对 Presence、多媒体会议、Push、PoC 等业务及应用进行了定义和完善。

5. R7 阶段

R7 版本在 R6 阶段的基础上进行了进一步的功能与性能增强。无线接入网方面,主要进行了 HSPA 的增强与演进(HSPA+),即通过引入 MIMO、高阶调制(上行 16QAM、下行 64QAM)、连续性分组连接(CPC)、干扰删除、L2 增强、高级接收机、发射分集等高级无

线传输技术，将 HSPA+ 系统的峰值数据速率提高至下行 42Mbit/s、上行 11Mbit/s。

核心网方面，R7 版本继续对 IMS 技术进行了增强，提出了语音连续性（VCC）、CS 域与 IMS 域融合业务（CSI）等重要课题，在安全性方面引入了 Early IMS 技术，以解决 2G 卡接入 IMS 网络的问题。并将 R6 版本的 PDF 与流计费（FBC）相融合，提出了策略控制与计费（PCC）的新架构，完成资源接纳控制和业务质量控制功能，但 R7 版本的 PCC 是一个不可商用部署的版本。

在业务方面，R7 版本对组播业务、IMS 多媒体电话、紧急呼叫等业务进行了严格定义，使整个系统的业务能力进一步大大丰富。

6. R8 阶段

迫于 WiMAX 等移动通信技术的竞争压力，为继续保证 3GPP 系统在未来 10 年内的竞争优势，3GPP 标准组织在 R8 阶段正式启动了长期演进（LTE）与系统架构演进（SAE）两大重要项目的标准制定工作。R8 阶段重点针对 LTE/SAE 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，引入了全新的纯分组域核心网系统架构，并支持多种非 3GPP 接入网技术接入该统一的核心网。

在完成 LTE/SAE 网络技术规范制定的同时，R8 阶段还进行了一系列技术标准的增强和完善工作。

（1）HSPA+ 增强与演进：具体包括 FDD HSDPA 的 64QAM 与 MIMO 的合并使用、增强型服务小区改变（E-SCC）、CS over HSPA、双载波 HSDPA、上行 L2 增强、增强型上行 CELL_FACH、语音呼叫连续性（VCC）等子课题。

（2）家庭基站技术：为解决 3G 系统的室内覆盖难题，增强室内用户的数据传输能力，R8 阶段专门针对 3G 家庭基站（Home Node B）及演进型家庭基站（Home eNode B）进行了立项研究。

（3）IMS 技术的增强：主要包括 IMS 中心化业务（ICS）、单射频语音呼叫连续性（SR-VCC）、多媒体业务连续性（MMSC）、IMS 接入企业网等子课题。

另外，R8 阶段还提出了 Common IMS 课题，即重点解决 3GPP 与 3GPP2、TISPAN 等几个标准化组织之间 IMS 技术的融合与统一。

7. R9 阶段

R9 阶段与 R8 阶段相比，将针对 SAE 紧急呼叫、增强型 MBMS（E-MBMS）、基于控制面的定位业务，以及 LTE 与 WiMAX 系统之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）、个性化回铃音（CRS）、多 PDN 接入及 IP 流的移动性、Home (e)Node B 安全性，以及 LTE 技术的进一步演进与增强（LTE-Advanced）等。

1.3 LTE/SAE 发展历程

为满足用户不断增长的业务需求，同时适应新技术的发展和移动通信理念的变革，3GPP

在 2004 年底启动了长期演进 (LTE) 和系统架构演进 (SAE) 两大计划的标准化工作, 以希望能够继续保持 3GPP 在移动通信领域的技术及标准优势, 同时有效地填补第三代移动通信系统和第四代移动通信系统之间存在的巨大技术差距。

LTE/SAE 网络的总体目标包含两个方面: 一是性能提高, 即提供更高的用户数据速率, 提升系统容量和覆盖率, 减小时延, 并减少运营成本; 二是实现一个能够支持多种接入技术灵活接入的、基于全 IP 的分组核心网络, 并保证业务的连续性。

3GPP 对 LTE/SAE 网络的具体需求进行了立项研究。总结起来, LTE/SAE 网络将是一个具有高数据率、低时延和基于全分组化的移动通信系统, 具体描述如下。

(1) 实现灵活的频谱带宽配置。支持 1.4MHz、1.6MHz、2.5MHz、5MHz、10MHz、15MHz 和 20MHz 的带宽设置。

(2) 提高数据传输率和频谱利用率。实现下行峰值速率 100Mbit/s, 上行峰值速率 50Mbit/s; 频谱利用率为 HSPA 的 2~4 倍, 用户平均吞吐量为 HSPA 的 2~4 倍。

(3) 提升小区边缘传输速率, 以保证一致的用户体验。

(4) 减小系统时延, 增强对实时业务的支持。用户平面单向传输时延低于 5ms, 控制平面从休眠状态至激活状态的迁移时间低于 50ms, 从驻留状态至激活状态的迁移时间低于 100ms。

(5) 支持增强型 QoS 与安全机制。提供高效的 QoS 协议与高级别安全机制, 增强对网络承载业务的控制与安全性。

(6) 支持扁平化的网络层次架构, 网络节点尽量压缩。

(7) 支持全面分组化。提供真正意义上的纯分组域接入, 未来的核心网将不再提供基于电路域 (CS) 的业务。

(8) 支持多接入技术接入至统一的核心网。支持与现有 3GPP 网络 (与 GSM、WCDMA) 的互操作, 同时支持非 3GPP 网络 (如 WLAN、WiMAX、cdma2000) 的接入, 支持用户在 3GPP 网络与非 3GPP 网络之间的漫游和无缝切换。

3GPP LTE 相关的标准工作可以分为两个阶段: SI (Study Item, 技术可行性研究阶段) 和 WI (Work Item, 具体技术规范撰写阶段)。

SI 阶段主要是以研究的形式确定 LTE 系统的基本框架, 并进行主要的候选技术选择, 以对 LTE 标准化的可行性进行判断。经过一年多的研究, SI 阶段明确了 LTE 系统的需求及应用场景, 形成了包括详细需求在内的一系列技术研究报告, 并于 2006 年 6 月, 经多厂家的系统仿真评估, 对 LTE 标准化的可行性得出了初步结论。

WI 阶段可分为 Stage 2、Stage 3 两个子阶段。其中, Stage 2 主要通过对 SI 阶段中初步讨论的系统框架进行确认, 同时进一步完善技术细节, 并最终于 2007 年 3 月形成了 LTE 第一版规范 TS 36.300。该规范并不能够直接用于设备开发, 而是对 LTE 系统的一个总体描述, 仅是一个参考规范, 根据 Stage 2 形成的初步设计, 进一步验证了 LTE 系统的性能。Stage 3 主要是确定具体的流程、算法及参数等, 该阶段于 2007 年 12 月对无线接口的物理层规范进行了功能性冻结, 形成了 LTE 技术规范的第一个版本, 但由于该版本存在多方面未确定的问题, 尤其是无线接口高层功能及网络接口协议方面, 因此, 2008 年 3GPP 继续对 LTE Stage 3 的技术规范进行了修改和完善。由于技术细节问题层出不穷, Stage 3 的完成时间也一拖再拖, 最终, R8 版本 LTE 技术规范的完成时间被推迟到 2008 年 12 月。其中, 对于部分特性以及由于时间问题来不及解决的遗留问题被放到 R9 中继续完善。

SAE 的标准化工作从 2005 年开始正式启动, 到 2006 年 12 月份完成了 SAE 的需求定义

及技术研究报告。同时从 2006 年底，3GPP 开始进行第二阶段 SAE 技术规范的制定工作，并于 2007 年 12 月，冻结了 R8 阶段的系统需求，完成了大部分的 Stage 2 标准讨论工作。由于 Stage 1 阶段提出的需求和议题太多，且对几个关键性课题的方案迟迟不能确定，R8 版本 SAE 标准 Stage 2 的工作最终推迟到 2008 年 6 月才全部冻结。2008 年 12 月，3GPP 完成了大部分的 SAE 信令协议规范（Stage 3）的制定工作。

目前，LTE/SAE 标准的核心技术规范及测试规范均已冻结，并于 2009 年 3 月正式发布。图 1-2 给出了 LTE/SAE 在标准制定、测试实验及预商用系统研发等方面的时间进度安排表。

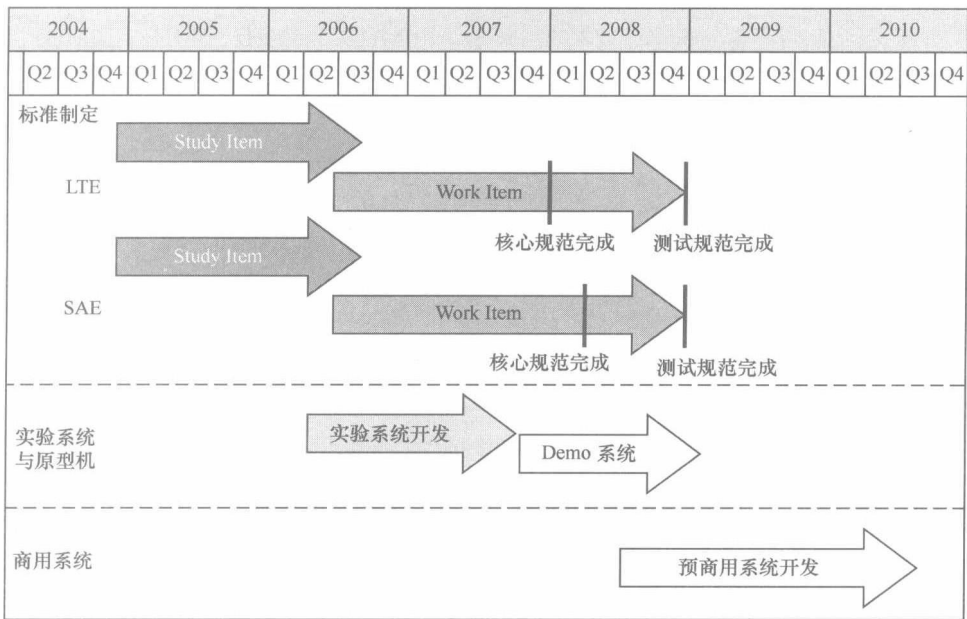


图 1-2 LTE/SAE 时间进度图

除了 3GPP 标准组织负责制定 LTE/SAE 网络的相关技术规范以外，国际主流运营商和设备商还成立了两个与 LTE 技术密切相关的组织：NGMN（Next Generation Mobile Network，下一代移动网络）组织和 LSTI（LTE/SAE Trial Initiative，LTE/SAE 试验联盟）组织。3GPP 组织与 NGMN 和 LSTI 组织之间是相互补充、相互配合的关系，它们分别从技术标准、系统需求和测试 3 个方面对 LTE 的产业化进程提供有力的支持，图 1-3 给出了 3 大组织之间的关系图。

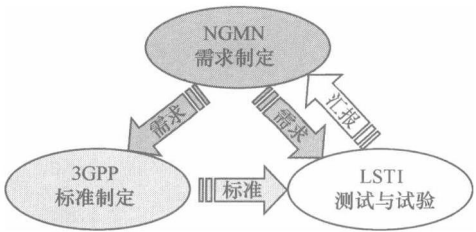


图 1-3 与 LTE/SAE 相关的组织

1. NGMN 组织

NGMN 是由全球主要移动运营商发起的、旨在引导和推动无线网络演进与发展的组织。NGMN 组织集合移动运营商的运营经验和市场洞察力，研究和制定下一代移动网络需求，提出未来宽带移动网络的性能目标、功能要求和演进部署场景等，给标准化组织、设备制造商等以明确指导，建立和谐共赢的产业生态环境，使得未来移动通信更好地满足用户需求。

NGMN 组织主要从以下 5 个方面推动下一代移动宽带发展。

(1) 频谱方面：寻找可统一利用的频谱，同时与 ITU 组织及各国家、各地区频谱管理部门协调与沟通。

(2) 技术方面：首先从运营的角度，提出各种需求并与制造商讨论可行性；其次，将需求提交给 3GPP 组织，以推动相关技术标准的进展。

(3) 试验方面：对技术进行早期验证；向 LSTI 提测试需求。

(4) 知识产权方面：推动 IPR 改革，保证 IPR 透明和费率可预见。

(5) 产业链方面：与互联网行业合作，构建“多方共赢”生态环境。

2. LSTI 组织

LSTI 组织是设备制造商与运营商联合成立的测试组织，成立于 2007 年 5 月。其主要任务是促进 LTE/SAE 成为下一代移动通信技术，加快 LTE/SAE 产业化进程，驱动产业链的发展和完善。LSTI 主要进行概念验证、制订最小测试集、进行外场测试。目前，该组织已经涵盖了全球主要的电信运营商、设备厂商、芯片厂商及测试仪表厂商。LSTI 试验联盟将 LTE/SAE 系统的功能与性能验证分为 4 个主要阶段。

(1) 概念验证 (Proof of Concept, PoC)。验证原型机可以实现 LTE/SAE 的基本功能，达到 LTE/SAE 系统所要求的基本性能。主要分两个阶段来实现。阶段 1：侧重空口性能测试，针对物理层和部分层 2 内容，主要包括单小区单 UE 场景。阶段 2：侧重基本功能测试，针对层 2 和层 3 内容，主要针对单小区多 UE 以及多小区多 UE 情况。

(2) 互操作开发测试 (Interoperability Development Test, IODT)。给出 LTE/SAE 系统空口特性的最小测试集，以实现第一阶段互通测试，并定期形成测试报告。

(3) 互操作测试 (Interoperability Test, IOT)。给出 LTE/SAE 接口特性的最小测试集，以实现预商用前的互通测试，包括对 LTE-Uu 口测试（同一个基站厂商与不同的终端厂商之间进行）、S1 口测试（不同的基站厂商和核心网厂商之间进行）以及 X2 口测试（不同的基站厂商之间进行）。

(4) 预商用测试 (Friendly Customer Trials, FCT)。为了在商用前体现 LTE 系统的能力及优势，在制造商和第三方进行测试。该阶段测试有助于制造商和运营商为 LTE 系统的商用和部署做好准备。测试内容主要是包括完整的端到端解决方案，一般由运营商组织测试，在不同的设备制造商和终端商之间进行。

2010 年之前，LSTI 联盟将不断发布联合测试结果和报告，为标准修订和厂家设备研发提供依据。根据目前各厂家的研发进度，预计在 2012 年左右，业界将完成可用于实际部署的 LTE 商用系统。

1.4 本章小结

迫于 WiMAX 等移动通信技术的竞争压力，为继续保证 3GPP 系统在未来 10 年内的竞争优势，3GPP 标准组织于 2004 年适时启动了 LTE 与 SAE 两项演进计划。

本章简要回顾了 3GPP 标准的整个发展过程，在此基础上，对 3GPP LTE/SAE 网络技术的产生背景及标准总体进展情况进行了详细的介绍，并对与 LTE/SAE 相关的两个标准组织：NGMN 与 LSTI 进行了介绍。就目前进展来看，LTE/SAE 网络技术在下一代宽带移动通信技

术中已取得较大优势，受到了大多数运营商和设备商的一致支持。

与 UMTS 系统相比，LTE/SAE 网络在无线传输技术、空中接口协议和系统结构等方面都发生了革命性的变化。对应的无线接入网和核心网被称为 E-UTRAN 和 EPC (Evolved Packet Core)，并将整个网络系统命名为 EPS (Evolved Packet System，演进的分组系统)。为了文中的术语统一和内容介绍的方便，本书涉及整个网络系统的功能或技术时，都采用 EPS 进行描述。

第 2 章

EPS 系统架构与功能

EPS (Evolved Packet System) 的一个重要目标是将所有的业务与应用集合在一个简单而通用的网络架构上, 为用户提供更丰富、更高质量、更无缝的业务体验, 同时为运营商提供更加灵活且可靠的控制机制。

与 UMTS 系统相比, EPS 的系统架构与功能上呈现出诸多变化与改进, 本章在 UMTS 系统架构的基础上对比分析了 EPS 系统的网络架构以及相应的接口协议, 随后详细阐述了 EPS 系统的主要功能及增强型的 QoS 机制。最后, 简要介绍了 EPS 系统相对 UMTS 系统所新增的相关标识。

2.1 系统架构

2.1.1 EPS 总体架构

为了更清晰、全面地理解 EPS 的网络架构, 图 2-1 示出了从 GSM 网络开始, 3GPP 移动通信网络架构向后演进的几个主要进程。

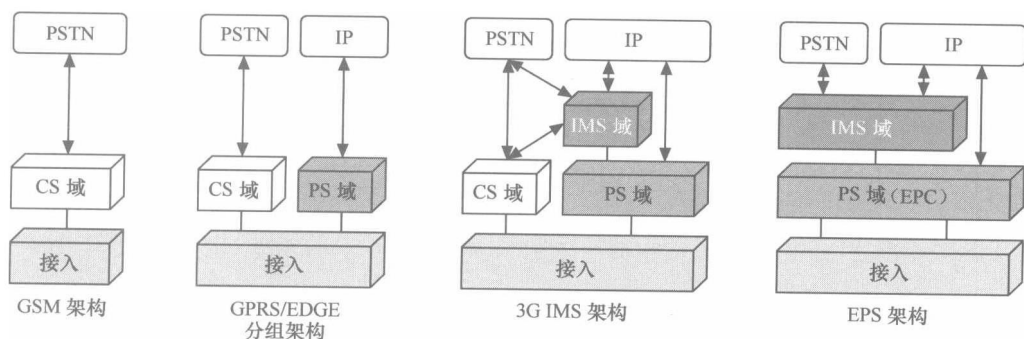


图 2-1 网络架构演进示意图

可以看出, GSM 网络仅仅存在电路域 (CS), 支持的业务主要是话音业务, 并支持 PSTN 固定网络的话音互通。当网络演进到 GPRS/EDGE 阶段时, 系统引入了分组域 (PS) 的概念, 因此, 可以提供一些基于 IP 的基本数据业务。随后, 当网络演进到 UMTS 阶段, 且引入了 IP 多媒体子系统 (IMS) 体系架构时, 系统在 PS 域核心承载网之上增加了新的一层——IMS