

LTE 技术丛书

3GPP系统架构演进 (SAE) 原理与设计

本书不仅介绍了SAE的标准化结果，还充分考虑了运营商的需求、技术方案的原理和选择以及产业发展状况，分析了各种技术的优势和劣势，并且诠释了技术选择的过程和原因，从总体上讲述了系统架构确定的过程，同时详尽介绍了各关键技术点。

■ 姜怡华 许慕鸿 习建德 朱丽 沈宇希 朱西鹏 编著

 **人民邮电出版社**
POSTS & TELECOM PRESS

-55

3GPP系统架构演进 (SAE)原理与设计

■ 姜怡华 许慕鸿 习建德 朱丽 沈宇希 朱西鹏 编著

TN929.533

J532

人民邮电出版社
北 京

图书在版编目 (C I P) 数据

3GPP系统架构演进 (SAE) 原理与设计 / 姜怡华等编
著. — 北京: 人民邮电出版社, 2010.3
(LTE技术丛书)
ISBN 978-7-115-21901-5

I. ①3… II. ①姜… III. ①码分多址—移动通信—
通信技术 IV. ①TN929.533

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第220688号

内 容 提 要

本书系统地介绍了3GPP系统架构演进(SAE)的原理和设计。全书共分为14章:第1章简单介绍了SAE项目背景以及核心网的演进路线,第2章介绍了SAE系统的需求,第3章主要描述了SAE系统架构,第4章对SAE系统中的基本概念和特性进行了描述,第5章和第6章着重描述了移动通信系统中重要的移动性管理和位置管理功能,第7章分析了会话管理功能,第8章对系统中的QoS机制和PCC架构进行了介绍,第9章介绍了SAE系统的安全机制,第10章是关于SAE系统与其他系统间进行互操作时涉及的问题,第11章主要描述了SAE架构的引入对IMS系统的影响,第12章对SAE系统中的一个主要协议——GTP进行了介绍,第13章介绍了3GPP在SAE标准之后继续开展的工作,第14章给出了SAE系统中部分消息流程。

本书围绕SAE体系架构和系统设计必需的基本要素,用通信行业技术人员熟悉的语言和思维方式有选择地介绍相关技术和接口协议,力图使读者对SAE系统有一个较为全面和清晰的理解。本书能够帮助我国的LTE研发和工程技术人员加深对SAE的理解,并为我国企业和高校研究人员研究设计新一代宽带无线移动系统提供参考。

LTE 技术丛书

3GPP 系统架构演进 (SAE) 原理与设计

- ◆ 编 著 姜怡华 许慕鸿 习建德 朱 丽 沈宇希 朱西鹏
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>
北京艺辉印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 24.75
字数: 608千字
印数: 1—3 500册
- 2010年3月第1版
2010年3月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-21901-5

定价: 65.00 元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

序 言

经过几十年的发展，移动通信技术已经进入第三代数字移动通信技术的应用时期。随着 HSPA、LTE、LTE-Advanced 等第三代无线接入技术的持续演进，核心网络的技术与架构也在进一步演进与发展，无线网络传输速率和带宽有了大幅度提高。与此同时，核心网络也应在架构的简化方面有所作为，使得未来的核心网具有更高效的传输与控制能力。

在 3G 技术开始广泛运用的今天，全球越来越多的 2G/3G 网络运营商宣布了基于 LTE/SAE 网络的发展战略，3GPP 的核心网络演进标准中的 SAE 成为未来网络平滑演进的目标，SAE 系统也是目前为止唯一能够支持多种移动接入技术的网络。

经过 4 年多的技术预研和标准化工作，核心网络演进的 SAE 系列标准已基本完成。演进后的核心网架构基于扁平化的全 IP 技术，采用了信令平面与用户平面分离的分组网络控制架构，在演进的同时仍然支持与原有 2G/3G 网络的移动性管理和业务的互操作性，并且实现了对 CDMA、WiMAX 等其他网络接入方式的全面支持。演进的 SAE 网络一方面配合高速、高效的 LTE 无线接入网络共同发展，确保了 3GPP 标准在移动通信领域中长期的竞争优势；另一方面也为各种无线接入技术的共同接入和互操作提供了完整的支持。

从 1998 年起，我国通信企业和科研院所就开始从事 3GPP 标准化工作，经过十多年的努力，我国通信业在 3GPP 标准化工作中已经积累了越来越多的技术基础和标准化经验，并在如今的 LTE/SAE 技术和标准化发展上取得了巨大的成果。我国通信运营商基于自己的移动通信网络运营经验，向 3GPP 提交了许多有效运营网络和优化网络性能的需求和技术方案，而我国的通信设备企业也充分运用在国际和国内的生产、科研以及与运营商合作建网的经验，向 3GPP 提交了大量的技术文稿。这些都为我国通信企业的自主技术发展和国际化的运营目标打下了良好的基础。

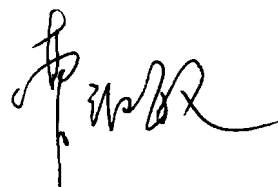
LTE/SAE 网络技术将在未来较长一段时间内作为移动网络演进和发展的主流技术被广泛应用，同样也会被国内运营商和通信设备企业采纳并使用。此外，LTE/SAE 技术目前也是国内通信行业标准研究的重要课题之一。在此背景下，本书的作者希望出版一本全面而详尽地介绍 LTE/SAE 技术的书籍，帮助业内人员加深对技术方案的理解、认识相关技术点之间的联系，从总体上对于演进后的核心网特性有所了解，对于研究和跟进国际标准化进展起到参考作用。

本书的作者均深入地参与了 3GPP SAE 标准的研究与制定过程，参加了历次 SAE 标准化会议，代表国内和国际移动网络设备企业和研究机构提交了大量技术提案，并经历了各种技术选择的重要决策过程。他们在本书中贡献了

自己对 SAE 标准和技术的深入理解, 不仅仅是表述已经确定的现有技术, 而是将技术方案的原理和选择作为本书的重点, 在此基础上融合了对原有 2G/3G 网络技术的理解与运营部署经验, 比较两种系统的相似与不同之处。本书中援引的素材均来自 3GPP 发布的标准文本、技术报告、会议提案以及其他产业界获得认可的技术论坛发布的正式文件。

本书的主要特点在于, 不仅介绍了 SAE 的标准化结果, 还从运营商的需求、技术方案的原理和选择以及产业现实状况出发, 分析了各种技术的优势和劣势, 并且诠释了技术选择的过程和原因, 从总体上进述了系统架构确定的过程, 同时详尽介绍了各关键技术点。对于深入研究技术和设备开发的人员, 本书提供了详细而精确的技术实现概念和参考规范。书中深入浅出的讲解方式, 使得研究者和开发者既可以获得深入的技术指导, 也能够更好地理解技术发展选择的原因, 以及各关键技术点间的相互关联性。而对于需要全面了解 SAE 技术发展的人员, 本书也提供了众多详实的参考信息, 使得阅读本书不仅能够系统地学习现有的技术研究成果, 更能够进一步跟踪未来网络架构和技术演进方向。

本书的内容主要基于已经完成并稳定的 3GPP R8 版本, 同时兼顾了 2009 年年底即将结束的 3GPP R9 版本和刚刚启动的 3GPP R10 版本的新增特性。在 3GPP 的标准化过程中, LTE/SAE 标准的阶段目标已经完成, 但对它的进一步增强和完善还将持续一段时间。我希望本书的出版能够为我国通信产业界提供一个良好的共同学习和研究的平台, 使得 LTE/SAE 技术的研究在国内能够获得更多的认知和认可, 也希望我国的通信产业界在网络进一步演进的研究和国际标准化过程中作出更加重大的贡献。



2009 年 12 月

随着移动通信系统的发展, 3GPP 一直致力于进一步开发速率更高、处理效率更高的系统。在 WCDMA/TD-SCDMA 技术之后, 3GPP 除了提出支持高速数据业务的 HSPA/HSPA+ 技术, 更于 2004 年先后制定了 LTE (长期演进) 和 SAE (系统架构演进) 计划, 以实现移动通信系统向 4G 技术迈进的平稳过渡。其中, LTE 项目研究面向无线网络的演进方案, 而 SAE 是针对 LTE 开展的一项平行研究项目, 该项目的宗旨是根据核心网络的技术发展趋势和演进需求, 对核心网络的架构和性能进行优化, 构架一个基于 IP 技术的、扁平化的网络体系结构, 简化网络操作, 确保平稳、有效地部署网络。

3GPP 在 SAE 的开发过程中明确了三大工作目标。一是提升用户的感知体验, 降低时延, 增加用户数据速率; 二是实现一个基于 IP 的网络基础架构, 提高系统容量和覆盖率, 降低运营成本; 三是集成其他非 3GPP 的接入技术, 实现多接入技术的支持和更加灵活的移动性管理, 从而在未来 10 年或者更长一段时间确保 3GPP 系统的竞争力。

经过 4 年艰苦的标准化工作, SAE 标准于 2008 年基本稳定下来。这个版本的 LTE/SAE 标准得到了各大运营商和设备商的一致认可, NGMN 联盟通过对 LTE/SAE、WiMAX、UMB 进行技术评估, 认为 LTE/SAE 是第一个广泛满足 NGMN 白皮书的技术。由此, NGMN 联盟批准 LTE/SAE 作为它的第一个适用技术。

目前, SAE 标准的研究成果已逐步应用到通信产业的研究和开发以及运营商的网络实验中, 相信不久的将来就会得到大规模商用。因此, 不管是通信设备制造业的研发人员, 还是运营企业的技术人员, 都需要对 SAE 标准进行深入的理解。面对这种需求, 深入浅出地介绍 SAE 相关技术, 全面剖析 SAE 系统的架构和功能特性, 详细介绍有关的接口协议和消息流程, 正是作者编写本书的出发点。

本书在编写过程中, 不仅从 3GPP 接入和非 3GPP 接入技术两个方面详细介绍了 SAE 系统架构和功能特性, 还对 3GPP 的关键技术选择过程进行了分析, 介绍了 3GPP 是如何对各种方案进行比较、取舍和修改的, 从而确定 SAE 架构。这些内容不仅能帮助读者更好地理解 SAE 系统结构和功能特性, 还能够使读者从中看到移动通信系统中的重要技术决策, 不仅仅基于性能优化的目的, 还要兼顾系统复杂度、运营商的实际需求及设备的兼容性等诸多因素。

另外, SAE 标准是在现有的 GPRS 网络的基础上发展而来的, 与 GPRS 技术有相似之处, 但也增加了许多新的技术和特性, 特别是增加了与非 3GPP 接入系统相关的操作, 这是原来的 GPRS 系统所不支持的特性。即使同样是 3GPP 接入, SAE 系统与 GPRS 系统相比, 在网络架构、接口、协议、消息流

程等方面也有许多的改进和优化。在技术层面，将 SAE 技术与 GPRS 技术进行比较，通过两种系统的对比分析，能够让读者在原有知识的基础上，更容易理解和认识 SAE 系统的特性。

本书各章编写分工如下：第 1、2 章由许慕鸿编写；第 3 章由许慕鸿、习建德编写；第 4 章由许慕鸿、姜怡华、习建德编写；第 5、13 章由姜怡华编写；第 6、8 章由习建德编写；第 7、14 章由姜怡华、习建德编写；第 9 章由朱西鹏编写；第 10 章由姜怡华、习建德、朱丽编写；第 11 章由朱丽编写；第 12 章由沈宇希编写。全书由许慕鸿和姜怡华统稿。感谢熊春山博士为本书提供的宝贵意见，赵训威博士对本书编写工作的大力支持。另外，感谢徐晖女士和张修勇先生审校了部分书稿。

本书是基于作者的主观视角和有限学识对标准化讨论过程和结果的理解，观点难免有欠周全之处。另外，SAE 标准本身也在不断完善和演进，本书难免存在不当之处，敬请读者批评指正。读者朋友可通过本书编辑的电子邮箱 (liuyang@ptpress.com.cn) 与我们联系。

目 录

第 1 章 SAE 项目背景及概述	1	4.1.1 概述	66
1.1 SAE 项目背景	1	4.1.2 移动性状态模型	67
1.2 3GPP 核心网演进路线	2	4.1.3 EPS 连接模型	68
1.3 国内 SAE 技术的研究	8	4.2 跟踪区	69
1.4 3GPP LTE/SAE 协议结构	9	4.3 永远在线和默认承载	71
1.5 小结	10	4.4 IP 特性的使用	73
参考文献	11	4.4.1 IP 地址分配	73
第 2 章 SAE 系统需求	12	4.4.2 IP 移动性管理的基本特征	79
2.1 概述	12	4.5 MME 池区域与 S-GW 服务区域	82
2.2 基本能力要求	13	4.6 节点选择	85
2.3 多重接入和无缝移动性	15	4.6.1 P-GW 选择	85
2.4 性能需求	19	4.6.2 S-GW 选择	88
2.5 安全和私密性	19	4.6.3 ePDG 的选择机制	88
2.6 计费需求	20	4.6.4 DSMIPv6 家乡链路检测功能	89
2.7 小结	20	4.7 多 PDN 功能	89
参考文献	21	4.8 负载均衡	91
第 3 章 SAE 网络架构与特性	22	4.8.1 概述	91
3.1 SAE 体系架构演进过程	22	4.8.2 MME 的负载均衡	92
3.1.1 架构需求	22	4.8.3 S-GW 的负载均衡	93
3.1.2 3GPP 接入的架构演进过程	24	4.9 SAE 中的 UE 能力处理	93
3.1.3 Non-3GPP 接入的架构演进过程	33	4.10 SAE 中的标识及其使用	95
3.2 基于 GTP 的体系架构	36	4.11 UE 在 ECM-IDLE 状态下的可及性 管理	101
3.2.1 体系架构	36	4.12 UE 的短消息可及性管理	102
3.2.2 网元功能	38	4.13 Non-3GPP 的网络发现及选择	102
3.2.3 接口协议	45	4.14 小结	104
3.3 基于 PMIP 的体系架构	51	参考文献	104
3.3.1 体系架构	51	第 5 章 基于 GTP 的移动性与 位置管理	106
3.3.2 网元功能	55	5.1 概述	106
3.3.3 接口协议	57	5.2 网络附着	107
3.4 SAE 网络与 GPRS 网络的比较	62	5.2.1 网络附着过程	107
3.5 小结	64	5.2.2 默认承载的建立	108
参考文献	64	5.2.3 附着请求中的 APN	109
第 4 章 SAE 基本概念与特性	66	5.2.4 初始附着与切换附着	109
4.1 移动性和连接管理模型	66		

5.2.5	静态 IP 地址与动态 IP 地址	110
5.2.6	NAS 安全性	111
5.3	跟踪区更新	111
5.3.1	跟踪区更新过程的触发	111
5.3.2	跟踪区更新过程	112
5.3.3	负载均衡	113
5.3.4	EPS 承载上下文的同步	116
5.3.5	不同场景的跟踪区更新过程	116
5.4	业务请求	117
5.4.1	业务请求过程的触发与执行	117
5.4.2	业务请求与 RRC 连接建立	118
5.4.3	空闲状态下的用户平面终结点	119
5.4.4	承载的恢复	122
5.4.5	寻呼重传	122
5.4.6	下行数据的寻呼触发及限制	123
5.4.7	用户平面快速建立	123
5.5	S1 连接释放	124
5.6	GUTI 重分配	125
5.7	网络注销	125
5.7.1	注销过程的触发和类型	125
5.7.2	不同注销过程的特点	126
5.7.3	注销过程中 MME 与 HSS 的交互	129
5.8	HSS 用户文件管理	129
5.9	多 PDN 连接	130
5.9.1	默认 PDN 连接	130
5.9.2	多 PDN 连接的建立	130
5.9.3	多 PDN 连接的释放	131
5.10	信令缩减	132
5.10.1	信令缩减的需求	132
5.10.2	方案选择	133
5.10.3	ISR 的原理	134
5.10.4	TIN 的使用	135
5.10.5	SGSN/MME 结合节点	136
5.10.6	M-TMSI 与 P-TMSI 的映射	139
5.10.7	GUTI 与 RA/P-TMSI 的映射	139
5.10.8	周期性 TAU 与隐式注销	140
5.10.9	ISR 的激活	141
5.10.10	ISR 激活时的下行数据传输	142
5.10.11	ISR 的去激活	142
5.10.12	ISR 激活时的承载删除	143
5.10.13	ISR 激活时的网络注销	143

5.10.14	承载状态的同步	145
5.11	E-UTRAN 内部切换	146
5.11.1	E-UTRAN 内部切换的类型	146
5.11.2	X2 接口的必要性	147
5.11.3	S1 切换的执行条件	149
5.11.4	MME/S-GW 重定位的必要性	149
5.11.5	路径转换	150
5.11.6	CN 间切换 (数据前转)	152
5.11.7	未被接纳的承载的释放	153
5.12	小结	153
	参考文献	154

第 6 章 基于 MIP 的移动性与位置管理

6.1	基于 PMIPv6 协议的 3GPP 接入系统 移动性管理	156
6.1.1	S5/S8 接口 PMIP 下的 E-UTRAN 初始附着	156
6.1.2	位置更新	158
6.1.3	网络去附着	158
6.1.4	多 PDN 连接	159
6.2	可信任 Non-3GPP 接入系统 移动性管理	161
6.2.1	网络附着	161
6.2.2	网络去附着	169
6.2.3	多 PDN 连接建立	173
6.3	非信任 Non-3GPP 接入系统 移动性管理	173
6.3.1	概述	173
6.3.2	网络附着	174
6.3.3	网络去附着	176
6.3.4	多 PDN 连接建立	178
6.4	Non-3GPP 接入系统的位置管理	178
6.5	小结	178
	参考文献	179

第 7 章 会话管理

7.1	基于 GTP 的承载管理	180
7.1.1	专用承载激活过程	180
7.1.2	伴随 QoS 更新的承载修改过程	181
7.1.3	P-GW 发起的不伴随 QoS 更新的	

承载修改过程.....	182	参考文献.....	230
7.1.4 承载删除的过程.....	182	第 10 章 EPC 与其他系统的互操作	231
7.1.5 UE 请求的承载资源修改过程.....	184	10.1 3GPP 系统间改变.....	231
7.1.6 承载建立时 QoS 的发起.....	185	10.1.1 3GPP 系统间互操作架构.....	231
7.1.7 专用承载的保留.....	185	10.1.2 传统 UMTS CN 与 EPC 的连接 方法选择.....	232
7.1.8 承载标识的分配.....	186	10.1.3 GGSN 与 EPC 的共存.....	234
7.1.9 承载修改过程的触发.....	186	10.1.4 E-UTRAN 与 GERAN/UTRAN 系统间 RAU/TAU.....	235
7.1.10 QoS 的改变对承载修改过程的 影响.....	187	10.1.5 空闲状态 UTRAN/GERAN 与 E-UTRAN 系统间改变.....	236
7.1.11 LBI 的使用.....	188	10.1.6 连接状态 E-UTRAN 与 GERAN/UTRAN 系统间改变.....	237
7.1.12 PTI 的使用.....	188	10.1.7 EPS 承载与 PDP 上下文的映射.....	239
7.2 基于非 GTP 的承载管理.....	189	10.1.8 数据前转.....	240
7.2.1 概述.....	189	10.1.9 MME 与 UMTS HSS 间接口.....	243
7.2.2 承载的建立.....	189	10.2 基于 PMIP 的系统间切换.....	243
7.2.3 承载的修改.....	190	10.2.1 3GPP 接入与 Non-3GPP IP 接入 系统之间的普通切换.....	243
7.2.4 承载的删除.....	192	10.2.2 E-UTRAN 接入系统与 cdma2000 之间的优化切换.....	253
7.3 小结.....	192	10.2.3 3GPP 接入系统与移动 WiMAX 系统之间的优化切换.....	259
参考文献.....	192	10.2.4 Non-3GPP IP 接入系统之间的 切换特性.....	260
第 8 章 QoS 与 PCC	194	10.3 GTP 网络与 PMIP 网络之间漫游的 解决方案.....	265
8.1 SAE 的 QoS 架构.....	194	10.3.1 直接对等解决方案.....	265
8.1.1 概述.....	194	10.3.2 代理交互解决方案.....	266
8.1.2 EPS 承载 QoS 架构.....	194	10.4 与电路域的互操作.....	267
8.1.3 EPS 与 3GPP UTRAN/GERAN 之间 QoS 映射准则.....	203	10.4.1 需求概述.....	267
8.2 SAE 中 PCC 架构.....	204	10.4.2 CS over PS.....	269
8.2.1 概述.....	204	10.4.3 CS FallBack.....	274
8.2.2 PCC 的演进历史.....	205	10.4.4 SR-VCC.....	281
8.2.3 EPS PCC 架构选择.....	207	10.5 小结.....	287
8.2.4 EPS PCC 架构中多 PCRF 路由 机制.....	212	参考文献.....	287
8.3 SAE 中的 PCC/QoS 机制.....	214	第 11 章 SAE 对 IMS 的影响	289
8.4 策略增强演进方向.....	220	11.1 概述.....	289
8.5 小结.....	220	11.2 IMS 的本地路由疏导.....	290
参考文献.....	221	11.2.1 本地路由疏导的场景.....	291
第 9 章 SAE 系统安全	222	11.2.2 本地路由疏导的方案选择.....	293
9.1 用户的身份认证及 AKA.....	222		
9.2 密钥及生成.....	224		
9.3 信令和用户数据的加密.....	226		
9.4 信令的完整性保护.....	227		
9.5 移动性管理过程中的安全.....	227		
9.6 小结.....	230		

11.3	IMS 的媒体面路由优化	293	13.3.2	EPS 中的 MBMS	331
11.4	IMS 本地路由疏导和媒体面路由优化的比较	299	13.4	R9 中的其他新技术	333
11.5	小结	299	13.4.1	通过 GPRS 和 EPS 支持 IMS 紧急呼叫	333
	参考文献	300	13.4.2	LTE 和 EPS 支持 LCS	334
第 12 章	SAE 中的 GTP	301	13.4.3	增强的接入网发现和选择功能	335
12.1	概述	301	13.4.4	基于 PMIP 接口的多 PDN 连接到同一个 APN	335
12.2	GTP 消息定义	301	13.5	R10 中的新技术	336
12.2.1	GTP 消息粒度	301	13.5.1	机器类型通信的网络改进	336
12.2.2	GTP 消息定义规则	303	13.5.2	在人口密集地区的注册	337
12.2.3	GTP 消息头的增强	304	13.5.3	增强的家庭基站	337
12.2.4	GTP 的信元定义	305	13.5.4	基于 GTP 的 S8 链接	338
12.2.5	消息的附带发送 (Piggyback)	308	13.5.5	多接入 PDN 连接	338
12.3	GTP 隧道及可靠传输	309	13.6	小结	339
12.3.1	GTP 隧道	309		参考文献	339
12.3.2	非可靠传输及序列号应答	311	第 14 章	信令流程举例	340
12.3.3	消息嵌套的隐喻	313	14.1	E-UTRAN 附着——基于 GTP	340
12.4	异常处理	314	14.2	E-UTRAN 附着——基于 PMIP	347
12.4.1	异常处理概述	314	14.3	伴随 S-GW 改变的 TA 更新过程	349
12.4.2	部分节点失败处理	315	14.4	基于 PMIP 的 TA 更新过程	353
12.4.3	条件性可选参数	315	14.5	网络发起的业务请求过程	354
12.4.4	路径失败	316	14.6	基于 S1 接口的 E-UTRAN 内切换	356
12.5	GTP-U	316	14.7	基于 S1 接口的 E-UTRAN 内切换拒绝	360
12.5.1	用户平面特性概述	316	14.8	E-UTRAN 到 UTRAN Iu 模式的 RAT 间切换	361
12.5.2	数据转发结束标识	317	14.9	GERAN A/Gb 模式到 E-UTRAN 的 RAT 间切换	365
12.5.3	序列号	318	14.10	I-RAT 切换取消	370
12.5.4	错误指示消息	318	14.11	S2a 接口基于 PMIPv6 协议的初始附着流程	371
12.6	GTP 端口及兼容性	318	14.12	3GPPE-UTRAN 到 cdma2000 HRPD 接入网络激活模式下的优化切换	373
12.7	小结	318	14.12.1	预注册阶段	374
	参考文献	319	14.12.2	实际切换阶段	375
第 13 章	移动核心网新技术	320	14.13	小结	378
13.1	概述	320		参考文献	378
13.2	家庭基站	320	缩略语		379
13.2.1	家庭基站的使用场景	321			
13.2.2	家庭基站的业务需求	323			
13.2.3	家庭基站的基本架构	327			
13.3	MBMS	330			
13.3.1	UMTS 中的 MBMS	330			

第 1 章

SAE 项目背景及概述

1.1 SAE 项目背景

随着新技术的不断涌现, 3GPP (Third Generation Partnership Project, 第 3 代合作伙伴计划) 发现有必要通过从无线接口到核心网络的持续演进和增强, 以在未来十年内保持自己在移动通信领域的技术领先优势, 为运营商和用户不断增加的需求提供满意的支持。因此, 为了占有宽带无线接入市场, 并保持 3GPP 标准相对其他无线通信标准的优势, 3GPP 在 2004 年年底经过认真的讨论, 决定在 3G 频段采用原计划用于 B3G 或 4G 的 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 正交频分复用) 技术, 并为此制定了长期演进 (Long Term Evolution, LTE) 计划。除了对无线接入网演进的研究外, 3GPP 也开始进行系统架构方面的演进工作, 并将其定义为系统架构演进 (System Architecture Evolution, SAE) 项目。由于 LTE/SAE 技术的“革命性”转变, 其系统已经具备了 4G 通信技术的特征, 因此一般也被称为“准 4G”技术。

2004 年 12 月, 3GPP 在希腊雅典会议上启动了面向全 IP 的分组域核心网的演进项目 SAE, 其核心网也被称为演进的分域核心网 (Evolved Packet Core, EPC)。SAE 项目的目标是“制定一个以高数据率、低延迟、数据分组化、支持多种无线接入技术为特征的, 具有可移植性的 3GPP 系统框架结构”。SAE 项目是基于未来移动通信的全 IP 网络而发起的, 即在未来网络环境下, 3GPP 核心网络支持的接入技术不仅有 UTRAN (Universal Terrestrial Radio Access Network, 全球陆地无线接入网)、GERAN (GSM EDGE Radio Access Network, GSM EDGE 无线接入网络) 和 E-UTRAN (Evolved UTRAN, 演进的 UTRAN), 还有 Wi-Fi (Wireless Fidelity, 无线保真)、WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access, 全球微波接入互操作性) 等接入技术。

SAE 的工作目标与 LTE 一致: 一是提高性能, 减少时延, 提供更高的用户数据速率, 提高系统容量和覆盖率, 减少运营成本; 二是可以实现一个基于 IP 网络的现有或者新的接入技术的移动性的灵活配置和实施; 三是优化 IP 传输网络。但是 SAE 和 LTE 的研究范围是有所不同的, SAE 更多地是从系统整体角度考虑未来移动通信的发展趋势和特征, 从网络架构方面确定将来移动通信的发展方向。在无线网络接口技术呈现出多样化、同质化特征条件下, 满足未来发展趋势的网络架构将使运营商在未来更有竞争力。

针对 SAE 项目, 3GPP 制定了详细的计划表, 开始了长达 4 年的 SAE 标准研究和制定工作。

按照 3GPP 的工作流程, 标准制定分成两个阶段: SI (Study Item, 研究项目) 阶段和 WI (Work Item, 工作项目) 阶段。前者是可行性研究阶段, 对应的文稿称为 TR (Technical Report, 技术报告), 对 SAE 中可能涉及的新的关键技术和各种解决方案都会进行研究和评估, 这个工作主要在 3GPP 的 SA2 组进行; 后者是标准制定阶段, 对应的文稿称为 TS (Technical Specification, 技术规范), 根据 SI 阶段讨论出的结论, 依次在 SA1 确定 SAE 的业务需求, 在 SA2 制定 SAE 的总体技术要求, 包括基本架构、基本功能和主要消息流程等, SA3 组制定 SAE 系统安全性要求, SA5 组制定 SAE 系统的网管和计费功能要求, 最后在 CT 组制定相应的接口和协议要求。

SAE 的 SI 阶段的研究从 2004 年 12 月开始启动, 原计划 2006 年 12 月结束, 但由于 SAE 中涉及的关键技术和解决方案比较多, 实际的 SI 阶段的工作一直到 2008 年 9 月才完全结束。

2006 年 12 月, SA 全会批准了 SAE 工作项目的立项, 开始了 SA1 工作组进行的 SAE 需求研究工作, 并在 2007 年 12 月完成了 SAE 在 R8 阶段的需求的制定。与 SA1 工作同步开始的 SA2 组的框架研究, 原计划于 2008 年 6 月完成 R8 阶段的规范制定, 因为议题和分歧都比较多, 所以推迟了半年才最终完成。CT 组的工作则是在 2008 年 1 月启动的, 涉及的工作组包括 CT1 (负责接入网和核心网间的接口协议)、CT3 (负责与其他网络的互联互通接口协议) 和 CT4 (负责核心网内部的接口协议)。CT 组 R8 阶段的标准最终在 2009 年 3 月冻结。

R8 阶段的标准冻结以后, 就不再对该版本的标准做功能性改变, 但是可以继续输入一些小的修改性文稿; 其他未完成的功能, 被移到 R9 版本中, 保证 R8 版本的相对稳定性, 设备厂家也可以基于这个稳定的版本进行设备开发。

在此需要提出的是, LTE 是 3GPP 的项目名称, 该项目主要是研究 3GPP 的 UMTS 系统的无线接入网络的长期演进, 新的无线接入系统称为演进的 UTRAN (E-UTRAN); 与 LTE 相同, SAE 也是一个项目名称, 研究的是 3GPP 核心网络的长期演进, 这个项目的目的是定义一个新的全 IP 分组核心网, 称为演进的分组核心网 (EPC); EPC 和 E-UTRAN 合称为 EPS。但是在实际使用时, 并没有严格的区分, LTE/SAE 有时也用来描述系统架构, 因此在阅读本书时, 建议读者不要拘泥于名词术语, 可以把这两个概念等同起来理解。

1.2 3GPP 核心网演进路线

3GPP 的核心网标准发展经历了 2G、2.5G、3G 等多个阶段, 其中 3G 阶段的工作是从第一个版本 R99 开始的, 陆续开展并完成了 R4、R5、R6、R7、R8 的版本制定工作, 目前 R9 版本的工作正在进行, 同时也已经开始考虑制定 R10 阶段的规范了。

2G 阶段指的是 GSM 网络阶段, 这个阶段的系统结构简单, 仅提供电路域业务。到了 2.5G 阶段, 由于 IP 技术的发展, 引入了 GPRS (General Packet Radio Service, 通用分组无线业务) 分组域结构, 可以给用户提供分组数据业务。3G 阶段则使用新的无线接入技术, 空中接口从 2G、2.5G 使用的时分多址 (Time Division Multiple Access, TDMA) 技术转而使用码分多址 (Code Division Multiple Access, CDMA) 技术。在 3G 的 R99 版本中, 核心网因新的无线接入系统的加入和接入网架构的改变, 与无线接入系统间增加了新的接口以支持无线侧 3G 技术的引入, 但是其网络的主体结构相对于 2G/2.5G 系统并没有改变; 3G 的 R4 阶段在核心网结构中采用了软交换技术, 将承载和控制分离, 网络结构发生了重大改变; R5 阶段开始提

出全 IP 网络的概念,并在以 GPRS 分组域为承载的基础上,引入了 IMS (IP Multimedia Subsystem, IP 多媒体子系统)域来提供业务,实施业务层和网络层的分离;R6 阶段在网络架构方面主要是提出了 MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service, 多媒体广播多播业务)结构,可以给用户提供多播广播业务;R7 阶段提出了 PCC (Policy and Charging Control, 策略和计费控制)架构,使得对用户的 QoS (Quality of Service, 服务质量)控制和计费更加灵活和集中,在该阶段提出的 DT (Direct Tunnel, 直接隧道)概念,对分组域用户面的传送机制进行了优化,用户面的传送时延减小,这个概念在 SAE 网络架构中也会继续沿用;R8 阶段提出了 SAE, 分组域的架构发生重大改变,这将是本书讨论的重点;R9 之后,网络架构没有变化,主要是对 R8 阶段定义的系统结构和功能的增强与优化。

下面对各阶段的主要功能加以描述。

1. GSM (2G)

GSM (Global System for Mobile Communication, 全球移动通信系统)俗称“全球通”,它是依照欧洲电信标准化协会 (ETSI) 制定的 GSM 规范研制而成的,是第二代移动通信技术 (2G),其开发目的是让全球各地可以共同使用一个移动电话网络标准,让用户使用一部手机就能行遍全球。

GSM 系统是在 1991 年开始商用的,主要采用时分多址接入/频分多址接入 (TDMA/FDMA (Frequency Division Multiple Access, 频分多址)) 技术和高斯最小频移键控 (Gaussian Minimum Shift Keying, GMSK) 无线调制模式, GSM 能提供语音业务、短消息业务和低速率的电路交换数据业务。

在现阶段, GSM 包括两个并行的系统: GSM900 和 DCS1800, 这两个系统功能相同,主要是频率不同。GSM900 工作在 900MHz, DCS1800 工作在 1800MHz。我国最早使用的是 GSM900, 随着通信网络规模和用户数量的迅速发展,原有的 GSM900 网络频率变得日益紧张,为更好地满足用户增长的需求,后期引入了 DCS1800。

目前的 GSM 系统已经非常成熟,几乎所有的运营商都选择了 GSM 系统,因此用户在国内、国际的漫游可以说都是畅通无阻的。GSM 系统的通话质量非常稳定,手机终端类型越来越丰富,业务种类也越来越多,彩铃、炫铃都是 GSM 系统中发展出的新型业务,有多种业务模式可供用户根据自己不同的需求来选择。

2. GPRS (2.5G)

随着 IP 技术的发展,移动用户对数据业务的需求也越来越强烈,但是 2G GSM 系统仅提供电路域业务,不能提供数据业务,同时,传统的话音服务和其带来的利润增长已经出现了停滞不前的现象,在这种情况下,3GPP 引入了 GPRS 技术,使移动通信与数据网络合二为一,将 IP 业务引入更为广阔的移动市场,同时也使移动网络能够提供更多的增值业务。GPRS 是 2G 系统向 3G 系统发展过程中的一个至关重要和必不可少的一步,所以才称之为 2.5G 技术。

GPRS 是在现有的 GSM 网络基础上叠加的一套分组交换系统,也采用 GMSK 调制,同时 GPRS 通过采用快速编码方案来提高用户的数据传输速率,并且几个终端可以共享一组无线信道,所以 GPRS 系统很适合分组数据传输。

国内于 2000 年开始部署 GPRS 业务,但是由于终端的功能、网络速率、业务类型和计费等因素的限制,阻碍了 GPRS 业务的发展。随着 EDGE (Enhanced Data rate for GSM Evolution, 增强型数据速率 GSM 演进) 技术的使用,用户的速率大大提高,其他的约束因素也逐渐得到解决,因此,直到最近两年,国内运营商的 GPRS 数据业务才真正开始大幅度

提高。目前, GPRS 业务包括手机上网、E-mail、彩信、飞信, 还可以进行股票查询、在线游戏、聊天等, 也可以下载各种应用, 如各种游戏、漫画、股票等。数据业务的收入在运营商的收入中已经占据很大比例, 而且相比话音业务, 已经成为提高收益的主要增长因素。

GPRS 系统对于用户漫游的场景, 有不同的解决方案, 这在一定程度上使得网络部署提高了灵活性, 但同时也导致用户在进行国际漫游的时候, 运营商之间不宜达成漫游协议。所以, 虽然所有的 GSM 运营商都部署了 GPRS 系统, 但是与 GSM 话音业务相比, 国际漫游还不够普及, 这一方有漫游费用高的原因, 另一方面, 也有运营商间的漫游网络结构不一致的原因。但是, 相信未来随着漫游费用的调整, 可以支持国际漫游的运营商网络会越来越多, 用户在国际漫游时, 使用的数据业务也会越来越多。

3. R99 (3G)

由于 GSM 系统在空中接口速率上的限制, 人们开始把目光转向第三代移动通信系统, 也就是人们常说的 3G。引入 3G 系统, 是为了提高移动通信的频谱利用率, 提供更高的数据业务传输速率, 满足移动多媒体业务的要求。作为 3G 主导技术的 WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access, 宽带码分多址), 不仅可以支持很高的用户数据速率, 还可以提供很好的话音质量。

3GPP 最初的 3G 版本是 R99, 是在 2000 年 3 月完成的。从网络结构的角度来看, 3GPP R99 最主要的工作是引入了 WCDMA 的无线接入网络——UTRAN, 通过 Iu 接口与核心网络相连。但是在核心网部分, 3GPP R99 与 2G GSM/GPRS 的网络架构完全相同, 当然, 这些节点在功能上是有所区别的, 并且需要支持与 3G UTRAN 的 Iu 接口。

由于 GSM/GPRS 的设备通过软件升级和必要的硬件改动就可以满足 3GPP R99 功能的要求, 而且 R99 核心网中的传输技术不变, 还是用原来的 TDM 网络, 因此, 对于已经部署了 GSM/GPRS 网络的运营商来说, 向 R99 网络演进是能充分利用现有资源的。但是, R99 系统有其缺陷, 首先 R99 核心网发展滞后于接入网, 接入网部分已经分组化的 AAL2 语音仍需经过编解码器转换为 64kbit/s PCM 编码, 影响了语音质量, 也降低了核心网的传输资源利用率; 其次, 核心网部分仍采用 TDM 技术, 不利于向全 IP 网络发展。因此, 最终 R99 方案只是一种过渡方案, 并没有运营商采用这种结构来部署网络。

4. R4 (3G)

3GPP R99 版本之后的就是 R4 版本, 这也是运营商真正开始商用的 3G 核心网版本, 3GPP 的 R4 版本的标准工作于 2001 年 3 月完成。

3GPP R4 与 3GPP R99 版本相比, 在 RAN 侧的网络结构没有明显变化, 重要的改变是在核心网部分的电路域, 引入了软交换概念, 实现承载层和控制层的分离, 控制层负责控制呼叫的建立、进程的管理和计费等相关功能, 承载层用来传输用户的数据。

这种承载和控制分离的结构, 使得网络可以采用新的 IP 传输技术, 这样运营商可以统一采用 IP 承载网来承载电路域和分组域的业务, 有效降低了承载网络的运行维护成本。承载和控制分离, 使得控制面的 MSC Server 只负责信令控制, 能够大大提高设备的容量, 软交换架构下的 MSC Server 通常会集中设置, 数量少, 这样既能降低维护成本, 也方便升级, 新业务开展快。另外, 在 R4 核心网中, 通过 MSC Server 之间的编解码协商, 可以在核心网部分采用与 RAN 侧相同的压缩编码方式传输用户数据, 这样既能提高语音质量, 节省传输带宽, 还能节省 MGW 上的昂贵的编解码转换设备的数量, 降低建设成本。

鉴于 R4 软交换系统的上述优势, 各家运营商都选择了这种网络结构进行 3G 系统的建设,

国内运营商在部署新的网络时直接采用 R4 架构,对旧有网络,包括骨干网和端局,也早就开始了向 R4 架构的升级改造工作。

R4 阶段另一个重要的特征是接纳 TD-SCDMA (Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access, 时分同步码分多址) 技术为 3GPP TDD 模式的空口标准。我国自主研发的 TD-SCDMA 技术成为国际上 3G 网络 3 大主流技术之一。TD-SCDMA 与 WCDMA 虽然在无线接口技术上不同,但其采同了与 WCDMA 相同的核心网络接口与架构,所以可以同时接入相同的核心网络。

5. R5

3GPP R5 版本是全 IP 网络的第一个版本,网络结构从接入网到核心网,全部采用 IP 技术。

3GPP R5 版本是在 2002 年 6 月完成的,除了接入网 IP 化之外,该版本主要的工作就是在核心网部分引入了 IMS 域,电路域和分组域的架构则保持不变。

IP 多媒体子系统是基于 SIP 会话控制的网络体系架构,目的是满足用户对移动多媒体业务的需求,从而丰富移动网的业务种类,加快业务提供过程。IMS 具有分布式、与接入无关、有标准开放的业务接口等特点,被业界公认为未来融合的控制平台,成为下一代网络 (NGN) 的核心技术。目前,IMS 在 3GPP、3GPP2、ETSI、ITU-T 等标准组中都占有一席之地,相关标准的制定和完善工作正在紧张进行中,世界各大设备提供商纷纷推出 IMS 的商用或试验产品,部分运营商也开始进行 IMS 业务的试商用或试验。

R5 阶段提出的 IMS 概念仅限于对其基本功能的描述,包括基本架构、3G 接入能力、功能实体、信令流程的规定,并对鉴权、计费、安全、QoS 等进行了基本定义,但是 R5 阶段的 IMS 系统尚不足以商用。

另外,在 R5 阶段,在无线侧增加了高速下行链路分组接入 (High Speed Downlink Packet Access, HSDPA) 技术。

在 3G 的三大标准的角逐中,WCDMA 商用在运营商的支持数量上取得了领先,但在其网络所支持的数据速率上却长期停留在理论上的 384kbit/s 水平,因此分组域的网络建设也一直处于缓慢发展的状态,而对高速移动分组数据业务的支持能力是 3G 系统最重要的特点之一。与此形成鲜明对照的是,cdma2000 EV-DO 网络能够实现 2.4Mbit/s 的峰值速率,其宽带接入服务能为客户提供 300~500kbit/s 平均下载速率,这足以与有线宽带的速率相媲美。面对现有的 3G 业务,WCDMA 已经稍显力不从心,在数据传输速率上的巨大落差,以及由此带来的业务能力上的弱势,自然使得 WCDMA 阵营不甘落后,必须寻找一种赶超 cdma2000 EV-DO 的有力武器。

HSDPA 技术就是实现 WCDMA 网络高速下行数据传输速率提高的最为重要的技术,是为了满足上下行数据业务不对称的需求提出来的,它可以在不改变已经建设的 WCDMA 系统网络结构的基础上,大大提高用户下行数据业务速率(理论最大值可达 14.4Mbit/s),该技术是 WCDMA 网络建设中提高下行容量和数据业务速率的重要技术。

除了上述技术以外,Iu-Flex 技术也是在 R5 阶段提出的一个重要功能,以往的 RNC 只能连接到核心网的两个节点,即一个 MSC 和一个 SGSN (Serving GPRS Support Node, 服务 GPRS 支持节点);但如果采用 Iu-Flex 技术,一个 RNC 可以同时连接到多个 MSC 或 SGSN 实体,这样能提高系统的容灾性能。

6. R6

R5 版本仅规定了 IMS 的基本功能,R6 版本则进一步对 IMS 接口和功能进行细化和增强,

定义了 WLAN 接入的能力、IMS 和外部网络之间的互通、IMS 支持各种业务的能力等方面。R6 版本在 2005 年 3 月冻结, 是第一个完善的、可以商用的 IMS 标准版本。

除了 IMS 功能增强之外, R6 阶段的标准还提出了高速上行链路分组接入 (High Speed Uplink Packages Access, HSUPA)、基于流的计费 and MBMS 技术。

HSUPA 是一种与 HSDPA 相对应的上行链路分组发送技术, 通过引入 E-DCH 传输信道、自适应编码和调制、快速混合自动重传等技术, 将上行数据峰值速率提高到 5.7Mbit/s。

基于流的计费使得运营商的计费策略更加灵活, 计费形式更加多样化。

MBMS 可以实现类似手机电视的功能, 移动运营商只需软件升级已有的 WCDMA/HSPA 网络, 即可大规模提供 MBMS 手机电视业务。MBMS 支持多媒体广播业务和多媒体多播业务两种模式, 既可以将多媒体视频信息直接向所有用户广播, 也可以发送给一组收费的签约用户收看, 可以帮助运营商开展多媒体广告、免费和收费电视频道、彩信群发等多种商业应用。

7. R7

3GPP R7 版本在 2007 年冻结, 在该阶段, 除了开始 SAE 的第一个研究报告——TR 23.882 的制定外, 最主要的贡献是在分组域架构上提出了直接隧道机制, 即用户面数据不再经过 SGSN 到达 GGSN (Gateway GPRS Support Node, 网关 GPRS 支持节点), 而是在 RNC 和 GGSN 间直接传递, 这样能降低用户数据的传送时延。

直接隧道机制提出后, 得到了运营商的重视, 同时 SGSN 只需要支持用户移动性管理等信令面功能, 不需要进行 GTP 用户数据转发, 这也大大提高了 SGSN 节点的容量和处理效率, 减少了对该设备的投资和运维成本。但因为要实施该功能, 必须对现网的设备进行改造, 运营商需要权衡设备改造费用和由此带来的收益。目前仅在部分运营商网络中有小规模部署, 但是这个机制却为确定 SAE 体系架构提供了基本的思路, 将用户移动控制和用户数据转发分离为两个层面。

另外, R7 阶段继续对 IMS 功能进行增强, 主要包括以下几方面。

(1) FBI (System enhancements for Fixed Broadband access to IMS, 对固定带宽接入到 IMS 的系统增强): 增加对固定接入的支持, 如 NAT (Network Address Translation, 网络地址转换) 穿越、IMS 汇接网络、IBCF (IMS Border Control Function, IMS 边界控制功能) 等。

(2) 紧急呼叫: 引入了 E-CSCF (Emergency-CSCF) 这个新网元, 使 IMS 建立紧急呼叫成为可能。

(3) VCC (Voice Call Continuity, 语音呼叫连续性): 实现双模手机在 IMS 域和 CS (Circuit Switched, 电路交换) 域间进行语音呼叫的切换, 采用 IMS 控制方案, 切换控制由应用层实现。

(4) CSI (Combining CS&IMS services, 联合的 CS 与 IMS 业务): 其实质是不同业务分别由两个网络提供, 实时类业务由 CS 域提供, 非实时业务由 IMS 域提供。在终端侧将业务组合成为统一的用户体验呈现给用户。

(5) PCC: 把 QoS 的策略控制和流计费合并, 生成一个新的网元 PCRF (Policy and Charging Rules Function, 策略和计费规则功能), 使用基于 DIAMETER 的 Rx、Gx 接口传递相应的策略控制和计费。

IMS 自提出以后, 虽然呼声很高, 但由于其架构比较复杂, 也没有杀手锏的业务提出, 因此没有运营商在移动网络上真正开始部署 IMS 系统。

R7 阶段还对无线接入网的 HSPA 技术进行了增强, 称为 HSPA+ 技术。HSPA+ 采用了许多新技术, 如多输入多输出 (Multiple-Input Multiple-Output, MIMO) 技术、高阶调制技术等, 同时对