

TD-LTE 领域第一本专注于
核心网网络规划设计工程领域
的著作

江苏省邮电规划设计院专家关
于 SAE 系统架构、规范与组
网方案的经验总结

“十二五”

国家重点图书出版规划项目

SAE Principle and Network Planning 4G 丛书

SAE

原理与网络规划

□ 周晴 钱蕾 张燕 方晶晶 陈曦 刘果 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

“十二五”
国家重点图书出版规划项目

SAE Principle and Network Planning 4G 丛书

SAE

原理与网络规划

□ 周晴 钱蕾 张燕 方晶晶 陈曦 刘果 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

SAE原理与网络规划 / 周晴等编著. -- 北京 : 人民
邮电出版社, 2013.9
(4G丛书)
ISBN 978-7-115-32149-7

I. ①S… II. ①周… III. ①码分多址移动通信—网
络规划 IV. ①TN929.533

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第124338号

内 容 提 要

本书是 TD-LTE 领域第一本专注于核心网网络规划、设计工程的书籍。本书首先介绍了 SAE 的系统结构、关键技术、系统安全、QoS、PCC; 接着重点阐述了 SAE 核心网规划设计的方法, 包括总体策略、用户业务模型、容灾技术、承载方案、编号计划等; 最后给出了规划设计的一些实际案例。

本书适合电信运营商、电信设备提供商、电信咨询业的相关工程技术人员阅读、参考。

◆ 编 著 周 晴 钱 蕾 张 燕 方晶晶

陈 曦 刘 果

责任编辑 杨 凌

责任印制 彭志环 焦志炜

◆ 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>

三河市海波印务有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 13

字数: 315 千字

2013 年 9 月第 1 版

印数: 1—4 000 册

2013 年 9 月河北第 1 次印刷

定价: 40.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

前言

近几年来,移动互联网业务成为当今世界发展最快、市场潜力最大、前景最诱人的互联网业务。移动互联网业务的迅速发展是任何预言家始料未及的。截至2012年9月底,全球移动互联网用户已达15亿。移动互联网业务的迅猛发展,主要依赖于两项技术的重要进展,一是宽带无线接入技术,二是无线终端技术。无线接入技术已经从第一代移动通信系统发展到目前的演进的UMTS技术——演进的分组系统(EPS)。EPS能够为用户提供高传输速率、低时延的分组无线接入技术。EPS系统又分为两个重要的组成部分——无线接口长期演进(LTE)和系统结构演进(SAE)。

本书的主要内容围绕SAE展开,从SAE的原理到SAE网络规划,由浅入深、由理论到实践,详细全面地阐述了SAE的理论和实际运用。全书共9章,分为两个主要部分:第一部分为第1章至第6章,主要内容是SAE系统原理;第二部分是第7章至第9章,主要内容是网络规划。

在第一部分中,第1章主要回顾了移动通信系统的发展,以及新业务对系统结构的新要求,从而引入了SAE技术。第2章简要介绍了SAE的体系架构、接口。第3章详细阐述了SAE系统中各重要节点的功能以及主要的接口协议。第4章介绍了SAE系统中采用的关键技术,包括用户附着、移动性管理、互操作以及语音呼叫连续性。第5章主要介绍了SAE系统的安全体系架构、EAP-AKA鉴权流程、SAE密钥体系结构、安全算法协商流程,基于AS和NAS的加密性和完整性算法以及网络域和用户域的安全等内容。第6章详细阐述了EPS承载的基本概念、基于EPS承载的QoS架构,以及EPS的QCI参数与现有UMTS的QoS参数的映射关系。

在第二部分中,第7章主要分析、阐述了移动核心网的规划要点,包括移动核心网规划的原则和流程、网络部署策略、业务模型和业务预测、网元设置原则、网络组织和承载方式等。第8章在第7章的基础上,总结了以往移动核心网的网络规划经验,结合SAE技术的特点,阐述了SAE网络规划的要点,主要包括SAE网络部署的总体策略、用户预测和业务模型分析、语音承载方案以及网络组织、承载方案等。第9章结合具体案例,详细介绍了SAE网络的规划流程以及关键点。

本书作者是从事移动通信网络研究的专业技术人员,长期跟踪研究SAE系统架构、规范与组网方案。本书在编写过程中融入了作者在长期从事移动通信网络规划设计工作中积累的经验 and 心得,可以使读者更好地理解SAE系统架构和网络规划设计等内容。

本书在编写过程中得到了夏鹏锐、许文强、倪青3位同志的大力协助,在此表示深深的

感谢。由于时间仓促，再加上作者本身知识面所限，书中难免存在不妥和错误之处，恳请广大读者批评指正。

本书编写组

2013年5月于南京

目 录

第 1 章 引言	1	3.1.4 PCRF	27
1.1 移动通信系统发展概述	1	3.1.5 eNode B	27
1.2 移动核心网演进历程	3	3.1.6 ePDG	27
1.2.1 3GPP 标准的发展过程	4	3.2 接口协议	28
1.2.2 R99 核心网络结构	7	3.2.1 控制平面接口协议	28
1.2.3 R4 核心网络结构	9	3.2.2 用户平面接口协议	32
1.2.4 R5 核心网络结构	11	3.2.3 非 3GPP 接入网络与 EPC 网关的接口协议	34
1.2.5 R6 核心网络结构	12	3.2.4 接口协议小结	36
1.2.6 R7 核心网络结构	13	3.3 SAE 结构的改进	36
1.2.7 R8 核心网络结构	14	3.3.1 两个平面的分离	36
1.2.8 R9~R12 核心网络结构	16	3.3.2 更精简的架构	36
1.3 SAE 的引入	16	3.3.3 全 IP 的永远在线方式	36
1.3.1 SAE 的产生背景	16	3.3.4 各接入技术间的兼容	37
1.3.2 SAE 的技术优势	17	3.3.5 位置区管理的优化	37
1.4 本书主要内容	17	3.3.6 网络切换的信令优化	37
第 2 章 SAE 概述	19	3.3.7 用户状态模型的优化	37
2.1 EPS 体系架构	19	3.3.8 系统标识的兼容与更新	37
2.2 EPC 体系架构	20	第 4 章 SAE 关键技术	39
2.2.1 非漫游架构	20	4.1 用户附着	39
2.2.2 漫游架构	21	4.1.1 初始附着	39
2.2.3 非 3GPP 网络接入架构	23	4.1.2 用户终端从非 3GPP 网络 切换至 3GPP 网络	43
2.3 主要接口	23	4.2 3GPP 系统内的移动性管理	44
第 3 章 系统架构分析	25	4.2.1 位置更新	44
3.1 网络节点功能	25	4.2.2 基于 X2 接口的切换	46
3.1.1 MME	25	4.2.3 基于 S1 接口的切换	47
3.1.2 S-GW	26	4.2.4 空闲模式下的信令缩减	50
3.1.3 P-GW	26		

4.2.5	E-UTRAN 与 UTRAN 系统间切换	51	5.4.1	安全算法选择的需求	77
4.2.6	E-UTRAN 与 GERAN 系统间切换	54	5.4.2	AS 算法选择的流程	77
4.3	3GPP 与非 3GPP 接入系统间的 互操作	57	5.4.3	NAS 算法选择的流程	78
4.3.1	非 3GPP 接入系统的发现 与选择机制	57	5.4.4	AS 安全模式命令流程	79
4.3.2	3GPP 与非 3GPP 接入 系统间的基本切换	58	5.4.5	NAS 安全模式命令流程	79
4.3.3	E-UTRAN 与 cdma2000 HRPD 间的优化切换	61	5.4.6	安全算法协商流程	80
4.4	语音呼叫连续性	65	5.5	加密性和完整性保护算法	81
4.4.1	CSFB	65	5.6	网络域安全	84
4.4.2	SRVCC	66	5.7	用户域安全	85
4.4.3	语音连续性技术比较与 总结	67	5.8	小结	85
第 5 章 SAE 系统安全			第 6 章 SAE 系统的 QoS 和 PCC		
5.1	EPS 系统安全架构	68	6.1	SAE 系统的 QoS	86
5.1.1	标准的 EPS 安全体系 架构	68	6.1.1	EPS 承载	86
5.1.2	非 3GPP 接入 EPS 系统的 安全体系架构	69	6.1.2	EPS 系统的 QoS	89
5.2	鉴权和密钥协商	70	6.1.3	EPS 与 UMTS 之间 QoS 参数的映射	93
5.2.1	AKA 鉴权流程	70	6.2	SAE 系统的策略和计费控制	95
5.2.2	从 HSS 到网络的鉴权 数据分发流程	72	6.2.1	基本概念	95
5.2.3	永久标识的用户识别 流程	73	6.2.2	PCC 架构、功能实体与 接口	96
5.2.4	相同网络域内 IMSI 和 鉴权数据的分发流程	73	6.2.3	PCC 策略和计费控制 规则	100
5.2.5	不同网络域内 IMSI 和 鉴权数据的分发流程	74	6.2.4	标准 PCC 流程	102
5.2.6	MME 之间以及 MME 和 SGSN 之间 UMTS 鉴权向 量的分发流程	74	6.2.5	EPC 网络的计费	109
5.3	EPS 系统密钥体系结构	74	6.3	小结	112
5.4	安全模式命令流程和算法协商	77	第 7 章 移动通信核心网规划 要点		
			7.1	概述	113
			7.1.1	移动通信核心网的 演进	113
			7.1.2	移动通信核心网规划的 重要性	114
			7.2	规划原则及流程	114
			7.2.1	规划原则及内容	114
			7.2.2	规划流程	116
			7.3	网络现状评估	116
			7.3.1	评估流程	116

7.3.2 评估内容	116	8.4.3 网元融合策略	144
7.3.3 规划解决方案	117	8.5 用户预测及业务模型	149
7.4 网络部署策略	118	8.5.1 用户预测	149
7.4.1 概述	118	8.5.2 业务模型分析	150
7.4.2 电路域融合改造策略	118	8.6 关键技术部署	153
7.4.3 分组域融合改造策略	120	8.6.1 Direct Tunnel	153
7.5 业务模型及业务预测	121	8.6.2 语音业务连续性 技术	157
7.5.1 概述	121	8.6.3 MME Pool	159
7.5.2 业务预测	122	8.6.4 PCC 技术	162
7.5.3 业务模型	123	8.7 网络组织方案	165
7.6 网元设置原则	125	8.7.1 SAE 网元设置方案	165
7.6.1 电路域网元设置原则	125	8.7.2 网内组网方式	167
7.6.2 分组域网元设置原则	126	8.7.3 与其他网络间互通	168
7.6.3 HLR 设置原则	127		
7.7 网络组织及承载方式	128	第 9 章 EPC 核心网规划示例	170
7.7.1 电路域	128	9.1 规划背景	170
7.7.2 分组域	131	9.2 核心网现状	170
7.8 编号计划	133	9.2.1 电路域现状	170
7.8.1 移动用户及移动台 相关编号	134	9.2.2 分组域现状	170
7.8.2 与服务区有关编号	134	9.2.3 信令网现状	170
7.8.3 信令点编码	135	9.3 业务模型及业务预测	171
7.8.4 接入点名称	135	9.3.1 业务模型	171
7.8.5 IP 地址	135	9.3.2 业务预测	173
7.9 容灾技术	136	9.3.3 预测结果	177
7.9.1 容灾体系的级别	136	9.4 建设原则	178
7.9.2 核心网演进中的容灾 技术	136	9.5 建设方案	178
7.9.3 容灾技术对比	139	9.5.1 核心网网络架构	178
7.9.4 小结	140	9.5.2 核心网容量需求	181
		9.5.3 核心网元设置方案	181
第 8 章 SAE 核心网规划要点	141	9.5.4 其他网元设置方案	182
8.1 概述	141	9.5.5 核心网设备汇总	182
8.2 移动通信核心网目标架构	141	9.6 核心网网络组织	183
8.3 移动核心网分组域的演进	142	9.6.1 EPC 核心网与 LTE 无线网 间网络组织	183
8.4 SAE 网络部署总体策略	142	9.6.2 EPC 核心网内网络 组织	183
8.4.1 LTE/SAE 网络部署 时机	142	9.6.3 EPC 核心网与外部数据网 间网络组织	183
8.4.2 SAE 组网方式分析	143		

9.6.4 EPC 核心网与现有核心网
间网络组织 183

9.7 编号计划 184

9.7.1 网络下发的 PLMN
标识 184

9.7.2 国际移动用户标识码
(IMSI) 184

9.7.3 移动用户的 ISDN 号码
(MSISDN) 184

9.7.4 全球唯一 MME 标识符
(GUMMEI) 184

9.7.5 全球唯一临时标识符
(GUTI) 184

9.7.6 MMEI 185

9.7.7 接入点名 (APN) 185

9.7.8 信令点编码 185

9.8 其他 185

9.8.1 IP 地址方案 185

9.8.2 网络管理 185

9.8.3 计费 185

9.8.4 核心网带宽计算 186

9.8.5 时钟和时间同步 187

9.8.6 局址选择 187

9.8.7 对现网的改造要求 187

缩略语 188

参考文献 199

第 1 章

引言

1.1 移动通信系统发展概述

移动通信技术的出现可以追溯到 1897 年马可尼在固定站和一艘拖船之间进行的无线通信试验。但是在 20 世纪 80 年代以前的 80 多年里,移动通信的特点是工作频率较低,网络容量小,且多为专用通信网。

直到 1978 年,美国贝尔试验室成功地研制出高级移动电话系统(AMPS, Advanced Mobile Phone System),并把 AMPS 投入大规模商用,移动通信才迎来了蓬勃发展的时期。在这个时期,西方不少发达国家都推出了各自的蜂窝式公用移动通信网。比如英国的全接入通信系统(TACS, Total Access Communications System)等。业界习惯上将以 AMPS 制式为代表的移动通信系统称为第一代移动通信系统(模拟系统)。第一代移动通信系统的大规模普及主要得益于蜂窝网小区制概念的提出,频率复用得以实现,使得系统容量得到了大大的提高。但是第一代移动通信系统也存在着不足,主要体现在频谱利用率低,导致容量受限,移动终端结构复杂,业务种类受限,同时保密性、安全性差。

20 世纪 80 年代以后,业内逐渐意识到第一代移动通信系统的局限性,开始积极推进第二代移动通信系统(数字系统)。1991 年,全球移动通信系统(GSM, Global System for Mobile Communications)开始在欧洲投入商用,随后美国、日本也相继推出了各自的第二代移动通信系统。数字无线传输的频谱利用率高,可大大提高系统容量。另外,数字网能提供语音、数据等多种业务服务,并与综合业务数字网(ISDN, Integrated Services Digital Network)等兼容。GSM 技术作为一种成功普及的技术,目前仍然在我国承载着大量的移动用户。随着时代的发展,移动用户的业务需求越来越多种多样,他们不再满足于普通的语音、短信业务,GSM 网络已经满足不了用户越来越强烈的数据业务需求。20 世纪 90 年代中期,为了解决用户的中等速率数据业务的需求,出现了 2.5 代移动通信系统,即通用分组无线业务(GPRS, General Packet Radio Service)和 IS-95B。2.5 代系统进一步的发展又出现了 2.75 代系统,即增强型数据速率 GSM 演进(EDGE, Enhanced Data Rate for GSM Evolution)技术。

2000 年左右,第三代移动通信技术应运而生。第三代移动通信技术是指支持高速数据传输的蜂窝移动通信技术。3G 服务能够同时传送声音及数据信息,速率一般在几百 kbit/s 以上。CDMA 是 Code Division Multiple Access(码分多址)的缩写,是第三代移动通信系统的技术基础。2000 年 5 月,国际电信联盟正式公布第三代移动通信标准,我国提交的时分同步码分

多址（TD-SCDMA，Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access）正式成为国际标准，与欧洲的宽带码分多址（WCDMA，Wideband Code Division Multiple Access）、美国的码分多址 2000（cdma2000，Code Division Multiple Access 2000）成为 3G 时代最主流的三大技术。

长期演进（LTE，Long Term Evolution）技术标准是 3G 的演进，它改进并增强了 3G 的空中接入技术，采用正交频分复用（OFDM，Orthogonal Frequency Division Multiplexing）技术和多入多出（MIMO，Multiple-Input Multiple-Output）技术作为其无线网络演进的唯一标准。它的主要特点是在 20MHz 频带带宽下能够提供下行 100Mbit/s 与上行 50Mbit/s 的峰值速率，相对于 3G 网络大大提高了小区的容量，同时将网络延迟大大降低，控制平面从睡眠状态到激活状态迁移时间小于 50ms，从驻留状态到激活状态的迁移时间小于 100ms，并且这一标准也是第三代合作伙伴计划（3GPP，the 3rd Generation Partnership Project）的长期演进项目，是近两年来 3GPP 启动的最大的新技术研发项目。

表 1-1 对移动通信系统的发展情况进行了汇总。

表 1-1 移动通信技术演进对比表

标准	GSM	GPRS	EDGE	3G	HSDPA	WiMAX	LTE+SAE
名称	全球移动通信系统（2G）	通用分组无线服务（2.5G）	增强型数据速率 GSM 演进技术（2.75G）	WCDMA TD-SCDMA cdma2000	高速下行分组接入（3.5G）	全球微波互联技术（802.16）	接入网长期演进+核心网系统架构演进
国外提出时间	20 世纪 80 年代中期	1993 年欧洲提出的	1997 年爱立信提出的	2001 年日本最早使用	2004 年 3 月 GSM 大会提出	2005 年 7 月	2004 年 12 月
国内推出时间	1994 年 12 月	2002 年 5 月 17 日	2007 年	2008 年年末	—	—	2014 年（预计）
固定环境速率	9.6kbit/s	115kbit/s	240kbit/s	2Mbit/s	10Mbit/s	70Mbit/s	100Mbit/s
步行用户速率				384kbit/s			
车载用户速率				144kbit/s			

从 2G 时代开始，就存在 GSM 和 CDMA 1x 两种不同的主流标准，随着网络技术不断向 3G、4G 演进，这两个主流技术标准也在分别平行地演进，并最终在 4G 网络中统一。无线技术的演进路线如图 1-1 所示。

正是由于从 2G 时代开始存在两种不同的主流技术制式，1999 年也出现了两个并行的标准化组织——3GPP 和 3GPP2。这两个组织的区别是：3GPP 主要负责 GSM 体系中通用移动通信系统（UMTS，Universal Mobile Telecommunications System）的演进标准，3GPP2 主要负责 CDMA 1x 技术的演进标准。如无特殊说明，本书所述的内容以 GSM/GPRS/EDGE/UMTS 为主线。

LTE 网络对于移动通信运营商来说，不仅仅是技术上的进步，更重要的是为现有网络的运营瓶颈提供了解决之道。目前的移动网络运营带宽资源缺乏，频谱利用率较低；业务开展困难，用户满意度不高；网络容量紧张，且建设费用昂贵；无法跨网运营，技术兼容性差。

LTE 网络能够灵活利用频谱，可以在不同的带宽、不同的频段下工作，LTE/SAE（系统

架构演进，System Architecture Evolution）网络在浏览 Internet 的速度上，甚至和固网不相上下，同时拥有固网所缺乏的移动性优势；其结合新型业务模式，发挥了速度快、吞吐量大的优势，总吞吐量远远超过 HSPA，克服了 HSPA 网络容量不足的困难；跨不同接入技术的业务平滑性，给移动网络带来了更多的业务。

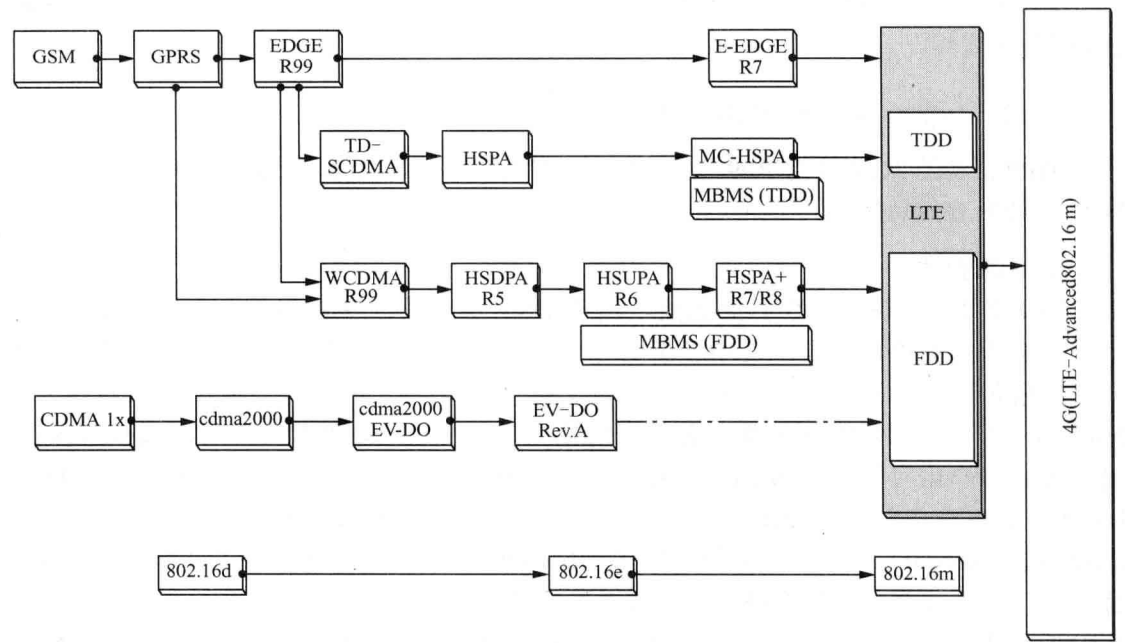


图 1-1 无线技术演进路线

1.2 移动核心网演进历程

移动通信系统在 2G 时代即分为 3 个子系统：移动终端、基站子系统、网络交换子系统。其中网络交换子系统又称为核心网。移动核心网主要的功能是把基站子系统上来的呼叫请求或数据请求接续到不同的网络上，主要涉及呼叫的接续、计费、移动性管理、补充业务实现、智能触发等方面。

随着移动通信系统的不断演进，其各个组成部分的技术也在不断向前演进。移动核心网的演进也经历了不同的阶段。在网络架构方面，移动核心网的演进大致经历了 4 个不同阶段。

第一阶段，移动核心网仅提供基础语音业务和短消息等有限的增值业务。这一阶段的时间跨度主要是从 1995 年至 2000 年左右，采用的主要设备是传统交换机。

第二阶段，移动核心网逐渐从电路域发展为电路域和分组域两个部分。其中电路域主要提供语言类基础业务，分组域提供数据业务。这个阶段中，软交换技术适时出现，电路域的传统电路交换机慢慢替换为软交换。

第三阶段，系统架构演进（SAE，System Architecture Evolution）逐渐引入，为了能够适应无线技术向 LTE 的发展，核心网逐步在分组域引入 SAE 架构，SAE 架构的分组域减少了数据时延，提供更高的用户数据速率、更高的系统容量和更好的覆盖，大幅减少了运营商的

运营成本 (OPEX, Operating Expense)。

第四阶段, IP 多媒体子系统 (IMS, IP Multimedia Subsystem) 逐步取得全核心网的控制地位, 电路域和分组域均降级为接入地位, 分组域承担所有数据业务, 语音业务逐步由电路域承载过渡至分组域承载, 电路域最终消亡。

上述移动核心网的演进历程遵循了 3GPP 标准的发展过程。在 1.2.1 节中将详细介绍 3GPP 标准的发展过程。

1.2.1 3GPP 标准的发展过程

3GPP 最初的 3G 版本是 R99 版本, 从 2000 年冻结的 R99 版本到 2011 年 3 月冻结的 R10 版本, 3GPP 在短短的 10 年间的标准化历程如下。

1. R99 版本

R99 版本于 2000 年 3 月底冻结, 由于 GSM 系统在空中接口速率上的限制, 引入了一套新的空中接口标准, 运用了新的无线接口技术, 即 WCDMA 技术, 引入了适于分组数据传输的协议和机制, 数据速率可支持 144kbit/s (车载)、384kbit/s (步行) 及 2Mbit/s (固定)。3GPP 标准为业务的开发提供了 3 种机制, 即针对 IP 业务的移动网增强逻辑的客户化应用 (CAMEL, Customised Applications for Mobile Network Enhanced Logic)、开放业务结构 (OSA, Open Service Architecture) 和会话初始协议 (SIP, Session Initiation Protocol), 并在不同的版本中给出了相应的定义。R99 版本对 GSM 中的业务有了进一步的增强, 传输速率、频率利用率和系统容量都大大提高。R99 版本在业务方面除了支持基本的电信业务和承载业务外, 也可支持所有的补充业务, 另外它还支持基于定位的业务、号码携带业务、64kbit/s 电路数据承载、电路域多媒体业务以及开放业务结构等。

R99 版本的核心网是基于 GSM 演进的 WCDMA 核心网。R99 版本与 2G GSM/GPRS 网络架构完全相同, 当然, 这些网络实体在功能上是有所区别的, 并且需要支持与 3G UTRA (Universal Terrestrial Radio Access, UMTS 陆地无线接入) 的 Iu 接口。

2. R4 版本

R4 版本于 2001 年 3 月底冻结。相比 R99 版本, 在 R4 版本中增加了一些接口协议的增强功能和特性, 主要包括: 低码片速率时分双工, 频分双工直放站, Node B 同步, 对 Iub 和 Iur 上的 AAL2 连接的 QoS 优化, Iu 上无线接入承载 (RAB, Radio Access Bearer) 的 QoS 协商, Iur 和 Iub 的无线资源管理 (RRM, Radio Resource Management) 的优化, 增强的 RAB 支持, Iub、Iur 和 Iu 上传输承载的修改过程, 以及软切换中功率控制的改进。

R4 版本在核心网上有了重大变化, 其主要特性如下。

① 提出了 all-IP 核心网络。

② 电路域软交换的引入, 控制与承载分离: 将移动交换中心 (MSC, Mobile Switching Center) 分为 MSC 服务器 (MSC Server) 和媒体网关 (MGW, Media Gateway), 使呼叫控制和承载完全分开。

③ 支持 No.7 信令在两个核心网络功能实体间以基于不同网络的方式来传输。

④ R4 在业务上对 99 版本作了进一步的增强, 可以支持电路域的多媒体消息业务, 增强

紧急呼叫业务、实时传真（支持3类传真业务）以及由运营商决定的阻断（允许运营商完全或根据要求在分组数据协议建立阶段阻断用户接入）。

3. R5 版本

R5 版本于 2002 年 6 月底冻结。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。

R5 在无线部分的主要内容是：UMTS 陆地无线接入网（UTRAN, UMTS Terrestrial Radio Access Network）中的 IP 传输、高速下行分组接入（HSDPA, High Speed Downlink Packet Access）、支持 RAB 增强功能、对 Iub/Iur 的无线资源管理的优化、用户终端定位增强功能、相同域内不同无线接入网节点与多个核心网节点的连接以及其他原有 R4 的功能。

R5 版本在业务应用的以下几方面进行了加强：支持基于 IP 的多媒体业务、CAMEL Phase4、全球文本电话（GTT, Global Text Telephone）以及 Push 业务。

R5 版本最重要的突破在于完成对 IMS 的定义，如路由选取以及多媒体会话的主要部分。R5 的完成将为转向全 IP 网络的运营商提供一个开始建设的原点。

R5 版本在核心网方面的主要特性包括：用 M3UA（SCCP-User Adaptation）传输 No.7 信令、IMS 业务实现、紧急呼叫增强功能以及网络安全性的增强。另外，R5 版本在网络接口上可支持 UTRAN 至 GERAN（GSM EDGE Radio Access Network, GSM/EDGE 无线接入网络）的 Iu 和 Iur-g 接口，从而实现 3G 和 2G 的互通。

由于 IP 多媒体子系统是 R5 的一个主要特性，3GPP 技术标准组织对其进行了多次讨论与研究。IMS 定位为运营商提供现有电路域无法提供的多媒体业务，而不是代替现已成熟的电路域业务，从而更好地兼容 R99 版本来完成系统平滑演进的过程。3GPP 的标准化进程实际是 R99 版本、R4 和 R5 并行的过程，完善 R99 版本和 R4 版本需要占用大量的时间。为避免重复制定某项标准并考虑与固定网标准的统一，3GPP 决定有关 IMS 的部分标准将直接采用 IETF 和 ITU-T 的标准。

4. R6 版本

R6 版本冻结于 2004 年。R6 版本相对于 R5 版本变化不大，仍然采用了与 R5 版本相同的网络结构。在 R6 中，无线局域网（WLAN, Wireless Local Area Network）可以通过分组数据网关（PDG, Packet Data Gateway）接入到 IMS 域。同时在 R5 版本的基础上，R6 版本对 IMS 的接口和功能进行了进一步的细化和增强。这是第一个完善的、可以商用的 IMS 标准版本。

5. R7 版本

R7 版本冻结于 2007 年。R7 版本在分组域架构上提出了直接隧道（DT, Direct Tunnel）机制，实现了分组域控制面和用户面的分离。用户面数据在 RNC 和 GGSN 之间直接传递，不再经过 SGSN。R7 版本还引入了固定宽带接入方式，IMS 支持 xDSL（x Digital Subscribe Line）接入；同时首次提出了语音呼叫连续性（VCC, Voice Call Continuity）、策略和计费控制（PCC, Policy and Charging Control）等概念。

6. R8 版本

R8 版本冻结于 2008 年。R8 版本提出了两个重要的标准化项目——LTE 和 SAE。核心网

再无电路域，只有分组域 EPC 和 IMS 域，并且控制面和用户面分离。同时，R8 阶段还重点讨论了统一 IMS（Common IMS）、SRVCC（Single Radio Voice Call Continuity，单一无线语音呼叫连续性）和 CSFB（Circuit Switched Fallback，CS 域回落）。

7. R9 版本

R9 版本冻结于 2010 年。R9 版本主要涉及 IMS 及 EPS（Evolved Packet System，演进的分组系统）增强功能：如 IMS 基于 EPS/GPRS 提供紧急呼叫业务，基于 EPS 部署多媒体广播多播业务（MBMS，Multimedia Broadcast Multicast Service），基于 EPS 的位置业务等。

8. R10 版本

R10 版本冻结于 2011 年 3 月。R10 版本在无线方面主要针对 LTE-Advanced 技术指定的规范，如载波聚合、MIMO 增强技术等。R10 版本在核心网方面主要是针对 IMS 提出：IMS 设备间业务传输连续性演进、紧急会话增强功能等。

9. R11 版本

R11 版本冻结于 2012 年第三季度。R11 版本主要涉及：高端服务的 IP 互联、国家运营商以及第三方应用提供商之间的服务层互联、内容依旧开放。

10. R12 版本

目前 R12 版本尚未冻结，3GPP R12 版本在很多方面还将加入一些新的功能。其中 SAE 方面比较重要的功能如下。

- ① 移动运营商与数据应用提供商之间的互操作。
- ② 基于 IMS 的网真技术。
- ③ LTE 的群组通信系统。
- ④ 通过数字视频信号的 IMS 接入。
- ⑤ IMS 注册控制。
- ⑥ 用户面拥塞控制。
- ⑦ IMS 中无 MSISDN 号码情况下短消息的提交和传送。
- ⑧ 支持固定宽带接入的计费 and 策略控制。

根据每个版本的主要内容，核心网的演进可以分为 4 个阶段。

第一阶段为 R99 版本（2000 年 3 月）：R99 版本制定的过程中，充分考虑了系统的向下兼容性。这个版本的最大特征在于核心网部分完全继承了 GSM/GPRS 的结构，由电路域和分组域组成，并兼容 2G 无线技术和 WCDMA 技术。

第二阶段为 R4 版本（2001 年 3 月）：引入软交换技术，采用免二次编解码操作（TFO，Tandem Free Operation）和免编解码操作（TrFO，Transcoder Free Operation）技术实现语音分组化，AMR（Adaptive Multiple Rate，自适应多速率）编码语音数据可以在 3G 网络中直接传输，新增 Mc、Nb、Nc 接口。

第三阶段为 R5~R7 版本（2002 年 6 月至 2007 年 12 月）：是 IMS 域引入和完善的阶段，R5 版本引入 IMS 域，定义了 IMS 的基本框架、逻辑功能实体、接口和流程、呼叫控制和业务触发、安全功能、计费功能、漫游功能、QoS 控制等内容。R6 版本为 IMS Phase2（二阶段），集中对 IMS 的业务能力、策略控制和基于内容的计费增强型特征进行了完善，增加

了部分 IMS 业务特性（如蜂窝网络一键通业务（PoC, Push-to-talk over Cellular）、即时通信业务（IM, Instant Messaging）、视频会议等业务）、IMS 与其他网络的互通规范（电路域、WLAN 等）等内容；2004 年 12 月冻结。R7 版本加强了对固定、移动融合的标准化制定，主要完成 IMS 网络能力的优化和增强：增加 IMS 对 xDSL 等固定接入方式的支持，支持 GSM、WLAN、IMS 网络的 VCC 等。

第四阶段为 R8~R10 版本（2008 年 12 月至 2011 年 3 月）：主要是 SAE 引入，IMS 实现集中控制的阶段。

从整个核心网演进的历程中我们可以发现，R99、R4、R5、R7、R8 版本是核心网结构发生重大变化的重要节点。1.2.2 小节至 1.2.8 小节对以上重要的 3GPP 版本的核心网结构进行了阐述。

图 1-2 展示了 GSM/GPRS/UMTS/LTE 核心网的演进历程。

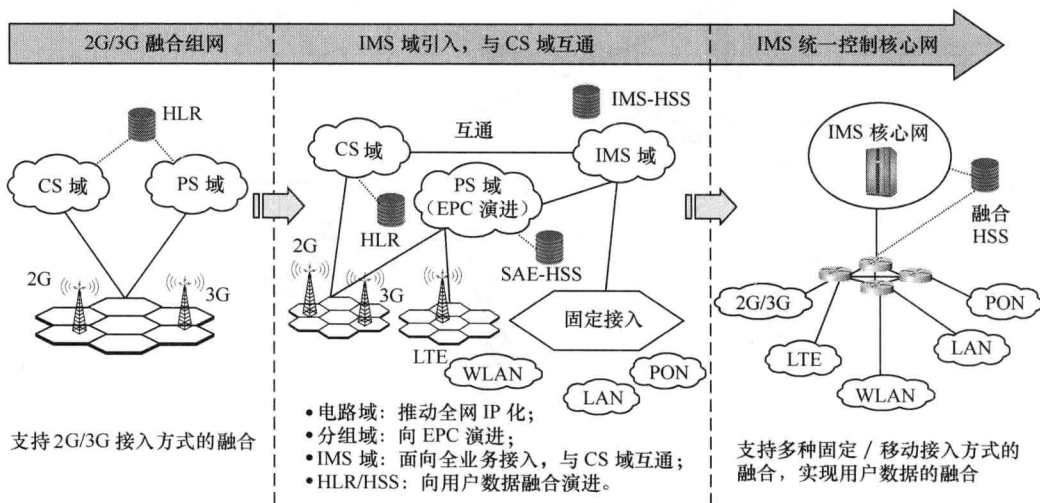


图 1-2 GSM/GPRS/UMTS/LTE 核心网演进历程

1.2.2 R99 核心网络结构

R99 系统由核心网（CN）、无线接入子系统（RNS）和移动终端（UE）3 个部分组成，如图 1-3 所示。R99 核心网支持 3G 电路业务和高速移动数据分组业务，实现 3G 系统的地面路由管理、移动性管理、呼叫控制、基本电信业务和补充业务等功能。核心网在逻辑上划分为电路域（CS domain）和分组域（PS domain）。电路域是指一些为用户提供电路型业务和相关信令连接的实体集，包括 GMSC、MSC、VLR 等功能实体；分组域是指提供分组数据型业务及相关信令连接的实体集，包括 SGSN 和 GGSN 等。此外核心网还包括电路域和分组域共用的 HLR（归属位置寄存器，Home Location Register）、AuC（鉴权中心，Authentication Center）和 EIR（设备标识寄存器，Equipment Identity Register）等，各功能实体都是通过 A~H、Gb、Gc、Gf、Gn、Gr 和 Gs 等接口相连，核心网通过 Iu 与 UTRAN 互联。核心网同时通过 A 接口与 Gb 接口和 GSM 无线网络相连，从而保证系统的兼容性。

R99 版本中涉及的主要功能实体包括以下几种。

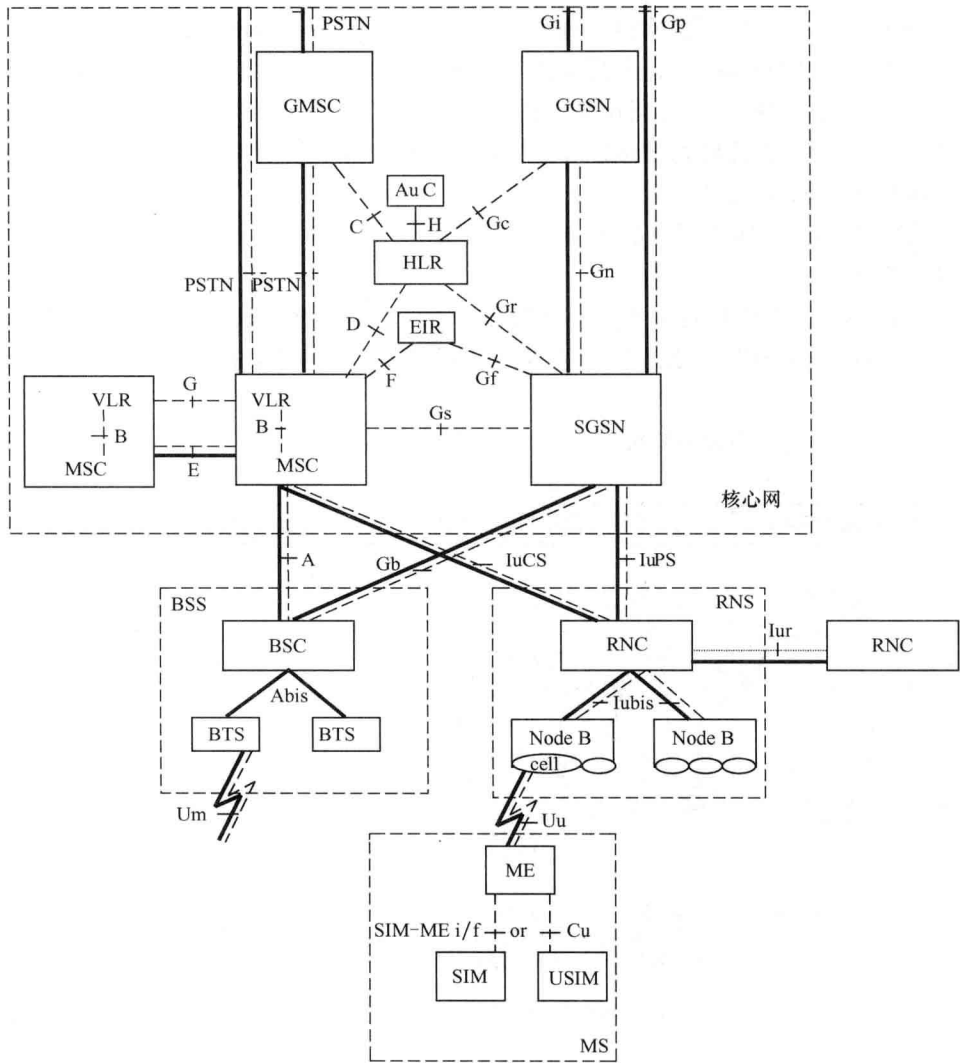


图 1-3 R99 版本系统结构

1. 电路域功能实体

① 移动交换中心 (MSC, Mobile Switching Center): MSC 是电路域核心设备, 是完成其覆盖区域内呼叫控制、移动性管理和交换的功能实体。MSC 提供移动通信系统和无线接入系统、固定电话网以及其他移动通信系统之间的接口, 具有处理电路型业务所需的各种功能; 完成交换、呼叫处理、路由选择、话务控制、计费、回波抵消和负荷控制等功能; 此外, 通过与 HLR、VLR、其他 MSC 以及无线接入系统的交互, 完成用户位置管理、越区切换、自动漫游及合法性检查等功能。

② 网关交换中心 (GMSC, Gateway MSC): GMSC 属于电路域设备。其与 MSC 的区别在于: 与其他通信网络 (PSTN、ISDN 等) 相连, 完成出、入移动网话务的处理, 具有交换、路由选择和查询等功能。当接收到一个来自不具备向 HLR 查询用户位置信息的网络的呼叫时, GMSC 向 HLR 查询用户信息, 并根据用户位置信息把呼叫接续到用户目前所登记的 MSC。