



移动通信核心网

— 庞韶敏 李亚波 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

LTE 丛书

移动通信核心网

庞韶敏 李亚波 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书全面而系统地阐述了移动通信核心网,包括3G、4G、5G的核心网技术。3G核心网分为电路交换(CS)域和分组交换(PS)域;4G LTE核心网为演进的分組核心网(EPC);IP多媒体子系统(IMS)在分组域上提供VoIP业务,以及呈现、组管理和多媒体会议等业务;LTE时代语音解决方案有CSFB和VoLTE;5G网络基于SDN/NFV实现网关控制转发分离、按需可定制、网络切片等。

本书内容丰富,结构清晰,可供广大从事移动通信工作的系统架构设计师、研发工程师及其他工程技术人员学习参考,也可作为高等院校相关专业师生的教学参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

移动通信核心网 / 庞韶敏, 李亚波编著. —北京: 电子工业出版社, 2016.9
(LTE丛书)

ISBN 978-7-121-29857-8

I. ①移… II. ①庞… ②李… III. ①移动网 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第211994号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 宋 梅

印 刷: 北京京科印刷有限公司

装 订: 北京京科印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 27 字数: 605千字

版 次: 2016年9月第1版

印 次: 2016年9月第1次印刷

印 数: 3 000册 定价: 78.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: mariams@phei.com.cn。

前 言

随着技术的进步和人类自身的发展,人类对通信的终极需求是实现任何人可以在任何时间、任何地点与其他任何人进行任何方式的沟通。由于移动通信的许多技术特征还不能很好地满足这一需求,使其成为当前通信领域发展最快、应用最广和最前沿的技术之一。

移动通信发展到现在,用户不仅要求有稳定、低廉的语音通信,而且还要求能够进行包括数据、视频、文本和图像等在内的多媒体通信,并且用户对移动宽带的需求呈爆炸性增长态势。针对这些需求,移动通信经历了 1G、2G、3G 时代,目前处于 4G 时代,将于 2020 年开启 5G。

UMTS 是基于 WCDMA 的 3G 标准,UMTS 核心网服务于 WCDMA 和 TD-SCDMA 两种 3G 技术。UMTS 核心网的 CS 域提供语音业务;PS 域提供分组业务,即网页浏览、流媒体和 FTP 等数据类业务。在 3GPP R5 之后,UMTS 核心网出现了 IMS,IMS 基于分组域提供 VoIP 以及众多的多媒体业务,打破了只有 CS 域提供语音业务的限制。

4G LTE 有 FDD-LTE 和 TD-LTE 两大阵营,二者的区别就在于空中接口标准不一致,但 LTE 核心网 EPC 是一致的。在本书中,LTE 核心网服务于 TD-LTE 和 FDD-LTE 两种 4G 技术。LTE 时代语音解决方案有 CSFB 和 VoLTE。

面向 2020 年及未来,移动互联网和物联网业务将成为移动通信发展的主要驱动力。5G 将解决多样化应用场景下差异化性能指标带来的挑战。5G 网络基于 SDN/NFV 技术实现了其架构设计和关键技术。

本书的内容安排大致如下:第一部分对移动核心网技术进行了概述,包括 2G GSM 网络、2.5G GPRS 网络、3G UMTS 网络、4G LTE 网络和 5G 网络;第二部分阐述了 UMTS 核心网的电路域和分组域(CS 和 PS),具体包括网络架构和接口协议,以及用户标识、安全机制、移动性管理和业务提供等关键技术点;第三部分阐述了 LTE 核心网 EPC,包括网络架构、接口协议、用户标识、默认承载与专用承载、状态管理、安全机制和移动性管理,重点介绍了核心网的信令流程,如附着、去附着、会话管理、TAU 和切换等;第四部分阐述了 IMS,具体包括网络架构、接口定义、协议体系、安全机制、用户标识、信令压缩、资源管理、组网路由、业务提供、计费方案、互连互通和网络融合等,并介绍了 IMS 业务,包括 Presence、即时消息(IM)、组管理和 POC 等;第五部分的主题是业务融合,首先介绍了 3G/4G 业务的分类及 LTE 时代语音解决方案,然后介绍了 CS/IMS 业务融合技术,重点介绍了 CSFB 和 VoLTE 的架构和流程;第六部分为 5G 网络展望,首先介绍了 SDN/NFV 概念、5G 网络组网设计,重点介绍了 5G 网络关键技术,包括网关控制转发分离、按需定制的移动网络、网络切片、网络能力开放、移动边缘计算等。

本书条理清晰、逻辑性强、内容充实、涵盖范围广,具有较强的技术性和实用性。本书介绍的内容主要基于各标准化组织最新发布的标准或草案,参考了大量的有关文献,并结合了作者丰富的工作经验编写而成。本书引用的部分资料和图表是为了知识内容的阐述

和传授，无侵权意图，特此声明。

本书由庞韶敏和李亚波编著。特别感谢电子工业出版社宋梅编审为本书出版所做的大量耐心细致的工作。非常感谢唐雄燕、刘明、张歆浩、钱青海对本书编写工作的支持。在此还要感谢本书中所参考和引用的诸多资料的有关机构和作者。

由于编者水平和视野所限，以及编写时间仓促，加之移动通信技术发展日新月异，对于书中存在的不足之处，敬请各界同仁批评指正。

编 著 者
2016 年 7 月

目 录

第一部分 移动核心网综述

第 1 章 移动核心网概述	2
1.1 移动网络技术发展历程	2
1.2 移动网络标准化发展过程	5
1.2.1 UMTS 网络标准化发展过程	5
1.2.2 LTE 网络标准化发展过程	8
1.2.3 5G 网络标准化发展过程	11
1.3 2G GSM 网络	13
1.3.1 GSM 网络历史和现状	13
1.3.2 GSM 系统的网络结构	14
1.4 2.5G GPRS 网络	17
1.4.1 GPRS 网络概况	17
1.4.2 GPRS 网络结构	18
1.4.3 GPRS 演进到 EGPRS	20
1.5 3G UMTS 核心网 CS&PS&IMS	20
1.5.1 UMTS 简介	20
1.5.2 UMTS R99 网络结构	20
1.5.3 UMTS R4 网络结构	22
1.5.4 UMTS R5 网络结构	24
1.5.5 UMTS R6&R7 网络结构	26
1.6 4G LTE 核心网 EPC&IMS	27
1.6.1 LTE 网络简介	27
1.6.2 LTE 网络结构	27
1.7 5G 网络架构	28
1.7.1 5G 网络简介	28
1.7.2 5G 网络架构	29

第二部分 UMTS 核心网 CS 和 PS

第 2 章 UMTS CS 和 PS 核心网协议	32
2.1 UMTS R99 接口协议体系	32
2.2 UMTS R4 接口协议体系	34
2.3 UMTS 核心网与无线接入网间接口协议	34
2.3.1 GSM A 接口	34
2.3.2 GPRS Gb 接口	36
2.3.3 3G Iu 接口	37
2.4 UMTS 核心网协议描述	42
2.4.1 基于 No.7 的信令协议	42
2.4.2 Sigtran 协议栈	46
2.4.3 H.248 协议	47
2.4.4 BICC	48
2.4.5 Nb 接口	49
2.4.6 GTP 协议	50
第 3 章 UMTS CS 和 PS 核心网基础	51
3.1 网络编码	51
3.1.1 GSM 网 LAI 和 CGI	51
3.1.2 GPRS 网 RA 和 RAI	52
3.1.3 UMTS 网中 SA 和 SAI	52
3.1.4 CS 核心网编码	52
3.1.5 PS 核心网编码	54
3.1.6 E.164/E.212/E.214	55
3.2 移动台类型	57
3.3 网络操作模式	58
3.3.1 网络操作模式 I (NOM I)	58
3.3.2 网络操作模式 II (NOM II)	59
3.3.3 网络操作模式 III (NOM III)	59
3.4 移动性管理状态	60
3.4.1 GSM 移动台状态	60
3.4.2 GPRS 移动性管理状态	60
3.4.3 3G PS 域移动性管理状态	63

3.5	手机终端和用户卡	63
3.6	终端开机过程	64
3.7	GSM/GPRS/UMTS CS/UMTS PS	65
第 4 章	UMTS CS 和 PS 核心网信令流程	66
4.1	CS 和 PS 位置更新	66
4.1.1	CS 域开关机时位置更新 (IMSI 附着)	66
4.1.2	CS 域普通位置更新	67
4.1.3	PS 域开关机时位置更新 (GPRS 附着 / 显式分离)	70
4.1.4	PS 域路由区更新	74
4.1.5	周期性位置更新	75
4.2	2G 与 3G 安全机制	76
4.2.1	2G 安全机制	76
4.2.2	3G 安全机制	80
4.2.3	2G/3G 网络共存时双模手机鉴权加密机制	85
4.2.4	临时身份识别 (TMSI/P-TMSI)	87
4.3	CS 呼叫控制流程	87
4.3.1	局内 3G 用户呼叫 3G 用户	88
4.3.2	3G 用户呼叫外网用户	91
4.3.3	外网用户呼叫 3G 用户	92
4.3.4	彩铃业务实现流程	93
4.4	PS 会话管理流程	94
4.4.1	PDP Context 激活	95
4.4.2	PDP Context 去激活	98
4.4.3	PDP Context 修改	99
4.4.4	PDP Context 保留过程和 RAB 重建	99
4.4.5	3G PS QoS 协商	100
4.5	CS 和 PS 切换	103
4.5.1	3G CS 域切换流程	103
4.5.2	3G PS 域切换流程	107
4.5.3	3G RNC 迁移	109
4.5.4	2G/3G 互操作	111
4.6	短信业务	113
4.6.1	移动始发短信流程	114
4.6.2	移动终止短信流程	115

4.6.3	短信提醒流程	116
4.7	移动智能网	117
4.7.1	GSM 移动智能网及结构	118
4.7.2	GPRS 移动智能网	120
4.7.3	移动智能网的业务触发机制	121
4.7.4	主要 CAP 消息介绍	122
4.7.5	预付费业务处理流程	123

第三部分 LTE 核心网 EPC

第 5 章	LTE 网络结构与协议	128
5.1	LTE 网络架构	128
5.1.1	非漫游架构	128
5.1.2	漫游架构	129
5.2	EPC 协议栈	131
5.3	EPC 协议汇总	132
5.4	S1 接口协议	133
5.5	X2 接口协议	136
5.6	GTP 协议	137
5.7	S6a 接口消息	138
5.8	网元功能	138
5.8.1	E-UTRAN	138
5.8.2	MME	139
5.8.3	S-GW (Serving Gateway)	139
5.8.4	P-GW (PDN GW)	140
5.8.5	PCRF	140
5.8.6	HSS	141
5.8.7	SGSN	141
5.9	节点选择功能	141
5.9.1	P-GW 选择	141
5.9.2	S-GW 选择	142
5.9.3	MME 选择	143
5.9.4	SGSN 选择	143
5.9.5	PCRF 选择	143

第 6 章	LTE 核心网概念与特性	144
6.1	EPS 系统中的标识	144
6.2	EPS 系统的承载与 QoS	145
6.2.1	EPS 承载架构	145
6.2.2	QoS 参数	146
6.2.3	标准 QCI 属性	147
6.2.4	EPS 默认承载和专用承载	148
6.2.5	EPS 承载建立	149
6.3	UE 的 IP 地址分配	150
6.4	EPS 状态管理	151
6.4.1	NAS 协议	151
6.4.2	EMM	152
6.4.3	ECM	153
6.4.4	EMM 和 ECM 状态转换	154
6.4.5	ESM	156
6.5	用户数据存储	157
6.6	EPS 安全机制	159
6.7	策略控制与计费 (PCC)	161
6.8	负载均衡与容灾功能	162
6.9	ISR 功能	163
第 7 章	LTE 核心网信令流程	165
7.1	附着 (Attach)	165
7.1.1	附着流程, 用户身份标识为 IMSI	165
7.1.2	附着流程, MME 可能改变	167
7.1.3	附着过程中的 S1AP 消息和 NAS 消息分析	170
7.2	去附着 (Detach)	171
7.2.1	UE 发起的去附着	171
7.2.2	MME 发起的去附着	172
7.2.3	HSS 发起的去附着	174
7.3	S1 释放 (S1 Release)	175
7.4	业务请求 (Service Request)	176
7.4.1	UE 发起的业务请求	176
7.4.2	网络发起的业务请求	177
7.5	跟踪区更新 (Tracking Area Update)	178

7.5.1	跟踪区更新过程的触发	178
7.5.2	TAU 过程, Serving GW 不变, MME 不变	179
7.5.3	TAU 过程, Serving GW 改变, MME 改变	180
7.6	GUTI 重分配	182
7.7	切换	182
7.7.1	E-UTRAN 内基于 X2 的切换——MME 和 SGW 不变	182
7.7.2	E-UTRAN 内基于 S1 的切换——MME 和 SGW 不变	185
7.7.3	E-UTRAN 内基于 S1 的切换——MME 和 SGW 改变	186
7.7.4	E-UTRAN 到 UTRAN Iu 模式下的 RAT 间切换	188
7.8	会话管理	190
7.8.1	专用承载激活	190
7.8.2	专用承载去激活——在 ECM-Connected 状态下	192
7.8.3	专用承载去激活——其他情况	193
7.8.4	PGW 发起的承载改变	193
7.8.5	UE 请求的承载资源修改	195
7.9	多 PDN 的支持	196
7.9.1	概述	196
7.9.2	UE 发起的 PDN 连接建立	196
7.9.3	UE 发起的 PDN 去连接	198

第四部分 IMS 网络技术

第 8 章	IMS 网络体系和功能	202
8.1	IMS 的分层体系	202
8.2	IMS 的网络结构和网元功能	203
8.3	IMS 接口协议体系	211
8.4	IMS 漫游和 GPRS 漫游	213
8.5	地址与标识	215
8.5.1	私有用户标识 (IMPI)	215
8.5.2	公有用户标识 (IMPU)	216
8.5.3	UE 端 IMPI 和 IMPU 的获得	216
8.5.4	私有用户标识、公有用户标识和业务签约信息的关系	217
8.5.5	全球可路由的用户代理统一资源标识符 (GRUU)	219
8.5.6	IMS 网元的标识	221
8.5.7	公共业务标识 (PSI)	222

8.6	用户配置数据 (User Profile)	222
8.7	IMS 用户数据的组成	224
8.8	应用服务器 (AS)	226
8.9	应用服务器的工作模式	228
8.10	IMS 的业务触发机制	229
8.10.1	业务触发架构和业务触发点 (SPT)	229
8.10.2	过滤规则 (iFC) 的定义	231
8.10.3	业务触发控制算法	233
8.10.4	业务触发举例	234
8.11	SIP 信令压缩	236
8.12	IMS 计费	238
第 9 章	IMS 注册过程	241
9.1	P-CSCF 的发现	241
9.2	Cx 接口消息及应用场景	242
9.3	S-CSCF 的指配	246
9.4	传输协议	248
9.5	注册与注销概述	248
9.6	用户初始注册	250
9.7	Path 消息头和 Service-Route 消息头	256
9.8	用户重注册	257
9.9	注册保存信息	257
9.10	隐式注册	258
9.11	注册状态 / 事件的订阅和通知	260
9.12	网络发起的重认证	263
9.13	第三方注册	264
9.14	用户发起的注销	265
9.15	网络发起的注销	266
第 10 章	IMS 会话过程	269
10.1	会话阶段划分	269
10.2	IMS 会话初始呼叫处理过程	271
10.3	S-CSCF 服务模式及会话情形的判定	271
10.4	IMS 会话建立流程	272
10.5	IMS 会话释放流程	276

10.6	主叫和被叫的身份	277
10.7	Tel URI 与 ENUM 号码	279
10.8	主叫用户的位置信息	280
10.9	S-CSCF 的原始对话标识	281
10.10	会话路由及 Via、Route、Record-Route 和 Contact	282
10.11	IMS 会话建立详细过程	283
10.11.1	主叫始发段过程	283
10.11.2	中间段路由过程	286
10.11.3	被叫接收段过程	288
10.12	PSI/AS 会话的路由	290
10.13	IMS 与 PSTN/PLMN 网络的互通	292
10.13.1	IMS 与 PSTN/PLMN 网络互通模型和协议	292
10.13.2	IMS 用户发起的会话	295
10.13.3	PSTN 用户发起的会话	296
第 11 章	IMS 的安全体系	298
11.1	IMS 网络的安全体系概述	298
11.2	IMS 网络的访问接入安全机制	300
11.2.1	用户和网络的认证和授权	300
11.2.2	鉴权向量的生成和 ISIM	305
11.2.3	用户的重认证	306
11.2.4	完整性保护	306
11.2.5	网络拓扑隐藏	307
11.2.6	IMS 网络中的私密性保护	307
11.3	安全联盟 (SA) 的建立	308
11.3.1	IPsec 原理简介	308
11.3.2	安全联盟 (SA) 的含义	309
11.3.3	安全联盟的建立过程	310
11.4	IMS 网络域的安全	314
11.4.1	基于 IP 传输的网络域安全 (NDS/IP)	314
11.4.2	IKE 协议	316
第 12 章	IMS 网络与 SBC	317
12.1	扩展的 IMS 架构和 SBC 的定位	317
12.2	NAT 穿越和 SBC	318

12.2.1	IMS 网络中 NAT 穿越问题	318
12.2.2	NAT 穿越解决方案	320
12.2.3	SBC 解决方案	320
12.3	IMS 网络部署和 SBC	321
第 13 章	IMS 业务	323
13.1	IMS 业务特点	323
13.2	补充业务——呼叫转移	324
13.3	Centrex 业务	325
13.4	多媒体彩铃业务	327
13.5	多媒体会议业务	328
13.5.1	多媒体会议简介	328
13.5.2	Web 会议建立流程示例	329
13.6	呈现业务 (Presence Service, PS)	330
13.6.1	Presence 业务概念	330
13.6.2	Presence 业务功能实体	331
13.6.3	Presence 业务实现流程	333
13.7	组管理	335
13.7.1	组管理概念	335
13.7.2	XDM 功能和架构	336
13.7.3	XDM 客户端操作流程示例	338
13.8	即时消息业务 (Instant Message, IM)	339
13.8.1	即时消息概念	339
13.8.2	IM 体系架构	340
13.8.3	Page Mode IM 流程	341
13.8.4	Session Mode IM 流程	343
13.9	PoC 业务	345
13.9.1	PoC 概念	345
13.9.2	PoC 业务架构和功能实体	346

第五部分 业务融合

第 14 章	业务融合概述	352
14.1	3G/4G 业务分类	352
14.2	LTE 时代语音解决方案	353

第 15 章 CSFB	355
15.1 CSFB 架构	355
15.2 移动性管理	355
15.2.1 TAI 列表和 LAI 分配	355
15.2.2 EPS/IMSI 联合附着过程	356
15.3 MO 呼叫和 MT 呼叫过程	357
15.3.1 支持 PS HO 的 MO 呼叫过程	357
15.3.2 支持 PS 切换的激活模式下 MT 呼叫过程	360
15.4 SGs 接口短消息流程	363
15.4.1 空闲模式下用户发起的短消息 (MO SMS) 过程	363
15.4.2 激活模式下用户发起的短消息 (MO SMS) 过程	364
15.4.3 空闲模式下终止于用户的短消息 (MT SMS) 过程	364
15.4.4 激活模式下终止于用户的短消息 (MT-SMS) 过程	366
第 16 章 VoLTE	367
16.1 VoLTE 架构	367
16.1.1 VoLTE 系统架构图	367
16.1.2 新增设备功能	368
16.1.3 新增接口	370
16.1.4 VoLTE 的 QoS 保障	370
16.1.5 IMS APN	371
16.2 语音呼叫连续性 (VCC)	371
16.2.1 VCC 简介	371
16.2.2 R8 SRVCC	372
16.2.3 R10 SRVCC	375
16.3 SRVCC 相关流程	376
16.3.1 与 SRVCC 相关的 E-UTRAN 附着过程	376
16.3.2 与 SRVCC 相关的业务请求过程	376
16.3.3 与 SRVCC 相关的 PS 域切换流程	376
16.3.4 E-UTRAN 发起的 SRVCC 过程	377
16.4 SMS 和 IM 互通	381
16.4.1 SMS 和 IM 互通简介	381
16.4.2 IMS UE 注册流程	382
16.4.3 IMS UE 发送消息流程	382
16.4.4 IMS UE 接收消息流程	383

第六部分 5G 网络展望

第 17 章 5G 网络及其关键技术	386
17.1 5G 需求和网络功能映射	386
17.2 NFV/SDN 概述	387
17.2.1 NFV 简介	387
17.2.2 SDN 简介	389
17.2.3 NFV/SDN 架构下的移动核心网	390
17.3 5G 组网设计	391
17.3.1 5G 网络平台视图	391
17.3.2 5G 网络组网视图	392
17.4 5G 网络关键技术	394
17.4.1 网关控制转发分离	394
17.4.2 按需定制的移动网络	394
17.4.3 按需组网和网络切片	396
17.4.4 网络能力开放	398
17.4.5 移动边缘计算	401
17.4.6 以用户为中心的无线接入网	403
附录 A 缩略语	405
参考文献	413

第一部分 移动核心网综述