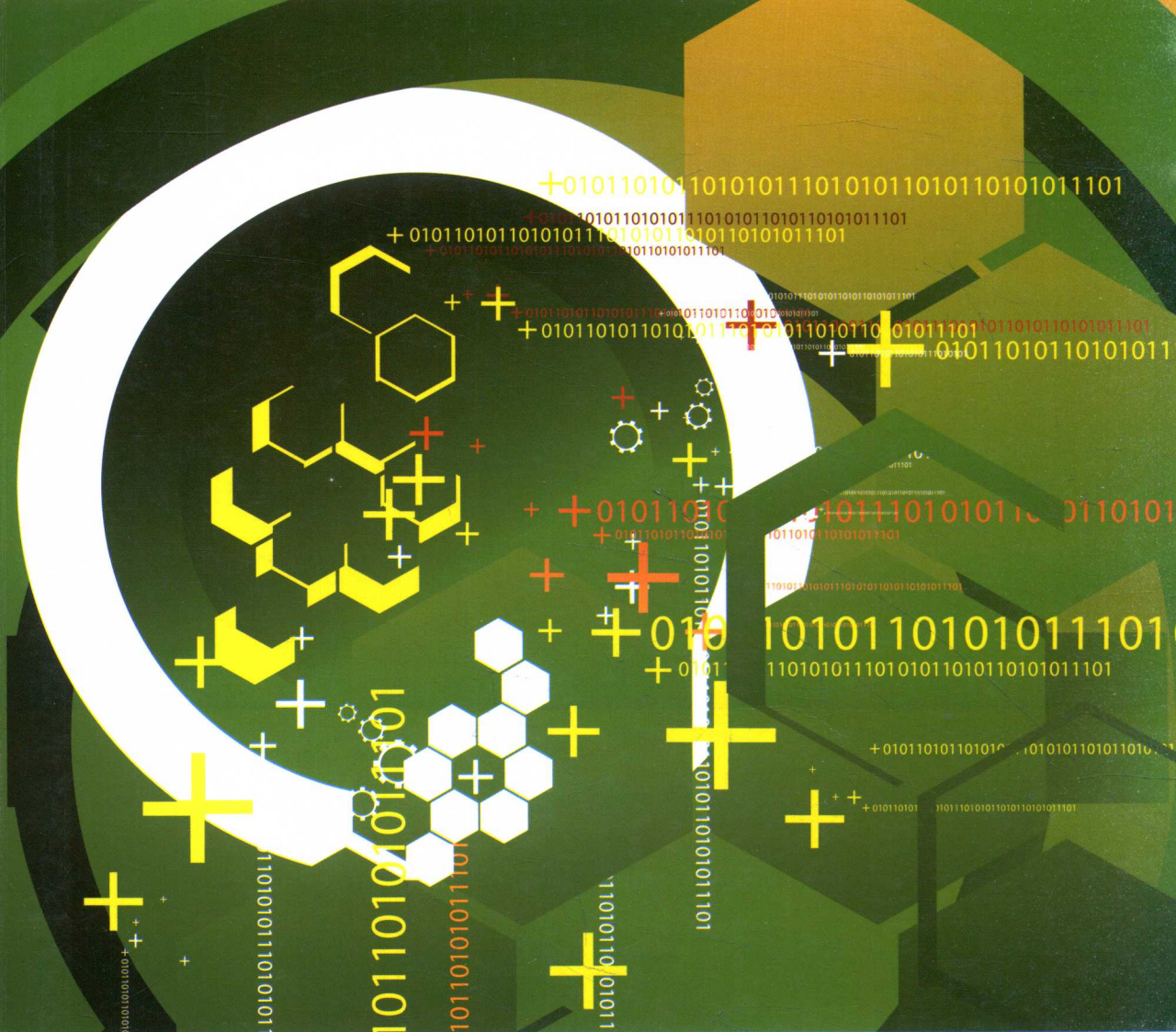




LTE 语音业务 及VoLTE技术详解

◎ 江林华 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 语音业务及 VoLTE 技术详解

江林华 编著



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书讲解了各种可能的 LTE 语音业务技术解决方案,同时也介绍了 LTE 最新演进技术,即所谓的 5G 可能采用的先进技术和演进方向。本书的主要内容包括电路域回落(Circuited Switch Fallback, CSFB)、普通 IP 电话(General VoIP)和 LTE 语音及数据业务同时共存(SV-LTE)、VoWiFi (Voice over WiFi)及 LTE 直接承载语音业务的 VoLTE (Voice over LTE)技术。其中重点介绍了目前最流行的 LTE 语音业务电路域回落(CSFB)技术和 LTE 语音业务终极解决方案——基于全新 IMS 架构的 VoLTE (Voice over LTE)技术的原理和具体实现过程,并对相关的 LTE 空中接口信令消息和 IMS 网络 SIP 信令消息给予了详细解析,以帮助读者,特别是从事 LTE 系统测试和 IMS/VoLTE 网络维护的工程师更好地理解 LTE 语音业务的具体实现过程,方便查对和比较相关信令消息内容,实用性、针对性强。

本书适合移动通信行业的测试工程师、研发工程师和移动网络运营维护人员,以及从事移动终端行业,即智能手机的研发和测试工程师参考使用,也可供电子与通信等相关专业的大专院校师生参考阅读。

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

LTE 语音业务及 VoLTE 技术详解/江林华编著. —北京:电子工业出版社,2016.1

ISBN 978-7-121-27897-6

I. ①L… II. ①江… 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(2015)第 307768 号

策划编辑:曲 昕

责任编辑:谭丽莎

印 刷:涿州市京南印刷厂

装 订:涿州市京南印刷厂

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:787×1092 1/16 印张:20 字数:512 千字

版 次:2016 年 1 月第 1 版

印 次:2016 年 1 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:68.00 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。

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

服务热线:(010) 88258888。

前 言

随着移动互联网的快速普及应用，特别是在移动电子商务和智能手机的高速发展驱动下，当今世界已经迎来移动通信技术的高速发展时期，应运而生的第4代移动通信技术，即4G-LTE已经发展成熟并开始大规模商用部署。尽管全IP架构的LTE技术可以很好地解决高速增长的移动数据业务需求，传统的移动语音呼叫业务依然被广泛使用，仍然是运营商的一个主要收入来源，而LTE语音业务技术的发展与成熟却相对滞后，从而影响了运营商对LTE网络部署的热情和进度。LTE语音业务的实现是大势所趋，因为频谱效率低的2G/3G电路域网络早晚会退出运营，从而释放出更多优质低端频谱资源给4G-LTE网络部署使用。

目前，各大设备商和终端厂商及运营商正在通力合作，加紧研发和测试当前主流LTE语音业务技术，即VoLTE（Voice over LTE）技术，以期尽快成熟并大规模商用部署，为用户提供更可靠、更优质的语音及高清视频通话业务。截至目前，中国移动已经开始在部分省区部署和开通VoLTE商用业务，中国联通和中国电信也在加速部署LTE网络。可以预见，不久的将来，市场对IMS/VoLTE业务的研发、测试和网络运营维护的需求会越来越大。

目前，在移动通信图书市场上，理论研究或技术应用方面，已经有很多论述或翻译的LTE基本原理方面的书籍，但是系统性专门阐述LTE语音业务技术解决方案的书却几乎没有。随着IMS/VoLTE业务商用部署的加快和普及，会有越来越多读者或工程师急需这样一本集中详细讲解LTE语音业务技术解决方案的书。就是在这种情形下，作者基于自己多年在移动通信行业积累的移动通信技术、经验和知识，专门编写了本书，以期分享给相关行业的读者，也为我们国家移动通信的发展贡献绵薄之力。

本书从专业技术人员的视角出发，首先以有特色的图表方式介绍了移动通信的发展历程和未来5G技术演进方向，循序渐进、一目了然；其次较为详细地介绍了LTE网络的基本原理和基本流程；然后阐述了LTE语音业务所面临的挑战和可能的技术解决方案；最后重点论述了LTE语音业务终极解决方案——基于IMS架构的VoLTE技术。本书的另一个特色是详细列出并解析了相关的LTE语音业务信令消息，包括IMS SIP信令消息，能够帮助读者深入了解LTE语音业务的具体技术实现流程，具有很强的实用性、针对性，特别是能契合广大VoLTE业务测试与技术支持工程师查找核对相关信令消息。

本书由电子工业出版社出版发行，作者感到十分荣幸，这也是对作者多年在移动通信行业工作积累的一个肯定，在此特别感谢策划编辑曲昕女士及参与本书编辑出版各环节人员的大力支持和辛勤付出。另外，作者还要感谢家人的鼓励和支持。

当然，任何书籍的出版，错漏之处在所难免，虽然作者和编辑已经尽力将错误减少到最少，但如果发现本书有任何错漏的地方，欢迎广大读者批评指正，相关疑问也可以与作者联系：jianglinhua@263.net。

江林华

2015年11月25日于北京

目 录

第1章 概述	1
1.1 移动通信发展路线图	1
1.2 移动通信网络演进	2
1.3 移动通信技术演进	5
1.4 移动通信业务演进	6
第2章 LTE 介绍	8
2.1 LTE 网络介绍	8
2.1.1 LTE 网络架构	8
2.1.2 LTE 网络实体	9
2.1.3 LTE 网络接口	10
2.2 LTE 协议栈	11
2.2.1 用户平面协议栈	11
2.2.2 控制平面协议栈	11
2.2.3 协议栈功能简述	12
2.3 LTE 信道与信号	14
2.3.1 逻辑信道	14
2.3.2 传输信道	14
2.3.3 物理信道	14
2.3.4 信道映射	18
2.3.5 参考信号	18
2.4 LTE 系统信息	22
2.4.1 LTE 系统信息定义	22
2.4.2 LTE 系统信息更新	23
2.4.3 LTE 系统信息解析	23
2.5 LTE 物理层原理	38
2.5.1 时域和频域资源	38
2.5.2 正交频分复用	39
2.5.3 多天线技术	40
2.6 LTE 基本过程	46
2.6.1 LTE 小区搜索过程	46
2.6.2 LTE 小区重选过程	47
2.6.3 LTE 随机接入过程	49
2.6.4 LTE 附着过程	52
2.6.5 LTE 寻呼过程	53

2.6.6	LTE 切换过程	55
2.7	LTE 终端与频段	56
2.7.1	LTE 终端能力类别	56
2.7.2	LTE 终端能力报告	57
2.7.3	FDD 频段	88
2.7.4	TDD 频段	89
2.8	LTE 高级技术	90
2.8.1	载波聚合 (CA)	90
2.8.2	增强多天线技术	93
第 3 章	LTE 语音业务解决方案概述	96
3.1	LTE 移动语音业务演进	96
3.1.1	LTE 热点覆盖阶段	96
3.1.2	LTE 区域覆盖阶段	96
3.1.3	LTE 全面覆盖阶段	97
3.2	LTE 语音业务可选解决方案	97
3.2.1	普通 IP 电话 (General VoIP)	97
3.2.2	电路交换域回落 (CSFB)	98
3.2.3	LTE 数据与 CS 语音并存方案 (SV-LTE)	99
3.2.4	LTE 语音直接承载方案 (VoLTE)	100
3.2.5	WiFi 网络直接承载语音 (VoWiFi)	102
3.3	LTE 语音电路域回落方案 (CSFB)	103
3.3.1	SGs 接口	103
3.3.2	联合附着和去附着过程	104
3.3.3	联合 TA 和 LA 更新过程	106
3.3.4	语音业务 CSFB 过程	106
3.3.5	UE 重回 LTE	113
3.3.6	CSFB 与 IMS/VoLTE 共存	121
3.4	SMS over SGs	121
3.5	LTE 各语音业务解决方案比较	123
3.6	LTE 语音 TTI 绑定	124
3.6.1	为什么需要 TTI 绑定	124
3.6.2	TTI 绑定配置与重传	124
3.7	LTE 语音半静态调度	125
3.7.1	LTE 资源调度方式比较	125
3.7.2	半静态调度配置与重传	126
第 4 章	IMS 介绍	128
4.1	IMS 主要特性	128
4.2	IMS 网络协议	129

4.3	IMS 网络架构	130
4.4	IMS 网络实体	132
4.4.1	P-CSCF	133
4.4.2	I-CSCF	134
4.4.3	S-CSCF	134
4.4.4	HSS	135
4.4.5	Inter-working Functions	136
4.4.6	AS	137
4.5	IMS 网络接口	138
4.6	IMS 用户标识	139
4.7	IMS 业务与应用	140
4.8	SIP/SDP 协议	141
4.8.1	基本概念	142
4.8.2	请求行	143
4.8.3	状态行	144
4.8.4	消息头	146
4.8.5	消息体 (SDP)	146
4.8.6	信令流程	149
4.9	DIAMETER 协议	150
4.9.1	协议结构	151
4.9.2	消息格式	151
4.9.3	协议命令	152
第 5 章	LTE 直接承载语音解决方案 (VoLTE)	154
5.1	P-CSCF 发现	154
5.2	IMS 承载	156
5.2.1	IMS 信令承载	158
5.2.2	IMS 数据承载	158
5.3	IMS 注册流程	159
5.3.1	IMS 鉴权流程	159
5.3.2	IMS 注册流程	160
5.4	IMS 会话流程	165
5.4.1	VoLTE 不带预置条件会话流程	165
5.4.2	VoLTE 附带预置条件会话流程	167
5.4.3	VoLTE 紧急呼叫注册和会话流程	171
5.4.4	VoLTE 会话刷新流程	176
5.5	IMS 会议电话流程	177
5.5.1	一对一会话创建流程	177
5.5.2	一对一会话暂停流程	177
5.5.3	会议电话创建流程	178

5.5.4	用户加入会议电话流程	179
5.6	SMS over IP	182
5.7	VoLTE 业务连续性	186
5.7.1	SRVCC 过程	187
5.7.2	SRVCC 增强	190
5.8	IMS 补充业务	191
5.8.1	补充业务配置	191
5.8.2	补充业务类型	193
5.9	IMS 融合通信 (RCS)	195
5.9.1	RCS 业务概述	196
5.9.2	RCS 业务特点	196
5.9.3	RCS 业务功能	197
5.9.4	RCS 业务列表	198
第 6 章	LTE 语音业务信令流程消息解析	200
6.1	LTE UE 附着过程消息解析	200
6.1.1	RRC 连接建立过程消息	200
6.1.2	Attach 附着请求消息	204
6.1.3	Authentication 鉴权过程消息	210
6.1.4	NAS 层安全模式过程消息	212
6.1.5	ESM 信息获取过程消息	213
6.1.6	AS 层安全模式过程消息	214
6.1.7	RRC 连接重配置过程消息	215
6.1.8	Attach 附着接受消息	218
6.1.9	Attach 附着完成消息	227
6.2	LTE IMS 承载建立过程消息解析	228
6.2.1	IMS PDN 连接请求消息	228
6.2.2	RRC 连接重配置过程消息	230
6.2.3	IMS 默认 EPS 承载激活过程消息	233
6.2.4	RRC 连接重配置过程消息	237
6.2.5	IMS 专用 EPS 承载激活过程消息	240
6.2.6	RRC 连接重配置过程消息	244
6.2.7	IMS 专用 EPS 承载去激活过程消息	246
6.3	电路域回落过程消息解析	247
6.3.1	连接状态下主叫 CSFB 消息	247
6.3.2	连接状态下被叫 CSFB 消息	248
6.3.3	空闲状态下主叫 CSFB 消息	251
6.3.4	空闲状态下被叫 CSFB 消息	253
6.3.5	3G 网络语音呼叫过程消息	256
6.4	IMS 注册流程消息解析	262

6.4.1	第 1 次 Register 注册请求消息	262
6.4.2	401 Unauthorized 鉴权挑战消息	263
6.4.3	第 2 次 Register 注册请求消息	264
6.4.4	200 OK 注册响应消息	265
6.4.5	Subscribe 订阅注册事件消息	265
6.4.6	200 OK 订阅响应消息	266
6.5	IMS 会话流程消息解析	266
6.5.1	不带预置条件会话流程消息	266
6.5.2	附带预置条件会话流程消息	272
6.6	IMS 会议电话流程消息解析	282
6.6.1	一对一会话建立过程消息	282
6.6.2	一对一会话暂停过程消息	282
6.6.3	会议电话创建过程消息	285
6.6.4	用户加入会议电话过程消息	289
6.6.5	会议电话结束过程消息	296
附 录		298
附录 A	UE 侧如何配置并激活 IMS/VoLTE 功能	298
附录 B	缩略语	300
参考文献		306

第 1 章 概述

1.1 移动通信发展路线图

基于蜂窝架构的移动通信技术的发展经历了从单向（寻呼机时代）到双向，从单工（对讲机）到双工，从模拟调制到数字调制，从电路交换到分组交换，从纯语音业务到数据及多媒体业务，从低速数据业务到高速数据业务的快速发展，不但实现了人们对移动通信的最初梦想：“**任何人，在任何时间和任何地点，同任何人通话**”，而且还实现了在高速移动过程中发起视频通话、上互联网、收发电子邮件、进行电子商务，实时上传/下载文件或分享照片及视频等。未来不仅要实现人与人、人与物之间的互连通信，而且还要走进物与物，即万物互连的物联网的新通信时代。

表 1-1 直观清晰地描述了移动通信技术 30 多年来从第 1 代（1G）到第 4 代（4G）甚至第 5 代（5G）的发展路线图。

表1-1 移动通信发展路线图

No.	1G	2G	2G	2.5G	2.5G	2.75G
名称	AMPS/ TACS	GSM	CDMA IS-95	GPRS	CDMA IS-2000	EDGE
最大下行速率	只支持语音	9.6/14.4K	9.6/14.4K	144K	153K	375K
用户平面时延		>250ms	>250ms	>200ms	>200ms	>200ms
3GPP 版本		3GPP	3GPP2	3GPP R97	3GPP2	3GPP R98
部署年代	1985	1992	1995	1997	1999	1998
小区或信道带宽	30kHz	200kHz	1.25MHz	200kHz	1.25MHz	200kHz
核心技术和主要功能		GMSK 数字调制		引入 分组交换	引入 分组交换	高介调制(8-PSK), 时隙捆绑
调制方式	模拟调制	GMSK	QPSK	GMSK	QPSK/ 16QAM	GMSK/8-PSK
多址方式	FDMA	TDMA	CDMA	TDMA	CDMA	TDMA
运营商		中国移动，中 国联通	中国电信	中国移动，中 国联通	中国电信	中国移动，中国联通
No.	3G	3G	3G	3.5G	3.5G	3.75G
名称	WCDMA (UMTS)	TD-SCDMA	CDMA2000 1xEVDO RevA	CDMA2000 1xEVDO RevB	HSPA (HSDPA/ HSUPA)	HSPA+
最大下行速率 (bps)	384K	128K	2.45M/ 3.1M (1x)	9.3M (3x)	7.2/14.4M	21/42/ 84/168M
用户平面时延	150ms	150ms	100ms	100ms	70ms	50ms
3GPP 版本	Rel99/ Rel4	Rel4	3GPP2 RevA	3GPP2 RevB	Rel5/Rel6	Rel7/Rel8
部署年代	2000	2001	20004	2006	2005	2008

(续表)

No.	3G	3G	3G	3.5G	3.5G	3.75G
小区带宽	5MHz	1.6MHz	1.25MHz	3×1.25MHz	5MHz	5/10MHz
核心技术	MMS, Location Service			Max 14.7M with 64QAM	IMS, WB-AMR, MBMS	Dual-Carrier, MIMO2×2, CPC, FDPCH, Enhanced FACH/PCH
调制技术	模拟调制	GMSK	QPSK	GMSK	QPSK/ 16QAM	GMSK/ 8-PSK
多址方式	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA	CDMA
运营商	中国联通	中国移动	中国电信	中国电信	中国联通	中国联通

No.	3.9G	4G	5G
名称	LTE (FDD/TDD)	LTE Advanced (FDD/TDD)	
最大下行速率	50/100/300M	1G	10G
用户平面时延	20ms	10ms	≤1ms
3GPP 版本	Rel8/Rel9	Rel10/Rel11/Rel12	Rel13?
部署年代	2010	2012	2020
小区带宽	1.4~20MHz	20~100MHz	>100MHz
核心技术	LTE, SAE, SU-MIMO4×4, MBSFN, TM#1~6	CA (Carrier Aggregation), CoMP, Relay, MU-MIMO 4×8 (TM#9), SON, Aperiodic SRS Transmission, Uplink multi-antenna transmission, Heterogeneous cells	超密集组网、大规模天线阵列 (Massive MIMO)、非正交传输、高频段通信、C-RAN、 软件定义网络 (SDN)、网络功能虚拟化 (NFV)、内容分发网络 (CDN)
调制技术	QPSK/16QAM/64QAM	QPSK/16QAM/64QAM	256QAM
多址方式	OFDMA (DL) / SC-FDMA (UL)	OFDMA (DL) / SC-FDMA (UL)	Fast OFDM
运营商	中国联通, 中国电信	中国联通, 中国电信	

1.2 移动通信网络演进

1. 移动分组域网络架构演进

从图 1-1 可以看出，3GPP 定义的 LTE 网络架构是从 3G 逐步演进而来的。该架构采用了软交换的思想，将用户平面和控制平面完全分开，即承载和控制分离，同时尽量减少网络实体结点和层级，原 3G-RNC 网元被取消，它的功能分别由 SGSN/MME 和 NodeB 来分担。

另外一个网络架构演进的特点是：LTE 网络彻底抛弃了原 2G/3G 网络中的电路交换域 (Circuited Switched domain, CS)，而统一采用基于分组交换 (Packet Switched, PS) 的全 IP 网络架构，这样 LTE 网络更趋于扁平化或矩阵化，更便于网络管理维护、优化资源使用，网络组网也更加容易。

由于语音业务仍然是人们日常生活工作中不可缺少的，同时也是移动运营商的一个主要收入来源，所以当 LTE 网络取消了传统的电路交换域以后，如何实现并支持语音呼叫业务就是 LTE 网络发展和部署过程中必须解决的一个大问题，这也是编写本书的一个主要目的。

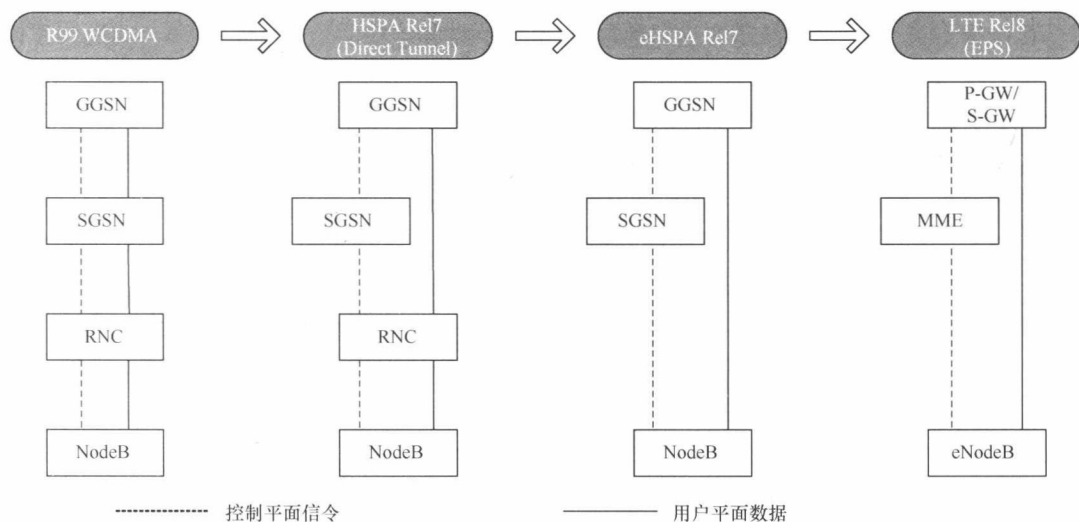


图 1-1 分组域网络架构的演进

2. 移动核心网络架构演进

随着通信技术的不断发展和人们对通信业务需求的不断增长,除了上面介绍的移动分组域网络架构的演进之外,关于语音业务的核心控制网络架构也在不断演进,从最初的电路交换到智能网络再到软件交换网络,从最早的 ATM 异步传输模式到现今的全 IP 多媒体子系统 (IP Multi-media Subsystem, IMS),移动核心网架构 (Core Network, CN) 经历了从复杂到简单,从多层级到扁平化矩阵化发展的过程,图 1-2 就是移动核心网络架构的演进路径图。

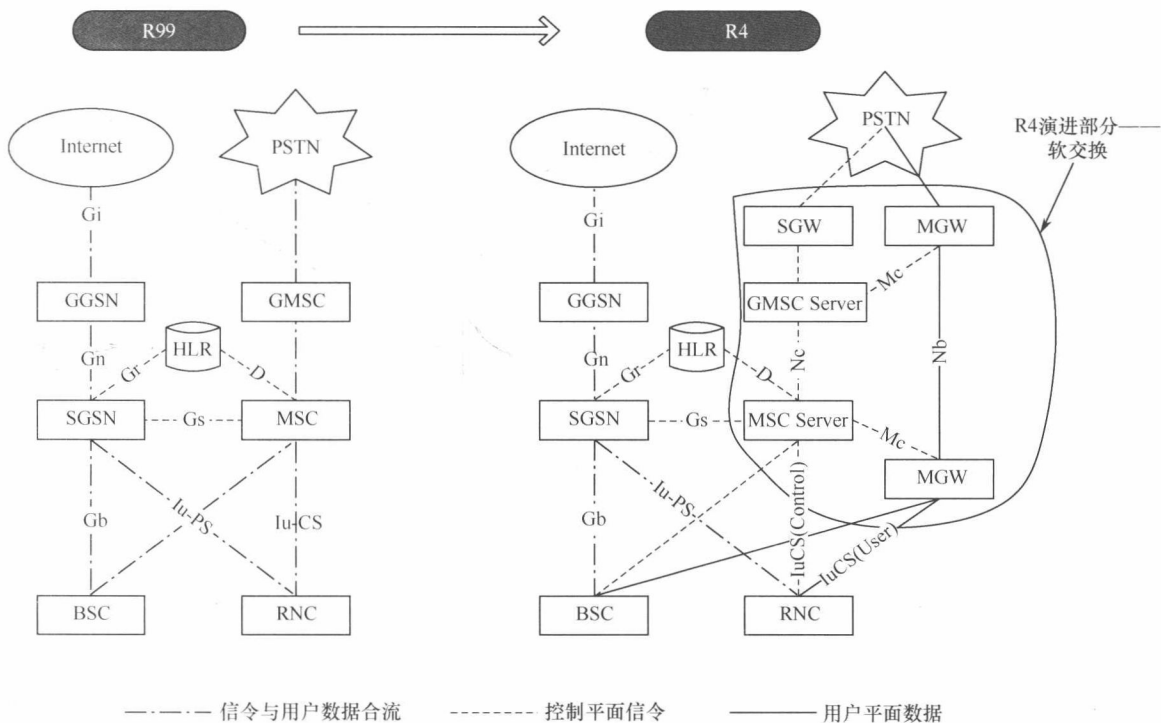


图 1-2 移动核心网络架构的演进

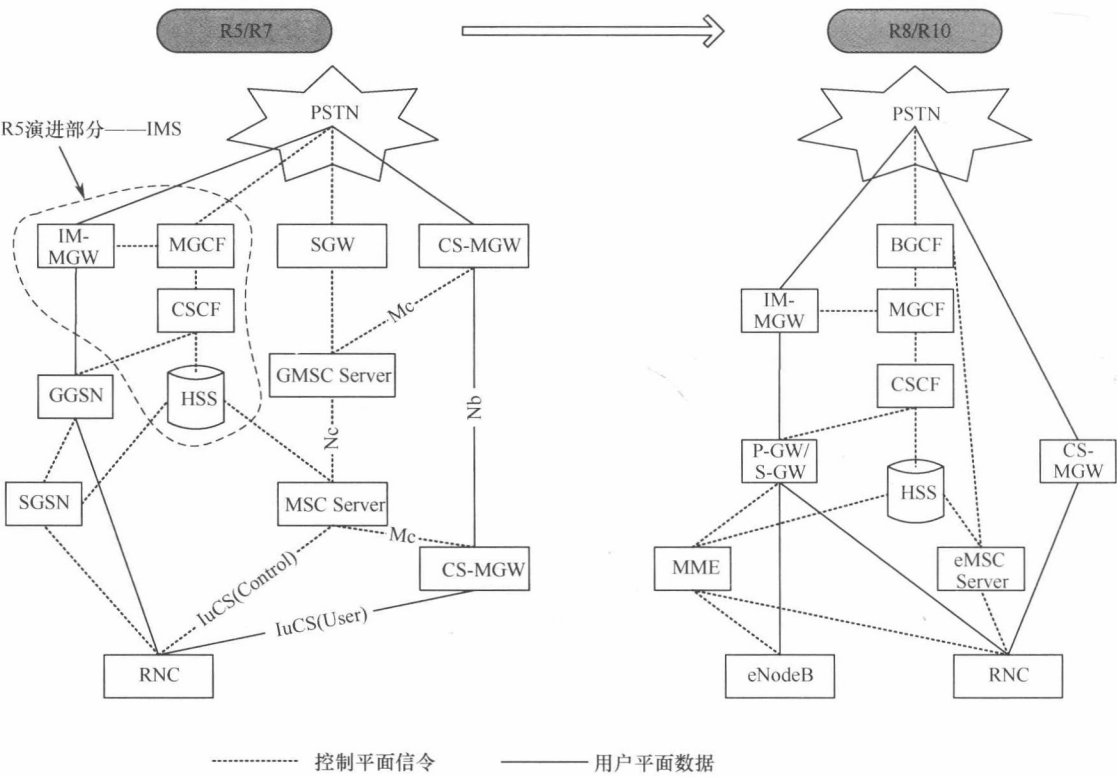


图 1-2 移动核心网络架构的演进（续）

由于 IMS 支持全类型接入方式，或者说 IMS 网络与接入无关，所以 IMS 是固定网和移动网走向融合的技术基础。作为一种开放式的全业务全 IP 控制架构，IMS 在通信史上第一次具备了通过统一平台向所有类型的接入网提供统一业务的能力。随着 IMS 网络架构的不断完善发展，IMS 一统江湖的时代终于到来。IMS 网络架构如图 1-3 所示，详细的 IMS 介绍参见本书的第 4 章内容。

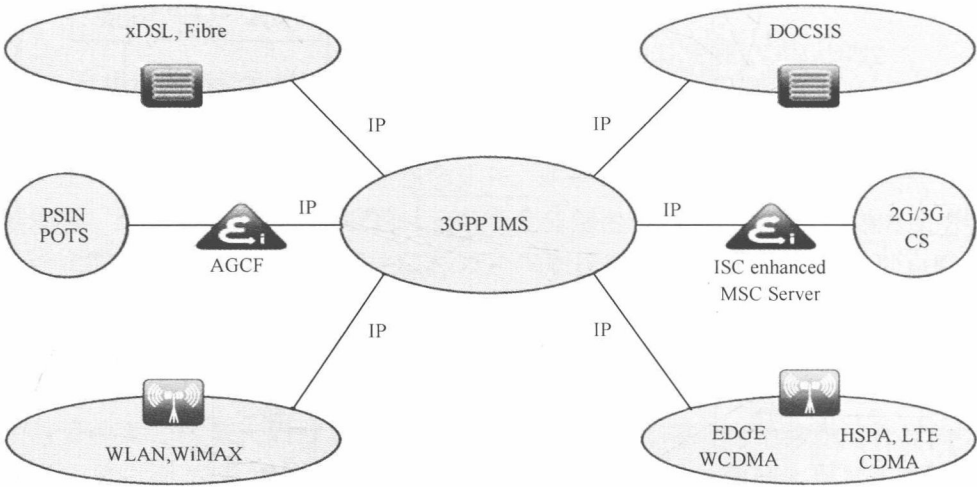


图 1-3 开放的全业务 IMS 网络架构

当然，由于涉及复杂的网络升级改造，IMS 网络的部署及替换原有的移动核心控制网络

和固定网络不是一蹴而就的，而是一个比较漫长的过程，但其演进和替换的大趋势是不会改变的。

另外，在移动通信核心网络架构演进的同时，无线接入网络(Radio Access Network, RAN)也同样在演进之中。例如，R5 引入了高速下行分组接入(HSDPA)，R6 引入了高速上行分组接入(HSUPA, E-DCH)，R7 引入了 MIMO 和 64QAM 调制技术，即 HSPA，R8 引入了双载波(Dual Carrier, DC)，即 HSPA+，最大下行数据传输速率可达 42Mbit/s 等，这里就不再详细介绍了。

1.3 移动通信技术演进

为了满足未来移动通信用户数，即网络容量的极大增长，以及巨大的物联网业务需求和超高速的数据传输速率要求，除了上述移动通信网络架构的演进之外，所谓第 5 代，即 5G 移动通信技术也无非是从以下 3 个纬度来演进的（如图 1-4 所示）：

- 提升频谱效率；
- 扩展工作频段；
- 增加网络密度。

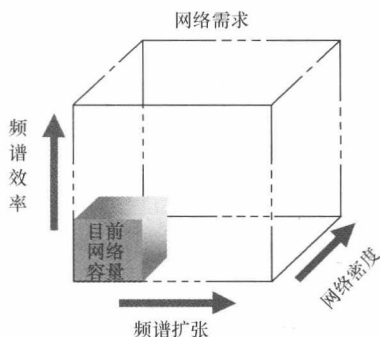


图 1-4 移动通信技术演进的 3 个方向

由于以下两项技术的普遍采用，移动通信的频谱效率也在不断演进和提高。

- 高阶调制技术：QPSK→16QAM→64QAM→256QAM。
- 多天线技术：MIMO 2×2 →MIMO 4×4 →MIMO 8×8 →MIMO 64×64 →Massive MIMO256（智能天线阵列）。

频谱效率越来越接近香农定律的极限值，如图 1-5 所示。

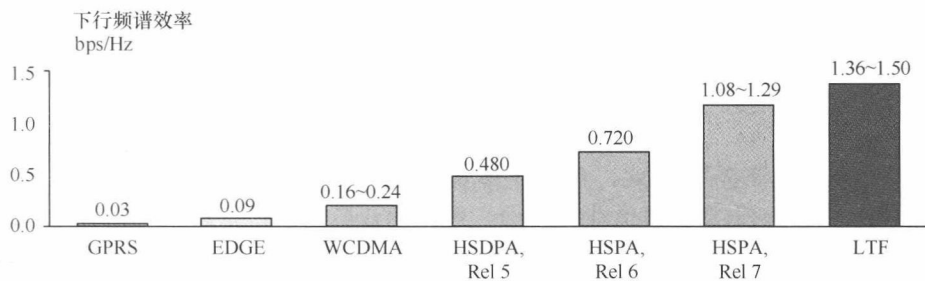


图 1-5 移动通信频谱效率的演进

另外，由于要支持超高数据传输速率，除了上面介绍的频谱效率提升之外，蜂窝小区的工作带宽也自然变得越来越大，或者引入多载波聚合（CA）技术来提升小区带宽：

30kHz→200kHz→1.25MHz→5MHz→10MHz→20MHz→100MHz→200MHz

无线频段也随之越来越往高频段扩展：

700MHz→900MHz→1800MHz→2100MHz→2600MHz→3GMHz→5GMHz→10GHz

而频率越高的无线电波传播的损耗也越大，穿透力也越差，导致小区的覆盖范围越来越小（如图 1-6 所示）。

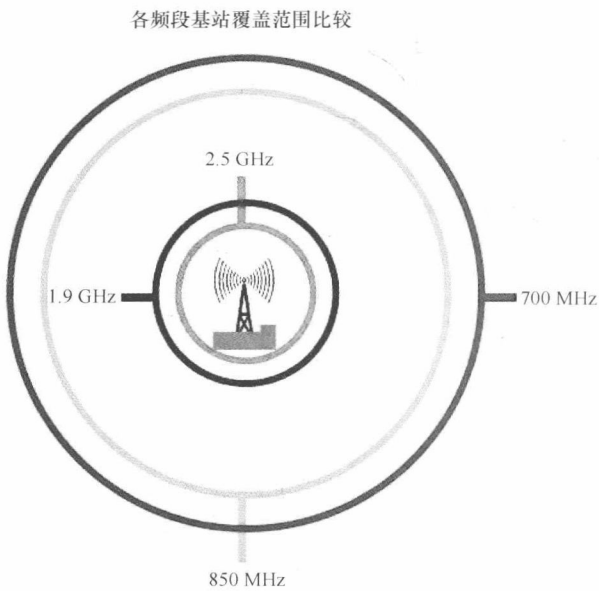


图 1-6 移动通信不同频段小区的覆盖范围

频段越高，小区越小，蜂窝网络密度自然也就越来越大，这就意味着运营商要部署更多的基站。未来 5G 基站将遍地皆是，沿街的每一根路灯柱子上都有可能安装有一个基站，每个家庭也将安装一个私有基站，面对这么庞大的网络基站规模，移动通信网络的建设和维护成本也会越来越大。因此，要求未来的 5G 移动通信网络必须具备足够的灵活性，也就是说，网络应该具有强大的自治力、自适应力和创造力，并能从无线环境中学习，而且各网元、各基站之间能相互协同工作，自适应优化、自适应配置，从而实现任何时间、任何地点的高可靠、高速率通信，以及对异构网络环境下有限的无线频谱资源进行高效利用，只有这样才能实现网络的虚拟化、协作化、云化和软件化，网络维护成本才能足够低。

1.4 移动通信业务演进

这里套用一句大话：“社会主义科学技术和生产力的发展都是为了不断满足人们日益增长的物质和精神文明需求”，因此，可以说移动通信技术与网络的发展演进最终也是为了不断满足人们日益增长的丰富的通信业务需求，用户的业务需求正是移动通信技术不断演进的动力。下面简单介绍一下 30 多年来移动通信网络所提供的各类通信业务的演进，具体参见表 1-2。

表 1-2 移动通信业务演进

业务类型	业务特点	通信速率	发展阶段
寻呼业务	纯文字寻呼，单向通信		模拟调制
单工语音通话	说话同时不能听	≤12.2Kbps	模拟调制
双工语音通话	窄带多速率（NB-AMR）	≤12.2Kbps	模拟调制
短消息业务	文字信息，字符个数小于 160 个		数字调制，2G 阶段
低速数据业务	电路域数据业务	≤14.4Kbps	数字调制，2G 阶段
彩信业务	可以发送图片信息		数字调制，分组域业务，2G/3G/4G 阶段
视频通话		≤64Kbps	数字调制，电路域业务，3G 阶段
位置业务	准确定位，并报告用户当前位置		数字调制，电路域业务，3G 阶段
补充业务	呼叫转移，来电显示，呼出限制等		数字调制，电路域业务，2G/3G 阶段
多方通话	限制人数		数字调制，电路域业务，3G 阶段
会议电话	大规模，不限制参加会议电话的人数		数字调制，电路域业务，3G 阶段
语音信箱	也称语音留言业务（Voice message）		数字调制，电路域业务，3G 阶段
中速数据业务	可以上网，发电子邮件等	≤384Kbps	数字调制，分组域业务，3G 阶段
高速数据业务	可以实时播放或观看高清网络视频（IP TV）	7.2~150Mbps	数字调制，分组域业务，3G/4G 阶段
高清语音通话	宽带多速率（WB-AMR）	12.2~23.85Kbps	数字调制，分组域业务，3G/4G 阶段
高清视频通话	H.248	2Mbps	数字调制，分组域业务，4G 阶段
视频点播业务	按需提供或定制业务，即双向交互业务	4Mbps	数字调制，分组域业务，4G 阶段
eMBMS	多媒体广播多播业务，如手机电视业务	4Mbps	数字调制，分组域业务，4G 阶段
VoLTE	Voice over LTE，基于 IMS 网络		数字调制，分组域业务，4G 阶段
ViLTE	Video over LTE，基于 IMS 网络	8Mbps	数字调制，分组域业务，4G 阶段
SRVCC	基于 IMS 网络，语音通话的无缝切换，保证语音业务体验的连续性		数字调制，分组域业务，4G 阶段
OTT 业务	Over The Top 应用业务，如微信、Skype 等第 3 方公司或称虚拟运营商提供的业务，如普通的 IP 电话业务（VoIP）		整个移动通信网络仅作为承载或数据管道
VoWiFi	由 WiFi 网络直接承载电信级语音业务		
融合通信业务	丰富的多媒体业务，包括即时消息、群聊业务、文件传输、视频图片共享、社交呈现业务等		数字调制，分组域业务，4G 阶段
物联网业务	除了满足人与人之间，人与物之间的互连通信需求外，未来的移动通信网络还需要满足所有智能家电之间，即物与物之间的互连通信需求	万物互连	5G 阶段，网络容量足够大，必须采用 IPv6 地址分配

由表 1-2 可看出，不管移动通信技术演讲到第几代，与语音相关的业务始终是人们日常通信中的一个核心需求，也是运营商移动通信网络必须提供的一项重要业务。

第2章 LTE 介绍

LTE 是 Long Term Evolution 的缩写，即 3GPP 定义的移动通信长期演进技术，被国际电信联盟 (ITU) 选定为唯一的第 4 代移动通信技术标准 (4G)。根据上下行数据复用方式不同，在无线接入网中又有时分 TDD-LTE 和频分 FDD-LTE 两个子标准，这两个子标准均采用统一的核心网架构，即基于全 IP 的演进分组核心网 (Evolved Packet Core, EPC)。作为必需的背景知识，本章先介绍 LTE 的基本知识与原理，包括网络架构、物理层原理、基本流程和高级技术，但是由于它们不是本书的重点，所以不会详细深入论述，有兴趣的读者可以参考相关书籍获得全面深入的 LTE 网络方面的知识。

2.1 LTE 网络介绍

2.1.1 LTE 网络架构

如图 2-1 所示是详细的 LTE 网络架构及其各接口名称。由图可见，LTE 网络架构由两大部分组成：

- 演进的无线接入网 (Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network, E-UTRAN)；
- 演进的分组核心网 (Evolved Packet Core, EPC)。

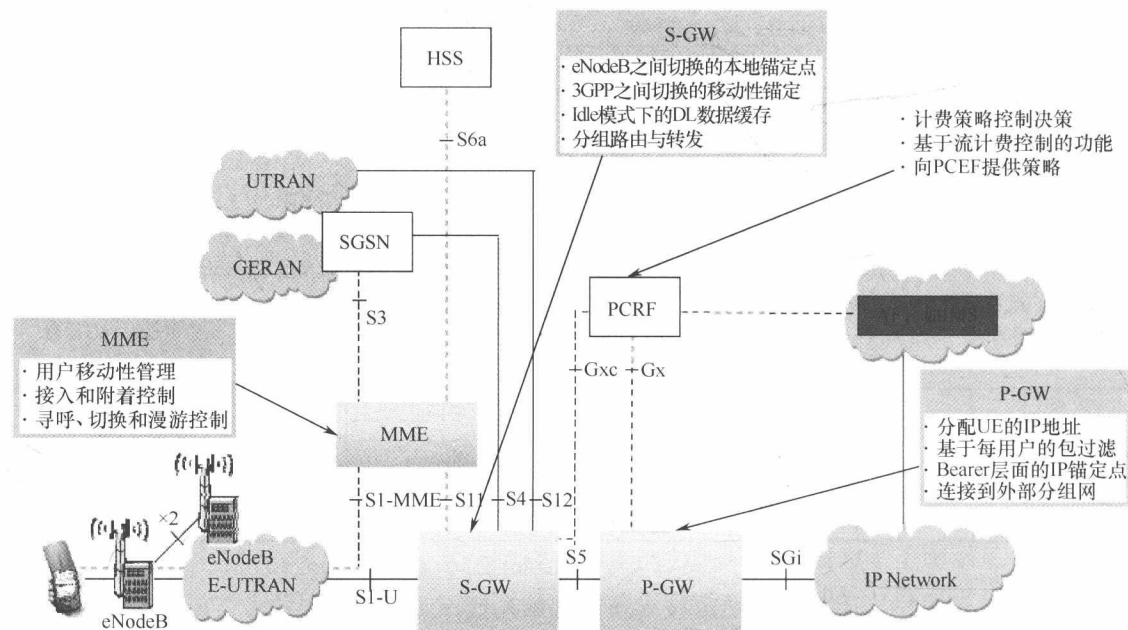


图 2-1 LTE 网络架构

其中，E-UTRAN 部分又由 eNodeB 和 UE 组成，EPC 部分主要由 MME (Mobility