

TURING

图灵电子与电气工程丛书



来自爱立信研究院

Amazon全五星名著

3G演进

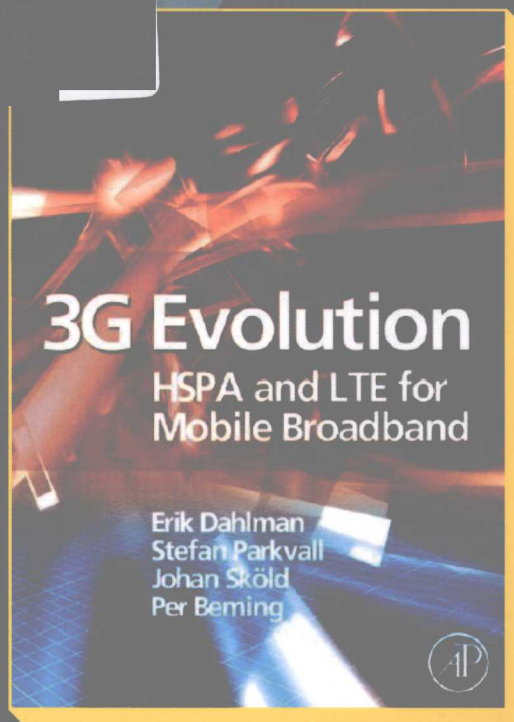
HSPA与LTE (第2版)

3G Evolution

HSPA and LTE for Mobile Broadband

Second Edition

[瑞典] Erik Dahlman Stefan Parkvall 著
Johan Sköld Per Beming
堵久辉 缪庆育 徐斌 等译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

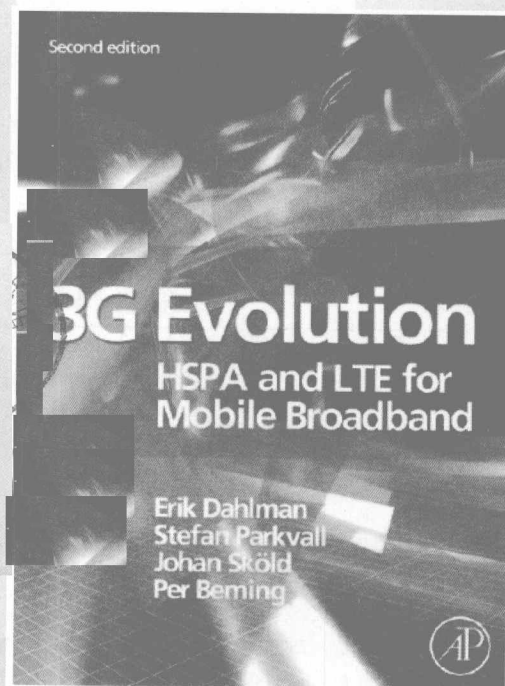
TURING

图灵电子与电气工程丛书

3G演进 HSPA与LTE (第2版)

3G Evolution
HSPA and LTE for Mobile Broadband
Second Edition

[瑞典] Erik Dahlman Stefan Parkvall 著
Johan Sköld Per Beming
堵久辉 缪庆育 徐斌 等译



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

3G演进 : HSPA与LTE : 第2版 / (瑞典) 达哈曼
(Dahlman, E.) 等著 ; 堵久辉, 缪庆育, 徐斌等译. — 北
京 : 人民邮电出版社, 2010.4
(图灵电子与电气工程丛书)
书名原文: 3G Evolution:HSPA and LTE for Mobile
Broadband, 2E
ISBN 978-7-115-22180-3

I. ①3… II. ①达… ②堵… ③缪… ④徐… 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(2010)第011512号

内 容 提 要

本书是爱立信研究院研发人员的经验之谈, 描述3G数字蜂窝系统如何演进成为先进的宽带移动接入技术, 涉及3.5G和4G具体实现, 重点介绍移动通信标准化开发演进路线、无线接入技术和接入网络的演进。书中内容共分为5部分, 清晰勾勒出各种移动通信技术取舍的诸多细节。

本书是移动通信行业技术人员的必备参考指南, 也是高等院校相关专业师生不可多得的教学参考书。

图灵电子与电气工程丛书

3G演进: HSPA与LTE (第2版)

-
- ◆ 著 [瑞典] Erik Dahlman Stefan Parkvall Johan Sköld Per Beming
译 堵久辉 缪庆育 徐斌 等
责任编辑 朱巍
 - ◆ 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: 25.75
字数: 780千字 2010年4月第1版
印数: 1-3 000册 2010年4月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字: 01-2009-6889号
ISBN 978-7-115-22180-3
-

定价: 79.00元

读者服务热线: (010) 51095186 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

译者序

毋庸置疑，这是一本优秀的移动通信类技术图书，堪称经典！

回顾决定翻译该书的前前后后，应该说，很大程度上是机缘巧合。

由于在爱立信中国通信有限公司工作的关系，我们结识了该书第一作者 Erik Dahlman 先生。他是一位无线通信新技术和标准化工作的积极推进者，一个满脑子闪烁创新思维的发明家。当时我们刚好开始从事爱立信中国 LTE 产品开发、管理和市场推广工作，需要全面、系统地学习 LTE 相关知识。适逢此时，有幸在这一版本出版之前接触了本书内容。可以说，我们很幸运，在正确的时间遇到了正确的专著。

虽然本书论及的是移动宽带的 HSPA 和 LTE 以及更多其他无线通信标准，但是移动通信技术是相通的，同时最好的核心技术也是被大多数系统与标准所共同接纳的，这是大势所趋。应该说，最初选择系统学习并翻译本书，不仅因为与作者之间的交往，更因为这是当前甚至迄今为止最好、最系统的 3G 系统演进资料。在 LTE 即将成为全球未来移动通信统一标准时，更体现了本书出版的价值和当初作者把握技术演进方面的准确前瞻意识。

作为一本有关最新技术的科技类图书，本书虽然涉及诸多 3GPP 标准细节，但并非一本枯燥的协议罗列范本，而是脉络清晰地勾勒出了移动通信技术演进背后进行技术取舍的诸多细节，更像一本故事书，沿着时间轴的推进演绎出不同角色的异样精彩。

本书的翻译工作历时一年左右，我与我的另外两位良师益友——缪庆育和徐斌在整个翻译过程中付出了巨大的努力，力求尽可能保持作者的原始思路和语义。不可否认，当前国内很多工程技术人员甚至专业人士的外语水平有限，因此错过了了解国外最新技术的机会，这也正是我们工作的动力，希望能够将最好的东西原原本本地展现给中国读者。当然，由于译者语言和技术能力有限，译本中肯定存在很多不当之处，希望读者批评指正，在此表示诚挚感谢。

在此感谢爱立信中国通信有限公司，特别是爱立信中国研究总院对本书翻译工作的大力支持。最后，感谢我们的家人在本书翻译过程中对我们的理解和支持！

堵久辉
于望京科技园

我们感谢为此书做出贡献，对内容提供建议和意见，以及参与 HSPA 和 LTE 开发团体付出巨大贡献的所有爱立信同事。

3G 演进的标准化过程涉及来自全球各地的人士，我们感谢无线通信产业的同事们所做出的努力，特别是参与 3GPP RAN 组标准化的伙伴。如果没有他们的工作以及对标准化工作的贡献，本书是不可能完成的。

最后，我们对家人表示深深的感激，谢谢他们在本书撰写的漫长时间里给予我们的耐心和支持。

前 言

在过去的几年中，为语音、视频和数据提供移动的、游牧的、固定的业务所采用的无线接入技术引起了大家浓厚的兴趣。电信技术和数据通信技术之间在设计、实现和应用方面的差别也越来越模糊。一个实例是，电信的蜂窝移动通信技术被用于宽带数据，数据通信的无线局域网被用于 VoIP 业务。

今天，移动通信中应用最为广泛的无线接入技术是数字蜂窝系统，到 2007 年已经超过 30 亿用户，接近全球一半的人口。从最初只为少数汽车用户提供昂贵语音业务的部署，到今天 3G（第三代移动通信）设备得到广泛应用，这些设备提供了移动通信服务，并且通常还包含了照相机、MP3 播放器和 PDA 的功能。随着这些设备的广泛应用和人们对 3G 系统兴趣的增长，我们可以预见 3G 未来向前的连续演进。

本书描述 3G 数字蜂窝系统演进成为高级宽带移动接入技术，其焦点在于 3GPP（第三代合作伙伴计划）标准化开发的 3G 移动通信演进路线，关注无线接入技术和接入网络的演进。

本书分为 5 部分。第一部分介绍了 3G 系统及其演进发展的背景，同时还关注参与 3G 系统定义过程的不同标准化实体与组织。之后讨论有关 3G 演进背后的原因和驱动力。第二部分更深入地探讨了一些已经列入或者有望列入 3G 演进的技术。由于是概述性的论述，因而第二部分既可以用作本书所描述 3GPP 中所采取演进步骤的背景信息，也可以用于想了解其他如 WiMAX 和 CDMA2000 系统背后技术的用户的背景信息。

第三部分描述 3G WCDMA 向高速分组接入（HSPA）的演进。它综述了 HSPA 的关键特征以及它基于第二部分介绍的技术的继续演进。随后，勾勒出了上行链路和下行链路的差异，并最终给出了二者一起工作的更细节描述。

第四部分介绍长期演进（LTE）和系统架构演进（SAE）。首先，介绍达成一致的 LTE 需求和目标。之后，给出总体技术的概要性技术综述，包含了最重要的技术成份，这里同样基于第二部分中的技术。其次，给出了协议结构更为细节的描述，包括上行链路和下行链路传输机制、传输过程、接入过程和灵活带宽操作的更多细节。给出了包含无线接入网络和核心网络细节的、应用于 LTE 和 HSPA 的系统架构演进。最后还展现了增强型 LTE 正在进行的工作。

第五部分对 3G 演进进行了评估。性能评估对比了 3G 演进路线与 3GPP 中设定的目标。通过其他标准化实体中开发技术的概述可知，3GPP 中的演进技术也同样应用于许多其他系统。最后，展望未来，3G 演进并不会止步于 HSPA 和 LTE。

目 录

第一部分 绪 论

第 1 章 3G 演进的背景	2
1.1 3G 的历史和背景	2
1.1.1 3G 之前	2
1.1.2 早期 3G 讨论	3
1.1.3 3G 研究	4
1.1.4 3G 标准化启动	4
1.2 3G 标准化	4
1.2.1 标准化进程	4
1.2.2 3GPP	5
1.2.3 ITU 中 IMT-2000 活动	7
1.3 3G 和后 3G 系统频谱	8
第 2 章 3G 演进的背后动机	10
2.1 推动力	10
2.1.1 技术进步	10
2.1.2 业务	11
2.1.3 成本与性能	13
2.2 3G 演进：两种无线接入网络方法 和一种演进的核心网	13
2.2.1 无线接入网络演进	13
2.2.2 一种演进的核心网：系统 架构演进	15

第二部分 3G 演进技术

第 3 章 移动通信中的高速数据传送	18
3.1 高数据速率：基本约束	18
3.1.1 噪声受限时的高数据速率	19
3.1.2 干扰受限时的更高数据 速率	20
3.2 带宽受限时的更高数据速率： 更高阶调制	20
3.2.1 与信道编码相结合的更高 阶调制	21
3.2.2 瞬时发送功率的变化	22

3.3 包含多载波传输的宽带	22
第 4 章 OFDM 传输	26
4.1 OFDM 基本原理	26
4.2 OFDM 解调	28
4.3 用 IFFT/FFT 实现 OFDM	28
4.4 插入循环前缀	30
4.5 OFDM 传输的频域模型	31
4.6 信道估计和参考符号	32
4.7 OFDM 频率分集：信道编码的 重要性	33
4.8 OFDM 基本参数选择	34
4.8.1 OFDM 子载波间隔	34
4.8.2 子载波数目	35
4.8.3 循环前缀长度	36
4.9 瞬时传输功率变化	36
4.10 OFDM 用户复用/多址接入方案	36
4.11 OFDM 和多小区广播/多播传输	38
第 5 章 宽带“单载波”传输	40
5.1 均衡对抗无线信道频率选择性	40
5.1.1 时域线性均衡	40
5.1.2 频域均衡	42
5.1.3 其他均衡器策略	43
5.2 具备灵活带宽分配的上行链路 FDMA	44
5.3 DFT 扩展 OFDM	45
5.3.1 基本原理	45
5.3.2 DFTS-OFDM 接收机	47
5.3.3 使用 DFTS-OFDM 的 用户复用	48
5.3.4 分布式 DFTS-OFDM	48
第 6 章 多天线技术	50
6.1 多天线配置	50
6.2 采用多天线技术的好处	51
6.3 多根接收天线	51
6.4 多根发射天线	55
6.4.1 发射天线分集	55
6.4.2 发射端的波束赋型	58

11.2.3	MSCH	160
第 12 章	HSPA 演进	161
12.1	MIMO	161
12.1.1	HSDPA-MIMO 数据 传输	161
12.1.2	HSDPA-MIMO 的速率 控制	164
12.1.3	HSDPA-MIMO 中软合并 的 HARQ	164
12.1.4	HSDPA-MIMO 中的控制 信息	164
12.1.5	UE 性能	166
12.2	高阶调制	166
12.3	连续性分组连接	166
12.3.1	DTX——降低上行链路 开销	167
12.3.2	DRX——降低 UE 功率 消耗	169
12.3.3	HS-SCCH 精简模式: 降低 下行链路开销	169
12.3.4	控制信令	171
12.4	增强型 CELL_FACH 操作	171
12.5	层 2 协议增强技术	172
12.6	高级接收机	172
12.6.1	3GPP 指定的高级接收机	173
12.6.2	接收机分集 (类型 1)	173
12.6.3	码片级均衡器和类似的 接收机 (类型 2)	174
12.6.4	结合天线分集 (类型 3)	174
12.6.5	无线分集和干扰消除的 结合 (类型 3i)	175
12.7	MBSFN 操作	175
12.8	小结	176

第四部分 LTE 和 SAE

第 13 章	LTE 和 SAE: 简介和设计目标	178
13.1	LTE 设计目标	178
13.1.1	能力	179
13.1.2	系统性能	179
13.1.3	配置相关方面	180

13.1.4	架构与迁移	182
13.1.5	无线资源管理	182
13.1.6	复杂度	182
13.1.7	通用方面	182
13.2	SAE 设计目标	182
第 14 章	LTE 无线接入: 概述	184
14.1	LTE 传输机制: 下行链路 OFDM 和上 行链路 DFTS-OFDM/ SC-FDMA	184
14.2	信道相关调度和速率自适应	185
14.2.1	下行链路调度	186
14.2.2	上行链路调度	186
14.2.3	小区间干扰协调	186
14.3	带有软合并的 HARQ	187
14.4	对多天线的支持	187
14.5	对多播和广播的支持	187
14.6	频谱灵活性	188
14.6.1	双工方式的灵活性	188
14.6.2	频带操作的灵活性	189
14.6.3	带宽灵活性	189
第 15 章	LTE 无线接口架构	190
15.1	无线链路控制	191
15.2	媒体接入控制	192
15.2.1	逻辑信道和传输信道	192
15.2.2	调度	194
15.2.3	带有软合并的 HARQ	196
15.3	物理层	198
15.4	终端状态	199
15.5	数据流	200
第 16 章	下行链路传输机制	202
16.1	整体时域结构和双工可选方式	202
16.2	下行链路物理资源	204
16.3	下行链路参考信号	207
16.3.1	小区特定的下行链路参考 信号	207
16.3.2	UE 特定参考信号	210
16.4	下行链路 L1/L2 控制信令	211
16.4.1	物理控制格式指示信道	212
16.4.2	物理 HARQ 指示信道	215
16.4.3	物理下行链路控制信道	217
16.4.4	下行链路调度分配	217
16.4.5	上行链路调度请求	224

16.4.6	功率控制命令	225	18.1.2	PSS 结构	271
16.4.7	PDCCH 处理	226	18.1.3	SSS 结构	272
16.4.8	PDCCH 的盲解码	229	18.2	系统信息	272
16.5	下行链路传输信道处理	232	18.2.1	MIB 和 BCH 传输	273
16.5.1	每个传输块的 CRC		18.2.2	系统信息块	275
	插入	233	18.3	随机接入	276
16.5.2	码块分割和单码块 CRC		18.3.1	步骤 1: 随机接入前导	
	插入	233		信号传输	278
16.5.3	Turbo 编码	233	18.3.2	步骤 2: 随机接入响应	283
16.5.4	速率匹配和物理层 HARQ		18.3.3	步骤 3: 终端标识	283
	功能	234	18.3.4	步骤 4: 竞争决策	284
16.5.5	比特级加扰	235	18.4	寻呼	284
16.5.6	数据调制	235	第 19 章	LTE 传输过程	286
16.5.7	天线映射	236	19.1	RLC 和 HARQ 协议操作	286
16.5.8	资源块映射	236	19.1.1	带有软合并的 HARQ	286
16.6	多天线传输	238	19.1.2	无线链路控制	293
16.6.1	发射分集	239	19.2	调度和速率控制	297
16.6.2	空分复用	240	19.2.1	下行链路调度	298
16.6.3	通用波束赋型	242	19.2.2	上行链路调度	300
16.7	MBSFN 传输和 MCH	243	19.2.3	半静态调度	304
第 17 章	上行链路传输机制	246	19.2.4	半双工 FDD 的调度	304
17.1	上行链路物理资源	246	19.2.5	信道状态报告	305
17.2	上行链路参考信号	248	19.3	上行链路功率控制	307
17.2.1	上行链路解调参考		19.3.1	PUCCH 的功率控制	307
	信号	248	19.3.2	PUSCH 的功率控制	308
17.2.2	上行链路探测参考		19.3.3	SRS 的功率控制	310
	信号	252	19.4	非连续接收 (DRX)	310
17.3	上行链路 L1/L2 控制信令	254	19.5	上行链路定时对齐	311
17.3.1	在 PUCCH 上传输的上行		19.6	UE 等级	314
	链路 L1/L2 控制信令	255	第 20 章	LTE 的灵活带宽	316
17.3.2	在 PUSCH 上传输的上行		20.1	LTE 的频谱	316
	链路 L1/L2 控制信令	263	20.1.1	LTE 的频带	316
17.4	上行链路传输信道处理	265	20.1.2	新频带	318
17.5	PUSCH 跳频	266	20.2	灵活的频带使用	319
17.5.1	根据小区特定的跳频/镜像		20.3	灵活信道带宽运行	319
	模式跳频	267	20.4	支持灵活带宽的要求	321
17.5.2	基于明确跳频信息的		20.4.1	LTE 的 RF 需求	321
	跳频	268	20.4.2	区域性需求	322
第 18 章	LTE 接入过程	270	20.4.3	BS 传输的需求	322
18.1	捕获与小区搜索	270	20.4.4	BS 接收需求	325
18.1.1	LTE 小区搜索概述	270	20.4.5	终端发送需求	326

20.4.6 终端接收需求	327	23.1 性能评估	350
第 21 章 SAE	328	23.1.1 终端用户体验性能	351
21.1 无线接入网络与核心网络之间的 功能划分	328	23.1.2 运营商角度	352
21.1.1 WCDMA/HSPA 无线接入 网络与核心网络间的功能 划分	328	23.2 以峰值数据速率表示的性能	352
21.1.2 LTE RAN 与核心网络间的 功能划分	329	23.3 3G 演进的性能评估	352
21.2 HSPA/WCDMA 和 LTE 无线接入 网络	330	23.3.1 建模与假设	352
21.2.1 WCDMA/HSPA 无线接入 网络	330	23.3.2 带有 5MHz FDD 载波的 LTE 性能指标	354
21.2.2 LTE 无线接入网络	334	23.4 3GPP 中 LTE 的评估	356
21.3 核心网架构	335	23.4.1 LTE 性能需求	356
21.3.1 WCDMA/HSPA 的 GSM 核心网络	335	23.4.2 LTE 性能评估	357
21.3.2 SAE 核心网: 增强型分组 核心网	338	23.4.3 带有 20MHz FDD 载波的 LTE 性能评估	357
21.3.3 连接到演进的分组核心网的 WCDMA/HSPA	340	23.5 小结	358
21.3.4 连接到演进的分组核心网的 非 3GPP 接入技术	340	第 24 章 其他无线通信系统	359
21.3.5 连接到演进的分组核心网的 CDMA2000 和 HRPD	341	24.1 UTRA TDD	359
第 22 章 LTE-Advanced	343	24.2 TD-SCDMA (低码片速率 UTRA TDD)	360
22.1 IMT-2000 的发展	343	24.3 CDMA2000	361
22.2 LTE-Advanced——来自 3GPP 的 IMT-Advanced 候选方案	344	24.3.1 CDMA2000 1x	361
22.2.1 LTE-Advanced 的基本 要求	344	24.3.2 1x EV-DO Rev 0	362
22.2.2 ITU 要求之外的扩展要求	345	24.3.3 1x EV-DO Rev A	363
22.3 LTE-Advanced 的技术组成部分	345	24.3.4 1x EV-DO Rev B	363
22.3.1 更宽的带宽和载频聚集	345	24.3.5 UMB (1x EV-DO Rev C)	363
22.3.2 扩展的多天线解决方案	346	24.4 GSM/EDGE	365
22.3.3 高级中继功能	347	24.4.1 GSM/EDGE 演进的目的	366
22.4 小结	348	24.4.2 双天线终端	367
		24.4.3 多载波 EDGE	367
		24.4.4 减小的 TTI 和快速反馈	367
		24.4.5 改进的调制和编码	368
		24.4.6 更高符号速率	369
		24.5 WiMAX (IEEE 802.16)	369
		24.5.1 频谱、带宽选项以及双工 方式	370
		24.5.2 可度量的 OFDMA	371
		24.5.3 TDD 帧结构	371
		24.5.4 调制、编码和 HARQ	372
		24.5.5 业务质量控制	372
		24.5.6 移动性	372
		24.5.7 多天线技术	373
第五部分 性能与结论			
第 23 章 3G 演进的性能	350		

24.5.8 分段的频率复用	373	25.1 IMT-Advanced	377
24.5.9 先进的空中接口 (IEEE		25.2 研究团体	378
802.16m)	373	25.3 标准组织	378
24.6 移动宽带无线接入 (IEEE		25.4 小结	378
802.20)	374	参考文献	379
24.7 小结	375	缩略语对照表	386
第 25 章 未来演进	377	索引	395

第一部分

绪 论

第 1 章 3G 演进的背景

从 19 世纪 90 年代马可尼首次尝试无线通信实验开始，移动无线通信已经走过了漫长的发展道路。要了解当今复杂的 3G 移动通信系统，首先要知道它们从何而来，蜂窝系统如何从属于少数人的昂贵技术演进成为今天的全球移动通信系统，从而被全球几乎一半的人口使用。另外，移动通信技术的发展也从一个国家或地区的概念演变成为一项非常复杂的任务，由全球标准发展组织，比如 3GPP (Third Generation Partnership Project, 第三代合作伙伴计划) 来承担，需要成千上万的人共同努力来完成。

1.1 3G 的历史和背景

3GPP 规范的蜂窝技术是世界上布网最为广泛的，截至 2008 年，蜂窝技术的用户已超过 26 亿。3GPP 研究和发展的最新阶段是从 3G 到演进的无线接入网和演进的分组接入核心网的发展，其中前者叫做 LTE (Long-Term Evolution, 长期演进)，后者叫做 SAE (System Architecture Evolution, 系统架构演进)。LTE 和 SAE 预计在 2010 年首次组网。

回顾蜂窝技术的发展史，它开始于几十年前的模拟蜂窝业务。

1.1.1 3G 之前

1946 年，美国 FCC (Federal Communication Commission, 联邦通信委员会) 批准了首个商用车载电话业务，这个业务由 AT&T 运营。1947 年，AT&T 提出了频率复用的蜂窝概念，这一概念成为了所有后继移动通信系统的基础。此后的很多年，商用移动电话由于笨重并且耗电，仍然是车载的。虽然有诸多局限，但在 20 世纪五六十年代，这种系统还是在许多国家组网运营了，只是用户数最多只有几千。

移动通信的早期发展是由垄断的电话管理部门和有线运营商推动的。移动通信在国际上广受瞩目并且开始产业化的时候，用户数才有了迅猛增长。第一个国际移动通信系统是 1981 年北欧各国推行的模拟的 NMT (Nordic Mobile Telephony, 北欧移动电话) 系统，与此同时，模拟 AMPS (Advanced Mobile Phone Service, 高级移动电话系统) 在北美开始应用。在全世界推行的模拟蜂窝技术还有 TACS (Total Access Communication System, 全接入通信系统) 和 J-TACS (Japanese Total Access Communication System, 日本全接入通信系统)。这些早期的移动通信系统的共同缺点是设备笨重，主要靠车载，话音质量不稳定，用户间常常串话。

国际移动通信系统 (如 NMT) 带来了“漫游”的概念，为处于归属地运营商服务区以外的用户提供服务。这为移动电话开辟了更广阔的市场，吸引了更多的公司加入到移动通信事业中来。

模拟蜂窝系统支持“朴素的老式的电话业务”，就是语音和一些相关的辅助业务。随着 20 世纪 80 年代数字通信的到来，开发第二代移动通信标准和系统的机遇开始显露。数字技术给移动通信系统带来了机遇，使其具有更大的系统容量、更稳定的服务质量，开发出了更有吸引力的真正的移动设备。

在欧洲, CEPT^①的电信管理部门启动了 GSM 项目来开发一种泛欧洲移动通信系统。1989 年, GSM 的相关工作由新成立的 ETSI (European Telecommunication Standards Institute, 欧洲电信标准组织) 继续承担。在评估了 20 世纪 80 年代中期提出的基于 TDMA、CDMA 和 FDMA 的提案之后, 最终确定 GSM 标准的制定基于 TDMA。与此同时, 美国也在制定数字蜂窝标准, 基于 TDMA 的 IS-54 标准(我们简称为 US-TDMA)就是美国的 TIA (Telecommunication Industry Association, 电信产业协会) 制定的。1993 年, TIA 完成了 CDMA 标准 (IS-95) 的制定。日本也制定了一个第二代 TDMA 标准, 一般称为 PDC (Personal Digital Cellular, 个人数字蜂窝)。

这些标准提供的目标业务都是窄带宽的业务(比如语音业务), 从这种意义上说, 所有这些标准都是窄带的。第二代数字移动通信也带来了移动通信网提供数据业务的机遇。2G 网络提供的业务主要是短信 (SMS) 及电子邮件和其他数据应用的电路交换数据业务。最初 2G 的峰值数据速率仅 9.6 kbit/s。通过将多个时隙分给一个用户并采用改进的编码方案, 演进后的 2G 系统可以达到更高的数据速率。

20 世纪 90 年代中后期, GSM 引入了 GPRS (General Packet Radio Service, 通用分组无线业务) 实现了分组数据在蜂窝系统中的传输, 其他的蜂窝技术比如日本的 PDC 标准也同期引入了分组数据。这些技术通常被称作 2.5G。无线数据业务 iMode 在日本获得成功, 这表明分组数据在无线系统中的应用是很有潜力的, 尽管当时支持的数据速率还很低。

随着 3G 和 UTRA (Universal Terrestrial Radio Access, 通用陆地无线接入) 宽带无线接口的出现, 那些在 2G 和 2.5G 中崭露头角的一系列分组数据业务有了实现的可能。如今, 3GPP 已经解决了 3G 无线接入的发展问题。然而, 3G 的起步阶段始于 20 世纪 90 年代早期, 比 3GPP 的成立要早得多。

此外, 蜂窝技术标准的国际化也为 3G 的发展创造了条件。GSM 是个泛欧洲的项目。许多非欧洲国家 GSM 标准网络的建成迅速引起了全世界广泛关注。迄今为止, 全球仅 3 个国家没有 GSM 网络。全球统一的标准扩大了产品市场, 使得单个产品的成本降低。这使得围绕 3G 蜂窝技术的国际合作更为紧密。

1.1.2 早期 3G 讨论

20 世纪 80 年代, ITU (International Telecommunications Union, 国际电信联盟) 启动了第三代移动通信的相关工作。1990 年, ITU 的无线电通信部门 ITU-R 发布了首篇定义未来公共陆地移动通信系统 (Future Public Land Mobile Telecommunication System, FPLMTS) 的建议书, 后于 1997 年修订^[48], 第三代移动通信在 ITU 从 FPLMTS 更名为 IMT-2000。ITU 在 1992 年的世界无线电行政大会 WARC-92 上为 IMT-2000 划分出了 230 MHz 的世界通用频谱, 包括 FDD (Frequency Division Duplex, 频分双工) 的一对对称的 60 MHz 频谱, TDD (Time Division Duplex, 时分双工) 的 35 MHz 非对称频谱, 用于陆地通信。同时, 也预留了部分频谱用于卫星通信业务。从此开始了 IMT-2000 的规范细化阶段。

ITU-R 的任务组 8/1 为 IMT-2000 制定了一系列的建议书, 定义了业务框架、网络架构、无线接口要求、频谱相关内容和评估方法, 涵盖了陆地和卫星两个组成部分。

任务组 8/1 在建议 M.1225 中定义了 IMT-2000 技术评估的方法^[45]。评估准则设定了 3G 电路交换和分组交换数据业务的目标数据速率:

^① 欧洲邮电管理会议 (Conference of European Postal and Telecommunication Administration, CEPT) 由来自 48 个国家的电信管理部门组成。

- 室内环境下达到 2Mbit/s;
- 步行环境下达到 144kbit/s;
- 车载环境下达到 64kbit/s。

所有 3G 技术的比较均以这些数据为基准。目前,一些已实现组网的 3G 系统的数据速率已经超出了 2Mbit/s。

1.1.3 3G 研究

20 世纪 90 年代,2G 移动通信系统在普遍组网演进的同时,3G 的研究工作也开展得如火如荼。在欧洲,由欧盟参与赞助的欧洲高级通信研究计划(Research into Advanced Communication in Europe, RACE)开始了 3G 研究的第一阶段。3G 在欧洲被称为通用移动通信业务(Universal Mobile Telecommunication Services, UMTS)。在 RACE 的第二阶段研究中, CODIT(Code-Division Test bed, 码分多址测试床)项目和 ATDMA (Advanced Time Division Mobile Access, 高级时分移动接入)项目进一步完善了基于宽带 CDMA (WCDMA) 和宽带 TDMA 技术的 3G 概念。接着,在 ACTS (Advanced Communication Technology and Service, 高级通信技术与业务)研究阶段中,与 UMTS 相关的 FRAMES (Future Radio Wideband Multiple Access System, 未来无线宽带多址接入系统)项目提出了包含宽带 CDMA 和宽带 TDMA 元素的多址接入概念。

与此同时,在世界其他地区,3G 的研究工作也展开了。在日本,ARIB (Association of Radio Industry and Business, 无线电工业与商业协会)正着手定义基于宽带 CDMA 的 3G 无线通信技术。在美国,T1.P1^①委员会提出了名为 WIMS 的宽带 CDMA 概念。于此同时,韩国也开始了宽带 CDMA 的研究工作。

FRAMES 概念提交到 ETSI 的 3G 的标准工作中^②。在 ETSI 产业界也引入了其他多址接入提案(比如日本 ARIB 的宽带 CDMA 概念)。所有 ETSI 提案被整合为 5 个概念组,也就是说,欧洲和日本的宽带 CDMA 提案被整合在了一起。

1.1.4 3G 标准化启动

1998 年初,ETSI 选出了宽带 CDMA(WCDMA)和 TD-CDMA(Time Division-Code Division, 时分码分)分别作为 UMTS FDD 和 TDD 的多址接入方案,其中 FDD 用于对称频谱,TDD 用于非对称频谱,并且做出了协调 FDD 和 TDD 参数的决定。

在 3GPP 成立之前,WCDMA 的标准化分别在 ETSI 和 ARIB 同时进行。1998 年底,由世界各地的标准化组织构成的 3GPP 成立了。从而实现了在统一标准前提下不同地区的并行发展。目前 3GPP 的成员有 ARIB (日本)、CCSA (中国)、ETSI (欧洲)、ATIS (美国)、TTA (韩国)和 TTC (日本)。

1.2 3G 标准化

1.2.1 标准化进程

移动通信标准的制定不是一蹴而就的,而是一个长期延续的过程。标准化论坛不断演进标

^① T1.P1 委员会曾是 T1 的一部分,现已加入 ATIS (Alliance for Telecommunication Industry Solution, 电信工业解决方案联盟) 标准化组织。

^② FRAMES 计划的 TDMA 部分也被 2G 标准化采用作为 GSM 到 EDGE (Enhanced Data rate for GSM Evolution, GSM 演进的增强数据速率) 的演进。

难以满足业务和功能的新需求。不同的标准化论坛有不同的标准化进程，但是一般都包括图 1-1 所示的 4 个阶段。

- (1) 需求。确定标准的制定所要达到的目的。
- (2) 架构。确定主要的组成模块和接口。
- (3) 具体规范。详细说明每个接口。
- (4) 测试和验证。证明接口规范能用于现实的设备。

7

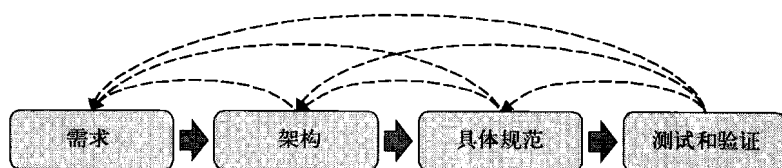


图 1-1 标准化阶段和迭代过程

这些阶段是相互交叠循环往复的。比如说，在后期，由于技术解决方案的要求，可以增加、修改或者放弃需求。同样，如果测试检验过程中发现问题，具体标准中的技术解决方案也可以修改。

标准化过程始于需求阶段，标准化主体确定标准的制定所要达到的目的。这个阶段通常比较短。

在架构阶段，标准化主体确定标准的结构，以及确定达到需求的原则。这个阶段还包括确定需要标准化的参考点和接口。这个阶段通常需要很长时间，而且有可能修改需求。

在结构阶段之后，开始具体规范阶段，详细说明每个接口。在这个过程中，可能需要修改前面结构阶段甚至需求阶段的决定。

最后是测试和验证阶段。这个阶段通常不是由标准化主体来完成的，而是由设备商的并行测试和设备商之间的互通性测试来实现的。这个阶段是标准的最后检验。在这个过程中，可能还会发现标准的一些错误，从而可能需要修改具体标准，偶尔可能需要修改结构或者需求。标准的验证需要产品，因此，产品的实现通常在标准细化阶段或者细化之后。当有稳定的测试规范可以用于检验设备是否可以实现标准时，测试和验证阶段结束。

8

通常从标准制定完成到商用产品面世一般需要一到两年时间。但是，如果标准的制定是零起点，商用产品的面世可能需要更长的时间，因为它是在没有稳定的部件基础上建立起来的。

1.2.2 3GPP

3GPP 是标准发展的主体，制定了 3G UTRA 和 GSM 系统规范。3GPP 这个合作伙伴计划是由标准化主体 ETSI、ARIB、TTC、CCSA 和 ATIS 组成，分成了几个 TSG (Technical Specification Group, 技术规范组)，如图 1-2 所示。

还有一个与 3GPP 并列的合作伙伴计划，叫做 3GPP2，成立于 1999 年。3GPP2 也致力于发展 3G 规范，但是是针对从 2G 基于 CDMA 的标准 IS-95 发展而来的 3G 技术 CDMA2000 的。3GPP2 也是一个全球计划，合作伙伴有 ARIB、CCSA、TIA、TTA 和 TTC。

9

3GPP TSG RAN 是引领 WCDMA 及其演进 HSPA 和 LTE 技术发展的技术规范组。TSG RAN 由 5 个工作组 (WG) 构成。

- (1) RAN WG1 处理物理层规范。
- (2) RAN WG2 处理层 2 和层 3 的无线接口规范。
- (3) RAN WG3 处理固定的 RAN 接口，比如 RAN 节点间的接口和 RAN 与核心网的接口。

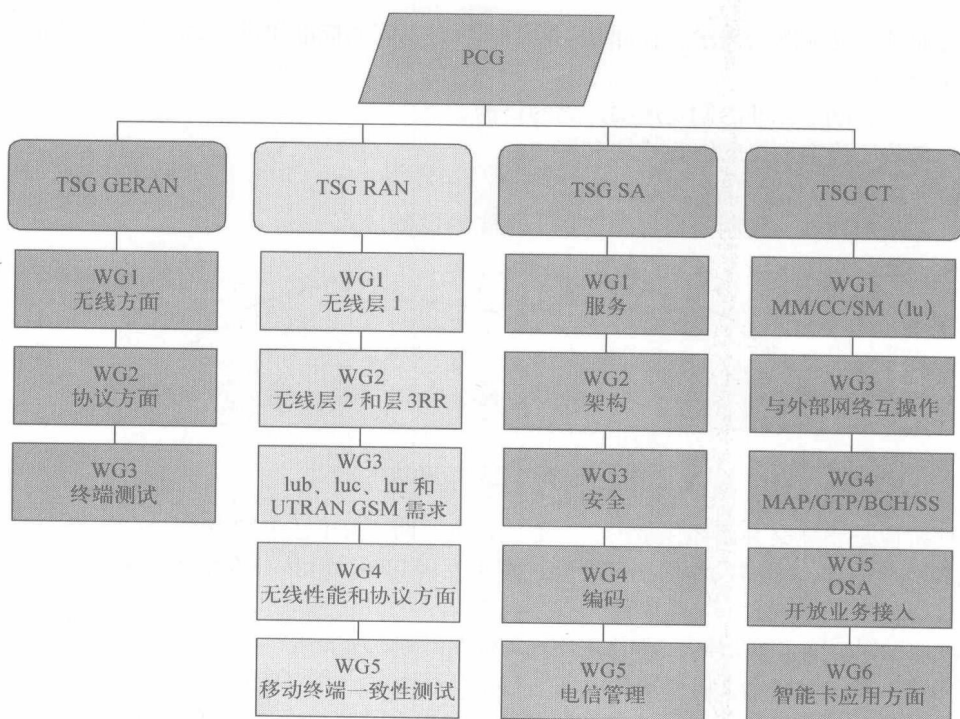


图 1-2 UTRA 的 3GPP 组织结构图

(4) RAN WG4 处理射频 (Radio Frequency, RF) 和无线资源管理 (Radio Resource Management, RRM) 性能需求。

(5) RAN WG5 处理终端一致性测试。

1998 年成立 3GPP 是为了给基于演进的 GSM 核心网的 3G 移动系统建立全球规范, 包括基于 WCDMA 的 UTRA FDD 无线接入和基于 TD-CDMA 的 UTRA TDD 无线接入模式。后来, 3GPP 又增加了 GSM/EDGE 规范的维护和发展任务。UTRA (以及 GSM、EDGE) 规范的发展、维护和决议通过都在 3GPP 中进行。规范通过之后, 3GPP 组织伙伴将这些规范转变成为各个地区适当可行的标准。

与最初 3GPP 的工作并行的还有中国的基于 TD-SCDMA 的 3G 系统的发展。TD-SCDMA 最终作为另一种 TDD 模式并入了 3GPP 规范的 R 4。

3GPP 基于 ITU 相关建议开展相关的工作, 并且向 ITU 提交工作成果。组织伙伴必须确定各地区的需求, 例如各地区不同的频带和特有的地区保护需求, 这些需求可能成为标准的选项。规范的发展需要以实现全球漫游和终端自由移动为前提。这意味着许多地区性需求本质上是全球终端的需求, 因为漫游的终端需要满足所有地区需求中最严格的需求。地区性的选项将更多地体现在基站的规范中, 而不是终端的规范中。

TSG 会议每年开 4 次, 每次会后都会更新所有版本的规范。3GPP 文档分为多个版本, 每个版本在前一版本的基础上增加了一些特性。这些特性是在工作阶段由 TSG 通过和定义的。R 8 以下的版本及其主要特性如图 1-3 所示。每个版本对应的日期是该版本内容冻结的日子。由于历史的原因, 第一个版本的版本号是其冻结的年份 (1999), 而接下来的版本号是 4、5 等。