

现代 **移动** 通信技术丛书

HSDPA

技术及其演进 ——HSUPA与HSPA+

赵绍刚 周兴围 任树林 陈莹莹 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

HSDPA 技术及其演进: HSUPA 与 HSPA+ / 赵绍刚, 周兴围, 任树林, 陈莹莹编著. —北京: 人民邮电出版社, 2007.8

(现代移动通信技术丛书)

ISBN 978-7-115-16297-7

I. H… II. ①赵…②周…③任…④陈… III. 移动通信—通信网 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 075884 号

内 容 提 要

本书介绍了 HSDPA、HSUPA 标准化过程, 讨论了 HSDPA 和 HSUPA 的协议架构, 对 HSDPA、HSUPA 的物理层、MAC 层以及系统中的无线资源管理进行了系统的阐述, 分析了 HSDPA 的呼叫流程。同时对 TD-SCDMA 系统中的 HSDPA 也进行了详细的介绍, 并与 WCDMA 系统中的 HSDPA 进行了比较。另外, 本书还从实际工程出发介绍了 HSDPA 的组网与规划。最后根据 3GPP 的长期演进对 HSDPA 的演进 HSPA+ 技术进行了展望。

本书读者为高等院校通信工程专业的教师和学生、运营商技术人员以及设备制造商专业人员。本书的目的是为了让从事移动通信的专业人员和相关专业的学生对 HSDPA/HSUPA 技术有一个比较全面、深入的了解, 书中不仅涉及了一些理论概念, 同时还讨论了大量的实际工程问题, 例如书中详细讨论了 HSDPA 的组网、规划设计问题, 这对于从事网络优化的工程人员具有积极的参考意义。为了使相关的专业人员对 HSDPA/HSUPA 的发展有一个前瞻性的了解, 本书进一步深入讨论了 HSDPA/HSUPA 的未来演进方向——HSPA+, 这部分内容对于学校、运营商以及设备制造商中从事 WCDMA 系统长期演进 (LTE, Long Term Evolution) 研究的人员来说都有一定的参考作用。

现代移动通信技术丛书

HSDPA 技术及其演进——HSUPA 与 HSPA+

- ◆ 编 著 赵绍刚 周兴围 任树林 陈莹莹
责任编辑 杨 凌
- ◆ 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>
北京通州大中印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.25
字数: 485 千字
印数: 1—4 000 册
- 2007 年 8 月第 1 版
2007 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16297-7/TN

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010)67129258 印装质量热线: (010)67129223

前 言

第三代移动通信(3G)系统目前主要包括 WCDMA、TD-SCDMA、cdma2000 三种不同的制式,前两者是基于第二代 GSM 系统演进的,而 cdma2000 是基于第二代 IS-95 系统演进的。三者都工作于 2GHz 频段,与二代系统相比,三代系统具有更高的频谱效率、可以提供更高的业务数据速率、可以支持更多的业务类型等。

目前 WCDMA 和 cdma2000 都已经商用,而 TD-SCDMA 还处于最后的测试阶段。随着通信技术的不断发展和用户对服务质量要求的日益提高,WCDMA 系统在 R4 版本之前定义的最高可达 2Mbit/s 的数据传输速率已经逐渐不能满足用户对高速数据业务的需求了。在此情况下,第三代移动通信伙伴计划(3GPP)在 R5 规范中引入了高速下行分组接入(HSDPA, High Speed Downlink Packet Access)技术,随后又在 R6 规范中提出了增强专用信道(E-DCH, Enhanced-Dedicate Channel),E-DCH 习惯上被称为高速上行分组接入(HSUPA, High Speed Uplink Packet Access),HSDPA 引入后其理论峰值速率为 14.4Mbit/s,从而可以对一些流媒体业务进行更好的支持。而 HSUPA 的引入也使得上行的数据传输速率有了显著的改善,其理论数据速率为 5.76Mbit/s。目前 HSDPA 也已经开始商用。

全书内容包括以下 10 章:

第 1 章简要介绍了蜂窝移动通信历史、第三代移动通信系统、WCDMA 标准的发展以及 HSDPA/HSUPA 标准化与发展状况,最后对 HSDPA/HSUPA 的未来发展作了概括介绍。

第 2 章涉及 HSDPA/HSUPA 的标准化及其演进过程,分别对 3GPP 的背景、HSDPA 的标准化过程、HSUPA 的标准化过程及其长期演进 HSPA+进行了介绍。

第 3 章对 HSDPA/HSUPA 的协议架构进行了介绍,重点包括 HSDPA/HSUPA 的引入所增加的新协议实体、功能和特征,以及这些协议实体、功能和特征对 R99/R4 协议架构以及各个网元的影响。

第 4 章全面系统地介绍了本书的重点之一——HSDPA 技术,其中包括 HSDPA 引入的关键技术,以及 HSDPA 系统新引入的信道。本章还介绍了 HSDPA 物理层流程、MAC 层处理过程,以及 HSDPA 需要配置的一些重要参数等。本章的最后概括地介绍了 HSDPA 的移动性管理和 HSDPA 的终端能力。

第 5 章介绍了 TD-SCDMA 系统中的 HSDPA 技术,首先介绍了 TD-HSDPA 引入的关键技术和新的信道,随后介绍了 TD-HSDPA 系统 MAC 层的一些新特征,并介绍了调度算法以及 TD-HSDPA 中的移动性管理,在本章的后半部分对 TD-HSDPA 和 W-HSDPA 的主要异同点进行了比较,本章的最后探讨了 TD-HSDPA 的多载波组网方案。

第 6 章全面透彻地讲解了 HSDPA 的具体呼叫流程,首先介绍了 Uu 接口、Iub 接口、Iur 接口上的一些关键消息流程,最后分析了 HSDPA 呼叫建立、释放过程以及 HSDPA 的切换过程。

第 7 章全面系统地介绍了本书的重点之二——HSUPA 技术,其中包括 HSUPA 关键技术、HSUPA 所需的信道和关键过程等,同时对媒体接入控制层和移动性管理等方面的内容进行了

描述,最后对 HSUPA 中 UE 的无线接入能力进行了讨论。除此之外,本章还对 TD-SCDMA 中的 HSUPA 技术进行了介绍。

第 8 章分别介绍 HSDPA 与 HSUPA 的无线资源管理算法,重点对 HSDPA 与 HSUPA 中基于 RNC 和 Node B 的算法进行了详细描述,主要包括资源管理、接纳控制、功率控制、拥塞控制、移动性管理、分组调度等算法。

第 9 章系统地介绍了 HSDPA 的组网与规划,介绍了组网需要考虑的关键问题,分析了 HSDPA 的发展预测、组网原则、规划原则等关键问题,最后讨论了室内覆盖需要关注的问题。

第 10 章全面介绍了 HSDPA/HSUPA 的演进技术——HSPA+,主要包括其物理层技术的演进,着重介绍了正交频分复用 (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 技术和多入多出 (MIMO, Multiple Input Multiple Output) 技术。在本章的最后同时讨论了 HSPA+ 在网络结构方面的演进。

希望本书能够对那些从事无线通信特别是移动通信工作、研究的人员有一定的借鉴作用,由于作者水平有限,加上时间仓促,书中不妥之处请各位专家、同仁批评斧正。在此深表感谢。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 蜂窝移动通信历史	1
1.1.1 第一代蜂窝移动通信	1
1.1.2 第二代蜂窝移动通信	1
1.1.3 第 2.5 代蜂窝移动通信	3
1.1.4 第三代蜂窝移动通信	4
1.2 WCDMA 标准化及其发展	8
1.2.1 3GPP R99	8
1.2.2 3GPP R4	11
1.2.3 3GPP R5	14
1.2.4 3GPP R6	16
1.2.5 3GPP R7	17
1.2.6 WCDMA 的发展趋势	18
1.3 HSDPA 的标准化及其发展	18
1.3.1 第一阶段: 基本 HSDPA	19
1.3.2 第二阶段: 增强 HSDPA	19
1.3.3 第三阶段: HSDPA 进一步演进	19
1.3.4 HSDPA 第一阶段关键技术	19
1.3.5 HSDPA 第二阶段关键技术	20
1.3.6 HSDPA 的进一步演进阶段	21
1.3.7 HSDPA 的发展状况	21
1.4 HSUPA 的标准化及其发展	22
1.5 TD-SCDMA 标准化及发展状况	23
1.5.1 TD-SCDMA 中的 HSDPA 技术	24
1.5.2 TD-SCDMA 中的 HSUPA 技术	24
1.6 HSDPA/HSUPA 未来演进	25
1.7 参考文献	26
第 2 章 HSDPA、HSUPA 的标准化及其演进	27
2.1 3GPP 简介	27
2.2 3GPP 中的 HSDPA 标准化	29
2.3 3GPP 中的 HSUPA 标准化	29
2.4 HSUPA 和 HSDPA 的发展	31

2.5	HSDPA 和 HSUPA 的长期演进	32
2.6	参考文献	34
第 3 章	HSDPA/HSUPA 协议架构	35
3.1	引入 HSDPA 对 R99/R4 的影响概述	35
3.2	引入 HSUPA 对 R99/R4 的影响	39
3.3	HSDPA/HSUPA 对无线资源管理架构的影响	41
3.4	HSDPA/HSUPA 对用户面协议架构的影响	42
3.5	HSDPA/HSUPA 对 UTRAN 接口的影响	49
3.6	HSDPA/HSUPA 的协议状态	50
3.7	参考文献	52
第 4 章	高速下行分组接入 HSDPA	53
4.1	引言	53
4.2	R99 中的下行分组传输	54
4.2.1	专用信道 (DCH)	54
4.2.2	下行共享信道 (DSCH)	54
4.2.3	前向接入信道 (FACH)	55
4.3	HSDPA 与 R99 DCH 的比较	55
4.4	HSDPA 中的关键技术	57
4.4.1	自适应调制编码 (AMC)	58
4.4.2	混合自动重传请求 (HARQ)	60
4.4.3	HSDPA 的传输时间间隔 TTI	63
4.4.4	快速分组调度	64
4.5	HSDPA 系统中的信道	66
4.5.1	高速下行共享信道 (HS-DSCH)	67
4.5.2	高速共享控制信道 (HS-SCCH)	73
4.5.3	高速专用物理控制信道 (HS-DPCCH)	76
4.5.4	部分 DPCH 信道 F-DPCH	79
4.5.5	HS-DSCH 的链路自适应	80
4.6	HSDPA 物理层处理流程	84
4.7	HSDPA 的配置参数	85
4.7.1	小区的 HSDPA 参数	86
4.7.2	终端的 HSDPA 参数	86
4.7.3	固定的 HSDPA 参数	88
4.7.4	支持 HSDPA 的 Node B 测量	88
4.8	HSDPA 的移动性管理	88
4.8.1	Node B 内同步的 HS-DSCH 服务小区变更	92
4.8.2	硬切换期间 Node B 间同步的 HS-DSCH 服务小区变更	92

4.8.3	软切换后 Node B 间同步的 HS-DSCH 服务小区变更	93
4.9	终端的业务能力	97
4.9.1	物理层和 RLC 的吞吐量	98
4.9.2	Iub 接口上的相关参数	99
4.10	HSDPA MAC 层操作	100
4.11	参考文献	105
第 5 章	TD-SCDMA 系统中的 HSDPA	106
5.1	引言	106
5.2	TD-HSDPA 的物理层技术	109
5.2.1	自适应调制编码 AMC 技术	109
5.2.2	混合自动重传请求 (HARQ) 技术	110
5.3	TD-HSDPA 系统中的信道	113
5.3.1	高速下行共享信道 (HS-DSCH)	113
5.3.2	高速共享控制信道 (HS-SCCH)	116
5.3.3	高速共享信息信道 (HS-SICH)	117
5.3.4	TD-HSDPA 中的信令参数	118
5.4	TD-HSDPA 系统中的 MAC 层技术	120
5.4.1	UE 侧 TD-HSDPA 的 MAC 结构	120
5.4.2	Node B 侧 TD-HSDPA 的 MAC 结构	122
5.4.3	TD-HSDPA 中 HARQ 的实现	124
5.5	TD-HSDPA 的终端业务能力	125
5.6	TD-HSDPA 中的调度算法	126
5.6.1	轮循调度算法	126
5.6.2	最大信干比 SIR 调度算法	127
5.6.3	正比公平调度算法	127
5.7	TD-HSDPA 中的移动性管理	127
5.7.1	服务 HS-DSCH 的改变	128
5.7.2	Node B 内同步服务 HS-DSCH 小区的改变	128
5.7.3	硬切换下 Node B 间同步服务 HS-DSCH 小区的改变	128
5.8	TD-HSDPA 与 W-HSDPA 的比较	129
5.8.1	帧结构异同	130
5.8.2	信道结构异同	130
5.8.3	物理过程的异同	130
5.8.4	谱效率的异同	130
5.8.5	网络规划的异同	131
5.9	多载波 TD-HSDPA	131
5.9.1	方案介绍	133
5.9.2	Node B 侧的设计	134

5.9.3	UE 侧的设计	135
5.9.4	控制信道的映射关系	137
5.9.5	MAC 层的变化	139
5.9.6	RRC 层的变化	140
5.9.7	Iub 接口的变化	141
5.9.8	对终端 UE 的影响	141
5.9.9	兼容性分析	141
5.10	参考文献	142
第 6 章	HSDPA 的呼叫流程	143
6.1	UTRAN 的状态转移	143
6.2	Uu 接口消息过程	146
6.2.1	RRC 无线承载简介	146
6.2.2	RRC 重配置过程	146
6.3	Iub 接口消息过程	148
6.3.1	传输信道帧协议 FP 的变化	148
6.3.2	HSDPA 中 Iub 接口中的消息 (NBAP 协议) 过程	151
6.4	Iur 接口消息过程 (RNSAP)	153
6.4.1	无线链路建立与删除过程	153
6.4.2	无线链路重配置过程	154
6.4.3	无线链路参数更新过程	155
6.4.4	无线链路抢占过程	155
6.5	HSDPA 的小区建立	156
6.6	HSDPA 的基本呼叫	157
6.6.1	呼叫建立和测量	157
6.6.2	呼叫释放	161
6.7	HSDPA 的移动性管理和切换过程	162
6.7.1	服务 HS-DSCH 小区改变而激活集未改变	162
6.7.2	Node B 间服务 HS-DSCH 小区改变	164
6.7.3	软切换后的 HSDPA 小区改变	166
6.8	参考文献	168
第 7 章	高速上行分组接入 HSUPA	169
7.1	HSUPA 与 R99 DCH 及 HSDPA 的比较	169
7.2	HSUPA 的关键技术	171
7.2.1	概述	171
7.2.2	物理层混合重传 HARQ	172
7.2.3	基于 Node B 的快速调度	175
7.2.4	2ms TTI 和 10ms TTI	178

7.3	E-DCH 传输信道和物理信道	178
7.3.1	概述	178
7.3.2	E-DCH 传输信道	179
7.3.3	物理信道基本结构	181
7.3.4	E-DCH 专用物理数据信道	182
7.3.5	E-DCH 专用物理控制信道	184
7.3.6	E-DPCCH/E-DPDCH 的扩频与码字分配	185
7.3.7	E-DCH HARQ 确认指示信道 (E-HICH)	187
7.3.8	E-DCH 相对授予信道 (E-RGCH)	189
7.3.9	E-DCH 绝对授予信道 (E-AGCH)	192
7.3.10	信道定时关系	195
7.4	MAC 层	196
7.4.1	UE 侧的 MAC 总体架构	197
7.4.2	UE 侧的 MAC-d	199
7.4.3	UE 侧的 MAC-es/MAC-e	199
7.4.4	UTRAN 侧的 MAC 总体架构	200
7.4.5	UTRAN 侧的 MAC-d	201
7.4.6	UTRAN 侧的 MAC-es	202
7.4.7	UTRAN 侧的 MAC-e	203
7.4.8	MAC PDU (E-DCH)	204
7.4.9	MAC-e 控制信息——调度信息	205
7.4.10	服务授予 (Serving Grant) 的更新	207
7.4.11	E-DCH 传输格式组合 (E-TFC) 的选择	208
7.4.12	E-DCH 与 DCH 的共存	211
7.4.13	MAC-d 流——特定的 HARQ 参数	212
7.4.14	Node B 控制的调度	212
7.4.15	软切换中的 HSUPA 调度	214
7.4.16	高级 HSUPA 调度	216
7.4.17	非调度传输	217
7.5	Iub 参数	218
7.6	移动性管理	219
7.6.1	软切换	219
7.6.2	压缩模式	220
7.7	UE 无线接入能力	220
7.8	TD-SCDMA 中的 HSUPA 技术	221
7.8.1	信道结构和协议模型	222
7.8.2	资源调度机制	223
7.8.3	自适应调制与编码	225
7.8.4	混合自动重传请求 (HARQ)	225

7.8.5 物理层技术增强	226
7.9 参考文献	227
第 8 章 HSDPA/HSUPA 中的无线资源管理	228
8.1 UMTS 中的 QoS 模型	228
8.2 无线资源管理概述	230
8.3 HSDPA 中的无线资源管理	231
8.3.1 功率控制	232
8.3.2 码资源分配	234
8.3.3 功率资源分配	236
8.3.4 接纳控制	238
8.3.5 拥塞控制	240
8.3.6 移动性管理	241
8.3.7 链路自适应	247
8.3.8 分组调度器	248
8.4 HSUPA 中的无线资源管理	252
8.4.1 资源分配	252
8.4.2 接纳控制	253
8.4.3 移动性管理	253
8.4.4 分组调度	254
8.5 参考文献	256
第 9 章 HSDPA 的组网与规划	258
9.1 HSDPA 组网需要考虑的问题	258
9.1.1 组网策略	259
9.1.2 用户移动性	259
9.1.3 HSDPA 系统对 R99 系统的影响	259
9.2 HSDPA 发展预测	260
9.2.1 HSDPA 网络设备的发展	260
9.2.2 HSDPA 终端设备的发展	261
9.2.3 HSDPA 规划软件发展	262
9.2.4 HSDPA 的发展预测	262
9.3 HSDPA 的组网原则	262
9.3.1 HSDPA 的组网方式	262
9.3.2 HSDPA 的引入策略	262
9.3.3 HSDPA 的切换策略	263
9.3.4 HSDPA 的链路预算	263
9.3.5 HSDPA 的码资源分配	267
9.3.6 HSDPA 的功率分配	269

9.4	HSDPA 的规划原则	271
9.4.1	HSDPA 网络规划流程	271
9.4.2	HSDPA 网络设计原则	272
9.4.3	HSDPA 网络规划要求	272
9.4.4	HSDPA 网络规划参数	272
9.4.5	HSDPA Iub 接口传输配置	273
9.4.6	HSDPA 的资源分配	275
9.5	HSDPA 网络覆盖、容量规划	275
9.5.1	HSDPA 的覆盖及容量分析	275
9.5.2	HSDPA 部署方式分析	277
9.5.3	HSDPA 覆盖与容量规划	278
9.6	HSDPA 的室内部署	280
9.6.1	载频的部署	280
9.6.2	功率分配	281
9.6.3	覆盖与容量	282
9.6.4	室内和室外的切换	284
9.6.5	室内规划和天线配置	285
9.6.6	HSDPA 的微蜂窝和序列小区结构	286
9.7	参考文献	286
第 10 章	HSDPA、HSUPA 的演进: HSPA+	288
10.1	引言	288
10.2	HSPA+的目标	289
10.3	HSPA+的物理层技术	289
10.3.1	HSPA+中的 OFDM 技术	289
10.3.2	HSPA+中的 MIMO 技术	295
10.4	HSPA+的网络结构	301
10.4.1	方案一: RNC 部分功能下移至 Node B	302
10.4.2	方案二: PS 域用户面和控制面的分离	305
10.4.3	方案三: RNC 的 UP/CP 功能都移至 Node B	306
10.5	HSPA+中的频谱规划	308
10.6	参考文献	308

第1章 概 述

1.1 蜂窝移动通信历史

1.1.1 第一代蜂窝移动通信

第一代蜂窝移动通信系统出现于 20 世纪 70 年代中期至 80 年代中期，在此之前已经有了一些移动网络，只不过不是蜂窝系统。早期网络的容量比蜂窝系统的容量要低得多，而且对移动性的支持较差。

在蜂窝移动网络中，覆盖区域被划分为若干小区，同一频率可以在网络中重复使用，从而提高系统容量。第一代蜂窝移动通信采用模拟传输技术，仅提供话音业务。当时较成功的标准有 NMT（北欧移动电话）、TACS（全向通信系统）和 AMPS（北美蜂窝系统）。其他标准通常只在一个国家范围内得到了应用，例如德国的 C-Netz 与法国的 Radiocomm。

NMT 最初应用于北欧地区，后被中欧和南欧地区所采纳。NMT 有两个版本：NMT-450 和 NMT-900。NMT-450 是比较老的系统，使用 450MHz 频段。NMT-900 是后来推出的系统，使用 900MHz 频段。NMT 系统支持国际漫游。TACS 是英国标准，并被中东部和南欧的一些国家所采纳。该系统实际基于 AMPS 协议，但是使用 900MHz 频段。AMPS 是美国标准，由美国贝尔实验室成功研制。该系统使用 800MHz 无线频段。除了北美，南美和远东一些国家，包括澳大利亚和新西兰也使用该系统。NTT 的 MCS 是日本的第一个商用蜂窝系统。

第一代蜂窝移动通信系统的弊端主要包括：

- (1) 频谱利用率低；
- (2) 业务种类单调；
- (3) 业务速率较低；
- (4) 设备成本较高；
- (5) 设备集成度低；
- (6) 保密性能较差。

为了解决第一代蜂窝移动通信系统的上述弊端，许多国家纷纷引入更先进的数字移动通信技术。第一代系统逐步被效率更高的数字移动网络所取代。

1.1.2 第二代蜂窝移动通信

第二代（2G）蜂窝移动通信系统使用数字传输技术。因此第一代和第二代系统的界限非常明显，即模拟和数字的区别。2G 网络具有比第一代系统更高的容量。同一频率上的信道同时被多个用户所共享（时分或码分）。层次化的小区结构——其中业务区域被宏小区、微小区和微微小区覆盖——从而进一步提高了系统容量。

2G 系统主要有四个标准：全球移动通信系统（GSM）、数字 AMPS（D-AMPS）、码分多址接入（CDMA）IS-95 以及个人数字蜂窝系统（PDC）。

GSM 是迄今为止应用最成功的 2G 系统。GSM 最初产生于欧洲，但很快就被采纳为全球标准并广泛应用于世界许多国家。GSM 只有在美国没有占据主导地位。在北美，个人通信系统 1900 (PCS-1900) 获得了一定的市场地位；在南美洲，智利广泛部署了 GSM 系统。然而，北美的时分多址接入 (TDMA) 组织决定采纳第三代合作伙伴计划 (3GPP) 所定义的宽带 CDMA (WCDMA) 系统作为 3G 技术，并将许多 IS-136 系统转为 GSM/GPRS 系统，作为 WCDMA 做准备的过渡系统。

基本的 GSM 使用 900MHz 频段，但也存在一些派生系统，其中最重要的有两个：数字蜂窝系统 1800 (DCS-1800；也称作 GSM-1800) 和 PCS-1900 (或 GSM-1900)。后者仅用于北美和智利，其他地区使用 DCS-1800。使用新频段的主要原因是 900MHz 频段容量不够。1800MHz 频段可以大大提高所支持的用户数，因此 1800MHz 频段在人口密集的地区更受欢迎。然而，相比 900MHz 网络，1800MHz 网络通常具有更小的覆盖，因此采用双频终端，1800MHz 频段可以使用时则使用 1800MHz 网络，无法使用时则漫游到 900MHz 网络上。之后欧洲电信标准协会 (ETSI) 同时开发了 GSM-400 和 GSM-800 标准。400MHz 频段尤其适用于大的覆盖区域，在人口稀疏的区域以及海域可以作为对高频段 GSM 网络的补充。注意，GSM-400 使用的频段与 NMT-450 相同。GSM-400: 450.4~457.6MHz (上行)/460.4~467.6MHz (下行) 以及 478.8~486.0MHz (上行)/488.8~496.0MHz (下行)；NMT-450: 453~457.5MHz (上行)/463~467.5MHz (下行)。因此，使用 NMT-450 的国家必须先关闭这些系统才能使用 GSM-400。

D-AMPS (也称为 US-TDMA、IS-136 或 TDMA) 用于美国、以色列以及亚洲一些国家。该系统与模拟系统 AMPS 后向兼容。IS-54 中对 D-AMPS 进行了定义，该系统仍然使用模拟的控制信道，但话音信道是数字的。这些控制信道使用相对简单的移频键控 (FSK)，而 D-AMPS 为支持数字业务信道 (DTC) 提供了额外的信令。D-AMPS 于 1990 年首次建网。接着是在 1994 年推出的全数字系统，在 IS-136 中定义。AMPS 和 D-AMPS 工作在 850MHz 频段上，但是所有的数字 IS-136 协议也可以工作在 1900MHz 频段上。US-TDMA 和 GSM 虽然都基于 TDMA 技术，但是具有不同的根源。注意，术语 TDMA 可能导致误解，因为 TDMA 有时指所有的时分多址系统，有时专门指美国的 TDMA 系统，IS-54 或 IS-136。

CDMA (这里我们指高通公司 (Qualcomm) 开发的 IS-95 标准) 使用不同的空中接口设计方法。CDMA 使用不同的码字区分同一频段上不同的传输。3G UTRAN 也使用宽带 CDMA 技术。IS-95 是唯一商用的 2G CDMA 标准，主要应用于美国、韩国、中国香港地区、日本、新加坡和许多东亚国家。在韩国该标准的应用非常广泛。

PDC 是日本的 2G 标准，起初称为日本数字蜂窝系统 (JDC)，但是为了使该系统向日本以外的地方推广，该系统更名为个人数字蜂窝系统 (PDC)。然而，重新命名并没有获得预期的效果，该标准只在日本得到商用。PDC 规范为 RCR STD-27，系统工作频段为 800MHz 和 1500MHz。PDC 同时具有模拟和数字模式。其物理层参数与 D-AMPS 非常类似，但是协议栈与 GSM 类似。PDC 在日本得到了广泛应用。

注意，讨论 2G 时通常会提到数字无绳电话系统，最典型的有三个系统：CT2、DECT 以及 PHS。这些系统没有网络组件；典型的系统配置包括基站和一组手持终端。基站连接到其他一些网络，可能是固定网络，也可能是移动网络。数字无绳电话系统的覆盖区域非常有限，主要覆盖小镇中心或办公大楼。虽然比较简单的系统不支持切换技术，但是 PHS 是较高级的

系统，可以完成许多与移动蜂窝系统有关的功能。然而，这些系统并不是移动蜂窝系统。

GSM 协会尝试对 GSM 系统进行增强，以满足无绳电话市场需求。无绳电话系统（CTS）是可以在室内通过室内基站使用 GSM 移动电话的一种机制，其方式与当前的无绳电话类似。该机制是 GSM 手机厂商进入无绳电话市场的一次尝试。

1.1.3 第 2.5 代蜂窝移动通信

2.5 代包括对 2G 网络的全部升级。这些升级可能提供与 3G 系统相同的功能。2G 与 2.5G 的界限很难区分，我们很难从技术层面上判定一个系统是 2G 还是 2.5G。

通常而言，2.5G GSM 系统至少包括下列技术之一：高速电路交换数据（HSCSD）、通用分组无线业务（GPRS）以及增强型数据速率演进（EDGE）。通过引入 GPRS 和 EDGE，IS-136 系统成为了 2.5G 系统。IS-95 系统实现 IS-95B 或 cdma2000 1x RTT 升级后也成为了 2.5G 系统。

GSM 最大的问题是空中接口数据速率较低。基本 GSM 通常只能提供 9.6kbit/s 的用户数据速率，后来可以支持 14.4kbit/s 的数据速率，但是并未广泛使用。该速率难以满足 Web 浏览对数据速率的要求。HSCSD 是提高数据速率最方便的途径。移动台可以使用多个时隙进行数据连接。在当前的商用网络中，最多可以使用四个时隙。一个时隙可以支持 9.6kbit/s，这样总的的数据速率就等于每个时隙可以支持的速率乘以可以使用的时隙数。该方式可以通过较低的投资对 GSM 网络的数据支持能力进行升级，因为只需要对网络设备进行软件升级即可（当然需要使用新的支持 HSCSD 的电话）。但是也有缺点，尤其是无线资源使用效率较低的问题。因为 HSCSD 基于电路交换，因此即使没有数据传送，分配的电路也会保持。相反，对于实时应用，HSCSD 是一种较好的选择。高端用户很可能是 HSCSD 用户，在移动网络已经发生拥塞的情况下，他们可以使用 HSCSD 业务。HSCSD 所带来的另一个问题是手机厂商对实现 HSCSD 没有太大兴趣。大部分厂商直接转向 GPRS 手机，尽管 HSCSD 和 GPRS 实际上提供不同业务。GPRS 系统无法实现 HSCSD 所实现的所有内容。例如，GPRS 在实时应用方面比较薄弱。HSCSD 是满足移动数据传输需求的一种临时解决方案，适用于急需快速数据传输的网络，或者用于在 3G 到来之前满足客户需求。

GPRS 是下一个解决方案。通过使用 GPRS 技术，数据速率可以提高到 115kbit/s 甚至更高。平均吞吐量大约为每时隙 10kbit/s。比吞吐量提高更重要的是，GPRS 基于分组交换，因此不需要持续分配无线资源，只是在需要发送数据时才分配。8 个时隙同时使用时可以实现最大理论数据速率。GPRS 于 2001 年首次获得商用。该系统尤其适用于非实时应用，例如电子邮件和 Web 浏览。此外，GPRS 可以很好地处理突发数据，因为它可以根据当前需要调整所分配的资源，但是对实时应用并不太适合，因为 GPRS 基于内容分配资源，因此无法保证最大时延。

GPRS 系统的实现比 HSCSD 系统成本更高。需要向网络中增加新的网元，并对现有网元进行修改。然而，它是提高数据能力的必由之路。没有 GPRS 的 GSM 网络未来无法生存，因为数据业务量正在不断增加。对于未来也会运营 3G 网络的运营商，GPRS 是迈向 3G 系统的重要一步，3GPP 核心网基于 GSM 与 GPRS 核心网的合并。

另一个基于 GSM 的 2.5G 系统是 EDGE。EDGE 思想也适用于 GSM 以外的系统。EDGE 使用新的调制方式 8PSK。该系统将标准 GSM 的数据速率提高到了原来的 3 倍。如果射频放

大器可以处理非恒包络调制, 升级到 EDGE 只需要对基站作软件升级。EDGE 可以与原有的 GMSK 调制方式共存, 因此如果不需要更高的服务质量, 原有 GSM 手机仍然可以使用旧的调制方式。如果 EDGE 与 GPRS 共存, 则称为增强 GPRS (EGPRS)。EGPRS 的最大数据速率为 384kbit/s。ECSD 是 EDGE 与 HSCSD 的结合, 可以提供的数据速率是标准 HSCSD 的 3 倍。这三种方式的结合可以提供强大的系统, 完全可以与 3G 网络形成竞争。

IS-95 标准可以提供 14.4kbit/s 的数据速率, 并且可以升级到 IS-95B, 通过使用多个码道支持 64kbit/s。然而, 许多 IS-95 运营商选择直接过渡到 cdma2000 1x RTT 系统, 1x RTT 使用多种无线接入技术之一。北美 3G 标准——cdma2000 是对 IS-95 系统的一种升级方式。IS-95 和 cdma2000 空中接口可以共存, 因此 IS-95 可以平滑过渡到 3G。cdma2000 网络有多个演进阶段, 第一阶段为 cdma2000 1x RTT, 该系统被认为是 2.5G 系统。

高通公司拥有自主知识产权的高速系统标准, 高速数据速率 (HDR), 用于 IS-95 网络。它将提供 2.4Mbit/s 的数据速率。1x EV-DO 用于指高级 CDMA 无线接口。

日本的 PDC 已经演进为提供更高的数据连接。NTT DoCoMo 开发了专门的业务——i-mode。i-mode 基于 PDC 无线接口使用分组数据网络。对用户的计费可以基于数据量, 而非获取数据所用时间。i-mode 业务可用于访问无线 Internet 业务。除了 Web 浏览之外, i-mode 还为无线电子邮件业务提供了一个很好的平台。在分组交换网络中, 基于空中接口的电子邮件传输既经济又快捷。所有 i-mode 用户都可以非常方便地发送电子邮件。

i-mode Internet 网页通过使用基于 HTML 标准的语言实现。因此, i-mode 的思想与 WAP 类似。NTT DoCoMo 的对手——日本 KDDI 提供了基于 WAP 的 Internet 业务。

i-mode 创造了成功的商用案例。该系统于 1999 年 2 月推出, 到 2002 年其用户数就超过了 3300 万, 有力地证明了类似 WAP 的业务是有市场的, 但是需要基于分组的网络, 例如 GPRS 才能为用户提供经济实惠的服务。NTT DoCoMo 尽早引入新的业务是非常明智的选择。

1.1.4 第三代蜂窝移动通信

20 世纪 90 年代移动通信发展迅猛。GSM 网络自从 1991 年在芬兰首次开通以来不断演进。目前, 213 个国家和地区的 690 家移动通信网络运营商使用的是 GSM 网络, 全球 GSM 用户已经超过了 20 亿。

在 GSM 商用的同一年, ETSI 已经开始了下一代移动电话网络的标准化工作。新的系统被命名为通用移动通信系统 (UMTS)。该工作由 ETSI 的技术委员会特别移动组 (SMG) 完成。SMG 进一步划分为 SMG1~SMG12 (SMG5 于 1997 年截止) 分组, 每个分组专门负责系统的某些方面。

第三代移动通信系统的目标可以概括为:

- (1) 实现全球漫游;
- (2) 提供多种业务;
- (3) 适应多种环境;
- (4) 提供较高容量。

3G 开发工作不仅仅由 ETSI 完成。其他组织和研究机构也参加了 3G 的开发工作。欧洲共同体资助了部分研究计划, 例如对欧洲高级通信技术的研究 (RACE I 和 RACE II) 以及高级通信技术与业务 (ACTS)。UMTS 论坛于 1996 年成立, 目的是加快标准的指定。除了欧

洲, 美国、日本和韩国也有许多 3G 计划。一些电信公司也开展了自己的 3G 研究项目。

后来, 大部分最重要的电信公司都加入了 3GPP 计划, 其目标是开发基于 ETSI UTRA 空中接口和增强的 GSM/GPRS MAP 核心网的 3G 标准。3GPP 组织负责 3G 开发工作。

国际电联接受的 3G 标准主要有以下三种: cdma2000、WCDMA 与 TD-SCDMA。cdma2000、WCDMA 与 TD-SCDMA 都属于宽带 CDMA 技术。宽带 CDMA 进一步拓展了标准的 CDMA 概念, 在一个相对更宽的频带上扩展信号, 从而减少了由多径和衰减带来的传播问题, 具有更大的容量, 可以根据不同的需要使用不同的带宽, 具有较强的抗衰落能力与抗干扰能力, 支持多路同步通话或数据传输且兼容现有设备。cdma2000、WCDMA 与 TD-SCDMA 都能在静止状态下提供 2Mbit/s 的数据传输速率, 但三者的一些关键技术仍存在着较大的差别, 性能上也有所不同。下节中将分别对这三个标准作简要的介绍与比较。

1. 3G 标准及其特点

(1) cdma2000

cdma2000 是从 cdmaOne 演进而来的第三代移动通信技术。事实上, cdma2000 标准是一个体系结构, 称为 cdma2000 family, 它同样还包含一系列的子标准。其技术特点如下:

前反向同时采用导频辅助相干解调; 在扩频码选择采用相同 m 序列, 通过不同的相位偏置区分不同的小区 and 用户; 射频带宽从 1.25MHz 到 20MHz 可调; 快速前向和反向功率控制; 下行信道中采用公共连续导频方式进行相干检测, 提高系统容量; 在下行信道传输中定义了直扩和多载波传输两种方式, 码片速率分别为 3.6864Mchip/s 和 1.22Mchip/s, 多载波方式能很好地兼容 IS-95 网络; 支持 F-QPCH, 可延长手机待机时间; 核心网络给予 ANSI-41 网络的演进, 并保持与 ANSI-41 网络的兼容性; 支持软切换和更软切换; 设计了两类码复用业务信道, 基本信道用于传送语音、信令和低速数据, 是一个可变速率信道, 补充信道用以传送高速率数据, 在分组数据传送上应用了 ALOHA 技术, 改善了传输性能; 在同步方式上 cdma2000 与 IS-95 相同, 基站间同步采用 GPS 方式。

cdma2000 的发起者主要是以美国 and 韩国为主的以 IS-95 CDMA 为标准的制造商和运营公司, cdma2000 继承了 IS-95 窄带 CDMA 系统的技术特点, 网络运营商同样可以在窄带 CDMA 网络中更换或增加部分网络设备过渡到 3G。

(2) WCDMA

全称为宽带码分多址 (Wideband CDMA), 这是基于 GSM 网发展出来的 3G 技术规范, 是欧洲提出的宽带 CDMA 技术, 它与日本提出的宽带 CDMA 技术基本相同, 目前正在进一步融合。该标准提出了 GSM (2G) -GPRS-EDGE-WCDMA (3G) 的演进策略。

WCDMA 和 cdma2000 都满足 IMT-2000 提出的全部技术要求, 包括支持高比特率多媒体业务、分组数据和 IP 接入等。这两种系统的无线传输技术均基于 DS-SS 作为多用户接入技术, 单就技术来说, WCDMA 和 cdma2000 在技术先进性和发展成熟度上各具优势, 但总体来看, WCDMA 似乎更胜一筹, 以下是 WCDMA 相对 cdma2000 的一些优势所在:

① WCDMA 使用的带宽和码片速率 (3.84Mchip/s) 是 cdma2000 1x 演进家族的三倍以上, 因而能提供更大的多路径分集、更高的中继增益和更小的信号开销。此外, 更高的码片速率也改善了接收机解决多径效应的能力。

② WCDMA 在小区站点同步方面的设计是使用异步基站, 而 cdma2000 基站则通常通过 GPS 实现同步, 这将造成室内和城市小区 (采用室内天线) 部署的困难。

③ 由于支持 1xEV-DO 的 TDM 接入系统采用共享时分复用下行链路,它具有固定时隙,因此 cdma2000 物理层的兼容性较差。

④ WCDMA 较 cdma2000 能够更加灵活地处理话音和数据混合业务。

⑤ WCDMA 进行功率控制的频率几乎是 cdma2000 的两倍,达到每秒 1500 次(1.5kHz),因而能保证更好的信号质量,并支持更多的用户。

⑥ cdma2000 的导频信道大约需要下行链路总传输功率的 20%,相比之下, WCDMA 只需要约 10%,因而可以节省更多的公用信道的开销。

⑦ 为支持基于 GSM 的 GPRS 业务而部署的所有业务(如计费、安全、漫游等)也支持 WCDMA 业务,而为了完善新的数据/话音网络, cdma2000 1x 必须添加额外的网元或进行功能的升级。

⑧ 在混合话音和数据流量方面, WCDMA 的系统性能比 cdma2000 也表现得更加出色。

因此,从技术的角度来讲, WCDMA 具备一定的优势,各家电信企业也因此更加倾向于采用该标准。

另外,在传统网络基础和市场推广上, WCDMA 占据着更大的优势。由于全球移动通信系统有 85%都在用 GSM 系统,而 GSM 向 3G 过渡的最佳途径就是历经 GPRS 演进到 WCDMA,所以传统网络上的绝对优势使得 cdma2000 难以对 WCDMA 望其项背。

(3) TD-SCDMA

全称为时分同步码分多址(Time Division-Synchronous CDMA),是由我国大唐电信公司提出的 3G 标准。该标准提出不经过 2.5 代的中间环节,直接向 3G 过渡。TD-SCDMA 与 WCDMA 和 cdma2000 相比,具有如下的特点和优势:

① 频谱利用率高: TD-SCDMA 采用 TDD 方式以及 CDMA 和 TDMA 的多址技术,在传输中很容易针对不同类型的业务设置上、下行链路转换点,因而可以使总的频谱效率更高。

② 支持多种通信接口: TD-SCDMA 同时满足 Iub、A、Gb、Iu、Iur 多种接口要求,基站子系统既可作为 2G 和 2.5G 的 GSM 基站的扩容,又可作为 3G 网络中的基站子系统,能同时兼顾现在的需求和未来长远的发展。

③ 频谱灵活性强: TD-SCDMA 第三代移动通信系统频谱灵活性强,仅需单一 1.6MHz 的频带就可提供速率达 2Mbit/s 的 3G 业务需求,而且非常适合非对称业务的传输。

④ 系统性能稳定: TD-SCDMA 收发在同一频段上,上行链路和下行链路的无线环境一致性很好,更适合使用新兴的“智能天线”技术;利用了 CDMA 和 TDMA 结合的多址方式,更利于联合检测技术的采用,这些技术都能减少干扰,提高系统的性能稳定性。

⑤ 与传统系统兼容性好: TD-SCDMA 支持现存的覆盖结构,信令协议可以后向兼容,网络不必引入新的呼叫模式,能够实现从现存的通信系统到下一代移动通信系统的平滑过渡。

⑥ 系统设备成本低: TD-SCDMA 上下行工作于同一频率,对称的电波传播特性使之便于利用智能天线等新技术,这也可以达到降低成本的目的;在无线基站方面, TD-SCDMA 的设备成本也比较低。

⑦ 支持与传统系统间的切换功能: TD-SCDMA 技术支持多载波直接扩频系统,可以再利用现有的框架设备、小区规划、操作系统、账单系统等,在所有环境下支持对称或不对称的数据速率。

当然,与前两种标准相比,尤其是与 WCDMA 比起来, TD-SCDMA 也有一些弱点。比