

CMP 科技经典

3G/B3G

核心技术丛书

高速分组接入技术 —HSDPA/HSUPA

黄 韬 赵 鑫 李美玲 王冀彬 编著

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

3G/B3G核心技术丛书



3G/B3G 核心技术丛书

TN929.5

81

2007

高速分组接入技术 —HSDPA/HSUPA

黄 韬 赵 鑫 李美玲 王冀彬 编著



机械工业出版社

随着宽带数据和多媒体业务的迅猛发展,第三代移动通信原定目标规定的 2Mbit/s 的传输速率已经远远不能满足需求,加上 WiMAX 等宽带无线接入技术竞争带来的压力,促使 3G 本身必然要向更高带宽的方向演进。而 HSDPA 技术已达到商用水平,较好地解决了移动宽带化的问题,从而受到业界的广泛关注和大力推进。

本书详细而全面地介绍了 HSDPA/HSUPA 技术。全书总的来讲分为两部分,第一部分为 HSDPA 技术,第二部分为 HSUPA 技术。主要内容包
括: HSDPA/HSUPA 的物理层技术, HSDPA/HSUPA 的 L2/L3 层技术, HSDPA 对 Iub/Iur 接口的影响, HSDPA/HSUPA 中使用的关键技术, HSDPA/HSUPA 的性能仿真分析,增强型的 HSDPA, HSDPA 的 TDD 模式, HSDPA 的网络规划等。

本书可作为信息与通信行业广大从业人员的参考资料,同时也可以作为电子、信息、通信等专业本科生与研究生教材或教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

高速分组接入技术—HSDPA/HSUPA/黄稻等编著. —北京:机械工业出版社, 2006.9

(3G/B3G 核心技术丛书)

ISBN 7-111-20103-5

I. 高... II. 黄... III. 移动通信—通信网 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 124242 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:赵玲丽 版式设计:霍永明

责任校对:张晓蓉 封面设计:马精明 责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷

2007 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·21.5 印张·530 千字

0001—4000 册

定价:38.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68326294

编辑热线电话(010)88379768

封面无防伪标均为盗版

3G/B3G 核心技术丛书

编 委 会

主任委员：袁超伟 姜宇柏

委 员(排名不分先后)：

程宝平 曾春亮 黄 韬 梁守青

贾 宁 赵 鑫 俞一鸣 汪裕民

杨睿哲 李美玲 张 宁 齐伟民

孙昌璐 刘 鸣 王旭莹 蒋建新

丛 书 序

目前, 3G 已成为中国传统电信运营企业转型的关键技术之一, 同时成为中国电信设备制造企业国际化发展的重要机遇。

然而, 随着宽带数据和多媒体业务的迅猛发展, 第三代移动通信原定目标规定的 2Mbit/s 的传输速率已经远远不能满足需求, 3G 技术正在朝着 B3G、4G 技术方向发展。由于我国至今没有正式颁发 3G 业务牌照, 一方面使得国内很多著名的 3G 设备制造企业不得不将更多的精力放在国际市场的开拓上; 另一方面使得我国可以充分发挥后发优势, 在 3G 网络的建设过程中可以引入各项成熟的新技术, 即在我国 3G 网络中直接应用部分 B3G 乃至 4G 的核心技术, 提高我国 3G 网络的业务能力。

因此, 我们策划了这套“3G/B3G 核心技术丛书”, 对 HSDPA/HSUPA 技术、IMS 技术、OFDM 技术、MIMO 技术、智能天线技术、软件无线电技术和 WiMAX 技术等主流的新技术进行阐述, 内容涉及 3G/B3G 网络的无线接入、核心网、智能天线、频分复用、系统设计等多个方面。

希望通过阅读本套丛书, 读者能够比较全面地了解 3G/B3G 系统的各项核心技术, 更希望本套丛书能对我国 3G/B3G 系统的网络建设和产业发展作出一定的贡献。

由于通信技术发展十分迅速, 加上编写时间相对紧张, 书中难免存在不足, 恳请广大读者和专家批评指正, 联系信箱为 buptzjh@163.com。

3G/B3G 核心技术丛书编委会

2006 年 8 月

前 言

随着宽带数据和多媒体业务的迅猛发展,第三代移动通信原定目标规定的 2Mbit/s 的传输速率已经远远不能满足需求,加上 WiMAX 等宽带无线接入技术竞争带来的压力,促使 3G 移动通信技术本身必然要向更高带宽的方向演进。而 HSDPA/HSUPA 技术已达到商用水平,较好地解决了移动宽带化的问题,从而受到业界的广泛关注和大力推进。

传统的 Internet 经验表明,数据业务对上行带宽的要求远远小于对下行带宽的要求,以移动数据业务为主的 3G 移动通信网络对带宽分配也提出了类似的要求。另外,话务模型表明,数据业务的无线宽带吞吐量占总空口吞吐量的比例非常大,而 HSDPA/HSUPA 技术恰恰能够有效地解决空口拥挤状态,因此在技术方面,数据业务驱动了 HSDPA/HSUPA 的发展。

对运营商而言,引进 HSDPA/HSUPA 技术可以提高 WCDMA 网络承载数据业务的容量,提高频谱效率,获得每比特更低的费用,降低建设成本(CAPEX)和维护成本(OPEX),提高 ARPU;对用户而言,HSDPA/HSUPA 意味着更高的数据传输速率、更短的响应时间、更可靠的服务、更好的移动性以及便宜的资费。HSDPA/HSUPA 为移动业务的拓展提供了广阔空间,并将改变移动运营商的业务收入结构,使移动业务以话音业务收入为主转为以数据业务收入为主。HSDPA/HSUPA 的高传输速率特性牵引着移动多媒体业务的发展,如多媒体彩铃、MMS、VOD、WAP 浏览、E-mail、游戏等多姿多彩的数据业务将彻底改变移动网络的现状。在 HSDPA/HSUPA 宽带承载的基础上,更多的移动多媒体业务类型以及分属于不同领域的业务将融合到一起来。可以看出,由于 HSDPA/HSUPA 可为移动运营商提供更高的数据传输速率、更高的存储容量,因此使移动通信比固定宽带业务更具有竞争优势,而且随着 HSDPA/HSUPA 的逐渐商用,运营商可以挖掘出各种具有高盈利能力的业务和应用,这无论对于运营商、设备制造厂商还是最终的消费者,都具有十分现实的意义。

本书详细而全面地介绍了 HSDPA/HSUPA 技术。全书总的来讲分为两部分,第一部分为 HSDPA 技术,第二部分为 HSUPA 技术。主要内容包括:HSDPA 的物理层技术(第 2 章),主要介绍了 HSDPA 相对 WCDMA 新增的信道、编码调制以及物理层功能和相关信令等;HSDPA 的 L2/L3 层技术(第 3 章),主要介绍了 MAC 层结构及相关协议、移动性处理和无线资源管理等;HSDPA 对 Iub/Iur 接口的影响(第 4 章),主要介绍引入 HSDPA 对 Iub/Iur 接口的影响及相关消息流程;HSDPA 中使用的关键技术(第 5 章),主要介绍了各项关键技术的基本原理及性能复杂度;增强型的 HSDPA(第 6 章),这部分内容主要是 3GPP 在 Release6 中定义的一种为了更好地提高 HSDPA 性能而提出的增强型技术,主要介绍该增强型技术本身特点及在不同情况下的性能和复杂度以及码复用等;HSDPA 的 TDD 模式(第 7 章),主要介绍 HSDPA 在 TDD 模式下的物理层技术、关键技术以及相关信令流程和对无线接口的影响;HSDPA 性能的仿真分析(第 8 章),主要通过仿真实例来说明引入

HSDPA 带来的系统性能提高, 涉及吞吐量和时延等参数指标, 重点分析了引入 AMCS 和 HARQ 对系统性能的影响; HSUPA 物理层技术 (第 9 章), 主要介绍了 HSUPA 新增的信道及各自作用、E-DCH 的物理层结构、物理层信道编码及复用等; HSUPA 的 L2/L3 层技术 (第 10 章), 主要介绍 HSUPA 的 MAC 层结构及协议细节、QoS 机制等; HSUPA 中使用的关键技术 (第 11 章), 主要介绍 HSUPA 中使用的各项关键技术原理、性能及复杂度等; HSUPA 性能仿真分析 (第 12 章), 主要通过仿真实例来说明 HSUPA 对系统性能的影响, 重点分析了 2ms TTI 和 10ms TTI 对性能的影响, 以及这两种传输时间间隔对各种业务模型的其他性能指标的影响; HSDPA 网络规划 (第 13 章), 在大量采集国内外测试数据的基础上, 综合理论与实践经验, 详细阐述了网络规划中应注意的问题, 具有很高的实际参考价值。

参与本书编写、整理工作的人员还有魏蔚、冉婷、孙昌璐、毕文通、罗景虎、刘娜、范瑞俊、李海军、朴燕、吴红海、孟楠、朱晓路、姜宇柏、齐兆群、俞一鸣、李晓凯、张海风、张海涛、张学静、渠丰沛等, 在此向他们表示感谢。

希望通过本书的介绍, 读者能够对 HSDPA 和 HSUPA 技术有一个全面而深入的了解。但是同时, 由于笔者能力和知识范围有限, 且 HSDPA 和 HSUPA 技术的发展非常迅速, 协议规范也正在逐步完善之中, 书中疏漏之处在所难免, 欢迎广大读者和同行批评指正。

作 者

2006 年 8 月

目 录

丛书序

前言

第1章 HSDPA/HSUPA 技术的背景

和现状 1

1.1 移动通信现状 1

1.2 第三代移动通信标准进展状况 2

1.2.1 国际标准化工作状况 2

1.2.2 国内标准化情况 3

1.3 HSDPA/HSUPA 技术的概述及演进 阶段 3

1.3.1 HSDPA 第一阶段 5

1.3.2 HSDPA 第二阶段 7

1.3.3 HSDPA 第三阶段 8

1.4 HSDPA/HSUPA 技术性能分析 8

1.4.1 HSDPA 技术性能分析 8

1.4.2 HSUPA 技术性能分析 9

1.5 HSDPA/HSUPA 使用的关键技术 9

1.5.1 HSDPA 中的关键技术 10

1.5.2 HSUPA 中的关键技术 11

1.6 HSDPA 与 CDMA2000 1x EV-DO 系统 的比较 12

1.7 HSDPA 和 HSUPA 商用前景分析 12

第2章 HSDPA 物理层结构 15

2.1 新增信道 15

2.1.1 高速下行共享信道 (HS-DSCH) 15

2.1.2 高速下行共享控制信道 (HS-SCCH) 16

2.1.3 高速上行专用控制信道 (HS-DPCCH) 19

2.2 基本物理层结构 21

2.2.1 HSDPA 物理层模型 21

2.2.2 码域物理层结构 23

2.2.3 时域物理层结构 25

2.3 HS-DSCH 信道编码与调制 25

2.3.1 加 CRC 25

2.3.2 码块分割 26

2.3.3 信道编码 26

2.3.4 物理层 HARQ 功能及处理 26

2.3.5 DTX 指示比特 26

2.3.6 交织 26

2.3.7 物理信道映射 26

2.3.8 16QAM 调制时的比特重分配 26

2.3.9 HS-DSCH 的调制 27

2.4 物理层 HARQ 功能与速率匹配 27

2.4.1 速率匹配 27

2.4.2 HARQ 比特搜集 29

2.4.3 HARQ 处理 29

2.5 相关信令及流程 32

2.5.1 相关的上行信令 32

2.5.2 相关的下行信令 32

2.5.3 上行测量反馈处理 32

2.5.4 上行链路 DPCCH/HS-DPCCH 时序关系 33

2.5.5 下行链路 HS-DSCH/HS-SCCH 时序关系 34

2.5.6 物理层 FCS 测量及相关信令 34

2.6 UE 能力 35

第3章 HSDPA L2/L3 层技术 38

3.1 HS-DSCH 协议结构 38

3.2 HS-DSCH MAC 结构 39

3.2.1 UE 侧的 MAC 结构 39

3.2.2 UTRAN 侧的 MAC 结构 41

3.3 HARQ 协议 44

3.3.1 相关协议处理 44

3.3.2 信令 46

3.3.3 错误处理 46

3.4 MAC 层数据格式 46

3.5 信令参数 48

3.5.1 下行链路信令参数 48

3.5.2 上行链路信令参数 49

3.6 HS-DSCH 协议终止点 50

3.7 移动性处理 50

3.7.1 服务 HS-DSCH 小区更新 51

3.7.2 Intra-Node-B 同步服务 HS-DSCH 小区更新	52	5.4 多输入多输出 (MIMO) 天线处理 ...	128
3.7.3 硬切换期间 Inter-Node-B 同步服务 HS-DSCH 小区更新	52	5.4.1 技术概述	128
3.7.4 激活集更新之后 Inter-Node-B 同步服务 HS-DSCH 小区更新	54	5.4.2 性能评价	130
3.8 无线资源管理	55	5.4.3 复杂度评价	132
第 4 章 HSDPA 对 Iub/Iur 接口 的影响	58	5.5 快速调度	133
4.1 UTRAN 接口	58	第 6 章 增强型 HSDPA	136
4.2 对 Iub/Iur 接口整体的影响	59	6.1 FDD 模式的 CQI 增强	136
4.2.1 对 Iub 接口整体的影响	59	6.1.1 技术概述	136
4.2.2 对 Iur 接口整体的影响	61	6.1.2 技术细节	136
4.3 Uu/Iub/Iur 接口消息过程	61	6.1.3 性能及复杂度评价	139
4.3.1 Uu 接口消息过程	61	6.2 对单个 UE 的并发传输	153
4.3.2 Iur 接口消息过程	63	6.2.1 技术概述	153
4.3.3 Iub 接口消息过程	64	6.2.2 技术细节	153
4.4 对 Iub/Iur 接口控制平面协议的影响	66	6.3 Node-B 与 UE 之间的快速信令	154
4.4.1 对所需信令的影响	66	6.4 使用 Preamble 和 Postamble 降低 ACK/NACK 发射功率	154
4.4.2 对 NBAP 处理过程的影响	68	6.4.1 技术概述	154
4.4.3 NBAP 小区级配置处理	72	6.4.2 技术细节	155
4.4.4 HS-DSCH 的配置和容量分配	73	6.4.3 性能评价	157
4.4.5 HS-DSCH 移动性处理	75	6.4.4 复杂度评价	161
4.5 对 Iub 接口用户平面协议的影响	82	6.5 下行链路 HS-DSCH 的码复用	165
4.5.1 传输承载选择	82	6.5.1 技术概述	165
4.5.2 流控制机制	90	6.5.2 部分码复用	165
第 5 章 HSDPA 关键技术	91	6.5.3 全部码复用	166
5.1 自适应调制编码 (AMC)	91	6.6 碎片专用物理信道	166
5.1.1 技术概述	91	6.6.1 技术概述	166
5.1.2 性能评价	92	6.6.2 技术细节	166
5.1.3 复杂度评价	94	6.6.3 F-DPCH 的时隙结构	168
5.2 混合自动 (HARQ) 请求重传	97	6.6.4 与现有 UTRAN 特征的关系	171
5.2.1 差错控制技术及传统 ARQ	97	第 7 章 HSDPA 的 TDD 模式	174
5.2.2 HARQ	102	7.1 TDD 模式物理层描述	174
5.2.3 SAW-HARQ	105	7.1.1 TDD 下行物理层模型	174
5.2.4 HARQ 方案性能评价	110	7.1.2 TDD 上行物理层模型	175
5.2.5 SIR 错误对 HARQ 性能的影响	113	7.1.3 TDD 模式 HS-DSCH 在码域的 物理层结构	175
5.2.6 复杂度评价	117	7.2 TDD 模式下的关键技术	175
5.3 快速蜂窝选择 (FCS)	123	7.2.1 AMC	175
5.3.1 技术概述	123	7.2.2 HARQ	176
5.3.2 性能评价	125	7.2.3 FCS	176
5.3.3 复杂度评价	128	7.2.4 MIMO	176
		7.2.5 仿真结果	176
		7.3 TDD 模式相关信令流程	178
		7.3.1 下行链路	178

7.3.2 上行链路	181	9.1.3 下行控制信令物理信道	214
7.4 TDD 模式 UE 能力	183	9.2 E-DCH 的物理层模型和结构	216
7.5 TDD 模式对 NBAP 处理过程的影响	186	9.2.1 HSUPA 的物理层模型	216
7.5.1 NBAP 的 HS-DSCH TDD 信息 字段	186	9.2.2 E-DCH 的物理层结构	216
7.5.2 NBAP 的 HS-DSCH TDD 信息 响应字段	187	9.2.3 E-DCH 复用选择	219
7.5.3 NBAP 小区级配置处理	187	9.2.4 时域物理层结构	220
7.6 TDD CQI 报告的动态范围扩展	189	9.2.5 码域物理层结构	223
7.6.1 技术概述	189	9.2.6 码域和时域的结合	225
7.6.2 技术特征	189	9.3 物理层成帧过程	230
7.6.3 性能评价	189	9.3.1 E-DCH 的编码与复用	230
7.7 不使用相关 DPCH 的 HSDPA 操作	190	9.3.2 E-DPCCH 的编码及复用	232
第 8 章 HSDPA 性能的仿真及分析	191	9.3.3 下行控制信道的编码和复用	233
8.1 链路仿真设计	191	9.4 扩频和调制	234
8.1.1 链路级仿真参数	191	9.4.1 E-DPCCH/E-DPDCH 的扩频	234
8.1.2 M 进制调制	193	9.4.2 E-DPCCH/E-DPDCH 的码分配	236
8.1.3 Turbo 译码	193	9.4.3 E-HICH/E-RGCH/E-AGCH 的 扩频	236
8.1.4 性能度量	194	9.5 物理层流程	237
8.2 链路仿真结果分析	194	9.5.1 ACK/NACK 检测	237
8.2.1 不同 MCS 方案下的性能	195	9.5.2 相对授权探测	237
8.2.2 HARQ 性能仿真	196	9.5.3 E-DCH 的定时	237
8.2.3 非理想信道估计的影响	197	第 10 章 HSUPA L2/L3 层技术	238
8.3 系统仿真设计	199	10.1 E-DCH 协议结构	238
8.3.1 系统级仿真参数	199	10.2 MAC 结构	238
8.3.2 UE 移动模型	200	10.2.1 UE 侧的 MAC 结构	238
8.3.3 分组调度模型	200	10.2.2 UTRAN 侧的 MAC 结构	241
8.3.4 性能度量	201	10.3 HARQ 协议	245
8.3.5 性能评估方法	201	10.3.1 总体原则	245
8.3.6 仿真实例	202	10.3.2 错误处理	246
8.4 系统仿真结果	203	10.4 Node-B 控制的调度	246
8.4.1 不同参数下的吞吐量性能	203	10.4.1 总体原则	246
8.4.2 传播指数对吞吐量的影响	205	10.4.2 UE 调度操作	247
8.4.3 非理想测量和反馈的影响	205	10.4.3 信令	249
8.4.4 MCS 选择时延对 HSDPA 性能 的影响	206	10.5 QoS 控制	250
8.4.5 综合话音和数据业务性能	207	10.5.1 总体原则	250
8.4.6 TPC 用于时延补偿	210	10.5.2 TFC 和 E-TFC 的选择	251
第 9 章 HSUPA 物理层结构	213	10.5.3 MAC-d 流的功率偏移属性设置	252
9.1 新增信道	213	第 11 章 HSUPA 关键技术	253
9.1.1 上行链路传输信道 E-DCH	213	11.1 HARQ	253
9.1.2 上行控制信令物理信道 E-DPCCH	214	11.1.1 技术概述	253
		11.1.2 HARQ 在传输信道中的实现	254
		11.1.3 HARQ 使用的信令	254
		11.1.4 性能评价	255

11.1.5 复杂度评价	260	12.4 系统仿真结果	293
11.2 基于基站的调度	262	12.4.1 全缓存模型的性能	293
11.2.1 技术概述	262	12.4.2 混合传输业务模型的性能	295
11.2.2 使用快速 TFCS 约束控制的 Node-B 调度	263	12.4.3 话音容量	297
11.2.3 控制 UE 发送时间的 Node-B 调度	264	第 13 章 HSDPA 网络规划	298
11.2.4 在软切换中的 Node-B 调度	267	13.1 HSDPA 组网策略	298
11.2.5 设定持续参数的 Node-B 调度	268	13.1.1 应用场景	298
11.2.6 性能评价	268	13.1.2 混合组网策略与单独组网策略	299
11.3 短帧长	270	13.1.3 真实环境下的 HSDPA 无线网络 吞吐量	301
11.3.1 技术概述	270	13.1.4 HSDPA 和 R99 无线网络的资源 共享策略	304
11.3.2 性能评价	271	13.2 WCDMA 网络规划简介	309
11.3.3 复杂度评价	277	13.2.1 WCDMA 网络规划特点	309
11.4 快速 DCH 建立机制	277	13.2.2 WCDMA 网络规划基本流程	311
11.5 新的扩频因子	279	13.3 HSDPA 网络规划流程	314
11.6 软切换	279	13.3.1 HSDPA 网络规划目标	314
第 12 章 HSUPA 性能的仿真及分析	280	13.3.2 预规划流程	314
12.1 链路仿真假设	280	13.3.3 无线仿真工具规划	319
12.1.1 链路级仿真参数	280	13.4 引入 HSDPA 对 R99 网络规划的 影响	322
12.1.2 信道模型	280	13.4.1 引入 HSDPA 后 R99 的覆盖范围 变化	322
12.1.3 链路仿真方法	281	13.4.2 引入 HSDPA 后 R99 的容量 损失	323
12.2 链路仿真结果	283	13.4.3 引入 HSDPA 后 R99 的网络质量 变化	323
12.2.1 HARQ 的性能评估	283	附录 缩略语	325
12.2.2 不同 TTI 的链路性能	285	参考文献	331
12.3 系统仿真假设	291		
12.3.1 系统级仿真参数	291		
12.3.2 天线模型	292		
12.3.3 性能度量	292		

第 1 章 HSDPA/HSUPA 技术的背景和现状

本章从移动通信的现状到 3GPP 标准的进展状况分析了 HSDPA (High Speed Downlink Packet Access, 高速下行分组接入) 和 HSUPA (High Speed Uplink Packet Access, 高速上行分组接入) 的发展背景及现状, 讲述了 HSDPA 演进的 3 个阶段, 简要地介绍了 HSDPA 和 HSUPA 中使用的关键技术及性能。最后对 HSDPA 与 EV-DO 系统作了比较, 分析了 HSDPA 与 HSUPA 的商用前景。本章旨在使读者对 HSDPA 和 HSUPA 有一个整体的了解, 方便读者阅读后面的内容。

1.1 移动通信现状

在漫长的历史演进过程中, 伴随着工业革命的完成, 人类社会由农业社会进入到工业社会, 也进入到了现代社会。随着新千年的到来, 人类社会已全面进入到“信息时代”(或称之为“后工业社会”、“知识经济时代”), 因为驱动人类社会发生这次变革的核心技术是信息技术。在各种信息技术中, 通信即信息的传输起着重要的支撑作用, 移动通信作为现代通信技术中不可缺少的组成部分, 成为信息时代的重要标志之一。

当前的移动通信系统主要可归纳为如下几种:

1) 数字蜂窝系统: 采用 8 ~ 13 kbit/s 声码器, 主要应用规则脉冲激励长期预测 (RPE-LTP)、矢量和激励线性预测 (VSELP) 和高通码激励线性预测 (QCELP) 算法, 使用频分双工工作方式 (除 IS-95 外), 调制方式为高斯最小频移键控 (GMSK) 或 $\pi/4$ 差分相移键控 (DQPSK), 工作频率为 900 MHz、1500 MHz、1800 MHz。它的主要应用系统为欧洲及中国的全球移动通信系统 (GSM)、DCS-1800, 北美的数字式先进移动电话业务 DAMPS (IS-54/IS-136)、码分多址接入 CDMA (IS-95), 日本的个人数字蜂窝电话 (PDC) 等。

2) 移动卫星系统: 该系统主要分为两大类, 一类是同步轨道卫星系统, 如 Inmarsat-B、Inmarsat-M、澳大利亚的 MOBILE-SAT、北美的移动 (通信) 卫星 (MSAT) 等。另一类是中低轨道卫星系统, 如依星系统、Globalstar 系统等。

3) 数字无线本地环路: 是近几年发展起来的用无线技术替代有线电话交换局到用户之间铜线电缆的新型系统, 该系统到本地交换机的接口可采用标准的 V5.2 接口, 空中接口可以采用现有的蜂窝标准。

4) 无线局域网/广域网: 该系统是个人通信系统中的一个重要领域, 一般采用 IEEE 802.11 系列标准, 工作频率基本为 900 MHz、2.4 GHz 和红外频率 (1014 Hz), 多采用频移键控 (FSK) 调制和直接序列扩频。

5) 低功率系统: 采用 32 kbit/s 的自适应增量脉码调制解调器 ADPCM 话音编解码器、TDMA/FDMA 方式, 多数采用时分双工的工作方式, 工作频率为 900 MHz 或 1800 MHz, 调制方式为 GMSK 或 $\pi/4$ DQPSK。应用系统有欧洲的 CT-2、增强型数字无绳通信 (DECT)、北美的无线接入通信系统 (WACS) 和日本的个人手持电话业务 (PHS) 等。

1.2 第三代移动通信标准进展状况

1.2.1 国际标准化工作状况

除国际电信联盟以外,第三代移动通信的标准制定主要集中在 3GPP (3G 伙伴计划) 和 3GPP2 两个第三代移动通信标准化的伙伴项目。

1. 3GPP

通用移动通信系统 (UMTS) 的标准化工作由 3GPP 进行。3GPP 的标准分为不同版本,采取整体推进的方式,各版本之间的发布时间间隔约为 1 年。3GPP 制订的标准包括多个版本: Release99、Release4、Release5 和 Release6。

Release99 是 1999 年 12 月发布的。在 Release99 中确定宽带码分多址 (WCDMA) 可采用频分双工 (FDD) 或时分双工 (TDD) 方式高传输速率的无线传输,无线接入网络的 Iub、Iur、Iu 接口都基于异步传输模式 (ATM) 传输,核心网络基于演进的 GSM/GPRS 的核心网。现有产品主要基于 Release99。

Release4 是在 2001 年 3 月完成的。Release4 的主要特征是在核心网电路域中实现了软交换的概念,即传统移动交换中心 (MSC) 分离为媒体网关 (MGW) 和 MSC 服务器两部分,实现了电路域的承载与控制分开。我国提出的时分同步码分多址 (TD-SCDMA) 标准被 3GPP 采纳,其与 WCDMA 主要的区别集中在无线接口物理层上。

Release5 是在 2002 年 3 月完成的,是全 IP 网的第一个版本,其核心网部分在结构上引入 IP 多媒体子系统 (IMS)。Release5 只完成了 IMS 的基本功能和业务 (称为 IMS 的第一阶段),一些尚未完成的工作放在 Release6 中继续完善。Release5 的另一个主要增强是在无线接口引入了高速下行分组接入 (High Speed Downlink Packet Data, HSDPA) 技术,该技术可提高下行数据传输速率,最高可达 10Mbit/s。

Release6 于 2004 年 3 月发布。一方面,Release6 继续完善 IMS 第二阶段的功能,主要包括网络互通、安全性等方面的内容;同时,提出多种新型无线技术,如多输入多输出 (MIMO)、正交频分复用 (OFDM) 等;并针对网络共享、无线局域网 (WLAN) 与移动通信结合等问题展开了相关的研究;另外还制定了一些新的业务和功能,例如多媒体广播和组播 (MBMS)、Presence、Push 等。

由于标准的持续发展性,在 Release5、Release6 阶段,TD-SCDMA 标准在 HSDPA TDD 方式以及多种无线增强技术研究中不断完善和发展。

2. 3GPP2

3GPP2 制订的 CDMA2000 技术采用模块化的标准工作方式。也就是说,组成系统的各个模块 (无线接入部分、核心网电路部分、核心网分组部分) 根据自身技术的发展情况进行版本更新。一般来说,一个模块的技术更新不要求其他模块进行相应的技术更新。

核心网电路部分是标准体系中最为一个稳定的部分。到目前为止,仍然使用 ANSI41D 版本,与 IS-95 系统使用的版本相同,下一个版本预计还要 2~3 年才能完成。

核心网分组部分完全基于 IPv4 技术,安全、用户认证和服务质量 (QoS) 等关键领域也是基于 IP 技术的。标准系列中的 ReleaseA 是一个成熟而稳定的版本,ReleaseB 主要是功

能的增强,没有关键性的技术进步。目前正在进行 ReleaseC 的研究,仍然采用 IP 技术,但引入了 IPv6 技术,这部分的每个版本都可以支持 CDMA2000 1X、1X/EV-DO 和 1X/EV-DV。

无线接入部分是 CDMA2000 系统中比较活跃的部分。一般认为,Release0 版本不够稳定,ReleaseA 是一个可靠而稳定的版本,ReleaseB 是对功能的改善和提高,无重大技术进步,ReleaseC 中引入了 1X/EV-DV 技术。由于 1X/EV-DO 技术不支持语音,目前 3GPP2 正在研究 1X/EV-DV 的 ReleaseD 版本。

1.2.2 国内标准化情况

第三代移动通信的标准化研究是由中国通信标准化协会 (CCSA) 无线通信技术工作委员会 (CWTS) 来承担。CCSA 积极参与国际标准化活动,累计向 ITU (国际电信联盟, International Telecommunication Union) 和 3GPP、3GPP2 提交文稿近 500 篇。同时完成了信息产业部组织的第三代移动通信技术试验所要求的技术规范和测试规范的制定工作,为试验和下一步行标的制定,奠定了坚实的基础。

1. TD-SCDMA

为了完成 TD-SCDMA 在 3GPP 作为低码片速率的 CDMA TDD 技术的标准化, CWTS 积极参加 TSG-RAN 的各工作组会议,提交大量文稿,成功地在 2001 年 3 月的 3GPP 的 Release4 中完成,之后积极参与 Release4 的相关更新工作。目前已完成 TD-SCDMA 通信标准参考性技术文件的制定。

对于基于第二代 GSM 网络的 TD-SCDMA 标准 (即 TSM),已经完成 2.0 版本以上,并完成已用于第三代移动通信技术试验的相关设备规范和测试规范。

2. WCDMA 无线技术及 UMTS 核心网络

近年来,CCSA 一直在积极地跟踪 WCDMA 技术的发展,完成了基于 Release99 的 WCDMA 无线接口、无线接入网 (RAN)、核心网协议等 30 多个标准预研项目的研究。

在此基础上,已经基本完成了用于第三代移动通信技术试验的、基于 3GPP Release99 版本的 WCDMA 无线接口、无线接入网 (RAN)、核心网等近 30 个技术规范及测试规范的起草和审查工作。

对于 Release4、Release5 和 Release6 阶段的标准在组内开展同期的研究工作,主要研究领域集中在 HSDPA、MIMO、软交换、多媒体子域、网络共享、网络融合等方面。

3. CDMA2000 系列标准

从 2001 年初开始,CCSA 陆续完成了 CDMA2000 系统有关的一系列通信标准参考性技术文件,并完成了第三代移动通信技术试验的相关设备规范和测试规范。其中,设备规范包括基站、移动台和分组设备,接口规范包括空中接口、A 接口和分组接口。上述设备规范和接口规范均有对应的测试规范,其中移动台测试规范包括基本功能、协议有效性和兼容性等多个部分。另外,交换机和相关协议仍然采用原 IS-95 的标准。

1.3 HSDPA/HSUPA 技术的概述及演进阶段

2G 系统以传送语音和低速数据业务为目的,与采用频分多址 (Frequency Division Mul-

plex Access, FDMA) 接入方式的 1G 系统相比具有很多优点, 如频谱效率高、系统容量大、保密性能好等。2G 系统应用最为广泛的两个标准是 GSM 和 CDMA, GSM 标准体制较为完善, 技术相对成熟, 其不足之处是相对于模拟系统容量增加不多, 无法和模拟系统兼容, 不能提供分组数据业务等。为了弥补 GSM 提供分组数据业务能力的不足, 基于 GSM, 开发了 GPRS (Generic Packet Radio Service, 通用分组无线业务) 系统, GPRS 是架构于 GSM 上的无线网络, 能提供较高传输速率的分组数据业务。IS-95 采用 FDD 方式和 CDMA 方式, 利用 1.25MHz 载波带宽提供语音和低速数据业务。IS-95 系统中采用了扩频、RAKE 接收及功率控制等关键技术, 具有良好的抗干扰特性, 极大地提高了系统容量。由于 CDMA 系统在提高系统容量和抗干扰及无线衰落等方面的明显优势, 使得 CDMA 技术成为第三代移动通信的核心技术。2G 系统主要采用 TDMA 或 CDMA 方式, 具有频谱效率高、保密性好和语音质量好的特点, 既可以支持语音业务, 也可以支持低速数据业务。但是, 随着数据业务 (尤其是多媒体业务) 需求的不断增长, 2G 系统在系统容量、频谱效率等方面的局限性也日益显现。

为了解决 2G 系统所面临的主要问题, 同时满足对分组数据传输及频谱效率更高的要求, 1995 年, ITU 将未来公用陆地移动通信系统 (FPLMTS) 更名为国际移动通信 2000 (IMT-2000), 即第三代移动通信系统或 3G 系统。主要的 3G 标准, 如 WCDMA 等已经可以支持语音、数据、图像及多媒体等业务, 根据需要提供带宽且无线接口基本能满足以下要求: 快速移动环境中最高传输速率可达 144kbit/s; 室外到室内或步行环境中最高速率可达 384kbit/s; 室内环境中最高传输速率可达 2Mbit/s。为了进一步提高上、下行数据业务传输速率, 基于 WCDMA 提出了其增强技术 HSDPA 和 HSUPA。

HSDPA 是 3GPP 在 Release5 协议中为了满足上/下行数据业务不对称的需求而提出的一种可大大提高系统下行链路容量和数据业务传输速率的重要技术, 是 WCDMA 在无线部分的增强与演进, 它可以在不改变原有 WCDMA 网络结构的情况下, 把下行数据业务传输速率提高到 10.8 ~ 14.4Mbit/s, 不仅能有效地支持非实时业务, 同时也可以用于许多实时业务, 如流媒体等。

HSUPA 是 3GPP 在 Release6 协议中提出的一种可大大提高上行链路容量和业务数据传输速率的又一项重要技术, 是 WCDMA 在无线部分的进一步增强与演进, 它可以在不改变原有 WCDMA 网络结构的情况下, 将上行链路用户的峰值速率提高 2 ~ 5 倍, 达到 1.4 ~ 5.8Mbit/s。

根据 3GPP 组织的定义, HSDPA 的发展将主要分为三个阶段: 在 HSDPA 第一阶段, 通过使用链路自适应和适应性调制 (QPSK/16QAM)、混合自动重传请求 (HARQ) 及快速调度等技术, 将峰值传输速率提高到 10.8 ~ 14.4Mbit/s; 在 HSDPA 第二阶段, 通过引入一系列天线阵列处理技术, 峰值传输速率可提高到 30Mbit/s; 在 HSDPA 第三阶段, 通过引入 OFDM 空中接口技术和 64QAM 等, 将峰值传输速率提高到 100Mbit/s 以上。其具体目标及特性如表 1-1 所示。

表 1-1 HSDPA 三大阶段的特性

阶段	第一阶段	第二阶段	第三阶段
名称	基本型 HSDPA	增强型 HSDPA	新空中接口
版本	3GPP Release5	3GPP Release6	标准制定中

(续)

阶段	第一阶段	第二阶段	第三阶段
实现目标	峰值传输速率达到 10.8Mbit/s	峰值传输速率提高到 30Mbit/s 左右	峰值传输速率提高到 100Mbit/s 以上
引入功能	控制信道支持高速下行 链路共享信道 (HS-DSCH) 自适应调制 (QPSK 和 16QAM) 和速率匹配 Node-B 中具有共享高速 下媒体接入控制 (MAC- hs) 协议	引入一系列天线阵列处 理技术: 对于单天线的移动设备, 将使用具有波束赋形技术 的灵巧天线 对于具有 2~4 幅天线的 移动设备, 将引入 MIMO 技术	引入新的空中接口技术: 使用与更高阶调制方案 (如 64QAM) 和天 线阵列处理相结合的 OFDM (正交频分复用) 物理层 引入具有快速调度功能的 MAC-hs/OFDM, 能够根据空中接口的质量为每个移动设备选择 专用子载波, 以优化性能 使用多标准 MAC (Mx-MAC) 作为控制实 体, 以实现正交频分多址复用 (OFDMA) 和 CDMA 信道间的快速转换 改进的信号处理技术, 包括智能天线 (SA)、 联合检测 (JD)、改进的接收机、改进的信道 预估和预测及链路自适应能力等

1.3.1 HSDPA 第一阶段

在第一阶段, HSDPA 通过码分多址复用技术与 3GPP Release99 规范使用的信道共享成对频率波段。与 3GPP Release99 规范相比, HSDPA 第一阶段的主要变化在于以下几个方面:

1. 增加了 3 个新的物理信道

1) 高速下行共享物理信道 (HS-PDSCH)。HS-PDSCH 的主要功能和特点包括: 携带实际分组数据; 扩频因子 (SF) = 16; 采用 QPSK 和 16QAM 调制技术; 由 Node-B 控制功率; 每个信元可以拥有多达 15 个 HS-PDSCH; 每个信元峰值传输速率可达 14.4Mbit/s。

2) 高速共享控制信道 (HS-SCCH)。HS-SCCH 主要用于承载下行链路的信令信息。这些信令信息包括信道编码集、调制方案、传输分组大小、HARQ 处理号、新数据标志和用户设备 (UE) 身份。

3) 高速专用物理控制信道 (HS-DPCCH)。HS-DPCCH 主要用于携带上行链路的信令信息。这些信令信息包括确认/否认 (ACK/NACK) 应答、信道质量指示器 (CQI)、SF = 256、QPSK、端接 Node-B。

在 HS-PDSCH 和 HS-SCCH 中无宏分集传输, 但接入 HSDPA 的用户设备始终具有一个关联的专用信道 (DCH) 连接, 并且有可能使用宏分集传输。每个信元的 HS-PDSCH 和 HS-SCCH 的最大发射功率由无线网络控制器 (RNC) 通过控制层确定。3GPP Release99 规范并未使用每个信元的所有可用发射功率, 而 HS-PDSCH 和 HS-SCCH 可以全部使用这些发射功率。

HS-PDSCH、HS-SCCH 和 HS-DPCCH 均使用 2ms 的传输时间间隔 (TTI), 这个时间间隔也称为“子帧”。HSDPA 系统的调制、编码速率、功率和其他传输参数, 都可以随每一个子帧而改变。

2. HS-PDSCH 使用自适应调制和 Turbo 编码技术

自适应调制和编码技术能够根据用户瞬时信道质量状况和当前资源选择最合适的下行链路调制和编码方式,从而使用户获得尽量高的数据吞吐率。当用户处于有利的通信地点时,用户数据发送可以采用高阶调制和高传输速率的信道编码方式,如 16QAM 和 3/4 编码速率,从而得到高的峰值速率;而当用户处于不利的通信地点时,网络则选取低阶调制方式和低传输速率的信道编码方案,例如:QFSK 和 1/4 编码速率,来保证通信质量。Turbo 编码不仅在信噪较低的高噪声环境下性能优良,而且有抗衰落、抗干扰能力强的特点。在信噪比低的无线信道中,与第二代移动通信中的级联 RS 加卷积码相比, Turbo 码性能可提高 1dB 以上。链路自适应由 Node-B 完成,它根据用户设备 CQI 报告的即时广播信道质量来调节 HS-DSCH 数据分组的传输格式。

3. 引入一个新的 MAC 实体 MAC-hs 来控制 HS-DSCH, 它位于 Node-B 中

HSDPA MAC-hs 业务处理在 HSDPA BB (基带处理板) 中完成。一个 HSDPA BB 可以支持多达 6 个独立的 MAC-hs 实体,每个信元分配一个 MAC-hs 实体。每个 HSDPA BB 配备 512 个优先队列,可以同时支持 64 个用户设备且每个用户具有 8 个不同优先级。每个信元可提供多达 32 个 HS-SCCH。HSDPA BB 上的处理资源和优先队列信息可以被最多 6 个 MAC-hs 共享,因此这 6 个 MAC-hs 必须能够协调一致地运行。

MAC-hs 功能和特点包括:

- 1) Iub 中数据流控制。
- 2) 优先队列中的分组数据 (MAC-d 协议数据单元) 的缓存。
- 3) 分组调度和优先权处理。

4) 快速分组调度机制。快速分组调度机制位于 Node-B 中,负责管理 HS-DSCH 资源。根据用户设备的 CQI 报告,快速分组调度机制决定在某一个特定的 2ms 时间间隔 (TTI) 内应该将资源调度给哪一个用户设备。快速分组调度机制还负责为 HS-DSCH 数据包选择调制和编码方案及发射功率。由于快速分组调度机制实时掌握广播信道的质量信息,因此可以利用多用户分集,以避免在破坏性的信道衰减期间调度数据包。MAC-hs 调度程序随后将存储在优先缓冲器中的数据传送给层 1。MAC-hs 在作出调度决定时,将会综合考虑以下参数: QoS 参数、来自用户设备的用于指示空中接口质量的 CQI 反馈、先前发送的数据块的 ACK/NACK 情况、优先缓冲器填充信息、运营商根据计费模式定义的不同用户优先权等级等。

4. HARQ 协议

HARQ 协议是 ARQ 协议的改进,它使用增量冗余技术而用于分组数据传输,能够比传统的 ARQ 协议更好更快地进行检错重发。而 HARQ 可自动根据瞬时信道条件,灵活地调整有效编码速率,还可以补偿由于采用链路适配所带来的误码。由于 HARQ 协议端接到 Node-B 中,因此不存在经过 Iub 的数据重发。使用 16QAM 时, Node-B 发射器在 EVM (误差矢量振幅) 线性要求上比 3GPP Release99 要严格,需要对功率放大器的 EVM 线性进行改进,改进后必须能够实现更复杂的剪裁和预失真算法。

HARQ 机制的形式很多,而 HSDPA 技术中主要采用 3 种增量冗余的 HARQ 机制: Type-I HARQ、Type-II HARQ 和 Type-III HARQ。HSDPA 允许根据系统性能和设备复杂度来选择相应的 HARQ 机制。

3GPP 并不限制接入 HSDPA 的用户设备数量。然而,实际能够接入的用户设备数量受