

3G 实用技术系列丛书

TD-SCDMA HSDPA  
系统设计与组网技术

李 军 编著

電子工業出版社

**Publishing House of Electronics Industry**

北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

本书从 TD-HSDPA 工程建设和应用的角度出发,系统介绍了 TD-HSDPA 物理层的基本理论、关键技术、无线资源管理机制、网络规划与优化、实际案例、外场测试及未来技术演进方向,为读者深入理解 TD-HSDPA 承载高速数据业务理论和实际部署提供了重要参考。本书论述深入浅出,内容充实全面,实用性强,既包括 TD-HSDPA 物理层理论和关键技术,又包含 TD-HSDPA 网络规划和优化组网方面的实际经验和案例,在技术研究和工程建设方面具有实际指导和借鉴意义。

本书适合从事无线网络规划和优化的工程师,通信及电子工程专业的大学生、研究生以及工程技术人员阅读。

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

TD-SCDMA HSDPA 系统设计与组网技术 / 李军编著. —北京: 电子工业出版社, 2010.8

(3G 实用技术系列丛书)

ISBN 978-7-121-11691-9

I. ①T… II. ①李… III. ①码分多址—移动通信—通信网 IV. ①TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 165770 号

责任编辑: 宋 梅

印 刷:

装 订:

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: 17.5 字数: 392 千字

印 次: 2010 年 8 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 46.00 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 zls@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

## 出版说明

2009年,中国通信产业迎来了重大的变化,三张3G网络运营牌照的陆续发放及3G的商用,加快了通信市场变革的步伐,标志着中国已正式进入了3G时代,也标志着新一轮市场角逐的开始。目前,3G建设和运营取得了显著进展,已经完成网络投资1609亿元,共建设基站32.5万个,用户数超过1500万。中国移动的TD-SCDMA网络已完成基站建设8.7万个,覆盖全国238个地级市,在已经启动的TD-SCDMA三期项目中,将覆盖全国70%以上的地级市;中国电信的CDMA网络也覆盖了全国300多个地级市,目前大部分基站已经完成了向EVDO的升级;起步较晚的中国联通则以最快的速度建成了一张覆盖285个城市的WCDMA网络,现已陆续商用。

随着3G网络技术在中国的大力发展,3G业务和应用将逐渐被用户和市场认可。为推进移动通信产业的持续发展,我们携手通信产业技术引导领袖、产业技术研发的主要力量、运营商、设备厂商及研究机构和相关高等院校的专家学者,会聚各路技术精英,策划出版了这套面向3G时代的《3G实用技术系列丛书》,希望能够对我国3G网络的建设和发展有一定的指导和借鉴意义。本套丛书凝聚了他们在理论研究和实践工作中的最新成果和大量经验,以及电子工业出版社编书人的心血和汗水。丛书以3G成功商用后移动通信的技术演进脉络及网络融合与全业务运营等内容为主线,注重业内读者最关心的内容,以实用性、可读性强为特色,结合3G网络部署和运营中的一些经典案例,就3G网络部署、规划与优化,应用开发与技术创新,B3G与3G演进,LTE-Advanced,以及NGN等前沿主导技术内容进行了深入浅出的翔实论述,相信业界的广大读者通过阅读本套丛书一定能够得到某种启示,在日常工作中有所借鉴和帮助。

本套丛书的读者群定位于运营商、设备制造商、研究院和设计院等从事3G网络部署、规划、优化、运营和维护等工作的工程技术人员和技术管理人员,高等院校相关专业的高年级学生和研究生,以及所有对3G网络技术感兴趣的人士。

在本套丛书的编辑出版过程中,我们得到了业界众多专家、学者的鼎力帮助,丛书的编著者们为之付出了大量的心血和汗水,对此,我们表示衷心感谢!同时,也热切欢迎广大读者对本套丛书提出宝贵意见和建议,或推荐其他优秀的选题(E-mail:mariams@phei.com.cn),以帮助我们在未来的日子里,为广大读者及时推出更多、更好的通信网络技术类优秀图书。

电子工业出版社  
2010年3月

# 前 言

移动通信的发展历程可以概括为每 10 年更新一代，同时信息速率大约增加 10 倍。一代移动通信技术决定着 10 年左右的世界电信产业基本格局，极大地改变了人们的生活和工作。具体而言，第一代移动通信是在 20 世纪 80 年代发展起来的，传输速率为 1 bps~10 kbps，主要业务种类为模拟语音和极低速数据；第二代移动通信是在 20 世纪 90 年代兴起的，传输速率为 10~100 kbps，主要业务为数字语音和低速数据；当前正在世界范围内风起云涌的第三代移动通信是在 2000 年后发展起来的，传输速率为 100 kbps~2 Mbps，甚至达到 10 Mbps，主要提供多媒体和中速数据业务。2005 年 10 月，ITU 将超 3G (4G) 技术命名为 IMT-Advanced 技术，传输速率为 100 Mbps~1 Gbps，主要承载高速流媒体业务，将把移动无线通信技术的发展推向另一个高峰。

TD-SCDMA 作为第三代移动通信国际标准，是我国科技自主创新的重要标志，发展 TD-SCDMA 集中体现了国家自主创新的战略，受到了中国政府和社会各方面的高度关注。3G 时代的到来，对我们而言，既是机遇又是挑战，移动宽带数据通信和业务是运营商新的利润增长点。TD-HSDPA 通过引入一系列物理层关键技术，提高了频谱利用率，实现了 TD-SCDMA 下行链路的高速数据传输。TD-HSDPA 的部署和实施有利于运营商充分发挥 TD-SCDMA 提供高速数据业务的技术优势，提高客户感知度，保持公司持续的竞争力，摆在我们面前亟待研究的课题包括摸索 TD-HSDPA 组网及网络规划、建设、优化的方法和技术，积累相关的经验，在网络性能和运营模式方面取得较大的进步和提升。

本书从 TD-HSDPA 工程建设和应用的角度出发，系统介绍了 TD-HSDPA 基本原理、关键技术、无线资源管理、网络规划和优化、外场测试结论和未来技术演进。

全书共 8 章。

第 1 章：系统介绍了 TD-SCDMA 的标准化进程，简要描述了 TD-SCDMA 关键技术和与其他 3G 标准的区别，论述了 TD-SCDMA 的技术演进方向、TD-HSDPA 的技术特征、商用部署中需要考虑的问题和长期演进中面临的机遇和挑战。

第 2 章：总体论述了 TD-HSDPA 空中接口协议栈，详细讨论了空中接口物理层的结构和物理信道的配置，重点描述了 TD-HSDPA 空中接口 MAC 层的协议机制和功能，简单介绍了空中接口 RRC 无线资源控制的功能。

第 3 章：主要分析和介绍了 TD-HSDPA 的关键技术，主要包括 16QAM、AMC、HARQ 和快速调度算法等，描述了多载波捆绑技术和数据传输流程。

第 4 章：深入分析了 TD-HSDPA 无线网络资源管理的关键机制，包括速率控制、信道资源分配和数据业务动态承载转换策略等。

第 5 章和第 6 章：主要分析了 TD-HSDPA 无线网络规划与优化的方案、原则和典型案

例，引导读者利用总结提炼的经验解决网络规划和优化中的实际问题。

第 7 章：主要针对 TD-HSDPA 外场测试和性能分析，从覆盖、容量、干扰、网络质量和 QoS 保证等方面对 TD-HSDPA 的外场性能进行分析。

第 8 章：简单介绍了 TD-HDDPA 的未来演进技术 HSUPA、HSPA+、TD-LTE、IMT-Advanced 及未来发展趋势。

书中的内容和素材除了来自引用的参考文献外，紧密结合中国移动目前最新的建设思路和组网方案，融入了作者多年来从事无线网络规划与优化工作的理解和体会。衷心感谢河南移动公司网络管理中心的同事们对本书编著给予的大力支持。参与本书编写工作的还有杨浩、袁林、侯林、徐春青、陈亚杰、郭达和李劫。

本书立足于实用性的原则，理论联系实际，以通俗易懂的方式，使读者在较短的时间内，对 TD-HSDPA 理论、性能、网络规划与优化及后期演进有一个全面的认识 and 了解。本书可作为从事计算机、通信及电子工程专业的工程师、大学生、研究生及相关研究人员和工程技术人员的参考书。

由于时间仓促，作者水平有限，书中难免有疏漏和不当之处，恳请读者批评指正，以便进一步修改完善。

李军于河南移动公司  
2010 年 5 月

# 目 录

第 1 章 TD-SCDMA 系统的标准化和技术演进 .....	1
1.1 移动通信的发展历程 .....	1
1.1.1 移动通信系统的发展 .....	1
1.1.2 移动互联网的发展 .....	3
1.1.3 电信业务的发展趋势 .....	4
1.2 TD-SCDMA 系统的标准化 .....	4
1.3 TD-SCDMA 的业务应用 .....	6
1.4 TD-SCDMA 系统架构 .....	7
1.5 TD-SCDMA 系统关键技术 .....	9
1.5.1 时分双工 (TDD) .....	9
1.5.2 联合检测 (Joint Detection) .....	10
1.5.3 智能天线 (Smart Antenna) .....	11
1.5.4 上行同步 (Uplink Synchronization) .....	13
1.5.5 接力切换 (Baton Handover) .....	14
1.5.6 动态信道分配 (DCA) .....	14
1.6 TD-SCDMA 与其他 3G 制式技术比较 .....	15
1.7 TD-SCDMA 系统的技术演进 .....	17
1.8 TD-HSDPA 增强技术特征 .....	19
1.9 TD-HSDPA 商用部署考虑的问题 .....	19
1.10 TD-SCDMA 长期演进中面临的机遇和挑战 .....	20
1.10.1 TD-SCDMA 产业链的发展 .....	20
1.10.2 TD-SCDMA 产业面临的发展机遇 .....	21
1.10.3 TD-SCDMA 产业面临的挑战 .....	22
参考文献 .....	22
第 2 章 TD-HSDPA 空中接口协议 .....	23
2.1 TD-HSDPA 空中接口协议栈的引入 .....	23
2.2 TD-HSDPA 空中接口物理层 .....	24
2.2.1 TD-SCDMA 物理层概述 .....	24
2.2.2 TD-HSDPA 物理信道结构 .....	27
2.2.3 TD-HSDPA 中的物理信道配置 .....	28

2.2.4	伴随物理信道 (A-DPCH) 的功能	32
2.3	TD-HSDPA 空中接口 MAC 层协议	32
2.3.1	MAC 实体的功能	32
2.3.2	UE 侧 MAC 结构和功能	33
2.3.3	MAC-hs 实体功能描述	34
2.3.4	逻辑信道和传输信道	37
2.4	TD-HSDPA 空中接口 RRC 层协议	38
	参考文献	40
<b>第 3 章</b>	<b>TD-HSDPA 物理层关键技术</b>	<b>41</b>
3.1	TD-HSDPA 的技术特点	41
3.2	高阶调制技术	41
3.2.1	编码和调制对速率影响	41
3.2.2	16QAM 高阶调制	42
3.2.3	16QAM 星座重排机制	43
3.3	自适应调制编码	44
3.3.1	自适应调制编码 (AMC) 的原理	44
3.3.2	AMC 技术中的信息反馈机制	46
3.3.3	AMC 技术对 TD-HSDPA 性能指标的影响	46
3.4	混合自动请求重发 (HARQ)	48
3.4.1	TD-HSDPA 高效的系统架构	48
3.4.2	混合自动请求重发 (HARQ) 原理	49
3.4.3	HARQ 的分类	50
3.4.4	HARQ 的工作机制	51
3.4.5	HARQ 技术对 TD-HSDPA 性能指标的影响分析	51
3.4.6	HARQ 的改进方案	52
3.5	快速调度算法	54
3.5.1	快速调度原理	54
3.5.2	调度算法分类	54
3.5.3	调度算法考虑的因素	55
3.5.4	三种调度算法性能比较	57
3.6	多载波捆绑技术	58
3.6.1	UTRAN 侧处理流程	58
3.6.2	终端侧处理流程	59
3.6.3	多载波捆绑技术特征	60

3.7 TD-HSDPA 数据传输流程 .....	61
参考文献 .....	62
<b>第 4 章 TD-HSDPA 无线资源管理 .....</b>	<b>63</b>
4.1 TD-SCDMA 无线资源管理概述 .....	63
4.2 TD-HSDPA 无线资源管理架构 .....	64
4.3 PS 速率控制算法 .....	65
4.3.1 应用场景 .....	65
4.3.2 PS 速率控制的基本思想 .....	67
4.3.3 PS 速率控制算法 .....	67
4.3.4 动态信道配置控制 DCCC 算法 .....	68
4.3.5 状态迁移算法 .....	72
4.3.6 DCCC 算法外场性能测试 .....	74
4.4 TD-HSDPA 接纳控制和负载控制 .....	79
4.5 HSDPA 与 R4 动态承载控制策略 .....	86
4.6 TD-HSDPA 码资源配置策略 .....	96
4.7 TD-HSDPA 分组数据调度策略 .....	99
参考文献 .....	101
<b>第 5 章 TD-HSDPA 无线网络规划 .....</b>	<b>103</b>
5.1 无线网络规划概述 .....	103
5.2 TD-HSDPA 无线网络规划流程 .....	104
5.3 TD-HSDPA 网络的部署策略 .....	106
5.3.1 TD-HSDPA 网络非连续覆盖 .....	106
5.3.2 TD-HSDPA 网络连续覆盖 .....	107
5.3.3 TD-HSDPA 网络部分连续覆盖 .....	108
5.3.4 TD-HSDPA 引入策略比较 .....	108
5.4 TD-HSDPA 无线覆盖规划 .....	109
5.4.1 TD-HSDPA 覆盖原理 .....	109
5.4.2 TD-HSDPA 覆盖规划流程 .....	110
5.4.3 TD-HSDPA 覆盖分析 .....	111
5.5 TD-HSDPA 容量规划 .....	114
5.5.1 TD-HSDPA 理论容量分析 .....	114
5.5.2 TD-HSDPA 容量规划流程 .....	114
5.5.3 TD-HSDPA 容量分析 .....	116
5.6 TD-HSDPA 组网策略 .....	119

5.6.1	TD-HSDPA 组网策略简介	119
5.6.2	基于 N 频点的频率规划方案	120
5.6.3	时隙配比规划	123
5.6.4	码道配置规划	125
5.7	TD-HSDPA 空分复用技术	129
5.7.1	TD-HSDPA 空分复用基本原理	129
5.7.2	TD-HSDPA 空分复用信道配置	130
5.7.3	TD-HSDPA 空分复用对设备及规划产生的影响	131
5.7.4	TD-HSDPA 空分复用对传输的需求	131
5.7.5	TD-HSDPA 空分复用的部署建议	132
5.8	TD-HSDPA 传输链路规划	132
5.8.1	TD-SCDMA Iub 接口协议结构	133
5.8.2	Iub 接口的传输链路占用带宽计算	135
5.8.3	Iub 接口配置计算方法在实际系统中的应用	139
	参考文献	139
<b>第 6 章 TD-HSDPA 无线网络优化</b>		<b>141</b>
6.1	TD-HSDPA 无线网络优化原则与思路	141
6.1.1	优化原则	141
6.1.2	优化的总体思路	143
6.1.3	网络开通后的整体优化	144
6.2	TD-HSDPA 无线网络优化流程	144
6.3	TD-SCDMA 数据业务面临的问题	145
6.4	TD-HSDPA 数据业务优化措施	148
6.4.1	TD-HSDPA 网络覆盖优化	148
6.4.2	TD-HSDPA 网络容量优化	149
6.5	TD-HSDPA 信道配置参数优化	153
6.6	TD-HSDPA 资源分配算法优化	155
6.7	TD-HSDPA 业务质量优化	157
6.8	TD-HSDPA 优化典型案例分析	160
6.8.1	信道设置优化案例	160
6.8.2	室内 HSDPA 速率优化案例	161
6.8.3	两个 HSDPA 用户上网速率下降的案例	163
6.8.4	HSDPA 下载过程出现速率陡降案例	166
	参考文献	167

<b>第 7 章 TD-HSDPA 外场测试和性能分析</b> .....	168
7.1 测试目标 .....	168
7.2 测试环境和测试仪表 .....	168
7.3 测试内容 .....	169
7.4 TD-HSDPA 室外小区单用户吞吐量测试 .....	169
7.4.1 测试内容 .....	169
7.4.2 测试结果 .....	170
7.4.3 测试结果分析 .....	171
7.4.4 结论和建议 .....	181
7.5 TD-HSDPA 密集城区覆盖能力测试 .....	181
7.5.1 测试结果 .....	181
7.5.2 测试结果分析 .....	182
7.5.3 结论和建议 .....	185
7.6 TD-HSDPA 室内分布系统容量测试 .....	186
7.6.1 测试结果 .....	186
7.6.2 测试结果分析 .....	187
7.6.3 结论和建议 .....	191
7.7 TD-HSDPA 室外容量的测试 .....	191
7.7.1 测试结果 .....	191
7.7.2 测试结果分析 .....	194
7.7.3 结论和建议 .....	203
7.8 基于 QoS 的 TD-HSDPA 功能和性能测试 .....	204
7.8.1 测试结果 .....	205
7.8.2 测试结果分析 .....	212
7.8.3 结论和建议 .....	218
7.9 TD-HSDPA 网络质量测试 .....	218
7.9.1 测试结果及分析 .....	218
7.9.2 结论和建议 .....	229
7.10 测试总结与建议 .....	230
参考文献 .....	230
<b>第 8 章 TD-HSPA 的技术演进</b> .....	231
8.1 TD-HSUPA 基本原理和组网方案 .....	231
8.1.1 TD-HSUPA 技术的引入 .....	231
8.1.2 TD-HSUPA 的协议架构和工作流程 .....	232

8.1.3	TD-HSUPA 中关键技术	234
8.1.4	TD-HSUPA 组网方案	236
8.1.5	TD-HSUPA 的标准化进展	238
8.2	TD-HSPA 与 TD-MBMS 技术融合方案	239
8.2.1	MBMS 原理与技术特征	239
8.2.2	MBMS 技术特征	241
8.2.3	HSPA 与 MBMS 的融合方案	241
8.3	TD-HSDPA+ 技术特征	242
8.3.1	TD-HSPA+ 的标准化进程和目标	242
8.3.2	TD-HSPA+ 采用的关键技术	244
8.3.3	TD-HSPA+ 技术的引入策略和建议	247
8.4	TD-LTE 的技术发展和演进	248
8.4.1	3GPP LTE 的引入	248
8.4.2	LTE 与 HSPA+ 的区别	249
8.4.3	LTE 的需求设计目标	249
8.4.4	LTE 的总体系统架构	250
8.4.5	3GPP SAE 的网络架构	251
8.4.6	LTE 空中接口协议	254
8.4.7	LTE 中的关键技术	255
8.4.8	TDD 和 FDD 技术的共用	256
8.4.9	TD-LTE-Advanced 长期演进技术	257
8.4.10	TD-LTE 项目的标准化过程	260
	参考文献	263
附录 A	缩略语	264

# 第 1 章 TD-SCDMA系统的标准化和技术演进

## 1.1 移动通信的发展历程

### 1.1.1 移动通信系统的发展

目前，伴随着计算机和微电子技术的飞速发展，移动通信正朝着高带宽、高性能方向演进。由于人们对移动通信业务需求驱动，如图 1.1 所示，在短短几十年内，移动通信从最初的模拟技术，发展到第二数字技术和第三代宽带多媒体系统。第一代移动通信系统（1G）起源于 20 世纪 80 年代中期，主要采用频分多址（FDMA）和模拟技术，系统存在容量限制和安全性差等不足和缺陷，具有代表性的系统是欧洲 E-TACS 和美国 AMPS。

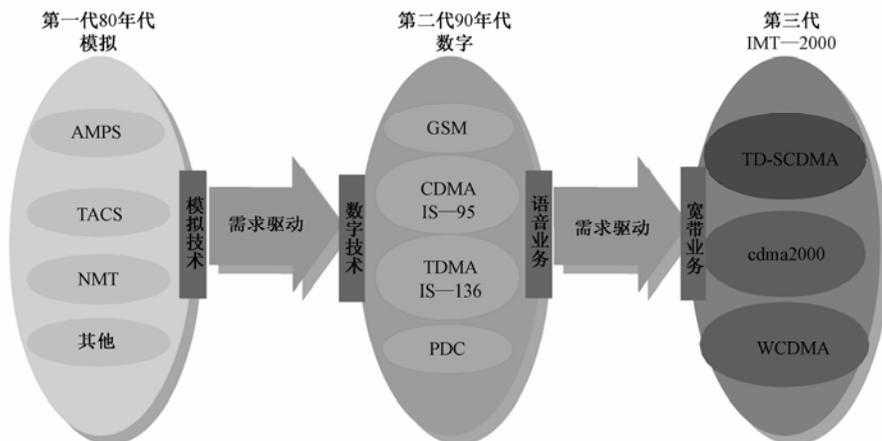


图 1.1 移动通信的发展

第二代移动通信系统（2G）起源于 20 世纪 90 年代初期，主要以 GSM 和窄带 CDMA（IS-95）为代表的数字系统，采用时分多址（TDMA）和码分多址（CDMA）方式实现语音和低速数据等业务。与第一代移动通信系统相比，第二代移动通信系统完成了模拟技术向数字技术的转变。

第三代移动通信系统（3G）以 TD-SCDMA，WCDMA 和 cdma2000 三种主流技术为代表，随后，来自北美的 WiMAX 也加入了 3G 阵营。与前两代系统相比，3G 可以承载宽带多媒体业务，如可视电话、高速数据、手机电视和高精度定位等。

移动通信系统的宽带化满足了人们不断提高的通信业务需求。为了提高移动通信系统的数据传输率，国际标准化组织 3GPP 和 3GPP2 均在大力开展新一代移动通信系统的研究。3GPP 提出的 WCDMA 系统在 R99 版本中公布，接入网部分主要定义了全新的 5 MHz 每载频的宽带码分多址接入网，数据速率可支持 144 kbps 和 384 kbps，理论上可达 2 Mbps。在 R5 版本接入网中引入了 HSDPA 的概念，可以支持高速下行分组数据接入，峰值数据速率高达 14 Mbps。当前，3GPP 又致力于 LTE（长期演进计划）的研究和标准化，进一步将下行数据传输能力提高到 100 Mbps。3GPP2 提出的 cdma2000 1x 系统可支持 308 kbps 的数据传输，其增强演进版 EV-DO 是在 cdma 2000 1x 基础上进一步提高了数据传输的带宽，能够在 1.25 MHz 带宽内提供 3 Mbps 以上的数据业务（cdma2000 1x EV-DO Rev.B）。3GPP2 修正了空中接口的后续演进方向，同样计划向 LTE 方向演进。

如图 1.2 所示，移动通信技术发展呈现三大特征：

- 数字技术取代模拟技术，演进到 3G 多媒体和无处不在的 4G 业务环境；
- 大区制发展到蜂窝小区，采用频率复用技术，提高系统容量和频谱利用率；
- 容量更大的多址方式，从 FDMA 和 TDMA 到 CDMA 和 SDMA 多址方式。

1G	2G		3G		4G
模拟通信	数字通信		多媒体通信		无处不在的业务环境
模拟调制技术 小区制 硬切换 网络规划	数字调制技术 数据压缩 软切换 差错控制 高质量语音业务		多媒体业务 384 kbps 标称速率 分组数据业务 动态无线资源管理		随时随地无线接入 无缝业务提供 网络融合与重配置 多媒体终端 大于 10 Mbps 速率 基于全 IP 核心网
AMPS TACS NMT-450 NTT	GSM IS-95-A PDC	HSCSD/GPRS IS-95-B EDGE	WCDMA TD-SCDMA cdma2000 WiMAX	HSPA cdma2000 EVDO	
	9.6~14.4 kbps		0.144~2 Mbps	大约 10 Mbps	大约 100 Mbps

图 1.2 移动通信的技术特征

移动通信业务提供能力的总体发展趋势如图 1.3 所示，可以看出，在移动通信发展的不同阶段，可以为用户提供不同的业务种类。随着人们对通信业务要求的与日俱增，目前，移动通信系统提供的传统服务已经不能满足未来用户对业务多样化的需求。同时，随着用户数的迅猛增加，现有的系统也很难满足不断增长的容量需求。移动通信系统宽带化以及

向下一代移动通信系统（B3G 和 4G）增强演进是必然的发展方向，演进方式和关键技术的选择已成为业界普遍关注和研究的焦点。

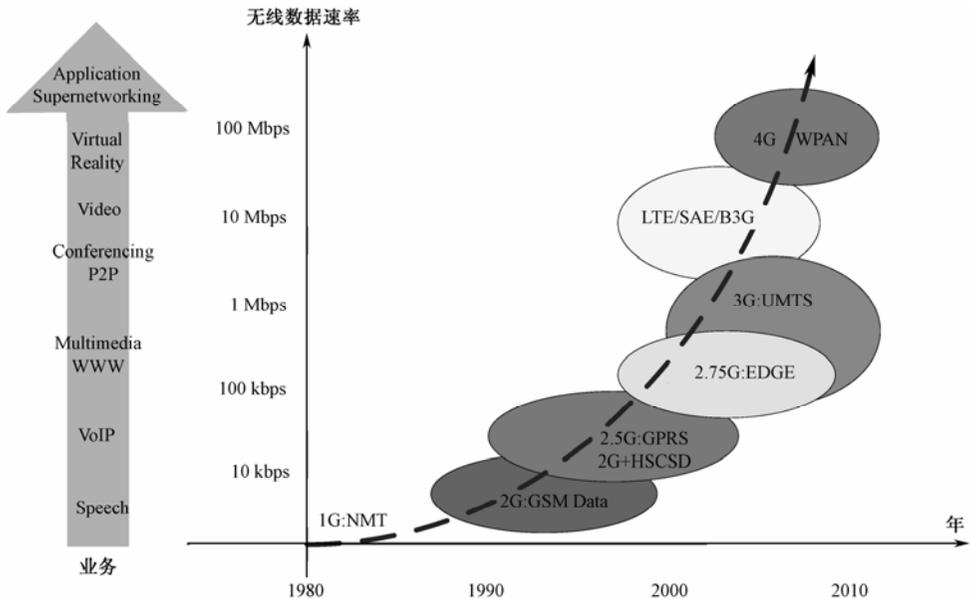


图 1.3 移动通信业务提供能力总体发展趋势

## 1.1.2 移动互联网的发展

如今，互联网已经渗透到人们日常生产生活的方方面面，起到非常积极的正面作用，日益成为大众文化传播的新途径、现代社会生活的新工具、科学技术创新的新平台、经济贸易合作的新载体以及社会公众服务的新手段。一言以蔽之，互联网已经成为全球信息基础设施，成为信息化社会中不可或缺的重要组成部分。

互联网的飞速发展，使人们对互联网接入的需求也随之水涨船高。除了在家和办公室接入互联网外，也出现了随时随地，甚至在步行和乘车等移动过程中接入互联网的需求。与此同时，无线接入提供了相应的技术条件，除了无线局域网（WLAN）之外，还有 WCDMA，cdma 2000 1x EV DO，TD-SCDMA 和 WiMAX 等 3G 移动通信技术。相对于传统互联网而言，移动互联网的概念强调可以在移动中接入互联网并使用相关业务，采用手机、PDA、便携式计算机和专用移动互联网终端等作为终端，以移动通信网或 WiFi 作为接入手段，直接或通过 WAP 协议访问互联网，并使用互联网业务。

在电信运营商和互联网企业共同推动以及移动互联网用户规模增长等因素驱动下，2009 年，中国移动互联网市场规模达到 147.8 亿元人民币，同比增长 25.8%。电信运营商

针对中高端用户开展移动互联网业务营销效果逐步显现，是移动互联网用户消费能力提升的主要原因。此外，手机搜索和手机游戏等移动互联网业务也取得了良好的市场业绩表现。2009年，中国移动互联网用户规模达到1.96亿户，同比增长66.7%。移动互联网用户快速增长主要取决于两方面因素：一方面，电信运营商大幅下调手机上网资费和实施积极市场营销策略，增强了用户手机上网的意愿，提高了手机上网用户的活跃度和使用黏性；另一方面，手机应用服务快速的发展更好地满足了用户多元化和个性化服务需求，很大程度上提升了用户体验。

### 1.1.3 电信业务的发展趋势

#### (1) 移动化

语音业务的移动化已是不争的事实，全球移动用户数已经超过40亿，随着3G，尤其是属于3.5G的HSPA在全球的规模化商用，以及属于3.9G的LTE准商用系统的出现，移动宽带技术在数据业务和多媒体业务上的潜力和价值得到充分挖掘和展示。可以预见，电信业务的移动化趋势也必将从传统的语音业务拓展到数据业务和多媒体业务范畴。

#### (2) 宽带化

无论移动网业务还是固定网业务，都在向宽带化方向演进。目前，移动网的发展主要集中在3G/3.5G上，技术研发重点已经转向LTE，基本目标需要达到在20MHz带宽上，提供下行100Mbps、上行50Mbps的数据速率。由于移动宽带与固定宽带两种业务特性不一样，使用场景不同，市场定位差异明显，移动业务能够提供随时随地的个性化服务，随着资费的不断下调，移动宽带业务发展速度将会越来越快，其业务总量必将超过固定宽带业务。

#### (3) IP化

无论是宽带化，还是移动化，最终目标是向全IP化方向演进。IP的灵活性和开放性使其成为未来融合网络的基础。早在网络IP化之前，运营商的业务已经开始转向IP化。正是基于用户IP化的业务需求，才推动了网络的IP化。业务IP化、终端IP化与IP承载技术相辅相成，共同推动着运营商向全IP网络演进。

## 1.2 TD-SCDMA系统的标准化

TD-SCDMA技术与标准的发展和未来演进可以大致分为三个阶段和两大类技术。三个阶段分别是TD-SCDMA及TD-SCDMA增强型技术标准阶段、TD-SCDMA长期演进(TD-LTE)技术阶段、4G(IMT-Advanced)技术阶段。两大类技术分别是指第一阶段基

于 CDMA 的 TD-SCDMA 及 TD-SCDMA 增强型技术，基于 OFDM 的第二阶段的 LTE 和第三阶段 4G 技术。

TD-SCDMA 技术与标准的第一阶段又可以分为 TD-SCDMA 基本版本阶段及 TD-SCDMA 增强型版本阶段。TD-SCDMA 基本版本即 3GPP R4 版本，主要是实现语音和中低速数据业务；TD-SCDMA 增强型版本是指 TD-SCDMA 的 3GPP R5/R6/R7 版本。TD-SCDMA 增强技术是在 TD-SCDMA 现有技术的基础上，通过引入 HARQ、AMC、高阶调制、快速调度机制和 MIMO 等先进技术，大幅度提升系统性能，满足 TD-SCDMA 现有网络的快速升级和部署。采用 CDMA 技术为基础，没有技术体制上的更新换代，TD-SCDMA 增强技术以 HSDPA，HSUPA，MBMS 和 HSPA+ 为代表。

TD-SCDMA 标准第二阶段可以称为 TD-LTE 长期演进阶段。TD-LTE 在基本多址接入技术上引入 OFDM，替代 CDMA。在智能天线（SA）基础上进一步引入 MIMO 技术，形成 SA+MIMO 的先进多天线技术。同时保持了特殊时隙和同步以及联合检测等原有技术优势和技术特点，在性能上获得 5~6 倍于 3GPP R6 版本的性能提升，还尽量保证 TD-SCDMA 及 TD-SCDMA 增强网络向 TD-LTE 网络的平滑演进。目前，TD-LTE 在 3GPP 中的标准化工作和在 FDD LTE 中的标准化工作正同步进行，2009 年 3 月完成了 LTE 第一个版本（R8）的标准化。在 TD-LTE 标准化过程中，以大唐移动为主的我国企业、研究院所和高校继续主导着标准和技术的发展，拥有 TD-LTE 技术的核心知识产权。

TD-SCDMA 标准第三阶段称为 4G 或 ITM-Advanced 阶段。ITM-Advanced 是 ITU 为满足未来 10~15 年全球移动通信需求而启动的，根据 ITU 当前规划，2008 年 2 月发布了 4G 技术方案征集的通函，2009 年 10 月结束候选方案的征集和提交，2010 年 10 月完成候选方案的技术评估和融合，2011 年后完成并发布 4G 技术标准。目前，在国家有关主管部门的统一领导和组织下，TD-SCDMA 4G 标准研究也在有条不紊地进行中。

至此，TD-SCDMA 系统无论在形式上还是在实质上，都已在国际上被广大运营商和设备制造商所认可和接受，形成了真正的国际标准。TD-SCDMA 标准化的进程可以通过以下的典型事件描述，图 1.4 显示出标准化进展的里程碑。

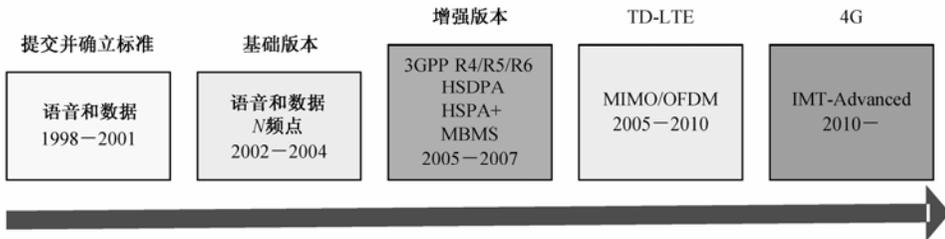


图 1.4 TD-SCDMA 标准化进程

1998 年 1 月，决定向国际电联提出具有中国自主知识产权的 3G 标准，即 TD-SCDMA 标准。

1999 年 11 月，3G 技术委员会宣布，TD-SCDMA 被写入 ITU 建议书 ITU-R M.1457 中。

2000年5月,在土耳其召开的国际电联ITU全会上,经与会代表投票表决,由中国提出的基于TDD模式的TD-SCDMA系统,与欧洲提出的WCDMA和美国提出的cdma2000同时被列为国际3G主流标准。

2001年3月16日,TD-SCDMA写入3GPP R4系列规范,成为真正意义上的可商用国际标准。

2002年第2季度,TD-SCDMA引入了HSDPA的概念,提高了下行数据接入速率,单载波理论速率提高到2.8 Mbps。

2002年10月,原信息产业部通过【2002】479号文件,公布了3G的TDD频谱规划,为TD-SCDMA标准划分了总计155 MHz的非对称频段。

2002年10月30日,TD-SCDMA产业联盟正式成立,主要任务是更快地推进TD-SCDMA产业化进程,早日形成完整的产业链和多厂家供货环境,并把企业平稳顺利地领进3G移动通信市场。TD-SCDMA产业联盟积极投身TD-SCDMA事业,是从事TD-SCDMA标准及产品的研究、开发、生产、制造和服务的企、事业单位自愿组成的社会团体,最终目标是促进TD-SCDMA通信产业的快速、健康发展,实现TD-SCDMA在中国及全球通信市场的推广和应用。

2004年第3季度,TD-SCDMA引入了MBMS(多媒体广播组播业务)技术,用于支持手机电视等流媒体业务。

2006年1月20日,原信息产业部正式颁布TD-SCDMA为我国通信行业标准。

2007年第3季度,在3GPP R7阶段,TD-SCDMA引入了HSUPA技术,提高了上行数据接入速率。

2007年11月,3GPP工作组会议通过了TD-LTE融合技术提案。

2008年7月13日,中国移动成为TD-SCDMA产业联盟的正式理事成员。

2009年1月7日,中国移动获得TD-SCDMA运营许可证,正式成为TD-SCDMA网络的运营商。

## 1.3 TD-SCDMA的业务应用

第三代移动通信系统的出现主要是需求驱动,重点解决在2G系统中高速数据业务支撑能力的不足。在2G和2.5G时代,GPRS,EDGE和WLAN等都在为数据业务进行着市场培育,准备在3G时代为用户提供低成本、高速率、高移动性、差异化的多媒体业务。

基于TDD方式的TD-SCDMA凭借自身的技术优势,采用较低的成本,较高的频谱利用率,灵活的上、下行时隙设置等特点,在差异化业务提供能力方面具有先天性的竞争力,主要体现在以下几个方面:

- 支持3GPP规定的业务类型;
- 频谱利用率高,具备提供低成本业务能力;
- 采用联合检测、智能天线、动态信道分配(DCA)和接力切换等具有特色的技术,

支持不对称数据业务。

如表 1.1 所示, 根据各种业务对传输时延和误码率要求不同, TD-SCDMA 提供的业务类型可以划分为四类: 会话类、流类、交互类和后台类。其中, 会话类业务的最普遍应用是语音电话和可视电话 (VP), 对时延最敏感; 短消息、彩信、WAP、FTP 下载和电子邮件都属于典型的后台类业务, 对传输时延不敏感, 要求数据无差错地传输; 流类业务的最典型应用是收看视频节目和收听音频节目, 包括手机电视、视频点播和交通监控; 交互类业务的主要特点是终端用户的请求响应模式, 常见应用是网页浏览、数据库查询、在线游戏、金融交易、移动支付和定位业务等, 其中, 位置类业务具有广阔的市场前景, 由于定位精度的提高和开放体系结构的采用, 位置类业务可能成为主要杀手级应用之一。

表 1.1 典型的 TD-SCDMA 业务

基本业务	亮点业务
AMR 语音	可视电话
短信	多媒体彩铃
主叫显示	视频会议和 POC
WAP 门户	手机电视
彩铃	音乐随身听
彩信	手机网游
DM	上网本
	HS 数据卡
	手机视频 IVR

## 1.4 TD-SCDMA 系统架构

TD-SCDMA 总体网络结构主要包括核心网 (CN)、无线接入网 (UTRAN) 和用户终端 (UE) 三个部分, 如图 1.5 所示。CN 主要处理网络内部所有的语音呼叫、数据连接和交换, 以及与外部其他网络的连接和路由选择。UTRAN 完成所有与无线有关的功能。核心网与接入网之间通过 Iu 接口相连, 终端与接入网之间通过空中接口 Uu 相连。

核心网又分为电路域 (CS) 和分组域 (PS) 两大部分。电路域是核心网中负责处理语音呼叫的部分, 采取软交换的方式工作。分组域直接继承了 GPRS 系统架构, 支持分组方式的数据传输, 满足用户利用移动终端接入 Internet 或其他分组数据网络的需求。作为核心网的必备部分, 业务应用域是核心网中的公用部分, 包括对 CS 域和 PS 域提供业务支撑能力, 如用户签约数据缓存、智能网呼叫和短消息发送等, 是所有业务进行的基础。

TD-SCDMA 系统含硬件系统和软件系统。硬件系统涉及一个或几个无线网络子系统 (RNS)。其中一个 RNS 由一个无线网络控制器 (RNC) 和一个或多个基站 (Node B) 组成。RNC 与 CN 之间的接口是 Iu 接口, Node B 与 RNC 通过 Iub 接口相连接。在无线网络内部, RNC 之间的接口为 Iur 接口。RNC 用来分配和控制与之相连或相关的 Node B 的无

线资源。Node B 则完成 Iub 接口和 Uu 接口之间数据流的转换，同时也参与一部分无线资源管理。UTRAN 软件系统主要包括通用协议结构模型，如图 1.6 所示。UTRAN 协议采取一个通用的协议结构模型来描述，可以从 UE 到 CN 连接的方向进行描述，也可以按照层次化进行说明，包括两层三面（无线网络层和传输网络层，控制平面、用户平面和传输网络控制平面）。UTRAN 的协议结构设计思想是保证各层几个平面在逻辑上彼此独立，这样便于后续版本的修改，使其影响最小化。

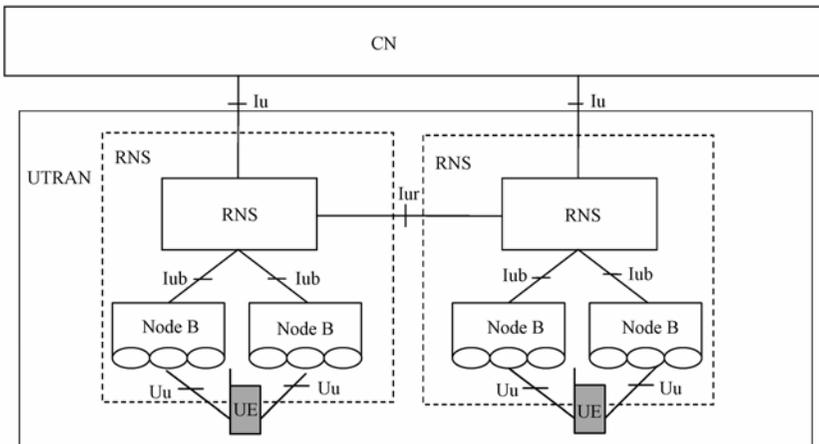


图 1.5 TD-SCDMA 总体网络结构

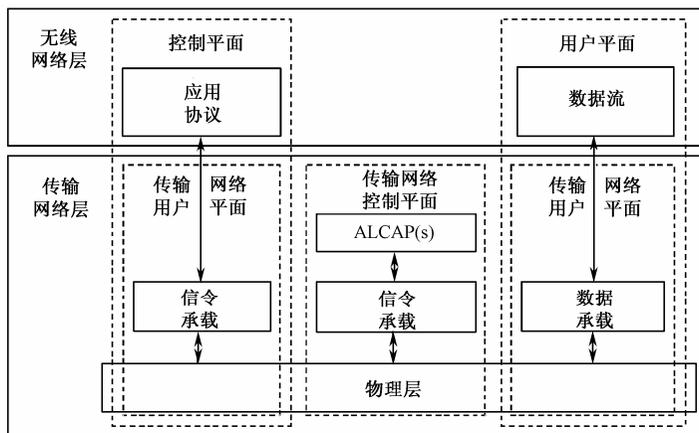


图 1.6 UTRAN 地面接口的通用协议模型

ALCAP: Access Link Control Application Part，表示传输网络层控制平面相应协议的集合

## 1.5 TD-SCDMA系统关键技术

TD-SCDMA 作为具有中国自主知识产权的国际标准，在频谱利用率、对业务支持的灵活性、频率灵活性及成本控制等方面具有独特优势。TD-SCDMA 集 CDMA，TDMA，FDMA 和 SDMA 技术优势于一体，采用诸如智能天线、上行同步、接力切换、动态信道分配和软件无线电等独具特色的关键技术，如图 1.7 所示。



图 1.7 TD-SCDMA 中的关键技术

### 1.5.1 时分双工（TDD）

移动通信系统采用频分双工（FDD）和时分双工（TDD）两种方式，目的在于区分用户的上、下行信号，原理如图 1.8 所示。

FDD 在分离的两个对称频率信道上进行接收和传送，采用不同频段分离接收和传送信道。FDD 在支持对称业务时，能充分利用上行频谱，但在支持非对称的分组数据业务时，频谱利用率则大大降低。

TDD 在同一频率信道的不同时间隙进行接收和传送，采用时间分片轮流的方法分离接收和传送信道。TDD 方式在不对称业务中有着不可比拟的灵活性，由于时间隙上、下行切换点可灵活变动，对于非对称业务而言，可以充分利用无线频谱。TDD 技术优势如下：

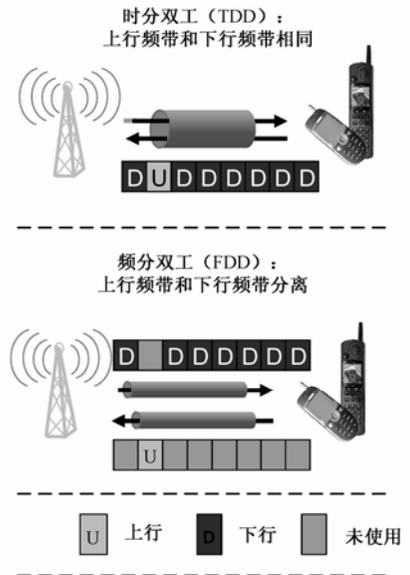


图 1.8 双工方式

- ① 易于使用非对称频段，无须具有特定双工间隔的成对频段。
- ② 适合传输上、下行不对称的数据业务。
- ③ 适应用户业务需求，灵活配置时隙，优化频谱效率。
- ④ 上、下行使用相同载频，无线传播特性的对称性有利于智能天线和联合检测关键技术实现。
- ⑤ 基站体积小，成本降低。

### 1.5.2 联合检测（Joint Detection）

在 TD-SCDMA 中采用联合检测，可以使所有用户的上行数据同时解调。基于所有用户的信道化码和反馈信息，消除符号间干扰（ISI）和用户间干扰（MAI），从而达到提高用户信号质量、降低干扰的目的。联合检测得以实现的原因在于 TD-SCDMA 系统中采用 TDD 双工方式、每时隙码道数量少、短扰码和上行同步等关键技术。

联合检测对 TD-SCDMA 系统性能的改进，主要体现在以下几个方面：

- 计算复杂度较小，易于实现；
- 减少多址干扰和多径干扰，提高系统容量；
- 增大覆盖范围，改善业务质量；
- 降低 UE 的发射功率，提高待机及通话时间；
- 减小呼吸效应；
- 削弱远近效应，缓解功率控制精度需求。

联合检测算法的原理如图 1.9 所示，联合检测的目的就是根据式中的  $A$  和  $e$  估计用户发送的  $d$ 。

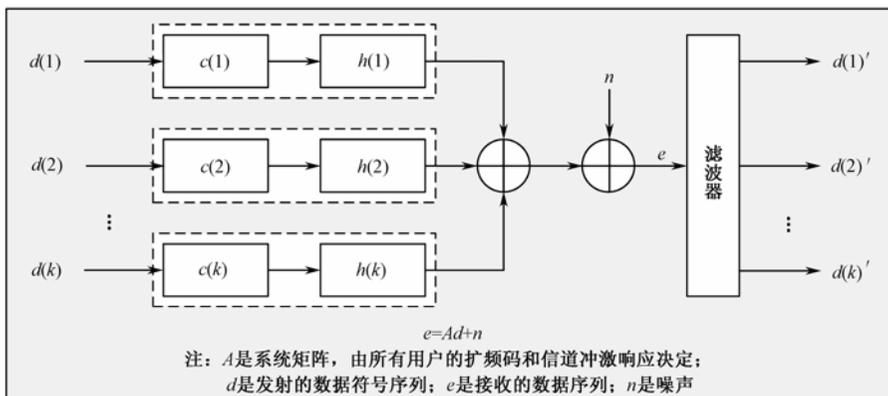


图 1.9 联合检测技术原理

### 1.5.3 智能天线（Smart Antenna）

智能天线是 TD-SCDMA 系统中最具特色的关键技术之一。智能天线对 TD-SCDMA 系统性能的改进主要体现在可以有效改善小区内用户间干扰，抑制小区间用户的干扰，极大地提高系统性能。智能天线在下行方向通过波束赋形，降低了旁瓣泄漏，减少了对小区内和小区间其他用户信号的干扰，有效地提高了下行系统容量。在上行方向，基站接收信号具有方向性，对接收方向以外的干扰具有很强的抑制作用，有效地提高了上行系统容量。

#### （1）智能天线原理

智能天线来源于自适应天线阵列，最初应用于雷达和声纳等军事领域，主要用来完成空间滤波和定位。智能天线由多个天线单元组成的天线阵列构成，采用一组天线收、发信机，按照一定的方式排列和激励，利用波的干涉原理产生强方向性的辐射方向图。如图 1.10 所示，智能天线使用数字信号处理方法在基带进行处理，使得辐射方向图的主瓣自适应地指向用户来波方向，可以提高信号的载干比，降低发射功率，提高信号覆盖范围。

#### （2）智能天线系统组成

如图 1.11 所示，智能天线系统由以下三部分组成。

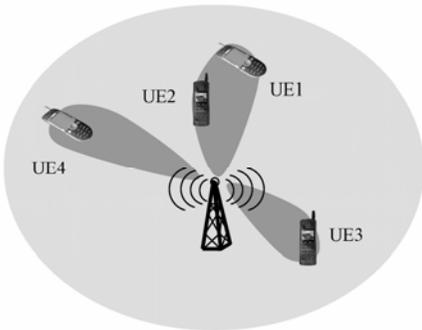


图 1.10 移动通信智能天线示意图

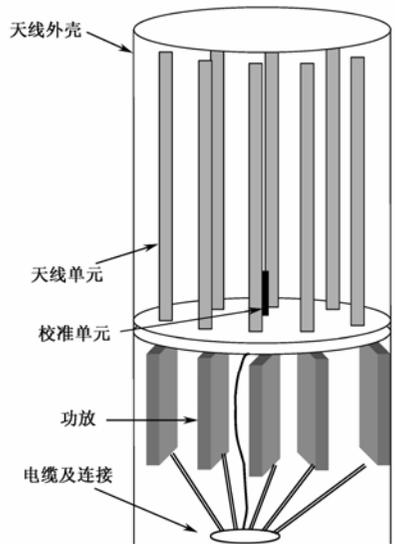


图 1.11 智能天线系统组成

- 天线阵列：由圆阵或线阵组成，为每个阵元提供信号收、发信机，控制各阵元信号的相位，实现波束赋形的智能天线算法。

- 收、发信机：射频收、发单元。
- 智能天线算法：由最大接收功率 DOA 搜索法及最大接收功率特征值分解和最大信干比特特征值分解算法组成。

### (3) 智能天线波束赋形

波束赋形的主要思想是利用信号、干扰和噪声在空间的分布情况，运用线性滤波技术，尽可能地抑制干扰和噪声，以获得尽可能好的信号估计。从接收的角度来看，基站利用智能天线对来自移动台的多径电波方向进行波达方向 (DOA) 估计，并进行空间滤波 (也称为上行波束成型)，抑制其他移动台和多径干扰。从发送的角度来看，基站利用智能天线对发射信号下行波束成型，使基站发射信号能够沿着移动台电波的来波方向发送回移动台，从而降低发射功率，减少对其他移动台的干扰。

由图 1.12 所示，智能天线的下行波束赋形和上行信道估计密切相关，根据上行信道估计的结果，计算下行赋形参数。由此可见，智能天线和联合检测是一个统一整体，密不可分。在系统实际组网中，需要同时考虑两套系统结合使用，提高系统整体性能。

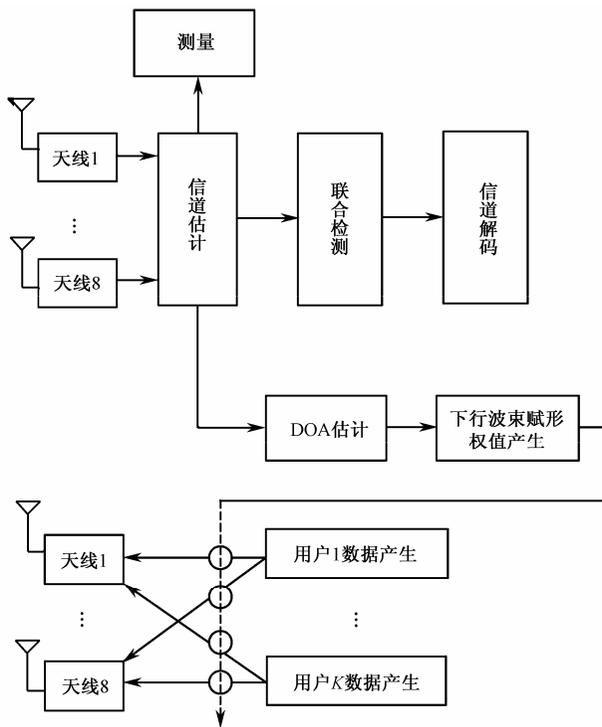


图 1.12 智能天线波束赋形示意图

## 1.5.4 上行同步 (Uplink Synchronization)

上行同步是 TD-SCDMA 系统必选的关键技术之一,也是区别于 WCDMA 和 cdma2000 的核心专利。在 CDMA 移动通信系统中,下行链路总是保持同步,所谓同步 CDMA 就是指上行同步。在同一小区范围内,占用相同时隙的不同用户信号在到达基站接收天线时,需要严格同步。上行同步的目的是减少相同时隙用户间的上行多址干扰和多径干扰,增加小区容量和小区覆盖半径。上行同步的建立过程描述如下:

- UE 通过对接收到的 DwPTS 和 / 或 PCCPCH 的功率估计来确定 SYNC\_UL 的发射时刻,然后在 UpPTS 中发送;
- 基站检测 SYNC\_UL 序列,估计接收功率和时间,通过 FPACH 调整下次发射的功率和时间;
- 在以后的 4 个子帧内,基站用 FPACH 里的一个单一子帧消息向 UE 发射调整信息。

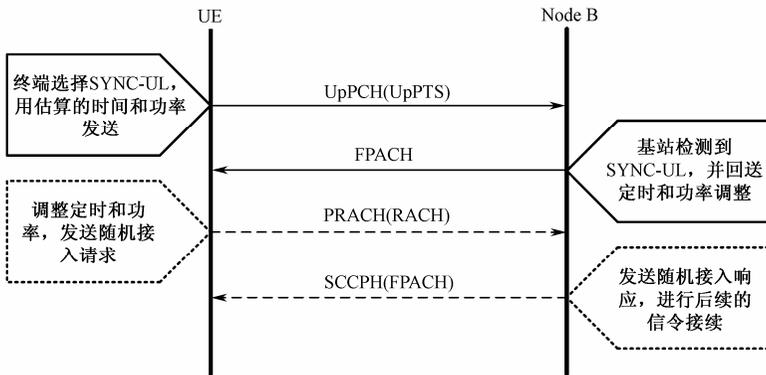


图 1.13 上行同步的建立过程

为了保持上行同步,系统设计了同步偏移控制比特 (Synchronization Shift, SS),用来对 UE 的传输时延进行控制。如图 1.14 所示。SS 是对每个子帧进行一次控制,使得 TD-SCDMA 系统可以进行快速同步控制。SS 最小步长是 1/8 码片。



图 1.14 数据子帧格式

上行同步的保持过程分两步进行:

- ① 在每一个上行帧检验训练序列 (Midamble), 估计 UE 的发射功率和发射时间偏移;
- ② 在下一个可用的下行帧发射 SS 和 PC 命令进行闭环控制。

## 1.5.5 接力切换（Baton Handover）

接力切换的设计思想是利用智能天线获取 UE 的位置距离信息，在切换测量期间，进行上行预同步，提前获取切换后的上行信道发送时间和功率信息，从而达到减少切换时间，提高切换成功率，降低切换掉话率的目的。

接力切换的过程如图 1.15 所示，可以分为以下三个阶段。

- 第一阶段：在 UE 收到切换命令前，上、下行均与源小区连接；
- 第二阶段：在 UE 收到切换命令后，利用开环预同步和功率控制，只将上行链路转移到目标小区，而下行链路仍与源小区通信；
- 第三阶段：经过  $N$  个 TTI 后，下行链路转移到目标小区，完成接力切换。

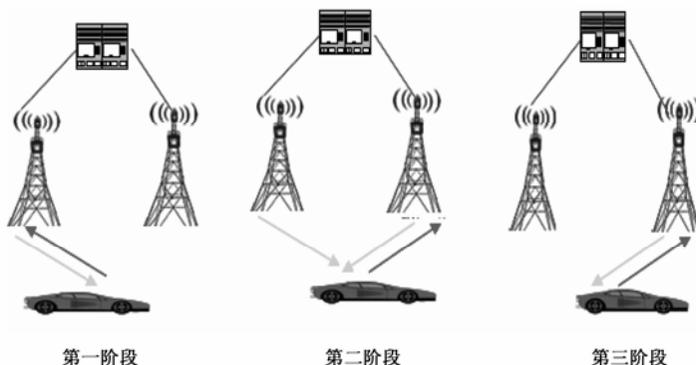


图 1.15 接力切换过程

## 1.5.6 动态信道分配（DCA）

TD-SCDMA 系统中信道是由频率 / 时隙 / 扩频码的组合唯一确定的。信道分配在多信道公用的情况下，以最有效的频谱利用方式为每个小区提供尽可能多的可使用信道。动态信道分配是 TD-SCDMA 系统中无线资源管理（RRM）核心内容之一，通过系统负荷、干扰和用户空间方向角等测量信息来确定最优的资源分配方案，降低系统干扰，提高系统容量。

DCA 可分为两大类：慢速 DCA 和快速 DCA。

### （1）慢速 DCA

根据系统干扰受限的先验知识及负荷情况，对系统载频和时隙进行占用优先级划分，完成呼叫接入控制。慢速 DCA 可以根据小区业务情况，确定上、下行时隙转换点。

## (2) 快速DCA

根据专用业务信道或共享业务信道通信质量监测的结果，自适应地对无线信道资源单元（RU）（码道或时隙）进行调配和切换，以保证业务质量。快速 DCA 分为以下几类：

- 频域 DCA；
- 时域 DCA；
- 码域 DCA；
- 空域 DCA。

## 1.6 TD-SCDMA与其他 3G制式技术比较

3GPP 和 3GPP2 在制定 3G 系统标准的过程中，结合了 1G 和 2G 系统特征，考虑到系统的后向兼容性，简化了 2G 向 3G 系统的过渡。3G 系统包括三个主流标准：WCDMA、cdma2000 和 TD-SCDMA。三者之间的比较情况如表 1.2 所示。

表 1.2 3G 主流标准技术对比

比较项目	TD-SCDMA	WCDMA	cdma2000
双工方式	TDD	FDD	FDD
载波带宽	1.6 MHz	5 MHz×2	1.25 MHz×2
上、下行资源 占用比例	3 : 3~1 : 5	1 : 1	1 : 1
智能天线技术	支持	不支持	不支持
基站同步	需要	不需要	需要
上行同步	需要	不需要	不需要
多址方式	FDMA+TDMA+CDMA+SDMA（智能天线）	FDMA+CDMA	FDMA+CDMA
接收检测	联合检测	相干解调	相干解调
理论单用户 最高速率	R4: 384 kbps	R99: 384 kbps	1x:384 kbps
	HSDPA: 2.8 Mbps (1 : 5) 1.68 Mbps (2 : 4) 1.12 Mbps (3 : 3)	HSDPA: 14.4 Mbps	EV-DO : 3.1 Mbps
	64QAM+MIMO: 6.72 Mbps 3 载波捆绑: 8.4 Mbps	双载波捆绑+64QAM+MIMO: 84 Mbps	EV-DO Rev.B: 46.5 Mbps

TD-SCDMA 与其他两种 3G 标准之间最本质的区别在于空中接口所采用的技术不同，TD-SCDMA 的空中接口采用 TDD（时分方式），而 WCDMA 和 cdma2000 的空中接口采用的 FDD（频分多址）方式，相对于 WCDMA 和 cdma2000，TD-SCDMA 具有自身的技

术优势。

WCDMA 信号带宽为 5 MHz，码片速率为 3.84 Mcps，采用 AMR 语音编码，上、下行闭环和外环功率控制方式，支持开环（STTD 和 TSTD）和闭环（FBTD）发射分集方式，采用导频辅助的相干解调方式以及卷积码和 Turbo 码的编码方式，上行和下行采用 QPSK 调制方式。

cdma2000 为了兼容 IS—95，单载波带宽设计为 1.25 MHz，码片速率为 1.2288 Mcps，采用 8K EVRC 语音编码方式，基站需要以 GPS 同步方式，上、下行闭环加外环功率控制方式运行，前向可以采用 OTD（正交发射分集）和 STS（空间时间扩展）发射分集方式，用以提高信道的抗衰落能力，改善了前向信道的信号质量，反向采用导频辅助的相干解调方式，提高解调性能，采用卷积码和 Turbo 码的编码方式，上行采用 HPSK 调制方式，下行采用 QPSK 的调制方式。

如图 1.16 所示，TD-SCDMA 系统集成了 TDMA，CDMA，FDMA 和 SDMA 多址接入技术，对用户在频率、时间、码道和空间波束上进行区分。依赖于这些先进技术的优点，TD-SCDMA 能够提供最佳的动态无线资源分配。

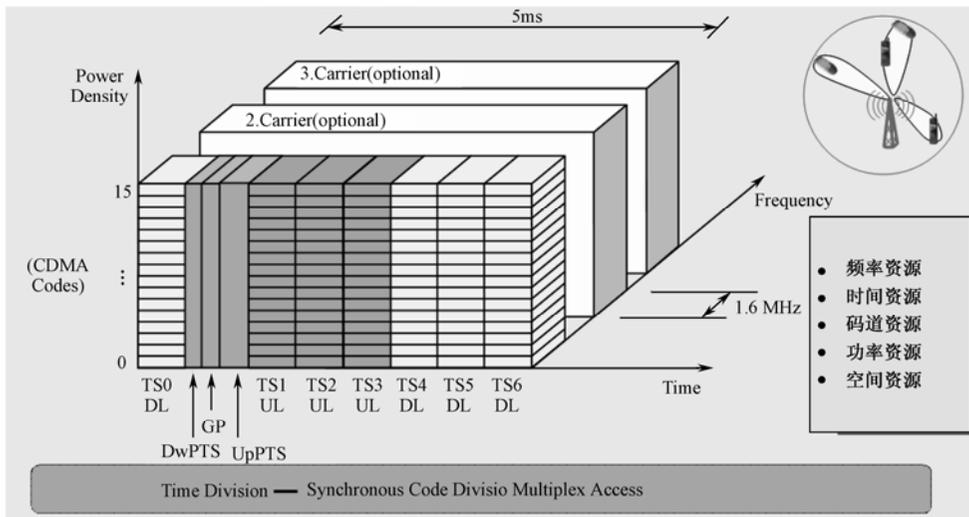


图 1.16 TD-SCDMA 中多址技术

TD-SCDMA 具有的技术优势如下所述。

- 频谱利用率高；
- TD-SCDMA 系统是非对称上、下行传输系统，可经济高效地支持互联网接入业务；
- 结合智能天线技术，提供快速精确定位业务。

2002 年 10 月 23 日，原信息产业部通过【2002】479 号文件，公布了 3G 的 TDD 频段规划，为 TD-SCDMA 标准划分了总计为 155 MHz 的非对称频段，而分配给 FDD 系统仅 90 MHz 频率资源，表明了中国政府对具有自主知识产权国际标准的大力支持。中国 3G 频

段资源分配情况如图 1.17 所示。

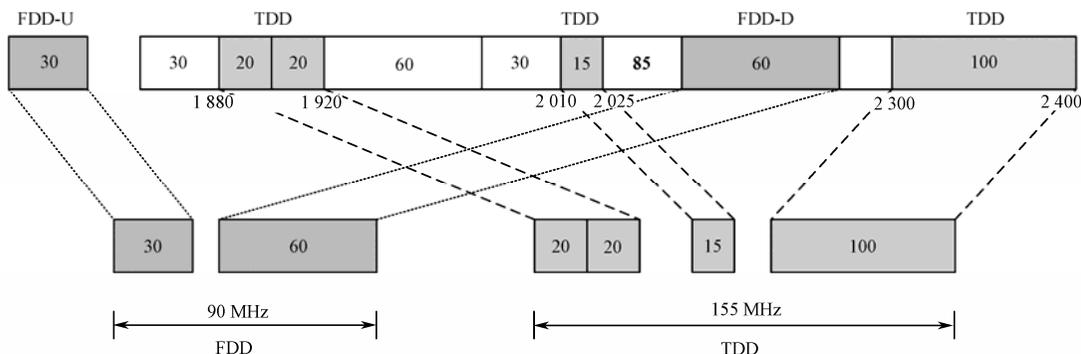


图 1.17 中国 3G 频段资源分配情况

## 1.7 TD-SCDMA 系统的技术演进

随着人类步入信息社会，人们对高速数据业务的需求不断提高。市场需求驱动技术的进步，促使 3G 和 B3G 技术的发展和演进。根据工信部发布的 2009 年 7 月通信业运行状况和主要指标完成情况，我国移动电话用户已经突破 7 亿户。面对数据业务需求不断增长的通信市场，TD-SCDMA 需要不断研究采纳新的增强技术，提高无线接口的传输承载能力。TD-SCDMA 系统的技术演进正在紧锣密鼓地进行过程中，技术演进的里程碑如图 1.18 所示。

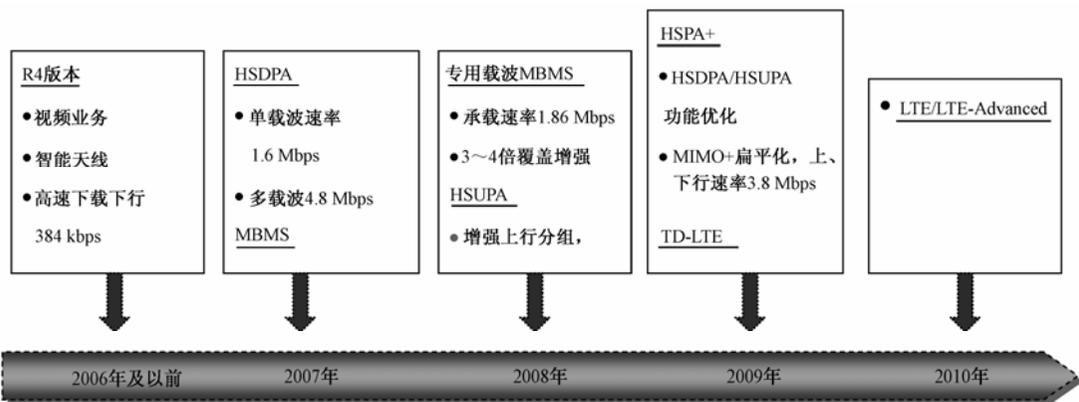


图 1.18 TD-SCDMA 技术演进

在 3GPP R5 阶段，TD-SCDMA 引入了 HSDPA 的概念，提高下行数据吞吐量，单载波理论速率可提高到 2.8 Mbps。

2004 年第 3 季度, 3GPP R7 阶段引入了 TD-MBMS (多媒体广播组播业务) 技术, 向用户提供丰富多彩的多媒体业务。

在 3GPP R7 阶段, TD-SCDMA 引入了 HSUPA 技术, 提高了上行数据接入速率, 使单载波理论速率提高到 2.2 Mbps。

目前, 在 TD-SCDMA 现有系统中, 在采用上、下行 2:4 时隙配置情况下, HSDPA 单载波支持的下行峰值速率为 1.6 Mbps, 远小于 cdma2000 系统的单载波 3.1 Mbps, 与 WCDMA HSDPA 单载波理论承载能力 14.4 Mbps 相比差距更大。就单载波峰值速率而言, TD-SCDMA 与其他制式 3G 系统相比处于明显劣势, 这极大地阻碍了 TD-SCDMA 业务的发展, 迫切继续需要引入新技术, 以提升 TD-SCDMA 网络单载波速率和单用户业务速率。作为 HSPA 后续增强技术, HSPA+ 应运而生了, 运用 64QAM、MIMO、持续连接 (CPC) 和层 2 增强等技术, 单载波下行数据速率达到 8.4 Mbps。相比 HSPA, 小区下载速率提高了 30%, 单载波承载速率提高了 50%。

为了保证 3G 系统持续演进的竞争力, 需要进一步增强 3G 技术, 提供强大的数据业务支撑能力, 满足用户新的要求。3GPP 启动了 3G 技术长期演进 (Long Term Evolution, LTE), 以保持 3G 技术的竞争力和在移动通信领域的领导地位。在 3GPP 和 CCSA 的领导下, 作为 TD-SCDMA 的长期演进技术 TD-LTE, 目前正进行着标准化和关键技术研究。TD-LTE 系统的目标是下行速率达到 100 Mbps, 上行速率要求达到 50 Mbps, 网络结构扁平化和 IP 化。采用 OFDM 和 MIMO 技术, 提高频谱利用率。TD-LTE 的理论下载速率可达到 173 Mbps。TD-LTE 发展的初衷在于 3G 技术演进, 但随着市场发展、宽带技术的竞争和运营商需求的改变, 标准化的进程演变成一场技术革命。在物理层、网络结构和协议栈的设计方面都违背了 3G 系统后向兼容性的原则。工业和信息化部电信研究院已经成立了 TD-LTE 工作组, 建立产学研用的统一平台, 推动 TD-LTE 标准化和产业化进程。

目前, TD-LTE 已完成或即将完成帧结构、智能天线、MIMO、同步技术、随机接入、数据复用、自适应和干扰控制等主体技术标准的制订, TD-SCDMA 的基本技术特征得到保留和优化发展。基于先进成熟的 TDD 关键技术, TD-LTE 进行系统优化设计, 为 TD-SCDMA 长期演进和长远发展创造了有利条件。TD-LTE 产业化进程可分三个阶段进行研究, 第一阶段是概念验证阶段, 第二阶段是研发技术实验阶段, 第三阶段是规模实验阶段。TD-LTE 系统设备产品基于软件无线电技术、DSP 阵列以及高集成度 FPGA 技术, 可平滑升级到 LTE-Advanced。

为了满足宽带多媒体业务的需求, ITU 提出了设计未来新的空中接口技术, 支持更高数据传输速率的要求, 将超 3G (B3G) 技术命名为 IMT-Advanced。传输速率可达到 1 Gbps, 主要业务种类是高速数据业务, 采用 OFDM、MIMO、网络协同、异构网络融合、网络编码、中继和无线 Mesh 等多种突破性的关键技术, 大幅度地提高了频谱利用率和系统可实现性, 把新一代移动宽带系统的发展推向另一个高峰。

## 1.8 TD-HSDPA增强技术特征

在 TD-SCDMA 第三代移动通信技术的发展过程中, 为了满足迅速增长的高速移动数据业务的需求, 在 3GPP R5 规范中引入了增强技术 TD-HSDPA (High Speed Downlink Packet Access)。从技术角度来看, TD-HSDPA 主要是通过引入高速下行共享信道 (HS-DSCH)、高速共享控制信道 (HS-SCCH) 和高速共享信息信道 (HS-SICH) 增强空中接口承载能力, 并在无线接入网 (UTRAN) 中增加相应的功能实体。从底层来看, 主要是引入自适应调制编码 (AMC)、高阶调制技术 (16QAM)、混合自动请求重传 (HARQ) 技术和快速调度技术来提高数据吞吐量。从整体架构来看, 主要增强 Node B 的处理功能, 在 Node B 的媒体控制层 (MAC) 中引入一个新的功能实体 MAC-hs, 专门完成 HS-DSCH 的相关参数和 HARQ 协议等相关处理, 并在高层和接口处加入相关操作指令。

TD-HSDPA 的技术优势如下所述:

- 引入 16QAM 高阶调制技术, 提供更高的调制效率;
- 采用 AMC 链路自适应技术, 数据传输更加适应无线信道的变化, 采用合适的调制编码方式, 提高传输效率;
- 采用 HARQ 可以根据无线链路的状况快速调整信道速率, 实现高效的数据纠错和重传, 提高数据业务吞吐量;
- 采用快速调度可以使无线资源在多用户间实现共享;
- 采用共享信道技术, 使接入用户数不受码道资源数量的限制;
- 采用 HSDPA 多载波的捆绑技术, 提高系统承载速率。

## 1.9 TD-HSDPA商用部署考虑的问题

2009 年 1 月 7 号, 工业和信息化部颁布第三代移动通信系统运营牌照, TD-SCDMA 商用化运营由中国移动主导。作为第三代移动通信主流国际标准之一, TD-SCDMA 是我国科技自主创新的重要标志, 发展 TD-SCDMA 集中体现了国家自主创新的战略, 受到中国政府和全社会的高度关注。

3G 时代的到来, 既是机遇又是挑战。TD-SCDMA 商用优势主要体现在以下几个方面:

- 3G 国际标准 (ITU/3GPP) 和 TDD 唯一商用标准;
- 满足不同环境需求, 完全可以独立组网;
- 适合数据业务的非对称性;
- 频谱效率高;
- 呼吸效应微弱, 网络规划相对容易;
- 设备成本优势;
- 差异化业务竞争优势;

- 全球 TDD 频段，频率资源需求的优势；
- 明确的未来演进方向。

毋庸置疑，移动宽带数据业务是移动通信运营商利润的增长点。TD-HSDPA 的部署和实施对于运营商充分发挥 TD-SCDMA 的技术优势，提高客户感知度，保持公司持续的竞争力，支撑宽带数据业务市场的发展具有重要意义。在 TD-SCDMA 网络的建设和运营过程中，需要不断摸索 TD-HSDPA 组网及网络规划、建设、优化的方法和技术，积累网络建设和运维经验，紧紧围绕着提高吞吐量和增加接入用户数两大主题开展研究，争取在网络性能和运营能力方面取得较大的进步和提升。

## 1.10 TD-SCDMA 长期演进中面临的机遇和挑战

目前，TD-SCDMA 从技术标准到产业链的各个环节，再到市场拓展和运营经验，正在不断地走向成熟。

### 1.10.1 TD-SCDMA 产业链的发展

在 TD-SCDMA 技术论坛和产业联盟的推动下，TD-SCDMA 已经拥有良好的产业政策和环境，并进入了一个全新的阶段。众多国内和国际知名厂商开始积极参与 TD-SCDMA 系统研发与产品制造。政府与工业和信息化部支持的 TD-SCDMA 研究开发和产业化重大专项课题进一步推动了产业发展。当前，TD-SCDMA 从芯片、终端、Node B、RNC 和 CN 到测试仪器逐步形成了完整的产业链，如图 1.19 所示，多厂商供货环境逐步形成，为 TD-SCDMA 产业的发展提供了保障和基础。

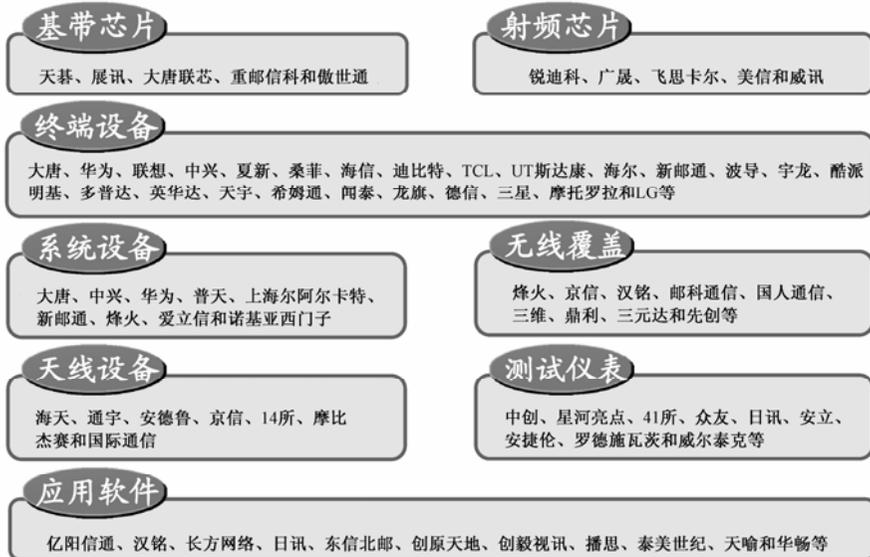


图 1.19 TD-SCDMA 产业链的架构

在 TD-SCDMA 产业链上, 各大供应厂商合理分工, 系统和终端的开发布局已经成型, 每一个环节上都拥有多家合作厂商, 如参与系统设备研发的有大唐、普天、华为和中兴等; 终端芯片厂家如大唐联芯、展讯、T3G 和重邮信科等; 终端厂家如酷派、华为、中兴、联想和海信等。可以看出, TD-SCDMA 的产业化已经步入一个健康、开放、稳步发展的良性轨道。

### 1.10.2 TD-SCDMA 产业面临的发展机遇

在技术方面, TD-SCDMA 因为采用 TDD 双工方式, 频谱效率高, 灵活性强, 单载波 (1.6 MHz 频带) 就可支持 2.8 Mbps 峰值速率, 适合非对称高速数据业务传输, 具备完全独立组网的能力。另外, 还具有支持多种标准的通信接口、系统性能稳定、与传统系统进行兼容性、支持高速移动通信、支持与传统系统间的无缝漫游切换功能等诸多功能。

在业务方面, TD-SCDMA 是一个具有高度业务灵活性的 3G 标准。TD-SCDMA 系统完全能满足用户对高速率数据和多媒体业务的需求, 并为将来广阔的应用前景提供良好的技术保障。TD-SCDMA 能够提供第三代移动通信系统标准所规定的各种业务, 包括高质量的语音、带宽速率和多媒体业务, 尤其适合今后将迅速发展的 IP 等非对称数据业务, 如定位业务、移动接入互联网业务、P2P 业务和 PTT 业务等。

在未来演进方面, TD-HSPA+和 TD-LTE 作为 TD-SCDMA 向 B3G/4G 演进的方向, 全国范围内大规模的商业部署还需要一个较长的市场培育期。在此期间, TD-SCDMA 产业将面临难得的发展机遇:

① 移动互联网的发展将推动 TD-SCDMA 产业的发展。在窄宽移动网络上发展起来的移动互联网业务, 正在向宽带移动网络上转移。作为拥有超过 5 亿用户的中国移动, 在面临用户不断增长的宽带移动互联网应用需求情况下, 对 TD-SCDMA 的高额资金投入将会极大地拉动 TD-SCDMA 相关产业的发展。

② 在应对中国电信 cdma2000 EV-DO 和中国联通 WCDMA 的竞争中, 中国移动在全国重点城市内大范围地部署 TD-SCDMA 网络, 将为 TD-SCDMA 产业带来新的发展机遇。

③ TD-SCDMA 终端和业务的发展将是 TD-SCDMA 产业发展中的一大亮点, TD-SCDMA 肩负着为 TD-LTE 培育市场和用户使用习惯的重任。随着移动用户由 2G 进入到 3G 时代, 移动宽带的发展使得对 TD-SCDMA 终端的需求将会迈上新的台阶。TD-SCDMA 网络的建成为开发 TD-SCDMA 业务提供了条件, 同时也将成为保证 TD-SCDMA 运营商赢利的重要环节; 开发极具吸引力和个性化的 TD-SCDMA 杀手级业务, 将成为内容提供商获取利润的商机。

④ 在 TD-LTE 商业化部署前这段窗口期内, TD-SCDMA 运营商对 TD-SCDMA 设备的需求将为国内 TD-SCDMA 设备厂商带来极大的机会。

### 1.10.3 TD-SCDMA产业面临的挑战

时至今日，TD-SCDMA 发展已有十多年，目前已经取得了显著成绩。但毕竟它是个新生事物，难免存在不足和欠缺，特别是 TD-SCDMA 的国际化路途，只是万里长征才迈出的第一步。

在建设运营方面，TD-SCDMA 面临的挑战：

- 系统和终端不够成熟，终端是 TD-SCDMA 目前发展的最大短板；
- 工程建设缺乏经验；
- 运营维护经验不足；
- 商用模式方面还需要进一步探索；
- 缺乏网络优化方面的经验。

在国际化方面，TD-SCDMA 面临的挑战：

- 缺乏 TD-SCDMA 知识产权战略体系；
- 缺乏 TD-SCDMA 技术战略品牌；
- 缺少有效的原创性和结构性专利；
- 缺乏强大的国际推广平台；
- 缺乏系统性的学术研究。

尽管 TD-SCDMA 面临以上诸多挑战，但整个产业链已做好了充分的准备，逐步解决各种问题，坚定不移地支持 TD-SCDMA 的国际化战略。

## 参 考 文 献

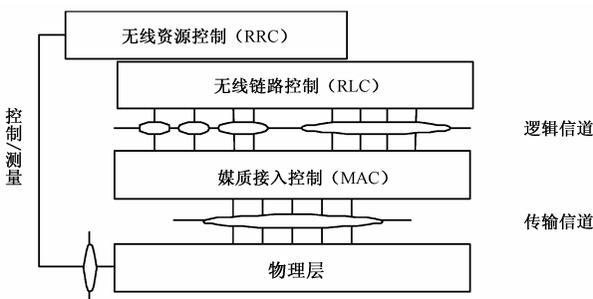
- [1] 郭梯云, 杨家玮, 李建东. 数字移动通信. 北京: 人民邮电出版社, 2000.
- [2] Tero Ojanpera, Ramjee Prasad, 朱旭红, 卢学军, 等译. 宽带 CDMA: 第三代移动通信技术. 北京: 人民邮电出版社, 2000.
- [3] <http://www.cww.net.cn>.
- [4] <http://www.cctime.com>.
- [5] 李军. 异构无线网络融合理论与技术实现. 北京: 电子工业出版社, 2009.
- [6] <http://www.ccidcom.com>.
- [7] <http://baike.baidu.com>.
- [8] 李军. TD-SCDMA 网络建设初期一些问题的考虑. 移动通信, 2009.10.
- [9] 杨桦. TD 产业壮大与发展.ppt,2009.08.
- [10] 李世鹤. TD-SCDMA 第三代移动通信系统标准. 北京: 人民邮电出版社, 2002.

# 第 2 章 TD-HSDPA空中接口协议

TD-SCDMA 采用 TDD 双工方式，根据业务需求，动态调整上、下行时隙，较好地支持非对称业务。由于无线数据业务急剧增加，上、下行业务量的非对称性更加凸显出来。TD-SCDMA 系统本身具有适合数据传输的特性，在 3GPP R5 版本中，TD-SCDMA 引入了一个重要的增强技术：HSDPA。HSDPA 是包括一些无线增强技术的集合，在现有技术的基础上，通过修改空中接口来增强系统性能，使下行数据峰值速率有大幅度的提高，增强 3G 系统空中接口对分组数据的处理能力。与 R4 版本 TD-SCDMA 系统相比较，R5 版本中引入 TD-HSDPA，对高层的修改主要体现在空口物理层、MAC 层和 Node B，而对 RLC 层和 PDCP 不做任何改动，同时考虑快速操作和调度。本章主要描述 TD-HSDPA 空中接口协议和相应的工作机制。

## 2.1 TD-HSDPA空中接口协议栈的引入

TD-SCDMA 总体网络结构由核心网 (CN)、无线接入网 (UTRAN) 和用户终端三大部分组成。在 3GPP R5 阶段，TD-SCDMA 中引入 TD-HSDPA，体系结构和空中接口协议架构基本保持不变，物理层部分功能有所增强，MAC 层增加了部分实体。如图 2.1 所示，TD-SCDMA 空中接口由层 1 (L1)、层 2 (L2) 和层 3 (L3) 组成，物理层 (L1) 连接媒质接入控制 (MAC) L2 子层和无线资源控制 (RRC) L3 子层。不同子层之间通过服务访问点 (SAP) 交互和通信。物理层向 MAC 层提供不同的传输信道，信息在无线接口上的传输方式决定了传输信道的特性。MAC 层向 L2 的无线链路控制 (RLC) 子层提供不同的逻辑信道，传输信息类型决定了逻辑信道的特性。物理信道在物理层定义，由信道码、频率和时隙共同决定。物理层同时由 RRC 控制。



注：图中的圆圈表示服务接入点。

图 2.1 TD-SCDMA 无线接口协议体系结构

从图 2.2 可以看出，在协议栈中，TD-HSDPA 功能增强和改变体现在 UE，Node B 和 RNC 协议栈中，主要包括：

- ① Node B 新增 MAC-hs 子层，主要负责 AMC 和 HARQ 等功能；
- ② Node B 新增 3 个物理信道——HS-PDSCH，HS-SCCH 和 HS-SICH；
- ③ UE 中新增 MAC-hs 实体，增强了相关物理信道和处理功能，增加了调制处理方式；
- ④ RNC 和 Node B 中增加了 HS-DSCH FP 协议处理。

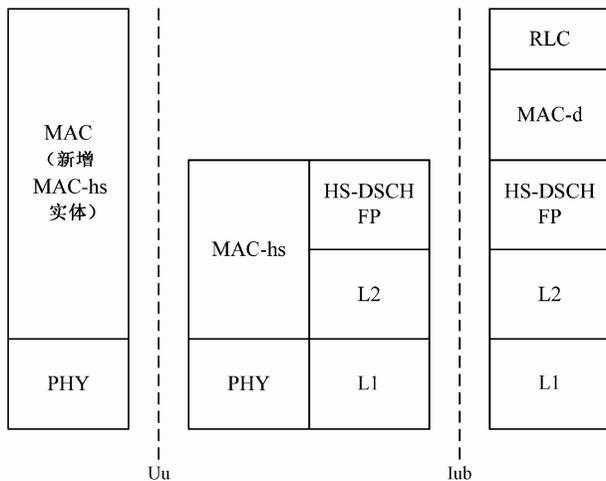


图 2.2 TD-HSDPA 协议栈

## 2.2 TD-HSDPA 空中接口物理层

### 2.2.1 TD-SCDMA 物理层概述

TD-SCDMA 物理层处于无线接口协议栈的底层，提供物理介质中比特流传输所需的功能，物理层主要包括以下功能。

#### (1) 多址接入

TD-SCDMA 多址接入方案采用直接序列扩频码分多址 (DS-SS) 方式，扩频带宽为 1.6 MHz，采用无须配对频率的 TDD (时分双工) 工作方式，物理信道中的时隙被分成发射和接收两个部分，上行和下行信息在同一载频的不同时间间隔上发送。

TD-SCDMA 物理帧的时长为 10 ms，由两个 5 ms 子帧组成，每个子帧包括 7 个常规时隙和 3 个特殊时隙，如图 2.3 所示。TD-SCDMA 物理信道通过频率、时隙、信道码和无线帧定义，如图 2.4 所示。信道的信息速率和符号速率有关，符号速率可以根据 1.28 Mcps

的码速率和扩频因子得到，上、下行的扩频因子都在 1~16 之间。

由此可知，在 TD-SCDMA 中，除了采用 DS-SS-CDMA 外，还具有时分多址（TDMA）的特点。

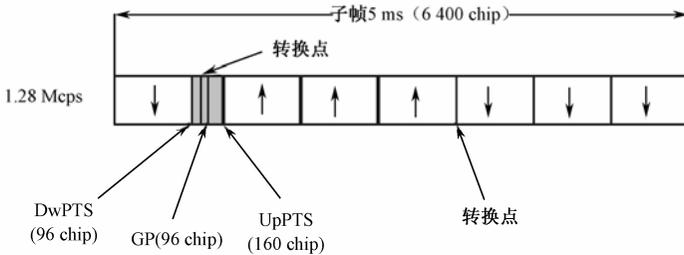


图 2.3 TD-SCDMA 子帧结构

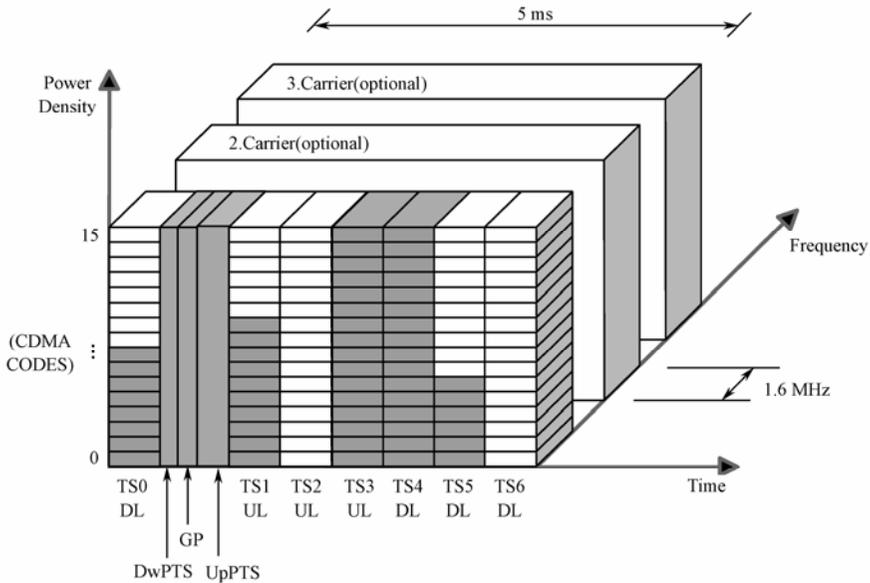


图 2.4 TD-SCDMA 物理信道结构

## (2) 信道编码和交织

TD-SCDMA 支持以下 3 种信道编码方式：

- 卷积编码；
- Turbo 编码；
- 不编码。

信道编码方式的选择由高层决定。为了使传输差错随机化，还需要进一步进行比特

交织。

### (3) 调制和扩频

TD-SCDMA 采用 QPSK 和 8PSK 方式, 对 HSDPA 中共享信道 HS-PDSCH 的传输, 可以使用 16QAM 调制方式。CDMA 的本质是扩频(加扰)过程, 与调制过程紧密关联, TD-SCDMA 采用了多种不同的扩频码:

- 采用信道化码区分相同资源的不同信道;
- 采用扩频因子 SF=16 的扰码区分不同小区;
- 采用长度为 144 位的 Midamble 码序列来区分不同 UE。

### (4) 物理层向高层提供的服务

物理层向高层提供数据传输服务, 接入方式通过使用 MAC 子层的传输信道实现。为了提供数据传输服务, 物理层主要完成以下功能:

- 传输信道的前向纠错编、译码;
- 宏分集的分集 / 合并和切换;
- 传输信道和编码组合, 传输信道的复用 / 解复用;
- 编码组合传输信道到物理信道的映射;
- 物理信道的调制 / 扩频和解调 / 解扩;
- 频率和时钟同步;
- 开环 / 闭环功率控制;
- 物理信道的功率加权和合并;
- RF 处理;
- 错误检测和控制;
- 速率匹配(复用在 DCH 上的数据);
- 无线特性测量(包括 FER/SIR / 干扰功率等);
- 上行同步控制;
- 上行 / 下行波束成型(智能天线);
- UE 定位;
- HS-DSCH 信道的混合 ARQ 软合并。

### (5) 物理层过程

在 TD-SCDMA 中, 与物理层有关的过程如下:

- 上行的开环和上、下行的闭环功率控制;
- 小区搜索;
- 开环 / 闭环上行同步控制;

- 随机接入；
- HS-DSCH 传输相关过程。

### (6) 物理层测量

物理层需要测量 FER、SIR 及干扰功率等无线特性，并报告给高层和网络。这些测量包括：

- 用于小区间的切换测量，切换判决取决于小区信号相对强度；
- 准备切换到 GSM 的测量过程；
- 随机接入过程前对 UE 的测量过程；
- 动态信道分配（DCA）的测量过程。

## 2.2.2 TD-HSDPA物理信道结构

TD-HSDPA 的物理信道结构如图 2.5 所示，高速业务主要承载在高速下行共享物理信道（HS-PDSCH）上，在上行和下行分别有一个共享的控制信道，即上行的高速共享信息信道（HS-SICH）和下行的 HS-DSCH 高速共享控制信道（HS-SCCH），另外，还包括承载信令控制信息的伴随物理信道 A-DPCH，对应的传输信道为 A-DCH。



图 2.5 TD-HSDPA 物理信道结构

TD-HSDPA 物理信道的功能如表 2.1 所示。

表 2.1 TD-HSDPA 物理信道的功能

项目	HS-PDSCH	HS-SCCH	HS-SICH
承载	用户数据	下行信令, 传输格式信息	上行信令
调制、编码	QPSK/16QAM, Turbo 编码	QPSK, 1/3Turb 编码	QPSK, 1/36、1/16 重复、6/32RM 编码
扩频因子	SF1 或 SF16	SF16	SF16
其他	多码道、多时隙; 时分、码分复用	6 kbps/2×SF16	1×SF16, 无 CRC 校验, 有 ACK/NACK 偏移功率设置

## 2.2.3 TD-HSDPA中的物理信道配置

当 TD-HSDPA 作为主载波时, 物理信道的码道配置如图 2.6 所示。HS-SCCH 占用 2 个下行 SF=16 码道, HS-SICH 占用 1 个上行 SF=16 码道, HS-PDSCH 占用 3 个下行时隙的码道资源。PCCPCH 占用 TS0 时隙的 2 个 SF=16 码道, SCCPCH 占用 TS0 时隙的 2 个 SF=16 码道, FPACH 占用 TS0 时隙的 1 个 SF=16 码道, PRACH 占用 2 个上行 SF=16 码道。

### 1. HS-DSCH的功能

HS-DSCH 是 HSDPA 中高速共享的下行数据信道, 不同 UE 可以通过时分复用和码分复用共享 HS-DSCH。由于所有的业务数据都由 HS-DSCH 信道承载, 很多底层操作都体现在 HS-DSCH 上。对一个 UE 而言, 可以进行多码传输, 这取决于 UE 的能力。由于 AMC 和 HARQ 等技术的引入, HS-DSCH 与原有 DSCH 在很多方面存在差异, 其编码过程单独设计, 如图 2.7 所示。

从图 2.7 可以看出, HS-DSCH 编码过程主要增加了 HARQ 功能和 16QAM 星座重排, 体现了 HSDPA 底层最具特色的技术。混合自动重发请求(HARQ)的主要功能是完成 HARQ 在物理层的相关操作, 根据 HARQ 类型增量冗余的因素, 通过两步速率匹配完成。由于 16QAM 的引入, HS-DSCH 的交织也与其他信道不同。在 16QAM 调制方式中, 在星座图上, 不同位置符号的可靠度不同, 对星座进行重排会达到更好的性能。所谓重排是通过交换不同比特位置上的信息来实现的, 重排方案通过 HS-SCCH 指示, 而对于 QPSK 调制这一步是透明的。

### 2. HS-SCCH的功能

HS-DSCH 共享控制信道 (HS-SCCH) 是 HSDPA 专用的下行控制信道, 是一个物理信道, 占用 2 个下行 SF=16 物理码道, 用于承载所有相关底层的控制信息, 由两个单独的物理信道携带 (HS-SCCH1 和 HS-SCCH2)。终端接收 HS-DSCH 的数据需要在 HS-SCCH 控制信息的配合下才能完成。HS-SCCH 被所有 HSDPA 数据的 UE 所共享, 但对单个 HS-DSCH 传输时间间隔, 每个 HS-SCCH 只为一个 UE 承载 HS-DSCH 相关的下行控制信

令。HS-SCCH 上的控制信息主要包括 UE-ID, TFRI 和 HARQ 等相关信息。



图 2.6 TD-HSDPA 物理信道的码道配置

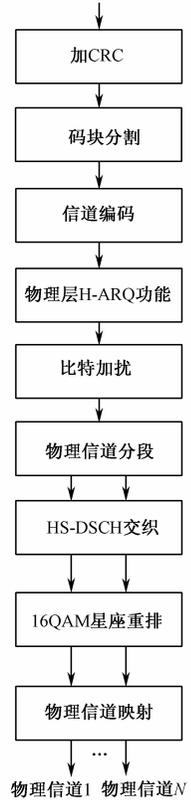


图 2.7 HS-DSCH 编码过程

### (1) UE-ID

UE-ID 用于标识当前控制信息的所属 UE。当 UE 收到高层信息需要接收 HS-DSCH 数据时, UE 开始连续监视 HS-SCCH 信道, 最多需要监视 4 个 SF=16 码道的 HS-SCCH 数据, 寻找属于自己的控制信息。在 UE 获得控制信息后, 才能接收 HS-PDSCH (HS-DSCH 物理映射信道) 的数据。

### (2) TFRI

TFRI 主要包括码和时隙的分配信息、调制方案信息和传输块的大小, 分别用于指示 UE 当前 HS-PDSCH 所用的码字和所处的时隙位置, 标识 HS-PDSCH 下一个传输时间间隔数据的调制方案, 准备采用 QPSK 或 16QAM 及其传输块大小。码分配信息表明 HS-PDSCH 使用的信道化码, 为简单方便, 要求可用的信道化码连续分配, 即介于一个起始码和一个结束码之间, 用 4 bit 分别表示码的起始位置和终止位置。HS-PDSCH 能够被分配的时隙是 TS2~TS6, 最多 5 个时隙, 这样可以用 5 bit 表示 TS2~TS6 时隙的占用情况。

### (3) HARQ

HARQ 相关信息包括 HARQ 的过程信息、冗余版本信息和新数据指示信息。其中冗余版本信息可以指示数据分组的 HARQ 类型,即能否采用增量冗余及分组是否有自解码能力等。对 16QAM 调制方案而言,还包括星座信息和指示星座重排的方案。新数据指示信息可以指示此数据是新发数据还是重发数据。

HS-SCCH 信道编码过程如图 2.8 所示,来自上层的信息包括:

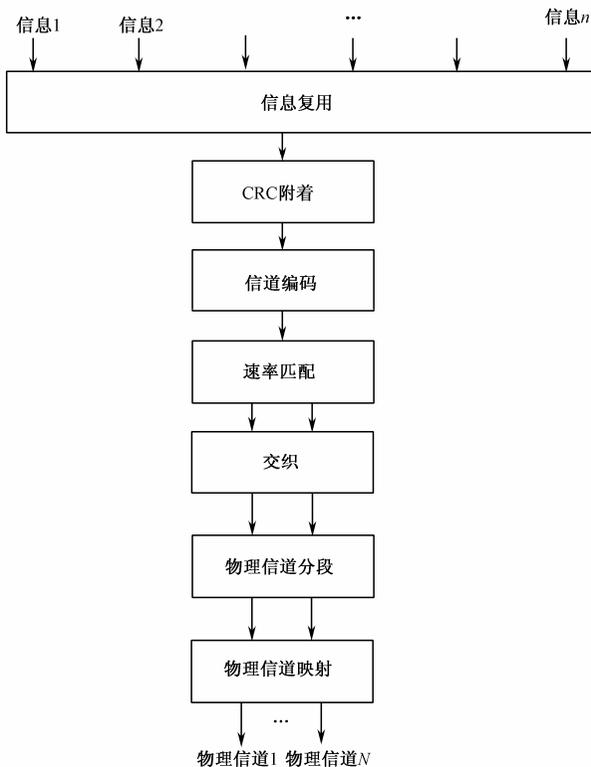


图 2.8 HS-SCCH 编码过程

- 扩频码集信息 (8 bit);
- 时隙信息 (5 bit);
- 调制方式信息 (1 bit);
- 传输块大小信息 (6 bit);
- HARQ 请求信息 (3 bit);
- 冗余版本信息 (3 bit);
- UE 标识 (16 bit);
- HS-SCCH 循环序列号 (3 bit);
- 新数据指示 (1 bit)。

#### (4) HS-SICH

HS-SICH 是 HSDPA 专用的上行控制信道，也是一个物理信道，占用 1 个上行 SF=16 物理信道，用于反馈相关操作的上行信息，主要包括应答 / 非应答 (ACK/NACK) 和信道质量指示 (CQI) 信息。CQI 中包括推荐调制格式 (RMF) 和推荐传输块大小 (RTBS)。

ACK/NACK 是用于支持 HARQ 的反馈信息，长为 1 bit，准确性非常重要，对系统影响很大，所以 ACK/NACK 需要可靠性很高的编码来保证性能。

CQI 作为另一个非常重要的反馈信息，用于指示当前信道质量。信道估计在 UE 端完成，可以通过测量 PCCPCH 的 RSCP/ISCP 进行信道估计。根据估计结果，UE 按照已知的 HS-PDSCH 资源分配状态，选取合适的 CQI 进行反馈。CQI 同样需要很高的可靠度，因为 Node B 根据 CQI 决定下一次发送的传输格式。CQI 的编码可以分为 RTBS 和 RMF。

通常，HS-SICH 映射到时隙 TS1，并采用 SF=16 的扩频因子。HS-SICH 需要保持上行同步，HS-SICH 初始定时来自于上行 DPCH，同步维持根据 HS-SCCH 的 SS 命令进行，步长来自于高层。考虑到 UE 会出现接收不到 HS-SCCH 传输的情况，此时 SS 命令的接收来自于伴随的下行 DPCH，直到 UE 接收到 HS-SCCH 的信息。

HS-SICH 信道编码过程如图 2.9 所示。

#### (5) HSDPA 各物理信道的定时关系

为了保证 UE 有足够的时间来解析 HS-SCCH 信道所携带的信息，要求 HS-SCCH 和其对应的 HS-PDSCH 信道必须相隔 3 时隙或 3 时隙以上。图 2.10 描述了 HS-SCCH 和 HS-PDSCH 之间的时间关系。

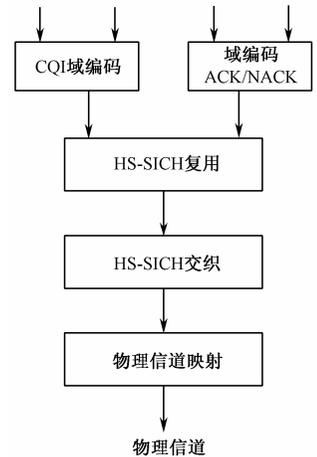


图 2.9 HS-SICH 编码过程

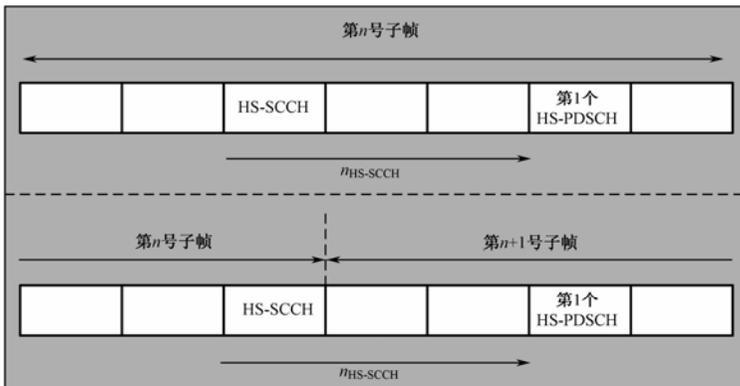


图 2.10 HS-SCCH 和 HS-PDSCH 之间的时间关系

UE 将在任何给定的 HS-SICH 信道上发送最近的 CQI 值，但是 HS-SICH 信道与 HS-PDSCH 信道之间的间隔时隙数必须大于或等于 9，图 2.11 描述了 HS-SICH 和 HS-PDSCH 信道之间的时间关系。

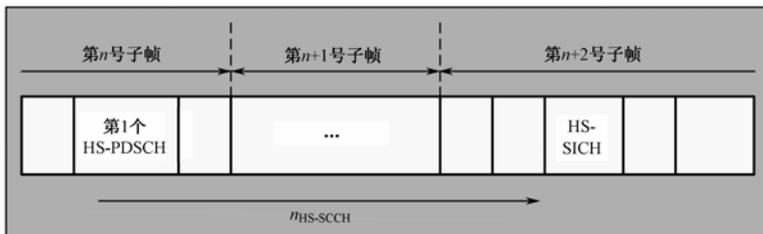


图 2.11 HS-SICH 和 HS-PDSCH 之间的时间关系

## 2.2.4 伴随物理信道（A-DPCH）的功能

在 TD-HSDPA 中，HS-DSCH 共享信道总是伴随着下行 DPCH 和一个或多个 HS-SCCH，其中，下行伴随 DPCH 的功能如下：

- 承载高层信令和 TPC 功率控制命令字；
- 用于上行伴随 DPCH 同步；
- 支持信道复用。

上行伴随 DPCH 的功能：

- 承载高层信令、TPC 功率控制命令字和 PS 数据；
- 根据信令流量需求配置伴随 DPCH；
- 伴随 DPCH 可根据需要进行重配；
- 支持信道复用。

## 2.3 TD-HSDPA 空中接口 MAC 层协议

在 TD-SCDMA 中引入 HSDPA，对高层协议的修改主要涉及 Node B、空中接口物理层和 MAC 子层，RLC 层和分组数据汇集协议层（PDCP）与 R4 阶段一样保持不变。在 HSDPA Node B 协议栈中，新增加 MAC-hs 实体，实现新增 HARQ 和快速调度的功能，增加了专用逻辑信道的传输功能，负责处理高速下行共享信道（HS-DSCH）。在无线接入网中，调度功能由 RNC 转移到 Node B 中实现。

### 2.3.1 MAC 实体的功能

以下从功能的角度来描述 MAC 结构和不同的 MAC 实体。在规范中只规定了模型，没有限制其具体的实现。根据 RRC 功能，通常由 RRC 控制 MAC 内部配置。

MAC 层实体功能有：

- ① MAC-b 实体负责处理广播信道（BCH）。
- ② MAC-c/sh 实体负责处理以下传输信道：
  - 寻呼信道（PCH）；
  - 前向接入信道（FACH）；
  - 随机接入信道（RACH）；
  - 下行链路共享信道（DSCH）；
  - 上行链路共享信道（USCH）。
- ③ MAC-d 实体负责处理专用传输信道（DCH）。
- ④ MAC-hs 实体负责处理高速下行共享信道（HS-DSCH）。

## 2.3.2 UE侧MAC结构和功能

图 2.12 描述了 MAC 实体之间的关系。每个 UE 维护一个 MAC-c/sh。对每个 UE，仅在连接存在（或建立过程中）时需要维护一个 MAC-d。在配置 HS-DSCH 时，UE 需要维护一个 MAC-hs。MAC-c/sh 控制接入到除了 HS-DSCH 传输信道以外的所有公共功能传输信道上。MAC-d 控制接入到所有专用传输信道上，以及 MAC-c/sh 和 MAC-hs。MAC-hs 控制接入到 HS-DSCH 传输信道上。

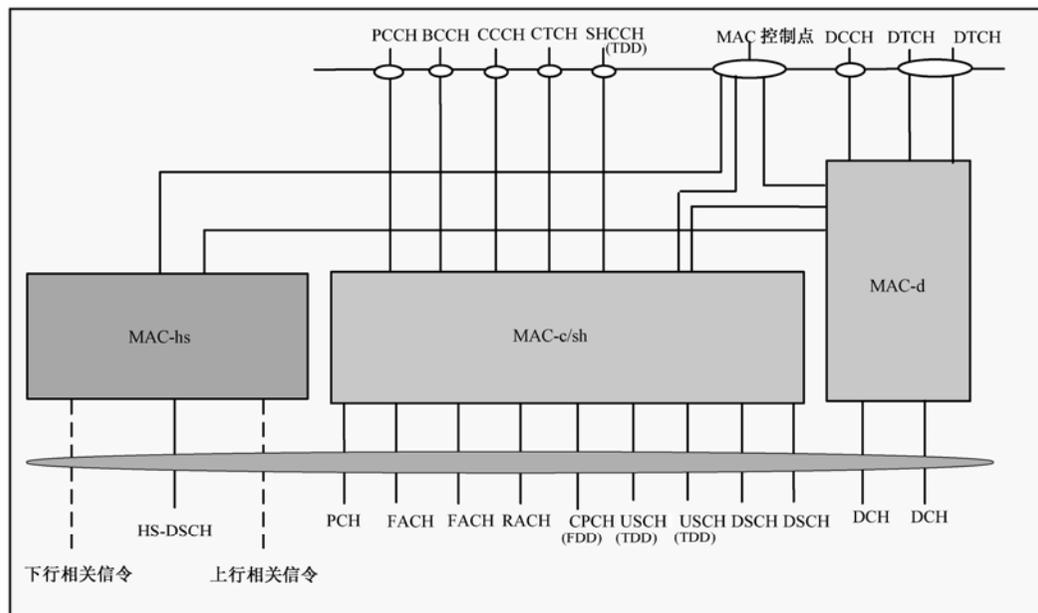


图 2.12 UE 侧的 MAC 结构

在下行方向上，如果专用的逻辑信道映射到公共传输信道上，MAC-d 通过图 2.12 中所示的功能实体间的连接从 MAC-c/sh 或者 MAC-hs 接收数据。在上行方向上，如果专用的逻辑信道映射到公共传输信道上，那么，MAC-d 通过图 2.12 中所示的功能实体间的连接将数据提交给 MAC-c/sh。

逻辑信道到传输信道的映射取决于 RRC 对复用的配置。MAC 控制服务访问点 (SAP) 用于将控制信息传送给每个 MAC 实体。

### 2.3.3 MAC-hs 实体功能描述

#### 1. UE 侧 MAC-hs 实体功能

如图 2.13 所示，在 UE 协议栈中的 MAC-hs 实体负责实现 HSDPA 相关功能。MAC-hs 包含以下实体：

##### (1) HARQ

HARQ 功能实体负责实现与 HARQ 协议相关的 MAC 功能，包括完成所有 HARQ 需要的任务，负责产生 ACK 和 NACK。HARQ 协议的详细配置由 RRC 通过 MAC 控制 SAP 提供。

在多载波 HSDPA 中，在 UE 中，MAC-hs 实体独立地为每个接收载波配置一个 HARQ 实体。每个接收载波 HARQ 子实体包括多个 HARQ 进程，不过一个 HS-DSCH 传输时间间隔 (TTI) 只能存在一个 HARQ 进程。在 HS-SCCH 中携带 HARQ 进程识别，指示随后接收的每个载波的 HS-DSCH 由哪个 HARQ 进程处理。

##### (2) 重排队列分发

重排队列分发的功能根据队列识别号 (ID) 将 MAC-hs PDU 分发到不同的重排缓冲器。

##### (3) 重排

重排负责根据接收到的 TSN (传输序列号) 对接收到的 MAC-hs PDUs 进行重排。带有连续的 TSN 的 MAC-hs PDUs 被发送到接收之上的拆分功能实体。

##### (4) 拆分

拆分实体负责对 MAC-hs PDUs 进行拆分。当一个 MAC-hs PDU 被拆分时，MAC-hs 头部被移除，MAC-d PDU 被抽取出来，并且任何存在的填充比特都会被删除，接着 MAC-d PDU 被调交到高层。

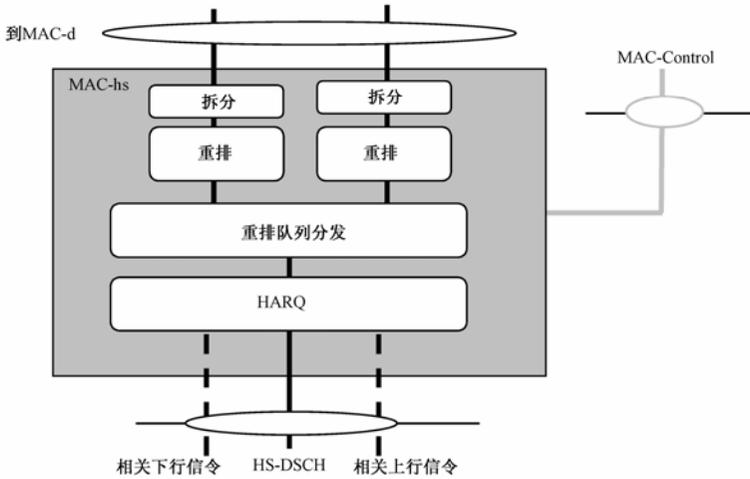


图 2.13 UE 侧 MAC-hs 实体结构图

## 2. UTRAN侧MAC-hs实体功能

在 UTRAN 中，每个小区都存在一个 MAC-hs 实体，用来支持 HS-DSCH 的传输，负责处理 HS-DSCH 上数据发送，分配 HSDPA 物理资源。从图 2.14 可以看出，通过 MAC 控制服务访问点（SAP），MAC-hs 实体接收来自 RRC 层的配置参数。在 MAC-hs 实体中，对每个 MAC-d PDU 进行优先级处理。在 UTRAN 侧，MAC-hs 实体由以下 4 个不同功能实体组成。

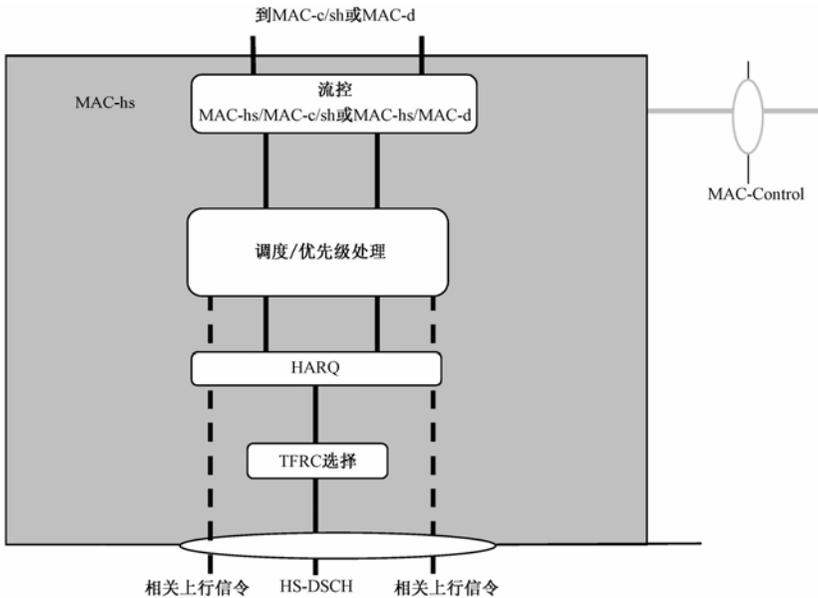


图 2.14 UTRAN 侧 MAC-hs 实体

### (1) 流量控制

流量控制由一个给定的 MAC-hs 实体的 MAC-d 流独立提供。在考虑空中接口传输能力的前提下,两个实体一起采用动态方式,提供了在 MAC-c/sh 和 MAC-hs 之间或 MAC-d 和 MAC-hs 之间的数据流。流量控制主要为了限制层 2 信令延时,并减少 HS-DSCH 拥塞所导致的丢弃和重传数据量。

### (2) 调度 / 优先级处理

用来调度一个小区所有的用户,根据优先级来管理 HARQ 实体和 MAC-d 数据流之间的 HS-DSCH 资源。根据高层的信息调度 MAC-hs SDU,一个 UE 可以有一个或多个 MAC-d 数据流,每个 MAC-d 数据流包括的 MAC-d PDUs 根据优先级分配至一个或多个优先级队列,一个 MAC-d PDU 只能分配在一个优先级队列,一个优先级队列只对应一个 MAC-d 数据流。

对于多载波 HSDPA 小区,包括多个 HARQ 子实体,每个 HARQ 子实体处理一个用户的一个载波。TSN 对应一个 HS-DSCH 的每个队列独立计数,HS-DSCH 在一个队列发送第 1 个 MAC-hs PDU 时,将队列中 TSN 初始化为 0,随后当该 HS-DSCH 在该队列发送一个新的 MAC-hs PDU 时,将 TSN 累计加 1,即对于重传的 MAC-hs PDU,TSN 不累加。对于每个待发送的 MAC-hs PDU,向 HARQ 实体指示优先级队列识别号和 TSN。

基于每个载波相关联的上行链路的反馈状态报告,首先,确定在该载波上是发送新数据还是重传数据;基于高层提供的时延属性,调度模块可以丢弃超时的数据块,发起一个新数据块的传送。其次,确定冗余版本,针对每个用户的每个在载波上初始传送或重传的 MAC-hs PDU,确定合适的冗余版本,并向底层指示。最后,确定 HCSN,针对每个用户的每个载波计数,当向某用户的某个载波发送 HS-SCCH 时,该用户该载波 HCSN 累计加 1。

### (3) HARQ

一个 HARQ 实体处理一个用户的混合 ARQ 功能。多载波 HSDPA 实体包括多个独立的 HARQ 子实体,每个 HARQ 子实体处理一个用户的一个载波的 HARQ 功能。每个 HARQ 子实体能够支持停等 HARQ 协议的多实例(HARQ 进程)。每个 HS-DSCH 的每个 TTI 的每个载波只能运行一个 HARQ 进程。HARQ 进程实体负责将上行状态报告发送至调度实体。根据调度实体的指示,设置 MAC-hs PDU 的队列号和 TSN,在发送 MAC-hs PDUs 时,HARQ 确定适当的进程,并设置相应的 HARQ 进程号。

### (4) TFRC 选择

TFRC 选择负责在 HS-DSCH 上为传输数据选择合适的传输格式和资源。

## 2.3.4 逻辑信道和传输信道

MAC 层的操作涉及物理信道和传输信道的定义,即在 MAC 层和物理层之间的传输信道以及介于 MAC 层和 RLC 层之间的逻辑信道。

### 1. 传输信道

传输信道包括公共传输信道和专用传输信道,公共传输信道包括:

- 随机接入信道 (RACH);
- 前向接入信道 (FACH);
- 下行共享信道 (DSCH);
- 高速下行共享信道 (HS-DSCH);
- 上行共享信道 (USCH);
- 广播信道 (BCH);
- 寻呼信道 (PCH)。

专用传输信道被定义为 DCH。

### 2. 逻辑信道

MAC 层在逻辑信道上提供数据传送业务。根据 MAC 提供数据传送业务的信息类型,定义了一系列逻辑信道类型,主要分为控制信道和业务信道两类,如图 2.15 所示。

### 3. 物理信道和传输信道映射

在无线接口协议的层次结构中,位于 MAC 层下面的是物理层,物理层通过传输信道为 MAC 层提供数据传输服务,因此,MAC 负责逻辑信道和传输信道之间的信道映射。图 2.16 描述了 UE 侧和 UTRAN 侧逻辑信道、传输信道和物理信道之间的一般映射关系。

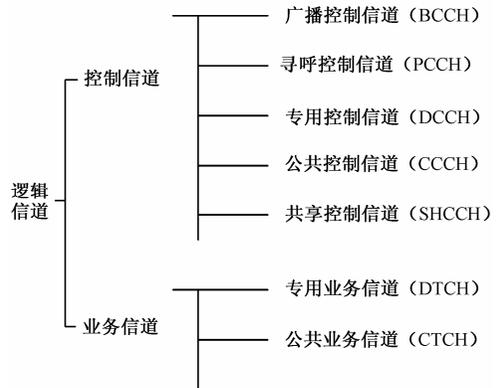
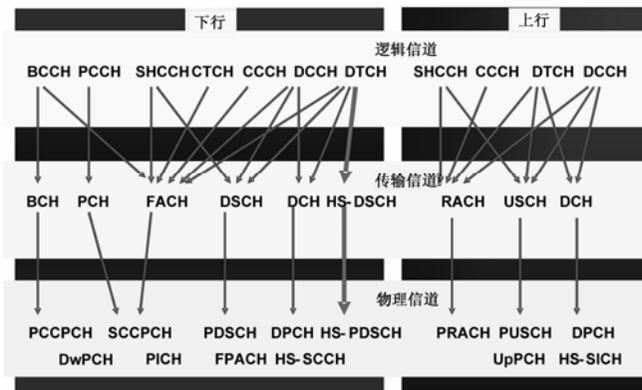


图 2.15 逻辑信道类型



传输信道	物理信道
DCH	专用物理信道 (DPCH)
BCH	主公共控制物理信道 (P-CCPCH)
PCH	辅助公共控制物理信道 (S-CCPCH)
FACH	辅助公共控制物理信道 (S-CCPCH)
	寻呼指示信道 (PICH)
RACH	物理随机接入信道 (PRCH)
USCH	物理上行共享信道 (PUSCH)
DSCH	物理下行共享信道 (PDSCH)
	下行导频信道 (DwPCH)
	上行导频信道 (UpPCH)
	快速物理接入信道 F-PACH
HS-DSCH	高速物理下行共享信道 (HS-PDSCH)
	下行 HS-DSCH 共享控制信道 (HS-SCCH)
	上行 HS-DSCH 共享信息信道 (HS-SICH)

图 2.16 逻辑信道与传输信道之间映射

## 2.4 TD-HSDPA 空中接口 RRC 层协议

除了空中接口物理层和 MAC 的功能之外，HSDPA 还需要相应高层信令流程的支持，主要体现在无线资源控制层 (RRC) 方面。RRC 层需要完成相应 HSDPA 的高层控制操作。

### 1. RRC 层主要功能

- 提供广播与非接入层 (核心网) 相关信息;
- 提供广播与接入层相关信息;
- 建立、维护和释放 UE 和 UTRAN 之间的 RRC 连接;
- 无线承载的建立、重配置和释放;
- 分配、重配置和释放用于 RRC 连接的无线资源;
- RRC 连接移动性功能;

- 控制所请求的 QoS;
- UE 测量报告以及对报告的控制;
- 外环功率控制;
- 加密控制;
- 慢速动态码分配;
- 寻呼;
- 初始小区选择及小区重选;
- 上行链路 DCH 上无线资源的仲裁;
- RRC 消息完整性保护;
- 定时提前。

## 2. RRC向上层提供的服务

- 常规控制;
- 通知;
- 专用控制。

## 3. RRC层状态转移过程

RRC 状态转移过程是 RRC 层的重要功能，图 2.17 描述了状态迁移过程。HSDPA 用户在开机后可驻留两种工作模式：空闲(Idle)模式和连接模式。在服务小区内，由于 HSDPA 用户长时间无数据传输，或向非 HSDPA 能力的小区切换，RNC 控制 HSDPA 用户从 HS-DSCH 信道切换到 DCH 中，或者把 HSDPA 用户从 HS-DSCH 状态转换到 Cell-FACH 信道，使 UE 进入 Cell-FACH 状态，或者进一步转移到 Cell-PCH 或 URA-PCH 状态。根据业务传送情况，RNC 也可以控制用户在 Idle 状态和连接模式之间转移，用户状态转换过程是可逆的。当 HSDPA 用户需要数据传输或有不具备 HS 功能的小区切换进入 HSDPA 小区时，RNC 控制处于 Cell-DCH 状态或 Cell-FACH 状态的用户切换到 HS-DSCH 信道，进入 HSDPA 状态。

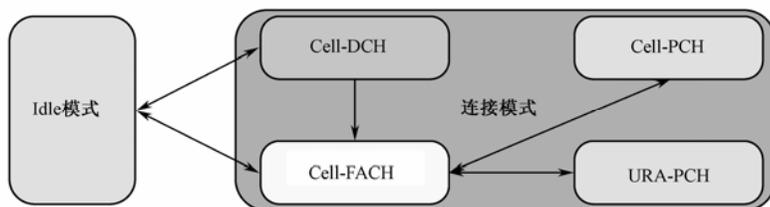


图 2.17 RRC 状态转移

## 4. RRC无线资源管理功能

空中接口 RRC 层的主要功能是进行无线资源控制。从逻辑资源管理的角度来看，RNC

对 HSDPA 相关的无线资源进行分配和管理。RNC 通过 NBAP 消息把分配的 HSDPA 资源信息发送给 Node B, Node B 在收到消息后,对 HSDPA 相关的无线资源进行配置 / 重配置等相关管理。RNC 对 HSDPA 小区 Node B 的操作维护包括:

- ① HSDPA 小区的建立与重配置;
- ② HSDPA 共享信道的重配置;
- ③ 无线链路的建立与重配置。

RNC 对 HSDPA 相关的传输信道和物理信道进行管理,并对承载信道的载波、码道和时隙资源进行管理。

## 参 考 文 献

- [1] 李世鹤. TD-SCDMA——第三代移动通信系统标准. 北京:人民邮电出版社,2002.12。
- [2] 彭木根, 王文博. 3G 无线资源管理与网络规划优化. 北京:人民邮电出版社,2007。
- [3] 彭木根, 王文博. TD-SCDMA 移动通信系统增强和演进. 北京:机械工业出版社,2008。
- [4] <http://www.3gpp.org>.
- [5] 3GPP Technical Report, 25.848, Physical Layer Aspects of UTRA High Speed Downlink Packet Access.
- [6] 3GPP Technical Report 25.950, UTRA high speed downlink packet access.
- [7] 3GPP Technical Report 25.856, High Speed Downlink Packet Access (HSDPA); Layer 2 and 3 aspects.
- [8] 3GPP Technical Report 25.858, Physical layer aspects of UTRA High Speed Downlink Packet Access.
- [9] CCSA 标准, 2GHz TD-SCDMA 数字蜂窝移动通信高速下行分组接入 (HSDPA) Uu 接口物理层技术要求[S], 2007 (4)。
- [10] CCSA 标准, 2GHz TD-SCDMA 数字蜂窝移动通信高速下行分组接入 (HSDPA) Uu 接口层 2 技术要求[S], 2007 (4)。
- [11] CCSA 标准, 2GHz TD-SCDMA 数字蜂窝移动通信高速下行分组接入 (HSDPA) Uu 接口 RRC 层技术要求[S], 2007 (4)。

# 第 3 章 TD-HSDPA物理层关键技术

在第三代移动通信技术演进过程中，3GPP R5 版本规范中引入了一个重要的增强技术——TD-HSDPA，使系统本身具有支持传输高速数据业务（如高数据量、高突发性和高可靠性等）的能力。TD-HSDPA 通过引入一系列关键技术，实现下行链路的高速数据传输。TD-HSDPA 物理层关键技术包括自适应调制编码（AMC）技术、混合自适应重传（HARQ）、16QAM 高阶调制、快速调度和多载波捆绑技术。

## 3.1 TD-HSDPA的技术特点

TD-HSDPA 引入新的共享物理信道 HS-PDSCH，HS-SCCH 和 HS-SICH，使多个用户可以共享资源。它在物理层引入高阶调制（16QAM）来提高频谱利用率，采用 HARQ 和 AMC 等链路自适应技术来提高数据业务吞吐量，利用码分和时分方式在各个 UE 之间灵活快速地调度资源。TD-HSDPA 通过采用以上技术，极大地提高了用户下行速率，提高了小区整体吞吐量，单载波理论上最大下行容量可达到  $560 \text{ kbps} / \text{时隙} \times 5 \text{ 个时隙} = 2.8 \text{ Mbps}$ 。

在 TD-HSDPA 关键技术中，大幅度提高数据业务带宽最直接的原因是调制方式的改变，即采用了 16QAM 调制方式，而 AMC、HARQ 和快速调度 3 种技术主要以保证传输质量、传输效率、保障用户体验和进行资源合理分配为目的。

## 3.2 高阶调制技术

### 3.2.1 编码和调制对速率影响

在 TD-SCDMA 系统中，不同编码和调制对信道速率的影响不同。

#### 1. 对于R4 而言

TD-SCDMA 无线帧格式如图 3.1 所示，其中每个 5 ms 突发含有 2 个数据块（chip），共  $352 \text{ chip} \times 2 = 704 \text{ chip}$ 。对于不同的扩频因子 SF，对应不同的符号数为  $704/SF$ 。

针对 R4 的每个  $SF=16$ （基本无线单元：RU），符号数为  $704/16=44$ 。

当采用 QPSK 的调制方式时，每 2 bit 代表 1 个符号，所以， $SF=16$  编码信道速率为  $44 \times 2 \text{ bit} / 5 \text{ ms} = 17.6 \text{ kbps}$ 。

由此可知，采用 1/2 的编码方式，实际单码道速率为 8.8 kbps。

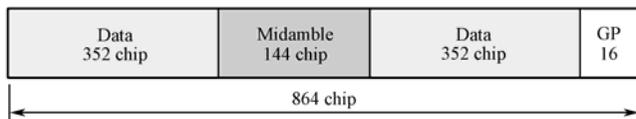


图 3.1 TD-SCDMA 无线帧格式

## 2. 对于HSDPA而言

假设，设置采用 16QAM 调制（每个星座点表示 4 bit），同时扩频因子 SF=1 和 HARQ，损耗情况暂时不考虑：

① 若时隙配比采用 1：5 配置，每时隙传输的比特数为  $704 \times 4 \text{ bit} = 2816 \text{ bit}$ 。对每个子帧而言，下行占用 5 时隙，传输的比特数为  $2816 \text{ bit} \times 5 = 14080 \text{ bit}$ ，传输峰值速率为  $14080 \text{ bit} / 5 \text{ ms} = 2.816 \text{ Mbps}$ 。

② 若每个载波采用满时隙配置，即 6 时隙全部用于传送下行数据，则峰值传输速率为  $(2816 \text{ bit} \times 6) / 5 \text{ ms} = 3.38 \text{ Mbps}$ 。

由此可知，TD-HSDPA 单载波理论速率为 2.8 Mbps；TD-HSDPA 多载波（1 个主载波和 2 个辅载波）的理论速率为  $3.38 \text{ Mbps} \times 2 + 2.816 \text{ Mbps} = 9.576 \text{ Mbps}$ ，近似为 9.6 Mbps。

## 3.2.2 16QAM高阶调制

在正交幅度调制方式（QAM）中，数据信号由相互正交的两个载波幅度变化表示，能够以星座图的形式方便地表现出来。星座点数越多，每个符号能传输的信息量就越大。QAM 每个星座点用不同相位和幅度来表示，解调器需要能够同时正确检测相位和幅度，增加了解码的复杂度。在 TD-HSDPA 中采用了 16QAM 方式，如图 3.2 所示，16QAM 中每个星座点表示 4 bit。HSDPA 编码和调制对速率的影响情况描述如下。

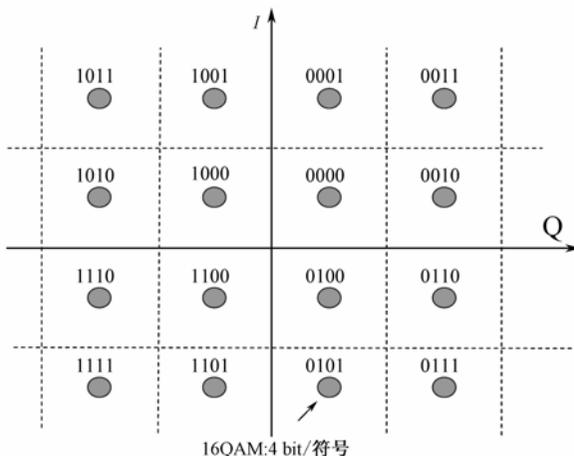


图 3.2 16QAM 中星座排列图

一个时隙中含有两个数据块：共  $352 \times 2 = 704$  chip；当  $SF=1$  时，单时隙符号数达到理论最大值：704 个符号；在 16QAM 调制方式下，单时隙最大理论速率为  $704 \times 4/5 = 563.2$  kbps，采用 AMC 技术后，在信道条件好的时候，不需要增加冗余编码，单时隙速率为 563.2 kbps。因此，当上、下行时隙配比为 1:5 时，最大理论速率为  $563.2 \text{ kbps} \times 5 = 2.816 \text{ Mbps}$ 。

### 3.2.3 16QAM 星座重排机制

在 16QAM 调制方式中，共有 16 个星座点，为了降低数据重传时解调错误概率，必然涉及星座重排的特殊功能。由于采用 16QAM 调制，在星座图上的不同位置，传输符号在星座中拥有不同差错概率，可靠度不相同。不同符号拥有不同数量的邻区符号，邻区符号越多，解码越容易出现错误。相反，远离轴向的符号解码成功的概率较高。所以，对星座位置进行重排，将会达到更好的性能。

如图 3.3 所示，星座重排就是按照传输序号，将比特映射到不同符号中，通过交换星座不同比特位置上的信息来实现。重排方案则通过 HS-SCCH 指示。对于 QPSK 调制而言，星座重排是透明的。

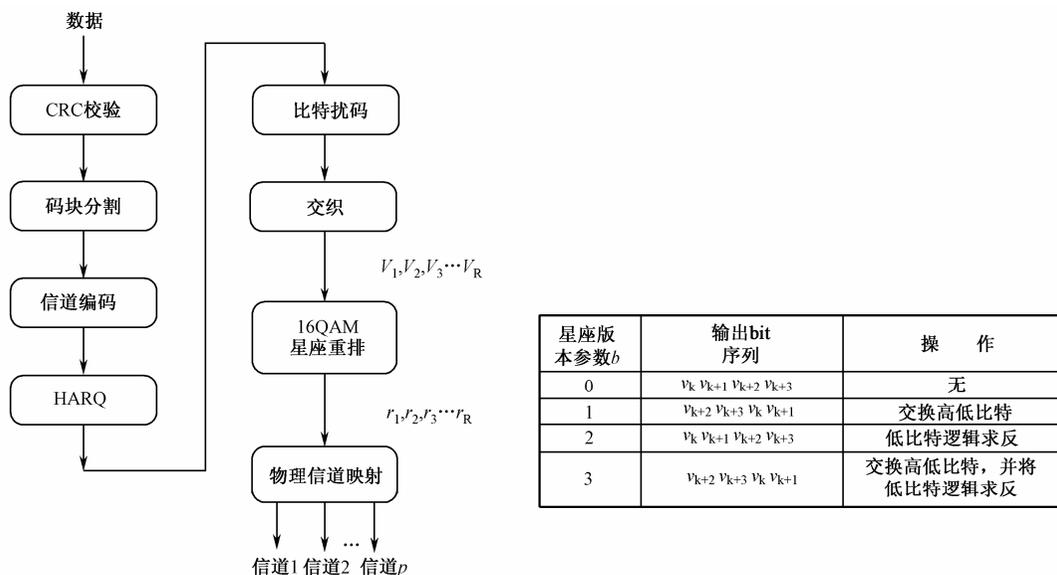


图 3.3 16QAM 星座重排关系

### 3.3 自适应调制编码

#### 3.3.1 自适应调制编码（AMC）的原理

自适应调制编码（Adaptive Modulation and Coding, AMC）是 TD-HSDPA 中引入的最重要的物理层技术之一。无线信道的一个很重要特点就是时变性，在短时间内瑞利衰落可达到十几甚至几十 dB。如果能对时变特性进行自适应跟踪，将会给系统性能带来很大的改善。作为链路自适应技术之一，AMC 能够对信道的时变特性进行自适应跟踪，使得 Node B 能够根据 UE 反馈的信道状况及时地调整不同的调制方式（QPSK, 16QAM）和编码速率，从而使数据传输能够及时跟踪信道的变化状况，提高传输效率。AMC 系统原理和工作机制分别如图 3.4 和图 3.5 所示。

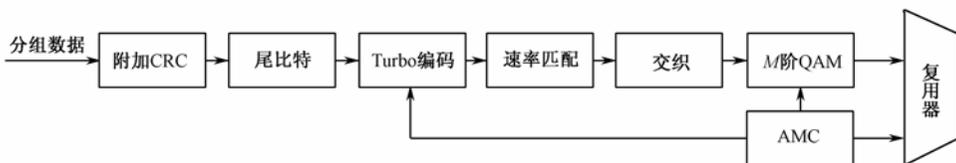
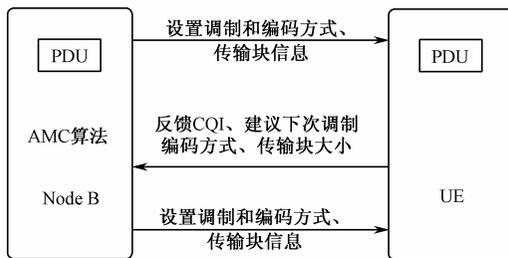


图 3.4 AMC 系统原理图



- 调制方式: QPSK和16QAM
- 传输块大小: 40~14 056 bit
- CQI: Channel Quality Indicafor, 信道质量指示

图 3.5 AMC 工作机制

AMC 能够适应无线信道的时变性，引入多种编码方式和调制方式，使系统能够通过改变编码方式和调制方式，对链路变化进行自适应跟踪，大力改善系统性能。根据图 3.6 仿真结果，表明采用 AMC 的 TD-HSDPA 系统可以提高 20% 的平均吞吐量。

AMC（自适应调制编码）的基本方法如图 3.7 所示，UE 测量下行信道的信道质量并反馈给 Node B，Node B 根据信道测量结果自适应地调整编码和调制方案，选择合适的调

制方式和编码码率，使得传送的数据速率最大化。AMC 通过改变调制方式和信道编码方式来调整传输速率，HSDPA 的调制方式又分为 QPSK 和 16QAM 两种。在有利位置的用户（距离基站较近）将会被分配较高的调制级别和编码速率（16QAM 和 3/4 编码速率），而在不利位置的用户（小区边缘）会被分配较低的调整等级和编码速率（QPSK 和 1/3 编码速率）。

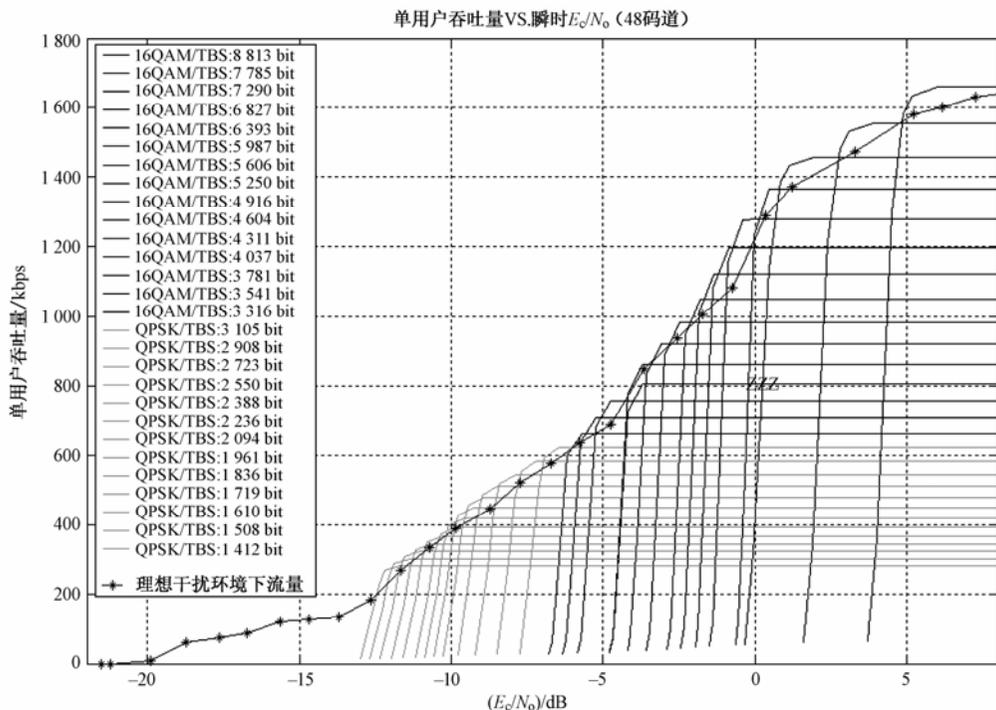


图 3.6 AMC 机制中调制方式与传输块的选择关系图

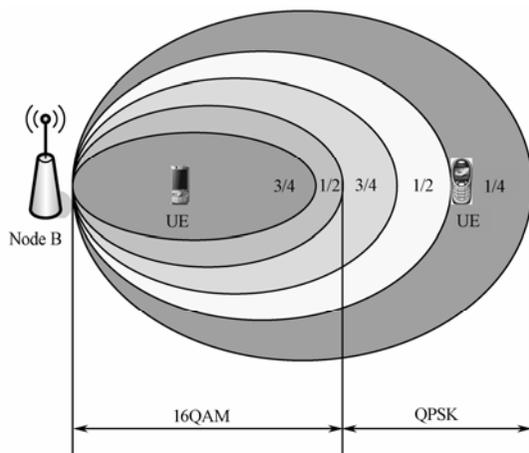


图 3.7 AMC 的基本方法

### 3.3.2 AMC技术中的信息反馈机制

AMC 根据用户瞬时信道质量和目前资源状况,选择合适的下行链路调制方式和编码方式,提高数据吞吐量和传输效率。AMC 的标准基于信道质量的反馈信息,即 CQI。UE 测量信道质量 (SNR) 并报告给 Node B, Node B 基于 CQI 来选择调制方案、数据块大小和数据速率。当信道条件较好时,减少冗余编码,甚至不编码,采用 16QAM 调制方式;当信道条件较差时,增加冗余编码,采用 QPSK 调制方式。AMC 中的 CQI 反馈机制如图 3.8 所示。

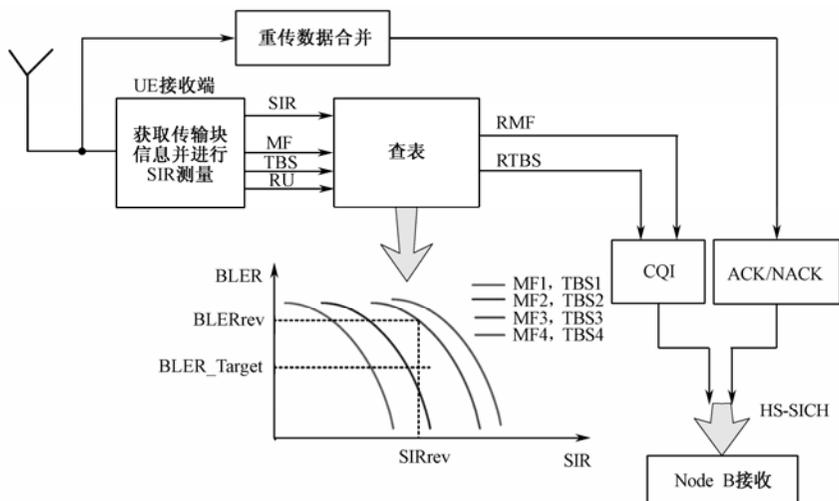


图 3.8 AMC 中的 CQI 反馈机制

对于要传输的数据而言,首先添加 CRC (循环冗余校验) 校验比特和尾比特。依据 UE 上报 CQI,按照 AMC 要求的编码方式进行编码。经过速率匹配和交织后,再根据 AMC 要求,映射到星座图上,然后到达多路分配器。AMC 的技术优势在于:

- ① 使处于有利位置的用户可以得到更高的数据速率,提高小区平均吞吐量。
- ② 相对于常用的改变发射功率进行链路自适应的方案,AMC 干扰更小,效果更好。

### 3.3.3 AMC技术对TD-HSDPA性能指标的影响

下面通过计算机仿真的方法,分析采用 AMC 技术对 TD-HSDPA 性能的影响程度。

#### 1. 不同UE移动速度AMC的性能分析

在不同 UE 移动速度情况下,AMC 与固定调制编码 (MCS) 的 TD-HSDPA 性能对

比情况如图 3.9 所示。在低速情况下，AMC 性能较好，相比于固定 MCS 技术能够提供明显的增益；在高速情况下，AMC 相比于固定 MCS 技术带来的是负增益，这是因为在高速情况下，信道变化相对比较快，CQI 反馈信息的调整跟不上时变信道的变化，因此 AMC 性能较差。

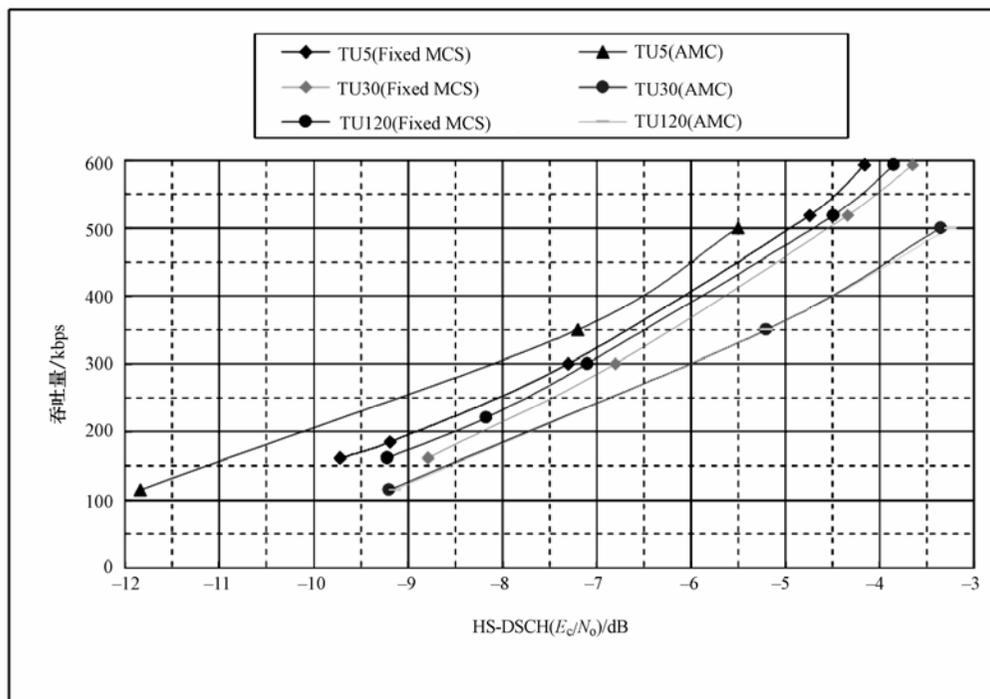


图 3.9 在不同 UE 移动速度情况下 AMC 与固定 MCS 的 HSDPA 性能比较

## 2. CQI反馈周期对AMC性能的影响

在 AMC 信息反馈机制中，当每个子帧都上报 CQI 时，所上报的 CQI 在 2 个子帧之后的数据调度中才能得到实际使用。如果 CQI 反馈周期不是 1 个子帧，则在新的 CQI 反馈值到来之际，一直用的都是上次反馈的值，相当于在 CQI 反馈值和当前信道质量之间又增加了时延。对于 CQI 反馈周期的研究，主要考察增加 CQI 反馈周期之后对 TD-HSDPA 性能的影响，因为 CQI 反馈周期延长可以有效节约上行信道的功率资源。

仿真结果表明，在没有采用 HARQ 重传时，在慢速信道条件下，当 CQI 调度时延逐渐增大时，AMC 的性能逐渐变差。初始传输数据块的 BLER 逐渐增大，吞吐量逐渐变小，说明慢速信道对 CQI 调度时延非常敏感；在高速信道情况下，即使 2 个子帧的 CQI 调度时延也跟不上信道的变化，在各种时延下性能相差不大，说明高速信道对 CQI 调度时延不敏感。

## 3.4 混合自动请求重发 (HARQ)

### 3.4.1 TD-HSDPA高效的系统架构

在 TD-HSDPA 关键技术中, 在物理层引入数据重传的新技术。在 R99 中, 一旦数据没有正确收到或出现应用层数据传输差错, 需要从 RNC 中开始重发数据, 在 TCP 中启动重传机制, 保证分组数据 (即数据包) 按序、正确传输。在 R99 中, 物理层没有进行任何重传操作, 也没有考虑重传或新发送的分组数据。

在 TD-HSDPA 中, 最先接收的分组在 Node B 中缓存。在出现分组解码错误或发送给用户后, Node B 中一直缓存分组。在没有 RNC 参与的情况下, 在 Node B 中重传自动执行, 终端相应地合并接收分组。一旦物理层操作错误, 例如, 信令错误, 基于 RNC 的重传过程便开始执行。

在 TD-HSDPA 中, 采用三重数据重传机制, 即 UE 与 Node B 之间物理层重传、UE 与 RNC 之间 RLC 层重传和 UE 与服务器之间 TCP 层重传, 从而减少了数据重传时延, 提高了数据传输速率。如图 3.10 所示, 数据重传机制遵循以下步骤:

- ① 数据从 RNC 发送到 Node B 中;
- ② Node B 初次发送数据到 UE;
- ③ UE 解码错误, 发送 NACK 信息;
- ④ Node B 重传数据到 UE;
- ⑤ UE 合并数据;
- ⑥ UE 发送 RLC 层 ACK 信息;
- ⑦ UE 发送给服务器 TCP 层 ACK 信息, 完成数据传输过程。

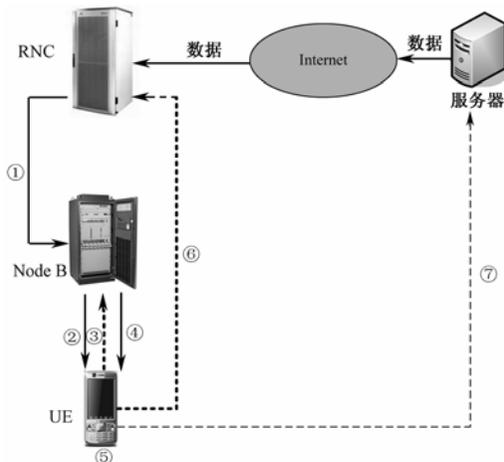


图 3.10 TD-HSDPA 数据重传机制

## 3.4.2 混合自动请求重发 (HARQ) 原理

混合自动请求重发 (HARQ) 作为一种纠错技术, 综合了前向纠错 (FEC) 和自动重传请求 (ARQ) 两种方式的特点, 在信道条件好的情况下, HARQ 可以起到信道编码同样的作用, 效率较高。所谓 ARQ 就是依靠错码检测和重发请求来保证信号质量, 而 FEC 则根据接收数据中冗余信息来进行纠错。

### 1. 停等ARQ (SAW ARQ)

作为一种简单的重传机制, SAW ARQ 在发送端发送一个数据块之后, 开始等待接收端的反馈信息。反馈信息为“ACK”表示接收成功, 发送端可以继续发送下一个数据块; 反馈为“NACK”则表示数据块在接收端校验出错, 发送端将重传该数据块, 并等待反馈信息。重传持续到反馈信息为 ACK 为止。但采用这种方法, 在等待反馈消息期间, 信道会处于空闲状态, 且接收端不能自主纠错, 系统能力被严重浪费。

### 2. 前向纠错 (FEC)

FEC 采用了添加冗余、出错纠错的方法来保证信号质量。当单纯采用 FEC 方法时, 为保证足够的纠错能力, 将不得不添加大量冗余, 使得编码和译码设备非常复杂, 也会降低传输效率。

### 3. 混合自动请求重发 (HARQ)

HARQ 技术综合了 FEC 和 ARQ 的优点, 在 HARQ 中, 发送端会发送具有一定冗余信息的数据, 接收端首先进行前向纠错 (FEC), 如果不能正确解调, 则要求发送端重新发送数据。HARQ 可以根据链路状况, 快速地调整信道的传输速率, 并实现 FEC 与 ARQ 的结合, 避免了 FEC 需要复杂译码设备和 ARQ 方式信息连贯性差的缺点。

3GPP R4 版本中采用了传统的 ARQ 方法, 重传功能在 RLC 层实现。TD-HSDPA 在 Node B 中增加了 HARQ 功能, 用以提高传输速率和减小时延。TD-HSDPA 的重传机制设计在 MAC 层, 相对于以前在 RLC 做重传, 控制速度有了较大的提高。首先, MAC 层重传机制减小了时延。RLC (无线链路控制) 往返时间的时延大约是 80~100 ms, 在移动台衰落比较严重、信道恶劣的情况下, 时间太长。而 MAC 层时延远小于 RLC 层, 且避免了 Iub 接口的时延, 重传机制在 MAC 层就可以得到快速反馈。另外, MAC 层重传机制可以保证在任何时刻 UE 只收到一个 Node B 的数据。当移动台发生切换时, 只需简单地和新建立连接的 Node B 执行 HARQ 机制。

TD-HSDPA 采用的是  $N$  信道停等的 HARQ 机制, 实现方法简单, 可以提高利用率,

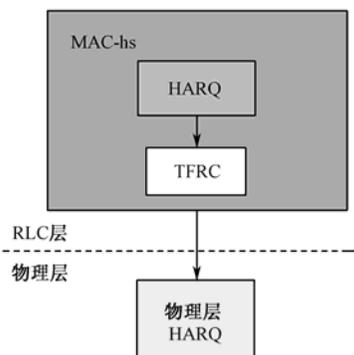


图 3.11 HARQ 实现原理

其实现原理如图 3.11 所示。在 TD-HSDPA 中，包括物理层 HARQ 和 MAC-hs 中的 HARQ 实体。物理层 HARQ 受高层控制，HARQ 技术的实现需要 UE 和 Node B 两端的物理层和 MAC 层紧密结合。（注：TFRC, Transport Format and Resource, 传输格式和资源）

### 3.4.3 HARQ 的分类

在 TD-HSDPA 关键技术中，HARQ 与 AMC 配合使用，提供动态速率调整。AMC 能够提供粗略的数据速率选择，而 HARQ 基于信道条件可以提供精确的速率调节。HARQ 主要划分为以下 3 类。

#### 1. 第 1 类 HARQ: 传统 ARQ

接收端首先对数据包进行检错，如发现错误，则丢弃错包，并要求重传。发送端收到重传请求之后，再次发送原来的编码数据包。第 1 类 HARQ 特征在于未利用出错数据包中的有用信息，错包丢弃，接收端不做任何合并工作；另外，信令开销小，冗余信息固定，但吞吐量最低。

#### 2. 第 2 类 HARQ: 递增冗余 (Incremental Redundancy, IR)

重传的数据块不能丢弃不用，将重传数据包增加新的冗余信息，连同一些由发送端提供的用于解码的冗余信息一起传输，不包含原始数据信息。接收端要把先前收到的出传信息与新冗余信息合并，形成纠错能力更强的前向纠错码，得到的码字具有更高的编码增益，这样就能大幅度提高纠错能力。第 2 类 HARQ 的特征在于接收端要先合并重传数据包再纠错，重传数据包为新冗余，故新数据包不能自解码，使纠错能力受限；第 2 类 HARQ 的缺点在于重传数据是冗余信息，不包括系统比特，当第一次传输的数据包被严重破坏时，将无法恢复系统比特。

#### 3. 第 3 类 HARQ: Chase 合并 (Chase Combining, CC)

CC HARQ 可以看成第 1、2 类 HARQ 的合并，当数据包不能完成解码时，重传发送的数据包包含相同的原始数据和不同的冗余信息，因此，支持自解码，能够直接解码出用户信息；若重传的数据包仍不能正确解码，则与之前传输的数据进行合并，再进行解码；如果还不能正确解码，继续进行重传、解码、合并、再解码的往复过程。

### 3.4.4 HARQ的工作机制

在 TD-HSDPA 系统中, 需要用到第 2、3 类 HARQ。为了避免停等 ARQ 方式因为等待反馈消息造成的系统资源浪费, HSDPA 采用了  $N$  Channel 停等 HARQ 的方式。在一个信道上同时并列进行  $N$  个进程, 如图 3.12 所示。在系统等待进程 1 反馈信息的同时, 执行进程 2。在下行链路被进程 3 占用传输数据块时, 上行链路被用于传输进程 1 的反馈信息。 $N$  Channel 停等 HARQ 方式占有资源非常少, 信道资源得到充分利用, 但接收端需要设置足够容量的缓冲器, 用以保留接收到的数据, 以便后续进行数据合并, 减少重传时间, 从而提高小区吞吐量。

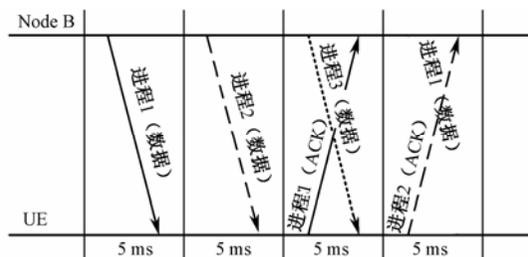


图 3.12 HARQ 的工作机制

### 3.4.5 HARQ技术对TD-HSDPA性能指标的影响分析

#### 1. 不同UE移动速度下HARQ的增益

从系统实现原理来看, 在 AMC 基础上, HARQ 再次对链路质量的变化进行调整, 减弱 AMC 对信道质量估计准确性的依赖。从图 3.13 可以看出 HARQ 相对 AMC 的增益, HARQ 在高速条件下带来的性能增益大于低速条件下的性能增益。

#### 2. CQI反馈周期对HARQ性能的影响

仿真结果表明, 采用 HARQ 重传后, 在慢速信道条件下, CQI 调度时延增大会使 AMC 性能降低, 而通过 HARQ 可以得到一定弥补, 使不同 CQI 调度时延下的吞吐量性能差异减小。在高速信道条件下, 不同 CQI 调度时延数据传输 BLER 值相差不大, HARQ 的作用不明显, 所以在不同 CQI 调度时延情况下, 吞吐量性能相差不大。由于 HARQ 可以弥补 CQI 调度时延带来的 AMC 性能降低, 因此考虑在各种信道下, 适当加长 CQI 反馈周期, 节省上行资源。

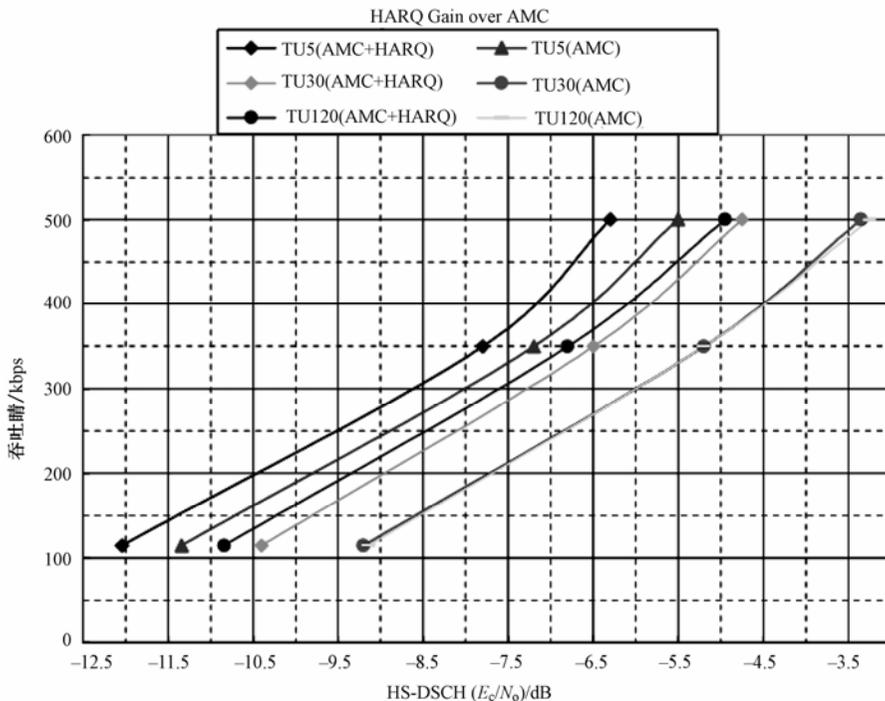


图 3.13 不同 UE 移动速度下 HARQ 的增益

### 3. 不同 HARQ 重传合并方式对 HARQ 性能的影响

第 2 类 IR HARQ 合并方式在重传时包含了额外的冗余信息，可以获得编码增益；第 3 类 CC HARQ 合并方式在重传时增加了额外能量，没有编码增益。

在不同编码速率下，不同 HARQ 重传合并方式在性能方面存在差异，表现在随着编码速率的升高，第 2 类 IR HARQ 性能越来越好，由于递增冗余的合并方式可以为译码提供更多的校验信息，编码速率越高，打孔率就越高。对于第 3 类 CC HARQ 和第 2 类 IR HARQ 而言，它们之间为译码提供校验信息的能力差别就越大。当编码速率越高时，第 3 类 CC HARQ 为译码器提供校验信息就越少，但是增益仍为 3 dB；而第 2 类 IR HARQ 提供的校验信息更多，在 3 dB 基础上提供的增益就更大。

#### 3.4.6 HARQ 的改进方案

在传统的 HARQ 机制中，一个重传包在进行合并之前先进行译码和 CRC 校验 (Cyclic Redundancy Check, 循环冗余码校验)。如果 CRC 校验正确，在接收端就将被译码的数据包发送到缓冲区中，以便进行下一阶段处理；如果 CRC 校验失败，接收端将有错误的首

次传输的包与重传包进行合并，之后再行译码和 CRC 校验；如果重传包有差错并且没有通过 CRC 校验，则将会进行两次译码，极大地增加了系统的复杂度。

为了克服传统 HARQ 复杂度较高的问题，提出了利用 CQI 判决是直接对重传包进行译码还是合并后再译码。HARQ 的改进方案如图 3.14 所示。接收端首先检查接收到的数据包是否是重传包。如果是首次传输包，接收端则通过将测量得到的 FER（或 SNR）与之前预先设定的门限值进行比较来判断信道质量。如果测量值比门限小，就直接进行译码；反之，直接向 Node B 发送 NACK 信号。如果接收到的数据包是重传包，接收端则通过将测量得到的 FER 与之前预先设定的门限值进行比较来判断信道质量。如果测量的值小于门限，将直接对重传包进行译码；反之，则进行软合并后再译码。改进后的 HARQ 策略利用了信道质量指示（CQI）信息辅助接收端判定是直接译码还是进行软合并之后再译码。由于在 AMC 机制中信道质量已经被测量并被映射到 CQI，改进后的 HARQ 策略不会增加系统的复杂度。

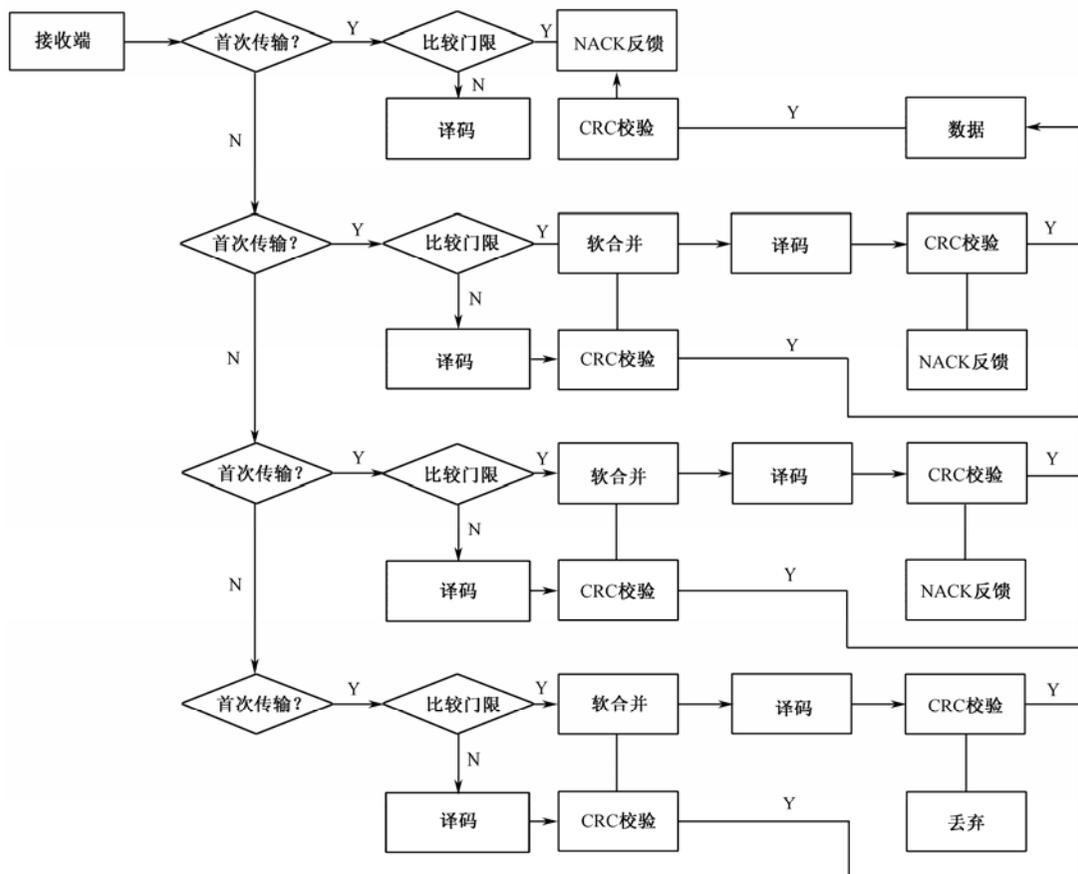


图 3.14 HARQ 的改进方案

## 3.5 快速调度算法

### 3.5.1 快速调度原理

由于 TD-HSDPA 的不同用户和同一用户在不同时刻下行链路的质量差异性很大,通过共享信道在不同 UE 之间快速调度,将资源及时分配给信道条件较好的用户,可以大幅度提高系统容量。TD-HSDPA 引入高速下行共享信道 HS-DSCH,多个数据用户通过码分或时分方式共享占用 HS-DSCH 信道,进行数据传输。

所谓调度就是在特定时刻,确定分配资源给哪些用户用来发送数据。调度遵循的原则在于短期内以信道条件为主,长期内应兼顾所有用户的吞吐量和公平性。调度算法控制着共享资源的分配,在很大程度上决定着整个系统的行为。调度时应主要基于信道条件,同时考虑等待发射的数据量以及业务的优先级等情况,充分发挥 AMC 和 HARQ 的能力。调度算法应向瞬间具有最好信道条件的用户发送数据,这样每个瞬间都可以达到最高的用户数据速率和最大的数据吞吐量,但同时还要兼顾每个用户的等级和公平性。HSDPA 技术为能够适应信道的快速变化,将调度功能单元设计在 Node B 而不是 RNC。负责资源调度管理的功能模块位于 Node B 中 MAC-hs 层,Node B 根据用户所处的无线环境和用户带宽需求等因素,决定某一特定的传输时间间隔(TTI)调度资源给一个或若干个特定用户使用,MAC-hs 支持每个 TTI 调度 1 次。在 TD-HSDPA 系统中,下行数据传输的时间间隔(TTI)为系统 1 个子帧长度,调度时间间隔为 5 ms。较短的调度周期可以保证调度器更快地适应空中接口负载和用户链路质量的变化。

### 3.5.2 调度算法分类

目前,TD-HSDPA 系统中采用 3 种快速调度算法,如图 3.15 所示。

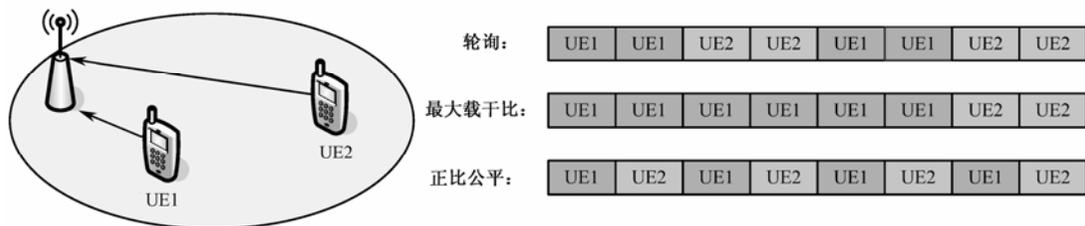


图 3.15 3 种调度算法比较

### 1. 轮询算法 (Round Robin, RR)

RR 算法使小区内的所有用户按照某种确定的顺序, 循环占用无线资源进行通信。每个用户对一个等待传送数据的队列, 按照调度的规则, 非空队列以轮询方式接受服务, 传送数据。RR 算法的优点在于不仅可以保证用户间长期的公平性, 还可保证用户的短期公平性, 而且算法实现简单; 其缺点在于没有考虑到不同用户无线信道的具体情况, 故吞吐量很低。

### 2. 最大载干比算法 (Max C/I)

最大载干比调度算法对所有待服务的 UE 依据其接收信号的  $C/I$  预测值进行排序, 按照从大到小的顺序进行发送。按照调度的规则, 距离基站较近的移动台由于其信道条件好, 将会一直接受服务; 而处于小区边缘的用户, 由于  $C/I$  较低, 将很难得到服务机会, 甚至出现所谓的“饿死现象”。这种调度算法的优点在于整体小区吞吐量最大, 效率最高, 特别适用于服务用户集中在 Node B 附近的场景; 其缺点在于处于小区边缘的用户, 由于  $C/I$  较低, 可能得不到服务的机会。从系统资源占有的角度来看, 最大载干比调度算法最不公平。

### 3. 正比公平算法 (Proportion Fair, PF)

正比公平算法根据用户的信道条件和平均吞吐量进行优先权设置, 兼顾系统“效率”和用户“公平”。如果用户的信道条件较好, 请求传输的速率较大, 该用户的优先权也提高; 如果一个用户因为信道条件较差, 特别是由于它处于小区边缘,  $C/I$  长时间较低, 得不到传输的机会, 平均吞吐量减少, 平均传输速率较低, 在这种情况下, 用户同样会被提高优先权, 以获得数据传输机会。从统计意义上来讲, 正比公平算法使每个用户分配的资源相同, 其公平性与 RR 算法相当, 而系统容量高于 RR 算法, 接近 MAX  $C/I$ , 比较适合大部分应用场景。

## 3.5.3 调度算法考虑的因素

TD-HSDPA 的调度算法需要同时考虑系统吞吐量、各个用户的 QoS 和公平性。通过对这些因素进行折中, 进行综合优先级的计算和排序, 组合分配最优资源, 并采用合适的调度算法为用户调度资源。调度算法的总体流程如图 3.16 所示。

影响调度算法的因素描述如下。

#### 1. 公平性

针对公平资源而言, 每个用户获得同等的调度频度和码道资源; 针对公平吞吐量而言, 每个用户获得同等的吞吐量。

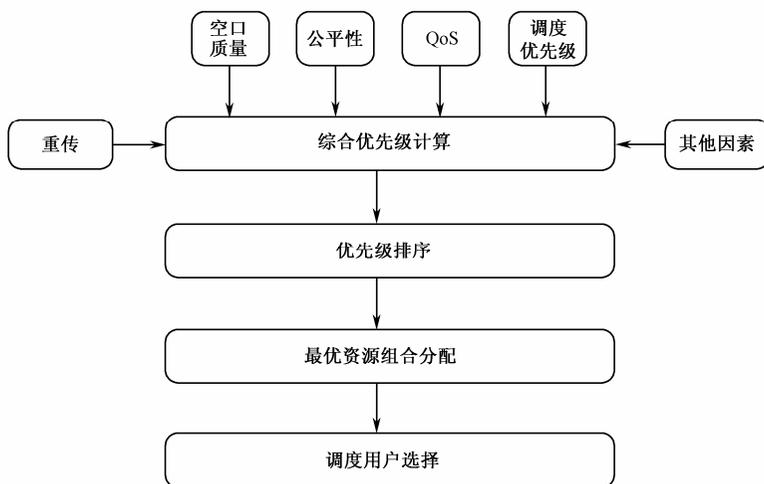


图 3.16 调度算法的总体流程

## 2. 空中接口质量

针对不同的 UE，无线信道质量不同，调度不同的 UE 可产生多用户分集增益。选择信道质量较好的 UE 调度，可以提高系统容量。

## 3. QoS

- 最低保证速率（GBR）：统计数据速率，以最低保证速率 GBR 为目标，优先调度队列。
- 最大时延（DT）：统计数据延时，以不超过最大时延 DT 为目标，优先调度队列。

## 4. 调度优先级

- 调度优先级识别（SPI）：RNC 根据业务类型、保留优先级和业务处理优先级为每个用户的每个队列生成调度优先级指示，SPI 较高的用户队列将得到优先调度。

## 5. 重传策略

- 立即重传策略：重传队列将立即得到优先调度，该策略的优点在于时延小，UE 资源利用率高。
- 延时重传策略：重传队列在一定延时后得到调度，该策略的优点在于顺应深衰落无线环境，合理利用空中接口资源。
- 混合重传策略：综合了立即重传和延时重传两种策略的特点。

## 6. 其他因素

- UE 能力：包括载波接入能力、时隙接入能力和 MAC-hs 缓冲区大小。
- DOA 信息：利用 UE 的 DOA 测量信息，选择合适的用户调度，减少用户间干扰。
- 缓冲区数据量：根据用户 MAC-hs 实体中缓冲队列是否接近门限的具体情况，采用不同的调度措施。
- 业务类型：针对不同业务类型，配置不同的算法参数。

### 3.5.4 三种调度算法性能比较

RR, Max C/I 和 PF 三种调度算法在不同应用场景下的性能存在差异。

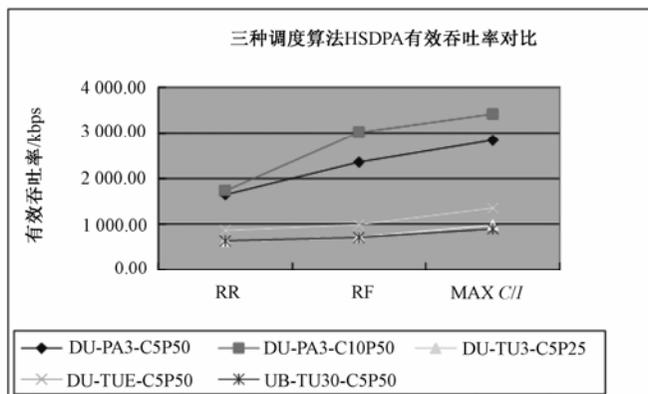
从图 3.17 可以看出, RR, PF 和 MAX C/I 三种调度算法在空中吞吐量方面依次升高, 呈现的趋势与预期一致, MAX C/I 算法总是调度信道条件较好的用户, 必然带来最大的吞吐量, PF 算法吞吐量则次之, RR 算法吞吐量最低。从图 3.17 还可以看出:

① 在密集市区多径信道环境 (PA3) 中, MAX C/I 相对 RR 的增益在 2.36~2.94 dB 之间; 在市区多径信道 (TU) 中, MAX C/I 相对 RR 的增益在 1.5~1.94 dB 之间。

② 在相同资源配置条件下, TD-HSDPA 的有效吞吐量在 TU 信道中比在 PA 信道中低。原因在于 PA 信道径数较少, 衰落幅度较低。

③ 相同的 TD-HSDPA 功率配置, 配置 HS-DSCH 码资源越多, TD-HSDPA 吞吐率越高; 反之, 相同的 HS-DSCH 码资源配置, TD-HSDPA 功率资源越多, TD-HSDPA 吞吐率越高。

④ 在市区多径信道 (TU) 中, 对于相同条件的资源配置, 中速移动时的有效吞吐率比低速移动时低。因为速率越高, 快衰落越快, 需要消耗的功率随之增加。



其中, DU-PA3-C5P50 表示密集市区, PA3 表示多径信道; 5 个 HS-DSCH 码, HSDPA 静态功率分配为 50%; UB-TU30 表示市区, TU30 多径信道, 其他类推。

图 3.17 三种调度算法性能对比

## 3.6 多载波捆绑技术

为了进一步提高 TD-HSDPA 空中接口的峰值速率，中国通信标准化协会（CCSA）在采用了  $N$  频点技术后，提出了 TD-HSDPA 多载波捆绑技术，即多个载波上的信道资源可以为同一个用户服务，同时可以接收本小区多个载波发送的信息，目的在于提高和增强 TD-HSDPA 技术，提高下行数据承载能力。

目前在单载波 TD-HSDPA 中，UE 占用 1.6 MHz 频带宽度，下行配置 5 个时隙，峰值速率只能达到 2.8 Mbps，难以满足未来高速发展的数据业务需要。TD-SCDMA  $N$  频点技术的引入使 TD-HSDPA 多载波捆绑技术成为可能。理论上， $N$  频点 TD-HSDPA 捆绑技术可以为用户提供  $N \times 2.8$  Mbps 的空中接口峰值速率，一方面，提高了小区的高速分组数据业务的支持能力；另一方面，提高了用户高速下行分组业务能力。

由于引入了多载波技术，TD-HSDPA 无线网络侧增加了数据分流处理功能，在终端侧增加了数据合并处理功能，二者结构发生变化。UE 在一个或多个载波上接收和发送信息，

HS-SCCH/HS-SICH 物理信道结构不变。多载波 TD-HSDPA 是  $N$  频点特性和 TD-HSDPA 技术的有机结合，提高了的峰值速率和分组业务的支撑能力，如图 3.18 所示。

在多载波 TD-HSDPA 中，多个 UE 以时分或码分的方式共享物理信道。Node B 可以为

UE 同时分配一个或多个载波上的物理信道资源。为了实现单用户能够占用多载波上的物理信道资源，需要对 UTRAN 和终端的协议栈进行修改。在多载波 TD-HSDPA 技术中，无线接入侧（UTRAN）和终端侧在数据处理流程方面区别明显。



图 3.18 TD-SCDMA 多载波 HSDPA 示意图

### 3.6.1 UTRAN侧处理流程

从图 3.19 可以看出，UTRAN 侧的处理流程在 MAC 层进行分流，将数据流分配到不同载波，各载波独立进行编码映射，调制发送数据。从 UTRAN 侧来看，MAC-d 数据流被发送到 MAC-hs 实体中相应的优先级队列中。MAC-hs 协议实体中的调度器根据优先级大小，调度队列中缓存的数据，分发到相应载波的 HARQ 进程中。

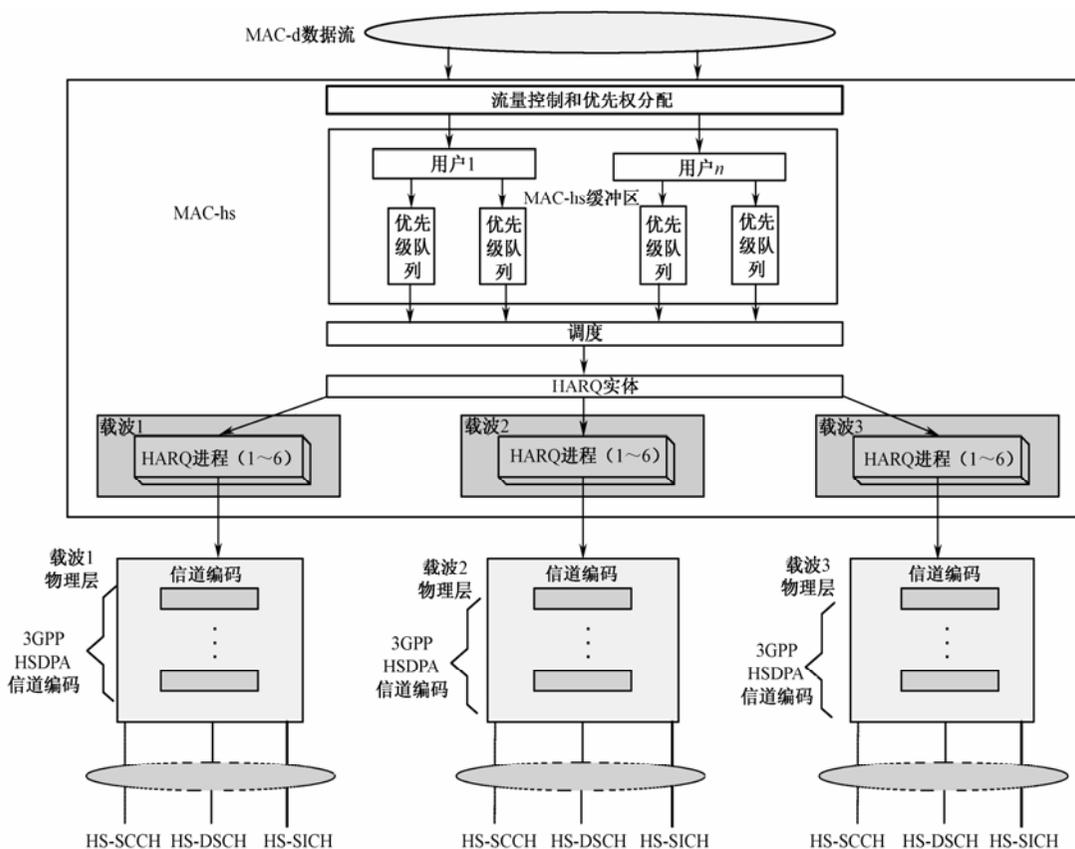


图 3.19 UTRAN 侧处理流程

### 3.6.2 终端侧处理流程

从图 3.20 可以看出，在终端侧的处理流程中，UE 在多载波上接收的数据首先进行信道译码和解码，然后将数据发送到 HARQ 实体中分别处理，接着进行重排队列分配，将正确按序接收的 MAC-hs 分组数据单元 (PDU) 拆分成 MAC-d PDU，最后发送到 MAC-d 实体中进行处理。

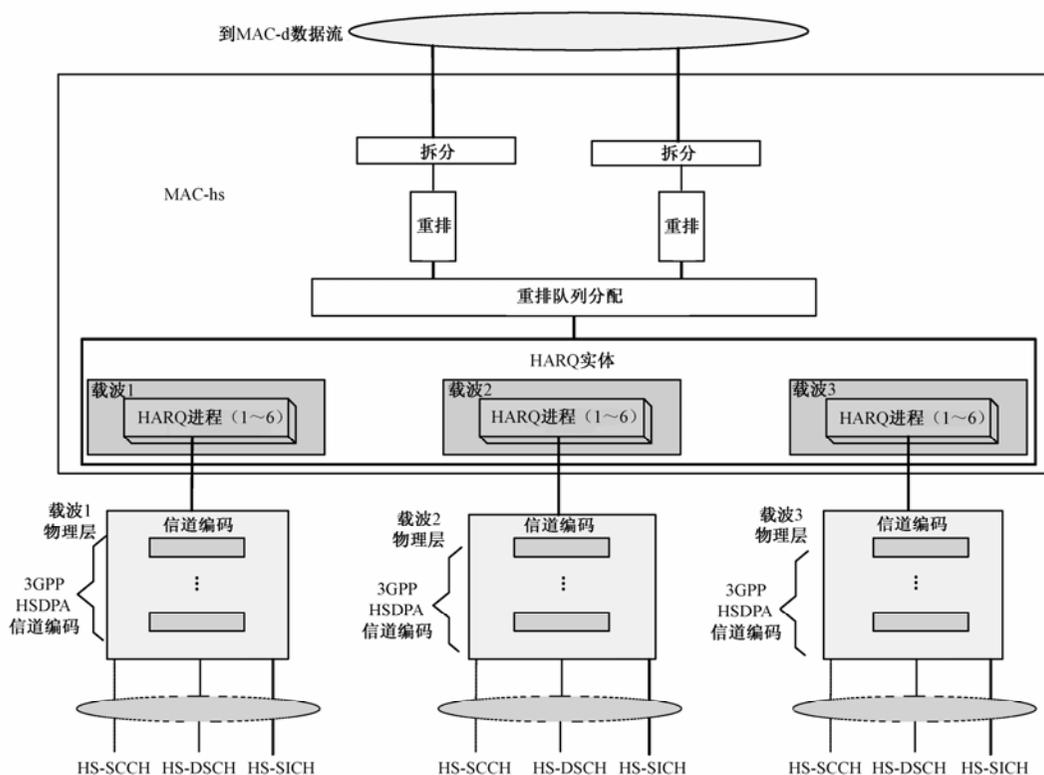


图 3.20 终端侧处理流程

### 3.6.3 多载波捆绑技术特征

TD-HSDPA 多载波捆绑技术具有资源配置灵活、后向兼容性好的特点。多载波 HSDPA 的业务信道 HS-PDSCH 根据系统资源、干扰负载状况和终端处理能力进行配置，既可以由单载波码道资源组成，也可以由多个载波的码道资源捆绑构成，且载波数目可变。多载波数据在 MAC 层进行分流，每个载波上的数据进行各自 HS-PDSCH 信道编码。UE 接收多个载波的数据，各个载波独立进行译码处理，由 MAC-hs 进行合并。当多载波 HSDPA 终端接入 TD-HSDPA 网络时，MAC 层对所有载波资源统一调度。TD-HSDPA 多载波捆绑技术的具体特征如下所述：

- ① 基于 TD-SCDMA  $N$  频点技术，兼容  $N$  频点技术标准。
- ② 一个用户终端可以被同时分配一个或多个载波上的 HS-PDSCH 物理信道资源。
- ③ 当用户数据同时承载在多个载波上传输时，MAC-hs 对数据进行分流，MAC-hs 调度和流控功能独立于载波。
- ④ 每载波独立进行 HARQ、AMC 及物理层传输，每个载波建立单独的 HARQ 进程

(1~8个), 每个 HARQ 进程独立进行各自的处理过程。

⑤ 在 UE 侧完成多个载波传输包的重排序, 并上报高层。

⑥ 每载波至少配置一对 HS-SCCH/HS-SICH, 独立控制和反馈该载波的 HS-DSCH 共享资源。UE 伴随 DPCH 可以配置在其支持的任意一个载波上。

⑦ 多载波技术分配给终端的 HS-PDSCH 资源不应该超过终端上报的能力范围。

另外, 为了支持多载波捆绑技术, 基于原来的单载波 TD-HSDPA 协议, 可部分修改物理层、MAC 层和 RRC 层等空中接口协议及 Iub 接口协议。

### 3.7 TD-HSDPA 数据传输流程

作为 TD-SCDMA 传输技术的一种补充和增强, HSDPA 通过采用高阶调制、自适应调制编码 (AMC)、混合模式自动重传 (HARQ) 以及快速调度等一系列关键技术, 提高和增强数据传输速率和承载能力, 增加系统的吞吐量, 减少传输时延, 从而提高峰值速率。HSDPA 仅用于承载下行分组业务, 数据调度和控制传输过程如图 3.21 所示, UE 将信道质量通知给 Node B, 通过 ACK/NACK 通知 Node B 数据接收是否正确, TPC 为伴随 DCH 中使用的功率控制调整命令。

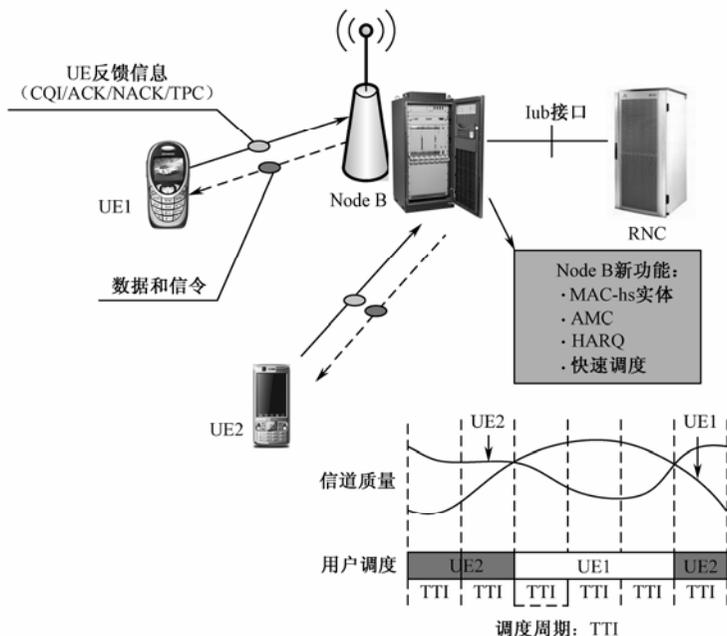


图 3.21 数据调度和控制流程

从图 3.22 可以看出, TD-HSDPA 数据传输的具体流程描述如下:

① Node B 的调度模块对不同的用户进行评估, 考虑它们的信道条件、每个用户的缓

冲区大小以及最近一次的服务时间等因素；

② 在定位服务的用户之后，Node B 确定 HS-DSCH 参数；

③ Node B 在发送 HS-DSCH 之前，先发送 HS-SCCH 通知终端一些必要的参数（分配时隙、码道及 HARQ 重传信息等）；

④ 终端检测 HS-SCCH，检测是否有发给自己的信息，如果有则终端开始接收 HS-PDSCH，并进行缓存；

⑤ 根据 HS-SCCH 中的信息，终端可以判断在 HS-DSCH 上接收到的数据是否需要和缓冲器中的数据进行合并；

⑥ 终端对在 HS-DSCH 上接收到的数据进行解调，并根据 CRC 结果在上行 HS-SICH 上发送响应 ACK/NACK；

⑦ 如果 Node B 收到了 NACK，会进行数据的重发，直到收到终端的 ACK 消息或达到最大重传次数。

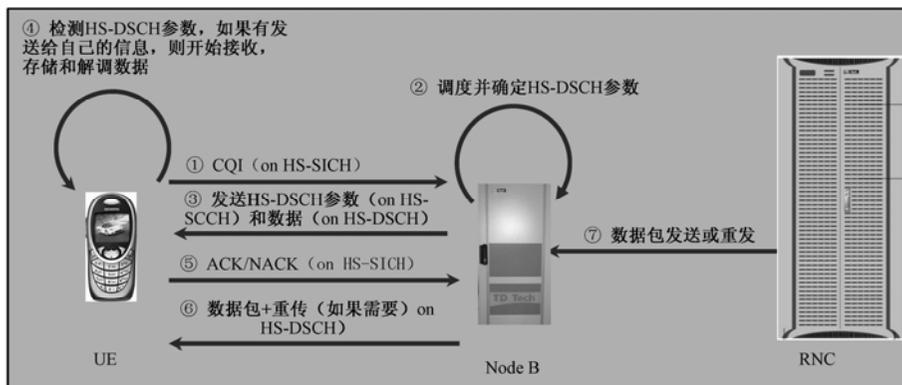


图 3.22 TD-HSDPA 数据传输过程

## 参 考 文 献

- [1] 中兴通讯有限公司. HSDPA 解决方案 • PPT. 2008.05.
- [2] 华为公司. TD-SCDMA HSDPA 原理及网络规划优化经验 • PPT. 2006.11.
- [3] 李垠韬, 任皓, 张忠皓, 常永宇, 杨大成. 一种 CQI 辅助的 HARQ 改进方案. 现代电信科技, 2009.10.
- [4] 彭木根, 王文博. TD-SCDMA 移动通信系统——增强和演进. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [5] 佟学俭. TD-SCDMA 系统中的 HSDPA. 移动通信, 2005.12.
- [6] www.3GPP.ORG.
- [7] TD-SCDMA HSDPA 无线网络规划关键技术初步研究. 中国移动通信集团公司, 2007.11.

# 第 4 章 TD-HSDPA无线资源管理

## 4.1 TD-SCDMA无线资源管理概述

在 TD-SCDMA 移动通信系统中，无线资源主要包括频率、时间、功率、码道和空间等。无线资源管理（Radio Resource Management, RRM）的任务主要保证空中接口资源的有效利用。由于 TD-SCDMA 采用基于 TDD 双工方式的码分多址技术，在空中接口部分统计复用无线资源，要求在有效的无线资源管理和网络规划优化等技术的配合下，最大限度地提高系统容量和频谱利用率。如图 4.1 所示，TD-SCDMA 无线资源管理的主要目标在于提高系统的有效性，扩大通信系统容量，提高系统可靠性，保证通信业务 QoS 性能，有效地管理和分配系统中有限的无线资源，最终实现通信系统性能和容量最优化。

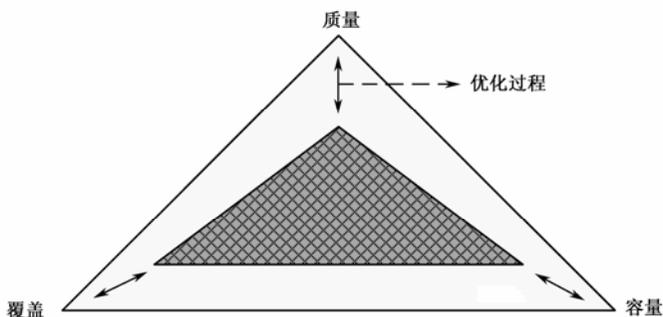


图 4.1 TD-SCDMA 无线资源管理目标

TD-SCDMA 无线资源管理作为系统主要功能模块之一，包括计算功能、控制功能和资源配置功能，由算法模块、决策模块、资源分配模块、无线资源数据库和对外接口模块组成。在 TD-SCDMA 系统中，无线资源管理算法主要在 RNC 中实现，主要包括接纳控制、切换控制、功率控制、分组调度、动态信道分配、无线链路检测、负载控制、拥塞控制和自适应调制编码（AMC）等。在 TD-SCDMA 协议栈中，无线资源管理（RRM）功能在无线资源控制（RRC）实体中完成，用以保证网络服务质量，提高系统容量，增强系统有效覆盖，保障业务 QoS。

## 4.2 TD-HSDPA无线资源管理架构

作为 TD-SCDMA 分组域的增强技术, HSDPA 主要在物理层采用一系列关键技术来提高频谱效率, 从而提高数据业务的吞吐量, 最终实现高质量的 QoS 服务。因此, TD-HSDPA 无线资源管理算法主要负责将 TD-HSDPA 物理层中引入的增强型关键技术映射为系统容量增强的支撑能力, 在保持系统稳定性的同时获得满意的数据业务感知度。TD-HSDPA 无线资源管理架构包括面向连接的资源管理算法和面向小区的资源管理算法。

### (1) 面向连接的资源管理算法功能

该功能主要包括分组调度、速率控制和切换算法等。根据 UE 申请业务的 QoS, 决定配置的信道类型和速率, 选择目标小区。当 UE 接入到网络后, 根据 UE 位置移动和业务量变化, 调整 UE 的服务小区和承载信道类型, 达到既满足业务的 QoS 要求, 又能高效地利用有限的无线资源。

### (2) 面向小区的资源管理算法功能

该功能主要包括信道分配、接纳控制和负载控制算法等。根据面向连接的算法分配信道类型和速率要求, 在指定的目标小区内, 对某个 UE 进行信道分配, 并根据当前的资源使用状况进行准入控制。在网络运行过程中, 面向小区的算法还会实时监控小区、载频和时隙的负载状况, 在负载达到一定程度后, 针对不同的负载状况, 采取不同的措施降低负载, 使系统保持稳定的工作状态。

面向连接和面向小区的资源管理算法两者之间关系如图 4.2 所示。

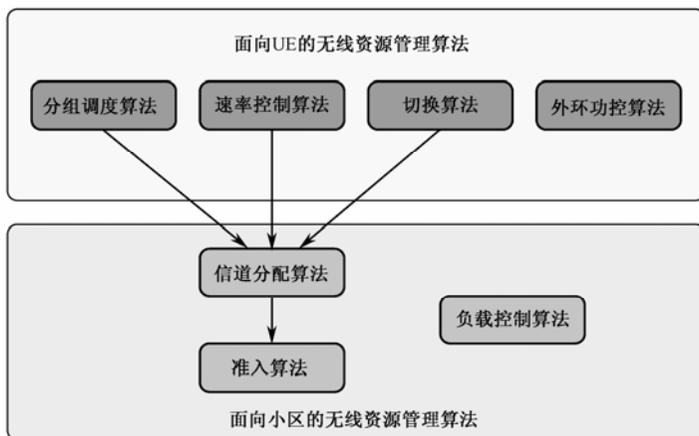


图 4.2 面向 UE 和面向小区的无线资源管理算法的关系

在 TD-HSDPA 系统中, RRM 算法模块在 RNC、Node B 和 UE 实体中分布情况如

图 4.3 所示。在 RNC 实体中主要包括 TD-HSDPA 资源分配、接纳控制和移动性管理等功能,其中资源分配是指在每次 TD-HSDPA 传输中为 Node B 分配功率和信道化码道的过程。由于 TD-HSDPA 下行链路基于共享信道的概念,所以区别于 R4 中专用信道(DCH)的接纳控制算法,在 TD-HSDPA 中,RRM 关注的重点在于上行 DCH 占用的接纳控制策略。此外,在 TD-HSDPA 中,仅支持小区间的硬切换,在切换期间需要 Node B 有效的缓冲管理,作为移动性管理功能的切换算法也是 HSDPA RRM 的新功能。

在 Node B 实体中,RRM 算法包括 HS-DSCH 链路自适应功能,目的是在每个传输时间间隔(TTI)内,根据用户当前的无线信道条件,调整 HS-DSCH 的比特速率。HS-SCCH 功率控制的目的是在保证可靠接收的情况下,使控制信道功率资源占用最小化。在 Node B MAC-hs 中,分组调度主要为了最大化小区容量,同时提高数据用户感知度。

在 UE 实体中,RRM 算法包括功率控制和物理信道测量等,主要配合 RNC 和 Node B 中 RRM 算法的实现。

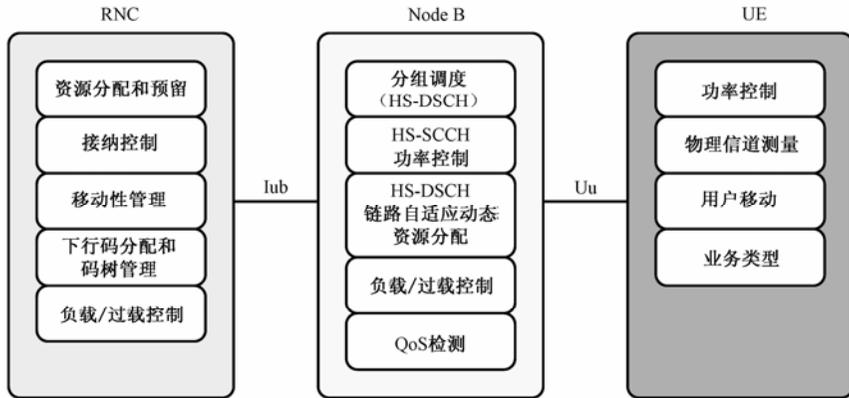


图 4.3 TD-HSDPA 无线资源管理架构示意图

本章的以下部分主要分析 TD-HSDPA RRM 算法的功能和性能。

## 4.3 PS 速率控制算法

### 4.3.1 应用场景

TD-HSDPA 主要通过采用 IP 包承载 PS 域业务,业务源速率变化剧烈,尤其是交互类或背景类业务,这两类业务在有数据传输时突发缓存数据量较大,而在数据量少或是无数据传输时缓存数据量较少,且均无最低保证速率要求,对时延容忍度大,系统在有资源的情况下可基于尽力而为的策略进行数据传输。PS 域速率控制对象可归其为 BE(Best Effort)类业务。BE 业务属于 PS 业务,被定义为非实时(时延不敏感,秒级)的交互类和背景类

业务。BE 业务特点包括：

- QoS 参数中无保证速率要求；
- 时延容忍比较高；
- 低错误率要求；
- 业务具有突发性。

根据 PS 业务存在速率波动的特性，从系统资源利用效率角度来看，期望在用户通信期间，在保证业务需求（QoS）的同时，根据数据量配置相应的带宽资源，即在业务数据量大时为其配置较高的信道带宽，而在业务数据量小时降低其占用的信道带宽，从而节约系统码资源，提高码资源利用率，保证系统容量。在 TD-SCDMA 系统中，主要采用动态信道配置控制策略（Dynamic Channel Configuration Control, DCCC）以适应用户与系统需求。PS 速率控制算法存在两种典型应用场景：

（1）场景 1

如图 4.4 所示，用户使用网页浏览业务，数据业务特点具有突发性，速率波动大，网络根据业务速率变化，自适应分配空中接口带宽，提高空中接口资源的利用率。

（2）场景 2

如图 4.5 所示，当小区负载高于特定门限时，网络会降低一些低优先级，或者对时延不敏感 PS 业务的速率释放部分资源，以降低小区负载。

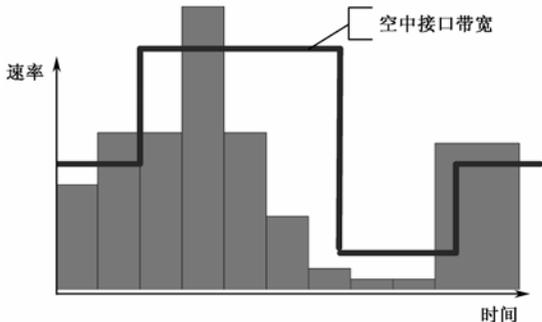


图 4.4 数据业务突发性示意图

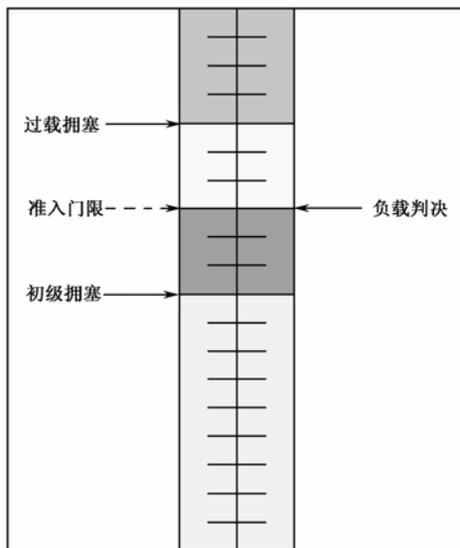


图 4.5 负载控制场景

### 4.3.2 PS速率控制的基本思想

PS 速率控制算法的基本思想是通过调整业务速率，采用信道重配置方式，改变业务速率、传输信道类型或 RRC 状态，主要内容包括：

- 在系统空中接口资源（码道和功率）有限情况下，尽可能充分利用空中接口资源；
- 根据 PS 业务速率波动比较大的特点，在保证其 QoS 前提下动态调整空中接口带宽，降低空中接口资源的浪费，提高系统容量；
- 考虑到 BE 业务没有保证速率的要求，在特殊情况下（如拥塞或功率受限），强制降低 BE 业务速率，换取系统的稳定或更高优先级用户的准入和服务质量。

PS 速率控制方式分为面向 UE 和面向小区两种，其中面向 UE 就是采用 UE 的 PS 业务量发生变化触发速率控制；而面向小区的控制方式就是采用小区负载高于设定门限和上 / 下行发射功率受限等因素触发速率控制。从网络角度而言，PS 速率调整的目的首先在于提高空中接口资源利用率，提高系统容量，其次是保证其他用户或其他业务的 QoS。从终端角度而言，在 PS 速率很低情况下，将 RRC 状态迁移至 Cell-PCH/URA-PCH 状态，降低耗电。通过降低被调整 PS 业务质量，换取系统容量，保证其他用户和业务的 QoS。

### 4.3.3 PS速率控制算法

最早的 PS 速率控制算法专指 DCCC，就是在专用信道（DCH）状态下，基于业务量测量而对 PS 业务速率进行控制。随着算法的演进，增加了状态迁移算法、基于负载控制的信道调整算法和基于链路稳定性保证的速率控制算法，现在统称 PS 速率控制算法，4 种算法简单介绍如下：

#### （1）DCCC算法

该算法面向 UE，在 Cell-DCH 状态下，根据业务量变化，调整空中接口带宽。

#### （2）状态迁移算法

该算法面向 UE，根据业务量变化，改变 RRC 状态，在 Cell-DCH/-Cell-FACH/Cell-PCH/URA-PCH 状态间转换，状态迁移算法本质上还是调整空中接口带宽。

#### （3）基于负载控制的信道调整算法

该算法面向小区，当系统负载高于设定门限时，通过降低 BE 业务速率以缓解或消除拥塞。

#### （4）基于链路稳定性保证的速率控制算法

该算法面向小区，在上行 / 下行发射功率受限情况下，降低 BE 业务速率，在 Cell\_DCH

状态下启用。该算法适用于用户处于大衰落的地点或者高负载的条件下，发射功率不能支持用户当前的速率，可能发生链路失败的现象。该算法通过对 UE 发射功率的检测判断链路的稳定性，在必要的时候对信道带宽进行调整，保证链路的稳定性。

下面主要介绍 DCCC 算法和状态迁移算法。

### 4.3.4 动态信道配置控制 DCCC 算法

#### 1. DCCC 算法的主要思想

DCCC 算法的作用对象为 PS 域的 BE 类业务，基本原理就是利用 BE 业务对时延的相对不敏感性，适时匹配信道带宽，充分利用信道资源。目前，在 TD-SCDMA 商用网中，HSDPA 的时隙配比为 2:4，造成上行伴随信道资源受限，严重影响网络性能和用户感受。采用 DCCC 算法可以有效提高上行码道资源利用率，减小对用户 QoS 的影响，从而达到对网络性能提升的目标。DCCC 算法主要思想描述如下：

- 在 BE 类业务有数据需要传送，而且资源可用的条件下，配置较大的信道带宽，使业务 QoS 尽量得到满足；
- 当 BE 类业务数据传输完毕，或者只有少量数据偶尔传输时，配置较小的信道带宽，尽量节省信道资源；
- 如果 BE 业务长时间处于低活动状态，对信道资源需求很少或者没有需求，通过状态迁移过程，将用户迁移到 Cell-FACH 状态，或进一步迁移到 Idle 状态，以节省更多的系统资源，允许更多的用户接入。

#### 2. DCCC 算法关键参数

DCCC 算法涉及的关键参数和主要功能如表 4.1 所示。

表 4.1 DCCC 算法涉及的关键参数及功能

序号	参数名称	功能介绍
1	业务量 4A 事件门限	RLC Buffer Payload 超过该门限并持续一段时间，上报 4A 事件。该值越大，4A 事件越难触发，对用户业务源速率增加的响应越慢；该值越小，4A 事件越容易触发，对用户业务源速率增加的响应越快，但有可能导致用户没有足够数据传输而不必要地增大带宽。需要区分不同业务速率配置合理的 4A 触发门限
2	业务量 4B 门限	RLC Buffer Payload 低于该门限并持续一段时间，上报 4B 事件。该值越大，4B 事件越容易触发，对用户业务源速率减小的响应越快；该值越小，4B 事件越难触发，对用户业务源速率减小的响应越慢。需要区分不同业务速率配置合理的 4B 触发门限
3	4A 事件触发时间	当业务量超过 4A 事件门限，并持续该时间长度，上报 4A 事件。该参数设置过大，会延迟 4A 事件报告，从而降低了业务量测量报告对业务源数据传输需求的跟踪性能。该参数设置过小，可能导致频繁的信道重配置操作，增加系统负担。该参数的设置需要分析当有数据需要传输时缓存业务量的变化性质。需要区分不同业务速率配置合理的 4A 事件触发时间

续表

序号	参数名称	功能介绍
4	4B 事件触发时间	当业务量低于 4B 事件门限, 并持续该时间长度时, 上报 4B 事件。该参数设置过大, 会延迟 4B 事件报告, 从而降低了业务量测量报告对业务源数据传输需求的跟踪性能。该参数设置过小, 可能导致频繁的信道重配置操作, 增加系统负担。需要区分不同业务速率, 配置合理的 4B 事件触发时间
5	单载波最大承载接入用户数	该参数限定了单个载频上可以接入的最大帧分用户数
9	帧分复用资源的重复长度	该参数值确定了在给用户分配帧分复用资源时, 物理资源在一个重复周期内的可用长度。重复长度的设置应以 TTI 为单位来进行配置。在重复周期确定的情况下, 重复长度越大, 可以帧分复用的用户数就越少, 单个用户可以使用的资源就越多。重复长度最小不能小于一个 TTI
10	小区 RL 激活时长	激活时长包括 RB 建立激活时长和切换激活时长。激活时长会影响建立 / 切换的时延以及建立 / 切换的成功率。过小的激活时长会导致建立 / 切换的成功率大幅下降
11	载频优先级调整开关	载频优先级开关用于控制 SDCA 算法是否使用基于载频优先级的载频调整
12	基于 HS 用户数调整载频优先级开关	基于用户数的载频优先级调整

### 3. DCCC算法流程

DCCC 作为基于业务量和吞吐量测量的速率控制算法, 在 Cell-DCH 状态下, 根据 UE 测量的上行业务量 / 吞吐量或下行业务量 / 吞吐量等业务量变化, 通过信道重配置指示操作, 调整 BE 类业务速率。DCCC 算法工作流程如图 4.6 所示。

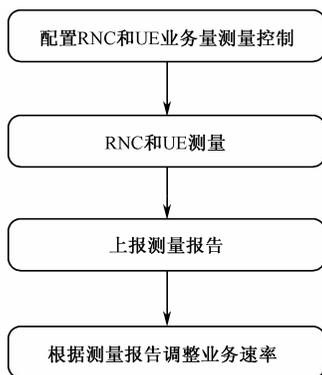


图 4.6 DCCC 算法工作流程

(1) 业务量测量

业务量 (Traffic Volume) 概念定义为映射到特定传输信道的所有逻辑信道的 Buffer 占用量的总和 (Buffer Occupancy, BO), 以传输信道 (TrCH) 为单位, 反映了协议栈 RLC 层缓存中的数据量大小 (字节), 统计还有多少数据等待发送。业务量测量类型包括 3 个子类型: 测量 Buffer 占用量 (Buffer Occupancy)、均值 (Average of Buffer Occupancy) 和方差 (Variance of Buffer Occupancy)。在 DCCC 算法中, 业务量测量包括 4A 和 4B 事件触发方式。业务量测量机制和关键参数如图 4.7 所示。

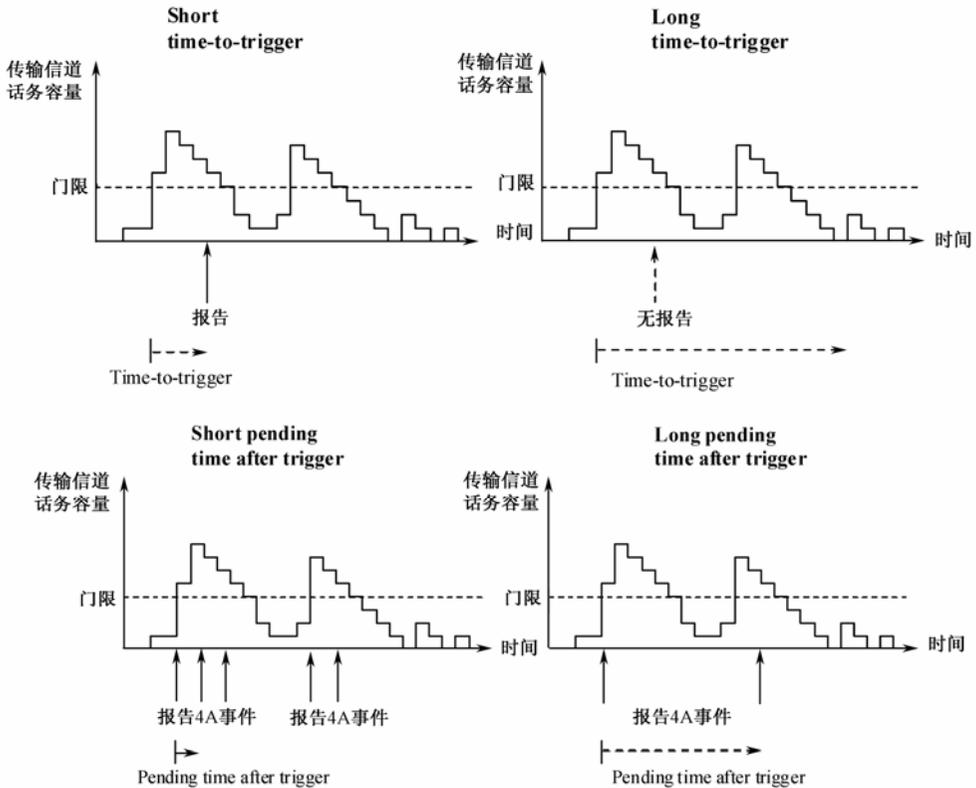


图 4.7 业务量测量机制和关键参数

业务量测量的结果直接映射了一个 TrCH 的所有 RB/RLC 缓冲区占用情况, 与 PS 业务速率的变化息息相关。一般情况下, 一个 BE 业务对应一个 RB, 对应一个 TrCH, 吞吐量能够反映 BE 业务速率变化。业务量分为上行业务量 (由 UE 测量) 和下行业务量 (由 MACD 测量), 分别反映了上行业务速率和下行业务速率变化。在业务量测量的执行过程中, 上行业务量由 UE 测量并上报, 下行业务量由 RNC MACD 测量并上报, 上、下行业务量测量参数分别配置。

## (2) 吞吐量测量

一般来讲，DCCC 算法基于业务量测量，但目前该算法也可基于吞吐量测量。所谓吞吐量 (Throughput) 被定义为 MAC 层在单位时间内收到的数据比特总数，反映了接收数据速率的变化。吞吐量由 RNC MACD 测量，反映了上行接收数据速率的变化，如图 4.8 所示。

对于 DCH 信道而言，使用开关控制决定是否采用吞吐量测量。通过 4A 事件和 4B 事件进行测量，涉及的关键参数包括吞吐量门限、事件触发时间和事件触发后挂起时间。

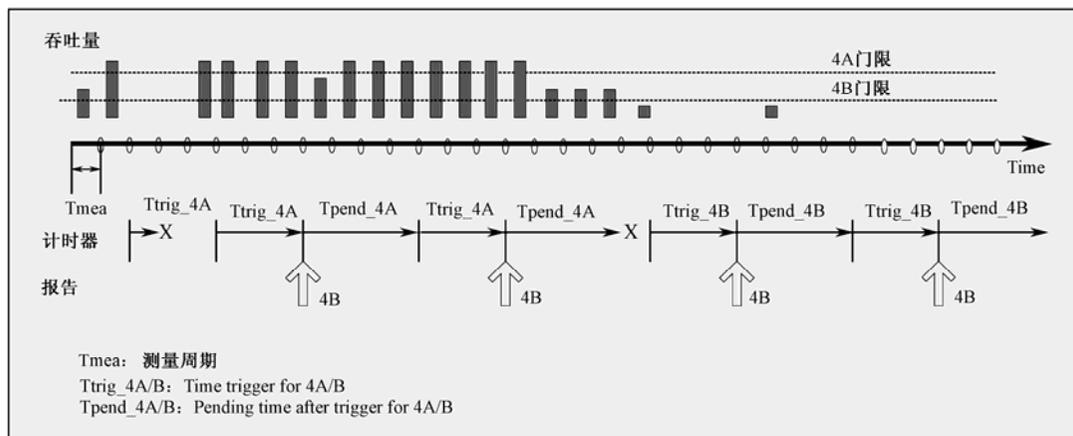


图 4.8 吞吐量测量过程

## (3) DCCC速率调整策略

DCCC 算法实现数据带宽的“按需分配”，速率调整策略描述如下：

- 快升慢降；
- 上、下行带宽独立调整，根据触发源不同，上行测量由 UE 完成，下行测量在 RNC 内部由 MACD 完成；
- 速率两级或三级调整，后台可配置，所谓两级调整即最大速率和最小速率，三级调整即最大速率、中间速率和最小速率；
- 当指派速率大于设定门限的业务时进行 DCH 带宽调整。

针对 HSDPA 而言，降速策略基于业务量测量，下发 4B 测量控制，收到 4B 事件后判决 HS-DSCH 信道到 DCH 信道的信道重配置；升速策略基于定时器，启动 HS 重试定时器，当定时器超时时，进行 DCH 到 HS-DSCH 信道重配置过程。

DCCC 速率调整过程如图 4.9 所示。

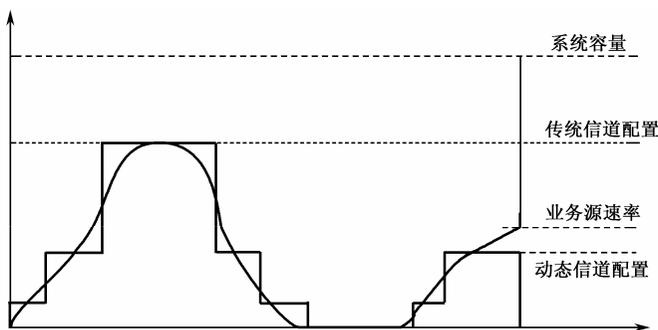


图 4.9 DCCC 算法速率调整过程

### 4.3.5 状态迁移算法

状态迁移算法面向 UE，根据业务量变化，改变 RRC 状态，在 Cell\_DCH/Cell\_FACH/Cell-PCH 状态间转换。算法的主要思想与 DCCC 算法相同，根据业务量报告判决是否触发状态迁移，调整空中接口带宽。当 DCCC 开关打开时，如果上、下行速率在 DCCC 调速率门限以下，状态迁移监测将会启动；当 DCCC 算法关闭时，状态迁移监测会在业务建立时启动。

状态迁移算法的主要目标如下：

- ① 提高系统容量；
- ② 使 PS 速率被调整的用户 QoS 不受影响或影响较小，提高其他用户的 QoS；
- ③ 降低 UE 耗电。

#### 1. 工作流程

状态迁移算法的工作流程如图 4.10 所示。

目前，TD-HSDPA 实现的状态转移过程如 4.11 所示，主要包括：

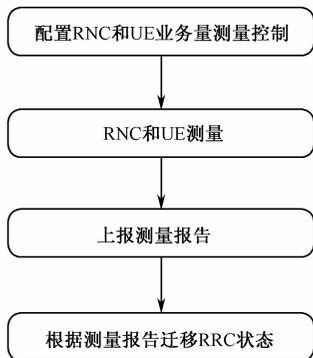


图 4.10 状态迁移算法工作流程

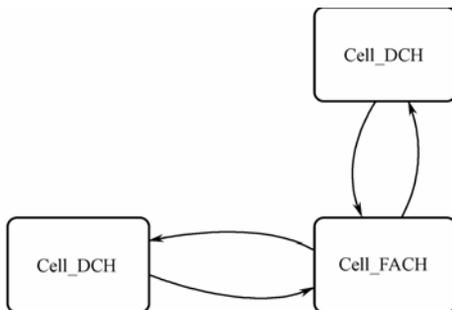


图 4.11 RRC 状态迁移图

### (1) D2F过程

当 DCH 上业务速率低于特定门限时, 启动 D2F 业务量测量。假如 4B 事件满足, 则触发 D2F 状态迁移, 目的是降低专用信道资源消耗, 在 Cell\_FACH 状态下利用公共信道发送 / 接收少量的数据。

### (2) F2D过程

当业务最大指派速率高于特定门限时, 启动 F2D 业务量测量。假如 4A 事件满足, 则触发 F2D 状态迁移, 目的是给用户分配专用资源, 以传输更多的数据。

### (3) F2P过程

在 Cell\_FACH 状态下, 启动 F2P 业务量测量。假如 4B 事件满足, 则触发 F2P 状态迁移, 目的是在一段时间内如果没有数据发送, 则不分配任何资源, 降低 UE 功耗。

### (4) P2F过程

在 Cell-PCH 状态下, 当用户有业务数据或者信令数据需要发送, 或者收到寻呼时, 用户会自动迁移到 Cell\_FACH 状态发起 Cell 更新过程, 目的是在 Cell\_FACH 状态下发送少量数据。

### (5) D2P过程

当 DCH 上业务速率低于特定门限时, 启动 D2P 业务量测量。假如 4B 事件满足, 则触发 D2P 状态迁移, 可以避免 FACH 信道拥塞, 直接将状态迁移至 Cell\_PCH 状态。

HSDPA 业务状态迁移通过动态信道重配置实现, 算法策略基于业务量测量, 具体实现过程中需要满足以下基本原则:

- 上行业务速率独立调整;
- 如果 UE 仍需要发起 PS HSDPA 业务, 支持 Cell-HS-DSCH 和 Cell\_DCH 之间的转换;
- 如果 UE 同时进行 CS 和 PS BE 组合业务, 则 RNC 仅支持 Cell\_HS-DSCH 和 Cell\_DCH 状态之间的迁移。

## 2. 状态迁移算法关键参数

### (1) 状态迁移定时器

用于降速情况, 且在 D2F, F2P, H2F 和 E2F 场景下分别设置。在定时器有效期间, 对上和下行业务量报告进行统计, 当定时器超时, 将上和下行计数器与 4B 事件次数进行比较, 如果都大于等于门限次数, 则对 UE 进行状态迁移。用于确定用户是否比较稳定地

处于低活动性（即业务量比较低）状态。

(2) 业务量 / 吞吐量测量参数

(3) 业务量门限

(4) 触发时间

(5) 事件触发后挂起时间

上述参数 (2) ~ (5) 已在 4.3.4 章节中说明。

### 4.3.6 DCCC算法外场性能测试

目前，在移动商用 TD-SCDMA 现网中，TD-HSDPA 载波的时隙配置采取 2 : 4，下行 3 时隙配置 HSDPA 资源池。由于上行用户数据要通过 TD-HSDPA 业务的上行伴随 DPCH 信道传输，而上行排除控制信道占用的资源，只有不到两个时隙的码道可用于建立上行伴随信道。从 TD-SCDMA 现网运行情况可知，在某些热点区域，上行伴随信道码资源的消耗已经成为瓶颈，比较普遍的场景是由于上行伴随信道资源受限而无法接入新用户，或已有用户的流量需求无法得到满足。因此，在现有网络布署中，有必要引入 TD-HSDPA 分组业务的 DCCC 和状态迁移速率控制算法，用以有效管理上行伴随信道资源。

测试过程基于移动某地 TD-HSDPA 商用网络，对 DCCC 算法性能进行测试验证，主要包括单用户和多用户场景升降速策略、单用户和多用户状态迁移策略、DCCC 算法和帧分复用及 DCA 算法结合性能测试。根据测试结果，探索算法部署策略和使用建议，并对 DCCC 基线参数进行验证和优化，最终保障 DCCC 算法的成功商用和推广，提升 TD-HSDPA 无线网络的性能和资源利用率。

#### 1. 单用户性能测试结论

(1) 实现HS单用户 Cell\_FACH->HS (Cell\_DCH) 状态迁移

HS 用户从 Cell\_FACH 状态迁移到 HS 状态迁移全过程所需时间约为 12 s。通过多次对比实测发现，将 4A 事件门限设置为 1 024 Byte，4A 触发时间设置为系统默认值 640 ms，能够抑制空闲用户后台小数据流量引起的频繁迁移到 Cell-FACH 状态，同时也能满足有业务需求的用户从 Cell-FACH 状态较快迁移到 Cell-DCH 状态。

(2) 实现HS单用户 HS->CELL\_FACH状态迁移

4B 门限参数设置越大，触发时间越短，越容易迁移到 Cell-FACH 状态。对 TD-HSDPA

业务来说,当网络为重负荷场景时,为了提高用户容量,可以增加 4B 门限,减少 4B 触发时间,使空闲用户较快进入 Cell\_FACH 状态,释放出上行专用信道,同时可以保证用户小流量的数据可以传输,当用户有大的数据量传输时,能快速从 Cell\_FACH 状态迁移回 Cell\_DCH 状态。

### (3) 采用状态迁移定时器控制处于Cell\_DCH状态的低活动性非实时用户

如果定时器参数设置过小,不能保证用户正处于比较稳定的低活动性而发生状态转移;如果定时器参数设置过大,即使用户处于低活动性状态,也不会立刻进行状态转移,浪费专用信道资源。状态迁移定时器参数的配置应基于 BE 业务场景来考虑,针对轻负荷场景,为了更好地保证用户感知度,此参数值推荐设置稍大一些,推荐典型值为 60 s。针对重负荷场景,为了提高用户容量,适当减少状态迁移定时器设置值,使空闲用户较快进入 Cell\_FACH 状态,释放出上行专用信道资源,保证用户小流量的数据传输。当用户有较大数据量传输时,能够快速从 Cell\_FACH 状态迁移回 Cell\_DCH 状态。

### (4) 实现HS单用户HS→Idle状态迁移

需要合理设置 PS INACT 不活动定时器的取值。取值越大,进入 Idle 状态时越长。如果设置太短,如 20 s,将会出现乒乓状态转移,影响系统性能。对于 BE 类业务,通过设置合理的 PS INACT 定时器时长(推荐值:60 s),可以使没有信道资源要求的用户尽快进入 Idle 状态,以节省更多的系统资源,将资源预留或分配给其他用户使用,提高资源利用率。

### (5) 采用快升慢降速率调整策略,提升用户感受

HSDPA 上行专用信道(DCH)使用 DCCC “2级升速3级降速”的快升慢降速率调整策略,能够提升 HSDPA 用户感受度。

打开基于业务量的 DCCC,采用“快升慢降”的策略将有业务需求的用户迅速提升至最大带宽,待其没有业务需求时再缓慢降下来。此时“慢降”的主要功能在于防止乒乓调整。

### (6) 根据业务特性优化DCCC算法部署策略中4A和4B参数

通过调整 4A 和 4B 测量控制参数,达到“快升慢降”的效果,以提升用户感受度,避免偶发性数据流量下降引起的降速。在实际网络中,业务模型都是混合业务,通过综合分析 HTTP、FTP、EMAIL、彩信和视频浏览业务特性,对 4A 和 4B 测量控制参数进行优化。在测试基线参数的基础上,调低 4A 门限及触发时间,调高 4B 触发时间,修改 RNC 软件版本,实现多次 4B 报告触发降速的功能。最终 DCCC 4A 和 4B 参数的优化设置要兼顾到各种业务的特性,通过研究测试和分析,获得优化的参数组合。

## 2. 多用户性能测试结论

在不同小区负荷场景时，为均衡网络容量和业务 QoS 之间的关系，需要采用不同的 HSDPA 算法策略。根据小区负荷的大小，可以分为下面两种算法策略（或场景）。

### （1）轻负荷 HSDPA DCCC 算法策略

在轻负荷场景下，DCCC 算法策略是“码资源不受限，以提高业务 QoS 为第一原则”。虽然可能由于接入的次序不同使 E-mail 业务的 QoS 受到影响，但是总体来看，仍能保证 E-mail 业务、FTP 业务和 HTTP 业务的较好用户感知度。一般来说，HTTP 和 E-mail 业务上行 64 kbps 就能提供较好的 QoS，FTP 业务上行 16 kbps 或者 32 kbps 就能提供较好的 QoS。

4A 和 4B 参数优化包括：

- 在混合业务的情况下，适当提高 32 kbps 的 4A 参数推荐值，由 (256 Byte, 200 ms) 修正为 (512 Byte, 200 ms)；
- 32 kbps 的 4B 参数修正为 (256 Byte, 5 000 ms)，目的是抑制 HTTP 业务在网页点击过程中，以及在 FTP 业务文件下载过程中的降速，但是要确保在业务真正结束时能够释放资源；
- 64 kbps 的 4B 参数修正为 (256 Byte, 5 000 ms)，目的是避免突发的数据流量下降而触发的降速，同时还要考虑用户网页浏览点击间隔，避免在网页点击过程中的频繁升降速调整，抑制在邮件发送过程中的降速。
- 128 kbps 的 4B 参数设置策略可保持与 64 kbps 一致，可以提高到 (1 024 Byte, 5 000 ms)。

轻负荷 HSDPA DCCC 算法部署策略建议如下：

- 降速接入——由于 PS 业务初始接入阶段码（PDP 激活阶段）资源需求不高，因而采用降速接入以提高其他用户的 QoS；
- 打开基于业务量的 DCCC，采用“快升慢降”的策略，将有业务需求的用户迅速提升至最大带宽，待其没有业务需求时再缓慢降下来，此时的“慢降”主要功能在于防止乒乓调整；
- DCA 算法打开，尽可能提高业务 QoS；
- HSDPA 下行帧分关闭，码资源不受限，不需要依赖帧分提升用户容量；
- H2F 状态迁移关闭，让用户保持在 HSDPA 上，以 16 kbps 速率维持上行承载。

### （2）重负荷 HSDPA DCCC 算法策略

在重负荷场景下，DCCC 算法策略是“提升网络容量，尽可能满足活性用户的 QoS 需求”。当 HSDPA 上行码资源相对紧缺时，如果过多地保障某些用户的感知度，有可能其中

一个用户升速到较高速率 128 kbps，而其他用户只能维持较低的速率，一直无法得到升速。DCCC 算法应更加有效地利用上行码资源，尽可能地释放空闲资源，提高资源利用率，尽可能提高小区容量，减小上行码资源不足对用户服务质量及系统性能的影响。

如果小区负荷较重（承载 7 个用户），在线用户都有业务，大部分用户的感知度较差。对一些数据传输量较小或几乎断流的用户，则需要进行到 Cell\_FACH 状态的迁移，并且在用户速率长时间为零的情况下，参数 PS inactivetimer 非活动定时器设置值为 60 s，直接释放没有业务的用户，转移到 Idle 状态，允许更多的其他新用户接入，使系统资源达到最大程度地利用。

重负荷 HSDPA DCCC 算法部署策略建议如下：

- 降速接入——由于 PS 业务初始接入阶段码（PDP 激活阶段）资源需求不高，因而采用降速接入以提升网络容量；
- 打开基于业务量的 DCCC，采用“快升慢降”的策略，将有业务需求的用户迅速提升至最大带宽，待其没有业务需求时再降下来，此时“慢降”的功能侧重于提升容量；
- 打开基于负载的 DCCC，将占用带宽较高的用户强制降下来以便接入其他用户，从而达到提升网络容量的目的；
- DCA 算法打开，尽可能提高业务 QoS；
- HSDPA 帧分打开，在重负荷场景下，码资源受限，需要打开帧分提升用户容量；
- D2H 状态迁移打开；
- H2F 状态迁移打开，让活性较低的用户迁移至 FACH 上，以释放码资源“尽可能满足活性用户需求”。

在轻负荷 HSDPA 算法策略实施过程中，如果部分热点小区负荷较重，可以在局部热点区域配置实施“重负荷 HSDPA 算法策略”。随着 TD-SCDMA 网络容量的发展和用户增长，可考虑全网开启“重负荷 HSDPA 算法策略”。

### 3. DCCC、DCA和帧分同时开启性能测试结论

① 当 HS 开启帧分时，在 14 个用户同时接入的混合业务的场景中，小区属于重负荷小区场景，HSDPA 上行码道资源相对紧缺，部分用户依然可以升速，但是升速空间有限，大部分用户感知度都较差。即使通过 DCCC 算法进行调整，也会因为上行没有足够码道资源而无法升速。

② 建议打开 Cell-FACH 状态转移开关，将满足一定条件的用户迁移到 FACH 状态，重新整合上行码道资源，将更多的上行码道分配给有较大需求的用户使用，可提升用户整体的 QoS 满意度。

③ 关闭帧分，打开 DCA，设置 HSDPA 载波均分，可以分担单载波负荷，提高系统

容量，同时还能给单载波 DCCC 算法提供更多的码道资源，所以能最终提高用户感知度。针对重负荷场景，开启 DCCC 功能，并结合载波均分和状态迁移，可以提升网络容量，尽可能满足活性用户 QoS 需求。

④ DCCC 开关打开，开启帧分和 DCA，用户可以实现载波均分，且载波吞吐量基本没有下降，接入成功率和掉话率等 KPI 指标不受影响，如表 4.2 所示。

表 4.2 KPI 指标一览表

KPI 指标	尝试次数 / 次	成功次数 / 次	指标值 / %
接通率	30	30	100
掉话率	0	0	0
RB 重配成功率	78	78	100

⑤ 帧分开关打开，单载波小区吞吐量不受影响。帧分关闭或帧分打开，在测试区域内，小区吞吐量为 1.2~1.61 Mbps；帧分打开，DCA 开关打开，用户可以实现载波均分，且载波吞吐量没有下降。打开 DCA，静点载波平均吞吐量 1.52 Mbps。测试统计结果如表 4.3 所示。

表 4.3 TD-HSDPA 专项测试 KPI 性能结果统计表

算法打开状态	KPI 统计项	统计终端	统计结果	说 明
定点 KPI 统计				
DCCC_ON+帧分_ON+DCA	接入成功率	华为 ET128	100%	
	PDP 激活时延	华为 ET128	1.46	
	DCCC 成功率	华为 ET128	100.00%	
	DCCC 平均时延	华为 ET128	1.223	
	单 UE 吞吐量	华为 ET128	1.462 Mbps	
	4UE 单载波吞吐量 (DCA 关)	华为 ET128	1.468 Mbps	RSCP: -68
	4UE 单载波吞吐量 (DCA 开)	华为 ET128	1.520 Mbps	RSCP: -68
	7UE 单载波吞吐量 (DCA 关)	华为 ET128	1.607 Mbps	
	PS 掉话率	华为 ET128	0%	
	HTTP 首次访问时延 (sina)	华为 ET128	24s	
	1 Mbps 邮件发送成功率	华为 ET128	100%	
	52 kbps 彩信发送成功率	华为 ET128	100%	
	最大接入用户数 (单载波)	华为 ET128	12	

静点 DCA 打开与关闭单载波吞吐量统计如表 4.4 所示。

表 4.4 静点 DCA 打开与关闭单载吞吐量统计表

	4 用户吞吐量 (DCA 关闭) RSCP=-68				4 用户吞吐量 (DCA 打开) RSCP=-68			
	UE1	UE2	UE3	UE4	UE1	UE2	UE3	UE4
1	285.3	375.5	436.6	358.6	703.7	727.6	397.2	1 010
2	316.1	372.8	411.4	363.6	720.2	727.6	741	950.5
3	330.2	371.6	399.4	365.3	726.3	728.1	741.1	913.5
4	338.7	371	393	369.6	729	728.9	741	886.1
5	343.9	370.4	388.9	369.9	719.6	751.4	734.2	863.8
6	346.5	370.6	384.5	369.5	698.6	809.7	711.5	834.6
7	348.4	370.2	382.2	369.2	704.6	789.3	715.8	824.9
8	350.4	369.7	380.1	369.1	716.4	773.2	727.4	799.6
9	352.5	369.5	378.6	368.9	711.3	784.2	721.5	812
10	353.6	369.4	377	368.8	714.1	780	723.2	804.7
Total	1 468.1				1 519.9			

由此可见,当帧分开关打开时,单载波小区吞吐量不受影响,在下载结束时能够释放资源。从表 4.4 中数据分析得出,帧分打开可以提高载波容量,在重负荷场景中,当接入拥塞时,打开帧分功能,可以提高接通率指标,但跨载波的 RB 重配置有失败风险,可能影响 RB 重配置成功率和掉话率。

## 4.4 TD-HSDPA 接纳控制和负载控制

### 1. TD-HSDPA 接纳控制策略

作为 TD-HSDPA 无线资源管理的关键算法之一,接纳控制 (Access Control, AC) 通过建立一个无线接入承载 (Radio Bearer, RB) 来接纳或拒绝一个请求。当 RB 建立或发生改变时,需要执行接纳控制算法;当系统负载比较高时,AC 通过拒绝新呼叫请求,保护已建立连接用户的通信质量。常用策略包括门限策略和重分配策略。接纳控制实施步骤如下:

- ① 评估可用资源,决定承载用户业务的资源。
- ② 根据选定的载频、时隙和码道资源情况,确定是否能够接入。

TD-HSDPA 接纳控制的目的在于防止系统过载,保证无线连接质量和系统稳定性,提高无线资源利用率。根据 QoS 等参数及无线资源使用情况,由接入算法判断是否可以接入。通过接受或拒绝 RRC 连接建立,接收或拒绝新增或删除业务请求,接收或拒绝修改业务请求。控制当前在线而不被调度的用户不占用 HS-PDSCH 信道资源,或可以占用相关控制

信道资源。接纳控制范围包括所有请求 HSDPA 业务的伴随信道和共享信道。接纳控制判决机制包括基于码道硬资源和基于码道 / 负荷资源优化判决方法，目的是均衡小区负荷，提高资源利用率。接纳控制算法不是孤立存在的，与负载控制、切换控制和信道分配联系紧密，与其他算法的关系如图 4.12 所示。

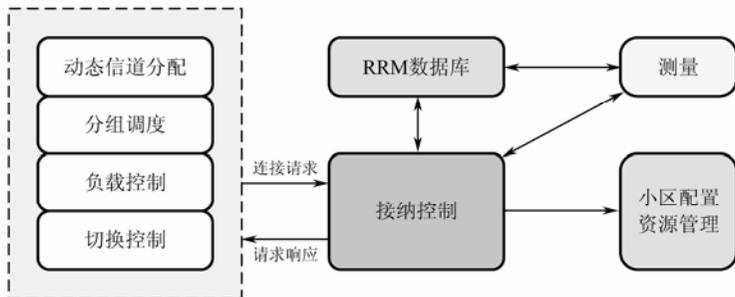


图 4.12 TD-HSDPA 智能接纳控制算法

为了区分一个发起的 PS 业务是采用 HSDPA 承载还是 DPCH 承载，在 RNC 侧专门设置一个门限速率用于判决。当高于门限时，采用 HSDPA 信道承载，当低于门限时，用 DPCH 信道承载。当有新 HSDPA 用户接入系统时，接纳过程将根据新接入用户对系统的影响进行准入控制，涉及如下两个主要因素。

① 已接入的 HSDPA 用户数：如果出现申请用户数过多，超过设定的限制值（可动态调整）时，将拒绝新的 HS 用户接入；

② 剩余 HSDPA 业务的传输带宽：接入的 HS 业务速率不能大于剩余可用的 HSDPA 带宽，否则拒绝 HS 业务的接入。

接纳控制策略的具体过程描述如下：

首先，智能接纳控制算法需要全面评估系统各种资源，包括载波时隙码道、功率、Iub 接口传输以及其他资源，具体评估过程如图 4.13 所示。

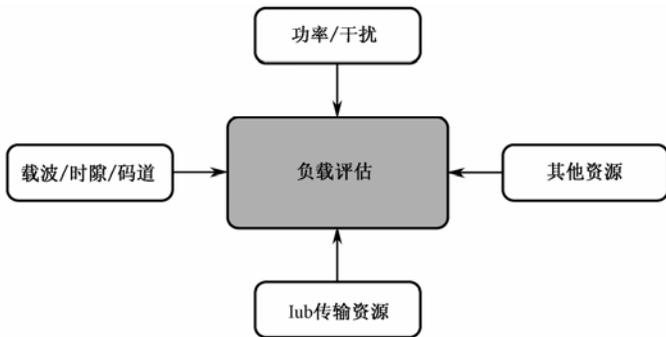


图 4.13 负载评估过程

其次，需要按照 HSDPA 用户的优先级进行判决。调度优先级识别（SPI）表示 HSDPA

用户的相对优先级；而承载优先级指示表示在相同条件下，HSDPA 和 DCH 承载业务的综合优先级。

最后，智能的接纳控制策略能够确保更高的 HSDPA 用户无线接入成功率，提供合理的系统内和系统间负荷分流策略，实现小区内基于最小质量保证的普遍服务原则，对整个系统保持一个合理的规划负载，取得接入成功率和掉话率的平衡。具体过程如图 4.14 所示。

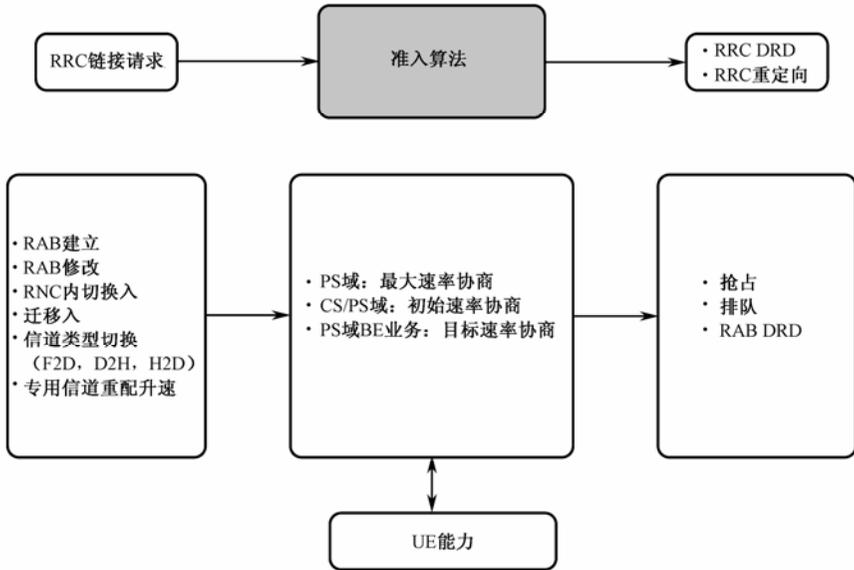


图 4.14 智能接纳控制流程

## 2. 负载控制

负载控制包括无线资源负载控制和传输资源负载控制，其中无线资源负载控制包括：

### ① 码资源负载控制。

码资源占用率过高可能导致后续用户因码资源不足而无法接入，需要降低较低优先级用户或业务的码资源占用率，保证后续用户的接入成功率。

### ② 上行 ISCP/RTWP 负载控制。

由于 TD-SCDMA 系统是一个自干扰系统，所以上行 ISCP/RTWP 过高会导致接收质量下降，严重时还可能导致小区甚至成片区域的崩溃，需要控制上行 ISCP/RTWP 的抬升。

### ③ 下行 TCP 负载控制。

在下行方向，当有些用户距离基站较远或者受到邻区用户干扰时，将会消耗过多的功率，影响其他用户的服务质量，需要控制此类用户的下行功率消耗。

传输资源的负载控制机制是分配 Iub 接口的传输带宽时，遵循先到先得的基本原则，可能会导致低优先级业务占用较多带宽，当已分配总带宽超过一定门限时，需要低优先级

业务释放一部分带宽，以保证高优先级业务的 QoS。

负载控制算法涉及测量、触发和控制三要素，包括资源监测、动作选择、用户过滤和动作执行处理过程，如图 4.15 所示。

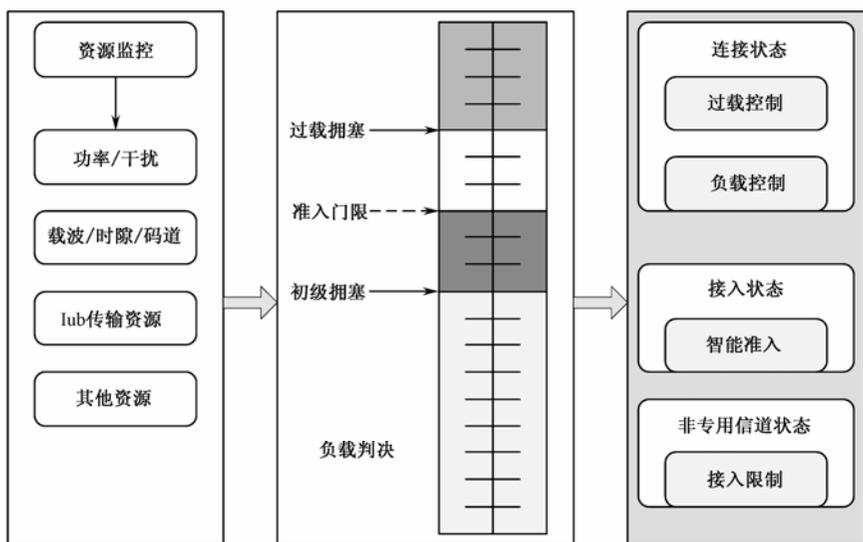


图 4.15 负载控制策略

当系统负载达到一定水平后，负载平衡算法利用多种手段对低优先级业务进行负载重整，保证高优先级用户的后续接入。采用的控制策略包括：

① 负载平衡切换。

选择低优先级用户切换到负载轻的邻区，同时也考虑邻区测量，必须考虑邻区的负载情况，避免乒乓效应。

② 异系统负载切换。

优先选择低优先级、低速率、非组合业务的 UE 切换到 GSM/GPRS/EDGE 小区，优先选择同覆盖的 GSM/GPRS/EDGE 邻区，或者依据测量进行负载切换。

③ BE 业务降速率。

在小区内所有 RAB 中选择一个最低优先级的 BE 类 RAB 且其速率大于保证速率，目标是保证速率，缓慢恢复速率，避免乒乓负载切换。

④ Iu QoS 重协商。

PS 业务通过协商适配 UE 能力的最大期望速率，对于 PS 实时业务需要考虑 UE 的保证速率。

⑤ CS 业务速率控制。

⑥ 强制释放低优先级用户。

### 3. 过载控制算法

当系统发生拥塞时，进行快速拥塞解除处理，主要针对功率干扰资源，避免崩溃。采取的措施主要包括：

- ① 禁止新业务接入，禁止切换入。
- ② 强制释放用户。
- ③ 对 DCH 信道的 BE 业务进行下行快速传输格式（TF）选择，对于上行进行最大 TFC 限制。
- ④ 对于 HSDPA 业务，RNC 和 Node B 协同降低 HSDPA 低优先级业务的调度速率。
- ⑤ BE 业务由 DCH 直接迁移到 FACH。
- ⑥ RAB 初始接入 / 降速率接入措施包括在新业务接入时，以初始速率（可配置）进行准入，若准入失败，则进行降速准入；或将速率降到 GBR（可配置）进行准入，若 GBR 准入失败，则进行抢占、排队和直接重试等后续处理。
- ⑦ 当 Iub 接口发生初级拥塞时，采取的具体措施有 BE 业务降速率、AMC、可控流降速率和 CS 系统间切换。具体控制策略包括：

- 在 Iub 接口预留一部分带宽用于语音业务，避免 BE 业务占用太多带宽影响语音接入；
- 在 Node B 下任选一小区，在该小区中选择优先级最低的用户进行负载平衡。

### 4. HSDPA接纳控制策略外场测试

#### （1）测试目的

HSDPA 基于在线用户数的准入—接纳到 R4 载波的功能验证。

#### （2）预置条件

- 选择现网的一个小区，多个测试终端静止分布在被测小区的良好覆盖区内；
- 测试小区的载波配置情况，如表 4.5 所示；

表 4.5 载波配置情况

主载波	HSDPA	10 055
辅一载波	HSDPA	10 071
辅二载波	R4	10 063

- 配置 2 个 HSDPA 载波和 1 个 R4 载波，按 2：4 上、下行时隙配置，在每个 HSDPA 载波中，HS-PDSCH 单独占用 2 个时隙，HS-SCCH/HS-SICH 配置 2 组；
- 设置 HSDPA 载波的最大接入用户数为 3，使用 6 部终端申请背景类业务，申请速率为 UL64K/DL1024K。

### (3) 测试步骤

- 依次使用 6 部 HSDPA 终端激活 HSDPA 业务并开始下载文件，直到 HSDPA 达到满容量；
- 再使用 1 部 HSDPA 终端激活 HSDPA 业务，仍然申请 I/B 类业务且申请速率为 UL64K/DL1024K，并开始下载文件；
- 观察和记录每个 UE 接入的载波和时隙，记录 DPA UE 的上、下行伴随 DPCH 资源的占用情况，记录 RNC 为每个 UE 分配的速率。

### (4) 测试结论

当 6 个 HS 业务占满 2 个 HS 载波后，第 7 个 HS 业务接入到 R4 载波（10 063）上。从 RB Setup 中看出，第 7 个 HS 业务下行降速（384 kbps）接入到 R4 载波（10 063）上，占用 42 个 SF=16 的码道。测试结果如下所述。

当接入第 6 个 HS 业务（64 kbps/1 024 kbps）到辅一载波（10 071）上时，码树分配如图 4.16 所示。

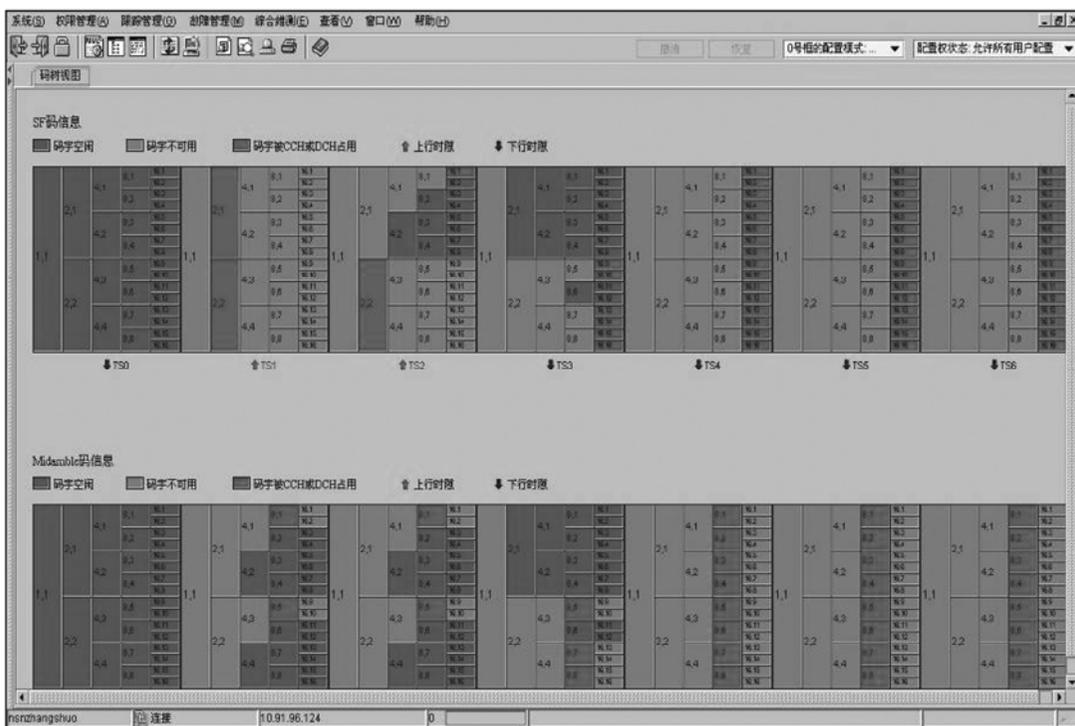


图 4.16 第 6 个 HS 业务接入时码树分配图

由于 HS 载波用户数已满，第 7 个 HS 业务只能接入到 R4 载波（10 063）上，码树如

图 4.17 所示。

如图 4.18 所示，从 RB Setup 中看出，第 7 个 HS 业务下行降速（384 kbps）接入到 R4 载波（10 063）上。在 R4 中承载 384 kbps 下行业务，占用 42 个 SF=16 的码道。

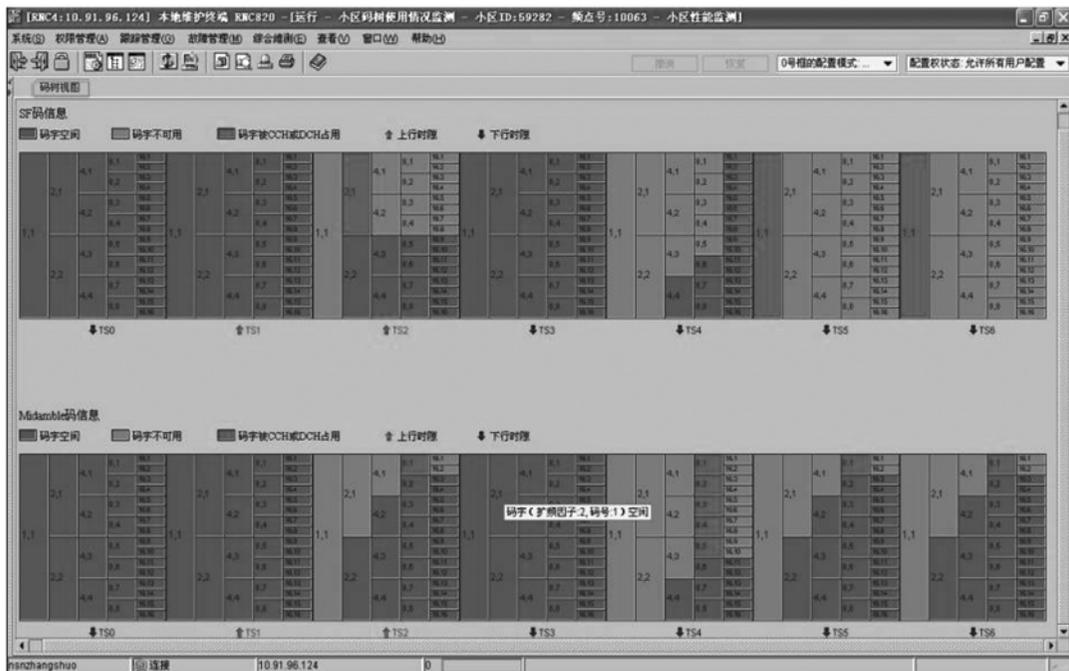


图 4.17 第 7 个 HS 业务接入时码树分配图

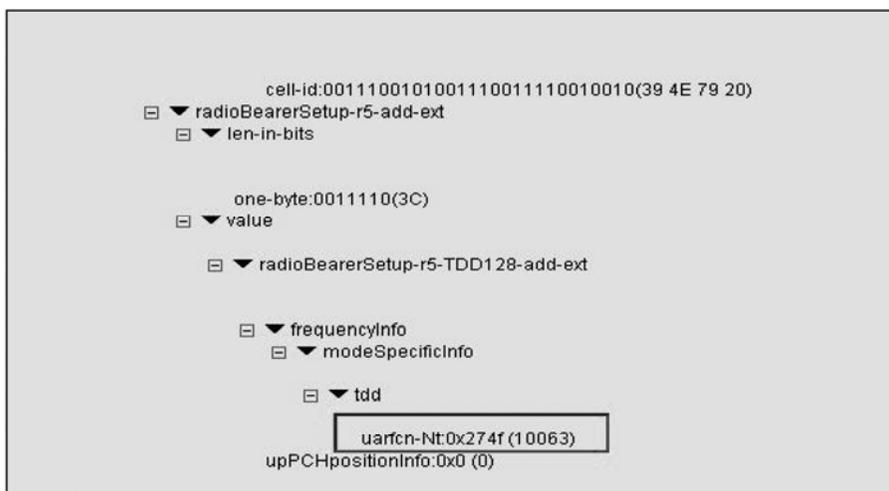


图 4.18 第 7 个 HS 业务接入 R4 载波示意图

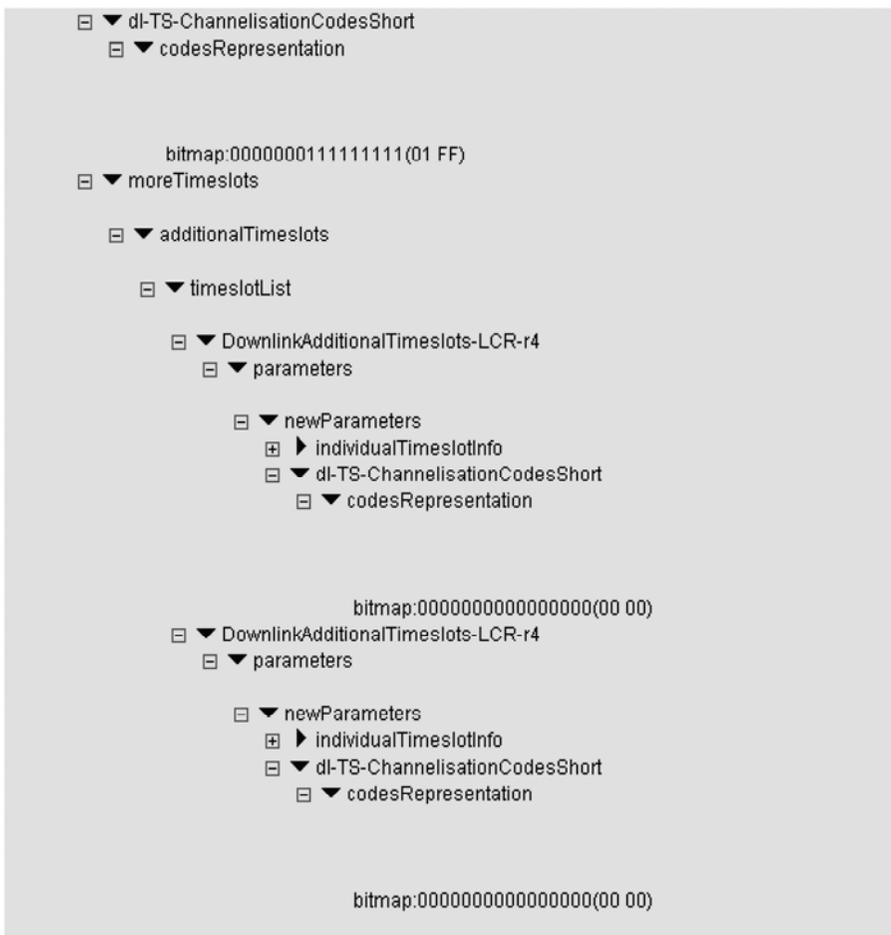


图 4.18 第 7 个 HS 业务接入 R4 载波示意图 (续)

## 4.5 HSDPA与R4 动态承载控制策略

在 3GPP R5 版本中引入了增强型 HSDPA 技术，以提供高速下行数据业务支撑，提升 R4 网络传输效率，增强数据业务用户体验，充分利用网络资源。相比其他 3G 系统而言，由于 TD-SCDMA 网络基于 TDD 方式，HS 和 R4 必须采用相同的时隙配比。在此情况下，HS 可以被分配到一个专用的载波上，或者和 R4 系统共享相同的载波资源，两种情况下载波资源的利用效率比较如表 4.6 所示。

表 4.6 两种方式下载波资源利用效率比较

资源共享方式	上、下行对称载波配置 (3:3)	上、下行非对称载波配置 (2:4 或 1:5)
HSDPA 专用载波	HSDPA 载波的上行时隙存在闲置; R4 载波的时隙资源充分利用	HSDPA 载波资源得到充分利用; R4 下行时隙资源存在浪费
HSDPA 和 R4 共享载波	HSDPA 和 R4 共享, 充分利用载波资源	

## 1. HSDPA和R4 动态资源共享技术

为了解决 TS-HSDPA 部署的难题, 业界专家经过深入细致的研究, 提出了 R4 和 HSDPA 动态资源共享解决方案, 能够实时根据各种业务比例, 自动调整 R4 和 HS 占用的资源, 简化 HS 系统部署的难度, 提高 TD-SCDMA 系统资源利用效率, 有效解决 TS-HSDPA 部署的难题。

R4 和 HS 动态资源共享技术如图 4.19 所示, 工作思路描述如下:

① 在系统初始阶段, 语音用户 (R4 系统) 占用 1 个时隙, 剩余时隙全部由 HS 使用。随着语音用户的不断增加, 一旦语音用户资源不足, 系统立即在 TTI 内重新调整 R4 和 HS 资源比例, 释放出一些原 HS 占用时隙或码道给新呼叫 R4 用户使用。

② 在用户结束业务后, 系统检查当前 R4 系统占用的资源, 如果存在较多的空闲资源, 系统自动在 TTI 内重新划分资源比例, 把 R4 不再使用的资源重新分配给 HS 使用, 从而提高 HS 系统的吞吐量。

通过使用 R4/HS 动态资源共享方案, 在不同地区、不同场景下, TD-SCDMA 网络采用相同配置方式, 系统可以根据 R4 和 HS 业务的实际情况, 动态调整系统使用的码道资源和功率资源。

以 3 载波 2:4 配比的 HS 系统为例, 当系统初始化时, 每个载波的 TS6 时隙被用于语音信道和 HS 控制信道, 其他 3 个时隙 TS3, TS4 和 TS5 分配给 HS 系统用于传输数据。在这种情况下, HS 吞吐量可以达到 5 Mbps, 但是语音业务容量非常小, 与 HS 控制信道共享剩余的 12 个码道资源。随着语音用户的增加, R4/HS 动态资源共享技术自动将原 HS 占用的 TS3 时隙分配给语音业务独自占用。在这种情况下, HS 吞吐量降低到 3.36 Mbps, 语音业务的容量则增加到 24 个信道。如果语音用户继续增加, R4/HS 动态资源共享技术将分配 1 个 TS5 供 HS 使用, 其他时隙全部被语音业务占用, 在这种情况下, HS 吞吐量降低 1.68 Mbps, 语音业务的容量则增加到 48 个信道。

通过以上分析可以看出, 采用 R4/HS 动态资源共享技术后, 采用 1 套配置就可以满足不同区域的业务需求, 无须人工干预。从整个系统来看, 采用该方案后, 所有空闲的 R4 资源都可以及时被 HS 系统充分利用, 进一步提高了 TD-SCDMA 系统的资源利用率, 增加了运营商在数据业务上的盈利能力。

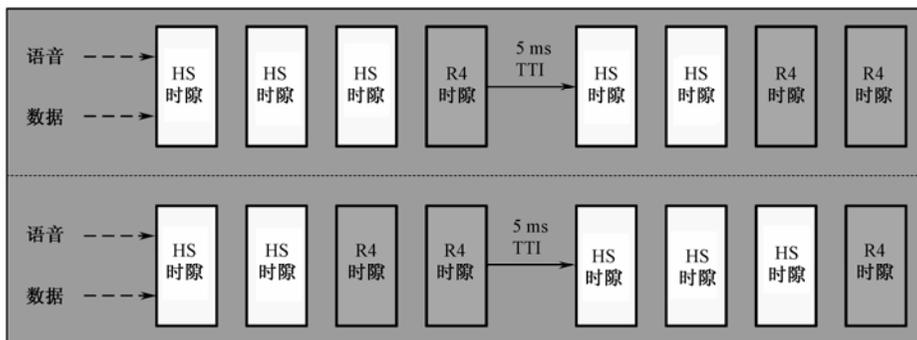


图 4.19 R4/HSDPA 动态资源共享方案

如图 4.20 所示，HSDPA 与 R4 资源池机制支持动态和静态配置 HSDPA 时隙和码道资源分配。当 DPCH 资源不足时，可以抢占 HSDPA 资源，但抢占资源不能超过 HSDPA 最小预留资源。当 R4 业务结束后，释放出 DPCH 信道资源，重新释放回 HSDPA 调度资源池，可以提高资源利用率。由此可知，R4 与 HSDPA 资源池机制能在保证调度效率的同时提高资源利用率。

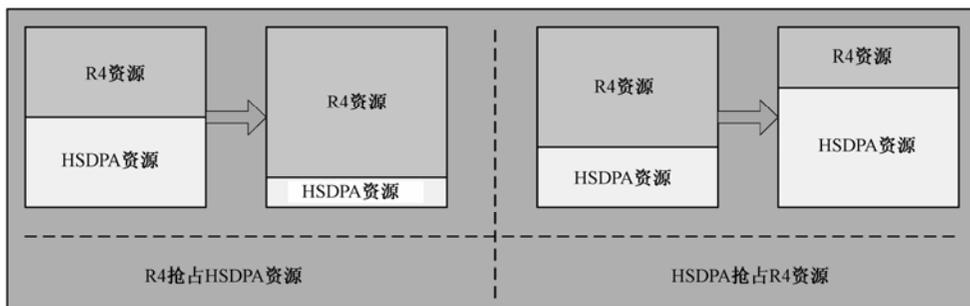


图 4.20 HSDPA 与 R4 资源池机制

## 2. HSDPA切换算法

### (1) HSDPA切换过程

HSDPA 业务切换方式可分为 H2H(HS→HS)和 H2D(HS→DCH)。当邻区支持 HSDPA，能够支持业务速率时，采取 H2H 的切换方式；当邻区不支持 HSDPA，或邻区虽然支持，但不支持切换业务速率时，采用 H2D 的切换方式。在 H2D 切换完成业务后，当切换到 HS 小区时，仍然可以通过 D2H 的方式，切换到 HS 小区，并承载到 HS 信道上。图 4.21 显示了 HSDPA 的切换过程。

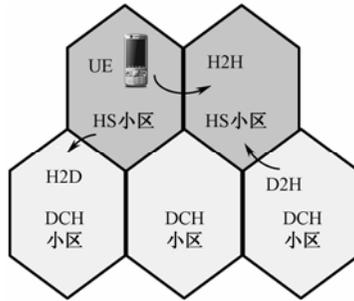


图 4.21 HSDPA 切换过程

## (2) 基于负载的异系统切换

由于当前 TD-SCDMA 网络覆盖受限, 需要将终端从 TD-SCDMA 网络切换到 2G 网络中去, 以确保业务的连续性, 这种切换方式称做异系统切换。目前, 异系统切换基于覆盖、业务和负载等几种方式。基于负载的异系统切换过程是指当前 3G 网络小区负载超过一定门限后, 判定当前的 3G 小区负载超标, RNC 选择该小区以及该小区内的一个用户, 并通知切换模块将该用户切换至已配置好的 2G 邻区中去。然而, 在选择切换用户时, 不能把当前小区的所有用户都切换出去 (例如, 金牌用户), 而是通过一定的策略选择要切换的用户。负载触发切换的方式包括小区码资源使用率和小区上、下行功率。

下述的动态资源承载控制基于 HS 切换过程实现, 主要用以解决 TD-SCDMA 小区由于负荷过载而导致的掉话问题, 对保障小区用户接入成功率具有重要意义。

## 3. HSDPA, R4 和 GSM 的动态承载控制

在现有 TD-SCDMA 商用网络中, 已普遍将上、下行时隙配比设置为 2:4。随着业务量的增长, 尤其是在承载高速数据业务时, 开始出现由于上行码道资源受限而导致用户无法接入的现象, 严重影响了客户感知度。因此, HSDPA 数据用户不能无限制接入, 当接纳的 HS 业务达到最大同时在线用户数限制时, 对新请求的 HS 业务将启动以下策略:

- 如果 R4 载波准入, 则将其接纳至 R4 载波;
- 如果 R4 载波不准入, 则将其重定向至 GSM 系统。

当系统负载拥塞时, TD-HSDPA PS 数据业务能够承载在 HS 载波、R4 载波或 GSM 系统上, 而不被拒绝。下面通过外场测试验证的手段, 针对 TD-SCDMA 无线网络资源管理中 HSDPA, R4 和 GSM 的动态承载控制策略以及部署的可行性进行深入的研究。

### (1) HSDPA, R4 和 GSM 的动态承载控制外场测试

当 TD-HSDPA PS 业务无法接入 TD-SCDMA 网络时, 系统能够通过 RRC 重定向承载到 GSM 网络中, 完成动态承载控制过程, 如图 4.22 所示。

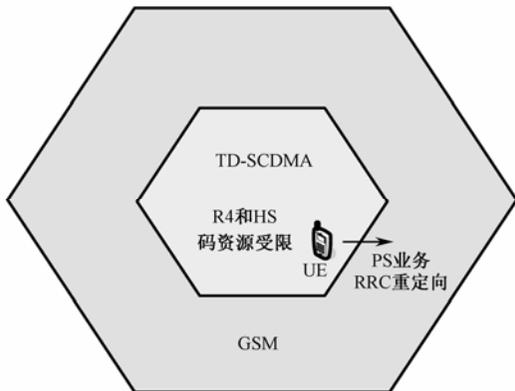


图 4.22 HSDPA PS 业务 RRC 异系统间重定向策略

① 测试目的:

在 HSDPA 和 R4 载波资源被占满的情况下，新接入用户将重定向到 EDGE/GPRS。如图 4.23 所示。

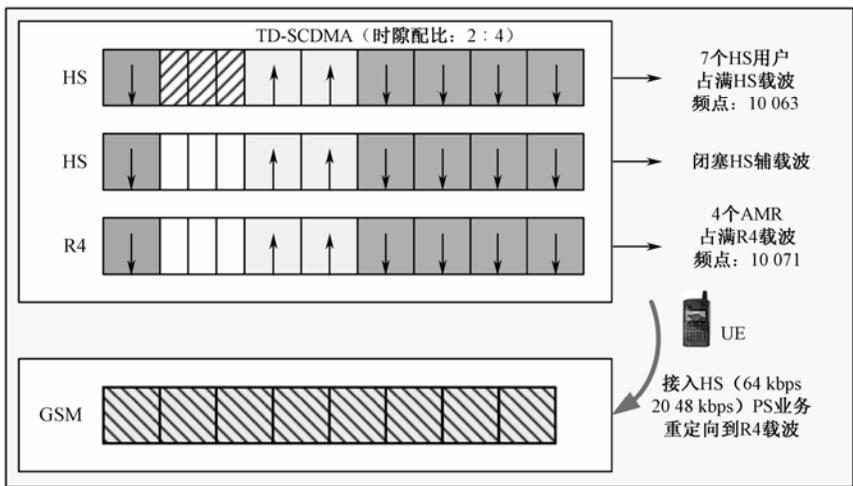


图 4.23 测试综述

② 测试环境:

本次测试基于 TD-SCDMA 现网中某室内分布系统的定点测试环境。测试终端静止均匀分布在被测小区的良好覆盖区内。测试小区配置 2 个 HSDPA 载波和 1 个 R4 载波，2 : 4 配置上、下行时隙，在每个 HSDPA 载波中，HS-PDSCH 单独占用 2 个时隙，HS-SCCH/HS-SICH 配置两组。测试小区载波配置情况如表 4.7 所示。

表 4.7 测试小区载波配置表

主载波	HSDPA	频点 10 063
辅载波	R4	频点 10 071

### ③ 测试终端:

测试所用终端基于目前三款主流芯片, 采用 TD/GSM 双模单待和 HSDPA 数据卡, 支持“三新”机制, 采用最新软件版本。在测试中, 设置 HSDPA 载波最大接入用户数为 3, 使用 6 部终端申请背景类业务, 申请速率 UL64K/DL1024K。

### ④ 测试步骤:

测试步骤如下所述。

- 在 HS 主载波依次接入 7 个 HS 的业务 (UL64K/DL2048K)。当 7 个 HS 业务接入后, 主载波的上行码道资源全部被占满。从 RAB 指派请求消息 (Assignment Request) 中可以看出, 申请 HS 背景类业务 (UL64K/DL2048K) 被接入。
- 在时隙配比为 2:4 的情况下, 辅载波依次接入 4 个 VP 业务, 均承载在 R4 载波上, 且占满 R4 载波上行码道资源。从消息 RAB Assignment Request 中看到申请的业务为 CS 64K 可视电话。
- 在第 2 步的基础上再申请一个 HS 业务 (UL64K/DL2048K)。

因为 HS 和 R4 载波码道资源都被占满, 当再申请 HS 业务时, 从 RNC 发往 UE 的信令中可以看出, 在 TD-SCDMA 网建立 RRC 连接时, RRC 被拒绝, 业务被接入到了 GSM 系统中。在 RRC CONN REJ 中看到被拒绝的消息中携带有 GSM 的信息, 如图 4.24 所示。

图 4.24 显示出了从终端收 RRC Connection REJ 消息到成功承载在 EDGE/GPRS 的接入信令

(Location Updating Accept, TMSI Reallocation Complete 和 Routing Area Update Complete 消息) 过程。如表 4.8 所示, 共进行 3 次测试, 重定向接入平均时延为 6.5 s。

```

23:39:57.858->rrcConnectionRequest(UL_CCCH)
23:39:58.028->rrcConnectionReject(DL_CCCH)
23:39:58.108->RR System Information Type 4
23:39:58.338->RR System Information Type 1
23:39:58.578->RR System Information Type 2
23:39:58.818->RR System Information Type 3
23:39:58.878->RR Paging Request Type 1
23:39:59.048->RR System Information Type 4
23:39:59.518->RR System Information Type 2 quarter
23:39:59.528->RR Channel Request
23:39:59.558->RR Channel Request
23:39:59.658->RR Immediate Assignment
23:39:59.658->Location Updating Request
23:39:59.948->RR System Information Type 5
23:40:00.038->RR Classmark Change
23:40:00.038->RR GPRS Suspension Request
23:40:00.278->Authentication Request
23:40:00.428->RR System Information Type 6
23:40:00.798->Authentication Response
23:40:00.878->RR Measurement Report
23:40:00.898->RR System Information Type 5
23:40:01.218->Identity Request
23:40:01.218->Identity Response
23:40:01.358->RR Measurement Report
23:40:01.368->RR System Information Type 6
23:40:01.688->Location Updating Accept
23:40:01.698->TMSI Reallocation Complete
23:40:01.828->RR Measurement Report
23:40:01.928->RR Channel Release
23:40:02.298->RR Measurement Report
23:40:02.398->Routing Area Update Request
23:40:02.408->RR Channel Request
23:40:02.478->RR Channel Request
23:40:02.558->RR Immediate Assignment
23:40:02.818->Packet Uplink Ack Nack
23:40:02.848->Packet Uplink Ack Nack
23:40:02.878->Packet Timeslot Reconfigure
23:40:02.958->Packet Downlink Ack Nack
23:40:03.198->Packet Control Acknowledgement
23:40:03.388->Packet Downlink Ack Nack
23:40:03.598->Packet Downlink Ack Nack
23:40:03.898->Packet Control Acknowledgement
23:40:04.098->Packet Downlink Ack Nack
23:40:04.158->Routing Area Update Accept
23:40:04.168->Routing Area Update Complete

```

图 4.24 RRC 连接重定向消息

表 4.8 TD-SCDMA RRC 重定向测试情况表

测 试	时延 / s
第 1 次	6.12
第 2 次	7.38
第 3 次	5.99
平均时延	6.5

## ⑤ 测试结论:

经过外场测试结果分析, TD-HSDPA PS 业务接入过程的异系统间重试准入策略和功能得到验证, 获得如下测试结论。

- 数据业务 (HSDPA, R4) 能够被接纳至 HS 载波、R4 载波或 GSM 系统, 而不被拒绝。数据业务尽可能由 TD-SCDMA 承载, 若 TD-SCDMA 无法接入, 则应被承载至 GSM 而不是被拒绝。
- 当系统中 HS 载波和 R4 载波码道都被占满时, 如果再申请一个 HS (UL64K/DL2048K) 业务, 从信令中看到, 在 TD-SCDMA 网建立 RRC 连接时, RRC 被拒绝, 从 RRC CONN REJ 中看到被拒的消息中携带有 GSM 的信息, PS 业务被重定向到 GSM 系统中, 平均接入时延约为 6.5 s。

## (2) HSDPA和R4 动态承载转换外场测试

以下是 PS 业务在 R4 和 HS 载波上动态承载转换的外场测试情况。

## ① 测试目的:

当 HS 载波上无资源可用时, 可以将用户 PS 业务承载到 R4 上, 等 HS 载波上有资源可用时, 用户又有更多的资源需求, 又能将此用户承载到 HS 上。

## ② 预置条件:

首先, RNC, Node B 和 CN 处于正常工作状态, 2 个载波小区工作正常 (配置 1 个 HSDPA 载波, 1 个 R4 载波), 2:4 时隙配置; 其次, 设置 HSDPA 载波的最大接入用户数为 8, 并用终端分别进行 FTP 下载, 占满 HSDPA 载波资源。

## ③ 测试分析:

测试小区载波配置情况如表 4.9 所示。

表 4.9 测试小区载波配置表

主载	HSDPA	10 063
辅一	R4	10 071

设置 HSDPA 载波最大接入用户数为 8。

## ④ 测试步骤:

依次接入 6 个 HS 业务到 HS 载波上, 此时 HS 载波上行资源已全部占满, 码树占用情况如图 4.25 所示。

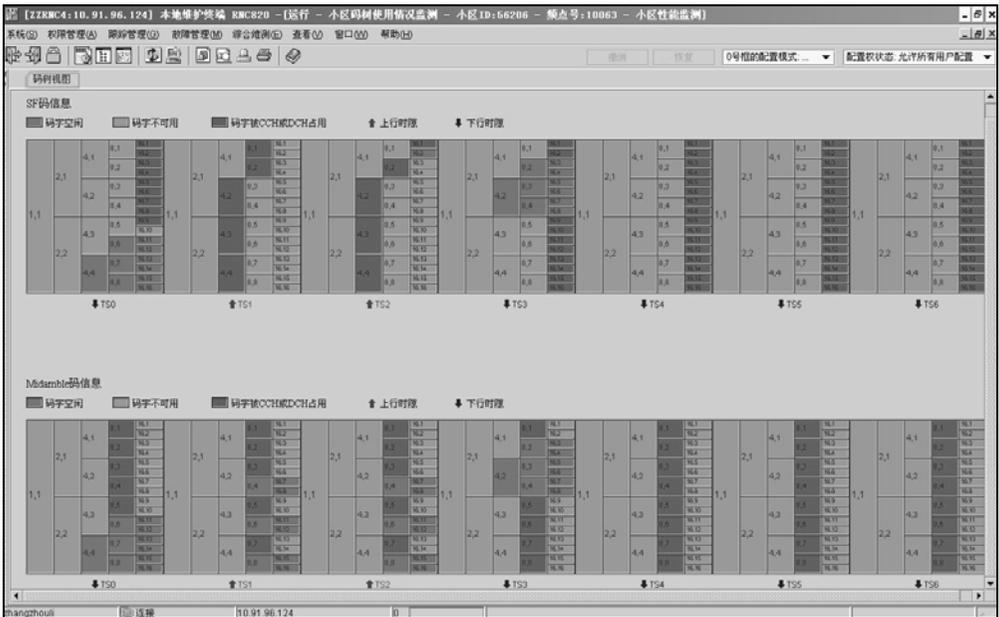


图 4.25 接入 6 个 HS 业务码树占用图

再接入 1 个 HS 业务，此时由于 HS 载波上行码资源已经被全部占满，HS 业务接入到 R4 载波，码树占用情况如图 4.26 所示。

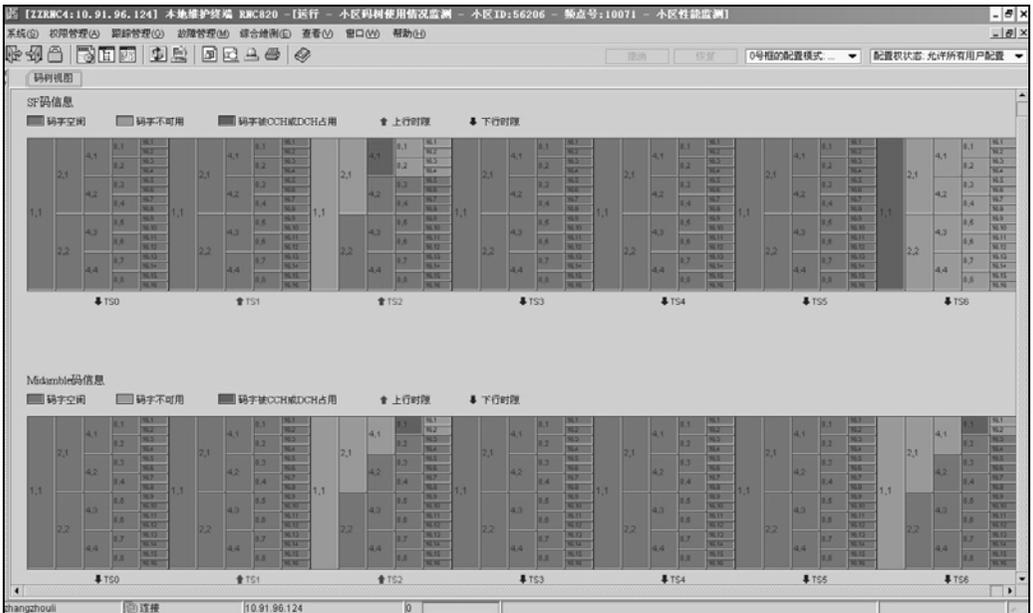


图 4.26 R4 载波码树占用图

如图 4.27 所示，从 RAB Assignment REQ 中看到申请的第 7 个 HS 用户的业务类型和速率。

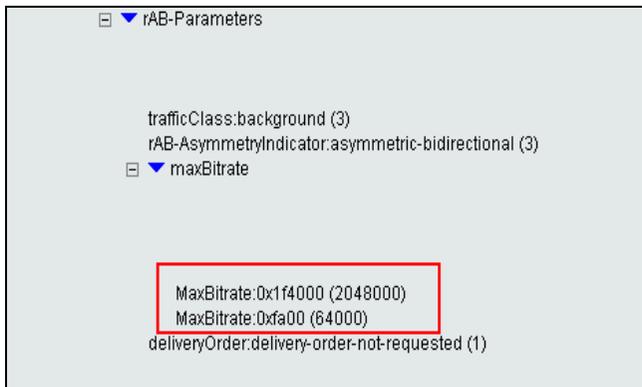


图 4.27 第 7 个 HS 用户的业务类型和速率

在测试中，网络参数配置 32K/128K，下行占用 1 时隙，上行占用 1 个 SF=4 的码道。如图 4.28 所示，从 RB Setup 中可以看出，HS 业务承载到 R4 载波上的速率和占用的频点。

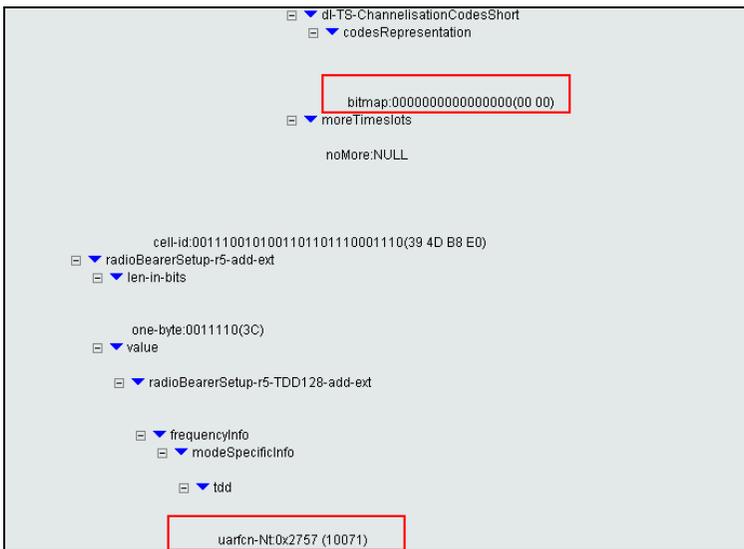


图 4.28 RB Setup 消息内容

当 HS 载波上 HS 业务全部释放掉后，码树图如图 4.29 所示。

当释放掉 HS 载波上的业务后，剩余的码资源可以满足再接入 HS 业务的需求。因此，接入到 R4 载波上的 HS 业务将重新接入到 HS 载波上，码树图如图 4.30 所示。

如图 4.31 所示，从 RB RECFG 中看到刚接入到 R4 载波的 HS 业务接入到 HS 载波的 TS1 上的 5~8 码道上。

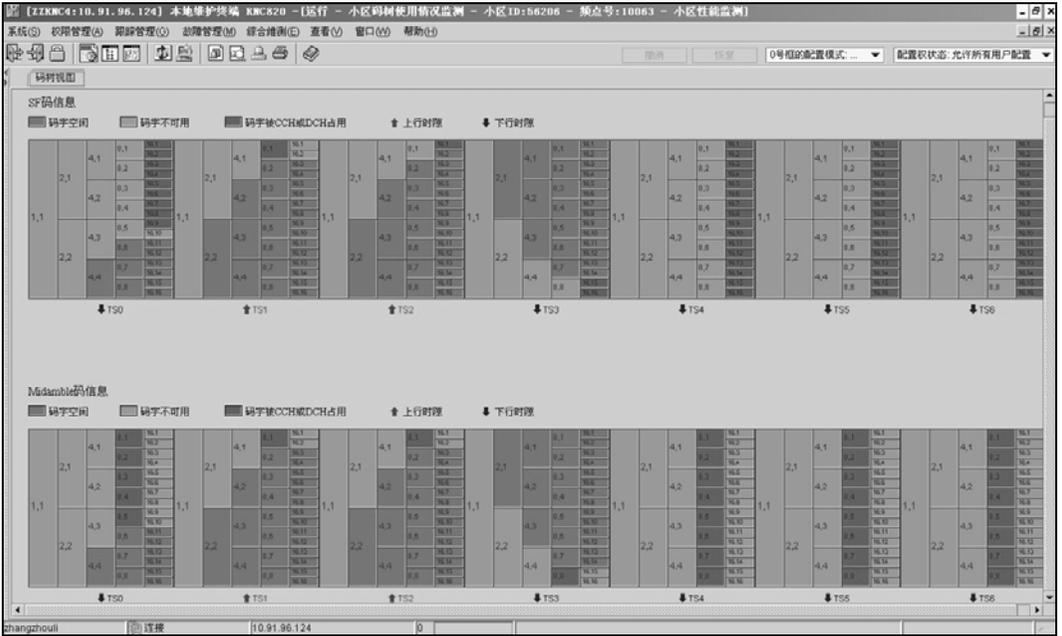


图 4.29 HS 载波业务释放后码树图

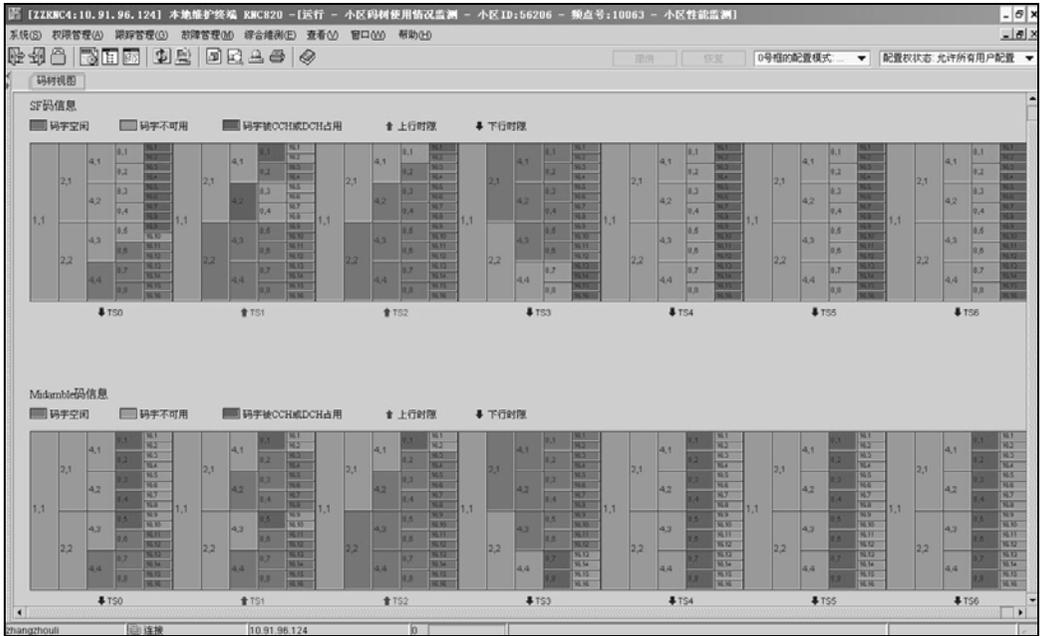


图 4.30 第 7 个 HS 业务重新接入 HS 载波码树图

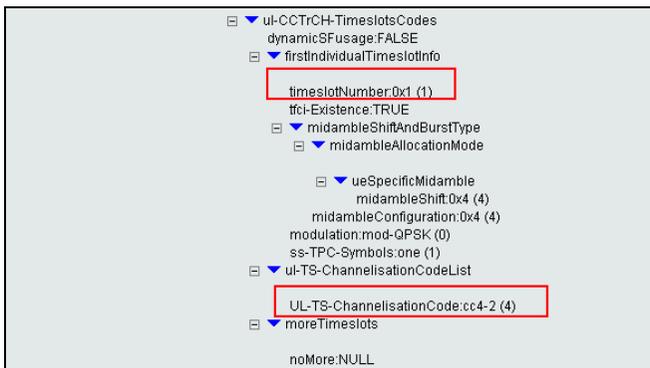


图 4.31 RB RECFG 消息

如图 4.32 所示，从 RB RECFG 中可以看到刚接入到 R4 载波的 HS 业务接入到 HS 载波，在信令流程中可以看到，HS 业务重新接入到 HS 所在频点 10 063 上。

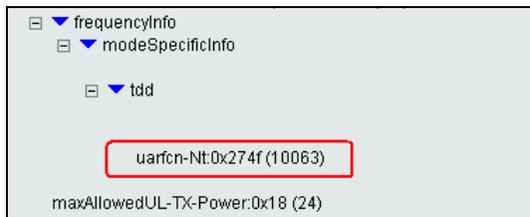


图 4.32 HS 业务重新接入 HS 载波信令流程

⑤ 测试结论:

- PS 业务可以在 R4 和 HS 载波间的动态承载转换，功能验证通过；
- 当 HS 载波资源被占满时，用户发起 HS 业务，下行降速接入到 R4 DCH 中；
- 当 HS 载波资源有空余，系统可以将原来承载在 R4 中的 HS 业务下行升速转换回到 HS 中。

## 4.6 TD-HSDPA 码资源配置策略

在 TD-HSDPA 无线资源管理机制中，RNC 从逻辑资源的角度对 HS-DSCH 和 DCH 信道所使用的载波资源、码资源和时隙资源进行管理。在 *N* 频点小区中，需要合理配置一个或多个载波的 HS-PDSCH 信道资源及 HS-SCCH 和 HS-SICH 物理信道资源。根据近期 TD-SCDMA 商用网络发展的总体规划及 TD-SCDMA 的市场定位，重点发展移动宽带业务和基于双模终端的话音业务，现有 TD-HSDPA 载波及时隙配置如下：

① 上、下行时隙配比——2：4，其中 HS-PDSCH 时隙配置 3 个。

② HSDPA 载波数量——对于数据业务热点区域的 3 载频小区开启 2 个载频的 HSDPA 功能，配置 6 个 HS-PDSCH 时隙，最大可支持 3.2 Mbps 的小区吞吐率，每个用户最高下

载速率可达到 1.68 Mbps；其他区域的每个小区开启 1 个载频的 HSDPA 功能，配置 3 个 HS-PDSCH 时隙。

TD-HSDPA 的码资源配置策略涉及信道配置、接入用户数和资源分配算法参数的研究。

### 1. HSDPA信道配置

根据 TD-HSDPA 码资源配置策略，结合用户终端等级的情况以及实际调度中的控制信道开销等因素，建议较为合理的配置如图 4.33 所示。

下行TS0	上行TS0	上行TS2	▼ 下行TS3	下行TS4	下行TS5	下行TS6
HS-SICH	A-DPCH		HSDPA	HSDPA	HSDPA	HS-SCCH
HS-SICH	A-DPCH					HS-SCCH
A-DPCH	A-DPCH					A-DPCH
A-DPCH	A-DPCH					A-DPCH
A-DPCH	A-DPCH					A-DPCH
A-DPCH	A-DPCH					A-DPCH
A-DPCH	A-DPCH					A-DPCH
A-DPCH	A-DPCH					A-DPCH

图 4.33 TD-HSDPA 信道配置

当 TD-HSDPA 采用单载波配置时，进行 HSDPA 业务的用户复用 HS 码道资源，各用户获得的下行速率的总和应该达到单用户在该 HS 载波中获得的下行速率。外场测试研究表明，TD-HSDPA 各信道配置情况如下所述。

#### (1) SCCH/SICH信道配置

当同一载频承载多个 HS 业务用户时，配置 3 对 SCCH/SICH 信道，各个用户获得的速率的总和为 1.1 Mbps 左右。配置 2 对 SCCH/SICH 信道，各个用户获得的速率的总和为 1.1 Mbps 左右，配置 1 对 SCCH/SICH 信道，各个用户获得的速率的总和为 700 kbps 左右。由此确认，当一个 HS 载频承载 HS 业务用户在 3 个以上时，SCCH/SICH 信道需要配置 2 对或者以上。考虑到码资源的合理利用，建议配置 2 对 SCCH/SICH 信道，则更加适合多用户使用 HS 业务的环境。

## (2) 伴随A-DPCH信道配置

当同一载频承载多个 HS 业务用户时, 伴随 DPCH 信道配置为连续分配, 各个用户获得的速率的总和为 1.1 Mbps 左右; 当伴随 DPCH 信道配置为非连续分配, 各个用户获得的速率的总和为 910 kbps 左右。由此确认, 在多用户环境中, 伴随 DPCH 信道设置为“连续分配”, 则更加适合多用户使用 HSDPA 业务的环境。

## (3) PDSCH信道配置

当同一载频承载多个 HS 业务用户时, HS-PDSCH 信道化码参数设置为 1, 各个用户获得的速率的总和为 1.1 Mbps 左右。当 HS-PDSCH 信道化码参数设置为 16 时, 各个用户获得的速率总和为 1.15 Mbps 左右。由此可知, 在多用户环境中, HS-PDSCH 信道化码设置数量不影响用户对 HS 业务的使用感知度。

## 2. 接入用户数

目前, 不考虑多载波 HSDPA 技术, 各载波相对独立。下面以单载波为例说明各种因素的相互关系。

① 在不考虑下行伴随信道帧分复用的情况下, 接入用户数受限于下行伴随信道数量, 最大为 6 个, 平均每用户速率最大为 267 kbps, 用户感知度较好。

② 在考虑下行伴随信道 2 倍帧分复用的情况下, 接入用户数受限于用户感知度, 建议按照 8 个用户考虑, 每用户平均速率最大 200 kbps, 用户感知度较好; 若考虑目前 TD-SCDMA 现网策略, 当网络资源无法满足用户的申请速率时, 应降速接入, 严禁拒绝用户接入的网络侧设置, 接入用户受限于下行伴随信道数量, 最大可接入 12 个用户, 平均每用户速率为 133 kbps, 用户感知度稍差。

③ 在考虑下行伴随信道的 4 倍帧分复用的情况下, 上行伴随信道不复用, 接入用户数受限于上行伴随信道数量, 最大为 14 个, 平均每用户速率为 114 kbps, 用户感知度稍差; 上行伴随信道 2 倍帧分复用, 接入用户数受限于下行伴随信道数, 最大为 24 个, 平均每用户速率为 67 kbps, 用户感知度较差。

## 3. HSDPA资源分配算法

在多用户使用 HSDPA 业务的环境中, 当小区配置多个 HS 载波时, 需要通过资源分配算法充分利用 HSDPA 资源。HSDPA 资源分配算法包括 SDCA 算法和 CAC 算法, 下面以 SDCA 算法为例简单介绍基本原理。

如图 4.34 所示, SDCA 算法按照频率和时隙两个纬度进行码道资源的分配, 遵循的基本原则是: 空闲基本码道资源越多, 接入业务越容易, 优先级越高, 越是选择为最佳频率; 在选中的频率上选出合适的一对时隙, 按照配置的时隙优先级, 挑选出优先时隙; 如果失

败，继续尝试下一对时隙。

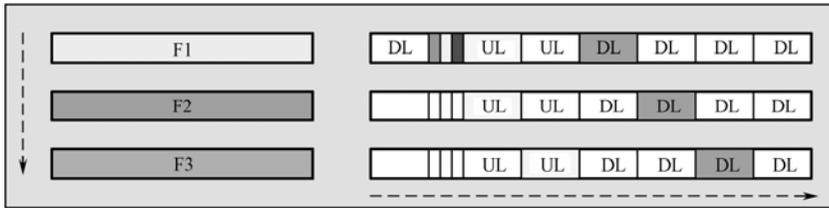


图 4.34 TD-HSDPA SDCA 无线资源分配算法

## 4.7 TD-HSDPA 分组数据调度策略

在 TD-SCDMA 网络中引入 TD-HSDPA 的目的在于承载高速数据业务，而对数据业务的承载进行资源管理是 TD-HSDPA 无线资源管理的主要内容。无线分组数据调度策略主要判决在什么时间为哪些用户分配什么样的资源进行通信。无线资源包括空间、频率、载波、时隙和码道等，分配调度原则是以最大化用户数据业务吞吐量和保证用户间的公平性为前提，以保持不同业务流的 QoS 为基础的。

HSDPA 分组调度算法主要包括最大载干比、正比公平和轮询调度算法，基本原理在第 3 章中已经详细论述，在此不再赘述。分组数据业务的调度策略主要关注系统吞吐量和用户公平性。数据业务的特点在于充分利用信道的时变特性，得到多用户的分级增益，提高系统的整体吞吐量。从公平性角度考虑，希望每个用户被服务的机会均等，由于没有考虑到用户信道的实际状况，吞吐量受到影响。众所周知，吞吐量和用户公平性是相互矛盾的，需要在两者之间合理折中。在实际运营部署过程中，应该综合考虑调度算法公平性以及吞吐量两个方面，按照运营商针对业务开展的策略部署选择分组调度算法。

### 1. 分组调度的实现过程

在 3GPP R5 之前，无线分组调度算法都内置在 RNC 中进行，但是在承载高速数据业务时，由于不能及时、迅速地反映当前时变信道的传输信息，从而无法快速实现链路自适应和快速调度分组业务。在 TD-HSDPA 中，分组调度功能在 Node B 中，使分组数据业务可以及时根据信道情况和衰落特征，自适应地改变调制编码方式，减少 UE 的处理能力和系统的处理时延。

在 TD-HSDPA 中，分组调度算法、自适应调制编码 (AMC)、混合 HARQ 和功率控制等功能的实现过程如图 4.35 所示。AMC 在每个 TTI 之内，根据用户信道状况确定相应的数据传输速率，无线分组调度算法根据此选择用户获得的服务。当用户侧接收数据之后，根据解码情况向 Node B 侧发送反馈信息，表明传输失败与否。如果传送不成功，则在以后的 TTI 内，调度进程停止，基站执行 HARQ 进程，进行重传数据过程。

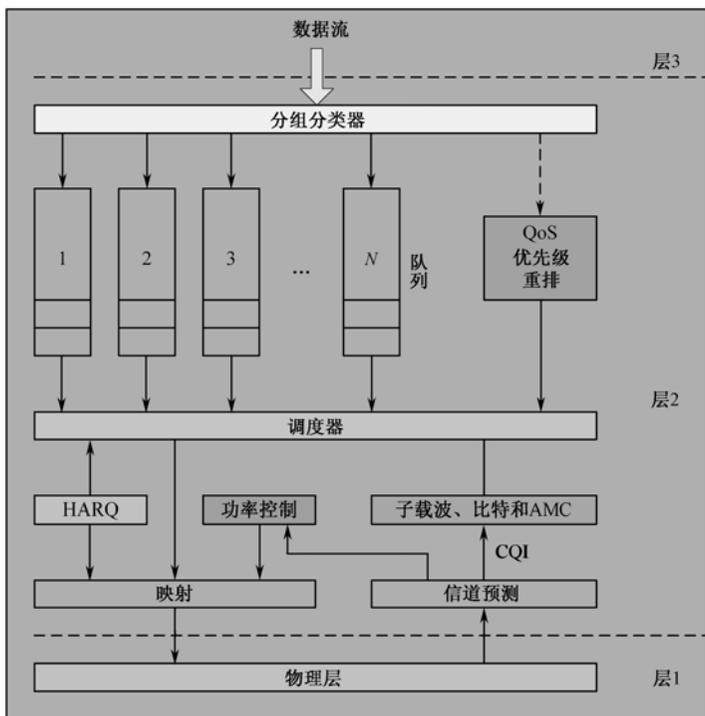


图 4.35 分组调度算法实现过程

## 2. 分组调度的判决流程

分组调度算法的核心是调度判决过程，受到小区参数、用户参数、调度准则和运营商开展业务策略的影响。综合考虑这些因素之后，分组调度器的计算结果才能满足系统 QoS 要求。调度判决过程如图 4.36 所示。

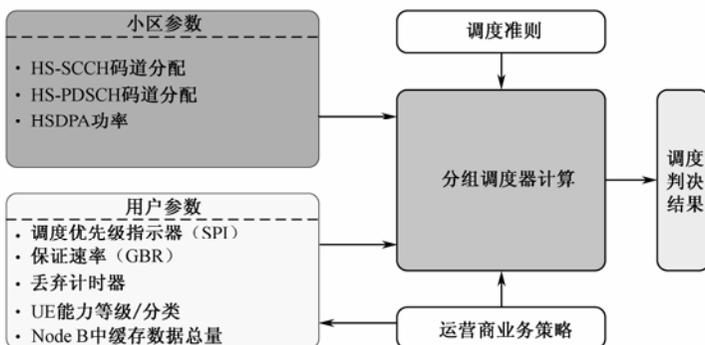


图 4.36 分组调度的判决过程

### 3. 分组调度算法的总体流程

从图 4.37 可以看出,在调度算法开始时,首先应该考虑重传数据的优先调度,完成后评估剩余可用资源。在条件满足情况下,再考虑调度用户新发送的数据。否则,根据调度算法决定调度用户的优先级,根据优先级大小,依次调度用户数据。

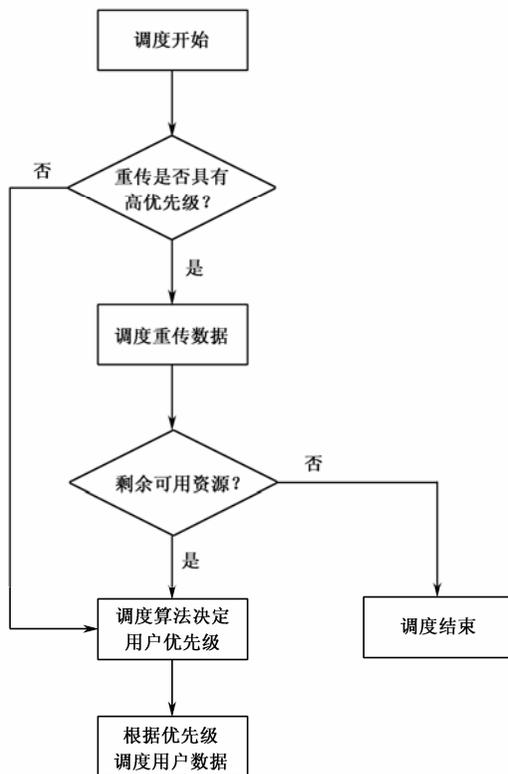


图 4.37 分组调度算法的总体流程

## 参 考 文 献

- [1] 温钢, 张志华. 中兴通讯 R4、HSDPA 动态资源共享解决方案. 中兴通讯技术(简讯), 2008.03.
- [2] 中国移动河南公司拥塞控制外场测试报告. 2009.11.
- [3] 中国移动集团公司 TD-SCDMA 动态信道配置控制算法(DCCC)性能和策略优化郑州外场测试报告. 2009.12.
- [4] HSDPA 无线资源利用率及扩容标准建议. 中国移动通信有限公司网络部. 2009.06.

- [5] TD-SCDMA HSDPA 交流资料 • PPT. 华为公司, 2006.11.
- [6] TD-SCDMA 无线资源管理 • PPR 大唐公司, 2008.8.
- [7] 数据用户接纳控制策略 • PPT 华为公司, 2009.05
- [8] LCR4.0 RRM 算法培训——PS 速率控制分册 • PPT 鼎桥公司, 2009.03.
- [9] HSDPA 技术专题报告. 中国移动通信集团江苏有限公司, 2009.04.
- [10] Harri Holma and Antti Toskala, HSDPA/HSUPA for UMTS: High Speed Radio Access for Mobile Communications **【M】**. Chichester:Wiley, 2006.1.
- [11] 彭木根. TD-SCDMA 移动通信系统的增强和演进. 中兴通讯技术, 2007.4.

# 第 5 章 TD-HSDPA 无线网络规划

无线网络规划是 TD-HSDPA 网络建设中极其重要的环节,对于网络建设成本与网络建成后运行质量有重要影响。规划设计目标在于指导工程以最低的成本建设符合近期和远期话务需求,满足一定服务等级的移动通信网络。无线网络规划是根据网络建设的整体要求,设计无线网络目标,以及为实现该目标确定基站的位置和配置。具体而言,在有限的带宽内,通过频率复用,规划尽可能大的系统容量,减少干扰,达到所要求的服务质量,在满足容量的前提下,尽量减少系统设备单元,达到降低成本等几方面目标。以上有些目标之间存在相互冲突,在实际规划中需要折中考虑。无线网络规划是无线网络投入运营前的关键步骤,其中覆盖、容量和组网方案是无线网络规划的重要内容。

## 5.1 无线网络规划概述

TD-HSDPA 无线网络规划包括覆盖、容量、质量和成本 4 个方面,需要考虑以下 3 个方面的内容。

① 可持续发展:在网络建设初级阶段,既要考虑现阶段网络建设的容量、覆盖和质量等要求,同时又要考虑网络后期的维护、扩容和升级。

② 区域性:对不同的区域采用不同规划策略,在密集区域考虑以容量为主,其他区域应以覆盖为主。

③ 阶段性:在网络建设初期,考虑大范围的连续覆盖为主,随着用户数量的增加和业务需求的增长,容量和质量将成为网络建设考虑的关键因素。

TD-HSDPA 无线网络规划的流程包括以下 7 个阶段,涉及无线网和核心网规划,各专业应相互配合,统一规划:

- ① 资料准备。
- ② 规划目标确认。
- ③ 用户和业务预测。
- ④ 制定网络发展策略。
- ⑤ 预规划。
- ⑥ 站址选取。
- ⑦ 详细规划——在网络建成开通后,不可避免地会存在一些问题,需要不断调整优化,使网络资源达到最优配置。由于用户增加,无线环境变化等因素,网络优化已无法改

善网络性能，需要进行扩容，增加站或搬站，则进入下一轮无线网络循环规划。

## 5.2 TD-HSDPA无线网络规划流程

TD-HSDPA 无线网络应根据不同区域的重要程度，采用统一规划、分步实施的规划原则和建设方式。网络规划遵从先覆盖后容量、先重点区域后连续区域、网络容量及质量先重点地区后一般地区的原则，分期规划和建设。TD-HSDPA 无线网络规划是一个阶梯式循环往复的过程。对于一个通信网而言，用户数在不断增加，无线环境在不断变化，话务分布和业务种类处在不断变化之中，无线网络规划应该不断发展变化。

在服从无线网络规划的总体原则下，TD-HSDPA 无线网络规划结合自身特征，主要包括 6 个阶段：网络发展规划、网络调研、网络规模估算、预仿真、站址勘查和详细规划。TD-HSDPA 无线网络规划的过程如图 5.1 所示。

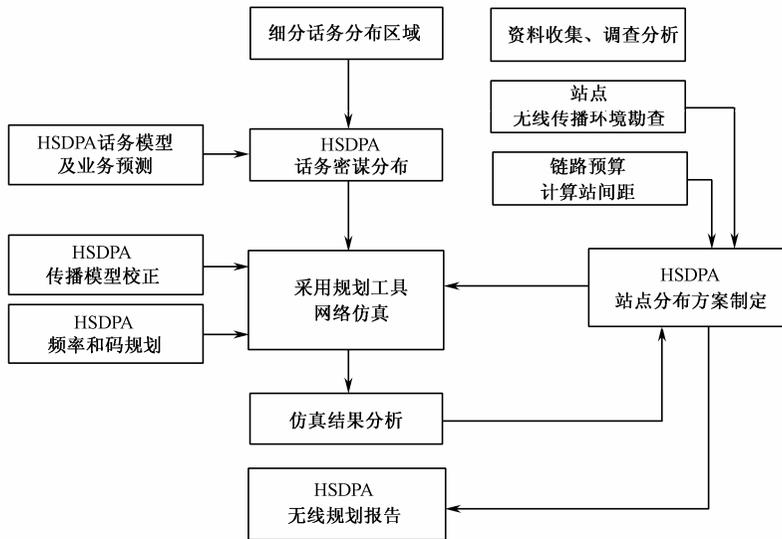


图 5.1 TD-HSDPA 无线网络规划流程

TD-HSDPA 的无线网络规划和优化工作的总体流程：

### (1) 网络规划资料收集与调查分析

为了使规划网络尽可能达到运营商要求，适应当地通信环境和用户发展需求，必须进行网络规划前的调查分析工作，力求调查分析内容详细，充分了解运营商需求，了解当地通信业务发展情况以及地形、地物、地貌和经济发展等信息。

## (2) 勘察、选址和传播模型校正

规划工程师通过勘察和选址工作,了解每个站点周围电波传播环境和用户密度分布情况,得到站点的具体位置。

为了更准确地了解无线网络规划区内电波传播特性,规划工程师可以整理几种具有代表性的地形、地物和地貌特征区域内指定频段的测试数据或现有网络测试数据,输入网络规划软件进行传播模型校正,供规划软件使用。

## (3) 无线覆盖规划

无线覆盖规划的目标是在满足网络容量和服务质量的前提下,以最少的投资对指定的服务区提供所要求的无线覆盖,覆盖规划主要包含以下几个部分:

- 初步确定工程参数,如基站发射功率、天线选型(增益和方向图等)、天线挂高和馈线损耗等。
- 进行上、下行信号功率平衡分析和计算,通过功率平衡计算得出最大允许路径损耗,初步估算出规划区内典型的传播环境中,不同高度基站的覆盖半径。
- 将数字化地图、基站名称、站点位置以及工程参数输入网络规划软件进行覆盖预测分析,并反复调整有关工程参数和站点位置,必要的时候增加或减少基站数量,直至达到运营商提出的无线覆盖要求为止。
- 对于站点的位置及覆盖半径,必须考虑到话务需求量,传播环境及上、下行信号平衡等对基站半径的限制和建站成本等诸多方面的因素。

## (4) 容量规划

根据对规划区内的调研工作,综合收集到的信息,结合运营商的具体要求,在对规划区内用户发展的正确预测基础上,根据运营商确定的服务等级,从而确定整个区域内重要部分的话务分布与站点分布策略、站点数量和投资规模等,充分考虑到当地高层建筑和楼房等传播环境,基本确定站点的分布和数目。

## (5) 频率、扰码规划及干扰分析

频率规划决定了系统最大用户容量和干扰情况。网络规划工程师运用规划软件进行频率和扰码规划及干扰预测分析,反复调整相关工程参数和频率,直至达到要求的干扰指标。

## (6) 无线参数规划

无线资源参数通过操作维护台子系统配置。网络规划工程师根据运营商的具体情况和要求,结合工程经验设置,目的是保证整个网络的运行质量。同时,有些参数需要在网络优化阶段根据网络运行的情况进行适当的调整。

### (7) 采用规划工具进行网络仿真

无线网络规划工作由于技术性强，涉及因素复杂且众多，所以需要借助于专业的规划软件来完成。网络规划软件在整个网络规划中起着至关重要的作用，在很大程度上决定了网络规划与优化的质量。网络规划工程师利用网络规划软件对网络进行系统分析、预测与优化，从而得出最优的站点分布、基站高度、站型配置、频率规划和其他网络参数。

总之，TD-HSDPA 的发展规划决定了网络需要达到的性能指标，主要包括信号覆盖、系统容量和业务质量等指标，也是 TD-HSDPA 无线网络规划的具体要求。为了保证覆盖，需要进行 TD-HSDPA 链路预算，目的是预留足够的余量。另外，为保证容量和网络质量，在规划阶段应该充分考虑对干扰的控制。

## 5.3 TD-HSDPA 网络的部署策略

TD-HSDPA 引入策略包括非连续覆盖、连续覆盖和部分连续覆盖。

### 5.3.1 TD-HSDPA 网络非连续覆盖

非连续覆盖适用于网络建设初期，由于数据业务量大，引入 HSDPA 进行数据业务的话务吸收，在热点地区以有限的资源承载更多的数据业务量。根据业务量大小来决定部分基站是否引入 HSDPA，通过序列号 (License) 控制随时开通或关闭 HSDPA 功能，按需投资。在热点地区引入 HSDPA 应该避免影响 R4 业务的承载覆盖能力。当 HS 和 R4 共时隙时，引入 HSDPA 将消耗较多的功率和码道资源。在网络规划阶段就需要考虑 HS 对 DCH 覆盖和容量的影响，在规划时就要将这些因素考虑进去，避免后期产生覆盖方面的问题。

TD-HSDPA 非连续覆盖策略仅考虑热点地区和部分重点建筑物的室内，如图 5.2 所示。因为 HSDPA 在一片区域内达不到连续覆盖，当用户从 HSDPA 的热点地区移动到无 HSDPA 的小区时，不间断的业务需要从 HSDPA 切换到 DCH 上，过多的切换会消耗系统资源，增加延迟。当从无 HSDPA 功能的小区进入有 HSDPA 功能的小区时，根据负载、信道情况和业务流量，可以将业务的承载由 DCH 切换到 HSDPA 上以提高系统效率，但是不可避免地会在切换时会增加系统的开销和业务时延。由于是不连续覆盖，投资成本较低；不足之处是造成 HSDPA 与 DCH 之间切换，增加系统资源和延迟，另外，对网络规划和网络参数设计要求较高。

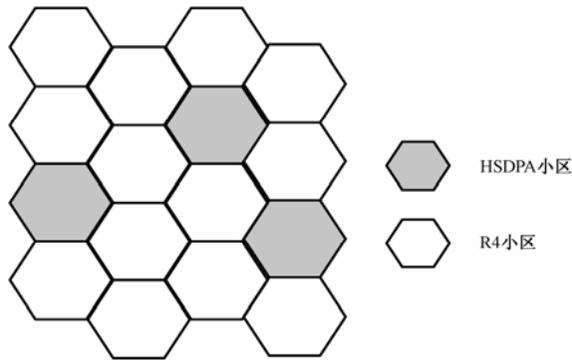


图 5.2 TD-HSDPA 网络非连续覆盖

### 5.3.2 TD-HSDPA网络连续覆盖

在建网初期，一定区域内 HSDPA 一步到位，在密集城区和一般城区实现 HSDPA 的连续覆盖。在热点地区引入第二载频，满足更大容量需求。连续覆盖部署策略的特点是业务连续覆盖，保证用户的感知度，没有增加不必要的时延，但投资成本较大。

对于 TD-HSDPA 连续全覆盖策略，如图 5.3 所示，HS-DSCH 保持与 DPCH 相同的覆盖，HS-DSCH 切换判决可以采用和 DPCH 相同的测量过程。对于数据业务需求较多的区域，可以配置多个 HS-DSCH 信道，对于数据业务少的地区，可以配置较少的 HS-DSCH 信道，连续覆盖的策略不需要判决和触发 HS-DSCH 和 DCH 之间的信道类型切换。

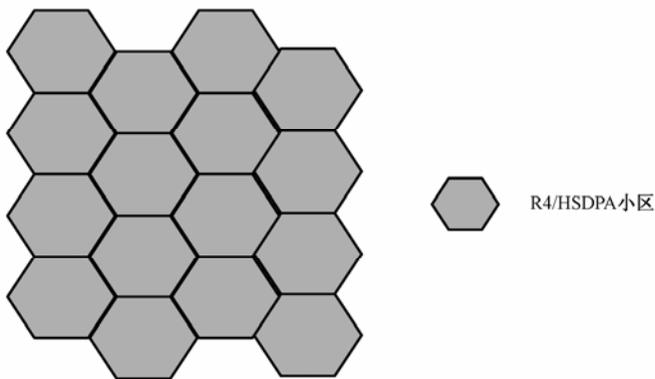


图 5.3 TD-HSDPA 网络连续覆盖

### 5.3.3 TD-HSDPA网络部分连续覆盖

在建网初期，考虑业务量不大和投资的经济性，在热点地区连片引入 TD-HSDPA，实现区域内小范围的 HSDPA 连续全覆盖，可以为重点客户提供更好的服务，如图 5.4 所示。对于连续全覆盖区域以外的个别数据业务热点区域，比如体育场馆等，可以采用非连续全覆盖的方式引入 HSDPA。这样不仅可以提高系统资源需求效率，节省投资成本，而且在重点地区，能够满足大量的数据业务需求，提高用户感受度。HSDPA 网络部分连续覆盖的缺点是需要考虑 HSDPA 区域的边缘和无 HSDPA 功能的小区的切换和干扰问题。

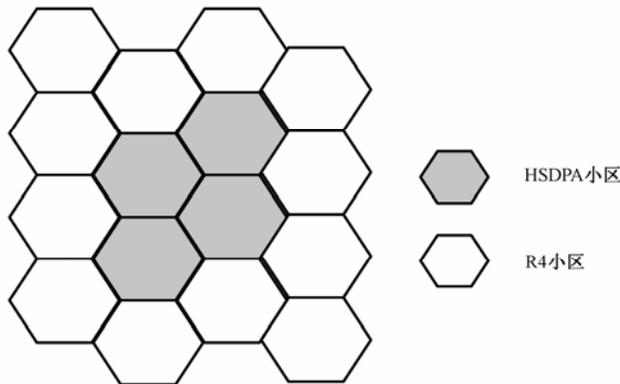


图 5.4 TD-HSDPA 网络部分连续覆盖示意图

### 5.3.4 TD-HSDPA引入策略比较

如表 5.1 所示，TD-HSDPA 引入策略依据网络发展的具体情况而定。在网络发展初期，HSDPA 用户的渗透率较低，较大吞吐量要求的数据业务需求只是集中在密集城区和城区的热点区域。在这个阶段中，TD-HSDPA 的网络部署策略主要针对这些热点区域进行 R4 和 HSDPA 的非连续全覆盖，室内场景建议采用 HSDPA 专用载波独立覆盖。

当网络发展进入稳定期后，由于用户规模扩大，HSDPA 用户的渗透率逐渐上升，高速数据用户需求逐步增加，而且 HSDPA 用户也不局限于热点地区，即使在市郊、城乡结合部或大学城等区域也对小区边缘的数据业务速率有了一定要求。在这个阶段，HSDPA 网络部署策略是实现全部区域内的 R4 与 HSDPA 的连续覆盖，对于热点和室内地区引入更多的载频。

表 5.1 TD-HSDPA 引入策略比较情况

项 目	非连续覆盖	部分连续覆盖	连续覆盖
投资规模	低	中等	高
HSDPA 用户感知度	较差	较好	最好
HSDPA 移动性支持	较差	较好	最好
R4 和 HSDPA 之间的切换	频繁	一般	较少

## 5.4 TD-HSDPA 无线覆盖规划

### 5.4.1 TD-HSDPA 覆盖原理

在 TD-SCDMA 系统中，由于公共控制信道配置在 TS0 时隙，与业务时隙分离，公共信道的覆盖不会因为业务的增长而收缩，不存在明显的呼吸效应，所以 HSDPA 的引入不会造成网络控制信道覆盖的变化。HSDPA 单独占用载波的整个下行时隙，下行不会对 R4 的业务覆盖造成影响。HSDPA 上行增加了新的信道 HS-SICH，当前设置与 R4 载波独立，则不会造成 R4 业务覆盖半径的变化。

HSDPA 与 R4 的链路预算原理不同，R4 业务的覆盖与接收端的灵敏度相关，而 HSDPA 考虑不是接收端的接收灵敏度问题，而是吞吐量问题，吞吐量与接收信号质量（CQI）相关。下面通过链路预算简单比较 HSDPA 与 R4 的覆盖情况。

对于 R4 业务而言，需要计算某种业务的链路损耗，发射端的发射功率和接收端的灵敏度已知，两者之间差值是最大的链路损耗。R4 业务的接收灵敏度与信道环境相关，对应不同环境，业务覆盖半径和面积不同。而 HSDPA 的链路预算原理与 R4 业务完全不同，因为 HSDPA 主要考虑吞吐量问题，其次 HSDPA 的发射功率固定不变，吞吐量与接收信号质量相关，UE 定期通过上行 HS-SICH 信道向 Node B 发送信道质量指示（CQI），Node B 根据 CQI 确定下一帧的传输块组合，即可得到此时的吞吐量。计算 HSDPA 的覆盖距离首先要确定小区边缘下行期望的吞吐量，以此得到 R4 业务边缘的下行 C/I，确定下行数据接收门限。TD-HSDPA 功率、C/I 和吞吐量之间的关系如图 5.5 所示。

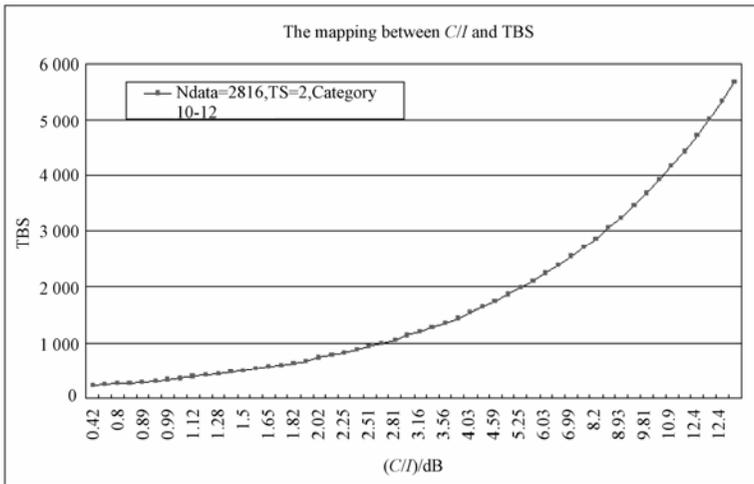


图 5.5 TD-HSDPA 功率、C/I 和吞吐量之间关系图

### 5.4.2 TD-HSDPA覆盖规划流程

在 TD-HSDPA 覆盖规划过程中，主要考虑 HS-PDSCH 的覆盖距离，其次，在链路预算中，还需要考虑与 R4 业务之间的覆盖平衡。

如图 5.6 所示，TD-HSDPA 的覆盖规划流程如下所述。

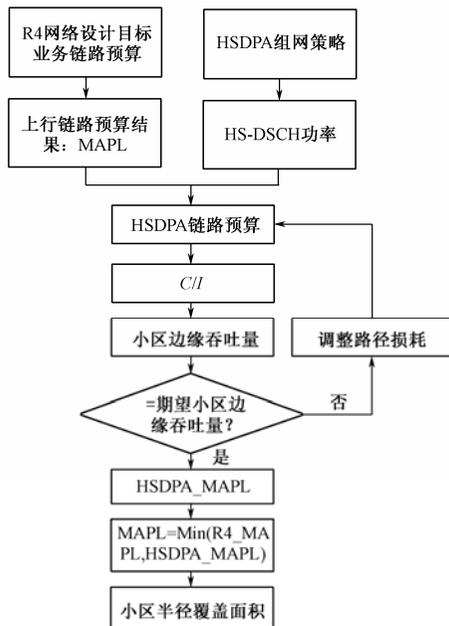


图 5.6 TD-HSDPA 覆盖规划流程

① 根据 R4 连续覆盖业务要求，进行 R4 上行链路预算，获得 R4 设计目标业务的上行最大路径损耗。

② 在 TD-SCDMA 中，由于一般情况下 R4 业务上行受限，上行的最大路径损耗就是下行能够允许的最大损耗。

③ 根据得到的最大路径损耗，通过 HSDPA 链路预算工具，得到 R4 业务下行边缘的  $C/I$ 。

④ 根据得到的小区边缘  $C/I$  与 CQI 的映射关系表，计算此时 HSDPA 小区边缘吞吐量，并将计算结果与期望的吞吐量比较。如果满足要求，则进行下一步；否则需要减小输入的路径损耗值，重新计算  $C/I$  和吞吐量，直到满足期望的小区边缘吞吐量为止。

### 5.4.3 TD-HSDPA覆盖分析

#### (1) HS-PDSCH链路预算表

以系统上、下行时隙 3:3 配置、1.4 Mbps 等级的终端为例，表 5.2 给出了在不同信道环境下，HSDPA 典型边缘覆盖速率的链路预算结果。

表 5.2 HS-DSCH 链路预算表（以大唐公司设备为例）

业务速率 / kbps	164 (HSDPA)	124 (HSDPA)	162 (HSDPA)	122 (HSDPA)	163 (HSDPA)	123 (HSDPA)
链路信道环境	TU3	TU50	TU3	TU50	TU3	TU50
单天线最大发射功率 / dBm	25	25	25	25	25	25
发射天线数	6	6	6	6	6	6
多天线最大发射功率 / dBm	33	33	33	33	33	33
发射天线增益 / dBi	15	15	15	15	15	15
人体损耗	0	0	0	0	0	0
发射馈线损耗 / dB	1	1	1	1	1	1
发射天线赋形或分集增益 / dB	7	7	7	7	7	7
等效全向发射功率 / dBm	54	54	54	54	54	54
接收天线增益 / dBi	0	0	0	0	0	0
接收天线馈线损耗 / dB	0	0	0	0	0	0
接收天线赋形增益 / dB	0	0	0	0	0	0
接收机天线总增益 / dB	0	0	0	0	0	0
热噪声密度 / dBm / Hz	-174	-174	-174	-174	-174	-174
噪声指数	7	7	7	7	7	7
目标 CIR	2.85	2.85	2.78	2.78	2.81	2.81
$E_c/I_{\text{inter}}/\text{dB}$	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55	3.55
目标 $(E_c/N_f)/\text{dB}$	11.09	11.09	10.70	10.70	10.89	10.89

续表

业务速率 / kbps	164 (HSDPA)	124 (HSDPA)	162 (HSDPA)	122 (HSDPA)	163 (HSDPA)	123 (HSDPA)
接收机灵敏度	-94.84	-94.84	-95.23	-95.23	-95.04	-95.04
最大允许传播损耗 / dB	148.84	148.84	149.23	149.23	149.04	149.04
阴影衰落方差 / dB	8	8	10	10	8	8
衰落储备 / dB	5.40 <sup>②</sup>	5.40	6.74	6.74	5.40	5.40
穿透损耗	15	15	18	18	10	10
天线高度 / m	40	40	35	35	40	40
室内最大容许路径损耗 / dB	128.44	128.44	124.49	124.49	133.64	133.64
场景模型	普通市区	普通市区	密集市区	密集市区	郊区	郊区
半径 / km	0.56	0.56	0.35	0.35	1.65	1.65

注：考虑天线波束赋形增益通常为 7 dB，考虑 90% 的小区覆盖概率，均采用 hata 模型，用户终端天线高度 1.5 m，载波频率 2 010 MHz。

从 HS-PDSCH 链路预算表可以看出，HSDPA 的覆盖可以根据规划速率的要求达到，通过链路级仿真获得相应的  $C/I$ ，最终通过仿真获得接收机灵敏度要求，以求得最大链路损耗。最终结合校正后的传播模型，计算出相应的传输距离。

### (2) R4 (CS64K) 连续覆盖下 HSDPA 边缘速率

通常，R4 系统以保证 CS 64 kbps 的连续覆盖为目标。

当在 R4 系统上升级引入 HSDPA 后，上、下行时隙配比 3 : 3，在 TU3 和 TU50 信道环境中，能够达到的边缘覆盖速率可以根据链路预算的结果进行反推，如表 5.3 所示。

表 5.3 CS64 连续覆盖下的 HSDPA 边缘速率

传播环境	普通市区	密集市区	郊区
CS64K 最大允许传播损耗 / dB	148.84	149.23	149.04
HSDPA 等效全向发射功率 / dBm	54	54	54
HSDPA 接收电平 / dBm	-94.84	-95.23	-95.04
$(E_c/I_{inter})/dB$	3.55	3.55	3.55
$(E_c/N_f)/dB$	11.09	10.70	10.89
边缘用户 CIR/dB	2.85	2.78	2.81
边缘速率 / kbps (TU3)	164	162	163
边缘速率 / kbps (TU50)	124	122	123

### (3) HS-SICH和HS-SCCH 覆盖分析

在分析 HSDPA 的覆盖时，除了关注 HSDPA 共享信道能够达到的边缘速率外，还应该考虑对应的公共控制信道的覆盖半径。在 TD-HSDPA 的控制信道中，HS-SICH 用于反

馈相关的上行信息，主要包括 ACK/NACK 和信道质量指示 (CQI)。HS-SCCH 信道上的控制信息主要包括 UE-ID, TFRI 和 HARQ 等相关信息。如果 HS-SICH 信道的覆盖不能得到保证，则边缘用户反馈的 ACK/NACK 和 RTBS 信息将不能被正确解调，从而严重影响边缘用户的速率和系统的性能。如果 HS-SCCH 信道的覆盖不能得到保证，边缘用户得不到正确的调度信息，也不能保证边缘覆盖的速率。为了对 HSDPA 共享信道的速率不造成太大的影响，通常要求：

- ACK/NACK 错误概率低于 1%；
- RTBS 错误概率低于 1%；
- HS-SCCH 信道错误概率低于 1%。

根据 HS-SICH 和 HS-SCCH 信道在 TU3 和 TU50 下的链路仿真结果，以及上述相关性指标，可以得到 HS-SICH 和 HS-SCCH 信道的目标信噪比值，如表 5.4 所示。

表 5.4 HS-SICH 和 HS-SCCH 信道目标信噪比

信道环境	HS-SICH	HS-SCCH
TU3	-4.0	0.8
TU50	-4.3	0.6

根据上面列出的 HS-SICH 和 HS-SCCH 信道的目标信噪比，可以得到 HS-SICH 和 HS-SCCH 信道在普通市区的链路预算表，如表 5.5 所示。

表 5.5 HS-SICH 和 HS-SCCH 公共控制信道链路预算表

信道	HS-SICH		HS-SCCH	
	上行		下行	
链路信道模型	TU3	TU50	TU3	TU50
单天线每用户最大发射功率 / dBm	24	24	22	22
发射天线数	1	1	6	6
多天线最大发射功率 / dBm	24	24	30	30
发射天线增益 / dBi	0	0	15	15
人体损耗	0	0	0	0
发射馈线损耗 / dB	0	0	-1	-1
发射天线赋形或分集增益 / dB	0	0	7	7
等效全向发射功率 / dBm	24	24	51	51
接收天线增益 / dBi	15	15	0	0
接收天线馈线损耗 / dB	-1	-1	0	0
接收天线赋形增益 / dB	7.8	7.8	0	0
接收机天线总增益 / dB	21.8	21.8	0	0
热噪声密度	-174	-174	-174	-174

信 道	HS-SICH		HS-SCCH	
噪声指数	4	4	7	7
背景噪声 / dBm	-108.93	-108.93	-105.93	-105.93
目标 CIR / dB	-4.0	-4.3	0.8	0.6
接收机灵敏度	-112.93	-113.23	-105.13	-105.33
干扰储备 / dB	2	2	3	3
接力切换增益 / dB	2	2	2	2
最大允许传播损耗 / dB	158.73	159.03	155.13	155.33
阴影衰落方差 / dB	8	8	8	8
衰落储备 / dB	5.40	5.40	5.40	5.40
穿透损耗 / dB	15	15	15	15
基站天线高度 / m	40	40	40	40
室内最大容许路径损耗 / dB	138.73	139.03	135.13	135.33
场景模型	一般市区			
覆盖半径 / km	1.09	1.11	0.86	0.87

由表 5.5 中内容分析可知，公共控制信道的覆盖半径大于 R4 CS 64 kbps 的覆盖半径，HSDPA 控制信道能满足 R4 和 HSDPA 混合组网要求。

## 5.5 TD-HSDPA 容量规划

### 5.5.1 TD-HSDPA 理论容量分析

在 TD-HSDPA 单个下行时隙中，16 个 SF=16 码道理论容量约为 560 kbps，各载波的容量可以相加。影响 TD-HSDPA 理论容量的因素主要包括实际容量与环境、UE 数量、同时调度的 UE 数量、调度算法类型和业务类型等。

- 选择信道质量最好的用户调度，将获得额外的增益（20%~40%）；
- 同时调度的用户数过多，资源利用率下降；
- 不同的调度算法，控制目标不同，吞吐量也不同；
- 在计算 HS-PDSCH 传输效率时，必须考虑到 HS-SCCH/HS-SICH / 伴随 A-DPCH 所占的资源开销。

### 5.5.2 TD-HSDPA 容量规划流程

TD-HSDPA 容量规划流程包括容量估算输入和输出。

## (1) HSDPA容量估算的输入

- R4 估算信息;
- HSDPA 小区吞吐率要求;
- HSDPA 可分配的小区功率、时隙和码道资源;
- HSDPA 容量估算的场景;
- HSDPA UE 终端配置。

## (2) HSDPA容量估算的输出

- 小区边缘 HSDPA 平均吞吐率;
- 小区 HSDPA 用户的平均吞吐率。

## (3) HS-PDSCH的容量估算过程

如图 5.7 所示, HS-PDSCH 的容量估算过程如下所述。

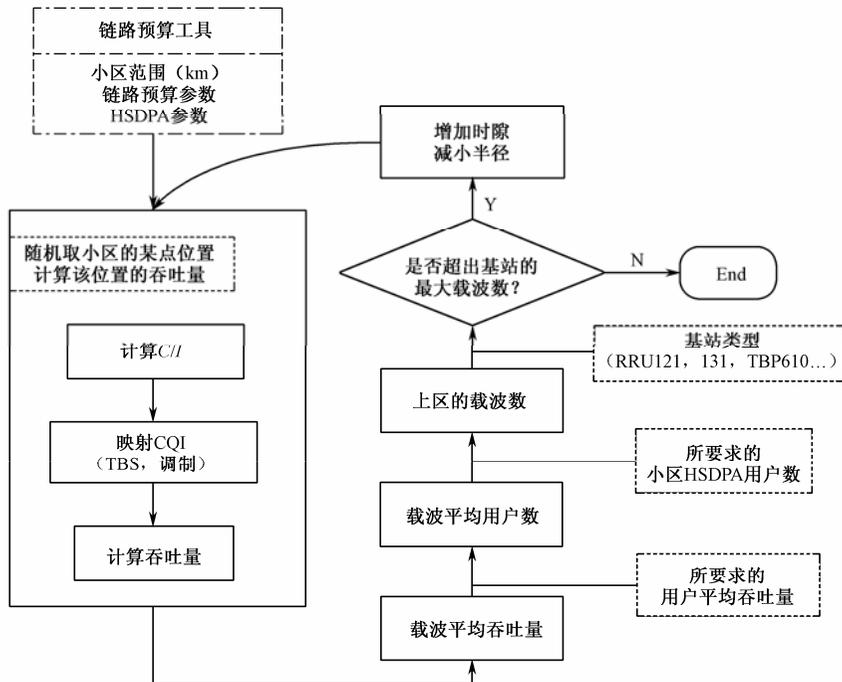


图 5.7 HS-PDSCH 容量估算过程

- 已知该区域的小区覆盖半径、区域内的 HSDPA 用户数要求 (UEs/km<sup>2</sup>) 以及用户平均数据速率要求 (kbps);

- 设定 HS-PDSCH 单独占用的时隙数；
- 在估算 HS-PDSCH 单独占用某时隙数时，满足用户平均速率要求的单载波平均 HSDPA 吞吐量和用户数；
- 计算一个小区内 HSDPA 载波数，如果载波数超过基站能力，则需增加 HS-PDSCH 时隙数，重新计算该时隙下的小区 HSDPA 载波数。

其中，估算单载波的 HSDPA 平均吞吐量的过程如下所述。

- 基于 HSDPA 链路预算的算法计算用户的吞吐量；
- HS-PDSCH 独占一个时隙的所有码资源；
- 调度算法为 RR，并且一个 TTI 内只有一个用户被调度到；
- 多次计算，取平均吞吐量；
- 由于多用户调度具有多用户分集增益，在平均吞吐量的基础上乘以多用户增益，得到单载波的 HSDPA 平均吞吐量。

由于 TD-HSDPA 容量规划流程比较复杂，具体计算过程需要通过软件工具完成，计算流程如图 5.8 所示。

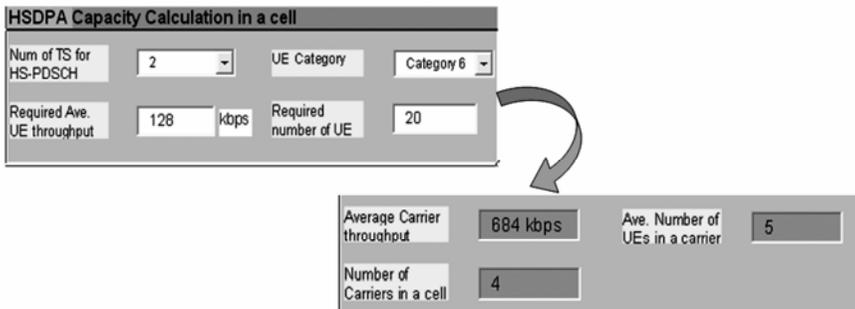


图 5.8 TD-HSDPA 容量计算过程

### 5.5.3 TD-HSDPA容量分析

TD-HSDPA 容量与覆盖、调度算法、小区半径和应用场景关系密切。

#### (1) TD-HSDPA容量与覆盖场景的关系

由图 5.9 可知，HSDPA 覆盖能力由极限速率和边缘速率来衡量，随着用户载干比的逐渐降低，网络为用户分配的传输数据格式降级，用户速率也随之降低。在信道条件良好的情况下，用户占用全部码资源，TD-HSDPA 单时隙极限速率为 560 kbps，单载波极限速率为 1.12 Mbps（3：3 时隙配置）或 1.68 Mbps（2：4 时隙配置）。

#### (2) 小区吞吐量与调度方式和小区半径的关系

分室外和室内两种场景两种情况分析如下。

情况一：室外环境

仿真结果如图 5.10 所示。在密集城区环境中，当基站间距在 1.2 km 左右情况下，用户速率约为 200 kbps / 时隙，单载波极限速率 400~600 kbps。

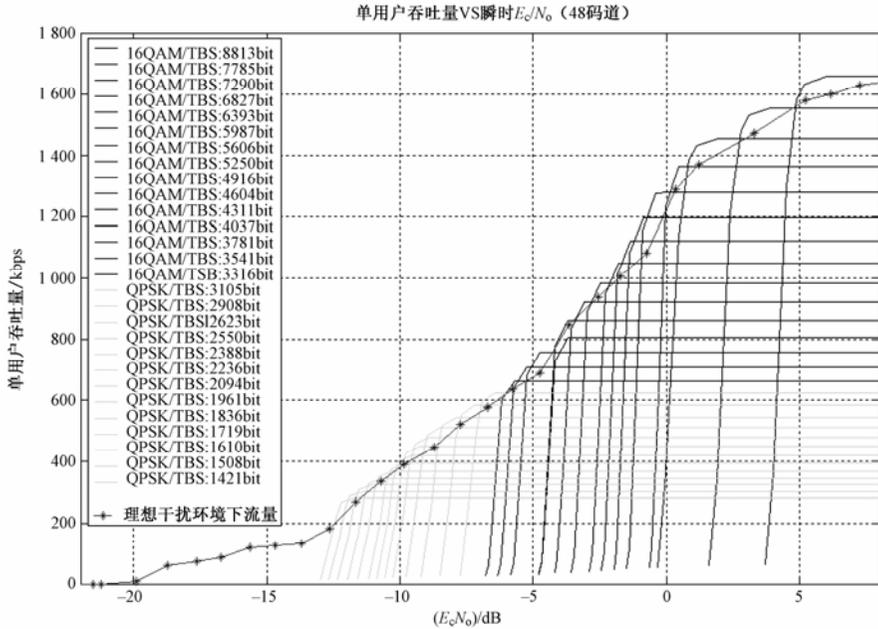


图 5.9 单用户吞吐量与覆盖场景的关系

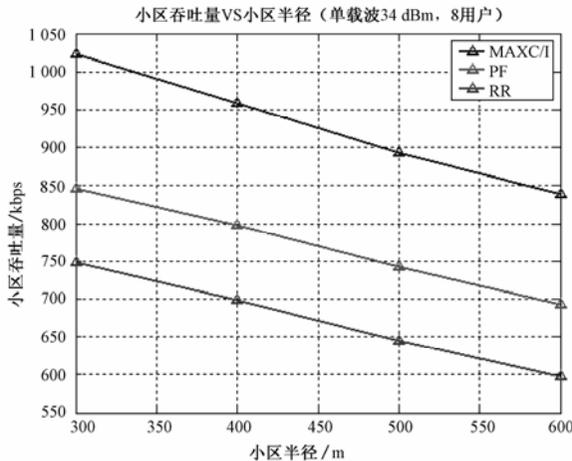


图 5.10 在室外情况下，各种调度方式小区吞吐量和小区半径的关系

情况二：室内环境

由于 TD-SCDMA 系统在室内无法使用智能天线，不能获得赋形增益，对链路预算会

有所影响，但考虑到室内环境的小区隔离度较室外环境更为良好，因此室内小区的 HSDPA 平均吞吐量应高于室外小区系统。图 5.11 仿真结果表明，在单 RRU 通道覆盖 3 个楼层，在每个楼层安装 3 个吸顶天线的环境下，单时隙速率为 300~400 kbps，单载波速率为 900 kbps~1.1 Mbps。

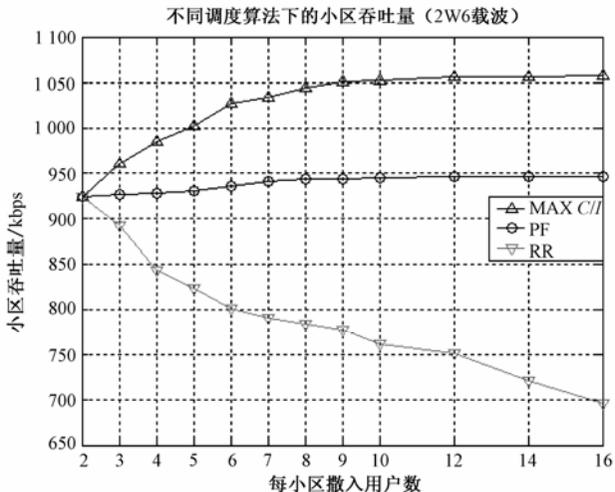


图 5.11 在室内情况下，各种调度方式小区吞吐量和小区用户数的关系

### (3) 小区吞吐量与不同环境的关系

不同环境下 TD-HSDPA 吞吐量仿真结果如图 5.12 所示。

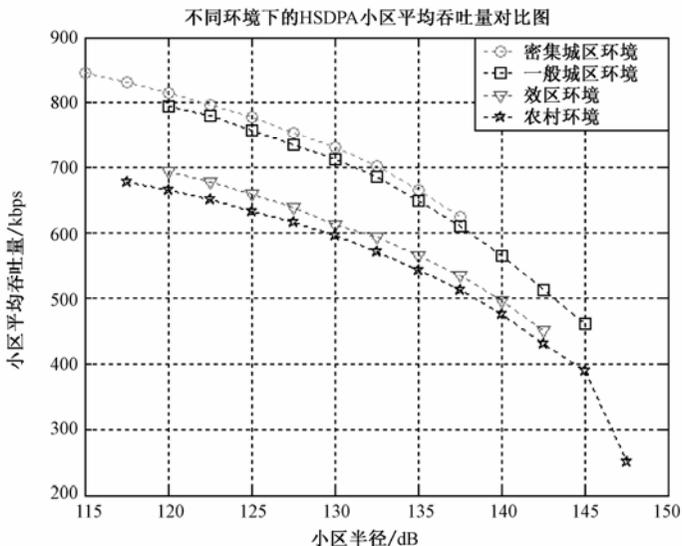


图 5.12 不同环境下 HSDPA 小区吞吐量

TD-HSDPA 小区中心和边缘吞吐量仿真数据如下表 5.6 所示，由表中数据分析可知，在 80% 以上的区域范围内，单用户可以达到 500 kbps 以上的业务速率。

表 5.6 小区中心和边缘吞吐量仿真数据表

用 户		中心用户吞吐量 / kbps	边缘用户吞吐量 / kbps
单用户		997.97	541.34
8 用 户	MAXCI	1222.21	731.35
	PF	1103.23	659.15
	RR	957.45	558.57

## 5.6 TD-HSDPA组网策略

### 5.6.1 TD-HSDPA组网策略简介

由于采用了多种先进的关键技术，TD-HSDPA 可以依据各种应用场景的特点和业务需求灵活组网。TD-HSDPA 组网方式可分为如下两种。

- HSDPA 与 R4 混合组网；
- HSDPA 单独组网。

#### (1) HSDPA与R4 混合组网

HSDPA 和 R4 混合组网方式，即 HSDPA 与 TD-SCDMA 同小区共享频率、载波和功率等资源，通过系统算法实现不同业务间的调度。

混合组网方式的优势：

- 对于现实的混合业务需求，可以使设备资源利用率达到最佳；
- 业务选择灵活，不必通过小区选择 / 重选来发起不同的业务；
- 在现有网络基础上升级实现 HSDPA，覆盖与 TD-SCDMA 网络基本一致，链路预算的结果表明，HSDPA 覆盖距离与 CS64 覆盖距离相当；
- 从 TD-SCDMA 到 HSDPA 仅需要软件升级，投资少，实现迅速。

混合组网方式的缺点：

- 引入载波，时隙资源配置复杂；
- 需要配置合适的功率资源。

#### (2) TD-HSDPA单独组网

与 R4 使用不同的小区分层组网，HSDPA 单独组网，即 TD-SCDMA R4 网络主要承载 CS 语音和低速数据业务，HSDPA 提供高速宽带数据业务，通过切换重选实现两个网络的

互补。TD-HSDPA 单独组网的优势和弊端如下：

- 重新建网，投资高；
- 资源互相独立，易于管理控制和优化；
- 业务分层提供，互不干扰；
- 无线网络规划互相独立；
- 由于是分层网络，网络管理、维护和优化复杂；
- 初期较低需求的数据业务会导致资源浪费，利用率低；
- 对于 CS 和 HSDPA 的并发业务，需要 UE 能够同时在两层网驻留，系统和终端的硬件和算法实现难度加大。

### (3) HSDPA 的组网策略建议

综合分析 TD-HSDPA 混合组网与单独组网的优劣，在建网初期，推荐采用 HSDPA 与 R4 混合组网方式。混合组网的载波配置方案如下：

① HSDPA 载波与 R4 载波独立设置——HSDPA 载波仅提供 HSDPA 服务，R4 载波所有资源都为 DCH 资源，只能提供 R4 标准中的服务。

② 混合载波——在该载波中既能提供 HSDPA 服务又可以提供 R4 服务，可能的配置方式有：

- HS-PDSCH 和 DCH 处于同一时隙，分配方式需要考虑功率分配和码资源规划，带来不必要的复杂度，故不建议采用；
- HS-DPSCH 和 DCH 分配在不同时隙，建议采用。

对比上述两种混合组网方式的载波配置方案，考虑到 HSDPA 业务带来的小区间干扰对 R4 语音业务产生的影响，在 TD-SCDMA 建网初期，对于 3 载波的室外基站，推荐采用 HSDPA 载波与 R4 载波的独立设置方式。具体载波配置如表 5.7 所示。

表 5.7 HSDPA 载波与 R4 载波独立设置

载波一	主载波	R4 载波，提供公共信道，语音等 R4 服务
载波二	辅载波	R4 载波，提供语音等 R4 服务
载波三	辅载波	HSDPA 载波，提供高速数据服务

由此可知，HSDPA 载波可以提供 3 个下行时隙，即最大 1.6 Mbps 的数据吞吐量。由于 HSDPA 单独占用载波，对于 R4 业务的容量影响最小。

## 5.6.2 基于 N 频点的频率规划方案

中国政府为了支持 TD-SCDMA 发展，配合运营商的建网和运营策略，划分了 155 MHz 宝贵的频谱资源以承载 TD-SCDMA 组网。其中，2010~2025 MHz (A 频段) 为第一阶段

频段，这段频谱与其他系统的工作频段隔离较大，干扰很小，目前系统厂商均基于此频段进行设备研发；1880~1920 MHz（F 频段）作为第二阶段频段，为后续 TD-SCDMA 大规模灵活组网提供了有力保障，目前主流的系统厂商均表示设备将支持此频段；2300~2400 MHz（E 频段）100 MHz 带宽作为补充频带，可保障 TD-SCDMA 系统的持续长期演进发展。

从技术角度和市场角度综合分析，A 频段可以支持 9 个频点，暂时满足目前 TD-SCDMA 网络大规模组网的需求。按照目前 TD-SCDMA 商用网配置的实际情况，以下分析均基于 A 频段的配置方式展开。

基于  $N$  频点的技术特点，配合当前中国通信市场的格局以及运营企业潜在的组网需求。15 MHz 带宽可以支持 9 个频点，考虑到室内覆盖的特殊性和频点资源较充裕，可预留 2 个频点给室内以满足较高的容量需求，其余 7 个频点用于室外应用。基于  $N$  频点技术的频率规划方案，可有效地保障 TD-SCDMA 无线网络快速、稳定地建设，并享受较高的频谱利用率。15 MHz 频段的频率分配方案如下所述。

### （1）多载波同频异频联合组网

要求主载波异频配置，辅载波同频配置。基于主载波与辅载波频点相异的原则，将剩余的 7 个频点分成两组。一组用于主载波，一组用于辅载波。为了尽可能地减少主载波上的干扰，原则上考虑将尽量多的异频频点分配给主载波。建议主载波组包括 4 个频点，其余 3 个频点包含在辅载波组，可构建 S4/4/4 的蜂窝型网络。主载波复用方式如图 5.13 所示，小区频率分配情况如图 5.14 所示。

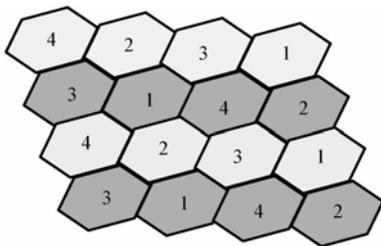


图 5.13 15 MHz 多载波同频异频联合组网的主载波复用方式

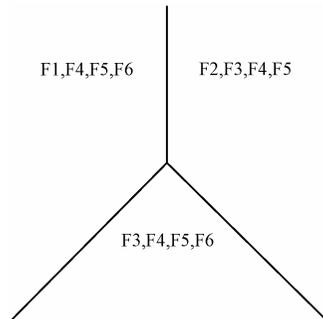


图 5.14 15 MHz 多载波同频异频联合组网的小区频率分配

由于主载波频点不同，所以工作在主载波的公共控制信道（例如，PCCPCH，SCCPCH 和 FPACH）受到的干扰较小，具有较好的接收质量和覆盖能力。辅载波与主载波工作在不同频点，将主、辅载波间的干扰降到最低。另外，辅载波上只承载业务信道，同频配置引入的干扰会对网络容量带来一定影响，但是综合同频带来的高频谱利用率，依然可以实

现较高的容量。

与全系统同频组网比较，小区内部没有实现完全的频率重用，频谱利用率居中。多载波同频异频联合组网方案实现了以  $N$  频点为目标结构的频率组网，可作为小区性能、覆盖和频谱利用率折中后的一种方案。

### (2) 多载波同频组网方案

与多载波同频异频联合组网类似，多载波同频组网方案预留 2 个频段作为室内应用，其余 7 个频点可以全网复用，即所有 7 个频点能在各个小区使用，不同小区的辅载波频率和主载波频率可以相同。主载波的复用原则类似于 GSM 网络中的频率规划，尽可能扩大复用距离以减少干扰。最大可实现主载波频率复用因子  $F=7$ 。其主载波复用方式如图 5.15 所示，小区频率分配如图 5.16 所示。

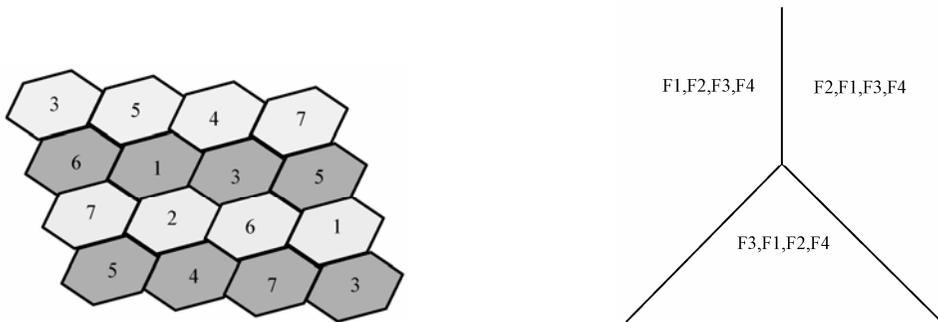


图 5.15 15 MHz 多载波同频组网的主载波复用方式 图 5.16 15 MHz 多载波同频组网的小区频率分配

在多载波同频组网方案中，主载波频点设置相异。利用异频的良好特性，有效地削弱了各小区间主载波的干扰。 $N$  频点的设计思想将辅载波对主载波  $TS_0$  上公共控制信道的干扰降到最低，保证了公共控制信道具有较高的接收质量和覆盖能力。对于辅载波的频点配置，考虑的基本原则是尽量减少辅载波对邻小区的主载波业务信道的干扰。在建网初期，由于容量需求不大，辅载波可以配置较少数量。网络建设以  $S_{111}$  或  $S_{222}$  为主，共有 7 个频点资源可选择承载。通过频率规划，使辅载波的频点与其他小区主载波频点复用距离尽可能远。

当网络逐渐步入成熟期，市场容量需求旺盛，同时运营企业也非常关注频谱利用效率。由于 TD-SCDMA 系统呼吸效应不明显，故推荐使用直接增加载波的方式实现扩容，解决网络的容量压力。注意：此时各相邻小区的主载波频点配置不变，而且在辅载波上， $TS_0$  通常不承载业务，两方面共同确保主载波  $TS_0$  时隙上的广播信道遭受的干扰不增加。对覆盖影响很小，保持不同时期网络规划的一致性。

由于不同小区的辅载波频率和主载波频率可以相同，实现了全网同频，极大地提高了频率复用。15 MHz 带宽最大可支持  $S_{777}$  的网络配置。

### (3) 两种方案比较

上述两种方案各有其特点,基本共同点是主载波均异频配置。运营企业可灵活地选择组网模式,结合实际市场需求进行网络配置。

在网络建设初期阶段,重点关注网络覆盖和快速组网能力,总体话务量需求较小,频率资源相对丰富,考虑采用以  $N$  频点为目标结构的多载波组网模式。此时,辅载波的个数可调。在大部分地区容量需求不高,辅载波可配置为零;在市区或者局部热点地区,辅载波数量根据实际需求配置。

随着网络发展,用户话务量持续增加,需要系统利用多载波提供更丰富的网络容量。保留主载波不变,只需要增加辅载波个数(如增加  $N$  个),设备增加相应的硬件,在保证前期规划稳定的基础上,即可使现网络容量提升  $N$  倍。

## 5.6.3 时隙配比规划

TD-SCDMA 系统的一大特点就是时隙转换点可以灵活配置,非对称时隙配置能够适应不同业务上、下行流量的不对称性,提高频谱利用率。但在网络中基站采用不同的时隙转换点会带来交叉时隙的干扰,因此,在网络规划时,需要利用地理环境隔离、异频或关闭中间一层的干扰时隙等方式避免交叉时隙干扰。理论上,时隙转换点配比应当同容量估算中对上、下行资源需求结果协调起来,力求均衡。建议现阶段工程时隙比例配置方案为 3:3 或 2:4,后期可根据具体的业务发展情况进行调整。

在制定 TD-HSDPA 组网方案的过程中,针对 TD-SCDMA 的特点,首先需要平衡 TD-SCDMA 传统承载业务(主要指 CS 业务)和 HSDPA 高速数据业务对无线资源的使用,然后合理分配相应的无线资源。在 TD-SCDMA 建网初期,大多数情况下采用 HSDPA 与 R4 共小区异载频的组网方案,预测 CS 业务和 HSDPA 业务量比例约为 70% 和 30%,在无线资源的分配上也大致按此比例。根据网络发展阶段容量预测,TD-SCDMA 小区采用 3 载波可以满足城区的容量需求(CS 语音和 PS 数据业务)。根据上述无线资源的分配比例,结合 TD-SCDMA 载波特点,考虑如下几种无线时隙资源的分配方案。

### (1) 上、下行对称的承载方式

如图 5.17 所示,在每个载波上采用 3:3 上、下行业务时隙对称分配。载波 1 和 2 承载 CS 业务,载波 3 单独承载 HSDPA 业务。这种方案的优点在于可以保证有足够的 CS 业务承载能力,同时又能达到一定的 HSDPA 数据吞吐量,比较符合业务量的比例关系。缺点则是载波 3 的上、行资源有所浪费,且不支持 CS 业务和 HSDPA 业务并发,原因在于目前终端不支持多载波。

(2) 上、下行非对称的承载方式

如图 5.18 所示，在每个载波上采用 1：5 或 2：4 的上、下行业务时隙分配。如果采用 1：5 的时隙分配比例，则 CS 业务承载能力明显不足，不符合业务量的需求。如果采用 2：4 的时隙分配比例，载波 1 和载波 2 承载 CS 业务（两对上、下行时隙，其中少量上行资源分配给 PS 上行使用）和低速的 R4 PS 业务或 HSDPA 业务，载波 3 承载 CS 业务（1 对上、下行时隙）和 HSDPA 业务，在 CS 业务承载能力上，这种方式比采用 3：3 比例的方式下降了 25%，但在数据业务承载能力上则增加 60% 以上。根据图 5.17 和图 5.18 分析对比可知，在满足业务量需求方面，上、下行非对称的承载方式对 CS 业务承载能力稍有不足，而数据业务承载能力却明显增强。在无线资源利用方面，上、下行非对称的承载方式可充分利用无线资源，可以支持 CS 和 HSDPA 业务并发。

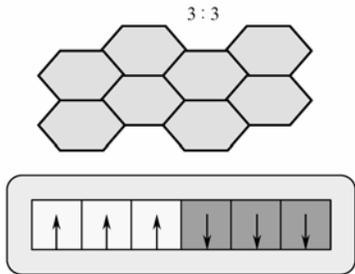


图 5.17 上、下行对称的承载方式

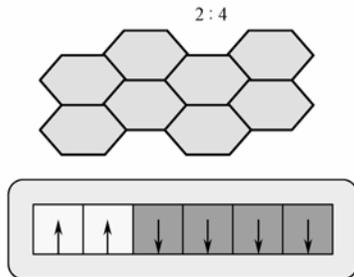


图 5.18 上、下行非对称的承载方式

(3) 时隙配比平衡策略

TD-HSDPA 中时隙配比规划需要考虑多方面因素，如网络发展阶段、数据业务与语音业务比例以及 HSDPA 用户数等。在网络发展初期，语音类业务比重较大，采用 3：3 时隙配比。在网络成熟期，则侧重于数据业务，采用 2：4 时隙配比，用于提高数据业务承载能力，两种时隙配比承载能力对比如表 5.8 所示。

表 5.8 时隙配比方案承载能力对比

时隙配比（3 载波）	语音路数	HS 最大同时在线用户数	HS 吞吐量
2：4 时隙配比	23	36	5.04
3：3 时隙配比	48	34	3.36

时隙配比平衡策略除了考虑业务发展阶段以及不同 QoS 的业务需求之外，还需要考虑不同的覆盖场景业务特点，如热点地区、密集城区、普通城区及高铁和隧道等。图 5.19 显示了时隙配置比策略随着业务发展而变化的情况。

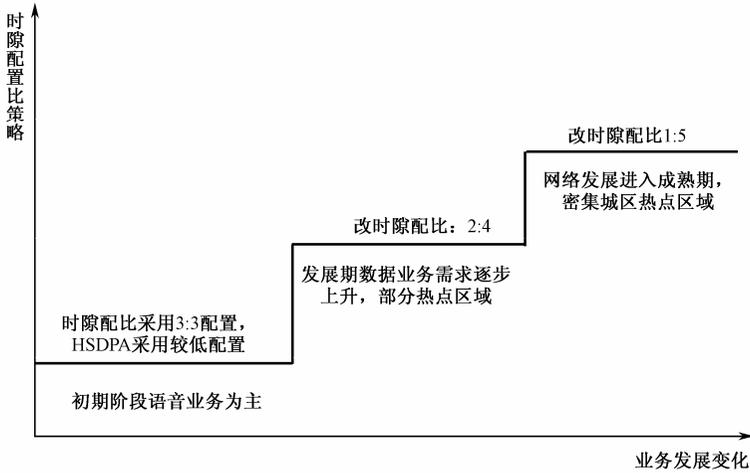


图 5.19 时隙配置比策略随着业务发展而变化

### 5.6.4 码道配置规划

在 TD-SCDMA 系统中，主要采用码分多址和时分多址。在用户码资源分配中，所谓码分（CDM）就是一个用户占用时隙中 1 个或多个码道开展业务。所谓时分（TDM）就是用户独占一个或多个时隙全部码字发起业务。码分时分混合分配（CDM+TDM）就是在时隙内进行码分，用户同时占用多个时隙相同的码字。码资源分配情况见图 5.20。

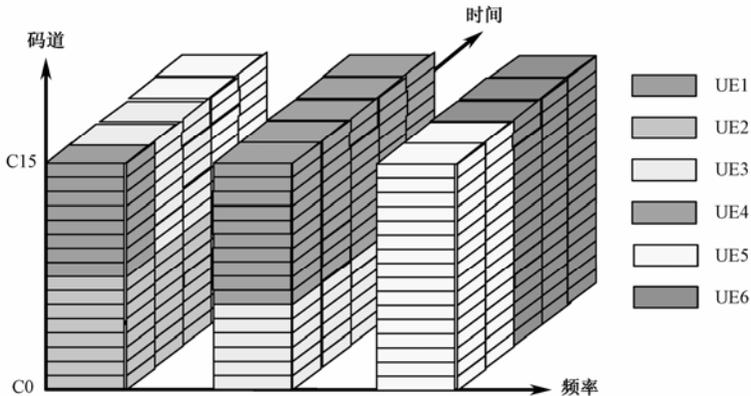


图 5.20 码资源分配情况

#### (1) TD-HSDPA 码资源分配策略

TD-HSDPA 码资源分配策略可分为静态配置和动态分配策略。

### ① 码资源静态配置:

RNC 根据业务需求统一分配, 预留部分码道资源划给 R4, 根据通信过程中 R4 码道使用情况, 重新配置 R4 与 HSDPA 的码道资源。

### ② 快速动态码资源分配:

Node B 根据 R4 码道的使用情况, 使 HS-PDSCH 独占整个时隙的码资源, 避免 HSDPA 和 R4 的相互干扰, 不需要考虑 HSDPA 和 R4 的码资源和功率资源的分配, 便于规划和优化。

## (2) HS-DSCH 码道配置

HSDPA 高速业务承载主要在高速下行共享信道 (HS-DSCH) 实现传输。作为 HSDPA 的专用信道, 不同 UE 可以通过时分或码分复用的方式实现共享, 提高资源利用率。HS-DSCH 映射到一个或多个 HS-PDSCH 上, UE 可以进行多码传输, 这取决于 UE 的处理能力。目前, UE 仅支持单载波, 高层协议只分配一个载波的 HS-DSCH 资源。

在现网部署过程中, HS-DSCH 的码道配置与时隙配比、HSDPA 容量要求及载波数等相关。当时隙配比采用 3:3 时, 单个 HSDPA 载频配置 2 个 HSDPA 时隙; 当时隙配比采用 2:4 时, 单个 HSDPA 载频配置 3 个 HSDPA 时隙。

## (3) HS-SCCH 和 HS-SICH 码道配置

HS-SCCH 和 HS-SICH 信道数目决定了一个时隙能够同时调度的用户数目。TD-SCDMA 系统通常采用时分和码分调度两种方式。基于 HSDPA 高速数据业务应用的特性, 一般而言, 单个载波配置 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 信道数目足够。考虑到调度间隔和性能优化, 可以最多配置 4 对 HS-SCCH/HS-SICH。

## (4) 伴随 DPCH 码道配置

伴随 DPCH 包括下行伴随 DPCH 和上行伴随 DPCH 两种。

### ① 下行伴随 DPCH:

由于 HSDPA 中下行 DPCH 信道主要用于传输下行信令, 带宽要求比较低, 下行 DPCH 信道配置比较简单, 与用户申请的 HSDPA 峰值速率关系不大。典型的下行 DPCH 信道配置为  $2 \times SF=16$  的信道资源, 传输 13.6 kbps 的下行信令。

### ② 上行伴随 DPCH:

上行伴随 DPCH 信道主要用于传输上行业务和上行信令以及对下行 RLC 层 AM 传输模式的确认和 TCP/IP 层慢启动所必需的反馈等信息。对于上行带宽的需求通常高于下行, 并且当上行带宽配置过低时, 将会限制 HSDPA 下行的传输速率。所以, 上行伴随 DPCH 信道的带宽配置为上行业务速率与下行所需反馈信息和信令之和。





## 5.7 TD-HSDPA空分复用技术

随着数据用户的不断增加，HSDPA 的容量仍可能成为制约数据业务深度开展的瓶颈。目前，TD-SCDMA 系统大规模使用 A 频段 15 MHz 带宽，仅有 9 个的频点（室外：6 个频点，室内：3 个频点），因此室内容量受限的矛盾将更加突出。作为解决容量不足问题的措施之一，TD-HSDPA 引入空分复用技术，可以在不改变系统标准、不改变网络结构及不改变数据卡（或终端）的情况下，仅通过对基站软件升级，有效地提高 HSDPA 小区数据业务流量的总吞吐能力。

### 5.7.1 TD-HSDPA空分复用基本原理

TD-HSDPA 空分复用技术原理就是利用空间隔离特性，将相同码道分配给不同用户，有效地提高了 HSDPA 系统吞吐量，缓解了频率资源受限问题。空分复用应用场景包括室内分布和室外宏蜂窝两种。由于室外无线环境的复杂性以及隔离度估计的不准确性，目前暂不建议在室外宏蜂窝开启空分复用功能。空分复用在室内分布的应用原理如图 5.21 所示。

HSDPA 空分复用技术具有自适应性，可以根据具体应用环境的不同，通过计算用户间隔离度，自动判断是否适合采用 HSDPA 空分复用技术。TD-HSDPA 主流系统设备通过软件升级即可支持空分复用功能，支持兼容所有终端。同一个室分系统由多个单通道 RRU 或一个多通道 RRU 进行覆盖，不同通道用户间隔离度至少能够达到 12 dB 以上，2 倍速空分要求单小区通道数量至少大于 2 个，4 倍速要求单小区通道数量至少大于 4 个。

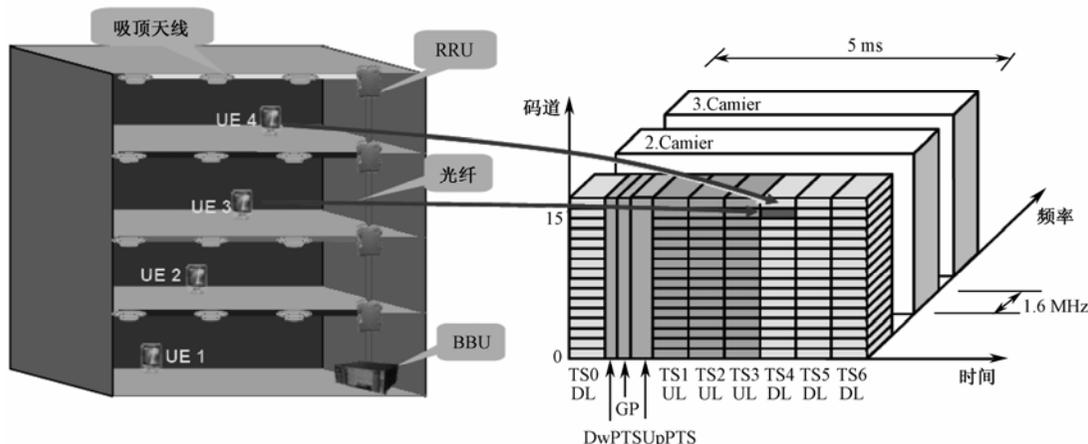


图 5.21 空分复用室内分布应用原理图

## 5.7.2 TD-HSDPA空分复用信道配置

### (1) 2 倍速空分复用

配置 2 对 HS-SCCH/SICH, 下行开启 DPCH 2 倍帧分复用, 单载波最大可以支持 12 个用户, 如图 5.22 所示。

下行TS0	上行TS1	上行TS2	▼ 下行TS3	下行TS4	下行TS5	下行TS6
	HS-SICH	A-DPCH	HSDPA	HSDPA	HSDPA	HS-SCCH
	HS-SICH	A-DPCH				HS-SCCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH

图 5.22 2 倍速空分复用

### (2) 3 倍速空分复用

配置 2 对 HS-SCCH/SICH, 单载波最大可以支持 10 个用户, 如图 5.23 所示。

下行TS0	上行TS1	上行TS2	▼ 下行TS3	下行TS4	下行TS5	下行TS6
	HS-SICH	A-DPCH	HSDPA	HSDPA	HSDPA	HS-SCCH
	HS-SICH	A-DPCH				HS-SCCH
	HS-SICH	A-DPCH				HS-SCCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH

图 5.23 3 倍速空分复用

### (3) 4 倍速空分复用

配置 4 对 HS-SCCH/SICH，单载波最大可以支持 8 个用户，如图 5.24 所示。

下行TS0	上行TS1	上行TS2	▼下行TS3	下行TS4	下行TS5	下行TS6
	HS-SICH	A-DPCH	HSDPA	HSDPA	HSDPA	HS-SCCH
	HS-SICH	A-DPCH				HS-SCCH
	HS-SICH	A-DPCH				HS-SCCH
	HS-SICH	A-DPCH				HS-SCCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH
	A-DPCH	A-DPCH				A-DPCH

图 5.24 4 倍速空分复用

## 5.7.3 TD-HSDPA空分复用对设备及规划产生的影响

在 TD-HSDPA 现网开启空分复用，对设备及规划产生不同程度的影响。首先，增加了 Node B 的处理负荷，对编码和调制的处理能力需求成倍增加；其次，增加了 Iub 接口吞吐量，系统侧吞吐量的增加导致了 Iub 接口吞吐量的增加；最后，可能会降低 HSPA 载波最大接入用户数，使用空分 HSDPA，载波会配置较多对 SCCH/SICH，对单载波支持 HSDPA 用户数有一定影响。

TD-HSDPA 空分复用技术仅在 HSDPA 业务信道开启。因为 HSDPA 调度由 Node B 完成，R4 业务调度由 RNC 完成。空分复用技术首先要根据上行信道的测量数据来确定是否开启空分，而无线信道变化很快，对处理时延有一定要求；开启空分复用也增加了测量计算量，由 Node B 直接完成；而对于 R4，这些测量值则均上报 RNC，由 RNC 进行处理，将会大大增加 RNC 的处理负荷以及 RNC 和 Node B 之间的信令负荷。所以自动开启或关闭空分复用对 HSDPA 业务的用户感知度影响较少，而对 R4 业务的影响较大。

## 5.7.4 TD-HSDPA空分复用对传输的需求

由于 HSDPA 空分复用技术可以有效地提高系统总吞吐量，同时也增加了 Iub 接口的传输需求，在增开 HSDPA 空分复用功能后，需根据实际情况增加 Node B 和 RNC 的传输

扩展板带宽，具体传输配置如表 5.13 所示。

表 5.13 HSDPA 空分复用对传输扩展板带宽配置需求

基本带宽（70%负荷 E1 需求）			
配置		开启空分复用	
		2 倍速	4 倍速
O3	2 个 HSDPA 载波 / 每小区	3	4
O6	4 个 HSDPA 载波 / 每小区	6	8
O9	6 个 HSDPA 载波 / 每小区	9	12

### 5.7.5 TD-HSDPA空分复用的部署建议

TD-HSDPA 空分复用在现网中的具体部署建议如下：

- HSDPA 空分复用技术主要应用于具有多个通道，且通道间隔离水平较好的室内分布系统；
- 在建网初期单用户独享小区无线资源的极端情况下，开启 HSDPA 空分复用功能并不能有效提升用户 HSDPA 吞吐量，但在实际网络中，在多用户共享小区无线资源情况下，开启 HSDPA 空分复用功能后，随着小区数据业务流量总吞吐能力的提升，每个用户的平均吞吐量可以得到提高，用户速率体验改善明显；
- 隔离度取值可作为网络参数进行设置，目前通常建议取 12 dB，这个值是通过综合仿真及测试结果得到的，但目前外场测试的场景相对较少，在全网大规模开启空分复用功能后，隔离度取值还存在进一步优化的空间；
- 空分复用倍数增加会降低单载波最大支持的用户数，在引入 HSUPA 后会更加突出，应结合应用 4 倍帧分复用技术来提高最大用户数，同时在运营中需均衡系统吞吐量和最大用户数之间的关系；
- 在实际应用中，空分复用需要结合应用 HSDPA 伴随信道帧分复用技术，一方面增大基站可同时接入的数据业务用户数，另一方面可提升用户业务体验。

## 5.8 TD-HSDPA传输链路规划

在 TD-HSDPA 大规模商业部署阶段，使空中接口的数据业务流量增大，同时也对地面传输网络资源提出来较高的要求，需要重新规划 Node B 到 RNC 之间 Iub 接口和 RNC 之间 CN 的 Iu 接口传输资源，实际上，最关心的是 Iub 和 Iu 两种物理接口对传输带宽的需求，其中 Iub 物理接口对传输带宽的需求是重点考虑的问题之一。TD-SCDMA Iub 接口传

输带宽的计算主要涉及用户数目、用户的话务量、基站站间距，以及数据业务的发展趋势。在进行 Iub 接口传输规划时，还应该考虑传输网的利用率。如果初期规划过大，投资很难收回；如果规划过小，则传输网络将被迫频繁升级。在网络规划和建设过程中，如何定量分析 Iub 接口的传输需求，合理计算 Iub 接口传输带宽是非常重要和必要的。目前各主流设备厂家关于 Iub 接口计算的方法众说纷纭，计算结果不尽相同。因此，深入研究 TD-SCDMA Iub 接口传输带宽的计算方法，科学合理配置传输资源，对指导商用网络的建设部署，打造精品网络具有重要意义。

### 5.8.1 TD-SCDMA Iub接口协议结构

在 TD-SCDMA 无线接入网中，RNC 和 Node B 之间的逻辑接口为 Iub 接口，主要由用户数据传送、用户数据与信令的处理及 Node B 逻辑操作维护（O&M）等三部分构成。Iub 接口协议的结构如图 5.25 所示，可以分为两个功能层：无线网络层和传输网络层，无线网络层又由无线网络控制平面和无线网络用户平面组成。无线网络控制平面由 Node B 应用部分（NBAP）和用户平面的帧协议（FP）组成。无线网络用户平面又分为 Iub 公共传输信道数据流用户平面协议和 Iub 专用信道（DCH）用户平面协议。传输网络层目前采用标准的 ATM 方式。

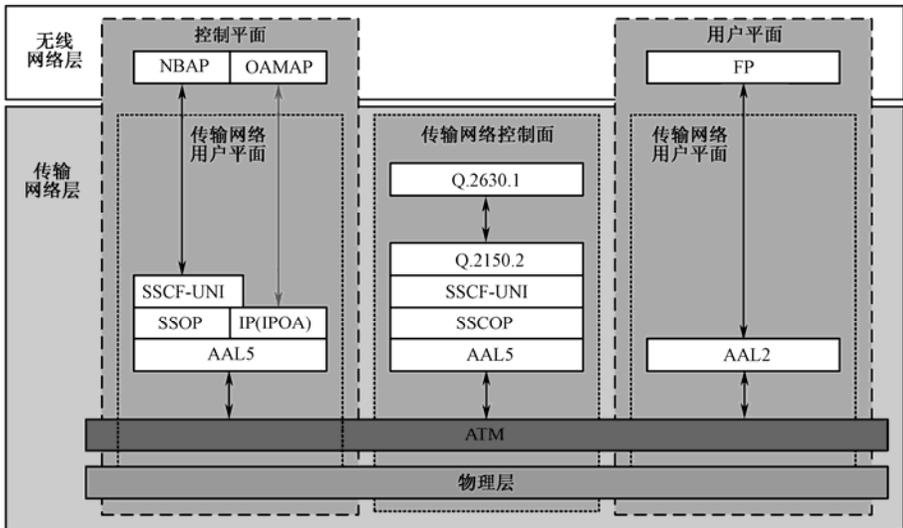


图 5.25 Iub 接口协议的结构图

Iub 接口协议的主要功能如表 5.14 所描述。

表 5.14 Iub 接口协议主要功能表

序号	功能项目	主要功能描述
1	Iub 传输资源的管理	下层的传输资源（AAL2 连接）由 RNC 来建立和控制
2	Node B 的逻辑操作和管理（O&M）	逻辑 O&M 与控制逻辑资源（信道和小区等）相关的信令。Iub 接口为 RNC 提供了 1 条 O&M 专用通道，用来实现对 Node B 的操作和维护
3	特定 O&M 传输	Iub 接口应该支持特定 O&M 信息的传输功能
4	系统信息管理	系统信息由 RNC 发送给 Node B，RNC 要求 Node B 去自动建立和更新与 Node B 相关的系统信息
5	公共信道的业务管理	公共信道需要由 RNC 控制，如控制 RACH，DSCH 和 FACH 信道，以及对在广播控制信道上广播的信息和在寻呼信道上发送控制和请求的信息进行控制
6	专用信道的业务管理	包括 Node B 主要执行的流数据流进行组合 / 分离控制、切换判决、物理信道资源的分配、上 / 下行链路功率控制、准入控制和功率及干扰报告等
7	共享信道的业务管理	共享信道（DSCH 和 USCH）由 RNC 来控制，主要包括信道的分配和充分配、功率控制、传输信道管理、动态物理信道的分配及无线链路的管理和数据传递等功能
8	定时和同步管理	主要包括传输信道的同步、Node B 与 RNC 之间的同步，以及 RNC 之间的同步管理功能

TD-SCDMA Iub 接口的传输链路主要采用 E1 和 STM-1 等，在 Node B 侧主要会采用 ATM 的反向复用 E1 接口，少量采用 ATM 155 Mbps 接口，在 RNC 侧采用 ATM 155 Mbps 接口。Iub 接口采用 ATM 永久虚电路（PVC）用来传输信令、业务和操作维护数据流。在 TD-SCDMA 无线接入网中，RNC 和 Node B 之间的逻辑接口为 Iub 接口，主要由用户数据传送、用户数据与信令的处理及 Node B 逻辑操作维护（O&M）三部分构成。在 TD-SCDMA Iub 接口占用带宽计算过程中，传输需求与协议结构、协议数据流、网络负荷、室内外环境、业务模型、站型、载波配置、时隙配置和 HSDPA 引入等多种因素有关。因此，在配置传输带宽时，应该从分析 Iub 接口协议结构出发，根据 Iub 接口控制和业务数据流配置，考虑时隙配置、Node B 站型和业务承载带宽等具体情况分别计算 Iub 传输资源。

TD-SCDMA Iub 接口的传输链路主要采用 E1 和 STM-1 等，在 Node B 侧主要会采用 ATM 的反向复用 E1 接口，少量采用 ATM 155 Mbps 接口，在 RNC 侧采用 ATM 155 Mbps 接口。Iub 接口采用 ATM 永久虚电路（PVC）用来传输信令、业务和操作维护数据流。Iub 接口控制和业务数据流具体链路配置数量如图 5.26 所示。

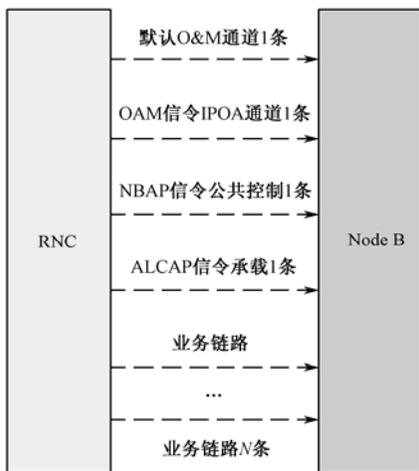


图 5.26 Iub 接口控制和业务数据流具体链路配置

## 5.8.2 Iub接口的传输链路占用带宽计算

在 Iub 接口占用带宽计算过程中，单个基站传输链路配置主要依赖于服务区内的业务量和基站配置情况。Iub 接口的传输链路带宽包括业务、OMC 开销、无线链路控制协议开销和信令开销等。目前，地面传输的手段主要是 ATM Over E1 同轴电缆或 ATM Over SDH 光纤。ATM 虚通道（VC）链路带宽需求分配方案如下所述。

### （1）在对TD-SCDMA R4 进行配置时Iub接口传输链路带宽的计算

Iub 接口占用带宽=（默认 O&M 通道+ IPOA 通道带宽+ NBAP 信令承载带宽+公共传输信道带宽+ ALCAP 信令承载带宽+R4 业务承载带宽）。

Iub 接口（Node B 侧）占用 E1 数量=Iub 接口占用带宽/（2 048（30/32）），结果向上取整，30/32 是因为实际可用 E1 在 32 个业务时隙中的可用个数为 30 个。

在同时实现 R4 业务与 HSDPA 业务时，采用不同的 ATM 永久虚电路 PVC。

详细的计算过程如表 5.15 所示。

表 5.15 TD-SCDMA R4 配置时 Iub 接口传输链路带宽计算过程

链路分配	PVC 种类		带宽范围 / kbps	备注
ATM 通路带宽	①	默认 O&M 通道	64	
	②	IPOA 通道带宽	64	
	③	NBAP 信令承载	$N \times 32$	$N$ : 载频个数
	④	ALCAP 信令承载	64	
	⑤	公共传输信道带宽	$(64 \times \text{CELLNUM}) / 0.8$	CELLNUM: 小区数量 0.8: ATM 传输效率, 下同
	⑥	R4 业务承载带宽	$(\text{R4\_AMR\_Num} \times 12.2 \times 8 + \text{DISlotNum} \times 128) / 0.8$	R4\_AMR\_Num: AMR 语音业务分配时隙数 DISlotNum: 下行时隙数量 每时隙数据业务空口流量: 128 kbps
Iub 接口占用总带宽	$W = \text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④} + \text{⑤} + \text{⑥}$			$W$ : 总带宽
Iub 接口 E1 配置	$N = W / (2048 \times (30/32))$			$N$ : E1 数量, 结果向上取整

Iub 接口（Node B 侧）占用 E1 数量计算结果如表 5.16 中所示。

表 5.16 TD-SCDMA Iub 接口 (Node B 侧) 占用 E1 数量

3 : 3 配置				2 : 4 配置			
典型配置	E1 数量	典型配置	E1 数量	典型配置	E1 数量	典型配置	E1 数量
O1	1	1/1/1	2	O1	1	1/1/1	2
O2	1	2/2/2	2	O2	1	2/2/2	3
O3	1	3/3/3	3	O3	2	3/3/3	4
1/1	1	4/4/4	4	1/1	1	4/4/4	5
2/2	2	5/5/5	5	2/2	2	5/5/5	6
3/3	2	6/6/6	6	3/3	3	6/6/6	7

(2) 在对TD-SCDMA R4 和TD-HSDPA进行混合配置时, Iub接口传输链路带宽的计算

TD-HSDPA 的引入, 大大提高了下行数据业务吞吐量, 对 Iub 接口传输容量提出了更高的要求。HSDPA Iub 接口传输的计算方法与现有方法类似, 都是从用户平面和控制平面两方面考虑 Iub 接口的传输需求。在用户平面, 由于 HSDPA 大大提高了空中接口的数据速率, 为保证端到端的服务质量, 必须为基站配置足够的传输链路。与现有 R4 基站相比, HSDPA 基站的 Iub 接口传输配置必须大幅度提高。HSDPA Iub 接口传输需求与业务组合和业务量、HSDPA 的载波部署方式、HSDPA 码资源和功率资源分配方式、HSDPA 空分复用是否开启、HSDPA 终端类型, 以及无线网络干扰控制等具有密切关系。

Iub 接口占用带宽= (默认 O&M 通道带宽+ IPOA 通道带宽+ NBAP 信令承载带宽+ 公共传输信道带宽+ ALCAP 信令承载带宽+业务承载总带宽)。

在 R4 和 HSDPA 混合配置情况下, 用户的业务承载包括 R4 业务承载带宽和 HSDPA 业务带宽。

Iub 接口 (Node B 侧) 占用 E1 数量=Iub 接口占用带宽/ (2 048× (30/32)), 结果向上取整, 30/32 表示实际可用的 E1 在 32 个业务时隙中的可用个数为 30 个。

详细的计算过程如表 5.17 中所示。

表 5.17 TD-SCDMA R4 和 HSDPA 混合配置时 Iub 接口传输链路带宽计算过程

链路分配	PVC 种类		带宽范围 / kbps	备注
ATM 通路带宽	①	默认 O&M 通道	64	
	②	IPOA 通道带宽	64	
	③	NBAP 信令承载	$N \times 32$	N: 载频个数
	④	ALCAP 信令承载	64	
	⑤	公共传输信道带宽	$(64 \times \text{CELLNUM}) / 0.8$	CELLNUM: 小区数量 0.8: ATM 传输效率

续表

链路分配	PVC 种类		带宽范围 / kbps	备注
	⑥	R4 业务承载带宽	$(R4\_AMR\_Num \times 12.2 \times 8 + DIslotNum \times 128) / 0.8$	R4\_AMR\_Num: AMR 语音业务分配时隙数 DIslotNum: 下行时隙数量; 每时隙数据业务空口流量: 128 kbps
	⑦	HSDPA 业务带宽	$(HSDPASlotNUM \times PerSlotRate + HalfSlotNum \times 96) \times K / 0.8$	HSDPASlotNUM: HSDPA 分配时隙数 PerSlotRate: HSDPA 每时隙能够的传输速率 HalfSlotNum: HSDPA 使用半时隙数 K: 空分复用(通道复用倍数)系数, (当关闭时, $K=0$ ; 当 2 倍速时, $K=1.8$ ; 当 3 倍速时, $K=2.6$ ; 当 4 倍速时, $K=3.2$ )
Iub 接口占用总带宽	$W=①+②+③+④+⑤+⑥+⑦$			W: 总带宽
Iub 接口 E1 配置	$N=W / (2048 \times (30/32))$			N: E1 数量, 结果向上取整

注: PerSlotRate 为 HSDPA 每时隙能够的传输速率, 可以配置的理论最大速率为 560 kbps。在实际工程组网中, 由于存在小区间干扰, 以及不同位置的用户接收性能的差异, 一般很难达到理想的最大速率。可以通过系统仿真, 统计小区空中接口下行瞬时(以 5 ms 为单位)速率的分布, 取下行速率分布的 90% 的点作为实际配置值。在不同场景的信道环境中, 每时隙的速率仿真结果如表 5.18 所示。

表 5.18 单时隙业务容量表

业务		普通市区	密集市区	郊区	室内分布
HSDPA 业务仿真吞吐率	HSDPA 单独时隙最大吞吐率 PerSlotRate/kbps	502	329	173	508
	HSDPA 混合半时隙最大吞吐率 PerSlot_halfRate /kbps	96			
R4 业务吞吐率	数据 / kbps	128			
	AMR/kbps	12.2×8			

在实际组网时, 有使用半个时隙作为高速下行共享信道(HS-DSCH)的情况。在表 5.18 中, HSDPA 混合半时隙 HSDPA 表示在时隙内有一半的码道留给了 HS-SCCH、伴随 DPCH 或 R4 DPCH 等信道。为了保证 HS-DSCH 信道不影响控制信道和 R4 信道质量, 混合半时隙 HS-DSCH 信道功率设置不能太大, 速率受到较大影响。半个时隙由于功率限制, 仿真速率为 96 kbps。

Iub 接口(Node B 侧)占用 E1 数量=Iub 接口占用带宽/(2 048×(30/32)), 结果向上取整, 30/32 表示实际可用的 E1 在 32 个业务时隙中的可用个数为 30 个。

Iub 接口(Node B 侧)占用 E1 数量计算分以下两种情况讨论。

第一种情况: 基站中每个载频都开启 HSDPA 功能。

根据相关组网策略建议，在网络规划建设的地区，基站中每个载频都开启 HSDPA 功能，可以按照 HSDPA 和 R4 业务共载频分时隙方式进行配置，本方案考虑按照总体时隙配置比例均为 3：3 进行计算。Iub 接口（Node B 侧）占用 E1 数量的计算结果如表 5.19 所示。

表 5.19 典型站型传输 E1 需求表

典型站型	不同场景					备注
	密集市区	普通市区	室内	郊区	农村	
O1	1	1	1	1	1	
O2	1	1	1	1	1	
O3	2	2	2	1	1	
1/1	1	2	2	1	1	
2/2	2	2	2	2	2	
3/3	3	3	3	2	2	
1/1/1	2	2	2	1	1	
2/2/2	3	3	3	2	2	
3/3/3	4	4	5	3	3	
4/4/4	5	6	6	3	3	
5/5/5	6	7	7	4	4	
6/6/6	6	8	8	5	5	

注：表中典型配置的基站均支持 HSDPA，时隙配置比为 3：3；HSDPA 在每个频点中占用同一个时隙，R4 内部 AMR 语音与数据所占资源比例为 4：1。

第二种情况：每个小区配置一个 HSDPA 载频，其他载频为 R4 配置情况。

按照表 5.17 中的计算方法，计算得到不同载频、不同时隙配置下 Iub 接口数量，计算结果如表 5.20 所示。

表 5.20 不同配置下基站 Iub 接口数量

典型站型	传输需求 (E1)	
	3：3 时隙配置	2：4 时隙配置
O1	1	1
O2	2	2
O3	2	2
1/1/1	2	2
2/2/2	4	5
3/3/3	5	6
4/4/4	5	7
5/5/5	6	8
6/6/6	6	8

考虑到未来发展和工程建设的需求,建议 Iub 接口的传输规划应考虑具体场景和具体载频配置及业务需求,并考虑适当的预留。

### 5.8.3 Iub接口配置计算方法在实际系统中的应用

在 TD-SCDMA HSDPA 网络建设和运营中,需要详细考虑 Iub 接口传输资源需求和具体规划。Iub 接口配置的计算方法和计算结果科学地指导着 TD-SCDMA HSDPA 商用网的建设和部署,并将产生明显的经济效益和社会效益。

#### (1) 指导网络工程建设

① 考虑具体场景,结合工程建设的实际,提出 Iub 接口传输带宽的定量计算方法、计算公式和计算过程,并给出具有工程指导意义的计算结果。

② 合理配置 TD-SCDMA HSDPA 的传输资源,提高传输资源利用率,低成本和高效地建设网络。

③ 从 Iub 接口底层协议层面,定量分析信令控制和业务数据流,考虑载波时隙配置比例、Node B 站型、业务承载带宽和 HSDPA 引入等具体情况,计算 Iub 传输链路占用带宽。

④ 在 TD-SCDMA R4 和 TD-HSDPA 混合部署,定量计算共载频分时隙、HSDPA 单独载频情况下,分别计算 Iub 接口链路传输带宽需求。

#### (2) 效益分析

① 丰富和完善了 TD-SCDMA HSDPA 无线网络建设的原则和内容,体现了精细化工程管理和工程建设的指导思想。

② 为 TD-SCDMA HSDPA 无线网络规划和工程建设提供了技术支撑。

③ 合理地规划和配置 Iub 接口传输资源,降低成本,提高了资源的利用率。

④ 作为打造 3G 精品网络的重要内容,提高了客户感知度及企业的运营能力和竞争实力。

## 参 考 文 献

- [1] 李世鹤. TD-SCDMA 第三代移动通信系统标准. 北京:人民邮电出版社,2003.
- [2] 朱东照, 罗建迪, 等. TD-SCDMA 无线网络规划设计与优化. 北京:人民邮电出版社,2007.
- [3] 徐敬涛. TD-SCDMA+HSDPA 组网方案浅析. 移动通信,2006(3).
- [4] TD-SCDMA HSDPA 无线网络规划关键技术初步研究. 中国移动通信集团公司. 2007.11.

- [5] 李军. TD-SCDMA 系统中 Iub 接口配置的计算方法. 现代电信科技, 2009.06.
- [6] 李坤江. HSDPA 技术的引入对 WCDMA R99 系统 Iub 传输影响分析. 电信工程技术与标准化, 2006 (4).
- [7] HSDPA 空分复用技术应用指导原则. 中国移动通信集团公司, 2009.04.
- [8] 段敏. TD-SCDMA 频率规划和组网模式浅谈. 电信科学, 2006.12.
- [9] 中兴通讯 TD-HSDPA 网络规划 • PPT. 中兴通讯公司, 2008.05.
- [10] 彭木根, 王文博. TD-SCDMA 移动通信系统—增强和演进. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [11] TD-SCDMA HSDPA 原理及网络规划优化经验. 华为公司, 2009.03.

# 第 6 章 TD-HSDPA无线网络优化

随着 TD-SCDMA 网络建设和运营的大规模开展，无线网络优化越来越重要。作为一项长期的持续性系统工程，网络优化成为移动通信运营商提高网络质量的主要技术手段。对于移动运营商而言，如何增加收入和降低投资运营成本，经济有效地建设网络，保证网络建设的高性价比是关注的焦点。通过持续不断的网络优化，才能有效改善网络覆盖和资源配置，改善网络运行环境，提高网络运行质量，才能使网络运行在最佳状态，为移动通信业务的发展提供有力的网络支撑。TD-HSDPA 数据业务优化与传统的语音优化的思路存在很大的差异，只有不断研究和探索优化思路，才能推进优化技术的创新，增强运营商提供数据业务的竞争能力。

## 6.1 TD-HSDPA无线网络优化原则与思路

### 6.1.1 优化原则

移动网络规划和优化的基本原则是在一定的成本下，在满足网络服务质量的前提下，建设一个容量和覆盖范围都尽可能大的无线网络，并适应未来网络发展和扩容的要求。

#### 1. 全局规划、分布实施

TD-SCDMA 网络规划需要遵循“全局规划、分布实施”的策略。秉承 TD-SCDMA/2G 同一张网的理念，协助客户充分利用现有的 2G 资源进行全局规划和室内外协调规划。从分析 2G 业务发展和话务分布做起，结合 TD-SCDMA 网络和业务发展策略，准确制定网络规划目标，合理组织分布实施方案。

TD-SCDMA 网络的规划部署和网络优化，需要考虑业务均衡，持续发展，提升用户的感知度，促进 2G/TD-SCDMA 网络业务均衡、持续发展。充分发挥 TD-SCDMA 网络的高速数据接入能力和 GSM 网络覆盖广的强大优势。充分利用 2G 现网站址和室内分布等资源，在进行网络规划和优化时，充分利用现有的 GSM 无线网络中的各类统计数据，同时通过合理的 2G/3G 互操作规划和优化，实现 2G/3G 网络的优势互补和协调发展。

#### 2. 协同网络规划和优化

网络规划是各项网络工作开展的前提与基础，从根本上影响着网络所能向市场和用户

提供的通信服务的质量，以及网络对业务需求的响应能力。合理的网络规划是保证网络优化的基石，是网络质量改善的先决条件，是开拓网络规模，提升网络承载能力的重要环节。另外，网络规划阶段是运营资本投入的主要阶段，合理的规划可以使运营商用更少的资本建设成更大容量的网络，大幅度提高运营资本效率。

网络规划的结果将直接影响未来的网络优化的工作。通过网络优化可以优化网络规划的结果，规避由网络规划不准确带来的一些弊端，使网络性能全面提高，并且同时指导下一阶段的网络规划工作。图 6.1 显示了网络规划工具与优化工具在网络优化中的关系。

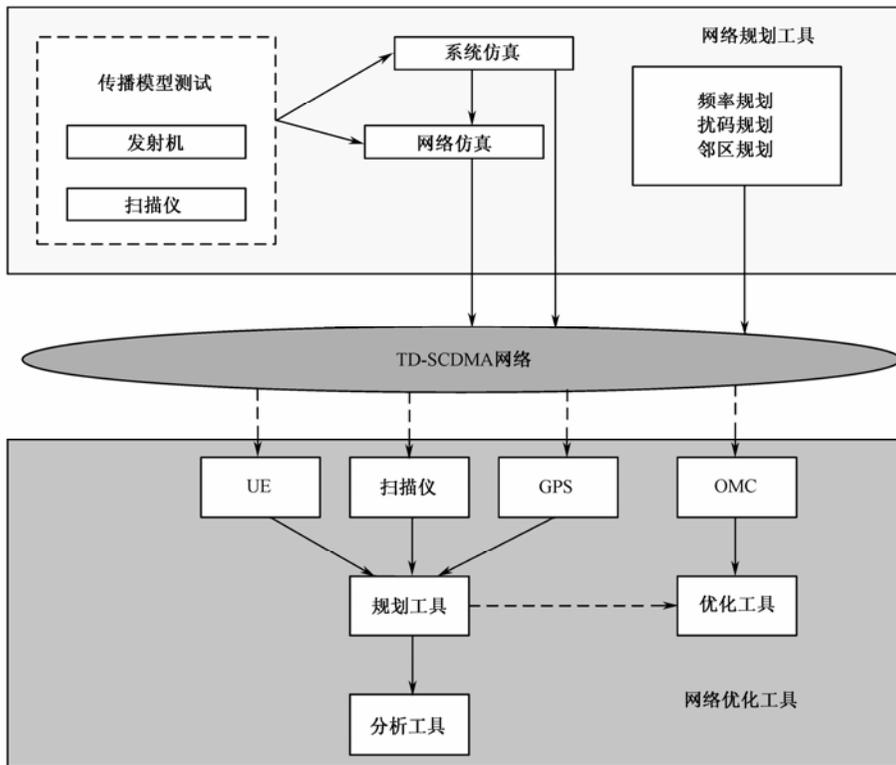


图 6.1 TD-SCDMA 无线网络规划与优化关系图

### 3. 精细化的网络优化

在网络规划的基础上，网络优化工作可进一步改善 TD-SCDMA 网络性能，提高网络容量。如图 6.2 所示，在 TD-SCDMA 网络优化的工作中，秉承“一体化、精细化、指标化和创新化”的四化理念，一体化优化 2G/TD-SCDMA 网络，有针对性地开展 TD-SCDMA 网络的精细化优化。优化工作的重点集中在提升 TD-SCDMA 网络性能指标和创新优化方案上，提炼固化 TD-SCDMA 网络优化经验。

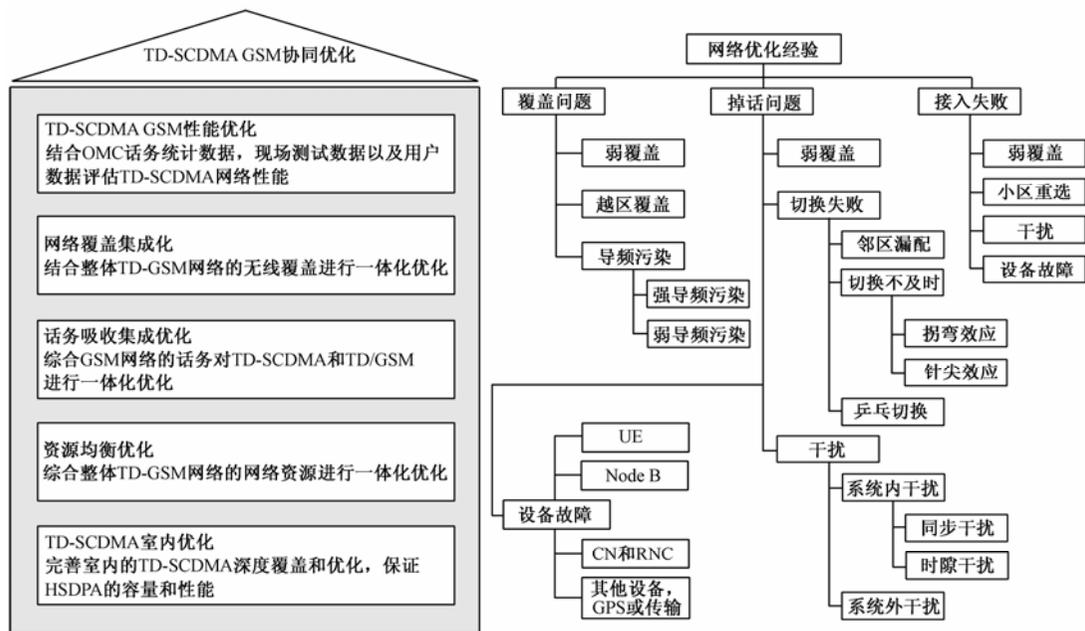


图 6.2 精细的网络优化过程

## 6.1.2 优化的总体思路

网络优化是一个循环过程，通过采集网络参数及数据分析，找出影响网络质量的原因，通过有效的技术手段进行网络参数调整，使网络质量达到最佳的平衡状态。在网络优化中，无线网络优化是重中之重，70%的网络问题都与空中接口相关，同时无线接入网的优化工作会对用户的服务质量产生重大影响。无线网络优化的目标是达到最佳的系统覆盖、最小的掉话及接入失败、合理的切换、均匀合理的基站负荷、最佳的导频分布、信道的合理分配和天线的合理应用等，从而提高网络的 QoS，提高用户的体验和感受度，进而提高运营商的利润。

无线网络优化的总体思路主要包括以下 3 个方面。

- ① 从网络角度：注重网络的整体结构、网络的资源配置、网络的性能和服务质量，不能为单一指标进行优化，而是要全面地为用户提供整体最优的网络服务质量。
- ② 在注重用户实际感受方面：各项网络优化措施都应提高用户满意度为目标，解决实际测试过程中发现的问题。
- ③ 从形成规范的网络优化体系角度：在优化过程中要摸索出一套科学的网络优化流程和规范的工作方法，从而形成科学规范的网络优化体系。

### 6.1.3 网络开通后的整体优化

网络开通后的优化工作不仅仅是为了确保网络运行正常、提升网络性能指标，更重要的是发现网络潜在的问题，为下一步网络的变化提前做好分析工作，包括网络话务负荷变动和话务负荷均衡等。在网络开通前，缺少用户投诉数据和用户的 OMC 数据；在网络开通以后，那些被屏蔽的问题都会暴露出来，网络优化重点关注的内容有所变化，网络优化的手段也有所不同，OMC 数据和告警数据，以及用户投诉数据将会成为网络优化的重点参考输入。网络开通后的整体优化过程如图 6.3 所示。

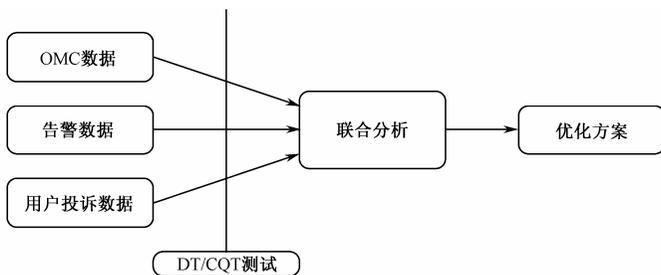


图 6.3 网络开通后的整体优化过程

在网络开通之后，网优工程师使用网络优化软件中的网络性能监视功能，查询网络性能的动态变化。当发现某一个数据发生异常时，需要结合其他数据进行分析。例如，发现某一个小区掉话率较高，可以结合用户投诉数据，定位问题，然后使用 DT 和 CQT 手段进行测试。与此同时，网优工程师根据网络优化软件的网络动态性能监测功能，关注网络性能的动态变化，总结出网络变化的规律。网络持续性的变化有可能反映出网络的变化趋势，工程师由此可以提前掌握网络的变化情况，采取相应的应对措施。

## 6.2 TD-HSDPA无线网络优化流程

网络优化贯穿于网络建设运营的整个生命周期，在每个时期，无线网络优化的操作和目标都有所侧重，有所不同。优化既要网络的硬件配置进行优化，还要对参数设置（无线资源管理）进行优化。对硬件配置的优化主要体现在对天线位置和方向等调整。无线资源管理一般包括切换控制、功率控制、接纳控制和负载控制等。TD-HSDPA 无线网络优化流程如图 6.4 所示。

网络优化不是一个短期的任务，而是日常网络维护工作的一部分，如何优化流程、提高工作效率就是一个首要的目标。良好的优化流程可以协调优化项目小组之间的分工和合作关系，提高优化工作的效率。网络优化前先要了解网络的现实情况，需对优化区域进行网络评估测试，由测试组主要负责。测试组将测试结果反馈给技术支持组，技术支持组分

析测试结果，定位需优化的问题并制定优化方案，然后反馈给网络优化组，由网络优化组到现场实施。之后，测试组再对问题区域进行网络评估测试，进入下一轮的优化。直到优化后的效果达到指标要求，则本次优化结束并进行总结。在优化流程中，网络评估测试是整个优化的基础。测试项目的选择要求尽可能全面地反映整个优化区域的无线性能指标。

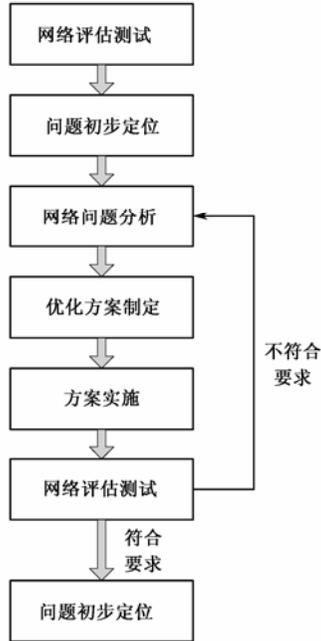


图 6.4 TD-HSDPA 无线网络优化流程

### 6.3 TD-SCDMA 数据业务面临的问题

在网络正式投入商用后，优化工作的重点是在改善最终用户的感知度上，工作内容包括通过路测、统计和挂表等手段来了解网络性能，有针对性地对网络性能进行优化。当前，影响 TD-HSPDA 用户感知度的主要问题包括网络覆盖不足、网络信噪比低、接入用户数受限和网络吞吐量受限，如图 6.5 所示。

TD-HSDPA 用户下载速率低的可能的原因如下所述。

#### (1) 无线环境原因

- RSCP > -80 dBm, C/I > 8 dB;
- 站点无持续干扰存在。

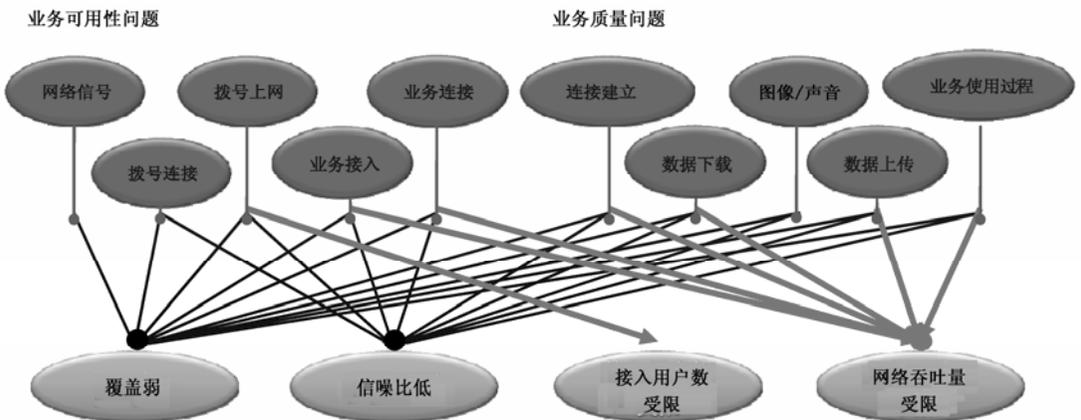


图 6.5 影响 TD-HSPA 用户感知度的主要问题

## (2) 业务类型原因

- 通过信令 (RB\_SETUP) 观察, 确定是 HS 业务, 而非 PS 业务。

## (3) 码道资源受限导致 HS 业务降速

- HSDPA 业务拨号连接申请速率较高, 但是拨号成功后实际速率却较低;
- 具体现象表现为: CN 发 RAB\_ASSIGNMENT\_REQ 后 RNC 回复 RAB\_ASSIGNMENT\_RESP 消息, 直接拒绝 CN 设定的速率, 随后 CN 重新发 RAB\_ASSIGNMENT\_REQ 做降速处理, RNC 接受并开始数据传输。

## (4) 用户上、下行签约速率较低

- 可以从信令消息 RAB assignment request 中查看业务类型和上、下行最大比特速率, 检查是否由于 USIM 登记速率受限原因, 引起 HS 业务下载速率较低。

## (5) HS-SICH和HS-SCCH的信道时隙配置

- SCCH 建议配置在 TS6 上, SICH 建议和上、下行切换点隔开, 3:3 时配置在 TS2, 2:4 和 1:5 时配置在 TS1 上。
- 上述配置有利于减小上、下行切换点等引入的干扰, 在解决因干扰导致的低速率时可以尝试使用。

## (6) HS-PDSCH功率设置

- 如果下载速率较低伴随的现象是 SICH 反馈的 NACK 数目较高或 16QAM 的比例较低, 可能是因为 HS-PDSCH 空中接口环境较差。

- 可以考虑适当抬高 HS-DSCH 功率加以改善。

#### (7) HS-SICH的SIR Target设置

- 上行 HS-SICH 用于反馈 ACK/NACK 和信道质量指示 (CQI)，网络通过终端反馈的这些信息决定采用何种调制模式，是否该重传。
- 上行 HS-SICH 的传输质量对 HSDPA 的整体效率有很大的影响，提升 HS-SICH 的 SIR 目标值，使终端给 HS-SICH 分配更大的功率，改善 HS-SICH 的传输质量。

#### (8) MAC-HS参数设置

影响 HS 下载速率的 MAC-HS 参数主要包括：

- MAC-hs T1 timer——该参数在 UE 侧表示 PDU 等待重排序的最大时间，设置过小，容易使底层丢失数据；设置过大，在信道条件较差时会使数据传输时延增大。
- MAC-hs windows size——该参数决定 MAC-hs PDU 重排序的等待范围，受到数据传输时延和缓存大小的限制。
- MAC-hs discard timer——该参数定义了 MAC-d PDU 进入 MAC-hs 队列后能够等待被发送的最大时间，如果定时器超时，则丢弃该 MAC-d PDU。

#### (9) 上行业务信道的外环功控参数

- 影响 HS 下载速率主要包括 ULBLER, MAXSIRTARGET, MINSIRTARGET 和 INITSIRTARGET。
- 目前存在的较多问题是 MINSIRTARGET 默认值太小，可能会导致 HS 下载速率在起始时较高，而稳定之后却较低的现象。

#### (10) RNC侧传输配置检查

- 检查 RNC 侧传输带宽配置。
- 检查 RNC 侧业务向传输映射的配置。

#### (11) Node B侧传输配置检查

- 检查 RNC 与 Node B 两边的 PATH 配置是否一致。
- 检查 Node B 侧业务面带宽配置。

#### (12) 其他原因

- 终端 HSDPA 支持能力。
- 下载的服务器是否正常。
- 下载软件建议采用 Flashget。

## 6.4 TD-HSDPA数据业务优化措施

TD-HSDPA 数据业务优化措施主要包括：

- 全网精细调节覆盖，降低小区间干扰；
- 合理设置 HSDPA 业务信道功率和功控参数；
- 通过调整 HSDPA 业务信道（HS-PDSCH）位置；
- 通过优化调度算法；
- 空分和帧分复用的使用；
- 合理设置传输参数；
- 关注终端和服务端问题。

### 6.4.1 TD-HSDPA网络覆盖优化

TD-HSDPA 业务与 R4 业务存在明显的差异性。如图 6.6 所示，TD-HSDPA 网络覆盖优化应以提高信噪比为核心，降低小区间干扰。在实际 HSDPA 优化过程中，提出以下两项具体的覆盖优化措施：

- ① 以提高信噪比为基础，调节覆盖，降低小区间干扰。
- ② 合理设置 HSDPA 业务信道功率。



图 6.6 TD-HSDPA 覆盖优化过程

TD-HSDPA 信道功率优化的原则包括：

- ① 上行专用信道（HS-SICH 和 A-DCH）的功率决定了下行专用信道（HS-SCCH 和 A-DPCH）的功率；
- ② 下行专用信道（HS-PDSCH）的功率决定了下行公共信道的功率。

由现网维护优化经验可知，确定 HS-PDSCH 功率值设置为 27~30 dBm 比较合适，再进一步提高功率，业务吞吐量提升并不明显，会导致小区间干扰较高。

## 6.4.2 TD-HSDPA网络容量优化

TD-HSDPA 网络容量优化包括并发用户数和吞吐量优化两方面的内容。

### 1. HSDPA用户接入限制问题

在默认参数配置情况下，如图 6.7 所示，单载波下行伴随信道允许接入 6 个用户，而上行伴随信道只允许接入 1 个用户。HSDPA 同时接入的用户数存在 3 大受限因素：

- ① 上行伴随信道（A-DCH）数量；
- ② 下行 A-DPCH 信道数量；
- ③ 用户接入时的保障速率。

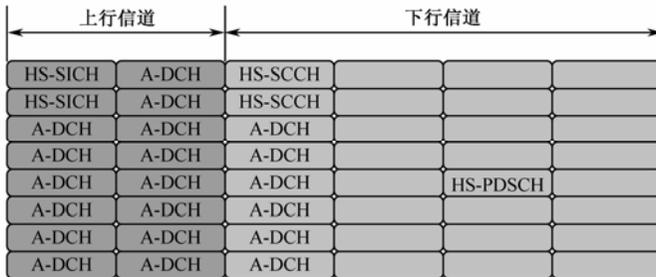


图 6.7 HSDPA 辅载波信道设置

在实际 HSDPA 用户并发场景的优化过程中，HSDPA 并发用户数主要受限于上、下行伴随信道不足而造成的硬拥塞，通常是由于上行专用信道（DCH）信道数受限。因此，HSDPA 并发用户数优化应遵循以 R4 参数调节提升 HSDPA 用户数，以上、下行容量相适应的原则。在实际的并发用户数优化过程中，总结出以下 4 种优化手段：

- 拥塞控制算法；
- 打孔率参数调整；
- GBR 速率控制；
- 伴随信道帧分复用。

TD-HSDPA 并发用户数优化过程如图 6.8 所示。

① HSDPA 并发用户数主要受限于各种伴随信道不足造成的硬拥塞，主要是由于伴随信道数（A-DCH）限制了 HSDPA 接入用户数，应该遵循以 R4 参数调节提升 HSDPA 用户数，上、下行容量相适应的原则。

② 优化过程中应注意保证用户上行带宽，如果优化地区有大量上行流量，则不建议降低上行接入的保障速率。

③ 采取拥塞控制算法和打孔率参数调整的方法，同时可以增加 R4 数据业务并发用户数，对于改善热点地区用户感知度，提高 PS 接通率有很大作用。

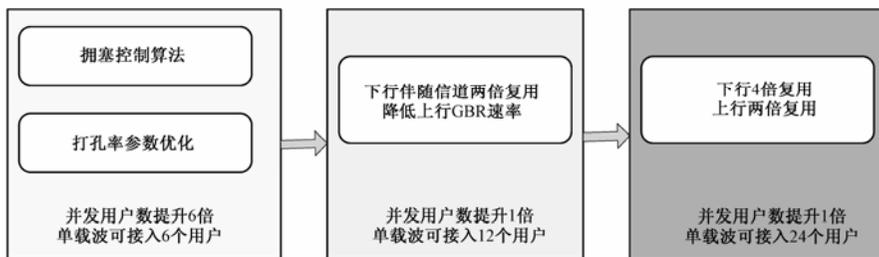


图 6.8 TD-HSDPA 并发用户数优化过程

#### ④ 伴随信道复用。

由于 HS-DSCH 信道只是承载 HSDPA 下行业务数据，实际业务类型还需要上行业务数据和上、下行信令的承载，且底层的 HS-SCCH 和 HS-SICH 信道都是随用户的调度而时分复用的，当用户得不到调度时，信令消息无法传递，因此引入了伴随 DPCH 信道，用于承载高层信令及辅助同步功控信息。TD-SCDMA 网络 A-DPCH 信道支持多个用户复用，复用系数可以为 1、1/2 或 1/4。

上行伴随信道用以承载上行信令和上行业务数据，包括 DPCH 承载 RLC 层的确认包 / 控制包，TDP 层的 ACK 包和应用层的数据包，如果上行伴随 DPCH 出现问题，则会造成应用层或 RLC 层无法下发数据，从而影响系统吞吐量。在上行伴随信道复用时，上行信令和上行业务数据占用的码道都会被复用。上、下行伴随信道复用需要终端支持相应功能。下行伴随信道无承载数据，主要承载下行信令并传递快速控制信息，比如 TPC 和 SS，信令承载速率为 3.4 kbps，因此，最大可以打开 4 倍伴随信道复用。

## 2. TD-HSDPA 小区吞吐量优化

TD-HSDPA 小区吞吐量是影响业务感知度的重要因素之一。通过研究发现，在同样的载波及传输资源配置情况下，TD-HSDPA 小区吞吐量主要受调度算法设置和小区信噪比两个主要因素的影响。吞吐量优化可以通过以下 4 种手段：

- ① 通过覆盖优化降低网内干扰，可提高全网小区信噪比（C/I）；
- ② 通过优化调度算法，可提升小区吞吐量 50%~90%；
- ③ 通过调整 HSDPA 业务信道（HS-PDSCH）位置及 HS-PDSCH 资源池配置优化，可提升小区吞吐量 18%；
- ④ 通过在室内分布基站打开 2~4 倍空分复用技术，可以提高室内小区吞吐量（需要软件升级，并增扩部分基站板卡和传输链路）。

### （1）调度算法优化

TD-HSDPA 技术共有 3 种调度算法：轮询（RR）、最大载干比（MAX C/I）和正比公平（PF）。

某城市 TD-SCDMA 现网原来采用轮询算法，优化人员在局部区域采用 PF 算法后，测试小区吞吐量，发现提升了 50%~90%，同时仍然保证每个用户的感知度不受影响。如图

6.9 所示,在某小区中近点、中点和远点各接入 7 部 HSDPA 终端时,小区吞吐量测试结果表明,PF 算法较 RR 算法分别提升了 55%, 53% 和 90%, 特别是在恶劣的无线环境下, PF 算法的提升作用更加显著。

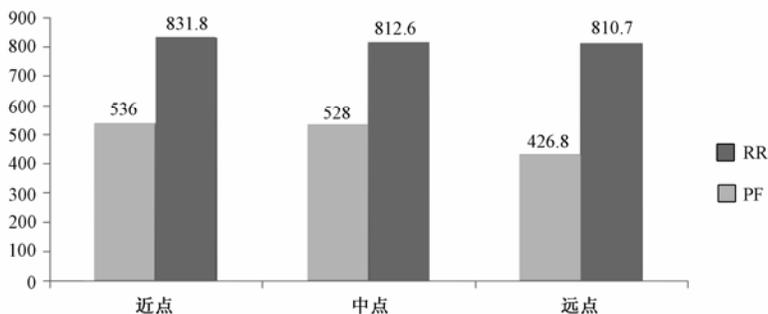


图 6.9 调度算法优化测试

## (2) HS-PDSCH 资源池配置优化

通过 HS-PDSCH 资源池的配置优化,改善  $C/I$ , 提升小区的吞吐量。

① 部分旧版本终端在上、下行时隙转换过程,即在终端由发信机转向收信机切换点的切换过程中,相邻时隙的下行解调性能会受到影响,从而造成性能下降。时隙位置调整后,有利于终端解调,因此改善了  $C/I$ , 提高了吞吐量。

② 根据 3GPP 协议 25.221 规定,HS-SCCH 与 HS-DPSCH 之间间隔要大于等于 4 时隙。因此,当资源池配置到远离时隙切换点,即当资源池配置到 TS4, TS5 和 TS6 时隙时,有利于提高终端解调性能,如图 6.10 所示。



图 6.10 HS-PDSCH 资源池配置优化

优化后的 HS-PDSCH 信噪比 ( $C/I$ ) 提升约 1~2 dB, 信道误码率 (BLER) 显著降低, 小区吞吐量提升了约 18%。如图 6.11 所示, HS-PDSCH 资源池调整前速率为 1.10 Mbps。



图 6.11 HS-PDSCH 资源池调整前下载速率

如图 6.12 所示, HS-PDSCH 资源池调整后速率为 1.39 Mbps。



图 6.12 HS-PDSCH 资源池调整后下载速率

## 6.5 TD-HSDPA信道配置参数优化

现网 TD-HCDMA 载波 / 时隙配置策略是在数据业务热点区域每小区配置 3 个及以上载频, 开启 2 个载频的 HSDPA 功能, 共配置 6 个 HS-PDSCH 时隙; 其他区域每小区配置 1 载频, 开启 1 个载频的 HSDPA 功能, 配置 1 个 HS-PDSCH 时隙。配置原则是 2 载频以上小区开启 1 个载频的 HSDPA 功能, 配置 3 个 HS-PDSCH 时隙; 3 个及以上载频小区开启 1 个载频的 HSDPA 功能, 配置 3 个 HS-PDSCH 时隙。对于数据业务发展迅猛的高话务热点小区, 应及时进行载频扩容, 并按比例增加 HSDPA 载波数量。

有关 TD-HSDPA 信道配置参数的优化主要集中在控制信道和伴随信道配置优化两方面。

### 1. 控制信道参数优化

在 HSDPA 资源配置过程中, HS-SICH 和 HS-SCCH 信道配置将会对多用户小区吞吐量有一定的影响。如果配置 HS-SICH 和 HS-SCCH 信道个数增多, 小区吞吐量有所增加。由于 TD-HSDPA 在每个传输时间间隔 (TTI=5 ms) 内调度 1 次, 当配置 1 对 HS-SICH 和 HS-SCCH 信道时, 每秒钟最多调度 200 次; 当配置多对 HS-SICH 和 HS-SCCH 信道时, HS-DSCH 信道资源足够, 就可能在同一 TTI 内调度多个用户, 从而提高资源利用率, 使系统吞吐量得到提高。另一方面, 配置多对 HS-SICH 和 HS-SCCH 信道将占用更多的信道资源, 必须考虑小区吞吐量及共享控制信道资源占有率之间的平衡。

在现网测试验证环境中的单载波配置情况下, 通过对 SCCH/SICH 信道不同配置参数的优化, 承载多用户使用 HSDPA 业务, 测试用户下载速率的总和, 进行多用户环境 HSDPA 业务使用, 3 个用户先后登录, 都占用 PDSCH 信道的 10071 频点, 如表 6.1 所示。

表 6.1 HS-SCCH/HS-SICH 信道参数优化

序号	SCCH/SICH 配置	下载速率 / kbps				备注
		用户 A	用户 B	用户 C	总速率	
1	1 对	298	134	264	700	
2	2 对	508	223	369	1 100	
3	3 对	312	444	440	1 180	

由表 6.1 中测试数据可知, 当同一载频承载多个 HS 业务用户时, 伴随信道连续分配, 配置 3 对 SCCH/SICH 信道, 各个用户获得的速率的总和约为 1.1 Mbps 左右; 配置 2 对 SCCH/SICH 信道, 各个用户获得的速率的总和约为 1.1 Mbps 左右; 配置 1 对 SCCH/SICH 信道, 各个用户获得的速率的总和约为 700 kbps 左右。由此确认, 当一个载频承载 3 个以上使用 HS 业务的用户时, SCCH/SICH 信道需要配置 2 对或者以上, 考虑到码资源的合理利用, 配置 2 对 SCCH/SICH 信道更加适合多用户使用 HS 业务的环境。

## 2. 伴随DPCH信道配置参数优化

在现网开展测试，验证哪种伴随 DPCH 信道配置参数适合多用户使用 HSDPA 业务的环境。HSDPA 载波配置在主载波上，伴随 DPCH 信道设置为非连续分配方式，进行多用户环境 HSDPA 业务使用，多个用户先后登录，都占用配置了 PDSCH 信道的主频点。随后所有用户同时使用 HSDPA 业务。测试结果表明，当同一载频承载多个 HS 业务用户时，当伴随 DPCH 信道配置为连续分配时，各个用户获得的速率的总和约为 1.1 Mbps 左右；当伴随 DPCH 信道配置为非连续分配时，各个用户获得的速率的总和约为 910 kbps 左右。由此确认，在多用户环境中，伴随 DPCH 信道设置为“连续分配”更加适合。

## 3. HS-PDSCH信道配置参数优化

通过测试研究验证 PDSCH 信道配置参数适合多用户使用 HSDPA 业务的环境。结果表明，当同一载频承载多个 HS 业务用户时，如果 HS-PDSCH 信道化码配置数设置为 1，各个用户获得的速率的总和约为 1.1 Mbps 左右；HS-PDSCH 信道化码设置为 16，各个用户获得的速率的总和约为 1.15 Mbps 左右。由此确认，在多用户环境下面，HS-PDSCH 信道化码配置数设置不影响用户对 HS 业务的使用感受度。

## 4. 其他参数具体优化

TD-HSDPA 其他优化参数设置建议如表 6.2 所示。

表 6.2 TD-HSDPA 其他参数优化建议

参数名称	参数说明	取值范围	推荐配置	推荐配置对应物理值	参数级别
在 Hspdsch 各时隙上的 Hspdsch+Hsscch 总功率	RNC 配置给 Node B 使用的 HSDPA 各时隙可用的最大发射功率	-35~15 dB	-6	当 PCCPCH 取 33 dBm 时，Hspdsch 时隙的功率为 27 dBm	小区级
Hsscch 最大发射功率	载频 Hspdsch 单码道功率，相对 PCCPCH 单码道功率偏移	-35~15 dB	-5	当 PCCPCH 取 33 dBm 时，Hsscch 单码道的功率为 25 dBm	小区级
拥塞控制总开关	对 PS 业务进行降速，减少 PS 业务码道占用尽量保障 CS 业务的接入	0, 1	1	打开	小区级
上行伴随信道复用开关		0, 1	1	打开	小区级
上行伴随信道复用系数		1, 2, 4	2	2 倍复用	小区级
下行伴随信道复用开关		0, 1	1	打开	小区级
下行伴随信道复用系数		1, 2, 4	2	2 倍复用	小区级
名义速率 NBR		0~512 000	16 000	16 kbps	RNC 级
保障速率 GBR		0~480 000	16 000	16 kbps	RNC 级
原形调度算法选择 (wSchOrigAlgSel)		1~3	2	(PF-R 调度算法)	小区级
本 RAT 频率质量门限	本 RAT3A 事件触发门限	-115~0	-90	-90 dBm	小区级

## 6.6 TD-HSDPA资源分配算法优化

在多用户使用 HSDPA 业务环境下，当多 HS 载波配置时，需要通过资源配置，将 HS 资源充分利用，主要的资源配置算法有 SDCA 算法和 CAC 算法。

以下通过现网测试研究 SDCA 算法的优化，验证哪种载频 SDCA 算法参数适合多 HS 载波配置下多用户使用 HSDPA 业务的环境。

### (1) 载频SDCA采用基于Node B公共测量报告排队

- 配置 HS 资源的载波：10 055，10 063 和 10 071；
- 载频 SDCA 具体配置：基于 Node B 公共测量报告排队。

当载频 SDCA 算法采用基于 Node B 公共测量报告排队方式时，判断各载波负荷依据为上行 ISCP 以及 Node B 发射载波功率，若用户登录以后不进行上传或者下载业务，则没有相应的功率产生，Node B 公共测量报告排队方式这时无法起到作用，只有在终端进行下载或者上传数据时，基于 Node B 公共测量报告排队方式才会起作用。

首先，3 个用户登录后不进行下载业务，等到 3 个用户都登录完成以后，同时开始进行下载业务。观察信令，3 个用户分别占用 10 063，10 063 和 10 055 载频。随后 3 个用户同时进行 HSDPA 业务，占用相同 HS 载波 10 063 的用户 A 下行速率均值为 381 kbps，用户 B 下行速率均值为 714 kbps，单独占用 HS 载波 10 055 的用户 C 下行速率均值为 1.1 Mbps。

随后，又按照上述方法测试 4 次，载波分配结果如表 6.3 所示。

表 6.3 多个用户载波占用情况——同时下载

	用 户 A	用 户 B	用 户 C
第一次	10 063	10 063	10 055
第二次	10 055	10 063	10 063
第三次	10 055	10 055	10 063
第四次	10 055	10 055	10 063

从上面的测试结果来看：用户登录以后不进行上传或者下载业务，载频 SDCA 采取 Node B 公共测量报告排队方式，无法将 UE 分配到不同的 HS 载波上面。

随后，在测试中，第一个用户登录以后进行高速下载，接着第二个用户登录，进行高速下载，之后第三个用户再登录，观察信令，如图 6.13 所示。

占用不同载波的 3 个用户的 HSDPA 业务的下行速率均值都可以达到 1 Mbps 以上。随后，按照上述方法测试 4 次，载波分配结果如表 6.4 所示。



图 6.13 SDCA 算法信令流程

表 6.4 多个用户载波占用情况——依次下载

	用户 A	用户 B	用户 C
第一次	10 055	10 063	10 071
第二次	10 055	10 063	10 063
第三次	10 063	10 055	10 071
第四次	10 063	10 055	10 071

根据测试结果确定，用户登录以后进行上传或者下载业务，载频 SDCA 采取 Node B 公共测量报告排队方式，可以将 UE 分配到不同的 HS 载波上面。

(2) 载频SDCA采用基于BRU使用情况排队

- 配置 HS 资源的载波：10 055，10 063 和 10 071；
- 载频 SDCA 具体配置：基于 BRU 使用情况排队。

当载频 SDCA 算法采用基于 BRU 使用情况排队时，判断各载波负荷的依据为各载波的 BRU 使用情况，因此，用户登录以后即使不进行上传或者下载业务，载频 SDCA 算法采用基于 BRU 使用情况排队都可以把 UE 分配到不同的 HS 载波上。

为了验证这点，首先，3 个用户登录后不进行下载业务，等到 3 个用户都登录完成以后，一起开始进行下载业务。观察信令，3 个用户分别占用 10 071，10 055 和 10 063 载频。

根据测试结果确定，在用户登录以后，无论是否进行业务，载频 SDCA 采用基于 BRU 使用情况排队方式，都可以将 UE 分配到不同的 HS 载波上。

随后 3 个用户同时进行 HSDPA 业务，占用 HS 载波 10 063 的用户 A 下行速率均值为 827 kbps，占用 HS 载波 10 055 的用户 B 下行速率均值为 1.13 Mbps，占用 HS 载波 10 071 的用户 C 下行速率均值为 1.33 Mbps。

研究结果显示，当载频 SDCA 算法采用 Node B 公共测量报告排队时，只有在已登录的 UE 进行上传或者下载数据时，才可以把随后登录的 UE 分配到不同的 HS 载波上面。而当载频 SDCA 算法采用基于 BRU 使用情况排队时，则无论已登录的 UE 是否进行上传

或者下载，都可以把随后登录的 UE 分配到不同的 HS 载波上面。

综上所述，载频 SDCA 算法采用 Node B 公共测量报告排队的优势在于可以避免登录但不进行业务的 HS 用户浪费资源，载频 SDCA 算法采用基于 BRU 使用情况排队的优势在于可以始终保证 UE 充分利用 HS 资源。因此，建议载频 SDCA 算法采用基于 BRU 使用情况排队。

## 6.7 TD-HSDPA业务质量优化

针对目前 HSDPA 业务优化过程中遇到的问题，通过测试实验分析 HSDPA 业务的配置优化手段，提出以下 3 点优化建议，以期能够对 TD-HSDPA 业务优化起到借鉴意义。

随着 3G 业务的不断深入推广，针对 3G 开展数据业务是目前运营商的重中之重，TD-SCDMA 上网本和数据卡是中国移动 G3 品牌推广的主要方向。从 3G 网络投诉的主要趋势来看，数据业务的投诉占据总投诉的 97%。在近期对多起 HSDPA 的投诉进行测试后，发现多数投诉由于弱覆盖引起，应该在基站物理参数调整有限的基础上，尽可能通过参数和信道配置的优化来提升业务质量和用户感知度。

### 1. 优化功率和载波配置提升HS信道质量

通过抬升 HSDPA 的控制信道和传输信道的功率，减少 RRU 设备载波配置，提升载波总功率的方法，提高了用户速率。

如表 6.5 所示，测试小区载频配置 S3/3/3，测试位置 PCCPCH RSCP=-95 dBm 左右。从表 6.6 中单用户测试结果可以看出，分别将 HS-SCCH，HS-SICH 和 HS-PDSCH 发射总功率从 30 dBm 提升到 34 dBm，同时将 3 载波更改为 2 载波，在载波总功率提升 1.5 dBm 后，速率有明显提升。考虑到将 HS-SICH，HS-SCCH 和 HS-PDSCH 发射功率提升到 34 dBm 后，可能存在欠功率等情况，因此小区更改为 2 载波情况，速率从 360 kbps 升至 512 kbps，且 PDSCH 的 C/I 的质量也有明显提升。

表 6.5 HS 载波时隙配置表

TS0	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	TS6
不改变	上行伴随信道	HS-SICH 和上行伴随信道	PDSCH	PDSCH	PDSCH	HS-SCCH 和下行伴随信道

在单小区 2 个终端同时提供 HS 业务的情况下，随着功率提升，小区吞吐量的上升更加明显，大约提升了 300 kbps。

表 6.6 HS 载波功率提升测试对比表

配 置	三 载 波		二 载 波	
	SCCH 和 PDSCH 功率配置不变	SCCH 和 PDSCH 功率配置抬升	SCCH 和 PDSCH 功率配置不变	SCCH 和 PDSCH 功率配置抬升
PCCPCH 功率配置	30	30	30	30
HS-SCCH 功率（相对于 PCCPCH 偏置）	-30	0	-30	0
HS-PDSCH/HS-SCCH 总功率	300	340	300	340
DPCH $C/I$	1	0	0	-4
HS-SCCH/dBm	-102	-100	-104	-101
HS-SCCH ( $C/I$ )	0	0	-2	-2
PDSCH/dBm	-103	-99	-106	-99
PDSCH ( $C/I$ )	0	2	-3	3
A-DPCH/dBm	-100	-102	-103	-99
平均速率 / kbps	360	512	302	500

## 2. HSDPA控制信道码道错位调整以降低上行干扰

通过进行码道错位配置，减小上行干扰和下行干扰，提升用户速率。HSDPA 的控制信道主要由 HS-SCCH 和 HS-SICH 组成。上行 HS-SICH 信道专门用来反馈信道质量(CQI)。CQI 决定了 Node B 的下次传输方式（调制方式和传输块大小）。HS-SCCH 用来提前 3 时隙调度用户数据块，这两个信道的传输质量决定了调度效率。目前，在某现网 HS 载波规划中，在辅载波中存在同频现象。所有小区的 HS-SICH 和 HS-SCCH 的码道配置相同。在典型的 HS 配置情况下，时隙 3、4、5 是下行 HS-PDSCH，时隙 2 的 SF16/16 和 SF16/15 是两个上行的 HS-SICH，时隙 6 的 SF16/1 和 SF16/2 是第 1 条 HS-SCCH，SF16/3 和 SF16/4 是第 2 条 HS-SCCH，当相邻小区多个 HS 用户使用业务时，就会造成同频同时隙同码道的干扰，影响 HS 业务控制信道的质量。

当前网络小区信道配置相同，可以进行码道错位配置，减小上行干扰和下行干扰，提升用户速率。采用 4 个测试终端同时在两个相邻小区进行 HS 业务下载。首先按照现有同码道配置，统计小区下载吞吐量和时隙干扰值，然后将该两小区的 HS 控制信道码道错位安排，其中一个小区的 HS-SCCH 的码道由上往下分，如一个小区从 SF=16/1 开始，而另一个小区的码道从下往上分，如从 SF=16/16 开始分配。HS-SICH 也如此配置。在码道错位前后，小区的吞吐量和干扰电平如表 6.7 所示。

表 6.7 码道错位前后性能对比表

配 置		吞 吐 量 / kbps	上行 TS1 干扰 / dBm	上行 TS2 的干扰 / dBm	HS-SCCH C/I / dB
码道错位前	第 1 小区	150	-97	-100 dBm	-8 dB
码道错位后	第 1 小区	180	-107	-102 dBm	-5 dB
码道错位前	第 2 小区	400	-90	-95 dBm	-6 dB
码道错位后	第 2 小区	610	-102	-99 dBm	-5 dB

可以看出,在码道错位前后,小区控制信道的相互干扰降低了,两个小区的速率和上、下行干扰水平都有很大改善,两个小区的吞吐量共分别提高了 30 kbps 和 210 kbps。

### 3. PDSCH时隙调整提高下载速率

从表 6.8 可以看出,终端在上、下行时隙转换过程中,相邻时隙的下行解调性能会受到影响,从而造成性能下降。而目前时隙 3 配置在上、下行时隙转换点附近,将 PDSCH 从时隙 3、4、5 调整至时隙 4、5、6,SCCH 由时隙 6 调整到时隙 3,有利于下行 PDSCH 的解调。当同时上网用户较少时,若将 SCCH 配置在时隙 3,时隙干扰较少,上、下行时隙转换点对其影响较小。而 PDSCH 由时隙 3、4、5 调整到时隙 4、5、6 之后,终端接收效果变好,PDSCH 的时隙干扰变小,HSDPA 的速率会有所提高。调整 PDSCH 时隙至时隙 4、5、6,避免上、下行时隙转换干扰,提升用户速率。

表 6.8 室内测试汇总表

测 试 场 景		3/4/5 时隙配置,下 载速率 / Mbps	4/5/6 时隙配置,下 载速率 / Mbps	前后速率对比 / (%)	
数据卡 (华为)	单用户	1.34	1.49	111.19	
	双用户	用户 1	0.674 5	0.742 9	
		用户 2	0.733 7	0.742 4	
		汇总	1.408 2	1.485 3	105.48
测试手机(8130e)	单用户	1.2	1.35	112.5	
	双用户	用户 1	0.579	0.717 4	
		用户 2	0.594 4	0.506	
		汇总	1.173 4	1.223 4	104.26

在 HS 信道配置上,可以考虑根据小区主载波频点的规划进行码道错位和时隙错位的规划,设置相邻小区不同频点的 HS 载波占用优先级,这些方法都可以避免在多用户同时使用过程中,小区间上、下行干扰严重,影响速率等问题。

## 6.8 TD-HSDPA优化典型案例分析

### 6.8.1 信道设置优化案例

#### 1. 测试结果

以下是某移动公司现网 TD-HSDPA 测试中关于控制信道个数对系统性能影响的测试结果:

小区配置 3 载波, 时隙配比 3:3, TS4 和 TS5 配置为 HS-DSCH 共享信道, HS-SICH 信道配置在 TS2 上, HS-SCCH 配置在 TS6 上。在测试小区中测试点 PCCPCH RSCP 为 -75 dBm, 3 个 UE 上行申请 PS16K 的业务, 下行申请 PS512K 业务。调度算法设置为比例公平调度算法。分别设置不同的控制信道个数, 测试 HSDPA 的性能。

设置 1 对 HS-SICH 和 HS-SCCH 共享控制信道时测试数据如表 6.9 所示。

表 6.9 设置 1 对 HS-SICH 和 HS-SCCH 共享控制信道测试数据

用 户	UE1	UE2	UE3	合计
应用层平均速率 / kbps	73.8	70	145.4	289.2
MAC-hs 吞吐量平均值 / kbps	378			
平均 HS-DSCH BLER	1.46%			
平均 HS-SICH BLER	3.37%			

设置 2 对 HS-SICH 和 HS-SCCH 共享控制信道时测试数据如表 6.10 所示。

表 6.10 设置 2 对 HS-SICH 和 HS-SCCH 共享控制信道测试数据

用 户	UE1	UE2	UE3	合计
应用层平均速率 / kbps	145.5	78.5	117.3	341.3
MAC-hs 吞吐量平均值 / kbps	395			
平均 HS-DSCH BLER	1.5%			
平均 HS-SICH BLER	3.1%			

设置 3 对 HS-SICH 和 HS-SCCH 共享控制信道时测试数据如表 6.11 所示。

表 6.11 设置 3 对 HS-SICH 和 HS-SCCH 共享控制信道测试数据

用 户	UE1	UE2	UE3	合计
应用层平均速率 / kbps	148.5	66.8	126.6	341.9
MAC-hs 吞吐量平均值 / kbps	422			
平均 HS-DSCH BLER	1.1%			
平均 HS-SICH BLER	3.1%			

根据测试结果，可以看出，设置 2 对控制信道与 3 对控制信道相比，用户的应用层速率没有明显提高，主要因为下行的共享信道只有 2 个，目前调度是时分方式，2 对控制信道可以满足用户的调度方式和信息反馈。

## 2. 解决措施和效果验证

在 TD-SCDMA 系统组网方案中，HSDPA 单独占用一个载波资源，上、下行时隙配为 3:3，上行时隙 TS2 主要承载 HS-SICH 和上行伴随 DPCH，TS 承载下行伴随 DPCH 和 HS-SCCH。

在时隙和码道资源有限的情况下，合理配置控制信道的个数，从而提高共享信道的利用率和小区吞吐量。在组网配置中，下行的 HS-DSCH 时隙是 2 个，并且采用是时分调度的方式，建议控制信道 HS-SICH 和 HS-SCCH 信道的配置为 2 对。

## 3. 优化建议

当配置的 HD-PDSCH 时隙数小于 3 时隙时，建议只配置 1 对 HS-SICH 和 HS-SCCH 共享控制信道。

## 6.8.2 室内HSDPA速率优化案例

不同于 GSM，TD-SCDMA 数据业务是其优势所在，自然对 Iub 口的传输资源的要求就相对较高，物理传输的配置需要结合该站点的载波数及其中的 HS 载波数。在物理传输资源足够的条件下，如果传输参数设置错误，也会影响到 HS 速率。

### 1. 问题描述

在对室内站点“佳路达酒店”进行首次测试时，发现 HS 速率较低，单用户平均速率只有 600 kbps 左右，多个位置的测试结果如图 6.14 所示，但 R4 业务正常。



图 6.14 下载速率截图

### 2. 问题的分析

针对上述问题，做了如下验证测试：

- 核对 RNC 及基站常见参数，未见异常；
- 检查基站测告警记录，未发现任何告警；

- 复位该站，速率依旧如此；
- 查看物理传输资源，配置 5 条 E<sub>1</sub>，均正常；
- 下电复位 RRU，速率无改善。

接着对该站的所有参数做了仔细核查，主要是传输方面的参数，最终发现问题出在传输带宽设置上，如图 6.15 和图 6.16 所示。

IUB局向 东华营业厅 默认OML链路	入方向峰值信元速率	960,000
IUB局向 东华营业厅 数据链路R4与HSDPA混合链路	入方向均值信元速率	960,000
IUB局向 盘龙苏家村盘龙区药管 ALCAP链路(主)	入方向最小信元速率	960,000
IUB局向 盘龙苏家村盘龙区药管 NBAP链路(主)	入方向最大突发尺寸(信源数目)	250
IUB局向 盘龙苏家村盘龙区药管 专用OML链路	入方向信元延时可变容限	100
IUB局向 盘龙苏家村盘龙区药管 默认OML链路	入方向信元丢失率	0
IUB局向 盘龙苏家村盘龙区药管 数据链路R4与HSDPA混合链路	入方向包流控类型	0
IUB局向 八桂酒楼 ALCAP链路(主)	入方向gera算法对违约信元的处理	关闭警管
IUB局向 八桂酒楼 NBAP链路(主)	入方向是否做EFCI	不做EFCI
IUB局向 八桂酒楼 专用OML链路	入方向是否做EPD	不做EPD
IUB局向 八桂酒楼 默认OML链路	出方向服务类别	CBR
IUB局向 八桂酒楼 数据链路R4与HSDPA混合链路	出方向峰值信元速率	960,000
IUB局向 佳路达酒店 ALCAP链路(主)	出方向均值信元速率	960,000
IUB局向 佳路达酒店 NBAP链路(主)	出方向最小信元速率	960,000
IUB局向 佳路达酒店 专用OML链路	出方向最大突发尺寸(信源数目)	250
IUB局向 佳路达酒店 数据链路R4与HSDPA混合链路	出方向信元延时可变容限	100
IUB局向 盘龙区卫生局 ALCAP链路(主)	出方向信元丢失率	0
IUB局向 盘龙区卫生局 NBAP链路(主)	出方向包流控类型	0
IUB局向 盘龙区卫生局 专用OML链路	出方向gera算法对违约信元的处理	关闭警管
IUB局向 盘龙区卫生局 默认OML链路	出方向是否做EFCI	不做EFCI
IUB局向 盘龙区卫生局 数据链路R4与HSDPA混合链路	出方向是否做EPD	不做EPD
IUB局向 供电大厦 ALCAP链路(主)	连接类型	VC连接类型
IUB局向 供电大厦 NBAP链路(主)	Uni标识	UNI接口 UNI
IUB局向 供电大厦 专用OML链路	管理状态-闭塞状态	解闭塞
IUB局向 供电大厦 默认OML链路	管理状态-监控状态	监控
IUB局向 供电大厦 数据链路R4与HSDPA混合链路	入方向PVC速率(单位:bps)	960,000
IUB局 邦克酒店(邦克大厦) ALCAP链路(主用)	出方向PVC速率(单位:bps)	960,000
IUB局 邦克酒店(邦克大厦) NBAP(主用)		
IUB局 邦克酒店(邦克大厦) 专用OML链路 576		

图 6.15 PVC 参数

IUB局 龙腾大酒店	友好名	IUB局 佳路达酒店 数据链路 558
IUB局 建设大厦	PVC链路标识	558
IUB局 邮电大厦	ATM邻接局号	113
IUB局 供电局	AAL2通道编号	54,801
IUB局 锦泰酒店(海德马佳佳酒店)	PATH所在单板的逻辑资源号	131
IUB局 冶金进出口公司	PATH所在单板的逻辑组号	307
IUB局 昆明饭店B	高端VPI	0
IUB局 震庄迎酒店	高端VCI	202
IUB局 耀龙饭店	管理标识	本局
IUB局 东华营业厅	当前VCC中允许建立的AAL2信道数目	248
IUB局 盘龙苏家村盘龙区药管	管理状态-闭塞状态	解闭塞
IUB局 八桂酒楼	管理状态-监控状态	监控
IUB局 佳路达酒店	入方向速率(bps)	960,000
IUB局 佳路达酒店 ALCAP链路(主) 554	出方向速率(bps)	960,000
IUB局 佳路达酒店 NBAP链路(主) 555	通道状态-本端业务闭塞状态	解闭塞
IUB局 佳路达酒店 数据链路 558	通道状态-远端业务闭塞状态	解闭塞
IUB局 盘龙区卫生局	通道状态-底层PVC闭塞状态	解闭塞
IUB局 供电大厦		
IUB局 邦克酒店(邦克大厦)		
IUB局 尊龙娱乐城A		
IUB局 金格中心		
IUB局 发改委		

图 6.16 ATM 参数

### 3. 优化调整

上述参数（横框标注）是在开站时设置的，一般统一设置为 6 Mbps，但是现在该站默认值仍是 960 kbps，最终导致 HS 速率较低。通过优化调整，将上述参数修改为 6 Mbps。

### 4. 结果验证

修改完参数后，HS 下载速率恢复正常，如图 6.17 所示。

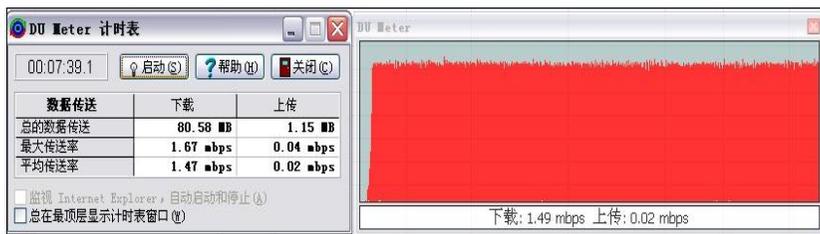


图 6.17 参数修改后下载速率截图

### 5. 经验总结

对于室内 HS 业务速率的优化，需要重点关注传输资源是否受限和参数设置的准确性，对于下载速率明显异常的现象，跟传输和参数的设置关系较大，所以以后类似问题都可以从这方面去定位。同时，也要对新开站的参数做好统一管理工作，防止这类问题的发生，造成不必要的麻烦。

## 6.8.3 两个HSDPA用户上网速率下降的案例

随着 TD-SCDMA 网络的发展，用户量也不断增多，特别是 HSDPA 用户不断增多。在对现网某室内分布系统测试的过程中，发现当有一个 HSDPA 用户时，上网速率比较快，当再接入一个用户时，速率明显下降。

该室分系统为 O6 的配置，有 2 个载波各配置了 3 时隙的 HSDPA。

#### 1. 存在问题

在现场进行测试，当一个 HSDPA 用户接入时，速率较高，也比较稳定，但是当第二个用户接入时，从理论上讲，该站的配置应该可以满足两个用户同时高速上网，但是实际上，当两个用户同时接入时速率却下降很多，最终两个终端的下载速率均保持在 300~400 kbps。

### (1) 单个用户接入

此时传输速率如图 6.18 所示。



图 6.18 单用户接入下载速率

### (2) 两个HSDPA用户同时接入

此时传输速率如图 6.19 所示。

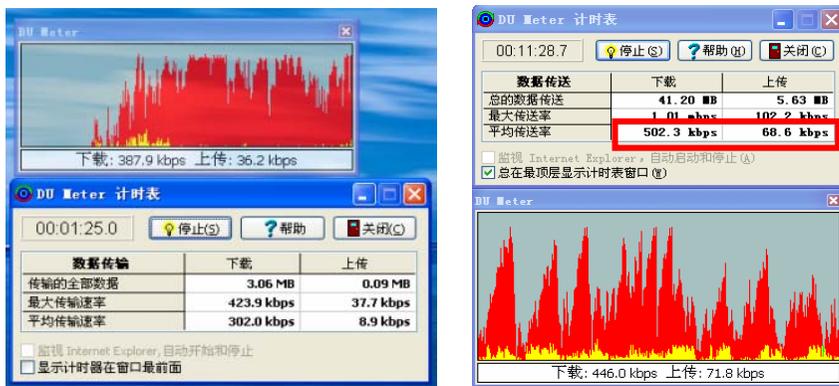


图 6.19 两个 HSDPA 用户接入下载速率

## 2. 问题定位

经信令跟踪分析，发现两个 HSDPA 的用户在建立网络连接后，一直占用同一个载波，导致两个用户共享一个载波上的 3 个 HSDPA 时隙。由于在小区资源管理算法默认配置中，当小区仅配置一个 HSDPA 载波时，所有 SDCA 算法中载频排队方式采用默认的“数据库配置”。在该配置下，小区接入 HSDPA 占用载频按照固定的顺序，先把一个载频占满后再占用其他载频，所以当有两个 HSDPA 用户时，会占用同一个载频共享带宽。如图 6.20 所示。



图 6.20 小区资源管理算法默认配置一

### 3. 问题处理

通过调整调度算法及 DCA 算法策略，DCA 配置方式和载频优先级选择模式按照“基于剩余 RU 的选择模式”，如图 6.21 所示，HSDPA 用户根据载频的剩余资源情况使用占用载频，保证用户接入后的资源利用率。如此调整后，再次测试，下载正常，也未出现掉线现象。如图 6.22 所示。



图 6.21 小区资源管理算法默认配置二

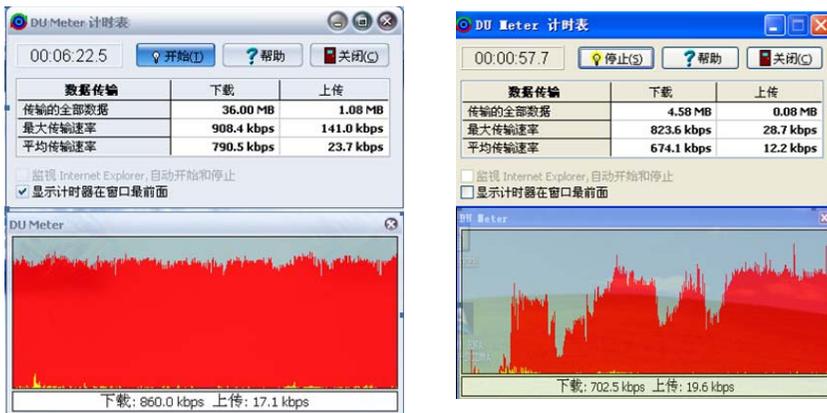


图 6.22 优化后 HSDPA 用户下载速率

## 6.8.4 HSDPA 下载过程出现速率陡降案例

### 1. 问题描述

在进行 HSDPA 业务下载测试中，设置上行 64 kbps，下行 2 048 kbps，在下载过程中出现下载速率突然下降，过一段时间后又恢复，即掉坑现象。如图 6.23 所示。

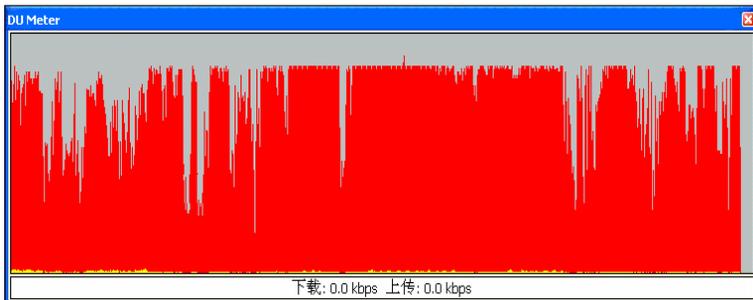


图 6.23 HSDPA 下载速率示意图

### 2. 问题分析

- 在检查 SICH 报告中，发现 NACK num 和 No Signal num 都在可以接收的范围内，如图 6.24 所示；
- 检查 PQ 信息，发现 Discard Bits 比较高，如图 6.24 所示；
- 查找 HS 链路 4 建立消息，发现其中参数配置 t1\_timer= 0x3c (60)，discard\_timer= 0x50 (80)，mac\_hs\_window\_size= 0x10 (16)。

造成这种现象的原因可能是由于 RNC L2 参数配置不合理导致。怀疑是 RNC Discard Timer 值配置较小，一旦有 NACK 出现就要重传，使得 PQ 中有很多数据因为定时器超时而被丢弃，而引起数据速率降低。

**HS-SICH Report**

SFN	ACK Num	NACK Num	No Signal Num	CQI Num	SQAM Rate	CQI Offset	Average RTBS	Average TBS	UE Throughput	Mjms Num
4148	250	0	0	250	730	0	8679	4243	864	250
4148	250	0	0	250	730	0	8679	4250	866	250
4148	251	2	0	249	730	0	8377	4071	773	250
4148	242	0	0	242	730	0	8388	3947	870	242
4148	242	0	0	242	730	0	8437	4252	796	250
4148	249	2	0	247	730	0	8579	4276	864	250
4148	250	0	0	250	730	0	8600	4253	867	250
4148	243	1	0	244	730	0	8288	4072	779	250
4148	249	1	0	248	730	0	8411	4029	764	250
4148	241	0	0	241	730	0	8469	4211	805	250
4148	238	0	0	238	730	0	8520	4285	844	250
4148	250	0	0	250	730	0	8544	4256	836	250
4148	240	0	0	240	730	0	8456	4241	843	240
4148	240	0	0	240	730	0	8503	4273	857	240

**PQ B TBA Report**

SFN	PQ ID	Overflow Bits	Discard Bits	Scheduled MAC-d PDUs	Average Wait Time
13306	0	0	0	2300	41
13506	0	0	0	10560	40
13706	0	0	0	10560	47
13906	0	0	0	10560	52
14106	0	0	0	8848	56
14306	0	0	0	2158	40
14506	0	0	0	20768	53
14706	0	0	0	2408	43
14906	0	0	0	2382	41
15106	0	0	0	2387	41
15306	0	0	0	2367	40
15506	0	0	0	2420	42
15706	0	0	0	2348	43
15906	0	0	0	2260	46

图 6.24 HS-SICH 报告

### 3. 解决方法

进行参数修改: t1\_timer= d90, discard\_timer= d7500, mac\_hs\_window\_size= d32

### 4. 优化结果

修改参数后, HSDPA 业务下载速率正常。

## 参 考 文 献

- [1] www.catr.cn.
- [2] 郭靖. TD-SCDMA 网络优化. 现代电信科技, 2009.04.
- [3] 诺基亚西门子通信公司. 诺基亚西门子通信公司 TD-SCDMA 无线网络规划优化服务. 现代电信科技, 2009.04.
- [4] TD-HSDPA 数据卡 / 上网本业务优化指导手册. 中国移动北京公司网络部, 2009.05.
- [5] HSDPA 技术专题报告. 江苏移动通信有限公司, 2009.04.
- [6] TD-SCDMA 系统无线网络优化汇编 (v1.0.0). 福建移动通信有限公司, 2007 年 1 月.
- [7] 刘瑄. TD-SCDMA 网络优化方法与实例分析. <http://www.chinaunicom.com.cn>, 2008.01.
- [8] 刘欣, 岳军. TD-SCDMA 网络初期的无线网络优化. WWW.catr.cn, 2008.07.
- [9] 周胜强, 周海骄, 郭嘉. HSDPA 业务质量优化探讨. 通信产业网报, 2009.09.
- [10] 大唐设备网络优化指导手册. 中国移动通信集团公司计划部, 2008.02.
- [11] www.chinamobile.com.
- [12] TD-HSDPA 数据业务优化服务解决方案 • PPT. 华为公司, 2010 年 4 月.

# 第 7 章 TD-HSDPA外场测试和性能分析

TD-HSDPA 作为 TD-SCDMA 的演进技术，能够满足高速数据业务用户的需求。在 TD-HSDPA 大规模商业部署之前，外场测试和性能分析工作在于分析验证 HSDPA 网络提供数据业务的能力，为网络规划和优化积累经验，为运营商后续的大规模 TD-SCDMA 网络建设和业务发展提供有力的技术支持。

## 7.1 测试目标

本次 TD-HSDPA 外场测试的主要目标是：

- 探索 TD-SCDMA 新技术规模组网及可运维能力；
- 为网络建设和运营及业务发展等提供技术参考和依据；
- 推进 TD-SCDMA 系统 HSDPA 等新技术的产业发展（包括主设备、终端及相关测试仪表等）；
- 摸索和积累 TD-SCDMA 新技术组网规划与优化经验，支撑网络建设和维护工作。

## 7.2 测试环境和测试仪表

按照 TD-HSDPA 的应用、规划以及测试需求，测试环境选取在某城市密集城区，基站的分布如图 7.1 所示，测试区域涉及 11 个基站站点和 18 个小区。

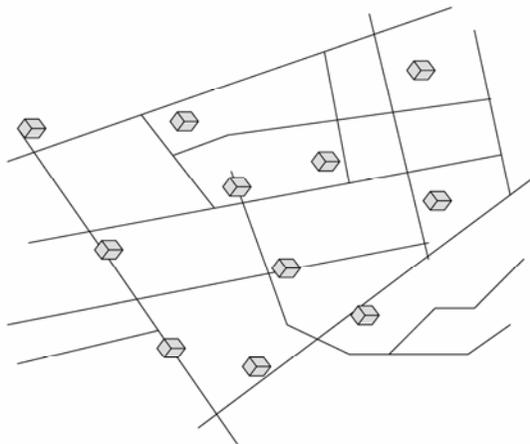


图 7.1 测试区域图

测试过程采用当时业内提供的最新终端和仪表，如表 7.1 所示。

表 7.1 测试仪器表

测试工具	数量
笔记本电脑，推荐 Windows XP 以上操作系统	1~8/15 个
支持 HSDPA 和 R4 的路测手机及路测软件 (鼎利公司提供)	2 套
FTP 客户端软件	1 套
网络速度测试软件 (Dumeter)	1 套
测试专用 FTP Server	1 套
HSDPA / 商用终端 (凯明公司 HSDPA 终端, 包括能力等级 3 的 512 kbps 手机和能力等级 9 的 1.6 Mbps 数据卡)	1~8/15 个
中兴 R4 商用终端	10 个

## 7.3 测试内容

本次测试在外场实际无线环境中进行，初步验证 TD-HSDPA 覆盖、容量和 QoS 等各项网络性能，主要测试内容包括：

- TD-HSDPA 室外小区单用户吞吐量测试；
- TD-HSDPA 密集城区覆盖能力测试；
- TD-HSDPA 室内分布系统容量测试；
- TD-HSDPA 室外容量的测试；
- 基于 QoS 的 TD-HSDPA 功能和性能测试；
- TD-HSDPA 网络质量测试。

## 7.4 TD-HSDPA 室外小区单用户吞吐量测试

### 7.4.1 测试内容

- 考察 HSDPA 小区单用户的最大和最小吞吐量；
- 考察 HSDPA 小区边缘速率；
- 考察邻区加载对用户感受的影响；
- 考察 HSDPA 时隙 PDSCH 功率设置对单用户吞吐量的影响；
- 考察上行伴随信道速率设置对单用户吞吐量的影响。

## 7.4.2 测试结果

### (1) 终端侧测试结果

终端侧测试结果如表 7.2 和表 7.3 所示。

表 7.2 终端侧上、下行 2:4 时隙配置测试结果

时隙配比: 2:4		单用户吞吐量 (峰值 / 均值)			
PCCPCH_RSCP (均值)		近点: -65 dBm		远点: -85 dBm	
申请速率 (TC=3)	方向	邻区空载	邻区加载	邻区空载	邻区加载
16 kbps/512 kbps (凯明 512 kbps 手机)	Down	496.6 kbps/431.7 kbps	508.7 kbps/417.9 kbps	496.6 kbps/439.9 kbps	496.6 kbps/411.1 kbps
	Up		13.1 kbps/7.9 kbps	10.3 kbps/7.8 kbps	17.0 kbps/7.9 kbps
16 kbps/1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	Down	981.1 kbps/822.3 kbps	1.08 Mbps/775.8 kbps	969.0 kbps/700.6 kbps	981.1 kbps/653.7 kbps
	Up		0.03 Mbps/11.6 kbps	17.2 kbps/12.2 kbps	17.4 kbps/11.3 kbps
16 kbps/1.6 Mbps (凯明 1.6 Mbps 数据卡)	Down	1.14 Mbps/788.1 kbps	1.09 Mbps/721.8 kbps	1.01 Mbps/822.8 kbps	1.01 Mbps/674.5 kbps
	Up			0.01 Mbps/11.2 kbps	0.01 Mbps/9.2 kbps
64 kbps/512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	Down	545.0 kbps/473.2 kbps	532.9 kbps/442.2 kbps	508 kbps/457.6 kbps	498.1 kbps/420.9 kbps
	Up	13.6 kbps/6.9 kbps	12.5 kbps/6.5 kbps	12.5 kbps/8.8 kbps	64.3 kbps/11.6 kbps
64 kbps/1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	Down	993 kbps/873.9 kbps	1.01 Mbps/853 kbps	981.1 kbps/822.3 kbps	981.1 kbps/723.8 kbps
	Up		0.02 Mbps/12.2 kbps		17.0 kbps/12.4 kbps
64 kbps/1.6 Mbps (凯明 1.6 Mbps 数据卡)	Down	1.57 Mbps/1.40 Mbps	1.56 Mbps/1.05 Mbps	1.55 Mbps/1.25 Mbps	1.56 Mbps/1.02 Mbps
	Up	0.03 Mbps/11.7 kbps	0.19 Mbps/0.06 Mbps	0.09 Mbps/0.03 Mbps	0.13 Mbps/0.03 Mbps

表 7.3 终端侧上、下行 3:3 时隙配置测试结果

时隙配比: 3:3		单用户吞吐量 (峰值 / 均值)			
PCCPCH_RSCP (均值)		近点: -65 dBm		远点: -85 dBm	
申请速率 (TC=3)	方向	邻区空载	邻区加载	邻区空载	邻区加载
16 kbps/512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	Down	520.8 kbps/443.8 kbps	496.6 kbps /439.5 kbps	496.5 kbps /444.3 kbps	496.6 kbps /442.5 kbps
	Up				
16 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	Down	981.6 kbps /817.2 kbps	969.0 kbps/812.2 kbps	993.2 kbps /810.4 kbps	981.1 kbps /804.9 kbps
	Up				

注:

① 由于凯明 512 kbps 的 HSDPA 手机 (具备路测功能的终端) 存在速率差和性能不稳定的问题, 故在后面以凯明 512 kbps 的 HSDPA 数据卡代替进行测试。

② 上面的数据为终端侧后台统计的 FTP 下载速率, 为应用层面的吞吐量, 非底层物理层的速率, 即非空中接口的速率。

③ 上面的数据为终端侧后台采用 Du-Meter 软件统计的应用层的下载速率, 由于缓存的原因, 其显示的峰值速率往往会超过系统侧下发数据的峰值速率, 所以, 终端侧后台统计的瞬时的峰值速率仅供参考, 主要以长时间统计的平均速率为主要参考数据。

## (2) 系统侧测试结果

系统侧测试结果如表 7.4 和表 7.5 所示。

表 7.4 系统侧上、下行 2:4 时隙配置测试结果

时隙配比: 2:4		单用户吞吐量 (峰值/均值)			
PCCPCH_RSCP (均值)		近点: -65 dBm		远点: -85 dBm	
申请速率 (TC=3)	方向	邻区空载	邻区加载	邻区空载	邻区加载
16 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 手机)	Down	476 kbps /461.9 kbps	475.3 kbps /447.9 kbps	476 kbps /464.9 kbps	470.8 kbps /446.4 kbps
	Up	15.00 kbps	14.90 kbps	14.97 kbps	14.78 kbps
16 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	Down	944.2 kbps /835.0 kbps	944.1 kbps /819.2 kbps	929.4 kbps /736.2 kbps	884.8 kbps /701.8 kbps
	Up	16.73 kbps	14.43 kbps	14.06 kbps	13.68 kbps
16 kbps /1.6Mbps (凯明 1.6Mbps 数据卡)	Down	1.33 Mbps /845 kbps	1.48 Mbps /896.0 kbps	1.46 Mbps /881.7 kbps	1.24 Mbps /816.0 kbps
	Up	14.75 kbps	15.10 kbps	14.83 kbps	14.37 kbps
64 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	Down	496.6 kbps /475.7 kbps	539.9 kbps /504.5 kbps	476.0 kbps /474.1 kbps	476.0 kbps /470.3 kbps
	Up	36.20 kbps	27.10 kbps	30.13 kbps	31.73 kbps
64 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	Down	936.7 kbps /847.1 kbps	939.5 kbps /883.0 kbps	928.5 kbps /840.7 kbps	854.9 kbps /751.5 kbps
	Up	27.17 kbps	22.15 kbps	28.00 kbps	22.05 kbps
64 kbps /1.6 Mbps (凯明 1.6 Mbps 数据卡)	Down	1.46 Mbps /1.41 Mbps	1.47 Mbps /1.07 Mbps	1.43 Mbps /1.33 Mbps	1.26 Mbps /1.11 Mbps
	Up	38.70 kbps	58.04 kbps	42.19 kbps	36.29 kbps

表 7.5 系统侧上、下行 3:3 时隙配置测试结果

时隙配比: 3:3		单用户吞吐量 (峰值/均值)			
PCCPCH_RSCP (均值)		近点: -65 dBm		远点: -85 dBm	
申请速率 (TC=3)	方向	邻区空载	邻区加载	邻区空载	邻区加载
16 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	Down	476.0 kbps /475.1 kbps	475.9 kbps /471.7 kbps	475.6 kbps /466.8 kbps	476.0 kbps /474.3 kbps
	Up	15.05 kbps	15.18 kbps	14.90 kbps	15.03 kbps
16 kbps /1Mbps (重邮 1Mbps 数据卡)	Down	958.0 kbps /873.8 kbps	959.4 kbps /877.9 kbps	959.8 kbps /871.5 kbps	958.1 kbps /860.5 kbps
	Up	15.14 kbps	15.03 kbps	15.19 kbps	15.17 kbps

### 7.4.3 测试结果分析

从测试结果分析中,可以得到下面几个结论。

#### (1) 不同上、下行时隙比例配置对单用户吞吐量的影响

不同上、下行时隙比例配置主要对不同能力等级的终端产生影响,就目前测试的 3 个能力等级的终端——能力等级 3 的凯明 512 kbps HSDPA 终端、能力等级 6 的重邮 1 Mbps

HSDPA 终端和能力等级 9 的凯明 1.6 Mbps HSDPA 终端，其中前两款只支持接收 2 个 HS-PDSCH 时隙，故在上、下行 2：4 或 3：3 时隙配置下，小区都可以配置 2 个 HS-PDSCH 时隙，512 kbps 和 1 Mbps 终端的单用户吞吐量都能达到其最大吞吐量能力，而 1.6 Mbps 的终端只有在上、下行 2：4 时隙配置且小区配置 3 个 HS-PDSCH 时隙下，单用户吞吐量才能达到其最大吞吐量能力。表 7.6 显示了凯明 512 kbps HSDPA 终端（能力等级 3）和重邮 1 Mbps HSDPA 终端（能力等级 6）在上、下行 2：4 或 3：3 时隙配置下，实际吞吐量测试结果对比情况。

表 7.6 终端侧上、下行 2：4 和 3：3 时隙配置测试结果对比

PCCPCH_RSCP (均值)	单用户下行吞吐量 / kbps					平均值	3：3 时隙对 2：4 时隙 平均值增幅	3：3 时隙对 2：4 时隙 平均值增幅百 分比
	近点：-65 dBm		远点：-85 dBm					
申请速率 (TC=3)	邻区空载	邻区加载	邻区空载	邻区加载				
2：4 时隙 16 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 手机)	431.7	417.9	439.9	411.1	425.2	17.4	4.09%	
3：3 时隙 16 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	443.8	439.5	444.3	442.5	442.5			
2：4 时隙 16 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	822.3	775.8	700.6	653.7	738.1	73.1	9.90%	
3：3 时隙 16 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	817.2	812.2	810.4	804.9	811.2			

根据图 7.2 的结果，凯明 512 kbps 终端（能力等级 3）在 3：3 时隙配置时相对于 2：4 时隙配置的下行速率增加 17.4 kbps，增幅为 4.09%，增加绝对值和增幅比例都比较小。重邮 1 Mbps 终端（能力等级 6）在 3：3 时隙配置时相对于 2：4 配置的下行速率增加 73.1 kbps，增幅为 9.90%，增加绝对值和增幅比例都比较明显。而理论上，凯明 512 kbps 终端（能力等级 3）和重邮 1 Mbps 终端（能力等级 6）都是只支持 2 时隙的 HS-PDSCH 接收，因此，不同时隙配置对于等级 3 和等级 6 两种终端的下行速率不会有明显影响。

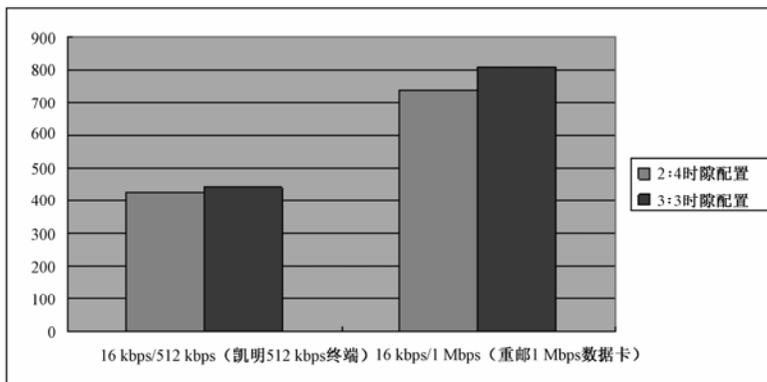


图 7.2 终端侧 2：4 和 3：3 时隙配置单用户吞吐量平均值对比

为了排除单个条目测试对结果的偏移性影响，对引入“HSDPA 室外容量测试”中的数据作进一步说明，相关数据如表 7.7 所示。

表 7.7 在室外分布系统容量测试中重邮数据卡在 2:4 和 3:3 时隙配置下单时隙下行速率汇总表

时隙配置	重邮数据卡单用户单时隙下载速率 / kbps								
	场景 1	场景 2	场景 3	场景 4	场景 5	场景 6	平均值	3:3 时隙对 2:4 时隙平均值增幅	3:3 时隙对 2:4 时隙平均值增幅百分比
2:4 时隙配置	340.0	316.7	304.8	245.9	301.2	296.1	300.8	72.0	23.94%
3:3 时隙配置	388.3	400.8	359.4	369.4	334.7	384.3	372.8		

根据表 7.7 可知，在室外分布系统容量测试中，重邮 1 Mbps 的数据卡在 3:3 时隙配置下的下行单时隙速率相对 2:4 时隙配置要增加 72 kbps，增幅比例达 23.94%。综合对此次单用户吞吐量测试以及室外分布系统容量测试的重邮终端数据分析可知，在实际网络环境中，重邮 1 Mbps 的 HSDPA 数据卡在 3:3 时隙配置下能获得比在 2:4 时隙配置下更高的下行速率，其原因可能为重邮终端设计导致。

## (2) 不同能力等级终端对单用户吞吐量的影响

对于测试中使用到的 3 款不同能力等级的终端——能力等级 3 的凯明 512 kbps HSDPA 终端、能力等级 6 的重邮 1 Mbps HSDPA 终端和能力等级 9 的凯明 1.6 Mbps HSDPA 终端，为测试不同等级终端在网络中的极限下载速率，测试采用所有终端发起该终端支持的最大下行速率业务，同时为了排除上行受限的干扰，各终端上行速率统一设为 64 kbps。通过选择近点且空载的测试点来排除场强和加载干扰对速率的影响，测试结果如表 7.8、表 7.9 及图 7.3 和图 7.4 所示。各终端极限下载速率都能接近发起速率的理论上限。对比三者的下载速率比可以发现：凯明的等级 3 与等级 9 的终端速率比为 1:2.96——基本达到 1:3 的理论比例；重邮等级 6 终端与凯明等级 3 终端速率比稍低——为 1:1.85，考虑到两个不同芯片提供商的差异，可以认为基本达到了 1:2 的理论比例。

表 7.8 不同能力等级终端的最大下载速率对比结果

终端	终端侧最大下载速率 / kbps	比率
凯明 512 kbps 终端	473.2	1.00
重邮 1 Mbps 终端	873.9	1.85
凯明 1.6 Mbps 终端	1 400	2.96

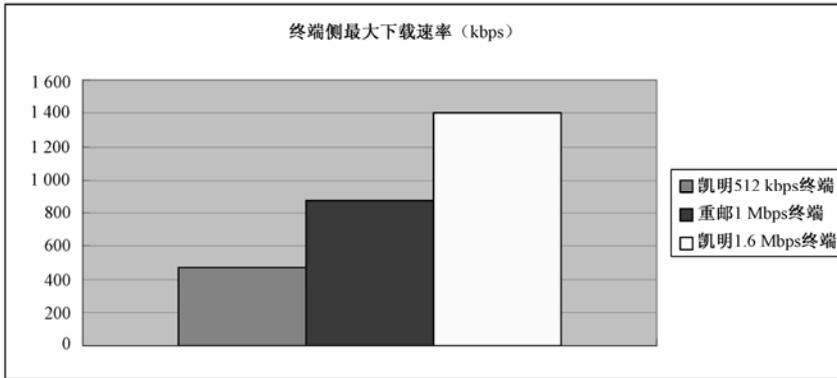


图 7.3 不同能力等级终端的最大下载速率对比结果

表 7.9 上、下行 2 : 4 时隙下不同能力等级终端在各种场景下平均下载速率对比结果

终端 业务	终端侧平均下载速率 / kbps			
	UL16K	比率	UL64K	比率
凯明 512 kbps (DL512K)	425.15	1	448.5	1
重邮 1 Mbps (DL1M)	738.15	1.74	818.3	1.82
凯明 1.6 Mbps (DL1.6M)	751.85	1.77	1 180	2.63

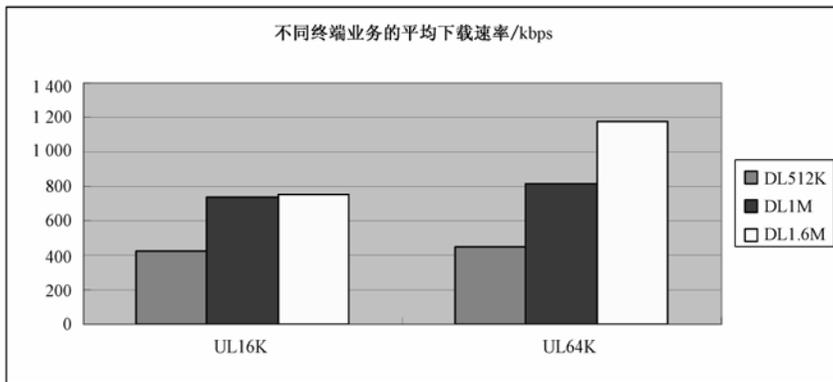


图 7.4 上、下行 2 : 4 时隙下不同能力等级终端在各种场景下平均下载速率对比结果

综上分析，不同终端在网络中的极限下载速率主要受到终端能力等级的影响。

### (3) 申请不同上行速率对单用户吞吐量的影响

虽然终端侧后台统计的上行速率数据不全且不够准确，但是从现有的这些数据以及系统侧的上行速率统计也可以看出，无论是邻区空载还是加载，无论是近点还是远点，无论是何款终端，配置上行 64 kbps 业务比配置上行 16 kbps 业务能获得更高的下载速率。

由于终端侧结果上行速率测试结果不够准确，故以系统侧结果进行分析。相关数据如

表 7.10、表 7.11、表 7.12 及图 7.5 所示。

表 7.10 系统侧上行申请不同速率对下行吞吐量的影响对比

2:4 时隙配置		单用户平均下行吞吐量 / kbps				平均值
PCCPCH_RSCP (均值)		近点: -65 dBm		远点: -85 dBm		
申请业务速率 (背景类)	方向	邻区空载	邻区加载	邻区空载	邻区加载	
16 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 手机)	DOWN	461.9	447.9	464.9	446.4	455.3
	UP	15.00	14.90	14.97	14.78	14.9
64 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	DOWN	475.7	504.5	474.1	470.3	481.2
	UP	36.20	27.10	30.13	31.73	31.3
16 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	DOWN	835.0	819.2	736.2	701.8	773.1
	UP	16.73	14.43	14.06	13.68	14.7
64 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	DOWN	847.1	883.0	840.7	751.5	830.6
	UP	27.17	22.15	28.00	22.05	24.8
16 kbps /1.6 Mbps (凯明 1.6 Mbps 数据卡)	DOWN	845.0	896.0	881.7	816.0	859.7
	UP	14.75	15.10	14.83	14.37	14.8
64 kbps /1.6 Mbps (凯明 1.6 Mbps 数据卡)	DOWN	1 410	1 070	1 060	1 110	1 163
	UP	38.70	58.04	42.19	36.29	43.8

表 7.11 系统侧下行吞吐量平均值汇总

业务类型	单用户下行吞吐量平均值 / kbps			
	UL16K	UL64K	增幅绝对值	增幅百分比
DL512K	455.3	481.2	25.9	5.68%
DL1M	773.1	830.6	57.5	7.44%
DL1.6M	859.7	1163	302.8	35.23%

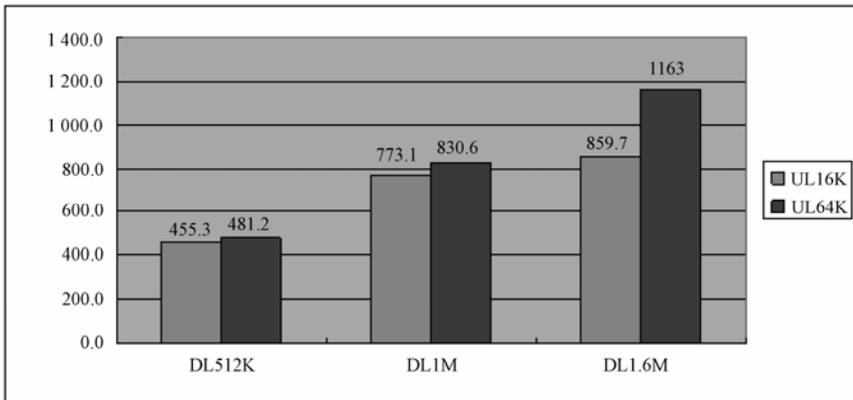


图 7.5 各终端 UL16K 和 UL64K 配置下的下行吞吐量结果对比

表 7.12 系统侧下行速率平均值汇总

业务类型	单用户上行吞吐量平均值 / kbps			
	UL16K	UL64K	增幅绝对值	增幅百分比
DL512K	14.9	31.3	16.4	109.8%
DL1M	14.7	24.8	10.1	68.7%
DL1.6M	14.8	44	29.0	196.7%

根据表 7.11 和图 7.5 可知, 无论发起何种下行速率的业务, 配置 UL64K 的业务能比配置 UL16K 业务获得更大的下行速率。但获得的下载速率增量幅度跟终端能力等级有关, 或者更确切地说, 跟下行申请的业务速率有关, 其中, 根据系统侧数据统计:

① 对于申请 DL512K 的业务, 当上行配置由 UL16K 改成 UL64K 时, 下行速率绝对增加值为 25.9 kbps, 增幅为 5.68%, 而相应上行速率绝对增加值为 16.4 kbps, 增幅为 109.8%。无论是 UL16K 配置还是 UL64K 配置, 下行速率平均值都已经接近 512 kbps, 业务的理论速率, 而且综合考虑实际下行速率的增幅与上行资源的占用, 因此, DL512K 业务上行配置 UL16K 已经基本满足下行业务的需要。

② 对于申请 DL1M 的业务, 当上行配置由 UL16K 改成 UL64K 时, 下行速率绝对增加值为 57.5 kbps, 增幅为 7.44%, 而相应上行速率绝对增加值为 10.1 kbps, 增幅为 68.7%。参照表 7.10 中各种场景下 DL1M 业务在 UL64k 配置下的上行速率, 范围为 16~32 kbps, 因此, DL1M 业务上行配置 UL32K 能够满足下行业务的需要。

③ 对于申请 DL1.6M 的业务, 当上行配置由 UL16K 改成 UL64K 时, 下行速率绝对增加值为 302.8 kbps, 增幅为 35.23%, 增幅明显, 而相应上行速率绝对增加值为 29 kbps, 增幅为 196.7%, 增幅很明显, 说明在 UL16K 配置下实际上行速率严重受限, 参照表 7.10 中各种场景下 DL1.6M 业务在 UL64K 配置下的上行速率, 范围为 32~64 kbps, 因此, DL1.6M 业务上行应配置 UL64K 才能够完全满足下行业务的需要。

根据上述分析, 对于 DL1M 和 DL1.6M 业务, 为了获得最好的下行速率, 上行应该分别配置 UL32K 和 UL64K, 但这样会引起较多的码道资源占用。考虑在实际网络中, 在多用户条件下, 各个用户采用比例公平调度算法时获得的实际下行速率会进行均分, 参照表 7.10 的数据, 综合考虑码道资源的占用与实际获得的下行速率, 在多用户条件下, DL1M 和 DL1.6M 可以考虑配置 UL16K。

#### (4) 近点和远点不同信号场强对单用户吞吐量的影响

相关数据如表 7.13 和图 7.6 所示。

表 7.13 终端侧近点和远点的单用户下载速率对比

PCCPCH_RSCP (均值)	单用户下行速率 / kbps						远点比近点 平均值差值	远点比近点 平均值 差值百分比
	近点: -65 dBm			远点: -85 dBm				
申请业务速率 (TC=3)	邻区空载	邻区加载	平均值	邻区空载	邻区加载	平均值		
3:3 时隙 16 kbps/512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	443.8	439.5	441.7	444.3	442.5	443.4	1.8	0.40%
2:4 时隙 16 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 手机)	431.7	417.9	424.8	439.9	411.1	425.5	0.7	0.16%
2:4 时隙 64 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	473.2	442.2	457.7	457.6	420.9	439.3	-18.5	-4.03%
3:3 时隙 16 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	817.2	812.2	814.7	810.4	804.9	807.7	-7.1	-0.87%
2:4 时隙 16 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	822.3	775.8	799.1	700.6	653.7	677.2	-121.9	-15.26%
2:4 时隙 64 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	873.9	853	863.5	822.3	723.8	773.1	-90.4	-10.47%
2:4 时隙 16 kbps /1.6 Mbps (凯明 1.6 Mbps 数据卡)	788.1	721.8	755.0	822.8	674.5	748.7	-6.3	-0.83%
2:4 时隙 64 kbps /1.6 Mbps (凯明 1.6 Mbps 数据卡)	1400	1050	1225	1250	1020	1135	-90.0	-7.35%

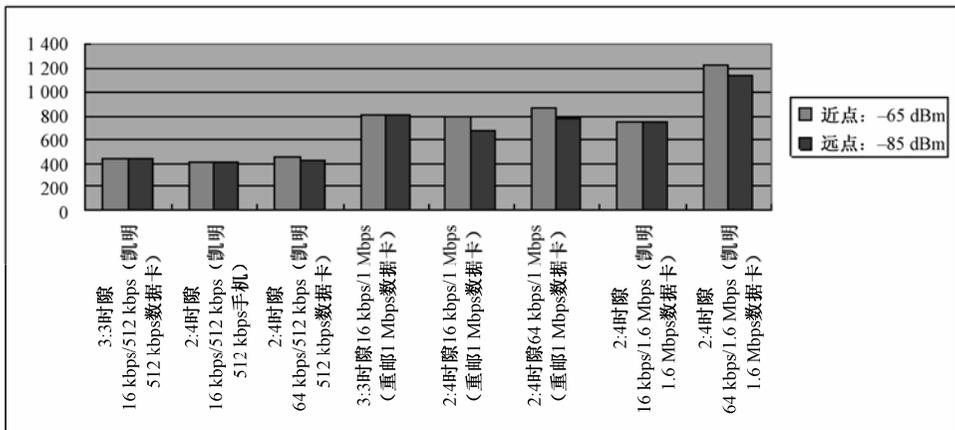


图 7.6 各场景条件下近远点下载速率对比

对于远点比近点平均值相对差值百分比在 $\pm 0.5\%$ 内的数据认为没有明显差异。根据表 7.13 的结果,凯明数据卡 3:3 时隙 16 kbps/512 kbps 业务和 2:4 时隙 16 kbps/512 kbps 业务在远点和近点的差值比例都在 $\pm 0.5\%$ 内,视为没有明显差异。排除这两组数据后,其

余场景中远点下载速率平均值都比近点下载速率平均值要低，说明在不同场强条件下，场强的降低会引起终端下载速率的降低。原因是场强降低，路损增大，会降低 HSDPA 相关信道的解调质量，引起下载速率的降低。

对于凯明 512 kbps 的终端，在各种不同发起速率条件下，远点比近点的平均值降幅不大。下载速率稍有差别是在上行申请 64 kbps 时，近点才能体现出上行 64 kbps 的一点优势来。分析结果为，对于 DL512K 业务，远、近场强不是影响下行速率的主要因素。

对于重邮 1 Mbps 的终端，在上、下行 3：3 时隙配置下，UL16K/DL1M 业务的远点相对于近点的下载速率降幅为 0.87%，在上、下行 2：4 时隙配置下，UL16K/DL1M 业务的远点相对于近点的下载速率增幅为 15.26%，UL64K/DL1M 业务的远点相对于近点的下载速率增幅为 10.47%。分析结果为，对于 DL1M 业务，远、近场强会明显影响下行速率。

对于凯明 1.6 Mbps 的终端，UL16K/DL1.6M 业务的远点相对于近点的速率下降了 0.83%，UL64K/DL1.6M 业务的远点相对于近点的速率下降了 7.35%。UL64K/DL1.6M 业务具有比 UL16K/DL1.6M 业务更明显的远、近场强下载速率差异，估计是因为 UL16K/DL1.6M 业务存在严重的上行受限，远、近场强的影响相对就变得不那么明显了，而 UL64K/DL1.6M 业务上行不受限，这时下载速率受远、近场强的影响就比较明显了。

(5) 邻区空载和加载对单用户吞吐量的影响

根据表 7.14 中的测试结果，邻区加载会降低主测小区终端的下载速率。各场景条件邻区空载、加载速率对比如图 7.7 所示。

表 7.14 终端侧邻区空载和加载下单用户下载速率对比

PCCPCH_RSCP (均值)	单用户下行吞吐量 / kbps							
	邻区空载			邻区加载			邻区加载 比空载 平均值差值	邻区加载 比空载 平均值差值 百分比
申请业务速率 (TC=3)	近点: -65 dBm	远点: -85 dBm	平均值	近点: -65 dBm	远点: -85 dBm	平均值		
3：3 时隙 16 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	443.8	444.3	444.1	439.5	442.5	441.0	-3.1	-0.69%
2：4 时隙 16 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 手机)	431.7	439.9	435.8	417.9	411.1	414.5	-21.3	-4.89%
2：4 时隙 64 kbps /512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	473.2	457.6	465.4	442.2	420.9	431.6	-33.9	-7.27%
3：3 时隙 16 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	817.2	810.4	813.8	812.2	804.9	808.6	-5.3	-0.65%
2：4 时隙 16 kbps /1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	822.3	700.6	761.5	775.8	653.7	714.8	-46.7	-6.13%

续表

PCCPCH_RSCP (均值)	单用户下行吞吐量 / kbps							
	邻区空载			邻区加载			邻区加载 比空载 平均值差值	邻区加载 比空载 平均值差值 百分比
申请业务速率 (TC=3)	近点: -65 dBm	远点: -85 dBm	平均值	近点: -65 dBm	远点: -85 dBm	平均值		
2:4 时隙 64 kbps/1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	873.9	822.3	848.1	853	723.8	788.4	-59.7	-7.04%
2:4 时隙 16 kbps /1.6 Mbps (凯明 1.6 Mbps 数据卡)	788.1	822.8	805.5	721.8	674.5	698.2	-107.3	-13.32%
2:4 时隙 64 kbps/1.6 Mbps (凯明 1.6 Mbps 数据卡)	1400	1250	1325	1050	1020	1035	-290.0	-21.89%

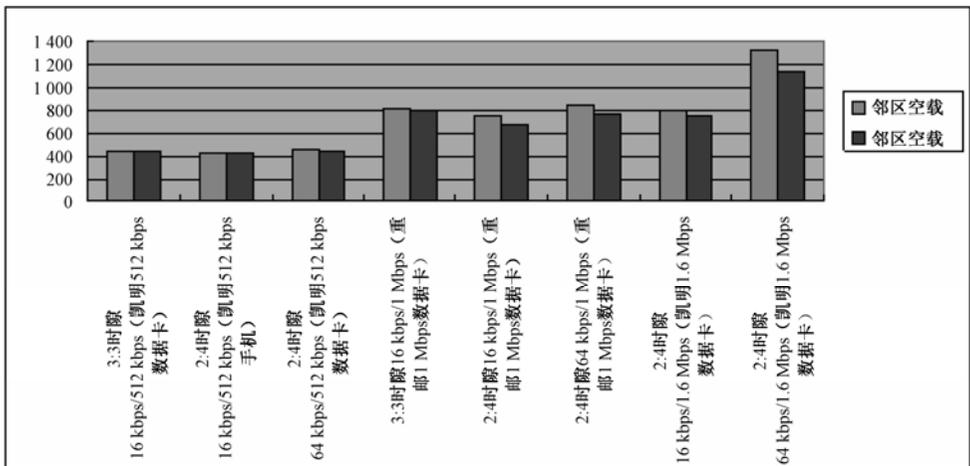


图 7.7 各场景条件下邻区空载、加载速率对比

在上、下行 3:3 时隙配置下, 凯明 512 kbps 终端和重邮 1 Mbps 终端在邻区空载和邻区加载下的下行速率差别非常小, 在后面分析中, 这两组数据仅作为参考。

由图 7.8 和图 7.9 可知, 在 2:4 时隙配置下, 邻区加载对 UL64K 业务的影响比对 UL16K 要大。对于 UL64K 业务, 上行不存在受限情况, 下行速率主要受邻区是否加载影响。对于 UL16K 业务, 上行存在受限情况, 下行速率同时受上行和邻区加载影响, 上行受限会降低邻区加载对下行速率的影响。

另外, 对比 DL512K, DL1M 和 DL1.6M 业务下行速率受邻区加载的影响, DL1.6M 业务下载速率更易受邻区加载影响。其原因是申请越高的下行速率业务, 系统越倾向于采用下行速率高的调制方式, 即采用 16QAM 调制。当邻区加载时, HS-PDSCH 信道受到干扰, 终端解调能力下降, 而 QPSK 调制具有比 16QAM 调制更好的抗干扰性能, 所以系统通过降低 16QAM 调制, 增加 QPSK 调制来抵抗干扰, 选用低阶调制方式伴随的就是下行速率的降低。而对于 DL1.6M 业务, 在 3 条 HS-PDSCH 配置条件下, 需要全部采用 16QAM

调制才能达到理论速率，因此下行速率更易受邻区加载的影响。

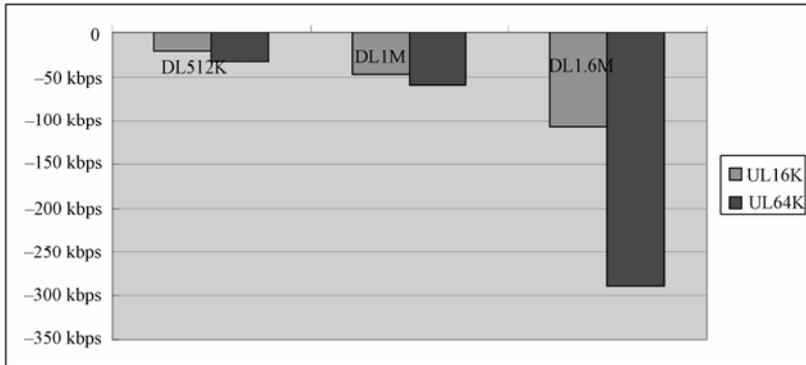


图 7.8 上、下行 2 : 4 时隙配置下不同业务在邻区加载、空载下的下载速率差值对比

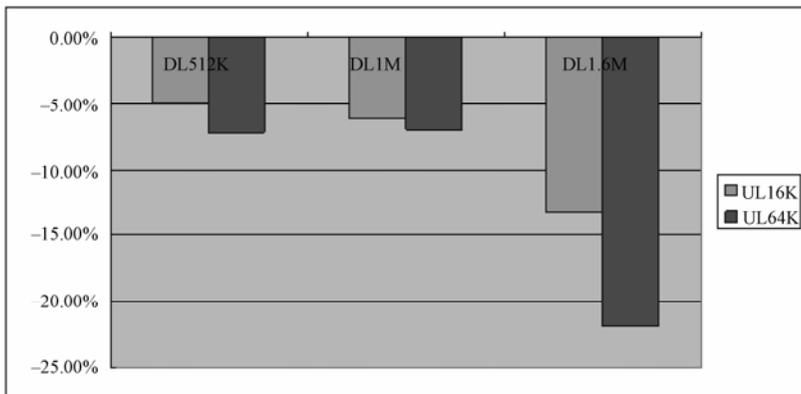


图 7.9 上、下行 2 : 4 时隙配置下不同业务在邻区加载、空载下的下载速率差值降幅对比

### (6) 各种因素对单用户吞吐量的综合效果和影响大小

综上所述，影响单用户吞吐量的因素有很多，包括近点和远点的信号场强大小，近点和远点的无线信道传播环境差异，业务申请的上行速率的大小，业务申请的下行速率的大小，终端能力等级及邻区空载和加载等，这些因素综合在一起共同作用和影响着终端的下载速率及其变化。在不同组合的场景下，不同因素起着不同大小的影响，在每个场景下，往往会有一或两个因素起到主导作用。在这些影响因素中，可以比较明确地对下载速率及其变化起着关键或者牵连作用的因素就是“上、下行申请速率的比例”，这个比例如果不恰当，将容易出现上行受限，在其他因素的间接作用下，对下载速率变化会起到放大的效果。我们可以以一个最差环境（如信号场强弱、无线传播环境复杂、上行或下行受限和邻区有加载干扰等）下获得的最低速率作为 TD-HSDPA 实际商用网络的参考 KPI 指标，如表 7.15 所示。

表 7.15 最差环境测试结果（远点-邻区模拟加载）

单用户 下载速率/ kbps	3:3 时隙	2:4 时隙	2:4 时隙	3:3 时隙	2:4 时隙	2:4 时隙	2:4 时隙	2:4 时隙
	16 kbps / 512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	16 kbps/ 512 kbps (凯明 512 kbps 手机)	64 kbps / 512 kbps (凯明 512 kbps 数据卡)	16 kbps / 1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	16 kbps / 1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	64 kbps / 1 Mbps (重邮 1 Mbps 数据卡)	16 kbps/ 1.6 Mbps (凯明 1.6 Mbps 数据卡)	64 kbps/ 1.6 Mbps (凯明 1.6 Mbps 数据卡)
	442.5	411.1	420.9	804.9	653.7	723.8	674.5	1 020

## 7.4.4 结论和建议

综上所述，影响单用户吞吐量的因素有很多，包括近点和远点的信号场强大小、近点和远点的无线信道传播环境差异、业务申请的上行速率的大小、业务申请的下行速率的大小、终端能力等级及邻区空载和加载，等等，这些因素综合在一起共同作用和影响着终端的下载速率及其变化，在不同组合的场景下，不同影响因素起着不同大小的影响，在每个场景下，往往会有一或两个因素起到主导作用。从结果可以推算出，UL16/DL512K，UL32/DL1M 和 UL64/DL1.6M 依次是性能表现最为稳定、效率最佳的一种配置。

## 7.5 TD-HSDPA 密集城区覆盖能力测试

测试内容：TD-HSDPA 在密集城区覆盖能力测试。

### 7.5.1 测试结果

TD-HSDPA 单小区单用户密集市区环境覆盖测试结果如表 7.16 所示。

表 7.16 单小区单用户覆盖测试数据

R4/HS 业务	申请速率 上行 / 下行	HS-DSCH 功率 / dBm	覆盖距离 / m	
			平均 / 单时隙 / kbps	掉话时速率
R4 PS	64 kbps /128 kbps	33	998	117.8/117.8
	16 kbps /128 kbps	33	950	107.2/107.2
HSDPA 业务	64 kbps /512 kbps	33	1 000	410.3/205.2
		33	1 000	380.8/190.4
	16 kbps /512 kbps	30	1 000	396.9/198.5

续表

R4/HS 业务	申请速率 上行 / 下行	HS-DSCH 功率 / dBm	覆盖距离 / m	掉话时速率 平均 / 单时隙 / kbps
		27	1 000	395.7/197.8
		24	997.4	374.9/187.5
	64 kbps / 1.6 Mbps	33	1 000	909.4/303.1
	16 kbps/1.6 Mbps	33	780	730/243.3
		30	740	773/257.3
		27	1 000	663.5/221.1
		24	800	719.7/239.9

## 7.5.2 测试结果分析

结合表 7.16 中的测试数据，从以下 3 个方面对测试结果进行分析。

### (1) 城区覆盖距离指标

HSDPA 512K 和 R4 PS128K 的覆盖距离大都为 1 000 m 左右，由于测试路线的限制，超过 1 000 m 后立即进入深衰落区，导致 HSDPA 512K 和 PS128K 都立刻受限掉话。从具体数据来看，PDSCH 最低功率为 24 dBm 下的 HSDPA UL16K/DL512K 和 DCH 最大功率为 33 dBm 的 PS UL64K/DL128K 的覆盖距离均为 997 m，表明 HSDPA 512K 的覆盖稍大于 R4 PS128K。结合下载速率的测试数据，进一步得出，HSDPA512K 的覆盖质量则要明显好于 R4 PS128K。

HSDPA UL64K/DL1.6M 的覆盖距离为 1 000 m，与 HSDPA 512K 的覆盖距离相当，也因测试路线受限导致掉话。结合下载速率分析得出，HSDPA UL64K/DL1.6M 的 909.4 kbps 下载速率比 HSDPA UL64K/DL512K 的 410.3 kbps 下载速率要高一倍。虽然 HSDPA UL64K/DL1.6M 使用了 3 个 PDSCH 时隙，HSDPA UL64K/DL512K 使用了 2 个 PDSCH 时隙，但单时隙下载速率相比，前者是 303 kbps，比后者的 205 kbps 要高 100 kbps 左右。

HSDPA UL16K/DL1.6M 的覆盖距离都在 750~800 m，PDSCH 功率为 27 dBm 下的 HSDPA UL16K/DL1.6M 的覆盖距离记录为 1 000 m，但相应统计的下载速率却相对要低许多，大约在 750~800 m 后，虽然没有掉话，但是速率已经非常低，其有效覆盖距离与其他 PDSCH 功率分别为 33 dBm，30 dBm 和 24 dBm 的覆盖距离一致，也是 750~800 m。PDSCH 的功率大小对覆盖距离影响不大。因为对于 HSDPA UL16K/DL1.6M 而言，此时上行伴随信道（A-DPCH）受限了。

分析以上测试数据，可知：

- HSDPA 512K 的覆盖距离不小于 1 000 m，在 PDSCH 功率设置为 24 dBm 时，HSDPA UL16K/DL512K 覆盖距离基本在 1 000 m 左右，覆盖距离最大。

- HSDPA UL64K/DL1.6M 的覆盖距离不小于 1 000 m，覆盖距离次大。
  - HSDPA UL16K/DL1.6M 的覆盖距离在 750~800 m 之间，由于上行 A-DPCH 受限，覆盖距离最小。
  - PS UL16K/DL128K 的覆盖距离为 950 m，上行受限了，覆盖距离次小。
  - PS UL64K/DL128K 的覆盖距离为 1 000 m 左右，上行稍微受限，在 1 000 m 处，即测试车拐弯进入深衰落区之前也基本处于掉话边缘了，覆盖距离属于中间位置。
- 总之，密集城区 HSDPA 各种业务覆盖距离从大到小的顺序为：

HS512K>HSUL64K/DL1.6M>PSUL64K/DL128K>PSUL16K/DL128K>HS UL16K/DL1.6M。

由图 7.10 可以看出，HS UL16K/DL1.6M 比 HS UL64K/DL1.6M 的覆盖距离至少小 200~250 m，覆盖半径收缩至少在 20%~25% 之间。HSUL16K/DL512K 与 HS UL64K/DL512K 覆盖距离相当。PS UL16K/DL128K 比 PS UL64K/DL128K 的覆盖距离小 50 m，覆盖半径收缩 5%。

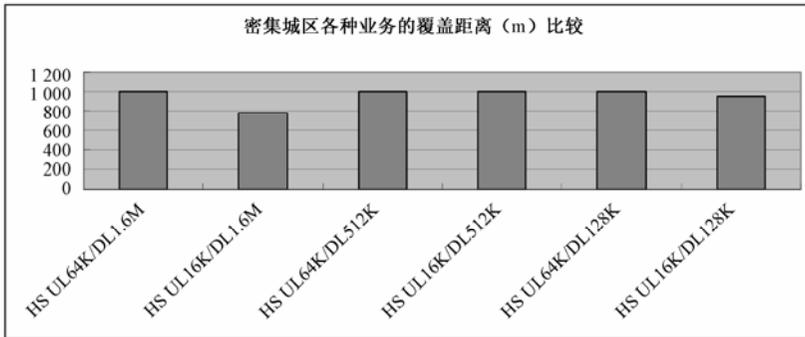


图 7.10 密集城区各种数据业务的覆盖距离对比

综上所述，在本次密集城区覆盖测试场景中，由于测试路线受限的原因，不同终端能力等级的业务对覆盖影响不大，它们的覆盖距离基本都在 1 000 m 处，而覆盖距离只有 750~800 m 的 HS UL16K/DL1.6M 业务是因为上行速率设置过低导致的。

由表 7.17 可知，PDSCH 功率在 24 dBm 以上，对覆盖距离基本无影响。

表 7.17 城区覆盖测试结果——不同业务的覆盖距离对比

业务类型	覆盖距离 / m	比例
HSDPA UL64K/DL1.6M	1 000	100%
HSDPA UL64K/DL512K	1 000	100%
PS UL64K/DL128K	1 000	100%

表 7.18 测试结果显示，数据上行速率的大小主要对 HS DL1.6M 业务的覆盖距离有较大影响，上行业务在申请 16 kbps 速率时的覆盖距离比 64 kbps 时要收缩 20%~25%。

表 7.18 城区覆盖测试结果——上行速率 64 kbps 比 16 kbps 时的覆盖增量

业务类型	上行 16 kbps 比 64 kbps 的覆盖收缩
HSDPA 1.6M	20%~25%
HSDPA 512K	0%
PS128K	5%

(2) 城区覆盖测试下载速率指标

对于下行 1.6 Mbps 的 HSDPA 业务来说, 上行 64 kbps 的下载速率比上行 16 kbps 的下载速率增加 180 kbps, 增幅约为 25%。这是因为上行申请 16 kbps 是会导致上行受限的, 而改为 64 kbps 后, 其上行受限大为改善。

对于下行 512 kbps 的 HSDPA 业务来说, 上行 64 kbps 的下载速率比上行 16 kbps 的下载速率增加 30 kbps, 增幅约为 8%, 相对较低。这是因为, 对于下行 512 kbps 的业务来说, 上行申请 16 kbps 可以满足要求, 基本不会受限。

对于下行 128 kbps PS 业务来说, 上行 64 kbps 的下载速率比上行 16 kbps 的下载速率增加 10.6 kbps, 增幅达到 10%。这是因为上行申请 16 kbps 时, 上行还会受限, 而改为 64 kbps 后, 上行受限得到改善。由于本身下行速率最大为 128 kbps, 所以影响不明显。

(3) 各种业务的单时隙下载速率

R5 的 HSDPA 业务明显要比 R4 的 PS 业务获得更高的下载速率, 而 HSDPA 中的 1.6 Mbps 业务 (终端能力为 9) 又要比 512 kbps 业务 (终端能力为 3) 获得更高的速率。由此表明, 对于终端能力越高的 HSDPA 业务, 由于可以支持更高效率的调制方式、编码方式和错包重传方式等, 所以可以获得更高的频谱利用率。

在 TD-HSDPA 密集城区覆盖测试场景中, PDSCH 功率对下载速率的影响不大, 如图 7.11 所示。考虑在实际密集城区商用网络的规划中, 单小区覆盖距离往往远小于 1 000 m, 所以 PDSCH 功率应设置在 24~27 dBm 范围内, 可以完全满足网络覆盖要求。所以应根据工程实际情况, 稍作上调或下调。

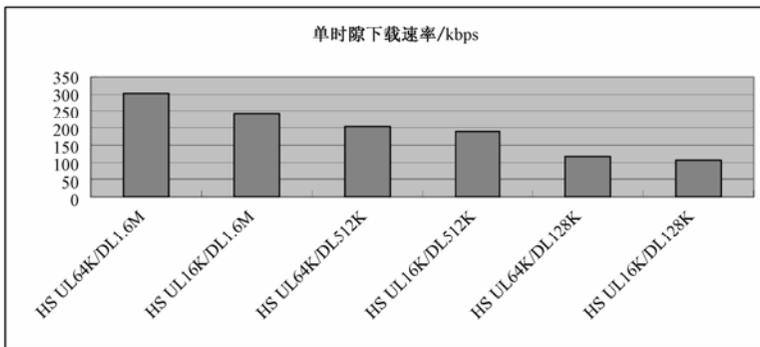


图 7.11 密集城区各种数据业务的覆盖质量——单时隙下载速率对比

### 7.5.3 结论和建议

在本次密集城区覆盖测试场景中，PDSCH 功率对下载速率的影响不大，主要是在 PDSCH 功率设置为 24 dBm 时，差别稍大。由此可见，在密集城区里，PDSCH 功率设置在 24~27 dBm 范围内，应该比较适合单小区有效覆盖范围的。

由于此次的覆盖测试，移动范围实际上已经超越了一圈邻区，到达了 1 000 m 处的第 2 圈邻区，所以考虑到实际密集城区商用网络的规划情况——单小区覆盖距离往往远小于 1 000 m，PDSCH 的功率设置在 24 dBm 是完全满足网络覆盖要求的，根据实际情况，稍进行上调或下调。

综上所述可知：

① 在密集城区环境下，不同终端能力等级的业务的下载速率相差较大，终端能力等级越高的业务，获得的速率增幅越大，如表 7.19 所示。

表 7.19 城区覆盖测试结果——不同业务的下载速率对比

业务类型	单时隙下载速率 / kbps	比例
HSDPA UL64K/DL1.6M	303.1	257.3%
HSDPA UL64K/DL512K	205.2	174.2%
PS UL64K/DL128K	117.8	100%

② 上行速率的大小对各业务的下载速率影响比较明显，如表 7.20 所示。

表 7.20 城区覆盖测试结果——上行速率 64 kbps 比 16 kbps 时的速率增幅

业务类型	上行 64 kbps 比 16 kbps 的速率增幅
HSDPA 1.6M	25%
HSDPA 512K	8%
PS128K	10%

PDSCH 功率的大小在 24 dBm 以上，基本对各业务的下载速率无影响。

③ 在密集城区环境下，上行受限。

在 TD-HSDPA 密集城区覆盖测试环境中，PS 业务在 UL16K 时表现为上行受限，在 UL64K 时则表现为上、下行基本平衡。而 HSDPA 业务也是表现为不同程度的上行 A-DPCH（即伴随 DPCH）受限，特别是当下行业务申请为 1.6 Mbps 而上行业务只申请 16 kbps 时，表现尤为明显，只有在 PDSCH 功率设置为 24 dBm 时的 HSDPA UL PS16K/DL PS512K，上行申请 16 kbps 的 A-DPCH 和 PDSCH 基本上是同时受限的。由测试数据分析的结果可知，在单小区只有 1 个 HS 用户或者 1 个 PS 用户时，特别是当下行为 1.6 Mbps 的 HS 用户时，建议上行应该配置为 64 kbps，以避免其上行严重受限。上、下行业务申请配置速率建议值如下：

下行 512 kbps, 上行 16 kbps; 下行 1 Mbps, 上行 32 kbps; 下行 1.6 Mbps, 上行 32~64 kbps。

④ 结合具体测试数据, 分析调制方式与覆盖距离的对应关系。

根据密集城区覆盖测试 1.6 Mbps 终端的数据来看, 当上行为 64 kbps 时, 其覆盖距离为 1 000 m, 在前 945 m 之前基本上是 16QAM 调制, 而后才转为 QPSK 调制, 16QAM 调制在覆盖全程的比例达到 94%; 而当上行为 16 kbps 时, 除了一个 PDSCH 功率设置为 27 dBm 时跑出了 1 000 m 覆盖外——此次也是在 945 m 处调制方式从 16QAM 转变为 QPSK, 其他覆盖距离基本上在 750~800 m 之间, 由于上报 CQI 很小, 虽然调制方式也是从 16QAM 转变为 QPSK, 但是 QPSK 次数很少, 不具有统计意义。

本次密集城区覆盖测试对于 HSUL64K/DL1.6M 业务来讲, 可认为其 16QAM 占到调制比例的 94% 左右, 而覆盖距离则可以达到 94.5% 左右。

⑤ 结合具体测试数据, 分析各种业务在覆盖边缘的下载速率。

在密集城区覆盖测试中, 各种 HSDPA 和 PS 业务在覆盖边缘的下载速率基本上是一个从较高的速率突降至零的过程, 不是一个逐步下降的过程——除了 HS UL64K/DL1.6M 以及 PDSCH 功率为 27 dBm 时的 HS UL16K/DL1.6M 业务, 在调制方式从 16QAM 转变为 QPSK 后, 速率是逐步下降的。所以, 在密集城区里, 覆盖边缘基本上是一个突变的界限。

## 7.6 TD-HSDPA 室内分布系统容量测试

测试内容: TD-HSDPA 室内分布系统容量测试。

### 7.6.1 测试结果

相关数据如表 7.21 所示。

表 7.21 测试结果汇总

各 UE 的 下载速率 /kbps	开复用远 点 2 对 SICH/SCCH	开复用远 点 1 对 SICH/SCCH	开复用集 中远点 2 对 SICH/SCCH	开复用集 中远点 1 对 SICH SCCH	关复用远 近点 2 对 SICH /SCCH	关复用远 近点 1 对 SICH /SCCH	关复用集 中远点 2 对 SICH/ SCCH	关复用集 中远点 1 对 SICH/ SCCH	开复用窗边 和近点 1 对 SICH/SCCH
UE1	103.1	69.8	89.7	76.7	227	174.8	221.1	182.9	84.2
UE2	103.8	78.6	117.2	99.5	220	169.8	143.3	162.9	81.3
UE3	91.4	87.3	105.8	87.2	190.4	202.7	210.9	192.7	82.9
UE4	87.4	79.4	85.2	78.2	224	210.8	160.9	160.5	85.2
UE5	113.5	80.3	88.5	77.1	216.5	186.8	206.5	176	99.7

续表

各 UE 的 下载速率 /kbps	开复用远近 点 2 对 SICH/SCCH	开复用远近 点 1 对 SICH/SCCH	开复用集中 远点 2 对 SICH/SCCH	开复用集 中远点 1 对 SICH SCCH	关复用远 近点 2 对 SICH /SCCH	关复用远 近点 1 对 SICH /SCCH	关复用集 中远点 2 对 SICH/ SCCH	关复用集中 远点 1 对 SICH/ SCCH	开复用窗边 和近点 1 对 SICH/SCCH
UE6	114	99.7	97.6	83	193.4	173.5	157.4	125.3	90.2
UE7	86.8	83.9	102.9	73.8		158.9		151.8	56.4
UE8	97	91.2	93.7	75.6					63
UE9	113.6	81	113.2	79.2					103.5
UE10	78.8	74.7	87.8	87					83.1
UE11	89.2	58.5	105	74.9					60.4
UE12	81.3	83.2	92.1	87.2					81.5
UE13		78.5		68.8					73.3
UE14		87.4		92.7					77.3
终端侧统 计总吞吐 量 / kbps	1 159.9	1 133.5	1 178.7	1 140.9	1 271.3	1 277.3	1 100.1	1 152.1	1 122
系统侧统 计总吞吐 量 / kbps	1 284.863	1 214.231	1 264.140	1 236.523	1 324.787	1 326.844	1 172.507	1 209.493	1 201.081

注：系统侧统计的吞吐量为估算的 MAC-HS 层吞吐量，下同。

## 7.6.2 测试结果分析

### (1) 容量、用户吞吐量分析

在上、下行时隙比例 2 : 4 配置下，受限于下行时隙的码资源，根据网络侧的配置不同，小区单载波可以达到的 HS 最大用户数也不同。本测试的得到的最大用户数与理论值一致。每种配置所能达到的最大用户数如表 7.22 所示。

表 7.22 网络配置与 HS 最大用户数

配 置	2 对 HS-SCCH /HS-SICH 关闭 A-DPCH 复用	1 对 HS-SCCH /HS-SICH 关闭 A-DPCH 复用	2 对 HS-SCCH /HS-SICH 打开 A-DPCH 复用	1 对 HS-SCCH /HS-SICH 打开 A-DPCH 复用
最大用户数	6	7	12	14

对于不同的网络配置，不区分测试场景为近点或远点，分析不同最大用户数下每个用户的吞吐量。不同用户数对应的每个用户吞吐量平均值对比如图 7.12 所示。

从图 7.12 可以看出，用户数从 6UE 增加到 14UE，平均每个用户平均吞吐量从 200 kbps 减少到 80 kbps。

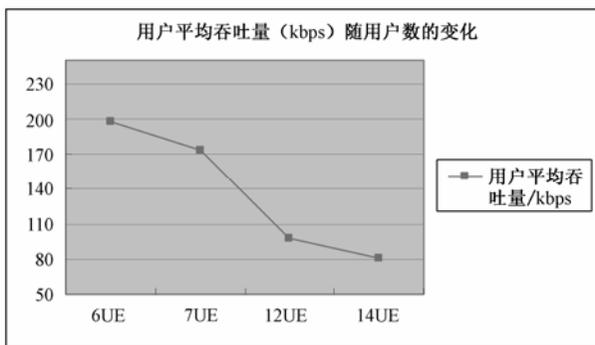


图 7.12 每个用户吞吐量随最大用户数变化

对于不同的最大用户数，每个用户的吞吐量也有一点差异。不同用户数情况下的用户吞吐量的累积概率分布图如图 7.13 所示。

从图 7.13 可以看出，在不同用户数情况下，12UE 和 14UE 用户之间吞吐量分布在相差约 30 kbps 的区段之内，而 6UE 和 7UE 大部分用户吞吐量分布在相差 50~60 kbps 的区段之内，用户间差别不大，体现了网络较好的调度公平性。具体来看，对于容量为 6UE 的情况，有 90% 以上的用户吞吐量大于 160 kbps；对于 7UE，有 90% 以上的用户吞吐量大于 150 kbps；对于 12UE，有 90% 以上的用户吞吐量大于 85 kbps；对于 14UE，有 90% 以上的用户吞吐量大于 70 kbps。

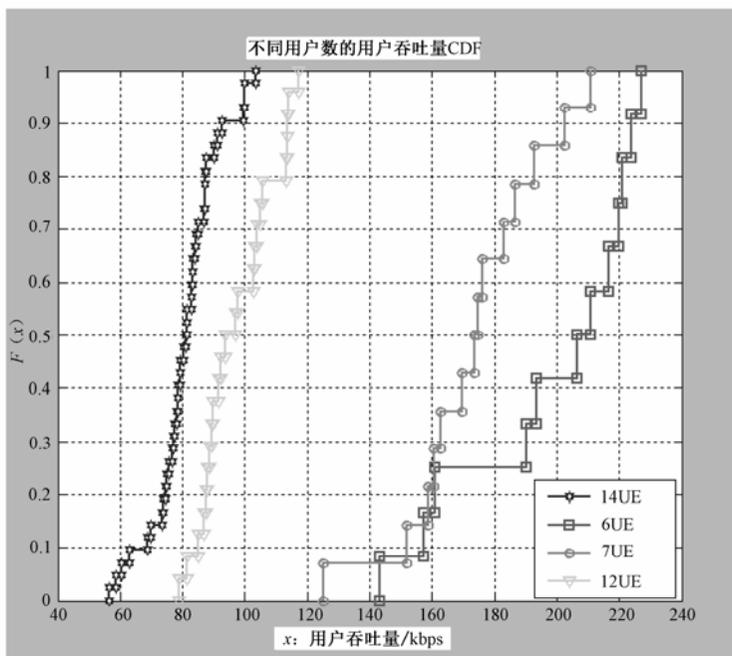


图 7.13 不同用户数的用户吞吐量 CDF

### (2) 用户数对小区吞吐量的影响

对于不同的用户数，小区总吞吐量的对比如图 7.14 所示。

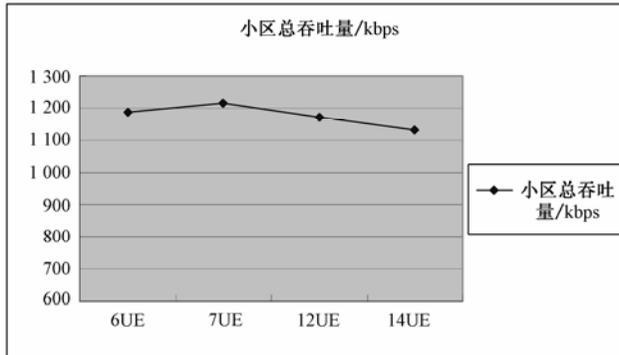


图 7.14 不同用户数下的小区总吞吐量

从图 7.14 中可以看出，随着用户数增加，小区吞吐量略有下降，但并不明显，当最大用户数为 14 个时，小区总吞吐量仍可以达到 1.1 Mbps 以上，同 6UE 时相比，吞吐量下降 50 kbps 左右，损失约 4.5%。

### (3) 不同位置中小区吞吐量对比

将不同的网络配置合并考虑，比较不同位置下小区吞吐量的变化情况，如图 7.15 所示。

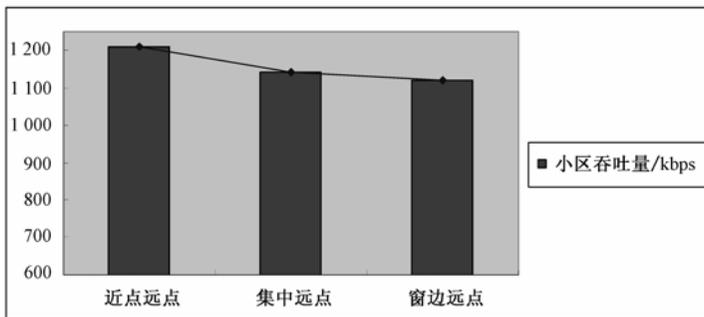


图 7.15 不同位置下小区吞吐量比较

注：近点 / 远点 (6UE/6UE)

从图 7.15 可以看出，所有用户集中远点的情况比用户分布在近点远点时略低。测试中还选择信道环境较差的窗边场景，该场景下的总吞吐量最低。这说明有用户同时分布在信道环境较好和较差的情况下，会比所有用户集中在信道环境较差场景中在小区吞吐量上得到 60~80 kbps 的增益，占总吞吐量的 5%~10%。

#### (4) 打开与关闭复用功能下小区吞吐量比较

打开和关闭 A-DPCH 复用功能，对比小区吞吐量，如图 7.16 所示。

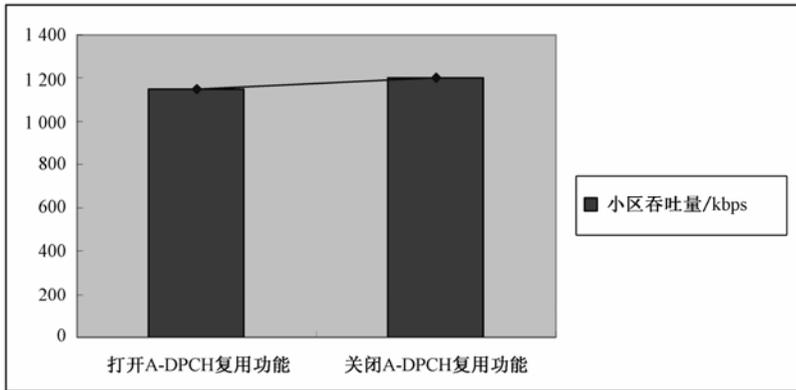


图 7.16 打开和关闭 A-DPCH 复用功能小区吞吐量比较

从图 7.16 中可以看到，打开 A-DPCH 复用功能的情况下比关闭 A-DPCH 复用功能情况下的小区吞吐量少约 50 kbps，损失约 4.4%。打开 A-DPCH 复用功能相对于关闭 A-DPCH 复用功能会使小区的容量（最大用户数）增加 1 倍。在用户数翻倍后，用户受到连续调度的时间减少 1 倍，用户有更多时间处于等待调度的状态，这会影响到 HS 控制信道的功率控制性能，从而对小区总吞吐量产生影响。

#### (5) HS-SCCH/HS-SICH配置比较

在配置 1 对 HS-SCCH/HS-SICH 与配置 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 的情况下，小区吞吐量比较如图 7.17 所示。

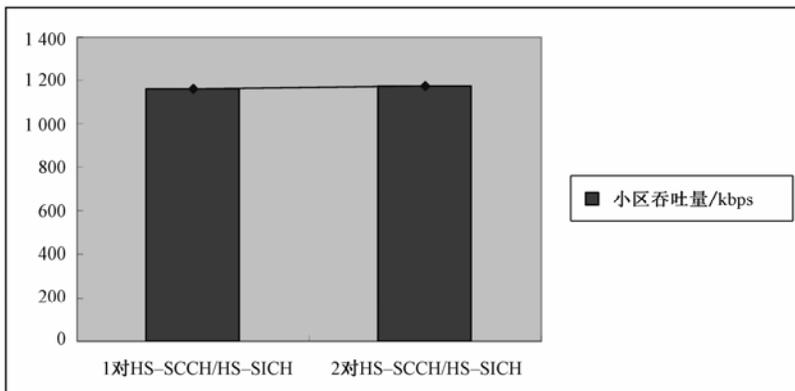


图 7.17 配置 1 对和 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 小区吞吐量比较

从图 7.17 中可以看出, 当网络配置 1 对 HS-SCCH/HS-SICH 时, 小区吞吐量比配置 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 的情况下少 10 kbps, 约占总吞吐量的 1%, 差别微小。因此, 配置 1 对和 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 信道对于小区吞吐量的影响不大。在下行 A-DPCH 不复用的情况下, 配置 2 对 SICH/SCCH 和 1 对 SICH/SCCH, 即 6UE 和 7UE 下的小区吞吐量基本无差别, 但在下行 A-DPCH 复用的情况下, 配置 1 对 SICH/SCCH 比配置 2 对 SICH/SCCH, 即 14UE 比 12UE 的小区吞吐量要降低 32 kbps, 即 2.73%。

### 7.6.3 结论和建议

在室内环境下, 从测试数据的分析可得出如下结论:

- 在各种网络配置和用户所处场景下, 小区容量(最大用户数)均可以达到理论最大值。
- 在所有配置和用户所在场景的组合下, 小区总吞吐量均在 1.1 Mbps 以上, 达到理论最大吞吐量(1.5 Mbps)的 73.33%和实测最大吞吐量 1.4 Mbps 的 78.57%。
- 单用户平均吞吐量分析表明, 随着用户数的增加, 更多的用户分享网络资源, 每用户的吞吐量相应减少, 但网络总吞吐量比较平稳, 总吞吐量在多用户(14UE)下的损失在 5%以内。
- 用户所处不同场景会对小区吞吐量有一定的影响, 影响程度大小跟场景的信道质量有关。用户分布在近点远点时的小区吞吐量比用户集中远点的吞吐量高 5%左右。
- 在室内分布系统静止的场景下, 信号波动较小, 信道质量稳定, 打开 A-DPCH 复用功能比关闭 A-DPCH 复用功能时, 小区容量(最大用户数)增加 1 倍, 小区总吞吐量损失约 4.4%。
- 在室内分布系统静止的场景下, 信号波动较小, 信道质量稳定, 配置的 HS-SCCH/HS-SICH 信道数为 1 对或 2 对, 在不复用的情况下, 小区吞吐量基本相同, 在复用的情况下, 配置 1 对会比 2 对的小区吞吐量下降 32 kbps 左右, 即 2.73%。

## 7.7 TD-HSDPA室外容量的测试

测试内容: TD-HSDPA 室外容量测试。

### 7.7.1 测试结果

#### (1) 凯明终端测试结果

相关数据如表 7.23 所示。

表 7.23 凯明终端上、下行 2 : 4 时隙下的结果汇总

吞吐量 / kbps	空载近点远点 2 对	空载集中远点 2 对	加载近点远点 2 对	加载近点远点 1 对	加载近点远点 2 对	加载近点远点 1 对	加载集中远点 2 对	加载集中远点 1 对	加载集中远点 2 对	加载集中远点 1 对
	HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能
UE1	90.6	86	203.1	167.2	94.9	83.6	168.8	126.7	78	73.9
UE2	93.3	86.3	178.4	166.5	95.9	75	171.5	163	79.6	71
UE3	87.5	77.5	182.3	153.1	92.6	83.7	185.5	153.6	78.2	72.8
UE4	94.7	83.3	201.1	146.6	83.8	73.9	156.5	126.3	75.2	76.7
UE5	86.9	79.2	184.1	166.2	87.6	85.6	149.6	136.2	69.3	73.4
UE6	78.3	88	173.5	150.5	84.3	84.1	171.7	137.1	85.2	72.3
UE7	93.5	89		153.1	84.7	70		139	89.6	72
UE8	86.9	90.6			89.2	71.2			84.4	73.6
UE9	78	85.9			82.9	80.1			80.9	76.6
UE10	90.2	92.5			82.9	66.4			88.8	67
UE11	72.6	100.4			102.2	80.2			86.7	69.2
UE12	74.4	67			84.9	74.8			81.8	71.3
UE13						73.2				74
UE14						72				63.2
终端侧总吞吐量	1 026.9	1 025.7	1 122.5	1 103.2	1 065.9	1 073.8	1 003.6	981.9	977.7	1 007
系统侧总吞吐量	1 108.5	1 103.7	1 182.7	1 174.2	1 098.1	1 132.1	1 076.3	1 031.0	1 066.9	1 068.5
UE 个数	12	12	6	7	12	14	6	7	12	14

注：在表 7.23 中，各 UE 的吞吐量为终端侧统计的 FTP 下载速率，系统侧统计吞吐量为 MAC-hs 吞吐量，下同。

(2) 重邮终端测试结果

在上、下行时隙配置比例 2 : 4 情况下，相关数据如表 7.24 所示。

表 7.24 重邮终端上、下行 2 : 4 时隙下的结果汇总

吞吐量 / kbps	空载近点远点 2 对	空载集中远点 2 对	空载集中远点 2 对	加载集中远点 1 对	加载集中远点 2 对	加载集中远点 2 对
	HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	对 HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	对 HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	对 HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能
UE1	59.1	93.3	137.3	113.8	70.8	182
UE2	88.1	58.3	164.8	83.3	94.7	191
UE3	79.9	94.5	152.3	94.5	87	93
UE4	69.7	77	171.3	129	77.9	162.4
UE5	109.5	81.4	178.2	95	63.9	121.4
UE6	47.9	83.2	110.6	109.9	64.6	138.4
UE7	106.6	60.8		114.1	51.2	
UE8	110.5	96.2			82	

续表

吞吐量 / kbps	空载近点远点 2 对 HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	空载集中远点 2 对 HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	空载集中远点 2 对 HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	加载集中远点 1 对 HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	加载集中远点 2 对 HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	加载集中远点 2 对 HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能
UE9	94.1	82.7			98.1	
UE10	59.8	54.3			64	
UE11	97.3	92.9			99.6	
UE12	97.4	75.5			49.9	
终端侧总吞吐量	1 019.9	950.1	914.5	737.6	903.7	888.2
单时隙吞吐量	340	316.67	304.83	368.8	301.23	296.07
系统侧总吞吐量	1 102.413	962.343	967.076.2	807.3026	949.3008	947.627
UE 个数	12	12	6	7	12	6

注：除了 7UE 的场景只用到 2 个 DSCH 时隙外，其他场景都用到 3 个 DSCH 时隙。由于重邮终端在时隙 2：4 配置下的测试项目不够充分，条件又不具统计可比性，后续分析比较中将主要以时隙 3：3 配置下的测试数据为基础。

在上、下行时隙配置比例 3：3 情况下，相关数据如表 7.25 所示。

表 7.25 重邮终端上、下行 3：3 时隙下结果汇总

吞吐量 / kbps	加载近点远点 2 对 HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	加载近点远点 1 对 HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	加载近点远点 2 对 HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能	加载集中远点 2 对 HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	加载集中远点 1 对 HS-SCCH/HS-SICH, 关闭 A-DPCH 共享功能	加载集中远点 2 对 HS-SCCH/HS-SICH, 打开 A-DPCH 共享功能
UE1	118.2	128.3	50.1	112.3	89.4	51
UE2	133.4	126.1	47.5	113.3	119.8	42.7
UE3	118.7	107.6	120.3	136.9	101.1	41.1
UE4	132.9	91.3	52.1	132.5	108.5	52.8
UE5	135.8	98.1	70.5	135.6	97.6	80.8
UE6	137.5	126.2	63	137.9	129.8	69.2
UE7		124	46.5		92.5	30.3
UE8			47.2			66.4
UE9			52.8			56.6
UE10			60.1			63.9
UE11			47.9			63.8
UE12			60.7			50.8
终端侧总吞吐量	776.5	801.6	718.7	768.5	738.7	669.4
单时隙吞吐量	388.25	400.8	359.35	384.25	369.35	334.7
系统侧总吞吐量	804.84	824.09	779.95	793.14	768.19	692.62
UE 个数	6	7	12	6	7	12

注：上、下行 3：3 时隙配置下的所有场景都只用到 2 个 DSCH 时隙。

## 7.7.2 测试结果分析

在对测试结果分析之前，首先设定几个数据处理原则：

- 不同终端分别进行统计、分析和对比。
- 重邮终端在不同上、下行时隙配置下的结果分别进行统计、分析和对比。
- 当对同一参数不同取值下的测试结果进行对比时，如果此参数不同取值下的所有测试项目是一样的（即其他参数都是相同的），那么将会对这些测试结果按照此参数不同取值进行分组，在对每组的所有测试结果分别进行统计平均后，再进行对比分析，如果参数不同取值下的测试项目不完全一致，将不会进行统计平均，而是直接对单一测试项数据进行对比。

### （1）容量、用户吞吐量分析

在上、下行时隙比例 2 : 4 配置 3 个 DSCH 时隙的情况下，受限于下行时隙的码资源，根据网络侧的配置不同，小区单载波可以达到的 HSDPA 最大用户数也不同。本测试得到的最大用户数与理论值一致。每种配置所能达到的最大用户数，如表 7.26 所示。

表 7.26 网络配置与 HSDPA 最大用户数

配置	2 对 HS-SCCH/ HS-SICH 关闭 A-DPCH 复用	1 对 HS-SCCH/ HS-SICH 关闭 A-DPCH 复用	2 对 HS-SCCH/ HS-SICH 打开 A-DPCH 复用	1 对 HS-SCCH/ HS-SICH 打开 A-DPCH 复用
最大用户数	6	7	12	14

对于不同的网络配置，不区分测试场景为近点或远点，统计不同最大用户数下每个用户的吞吐量。

针对凯明终端，时隙比例 2 : 4、加载、不同最大用户数下的单用户平均吞吐量如表 7.27 所示。

表 7.27 凯明终端单用户吞吐量随最大用户数变化

最大用户数	6UE	7UE	12UE	14UE
凯明终端单用户平均吞吐量 / kbps	177.2	148.9	85.3	74.3

从图 7.18 中可以看到，用户数从 6UE 增加到 14UE，用户平均吞吐量从 177 kbps 减少到 74 kbps。

针对重邮终端，时隙比例 3 : 3，不同最大用户数下的单用户平均吞吐量如表 7.28 所示。

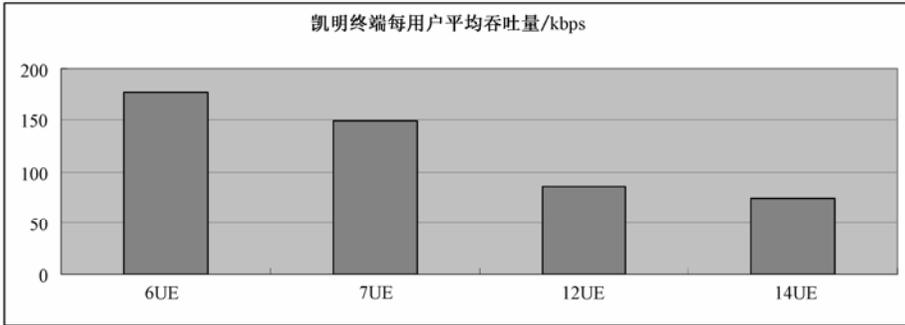


图 7.18 凯明终端单用户吞吐量随最大用户数变化

表 7.28 重邮终端单用户吞吐量随最大用户数变化

最大用户数	6UE	7UE	12UE
重邮终端单用户平均吞吐量 / kbps	128.8	110.0	57.8

从图 7.19 中可以看到，用户数从 6UE 增加到 12UE，用户平均吞吐量从 128.75 kbps 减少到 57.8 kbps。

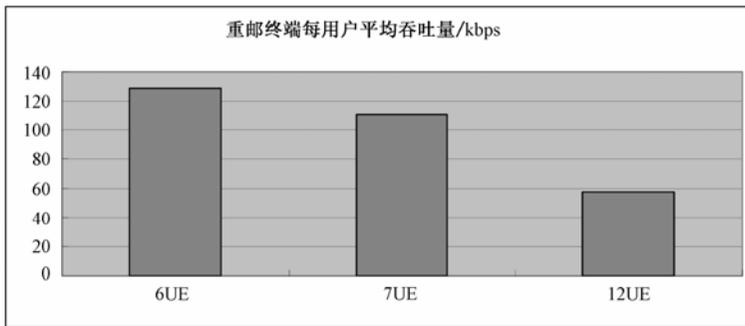


图 7.19 重邮终端单用户吞吐量随最大用户数变化

对于不同的最大用户数，每个用户的吞吐量也有差异。

凯明终端在不同用户数情况下用户吞吐量的累积概率分布图如图 7.20 所示。

从凯明终端每用户吞吐量累积分布图可以看出，对于容量（最大用户数）为 6UE 的情况，有 90% 的用户吞吐量大于 150 kbps；对于 7UE，有 90% 以上的用户吞吐量大于 125 kbps；对于 12UE，有 90% 的用户吞吐量大于 75 kbps，80% 的用户吞吐量大于 80 kbps；对于 14UE，有 90% 以上的用户吞吐量大于 65 kbps。

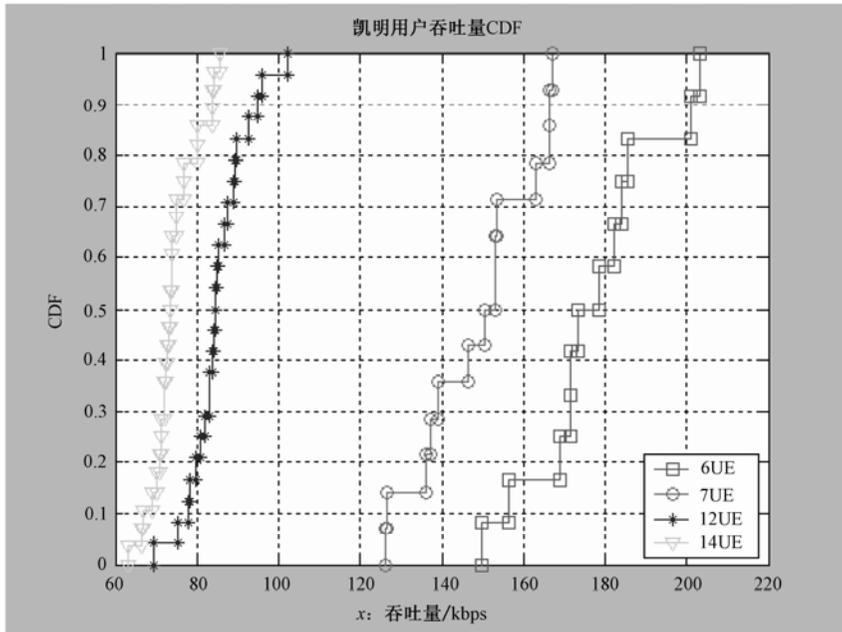


图 7.20 凯明终端不同用户数下的用户吞吐量 CDF

重邮终端在不同用户数情况下用户吞吐量的累积概率分布图如图 7.21 所示。

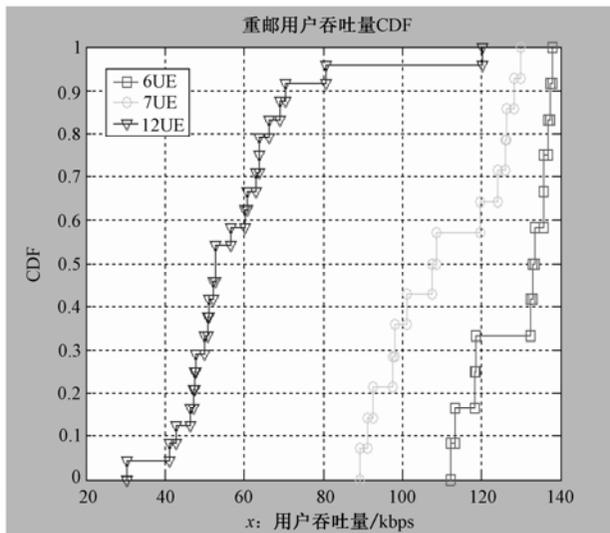


图 7.21 重邮终端不同用户数下的用户吞吐量 CDF

从图 7.21 中可以看出，对于容量（最大用户数）为 6UE 的情况，有 90% 的用户吞吐量大于 110 kbps；对于 7UE，有 90% 以上的用户吞吐量大于 90 kbps；对于 12UE，有 90%

的用户吞吐量大于 40 kbps。

### (2) 用户数对小区吞吐量的影响

针对凯明终端，对于不同的用户数，小区吞吐量的对比如表 7.29 所示。

表 7.29 不同最大用户数下的小区吞吐量——凯明终端

最大用户数	6UE	7UE	12UE	14UE
小区吞吐量 / kbps——凯明终端	1063.1	1042.6	1021.8	1040.4

从图 7.22 中可以看出，随着最大用户数增加，小区吞吐量趋势不明显，当最大用户数为 14UE 时，小区吞吐量可达到 1.04 Mbps，同用户数为 6UE 时相比，小区吞吐量减少 22.65 kbps，下降 2.13%。但用户数为 12UE 时的小区总吞吐量比用户数为 14UE 时还少 18.6 kbps，这个与室内分布系统容量测试的结果不一致，估计是室外分布系统的环境受外界干扰影响大，不如室内分布系统环境那么稳定，所以出现这样一个差别，可能与当时测试时的无线环境波动有关。

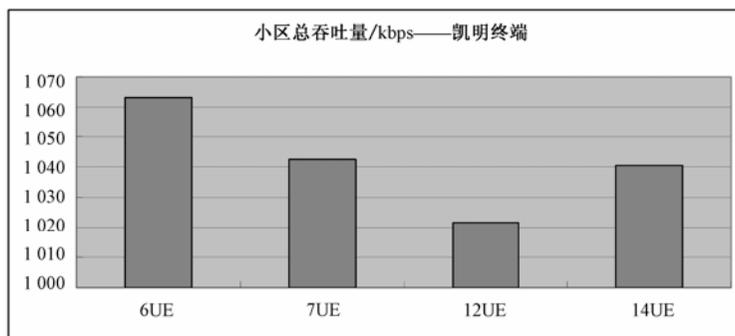


图 7.22 在凯明终端不同最大用户数下的小区吞吐量

针对重邮终端，对于不同的最大用户数，小区吞吐量的对比如表 7.30 所示。

表 7.30 不同最大用户数下的小区总吞吐量——重邮终端

最大用户数	6UE	7UE	12UE
小区吞吐量 / kbps——重邮终端	772.5	770.15	694.05

从图 7.23 中可以看出，随用户数增加，小区吞吐量下降，当最大用户数为 12UE 时，小区总吞吐量为 649 kbps，同用户数为 6UE 时相比，小区吞吐量减少 78.45 kbps，下降 10.2%。

### (3) 不同位置下小区吞吐量比较

针对凯明终端，将不同网络配置下的测试结果按照不同位置进行统计平均，比较不同位置下的小区吞吐量，如表 7.31 所示。

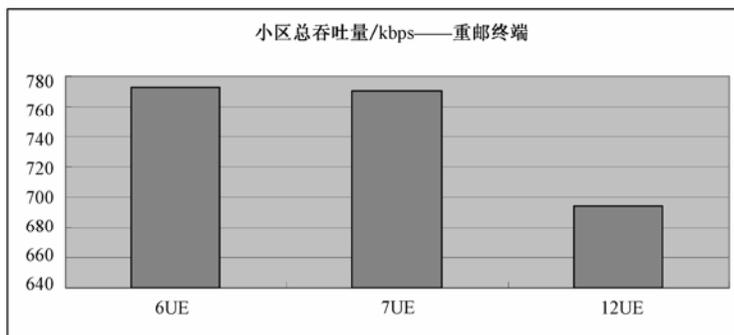


图 7.23 重邮终端在不同最大用户数下的小区吞吐量

表 7.31 凯明终端在不同位置下的小区吞吐量比较

位 置	近 点 远 点	集 中 远 点
凯明终端小区吞吐量 / kbps	1078	999.92

从图 7.24 可以看出，所有用户集中远点的小区吞吐量比用户分布在近点远点时低。测试选择的近点信道环境较好，UE 与天线有直射径，而远点为了达到测试要求的终端接收场强，选点在建筑物内，同天线之间没有直射径，信道环境要复杂一些，信道质量要比近点差，所以，所有用户同时分布在近点远点会比集中分布在远点下获得更高的小区吞吐量，实测的结果是小区吞吐量增加了 78.5 kbps，增幅比例为 7.9%。

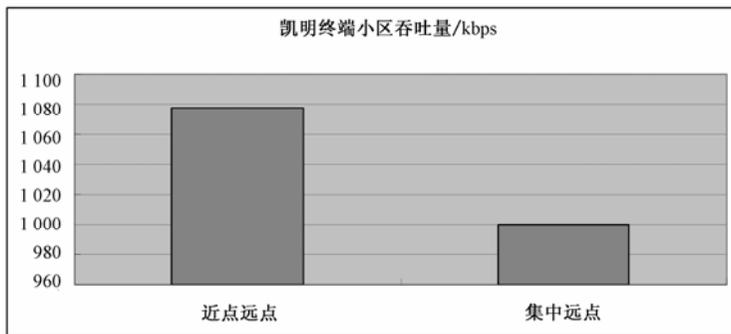


图 7.24 凯明终端在不同位置下的小区吞吐量比较

针对重邮终端，将不同网络配置下的测试结果按照不同位置进行统计平均，比较不同位置下的小区吞吐量，如表 7.32 和图 7.25 所示。

表 7.32 重邮终端在不同位置下的小区吞吐量比较

位 置	近 点 远 点	集 中 远 点
重邮终端小区吞吐量 / kbps	765.6	725.5

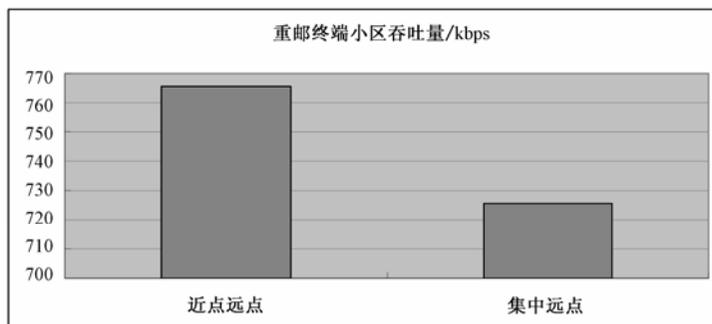


图 7.25 重邮终端在不同位置下的小区吞吐量比较

重邮终端用户分布在近点远点的小区吞吐量比用户集中在远点的小区吞吐量高 40.1 kbps，增幅比例为 5.5%。

#### (4) 打开与关闭复用功能下小区吞吐量比较

针对凯明终端，打开和关闭 A-DPCH 复用功能，小区吞吐量对比如表 7.33 所示。

表 7.33 打开和关闭 A-DPCH 复用功能下凯明终端小区吞吐量比较

伴随复用	打开 A-DPCH 复用功能	关闭 A-DPCH 复用功能
凯明终端小区吞吐量 / kbps	1 031.1	1 052.8

从图 7.26 中可以看到，打开 A-DPCH 复用功能比关闭 A-DPCH 复用功能时小区吞吐量低 21.7 kbps，降幅比例为 2.1%。打开 A-DPCH 复用功能相对于关闭 A-DPCH 复用功能会使小区的容量（最大用户数）增加 1 倍。

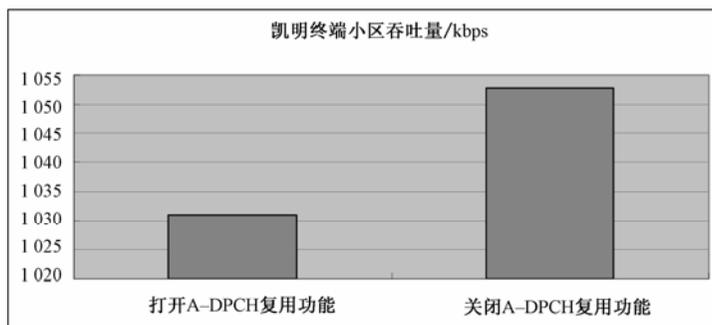


图 7.26 打开和关闭 A-DPCH 复用功能下凯明终端小区吞吐量比较

针对重邮终端，打开和关闭 A-DPCH 复用功能，小区吞吐量对比如表 7.34 所示。

表 7.34 打开和关闭 A-DPCH 复用功能下重邮终端小区吞吐量比较

伴随复用	打开 A-DPCH 复用功能	关闭 A-DPCH 复用功能
重邮终端小区吞吐量/kbps	694.05	772.5

从图 7.27 中可以看到，打开 A-DPCH 复用功能比关闭 A-DPCH 复用功能时小区吞吐量低 78.45 kbps，降幅比例为 10.2%。打开 A-DPCH 复用功能相对于关闭 A-DPCH 复用功能会使小区的容量（最大用户数）增加 1 倍。

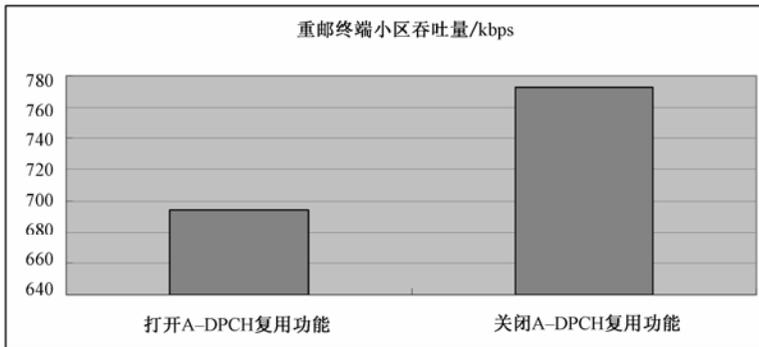


图 7.27 打开和关闭 A-DPCH 复用功能下重邮终端小区吞吐量比较

(5) 配置 1 对 HS-SCCH/HS-SICH 与配置 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 比较

针对凯明终端，配置 1 对 HS-SCCH/HS-SICH 与配置 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 的情况下小区吞吐量比较如表 7.35 所示。

表 7.35 凯明终端在配置 1 对和 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 下的小区吞吐量比较

配置 HS-SCCH/HS-SICH 个数	1 对 HS-SCCH/HS-SICH	2 对 HS-SCCH/HS-SICH
凯明终端小区吞吐量 / kbps	1 041	1 042

从图 7.28 中可以看出，网络配置 1 对 HS-SCCH/HS-SICH 时小区的吞吐量与配置 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 时的吞吐量相比相差 0.95 kbps，约占总吞吐量的 0.09%，差别微小。因此配置 1 对和 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 信道对于小区吞吐量的影响不大。

针对重邮终端，配置 1 对 HS-SCCH/HS-SICH 与配置 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 时小区吞吐量比较如表 7.36 所示。

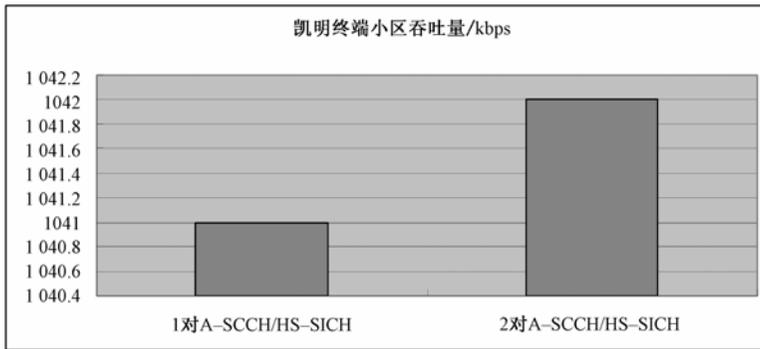


图 7.28 凯明终端在配置 1 对和 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 下的小区吞吐量比较

表 7.36 重邮终端在配置 1 对和 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 情况下的小区吞吐量比较

配置	1 对 HS-SCCH/HS-SICH	2 对 HS-SCCH/HS-SICH
重邮终端小区吞吐量 / kbps	770.15	772.5

从图 7.29 中可以看出，在网络配置 1 对 HS-SCCH/HS-SICH 时小区吞吐量与配置 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 时小区吞吐量相差 2.35 kbps，约占总吞吐量的 0.3%，差别微小。因此配置 1 对和 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 信道对于小区吞吐量的影响不大。

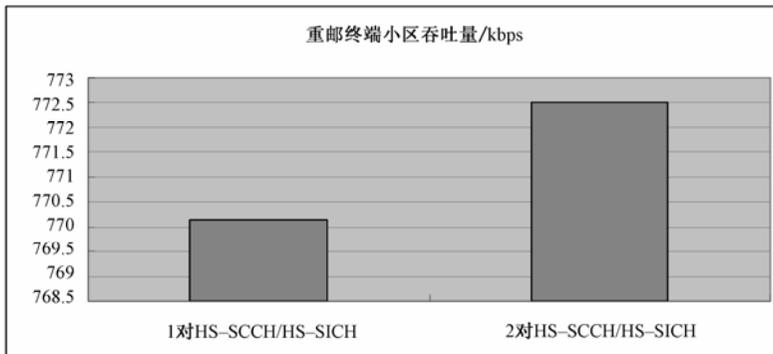


图 7.29 重邮终端在配置 1 对和 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 下的小区吞吐量比较

#### (6) 邻区空载与邻区模拟加载比较

针对凯明终端，上、下行 2:4 时隙，邻小区空载和邻小区模拟加载时的小区吞吐量如表 7.37 所示。

表 7.37 凯明终端在邻区加载和邻区模拟加载下的小区吞吐量比较

邻区是否加载	邻区加载	邻区空载
凯明终端小区吞吐量 / kbps	1 022	1 026

从图 7.30 中可以看出，邻区加载情况下的小区吞吐量比邻区空载条件下的吞吐量少 4.5 kbps，降幅比例为 0.44%。

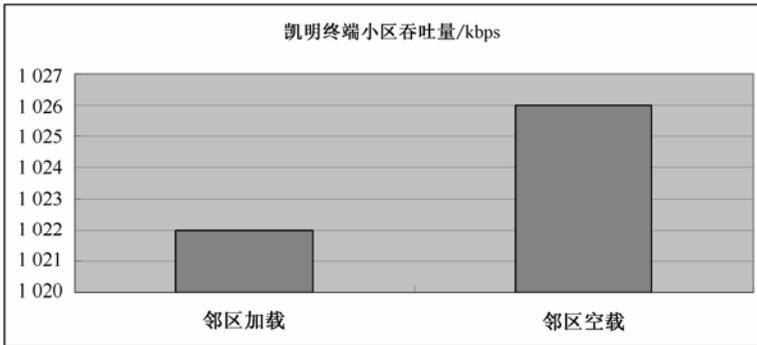


图 7.30 凯明终端在邻区加载和邻区模拟加载下的小区吞吐量比较

(7) 时隙比例 2 : 4 与时隙比例 3 : 3 比较

重邮终端测试分为上、下行时隙 2 : 4 和 3 : 3 配置两部分，上、下行时隙 2 : 4 配置时有 3 时隙配置 HS-DSCH 信道；上、下行时隙 3 : 3 配置时有 2 时隙配置 HS-DSCH 信道。将两种配置下的单时隙平均吞吐量进行比较，测试结果如表 7.38 所示。

表 7.38 时隙比例 2 : 4 和 3 : 3 时的小区吞吐量对比

时隙比例	上下行时隙 2 : 4	上下行时隙 3 : 3
重邮终端单时隙吞吐量 / kbps	281.1	362.7

从图 7.31 中可以看到，上、下行 2 : 4 时隙配置下的单时隙吞吐量比上、下行 3 : 3 时隙配置下的单时隙吞吐量要低 81.7 kbps，降幅比例为 22.5%。这与在单用户吞吐量测试中重邮终端在两种上、下行时隙配置下的结果是一致的，估计是重邮终端自身设计的问题导致出现这样的差别。

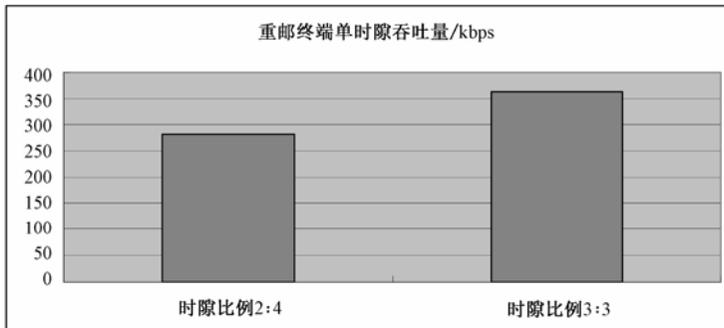


图 7.31 重邮终端在上、下行时隙 2 : 4 和 3 : 3 配置下的单时隙吞吐量对比

### (8) 凯明终端同重邮终端比较

在网络上、下行 2:4 时隙配置 3 个 DSCH 时隙下, 凯明终端和重邮终端的小区平均吞吐量比较如表 7.39 所示。

表 7.39 凯明终端和重邮终端的小区吞吐量对比

终端	重邮	凯明
小区总吞吐量 / kbps	940.5	1 008.5

从图 7.32 中看出, 凯明终端比重邮终端的小区吞吐量高 68 kbps, 提高 7.23%。

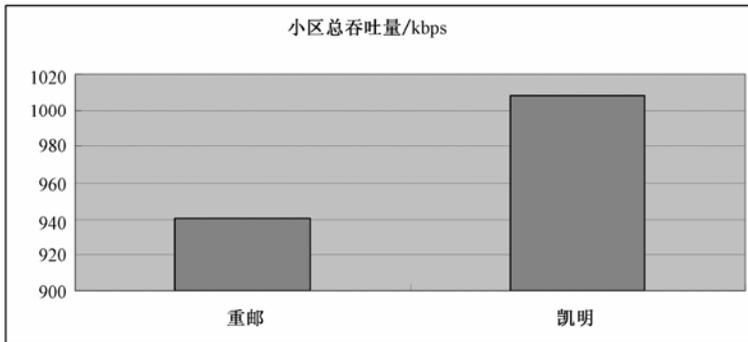


图 7.32 凯明终端和重邮终端的小区吞吐量对比

### (9) 异常分析

凯明终端和重邮终端在打开复用功能、集中远点的混合容量测试中, 可以接入 8 个用户, 但是只能稳定保持 6 个用户, 当后续继续拨打时, 重邮终端拨打上去后, 凯明终端往往便会掉话。由于没有重邮终端厂家人员的现场支持, 未能进行定位。

## 7.7.3 结论和建议

对本次测数据分析, 得出以下结论:

- 在各种网络配置和用户所处场景下, 小区容量 (最大用户数) 均可以达到系统设计和理论的最大值 (按照测试要求配置, 理论最大为 14UE)。
- 所有配置和用户所在场景的组合下, 小区总吞吐量平均约为 1 Mbps, 少于室内测试的小区吞吐量结果。其中, 在上、下行时隙 2:4 配置下, 使用重邮终端, 小区平均吞吐量为 940.5 kbps, 使用凯明终端, 小区平均吞吐量为 1 008.5 kbps; 在上、下行时隙 3:3 配置下, 使用重邮终端的小区吞吐量为 745.6 kbps。
- 单用户平均吞吐量分析表明, 随着用户数的增加, 更多的用户分享网络资源, 每用户的吞吐量相应减少。使用凯明终端, 小区吞吐量从 6UE 的 1 063.1 kbps 到

14UE 时的 1 040.4 kbps，吞吐量下降 22.65 kbps，降幅为 2.13%，说明网络总的吞吐量比较平稳，各用户调度正常。

- 用户所处不同场景会对小区的吞吐量有一定的影响，影响程度跟场景的信道质量有关。用户分布在近点远点时的小区吞吐量好于用户集中远点的吞吐量，使用凯明终端，用户分布在近点远点的小区吞吐量比用户在集中远点的小区吞吐量高 78.5 kbps，增幅为 7.9%；使用重邮终端，用户分布在近点远点的小区吞吐量比用户在集中远点的小区吞吐量高 40.1 kbps，增幅为 5.5%。
- 打开 A-DPCH 复用功能比关闭 A-DPCH 复用功能后，小区容量（最大用户数）增加 1 倍，使用凯明终端打开伴随复用功能后的吞吐量损失约为 2.1%，使用重邮终端时则为 10.2%。
- 配置的 HS-SCCH/HS-SICH 信道数为 1 对或 2 对，测试均为定点静止条件下的吞吐量，当使用凯明终端时，配置 2 对控制信道的吞吐量比配置 2 对空载信道时提高 0.95 kbps，增幅为 0.09%；当使用重邮终端时，吞吐量提高 2.35 kbps，增幅为 0.3%，因此当终端静止且信道条件较稳定时，配置 1 对或 2 对控制信道对小区吞吐量影响不大。
- 邻区模拟加载对小区吞吐量影响不大，使用凯明终端，邻区模拟加载条件下的小区吞吐量比邻区空载条件下的吞吐量减少 4.5 kbps，降幅为 0.44%。

分析以上的测试结论，对于 HSDPA 组网提出以下建议：

- 对于 A-DPCH 复用功能和网络配置的 HS-SCCH/HS-SICH 信道数，当打开伴随复用功能时，小区容量可以翻一倍。如果用户基本处于静止状态，此时配置 1 对或 2 对 HS-SCCH/HS-SICH 差别不大，但考虑到在实际商用网络里，用户不但有静止的，还有移动的，所以最好配置 2 对 HS-SCCH/HS-SICH，这样每 TTI 同时调度 2 个用户，使得每个用户被调度的概率增加 1 倍，更有利于保证用户 HSDPA 控制信道的非连续功控的性能。
- 当网络上、下行时隙配置为 2：4 且 HS-DSCH 分配了 3 个下行时隙时，网络侧应该配置 2 对 HS-SCCH 和 HS-SICH，这样对于网络中能力等级小于等于 6，即只支持 2 个下行 DSCH 时隙的终端，可以在 1 个 TTI 内调度 2 个用户，充分利用下行 3 个业务时隙的资源，从而避免网络 DSCH 资源的浪费。

## 7.8 基于QoS的TD-HSDPA功能和性能测试

测试内容主要包括：

- 验证 TD-SCDMA HSDPA 是否支持具有保障速率要求的业务；
- 验证 TD-SCDMA HSDPA 是否支持具有调度优先级的业务。

## 7.8.1 测试结果

测试结果如表 7.40~表 7.54 所示。

表 7.40 基于 HSDPA 不同保障速率 GBR 的 QoS 单小区定点测试结果汇总表  
(邻区空载、流类业务、正序)

场 景	流类业务 (正序)	UE1	UE2	UE3	UE4	总 速 率
邻区空载远点	GBR=0 单独保持	861.1				861.1
	GBR=0,384 共同保持	326.3	766.1			1 092.4
	GBR=0, 384, 512 共同保持	5.6	485.3	700.5		1 191.4
邻区空载中点	GBR=0 单独保持	874.4				874.4
	GBR=0+GBR=384 共同保持	342.1	700.8			1 042.9
	GBR=0, 384, 512 共同保持	2.4	439.8	561.9		1 004.1
邻区 空载 近点	GBR=0 单独保持	876.9				876.9
	GBR=0+GBR=384 共同保持	372.5	658.3			1 030.8
	GBR=0, 384, 512 共同保持	6.5	469.3	716.3		1 192.1

表 7.41 基于 HSDPA 不同保障速率 GBR 的 QoS 单小区定点测试结果汇总表  
(邻区空载、流类业务、反序)

场 景	流类业务 (反序)	UE1	UE2	UE3	UE4	总 速 率
邻区空载远点	GBR=1 024 单独保持	831.3				831.3
	GBR=1 024+GBR=512 共同保持	744	383.7			1 127.7
邻区空载中点	GBR=1 024 单独保持	881.6				881.6
	GBR=1 024+GBR=512 共同保持	748.8	386.8			1 135.6
邻区 空载 近点	GBR=1 024 单独保持	834				834
	GBR=1 024+GBR=512 共同保持	786.4	347.6			1134

表 7.42 基于 HSDPA 不同保障速率 GBR 的 QoS 单小区定点测试结果汇总表  
(邻区加载、流类业务、正序)

场 景	流类业务 (正序)	UE1	UE2	UE3	UE4	总 速 率
邻区加载远点	GBR=0 单独保持	852.4				852.4
	GBR=0+GBR=384 共同保持	361	411.4			772.4
	GBR=0, 384, 512 共同保持	11.2	428.8	608.7		1 048.7

续表

场 景	流类业务（正序）	UE1	UE2	UE3	UE4	总 速 率
邻区加载中点	GBR=0 单独保持	840.2				840.2
	GBR=0+GBR=384 共同保持	333	521.6			854.6
	GBR=0, 384, 512 共同保持	4.3	433.2	578.9		1 016.4
邻区加载近点	GBR=0 单独保持	911.9				911.9
	GBR=0+GBR=384 共同保持	330	742.6			1 072.6
	GBR=0, 384, 512 共同保持	2.4	518.1	682.3		1 202.8

表 7.43 基于 HSDPA 不同保障速率 GBR 的 QoS 单小区定点测试结果汇总表  
(邻区加载、流类业务、反序)

场 景	流类业务（反序）	UE1	UE2	UE3	UE4	总 速 率
邻区加载远点	GBR=1 024 单独保持	832.9				832.9
	GBR=1 024+GBR=512 共同保持	692	353.4			1 045.4
邻区加载中点	GBR=1 024 单独保持	871.1				871.1
	GBR=1 024+GBR=512 共同保持	661.4	402.4			1 063.8
邻区加载近点	GBR=1 024 单独保持	855.9				855.9
	GBR=1 024+GBR=512 共同保持	683	404.9			1 087.9

表 7.44 基于 HSDPA 不同保障速率 GBR 的 QoS 单小区定点测试结果汇总表  
(邻区空载、背景类业务、正序)

场 景	背景类业务（正序）	UE1	UE2	UE3	UE4	总 速 率
邻区空载远点	GBR=0 单独保持	897				897
	GBR=0+GBR=384 共同保持	580.6	517.7			1 098.3
	GBR=0, 384, 512 共同保持	387.5	277.8	380.7		1046
	GBR=0, 384, 512, 1 024 共同保持	248.2	224.2	271.6	254.4	998.4
邻区空载中点	GBR=0 单独保持	852.4				852.4
	GBR=0+GBR=384 共同保持	555.7	496.2			1 051.9
	GBR=0, 384, 512 共同保持	339.7	349.6	357.2		1 046.5
	GBR=0, 384, 512, 1 024 共同保持	253.1	277.5	266.3	226	1 022.9
邻区空载近点	GBR=0 单独保持	775.3				775.3
	GBR=0+GBR=384 共同保持	541.3	487.1			1 028.4
	GBR=0, 384, 512 共同保持	369.7	350.3	355.6		1 075.6
	GBR=0, 384, 512, 1 024 共同保持	264.1	290.4	274	266.3	1 094.8

表 7.45 基于 HSDPA 不同保障速率 GBR 的 QoS 单小区定点测试结果汇总表  
(邻区空载、背景类业务、反序)

场 景	背景类业务 (反序)	UE1	UE2	UE3	UE4	总 速 率
邻区 空载 远点	GBR=1 024 单独保持	825.8				825.8
	GBR=1 024,512 共同保持	569.6	503.9			1 073.5
	GBR=1 024, 512, 384 共同保持	410.4	312.1	251.8		974.3
	GBR=1 024, 512, 384, 0 共同保持	331.1	232.2	323.1	287.8	1 174.2
邻区 空载 中点	GBR=1 024 单独保持	868.7				868.7
	GBR=1 024,512 共同保持	577.1	527.2			1 104.3
	GBR=1 024, 512, 384 共同保持	404.9	356.7	379.9		1 141.5
	GBR=1 024, 512, 384, 0 共同保持	233.1	275.8	281.1	220.3	1 010.3
邻区 空载 近点	GBR=1 024 单独保持	873.7				873.7
	GBR=1 024,512 共同保持	536.8	555.6			1 092.4
	GBR=1 024, 512, 384 共同保持	378.9	368.5	352.6		1 100
	GBR=1 024, 512, 384, 0 共同保持	291.5	282.1	251.4	256.6	1 081.6

表 7.46 基于 HSDPA 不同保障速率 GBR 的 QoS 单小区定点测试结果汇总表  
(邻区加载、背景类业务、正序)

场 景	背景类业务 (正序)	UE1	UE2	UE3	UE4	总 速 率
邻区 加载 远点	GBR=0 单独保持	783.2				783.2
	GBR=0+GBR=384 共同保持	391.9	376.4			768.3
	GBR=0, 384, 512 共同保持	327	256	345.3		928.3
	GBR=0, 384, 512, 1 024 共同保持	245.6	210	236.4	287.1	979.1
邻区 加载 中点	GBR=0 单独保持	825.1				825.1
	GBR=0+GBR=384 共同保持	454.9	472.1			927
	GBR=0, 384, 512 共同保持	320.3	278.1	358.6		957
	GBR=0, 384, 512, 1 024 共同保持	233.8	237.5	258.7	278.2	1 008.2
邻区 加载 近点	GBR=0 单独保持	846.8				846.8
	GBR=0+GBR=384 共同保持	558.7	588.6			1 147.3
	GBR=0, 384, 512 共同保持	368.2	358.2	333		1 059.4
	GBR=0, 384, 512, 1 024 共同保持	273	255.7	262.7	247.5	1 038.9

表 7.47 基于 HSDPA 不同保障速率 GBR 的 QoS 单小区定点测试结果汇总表  
(邻区加载、背景类业务、反序)

场 景	背景类业务 (反序)	UE1	UE2	UE3	UE4	总 速 率
邻区 加载 远点	GBR=1 024 单独保持	811.7				811.7
	GBR=1 024,512 共同保持	575.6	555.3			1 130.9
	GBR=1 024, 512, 384 共同保持	361.7	314.8	362.5		1 039
	GBR=1 024, 512, 384, 0 共同保持	267.7	211	256.2	232.7	967.6

续表

场 景	背景类业务（反序）	UE1	UE2	UE3	UE4	总 速 率
邻区 加载 中点	GBR=1 024 单独保持	856.2				856.2
	GBR=1 024,512 共同保持	584.3	454.1			1 038.4
	GBR=1 024, 512, 384 共同保持	368.3	308.8	354.7		1 031.8
	GBR=1 024, 512, 384, 0 共同保持	252.2	231.2	282.1	241.5	1 007
邻区 加载 近点	GBR=1 024 单独保持	839.7				839.7
	GBR=1 024,512 共同保持	532.2	535			1 067.2
	GBR=1 024, 512, 384 共同保持	362.6	331	393.7		1 087.3
	GBR=1 024, 512, 384, 0 共同保持	277.3	288.7	281.9	245.8	1 093.7

表 7.48 基于 HSDPA 不同调度优先级 GBR 的 QoS 单小区移动测试流类结果汇总表

流 类 空 载				流 类 加 载			
0	384	512	吞吐量/kbps	0	384	512	吞吐量/kbps
8.9	383.1	614.9	1 006.9	34.8	413.8	478.6	927.2
6.0	413.8	597.6	1 017.4	18.2	386.0	451.1	855.3
3.3	519.4	697.6	1 220.3	16.8	378.2	479.9	874.9
19.3	462.7	596.2	1 078.2	23.2	332.3	458.1	813.6
0.1	482.6	601.2	1 083.9	26.4	416.2	465.6	908.2
7.3	497.9	543.7	1 048.9	18.6	379.7	475.1	873.4
36.2	470.8	578.2	1 085.2	6.9	367.2	488.5	862.6
25.7	424.1	504.3	954.1	5.9	396.2	431.0	833.1
18.2	402.8	507.7	928.7	28.3	383.8	494.4	906.5
17.6	475.0	576.9	1 069.5	9.7	386.2	541.7	937.6
11.4	410.2	536.4	958.0	9.9	410.0	529.4	949.3
26.9	425.1	532.5	984.5	14.3	426.3	552.2	992.8
5.3	415.8	512.8	933.9	16.6	468.7	495.4	980.7
17.4	430.9	539.6	987.9	14.8	388.6	498.2	901.6
20.0	417.4	512.7	950.1	10.7	431.5	516.9	959.1
7.6	522.0	605.6	1 135.2	2.2	430.6	490.9	923.7
32.9	530.8	688.4	1 252.1	1.1	409.4	504.2	914.7
23.9	534.1	614.5	1 172.5	3.9	392.0	456.2	852.1
26.2	556.9	683.1	1 266.2	18.4	400.7	522.2	941.3
21.6	480.6	615.3	1 117.5	16.9	415.0	478.7	910.6
8.9	476.4	644.7	1 130.0	15.4	402.1	575.9	993.4
1.8	436.8	566.3	1 004.9	7.2	428.2	546.4	981.8
4.0	432.2	619.7	1 055.9	23.1	391.8	485.7	900.6

表 7.49 基于 HSDPA 不同调度优先级 GBR 的 QoS 单小区移动测试背景类结果汇总表

背景类加载				背景类空载			
0	384	512	吞吐量/kbps	0	384	512	吞吐量/kbps
258.0	275.7	288.9	822.6	349.7	293.4	353.2	996.3
307.6	308.2	305.6	921.4	341.0	354.8	345.7	1 041.5
265.1	301.1	301.2	867.4	345.6	385.3	357.7	1 088.6
265.0	244.4	285.0	794.4	304.8	401.5	315.9	1 022.2
270.8	293.7	301.0	865.5	415.8	339.1	351.1	1 106.0
266.9	260.0	273.9	800.8	406.8	341.8	337.4	1 086.0
298.0	329.6	281.3	908.9	316.2	327.0	325.7	968.9
298.0	296.9	279.0	873.9	363.2	286.9	349.7	999.8
299.3	292.9	291.0	883.2	360.0	285.1	294.8	939.9
246.3	264.9	269.6	780.8	321.1	301.2	322.2	944.5
249.7	309.5	350.8	910.0	336.2	362.6	340.5	1 039.3
238.5	297.8	292.9	829.2	395.7	415.0	272.7	1 083.4
224.3	360.1	295.0	879.4	354.4	401.7	270.2	1 026.3
284.6	248.4	270.8	803.8	331.1	376.7	304.7	1 012.5
290.1	275.1	285.2	850.4	350.3	411.6	375.8	1 137.7
307.8	270.0	311.8	889.6	313.0	346.5	335.2	994.7
309.6	297.8	315.1	922.5	291.3	338.7	364.7	994.7
279.9	274.5	277.4	831.8	321.2	291.1	316.1	928.4
281.1	330.0	305.6	916.7	330.2	350.0	347.4	1 027.6
270.7	276.8	268.5	816.0	332.6	341.1	330.6	1 004.3
317.8	300.6	301.4	919.8	383.0	290.1	365.9	1 039.0

表 7.50 基于 HSDPA 不同调度优先级 GBR 的 QoS 多小区移动测试流类结果汇总表

流类空载				流类加载			
0	384	512	总吞吐量/kbps	0	384	512	总吞吐量/kbps
71.5	442.3	707.2	1 221.0	7.1	424.7	581.0	1 012.8
119.1	392.5	576.0	1 087.6	1.2	440.5	618.5	1 060.2
15.7	445.5	723.6	1184.8	0.6	413.0	592.5	1 006.1
86.9	499.6	641.2	1 227.7	28.3	395.0	571.8	995.1
112.4	453.3	634.9	1 200.6	1.3	434.2	611.9	1 047.4
81.0	425.7	696.1	1 202.8	2.3	390.1	641.7	1 034.1
27.4	403.9	720.5	1 151.8	3.4	394.5	504.2	902.1
163.3	465.6	621.5	1 250.4	28.7	424.1	499.0	951.8
7.5	507.1	602.9	1 117.5	28.6	447.2	549.5	1 025.3

续表

流类空载				流类加载			
0	384	512	总吞吐量/kbps	0	384	512	总吞吐量/kbps
21.6	415.8	605.2	1 042.6	86.6	446.0	574.5	1 107.1
67.0	508.8	550.3	1 126.1	5.2	460.1	569.1	1 034.4
58.9	494.1	671.1	1 224.1	4.3	399.4	557.9	961.6
62.0	484.1	682.2	1 228.3	40.8	390.2	496.8	927.8
30.3	472.0	580.5	1 082.8	35.7	403.7	562.3	1 001.7
34.1	505.9	575.0	1 115.0	21.1	487.1	518.4	1 026.6
64.6	446.3	558.4	1 069.3	43.4	399.7	523.3	966.4
64.0	449.0	524.6	1 037.6	52.3	398.0	589.4	1 039.7

表 7.51 基于 HSDPA 不同调度优先级 GBR 的 QoS 多小区移动测试背景类结果汇总表

背景类加载				背景类空载			
0	384	512	总吞吐量/kbps	0	384	512	总吞吐量/kbps
321.3	402.0	355.8	1 079.1	340.6	391.8	367.9	1 100.3
332.3	344.0	296.6	972.9	510.6	358.1	423.8	1 292.5
294.3	360.0	276.8	931.1	371.8	375.2	389.8	1 136.8
331.1	284.2	385.2	1 000.5	367.3	353.9	305.9	1 027.1
294.1	319.4	356.2	969.7	401.5	365.0	323.9	1 090.4
312.3	338.3	327.9	978.5	368.0	424.5	457.3	1 249.8
339.2	333.8	355.8	1 028.8	357.0	336.7	413.6	1 107.3
285.2	294.9	304.6	884.7	371.9	351.8	366.6	1 090.3
326.9	260.0	240.8	827.7	339.0	309.4	389.8	1 038.2
368.9	332.9	294.7	996.5	384.4	320.6	366.8	1 071.8
347.0	229.5	361.4	937.9	461.5	369.6	385.8	1 216.9
390.8	264.8	358.1	1 013.7	388.7	387.8	424.9	1 201.4
309.5	345.0	325.2	979.7	374.4	336.5	416.1	1 127.0
321.6	323.1	271.2	915.9	359.2	319.6	355.4	1 034.2
351.3	399.5	282.3	1 033.1	310.6	418.0	404.2	1 132.8
331.6	363.6	387.5	1 082.7	372.0	408.0	410.9	1 190.9
277.0	244.7	243.1	764.8	388.7	348.0	399.4	1 136.1
313.5	305.6	338.4	957.5	384.9	351.4	353.7	1 090.0

表 7.52 基于 HSDPA 不同调度优先级 SPI 的 QoS 单小区定点测试结果汇总表

测试内容	场	景	UL/DL	时	间	流类速率/kbps	背景类速率/kbps	总吞吐量/kbps
流类+背景类保障速率均为 512	近点	空载	16/1024	15:08		721.0	505.9	1226.9
流类+背景类保障速率均为 512	近点	加载	16/1024	15:17		710.4	534.9	1245.3
流类+背景类保障速率均为 512	中点	空载	16/1024	15:42		720.5	484.5	1205
流类+背景类保障速率均为 512	中点	加载	16/1024	15:37		719	470.2	1189.2
流类+背景类保障速率均为 512	远点	加载	16/1024	16:35		620.5	369.5	990
流类+背景类保障速率均为 512	远点	空载	16/1024	16:25		637.4	384.7	1022.1

表 7.53 基于 HSDPA 不同调度优先级 SPI 的 QoS 单小区移动测试结果汇总表

空 载			加 载		
流类 512	背景类 512	吞吐量/kbps	流类 512	背景类 512	吞吐量/kbps
673.8	341.6	1 015.4	464.2	376.5	840.7
765.6	250.7	1 016.3	513.9	375.3	889.2
766.1	421.1	1 187.2	690.2	349.4	1 039.6
702.8	285.9	988.7	653.0	231.7	884.7
792.7	369.4	1 162.1	479.2	290.5	769.7
533.0	367.6	900.6	571.8	253.2	825.0
618.3	389.3	1 007.6	489.8	324.9	814.7
700.0	386.3	1 086.3	564.1	382.1	946.2
493.5	472.6	966.1	757.8	178	935.8
602.6	309.1	911.7	609.2	258.2	867.4
775.5	303.4	1 078.9	746.4	205.7	952.1
559.3	339.9	899.2	527.6	220.1	747.7
576.8	327.6	904.4	508.5	311.7	820.2
797.8	299.1	1 096.9	651.2	249.7	900.9
619.7	354.6	974.3	414.8	374.7	789.5
569.3	447.7	1 017.0	651.3	282.9	934.2
585.4	517.6	1 103.0	583.8	190.5	774.3
696.8	393.6	1 090.4	513.0	348.5	861.5
641.5	441.2	1 082.7	702.0	238.2	940.2
761.2	351	1 112.2	713.3	223.5	936.8
817.0	372	1 189.0	638.5	258.9	897.4
729.1	394.5	1 123.6	611.9	262.3	874.2
752.9	305.2	1 058.1	513.6	302.8	816.4
687.5	283.4	970.9	610.5	267.3	877.8
712.4	243.4	955.8	545.0	278	823.0

表 7.54 基于 HSDPA 不同调度优先级 SPI 的 QoS 多小区移动测试结果汇总表

空 载			加 载		
流类 512	背景类 512	吞吐量/kbps	流类 512	背景类 512	吞吐量/kbps
712.9	299.6	1 012.5	556.2	244.0	800.2
813.5	372.4	1 185.9	495.6	278.8	774.4
768.2	355.3	1 123.5	409.2	320.6	729.8
775.1	268.9	1 044.0	548.7	301.2	849.9
770.8	424.7	1 195.5	699.1	297.5	996.6

续表

空 载			加 载		
流类 512	背景类 512	吞吐量/kbps	流类 512	背景类 512	吞吐量/kbps
727.3	316.6	1 043.9	640.4	310.7	951.1
623.8	403.8	1 027.6	597.8	369.0	966.8
662.3	343.3	1 005.6	420.7	203.4	624.1
763.8	224.1	987.9	594.5	325.8	920.3
672.9	337.9	1 010.8	629.8	301.6	931.4
720.0	343.4	1 063.4	589.6	266.5	856.1
769.7	527.5	1 297.2	532.4	260.7	793.1
791.5	306.4	1 097.9	623.6	348.7	972.3
697.6	315.5	1 013.1	557.6	340.5	898.1
707.9	420.7	1 128.6	629.6	286.0	915.6
834.1	351.9	1 186.0	525.6	309.0	834.6
771.6	352.1	1 123.7	447.6	443.9	891.5
704.0	304.0	1 008.0	583.2	317.5	900.7
694.7	373.9	1 068.6	457.0	316.1	773.1
810.2	443.3	1 253.5	598.7	262.1	860.8
665.0	334.3	999.3	410.6	344.3	754.9
828.5	377.2	1 205.7	593.7	349.6	943.3
719.5	392.4	1 111.9	629.0	346.2	975.2
615.2	387.7	1 002.9	604.6	332.1	936.7

注:

① 如果没有特别说明,上面数据表格中的 UE1 代表流类业务保障速率为 0 kbps 的终端,UE2 代表流类业务保障速率为 384 kbps 的终端,UE3 代表流类业务保障速率为 512 kbps 的终端,UE4 代表流类业务保障速率为 1 024 kbps 的终端。

② 如果没有特别说明,上面数据表格中的“正序”表示在测试操作过程中,UE 的拨打顺序是从流类保障速率最低的 UE 开始,依次到流类保障速率最高的 UE。

## 7.8.2 测试结果分析

从上述测试结果来看,基于 QoS 的 HSDPA 性能基本都达到了设计要求,具体内容包  
括:

### (1) 流类正序不同场景下不同保障速率 GBR 单用户对比

如表 7.55 和图 7.33 所示。

表 7.55 流类正序不同场景下不同保障速率 GBR 单用户平均吞吐量

GBR / kbps	512	384	0
平均吞吐量 / kbps	641.4	462.4	5.4

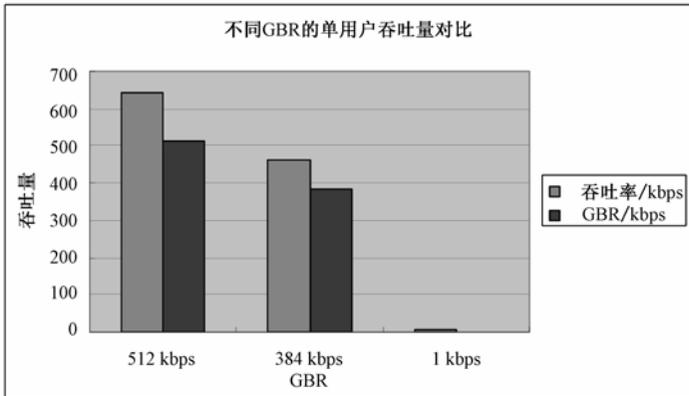


图 7.33 不同场景下不同保障速率 GBR 单用户平均吞吐量的对比

由表 7.55 和图 7.33 可得到各不同保障速率下单用户的吞吐量平均值，GBR 512 kbps 用户的平均吞吐量为 641.433 3 kbps，高出保障速率 129.433 kbps，平均速率与保障速率的比值为 1.25，GBR 384 kbps 用户的平均吞吐量为 462.416 7 kbps，高出保障速率 78.416 7 kbps，平均速率与保障速率的比值为 1.20，GBR 1 kbps 用户的平均吞吐量为 5.4 kbps，高出保障速率 4.4 kbps，由于给 GBR=0 时实际测试设置设为 1，所以，在这里平均速率与保障速率的比值无意义，可见，在轻载情况下，用户都能保证 GBR。

(2) 流类正序空载与加载小区吞吐量对比

如表 7.56 和图 7.34 所示。

表 7.56 流类正序不同场景下小区平均吞吐量

测试场景	空载	加载
小区平均吞吐量 / kbps	1 129.2	1 089.3

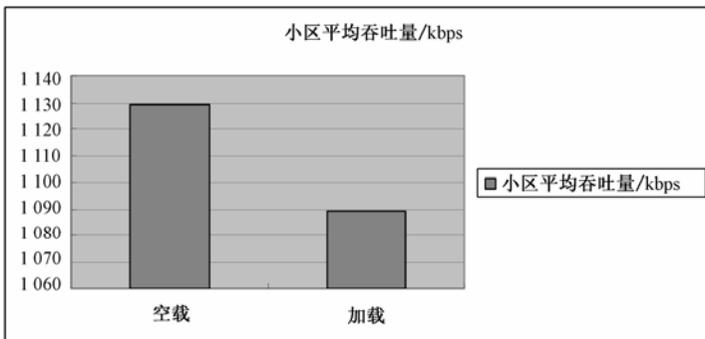


图 7.34 不同场景下小区平均吞吐量的对比

由表 7.56 和图 7.34 可得知，空载远、中、近 3 种场强下的小区平均吞吐量为 1 129.2 kbps，加载远、中、近 3 种场强下的小区平均吞吐量为 1 089.3 kbps，在模拟加载的情况下，干扰会影响小区的吞吐量，平均速率下降了 39.9 kbps，占空载情况下总速率的 3.5%。

(3) 流类反序不同场景下不同保障速率 GBR 单用户对比

如表 7.57 和图 7.35 所示。

表 7.57 流类正序不同场景下不同保障速率 GBR 单用户平均吞吐量

GBR / kbps	1 024	512
平均吞吐量 / kbps	719.266 67	379.8

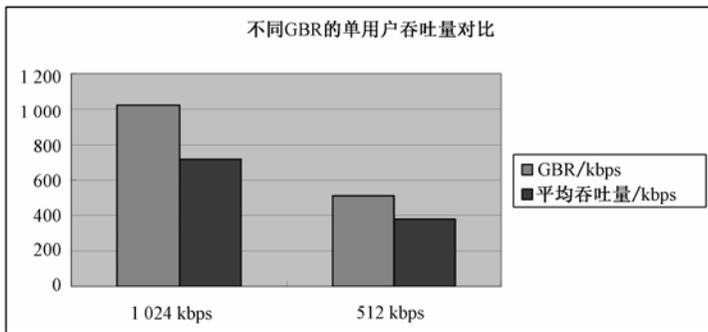


图 7.35 不同场景下不同保障速率 GBR 单用户平均吞吐量的对比

由表 7.57 和图 7.35 可得知各不同保障速率下单用户的吞吐量平均值，GBR 1 024 kbps 用户的平均吞吐量为 719.3 kbps，低于保障速率 304.7 kbps，平均速率与保障速率的比值为 0.7，GBR 512 kbps 用户的平均吞吐量为 379.8 kbps，低于保障速率 132.2 kbps，平均速率与保障速率的比值为 0.75，由于 3 个 DSCH 时隙的 HS-DSCH 最大吞吐量为  $512 \times 3 = 1\,536$  kbps，而保障速率 1 024 与 512 的组合刚好达到系统最大负荷，使得系统很难保证实现 UE 的保障速率，从所占比重看来，在系统重载情况下，用户无法保证 GBR，但相对于 GBR 的比率比较接近。

(4) 流类反序空载与加载小区吞吐量对比

如表 7.58 和图 7.36 所示。

表 7.58 流类正序不同场景下小区平均吞吐量

测试场景	空 载	加 载
平均吞吐量 / kbps	1 132.433	1 065.7

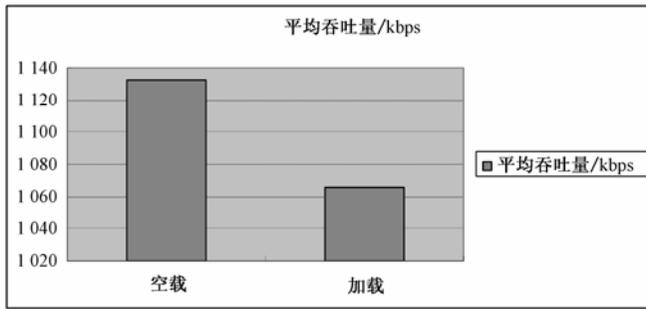


图 7.36 不同场景下小区平均吞吐量的对比

由表 7.58 和图 7.36 可得知，空载远、中、近 3 种场强下的小区平均吞吐量为 1 132.433 kbps，加载远、中、近 3 种场强下的小区平均吞吐量为 1 065.7 kbps，在模拟加载的情况下，干扰会影响小区的吞吐量，平均速率下降了 66.733 kbps，占空载情况下总速率的 5.9%。

#### (5) 背景类不同场景下不同保障速率 GBR 单用户对比

如表 7.59 和图 7.37 所示。

表 7.59 背景类不同场景下不同保障速率 GBR 单用户平均吞吐量

UE	1 kbps	384 kbps	512 kbps	1 024 kbps
GBR/kbps	1	384	512	1024
平均吞吐量 / kbps	250.21	264.26	257.56	267.7

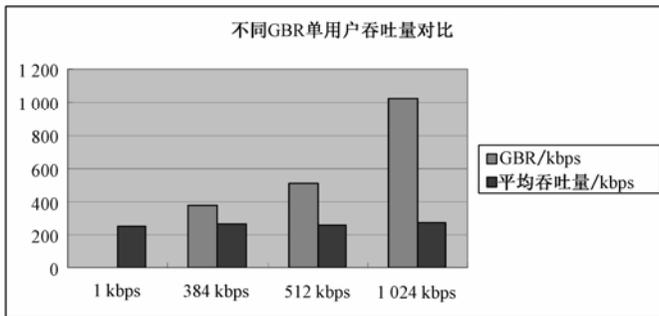


图 7.37 不同场景下不同保障速率 GBR 单用户平均吞吐量的对比

由表 7.59 和图 7.37 可得到各不同保障速率下单用户的吞吐量平均值，GBR 1 024 kbps 用户的平均吞吐量为 267.7 kbps，低于保障速率 756.3 kbps，平均速率与保障速率的比值为 0.26，GBR 512 kbps 用户的平均吞吐量为 257.6 kbps，低于保障速率 254.4 kbps，平均速率与保障速率的比值为 0.5，GBR 384 kbps 用户的平均吞吐量为 264.3 kbps，低于保障速率 119.7 kbps，平均速率与保障速率的比值为 0.69，GBR 1 kbps 用户的平均吞吐量为 250.2 kbps，可见背景类业务并不保证 GBR，其速率基本平均分配。

(6) 流类不同GBR定点移动平均吞吐量对比

如表 7.60 和图 7.38 所示。

表 7.60 流类不同 GBR 定点移动平均吞吐量

UE	1 kbps	384 kbps	512 kbps
GBR / kbps	1	384	512
定点平均吞吐量 / kbps	5.4	462.42	641.43
单小区移动平均吞吐量 / kbps	15.08	431.22	541.44
多小区移动平均吞吐量 / kbps	43.48	439.97	595.09

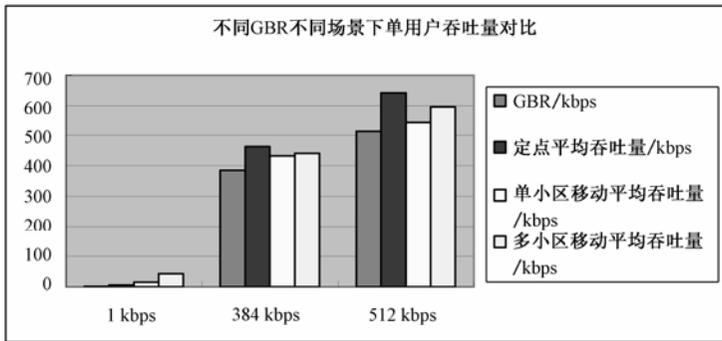


图 7.38 不同场景下不同保障速率 GBR 单用户平均吞吐量的对比

当不同 GBR 用户在定点和单小区移动时，多小区移动中都保证了 GBR，在定点时，各 GBR 用户的平均下载速率比较高，多小区移动由于小区间的切换，会导致下载速率短暂的下降，导致平均下载速率降低，当单小区移动时，由于在远点时不能切换，速率会更低些，导致平均下载速率更低。总的来说，不管在定点还是移动中，流类业务都保障了 GBR。

(7) 背景类不同GBR定点移动平均吞吐量对比

由于单小区移动和多小区移动是由 GBR 1 kbps，GBR 384 kbps 和 GBR 512 kbps 3 个 UE 共同保持，所以选取了定点背景类 GBR 1 kbps，GBR 384 kbps 和 GBR 512 kbps 3 个 UE 共同保持时的数据进行对比。如表 7.61 和图 7.39 所示。

表 7.61 背景类不同 GBR 定点移动平均吞吐量

UE	1 kbps	384 kbps	512 kbps
GBR/kbps	1	384	512
定点平均吞吐量 / kbps	353.85	310.65	348.125
单小区移动平均吞吐量 / kbps	311.7214	317.8381	312.5762
多小区移动平均吞吐量 / kbps	352.7778	340.8667	353.2611

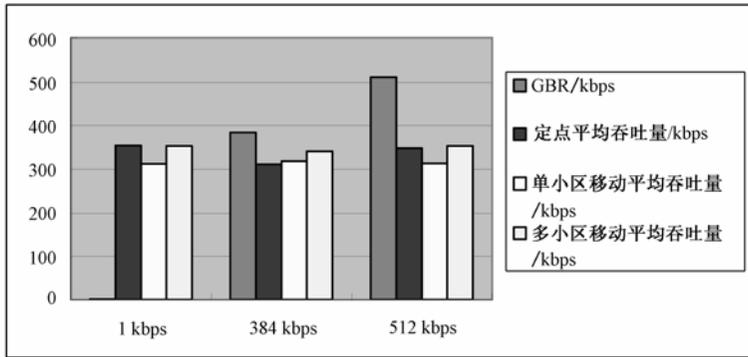


图 7.39 不同场景下不同保障速率 GBR 单用户平均吞吐量的对比

总的来说，背景类业务并不保证 GBR，各 UE 的下载速率比较平均，相差不大。

#### (8) 不同 SPI 调度优先级定点移动平均吞吐量对比

如表 7.62 和图 7.40 所示。

表 7.62 不同 SPI 调度优先级定点移动平均吞吐量

GBR	流类 512	背景类 512
单小区定点平均吞吐量 / kbps	688.1	458.3
单小区移动平均吞吐量 / kbps	633.1	320.0
多小区移动平均吞吐量 / kbps	645.7	334.4

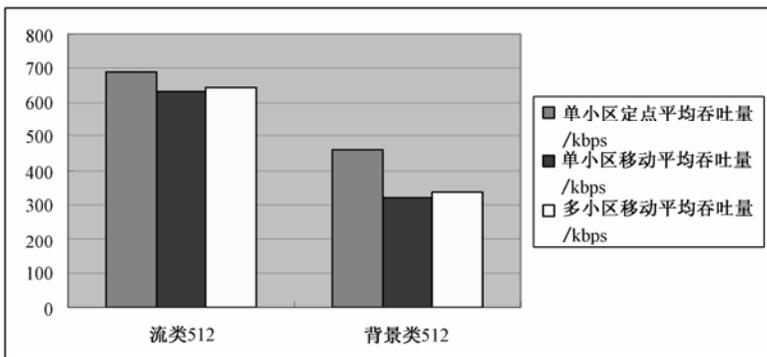


图 7.40 不同场景下不同 SPI 调度优先级用户平均吞吐量的对比

从总的结果来看，流类业务保障了 GBR，背景类业务不能保障 GBR；在相同 GBR 情况下，流类业务下载速率高于背景类业务；同时定点下载速率高于移动下载速率。

### 7.8.3 结论和建议

通过对以上测试结果的分析，可以得出如下结论：

- 基于 QoS 的 HSDPA 的功能性基本都达到了系统设计的商用功能。
- 用户 GBR 的设置与无线码道资源的配置相关，在实际的网络部署中，建议网络对各种业务都配置保障速率，GBR 设置不宜过高，否则根据接纳控制算法，GBR 低的 UE 无法接入，并且 GBR 不要差别过大，以满足实际商用网络里的大部分需求特征。
- 在实际测试中，保障速率为 0 的流类或背景类业务由于下载速率很低，不适用于商用网络场景。

## 7.9 TD-HSDPA 网络质量测试

测试内容：

- 考察全网环境 HSDPA 单一业务时的延时、吞吐量、长呼、切换成功率和切换时延等业务质量；
- 考察全网环境 HSDPA 单一业务时的业务接入成功率、吞吐量和短呼等业务质量；
- 考察全网环境真实加载下 HSDPA 单一业务时的延时、吞吐量、长呼、切换成功率和切换时延等业务质量；
- 考察全网环境真实加载下 HSDPA 单一业务时的接入成功率、吞吐量和短呼等业务质量。

### 7.9.1 测试结果及分析

(1) 多小区环境下系统空载单终端网络质量——单业务

测试结果汇总如表 7.63～表 7.66 和图 7.41～图 7.43 所示。

表 7.63 HSDPA 业务和 PS384K 业务测试结果汇总表

统计次数	终端侧平均值下载速率 / kbps		
	凯明路测终端 HSDPA 512 kbps	凯明路测终端 PS 384 kbps	凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps
1	262.4	375.1	978.1
2	317.7	370.9	881.0
3	314.7	369.3	748.5
4	287.6	369.2	793.9
5	278.4	369.4	639.9
6	294.3	368.7	845.4
7	302.9	371.9	871.9

续表

统计次数	终端侧平均值下载速率 / kbps		
	凯明路测终端 HSDPA 512 kbps	凯明路测终端 PS 384 kbps	凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps
7次平均下载速率	294	370.643	822.671
占理论最大吞吐量比例	57.42%	96.52%	53.56%
占实测最大吞吐量比例	65.33%	97.54%	58.76%
单时隙平均下载速率	147	123.548	274.224
单码道承载速率	9.188	8.620	17.139

注:

- ① PS 384 kbps 业务占用 3 个时隙, 但是最后 1 个时隙的码道并没有全部占用, 而是占用了前 11 个码道, 所以 PS 384 kbps 业务占用了  $16+16+11=43$  个码道。
- ② HSDPA 512 kbps 的理论最大吞吐量为 512 kbps, PS 384 kbps 的理论最大吞吐量为 384 kbps, HSDPA 1.6 Mbps 的理论最大吞吐量为  $512 \times 3=1536$  kbps。
- ③ HSDPA 512 kbps 的实测最大吞吐量为 450 kbps, PS 384 kbps 的实测最大吞吐量为 380 kbps, HSDPA 1.6 Mbps 的实测最大吞吐量为 1400 kbps。

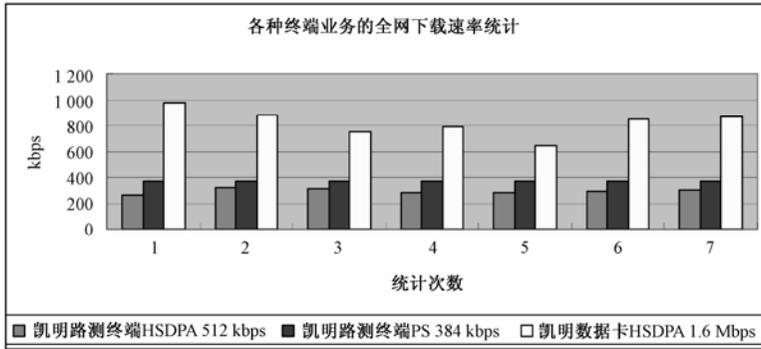


图 7.41 不同终端不同业务下载速率变化图

表 7.64 HSDPA 业务和 PS384K 业务 Ping 包时延测试结果汇总表

Ping 包测试统计结果	凯明路测终端 HSDPA 512 kbps	凯明路测终端 PS 384 kbps	凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps
发包数量	3 651	1 906	1 814
收包数量	3 537	1 862	1 810
丢包数量	114	44	4
丢包率	3.12%	2.31%	0.22%
最小时延 / ms	181	218	170
最大时延 / ms	1 944	2 999	1 283
平均时延 / ms	492	307	234

注:

- ① 目前已查明凯明 512 kbps 路测终端的 Ping 包时延偏大是终端问题, 排查过程可参见 HSDPA 高速移动测试报告。
- ② 凯明 HSDPA 512 kbps 业务测试 Ping 包时跑了近两次全网, 由于测试时间紧, 后面凯明 PS 384 kbps 业务和凯明 HSDPA 1.6 Mbps 业务测试 Ping 包则都只跑了 1 次全网。

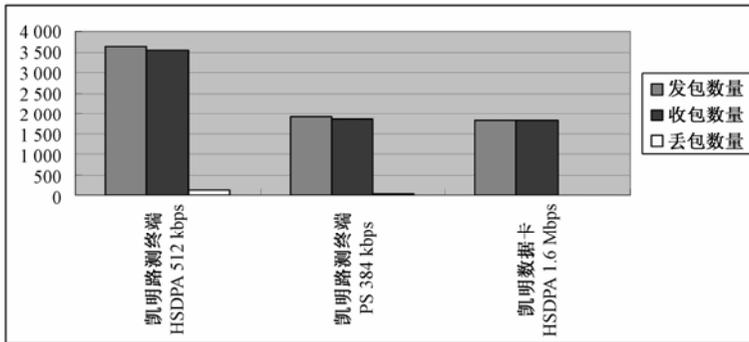


图 7.42 不同终端不同业务 Ping 包数量图

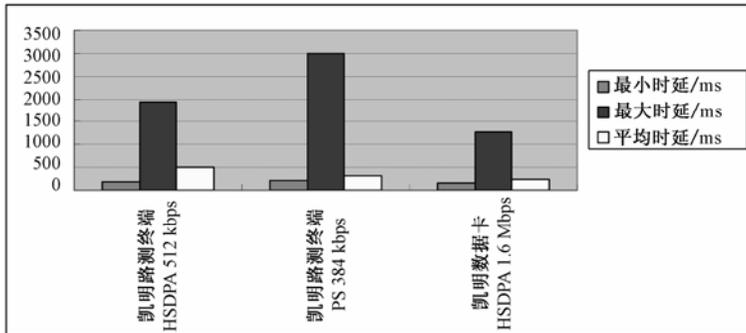


图 7.43 不同终端不同业务 Ping 包时延统计图

表 7.65 HSDPA 业务和 PS384K 业务长时间保持切换测试结果汇总表

测试终端	凯明路测终端 HSDPA 512 kbps	凯明路测终端 PS 384 kbps	凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps
FTP 下载			
切换次数	107	100	101
切换失败次数	1	0	0
切换成功率	99%	100%	100%
Ping 包			
切换次数	103	54	51
切换失败次数	1	1	0
切换成功率	99%	98%	100%

表 7.66 HSDPA 业务和 PS384K 业务短呼测试结果汇总表

短呼	凯明路测终端 HSDPA 512 kbps	凯明路测终端 PS 384 kbps	凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps
呼叫次数	51	51	51
成功次数	51	51	51
呼叫成功率	100%	100%	100%

从总体结果来看，在多小区环境系统空载情况下，单终端在单一 HSDPA 业务或 PS 业务下进行 FTP 下载长时间保持或 Ping 包长时间保持时，HSDPA 和 PS 的业务都基本能保持在线——切换成功率在 98% 以上，只是下载的速率和 Ping 包的结果会因不同业务而有所区别。单终端在做单一 HSDPA 业务或 PS 业务的短呼时，成功率为 100%。

从吞吐量上看，凯明路测终端的 HSDPA 512 kbps 业务平均下载速率接近 300 kbps，而 PS 384 kbps 业务平均下载速率能保持在 370 kbps 左右，凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps 业务平均下载速率能保持在 820 kbps 左右。

在测试过程中发现，PS 业务很稳定，而 HSDPA 业务在移动中下载速率波动很大，这其中除了部分站点的问题外——例如，某站是测试路线某路主要的覆盖站点，但是某站点 Iub 只有 1 对 E1 线，在此站点下，无论是做 HSDPA 512 kbps 和 HSDPA 1.6 Mbps 业务，还是做 PS 384 kbps 业务，下载速率始终就只在 380 kbps 以下，这对 HSDPA 1.6 Mbps 业务下载速率影响较大；另外，HSDPA 终端上报 CQI 偏高是导致速率较低的原因，据确认，凯明终端上报 CQI 是根据 PCCPCH 的 RSCP，而非 DSCH 的解调 SIR，CQI 不能如实反映终端解调 DSCH 的质量。如果 PCCPCH 的 RSCP 很高，即终端处于强场，但是当 DSCH 受到较大干扰时，DSCH 的解调 SIR 将会降低，此时终端应降低上报的 CQI 值，以反映干扰造成的 DSCH 解调质量下降。在实际测试中发现，终端在移动切换后，在初始还较多 NACK 时，就上报很高的 CQI（基本在 59~61 间），导致 NACK 居高不下，速率很低，波动明显。如图 7.44 所示，切换后，CQI 立即达到高位，而此时 NACK 较多，CQI 直到准备切换到其他小区时才开始下降。

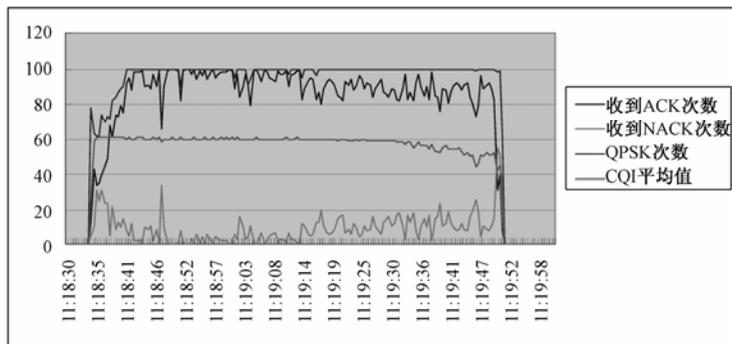


图 7.44 CQI 分析

凯明 512 kbps 的 HSDPA 路测终端还有一个较明显的问题就是切换后经常会有速率恢复不了的问题，即使测试车就此停住后，也一直不能恢复，但是断开业务重新拨打下载后，速率就可以恢复，其他终端，例如，凯明 1.6 Mbps 的 HSDPA 数据卡以及重邮 1 Mbps 的 HSDPA 数据卡未见此问题。

另外，测试区域属于密集城区，切换较频繁，而且往往有乒乓切换，偶尔还会越区切换到非测试区域的小区里，使得终端往往在下载速率还没有恢复上来时，又发生了切换，较多的切换使得本来就有切换后速率较难恢复问题的 HSDPA 终端，在移动切换下的平均下载速率变得更低。

从码道利用率来看：凯明路测终端 HSDPA 512 kbps 业务平均每码道承载的速率为 9.188 kbps，凯明路测终端 PS 384 kbps 业务平均每码道承载的速率为 8.62 kbps，凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps 业务平均每码道承载的速率为 17.139 kbps，如表 7.67 和图 7.45 所示。

表 7.67 HSDPA 业务和 PS384K 业务单码道承载速率对比表

单码道承载速率 / kbps	凯明路测终端 HSDPA 512 kbps	凯明路测终端 PS 384 kbps	凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps
	9.188	8.620	17.139

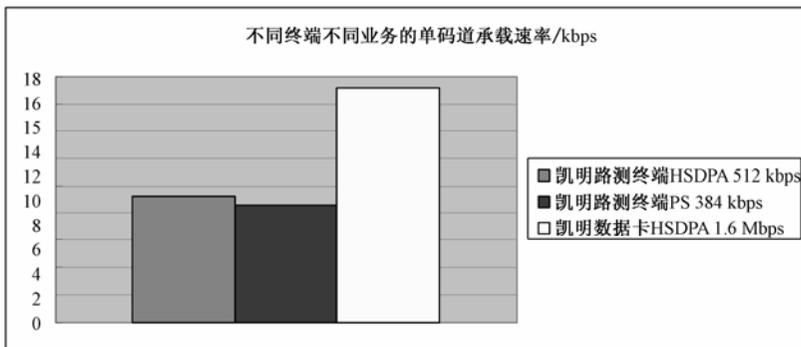


图 7.45 不同终端不同业务的单码道承载速率

从切换成功率上看，凯明路测终端 HSDPA 512 kbps 在发起 FTP 下载业务和长时间保持发送 Ping 包时都有 1 次切换失败，总的切换成功率为 99%；凯明路测终端 PS 384 kbps 在发起 FTP 下载业务和长时间保持发送 Ping 包时，无切换失败，在 Ping 包长时间保持时有 1 次失败，成功率为 98%；凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps 在发起 FTP 下载业务和长时间保持发送 Ping 包时都无切换失败。

从短呼成功率上看，各终端不同业务都能顺利实现，呼叫成功率为 100%。

从 Ping 包时延上看，各终端不同业务丢包率基本都在 3% 以下，凯明路测终端 HSDPA 512 kbps 业务平均时延最大，为 492 ms，凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps 业务平均时延最小，仅为 234 ms。

综上所述：从业务的单码道下载速率（频谱利用率）看，凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps

业务最优，凯明路测终端的 PS 384 kbps 业务最差；从业务的 Ping 包时延方面看，凯明数据卡 HSDPA 1.6 Mbps 业务最优，凯明路测终端的 HSDPA 512 kbps 业务最差；但是从速率波动情况看，凯明路测终端的 PS 384 kbps 业务在移动下的下载速率最为稳定，相对最大吞吐量的下降幅度是最小，只有 3.5%，而凯明数据卡的 HSDPA 1.6 Mbps 的下降幅度最大，可以达到 46.5%。

测试区域属于密集城区，切换频繁，建议优化网络，减少乒乓切换等不必要的开销，将有助于提高整个小区的 HSDPA 吞吐量。

## (2) 多小区环境下系统空载单终端网络质量——并发业务测试

测试结果汇总如表 7.68~表 7.72 和图 7.46~图 7.47 所示。

表 7.68 HSDPA 512 kbps+CS12.2K 业务和 PS 384 kbps+CS12.2K 业务长时间保持结果汇总表

业务类型	HS 64/512 kbps CS12.2K	PS64/384kbps CS12.2K
统计次数	FTP 下载 HS 平均速率 / kbps	FTP 下载 PS 平均速率 / kbps
1	383.2	337.5
2	332.3	340.6
3	252.4	322.6
4	266.4	339.9
5	258.1	300.7
6	272.3	318.3
7	280.2	344
8	339.4	341.4
9	309.7	344.4
10	248.5	334.5
11	241.3	335
11 次平均下载速率	289.436 4	332.627 3
单码道承载速率	9.045	7.736

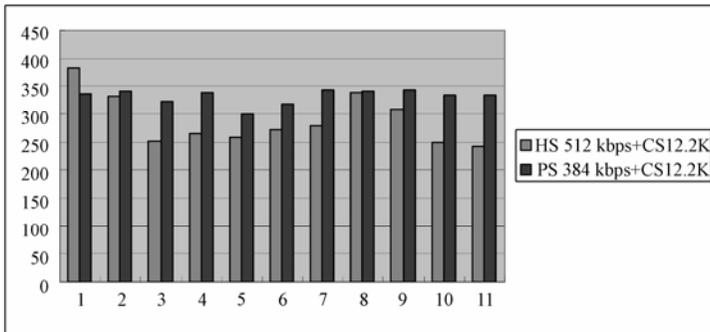


图 7.46 HSDPA 512 kbps+CS12.2K 业务和 PS 384 kbps+CS12.2K 业务长时间保持速率对比图

表 7.69 HSDPA 512 kbps+CS12.2K 业务和 PS 384 kbps+CS12.2K 业务切换成功率汇总表

FTP 下载切换成功率	凯明 HS 512 kbps + CS12.2K 并发	凯明 PS 384 kbps +CS12.2K 并发
切换次数	97	98
切换失败次数	0	0
切换成功率	100%	100%

表 7.70 HSDPA 512 kbps+CS12.2K 业务和 PS 384 kbps+CS12.2K 业务短呼结果汇总表

业务类型	单 UE 短呼 (HS 64/512 并发)	单 UE 短呼 (PS 64/384 并发)
统计次数	平均速率 / kbps	平均速率 / kbps
1	409.8	343.7
2	405.9	339.1
3	259.9	363.9
4	374.4	333.1
5	361.4	353
6	402.9	383.9
7	286.1	296.9
8	334.7	361.5
9	320.3	311.7
10	380.6	342.7
11	337.7	318.7
12	385.3	244.3
13	363	337.1
14	305.5	293.6
15	312.7	270.7
16	387.6	248.3
17	436	243.2
18	412.4	231.6
19	243.4	285.6
20	314.9	373.4
21	290.7	214.2
22	278.9	334.2
23	310.4	260
24	351.8	322.6
25	378.5	385.6
26	245.2	217
27	360.3	370.3
28	402.5	355.6

续表

业务类型	单 UE 短呼 (HS 64/512 并发)	单 UE 短呼 (PS 64/384 并发)
统计次数	平均速率 / kbps	平均速率 / kbps
29	313	322.3
30	406.7	374.8
31	436.2	340
32	315.5	338.7
33	302.8	352.2
34	386.6	369.7
35	364.5	274.6
36	373.2	310.6
37	323.6	353.5
38	393.1	366.6
39	321.4	325.5
40	306.6	262
41	355.4	263.6
42	360.4	286.7
43	369	367.6
44	363.8	375
45	324.9	353
46	276.6	349
47	309.5	361.2
48	252.4	338.8
49	423.1	327
50	260.8	336.3
统计平均	343.838	321.684

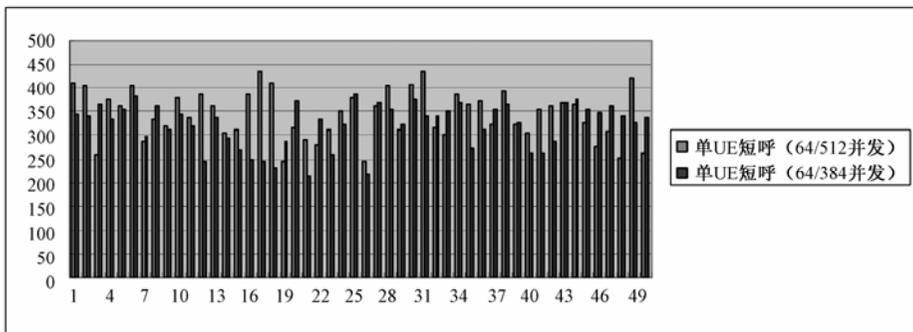


图 7.47 HSDPA 512 kbps+CS12.2K 业务和 PS 384 kbps+CS12.2K 业务短呼速率对比图

表 7.71 HSDPA 512 kbps+CS12.2K 业务和 PS 384 kbps+CS12.2K 业务短呼成功率汇总表

切换成功率	凯明 HS 512 kbps + CS12.2K 并发	凯明 PS 384 kbps + CS12.2K 并发
呼叫次数	50	50
呼叫失败次数	0	0
呼叫成功率	100%	100%

表 7.72 HSDPA 512 kbps 和 PS 384 kbps 业务在单一业务和并发业务下的下载速率对比表

并发业务	HS 512kbps +CS12.2K	PS 384 kbps +CS12.2K
长时间保持	289.436	332.627
短呼	343.838	321.684
单一业务	HS512K	PS384K
长时间保持	294	370.643

注：在并发业务的短呼测试中，由于可以避开一些切换带来的吞吐量下降，所以统计的下载速率会偏高，如在表 7.72 中，达到 343.838 kbps，在分析中将仅作参考。

从总体结果来看，在多小区环境下系统空载情况下，单终端在 PS 384 kbps+CS12.2K 并发业务和 HSDPA 512 kbps+CS12.2K 并发业务 FTP 下载长时间保持和 Ping 包长时间保持时，PS 和 HSDPA 的用户都能保持在线，切换成功率为 100%，只是下载的速率会随不同场景不同干扰而有所变化。在进行短呼业务时，业务能够成功完成，短呼成功率为 100%。

从具体结果来看：从吞吐量上看，凯明路测终端 HSDPA 512 kbps+CS12.2K 并发业务平均速率能保持在 290 kbps 左右，凯明 PS 384K+CS12.2K 并发业务平均速率能保持在 330 kbps 左右。其中 HSDPA 512 kbps 业务速率较 PS 384 kbps 业务速率有点低，出现这个问题的原因可以参考单一业务测试结果的分析，它们的现象和原因基本是一致的。

从码道利用率来看，凯明路测终端 HSDPA 512 kbps+CS12.2k 业务的平均每码道承载速率为 9.045 kbps，凯明路测终端 PS 384 kbps+CS12.2K 业务的平均每码道承载的速率为 7.736 kbps。由此可见，HSDPA 业务在码道利用率方面要优于 PS 业务，如表 7.73 所示。

表 7.73 HSDPA 512 kbps 和 PS 384 kbps 在并发长时间保持时的单码道承载速率对比表

业务类型	HS 512 kbps+CS12.2 kbps	PS 384 kbps+CS12.2K
单码道承载速率	9.045 kbps	7.736 kbps

从切换成功率上看，凯明路测终端 HSDPA 512 kbps+CS12.2K 并发业务在 FTP 下载长时间保持时的切换无失败，切换成功率为 100%；PS 384 kbps+CS12.2K 并发业务在 FTP 下载长时间保持时，也是切换无失败，切换成功率为 100%。

从短呼成功率上看，各终端不同业务都能顺利实现，短呼成功率为 100%。

并发会比较明显地影响 PS 384 kbps 业务的下载速率，并发时的速率为 332.627 kbps，比单一业务时的 370.643 kbps 要降低 10.26%，但是并发对 HSDPA 512 kbps 业务的影响不

大, 怀疑是终端本身在单一业务时就有问题, 导致速率偏低, 所以将这种影响掩盖了。而凯明 1.6 Mbps 数据卡由于不能提供并发, 所以无法获知并发对其下载速率的影响。

综上所述: 从业务方面看, HSDPA 业务要优于 PS 业务。

### (3) 多小区环境下系统真实加载多终端网络质量

测试结果汇总如表 7.74~表 7.77 和图 7.48 所示。

表 7.74 各加载小区 HSDPA 业务测试结果汇总表

各加载小区的 MAC-hs 平均 吞吐量 / bps	测试场景 (车载状态)			
	车载 idle	车载 FTP 下载长时间保持	车载 Ping 包长时间保持	车载 FTP 下载短呼
	平均值	平均值	平均值	平均值
联谊广场_2	1 271 767	1 333 795	1 365 092	1 284 718
庐山酒店_1	1 371 259	1 270 920	1 336 886	1 288 589
庐山酒店 2_3	964 121	969 446	957 853	938 892
长升园_1	962 322	918 063	1 014 292	875 774
长升园_2	1 297 039	1 297 388	1 322 348	1 124 742

注: 由于是多 UE 测试, 数据以后台统计的小区的 MAC-hs 吞吐量会更为准确。

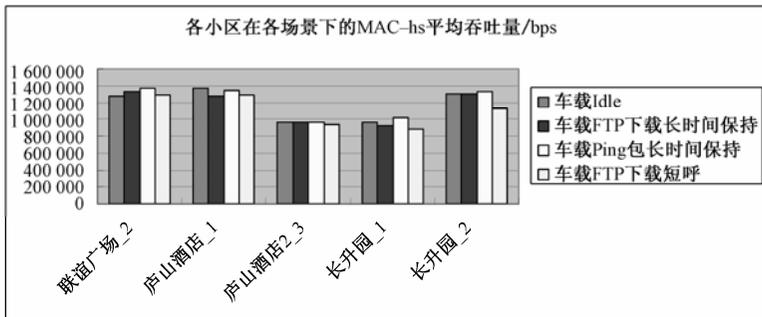


图 7.48 各加载小区 HSDPA 业务在不同车载状态下的 MAC-hs 平均吞吐量

表 7.75 各种测试场景下切换结果统计表

场 景	切 换 次 数	切 换 失 败 次 数	切 换 成 功 率
车载 FTP 下载长时间保持	99	0	100%
车载 Ping 包长时间保持	101	0	100%
车载 FTP 下载短呼_UE1	82	0	100%
车载 FTP 下载短呼_UE2	88	0	100%

表 7.76 车载 Ping 包长时间保持结果统计表

UE (IMSI 后 4 位)	发送包 个数	接收包 个数	丢 包 率	最小 时延 / ms	最大 时延 / ms	平均 时延 / ms
1 230	2 671	2 613	2.17%	221	3 821	316
1 179	2 714	2 700	0.52%	202	2 316	398

表 7.77 车载 FTP 下载短呼结果统计表

UE (IMSI 后 4 位)	呼 叫 次 数	成 功 次 数	呼 叫 成 功 率
UE1_1230	50	50	100%
UE2_1179	50	50	100%

注：

① 由于当时重邮 1 Mbps 的 HSDPA 终端还有问题，而 512 kbps 凯明终端也缺乏，故全部采用容量测试中使用的 1.6 Mbps 的凯明数据卡，共 12 个（5 个加载点上各 2 个，车载 2 个）。

② 加载点都申请 UL64K/DL1600K 的背景类业务，车载则申请 UL32k/DL1600K 的背景类业务。如果车载 UE 也申请 UL64K/DL1600K，会导致 HSDPA 频点 2 个上行时隙的码资源不足，所以上行设置为 32 kbps。具体原因是：每个时隙的码资源是 16 个 SF=16 的码道，在提供 HSDPA 业务时，如果上行申请 16 kbps，将会占用 2 个码道，申请 32 kbps，则将会占用 4 个码道，申请 64 kbps，则将会占用 8 个码道。测试小区是采用 2：4 时隙配置，上行共有  $16 \times 2 = 32$  个码道，因为要配置一条 HS-SICH 信道，占用 2 个码道，故剩余  $32 - 2 = 30$  个码道，如果此 HSDPA 频点是小区的主频，则还要配置一条 PRACH 信道，又占用 2 个码道，则剩余  $30 - 2 = 28$  个码道，测试小区定点加载 2 个 UE，每个 UE 提供 HSDPA 业务时，上行申请 64 kbps，故一共占用  $8 \times 2 = 16$  个码道，那么剩余的码道资源是  $28 - 16 = 12$  个码道，车载 2 个 UE 提供 HS 业务，如果上行都申请 64 kbps，则上行将占用 16 个码道，在移动切换进入加载的小区后，将会出现上行资源不足的情况，如果这个时要强行切入，系统会将其转换到其他非 HSDPA 频点，即将 HSDPA 切换成 DCH 状态上，这是测试规范希望避免的，故最后配置为 32 kbps。

③ 选取一个点进行加载，其中 A\_1 扇区加载点为中点，A\_2 扇区加载点为近点，B\_2 扇区加载点为中点，C\_1 扇区加载点为近点，C-2 和 C-3 扇区加载点为远点。

测试结果分析如下：

① 从各个加载小区全程的 HSDPA 平均吞吐量来看，大部分都在 1 Mbps 以上，好的在 1.27~1.37 Mbps，差的在 900~1 000 kbps 之间，这些与各个小区加载点的环境有很大关系，一般在近点加载的小区吞吐量要高于在远点加载的小区吞吐量。

② 在车载 FTP 下载长时间保持、车载 Ping 包长时间保持和车载 FTP 下载短呼 3 种测试场景下，车载 2 个 UE 的切换成功率都是 100%。

③ 在车载 FTP 下载短呼测试中，车载 2 个 UE 的短呼成功率都是 100%。

④ 将不同车载状态测试场景下的各小区的 MAC-hs 吞吐量进行统计平均，如图 7.49 所示。

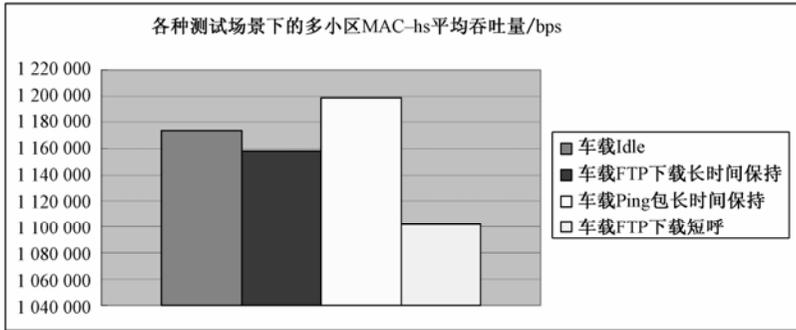


图 7.49 不同测试场景下各小区 MAC-hs 吞吐量统计平均图

由图 7.49 可知，各种测试场景下的 MAC-hs 多小区平均吞吐量并非是“车载 Idle > 车载 Ping 包长时间保持 > 车载 FTP 下载短呼 > 车载 FTP 下载长时间保持”的规律——除了信号最为稳定的 C\_1 扇区具有这样的规律，但基本上“车载 Idle”和“车载 Ping 包长时间保持”两种测试场景下的 MAC-hs 多小区平均吞吐量比“车载 FTP 下载长时间保持”和“车载 FTP 下载短呼”两种测试场景下的 MAC-hs 多小区平均吞吐量要高。这除了与车载 FTP 下载短呼测试与其他 3 项测试是不在同一天测试有关外，还与邻区模拟加载对各小区影响具有随机性有关，这可从相关测试数据分析中可以看出，各个小区在不同测试场景中，受到的突发干扰影响不一样，这会导致速率出现波动。在车载 FTP 下载短呼测试时，FTP 连接 CN 的服务器经常出现问题——连接不上或者下载速率很低，而连接外网下载速率就比较高，这个问题也导致车载 FTP 下载短呼的吞吐量偏低。

## 7.9.2 结论和建议

在这次网络质量测试中，总共测试了空载下单 UE 的单一业务（R4 的 PS 384 kbps 业务、R5 的 HSDPA 512 kbps 和 HSDPA 1.6 Mbps 业务）和加载下多 UE 的单一业务（R5 的 HSDPA 1.6 Mbps 业务），考察了网络的呼叫、切换、Ping 包时延和下行吞吐量等 KPI 指标。

如果排除有问题的凯明 512 kbps 路测终端的数据，只看凯明 1.6 Mbps 数据卡的测试结果，各项 KPI 指标都表现良好，其中呼叫成功率都为 100%，切换成功率都在 98% 以上，全网空载下单 UE 的 Ping 包时延为 234 ms，全网加载下两 UE 的 Ping 包时延分别是 316 ms 和 398 ms，全网空载下单 UE 的平均下载速率为 822 kbps，如果排除某站点 Iub 接口带宽受限的影响，则平均下载速率应该为 850 kbps。

HSDPA 业务的频谱效率，即单码道承载的速率，要比 R4 的 PS 业务高，特别是支持

16QAM 的终端业务, HSDPA 1.6 Mbps, HSDPA 512 kbps 和 PS 384 kbps 三种业务之间的单码道承载速率之比为:  $17.139 : 9.188 : 8.620 = 1.99 : 1.07 : 1$ , 如果考虑到凯明 HSDPA 512 kbps 路测终端的问题, 实际上, HSDPA 512 kbps 和 PS 348 kbps 的比例应该更高一些。

由于 R5 的 HSDPA 采用了共享信道的调度机制, 比 R4 固定信道的 PS 业务能容纳更多的数据业务用户。对于 HSDPA 时隙配置方面, HSDPA 业务和 R4 业务之间, HSDPA 业务对时隙码道资源的利用率最高, 同时也能增加 HS 用户数, 在全网真实加载中, 保持了 4 UE 同时在线, 小区吞吐量比较好的时候能保持在 1.3 Mbps, 平均每 UE 速率超过 300 kbps, 优于 R4 业务。

在多小区环境下系统真实加载多终端网络质量测试中, 各个加载小区全程的 HSDPA 平均吞吐量, 大部分都在 1 Mbps 以上, 好的在 1.27~1.37 Mbps, 差的在 900~1 000 kbps 之间, 这些与各个小区加载点的环境有很大关系, 一般在近点加载的小区吞吐量要高于在远点加载的小区吞吐量。

## 7.10 测试总结与建议

经过对测试结果的分析总结, 提出以下关于 TD-HSDPA 的部署和组网建议:

① 建网前期, 建议室外宏小区以 3:3 时隙比例配制, 采用单载波配置 HSDPA 资源; 建网中后期, 随着室内用户对数据业务需求量的增加, 室内微基站小区配置以 2:4 时隙配比, 同时可以配置单个或两个 HSDPA 资源, 室内室外异频配置。

② 建议室外宏小区 HSDPA 所在载波频点是同一个频点, R4 小区与 HSDPA 小区异频配置。

③ 尽量避免室外宏小区之间存在交叉时隙配置, 若不可避免, 也应该尽量使相同时隙比例配置的小区成片, 交界处应当尽量远离业务量密集区域。

④ 建议系统设备考虑 HS-SCCH 与伴随 DPCH 的联合功控。

⑤ 加强 HSDPA 路测终端, 以及配套路测软件的研发推动, 提高其稳定性, 增强其功能。

## 参 考 文 献

- [1] 中国移动 TD-HSDPA 外场性能测试规范. 2008.3.
- [2] 中国移动厦门 TD-SCDMA 外场 HSDPA 测试报告. 中国移动通信集团技术部, 2008.7.

# 第 8 章 TD-HSPA的技术演进

随着 TD-SCDMA 网络在全国商用步伐的加快，未来技术的增强和演进成为业界研究的热点问题。TD-SCDMA 的演进目标是提供更高速率的服务，降低时延和成本，改善覆盖范围和容量。为了达到这样的目标，将引入多种先进技术，如 16QAM、64QAM、AMC、HARQ、OFDM、MIMO 和多载波技术等，许多革命性技术在演进过程中起着关键作用，作为峰值速率不断提高的根本动力。

由于 TD-SCDMA R4 中对 PS 业务支持能力有限，3GPP R5 和 R7 中分别引入了 HSDPA 和 HSUPA，两者合称 HSPA，增强了对于数据业务的支持。在 3GPP R8 中启动了一个新的研究项目 HSPA+，对 HSPA 进行演进和增强。为满足未来十年对于移动通信的技术要求，3GPP 启动了关于 3G 演进型系统 LTE/SAE 的研究与标准化工作。TD-SCDMA 标准的长期演进技术 TD-LTE 作为中国的 TDD 技术，在物理层、空中接口协议和网络结构方面发生了革命性变化。虽然 3G 及其增强和演进在一定程度上提高了数据传输速率，但还是无法满足未来多媒体的通信需求。移动通信的宽带化、分组化、扁平化演进趋势需要不断深入研究可持续性发展的技术和标准。2005 年，ITU 开始研究和设计未来移动通信系统的空中接口技术，即 IMT-Advanced，采用 MIMO、OFDM、感知无线电、中继技术、无线 Mesh 和异构网络融合等突破性关键技术，大幅度地提高了无线频谱效率和系统可实现性。

本章简单介绍几种 HSPA 演进技术的基本原理、关键技术和标准进展情况。

## 8.1 TD-HSUPA基本原理和组网方案

### 8.1.1 TD-HSUPA技术的引入

随着 3GPP HSDPA 标准化的完成，3G 系统对下行分组数据业务的支持能力得到增强，自然就引发了一个考虑，HSDPA 采用的关键技术是否可以应用于上行分组业务的优化，进而对覆盖、吞吐量以及时延等上行性能进行改善。于是，3GPP 启动了 HSUPA (High Speed Uplink Packet Access) 技术的研究，最早建立了 WCDMA 上行增强可行性分析的研究项目，目标是通过提高小区的吞吐量和高数据速率，提高上行链路空中接口容量利用率以及终端用户的体验。3GPP 在 R6 版本中引入高速上行分组接入 HSUPA，用于增强 TD-SCDMA 系统上行链路的数据业务支撑能力，使单载波的上行数据承载能力达到 2.2 Mbps。作为 3GPP

标准重要组成部分的TD-SCDMA,在HSUPA方面做了很多研究和评估工作,主要针对TDD上行增强、基站快速调度、AMC和HARQ等技术进行了评估。

TD-SCDMA HSUPA 的引入,极大地增强了 3G 系统对高速上行业务的支持能力,无论对于发送 E-mail,上传文件,还是交互式游戏应用,用户都将体会到 HSUPA 提供的上行高速率和短延迟。HSUPA 越来越引起运营商的关注,随着网络规模进一步扩大,TD-HSUPA 的优势将逐渐凸显出来,TD-HSUPA 的发展前景也将更加广阔。

## 8.1.2 TD-HSUPA的协议架构和 workflows

### 1. TD-HSUPA增强的协议架构

TD-HSUPA 无线网络协议架构与 HSDPA 类似,主要改动集中在空中接口的 MAC 和物理层,对 Node B 和 RNC 的协议栈修改并不多,如图 8.1 所示。为了支持 HSUPA,现有 3GPP 空口协议上有如下变动。

#### ① UE 侧:

在 MAC 层中增加了 MAC-e/MAC-es 实体,主要处理 HARQ 重传、MAC-e PDU 复用和 E-DCH 传输格式选择等功能。

#### ② Node B 侧:

在 Node B 侧新增了一个 MAC-e 协议实体,主要用来处理 HARQ 的反馈(ACK/NACK)、重传合并、HARQ 进程调度和 MAC-e PDU 解复用。

#### ③ RNC 侧:

在服务 RNC (SRNC) 侧新增 MAC-es 实体,主要完成 MAC-es 重排,进而实现按序递交的功能。

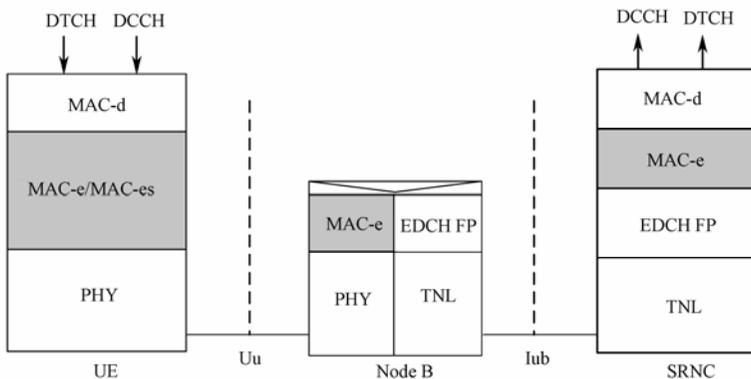


图 8.1 TD-HSUPA 协议架构

为支持 TD-HSUPA,实现快速分组调度,3GPP 规范中新增了以下传输信道和物理信道。

## ① 上行方向:

- 新增一个增强专用信道 (E-DCH) 的传输信道, 承载高速上行数据或信令, 其传输时间间隔 (TTI) 为 5 ms, 支持高阶调制, 以及物理层 (L1) HARQ 过程, 其使用的资源, 包括功率、时隙和码道等, 可由 Node B 调度分配。
- 新增 E-DCH 上行控制物理信道 (E-UCCH), 指示 E-DCH 的传输块信息。
- 新增 E-DCH 物理上行信道 (E-PUCH), E-DCH 和 E-UCCH 映射到该物理信道。
- 新增 E-DCH 随机上行控制信道 (E-RUCCH), 用于向网络申请资源, 支持调度方式的 TD-HSUPA 业务。

TD-SCDMA 系统上行新增加了增强上行链路专用信道 (E-DCH), 用于承载高速上行数据。

## ② 下行方向:

在下行方向, 为了支持基站调度, 增加了增强上行绝对接入允许信道 (E-AGCH), 传输基站调度信息; 增加增强上行 HARQ 应答指示信道 (E-HICH), 用来支持 HARQ 过程的传输应答信息 (如 ACK/NACK)。

上、下行信道的映射关系如图 8.2 所示。

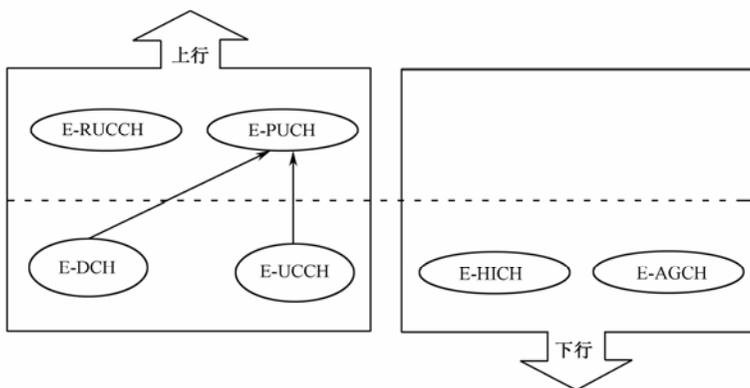


图 8.2 TD-HSUPA 中信道映射示意图

## 2. TD-HSUPA的工作流程

从图 8.3 可以看出, TD-HSUPA 将调度和重传控制的功能从 RNC 转移到了 Node B 端。TD-HSUPA 的工作流程具体步骤如下:

- ① UE 根据信道质量、可用发射功率和缓冲区中待传输数据量决定要申请的速率, 并向 Node B 发出申请。
- ② Node B 调度器根据系统中采用的调度算法得出各个用户的优先级, 将各用户排队。
- ③ 按照优先级, Node B 根据终端吞吐量, 结合用户申请的速率, 给队列中的各个用

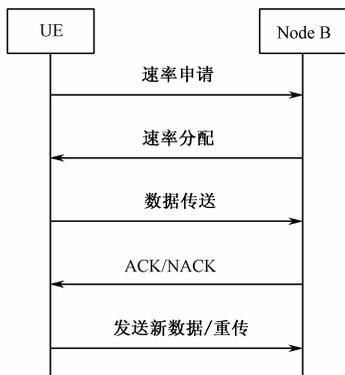


图 8.3 TD-HSUPA 的工作流程

户分配速率，通过 E-AGCH/E-RGCH 发送调度指令通知 UE。

④ UE 通过 E-DPDCH 发送数据包，通过 E-DPDCH 传送相应控制信息。

⑤ Node B 对 E-DPDCH 上的数据包进行解调，根据 CRC 的检错结果在 E-HICH 上发送 ACK/NACK 响应。

⑥ UE 根据收到的 ACK/NACK 决定是否重传，若收到 NACK 消息，需重传，直到收到 ACK 消息或者达到系统设定的最大重传次数为止。

## 8.1.3 TD-HSUPA 中关键技术

上行增强技术的目的在于提高分组数据的峰值传输速率，提高上行分组数据的总体吞吐率，同时减少传输延迟和误帧率。TD-HSUPA 中关键技术包括 AMC、HARQ、Node B 快速调度以及用户终端（UE）如何共享上行信道资源。

### 1. 上行资源共享

在上行资源共享方面，TDD 与 FDD 系统有所不同。在 FDD 系统中，HSUPA 与 HSDPA 的不同之处是，在 HSDPA 中，HS-DSCH 作为一个共享信道，被多用户共享；而在 HSUPA 中，每个用户都有到 Node B 的数据链路。TDD 系统则由于使用扰码区分不同小区，因而上行码道受限，因此，增强技术考虑的出发点还是基于共享资源的考虑，采用共享机制可以缓解资源受限的问题。

### 2. 自适应调制编码（AMC）

作为链路自适应技术的 AMC，通过在信道质量好的情况下采用高阶调制来提高系统容量，HSUPA 的原理与 HSDPA 类似。

AMC 通过改变调制方式和信道编码率来调整传输速率，目前，HSUPA 调制采用 QPSK 和 16QAM 两种方式。对于信道环境较好的用户，会分配较高的调制等级和较高的编码速率；而对于处于接近小区边缘、信道环境较差的用户，则会被分配较低的调制等级和编码速率。通过高阶的调制和效率更高的编码效率等技术，TD-HSUPA 单载波上行最高支持 2.2 Mbps 的速率。在上行采用哪种调制方式，需要从系统性能和对 UE 功放的影响两方面进行分析。根据仿真结果，采用 8PSK 和 16QAM，相对于仅用 QPSK 的情况，系统容量可提升 54%~56%。

### 3. 混合自动请求重发 (HARQ)

与TD-HSDPA类似, 在HSUPA系统中, HARQ可以对错误数据进行快速重传, 减少了无线链路控制(RLC)重传, 提高了数据吞吐量, 改善了用户体验。因此, 在上行增强中采用HARQ在于减少时延和提高用户及系统的吞吐量。HARQ的采用对物理层和MAC层都将产生影响, 在上行增强中引入HARQ, 需要慎重考虑Node B和UE存储空间的要求, 以及由此而带来的信令负荷、复杂度和UE功率限制等因素。

数据包重传是由RNC控制下的RLC重传完成的。每次重传涉及RLC信令和Iub接口传输, 延时较大。HSUPA和HSDPA都采用混合自动重传机制, 使得数据包的重传可以在移动终端和基站间直接进行, 绕开Iub接口传输, 大幅降低时延, 快速重发还允许上行链路容忍更高的误块率(BLER), 在给定的数据速率下以更低的功率级传输, 促使小区覆盖面积扩大。同时, HARQ技术可在接收方译码失败情况下保存接收数据, 并要求发送方重传数据, 接收方将重传数据和前面保存的接收数据进行合并, 再送到译码器进行译码。

### 4. Node B快速调度

多用户共享高速上行信道, 快速调度非常重要。与R4中规范相比, 系统通过RNC完成调度功能, HSUPA的调度功将由Node B完成, 优势在于减小传输时延和提高吞吐量, 减少Iub接口上的传输过程以及对重传、UE缓存测量的快速反馈。

HSUPA采用基站调度有利于改善资源分配和干扰控制。由于TDD上行码道资源受限, 对物理资源采用共享形式, 并由基站进行快速调度, 一方面, 可以有效缓解上行码道资源受限, 快速适应无线环境的变化; 另一方面, 通过快速控制UE速率, 基站可以更好地控制空中接口的干扰情况。

TD-HSUPA中Node B调度过程介绍如下:

① UE通过E-RUCCH发起调度请求, 调度请求包含调度相关信息以及UE的标识——无线网络临时标识(E-RNTI)。调度信息包括本小区和邻小区的路径损耗信息、可以允许使用的功率, 以及缓存占用状况, 等等。

② Node B调度器接收到请求后, 若允许该UE发送上行增强数据, 将通过E-AGCH发送接入允许信息给UE, 接入允许信息主要包括功率允许和物理资源允许。由于E-AGCH是共享信道, 接入允许信息还需要携带用户标识, 以区分该接入允许是分配给哪个UE, 同时还指示UE, 接收应答信息的E-HICH信道标识。

③ UE收到E-AGCH并对其解调后, 如果判断信息是发给自己的, 就根据分配的资源和功率在E-DCH上选择可以使用的速率并开始数据传输。具有接入允许的UE可以在MAC-e帧头重新携带调度信息。

④ Node B接收E-DCH信息, 解调后判断数据是否正确; 用户在监听的E-HICH信道上反馈ACK/NACK信息, UE根据反馈信息判断是否需要重传。

## 5. TD-HSUPA 与TD-HSDPA关键技术比较

虽然 HSUPA 与 HSDPA 采用的关键技术类似，但是在具体实现方式上，HSUPA 还是与 HSDPA 有着一些差别（见表 8.1），主要差别体现在上行链路，调度控制在基站中实现，但数据传输却在 UE 中进行，因此，基站需要获得调度相关的信息；另外，上行干扰控制也是一个需要考虑的问题。

表 8.1 HSUPA 与 HSDPA 关键技术的差异

项 目	HSUPA	HSDPA
快速功率控制	支持	不支持
上行同步控制	支持	不支持
调度与数据传送	分布在不同实体中	分布在相同实体中
非调度传输	支持	不支持
TTI	5 ms	5 ms
控制信道	E-AGCH,E-RUCCH, E-UCCH,E-HICH	HS-SCCH,HS-SICH
L1 HARQ	支持	支持
高阶调制 (AMC)	16QAM	16QAM

TD-HSDPA 和 TD-HSUPA 都是 TD-SCDMA 的下一步演进技术。其中，HSDPA 是针对下行链路方向（从无线接入网络到移动终端的方向）分组业务的优化和演进。与 HSDPA 类似，HSUPA 是针对上行链路方向（从移动终端到无线接入网络的方向）分组业务的优化和演进。HSUPA 是继 HSDPA 后，TD-SCDMA 标准的又一次重要演进。HSUPA 采用了一些与 HSDPA 类似的技术，但是 HSUPA 并不是 HSDPA 简单的上行翻版，HSUPA 中使用的技术考虑到了上行链路自身的特点。HSUPA 采用了 3 种主要的技术：物理层混合重传、基于 Node B 的快速调度和资源共享。利用 HSUPA 技术，上行用户的峰值传输速率可以提高 2~5 倍。

### 8.1.4 TD-HSUPA组网方案

#### 1. TD-HSUPA的部署策略

在 HSUPA 引入初期，可采用与 R4 单载频混合组网的方案，重点覆盖密集城区，保证热点地区上行业务速率，而对于覆盖边缘地带，可以考虑低速率连续覆盖。由于上、下行数据业务的发展有一定关联，HSUPA 也可以采用与 HSDPA 相似的部署方案，直接在 HSDPA 载波上升级 HSUPA，在初期实现 HSPA 的热点覆盖。随着上、下行数据业务需求的增加，可以采用 HSUPA 独立组网，即增加一个或多个载波专用于 HSUPA，重点吸收以

高速 HSPA 数据卡为主的终端用户。

考虑 TD-SCDMA 时隙灵活调整的特点, 在支持 HSUPA 时, 可以针对数据业务和电路域 (CS) 业务的需求, 灵活分配时隙。在调整时隙转换点时, 建议同一频段所有载波具有相同的时隙转换点。另外, 还可引入不同频段的多个载波来进行组网, 一些频段主要承载 HSDPA, 一些频段主要承载 HSUPA, 使两个不同频段上的载波可以配置不同的时隙转换点, 更加充分地利用 TD-SCDMA 系统上、下行灵活配置的特点。

## 2. TD-HSUPA时隙和信道配置

当上、下行时隙配置比例为 2 : 4 时, HSUPA 引入后的时隙信道配置考虑以下两种方案进行实施。

### (1) 方案 1

配置 1 个 UPA 业务时隙, 2 个 DPA 业务时隙。

专用物理信道 (DPCH) 可用上行资源为 5 对码道 (2 个 BRU), 下行为 10 对 (2 个 BRU), 由此可见, 受限于上行码道资源。可承载 5 个 AMR 用户, 1 个上行时隙用于 E-PUCH, 单用户峰值速率为 550 kbps, 下行数据峰值速率为 1.12 Mbps。

在打开帧分复用功能情况下, 当上行 2 倍复用时, 可承载的 DPA+UPA 用户数为 10 个; 当上行 4 倍复用时, 承载的 DPA+UPA 用户数为 20 个。

在方案 1 中, HSUPA 时隙和信道配置情况如图 8.4 所示。

		主频点					
	TS0 ↓	TS1 ↑	TS2 ↑	TS3 ↓	TS4 ↓	TS5 ↓	TS6 ↓
1	P-CCPCH	PRACH	E-PUCH	E-AGCH1	HS-PDSCH	HS-PDSCH	DPCH
2		F-RUCCH		E-AGCH2			
3	S-CCPCH	HS-SICH1		HS-SCCH1			
4	PICH						
5	S-CCPCH	HS-SICH2		IIS-SCCI12			
6	PICH			E-HICH调度			
7	FPACH	DPCII		E-HICH非调度			
8				DPCH			
9		DPCH					
10				DPCH			
11		DPCH					
12				DPCH			
13		DPCH					
14				DPCH			
15		DPCH					
16				DPCH			

图 8.4 TD-HSUPA 时隙和信道配置——方案 1

### (2) 方案 2

半个 UPA 业务时隙, 2 个 DPA 业务时隙。

HSUPA 支持更灵活的扩频因子（如扩频因子 SF=1,2,4）因此，E-PUCH 可以和 DPCH 共时隙设置，上、下行 DPCH 资源接近。承载 9 个 AMR 用户，单用户峰值速率上行为 220 kbps，下行达到 1.12 Mbps。

在打开帧分复用功能情况下，当上、下行 2 倍复用时，DPA+UPA 用户数为 18 个；当上、下行 4 倍复用时，DPA+UPA 用户数为 36 个。

在方案 2 中，HSUPA 时隙和信道配置情况如图 8.5 所示。

		主频点								
		TS0 ↓	TS1 ↑	TS2 ↑	TS3 ↓	TS4 ↓	TS5 ↓	TS6 ↓		
1	P-CCPCH		PRACH	E-PUCH	E-AGCH1	HS-PDSCH	HS-PDSCH	DPCH		
2			F-RUCCH							
3	S-CCPCH		HS-SICH1		E-AGCH2					DPCH
4	PICH									
5	S-CCPCH		HS-SICH2		HS-SCCH1					DPCH
6	PICH				HS-SCCH2					
7	FPACH		DPCH							DPCH
8										
9			DPCH	DPCH	E-HICH调度			DPCH		
10										
11			DPCH	DPCH	E-HICH非调度			DPCH		
12										
13			DPCH	DPCH	DPCH			DPCH		
14										
15			DPCH	DPCH	DPCH			DPCH		
16										

图 8.5 TD-HSUPA 时隙和信道配置——方案 2

### (3) 方案比较

- 方案 1：保证了一定的 UPA 上载速率，但是用户数过少。
- 方案 2：侧重同时在线用户数，适合于引入 HSUPA 初期 UPA 业务量不大的情况。

## 8.1.5 TD-HSUPA 的标准化进展

TD-HSUPA 标准化工作对后续 TD-SCDMA 的进一步发展起到一个良好的促进作用。

为了完成 TD-SCDMA HSUPA 的标准化工作，2006 年 3 月份，由大唐公司牵头在三亚召开了 3GPP 无线接入网络（RAN）第 31 次全会，会上正式提出并通过了开展 TD-SCDMA 上行增强工作项目的建议。

2005 年，3GPP 开始了对 TD-SCDMA 系统上行增强技术的分析评估工作。通过仿真分析，验证了 HARQ 和 AMC 等关键技术能对上行分组性能带来较大的提升。

2006 年 3 月，3GPP 正式提出并通过了开展 TD-SCDMA 上行增强工作项目的建议。TD-HSUPA 标准化工作正式开展，并在 3GPP 的几个工作组建立了相关的技术项目，开始具体的标准研究工作。其中，以 RAN1 工作组和 RAN2 工作组为主建立了两个技术项目，

分别研究对空中接口物理层协议和 MAC 层协议的修改和影响。由于 Node B 增加了 MAC-e 实体,对网络结构产生了一定影响,需要对新增的特性指标和性能进行分析,RAN3 工作组和 RAN4 工作组也展开了相关研究,工作项目于 2007 年 6 月份完成,相关标准内容已经在 3GPP R7 版本中体现。

在 3GPP 完成 HSUPA R7 规范后,国内中国通信标准化协会 (CCSA) 也启动了行标制订的工作。在 2007 年 4 月的会议上,建立了 TD-HSUPA 行标项目组,考虑包括制订总体技术报告以指导接口技术的要求。在 CCSA 的组织下,TD-HSUPA 特性将体现在第 3 版行标中。目前,相关规范正在制订起草过程中,已完成接口技术要求征求意见稿,在协会 TC5 WG9 工作组征询意见,将启动设备和测试规范的起草工作。

## 8.2 TD-HSPA 与 TD-MBMS 技术融合方案

TD-HSPA (包括 HSDPA 和 HSUPA) 作为 TD-SCDMA 的下一步演进方向,通过采用 AMC、HARQ、高阶调制、上行资源共享和基于 Node B 的快速调度等关键技术,大幅度增强了上、下行链路的数据业务承载能力和频谱利用率。TD-HSPA 的引入没有改变原有 TD-SCDMA 的网络结构,只是进行了软件升级。

手机电视作为移动视频业务,主要提供通过移动终端来收看电视节目的服务。在 3GPP 在 R6 规范中,提出多媒体广播组播 (Multimedia Broadcast/Multicast Service, MBMS) 的流媒体技术,就是利用移动通信网络实现手机电视数据业务。TDD MBMS 作为 3GPP R7 中重点研究的内容,可以在 TD-SCDMA 网络中提供多媒体广播组播业务。部署在 TD-HSPA 网络上的 MBMS 系统可以充分利用 TDD 频段资源分配灵活的特点,避免与语音业务争抢资源。将 MBMS 和 HSPA 两者结合考虑,在 MBMS 解决方案的基础上增加 HSPA 元素,建设一个可运行、可管理的移动手机电视业务网络,不仅满足了移动用户多种多样的业务需求,而且也将为移动运营商带来丰厚的收入。

### 8.2.1 MBMS 原理与技术特征

MBMS (Multimedia Broadcast Multicast Service) 是一种将共享网络资源从一个数据源向多个目标传送数据的技术,是 3GPP R6 定义的多媒体广播组播功能。MBMS 提供点到多点 (p-t-m) 单向多媒体服务技术,实现网络资源共享,提高网络资源,尤其是宝贵的空中接口资源的利用率。

为了实现 MBMS,需要给 TD-SCDMA 中现有的 SGSN (Serving GPRS Support Node)、GGSN (Gateway GPRS Support Node)、RNC (Radio Network Controller) 和 UE (User Equipment) 等节点增加 MBMS 功能,增加新的逻辑共享信道可实现空中接口资源共享,同时还需要增加广播组播服务中心 (Broadcast Multicast Service Center, BMSC)。

TD-MBMS 网络架构如图 8.6 所示，内容提供商提供广播组播内容，经过 BMSC 将传输流转发给 3G 核心网，然后转发到无线接入网，通过 Uu 口发送给 UE。

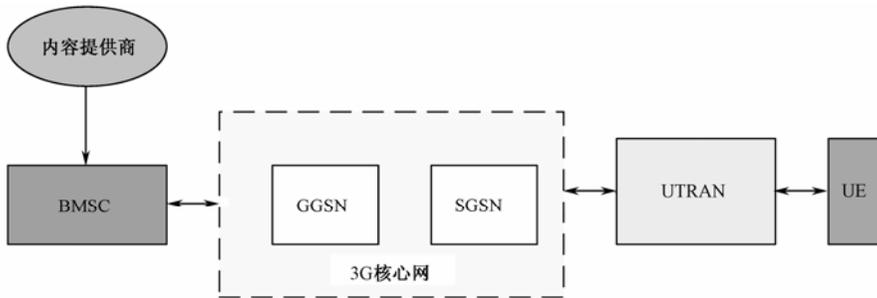


图 8.6 TD-MBMS 系统网络架构图

广播组播服务中心是新增的移动网功能实体，作为内容提供商的入口，用来授权和在移动网中发起 MBMS 承载业务，并按预定时间计划传送 MBMS 内容。其功能包括：

- ① 对第三方内容提供商鉴权、授权和计费；
- ② 提供 MBMS 传输的相关参数，如 QoS 和组播广播区域，发起和终止 MBMS 传输资源；
- ③ 从外部数据源接收并传送 MBMS 内容，安排 MBMS 会话传送并告知用户，进行会话重传等；
- ④ 业务声明，包括媒体描述和会话描述，如组播业务标识、地址和传送时间等。

在 TD-MBMS 协议架构中，为了支持 MBMS 用户平面和控制平面的数据传输，在 MAC-c/sh 中需要增加一个组播功能模块 (MAC-m)，用以处理相关传输信道的调度。另外，MBMS 采用 p-t-m 模式传输时，增加了 3 种逻辑信道：MCCH，MSCH 和 MTCH，这些逻辑信道都映射到 FACH 上。MCCH 和 MTCH 是必须支持的，MBMS 通知指示信道 (MICH) 和 MSCH 为可选信道。各种逻辑信道的功能如表 8.2 所示。

表 8.2 TD-MBMS 逻辑信道的功能

序号	逻辑信道	主要功能
1	MCCH	在空闲模式和 RRC 连接模式情况下，MCCH 用于在网络和 UE 之间传输下行控制面信息
2	MTCH	是在空闲模式和 RRC 连接模式情况下，MTCH 逻辑信道用来在网络和 UE 之间传输用户面的下行信息
3	MSCH	在空闲模式和 RRC 连接模式情况下，MSCH 逻辑信道用来在网络和空闲或连接状态下的 UE 之间传输用户面的下行 MBMS 业务传输调度信息
4	MICH (MBMS 通知指示信道)	通知在每一个小区中使用一个新的 MBMS 特有的寻呼指示信道 (PICH)

## 8.2.2 MBMS技术特征

MBMS 是基于现有移动网络的局部改动,可与现有移动网络无缝融合,为运营商对手机电视业务的运营提供了最大方便。采用与其他数字电视广播技术(如 DVB 和 CM-MB)完全不同的商业模式,MBMS 提供了一套完全由 TD-SCDMA 移动运营商运营和控制的广播/多播传输通道。

① MBMS 的最小覆盖单元是蜂窝网小区,可与位置业务良好融合,为不同位置用户提供丰富的业务。

② MBMS 可以提供上行交互,包括以下业务:

- 提供广播业务;
- 提供更丰富的组播业务;
- 通过点对点修复机制,实现高可靠的下载业务;
- 实现灵活计费;
- 承载移动广播电视业务;
- 提供丰富的“PUSH”业务。

③ MBMS 可以实现更灵活的无线资源调度,提高网络资源利用率。对组播服务用户以小区为单位进行统计,确定点到点或者点到多点承载来发送 MBMS 内容,或者在小区中根本不发送。

④ MBMS 的覆盖方式与蜂窝网已有的覆盖方式相同,通过蜂窝小区实现连续覆盖,通过 RNC 控制业务数据在不同蜂窝的发送时间,保证各蜂窝业务的同步,减少用户在跨蜂窝移动时的数据丢失。蜂窝间可以采用同频或者异频,可以通过分集等技术实现覆盖增强。另外,可以采用直放站和室内分布式系统等实现深度覆盖。

## 8.2.3 HSPA与MBMS的融合方案

随着 3GPP R6/R7 MBMS 规范工作的推进,各研发机构在标准研究方面逐步加大了对 MBMS 的投入。结合在 HSDPA/HSUPA/HSPA+ 方面的进展情况,在设计 MBMS 解决方案的基础上增加了 HSPA 元素,通盘考虑两者性能,增强 MBMS 业务性能和客户感知度。基于 HSPA 和 MBMS 的融合方案如图 8.7 所示。

在 HSPA 与 MBMS 融合方案中,无线传输采用何种方式,对内容提供商和用户均可透明,通过灵活组合 HSPA 和 MBMS,可以最大程度提高用户感知度,最充分地利用网络资源。针对目前大部分 TD-SCDMA 系统,CN 和 RNC 设备只需进行软件升级,即可支持 MBMS 功能,具备支持高速率公共信道的能力。Node B 也只需要软件升级。在厂家的研发和应用过程中,产品性能和无线资源管理算法被有机地植入 MBMS,有效地发挥了 MBMS 的优势,从而为移动运营商和终端用户提供优质服务。

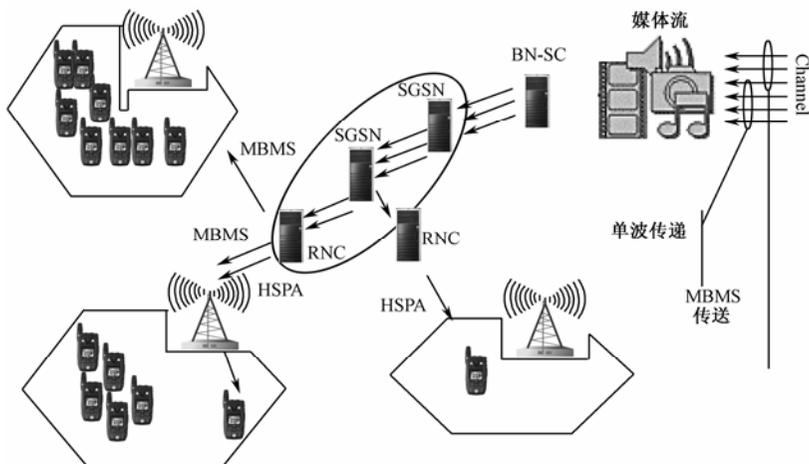


图 8.7 HSPA 和 MBMS 融合方案

## 8.3 TD-HSDPA+技术特征

高速移动宽带将成为移动运营商未来几年中的主要收入来源，从而激发了运营商对网络进一步升级的愿望。正是在这种大背景下，HSPA+以其独特的优势吸引了业界的目光。HSPA+技术的宗旨是要保持和 3GPP R6 的后向兼容性，同时在 5 MHz 带宽下要达到和 LTE 相仿的性能。这样，HSPA 运营商就可以在近期以较小的代价改进系统，提高系统性能。

由于从 HSPA 升级到 HSPA+所需成本较低，运营商不需替换现有的网络设备或购买额外的频谱，即可达到接近 LTE 的数据传输速度，因此，HSPA+成为未来相当长时间里 3G 网络升级的理想演进方案。HSPA+是 HSPA (3GPP R6) 的向下演进版本，是上、下行能力增强的一项技术。

### 8.3.1 TD-HSPA+的标准化进程和目标

#### 1. TD-HSPA+的设计目标

为了进一步提升 HSPA 系统的性能，TD-SCDMA 在 3GPP R8 中启动了 HSPA+项目。主要目标包括：

- 提高频谱效率和峰值速率；
- 增加容量和支持的用户数；
- 保持和 TD-HSPA 系统 / R4 系统的后向兼容性；
- 降低用户面时延和控制面的时延；
- 降低终端功耗。

如图 8.8 所示，从演进的技术特征可以看出，HSPA+将是运营商实现高速移动宽带的重要保证。对于移动运营商而言，升级到 HSPA+所需成本较低，不需替换现有的网络设备和频谱资源，可以达到接近 LTE 所提供的数据传输速度，拥有更高的数据及语音传输容量，让用户获得更完善的时刻在线的移动宽带体验，保持网络的竞争优势。

## 2. TD-HSPA+标准的进展

TD-SCDMA HSPA+ZAI 于 2007 年 9 月成立了研究项目 (SI) 组，进行可行性研究，之后，对其中各个技术点成立工作组 (WI)，展开进一步研究和标准化工作，详见表 8.3。2008 年年底，完成了 TD-HSPA+整体标准化工作，从时间上保证了 TD-SCDMA 的平滑演进。

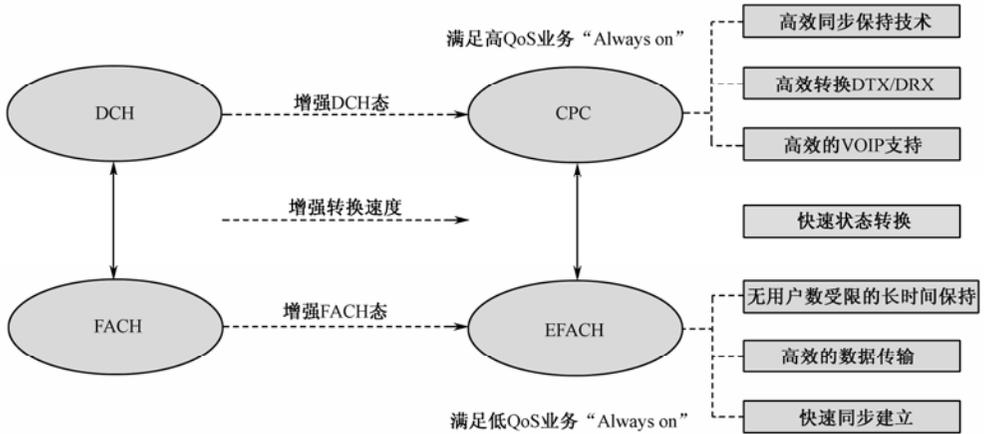


图 8.8 TD-HSPA+的技术演进的特征

表 8.3 TD-HSPA+各个 WI 标准进展

	MIMO	CPC	64QAM	增强 Cell_FACH
立项时间	2008 年 6 月	2008 年 3 月	2007 年 12 月	2007 年 12 月
完成时间	2008 年 12 月	2008 年 12 月	2008 年 9 月	2008 年 9 月

从图 8.9 可以看出，TD-HSPA+标准化过程的主要目标在于提升现有 HSDPA/HSUPA 性能和功能的优化，在不改变现有的无线信道类型和网络架构的基础上，优化数据业务的性能，提升有效容量。

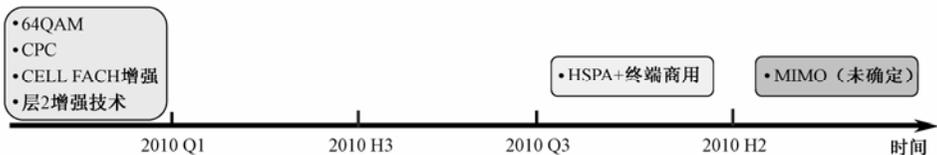


图 8.9 TD-HSPA+演进过程

## 8.3.2 TD-HSPA+采用的关键技术

### 1. MIMO多天线技术

3GPP R6 及以前的版本都采用传统的收、发天线，HSPA+采用MIMO技术，如图 8.10 所示，利用天线间的不相关性提升系统效率，特别是在信号环境理想情况下，每根天线可传输不同的信息，实现峰值速率大幅度提升。

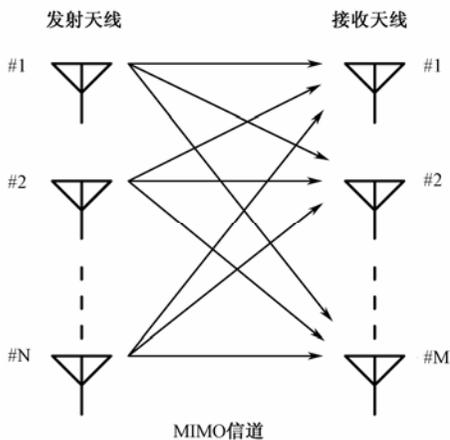


图 8.10 MIMO 系统结构图

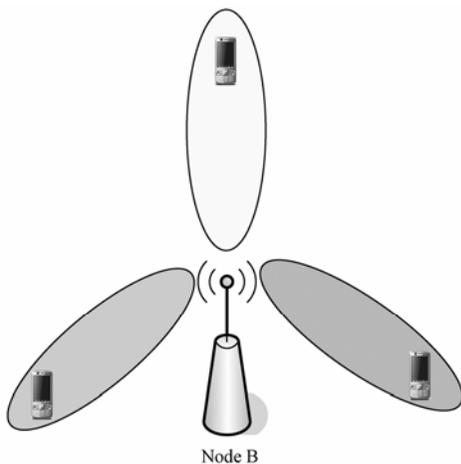


图 8.11 智能天线波束赋形

智能天线和 MIMO (Multiple Input/ Multiple Output) 属于多天线系统的两个分支。如图 8.11 所示，智能天线利用信道的相关性以达到波束赋形的目的，提高系统覆盖，降低干扰。MIMO 技术利用信道的独立性以达到多数据流进行并行传输的目的，提高系统容量。两者结合，系统能够同时获得空间分集和空间复用增益。如图 8.12 所示，TD-HSPA+采用双极化智能无线分组复用的 MIMO 演进方案。Node B 根据 UE 上行发送的参考符号进行上行信道估计，获得上行信道矩阵，通过矩阵分解方法获得本征向量，作为下行双数据流的加权因子，两路数据流经过单独编码、调制和智能天线波束赋形，并行从不同的虚拟天线端口发送。

### 2. 分组用户的连续连接

针对 HSPA 技术中存在传输间断（如 WWW 浏览）、频繁的连接终止以及重连接等问题，分组用户的连续连接技术（Continuous connectivity for PaCket data user, CPC）解决问题的思路是让 Cell\_DCH 状态的用户尽可能地保持连接，并必须增加同时支持用户数的要求。TD-HSPA+对 CPC 技术进行以下改进：

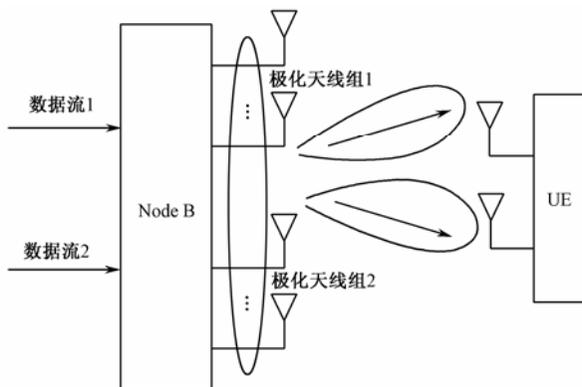


图 8.12 采用双极化智能天线分组复用的 MIMO 演进方案

- 去掉伴随专用信道;
- 使用特定的 Midamble 作为上行参考信号, 提供无线链路保持和下行波束赋形所需要的激励信号;
- 引入 SCCH-less 和 AGCH-less 技术。

HS-SCCH 和 E-AGCH 分别是 HSDPA 和 HSUPA 的物理控制信道, 在用户业务的数据块大小和发送周期固定的情况下, 首先传输的数据块可以使用预定义资源, 不需要使用 HS-SCCH 和 E-AGCH 调度资源, 可以减小控制信道的开销, 进一步增加系统容量。

### 3. 64QAM高阶调制技术

TD-SCDMA HSPA 在上、下行使用 QPSK 和 16QAM。如图 8.13 所示。为进一步提高数据吞吐量, TD-HSPA+下行引入 64QAM。在实验室内仿真的结果如图 8.14 所示。在室外场景中引入 64QAM, 对小区吞吐量没有明显地改善。在室内场景中, 用户接收的信噪比较高, 选择 64QAM 调制方式的机会增多, 应用 64QAM 能够对小区吞吐量有一定地提高。

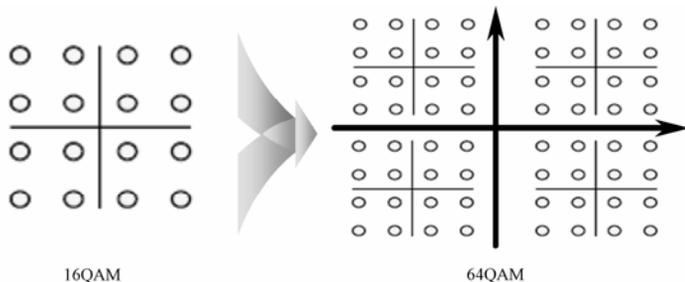


图 8.13 HSPA+中 64QAM 高阶调制技术

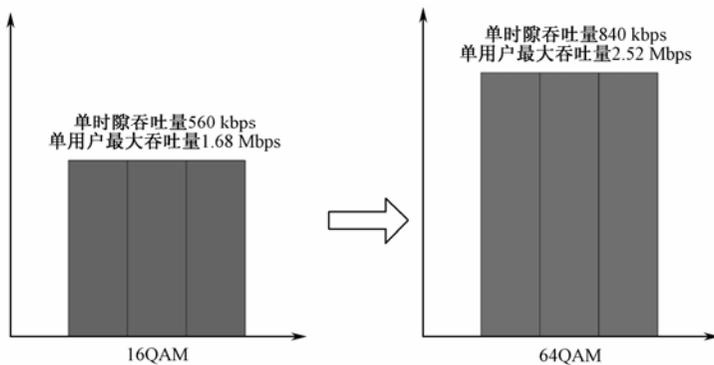


图 8.14 HSPA+中采用 64QAM 吞吐量的提升情况

#### 4. 64QAM带来的增益

当无线环境较好时，单用户吞吐量最大可提升 50%左右。在室内分布场景中，小区平均吞吐量增加 20%~30%。

64QAM 性能仿真结果如图 8.15 所示。

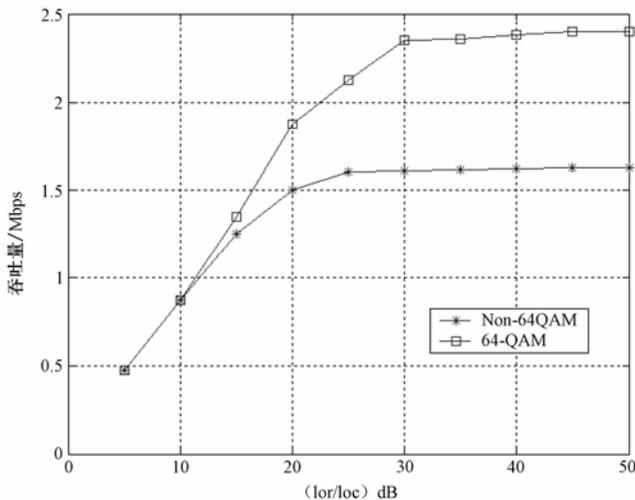


图 8.15 小区吞吐量（链路级）仿真结果

仿真结论：

- ① 在室外场景中，干扰比较严重， $C/I$  较低，几乎没有性能增益；
- ② 在室内场景中，64QAM 单链路有 50%的增益，小区平均吞吐量有 20%的增益，建议首先在室内采用 64QAM 高阶调制方式。

#### 5. 层 2 增强技术

MIMO 和高阶调制等技术的引入提高了 TD-SCDMA HSPA+的上、下行数据传输速率，

但是 RLC PDU 的大小等参数限制了 HSPA 中 RLC 层的峰值速率。通过引入 HSPA+层 2 增强技术，可以使之优化：

- 引入灵活的 RLC PDU 大小；
- 支持 MAC 分段；
- 在一个 PDU 中支持多个逻辑信道的复用；
- 保证向后兼容性。

## 6. 增强Cell-FACH状态

增强 Cell-FACH 状态技术主要针对速率较低、在线时间长的业务（永远在线业务）进行优化，降低终端功耗，提高系统容量，增加支持的用户数。主要包括以下改进：

- 在 Cell-FACH 状态和 Cell\_PCH 状态下支持 HSDPA 和 HSUPA 技术以提高峰值速率；
- 通过提高数据速率，减小 Cell\_FACH, Cell\_PCH 和 URA\_PCH 状态下信道用户平面和控制平面时延；
- 减小 Cell\_FACH, Cell\_PCH 和 URA\_PCH 状态到 Cell\_DCH 状态的转换时延；
- 通过不连续传输来减小 Cell\_FACH 状态下的 UE 功率消耗。

## 8.3.3 TD-HSPA+技术的引入策略和建议

### 1. TD-HSPA+数据业务优化功能的引入建议

① 从多方面提升 HSPA 的承载能力，对于 HSDPA/HSUPA 同时存在的情况，优化信道结构，提升资源利用率；

② 标准已基本冻结，改造难度较低，基本能够与 HSUPA 同步，基站设备和终端需要软件升级；

③ 建议作为 HSPA 增强型功能，在 HSUPA 引入后具备实施条件，以提升 TD-HSPA 的业务承载能力。

### 2. TD-HSPA+技术的引入策略

在 HSPA+的标准化产业进展过程中，MIMO 关键技术的引入与改造难度较大，对数据业务吞吐率的提升程度有限，且标准成熟较晚，在时间表中与 TD-LTE 相当。如表 8.4 所示，TD-HSPA+的引入建议如下：

- 目前，全力推进 TD LTE 产业化，暂不考虑引入 MIMO+64QAM 作为 TD-SCDMA 的后续演进版本。
- 在终端具备条件的前提下，可考虑引入数据业务优化功能，并对室内覆盖的基站设备引入 64QAM，作为提升单用户吞吐率的辅助手段。

表 8.4 TD-HSPA+技术的引入策略

技术类别	标准化进展	产业化程度	技术引入增益	改造难度	
				系统侧	终端侧
数据业务优化功能	已完成	TD-SCDMA 系统 2009 年年底支持该功能，终端 2010 年下半年支持该功能	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UE 功耗降低 1/2~2/3</li> <li>• 提升 HSPA 在线用户数约 4 倍</li> <li>• 提升系统吞吐量 5%~10%</li> <li>• 提供 VoIP 承载能力</li> </ul>	软件升级	软件升级
MIMO+64QAM	2009 年年中完成	未形成产业化，时间表未知	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 理论值为现有 HSPA 能力的 3 倍，但实际增益有限</li> <li>• 64QAM 室内仅提升 10%，室外基本无增益</li> <li>• MIMO 相对智能天线算法室外场景提升不到 10%，室内目前无定论</li> <li>• 二者组合使用增益尚无定论</li> </ul>	软件升级，硬件增加处理能力	引入多天线，提升硬件处理能力

## 8.4 TD-LTE的技术发展和演进

### 8.4.1 3GPP LTE的引入

3GPP 的长期演进 (LTE) 标准是最接近 4G 的技术，被称作 3.9G，从 2008 年到 2009 年间，LTE 取得重要进展，无论是从技术发展和市场需求，还是从运营商的积极性来看，LTE 的实际进展都比业界预期更乐观。TD-LTE (TD-SCDMA Long Term Evolution) 是指 TD-SCDMA 的长期演进，成为未来 10 年内具有竞争力的技术之一，普遍受到产业界的关注。在相关方大力推动之下，LTE 标准基本定稿。按照 3GPP 和一些运营商的计划，LTE 最早将于 2010 年前后实现商用。目前，有的国家和地区已经发放了 LTE 牌照，全球范围内的运营商都在加快 LTE 的部署步伐，3G 向 LTE 演进已经成为不可逆转的趋势。

目前，移动无线技术从 3G 到 4G 的演进路径主要有 3 条：一是 WCDMA 和 TD-SCDMA，均从 HSDPA 演进到 HSPA+，进而到 LTE，如图 8.16 所示；二是 cdma2000 沿着 EV-DO Rev.0/Rev.A/ Rev.B，最终到 UMB，随后美国高通公司宣布放弃 UMB，也朝 LTE 方向演进；三是 IEEE 802.16m 的 WiMAX 路线。其中 LTE 拥有最多的支持者，WiMAX 次之。在巴塞罗那的移动世界大会上，中国移动明确表示，将携手英国沃达丰和美国 Verizon Wireless 加入 LTE 长期演进技术的测试。中国移动的加盟使得 LTE 被看做后 3G 时代演进的主流技术。

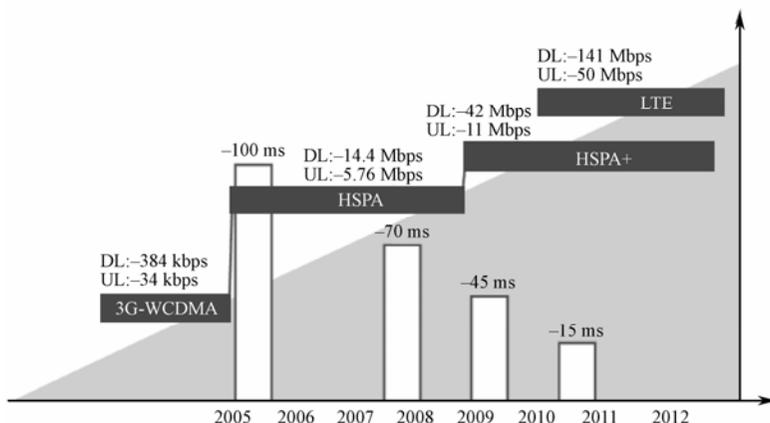


图 8.16 3G 技术演进路径

## 8.4.2 LTE与HSPA+的区别

对比HSPA+与LTE的典型网络架构，可以看出，两者之间没有任何共同点，后者是S1接口，前者是Iur/Iu的方式；eNode B是全新的以OFDM/MIMO为核心的技术，而HSPA+以CDMA为基础。因此，HSPA+到LTE的平滑升级不可能实现，两者之间是彻底的更新换代关系。LTE定位于全新的无线接入技术，包括无线接口在内的整个结构都是重新设计的，目的就是提高频谱，面向分组结构。R99是基于2G和2.5G的GPRS的网络结构，而LTE从推出之初就面向分组进行结构优化设计；而HSPA+还是采用原有的架构模式，在接口上也是基于原有HSDPA技术的增强，如图8.17所示。

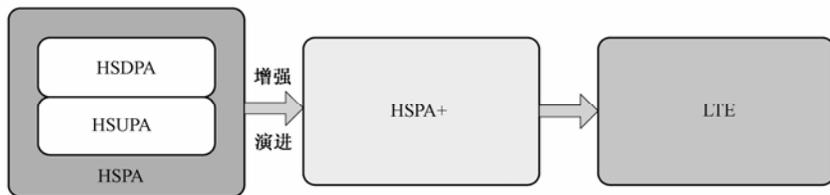


图 8.17 HSPA, HSPA+和 LTE 三者之间的关系

## 8.4.3 LTE的需求设计目标

LTE系统是一种面向分组网络的高数据率、低延迟的无线接入技术，总体设计目标包括更低的每比特成本、更强的业务提供能力、灵活的频谱规划方案、扁平化网络架构和开放的规范化接口，具体设计需求目标如下所述。

- ① 峰值速率：在 20 MHz 频谱带宽能够提供下行 100 Mbps、上行 50 Mbps 的峰值速率；
- ② 频谱效率：下行频谱效率应能达到 HSDPA 的 3~4 倍，上行频谱效率应能达到 HSUPA 的 2~3 倍；
- ③ 移动性：在低速移动场景中实现网络性能优化，在中、高速移动场景下保持较高的系统性能，在超高速移动场景下能保持终端与蜂窝网络的连接；
- ④ 覆盖范围：在覆盖半径小于 5 km 的场景中保持优良的网络性能，在覆盖半径小于 30 km 的场景中部分网络性能指标可有所下降，系统最大支持 100 km 的覆盖半径；
- ⑤ 频谱：支持成对或非成对频谱，并可灵活配置 1.25~20 MHz 多种带宽；
- ⑥ 系统延迟：降低系统延迟，用户平面内部单向传输时延低于 5 ms，控制平面从睡眠状态到激活状态迁移时间低于 50 ms，从驻留状态到激活状态的迁移时间小于 100 ms；
- ⑦ 互操作：支持与其他 3GPP 和非 3GPP 系统的互操作；
- ⑧ 尽可能降低系统复杂度和建设运营成本；
- ⑨ 改善小区边缘用户的性能，提高小区容量。

### 8.4.4 LTE的总系统架构

LTE 采用扁平化网络结构，主要为了减少网络处理节点从而减少相关处理时延。如图 8.18 所示，LTE 网络架构由 eNB、移动性管理实体（MME）和用户平面实体（UPE）组成。UPE 由服务网关 / 分组数据网关（SGW/PGW）组成。原来无线网络控制器（RNC）的功能被分散到相应的实体中，大部分功能被 eNB 所承担。与此同时，原来 TD-SCDMA 核心网中 GGSN 和 SGSN 的功能则由 MME 和 SGW/PGW 完成。

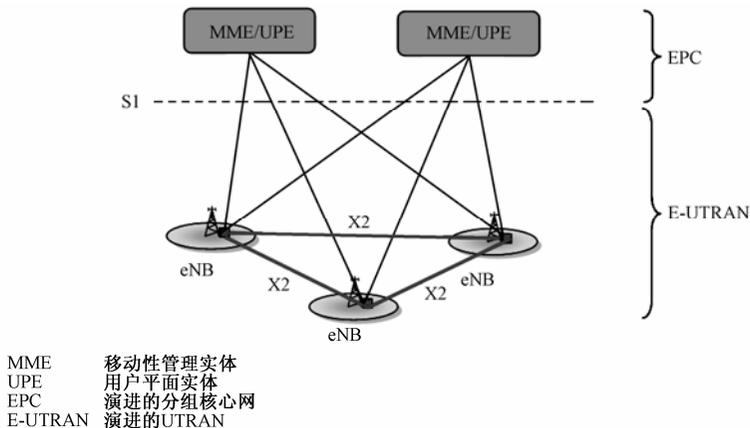


图 8.18 LTE 网络结构

eNB（接入网中的核心网元）的主要功能包括无线资源管理，用户数据 IP 包头压缩和

加密；选择 MMW，采用 S1-MME 接口和 MME 通信来实现移动性管理、寻呼用户、传递非接入（NAS）信令和选择 SGW/PGW 等；用 S1-UPE 接口和 SGW 通信来传递用户数据。

MME 的主要功能包括接入子层（AS）安全控制，NAS 信令和其安全；对空闲模式终端的寻呼；选择 SGW/PGW，在跨 MME 切换时选择目标 MME；与 3GPP 网络互通，在切换时实现核心网网元间信令和 3GPP 网络侧 SGSN 的选择。

SGW 的主要功能包括分组路由和前转，通过用户平面交换来支持终端的移动性；在 eNB 间切换时充当本地移动性锚点；与 3GPP 网络互通时充当移动性锚点；上、下行分组计费。PGW 的主要功能包括分配 IP 地址、基于用户的分组过滤和合法监听等。

### 8.4.5 3GPP SAE 的网络架构

除了对无线接入网（UTRAN）演进的进行研究外，目前 3GPP 也开始进行系统架构方面的演进工作，3GPP SAE（3GPP System Architecture Evolution）是未来 3GPP 系统的演进结构，其工作目标与 LTE 一致，一是提高性能，减少时延，提供更高的用户数据速率，提高系统容量和覆盖率，减少运营成本；二是可以实现一个基于 IP 网络的现有或者新的接入技术移动性的灵活配置和实施；三是优化 IP 传输网络，实现预定增长。产业界正在积极研究和开发符合 3G LTE/SAE 技术标准的系统和设备，目标是在保证技术和系统性能领先的同时，最大程度地利用并兼容现有的系统平台，保持系统的平滑演进，以提供最优的无线通信解决方案。

在规范的讨论中，要求 3GPP SAE 必须考虑能够支持异构接入网络的移动性，其中包括如何在不同无线接入技术的场景中支持多种无线接入技术和终端的移动性，以及当移动终端穿越异构网络时，如何维持和支持接入控制的能力，明确指出未来的 3GPP 网络必须支持高速数据速率、低时延、容纳多种无线接入技术（RAT）以及终端的无缝移动性，包括业务的连续性。

SAE 的研究目标是定义和明确未来 3GPP 系统的演进框架。需要注意的是，SAE 的研究内容与全 IP 网络（AIPN）有一定的重复之处，但 AIPN 提出的是对整个系统的需求，包括基于 IP 的核心网演进和 IMS 域的演进，而在 SAE 的研究中不包含 IMS 的内容。SAE 的研究重点是分组域，并且假设可以在分组域上支持语音业务。SAE 的研究内容分以下 3 个方面。

- 考虑无线接口的演进对系统整体架构的影响；
- 考虑 AIPN 对系统整体架构的影响；
- 如图 8.19 所示，SAE 系统整体架构还需要考虑异构接入系统之间如何支持移动性，包括业务的连续性，即 I-WLAN 和 3GPP 分组域间的业务连续性。

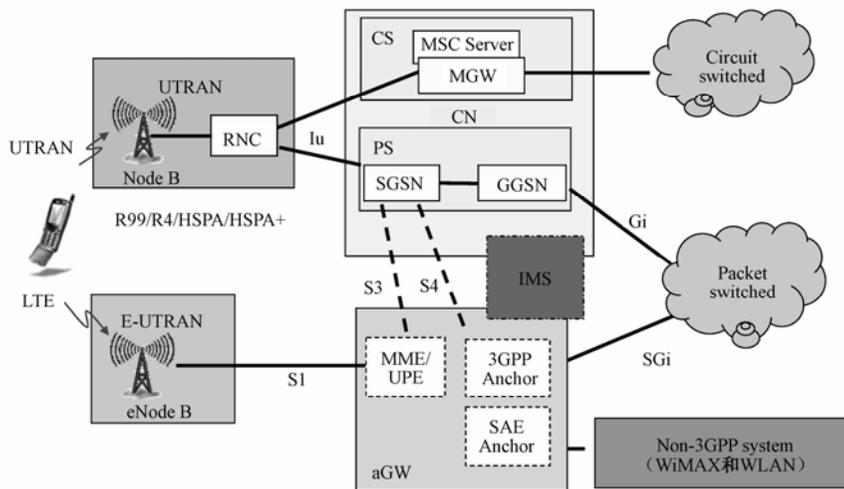


图 8.19 3GPP SAE 的网络架构

虽然还没有最后确定，作为 3GPP TR 23.882 规范的主要论述对象，3GPP SAE 高层逻辑框架如图 8.20 所示。

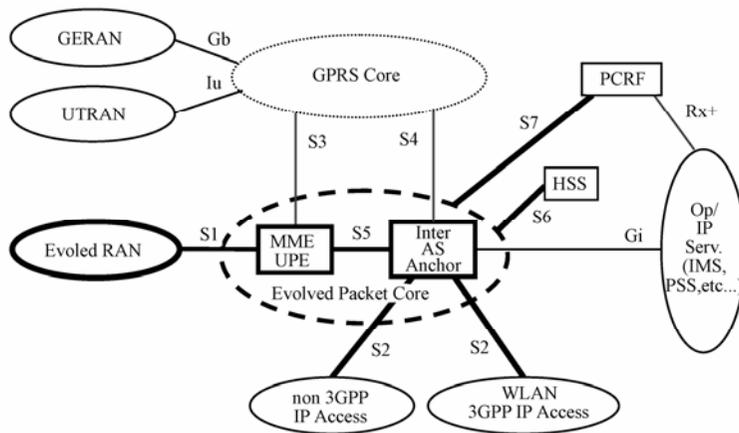


图 8.20 3GPP SAE 高层逻辑框架

在图 8.20 中，标注粗线的部分是新增加的实体和接口，分别介绍如下：

(1) 移动性管理实体 (Mobility Management Entity, MME)

管理和存储 UE 的上下文数据，如永久用户标识、临时用户标识、移动性状态和追踪区域等。MME 可以长期地存储 UE 上下文数据，以便允许 UE 使用临时用户标识进行分

离或重新附着过程。MME 产生临时用户标识并分配给 UE，MME 管理切换过程。MME 可能是一个分布式结构，以实现负荷分担或冗余机制。在 2G/3G 系统中，与 MME 对应的实体是 SGSN。

### (2) 用户平面实体 (User Plane Entity, UPE)

管理和存储 UE 的某些上下文数据，如默认 IP 连接的参数。UPE 还保持了网络内部的路由信息。对于“休眠”状态的 UE，UPE 终止发往它的下行分组数据，并发起寻呼过程。UPE 在无线接入系统和 Inter AS Anchor 之间中继用户数据。MME 和 UPE 可能是一个实体，也可能独立存在。在 2G/3G 系统中，与 MME 对应的实体是 SGSN 或 SGSN/GGSN。

### (3) 接入系统间锚节点 (Inter Access System Anchor, Inter AS Anchor)

用户平面的锚节点，专门支持不同接入系统间的移动性，执行或支持不同接入系统间的切换。接入系统间锚节点可以分为两部分，一部分是 3GPP 接入系统间的锚节点；另一部分是 3GPP 接入系统与非 3GPP 接入系统之间的锚节点。这两部分之间是否需要一个开放的接口还正在讨论之中。

### (4) Evolved RAN——演进 RAN (LTE)

#### (5) 新增接口

- S1 接口提供到演进 RAN 无线资源的接入，传递用户平面和控制平面的业务。
- S2 接口为用户平面提供 WLAN 3GPP IP 接入或非 3GPP IP 接入与 Inter AS Anchor 之间的相关控制功能和移动性支持。
- S3 接口支持在休眠 / 活动状态下 3GPP 接入系统之间移动时需要交换的用户信息和承载信息。
- S4 接口为用户平面提供 GPRS 核心网与 Inter AS Anchor 之间的相关控制功能和移动性支持。注：如果 MME/UPE 与 Inter AS Anchor 合并在一起，则 S3 和 S4 接口合并，不存在单独的 S4 接口。
- S5 接口为用户平面提供 MME/UPE 与 Inter AS Anchor 之间的相关控制功能和移动性支持。注：如果 MME/UPE 与 Inter AS Anchor 合并在一起，则 S5 接口不存在。
- S6 接口对接入到演进 RAN 系统的用户进行鉴权和授权，该接口可以传输用户的注册信息和鉴权信息。S6 是一个 AAA 接口。
- S7 接口负责从 PCRF 中传递相关的 QoS 策略和计费规则到 PCEP (策略和计费执行点)。PCEP 的位置有两种选择，一是在 Inter AS Anchor 上部署一个公用

PCEP；二是在每个接入系统内单独部署一个 PCEP。

### 8.4.6 LTE空中接口协议

目前，已经确定的 LTE 协议栈结构和功能划分如图 8.21 所示。

由于基于全 IP 的协议，3GPP LTE 的协议结构极大简化，RLC 和 MAC 都位于节点 eNB，因此，资源调度器可以根据信道质量对 RLC 服务数据单元（SDU）进行切割，从而减少了填充，充分利用了信道的传输能力，同时可以对 RLC 层的自动重发请求（ARQ）和 MAC 的混合自动重发请求（HARQ）进行联合优化。

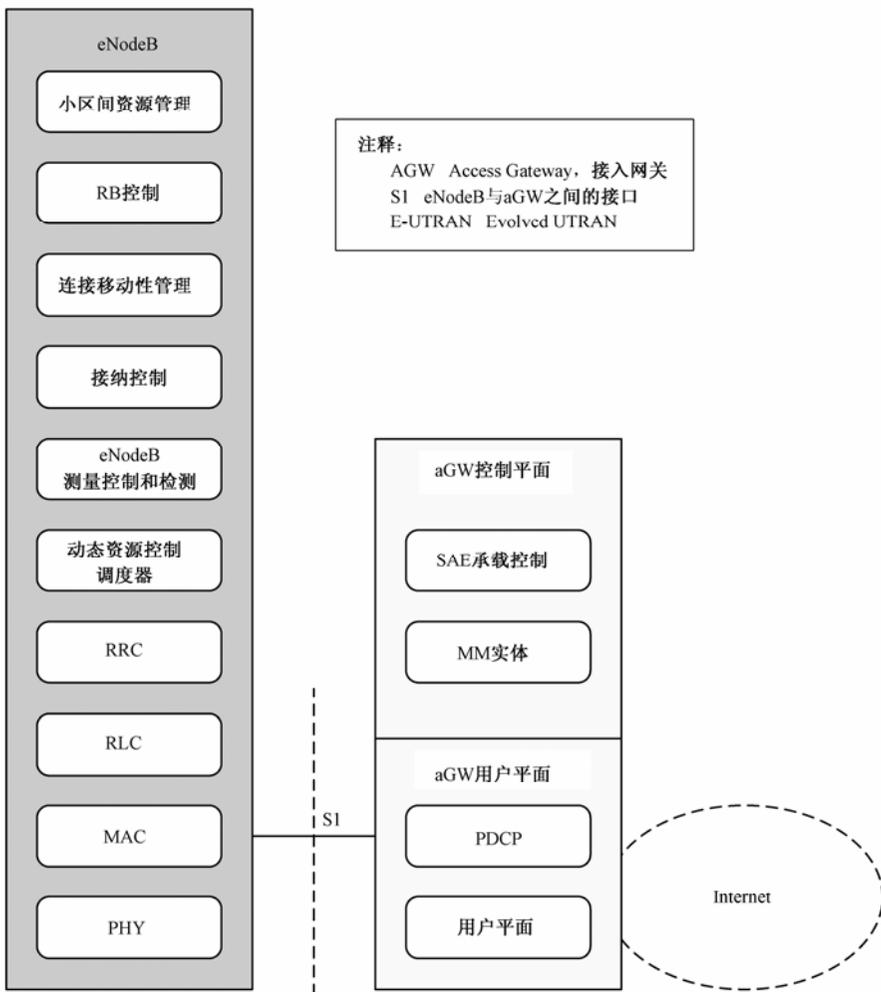


图 8.21 LTE 协议栈

## 8.4.7 LTE中的关键技术

为了满足 LTE 系统的设计需求, LTE 系统考虑了扁平化的 IP 网络架构, 并且采用 OFDM 和 MIMO 等多种关键技术。从 3GPP LTE 的标准化进程来看, 初衷为 3G 移动通信系统的演进, 由于与其他技术的竞争、业务需求和运营商的压力, 标准化进程实质演变为一个技术革命过程。

TD-LTE 技术即 3GPP LTE 技术的 TDD 版本, 既充分体现了我国自主知识产权, 又兼顾了与国际主流的 LTE FDD 的协同发展, 已被我国政府确定为具有自主知识产权 TD-SCDMA 技术的后续演进之路。

### 1. OFDM技术

LTE 在下行采用 OFDM, 上行采用单载波-频分多址 (SC-FDMA)。OFDM 可使同一小区中用户信号之间保持正交性, SC-FDMA 可以看成是对用户信号的频域分量进行正交频分多址, 相比于普通的 OFDMA, 其优点是峰值均较低, 可以简化终端上的功放资源。在 LTE 中, 在任一时刻, 同一用户在上行占用的子载波永远是连续的, 以简化终端实现; 下行则可以是交错的, 以增加频域分集增益。

### 2. MIMO技术

MIMO 技术最早是由马克尼在 1908 年提出的, 利用多天线来抑制信道衰落。LTE 系统采用的 MIMO 技术包括空分复用、发送分集和多用户 MIMO。不同的 MIMO 技术适用于不同的应用场景, 系统依据容量最大化原则实现多种 MIMO 技术和模式之间的切换。LTE 系统是迄今为止最全面地采用了 MIMO 技术的无线通信系统, 与 IEEE 802.16e 仅采用了空间分集技术相比, LTE 采用了各种 MIMO 传输模式。

#### (1) 空间复用技术

空分复用是利用空间信道的弱相关性, 在相同的时频资源上传输多个独立数据流, 进而可提高数据传输速率和系统吞吐量。在 LTE 系统中, 空分复用包括闭环空分复用和开环空分复用。闭环空分复用采用基于码本的预编码技术, 主要应用于低速移动场景; 开环空分复用采用循环延迟分集和基于码本的预编码相结合的技术, 可以有效弥补高速移动场景中信道估计不准确带来的系统性能下降, 主要应用于中、高速移动场景。

#### (2) 发送分集

通过在多个天线上重复发送一个数据流的不同版本, 获得分集增益, 用来改善小区覆盖, 适用于大间距的天线阵。

### (3) 波束赋形

通过在多个天线阵元的波干涉,在指定的方向性能能力集中的波束获得赋形增益,用来改善小区覆盖,适用于小间距的天线阵。主要针对 TDD-LTE 系统,是 3G 智能天线技术的扩展。

### (4) 多用户 MIMO

多用户 MIMO 是将两个用户或者多个用户进行配对,在相同的时频资源块里传输数据,进而提高系统吞吐量。在 LTE 系统中,多用户 MIMO 主要应用于上行系统。从网络侧来看,不同用户发送的多个数据流可以被看做来自统一用户的不同天线的多个数据流。上行多用户 MIMO 可以在对终端不进行改动的情况下获得多用户分集增益,是提高 LTE 上行系统的吞吐量和峰值速率的有效手段之一。

## 3. 干扰抑制

由于 OFDMA 和 SC-OFDM 多址技术的使用使小区内干扰基本得到消除,LTE 在 eNB 间引入 X2 接口,其中一个功能是实现切换,另一个功能是使得相邻小区能共享负载信息,进行协调调度,以减少小区间干扰。在部署 LTE 时也可以考虑采用部分频率复用技术,主要思想是让各相邻小区为小区边缘的用户分配相互不重叠的子载波资源,从而确保小区边缘用户也能享受较高的数据速率,对非小区边缘用户则没有此限制。

## 4. 高阶调制

在 LTE 中,上、下行均可以自适应使用 QPSK (正交相移键控)、16QAM 和 64QAM 等多种调制技术,其中 64QAM 可以支持更高的峰值速率,当信道条件足够好和功率资源足够时,可以更有效地利用系统资源。LTE 上行对终端和 eNB 支持 64QAM 被定义为可选项。

## 5. HARQ

与 HSPA 采用的技术相同,LTE 可以继续使用 AMC (自适应调制编码)和 HARQ 技术,进行速率控制,有效利用信道时变特性。下行采用异步自适应 HARQ,上行采用同步 HARQ。

## 8.4.8 TDD和FDD技术的共用

TD-LTE 与 LTE-FDD 的融合均衡发展一直是业内关注的热点。WCDMA 和 TD-SCDMA 仅共用核心网和部分上层信令。LTE TDD/FDD 实现了自物理层往上的最大融合和技术共用,很大程度上方便了网络设备厂家和终端设备厂家同时开发这两种产品,方便运营商使

用成对和非配对频率资源来部署所采用的技术基本相同的两套系统。目前,各厂商均称支持两者共平台产品设计,在软件版本上实现基本同步。

如表 8.5 所示,LTE-FDD 和 LTE-TDD 之间的差异被最小化,主要体现在双工方式和部分子帧设计上。LTE-FDD 和 LTE-TDD 的帧结构相同,一个无线帧(10 ms)由 10 个子帧(1 ms)组成,当使用相同长度的循环前缀(CP)时,每个子帧中的 OFDM 符号数也相同。LTE-FDD 上、下行采用相同的帧结构,占用频率不同。LTE-TDD 上、下行在同一频率上,但占用不同的子帧。LTE 时代为 TDD 与 FDD 的融合将带来更为广阔的发展空间。

表 8.5 LTE TDD/FDD 技术对比

比较项目		TDD	FDD
频谱	频谱对称	不需要对称频谱,提高频谱利用效率	需要成对频谱
	频率资源	全球频率分布较少	全球 FDD 频谱丰富
性能	频谱效率	平均频谱效率 TDD 与 FDD 相当	
	峰值速率	TDD 使用部分时隙资源分别作上、下行传输,峰值速率约为 FDD 的 50%	FDD 使用全部时隙资源分别进行上、下行传输,峰值速率为 TDD 的两倍
组网	上、下行配比	可灵活配置上、下行的时隙比例,适应不同上、下行业务比例,并灵活支持多播组播类业务	上、下行也可支持不等带宽
	时域保护间隔	在上、下行时隙之间需要保护时间间隔,且随覆盖半径的不同而不同	上、下行之间不需要保护时隙,覆盖半径灵活
	频率保护间隔	无要求	上、下行之间需要保护带
	多运营商部署	多运营商部署需要协同,邻频部署需要上、下行时隙切换点对齐	多运营商的部署不需要协同,无需时隙对齐
	网络同步	要求全网同步	全网可同步或非同步方式
设备实现	双工器	不需要笨重的双工器,减少设备复杂度	需要 FDD 双工器,较单工方式成本提升
	时延	上、下行不连续发送,系统时延较 FDD 高	上、下行可以连续发送,系统提供的业务时延较 TDD 低
关键技术	多天线技术	可以利用上、下行信道的对称性,采用先进的无线技术,如智能天线和更精确的预编码方案等,提高系统覆盖质量,提升整体吞吐量	上、下行使用不同的频率,很难利用信道的对称性

### 8.4.9 TD-LTE-Advanced长期演进技术

2008年3月,ITU开始征集IMT-Advanced候选技术提案。目前,ITU正在对4G技术提案进行征集工作,共收到6种技术提案,向着LTE-A和IEEE 802.16m两个方向汇聚。4G技术更多地体现在对现有3G/B3G技术的传承和完善上,在最大程度地保护既有投资的同时,提升网络性能和用户体验。4G并非新的起跑线,充分基于目前全球3G和B3G产业实力和市场格局,展现出宽带无线移动通信已经成为主要趋势。目前,从形式来看,IEEE

802.16e (WiMAX) 在全球的发展已经远远低于产业预期, LTE-A 已成为最具竞争力的 4G 候选技术。

随着 LTE 系统的发展和日益成熟, 3GPP 启动了 LTE-Advanced 项目研究, 目标是成为 IMT-Advanced 的候选技术, 引领未来移动通信发展。目前, LTE-A 正处于需求设计和技术方案的征集阶段。LTE-A 对 LTE 的增强相对来讲, 继承性较强, 保留了 LTE 的核心, 在此基础上进行了许多外围的扩展和进一步增强。

## 1. LTE-Advanced 的需求设计

LTE-Advanced 系统的总体设计目标包括平滑演进、针对室内和热点地区的优化, 以及支持更大带宽和新频段等, 具体设计需求目标包括:

- 系统带宽——最小带宽为 20 MHz, 最大带宽达到 100 MHz。
- 峰值速率——系统在 100 MHz 带宽内实现下行 1 Gbps, 上行 500 Mbps 的瞬时峰值速率。
- 平均频谱效率——系统下行平均频谱效率应能达到 2.4~3.7 bps/Hz, 上行频谱效率能达到 1.2~2 bps/Hz; 边缘频谱效率达到下行 0.1 bps/Hz, 上行 0.05 bps/Hz。
- 系统容量——每 5 MHz 带宽内支持 200~300 个并行的 VoIP 用户。
- 端到端的时延——时延控制更加严格, 控制层从空闲状态转换到连接状态的时延低于 50 ms, 从休眠状态转换到连接状态的时延低于 10 ms。用户层在频分双工 (FDD) 模式的时延小于 5 ms, 在时分双工 (TDD) 模式的时延小于 10 ms。

## 2. LTE-Advanced 的关键技术

为了满足 LTE-Advanced 的各种需求指标, 3GPP 提出了载波聚合、协同多点和接力传输等若干项资源管理和网络层的关键技术, 同时对 LTE 中采用的物理层技术进行改进和增强。LTE-A 系统采用的关键技术主要包括:

### (1) 增强的物理层技术

LTE-A 系统在采纳多址技术方面, 热点地区可以考虑采用 OFDMA 作为上行多址技术, 进而提高上行频谱效率; 在多天线技术方面, 可以考虑采用下行多用户 MIMO、上行多天线发射分集和波束赋形增强技术等进一步提高频谱效率。

### (2) 载波聚合

为了在 LTE-A 商用初期能有效利用载波, 即保证 LTE 终端能够接入 LTE-A 系统, 每个载波应能够配置成与 LTE 后向兼容的载波, 然而也不排除设计仅被 LTE-A 系统使用的载波。LTE-A 支持连续载波聚合以及频带内和频带间的非连续载波聚合, 最大能聚合带宽可达 100 MHz, 如图 8.22 所示。

目前, 3GPP根据运营商的需求给出了 12 种载波聚合的应用场景, 其中 4 种作为近期的重点推荐场景, 分别涉及 FDD和 TDD的连续和非连续载波聚合场景。在LTE-A的研究阶段, 载波聚合的相关研究重点包括连续载波聚合的频谱利用率提升和上、下行非对称载波聚合场景的控制信道的设计等。

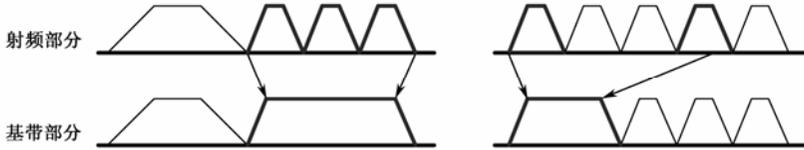


图 8.22 LTE-Advanced 载波聚合技术

### (3) 多点协作

多点协作分为多点协调调度和多点联合处理两大类, 分别适用于不同的应用场景, 互相之间不能完全取代。多点协调调度的研究主要是集中在和多天线波束赋形相结合的解决方案上。

最近, 在 3GPP针对 ITU的初步评估中, 多点协作技术是唯一能在基站 4 天线配置条件下满足所有场景需求指标的技术, 并同时可明显改进上行和下行的系统性能, 因此, 多点协作的标准化进度成为 3GPP提交的 4G候选方案和面向ITU评估的重中之重。

### (4) 接力传输

未来移动通信系统在传统的蜂窝网的基础上需要对城市热点地区容量优化, 并且需要扩展盲区、地铁及农村的覆盖。中继和直放站的区分更像一个使用无线回程的微基站, 只放大信号而避免放大噪声和干扰, 从而既能增加覆盖也能增加容量。

目前, 3GPP 的标准化工作集中在低功率可以部署在电线杆或者外墙上的带内回程接力传输上, 其体积小, 重量轻, 易于选址。一般来说, 带内回程接力传输相比传统的微波回程接力传输性能要低, 但带内回程不需要 LTE 频谱之外的回程频段, 因而可进一步节省费用, 因此, 二者各自有其市场需求和应用场景。

### (5) 多天线增强

鉴于日益稀缺的频率资源, 多天线技术由于通过扩展空间的传输维度而成倍地提高信道容量被多种标准广泛采纳。受限于发射天线高度对信道的影响, LTE-A系统上行和下行多天线增强的重点有所区别。在LTE系统的多种下行多天线模式基础上, LTE-A要求支持的下行最高多天线配置规格为  $8 \times 8$ , 同时多用户空分复用的增强被认为是标准化的重点。LTE-A相对于LTE系统的上行增强主要集中在如何利用终端的多个功率放大器, 利用上行发射分集来增强覆盖, 利用上行空间复用来提高上行峰值速率等。

## (6) 高阶MIMO

LTE-A 将在下行引入  $8 \times 8$  甚至更高阶的 MIMO, 在上行引入  $4 \times 4$  MIMO, 并可能通过改进单用户 MIMO 和多用户 MIMO 算法, 使用更多码字的多码 MIMO 等, 实现更高的峰值速率。

## (7) 异构网络

LTE-A 将通过综合使用宏蜂窝、微蜂窝、微微蜂窝、家庭基站和中继等提供泛在服务, 节省网络部署及运营成本, 异构网络间的协调、移动性管理和干扰控制将是研究的热点。

# 8.4.10 TD-LTE项目的标准化过程

## 1. 标准化过程

LTE 是 3G 的演进, 是 3G 和 4G 技术之间的一个过渡, 改进和增强了 3G 空中接入技术, 采用 OFDM 和 MIMO 作为其无线网络演进的唯一标准。在 20 MHz 频谱带宽下能够提供下行 326 Mbps 和上行 86 Mbps 的峰值速率, 改善了小区边缘用户的性能, 提高了小区容量和降低系统延迟。

3GPP 于 2008 年 1 月将 LTE 列入 3GPP R8 正式标准。2008 年 12 月, 3GPP 发布了 LTE R8 版本的 FDD-LTE 和 TDD-LTE 标准, 定义了 LTE 基本功能, 包含了 LTE 的绝大部分特性, 原则上完成了 LTE 标准草案, LTE 进入实质研发阶段。

LTE R9 版本主要以完善和增强 LTE 系统为目标, 与以前的版本相比, 变化不大, 已在 2009 年年底完成。R9 版本的内容主要增加和完善了 LTE 家庭基站, 特别是在管理和安全方面的性能, 以及 LTE 微微基站和自主自组织管理功能的增强。LTE R10 将以 LTE-Advanced 为主要内容, 完成时间未定, 预计和 ITU 的 4G 标准进程一致, 在 2010 年年底完成。R10 版本可以达到 100 Mbps 带宽以上, 并且 LTE 上行传输性能进一步提升。3GPP LTE 标准化进展情况如图 8.23 所示。

2009 年 10 月 22 日凌晨, 国际电信联盟 (ITU) 表示收到了 6 个 4G 候选技术提案, 这是对 2008 年 3 月 ITU 发出的 4G 移动无线宽带技术 (IMT-Advanced) 技术提案征集邀请的回应。选定的技术预计在 2010 年 10 月将被认定为官方指定的 IMT-Advanced 技术, 作为真正适合 4G 的技术。这 6 个提案围绕着 3GPP LTE 版本 10、LTE-Advanced 技术和 IEEE 802.16m 技术, 将根据 ITU-R 的需求利用已定义的评估程序评估。近一年严格的评估将由独立的已在世界各地建立的外部评价工作组支持, 并在 ITU-R 的 5D 工作组的指导下工作。

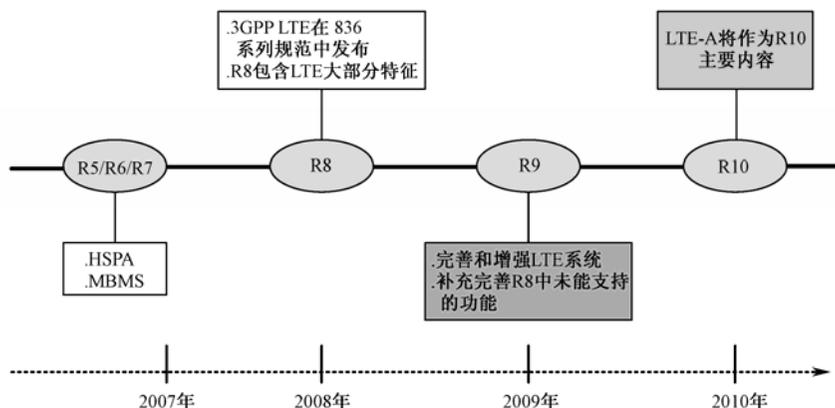


图 8.23 3GPP LTE 标准化进展

## 2. 测试和试验情况

目前,国家新一代宽带无线通信重大专项课题中的 TD-LTE 产业化项目已经全面启动,由此成立了 TD-LTE 工作组,分 3 个阶段规模试验,工业和信息化部 TD-LTE 工作组正推动 TD-LTE 实验测试工作,中国移动在做好 TD-SCDMA 工作的同时,也积极推进其后续演进技术 TD-LTE 的发展。另外,中国移动也通过 3GPP 等国际组织,以国际成熟的运作手段,推动 TD-LTE 的国际发展。欧洲、北美和印度等地的一些运营商正积极与中国移动沟通交流,共同开展 TD-LTE 的研究和推动工作。

来自工业和信息化部的消息表明,有关机构已经成立了专门工作组,建立测试平台,推动 TD-LTE 发展,目前,已经初步制订了工作计划和测试计划。TD-LTE 规模实验计划大致上分 3 个阶段,将在 2010 年下半年开始。第一个阶段称为概念验证阶段,第二阶段称为研发技术实验阶段,第三阶段是规模实验阶段。初步计划是 2010 年上半年进入第二个阶段,将持续到 2011 年上半年或者推后,规模实验预计在 2011 年下半年开始。TD-LTE 测试平台和测试工作是结合国家重大专项部署,与产业界各环节紧密协作制定的,目的就是全球范围内将 TD-LTE 打造为具有国际竞争力的产业,推动 TD-LTE 从技术到研发到产业化的整个过程。

TD-SCDMA 等 3G 技术在我国正在迅速发展,中国移动的 TD-SCDMA 用户已经超过 103 万户,计划 2010 年年底覆盖 238 个城市,3 年内力争发展用户 5 000 万左右。TD-LTE 的研发和测试工作已经启动,产业布局初步形成。国家 TD-LTE 工作组的测试计划是,第一阶段进行室内测试,第二阶段进行外场测试,第三阶段进行大规模的外场测试。据悉,TD-LTE 已开始室外测试,普天、大唐和中兴等 6 个对 TD-LTE 拥有自主研发能力的厂商参与测试。在 2010 年上半年的室内测试中,对 TD-LTE 的功率控制、AMC,以及 HARQ 和 MIMO 等关键技术,均在不同环境下进行了测试。在 2010 年 5 月开幕的上海世博会上,中国移

动在园区内建设开通TD-LTE规模演示网，现场实测数据传输速率达到 70 Mbps，约为 3G 技术的 20 倍，向人们提供高清视频会议、高清移动视频监控、高清实况直播、高速上网和流媒体下载等LTE特色业务。2010年4月，中国移动宣布，计划选择青岛、厦门和珠海三地作为首批TD-LTE实验城市，每个城市的TD-LTE实验网都将超过 100 个站的规模。预计在 2010 年内，全球将有 8 个TD-LTE试验网络开通。

### 3. TD-LTE产业的发展

与 TD-SCDMA 相比，TD-LTE 更具技术优势，具体体现在高数据速率、分组传送、延迟降低和向下兼容等方面，对移动互联网的支持能力更好，非常适合拓展大带宽数据业务。因此，TD-LTE 技术将以室内覆盖和热点地区覆盖为主，TD-SCDMA 技术将主要用于室外全局网络覆盖。从我国经济发展规模、TD-SCDMA 网络覆盖成熟度、3G 用户规模、业务应用需求规模及其他国家 LTE 发展时间表等因素估算，LTE 的商用仍需时日。在 TD-LTE 商用之前的这段时间，正是运营商发挥产业链带动作用、扩大 3G 用户规模、提升产品性价比、扩大 TD-SCDMA 国际影响力的阶段，TD-LTE 的研发和产业化离不开 TD-SCDMA 的发展。

TD-LTE 发展历程如下所述。

- 2005 年，TD-LTE 的提案在国内首次被提出；
- 2006 年，我国向 ITU 提交自主的 4G 提案；
- 2007 年，信息产业部成立 IMT-Advanced 推进组；
- 2008 年，中国移动与沃达丰及 Verizon 联合展开 TD-LTE 测试工作；
- 2009 年，TD-LTE 关键技术验证工作完成，产品测试工作启动。

部分企业先行投入了 TD-LTE 开发，如下所述。

- 运营：中国移动；
- 芯片：T3G、展讯、联芯和高通等；
- 系统设备：大唐、中兴、华为和爱立信等；
- 测试仪表：星河亮点、安捷伦和 R&S 等。

### 4. 终端产业的发展

终端在整个产业链中的地位举足轻重。关于 TD-LTE 终端设备厂商支持情况，中国移动于 2008 年 10 月向厂商发布《LTE 终端芯片技术规范》征求意见稿，要求 2010 第 1 季度提供商用芯片，第 2 季度提供商用终端，并要求提供支持 TD-LTE 与 LTE FDD，EDGE 和 TD-SCDMA 的多模终端。目前，从主要合作厂家终端产品整体规划和开发进度来看，除 GCT 外，大部分厂商规划的商用芯片 / 终端产品的提供时间均在 2010 年第 4 季度(Q4)左右，多数厂商承诺支持 LTE TDD/FDD 与 EDGE 的多模，但设计与 TD-SCDMA 多模芯片，还需进一步推动。另外，受产业环境影响，芯片提供厂商间合并与收购行为较多，给

产品开发进度带来不确定性。

## 5. TD-LTE与LTE FDD的产业融合

TD-LTE 产业推进目标是与 LTE FDD 融合、同步发展为国际化产业，打造健壮的国际化 TD-LTE 产业，实现与 FDD 同步发展，提升中国产业综合竞争力，支撑国家战略发展。

### (1) 市场方面

- 促进 TD-LTE 技术进入国际市场，成为主导的 TDD 技术；
- 推动 TD-LTE 与 LTE FDD 双模发展，加强异系统漫游能力，借助 FDD 市场规模形成产业优势；
- 初期以数据卡为主要终端形式，使动 TD-LTE 市场尽快走向成熟。

### (2) 产业链方面

- 形成包括系统、终端、芯片、仪表和业务在内的、以市场机制优化配置的国际化 TD-LTE 产业链；
- 确保民族企业在 TD-LTE 国际产业链中占据重要地位。

### (3) 进度方面

- 具备与 LTE FDD 基本相同的商用产品时间；
- 2010 年左右形成全系统端到端可商用能力。

## 参 考 文 献

- [1] 彭木根. TD-SCDMA 移动通信系统的增强和演进. 中兴通讯技术, 2007.4.
- [2] 施锐. LTE:移动网络的未来演进. 华为技术, 2006.12.
- [3] 陈迎, 范晨. TD-SCDMA HSPA+关键技术及标准进展. 通信世界网.
- [4] <http://www.c114.net>.
- [5] 李贵勇, 张丽伟. TD-HSUPA 终端的协议分析及实现. 移动通信 2008.11.
- [6] 胡金玲. TD-HSUPA 技术. 中兴通信, 2007.04.
- [7] <http://www.cnfol.com>.
- [8] <http://www.cww.net.cn>.
- [9] 陈晓晖. TD-SCDMA 向 HSPA+的演进. 通信世界周刊, 2008.6.
- [10] 徐景, 胡宏林, 周婷. 3GPP LTE 标准化进展. 中兴通讯技术, 2007.4.

# 附录A 缩 略 语

3GPP	3rd Generation Partnership Project	第三代合作伙伴计划
3GPP SAE	3GPP System Architecture Evolution	3GPP 系统架构的演进
3GPP2	3rd Generation Partnership Project 2	第三代合作伙伴计划 2
AC	Access Control	接纳控制
AIE	Air Interface Evolution	空中接口演进
AMC	Adaptive Modulation Coding	自适应调制编码
AMPS	Advance Mobile Phone Service	先进移动电话服务
ARQ	Automatic Repeat reQuest	自动重传请求
B3G	Beyond 3G	超 3G
CDMA	Code Division Multiple Address	码分多址
CN	Core Network	核心网
CQI	Channel Quality Indicator	信道质量指示
CS	Circuit Switch	电路交换
DCA	Dynamic Channel Allocation	动态信道分配
DAB	Digital Audio Broadcast	数字音频广播
DPCH	Dedicated Physical Channel	专用物理信道
DOA	Direction of Arrival	来波方向
EVRC	Enhanced Variable Rate Coding	增强型可变速率编码
E-TACS	Europe Total Access Communication System	欧洲完全接入通信系统
FDD	Frequency Division Duplex	频分双工
FDMA	Frequency Division Multiple Address	频分多址
FEC	Forward Error Correction	前向纠错
FER	Frame Error Rate	误帧率
FTP	File Transfer Protocol	文件传输协议
GGSN	GPRS Gateway Support Node	GPRS 支持节点
GPRS	General Packet Radio Service	通用无线分组业务
HARQ	Hybrid Auto Repeat Request	混合自动请求重发
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access	高速下行分组接入
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access	高速上行分组接入

IM	Immediate Message	及时通信
ITU	International Telecommunication Union	国际电信联盟
IR	Incremental Redundancy	递增冗余
ISCP	Interference Signal Code Power	干扰信号码功率
ISI	Inter Symbol Interference	符号间干扰
LTE	Long Term Evolution	长期演进
MMS	Multimedia Messaging Service	多媒体短信
MAC	Media Access Control	媒体访问控制
MAI	Multiple Address Interference	多址干扰
MBMS	Multimedia Broadcast and Multicast Service	多媒体广播组播技术
MIMO	Multiple input multiple output	多入多出
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing	正交频分复用
P2P	Peer-to-Peer	点对点等
PDA	Personal Digital Assistant	个人数字助理
PDSCH	Physical Downlink Share Channel	物理下行共享信道
PS	Packet Switch	分组交换
PDCP	Packet Data Converge Protocol	分组数据汇聚协议
QAM	Quadrature Amplitude Modulation	正交幅度调制
QOS	Quality Of Service	服务质量
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying	正交相移键控
RLC	Radio Link Control	无线链路控制
RNC	Radio Network Controller	无线网络控制器
RRC	Radio Resource Control	无线资源控制
RRM	Radio Resource Management	无线资源管理
RB	Radio Bearer	无线承载
RSCP	Received Signal Code Power	接收信号码功率
SAP	Service access Point	服务访问点
SDR	Software Defined Radio	软件无线电
SGSN	GPRS Service Support Node	<b>GPRS</b> 支持节点
SDMA	Space Division Multiple Address	空分多址
SCCH	Share Control Channel	共享控制信道
SICH	Share Information Channel	共享控制信道
SPI	Schedule Priority Identity	调度优先级识别
SAP	Service Access Point	服务访问点

TDD	Time Division Duplex	时分双工
TDMA	Time Division Multiple Address	频分多址
TD-SCDMA	Time Division Duplex—Synchronous Code Division Multiple Access)	时分双工-同步码分多址
TTI	Transmission Time Interval	传输时间间隔
UE	User Equipment	移动设备
UMB	Ultra Mobile Broadband	超移动宽带
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	通用移动通信系统
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network	UMTS 无线接入网
VP	Vision Phone	可视电话
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Address	宽带码分多址
Wi-Fi	Wireless Fidelity	无线保真
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	全球微波接入互操作性
WLAN	Wireless Local Access Network	无线局域网
WAP	Wireless Application Protocol	无线应用协议