

现代  通信技术丛书

HSDPA

——从原理到实践

中国移动通信集团设计院有限公司

董江波 吴兴耀 高 鹏

编著

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

图书在版编目(CIP)数据

HSDPA——从原理到实践/董江波,吴兴耀,高鹏编著. —北京:人民邮电出版社,2007.2
(现代移动通信技术丛书)

ISBN 978-7-115-15453-8

I. H... II. ①董...②吴...③高... III. 移动通信—通信网 IV. TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 129193 号

内 容 提 要

本书是一本关于 HSDPA 技术原理和工程应用方面的技术专著。全书分 11 章,第 1 章对移动通信特别是现代移动通信的发展进行了简单回顾,介绍了 HSDPA 技术提出的背景及 HSDPA 系统概述;第 2 章通过详细介绍 HSDPA 引入后的 RAN 侧物理层、MAC 层以及 RRC 层功能与结构,阐述了 HSDPA 系统的基本原理;第 3 章对 HSDPA 技术本身能获得的性能特点进行了分析;第 4 章对引入 HSDPA 技术之后 WCDMA 网络的性能进行了评估;第 5 章主要介绍引入 HSDPA 技术之后如何进行无线网络规划;第 6 章应用规划工具详细介绍了 HSDPA 无线网络规划实例;第 7 章从技术特点和网络特点两方面对 HSDPA 与 EV-DO 系统进行了比较;第 8 章讨论引入 HSDPA 之后室内、室外应该采取何种组网策略;第 9 章对 TD-SCDMA 系统中的 HSDPA 技术进行了概述;第 10 章对 HSDPA 的未来演进技术进行了剖析;第 11 章是对业界典型的 HSDPA 接入网设备结构特点等的介绍。最后在附录中给出了 HSDPA 技术引入对接入网设备功能的需求。

本书可作为有关专业的教师及从事移动通信网络设计与优化专业工程技术人员的学习参考书,也可作为工科院校研究生和高年级本科生的教材。

现代移动通信技术丛书

HSDPA——从原理到实践

-
- ◆ 编 著 中国移动通信集团设计院有限公司
董江波 吴兴耀 高 鹏
责任编辑 杨 凌
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京密云春雷印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本:787×1092 1/16
印张:9
字数:215 千字 2007 年 2 月第 1 版
印数:1-4 000 册 2007 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-15453-8/TN·2892

定价:22.00 元

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

序

在最近的各种峰会和展会上，HSDPA（High Speed Downlink Packet Access，高速下行分组接入）已成为热门话题，各大设备提供商纷纷推出了支持 HSDPA 功能的系统设备，新技术的应用为移动运营商提供了更高的数据速度、更高的容量以及较固定无线宽带供应商更强大的竞争优势。可以说，HSDPA 是 WCDMA 网络向移动宽带进一步发展的最佳选择。但引入 HSDPA 不仅仅是 WCDMA 无线网络部分的简单升级，而是要从覆盖、容量、服务质量等方面进行更细致的考虑。根据运营商的实际情况和业务需求，合理规划和部署网络，以最经济有效的方式实现网络平滑的演进。

《HSDPA——从原理到实践》一书站在 HSDPA 运营高端，着眼于 HSDPA 技术性能，关注 HSDPA 部署实践，为我们全面了解 HSDPA 技术原理、组网性能以及网络规划提供了很好的参考。通过这本书，研发人员能够掌握 HSDPA 技术性能特点，RF 工程师能够深入了解 HSDPA 无线网络规划，运维人员能够合理进行 HSDPA 网络参数配置，而运营人员能够借此合理地进行 HSDPA 网络部署。因此，这本书可谓技术原理与工程实践结合的典范。

第三代移动通信技术现在已经开始在世界范围的市场上应用。而据 GSA 组织统计，到 2006 年 6 月 16 日为止，全球已经有 35 个 HSDPA 网络投入了正式商业运行。中国为迎接第三代移动通信时代的到来，各方面都在进行积极的准备。而目前介绍 UMTS 方方面面的书已经比较丰富，但 HSDPA 技术方面的书籍却屈指可数。本书无论是对网络规划实际、运营维护人员还是系统的研发设计人员都会有很大的帮助。对于工程院校的师生，他们将会发现本书是了解 HSDPA 这一技术最前沿状况的极有价值的来源。

中国移动通信集团设计院副院长兼总工程师
张同须

前 言

历经数十载，移动通信行业尤其是国内的移动通信行业已经从襁褓中的婴儿茁壮成长成为富有朝气、快速成长的青年。业界有十年磨一剑的说法，是指第一、第二代移动通信系统都经历了十年左右的成熟发展时期，进而被更先进的技术、系统所取代。

自 1998 年 3GPP 组织成立并开始制定 WCDMA 以及 TD-SCDMA 标准以来，第三代移动通信标准、系统的提出、发展以及成熟进程受到了业界极大的关注。3GPP 组织在 WCDMA 标准的制定过程中为了避免前两代移动通信系统前向兼容性弱的缺点，在标准架构、网络结构的设计工作中尽量做到可扩展、可升级。HSDPA 技术就是在 R99/R4 基础上向前平滑演进的关键步骤。

HSDPA 技术的提出是针对原有系统（WCDMA 及 TD-SCDMA R4 以前版本）承载高速数据业务能力相对较弱的特点采用了多种链路自适应技术（自适应编码调制、混合自动重发请求、高效调度机制以及更短的帧结构）来提高下行数据传输速率，同时增加了系统的吞吐量和频谱利用率。本书在介绍 HSDPA 协议结构的基础上，着重分析了 HSDPA 各项关键技术的性能、影响性能的各种因素，更进一步分析了 HSDPA 技术应用的策略和方法，并提供了 HSDPA 规划的实例以及 HSDPA 典型设备介绍，尽力做到理论和实践的结合。最后又介绍了 TD-SCDMA HSDPA 以及 HSDPA 后 3G 演进的方向。

本书参考了部分公开发表的文章和著作，谨在此对作者表示衷心的感谢！同时，在编写过程中得到了华为、中兴、朗讯、NEC、北电、摩托罗拉、诺基亚、爱立信、西门子、阿尔卡特等公司的帮助，在此深表谢意！

由于作者水平有限，不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 移动通信发展概述	1
1.2 第三代移动通信标准的发展	1
1.3 HSDPA 技术概述	2
1.3.1 R99 系统下行分组数据业务性能	3
1.3.2 HSDPA 系统概述	4
参考文献	4
第 2 章 HSDPA 基本原理	6
2.1 HSDPA 的物理层结构	6
2.1.1 高速下行链路共享信道 (HS-DSCH)	7
2.1.2 高速共享控制信道 (HS-SCCH)	8
2.1.3 上行链路高速专用物理控制信道 (HS-DPCCH)	8
2.1.4 HSDPA 的 HARQ 过程	10
2.2 HSDPA 的 MAC 层结构	12
2.2.1 Node B 侧 MAC-hs	13
2.2.2 UE 侧 MAC-hs	14
2.2.3 MAC-hs PDU 结构	15
2.3 HSDPA 的 RRC 层功能	15
2.3.1 HSDPA 服务的建立	15
2.3.2 HSDPA 状态转移	17
2.3.3 HSDPA 服务小区重定位	18
参考文献	20
第 3 章 HSDPA 技术性能	21
3.1 自适应调制编码技术特点及性能	21
3.1.1 衰落信道时变特性的影响	22
3.1.2 衰落信道多径特性的影响	24
3.2 HARQ 技术特点及性能	28
3.2.1 ARQ 重传机制	28
3.2.2 HSDPA 系统中的重传合并方式	29
3.2.3 不同 HARQ 技术的性能比较	31
3.3 快速调度技术特点及性能	34
3.3.1 各种调度算法性能比较	35
3.3.2 HSDPA 小区及用户吞吐量性能	37
3.3.3 码分复用和时分复用调度性能比较	39

参考文献	40
第4章 HSDPA 组网性能分析	41
4.1 功率资源与码字资源分配策略比较	41
4.1.1 功率资源分配方法	41
4.1.2 码字资源分配方法	41
4.2 信道转换时延	42
4.3 影响 HSDPA 容量的因素	43
4.3.1 上行链路传输速率	43
4.3.2 终端移动速度	44
4.3.3 多径环境	45
4.3.4 小区结构	46
4.3.5 发射功率	47
4.3.6 终端能力	47
4.3.7 HS-SCCH 信道功率	48
4.4 混合组网条件下 HSDPA 容量与 R99 容量的关系	48
参考文献	50
第5章 HSDPA 引入后的网络规划	51
5.1 HSDPA 系统的链路预算	51
5.1.1 下行链路的链路预算	51
5.1.2 上行链路的链路预算	54
5.2 HSDPA 与 R99 网络的覆盖性能比较	56
5.3 HSDPA 链路预算的意义	58
5.4 HSDPA 网络的 Iub 接口规划	59
5.5 HSDPA 承载业务规划	62
参考文献	62
第6章 HSDPA 网络规划实例	64
6.1 HSDPA 规划的特点	64
6.1.1 基站资源	64
6.1.2 承载方式	66
6.1.3 业务类型	69
6.1.4 终端类型	70
6.2 HSDPA 规划准备	70
6.2.1 数字地图	70
6.2.2 传播模型与校正	71
6.2.3 可选站址	71
6.2.4 厂家设备相关参数	71
6.3 网络规划流程与步骤	71
6.3.1 建立工程	71
6.3.2 传播模型选取	73

6.3.3 站址确定	73
6.3.4 覆盖分析	73
6.3.5 容量仿真	73
6.3.6 初步规划报告	76
参考文献	85
第7章 HSDPA 与 EV-DO 的比较	86
7.1 技术特点比较	86
7.2 网络性能比较	89
参考文献	89
第8章 HSDPA 引入后的组网策略研究	91
8.1 室内覆盖策略	91
8.1.1 初期 vs. 成熟期	91
8.1.2 热点小区 vs. 普通小区	91
8.2 室外覆盖策略	92
8.3 共载频组网及单独载频组网方案比较	93
8.3.1 承载容量比较	93
8.3.2 业务感受比较	93
参考文献	93
第9章 TD-SCDMA 网络中的 HSDPA 应用	95
9.1 TD-SCDMA HSDPA 物理结构	95
9.1.1 高速下行链路共享信道 (HS-DSCH)	95
9.1.2 高速下行共享控制信道 (HS-SCCH)	97
9.1.3 HS-DSCH 共享信息信道 (HS-SICH)	98
9.1.4 HARQ 过程	98
9.2 TD-SCDMA HSDPA 的 MAC 层	99
9.3 TD-SCDMA HSDPA 的数据传输能力	100
参考文献	101
第10章 HSDPA 技术的演进	102
10.1 HSUPA	102
10.1.1 HSUPA 理论传输速率	102
10.1.2 HSUPA 的 MAC 层结构	104
10.2 HSOPA	106
10.2.1 MIMO 技术	107
10.2.2 OFDM 技术	108
参考文献	109
第11章 HSDPA 产品介绍	111
11.1 华为	111
11.1.1 基站产品介绍	111
11.1.2 HSDPA RNC	115

11.2 中兴.....	116
11.2.1 HSDPA 基站	116
11.2.2 HSDPA RNC	119
11.2.3 HSDPA 终端	122
11.3 朗讯.....	123
11.3.1 朗讯 HSDPA 基站产品	123
11.3.2 朗讯 RNC 产品结构及功能介绍	126
11.3.3 朗讯 HSDPA 产品技术特色	127
11.4 NEC	130
11.4.1 NEC 基站产品 (NB880)	130
11.4.2 NEC RNC 产品	131
参考文献.....	132
附录.....	133

第 1 章 概 述

1.1 移动通信发展概述

应该说移动通信从无线电通信发明之日起就诞生了。1897 年,马可尼在固定站与一艘拖船之间进行了距离为 18 海里的无线通信实验,可谓是移动通信的雏形。

20 世纪 70 年代中后期“蜂窝”概念的提出是移动通信发展过程中的重要里程碑。此前,现代移动通信可大致分为三个阶段,分别是:20 年代到 40 年代的早期专用移动通信系统,这一阶段只能实现小规模单工通信方式;40 年代中到 60 年代初的早期公用移动通信系统,这一阶段可以实现以基站为中心的大区制移动通信系统,但仍属于单工通信方式^[1];60 年代中到 70 年代中,美国推出的 IMTS 系统以及德国推出的 B 网实现了自动接续的双工通信方式。在这三个阶段中,移动通信系统的共同特点是网络容量较小,并且直接受限于频率资源。

“蜂窝”概念提出之后,现代移动通信进入了蜂窝移动通信的高速发展阶段。将整个服务区分为许多较小的区域,每个区域用发射功率较小的基站进行覆盖,利用电波传播的损耗特性实现了一定距离外的频率复用,从而突破了有限频率资源对系统容量的限制。

而蜂窝移动通信的发展也可以划分为三个阶段。第一阶段是 1978~1989 年应用的第一代模拟移动通信系统,采用频分多址(FDMA)技术。比较典型的有美国的 AMPS 和欧洲的 TACS 系统,由于没有采用语音数字编码,射频发射前的语音信号为模拟信号,设备简单,主要缺点是频谱资源利用率太低,随着用户数的发展,频率资源和用户容量的矛盾再次突显。第二阶段是从 90 年代开始应用的数字蜂窝移动通信系统,比较典型的是欧洲的 GSM 系统(采用时分多址(TDMA)技术)和美国的 IS-95 系统(采用码分多址(CDMA)技术)。由于引入了语音数字处理等新技术,系统的抗干扰能力大大提高。但其主要缺点是无法适应人们对通信多样化的要求,无法提供高速数据业务。第三阶段是 21 世纪初开始商用的第三代移动通信系统,主要采用了码分多址技术,大大提高了频谱资源利用率。比较主流的技术标准有 WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA 三种,主要特点是多种承载可以支持丰富的高速数据业务^[2]。

1.2 第三代移动通信标准的发展

早在 1985 年 ITU-R 就提出了第三代移动通信的概念,称为“未来陆地移动通信系统”(FPLMTS, Future Public Land Mobile Telephone System)。1992 年 WARC (World Administration Radio Conference) 给 FPLMTS 分配了 230MHz 的频率。此时 ITU-T 负责网络方面的标准化工作,ITU-R 负责无线接口方面的标准化工作。1996 年,ITU 将第三代移动通信系统正式命名为 IMT-2000,意即第三代移动通信系统工作在 2000MHz 频段,并于

2000 年左右商用, 可以提供的传输速率高达 2Mbit/s。

IMT-2000 最关键的是无线接入技术, 1997 年 ITU 对 IMT-2000 无线接入技术提出了最低要求, 向全球征求无线接入技术建议。截至 1998 年 6 月 30 日, 共有 16 项技术, 其中地面移动通信有 10 项, 包括中国提出的 TD-SCDMA。经过艰难的评估和融合, 1999 年 11 月 5 日 ITU 终于通过了输出文件 ITU-R M1457, 确认了五种无线传输技术, 包括 SC-TDMA、MC-TDMA、MC-CDMA、DS-SS-SSMA、TDD CDMA。其中, 欧洲的 WCDMA、美国的 cdma2000 以及我国提出的 TD-SCDMA 最受瞩目。

ITU 的建议并不是完整的技术规范, 国际标准组织 3GPP 和 3GPP2 根据 ITU 建议负责进一步完成标准的技术细节。以欧洲为主体的 3GPP 负责无线网 DS-SS-SSMA 以及 CDMA TDD, 核心网 GSM MAP。以美国为主体的 3GPP2 负责无线网 MC-CDMA, 核心网 IS-41。2001 年 3 月 16 日, TD-SCDMA 和 UTRA TDD 进一步融合, TD-SCDMA 被写入 3GPP R4 版本。

3GPP 标准在无线接入技术、核心网结构协议等方面不断发展和完善, 并且依次形成了 R99、R4、R5、R6、R7 等版本。

R99 版本在 2000 年 3 月正式推出, 接入技术上引入了全新的 WCDMA 技术, 而在核心网方面分为电路域和分组域, 与 GSM 共用。峰值速率可以达到 384kbit/s~2Mbit/s。

R4 版本在 2001 年 3 月冻结。主要创新是实现了核心网电路域的控制和承载分离方式。MSC 和 GMSC Server 分别承担 MSC 和 GMSC 的控制功能, 而用户数据通过媒体网关 (MGW) 处理。一个 MSC Server 可以控制多个 MGW, 这使得网络能够方便进行升级。该版本融合了 TD-SCDMA 技术, 成为了 TDD-LCR 选项。

R5 版本在 2002 年 8 月功能冻结, 在无线接口上引入了高速下行分组接入 (HSDPA, High Speed Downlink Packet Access) 技术, 使得下行传输速率理论上能够达到 14.4Mbit/s。在核心网的分组域引入了 IP 多媒体子系统 (IMS, IP Multimedia Subsystem)。

R6 版本在 2005 年 3 月功能冻结, 在无线接口上引入了用于增强上行分组域数据速率的高速上行分组接入 (HSUPA, High Speed Uplink Packet Access) 技术。在核心网的分组域进一步完善了 IMS 系统的接口功能。

由于无线接入技术与核心网技术相对独立, 因此 HSDPA 技术虽然在 R5 版本中成形, 但它仍然可以叠加在 R4 版本网络结构上。本书将重点介绍 R5 版本中的 HSDPA 技术, 深刻阐述 HSDPA 技术引入后的若干无线网络关键问题。

1.3 HSDPA 技术概述

随着 Wi-Fi 等高速固定无线接入技术的出现, 人们越来越习惯并且渴望大带宽的服务。目前的 2.5G 和 3G 网络的运营经验表明数据业务正逐渐成为网络资源消耗的主体, 这也预示着对内容丰富的高速数据业务的需求正在逐渐增强。可以预见, 在未来几年里数据业务将迅猛发展。而 WCDMA R99 版本能够提供的最大实际峰值速率为 384kbit/s, 这在很大程度上限制了许多分组数据业务 (如流媒体、大数据量下载等) 的有效开展。HSDPA 技术作为 WCDMA R99 下行链路的增强型技术, 大大提高了峰值数据速率、小区吞吐量, 从而大大降低了端到端时延^[3]。为了更好地理解 HSDPA 技术, 我们先回顾 R99 系统中下行分组数据业务的性能, 之后再对 HSDPA 系统进行阐述。

1.3.1 R99 系统下行分组数据业务性能

虽然 R99 标准给出可承载的最大数据速率能够达到 2Mbit/s,但是在专用模式下目前能够广泛实现的最大传输速率是 384kbit/s。下面从数据业务承载方式、最小传输时间间隔以及重传和调度机制等方面进行阐述。

(1) 数据业务承载方式

在 3GPP 规范中定义了三种不同的信道方式来承载下行分组数据,分别是专用信道,如 Dedicated Channel (DCH);公共信道,如 Forward Access Channel (FACH);以及下行共享信道,如 Downlink Shared Channel (DSCH)^[4]。

DCH 是分组数据的主要承载方式,根据数据速率需求为每个单独用户分配唯一的可变正交扩频 (OVSF, Orthogonal Variable Spreading Factor) 码。为了满足数据业务误块率 (BLER, Block Error Rate) 要求, DCH 采用快速闭环功率控制来跟踪无线信道环境以及干扰水平的变化,从而确保目标信干比 (SIR, Signal Interference Ratio)。同时,在软切换状态下,可以获得宏分集增益。

FACH 为公共信道,映射到辅公共控制物理信道 (SCCPCH, Second Common Control Physical Channel) 上,一般每个小区会预先分配 FACH 采用的 OVFSF 码。由于所有用户都需要接收该信道的信息,因此它不能用于承载高速率数据。

截至目前,在支持 R99 FDD 标准的商用设备系统中并没有实现 DSCH。

比较而言, DCH 由于其建立时延较长以及支持峰值传输速率的特点而更适合承载大业务量的数据业务,不适合突发性强的小包业务; FACH 由于其建立时延较短而更适合承载突发性较强的低速数据业务。

(2) 分组数据速率类型

WCDMA 系统的扩频速率为 3.84Mchip/s。不同速率数据通过不同长度的 OVFSF 码进行扩频。在 R99 系统中,下行 DPCH 的扩频因子取值范围为 4~512,并且下行链路采用 QPSK 调制方式。显然,扩频因子越小,每个符号对应的码片数越少,所能支持的数据速率越高^[5],见表 1-1。

表 1-1 扩频因子与码片速率、比特速率映射表

扩频因子	码片速率 (kchip/s)	比特速率 (kbit/s)
512	7.5	15
256	15	30
64	60	120
32	120	240
16	240	480
8	480	960
4	960	1920

在理想条件下 (不考虑功率受限), WCDMA 系统容量将受限于码道数目。见表 1-1,当下行数据速率为 384kbit/s 时,其最小的扩频因子取值为 8,那么在任何条件下所能容许的最大用户数将为 7,而这显然不利于突发性强的数据业务传输。

(3) 重传与调度

在 R99 系统中, 最小传输时间间隔 (TTI, Transmission Time Interval) 可以为 10ms、20ms、40ms 等。并且 Node B 只负责完成测量等物理层功能, 而对无线资源的调度、分配和控制等功能均在 RNC 实现^[6]。因此数据重传需要经由 Iub 接口, 周期较长。另外, 较长的 TTI 间隔也不利于无线资源的充分共享。

综上所述, 我们看到在 R99 系统中进行数据业务的传输存在资源利用率不高、用户容量较小、峰值传输速率不能满足要求等缺点。

1.3.2 HSDPA 系统概述

HSDPA 系统将业务承载方式与数据业务的突发特性相匹配, 进一步提高了网络资源利用率; 同时由于自适应调制编码 (AMC, Adaptive Modulation and Coding)、混合自动请求重传 (HARQ, Hybrid Automatic Repeat Request) 等先进技术的应用使得理论峰值传输速率可以提高到 14.4Mbit/s。

HSDPA 系统的技术特点如图 1-1 所示。它以 WCDMA 技术为基础, 引入了 AMC、HARQ 等链路自适应技术使得信道传输速率能够和网络质量状况进行很好的匹配, 同时舍弃了 R99 系统中的功率控制和软切换技术。系统最小 TTI 缩短为 2ms, 并将 HARQ 与高级调度算法等前移到 Node B 实现, 使得网络资源利用率进一步提高。在 HSDPA 系统中, 扩频因子固定取值为 16, 并且同时支持多码捆绑传输技术。

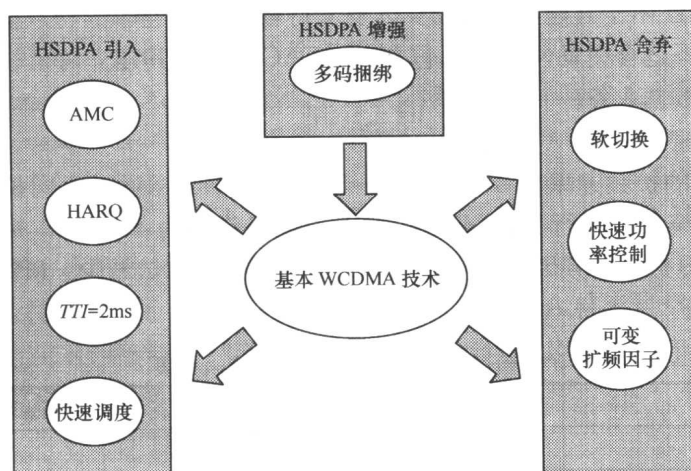


图 1-1 HSDPA 技术特点示意图

HSDPA 技术作为 R99 系统的下行链路数据传输增强技术, 可谓“锦上添花”! 在移动台距离基站较近或者无线环境质量较好的地方, 基站能够通过提高编码调制方式或者多个码字捆绑传输, 从而提高移动台的下行链路数据传输速率。而当移动台所处的无线环境质量较差时, 系统会自动提供较低速率的下行链路传输方式。

参 考 文 献

[1] George Calhoun. Digital Cellular Radio. Artech House, 1988, p26

- [2] 蒋同泽. 现在移动通信系统. 北京: 电子工业出版社, 1994
- [3] 3GPP. Physical Layer aspects of UTRA High Speed Downlink Packet Access. TR25.848 v4.0.0 (2001-03)
- [4] 3GPP. Physical Channels and Mapping of transport channels onto physical channels (FDD) . TS 25.211 v6.1.0 (2004-06)
- [5] 3GPP. Spreading and modulation (FDD) . TS 25.213 v6.0.0 (2003-12)
- [6] 3GPP. Radio Resource Control. TS 25.331 v6.5.0 (2005-03)

第2章 HSDPA 基本原理

由前述我们可知, HSDPA 是一些无线增强技术的集合, 利用 HSDPA 技术可以在现有技术的基础上使下行数据峰值速率有很大的提高。HSDPA 技术同时适用于 WCDMA FDD、UTRA TDD 和 TD-SCDMA 三种不同制式, 其不同系统中的实现方式是十分类似的。本书着重介绍 WCDMA FDD 制式下的 HSDPA 技术。

从技术角度来看, HSDPA 主要通过引入高速下行共享信道 (HS-DSCH, High Speed Downlink Shared Channel) 来增强空中接口的传输能力, 并需要在 UTRAN 中增加相应的功能实体来完成。从底层技术来看, HSDPA 主要引入了 AMC 技术和 HARQ 技术来增加系统的数据吞吐量。从整体构架来看, HSDPA 主要增强了 Node B 的处理能力, 在 Node B 的 MAC 层中引入一个新的 MAC-hs 实体, 专门完成 HS-DSCH 相关参数的配置和 HARQ 过程。以下将从各个方面对 HSDPA 的基本原理进行详细论述。

2.1 HSDPA 的物理层结构

图 2-1 所示为 UMTS R5 的信道类型映射图^[1]。其中, 白色方框内的信道与 R99 中的信道类型完全相同, 右边灰色方框内为 HSDPA 所引入的新信道类型, 分别是 HS-DSCH、HS-SCCH (High Speed Shared Control Channel)、HS-PDSCH (High Speed Physical Downlink Shared Channel) 和 HS-DPCCH (High Speed Dedicated Physical Control Channel)。

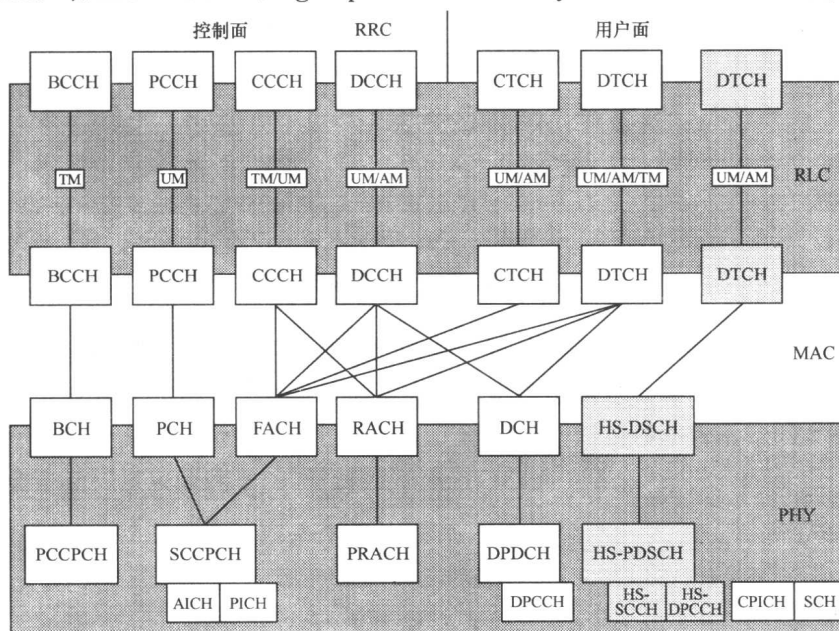


图 2-1 R5 信道类型映射图

2.1.1 高速下行链路共享信道 (HS-DSCH)

HS-DSCH 为能够被几个用户同时共享的下行传输信道。最小 TTI 定义为 2ms (3 个时隙)^[2], 这与 R99 所支持的 10ms、20ms、40ms、80ms 长的 TTI 相比要短很多, 从而使重传过程中 UE 和 Node B 之间的往返时延更小。并且该共享信道分配给某一 UE 的使用周期也为 2ms, 因此下一 2ms 有可能将分配给另一 UE 使用。这种 UE 之间资源使用的快速切换也更加适合于具有突发特性的分组数据业务的传输, 因此可以进一步提高小区吞吐量。

如图 2-1 所示, 由于 HS-DSCH 用来承载用户数据信息, 因此它只承载专用业务信道的信息。在传输模式上, 与 R99 不同, 映射到 HS-DSCH 的 DTCH 只能采用 UM/AM 的传输模式。而且, 为了接收 RRC 层以及非接入层信令信息, 工作在 HSDPA 模式下的 UE 必须同时拥有至少一个 R99 的专用信道。

HS-DSCH 向下映射为 HS-PDSCH 物理信道。从码域来看, HS-PDSCH 物理信道的扩频因子固定为 16, 并且允许同一 UE 多码并行传输以及不同 UE 间进行码分复用。同一 UE 的最大并行传输码字个数由该 UE 的终端能力级决定, 3GPP 规范^[3]规定最大值为 15。按多码并行传输能力分类, 终端级别分为最大捆绑 5、10、15 个码字进行传输。

在调制编码方式上, 除了 R99 中的 QPSK 调制方式, HS-DSCH 还可以采用 16QAM 调制方式。与 R99 规范相比, HS-DSCH 的编码复用过程有所简化: 激活的 HS-DSCH 传输信道数固定为 1, 不再需要传输信道复用模块; 交织深度固定为 2ms, 同时不再区分帧内交织和帧间交织; 信道编码的类型固定为 Turbo 编码, 有效编码速率可以在 1/4~3/4 之间变化。随着有效编码速率的增加, 编码增益逐渐减少但传输速率得到进一步提高。

随着传输块长度的变化, HS-DSCH 所采用的调制方式、并行码道数和 Turbo 编码速率都是可变的。根据终端能够同时处理的最大码字数、调制方式和混合重传合并方式的不同, 3GPP 规范^[3]将 UE 分为 12 类, 见表 2-1。终端类型 12 的最大传输速率为 1.8Mbit/s, 而终端类型 6 的最大传输速率为 3.6Mbit/s。传输速率最高的终端类型为 10 类终端。限于目前终端芯片的处理能力, 已经能够商用的 HSDPA 终端大多为 12 类, 而目前 6 类 HSDPA 终端还屈指可数。

表 2-1 UE 终端类型对应表

UE 类别	调制方式	HS-DSCH 码数	最小 TTI (ms)	最大数据速率 (Mbit/s)	是否采用 IR 重传
1	16QAM	5	3	1.22	否
2	16QAM	5	3	1.22	是
3	16QAM	5	2	1.82	否
4	16QAM	5	2	1.82	是
5	16QAM	5	1	3.65	否
6	16QAM	5	1	3.65	是
7	16QAM	10	1	7.21	否
8	16QAM	10	1	7.21	是
9	16QAM	15	1	10.13	否
10	16QAM	15	1	13.98	是
11	QPSK	5	2	0.91	否
12	QPSK	5	1	1.82	否

2.1.2 高速共享控制信道 (HS-SCCH)

当 UE 工作在 HSDPA 模式时, 它将连续监测 HS-SCCH。HS-SCCH 承载解调 HS-DSCH 以及 HS-PDSCH 所需的信息, 包括 HS-PDSCH 采用的调制编码方式、分配给 HS-PDSCH 的 OVSF 码、HARQ 参数以及 UE 标识。按照码分复用的最大 UE 数, UTRAN 分配相应数目的 HS-SCCH。如果 HS-DSCH 没有承载数据, Node B 就不需要发送 HS-SCCH。从网络的观点看, Node B 可以维持大量的 HS-SCCH, 但单个终端最多支持四个 HS-SCCH 的监测。网络通过发送信令告知 UE 需要接收的 HS-SCCH^{[2][4]}。

HS-SCCH 结构如图 2-2 所示。HS-SCCH 的 TTI 也为 2ms, 共分为两个部分。第一个时隙承载对定时敏感的信令, 如 OVSF 码字的分配情况、所采用的调制方式等, 以便按时启动解调过程避免码片级数据缓冲; 后两个时隙承载对定时不敏感的信令, 包括传输块长度、HARQ 参数 (首次传输指示或者重传指示) 等。为了保护信令的可靠传输, HS-SCCH 的这两部分信令都用 HSDPA 终端的特定标识 (H-RNTI) 进行扰码, 以便 UE 判断接收到的 HS-SCCH 是否为发给自己的消息。当 UE 接收到第一部分时, 通过 H-RNTI 标识判断随后的 HS-DSCH 是否承载该 UE 所需要接收、解调的数据。

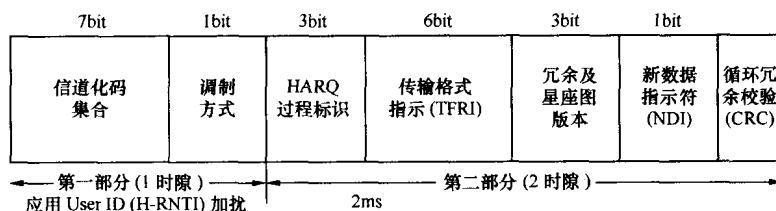


图 2-2 HS-SCCH 结构示意图

HS-SCCH 上没有导频比特和 TPC 指令比特, 它所采用的扩频因子固定为 128。

如图 2-2 所示, 其中信道化码集合共 7bit, 标识 HS-PDSCH 所使用的 OVSF 码, 以及并行传输码道数; 调制方式共 1bit, 标识所采用的调制方式 QPSK 或 16QAM; HARQ 过程标识共 3bit, 标识随后使用哪个 HARQ 过程; 传输格式指示共 6bit, 标识数据传输块长度; 冗余及星座图版本共 3bit, 标识随后传输的信息组合以及星座图映射方式; 新数据指示符共 1bit, 标识本次数据传输为首次传输还是重传。

需要注意的是, 由于 Node B 译码 UE 反馈的 ACK/NAK 消息可能会出现错误, 因此会造成 ACK 误判为 NAK 或者 NAK 误判为 ACK 等情形。当 Node B 将 ACK 误判为 NAK 时, Node B 将对这一数据块进行重传, UE 侧将根据 NDI 标识进行判断从而确定此次传输重复, 自动将数据包丢弃并再次反馈 ACK 消息, 这显然将浪费传输带宽; 而 Node B 将 NAK 误判为 ACK 时将更加糟糕, Node B 会认为上次传输已经正确接收并且继续传输新数据包, 此时 UE 侧检测到 NDI 标识属于新数据包时将丢弃上次数据包并译码新的数据包, 因此就造成了物理层数据包的丢失。此时数据恢复就必须通过 RLC 层重传来完成了。

2.1.3 上行链路高速专用物理控制信道 (HS-DPCCH)

HS-DPCCH 用于承载物理层重传所需的 ACK/NAK 消息和信道质量指示符 (CQI, Channel Quality Indicator)^[2]。Node B 调度器需要以此信道质量反馈消息来决定下一 TTI

分配给哪个 UE 进行数据传输及其所能容许的最大传输速率。保持现有 R99 的上行链路结构不变，在并行的码信道上增加新的上行链路信道 HS-DPCCH。HS-DPCCH 结构如图 2-3 所示。

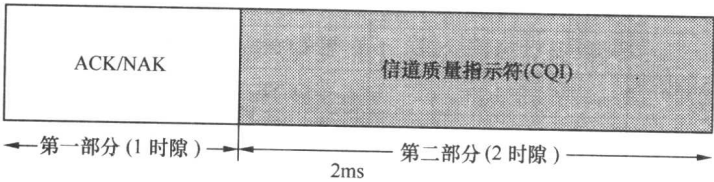


图 2-3 HS-DPCCH 结构示意图

第一部分（前一个时隙）承载 HS-DSCH 传输块的接收确认消息（ACK/NAK）。在 Node B 未获得任何接收确认信息时，UE 需重传 ACK/NAK 消息。重传次数最多为 4 次，并且可以通过 UTRAN 进行配置。首次 ACK/NAK 消息将在对应 HS-DSCH 传输块传输结束后的 5ms（7.5 时隙）后发送。HS-DPCCH、HS-SCCH 以及 HS-PDSCH 之间的时序关系如图 2-4 所示。

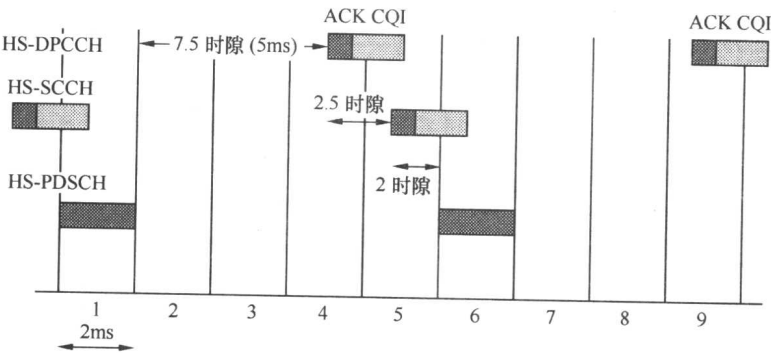


图 2-4 HSDPA 各信道时序关系图

由图 2-4 可见，UE 首先测量下行信道质量并通过 HS-DPCCH 反馈 CQI 报告。同时，先前已接收数据块的确认消息 ACK 或 NAK 消息也会在该信道中发送。如果 Node B 决定发送数据给 UE，它将在 2.5 时隙之后通过 HS-SCCH 发送相应物理信道分配以及传输格式等信息给 UE。接下来的 2 时隙之后 Node B 将数据承载在一个或者几个 HS-PDSCH 上进行传输。因此，HS-SCCH 传输和 HS-PDSCH 传输有所重叠，这也正是前述 HS-SCCH 第一部分承载时间敏感信息的原因。最后，当 UE 解调接收数据之后，再次反馈确认信息和 CQI 报告。

第二部分（后两个时隙）承载 CQI 信息。UE 通过测量下行 CPICH 的信道质量来计算需要反馈的 CQI 取值。该 CQI 值反映了假设信道质量不发生变化时 UE 在保证误块率小于 10% 的条件下所能处理的最大数据速率。3GPP 规范为每种能力等级的终端定义了不同的 CQI 映射表，例如表 2-2 就是与终端类型 6 对应的 CQI 取值^[5]。CQI 表征了下行链路的数据传输块长度、调制方式和并行传输信道数目的组合方式。同样地，在某些情况下，UE 需要重传 CQI，容许的重传次数需要通过 UTRAN 进行配置，但最大重传次数为 4 次。UTRAN 同时也可以对 CQI 的报告周期进行配置，范围在 2~160ms 之间。