

Harri Holma 编著
(芬) Antti Toskala

叶银法 陆健贤 周胜 蒋晓虞 等译

HSDPA/HSUPA

技术与系统设计

第三代移动通信系统宽带无线接入



WILEY

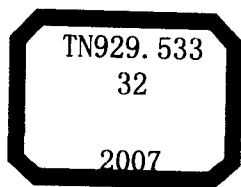
www.wiley.com



机械工业出版社

CHINA MACHINE PRESS





HSDPA/HSUPA 技术 与系统设计

——第三代移动通信系统宽带无线接入

(芬) Harri Holma 编著
Antti Toskala

叶银法 陆健贤 周胜 蒋晓虞 等译



机械工业出版社

本书内容包括：HSPA 标准的研究进展和未来发展蓝图；HSPA 对无线网络的影响、协议结构以及网元的功能和接口，并给出了无线资源控制状态；HSPA 物理层规范、无线资源管理及性能；影响用户性能的数据传输速率和网络时延的两个因素；HSPA 应用的端到端性能；3GPP 对终端射频（RF）性能的基本要求，以及终端引入 HSDPA/HSUPA 后的新特性。

本书适合于 3G 研发工程师、网络规划人员、研究人员、技术管理人员、监管人员，以及移动应用开发人员。

Harri Holma, Antti Toskala: HSDPA/HSUPA for UMTS—High Speed Radio Access for Mobile Communications.

Authorized translation from the English language edition published by John Wiley. All right reserved. This translation published under licence.

本书中文简体字版由机械工业出版社出版，未经出版者书面允许，本书的任何部分不得以任何方式复制或抄袭。版权所有，翻印必究。

图字：01-2006-6884

图书在版编目（CIP）数据

HSDPA/HSUPA 技术与系统设计：第三代移动通信系统
宽带无线接入 / (芬) 霍尔马等编著；叶银法等译。

—北京：机械工业出版社，2007.1

书名原文：HSDPA/HSUPA FOR UMTS High Speed
Radio Access for Mobile Communications

ISBN 978 - 7 - 111 - 20620 - 0

I. H… II. ①霍…②叶… III. 码分多址 - 移动通信 - 宽带通信系统 - 接入网 IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 160214 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：吉玲

责任编辑：刘星宁 版式设计：冉晓华 责任校对：程俊巧

封面设计：马精明 责任印制：洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2007 年 1 月第 1 版 · 第 1 次印刷

169mm × 239mm · 7.5 印张 · 290 千字

0 001—4 000 册

定价：28.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

销售服务热线电话：(010) 68326294

购书热线电话：(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话：(010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

译者序

五年前，机械工业出版社引进了 HOLMA 先生的《WCDMA FOR UMTS》第一版，之后又分别于 2004 年、2005 年陆续引进了此书的第二、第三版。当时正值国内开展 3G 系统设备的实验室及外场测试，HOLMA 先生的书自然也成为 3G 研发人员案头的必备参考书。斗转星移，截止到 2006 年 8 月底，全球范围内已在 55 个国家部署了 122 个 WCDMA 网络，CDMA20001x 商用网络已达 174 个，而我国具有自主知识产权的 TD-SCDMA 也进入了预商用测试并开始了友好用户试用阶段，应该说 3G 标准及其应用获得了业界的普遍认可。不过正如一些专家所诟病的，数据业务推广不利、网络和接口协议复杂、特别是实际数据速率较低等因素制约了 3G 系统的运营。同时，WLAN、WiMAX 以及 1xEV-DO 在速率上的优势也给 WCDMA 带来了巨大的压力。

要成功，就需要朋友；要取得巨大成功，就需要敌人。——亚里士多德·奥纳西斯

鉴于此，3GPP 从 R5 版本开始引入新的无线接入技术，即 HSDPA 和 HSUPA（统称 HSPA）以提高无线链路速率和增强 QoS 管理，测试也表明它们支持的实际比特速率可以达到 2Mbit/s 以上，在不久的将来有望超过 10Mbit/s，并降低延时。TD-SCDMA 标准也正在研究向 HSPA 演进。自 2005 年底全球第一个支持 HSDPA 的网络投入商用以来，目前全球已有分布于 42 个国家的 73 个 HSDPA 商用网络，其他已经拥有 3G 商用网络的运营商也都在考虑引入 HSPA，而没有发放 3G 牌照的中国运营商对此也十分关注。

等待的方法有两种，一种空等，一种是一边等一边把事情向前推动。——屠格涅夫

在这样一个重要时刻，HOLMA 先生的著作没有停留在重复《WCDMA FOR UMTS》一书的内容上，而是根据他多次讲授 HSDPA 和 HSUPA 的经验而编写了本书。本书从 WCDMA 系统演进角度着重描述了 HSPA 给无线接入部分所带来的变革、HSPA 规范和协议、优化和性能。内容虽然简短，但是好书如同寓言，其价值不在长短，而在于内容。虽然本书仅从 WCDMA 角度介绍，但其对包括 TD-SCDMA、WLAN 和 WiMAX 在内的无线接入系统的演进同样具有重要的参考意义。

本书译者长期从事移动通信网络建设和 3G 技术研究工作，具有丰富的理论基础和实践经验。翻译人员：黎红雯（前言、第 1 章），叶银法（第 2、3、9、

10、11 章), 陆健贤 (第 4、7 章并参与第 9~11 章审校), 蒋晓虞 (第 5、8 章), 周胜 (译者序、第 6 章、缩略语并参与第 9~11 章审校)。全书由叶银法统稿和审校。俞大发先生对本书翻译过程给予了大力支持, 在此表示感谢。希望我们的工作对读者了解 HSPA 技术有所裨益。

不过, 需要指出的是, 本书的内容仅代表作者个人的观点和见解, 并不代表译者及其所在公司的观点。另外, 由于移动通信技术的日新月异, 翻译时间比较仓促, 疏漏错误之处在所难免, 敬请读者原谅和指正。

译 者

前 言

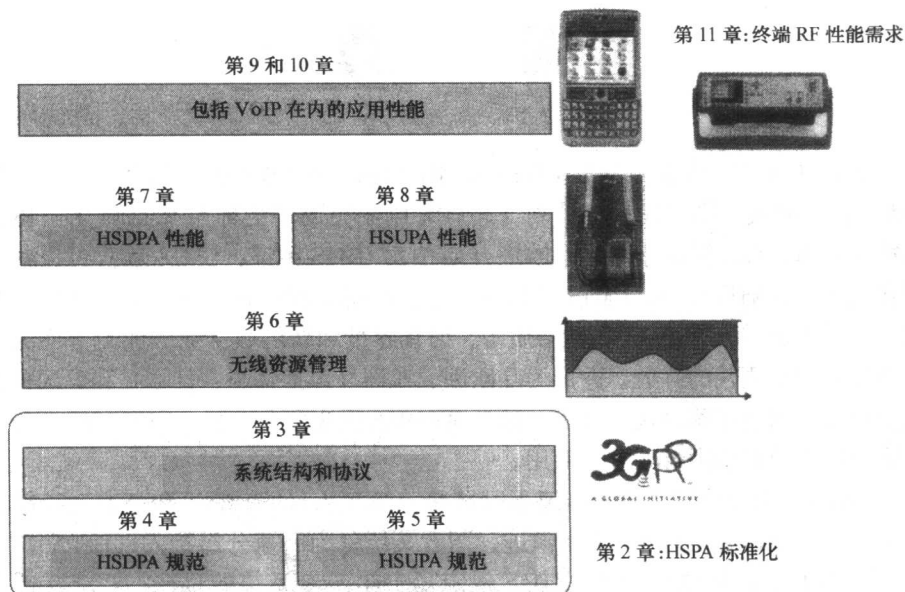
2000年4月,当 John Wiley&Sons 公司出版的《WCDMA 技术与系统设计》第1版面世的时候,第三代伙伴计划(3GPP)刚刚完成了被称为 Release 99 (R99)的第一套 WCDMA 标准。这时,欧洲开始拍卖 UMTS 频谱,UMTS 运营可以说是箭在弦上。在随后几年,UMTS 系统在规范、终端、网络和应用方面得到进一步优化。结果表明,WCDMA 在网络质量、语音容量和新的数据业务能力方面为运营商带来了实质性的好处。并成为在欧洲、亚洲(包括韩国、日本)和美国覆盖及应用最广的全球移动接入技术,预计 WCDMA 很快会在中国、印度和拉丁美洲等潜力巨大的市场进行部署及商用。

WCDMA 无线接入正沿着高速下行链路分组接入(HSDPA)和高速上行链路分组接入(HSUPA)的路线进行演进,两者又统称为高速分组接入(HSPA)。20世纪90年代,国际电信联盟(ITU)设定了 IMT-2000 系统的目标,要求其速率为 2Mbit/s。3GPP 的 R99 规范支持 2Mbit/s 速率,但实际系统中实现的峰值数据速率仅限于 384kbit/s。目前,HSPA 实际支持的比特速率超过 2Mbit/s,在不久的将来有望超过 10Mbit/s。除了更高的峰值速率外,HSPA 也降低了延迟并改善了网络容量,新的无线能力可以使部分分组应用以更加有效的方式在无线网络上运行。对于运营商,由于 HSPA 解决方案是建立在 WCDMA 无线网络上,所有的网元可以再用,网络可以从 WCDMA 直接升级到 HSPA。2005 年底,全球第一个 HSDPA 网络投入商用。

基于 WCDMA 网络正向 HSDPA 和 HSUPA 网络升级演进这一重大时刻,促成我们写下这本书。当 WCDMA 运营经历了专用信道上的一些增强功能时,HSDPA 和 HSUPA 成为了本书的关注焦点,而不是停留在重复《WCDMA 技术与系统设计》的内容上。此外,通过多次讲授 HSDPA 和 HSUPA,我们获得的反馈表明培训学习的焦点已经从 WCDMA 转移到 HSPA 领域。因此,本书着重描述了 HSPA 规范、优化和性能,重点介绍 HSPA 为 WCDMA 无线接入带来的变革。有关 WCDMA 无线接入的详细信息可以参考《WCDMA 技术与系统设计》。

本书的篇章结构见上图。第1章介绍了 WCDMA 状况和 HSPA 能力;第2章是 HSPA 标准化概述;第3章讲述了 HSPA 网络结构和无线协议;第4、5章则解释了 3GPP 的 HSDPA 和 HSUPA 规范的物理层,以及选择这一解决方案的背景;无线资源管理在第6章进行了讨论;第7、8章介绍了包括数据速率、容量以及与 WCDMA 共存等方面的 HSDPA 和 HSUPA 性能;第9、10章分别描述了应用性

能和 VoIP 性能；终端的射频（RF）要求在第 11 章进行介绍。



本书内容汇总

本书适合研发工程师、网络规划人员、研究人员、技术管理人员、监管人员，以及希望把知识面拓展到 HSDPA 和 HSUPA 领域的移动应用开发人员阅读。书中观点仅代表作者看法，不代表所在公司意见。

Harri Holma, Antti Toskala
芬兰诺基亚公司

目 录

译者序

前言

第 1 章 概述	1
1.1 WCDMA 技术及其商用情况	1
1.2 HSPA 标准化及商用进程	4
1.3 HSPA 无线能力的发展	5
第 2 章 HSPA 标准化及其背景	8
2.1 3GPP	8
2.1.1 3GPP 的 HSDPA 标准化	10
2.1.2 3GPP 的 HSUPA 标准化	11
2.1.3 HSDPA 和 HSUPA 的未来发展	13
2.1.4 后 HSDPA 和 HSUPA	14
2.2 参考文献	16
第 3 章 HSPA 结构和协议	18
3.1 无线资源管理结构	18
3.1.1 HSDPA 和 HSUPA 用户面协议结构	19
3.1.2 HSDPA 和 HSUPA 对 UTRAN 接口的影响	22
3.1.3 HSDPA 和 HSUPA 的协议状态	25
3.2 参考文献	26
第 4 章 HSDPA 原理	27
4.1 HSDPA 和 R99DCH	27
4.2 HSDPA 的关键技术	29
4.2.1 高速下行链路共享信道	30
4.2.2 高速共享控制信道	35
4.3 高速专用物理控制信道	38
4.3.1 碎片专用物理信道	40
4.3.2 HS-DSCH 链路自适应	41
4.3.3 HSDPA 的移动性	45
4.4 Node B 的 HSDPA 测量	47
4.5 终端能力	48

4.5.1	L1 和 RLC 吞吐量	49
4.5.2	Iub 参数	50
4.6	HSDPA MAC 层操作	51
4.7	参考文献	53
第 5 章	HSUPA 原理	55
5.1	HSUPA 与 R99 DCH 的对比	55
5.2	HSUPA 关键技术	56
5.2.1	简介	56
5.2.2	HSUPA 快速物理层混合重传 (L1 HARQ)	57
5.2.3	HSUPA 的调度	58
5.3	E-DCH 传输信道和物理信道	59
5.3.1	简介	59
5.3.2	E-DCH 传输信道处理	59
5.3.3	E-DCH 专用物理数据信道	61
5.3.4	E-DCH 专用物理控制信道	63
5.3.5	E-DCH HARQ 指示符信道	65
5.3.6	E-DCH 相对准入信道	66
5.3.7	E-DCH 绝对准入信道	67
5.3.8	两种 TTI 时长的目的及其影响	68
5.4	物理层过程	69
5.4.1	HARQ	69
5.4.2	HARQ 和软切换	71
5.4.3	HSUPA 的测量	71
5.5	MAC 层	73
5.5.1	用户平面	73
5.5.2	MAC-e 控制消息-调度信息	73
5.5.3	E-DCH 传输格式的选择	74
5.5.4	E-DCH 与 DCH 的共存	75
5.5.5	MAC-d 流特定的 HARQ 参数	76
5.5.6	HSUPA 调度	77
5.5.7	软切换的 HSUPA 调度	78
5.5.8	先进的 HSUPA 调度	79
5.5.9	未经调度的传送	80
5.6	Iub 参数	80
5.7	移动性	81
5.7.1	软切换	81
5.7.2	压缩模式	82
5.8	UE 能力和数据速率	83

5.9 参考文献和相关的 3GPP 规范清单	85
第 6 章 无线资源管理	86
6.1 HSDPA 的无线资源管理	86
6.1.1 RNC 算法	87
6.1.2 Node B 算法	96
6.2 HSUPA 的无线资源管理	104
6.2.1 RNC 算法	105
6.2.2 Node B 算法	107
6.3 参考文献	108
第 7 章 HSDPA 比特速率、容量和覆盖性能	111
7.1 影响性能的一般因素	111
7.2 单用户性能	113
7.2.1 基本的调制和编码性能	113
7.2.2 HS-DSCH 性能	115
7.2.3 早期部署的仅支持 QPSK 的 UE 对性能的影响	119
7.2.4 HS-SCCH 性能	120
7.2.5 上行 HS-DPCCH 性能	121
7.2.6 3GPP 测试方法	122
7.3 多用户性能	124
7.3.1 仿真方法	124
7.3.2 多用户分集增益	125
7.3.3 HSDPA 单独载波的容量	126
7.3.4 HSDPA 与 R99 的混合容量	127
7.3.5 用户数据速率	127
7.3.6 部署环境的影响	128
7.3.7 实时流媒体的 HSDPA 容量	133
7.4 Iub 传输效率	134
7.5 容量及数据传送成本	136
7.6 往返时间	138
7.7 HSDPA 测量	140
7.8 HSDPA 性能演进	143
7.8.1 先进 UE 接收机	143
7.8.2 Node B 天线发射分集	145
7.8.3 Node B 波束赋形	145
7.8.4 多输入多输出	146
7.9 结论	146
7.10 参考文献	147
第 8 章 HSUPA 比特速率、容量和覆盖性能	150

8.1	影响性能的主要因素	150
8.2	单用户性能	151
8.3	小区容量	156
8.3.1	HARQ	156
8.3.2	Node B 调度	158
8.4	HSUPA 性能提升	162
8.5	结论	166
8.6	参考文献	167
第 9 章	应用及端到端性能	169
9.1	分组应用概述	169
9.2	在线连接	171
9.2.1	分组核心网和无线连接	171
9.2.2	分组会话建立	174
9.2.3	RRC 状态改变	181
9.2.4	从 HSPA 到 GPRS/EGPRS 的系统间小区更新	183
9.3	HSPA 的应用性能	186
9.3.1	网页浏览	186
9.3.2	TCP 性能	187
9.3.3	全双工 VoIP 和按键通话	189
9.3.4	实时游戏	190
9.3.5	移动电视流媒体	191
9.3.6	电子邮件推送 (Push e-mail)	192
9.4	应用性能和网络负载的关系	193
9.5	参考文献	196
第 10 章	IP 电话 (VoIP)	197
10.1	使用 VoIP 的动因	197
10.2	IP 头压缩	198
10.3	基于 HSPA 的 VoIP	199
10.3.1	基于 HSDPA 的 VoIP	199
10.3.2	基于 HSUPA 的 VoIP	202
10.3.3	容量结果小结	205
10.4	参考文献	206
第 11 章	HSPA 终端无线射频性能要求	207
11.1	发射机要求	207
11.1.1	输出功率	207
11.1.2	邻道泄漏比	208
11.1.3	发射调制	209
11.2	接收机要求	210

11.2.1 接收机灵敏度	210
11.2.2 邻道选择性	211
11.2.3 阻塞特性	212
11.2.4 互调特性	213
11.2.5 分集接收和接收机类型	214
11.2.6 最大输入电平	215
11.3 频段及多频段终端	216
11.4 参考文献	217
附录 缩略语	218

第 1 章 概 述

Harri Holma, Antti Toskala

1.1 WCDMA 技术及其商用情况

第一个 3GPP 标准的 WCDMA 网络于 2002 年投入商用。到 2005 年底，全球已建有 100 个 WCDMA 网络，150 多家运营商持有 WCDMA 运营牌照。目前，WCDMA 网络在包括日本、韩国在内的亚欧各国使用 2GHz 左右的 UMTS 频段，美国则使用已有的 850MHz 和 1900MHz 频段。在不久的将来，3G 频段可望扩展至 1700/2100MHz 频段。此外，3GPP 还为 WCDMA 运营规定了几个附加频段，这些频段预计在未来几年投入使用。

到 2004 年底，全球有 WCDMA 用户 1700 万，而 2006 年 2 月的用户数已经超过 5000 万，用户增长情况如图 1-1 所示。现在，WCDMA 用户占全球移动用户的 2%，西欧占 5%，英国、意大利分别占 8% 和 14%，日本则超过 25%。意大利和英国的用户渗透率相对较高的原因在于新的 3G 运营商“Three”，而日本则是由于 WCDMA 技术的主要推动者 NTT DoCoMo。这两个运营商也是 2001~2003 年第一批开始大规模 WCDMA 商用的运营商之一。



图 1-1 3G WCDMA 用户月度增长

移动业务的推进有赖于吸引眼球的终端。为了占据市场的主要份额，需要针对不同细分市场提供品种多样的终端。截至 2005 年，30 多家供应商提供了 200

款以上的 WCDMA 终端。作为范例，诺基亚 WCDMA 终端款式的发展如图 1-2 所示。诺基亚于 2003 年推出 1 款 WCDMA 手机，2004 年推出 2 款，2005 年推出十几款新手机。可以预见，很快就会有越来越多价格适中、品质卓越的终端支持 WCDMA。



图 1-2 诺基亚的 3G 终端演进 (www.nokia.com)

随着渗透率的不断提高，WCDMA 网络承载越来越多的语音和数据业务。WCDMA 给运营商带来的好处是其不但能提供数据业务，而且还可以改善基础语音业务。由于采用了包括因子为 1 的频率复用、快速功率控制和软切换等干扰控制机制，使 WCDMA 能够提供非常高的语音容量。如图 1-3 所示，两载波、三扇区即 $2+2+2$ WCDMA 基站估计能够支持的每月每用户的通话时长（分钟）取决于基站所覆盖区域内的用户数。假设采用 5.9 kbit/s AMR 语音编码，每个基站覆盖区内有 2000 个用户，则可以向每个用户提供的通话时长可达 4300min；而如果有 4000 个用户，则可提供 2100min，以上容量都包含主叫和被叫。目前，全球月平均使用时长在 300min 以下。这说明了 WCDMA 可以为用户提供更多的语音容量。同时，WCDMA 还能通过宽带 AMR 编码提供比固定电话质量更好的增强语音业务。总之，WCDMA 能够以更好的质量提供更多的语音业务。

除了频谱效率高外，3G WCDMA 在基站容量和硬件效率方面也得到了显著的发展。图 1-4 是在相同语音容量下，2000 年初期最好的 2G 基站和最新的 3G 基站的硬件比较。由于采用了宽带载波，每个载波可以支持很多的用户，因而提供相同容量所需的载波数更少，使得 WCDMA 的集成度非常高。由于所用射频部件较

少和数字基带处理要求更高，WCDMA 可以利用快速发展的数字信号处理能力。因为不再需要复杂的射频合路器、额外的天线或馈线，基站的高集成度可以更有效地建设高容量站点。

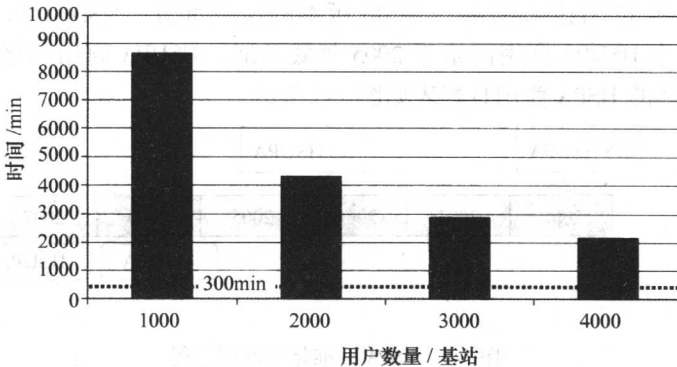


图 1-3 每月每用户语音时长 (通话量, mou)

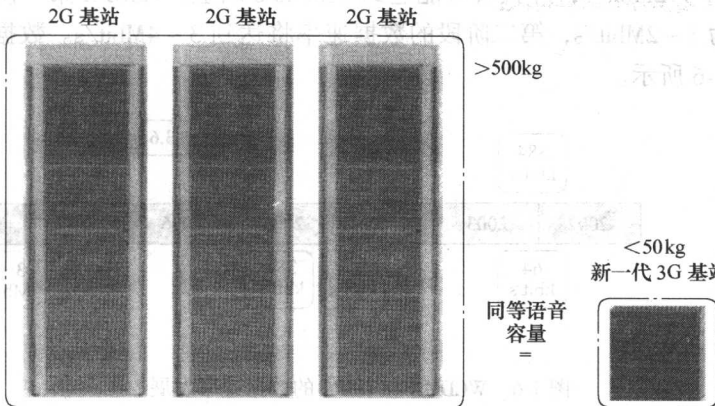


图 1-4 3G WCDMA 基站容量演进

WCDMA 运营商能够提供的业务可谓多姿多彩，有浏览、视频电话、运动及新闻视频剪辑以及移动电视等。WCDMA 还支持语音和数据的并发业务，例如，在进行电话会议的同时浏览和收发邮件，或者在进行语音通话的时候实时分享视频影像。此外，运营商还可以为便携式电脑提供上下行最大速率都达到 384kbit/s 的互联网和企业内部网的接入。最初的终端和网络仅局限于提供 64 ~ 128kbit/s 的上行速率，而最新的产品则可以提供 384kbit/s 的上行速率。

1.2 HSPA 标准化及商用进程

HSDPA 是 3GPP 于 2002 年 3 月发布的首个 R5 版本的组成部分, HSUPA 规范则是在 2004 年 12 月发布的第一个 R6 版本的组成部分。HSDPA 和 HSUPA 统称“HSPA”。首个 HSDPA 商用网络于 2005 年底开通, HSUPA 商用网络预计在 2007 年开通。预计的 HSPA 商用日程表如图 1-5 所示。

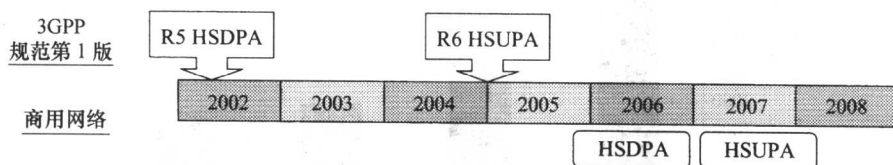


图 1-5 HSPA 标准化及商用进程

HSDPA 终端的初期峰值速率是 1.8Mbit/s, 在 2006 ~ 2007 年期间将提高到 3.6Mbit/s 和 7.2Mbit/s, 并且有可能达到 10Mbit/s 以上。HSUPA 第一阶段的峰值速率预计为 1 ~ 2Mbit/s, 第二阶段的数据速率将达到 3 ~ 4Mbit/s。数据速率发展进程如图 1-6 所示。

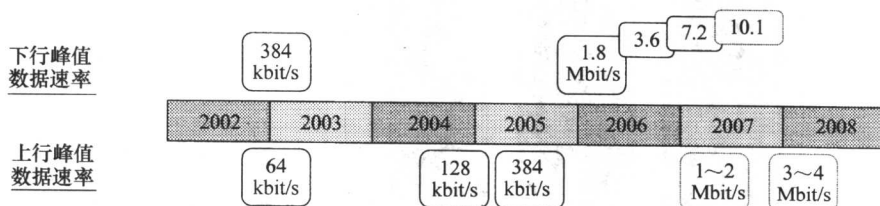


图 1-6 WCDMA 和 HSPA 的数据速率发展

HSPA 叠加在 WCDMA 网络之上, 既可以与 WCDMA 共享一个载波, 也可以采用高容量、高比特率的解决方案部署在另一个载波上, 如图 1-7 所示。在两种方案中, HSPA 和 WCDMA 可以共享核心网和无线网的所有网元, 包括基站、无线网络控制器 (RNC)、GPRS 服务支持节点 (SGSN) 以及 GPRS 网关支持节点 (GGSN) 等。WCDMA 和 HSPA 还可以共享站址、天线和馈线。从 WCDMA 到 HSPA 需要进行软件升级, 并且为了支持更高的速率和容量, 基站和无线网络控制器可能还需要更新一些硬件。由于 WCDMA 和 HSPA 共享基础网络, 与新建一个独立的数据网络相比, WCDMA 升级到 HSDPA 的费用是十分低廉的。

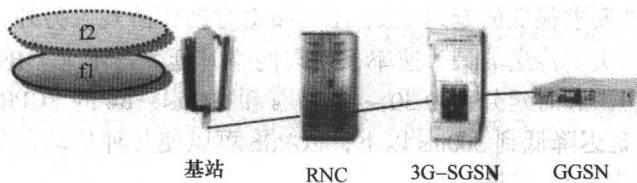


图 1-7 HSPA 部署：HSPA 独立载波 (f2)
及 HSPA 与 WCDMA 共享载波 (f1)

第一款 HSDPA 终端是用于便携式电脑的可提供高速连接的数据卡。如图 1-8 所示，Sierra Wireless AirCard 850 提供下行 1.8Mbit/s 和上行 384kbit/s 的峰值速率。

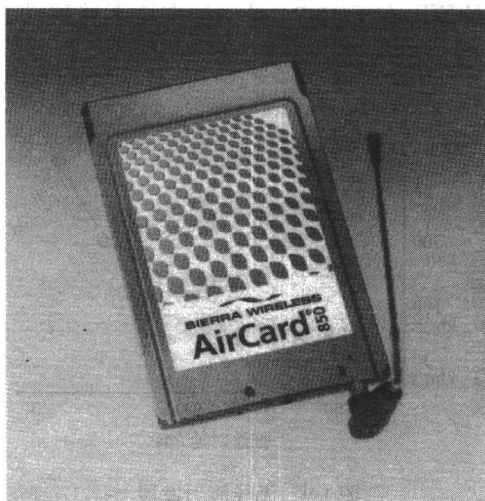


图 1-8 第一代 HSDPA 终端 (经 Sierra Wireless 许可刊登)

集成 HSDPA 的移动终端将在 2006 年商用，到时终端的选择将不仅仅局限于 PCMCIA 卡。可以预见若干年后，HSPA 将成为大多数 3G 终端的标准配置，就像 EDGE 对于大多数 GSM/GPRS 终端。正如某些便携式电脑生产商所言，未来 HSDPA 也将集成到便携式电脑。

1.3 HSPA 无线能力的发展

无线系统的性能是指无线网络能够在多大程度上稳定地承载业务。衡量业务性能的关键参数包括数据速率和网络时延。有一些业务只需低至几十 kbit/s 的比