

WCDMA/ HSDPA

无线网络优化 原理与实践

张长钢 李 猛 等 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TN929.533

36

2007

WCDMA/HSDPA 无线网络 优化原理与实践

张长钢 李 猛 等 编著

人 民 邮 电 出 版 社
北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

WCDMA/HSDPA 无线网络优化原理与实践 / 张长钢等编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2007.9

ISBN 978-7-115-16168-0

I. W... II. 张... III. 码分多址—宽带通信系统 IV. TN929.533

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 061884 号

内 容 提 要

本书是《WCDMA 无线网络规划原理与实践》一书的姊妹篇, 秉承了《WCDMA 无线网络规划原理与实践》的写作风格, 以实践性和可操作性为宗旨, 从网络管理的实际需求出发, 系统介绍 WCDMA/HSDPA 无线网络的优化知识和技术。

全书内容共 15 章, 包括: 网络规划和优化的关系; 网络性能指标与用户的客观感受及产品性能的关系; 如何通过监测网络性能指标来指导网络的优化; 商用前网络的优化方法和优化流程; 如何进行网络的商用验收; 商用后网络的优化方法及手段; 网络的物理优化; 主要算法和参数的优化; 参数分场景的优化; 分组域的优化; WCDMA 网络演进的最新技术 HSDPA 的规划、部署; HSDPA 的优化; 网络主要软件版本升级的优化; 公共信道的配置及优化; 网络扩容相关的优化; 网络优化的工具。

本书的主要读者对象是移动网络运营商和移动网络设计单位从事 WCDMA 网络优化工作的工程技术人员, 移动通信研究单位的无线网络工程技术人员以及相关大专院校的师生。

WCDMA/HSDPA 无线网络优化原理与实践

◆ 编 著 张长钢 李 猛 等

责任编辑 王晓明

◆ 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>

北京鸿佳印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20.75

字数: 499 千字

印数: 1—3 000 册

2007 年 9 月第 1 版

2007 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16168-0/TN

定价: 49.00 元

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

序 言

随着中国 3G 步伐的加速,各个运营商、制造商、设计和研究院所对 3G 的各项准备工作已经在紧锣密鼓地开展,网络优化是其中的主要内容之一。网络优化是永恒的主题,是在不断提升用户满意度的前提下,使网络的资源及运营投入和网络性能之间实现最佳综合平衡的过程。网络优化过程始于网络规划,伴随网络部署实施、商用前优化和商用后优化等网络生命的全周期。

为了满足中国 WCDMA 网络建设和发展的需要,《WCDMA 无线网络规划原理与实践》一书的作者张长钢博士等人又推出了新作《WCDMA/HSDPA 无线网络优化原理与实践》。该书是在前一本书的基础上,对 WCDMA 及其增强型技术 HSDPA 网络优化的原理和实践的系统全面介绍。

我十分赞同该书的中心思想,即“WCDMA 网络的同频自干扰特性决定了其优化的核心就是遵循 CDMA 的基本原理,控制覆盖,最小化干扰。而它的多业务特性加之 HSDPA 的无线宽带特性使它与传统的第二代网络的优化不同,其优化的领域范围更广,相互关联更复杂。在传统的 RF 优化的基础上实现空中接口与上层协议及无线资源之间的最佳综合平衡才是优化的重心。”作者以丰富的网络优化经历及对技术的深刻理解,把这一中心思想贯穿全书,深入浅出地展示给读者。对广大运营、设计和制造企业相关技术和工程人员将会有很大的帮助,对 3G 网络的部署实施将发挥非常积极的作用。

同前一本书一样,该书延续了作者的一贯风格,中心思想明确,实践性强,深入浅出地阐述优化的原理、方法和流程,可以很好地指导网络维护和优化人员的日常工作。全书的内容涵盖了 WCDMA/HSDPA 网络优化的各个主要环节,以源自现网的大量实践和丰富的案例,帮助读者循序渐进地把握 WCDMA/HSDPA 网络优化的精髓和关键点,并掌握最新前沿技术 HSDPA 的规划、部署、优化方法及手段。作为作者的好友及 3G 事业的长期参与者,我很高兴为《WCDMA/HSDPA 无线网络优化原理与实践》一书做序。以张长钢博士为首的作者再次把他们丰富的学识和经验奉献给广大读者,相信这本兼具学术价值与实用价值的著作会成为我国移动通信工作者从事 3G 工作的得力助手和工具。



2006 年 12 月

前 言

环顾四周，遥望天空，太阳、月亮、星星、云彩、各种飞鸟，或许你不会想到那无处不在、看不见、摸不着的无线电波。当你漫步街头，游戏海滩，也不会意识到无线电波的存在，只有当你悦耳的手机振铃响起，你才会感觉到它正带着与你息息相关的信息无时无刻地伴随着你。人们被这奇妙的无线世界所环绕包围，无线世界充满了信息，广播、电视、卫星，还有那时刻跟随着你的移动电话……都在时时刻刻向你传递着各种信息。

按照傅里叶变换原理，这一切都还原为间谐电磁振荡，它们以各种组合方式携带着无穷的信息财富，只要一个小小的无线接收机，你就可以拥有这些信息。谁曾想一个小小的电视遥控器就走遍了千家万户？大自然赋予的频谱资源正在被携带着以“0”和“1”奇异代码表示的电磁信号所挤满。

追溯往昔，1876年电话的发明者亚历山大贝尔拿着他的发明给大英邮政的总工程师兴奋地做了电话演示，得到的却是冷漠的反应：“这是你们美国人需要的东西，我们有遍布天下的信使”。这并没有阻止科学创新的发展，在其后短短的15年中便诞生了自动交换的电话网络，100多年来电话已经走进千家万户。

无线通信的先驱非马可尼莫属，经过认真地钻研麦克斯韦和赫兹的学说，他于1898年第一次发射了无线电信号。当他带着发明来到英国，得到的待遇却是完全不同，在英国人的赞助下，他第二年就使无线电信号穿过了英吉利海峡。1902年他发射的无线电信号成功地穿越大西洋，从英格兰传到加拿大的纽芬兰省。无线电通信的起步似乎异常的顺利，然而从莫尔斯代码式的无线电通信到1979年第一个商用模拟移动通信网络的诞生却经历了80年的漫长岁月。移动通信带来了通信方式的革命性变化，使通信者受时间地点的约束大大减小。第一代模拟移动通信系统的普及程度不够高，没有发展成普通大众的通信工具。在第一代模拟移动通信系统之后，第二代商用数字蜂窝移动系统的诞生只用了10年多的时间。

相比第一代（1G）模拟蜂窝移动系统，第二代（2G）数字蜂窝移动系统是一次革命。数字系统不仅使移动通信的功能大大增强，而且使系统的容量有了飞跃性的提高。伴随着第二代数字蜂窝移动系统的发展，人们首次提出了任何人、任何时间、任何地点进行通信的目标。移动手机也不再是高贵至尊的象征，而成为大众普遍使用的通信工具，人们之间基于语音的交流变得非常自由便捷。

第三代（3G）移动系统的商用在第二代系统商用后又用去了10年，它具有与第二代系统相当或更好的性价比，却能提供更丰富的服务。第三代移动系统是又一次革命，由于无线宽带和高速数据的引入，通信的目标再上一层楼，进一步提出了任何内容的目标，也就是任何人、任何时间、任何地点、任何内容的通信。使人们向着彻底摆脱有线的束缚，无处不连接或网（因特网）随我行以及进入通信的自由王国的目标迈出了具有里程碑意义的一大步。

我国引入2G移动通信系统后，在不到10年的时间内，移动用户就超过了固话用户。另外，2006年5月美国地区笔记本电脑的销量历史性首次超过了台式机，这是移动领域的又一个里程碑，标志着笔记本电脑正在迅速地走向大众化。随着3G网络的发展，可以预计，未

来 10 年将是手机、笔记本电脑、游戏机、多媒体播放器、摄像机等相互渗透融合的 10 年。

长江后浪推前浪，科学技术的飞速发展使得移动通信从砖头块大小的模拟终端演进到当今时尚灵巧的数字终端。对于第三代移动系统，手机已不仅仅是进行语音通话的装置，它是集多媒体通信、商务办公、个人助理、信息处理、娱乐等功能于一体的名副其实的个人服务中心。古人说的“秀才不出门便知天下事”已经是带着几分夸张，然而，在今天的网络时代，可以说人人不出门便可知天下事，明天的 3G 世界将是天下事尽在掌中。

世界无处不无线，无线世界更自然。麦克斯韦建立了电磁场理论，马克尼发明了无线电通信，人类的通信本是从无线开始。当你拿着遥控器从容的指挥若定，握着手机指点江山，甚至带起蓝牙耳机时，难道不觉得更加自然、更加自由自在吗？

当你的生活越来越多地依赖于无线系统的时候，当第三代移动通信系统一天天走进你的生活的前夜，你一定更想了解一下第三代移动通信技术。已出版的《WCDMA 无线网络规划原理与实践》一书是从事移动通信的工作人员了解 WCDMA 无线网络规划的入门必读，而本书作为其姊妹篇，则沿袭了上一本书以往的风格：通俗易懂、注重实践、可操作性强，把复杂的原理融会于案例当中，便于移动通信工作人员准确把握要领和实质，知识上更上一层楼。

要全面系统地介绍 3G 网络的优化，首先要明确什么是 3G 网络的优化及其内涵。虽然这方面业界中的说法众多，但本书作者通过《WCDMA/HSDPA 无线网络优化原理与实践》一书的内容，作出了如下总结性的描述：“网络的优化是在不断提升用户满意度的前提下，使网络的资源、运营投入和网络性能之间实现最佳综合平衡的过程。该过程始于网络规划，伴随网络部署实施、商用前优化和商用后优化等网络生命的全周期。WCDMA 网络的同频自干扰特性决定了其优化的核心就是遵循 CDMA 的基本原理，控制覆盖，最小化干扰。而它的多业务特性加之 HSDPA 的无线宽带特性使它与传统的第二代网络的优化不同，其优化的领域范围更广，相互关联更复杂。在传统的 RF 优化的基础上实现空中接口与上层协议及无线资源之间的最佳综合平衡才是优化的重心。”

注意，这里的表述突出了三个重要层面的考虑。一是强调用户层面，提升用户满意度，这意味着既要满足用户进行通信联络、交流信息、获取信息的需求，又要提供用户乐于使用 3G 无线网络的感受。这是用户使用价值和心理价值两个方面的需求，因而具有很大的主观性，而主观因素又恰恰是因人而异的。二是网络层面，降低成本或提高经济效益。追求上述用户层面目标的网络优化不可能不计成本，经济性既可以体现在网络运营的效益或利润，又可以转化为用户的利益，如降低资费。准确把握二者的平衡是网络优化在市场意义方面的关键点。另外，第三个层面是技术层面，突出的是 WCDMA 网络优化的技术原理。

还有一点值得特别强调，第三代移动系统的主流标准都是以 CDMA 技术为核心，书中所阐述的优化原理、方法、流程、手段并不局限于 WCDMA，对采用其他标准的 3G 系统同样具有很好的适用性。

读者在阅读本书的过程中会体会到全书的鲜明主题，看到书中翔实的内容，丰富的实践案例，以及其对优化的原理、方法和流程所做的深入浅出的阐述。书中的内容有助于读者循序渐进地把握 WCDMA/HSDPA 网络优化的精髓和关键点，并掌握最新前沿技术 HSDPA 的规划、部署、优化方法及手段。

全书的内容将首先从 3G 网络优化的定义开始，阐述网络规划和优化的关系，优化在网络生命的全周期中所处的地位，以及优化的方法和优化的目标。无线网络性能指标及用户的

客观感受反映网络的质量状态,对这些指标的监测可以指明网络质量状态随时间变化的趋势,性能指标及其监测衡量优化的效果,从而决定优化的方向。本书的第3、4两章介绍网络性能指标与用户的客观感受及产品性能的关系,以及如何通过监测网络性能指标来指导网络的优化。第5、6两章对商用前网络的优化方法、流程及网络的商用验收进行了重点介绍。网络进入商业运行后,商用后网络的优化的方法及侧重点对比商用前有所不同。第7章的重点是商用后网络优化的原理及方法。物理优化和主要算法参数的优化是具有共性的网络优化手段,在任何阶段都是最基本的优化手段。这是第8、9两章的内容,并配有丰富的案例。第10章参数分场景的优化是主要算法参数优化的进一步扩展,不局限于特定的功能或算法,而是根据无线环境的特点从宏观角度探讨新的参数优化方法。注意,该方法更适合于成熟的商用网络。3G网络多业务的特性扩大了优化的范畴,除了传统的电路域优化,分组域的优化是一个不同的新领域。第11章结合案例有针对性地讲述分组域优化的原理及方法。之后,就是重中之重的新领域,即WCDMA网络演进的最新技术HSDPA的规划、部署及优化。第12、13两章配合典型案例在这方面做了全方位的详细介绍,目标是把读者直接带到技术的最前沿。随着商用网络的发展,网络软件版本升级,公共信道的配置,网络扩容等相关环节的优化都是网络面临的课题,本书在最后的第14、15章中分别对此作了专题介绍。

本书由多位作者合作编写,其中王建宇博士编写了第3、4两章;李猛编写了第5、6、7章和第9章的一部分;李磊编写了第8、15章和第9章的一部分;李彦科博士负责第15章,张长钢博士负责其余全部内容的创作,并主持全书的审阅定稿、项目协调、组织、创意、策划和外联等各项工作的具体实施。虽然全书的内容经过多次审阅、修改,但书中错误仍然在所难免,欢迎读者登录网页<http://zhangchanggang.com/>或发送邮件到cgz@zhangchanggang.com,对本书的内容留下宝贵意见和批评,也希望大家以此网站和邮箱为互动平台共同进行技术的讨论与交流。

作 者
2006年12月

目 录

第 1 章 WCDMA/HSDPA 网络优化	1
1.1 WCDMA 网络的优化	1
1.2 WCDMA 网络优化与网络规划的关系	1
1.3 WCDMA 无线网络规划的局限性	2
1.3.1 传播模型	2
1.3.2 用户分布与业务模型	4
1.3.3 地形地物模型	6
1.3.4 系统仿真模型	7
1.3.5 室内覆盖和链路余量	8
1.4 网络规划的性能指标和实际网络的性能指标	8
1.5 WCDMA 网络优化与网络部署的关系	8
1.6 WCDMA 网络优化的流程	9
1.7 WCDMA 网络优化的方法	10
1.8 WCDMA 网络优化与 GSM 网络优化的比较	11
1.9 WCDMA 网络优化的目标	12
第 2 章 WCDMA 网络的性能与性能评估的关键指标——KPI	14
2.1 网络性能和服务质量的多重含义	14
2.1.1 用户感受到的网络性能和服务质量 (QoE)	14
2.1.2 网络性能和服务质量 (QoS) 相关概念的标准定义	15
2.2 QoE、QoS 与 KPI	17
2.2.1 QoE 与 QoS 的关系	17
2.2.2 关键质量指标 (KQI)	19
2.2.3 关键性能指标 (KPI)	20
2.2.4 QoE、QoS、KQI 与 KPI 之间的关系	20
2.3 WCDMA 网络 KPI 及其分类	21
2.3.1 网络接入性能	21
2.3.2 网络保持性能	23
2.3.3 网络移动性能	24
2.3.4 网络数据传输性能	26
2.3.5 WCDMA 网络 KPI 小结	30
2.4 WCDMA 产品 KPI 及其分类	31
2.4.1 信令平面产品 KPI	31
2.4.2 用户平面产品 KPI	31

2.4.3 吞吐量产品 KPI	31
第 3 章 WCDMA 网络性能的监控	32
3.1 性能监控的内容	32
3.2 性能监控的方法	33
3.2.1 性能监控的建立	33
3.2.2 性能监控的过程	34
3.3 性能监控的实施	35
3.3.1 发现问题	35
3.3.2 判别问题严重程度	37
3.3.3 问题定位和故障检测	38
3.3.4 通过呼叫跟踪进行故障检测	45
3.4 WCDMA 网络容量监控的实施	45
3.4.1 被动容量扩展	45
3.4.2 主动容量扩展	47
第 4 章 WCDMA 网络商用前的优化	48
4.1 WCDMA 网络商用前优化的目标及特点	48
4.2 WCDMA 网络商用前优化的方法	48
4.3 商用前优化的 KPI	49
4.3.1 空中接口优化的主要参考指标	49
4.3.2 商用前网络的 KPI	50
4.4 商用前优化的详细流程	51
4.4.1 商用前网络优化的准备	51
4.4.2 商用前优化的流程	52
4.4.3 站点配置审查	54
4.4.4 基站设备的调测	56
4.4.5 基站簇 (Cluter) 优化	58
4.4.6 全区域优化	60
4.5 商用前网络优化的结果	62
4.6 WCDMA 网络可视电话的优化	63
第 5 章 WCDMA 网络商用前的验收	64
5.1 网络验收环境的选取	64
5.1.1 验收区域的选取	64
5.1.2 验收路线的选取	65
5.2 网络验收的测试设置	66
5.2.1 电路域测试设置	66
5.2.2 分组域测试设置	67

5.3 网络验收指标及测试方法	68
5.3.1 验收网络的系统参数	68
5.3.2 验收网络的性能指标	70
5.3.3 容量性能验收	73
5.3.4 商用前网络验收案例	75
5.4 商用前网络验收之后的后续工作——加载测试	76
5.4.1 模拟加载的意义与实施方式	77
5.4.2 均匀模拟加载测试的设置	78
5.4.3 模拟加载测试的案例	79
第 6 章 WCDMA 网络商用后的优化	82
6.1 商用后网络优化 KPI 的考虑	82
6.2 商用后网络被动优化方法	83
6.2.1 网络的监控与问题区域的定位	83
6.2.2 系统性能的网络监控与问题排查	83
6.2.3 硬件层面的网络监控与问题排查	86
6.2.4 基于场景划分的网络监控与问题排查	86
6.2.5 基于业务承载的网络监控与问题排查	87
6.3 商用后网络主动优化方法	87
6.3.1 扩容优化	88
6.3.2 技术体系演进优化	88
6.3.3 特殊覆盖解决方案优化	89
6.3.4 网络竞争力评估优化	90
6.4 商用后网络优化的主要手段	91
6.4.1 物理调整	91
6.4.2 参数调整	92
6.4.3 其他调整	92
6.5 提高商用后网络优化效率的方法探讨	93
6.5.1 一种实用的快速定位问题区域的方法	93
6.5.2 应用案例	95
6.5.3 智能优化方法	96
6.5.4 智能优化方法需要的数据	97
6.5.5 智能优化方法应用举例	98
第 7 章 WCDMA 无线网络的物理优化	102
7.1 物理优化的原理与流程	102
7.2 网络规划阶段的物理优化	106
7.3 商用网络的物理优化	108
7.4 天线优化的远程控制	112

第 8 章 WCDMA 网络主要功能算法参数的优化	114
8.1 空闲状态参数的优化及案例	114
8.1.1 小区搜索和小区选择	114
8.1.2 小区重选	117
8.2 位置区 (LA) 和路由区 (RA) 参数的优化及案例	121
8.3 同步参数的优化及案例	127
8.4 功率控制算法的优化及案例	137
8.4.1 开环功率控制	138
8.4.2 闭环功率控制	143
8.5 软切换算法的优化及案例	156
8.5.1 同频测量与切换触发	156
8.5.2 软切换算法及信令流程	159
8.5.3 软切换相关参数优化的案例	161
8.6 硬切换算法的优化及案例	163
8.6.1 同频硬切换	164
8.6.2 盲切换	164
8.6.3 压缩模式切换	165
8.7 无线资源管理 (RRM) 算法的优化	171
8.7.1 接入控制的优化	171
8.7.2 拥塞控制的优化	172
8.7.3 无线资源管理中其他控制算法的优化	172
第 9 章 WCDMA 网络参数分场景优化	173
9.1 参数分场景优化的原理	173
9.2 参数分类	174
9.3 场景分类	175
9.4 分场景的参数模板优化	176
9.5 分场景的参数模板优化的案例一	177
9.6 分场景的参数模板优化的案例二	179
9.7 分场景的参数模板优化的案例三	181
9.8 WCDMA 网络局部优化与全局优化	183
第 10 章 WCDMA 网络分组域的优化	184
10.1 分组域优化的原理	184
10.2 分组域优化的流程	186
10.3 物理层的 RF 优化	186
10.3.1 分组域业务承载的峰值速率测试	187
10.3.2 无线承载性能的全网测试	188

10.4 RLC 层的优化	190
10.4.1 上下行承载的目标误块率参数优化	191
10.4.2 RLC 计时器控制参数的优化	192
10.4.3 RLC 协议的窗口参数优化	194
10.5 TCP/IP 层的优化	195
10.6 资源配置与管理的优化	197
10.6.1 接入网的资源使用状态的监控	197
10.6.2 码资源优化	198
10.6.3 功率资源的优化	198
10.6.4 传输资源的配置与优化	199
10.6.5 准入控制	201
10.6.6 拥塞控制	202
第 11 章 HSDPA 的覆盖与容量	203
11.1 HSDPA 技术特点	203
11.1.1 HSDPA 的核心 MAC-hs 协议层	204
11.1.2 HSDPA 信道结构	205
11.2 HSDPA 的性能指标	206
11.2.1 HSDPA 传输速率指标	206
11.2.2 HSDPA 的容量指标	210
11.2.3 HSDPA 的资源使用指标	211
11.2.4 HSDPA 相关的时间性能指标	211
11.2.5 HSDPA 对 R99 业务影响方面的指标	212
11.3 HSDPA 的覆盖	212
11.3.1 HSDPA 覆盖分析	213
11.3.2 HSDPA 覆盖的测量	215
11.4 HSDPA 的容量	216
11.4.1 HSDPA 容量分析	216
11.4.2 HSDPA 容量的测量	220
11.5 HSDPA 的规划考虑	220
11.5.1 HSDPA/R99 共享单载频的规划	221
11.5.2 HSDPA 与 R99 各占一载频的双载频规划	224
11.6 HSDPA 的部署	225
第 12 章 HSDPA 的优化	227
12.1 HSDPA 的优化方法	227
12.2 无线环境的影响与 RF 优化	228
12.3 HSDPA 机制与 MAC-hs 层的优化	229
12.3.1 HARQ 算法的优化	229

12.3.2	自适应调制和编码 (AMC) 算法的优化及案例	234
12.3.3	快速调度算法的优化及案例	236
12.3.4	CQI 的优化及案例	239
12.4	RLC 层的优化及案例	242
12.5	TCP/IP 层的优化	244
12.6	HSDPA 的上行承载优化	246
12.7	资源配置与管理的优化及案例	246
12.7.1	HSDPA 下行公共控制信道 HS-SCCH 的优化	246
12.7.2	HSDPA 下行功率配置的优化	249
12.7.3	HSDPA 码资源的优化与案例	250
12.7.4	准入控制及资源使用优先的优化与案例	253
12.7.5	HSDPA 传输的配置与优化案例	253
12.8	HSDPA 的切换优化及案例	255
12.8.1	同频 HSDPA 到 HSDPA 的切换优化	256
12.8.2	同频 HSDPA 与 R99 间的切换优化	261
12.8.3	异频 HSDPA 与 HSDPA 间的切换优化	262
12.8.4	异频 HSDPA 与 R99 间的切换优化	263
12.8.5	HSDPA 与 GPRS 间的切换优化	263
第 13 章	主要软件版本升级相关的优化	265
13.1	WCDMA 网络的演进及版本升级	265
13.2	版本升级的准备及实验室验证升级过程	267
13.3	首期版本升级网络区域的选取	268
13.4	版本升级前网络性能数据的采集及评估	268
13.5	软件版本升级的操作程序	269
13.6	版本升级后网络性能数据的采集及再评估	271
13.7	版本升级中网络性能问题的诊断及处理	272
13.8	软件版本升级的规模展开	272
第 14 章	WCDMA 网络开销信道的配置与优化	274
14.1	WCDMA 的开销信道	274
14.2	导频信道 (CPICH)	274
14.3	同步信道 (SCH)	275
14.4	主公共控制信道 (P-CCPCH)	276
14.5	辅公共控制信道 (S-CCPCH)	277
14.6	寻呼提示信道 (PICH)	278
14.7	接入捕获提示信道 (AICH)	279
14.8	随机接入信道 (PRACH)	279
14.9	WCDMA 的开销信道的配置优化	282

第 15 章 WCDMA 网络扩容相关的优化	287
15.1 覆盖和容量的综合优化	287
15.2 WCDMA 远程覆盖与容量	288
15.3 室内覆盖及容量	292
15.4 典型的网络扩容方式	296
15.4.1 多载波扩容	297
15.4.2 小区分裂扩容	298
15.4.3 多扇区扩容	299
15.5 多波段扩容	300
15.6 多天线技术及容量	303
15.6.1 双天线接收分集	303
15.6.2 四天线接收分集	304
15.6.3 发射分集	304
15.6.4 多输入多输出 (MIMO) 技术	305
15.7 与其他系统间的容量分流	306
15.7.1 与 GSM/GPRS/EDGE 的容量分流	306
15.7.2 与 WLAN 的容量分流	308
15.8 移动广播电视业务的发展及容量需求	309
15.8.1 小区广播 (CBS)	309
15.8.2 IP 多播 (IP Multicast) 网简介	309
15.8.3 单播 (Unicast)	310
15.8.4 多媒体广播和多播 (MBMS)	310
15.8.5 移动数字电视 (DVB-H)	312
15.8.6 DVB-H 直放站	312
15.8.7 DVB-H 发射机	313
15.8.8 广播电视频段 VHF/UHF	314
参考文献	316

第1章 WCDMA/HSDPA 网络优化

准确地说，WCDMA/HSDPA 网络的优化涵盖接入网、核心网、传输及其他网元，本书的内容重点是无线网络的优化。由于分组域及 HSDPA 的优化已超出了无线网络的范围，涉及到端到端的性能，所以凡是提到网络的优化，隐含的内容是以无线网络的优化为主，但又不局限于无线网络的优化，其内容还包含了其他协议层的优化。

1.1 WCDMA 网络的优化

网络的优化是在不断提升用户满意度的前提下，使网络的资源，运营投入和网络性能之间实现最佳综合平衡的过程，该过程贯穿网络的规划、部署实施、商用前优化、商用后优化等网络生命的全周期。WCDMA 网络的自干扰和移动特性决定了其优化的核心就是遵循 CDMA 的基本原理，控制覆盖，降低干扰，而它的多业务特性加之 HSDPA 的无线宽带特性使它与传统的 2G 网络的优化非常不同，其优化的领域更广，相互关联的关系更复杂，在射频（RF）优化的基础上实现空中接口与上层协议的最佳综合平衡成为另一个新的聚焦点。

1.2 WCDMA 网络优化与网络规划的关系

网络规划与优化之间存在着相互依赖的关系，对这种关系的看法在业界有着许多的观点和流派。一种常见的表述是：规划是优化的开始，优化是规划的继续、完善和补充，再规划，再优化的过程伴随网络发展的全过程。其实这种表述过于学术化，与实际无线网络的发展过程有一定的差距。

虽然这里讨论的是 WCDMA 网络规划与优化的关系，很显然，规划和优化的关系并不局限于 2G 还是 3G，而是一个具有一般性的问题。网络的规划是在满足网络设计性能目标的前提下，根据网络覆盖区域的具体环境、业务量要求、设备性能及无线技术的特性，来确定网络的物理结构（主要是基站的数目、类型、坐标、天馈等）。由于无线环境的复杂性以及 WCDMA 技术的自干扰和多业务特性，简单的链路预算式的初步规划就显得过于粗糙，网络规划通常是借助仿真工具来完成的。通过对具体无线环境下加载用户行为进行模拟仿真，可以较客观地评估网络的性能。通过仿真的规划，其过程实际上是运用数学模型对实际场景进行沙盘式的模拟推演，从而对网络的性能作出评估。而对规划方案的优化也是在仿真环境中对模型网络进行的适当调整改进。从严格意义上说，网络规划和优化之间没有一条清晰的界

线。但从实际意义上说，基于理论的预规划和基于规划工具的模型仿真的网络规划及优化应该属于规划的范畴更合理，因为它还没有从模型走向实际。

规划方案一旦付诸实施，它就变成了真实环境下的运行网络。这时对网络的优化调整才是真正意义上的优化。网络规划在很大程度上是网络部署实施之前的一个阶段性工作，它的重要性在于给网络的初始性能奠定了一个优良的基础。接下来的网络优化则是伴随网络生命全周期的一个不间断的工作。这并不是说不再需要运用仿真规划工具，2G 网络的经验表明，许多重大的网络结构调整，如小区分裂、站址迁移以及扩容等项目在实施前常常需要用规划工具进行仿真验证，有些网络的局部调整也常常借助仿真工具进行评估。由于工具的模型仿真分析具有其内在的局限性，仿真验证的作用只不过是进行相对比较，就是通过仿真分析对比当前网络的仿真统计指标和调整方案带来的改进情况，同时可以根据仿真分析对调整方案进行适当优化。潜在的原理是，如果仿真中发现了问题，实际中肯定会出问题。反之不然，如果仿真中没有问题，实际中可能还是会有问题。按照网络规划的含义，严格说来，这已经不再是网络规划的工作，而是网络优化的工作。

总结起来两者的关系是：合理的规划确定网络的平衡结构，给网络今后的发展，高效的运营打下坚实的基础。规划方案的实施是网络优化的开始，初期的优化是在现实环境中对工具规划的局限性和不足性进行补充和完善，目的是实现网络规划的性能目标。后期优化侧重网络的运营维护，目标是不断的提高网络的性能（尤其是用户感受），最大程度上的资源的有效利用，确定网络的竞争地位。

1.3 WCDMA 无线网络规划的局限性

WCDMA 的自干扰、多业务特性使得它的无线规划非常复杂，规划工作不得不依靠规划工具来完成。规划的作用是确定一个合理的网络结构，给网络的部署实施和优化奠定一个良好的基础。规划工具是通过一系列的模型模拟系统的运行，预测系统的性能。正是因为把复杂的东西简化为各种模型，规划工作本身就存在着内在的局限性。正确地理解和把握这些局限性，有助于避免神化工具和过分依赖工具的倾向，追求工具的精确和完美，希望靠工具取代优化的种种努力实际上是没有太大意义的。比如，规划工具预测的信号场强与实测值的方差在 5~10dB 之间就很不错，一味地追求细化和准确，其实意义不大，因为许多额外的努力很可能淹没在无法控制的误差当中。

网络规划的准确性受限于多种因素，这里只分析讨论几个最重要的因素，即传播模型、用户分布与业务模型、地形地物模型、信道模型和链路余量、网络规划的性能指标。这些因素的相互关系很复杂，某一因素精确度的大幅度提高，并不一定等于网络规划整体准确性的相同幅度的提高。原因是网络规划整体准确性是多种因素的综合结果，比如降低传播模型的方差 3dB，不一定意味着网络规划准确性提高 1 倍。

1.3.1 传播模型

在使用无线规划工具进行网络设计时，传播模型是所有无线链路计算的基础，对网络性

能的评估起着十分关键的作用。规划工具结合数字地图中的地形地物模型、收发信机模型、信道模型、用户分布和业务模型、传播模型等通过模拟仿真预测网络的无线性能。常用的传播模型有 COST-231 模型，它是基于大量测试数据归纳出的经验公式，属于区域传播模型。换句话说，该模型引入简单的参数修正便可以得到密集城区模型、城区模型、郊区模型和乡村模型，即每一个环境类别对应一个传播模型。注意，每一个环境类别覆盖着广大的区域，其中的传播特性仍然有很大区别，用一个传播模型描述整个区域的传播特性本身就是一个近似。COST-231 模型并不区分不同的省份和国家，当有人用同一个密集城区传播模型规划北京和巴黎的无线网络时，并不是什么令人惊奇的事情，尽管两个城市的密集城区存在着巨大的差别。从理论角度来看，COST-231 模型具有非常大的可移动性，一旦抹去了区域的相关性，模型就具备了可移动性，也就是普遍适应性（简称普适性）。所以，用同一个传播模型描述两个不同的城市网络就不足为怪了。模型的可移动性必然是以牺牲准确性为代价，用同一个传播模型描述两个不同的城市网络就不能有过高的期待，只能是粗略的估算。

为了改善特定环境下模型的准确性或者使模型反映特定环境下的传播特性，通常用现场测量的方法对传播模型进行校准，传播模型校准的方法在《WCDMA 无线网络规划原理与实践》（人民邮电出版社 2005 年出版）一书中有详细介绍，校准的结果其实是降低了模型的可移动性。经过校准，北京和巴黎两个城市的射频传播模型就都打上了各自的烙印。

即使根据网络规划的环境划分原则对传播模型分别进行了校准，传播模型可移动性依然可能偏高。前面讲过，用一个传播模型描述一个环境类别区域的传播特性就是这个意思。比如，乡村环境内可能有丘陵地带，又有平原地带，一个乡村模型很难准确地反映这些不同的地形。如果要进一步降低模型的可移动性，就需要校准更多个传播模型。严格地说，无移动性或局域化的模型，也就是基于每一个站点的模型准确性最高。不难看出，矛盾的另一面是准确性的提高是以牺牲可移动性为代价。实际中使用的准确性高的模型为点对点的预测模型，如射线跟踪模型等，这类模型适合于单个特殊站点或微蜂窝的规划。

现实中规划一个城市的移动通信网络往往需要几百个站点，不可能用几百个点对点的传播模型。关键原因是传播模型校准的工作量大，成本太高，如此大规模的传播模型校准是不现实的。用于网络规划的传播模型必须是在可移动性和局域化的矛盾中取折衷。典型的做法是在每一个环境类别中选取 5~10 个站点进行测量，用这些测量数据校准出一个传播模型；如前面所述，该模型仍具有较高的可移动性，模型的预报值和测量值的方差只要在 10dB 以内一般都是可接受的。

图 1-1 所示是在某个城区环境下现场测量的一个例子，横轴是路测采样点离发射站点的距离，纵轴是接收到的信号强度值，振荡的曲线是测量值。该测试中一共有 3 个测试站点，路测数据也是在 3 个站点采集的。基于这些数据按照两种方法分别校准出两个传播模型，其一是基于单站点数据校准出的传播模型，其二是把 3 个站点的数据汇聚在一起校准出的传播模型。图 1-1 中的虚线是单站点校准的传播模型的预测值，实线是基于 3 个站点校准的传播模型的预测值，最下端的曲线是 COST-231 模型的预测值，振荡的曲线是对单站点的测量值。显然，与单站点的测量值相比，单站点校准出的传播模型的预测值准确性最高或方差最小，可移动性最差；COST-231 模型准确性最差，可移动性最强；基于 3 个站点校准出的传播模型处于两者之间。通过进一步分析可以知道，如果增加测试站点的数目可得到基于更多站点的传播模型，该模型的预测值曲线将向 COST-231 模型曲线方向移动。