

移动通信前沿技术丛书

电子信息科技专著出版专项资金资助出版

UMTS 无线网络规划与优化

Radio Network Planning and Optimisation for UMTS

[芬兰] Jaana Laiho Achim Wacker Tomáš Novosad 主编

孙献璞 等译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书首先介绍了网络规划和优化的需求,并对 UMTS 的结构进行了综述。讨论了用于无线网络定制和规划的 WCDMA 规定的链路性能指示器。然后对无线网络的规划、无线资源的管理、WCDMA 和 GSM 的联合规划、小区的配置和部署策略进行了讨论,并对覆盖和容量的增强技术进行了分析。接着,对高层无线网络的优化过程进行了讨论,并描述了 UMTS 关于模型、需求、业务特性的服务质量和 QoS 管理规则,以及无线接入的自动调节和高级监控的概念和模型。

全书内容详尽、系统,叙述上言简意赅,深入浅出,理论和实际并重。配套光盘上附有以 MATLAB 实现的统计无线网络仿真器,以及所用算法的详细描述。本书可作为从事第三代移动通信系统和设备的研发人员、网络运营商、网络规划者和操作者的技术指导用书,也可作为无线通信专业的大学生和研究生的参考读物。

© 2002 John Wiley & Sons Ltd.

All rights reserved. Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Inc.

本书简体中文专有翻译出版权由 John Wiley & Sons Inc. 授予电子工业出版社。未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

版权贸易合同登记号 图字:01-2002-4228

图书在版编目(CIP)数据

UMTS 无线网络规划与优化/(芬)莱赫(Laiho, J.)主编;孙献璞等译. —北京:电子工业出版社,2004.8
(移动通信前沿技术丛书)

书名原文:Radio Network Planning and Optimisation for UMTS

ISBN 7-121-00114-4

. U... . 莱... 孙... . 移动通信—通信网 . TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 069601 号

责任编辑:王春宁

印 刷:

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

经 销:各地新华书店

开 本:787×1 092 1/16 印张:25.5 字数:644 千字

印 次:2004 年 8 月第 1 次印刷

印 数:5 000 册 定价:45.00 元(含光盘 1 张)

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话:(010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

译者序

长期以来，人们对通信一直有着一个美好的愿望，希望有一天能够实现“无论任何人（Whoever）在任何时候（Whenever）和任何地点（Wherever）都能够和另外一个人（Whomever）进行任何方式（Whatever）的通信”。以往，人们曾把这种愿望称之为幻想，但随着移动通信的快速发展，这种愿望已经不再是幻想，而是可以实现的了。人们把这种向往中的通信称之为“个人通信”。

很明显，个人通信的实现，离不开移动通信的发展。因此移动通信成为目前发展最快、应用最广的通信技术。它所采用的技术往往代表了通信技术的最新研究成果。

移动通信从产生到现在，虽然历史并不是很长，但其发展却日新月异。到目前为止，移动通信系统的发展经历了三个时代，即第一代的模拟移动通信系统、第二代的窄带数字移动通信系统和第三代的宽带数字移动通信系统。

UMTS——通用移动通信系统，是一种新型的移动通信系统。它主要由欧洲电信标准委员会（ETSI）提出，符合全球化的第三代移动通信系统标准。其无线接口包含了两种技术，即在对称频段（FDD）中采用 W-CDMA 技术，而在非对称频段采用 TD-CDMA 技术。本书所研究的 UMTS 网络是基于频分双工（FDD）的 W-CDMA 技术的，它对 UMTS 的无线网络的规划和优化进行了详细的论述，主要读者对象是那些需要对 W-CDMA 无线网络的规划和优化的关键原理进行深入了解的射频（RF）工程技术人员，当然也适用于其他业内人士。

本书首先介绍了网络规划和优化的需求，并对 UMTS 的结构进行了综述，给出了直接影响无线网络规划的接口和功能，讨论了用于无线网络定制和规划的 W-CDMA 规定的链路性能指示器。然后对无线网络的规划、无线资源的管理、W-CDMA 和 GSM 的联合规划、小区的配置和部署策略进行了讨论，并对覆盖和容量的各种增强技术进行了分析。接着，对高层无线网络的优化过程进行了讨论，并描述了 UMTS 关于模型、需求、业务特性的服务质量和 QoS 管理规则，以及无线接入的自动调节和高级监控的概念及模型。最后，研究了 FDD 模式和 W-CDMA FDD 两种技术的不同之处。

由此可以看出，本书囊括了 UMTS 无线网络规划和优化的所有问题。在叙述上言简意赅，深入浅出，理论和实践并重。同时还附以大量的图表和丰富的实例来加强对理论的叙述，便于读者参考和查阅。本书的翻译出版，为我国从事第三代移动通信系统和设备的研发人员、网络运营商、网络规划者和操作者、无线通信专业的大学生和研究生，以及移动通信爱好者，提供了一本极有价值的参考资料。

由于本书涉及的知识面很广，内容也很新，很多名词和术语尚无统一的译法可资借鉴。加之时间仓促，译者水平有限，译文中存在不妥或错误之处在所难免，望读者能够海涵。如果能够对不当或错误之处予以指正，将不胜感谢。

译者

2004年5月

于西安电子科技大学

前 言

第二代移动通信系统使得话音业务实现了无线工作方式。但其更重要的是实现了标准化、兼容性和国际透明性，这在以前的模拟系统的电信设备中是做不到的。由于在许多国家蜂窝电话的渗透率很高，第二代系统的这些特点帮助它在全球得到了快速的发展。蜂窝网络使得通信的某些类型大规模产生，这在以前是不可能的或者至少是受限制的。在网络的建设 and 扩展领域，主要的进步是对网络的无线和传输部分的规划，以及对现存的正在运行的网络的运作所必需的优化处理和优化活动。

第三代系统，众所周知的通用移动通信系统（UMTS），引入了空中接口在大范围内的可变数据速率，以及无线接入的低层结构与业务平台的独立的概念。对于用户来讲，它使得宽频带的电路交换或分组数据业务通过新开发的称做宽带码分多址（WCDMA）的高比特速率的无线技术成为可能。空中接口上的可变比特速率和业务的多样性，为运营者和用户都提供了全新的可能性，但是也为网络规划和网络优化提出了新的挑战。

本书对 UMTS 无线网络的规划和优化进行了详细的描述，该 UMTS 网络是基于频分双工（FDD）的 WCDMA 技术的。本书用了一章的内容致力于介绍 WCDMA 的通用分组无线系统（GPRS）和时分双工（TDD）接入模型。然而，在优化和服务质量方面，与单纯的 WCDMA 或 CDMA 技术相比，具有较宽的范围。

第 1 章介绍了网络规划和优化的需求，这是对运营者和无线电工业通向第三代（3G）系统的挑战。

第 2 章分为三个部分。第一部分介绍了扩展频谱的一般背景知识。其后是有关第三代通用合作计划（3GPP）的部分，它给出了 UMTS 结构综述，直接影响无线网络规划的接口和功能。第三部分讨论了用于无线网络定制和规划的 WCDMA 规定的链路性能指示器。

第 3 章将 WCDMA 无线网络规划看做一个较宽的过程，它包括网络定制、详细规划、规划工具的参数、WCDMA 使用的计算算法和无线网络设计的优化。也介绍了网络定制、详细的网络规划和动态网络仿真之间的关系。

第 4 章涵盖了从无线资源利用的观点出发的无线资源管理，包括功率控制、切换控制阻塞控制（管理控制和分组实现安排）、资源管理，以及这些功能对网络性能的特殊影响。

在第 5 章中，向读者介绍了涉及到 WCDMA 和全球移动通信系统（GSM）的联合规划的问题，特别对系统间干扰与动态接收特性对网络性能的影响进行了介绍。但这些方法和结果的应用不局限于 WCDMA-GSM 情况。

第 6 章讨论了关于频率数和网络结构的小区部署策略。这个题目以一个案例研究给出。

第 7 章论述了各种覆盖和容量增强技术（波束形成、多重分集接收、发送分集、杆顶（天线）放大器、中继器、初始优化配置、划分扇区，等等）。该章是基于广泛的案例研究的，并且包含了实例和结论。

第 8 章致力于高层无线网络的优化过程，包括电信管理网络模型、工具的作用、场测量工具和无线网络控制器的测量搜集规则。

第 9 章描述了 UMTS 关于模型、需求、业务特性的服务质量和 QoS 管理规则。

第 10 章讨论了无线接入的自动调节和高级监控的概念及模型。首先，给出了统计学的质量管理规则，包括特定配置参数的统计学的自动调节的几个实例。本章的第二部分致力于蜂窝网的高级方法。

最后，第 11 章研究了 FDD 模式和 WCDMA FDD 两种技术的不同之处。第一种技术是 GSM 技术中的 GPRS 分支。它已经将变速率分组数据业务引入到了原来的电路交换和单一数据速率的面向业务的技术之中。第二种技术，WCDMA 的时分双工模型，对高数据速率的室内用户描述了一种有趣的技术。

在本书附带的光盘中，我们包含了一个以 MATLAB 实现的统计无线网络仿真器，以及所用算法的详细描述。其中包含了更多的仿真情况，但是并非所有提供的数值都可以精确的再生，因为这些仿真的实现部分使用了较早版本的工具，这些工具采用的策略稍有不同。这些工具被过渡到了其当前的版本和状态，而作者没有给出任何涉及代码修正的保证。此外，书中的一些图可以在光盘上找到，它们采用的是 pdf 格式。

本书的对象是无线电运营者、网络和终端制造商、大学学生、频率管理实体，以及所有对无线网络规划和优化感兴趣者，特别是网络系统 RF 工程的专业技术人员。

致 谢

编者要对那些对本书做出贡献的同事们在精力和时间上的投入表示感谢,他们是来自诺基亚及其外界的。除了编者之外,做出贡献的有 Kati Ahvonen, Pauli Aikio, Simon Browne, Ted Buot (阿德莱德大学), Markus Djupsund, Pauliina Erätuuli, Josef Fuhl, Jochen Grandell, Kari Heiska, Outi Hiironniemi, Zhi-chun Honkasalo, Albert Höglund, Ann-Louise Johansson, Chris Johnson, Tero Kola, Anneli Korteniemi, Martin Kristensson, Mats Larsson, Peter Muszynski, Terhi Rautiainen, Jussi Reunanen, Kari Sipilä, Jussi Sipola, David Soldani, Wolfgang Stefens, Kimmo Terävä, Mikko Toivonen 和 Juha Ylitalo。

编者感谢 Tero Ojanperä 和 Peter Muszynski 对范围和内容的评阅和评论。在本书的研究过程中,我们的许多同事从不同的诺基亚站点在建议改进、找出错误或者提供图像或编辑上的忠告方面提供了支持和帮助。编者特别是要对 Kirsi Heikkonen, Olli Karonen, Outi Keski-Oja, Pekka Kohonen, Mikko Kylväjä, Arto Makkonen, Kimmo Raivio, Antti Toskala, Veli Voipio 和 Yongzhao Yang 表达感激之情。

由 Mark Hammond 领导的 John Wiley & Sons 有限公司的出版组在出版本书的过程中做出了突出的工作。我们特别感激 Zoë Pinnock 和 Sarah Hinton, 他们指导和协助我们遵守了要求严格的时间表。

我们也要对我们的雇主——诺基亚网络所给予的许可、支持和鼓励,以及提供的一些演示,表示特别的感谢。

我们也希望对优化者和无线系统探索组以及规格服务的同仁的成就表示感谢,感谢他们在面向数个城市和全球环境的 3G 规划研究中的实践工作,以及他们在该领域的有价值的投入。

最后,我们希望对我们的家庭和朋友,以及所有作者和评阅者的家庭和朋友,在该计划的整个过程中的容忍和支持,大声地说“谢谢你们”。

编者和作者欢迎对本书在将来可能的修订中进行改进和完善提出评论和建议, E-mail 地址为: rnpao.umts@nokia.com。

出版说明

移动通信是当前发展最快、应用最广和最前沿的通信领域之一，有专家预测到 2003 年全球移动用户数将达到 10 亿。移动通信的最终目标是实现任何人可以在任何地点、任何时间与其他任何人进行任何方式的通信。移动通信技术现在已经发展到了以 WCDMA 为代表的第三代，而相互兼容各种移动通信技术的第四代标准目前已经悄然来临。为了促进和推动我国移动通信产业的发展，并不断满足社会各界和广大通信技术人员系统学习和掌握移动通信前沿技术的需求，电子工业出版社特约请国内从事移动通信科研、教学、工程、管理等工作和具有丰富的理论和实践经验的专家、教授亲自编著或翻译国外“金”典著作，组成了这套《移动通信前沿技术丛书》，于新世纪之初相继地推出。

该丛书从我国移动通信技术应用现状与发展情况出发，以系统与技术为中心，全面系统地介绍了当今移动通信领域涉及的有关关键技术与热点技术，如软件无线电原理与应用、智能天线原理与应用、蓝牙技术、移动 IP、通用无线分组业务（GPRS）、移动通信网络规划与优化、移动数据通信以及典型的第三代移动通信系统等内容。其特点是力求内容的先进性、实用性和系统性；突出理论性与工程实践性紧密结合；内容组织循序渐进、深入浅出，理论叙述概念清晰、层次清楚，经典实例源于实践。丛书旨在引导读者将移动通信的原理、技术与应用有机结合。

这套丛书的主要读者对象是广大从事通信技术工作的工程技术人员，也适合高等院校通信、计算机等学科各专业在校师生和刚走上工作岗位的毕业生阅读参考。

在编辑出版这套丛书过程中，参与编著、翻译和审定的各位专家都付出了大量心血，对此，我们表示衷心感谢。欢迎广大读者对这套丛书提出宝贵意见和建议，或推荐其他的选题（E-mail:davidzhu@phei.com.cn），以便我们今后为广大读者奉献更多、更好的优秀通信技术图书。

电子工业出版社

通信与电子技术图书事业部

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 蜂窝网历史概要	(1)
1.2 无线网规划及 UMTS 最优化概要	(2)
1.3 未来发展趋势	(5)
第 2 章 应用于 UMTS 中的 WCDMA	(7)
2.1 扩频 CDMA 系统的数学背景	(7)
2.1.1 多址接入	(7)
2.1.2 扩频调制	(8)
2.1.3 对窄带干扰的容限	(8)
2.2 直接序列扩频系统	(9)
2.2.1 调制范例	(10)
2.2.2 对宽带干扰的容限	(11)
2.2.3 多径环境中的操作	(12)
2.3 CDMA 在无线蜂窝网中的应用	(13)
2.3.1 通用频率再用	(13)
2.3.2 软切换	(13)
2.3.3 功率控制	(13)
2.4 WCDMA 的逻辑、传输和物理信道	(14)
2.4.1 UMTS 高层结构模型	(14)
2.4.2 无线接口协议结构和逻辑信道	(15)
2.4.3 传输信道	(21)
2.4.4 物理信道以及传输信道的映射 (FDD)	(28)
2.4.5 UTRAN 中的定时和同步 (FDD) 承载	(39)
2.4.6 扩展、加密和信道化概念	(42)
2.5 WCDMA 无线链路性能指标	(46)
2.5.1 定义	(47)
2.5.2 根据多径信道的条件和业务进行分类	(50)
2.5.3 链路层仿真原理	(52)
2.5.4 实际网络中支持链路层性能测量的物理层测量值	(57)
参考文献	(59)
第 3 章 WCDMA 无线网络的规划	(61)
3.1 测量	(62)
3.1.1 在无线链路预算中特殊的 WCDMA 问题	(62)
3.1.2 接收机灵敏度估计	(65)

3.1.3	遮蔽界限和软切换增益估算	(65)
3.1.4	在初始规划阶段的容量和覆盖分析	(67)
3.1.5	无线网络控制衡量	(67)
3.2	详细的规划	(71)
3.2.1	对无线网络设计工具的一般要求	(72)
3.2.2	初始化：定义无线网络布局	(82)
3.2.3	详细的上行链路和下行链路的迭代	(86)
3.2.4	相邻信道干扰的计算	(92)
3.2.5	后期处理：网络覆盖的估计和公共信道的分析	(94)
3.3	用静态模拟器对划分进行校验	(96)
3.3.1	宏小区网络布局	(96)
3.3.2	介绍模拟器和模拟参数	(98)
3.4	用动态模拟器对静态模拟器的确认	(101)
3.4.1	动态模拟器介绍	(101)
3.4.2	比较结果	(103)
3.5	无线网络规划的优化	(105)
3.5.1	理想的情况	(106)
3.5.2	Shinjuku 实例	(108)
3.6	多运营商环境下的 WCDMA 的干扰	(112)
3.6.1	介绍	(112)
3.6.2	相邻信道干扰的模拟情况	(116)
3.6.3	为避免相邻信道干扰的无线链路规划的方法	(122)
	参考文献	(123)
第 4 章	无线资源的利用	(125)
4.1	无线资源利用的简介	(125)
4.2	功率控制	(125)
4.2.1	开环功率控制	(126)
4.2.2	下行链路的公共信道的功率控制	(127)
4.2.3	内环功率控制	(128)
4.2.4	外环功率控制	(133)
4.2.5	压缩模式下的功率控制	(135)
4.2.6	用传输功率控制命令的错误进行功率控制	(136)
4.2.7	快速功率控制和终端速度	(136)
4.3	切换控制	(136)
4.3.1	系统内-频率内软切换	(137)
4.3.2	系统内-频率内硬切换	(138)
4.3.3	系统内-频率间切换	(138)
4.3.4	系统间切换	(139)
4.3.5	切换测量报告	(139)

4.3.6	压缩模式	(146)
4.4	拥塞控制	(147)
4.4.1	空中接口负载的定义	(147)
4.4.2	允许接入控制	(149)
4.4.3	负载控制	(155)
4.5	资源管理	(156)
4.5.1	下行链路中的正交信道编码码树	(157)
4.5.2	编码方案	(158)
4.6	无线网络资源的利用对网络性能的影响	(160)
4.6.1	快速功率控制和软切换对网络性能的影响	(160)
4.6.2	最优化无线资源管理的例子	(169)
	参考文献	(175)
第 5 章 WCDMA-GSM 联合规划问题		(176)
5.1	无线频率问题	(176)
5.1.1	热噪声	(176)
5.1.2	人为噪声	(177)
5.1.3	干扰的情况	(177)
5.1.4	降低干扰的方法	(178)
5.2	噪声的计算	(179)
5.2.1	可接受的 RF 环境	(179)
5.2.2	在实际环境中导电测量方法	(181)
5.2.3	测量结果	(182)
5.2.4	结论	(185)
5.3	无线网络设计的问题	(185)
5.3.1	协同设计的过程	(186)
5.3.2	传输计划	(191)
5.4	窄带和 WCDMA 系统在邻近频率波段中的运行	(192)
5.4.1	干扰机制	(194)
5.4.2	最差情况分析	(196)
5.4.3	静态模拟器的模拟情况研究	(198)
5.4.4	容量的降低	(208)
5.4.5	总结和 RNP 指导原则	(211)
	参考文献	(213)
第 6 章 小区的配置		(214)
6.1	简介	(214)
6.2	网络的构建	(214)
6.3	WCDMA 网络中分层小区结构	(215)
6.3.1	网络运行方式	(216)
6.3.2	模型研究：在微小区和宏小区网络中频率的复用	(218)

6.3.3 结论.....	(229)
参考文献	(229)
第 7 章 提高容量及覆盖范围策略.....	(230)
7.1 概论	(230)
7.2 提高服务覆盖范围的技术.....	(230)
7.2.1 上、下行链路覆盖范围受限情况	(231)
7.2.2 链路开销分析.....	(232)
7.3 提高容量的技术.....	(233)
7.3.1 上、下行链路容量受限情形	(233)
7.3.2 负载方程分析.....	(233)
7.3.3 确定链路极限.....	(235)
7.4 上行链路小区负载和基站发射功率.....	(235)
7.4.1 上行链路小区负载效果	(236)
7.4.2 对基站发射功率的影响.....	(237)
7.5 附加载波和卷积编码.....	(238)
7.5.1 附加载波的效果.....	(238)
7.5.2 附加卷积编码的效果.....	(240)
7.6 天线前置放大器和有源天线.....	(241)
7.6.1 数学基础.....	(241)
7.6.2 天线前置放大器及有源天线的效果.....	(242)
7.6.3 实际应用考虑.....	(244)
7.7 远端射频前置放大器.....	(244)
7.7.1 数学基础.....	(245)
7.7.2 远端射频前置放大器的效果.....	(245)
7.7.3 实际应用考虑.....	(246)
7.8 高阶接收分集.....	(246)
7.8.1 高阶接收分集的效果.....	(246)
7.8.2 实际应用考虑.....	(248)
7.9 发射分集.....	(248)
7.9.1 发射分集的效果.....	(250)
7.9.2 实际应用考虑.....	(251)
7.10 波束形成.....	(252)
7.10.1 数学基础.....	(252)
7.10.2 波束形成的效果.....	(253)
7.10.3 实际应用考虑.....	(254)
7.10.4 基于 RRM 算法的固定波束方案的效果.....	(255)
7.11 准最佳配置.....	(256)
7.11.1 准最佳配置的效果.....	(256)
7.11.2 实际应用考虑.....	(258)

7.12	小区分裂	(258)
7.12.1	小区分裂的效果	(259)
7.12.2	实际应用考虑	(260)
7.13	中继器	(261)
7.13.1	中继器的效果	(262)
7.13.2	实际应用考虑	(263)
7.14	微小区部署	(263)
7.14.1	微小区的效果	(264)
7.15	提高覆盖范围和容量的方法总结	(266)
	参考文献	(268)
第8章	无线网络的最优化	(269)
8.1	无线网络最优化概述	(269)
8.2	MN 模型概述	(271)
8.3	最优化工具	(275)
8.3.1	规划工具等级最优化	(276)
8.3.2	最优化过程中网络管理系统的作用	(277)
8.3.3	最优化中的网络监控和报告	(282)
8.3.4	区域测量工具	(290)
	参考文献	(297)
第9章	UMTS 服务质量	(298)
9.1	服务质量体系结构	(298)
9.1.1	QoS 的高级参考模型	(298)
9.1.2	用户设备	(299)
9.1.3	UMTS 构架	(300)
9.1.4	与外部网络的相互作用	(302)
9.2	UMTS 业务分类	(302)
9.2.1	用户层业务	(303)
9.2.2	控制层业务	(308)
9.3	UMTS 业务特性	(308)
9.3.1	业务模型术语	(308)
9.3.2	传输层协议特性	(310)
9.3.3	普通 IP 业务和传输协议的映射	(314)
9.3.4	普通应用层呼叫控制信令	(316)
9.3.5	普通应用层 QoS 信令	(317)
9.3.6	普通应用层媒体业务的特点	(318)
9.4	UMTS 业务 QoS 需求	(321)
9.4.1	QoS 对终端用户的直观感触	(321)
9.4.2	呼叫质量参数	(323)
9.5	QoS 的管理和网络性能	(329)

9.5.1	QoS 的概念模型	(330)
9.5.2	3GPP 中的 QoS 管理功能	(330)
9.5.3	业务质量管理 (SQM)	(333)
	参考文献	(335)
第 10 章	RAN 的自动调节和高级监控方式	(336)
10.1	简介	(336)
10.2	自动调节的等级结构	(336)
10.3	自动调节子系统的实例	(338)
10.3.1	功率自动调节子系统	(338)
10.3.2	移动性管理子系统的自动调节	(347)
10.4	蜂窝网的高级监控方法	(348)
10.4.1	呼叫分组	(348)
10.4.2	异常检测	(355)
	参考文献	(356)
第 11 章	其他 3G 无线接入技术	(357)
11.1	GSM 数据报服务	(357)
11.1.1	简介	(357)
11.1.2	调制与编码设计	(358)
11.1.3	EGPRS 无线链路的性能	(360)
11.1.4	GPRS 无线链路的性能	(364)
11.1.5	覆盖	(364)
11.1.6	容量的设计	(367)
11.1.7	移动管理	(374)
11.1.8	跳频技术	(377)
11.1.9	结论	(378)
11.2	WCDMA (UTRA TDD) 的时分双工模式 (TDD)	(379)
11.2.1	时分双工的一些特性	(379)
11.2.2	系统情况	(380)
11.2.3	小区的同步	(382)
11.2.4	单运营商的 TDD 网络	(382)
11.2.5	在多个运营商 TDD 网络中的同步	(383)
11.2.6	TDD 网络的爱尔兰容量——每个小区容量估计的一种简单方法	(384)
11.2.7	TDD 和 FDD 网络的共存	(384)
11.2.8	共存的和靠近本地的 BS	(385)
11.2.9	无线通信性能	(385)
11.2.10	TDD 的处理增益	(386)
11.2.11	TDD 链路预算举例	(386)
11.2.12	一些其他重要参数和它们在链路估算中的影响	(388)
11.2.13	小结	(389)
	参考文献	(389)

第 1 章 绪 论

1.1 蜂窝网历史概要

世界上第一个蜂窝系统于 1979 年在日本东京投入运营。该网络由 NTT 公司，这个著名的宽带码分多址接入（WCDMA）蜂窝系统运营商来经营。系统在 800MHz 频段上提供了 600 个双工信道，频率间隔为 25kHz。日本的另一个模拟系统是 JTACS。在 20 世纪 80 年代，人们意识到从用户的角度来考虑，需要有一个统一的空中接口来提供漫游功能。于是日本政府于 1989 年开始研制，1991 年提出了一个新的数字系统——太平洋数字蜂窝网（PDC）。

欧洲于 1982 年进入蜂窝系统时代，晚日本两年。在斯堪的纳维亚半岛，北欧移动电话开始在 450MHz 的频段上投入运行（NMT-450 系统）。1982 年英国推出了全地址通信系统（TACS），1985 年 TACS 开始广泛商用。随后 1985 年 9 月德国引入了 C-450 蜂窝系统。这样，到 20 世纪 80 年代末，欧洲已经配备了几种不同类型的互不兼容的蜂窝系统。很明显这时第一代蜂窝系统已经逐渐过时了，因为集成电路技术已经使得数字通信不但实用，而且比模拟技术更经济。20 世纪 90 年代初第二代（数字）蜂窝系统开始了在全球的发展。欧洲最先提出了全球移动通信系统（GSM）。GSM 的目的是为欧洲提供一个惟一的统一标准，通过国际漫游为泛欧提供无缝的话音业务。

美国的情况有所不同。第一代模拟系统只有先进的移动电话系统（AMPS）标准。美国有三条发展数字蜂窝系统的路线。1992 年出现了第一个数字系统 IS-54（北美 TDMA 数字蜂窝网），1996 年又提出了一种支持附加业务（IS-136）的新版本。在此期间，1993 年引入了 IS-95（cdmaOne）。这些标准都工作在与 AMPS 相同的频段上。同时，美国联邦通信委员会（FCC）拍卖了 1900MHz 频段上的一段新频谱（PCS），从而允许 GSM1900 打进美国市场。

在 20 世纪 90 年代，由于各种技术和政治原因，电信界发生了戏剧性的变化。数字技术的广泛应用使得业务以及网络发生了根本的变化。此外，随着时间的推移世界变得越来越小：因为全球化需要蜂窝技术具有覆盖全球的能力，所以仅仅在日本漫游、在欧洲漫游或在美国漫游已无法满足用户的需求。另外，目前通过移动终端无线接入因特网也推动了对全球化标准的需求。这就是著名的全球移动通信系统或称 UMTS。

这些新的第三代（3G）网络的发展集成了电信和 IP 网络的特点。以因特网协议（IP）为基础，最初设计用来支持数据通信的网络也开始承载流式业务，如话音 / 声音业务，尽管话音质量是有限的，并且时延难以控制。关于无线宽带通信和无线因特网接入技术的评论及预言启发了人们的视野：可以在“任何时候，任何地点”向用户提供无限的服务和应用。用户还希望通过无线通信链路实现上网冲浪、收发邮件、下载文件、拨打实时的可视电话以及其他多种业务。他们希望不论是在商场购物、机场候机、街头漫步、办公室工作还是在高速路上，都能够通过统一的用户接口接入无线链路。

新一代移动通信不只是在无线接入技术方面进行革新，同样，推动新技术方案的发展也不只是 UMTS 的惟一动力。它们还来自于不断扩大的用户需求，新的商业视角以及新的生活秩序。

1.2 无线网规划及 UMTS 最优化概要

全球的移动通信产业目前正将关注的焦点由第二代（2G）移向第三代（3G）UMTS 技术，也就是靠投资来设计和制造以宽带码分多址接入（WCDMA）为基础的先进移动 Internet/多媒体无线网络。而现在的 2G 无线网络，尤其是获得巨大成功并在全世界广泛应用的基于 GSM 的蜂窝系统，将会继续发展并将诸如新的 Internet 分组数据业务等功能推向市场。越来越多的无线网络设计人员和其他无线通信专家开始熟悉 WCDMA 无线技术并准备组建和开通高性能的 3G 网络。本书主要为那些需要对规划以及优化 WCDMA 无线网络的关键原理进行深入了解的射频（RF）工程技术人员而编写，当然也适用于其他业内人士。

在由熟悉的 2G 向新的 3G 网络转换时，无线网设计者特别要面临许多新的挑战，他们中的许多人致力于设计和规划真正的多业务无线网，有些人则主要研究基础的 WCDMA 接入方案。在本章我们简要介绍这些面临的挑战，而在本书后面的章节中将会对它们进行更加详细的讨论。

在我们详细讨论 WCDMA 与 GSM 相比的新颖性（或差异性）之前，我们首先来总结一下抽象的 3G 多业务无线网络的定义特征，而不考虑基本 3G 无线接入协议的具体特征，如 WCDMA 或 EDGE。这样，我们可以试着列出 3G 无线接入的以下特点：

- 高度完善的空中接口，在承载和复用大量话音业务方面，以及特别是从低速到高速，最大可达 2Mb/s 的范围内固定和可变速率的数据业务方面具有高度的灵活性。能够有效支持承载 IP 业务。

- 为比特率和 QoS 需求均不相同的多种业务进行小区覆盖范围以及业务的设计。由于在无线链路开销方面存在巨大的差异，对于高速业务来说，不再能够很经济地得到在目前仅提供话音业务的无线网络中实现的均匀覆盖范围以及容量设计。因此，需要区分不同业务的服务质量和通信需求。

- 一整套完善的特征和设计良好的无线链路层“模式”保证了从宏小区到微微小区以及室内等多种工作环境下都能实现很高的频谱利用率。这些特点的一个实例是具有多种无线链路编码/流量适配方案；能支持高性能增强型天线概念，例如，下行链路的 BS 发射分集，并且能够实现干扰抵消方案。

- 为了获得高效的频谱效率，有效的干扰平均机制和鲁棒性能够使其在频率复用率较低的严格干扰受限环境下正常工作。而这需要通过合理选择基站位置、天线波束宽度、倾斜角度和方向等参数来尽可能地实现小区之间的最大程度的隔离。另一方面，严格的频率复用与干扰受限的操作相结合意味着必然会出现小区的呼吸效应。

- 广泛采用“最大程度”提供分组数据容量的方法。临时空闲的无线资源容量可以经由灵活、公平的方式提供给分组数据连接使用，以提高一般意义上的 QoS。这将使得该网络与目前以话音业务为主的网络相比，能提供较高的频谱负载。这种较高的射频频谱负载会引起较高的干扰电平，因而也就需要进行良好的射频规划，以期达到更高的吞吐量。这

种趋势还会增强，因为一些业务提供商，特别是欧洲的业务提供商不得不为开展 3G 业务而支付高昂的频谱执照费用。

- 为了达到满意的小区吞吐量和 QoS 目标，IP 分组业务、它们对无线容量的“无限需求”、基于网络的“最大限度”分组数据分配方案以及严格的干扰限制都为小区基站配置前、配置后的优化工作带来前所未有的压力。因此，无线网络优化阶段所需的努力和成本将远远超过目前的 2G 网络，后者主要的压力在于初始频率规划。此外，目前所采用的通过合理的频谱规划来充分利用现有的 2G 频谱资源，从而防止干扰的方法已经不再适用于以较高频谱效率和严格频率复用为基础的高吞吐量业务。

- 为了最终提供较高的无线容量，3G 网络必须为多层网络运行提供有效的方法，例如，支持微小区层和微微小区层，并为这些层之间业务的适当流动提供有效的途径。这就对有效的层间切换机制以及小区层的度量和 RF 规划提出了要求。

- 既然成熟的 2G 网络（如 GSM）已经使得终端用户对业务的可用性和质量具有了一定的期望，所以引进并开展 3G 网络业务将会付出很高的代价，并将面对激烈的竞争。因此，业务提供商将最大可能地利用现有的 GSM 网络。为达到该目的，最明显的方法是将整个 GSM 网络作为 3G 覆盖范围的延伸，先在城市、地区等有限的范围内提供 3G 业务，从而为 3G 到 GSM 的系统间切换提供基本业务覆盖的连续性。因此，为了加速 3G 的开展，减少设备的前期投资，对 3G 业务提供商来说，实现由 3G 到 GSM 小区的切换是至关重要的。这就需要射频设计方法能够考虑到将 2G 到 3G 的覆盖范围和容量设计相结合，即在一定程度上综合所使用的设计工具和准则。

- 另一个重要方面是现有 2G 基站与 3G 基站协同设置的可能性，以便减少基站建立及维护的费用与开销。然而，这种协同设置为无线网络设计者提出了一系列需要考虑的问题：是否采用公用天线的方案？2G 网络中的射频质量是否能够达到 3G 质量目标的标准，或者是否需要有一个对 2G 基站进行先期优化的阶段？是否还存在如阴影区等限制基站再用的其他因素？在协同设置中是否还存在潜在的与干扰有关的问题？等等。另一方面，为了使目前并存工作的两个系统能够获得良好的价格 / 性能比，还需要有一种综合方法来从多重射频的角度识别 3G 与 2G 的协同运行。

为达到上述 3G 业务需求以及高效的频谱效率，任何一般的无线接入方法（TDMA, FDMA, CDMA, OFDM 等）都将要面对所列出的问题，这些表明网络设计者在向 3G 发展的过程中所面临的绝大多数挑战来自于对综合多业务的处理，能够根据终端用户需求提供容量和比特率的多数据速率系统，而不是主要来自于依赖无线协议的 WCDMA。

那么，WCDMA 中无线网络设计所面临的特殊问题是什么呢？显然，WCDMA 和 GSM 系统在细节上有许多不同之处，如无线网络参数。但是在这里，我们要关注它们之间本质的不同。

- 软切换开销设计。软切换是 CDMA 系统独有的特征，比如以 IS-95 为基础的系统或我们所述的 WCDMA 系统。然而，更进一步的观察表明，软切换开销最小化与建立合适的小区作用范围密切相关，这在成熟的 2G 系统中也被看做是普遍的要求。这样，较低的软切换开销的设计并不需要任何新的技巧和工具，反而可以利用已为当今系统所熟知的良好的无线网络设计经验。

- 小区的作用范围和隔离度。相对来说，这在 WCDMA 中比在 2G 中更为重要，因

为 WCDMA 中邻近小区的频率复用系数为 1 (其他系统中更大一些), 从而导致相互干扰的近耦合。与 GSM 相比较, WCDMA 能“看到”更多不同的基站/小区。在试图实现 2G 到 3G 的协同设置以及天线共用时, 这也是特别值得关心的问题。

- 易受“外部”干扰的损害, 例如, 其他系统的邻近载波所泄露的干扰或者不同 WCDMA 小区层之间的类似干扰。再者来说, 尽管这个问题并不是 WCDMA 特有的, 但这里它的重要性已经显著增加: 当工作带宽为 5MHz 时, 一个 WCDMA 载波就会占用服务提供商的可用带宽的 25%~50%。与目前的 2G 窄带系统相比较, 任何进入 WCDMA 载波的残留干扰, 或者降低接收器的灵敏度都会对服务质量造成更严重的影响。

本章我们分析了 WCDMA 系统。总而言之, 我们可以看到, 在设计 WCDMA 网络时设计者需要考虑的一些新挑战和新的技术细节, 然而从另一方面看, 设计 WCDMA 系统并无新意: 它只不过是需以以一种更加合理的、有规律的方式来认识和应用当前无线系统所采用的优秀的设计方法。

但是确切地说, 无线网络设计和最优化在哪一方面适合于整个 UMTS 的移动网络业务概念呢? 就专门技术而言, 移动网络意味着大量人力资源的投入。对 3G 网络就更是如此。但是, 不仅要移动网络在技术方面进行提高, 而且要根据所需的覆盖范围、质量、业务以及经济需要对技术进行调整。运营商自然希望能从网络基础设施投资, 即风险投资 (CAPEX) 中获得最大的经济收益。这里, 我们应该注意网络性能的两个重要方面: 设计与优化。设计与优化对任何网络都是必需的。其程度取决于总体的经济状况, 但如果网络一开始就进行了很好的设计, 则网络优化就更容易、有效。一个设计拙劣的网络将很难将其进行优化, 以达到长期的商业和技术期望。网络优化是一个持续的过程, 它是网络运营成本即运行开销 (OPEX) 的一部分。然而, 为使网络收益达到最大, 自动统调 (见第 10 章) 的概念以最小的 OPEX 投入为快速有效地执行网络优化进程提供了机会。

运营商在规划 3G 网络时面临以下的挑战:

- 网络规划不仅意味着满足当前的标准和要求, 而且要感知容许的发展路径, 从而满足未来的要求。

- 未来通信业务的发展、不同类型业务以及不同数据速率所占比例的期望值都有很大的不确定性。

- 要求高比特率的新业务需要掌握提高覆盖范围和容量的方法以及先进的基站解决方案。

- 网络规划面临现实的限制。出于经济、技术或规划的原因, 现有网络的运营商必须协同确定未来基站的位置。环保运营商在增加新基站时越来越受到环境和土地利用等因素的限制。

- 总体上说, 3G 系统明确了容量和覆盖范围之间的关系, 因此网络规划本身不仅仅依赖于信号传播, 而且还与小区负载有关。所以, 系统的容量需求决定了网络规划的结果, 这使设计过程更复杂了。理想情况下, 基站的选择应该建立在对网络的设计负载和业务/服务组合进行分析的基础上。这需要对设计工具以及从运行的网络及时反馈回来的信息进行进一步分析。3G 演进迫使运营商放弃了“先覆盖后增容”的哲学。此外, 由于潜在的相互干扰, 基站需要按组来进行选择。这一事实必须在设计和优化网络时予以考虑。