

TURING

图灵电子与电气工程丛书

WILEY

WCDMA名著

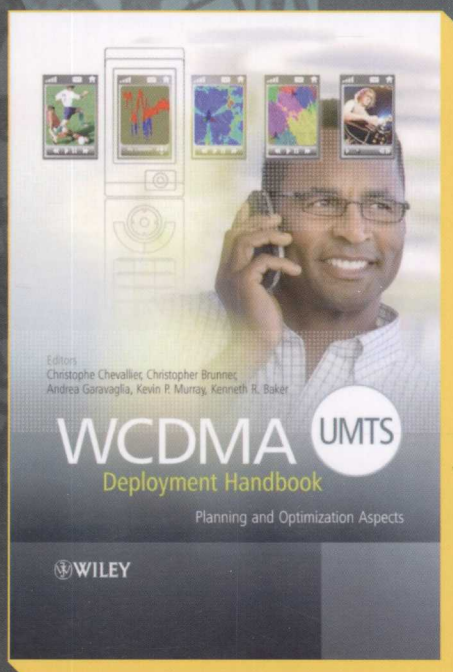
高通公司董事会主席Jacobs强烈推荐

WCDMA 设计与优化手册

WCDMA (UMTS) Deployment Handbook
Planning and Optimization Aspects

Christophe Chevallier
[美] Christopher Brunner 等编著
Andrea Garavaglia

杨鸿文 刘晓峰 月球 等译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

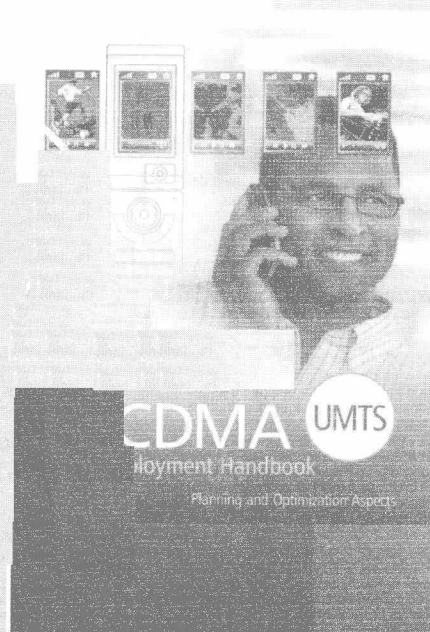
TURING

图灵电子与电气工程丛书

WCDMA 设计与优化手册

WCDMA(UMTS) Deployment Handbook
Planning and Optimization Aspects

Christophe Chevallier
[美] Christopher Brunner 等编著
Andrea Garavaglia



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

WCDMA 设计与优化手册/ (美) 谢瓦利尔 (Chevallier, C.) 等编著; 杨鸿文等译. —北京: 人民邮电出版社, 2008. 11

(图灵电子与电气工程丛书)

书名原文: WCDMA(UMTS) Deployment Handbook; Planning and Optimization Aspects

ISBN 978-7-115-18853-3

I. W… II. ①谢…②杨… III. ①码分多址-宽带通信系统-系统设计-技术手册②码分多址-宽带通信系统-系统性能-最佳化-技术手册 IV. TN929.533-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 142075 号

内 容 提 要

本书是世界通信巨头——高通公司工程师们的经验之谈, 致力于解决困扰运营商的各种实际工程问题, 详细介绍了 WCDMA 网络从设计到优化的所有步骤, 主要内容包括: 射频系统的规划与优化、容量的规划与优化、初始参数设置、业务优化、系统间的规划和优化、HSDPA、室内覆盖等。

本书是移动通信行业技术人员的必备实战指南, 也是高等院校通信专业师生不可多得的教学参考书。

图灵电子与电气工程丛书 WCDMA 设计与优化手册

◆ 编 著 [美] Christophe Chevallier Christopher Brunner Andrea Garavaglia 等
译 杨鸿文 刘晓峰 月球 等
责任编辑 朱 巍

◆ 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>
北京铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 700×1000 1/16
印张: 22.5
字数: 480 千字
印数: 1-4 000 册

2008 年 11 月第 1 版
2008 年 11 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2007-3373 号

ISBN 978-7-115-18853-3/TN

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010) 88593802 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

序

无线移动通信对我们的生活产生了深远的影响。而且,随着 3G(第三代移动通信技术)的采用和向基于 IP 网络的过渡,无线移动通信的服务范围、服务种类和覆盖率还会迅速扩展,进一步改变人们的生活方式。

第一代无线蜂窝通信系统采用模拟调频(FM)和电路交换技术。它有许多缺点:网络话务容量低,音质差,难以实现漫游,其手持终端价格昂贵且体积庞大,电池寿命短。随着用户数的急剧增长,采用数字传输技术势在必行。

第二代无线蜂窝通信系统包括基于 TDMA(时分多址)的 GSM 网络、PDC 网络和 IS-54 网络,以及基于 CDMA(码分多址)的 IS-95 网络。它大大提升了网络话务容量,容纳更多的客户,同时还支持一些数据业务,例如短信业务(SMS)。第二代通信系统采用的数字技术主要包括先进的编码和调制技术,在提高话务容量和质量的同时,还实现了数字控制信道。其结果是:信号变得更清晰更安全;手持终端体积大大变小,功耗大大降低;漫游方便快捷;全球的用户数量急剧增加。但是,第二代通信系统提供的容量还是不够,不能满足用户越来越高的需要。因此,下一代蜂窝系统将着眼于以下几点:进一步提高系统容量、数据速率,在更大程度上采用分组交换。

现在,第三代无线蜂窝通信系统正迅速占领市场。它主要包括三种 CDMA 标准:CDMA2000(包括 1x 和 EV-DO)、WCDMA(也叫 UMTS 或 3GSM)和最近被许多运营商所推崇的 TD-SCDMA。在笔记本电脑上,用插入式的网卡或集成的调制解调器就可以实现移动宽带上网。现在,大量功能强大的手机正涌向市场。它们具备许多功能,如听音乐、边下载边观看视频或是先下载再观看、多人联网游戏、多方即时短信和基于定位的各种服务等。

第三代移动通信系统正快速发展,这也为各大运营商、测试设备厂商、网络设备制造商以及规划、部署和运营这些网络的人员带来了巨大的挑战。本书主要讨论有效部署 WCDMA 网络的内容,很多资料都是第一次公开,或是之前在各种杂志及其他书刊中零散公布。现经作者精心收集和整理,这些信息变得条理清晰、连贯易读。这将有助于工程师们更快更好地部署和优化 WCDMA 网络。

第三代无线蜂窝通信系统会在各个方面改善我们的生活。它将迅速触及到世界的各个角落,并促进教育事业的发展,提高商业效率,丰富我们的娱乐生活,改善我们的身体健康和提高政府办事效率等。同时,这需要越来越多具备相关专业知识的投入其中;而本书将成为各位的良师益友。

我们一路走来,已经取得了伟大的成就。我期待将来还会有更加振奋人心的突破和发展!

Irwin Mark Jacobs
高通公司董事会主席

前 言

作为高通(QUALCOMM)公司工程服务部门的一分子,我们在日常工作中与世界各地的通信网络运营商有着广泛的合作和交流。在与各大运营商合作的时候,发现他们总是会遇到四个问题:如何改进射频系统的优化方法;如何合理地调节系统参数;如何让系统间的过渡更可靠;如何才能更好地覆盖室内。仅仅靠研究相关的通信协议还不能解决上述及其他种种问题,目前文献中对这些问题的讨论也还不是很多。

基于我们丰富的网络工程经验,本书将致力于解决困扰运营商的各种实际工程问题。我们并不打算过多地引用相关标准,但这并不是说不重视 3GPP(第三代合作伙伴计划)制定的标准。我们会处处涉及相关标准,但不会把它们硬生生地搬到读者面前,只是介绍一些标准的章节,使读者能在某些主题方面加深理解。我们所选择的这些主题有助于网络规划和优化工程师理解如何完成所需要的任务,使 GSM 网络能够更好地过渡到 WCDMA 网络。

网络规划人员或工程师在日常工作中会遇到一些棘手的问题,本书将尽可能多地提供问题的答案。在开始写作的时候,我们为本书的具体内容颇费脑筋。如果不进行选择的话,可能现在还在写作之中。以下是每一章中我们要回答的基本问题。

- ☐ **UMTS 网络介绍。** WCDMA 网络必需的节点是什么? 它们的基本功能又是什么? WCDMA 到底是什么? WCDMA 和其他技术(如 GSM)之间的区别是什么? WCDMA 的关键术语和核心概念又是什么?
- ☐ **RF 规划与优化。** 在 WCDMA 网络中,各种业务的链路预算一般怎么计算? 是下行受限还是上行受限? 决定覆盖范围的主要因素是什么? 怎样才能让 WCDMA 网络的覆盖满足要求?
- ☐ **容量规划与优化。** WCDMA 小区的容量是什么? 软切换对 WCDMA 网络的容量会产生怎样的影响? 不同的业务对整体容量有什么样的影响? 怎样使系统的容量最大化? 微小区会不会影响网络的容量?
- ☐ **初始参数设置。** 应该关注的最重要的参数是什么? 怎样为每个参数设置初始值? 怎样以及在何处核实广播的参数值?
- ☐ **业务优化。** 优化过程应当如何开始? 有哪些基本过程会影响所有业务? 怎样解决典型的故障? 各种业务之间的差别是什么? 有没有什么参数只用在一些特定的业务上?
- ☐ **系统间规划和优化。** 为什么和其他系统有关? 系统间的问题应当从何时入手?

系统间的变化涉及哪些参数？怎样为这些参数设置初始值？

☐ **HSDPA**。什么是 HSDPA？与 WCDMA R99 相比，HSDPA 的优点是什么？区别是什么？在什么地方用何种方式部署 HSDPA 会比较好？HSDPA 有哪些参数？这些参数对整个网络的覆盖范围和容量有什么影响？

☐ **室内覆盖**。室内覆盖有什么不同？什么时候应当提供室内覆盖？如何实现室内覆盖并对其进行优化？

读完本书后，你一定会有更多的问题要问。希望在本书的帮助下，你能具备找到答案的能力。

致谢

本书涉及的知识面广、内容丰富，完成它真是很不容易。对于没有身处其中的人来说，可能无法想象其中的艰辛与困难。没有许多人的帮助，本书是不可能完成的。在这里要感谢所有帮助过我们的人是很困难的，特别当整个团队都对此做出了直接或间接的贡献时更为如此。鉴于此，我们在此感谢高通公司工程服务部门的所有工作人员，特别是本书的策划者：Dan Agre、Steve Anderson、Richard Costa 和 Thomas Erickson。另外，我们要感谢高通公司内外所有审阅过此书同仁们，他们是：Jay Dills、Mauricio Guerra、Tony Guy、Pat Japenga、Ben Miller、Mukesh Mittal、Peter Rauber、Mustafa Saglam、Salil Sawhney 和 Ralf Weber。最后，对于那些帮助过我们而在此没有提到的同仁们，我们深表歉意。

目 录

第 1 章 UMTS 网络介绍	1
1.1 UMTS 网络拓扑结构	2
1.1.1 GSM 网络架构	2
1.1.2 UMTS 重叠, R99	3
1.1.3 R99 之后的 UMTS 网络 架构	4
1.2 WCDMA 的概念	5
1.2.1 WCDMA 物理层	5
1.2.2 UMTS 信令概念	8
1.2.3 物理信道、逻辑信道和传 输信道	11
1.3 WCDMA 网络部署的选项	15
1.3.1 与 GSM 1:1 重叠——宏 网络	15
1.3.2 与 GSM 1:1 重叠——宏 小区、微小区和室内小区	16
1.3.3 针对 WCDMA 的网络 规划	16
1.4 设备厂商实现的影响	16
参考文献	17

第 2 章 射频的规划与优化

2.1 引言	18
2.2 网络部署过程概述	18
2.2.1 网络规划	18
2.2.2 初始优化	20
2.2.3 持续优化	21
2.3 链路预算	22
2.3.1 上行链路预算	23
2.3.2 CPICH 的下行链路预算	31
2.3.3 不同业务的下行链路预算 (连接模式)	33

2.3.4 上下行链路及业务的比较 ...	41
2.4 网络规划工具	45
2.4.1 网络规划工具输入	45
2.4.2 网络规划中的覆盖考虑	48
2.5 网络规划中的干扰考虑	52
2.6 拓扑规划	53
2.7 网络规划中的参数设置和优化 ...	54
2.8 射频优化	54
2.8.1 定量优化	57
2.8.2 质量优化	59
2.8.3 空闲模式优化	61
参考文献	62

第 3 章 容量规划与优化

3.1 基本的 UMTS 业务量工程	63
3.1.1 容量要求	64
3.1.2 上行容量计算	67
3.1.3 估算下行链路容量	71
3.2 可视电话和 PS 数据对业务量 工程的影响	73
3.2.1 可视电话与 WCDMA 业务量	73
3.2.2 PS 数据与 WCDMA 业务量	74
3.3 多业务流量工程	78
3.3.1 多业务容量	78
3.3.2 上下行容量比较	83
3.4 容量规划	84
3.4.1 容量规划的输入	84
3.4.2 CS 域容量规划	85
3.4.3 PS 域容量规划	86
3.4.4 用网络规划工具进行 容量规划	89

3.4.5 微小区	92	参考文献	130
3.5 容量优化	94	第5章 业务优化	132
3.5.1 覆盖和容量之间的权衡	94	5.1 KPI 和分层优化方法	132
3.5.2 估算已部署网络的容量	95	5.2 语音业务的优化	134
3.5.3 已部署网络中的容量监测	97	5.2.1 自适应多速率编解码器	134
参考文献	98	5.2.2 AMR 业务	135
第4章 初始参数设置	99	5.2.3 呼叫建立、事件和信令	136
4.1 引言	99	5.2.4 呼叫保持事件与信令	142
4.1.1 系统信息的广播	99	5.2.5 连接监督和链路质量 指示器	145
4.1.2 信息单元值与工程值的 转换	102	5.2.6 AMR 故障诊断	148
4.1.3 空中参数验证	103	5.2.7 参数优化	157
4.2 物理层参数	104	5.2.8 呼叫质量指标和测试 过程	158
4.2.1 频率的选择与管理	104	5.3 可视电话业务优化	160
4.2.2 PSC 规划	105	5.3.1 可视电话和语音压缩	161
4.2.3 功率分配	106	5.3.2 视频电话:测试过程及 测试指标	164
4.3 同频小区重选参数	107	5.3.3 VT 优化与 AMR 优化 的对比	169
4.3.1 引言	107	5.4 PS 数据业务优化	169
4.3.2 同频小区重选过程概述	107	5.4.1 PS 数据优化与 AMR 优化对比	170
4.3.3 同频小区重选参数列表	108	5.4.2 典型的 PS 数据应用以 及 QoS 配置	170
4.3.4 同频小区重选的度量 标准	109	5.4.3 信道重配置及资源规划	172
4.3.5 空闲模式下同频小区 重选中的折中	110	5.4.4 质量指标和测试过程	176
4.3.6 空闲模式下推荐的同频 小区重选参数	116	5.4.5 PS 数据参数	178
4.3.7 CELL_FACH 状态下的 同频小区重选	116	参考文献	181
4.3.8 关于异频小区重选的 考虑	117	第6章 系统间规划和优化	182
4.4 接入参数建议	117	6.1 引言	182
4.5 同频切换参数	120	6.2 系统间边界规划	182
4.5.1 引言	120	6.2.1 系统间边界	183
4.5.2 同频切换过程	120	6.2.2 典型系统间变换场景	185
4.5.3 同频切换参数	122	6.2.3 边界的确定	186
4.5.4 同频切换指标	123	6.3 连接模式的系统间转换	187
4.5.5 同频切换中的折中	125	6.3.1 系统间变换的过程	187
4.5.6 同频切换参数的推荐值	127	6.3.2 消息流和时延	190
4.5.7 关于异频切换的考虑	130		

6.3.3 压缩模式问题	195	7.4.1 HSDPA 的配置	254
6.3.4 压缩模式的性能指标	198	7.4.2 HSDPA 服务小区变换	258
6.3.5 压缩模式触发和系统间 切换参数	200	7.4.3 HSDPA 参数调整	261
6.4 空闲模式下的跨系统转换	203	7.4.4 RLC 参数和 HSDPA	268
6.4.1 系统间小区重选过程 概述	203	7.5 HSDPA 的关键性能 指标(KPI)	269
6.4.2 消息流和延迟	206	7.5.1 物理层指标	269
6.4.3 空闲模式的性能指标	207	7.5.2 MAC 层指标	269
6.4.4 系统间小区重选参数	208	7.5.3 服务小区变换指标	270
6.5 系统间切换和小区重选性 能评估的测试设置	209	7.6 测试方案	271
6.6 优化系统间参数	209	参考文献	272
6.6.1 系统间切换和小区重选 参数之间的相互影响	209	第 8 章 室内覆盖	273
6.6.2 优化系统间切换参数	210	8.1 简介	273
6.6.3 系统间小区重选 参数的优化	212	8.2 设计方式及成本	273
6.7 其他系统间规划和优化问题	220	8.2.1 室内覆盖:传统方式	273
6.7.1 多个 WCDMA 载波之间 的系统间切换	220	8.2.2 室内覆盖:假想方式	278
6.7.2 容量原因触发的系统间 转换	221	8.2.3 室内覆盖:混合方式	278
参考文献	221	8.3 覆盖规划及其对容量的影响	279
第 7 章 HSDPA	223	8.3.1 室内覆盖系统	279
7.1 引入 HSDPA 的原因	223	8.3.2 通过室外覆盖室内	287
7.2 HSDPA 的概念	225	8.3.3 通过室内网完成室内 覆盖	293
7.2.1 多码传输的公用信道	227	8.3.4 室内射频模型	296
7.2.2 自适应调制编码	227	8.3.5 容量计算	301
7.2.3 快速调度和重传	229	8.3.6 提高室内系统的吞吐量	302
7.3 HSDPA 规划	233	8.4 室内系统优化	303
7.3.1 HSDPA 的部署模式	233	8.4.1 室内部署的实际问题	303
7.3.2 HSDPA 链路预算	236	8.4.2 室内系统部署与后期 优化	312
7.3.3 HSDPA 容量与性能	245	8.4.3 室内系统参数与室外 系统参数的设置区别	313
7.4 HSDPA 的运行与优化	253	参考文献	314
		索 引	317
		缩略语	339

第 1 章

UMTS 网络介绍

Patrick Chan, Andrea Garavaglia 和 Christophe Chevallier

自诞生以来,移动通信已经日趋成熟并渗入到我们生活的每个角落。不过,由于 20 世纪 90 年代以来移动通信的飞速发展,以 IS-95 和全球移动系统(GSM)为代表的第二代(2G)移动蜂窝通信系统已经不能满足日益增长的网络容量要求。与此同时,由于因特网的发展,用户迫切需要更好更快的数据通信,2G 技术无法满足这一要求。

在此背景下,第三代(3G)移动通信系统应运而生,同时还带来了很多新的业务,如无线上网、电子邮件、高速数据传输、视频电话、多媒体、视频点播、音频流等。这些数据业务对服务质量(QoS)有不同的要求,对突发性和带宽需求等业务特性的要求也不同。尤其是人们普遍预期未来这些数据业务将会超过语音业务,形成语音范式到数据范式的转换。因此,迫切需要重新设计现有的蜂窝系统,以便能在语音和数据业务共存的条件下最优化频谱效率。另外,提供全球漫游、让不同移动环境下的各种移动通信系统能够协调工作也是一个重要的问题。

基于这些考虑,ITU(国际电信联盟)、ETSI(欧洲电信标准化协会)和其他标准化组织合作发起了 FPLMTS(未来公共地面移动通信系统),后来称为 IMT-2000(国际移动通信-2000)。这项工作的目的在于鼓励合作,使各种相互竞争的技术能在一个全球兼容的无线通信系统上实现融合。

工作于 2 GHz 频段的 3G 无线蜂窝通信系统不仅要后向兼容 2G 系统,还要在增大系统容量的同时支持语音和数据业务。3G 系统还需要支持 CS(电路交换)和 PS(分组交换)数据业务。PS 域针对不同无线环境规定了可支持的数据速率:

- ☐ 室内或静止——2 Mbit/s
- ☐ 城市室外及步行——384 bit/s
- ☐ 空旷地区车辆——144 Kbit/s

在最初的众多提案中,最受关注的是两种基于 CDMA(码分多址)的系统,它们是 CDMA2000 1x 和 UMTS(通用移动通信系统)。

- ☐ CDMA2000 1x 是对 cdmaOne(IS-95)的扩展。它提高了数据速率,并能支持各种 3G 业务。CDMA2000 1x 又进一步演化出了能支持更高数据速率的 CDMA2000

1x EV-DO^[1]。

- UMTS 基于现有的 GSM 通信 CN(核心网),采用全新的 WCDMA(宽带码分多址)技术。WCDMA 支持频分和时分两种双工模式:FDD(频分双工)的上下行传输用不同的无线信道;TDD(时分双工)的上下行传输用相同的无线信道,但传输时间不同。UMTS 新近又出现了能支持更高数据速率的演进版本:HSDPA(高速下行分组接入)^[2]。

本书的目的是介绍 UMTS IMT-2000 FDD 版本的部署问题,即 WCDMA 网络的规划与优化。部署 WCDMA 网络需要全面了解标准,本书无意讲述相关内容,读者可参考已有的著作,如参考文献[3]^①和[4]。我们将专注于在实际中成功部署和运营 WCDMA 网络时所需考虑的一些关键问题。对于初涉此项技术的读者,本章给出了基本的网络拓扑结构和一些与技术相关的基础概念。

1.1 UMTS 网络拓扑结构

大部分运营商在部署 WCDMA 时已经拥有 2G 网络。WCDMA 是一项使 GSM 向 3G 业务演进的技术。顺着这一演进过程,本章先讨论 GSM 网络,然后突出向 WCDMA R99 规范演进必需的变动,接下来讨论 R5 规范以及支持 HSDPA 所需要的网络变动。

1.1.1 GSM 网络架构

图 1-1 表示了一个 GSM 参考网络^[5],包括支持 CS 域及 PS 域工作的各种节点与接口。这个参考网络定义了 3 种子网^[6]。

- **BSS(基站子系统)或 GERAN(GSM/Edge 无线接入网)**。这个子系统主要由 BTS(基站收发信台)和 BSC(基站控制器)组成,它们共同控制 GSM 的无线接口。BTS 对每个链路单独控制;BSC 对所有链路进行整体控制,包括链路间的切换。曾经打算把连接这两个节点的接口标准化,但出于竞争的原因,实际当中实现的 BTS 到 BSC 的链路不开放,尤其在运行和维护(O & M)方面。GSM 网络在通过 GPRS 引入数据功能时,又在 GPRS-CN 和无线接口之间的接口上添加了一个节点,即 PCU(分组控制单元)。朝向 NSS(网络和交换子系统)的接口对 CS 域和信令限定为 A 接口,对 PS 域限定为 Gb 接口。为了简单起见,图 1-1 没有画出 GERAN。GERAN 是 UMTS 中引入的术语,是 PLMN 中所有 BSS 的总称。
- **NSS(网络和交换子系统)**。这个子系统主要包括 MSC(移动交换中心),它负责移动台的呼叫路由。为了便于管理,在 MSC 内部或外部又添加了一些节点。用户资料和权限等信息保存在 HLR(归属位置寄存器)中,用户位置的移动性信息保存在 HLR 及 VLR(拜访位置寄存器)中。另有两个节点用于管理安全性:

① 该书中文版《WCDMA 设计手册》由人民邮电出版社图灵公司出版。——编者注

和 GSM 参考网络相比,UMTS 参考网络只是在新组成的 RNS 中引入了 RNC(无线网络控制器)和节点 B。这两个节点的作用基本上等同于 GSM 中的 BSC 和 BTS,主要差别是 Iu-PS 到 PS-CN 的接口现在完全集成到了 RNC 之中。

这些新增加的节点也定义了一些新的接口:Iub 等同于 Abis、Iu-CS 等同于 A、Iu-PS 等同于 Gb。另外还加入了 Iur 接口(图 1-2 中未画)来支持 RNC 之间的软切换(HO),软切换与同一 UTRAN 中的多个 RNC 相连接。

从实际来看,GSM 和 UMTS 之间的公共节点是重复的,原先的节点支持 2G 通信,新加的节点支持 3G 通信。

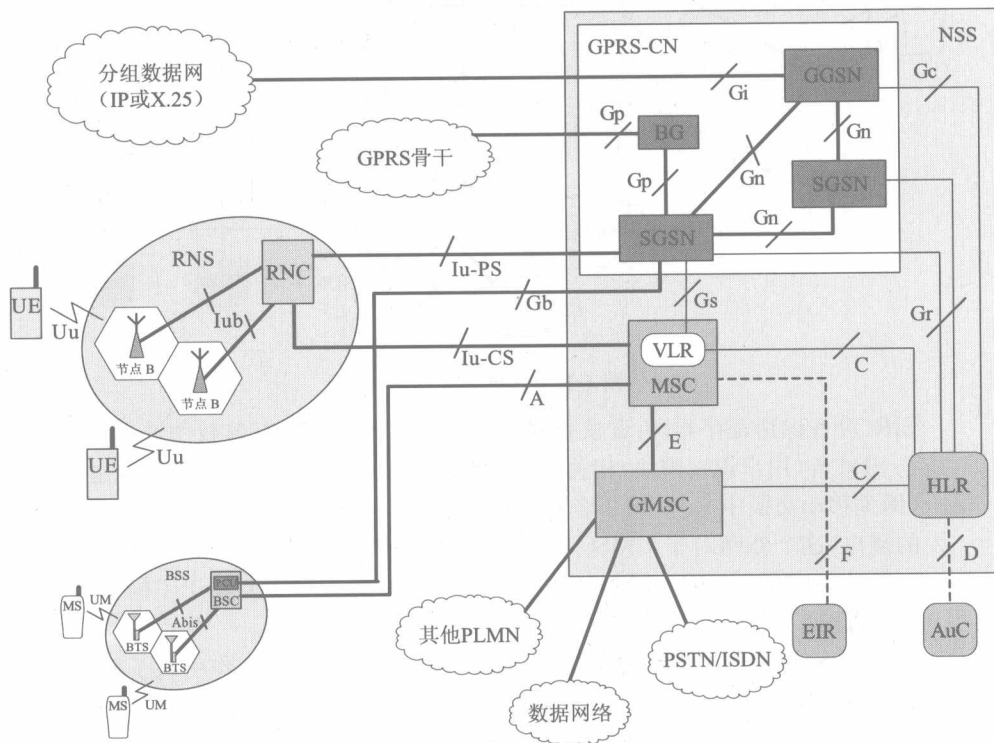


图 1-2 UMTS 参考网络

1.1.3 R99 之后的 UMTS 网络架构

最早部署的 WCDMA 网络遵循 R99 标准^[7]。为了克服最初标准的局限性,同时也为了引入新的技术,这个标准(或者说这一系列标准)还没有完全实现就已经开始演进了。高层从 R99 向 R4、R5、R6 的演进并没有改变网络的结构,只是细节不尽相同,例如传输接口从 R99 的异步传输模式(ATM)发展成 R5 的全 IP。另外,R5 中的层结构也有变动,目的是支持 HSDPA 和节点 B 的调度(见 1.2.2 节)。

1.2 WCDMA 的概念

图 1-3 是 WCDMA 空中接口的物理层结构。每秒 3.84 兆码片的信息流可分为 10 ms 的无线帧,每一帧再被分为 15 个时隙,每时隙有 2560 码片。注意这里用的是码片这个名称,而不是传统的比特。码片是 WCDMA 中的基本信息单位。来自不同信道的位由数量不等的码片表示,每个码片的具体含义由信道决定。

本节讨论 WCDMA 中最基本的概念:信道化和加扰、信道编码、功率控制以及切换。然后讲述不同信道的管理(分层和信令),最后定义不同层——逻辑层、传输层和物理层——上的信道。

5

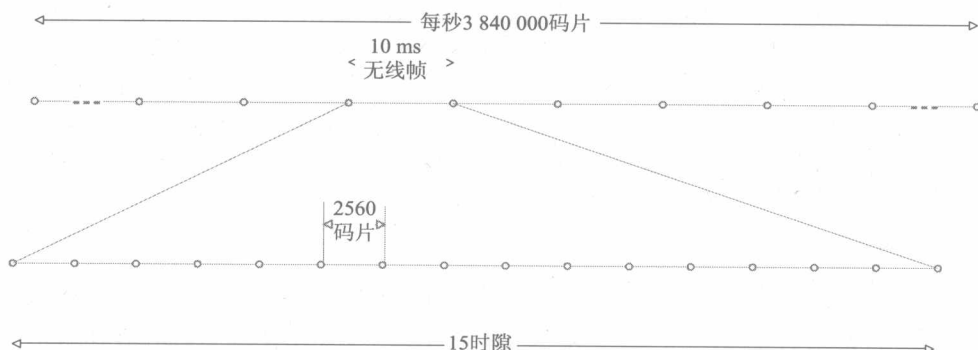


图 1-3 WCDMA 空中接口架构

1.2.1 WCDMA 物理层

在 3G 标准的制定过程中,空中接口的效率(即容量)是评估不同提案的主要准则之一。在当时,已在全球广泛部署的 CDMA 2G 网络已经显示出了它在频谱效率方面的优势。下面介绍的概念对任何 CDMA 技术都是非常重要的。

1. 功率控制

功率控制对 CDMA 技术非常重要。无论是下行(从基站到移动台)还是上行(从移动台到基站),功率控制都保证链路使用的功率是其正好所需要的。在这两个方向中,上行也许更为关键。上行保证每个时刻小区检测到的每个 UE(用户设备)的功率都相同,这样每个 UE 对总干扰的贡献是一样的,没有哪个 UE 会功率超标而导致接收端灵敏度降低。如果没有功率控制,某一个靠近基站的 UE 全功率发送时,基站只能检测出这个 UE,而其他用户都会被这个用户的强信号所造成的干扰淹没。

下行功率控制的目的略有不同,节点 B 的功率被所有激活用户的公共信道和专用信道共享。除同步信道外,下行的所有信道相互正交,于是其他信道的信号(功率)不构成干扰。理想情况下,其他信道的存在并不会影响灵敏度。不过我们仍然需要功率

控制来保证每个信道仅使用它所需要的功率。这样能增加其他用户可用的功率,从而提高系统容量。

从概念上讲,功率控制有两个步骤:

- ☐ 评估最低可接受的传输质量;
- ☐ 确保用最小的功率来达到这个传输质量。

6

外环功率控制处理第一步,内环功率控制处理第二步。理想情况下,外环功率控制检测所有信道的 BLER(块差错率)并与目标值进行比较。如果不同,就调整信道的传输质量目标,传输质量用 SIR(信号干扰比)来评估。接下来,闭环功率控制逐时隙比较目标 SIR 和测量出的 SIR,然后发送提高或降低功率的指令。上下行的功率控制是独立的,它们都通过 TPC(发送功率控制)位来告诉每个信令如何调整:下行发送的 TPC 位指示上行的质量,上行发送的 TPC 位指示下行的质量。

根据帧和时隙结构(每个 10 ms 无线帧包含 15 个时隙)可以得知,TPC 位的发送频率为 1500 Hz,这是内环的速率。在外环方面,标准没有严格的规定,由具体实现决定,对方不需要知道外环的速率或者步长。此外,虽然闭环的目的是为了保证达到 BLER 目标,实现中也可以采用其他度量,例如 SIR 或者是 CRC(循环冗余校验)是否通过。

2. 软切换

软切换是指这样一个过程:它允许一个连接同时由多个小区服务,可以根据需要添加或去除这样的小区。WCDMA 能做到这一点是因为所有的小区使用相同的频率,只用码进行区分:一个接收机用一个射频链就可以仅通过一定的处理检测出不同小区的信号。WCDMA 中的软切换同功率控制是联系在一起的。支持软切换可以保证位于多个小区边缘处的 UE 在各链路上的传输功率最小。在上行链路,需要避免其功率盖过连接到小区的其他 UE。下行不那么重要,但也有好处,它可以使容量最大化并能增强链路的可靠性。如果系统使用了软切换,UE 必须监测并尽可能使用最好的链路。软切换还有以下好处。

- ☐ 在下行链路,UE 可以合并不同的接收信号以提高解调的可靠性。合并不同链路的信号使有效 SIR 增加。这样,即使和最佳的链路上所需的功率相比,也能降低所需的发送功率,这就是软合并增益。另外,UE 同时连接到多个小区也提高了链路的可靠性,从而产生了分集增益,一般称为宏分集增益。
- ☐ 在上行链路,如果有宏分集增益,那么就不一定总有软合并增益。如果软切换中的小区不属于同一个节点 B,就不可能在信号解调之前将它们合并,只能把解调后的帧送到 RNC,由它选择使用哪个帧。与单链路相比,这样做一样有增益,因为它提高了至少有一个链路不出错的概率。这是选择增益,也是一种宏分集增益。

7

总之,软切换的优点是增加了传输的可靠性,降低了每条链路所需的功率。但它也有缺点。信息通过多条链路发送降低了资源利用率。在后文(主要是第4章)中将

看到,如何权衡切换增益和资源利用率是一个细致的工作,与多个参数有关。很明显,最佳的平衡是让激活集只包括对传输质量贡献最大的链路。

3. 扩频、加扰和信道化

WCDMA 能进行软切换是因为节点 B 的所有小区都用同样的频率发射。这种全面的频率复用按 TDMA/FDMA 中的术语来说就是 1 比 1 频率复用,它需要用不同的码来区分小区和用户。上下行都需要引入这样的码,因为各自的约束不同。

下行首先需要区分不同的小区。TDMA/FDMA 通过不同的小区使用不同的频率来区分。在 WCDMA 中,不同小区是通过 PSC(主扰码)区分的。为了理解其原理,想象一个加密的消息。看上去它像是一些随机的字母,用无线中的术语说就是噪声。只有使用合适密钥的人才能从这一堆随机字母中恢复出字,这个密钥在 WCDMA 的术语中就是 PSC。这些字可以进一步组成句子,也许是同一主题,也许不是。这一点可以和有一定规则的信道类比:这些规则对应不同的信道化码,它能使解码出的字组成句子。就像为了让人人都能明白人类语言使用了有限个规则一样,为了实现简便,信道码的数量也是有限的。

依此类推,一句话中的多个字一般表示一个意思,扩频也如此,多个码片表示一位。在一门语言中,丢失一个字不会影响整个意思的表达,在扩频中,丢失一个码片的确切值也不会危及相应位的解调。在 WCDMA 中,扩频(或者说用多个码片传输一位)是在信道层做的,在 PSC 对整个句子加密之前。将一个信号乘上 PSC 并不能完成扩频,它只是将信号随机化,如图 1-4a 所示。

在小区内,不同的信道依照各自的规则区分,这个规则就是 OVSF(正交可变扩频因子)。如图 1-4b 所示,OVSF 负责信号的扩频。OVSF 有两个主要特点:一是正交性,二是不同长度的 OVSF 之间仍然保持正交性。

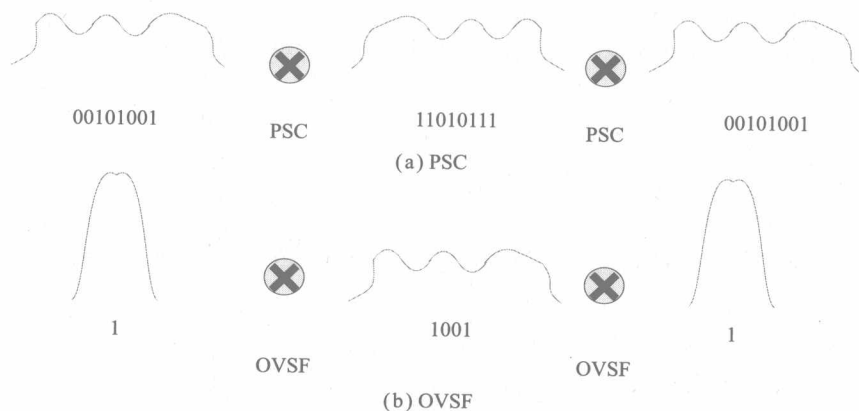


图 1-4 PSC 和 OVSF

- ☐ OVFSF 的正交性保证同一小区的不同用户互不干扰。如果一个信号用给定的 OVFSF 编码,再用另一个不同的 OVFSF 解码,那么解出的信号有同样多的 $0(+1)$ 和 $1(-1)$,平均结果是零。

8

- ☐ OVFSF 可变长度的特点使它能用同一码树支持不同的数据速率: 低速率用长 OVFSF 码,高速率用短 OVFSF 码。OVFSF 的长度指单个输入位对应的码片数:用长为 256 的 OVFSF 编码的 1 位由 256 个码片表示,而用长为 4 的 OVFSF 编码的位由 4 个码片表示。长 OVFSF 的好处是增加了发送信息的冗余,这种冗余的作用在扩频增益中可以体现出来,即用户位与传输码片的比率。

有限数量的 PSC 和 OVFSF 组合起来就可以区分不同的小区 and 用户。没有 PSC,接收端就不能重建不同小区发送的字。重建字以后,可以重复使用同样的规则集 OVFSF 来理解(解调)消息。

4. 信道编码

WCDMA 的有效运行要求实现前 3 个小节所描述的物理层过程。除了这些必需的过程之外,信道编码还能进一步防止多次复制信息和超时扩大再传输所引起的传输错误。

信道编码可以是卷积码或 Turbo 码。卷积码的时延相对较短(与码率和长度有关),主要用于时延敏感的信息。Turbo 码在输出一个块之前需要考虑该数据块。Turbo 码的有效工作要求一个块中必须包含很多数据,通常多于 320 个符号,这一点造成了编译码的显著时延。

1.2.2 UMTS 信令概念

无论是控制平面(信令)还是用户平面(用户数据),要理解 WCDMA 中的信令或者更一般的数据交换,重要的是要理解分层以及其与不同节点的关系。后面将会看到, WCDMA 提供了高度结构化的协议栈,各实体的功能都很明晰。

9

分层概念

网络整体首先可以分为无线接入功能(接入层, AS)和 CN 功能(非接入层, NAS)。WCDMA 和 GSM 的非接入层类似,我们不再进一步讨论。网络还可以按控制和信令平面(控制数据)及用户平面(用户数据)来分割。控制平面的所有层在运营商控制的节点处终止,用户平面的高层保证用户到用户的连接。图 1-5 示出了这些概念在 CS 域的应用。

与 WCDMA 相关的处理出现在 AS 的底三层上,对两个平面都是类似的。

- ☐ **RLC**. 建立传输机制,确保发送的数据在远端可接收到。
- ☐ **MAC**. 允许多重信息流通过单一物理信道传输。
- ☐ **物理层(第一层)**. 通过 WCDMA 空中接口(Uu)传输组合的信息流。

每一层都定义了不同的信道及相互之间的映射:逻辑信道对应 RLC,传输信道对应 MAC,物理信道对应物理层。