

高等院校应用技术型人才培养规划教材

通信网络优化

TONGXIN WANGLUO YOUHUA

郭丽丽 主 编

叶剑锋 副主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等院校应用技术型人才培养规划教材

通信网络优化

郭丽丽 主 编

叶剑锋 副主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书共分为 6 章,主要介绍了通信网络优化的基本概念、WCDMA 网络的原理及关键技术、WCDMA 测试方法与流程、WCDMA 无线网络信令流程、WCDMA 网络性能分析方法和 LTE 网络案例分析。从网络优化实践技能的角度,以大量实际工程案例说明了 WCDMA 网络和 LTE 网络中的覆盖问题、导频问题、切换问题和掉话问题等的优化方法。

本书适合作为高职高专通信技术、移动通信技术类专业的教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

通信网络优化/郭丽丽主编. —北京:中国铁道出版社, 2018. 8

高等院校应用技术型人才培养规划教材

ISBN 978-7-113-22610-7

I. ①通… II. ①郭… III. ①通信网-最佳化-高等学校-教材

IV. ①TN915

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 183827 号

书 名: 通信网络优化

作 者: 郭丽丽 主编

策 划: 王春霞

读者热线: (010) 63550836

责任编辑: 王春霞 包 宁

封面设计: 付 巍

封面制作: 刘 颖

责任校对: 张玉华

责任印制: 郭向伟

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.tdpress.com/51eds/>

印 刷: 北京虎彩文化传播有限公司

版 次: 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 10.5 字数: 253 千

书 号: ISBN 978-7-113-22610-7

定 价: 32.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社教材图书营销部联系调换。电话: (010) 63550836

打击盗版举报电话: (010) 51873659

随着移动通信技术的发展,新业务陆续引入,用户数量增加,我国的通信业已形成了 2G、3G、4G 网络长期并存的局面。

相对于 2G 网络,3G/4G 网络的魅力在于高速数据与多媒体业务,而视频电话、视频流、游戏等高速数据业务都需要一个良好的无线网络环境,无线网络性能的好坏将直接影响用户的体验及运营商的利益。因此,运营商要不断地对系统进行优化,以达到系统资源的最优配置,从而使无线移动通信网络在资源和性能最佳的状态下运行,只有这样才能在合理的成本范围内为客户提供最大程度的满意服务。无线网络优化,是取得成功的关键因素。

作为第三代移动通信技术的主流制式之一,WCDMA 的网络应用广泛,本书选用 WCDMA 网络进行介绍。WCDMA 网络优化涉及的知识非常广博,本书难以囊括网络优化涉及的所有方面,但尽可能全面地覆盖网络优化必备的基础知识,注重提升学生的实际网络优化技能。

LTE 网络优化的重点是保证用户对覆盖、容量和质量的需求,同时为市场的发展提供有效的支撑。本书从 WCDMA 的基本原理入手,详细介绍 WCDMA 网络测试的方法与流程,并从实际工程案例的角度总结了 WCDMA 网络优化的各种问题的分析方法,最后介绍了 LTE 网络优化的典型案例。书中引用了大量的商用网络优化案例并进行讨论,以便理论联系实际,强化读者对于 3G 和 4G 网络优化问题的分析和解决能力。

全书共分 6 章。第 1 章介绍了移动通信网络发展和网络优化基础知识;第 2 章介绍了 WCDMA 网络的基本原理与关键技术;第 3 章详细介绍了 WCDMA 无线网络测试方法与流程;第 4 章介绍了 WCDMA 网络信令流程;第 5 章从 WCDMA 工程案例分析,详细介绍了覆盖问题、切换问题、导频污染问题、掉话问题等网络问题的分析方法,是本书的重点之一;第 6 章介绍了 LTE 网络以及典型 LTE 网络案例分析。

本书由深圳信息职业技术学院郭丽丽任主编,深圳信息职业技术学院叶剑锋任副主编。在本书编写过程中,博威通(厦门)科技有限公司的陈文雄和杭州华星创业通信技术股份有限公司的黄新华对本书编写提出了宝贵建议,同时还得到了深圳讯方技术股份有限公司林茂凯和周君茹的鼎力支持,在此表示深深的感谢。本书的素材来自大量的参考文献和应用经验,特此感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2018 年 6 月

第 1 章 通信网络优化概述 1

- 1.1 移动通信网络发展 1
 - 1.1.1 第一代移动通信 1
 - 1.1.2 第二代移动通信 2
 - 1.1.3 第三代移动通信 3
 - 1.1.4 第四代移动通信 3
 - 1.1.5 第五代移动通信 3
- 1.2 通信网络优化的内容 4
 - 1.2.1 网络优化定义 4
 - 1.2.2 网络优化目标与分类 5
 - 1.2.3 网络优化方法与工具 6
- 1.3 通信网络优化的步骤 7
 - 1.3.1 网络优化准备阶段 7
 - 1.3.2 网络优化数据采集 10
 - 1.3.3 网络优化数据分析 12
 - 1.3.4 网络优化方案制订与实施 13
- 习题 14

第 2 章 WCDMA 网络的基本原理 16

- 2.1 WCDMA 网络简介 16
 - 2.1.1 WCDMA 特性 16
 - 2.1.2 扩频通信技术 17
 - 2.1.3 正交码与扰码 18
- 2.2 WCDMA 网络结构 19
 - 2.2.1 WCDMA 系统结构 19
 - 2.2.2 WCDMA 信道结构 22
- 2.3 WCDMA 关键技术 30
 - 2.3.1 无线传输技术 30
 - 2.3.2 功率控制技术 31
 - 2.3.3 切换控制技术 33
 - 2.3.4 接纳控制技术 35
 - 2.3.5 小区呼吸 35
 - 2.3.6 码资源分配管理 36
- 习题 36

**第 3 章 WCDMA 网络测试方法与
流程 40**

- 3.1 WCDMA 网络优化分类 40
 - 3.1.1 工程优化 40
 - 3.1.2 运维优化 41
- 3.2 WCDMA 网络优化流程 42
 - 3.2.1 单站验证和优化 44
 - 3.2.2 RF (分簇) 优化 45
 - 3.2.3 全网优化 46
- 3.3 WCDMA 网络测试方法 47
 - 3.3.1 DT 测试 47
 - 3.3.2 CQT 测试 50
 - 3.3.3 WCDMA 网络测试指标 52
 - 3.3.4 WCDMA 网络优化
报告规范 56
- 3.4 WCDMA 无线网络测试工具 59
 - 3.4.1 鼎利路测分析软件 59
 - 3.4.2 中兴路测分析软件 67
 - 3.4.3 其他测试工具 70
- 习题 70

第 4 章 WCDMA 无线网络信令流程 ... 75

- 4.1 WCDMA 信令基础 75
 - 4.1.1 信令与协议 75
 - 4.1.2 UTRAN 网络结构与协议 77
 - 4.1.3 UTRAN 的基本概念 79
- 4.2 WCDMA 基本信令流程 82
 - 4.2.1 手机开机流程 83
 - 4.2.2 系统消息广播流程 84
 - 4.2.3 寻呼流程 85
 - 4.2.4 呼叫流程 86
 - 4.2.5 切换流程 93
 - 4.2.6 典型业务信令流程 98
- 习题 99

第 5 章 WCDMA 网络性能分析方法 .. 103

5.1 WCDMA 网络优化目标 与方法	103
5.1.1 WCDMA 网络优化目标	103
5.1.2 RF 优化方法与措施	104
5.2 覆盖优化分析	105
5.2.1 覆盖优化简介	105
5.2.2 案例一：覆盖差导致 掉话	106
5.2.3 案例二：拐角效应 分析案例	109
5.3 切换优化分析	112
5.3.1 切换优化简介	112
5.3.2 案例一：乒乓切换导致 掉话	113
5.3.3 案例二：切换不及时 导致掉话	116
5.4 导频污染优化分析	117
5.4.1 导频污染简介	117
5.4.2 案例一：越区覆盖造成 导频污染	118
5.4.3 案例二：无主导小区 覆盖造成导频污染	119
5.4.4 案例三：Ec/Io 差导致 导频污染	121
5.4.5 案例四：弱覆盖导致 导频污染	122
5.5 掉话问题优化分析	124
5.5.1 掉话问题简介	124

5.5.2 案例一：邻区漏配 导致掉话	125
5.5.3 案例二：弱覆盖 导致掉话	126
5.5.4 案例三：缺邻区 导致掉话	128
5.5.5 案例四：邻区优先级低 导致掉话	128
5.5.6 案例五：基站问题 导致掉话	130
5.5.7 案例六：软切换问题 导致掉话	130
习题	132

第 6 章 LTE 网络优化案例分析 138

6.1 LTE 网络优化简介	138
6.2 LTE 网络优化案例	140
6.2.1 案例一：2G、4G 协同 优化——CSFB 性能提升 案例	140
6.2.2 案例二：邻区漏配 问题分析	150
6.2.3 案例三：模 3 干扰质差 问题分析	153
6.2.4 案例四：室外外泄弱 覆盖问题分析	155
6.2.5 案例五：切换成功率低 问题分析	157
习题	160
参考文献	162

第1章

通信网络优化概述

1.1 移动通信网络发展

移动通信技术可以说从无线电通信发明之日就产生了。当时,谁也无法想象有一天每个人身上都有一部电话,被连接到整个世界。如今,人们可以通过手机进行通信,智能手机更如同一款随身携带的小型计算机,通过 4G 等移动通信网络实现无线网络接入后,可以方便地实现个人信息管理及查阅股票、新闻、天气、交通、商品信息、应用程序下载、音乐图片下载等。下面回顾一下移动通信网络技术的发展简史。

1.1.1 第一代移动通信

第一阶段从 20 世纪 20 年代至 40 年代初期,为早期发展阶段。

在此期间,首先在短波几个频段上开发出专用移动通信系统,其代表是美国底特律市警察使用的车载无线电系统。该系统工作频率为 2 MHz,到 20 世纪 40 年代提高到 30~40 MHz,可以认为这个阶段是现代移动通信的起步阶段,特点是专用系统开发,工作频率较低。

第二阶段从 20 世纪 40 年代中期至 60 年代初期。

在此期间,公用移动通信业务开始问世。1946 年,根据美国联邦通信委员会(FCC)的计划,贝尔系统在圣路易斯城建立了世界上第一个公用汽车电话网,称为“城市系统”。当时使用三个频道,间隔为 120 kHz,通信方式为单工,随后,联邦德国(1950 年)、法国(1956 年)、英国(1959 年)等国相继研制了公用移动电话系统。美国贝尔实验室完成了人工交换系统的接续问题。这一阶段的特点是从专用移动网向公用移动网过渡,接续方式为人工网,容量较小。

第三阶段从 20 世纪 60 年代中期至 70 年代初期。

在此期间,美国推出了改进型移动电话系统(IMTS),使用 150 MHz 和 450 MHz 频段,采用大区制、中小容量,实现了无线频道自动选择并能够自动接续到公用电话网。德国也推出了具有相同技术水准的 B 网。可以说,这一阶段是移动通信系统改进与完善的阶段,其特点是采用大区制、中小容量,使用 450 MHz 频段,实现了自动选频与自动接续。

第四阶段从 20 世纪 70 年代中期至 80 年代中期。这是移动通信蓬勃发展时期。

1978 年底,美国贝尔试验室研制成功先进的移动电话系统(AMPS),建成了蜂窝状移动通信网,大大提高了系统容量。该阶段称为 1G(第一代移动通信技术),主要采用的是模拟技术和频分多址(FDMA)技术,第一代移动电话如图 1.1 所示。Nordic 移动电话(NMT)就是这样一种标准,应用于 Nordic 国家、东欧以及俄罗斯。其他还包括美国的高级移动电话系统(AMPS),英国的总访问通信系统(TACS)以及日本的 JTACS、联邦德国的 C-Netz、

法国的 Radiocom 2000 和意大利的 RTMI。

这一阶段的特点是蜂窝状移动通信网成为实用系统，并在世界各地迅速发展。移动通信大发展的原因，除了用户要求迅猛增加这一主要推动力之外，还有几方面技术进步所提供的条件。首先，微电子技术在这一时期得到长足发展，这使得通信设备的小型化、微型化有了可能性，各种轻便电台被不断推出。其次，提出并形成了移动通信新体制。随着用户数量增加，大区制所能提供的容量很快饱和，这就必须探索新体制。第三方面进展是随着大规模集成电路的发展而出现的微处理器技术日趋成熟以及计算机技术的迅猛发展，从而为大型通信网的管理与控制提供了技术手段。以 AMPS 和 TACS 为代表的第一代移动通信模拟蜂窝网虽然取得了很大成功，但也暴露了一些问题，比如容量有限、制式太多、互不兼容、话音质量不高、不能提供数据业务、不能提供自动漫游、频谱利用率低、移动设备复杂、费用较贵以及通话易被窃听等，最主要的问题是容量已不能满足日益增长的移动用户需求。

第五阶段从 20 世纪 80 年代中期开始至今。

这是数字移动通信系统发展和成熟时期，可以再分为 2G、2.5G、3G、4G、5G 等。

1.1.2 第二代移动通信

2G 是第二代手机通信技术规格的简称，一般定义为以数字语音传输技术为核心，无法直接传送如电子邮件、软件等信息；只具有通话和一些如时间日期等传送的手机通信技术规格。不过手机短信 SMS (Short Message Service) 在 2G 的某些规格中能够被执行。主要采用的是数字的时分多址 (TDMA) 技术和码分多址 (CDMA) 技术，与之对应的是全球主要有 GSM 和 CDMA 两种体制。经典的 2G 手机如图 1.2 所示。

2.5G 是从 2G 迈向 3G 的衔接性技术，由于 3G 是个相当浩大的工程，所以 2.5G 手机牵扯的层面多且复杂，要从 2G 迈向 3G 不可能一下就衔接得上，因此出现了介于 2G 和 3G 之间的 2.5G。HSCSD、WAP、EDGE、蓝牙 (Bluetooth)、EPOC 等技术都是 2.5G 技术。2.5G 功能通常与 GPRS 技术有关，GPRS 技术是在 GSM 基础上的一种过渡技术。GPRS 的推出标志着人们在 GSM 的发展史上迈出了意义最重大的一步，GPRS 在移动用户和数据网络之间提供一种连接，给移动用户提供高速无线 IP 和 X.25 分组数据接入服务。较 2G 服务，2.5G 无线技术可以提供更高的速率和更多的功能。传统的 2.5G 手机如图 1.3 所示。

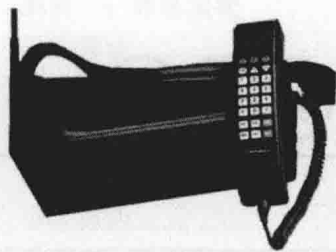


图 1.1 第一代移动电话



图 1.2 经典的 2G 手机



图 1.3 传统的 2.5G 手机

1.1.3 第三代移动通信

3G 是英文 3rd Generation 的缩写,是指支持高速数据传输的第三代移动通信技术。与从前以模拟技术为代表的第一代和第二代移动通信技术相比,3G 具有更宽的带宽,其传输速度最低为 384 kbit/s,最高为 2 Mbit/s,带宽可达 5 MHz 以上。不仅能传输话音,还能传输数据,从而提供快捷、方便的无线应用,如无线接入 Internet。能够实现高速数据传输和宽带多媒体服务是第三代移动通信的另一个主要特点。3G 存在三种标准:CDMA 2000、WCDMA、TD-SCDMA。第三代移动通信网络能将高速移动接入和基于互联网协议的服务结合起来,提高无线频率利用效率。提供包括卫星在内的全球覆盖并实现有线和无线以及不同无线网络之间业务的无缝连接。满足多媒体业务的要求,从而为用户提供更经济、内容更丰富的无线通信服务。

相对第一代模拟制式手机(1G)和第二代 GSM、TDMA 等数字手机(2G),第三代手机是基于移动互联网技术的终端设备,3G 手机完全是通信业和计算机工业相融合的产物,和此前的手机相比差别很大,因此这类移动通信产品被称为“个人通信终端”。3G 智能手机如图 1.4 所示。



图 1.4 3G 智能手机

1.1.4 第四代移动通信

4G 是第四代移动通信及其技术的简称,是集 3G 与 WLAN 于一体并能够传输高质量视频图像以及图像传输质量与高清晰度电视不相上下的技术产品。4G 系统能以 100 Mbit/s 的速度下载,比拨号上网快 2000 倍,上传的速度也能达到 20 Mbit/s,并能够满足几乎所有用户对于无线服务的要求。使用 LTE 网络播放高清流媒体的效果如图 1.5 所示。



图 1.5 使用 LTE 网络播放高清流媒体效果

4G 移动通信对加速增长的无线连接的要求提供技术上的响应,对跨越公众的和专用的、室内和室外的多种无线系统和网络保证提供无缝的服务。移动通信将向资源化,高速化、宽带化、频段更高化方向发展,移动资料、移动 IP 将成为未来移动网的主流业务。

1.1.5 第五代移动通信

5G 是英文 fifth-Generation 的缩写,又称第五代移动通信技术。

2013年5月13日,韩国三星电子有限公司宣布,已成功开发第5代移动通信技术(5G)的核心技术,预计于2020年开始推向商业化。2015年5月29日,酷派首提5G新概念:终端基站化。2016年1月7日,工信部召开“5G技术研发试验”启动会。2017年2月9日,国际通信标准组织3GPP宣布了“5G”的官方Logo。2017年11月15日,工信部发布《关于第五代移动通信系统使用3 300~3 600 MHz和4 800~5 000 MHz频段相关事宜的通知》,确定5G中频频谱。12月21日,5G NR首发版本正式冻结并发布。中国三大通信运营商于2018年迈出5G商用第一步,并力争在2020年实现5G的大规模商用。

诺基亚与加拿大运营商Bell Canada合作,完成加拿大首次5G网络技术的测试。测试中使用了73 GHz范围内频谱,数据传输速率为加拿大现有4G网络的6倍。鉴于两者的合作,外界分析加拿大很有可能在5年内启动5G网络的全面部署。

由于物联网尤其是互联网汽车等产业的快速发展,其对网络速度有着更高的要求,这无疑成为推动5G网络发展的重要因素。因此全球各地均在大力推进5G网络,以迎接下一波科技浪潮。不过,从目前情况来看5G网络离商用预计还需几年时间。

1.2 通信网络优化的内容

移动通信网络的维护与固定电话网络之间的维护差别是很大的。最大的区别是移动通信网的条件会不断发生变化,如周围环境、话务量分布等,另外移动网规划中有大量的小区设计参数,这在固定网中是没有的,这些小区设计参数大多数是可调整的,如接入电平门限、切换电平门限、相邻小区定义、频率配置等,它们会直接影响服务质量和用户的满意度,同时对网络指标也会产生很大影响。所以为了保证整个移动网的服务质量,就必须不停顿地观察和监测整个移动网,找出并排除故障,提高移动网络质量(如提高接通率、提高话音质量、降低掉话率等),这是网络优化的基本任务。

1.2.1 网络优化定义

移动通信网络优化是指对正式投入运行的网络进行数据采集、数据分析,找出影响网络运行质量的原因,并且通过对系统参数的调整和对系统设备配置的调整等技术手段,使网络达到最佳运行状态,使现有网络资源获得最佳效益,同时也对网络今后的维护及规划建设提出合理建议。

由于网络初期规划是基于简化模型和不尽正确充分的地貌数据来源,网络系统不能在安装开通时完全按照规划实施,不能充分发挥现有设备的利用率,系统控制无线链路工作的软件参数一般按默认值设置,不能真实地反映实际的网络运行环境,同时网络的扩容计划也是基于并不确定的用户分布及业务状态,话务量的实际分布与网络设备的配置不适应。因此网络优化的一个重要作用就是对下列各种网络资源进行重新调配,以达到合理利用资源的目的。

1. 频率资源

无线通信的频率资源是宝贵的,移动通信的频率资源尤其珍贵,频率资源包括可用的频段(目前包括900 MHz/1 800 MHz/1 900 MHz,对运营商而言)、可用的方式(固定、跳频)、覆盖的区域、基站的频率覆盖方式、相邻小区的频率复用方式等。

2. 地域资源

移动通信网要完成网络覆盖,即使是经济不发达地区,有时也要有相应的投入,因此覆

盖的地域非常重要,合理的分布站址无疑能够以较小投资取得更好的覆盖效果,这在目前GSM网络进入少建设、多优化的阶段显得尤为重要,对当前不合理站址的搬迁能够在不增加基站数量的情况下改善网络覆盖和质量。

3. 业务资源

移动通信网是随业务的发展而设立的,只有满足不断变化的业务需求,才能充分利用好网络资源,网络中的移动业务在不同的区域分布不均匀,需求也不一样。网络的设置要充分吸收各种业务量,尤其是对于新增业务如短信息、信息广播、数据业务等都需要合理安排。

4. 经济资源

移动通信网络发展的一个特点就是需要大量的资金投入,而经济发展的不同地区,对通信的要求也有所差异,网络优化不可能在各个地区均衡发展,而是考虑一个侧重和先后问题。资金的优化使用,就是要根据移动通信网的发展特点,把资金用在关键的地方。对于网络发展而言,扩大每个基站的覆盖区域是很重要的,可以拿出一部分资金引入直放站来延伸覆盖,发现有容量不够的区域,可以引入微蜂窝基站进行补充,优先发展业务量大的区域,可以尽早收回投资,再应用到其他区域。因此网络优化的工作就是要利用有限的经济资源,加强经济发达地区的网络优化,提高网络质量,充分吸收话务量,使网络创造最大效益。

1.2.2 网络优化目标与分类

网络优化工作就是通过对设备、参数的调整等手段对已有网络进行优化工作,尽可能利用系统资源,使系统性能达到最佳。优化过程的结果是寻找一系列系统变量的最佳值,优化有关性能指标参数,最大限度地发挥网络的能力,提高网络的平均服务质量。

网络优化的基本目标是提高或保持网络质量,而网络质量是各种因素相互作用的结果,随着优化工作的深入开展和优化技术的提高,优化的范围也在不断扩大。事实上优化的对象已不仅仅是当前的网络,它已经渗透到包括市场预测、网络规划、工程实施直至投入运营的整个循环过程的每个环节。从不同的角度来看,网络优化的目的各有所不同。

1. 网络优化目标

1) 网络角度

从网络的角度来看,网络优化的主要目的是:

(1) 提高网络的服务质量

主要包括高质量的语音和其他业务服务,足够的覆盖和接通率等。

(2) 尽可能地减少运营成本

主要包括提高设备的利用率、增加网络容量、减少设备和线路的投资等。

2) 企业角度

虽然提高接通率、减少掉话、避免信道拥塞、提高切换成功率、改善通信服务质量是网络优化的任务所在,但提高用户满意度和忠诚度,使企业效益最大化才是网络优化的最终目的。因为网络优化工作必须紧紧围绕企业运营的最终目标——“实现企业利益最大化并保持企业的可持续发展”,所以,从企业的角度来看,网络优化工作的主要目的定位于:

(1) 创造竞争优势

全方位确保网络的高质量运行,为保持原有市场份额和发展新的市场份额创造竞争优势。

(2) 降低成本

采用科学方法和先进的支撑手段,降低运营成本,提高企业的综合竞争力。

虽然观看的角度不同,网络优化的目的不尽相同,归根结底,网络维护和优化是为市场服务的,而市场是为用户服务的,因此网络优化的最终目的是提高用户满意度,从而使企业效应最大化。

对网络不断进行优化的结果,从用户角度将会看到:

- 随时随地都可方便地进行移动通信;
- 掉话次数减少;
- 呼叫建立失败次数减少;
- 通话时话音质量不断改善;
- 网络有较高可用性和可靠性。

从运营者角度将会看到:

- 掉话率下降;
- 切换成功率提高;
- 小区覆盖率提高;
- 拥塞率下降;
- 接通率提高;
- 用户投诉减少。

优化过程是多次反复调整的过程,直至网络调整到最佳运行状态。

2. 网络优化分类

根据优化工作的针对性和时间的持续性,可将优化主要分为阶段性优化和日常优化两类。根据优化的数据的不同,可将优化分为基础测量数据的优化和基于统计数据的优化两类。

阶段性优化又称专题优化,主要是围绕某些网络指标而开展的有针对性的优化工作,或是在明确的一个时间范围内提升网络基础指标的优化活动。

阶段性优化具有很强的针对性和时效性,比如提升网络接通率的专题优化,提升切换成功率的专题优化等。同时,当网络扩容,或是网络指标突然恶化,需进行针对性的专题优化,目的较明确。

日常优化是在平常的每一天中进行的优化工作,它的目的就是保持和不断提升网络整体质量目标,它没有一个短期的针对性的目标。日常优化是优化工作的基础,是网络质量实现稳定并螺旋上升的基础。它的特点是日常需要大量进行优化工作,但工作效果并不明显。

基于测量数据的优化是基于 CQT、DT 等路测手段而收集的测试数据,进行分析处理,并通过信令分析仪进行数据分析,得出优化方案,从而提升测试区域的整体网络质量。

基于统计数据的优化是基于移动交换中心所收集的指标进行分析,从而提升网络质量。如话务分析、阻塞分析、切换分析、接通率分析、掉话率分析等。

1.2.3 网络优化方法与工具

1. 网络优化方法

网络优化基本方法,即“测试→分析→调整优化→再测试→再分析→再调整优化”的反

复循环过程,并制定“日通报、周统计、月测试”的网络优化工作制度。

网络优化工作对象已经不是简单的面对通信设备,也不是简单的面对客户,而是面对整个市场、面对全公司、面对企业未来的可持续发展。

网络故障原因一般包括硬件故障和软件故障。硬件故障:坏板或局部设备中断服务。一般会有告警信息,维护人员查明故障位置、类型并及时解决。软件故障:系统仍然运行,但局部不稳定状态或处于非最佳状态,如干扰、邻小区定义不完整、掉话率上升、接通率下降等。

通过网络性能监测、分析采取优化措施。主要的网络分析和优化途径包括:干扰分析(掉话率/投诉/路测)、覆盖分析(基站天线)、无线接通率分析、掉话分析(CQT)、切换分析(切换位置更新/频度)、通话流程分析(信令)、话务量分析(资源/需求均衡)、设备分析。

网络优化的主要方法包括以下五种:

(1) CQT(Call Quality Test) 拨打测试

在城市中选择多个测试点,每点进行一定数量的呼叫,通过呼叫接通情况及测试者对通话质量的评估,分析网络运行质量和存在的问题。

(2) DT(Drive Test) 路测(驱车路测)

借助测试软件、测试手机、电子地图、GPS及测试车辆等工具;沿特定路线进行无线网络参数和话音质量测定的测试,利用分析处理软件对数据分析统计,评估查找网络问题。

(3) 信令跟踪法

对网络各个接口的信令跟踪收集,了解整个通信流程,发现其中存在的问题,有针对性地进行分析和解决。

(4) TOP10 分析法

在日常优化工作中,每阶段对10个最差小区进行优化处理可有效地提高整体网络性能指标。

(5) 网络模拟法

根据小区参数,构造对应虚拟网络,模拟手机在网络中行走(即路测),考察切换/重选等情况,得出分析报告,据此工程师给出参数调整的建议。

2. 网络优化工具

针对不同网络故障问题,采用合适的网络优化工具,对网络优化工作可以起到事半功倍的作用。

网络优化工具包括硬件系统和软件系统。

硬件系统主要有路测系统、信令协议分析系统、基站测试仪、频谱分析仪、模拟发信机。

软件系统主要有频率规划与优化软件、话单分析、话务统计数据处理软件、信令分析软件、地理信息系统、网络优化工作平台、OSS系统。

1.3 通信网络优化的步骤

1.3.1 网络优化准备阶段

网络优化要贯穿整个网络发展的全过程,因此网络优化是一项长期的、循序渐进和复杂的系统工程。在工作中尤其要注意工作步骤和 workflow,良好的 workflow 和步骤对网络优化

工作的结果有着重大的意义。

网络优化流程主要包括下面几个步骤：网络规划、网络普查准备阶段、频谱扫描（可选）、校准测试（可选）、网络数据采集、数据分析、参数核查（可选）、问题定位、优化方案制定、优化方案实施、优化验证、优化项目验收、资料归档。网络建议和优化流程如图 1.6 所示。

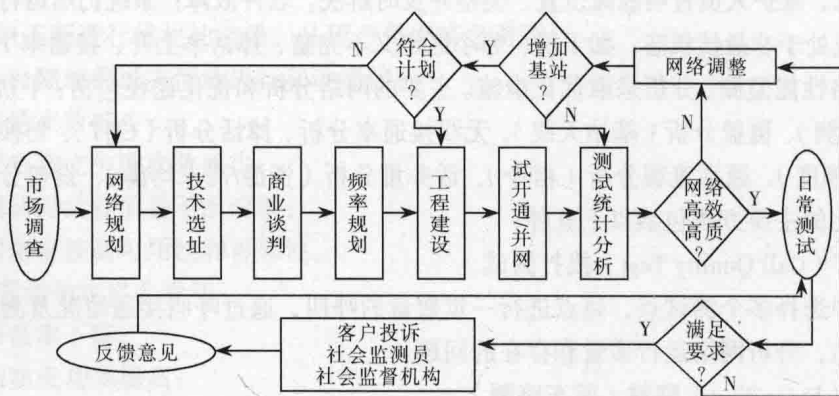


图 1.6 网络建设和优化流程

1. 网络规划

网络规划是网络优化的首要步骤；好的网络规划使网络优化轻松，节省人力、物力、财力，例如，站址选择不好导致日后的搬迁基站等问题。

2. 网络普查准备阶段

① 网络调查是网络管理和网络优化的基础工作，也是进行网络优化的准备阶段。主要包括：

- 资料调查：优化前技术文件，全网各部件容量及位置，网络结构与信令，本地漫游用户数，用户投诉的地区等；
- 系统检查：核查小区中基站频率配置是否符合频率配置规划，检查基站设备、交换机数据库与网络参数。

② 需求分析：

- 了解覆盖和容量的需求信息；
- 确认优化测试参数设置；
- 确认与客户的分工界面；
- 确认各项目验收标准。

③ 制订工作计划。

④ 资料调查和收集：

- 收集网络规划阶段的所有报告；
- 获取现有网络站点信息、天馈信息、系统参数设置等；
- 了解现有网络中存在的问题。

⑤ 网优工具准备。每套路测设备应包括：

- 高性能计算机（内存 2 GB 以上，双核 CPU）；
- 路测测试软件（珠海鼎利路测软件）；

- WCDMA 扫频设备；
- 专业测试手机（含 USIM 卡）；
- GPS；
- 辅助设备（USB Hub、电源逆变器等）。

分析工具：

- 高性能计算机（内存 2 GB 以上，双核 CPU）；
- 路测分析软件（珠海鼎利路测软件）。

在分簇优化中使用的车辆建议使用 5 座乘用车，如果有条件可考虑使用 7 座乘用车或专用测试车。

由于在无线网络优化过程中需要进行大量的测试工作，使用多部笔记本式计算机、测试手机和扫频仪器等测试设备，因此车辆要提供充足稳定的电源，在条件具备的前提下，最好对车辆供电系统进行改装，从电瓶直接取电或者安装额外 UPS（不间断电源）。

⑥ 网优人员准备。优化项目组织结构如图 1.7 所示。

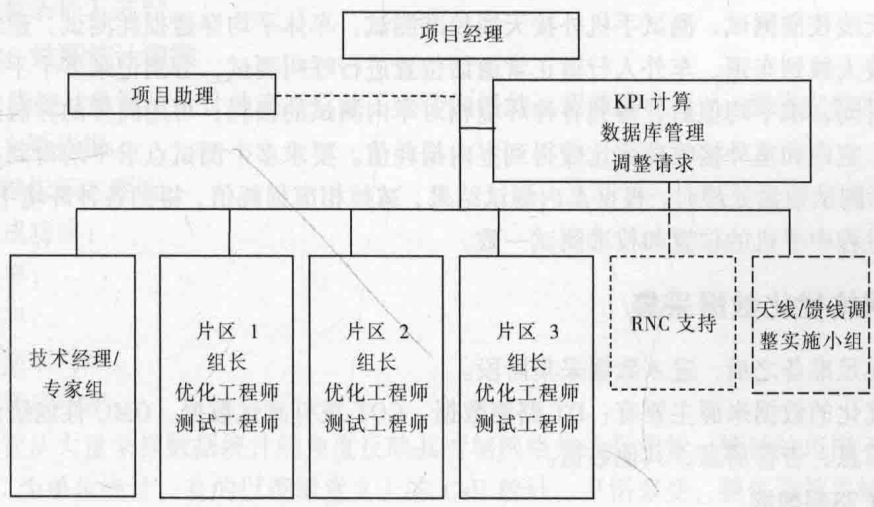


图 1.7 优化项目组织结构

- 项目经理：负责整个无线网络优化项目的总体协调，主要包括项目进度的总体把握，工作任务的合理分配，人员、资源的有效调度，确保无线网络优化工作在保证质量的前提下按时完成。
- 项目助理：负责无线网络优化项目中各项工作的细节安排，协助项目经理进行项目的管理工作。
- 片区优化小组：分簇优化小组负责对指定的分簇进行测试（DT 和 CQT），指标计算、问题分析、找出解决方案、提出调整请求（Change Request），分簇优化小组由 1 名组长，以及无线网络优化工程师、测试工程师组成。
- RNC 支持：RNC 支持小组负责网络性能数据的采集、分析和处理，信令跟踪、网络问题的分析及方案解决。同时负责网络参数的调整。通常也属于其他网络维护支持项目，所以此处为虚框。

- 实施小组：实施小组负责对分簇优化小组提出的调整建议进行及时实施。由运营商或厂家负责实施，具体项目执行中的责任分工取决于合同中的项目责任分工的约定。
- 后台技术支持人员（KPI 分析、数据库支持等）：后台技术支持组负责针对特定项目进行工具的开发，制定标准的 KPI 处理流程及工具、数据库管理流程及工具、调整请求生产工具，降低分簇优化小组的工作强度，提高工作效率。由于编程及工具开发小组的工作可应用到许多类似的项目，因此可作为后台支持。
- 技术经理/专家组（后台支持人员）：专家组由资深的无线网络优化工程师组成，对所有的 WCDMA 无线网络优化项目进行后台支持，主要负责特殊问题的深入分析和研究。网络优化流程中的频谱扫描和校准测试是两项可选项目。

3. 频谱扫描

在客户授权许可的情况下对优化区域进行当前网络使用频率的扫描确认，确保频率干净可用。

4. 校准测试

车载天线校准测试，测试手机外接天线校准测试，车体平均穿透损耗测试，建筑物损耗测试。外接天线到车顶、车外人行道正常通话位置进行呼叫测试，分别记录多个手机的接收功率一段时间，求平均值后，得到各种环境相对车内测试的损耗；可用同样的方法进行室内损耗测试，室内和室外接收功率比较得到室内损耗值。要求多个测试点求平均得到相应的损耗值。实际测试数据处理时，根据车内测试结果，减掉相应损耗值，得到各种环境下的信号，要求实测过程中手机的位置和校准测试一致。

1.3.2 网络优化数据采集

做好充足准备之后，进入数据采集阶段。

网络优化的数据来源主要有：DT 路测数据、CQT 拨打测试数据、OMC 性能统计数据、用户申诉信息、告警信息、其他数据。

1. DT 路测数据

DT 路测是指通过在覆盖区域内选定路径上移动，利用路测设备记录各种测试数据和位置信息的过程。

路测收集的主要信息包括：Ec/Io、Pilot Power、UE TX Power、Neighbours、Call Success/Drops and Handover statistics、FER/BLER、Delay。

路测范围主要包括：

- 重要酒店（星级）；
- 餐饮、娱乐场所、大型商场；
- 重要居民小区、办公区；
- 其他重点关注的区域。

路测设备包括：Scanner、测试手机、路测软件、GPS 等。现场测试软件可以采用 WCDMA 无线网络优化的专业测试软件。

2. CQT 拨打测试数据

拨打测试（CQT）是指在覆盖区域的重点位置进行的定点测试。主要集中在以下区域进

行 CQT 测试:

- 景点、机场、火车站、汽车站、码头;
- 重要酒店 (星级);
- 餐饮、娱乐场所、大型商场;
- 重要居民小区、办公区;
- 其他重点关注的区域。

CQT 测试数据的指标主要包括: 呼叫成功率、掉话率、呼叫时延、通话质量、数据业务平均速率等。

CQT 数据的特点:

- 包含地理位置信息;
- 受所选测试点的限制;
- 采集的信息包括呼叫成功率、掉话率、呼叫时延、通话质量、呼叫保持时间等;
- 对于新建的 WCDMA 网络, 放号前网络优化中拨打测试除了在空载条件下进行, 还要在加载条件下进行。

3. OMC 性能统计数据

OMC 性能统计数据从统计的观点反映了整个网络的运行质量状况。一般将它作为评估网络性能的最主要依据。

网络关键指标主要有:

- 接入成功率;
- 接通率;
- 掉话率;
- 软切换成功率;
- 硬切换成功率。

后台网管从大量采样数据统计的角度反映其所辖网络的运行质量; 统计的范围不一样, 有的以 RNC 为单位统计, 有的以逻辑意义上的 Cell 统计, 灵活多变; 提供计算关键性能指标的 Counters、数据业务平均速率等。

4. 用户申诉数据

普通用户作为网络服务的最终使用者, 对于网络性能的感受是最直接的。

- 最直接反映网络不足;
- 用户最为关心的, 也是必须尽快解决的;
- 包含有地理位置信息;
- 一般表现为信号覆盖质量差、呼通困难以及掉话频繁等。

5. 告警信息

告警信息主要是指 RNC、NodeB 以及 CN 后台网管本身的告警信息。告警信息是对设备使用或网络运行中异常或接近异常状况的集中体现。在网络优化期间应该保持关注并查看告警信息, 以便及时发现预警信息或已经发生的问题, 避免发生事故。

6. 其他数据

除了前面列出的数据以外, 一般还有利用信令分析系统、网络流量测试系统、语音质量