

普通高等教育“物联网工程专业”规划教材

# 移动通信网络 优化技术与实战

邹铁刚 刘建民 张明臣 编著

清华大学出版社



普通高等教育“物联网工程专业”规划教材

# 移动通信网络 优化技术与实战

邹铁刚 刘建民 张明臣 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书主要介绍 2G 和 3G 移动通信网络优化的理论和实践技能,包括网络优化的分析方法、优化方法和优化流程,无线电波的传播特性,基站天线的原理和使用,网络覆盖的评估指标及优化方法,网络容量的影响因素、评估指标和优化方法,网络接入的信令流程、接入性能指标及优化,网络保持性能的评估指标和掉话判决机制,保持性能的影响因素和优化方法,3G 网络优化的特点、性能评估指标及优化方法,以及频谱分析仪、驻波比测试仪、基站测试仪、射频功率计、定位设备、信令分析仪、路测仪表、GIS、无线网络仿真软件、话务统计分析软件、无线网络优化平台等网络优化常用工具的使用方法等。

书中列举了大量 GSM、CDMA2000 1x、EVDO 和 WCDMA 网络的实际优化案例,通过对优化案例的剖析,可以提升读者的网络优化实践技能,加深对优化理论知识的理解和掌握。

本书适合作为高等院校相关专业的教材,也可作为移动通信网络优化与规划专业技术人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

移动通信网络优化技术与实战/邹铁刚,刘建民,张明臣编著.--北京:清华大学出版社,2015  
普通高等教育“物联网工程专业”规划教材

ISBN 978-7-302-39442-6

I. ①移… II. ①邹… ②刘… ③张… III. ①移动网—高等学校—教材 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 036593 号

责任编辑:白立军 赵晓宁

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:10.75

字 数:267 千字

版 次:2015 年 7 月第 1 版

印 次:2015 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:29.00 元



作为提升移动通信网络质量的一种有效手段,网络优化越来越受到通信业界的重视。目前,网络优化的发展呈现以下几个特点:

(1) 网络优化分工的精细化。随着网络优化技术的发展,网络优化分工越来越细化,并渗透到网络建设、运行的每个阶段。在工程建设阶段要进行工程优化,工程优化又分为单站优化、群组优化和全网优化;在网络运行阶段要进行日常优化,每一天都要对网络进行性能指标分析、网络测试、问题查找和处理,保证网络稳定、高效地运行;对于网络中比较突出的问题或是根据市场发展的需要,要进行专项优化;为了全面诊断网络、提升网络整体质量,要定期进行全网的系统优化。

(2) 网络优化深度的层次化。目前网络优化分为3个层次:初级优化、中级优化和高级优化。初级优化的主要内容包括网络测试、投诉处理、网络数据采集等;中级优化主要涵盖优化数据分析、日常网络质量问题的分析解决、专项优化方案的制订与实施、应急通信保障等内容;高级优化则主要侧重于系统优化方案的制订和组织、网络深层次问题的挖掘和处理、网络总体质量的提升等内容。

(3) 网络优化从业人员不断增加。起初,只有网络运营公司配备专职的网络优化人员,无线设备厂家提供高级优化的技术支持。如今,不仅网络运营公司的网络优化队伍不断扩大,而且无线设备厂家也配备了大量的专职优化人员。他们不仅为运营公司提供免费的技术支持,也设置了专门的优化部门提供收费的高级优化服务。不仅如此,面对巨大的网络优化需求,很多专业优化公司也应运而生。这些专业网络优化公司主要承包设备厂家的工程优化项目,以及为网络运营公司提供初级优化服务。

(4) 网络优化人才稀缺。网络优化人才特别是中高级优化人才的培养周期比较长,面对日益增长的需求,人才缺口较大。

基于移动通信行业对于网络优化人才的大量需求,作者编写了这本网络优化教程。作者将十余年积累的网络优化经验,融化在教程的编写之中。教程中讲解的每一种网络优化方法,都辅以精彩的实战案例进行详细剖析,以期使本书的内容深入浅出、易于理解和掌握,并且生动活泼,无枯燥乏味的感觉。

本教程系统地讲解了GSM、CDMA 2000 1x、WCDMA、EVDO等网络的优化方法,全书共7章。

第1章讲述网络优化的必要性、内容和目标,介绍常用的网络分析方法以及天线调整、参数优化等常用的优化方法,最后介绍了网络优化的分类和优化流程。

第2章网络覆盖优化,首先阐述了无线电波的传播理论以及基站天线的原理、特性和使用,接下来介绍了网络覆盖的评估指标,并以案例分析的方式讲解无线网络覆盖的常见问题和优化方法。

第3章网络容量优化,首先介绍话务量和呼损率等通信网容量方面的基本知识,然后比较详细地阐述了CDMA 2000 1x和GSM网络容量的影响因素,接下来介绍了无线网络容量

的评估指标,最后通过多个典型优化案例的分析来讲解网络容量的优化方法。

第4章接入性能优化,首先系统地讲解 CDMA 2000 1x 和 GSM 网络的接入流程,然后介绍了呼叫建立成功率、寻呼成功率和接入时长等接入性能评估指标。在优化方法部分,以案例分析的方式讲解了接入参数优化、干扰和设备故障对接入性能的影响、网络结构不合理和天馈系统引起的接入性能下降等问题以及相应的优化措施。

第5章保持性能优化,首先介绍掉话率、里程掉话比、话务掉话比等描述保持性能的基本指标,然后对 CDMA 2000 1x 和 GSM 网络的掉话判决机制和小区切换机制进行了细致的讲述。在优化方法部分,以案例分析的方式讲解了影响保持性能的诸多因素,如链路质量差、切换失败、网络干扰、参数设置不合理等,并提出了相应的优化方法。

第6章 3G 网络优化,首先对 3G 与 2G 网络优化的相同和不同之处进行比较,然后探讨了 3G 网络在网络覆盖、接入性能、保持性能和业务速率方面的评估指标。在优化方法部分,以案例分析的方式讲解了前反向覆盖差、资源不足、资源调度算法、参数设置、切换和干扰等因素对 3G 网络质量的影响,并通过具体分析提出相应的优化方法。

第7章网络优化工具的使用,首先介绍网络优化常用的硬件工具,包括频谱分析仪、驻波比测试仪、基站测试仪、射频功率计、定位设备、信令分析仪、路测仪表等,然后介绍了网络优化常用的软件工具,包括 GIS、无线网络仿真软件、网优平台等。

本书的第1、第4和第7章由邹铁刚编写,第2和第3章由刘建民编写,第5和第6章由张明臣编写。

感谢南开大学滨海学院电子系主任李维祥教授以及天津大学沈宝锁教授对本书写作的大力支持和悉心指导并审核初稿。

在本书写作过程中,天津市通信行业协会理事长、原中国联通天津分公司总经理李震平先生提出的宝贵意见使作者受益匪浅,在此致以诚挚的谢意。

由于作者水平有限,书中难免有不当和疏漏之处,请各位读者批评指正。

编者  
2015年4月

<b>第 1 章 网络优化概述</b> .....	1
1.1 网络优化的必要性、内容和目标 .....	1
1.1.1 网络优化的必要性 .....	1
1.1.2 网络优化的内容 .....	2
1.1.3 网络优化的目标 .....	2
1.2 网络分析方法 .....	2
1.2.1 网络测试分析 .....	3
1.2.2 网络性能统计 .....	5
1.2.3 用户投诉分析 .....	5
1.3 网络优化方法 .....	5
1.3.1 天线调整 .....	5
1.3.2 参数优化 .....	6
1.3.3 网络结构调整 .....	6
1.3.4 网络资源调整和网络扩容 .....	6
1.3.5 增建直放站或室内分布系统 .....	7
1.4 网络优化分类及流程 .....	8
1.4.1 工程优化 .....	8
1.4.2 日常优化 .....	10
1.4.3 系统优化 .....	11
1.4.4 专项优化 .....	13
习题 .....	13
<b>第 2 章 网络覆盖优化</b> .....	15
2.1 无线电波传播 .....	15
2.1.1 无线通信信道的特点 .....	15
2.1.2 无线电波传播的方式 .....	16
2.1.3 无线电波传播中的各种效应和损耗 .....	18
2.1.4 无线电波传播模型 .....	19
2.2 天线原理和使用 .....	21
2.2.1 天线的基础知识 .....	21
2.2.2 天线的基本特性 .....	23
2.2.3 天线的工程参数 .....	25
2.3 网络覆盖的评估指标 .....	28

2.3.1 Rx_Power .....	28
2.3.2 $E_c/I_o$ .....	28
2.3.3 Tx_Power .....	28
2.4 无线网络覆盖优化实战案例详解 .....	29
2.4.1 弱覆盖问题及优化 .....	29
2.4.2 越区覆盖问题及优化 .....	34
习题 .....	38
<b>第3章 网络容量优化 .....</b>	<b>42</b>
3.1 无线网络容量概述 .....	42
3.1.1 话务量 .....	42
3.1.2 呼损率 .....	44
3.2 CDMA 2000 1x 的网络容量 .....	45
3.2.1 网络带宽 .....	45
3.2.2 基站的频点配置 .....	45
3.2.3 反向容量 .....	46
3.2.4 前向容量 .....	47
3.3 GSM 的网络容量 .....	48
3.3.1 网络带宽 .....	48
3.3.2 频率复用方式 .....	49
3.3.3 基站的频点配置 .....	50
3.3.4 基站的数量 .....	52
3.3.5 语音编码 .....	52
3.4 无线网络容量的评估指标 .....	53
3.4.1 CDMA 网络容量评估指标 .....	53
3.4.2 GSM 网络容量评估指标 .....	54
3.5 无线网络容量优化实战案例详解 .....	54
3.5.1 CDMA 系统容量优化 .....	54
3.5.2 GSM 系统容量优化 .....	58
习题 .....	63
<b>第4章 接入性能优化 .....</b>	<b>66</b>
4.1 接入流程 .....	66
4.1.1 CDMA 2000 1x 网络接入流程 .....	66
4.1.2 GSM 网络接入流程 .....	70
4.2 接入性能的评估指标 .....	72
4.2.1 呼叫建立成功率 .....	72
4.2.2 寻呼成功率 .....	72
4.2.3 呼叫建立时长 .....	72
4.3 接入性能优化实战案例详解 .....	73

4.3.1	CDMA 2000 1x 接入性能优化 .....	73
4.3.2	GSM 接入性能优化 .....	76
习题	.....	78
<b>第 5 章</b>	<b>保持性能优化</b> .....	<b>81</b>
5.1	保持性能的评估指标 .....	81
5.1.1	网管统计指标 .....	81
5.1.2	DT/CQT 指标 .....	82
5.2	掉话判决机制简述 .....	82
5.2.1	CDMA 网络掉话判决机制 .....	82
5.2.2	GSM 网络掉话判决机制 .....	83
5.3	小区切换 .....	83
5.3.1	CDMA 小区切换 .....	84
5.3.2	GSM 小区切换 .....	84
5.4	保持性能优化实战案例详解 .....	86
5.4.1	前向链路覆盖优化 .....	86
5.4.2	反向链路覆盖优化 .....	87
5.4.3	小区切换优化 .....	88
5.4.4	网络干扰问题的解决 .....	93
5.4.5	参数设置优化 .....	96
习题	.....	97
<b>第 6 章</b>	<b>3G 网络优化</b> .....	<b>100</b>
6.1	3G 网络优化概述 .....	100
6.1.1	3G 与 2G 网络优化侧重点比较 .....	100
6.1.2	3G 与 2G 基站共址时的优化原则(CDMA 2000) .....	100
6.2	3G 网络性能评估 .....	101
6.2.1	3G 网络评估维度 .....	101
6.2.2	3G 无线网络评估指标 .....	101
6.3	3G 网络性能优化实战案例详解 .....	102
6.3.1	前向覆盖优化 .....	102
6.3.2	反向链路优化 .....	106
6.3.3	资源不足优化 .....	107
6.3.4	资源调度优化 .....	109
6.3.5	参数设置优化 .....	111
6.3.6	越区切换优化 .....	112
6.3.7	干扰问题的解决 .....	113
习题	.....	115



<b>第 7 章 网络优化工具的使用</b> .....	116
7.1 硬件工具 .....	116
7.1.1 频谱分析仪 .....	116
7.1.2 驻波比测试仪 .....	118
7.1.3 基站测试仪 .....	120
7.1.4 射频功率计 .....	124
7.1.5 定位设备 .....	126
7.1.6 信令分析仪 .....	128
7.1.7 路测仪表 .....	131
7.2 软件工具 .....	134
7.2.1 地理信息系统 .....	134
7.2.2 无线网络仿真软件 .....	143
7.2.3 话务统计分析软件 .....	148
7.2.4 无线网络优化平台 .....	151
习题 .....	155
<b>附录 爱尔兰 B 表</b> .....	157
<b>参考文献</b> .....	161

# 第 1 章 网络优化概述

## 学习目的与要求

在移动通信网络质量越来越受到重视的今天,网络优化作为提高网络质量的重要手段,也越来越为网络运营者所青睐。

网络优化是一项系统的、综合性的移动通信网络技术,通过本章的学习,读者将对网络优化技术有一个概要的了解,初步掌握网络优化的一些基本概念和内容。

## 本章主要内容

- 网络优化的必要性、目标和内容;
- 网络测试分析和优化的一些基本方法和手段;
- 网络优化的分类和流程等。

## 1.1 网络优化的必要性、内容和目标

### 1.1.1 网络优化的必要性

随着移动通信在我国和世界范围内的迅速发展,人们对网络质量的要求也越来越高,因而移动通信网络运营商也越来越重视网络优化工作,以期不断地提升移动通信网络质量或是把网络质量维持在一个比较高的水准。那么,什么是移动通信网络优化呢?

一般来说,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的过程。

网络优化对于移动通信网络来说是一项必需且持久的工作,因为移动通信网络是动态变化的,网络质量也在随之上下波动。造成网络质量波动的原因主要有以下几点:

- (1) 用户数量增加导致网络干扰增加或容量不足。
- (2) 新增建筑对基站信号造成阻挡,导致阴影区域覆盖变差。
- (3) 新建居民小区或工商业建筑内部信号覆盖差。
- (4) 突发外部干扰或网络内部干扰。
- (5) 天馈系统性能老化。
- (6) 基站设备故障。
- (7) 新增基站或直放站等设备对周边基站的覆盖质量造成影响。
- (8) 既有基站拆除导致周边地区覆盖变弱。

由此可见,如果不进行网络优化,那么移动网的质量就会逐渐下降,用户的不满意度也会逐步增加,最终导致网络质量恶化、用户离网。因此,进行网络优化是维持和提升网络质量的必备手段。

### 1.1.2 网络优化的内容

对于移动通信网来说,网络优化包括无线网络优化和核心网优化。由于无线网情况复杂、网络质量波动较大,而核心网相对稳定,所以一般情况下,移动通信网中的网络优化单指无线网络优化。

网络优化工作涵盖面广,涉及内容较多,一般包括以下内容:

- (1) 网络测试与分析。
- (2) 网络运行性能指标监测与分析。
- (3) 无线网络质量相关用户投诉处理。
- (4) 网络参数优化。
- (5) 网络资源优化。
- (6) 网络干扰排查。
- (7) 新入网基站优化。
- (8) 网络结构优化。
- (9) 区域综合优化。

### 1.1.3 网络优化的目标

在移动通信网络运营公司里,对网络优化工作的目标也有着不同的看法。总体来说,可以从网络、用户和公司经营发展 3 个不同的角度去定义网络优化的目标。

从网络角度:

- (1) 确保网络稳定、高效运行,解决网络中现有和潜在的问题,提高网络运行质量。
- (2) 合理调配网络资源,提高资源利用率。

从用户角度:

- (1) 改善和解决用户使用中的网络质量问题。
- (2) 不断提升网络服务质量,改善用户使用感受。

从公司经营发展角度:

- (1) 通过提升网络质量推动市场发展和用户维系。
- (2) 通过资源优化、降低网络成本,从而提高市场竞争力。

## 1.2 网络分析方法

通过网络分析可以获知网络运行质量、发现网络问题及导致问题的原因,是网络优化过程的第一个环节,也是至关重要的一步。网络分析的方法主要有网络测试分析、网络性能统

计和用户投诉分析。

### 1.2.1 网络测试分析

常用的网络测试方法有 CQT、DT、频谱分析、信令采集分析、基站性能测试、天馈性能测试等。

#### 1. CQT

CQT(Call Quality Test, 拨打测试)的具体测试过程为:首先根据测试的目的选择测试点,然后在每个测试点用手机进行一定数量的语音呼叫或数据业务,并记录测试结果,如接收电平、发射电平、是否接通、是否掉话、通话过程中有无杂音或断续、有无单通现象、数据下载或上传速率等。具体记录内容可因测试目的不同而异。

例如,对某 6 层高居民楼进行 CDMA 网络的 CQT,其记录结果如表 1-1 所示。

表 1-1 CQT 记录结果示例

楼层	测试点	主用 PN	接收电平 /dBm	导频强度 /dB	发射电平 /dBm	试呼次数	拨通次数	掉话次数	通话质量 (问题、次数)
1 楼	1	186	-82	-12	-12	3	3	1	噪声 1 次
	2	186	-80	-11	-18	3	3	0	噪声 1 次
	3	42	-88	-14	-8	3	2	1	噪声 1 次
3 楼	1	186	-78	-10	-20	3	3	0	好
	2	186	-77	-9	-25	3	3	0	好
	3	42	-80	-12	-12	3	3	0	好
5 楼	1	186	-72	-6	-31	3	3	0	好
	2	42	-74	-8	-25	3	3	0	好
	3	330	-78	-11	-19	3	3	0	好
合计					27	26	2		

CQT 的优点是测试人可以直观地感受并记录测试地点的通话质量情况,测试结果与用户使用业务的感受非常接近;缺点是测试工作量大,需要比较多的人力和时间。

#### 2. DT

DT(Drive Test, 路测)是指借助测试软件、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试,然后通过分析处理软件对测试数据进行统计分析,对网络进行评估和问题查找。

通过 DT 测试,一方面可以记录测试路线的网络质量情况,如掉话、接入失败等;另一方面还可以采集到测试手机与网络之间的信令交互,有利于查找分析问题。

例如,对某市的 CDMA 和 GSM 网络进行 DT 总体分析,其结果如表 1-2 所示。

表 1-2 某市 CDMA 及 GSM 网络 DT 总体分析结果

网络	总采集点数	覆盖率/%	接通率/%	掉话率/%	试呼次数	掉话次数	接通次数
CDMA	53 628	98.11	100	0	286	0	286
GSM	28 901	99.19	96.97	0	132	0	128

DT 的优点是可以快速地完成很大范围的测试,而且可以对测试结果进行自动统计,并能采集空口信令;缺点是无法记录通话过程中的单通、杂音等情况,有时测试结果与用户使用业务的体验有一些偏差。

### 3. 频谱分析

频谱分析主要用于干扰信号的查找、定位。移动通信网的信号是用无线方式传输的,极易受到网内或网外的信号干扰。干扰会使误码率增加、话音质量降低甚至发生掉话现象。

为了保证网络的通信质量,在网络优化的过程中,需要经常对网络的各种干扰信号进行详细分析。如果干扰信号来自网络内部,则需通过频率调整、基站覆盖范围调整等手段解决;如果干扰来自网络外部,则需在确定干扰源后,协调相关方对相应的信号发射设备进行处理,必要时可以寻求当地无线电管理部门的帮助。

### 4. 信令采集分析

信令采集分析是网络优化工作的常用手段之一。一方面,信令网络的高效、通畅运转是网络服务质量的前提;另一方面,网络中的很多问题在信令上均有一定的表现,通过对信令流程的监视、分析,可以为网络优化工作提供线索和帮助。

信令的采集分析可以通过信令协议分析仪来进行。对于不同的接口协议,需要使用不同的信令分析仪。对于无线网络优化来说,主要涉及 Um 接口和 A 接口。Um 接口信令可以使用 DT 测试设备采集,而 A 接口信令需要使用专门的 A 接口信令分析仪。

### 5. 基站性能测试

在有些情况下,网络的问题是由于基站设备的故障或基站性能下降造成的,这时就需要对基站性能进行测试。测试基站性能需使用基站测试仪。通过基站测试仪,可以对基站的发射机功率、频谱、相位、频率误差,以及接收机的误码率和接收灵敏度等指标进行测试和分析。

### 6. 天馈系统测试

移动通信基站的天馈系统包括基站的天线和馈线。基站信号的发射和接收都是通过天馈系统来完成的,因此天馈系统的质量直接影响到无线信号的覆盖质量和通话质量。

天馈线系统的故障主要发生在天线和馈线电缆的接头处。如在安装时工艺不符合规范,接头处就会对电信号造成较大的损耗;经过长期的日晒雨淋,接头处也可能会进水,若不能及时发现并进行处理,则会进一步损坏馈线。

对天馈系统性能的测量主要通过测试其电压驻波比(Voltage Standing Wave Ratio, VSWR)来进行,一般简称驻波比。电磁波从甲介质传导到乙介质时,由于介质不同,电磁波的能量会有一部分被反射,从而在甲区域形成“驻波”。电压驻波比指驻波的电压峰值与电



压谷值之比。在移动通信工程中,一般要求基站天馈系统的  $VSWR < 1.3$ 。

驻波比可以用驻波比测试仪来测量,也可以使用具有多种功能的网络测试仪来测量。

## 1.2.2 网络性能统计

移动通信网的操作维护系统提供了详细的网络运行数据,可以方便地统计网络的负荷和性能指标等情况。网络维护和优化人员可以利用 MSC(Mobile Switching Center, 移动交换中心)和 BSC(Base Station Controller, 基站控制器)软件的维护管理终端或网络管理系统,随时获取网络运行情况的统计数据。这些数据包括话务量、掉话率、呼叫建立成功率、寻呼成功率等。网络性能统计的粒度可以大到整个本地网,小到每个基站的每个载频和每个扇区。

网络性能统计的数据来源是移动网的全部用户,因而更能反映网络运行的整体情况。另外,网络性能统计比较方便,可以随时获取任意一个 MSC、BSC、基站或扇区的运行数据。

## 1.2.3 用户投诉分析

当移动用户对网络质量不满时,有些用户会通过各种渠道进行投诉,最常见的投诉渠道是客服电话,如中国移动的 10086、中国电信的 10000 等。通过对投诉的内容、地点、引起投诉的原因等情况的分析,可以获知网络中存在的影影响用户体验的主要问题,以及存在问题较多的区域等情况。

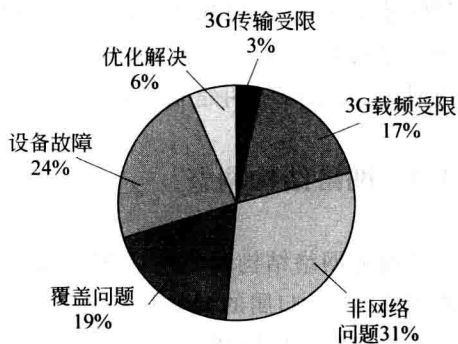


图 1-1 某地 3G 网络的投诉分析

图 1-1 所示为某地 3G 网络的投诉分析情况。

从图中可以看出,该网络的用户投诉中,设备故障引起的投诉比例最大,占 24%;其次是网络资源不足(包括传输资源和载频资源),占 20%;网络覆盖问题占 19%。

## 1.3 网络优化方法

针对不同的网络问题可以灵活采用各种优化方法来对移动网进行优化。常用的优化方法有天线调整、参数优化、网络结构调整、网络资源调整和网络扩容、增建直放站或室内分布系统等。

### 1.3.1 天线调整

基站天线的型号、方位角、倾角、性能等对网络覆盖质量有直接的影响。不同型号的天线有着不同的电磁波覆盖特性,不同类型的地区需要选择不同型号的天线。

天线的方位角决定了基站信号的覆盖方向。一般来说,基站天线的方位角应朝向用户分布较为密集的区域,而且同一基站 3 个扇区天线的方位角应保持合适的间隔。

天线的倾角对基站的覆盖距离有较大的影响。天线倾角越大,覆盖距离越近;倾角越小,覆盖距离越远。因而,在调整基站的覆盖范围时,常常通过调整天线的倾角来进行。

### 1.3.2 参数优化

参数优化也是移动网络优化常用的手段之一。移动网有多种参数,如小区配置参数、切换参数、功率控制参数、接入参数等。这些参数对移动网的性能有很大的影响。例如,切换参数中的 T\_ADD 参数,它决定了基站的导频强度达到多高才能进入激活导频集,被移动台所解调。如果 T\_ADD 设置过低,会导致过于频繁地切换以及基站资源的浪费;如果 T\_ADD 设置过高,会导致一些较强的基站信号不能及时进入激活导频集,从而对通话造成干扰甚至掉话。

在进行参数优化时,需要注意到一些参数不止影响一项网络性能。调整参数时要保持网络不同性能之间的平衡。例如,寻呼时隙周期参数(Slot Cycle Index,SCI)既影响移动台的呼叫建立时长,也影响到移动台电池的待机时长。为了缩短移动台的呼叫建立时长,可以减小寻呼时隙周期,但是移动台电池的待机时长也会相应缩短。因此在优化寻呼时隙周期参数时,就要兼顾呼叫建立时长和移动台电池待机时长两个方面的性能。

### 1.3.3 网络结构调整

常见的网络结构调整包括 MSC 管辖区域的调整、位置区范围的调整、BSC 管辖基站数量的调整、BSC 归属的调整和基站归属的调整等。

网络结构对网络质量的影响是多方面的。例如,不同 MSC 交界的地区网络质量会有所降低,主要表现在这些地区的用户会比较频繁地丢失寻呼信息;如果一个 BSC 下辖的基站数量过多,会导致 BSC 的处理能力不足,从而影响移动台的接入性能;如果位置区划分不合理,会影响寻呼性能。

有这样一个真实的案例。某市运营商在建网的初期,由于缺乏经验,将 MSC 交界设置在市区的繁华地带。网络开通运营后,这些地区的用户经常收不到被叫信息,导致用户的极度不满。直到进行第二期工程时,对全网的 MSC 管辖区域进行了重新划分,将 MSC 交界移到人口较为稀少的地区,这个问题才得以解决。

### 1.3.4 网络资源调整和网络扩容

随着用户数量的增长,可能会出现网络容量不能满足用户通信需求的情况。在语音业务方面,一般表现为用户的呼叫建立成功率降低;在数据业务方面,主要表现为用户业务速率下降。

解决网络资源不足的方法有两种,即网络资源调整和网络扩容。

#### 1. 网络资源调整

当移动网出现资源不足的情况时,首先应考虑进行网络内部的资源调整。

网络资源的分配一般是在网络规划阶段完成的,如基站的载频数量配置、信道板的配置

等。但在网络运营过程中,用户的发展往往是不均衡的,是在网络规划阶段预料不到的。这就会导致某些地区设备的资源空闲较多,而某些地区设备的资源非常紧张。

网络资源调整就是遵循“拆闲补忙”的原则,重新分配网络资源,将利用率较低的设备上资源迁移到利用率较高的设备上使用,使网络资源得到充分的利用。

## 2. 网络扩容

网络扩容是指通过增加设备配置的方式增加设备容量,使之获得更大的业务处理能力。网络扩容是解决网络资源不足最直接、有效的办法,但需要投入较多的成本。

无线网络扩容包括 BSC 扩容和基站扩容,以基站扩容最为常见。例如,对于一个配置为 2/2/2 的 GSM 基站,当它的 0 扇区发生资源不足的情况时,就可以将其 0 扇区的载频数量由 2 个增加到 3 个,基站的整体配置由 2/2/2 扩容为 3/2/2。

### 1.3.5 增建直放站或室内分布系统

在网络优化过程中,常常会发现通过对既有网络的优化调整,难以彻底解决某些区域的网络覆盖质量问题。这些地点或是距离既有基站太远,或是基站信号被某些建筑物阻挡,难以对该处形成良好的覆盖。这时,就需要增建直放站或是室内分布系统。

#### 1. 直放站

在移动通信网中,经常存在一些面积不是很大的弱覆盖区,不值得建设一个基站来解决覆盖问题;或是该地区地形条件比较特殊,如隧道、地下商场等,不适合建设普通的基站。这时,往往采用直放站来作为解决网络覆盖问题的方案。

直放站一般由近端机和远端机组成。近端机位于基站附近,获取基站信号并通过光纤或无线方式发送给远端机。远端机位于需要覆盖的地区,它将近端机传送来的基站信号进行放大,并通过天线发射出去。直放站一般分为光纤直放站和无线直放站。光纤直放站的近端机和远端机之间通过光纤连接(图 1-2);无线直放站的近端机和远端机之间通过无线方式连接。

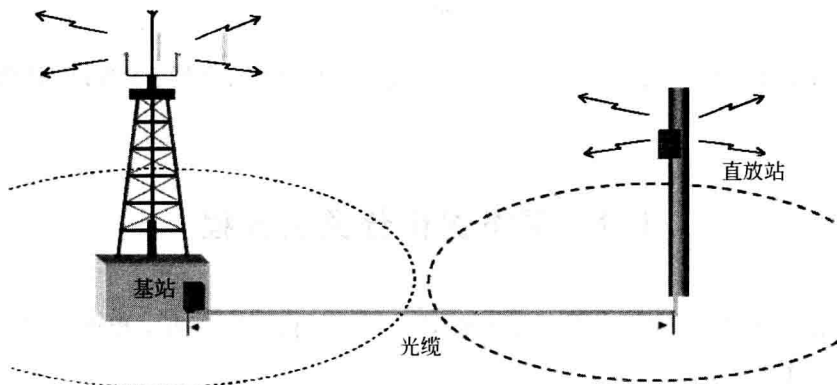


图 1-2 光纤直放站

使用直放站的好处是安装简便,建设周期短,节省投资。

## 2. 室内分布系统

由于室内无线环境的特殊性,导致室内信号在网络覆盖、容量及质量方面需要不断完善。

(1) 覆盖方面。由于建筑物自身的屏蔽和作用,造成了无线电波较大的传输衰耗,形成了移动信号的弱覆盖区甚至盲区。

(2) 容量方面。在高校、大型购物广场、会展中心等人群集中的建筑内,由于移动用户密度较高,局部网络容量不能满足用户需求,无线信道易发生拥塞。

(3) 质量方面。建筑物高层空间极易发生频率干扰,服务小区信号不稳定,易发生乒乓切换,影响话音质量。

室内分布系统是用于改善建筑物或其他封闭环境中移动通信网络覆盖质量的一种有效方法。该方法是利用室内天线分布系统将基站的信号均匀分布在室内的各个区域,从而保证建筑物内部拥有理想的信号覆盖质量。

室内分布系统一般由信号源、耦合器、功率放大器、功分器和天线组成(图 1-3)。信号源可采用微蜂窝基站,或利用直放站放大附近基站的信号作为信号源。天线一般采用吸顶天线,安装在天花板上。

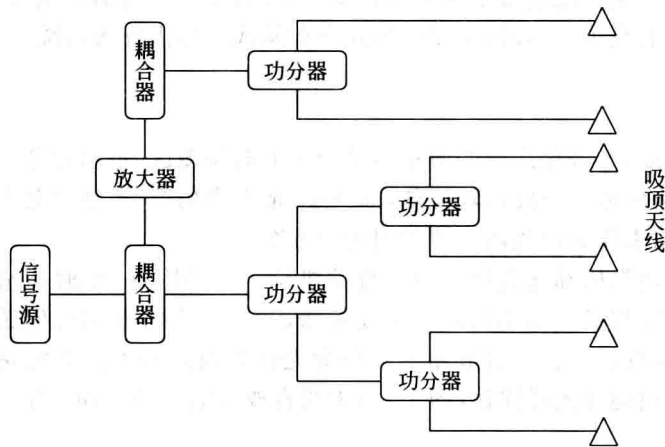


图 1-3 室内分布系统

室内分布系统一般应用于办公楼、宾馆、公寓、车站、机场、商场、体育馆、购物中心等大型建筑。

## 1.4 网络优化分类及流程

根据网络优化实施的阶段、目标和内容不同,网络优化可以分为工程优化、日常优化、系统优化和专项优化。

### 1.4.1 工程优化

新基站建成后,其设备参数和天线角度等都是按照规划数据设置的。但是,由于移动网