

## 网络优化基础知识

无线网络优化,无论在网络建设期间,还是在网络完善期间,都是不可缺少的维护手段。网络优化是一门极其复杂的专业,有无线网络优化和核心网网络优化之分。要深入掌握无线网络优化,无论是理论知识要求,还是实践经验要求都比较高,它是多学科、多部门合作的结果。掌握好无线网络优化基础知识,会在实际工作中起到事半功倍的作用,会更容易理解各种参数的含义,也会更容易掌握数据分析方法。

本章首先介绍网络优化的基本概念;接着,讨论网络优化的目标、内容和流程以及考核指标等;最后,对网络规划、优化中常见的基础理论知识做了简要的注释。

教学参考学时 4 学时



学习目的与要求

读者学习本章,要重点掌握以下内容:

- 网络优化的概念;
- 工程网络优化和日常网络优化的区别;
- 网络优化的目标、内容及其流程;
- 网络优化所用到的工具;
- 网络评估指标;
- 网络优化工作规范;
- 话务量的概念及计算;
- 切换的理解和分类;
- 号码计划;
- 2G、3G 和 4G 系统结构;
- dB、dBm 等单位的换算。

### 1.1 网络优化概述

随着社会经济的高速发展,人们对信息的获取方式和内容要求也越来越高,移动通信的业务需求从最初的语音业务需求到简单的低速率业务的需求,再到今天“三网融合”的高速多业务的需求,如何保证通信网络的质量,这对网络规划、优化以及维护保障人员提出了更高的要求 and 标准。那么,什么是网络优化呢?它是指通过一系列的针对移动系统的专业测试、专业分析,发现问题并解决问题,同时深度开发系统的潜能和提高系统运行的性能。网络优化对象通常包括数据业务核心网、电路交换核心网、无线接入网等(本书主要针对无线

接入网的优化即无线通信网络优化)。影响通信网络的因素比较多,有客观的因素,如无线环境的不断变化、无线设备的故障等;也有主观的因素,如人为将手机电池在通话中取出导致掉话、网管人员乱修改无线参数以及非法人员破坏通信设施等。所以,网络优化在保障网络通信质量中占有重要位置,也是一项坚持不懈的日常维护工作。网络优化一般可以分为核心网网络优化和无线网络优化两种类型,无线网络优化又可以分工程网络优化和日常网络优化两种类型。

工程网络优化是指在涉及较大网络投资的工程建设阶段进行的优化,包括新建网络以及扩容工程的优化,该工作在工程建设完成后、投入运营之前进行,目标是通过调测和优化使网络达到验收标准并可以正常开通。对于新建网络而言,由于没有正式投入商用,网络中没有实际的用户,因此优化工作内容是通过大量 DT 和 CQT 的工作了解和验证网络性能,以保证网络的顺利开通。

日常网络优化贯穿从网络开始商用到被新的网络替代运营维护的全过程。日常网络优化不涉及较大的网络投资,其工作重点是改善客户的感知度。它根据网络性能的监测、网络故障的处理、用户投诉的响应和系统升级管理,解决明显的故障性问题。并通过网络性能、网络故障、用户投诉等信息的统计数据,进行问题分析、定位和处理,其解决的既可以是故障性问题,也可以是系统性问题,但往往是难以实时发现和解决的问题,是需要通过大量统计数据筛选才能发现的。表 1-1 为工程网络优化和日常网络优化的对比。

表 1-1 工程网络优化和日常网络优化的对比

类型 项目	工程网络优化	日常网络优化
覆盖范围	主干道及重点保障区域	所有网络规划覆盖范围深度覆盖(居民小区、学校、医院、商场、车站、机场、公共场所)
网络状态	RNC、NodeB 工作正常、主干道切换正常	RNC、NodeB 工作正常,网络状况良好切换正常,网络运行平稳,用户感知度高
实际话务量	话务量低,通过大量的 DT 和 CQT 模拟实际用户话务量	逐渐上升
工作重点	保障基站能正常工作,按照工程进度对网络进行优化	网络性能监控、故障处理、指标统计、投诉处理、KPI 指标提升

## 1.2 网络优化的目标

网络优化工作就是指通过对设备、参数的调整等对已有的网络进行优化,尽可能地利用系统资源,使系统性能达到最佳。网络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。

从网络的角度来看,网络优化的主要目的如下。

(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。

从企业角的角度来看,网络优化的主要目的如下。

(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。采用科学的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。

从用户的角度来看,网络优化的主要目的如下。

(1) 随时随地都可方便地进行移动通信。

(2) 掉话次数减少。

(3) 呼叫建立失败次数减少。

(4) 通话时语音质量不断改善。

(5) 使网络有较高的可用性和可靠性。

从运营者的角度来看,网络优化的主要目的如下。

(1) 降低掉话率。

(2) 提高切换成功率。

(3) 提高小区覆盖率。

(4) 降低拥塞率。

(5) 提高接通率。

(6) 提高上网速率。

(7) 降低断线率。

(8) 减少用户投诉。

虽然观看的角度不同,网络优化的目的也不尽相同,但归根结底,网络维护和优化都是为市场服务的,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。

## 1.3 网络优化的主要内容

网络优化工作的主要内容是无线网络优化和交换网网络优化,这两大优化内容在日常网络优化和工程网络优化中都有体现。

### 1. 无线网络优化

由于无线环境的复杂性以及维护人员的多样性,给网络优化带来了诸多不确定因素。为了保证网络覆盖、运行参数与设计参数相符,要对无线参数及 RF 参数进行优化。无线网络优化的主要内容如下。

(1) 设备排障。通信网络发展到一定规模,覆盖已经得到相当的改善,但网络质量仍然不能满足用户的要求,主要原因如下:扩容频繁中存在较多质量问题,还有就是设备的老化导致的隐性故障逐渐增多以及设备在运行过程中出现的人为损坏等。

(2) 网络规划。网络规划是网络优化中很重要的一个环节,网络规划决定着日后网络优化的范围,合理的频率规划能有效降低系统干扰,提高用户通话质量,降低用户投诉;合理的链路预算能避免许多盲区的产生;合理的站址分布能有效减少干扰、节约网络成本;良好的初期站址选择可减轻后期大量的网络优化工作量。

(3) 网络测试。利用各种测试设备和软件,根据无线电波传播特性和天馈系统传输特性以及 DT、CQT 测试和分析结果,对网络进行优化工作。

(4) 统计数据分析。当前各个设备生产厂家对网络系统的运行统计是由大量计数器完成的,并定期向 OMC 报告计数结果。观测和分析 OMC 各计数器数值,就可掌握网络的运行质量并进行故障分析。

(5) 话务平衡。调整网络中各小区之间及 900MHz 和 1800MHz 之间的话务均衡,减少网络拥塞发生的次数。合理调整网络资源可以增加网络容量,提高设备利用率,提高频谱利用率、每信道话务量等。

(6) 覆盖优化。利用微蜂窝、直放站、塔顶放大器等设备对网络覆盖进行优化,减少网络盲区。

## 2. 交换网网络优化

交换网网络优化主要是提高交换机接通率、长途来话接通率、调整网络负荷均衡(包括信令负荷均衡、设备负荷均衡和链路负荷均衡等)的优化以及对交换机路由进行优化,使信令、话务路由畅通,消除路由死循环的情况发生。

# 1.4 网络优化的工作流程

网络优化的工作流程要视具体情况而定,工程网络优化和日常网络优化以及单项(专项)网络优化其方法有一些区别。图 1-1 所示为网络优化的一般工作流程,图 1-2 所示为专项网络优化的工作流程。

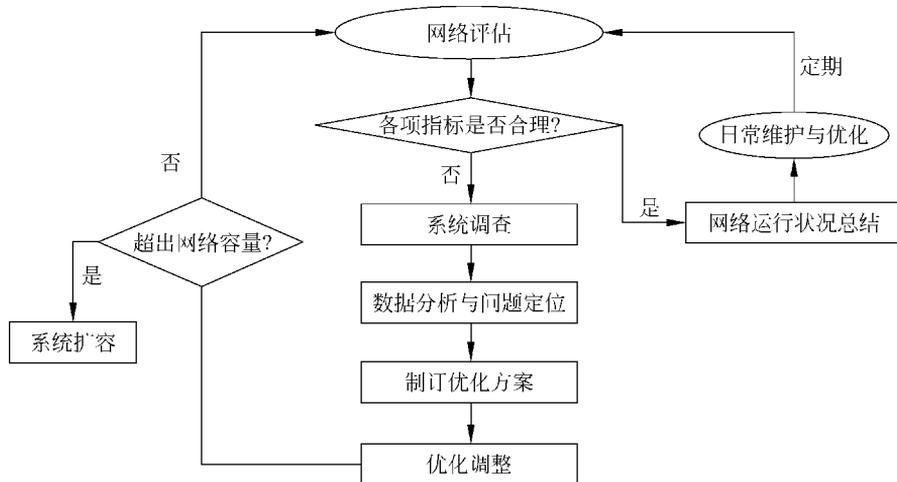


图 1-1 网络优化的一般工作流程

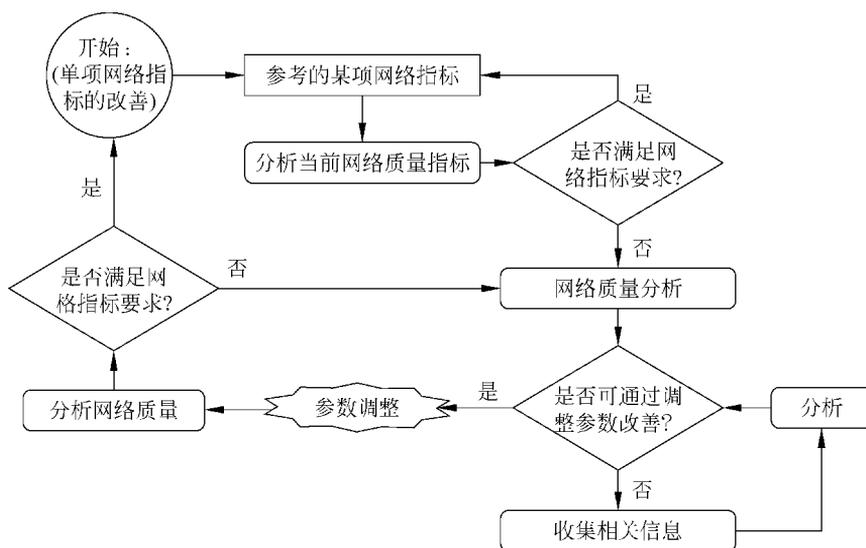


图 1-2 专项网络优化的工作流程

## 1.5 网络优化的工具

网络优化所用到的工具相对而言比较多,有 DT、CQT、OMC 以及干扰、信令等方面的工具,具体的网络优化工具如图 1-3 所示。

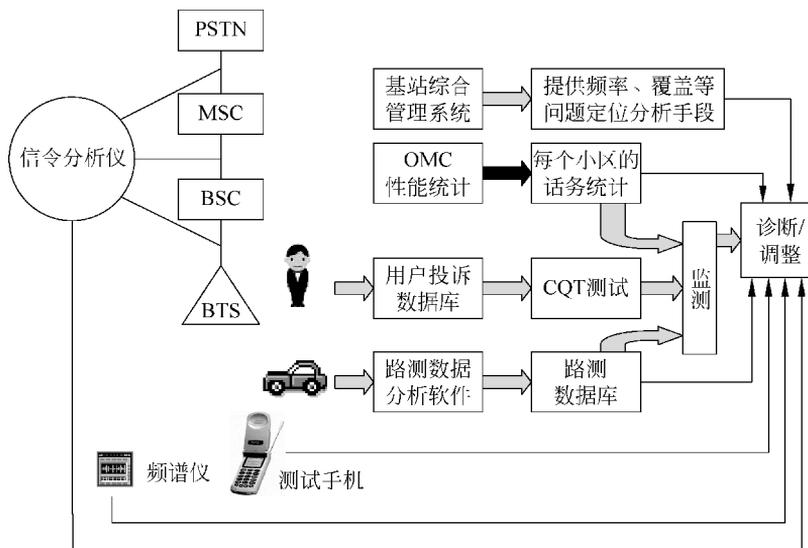


图 1-3 网络优化工具

其中,问题定位工具主要有如下几种。

(1) 路测仪: 它是由测试软件、测试手机、GPS、电子地图以及车辆等构成的路测系统。需要注意的是,对于测试手机而言,不同的厂家对其的要求不一样,有些厂家的测试手机限

于市场上普遍使用的多款手机,但有些厂家仅限于厂家自己生产的专业测试工程手机。

- (2) 信令分析仪: 在无线网络优化中一般很少使用,多用于核心网网络优化。
- (3) 分析软件: 它和测试软件配套使用,一般需要硬件加密狗才能使用。
- (4) 基站勘察仪器: 罗盘、倾角测量仪、SiteMaster、GPS 接收机、数码相机。
- (5) 报表分析: Excel 的公式、宏、图、格式。
- (6) 干扰分析: 频谱仪。

## 1.6 无线网络优化的考核指标(网络评估)

无线网络优化的考核指标,根据不同的制式系统(GSM、GPRS、WCDMA、CDMA200、TD-SCDMA),其要求会有所不同。不同运营商在不同时间里,其要求也不同。表 1-2 所示为是中国联通 WCDMA 系统 2009 年 5 月的考核评价标准。

表 1-2 中国联通 WCDMA 系统 2009 年 5 月的考核评价标准

评估项目		目标值	良好值		较好值		一般	很差
指标	要求		通用标准	单项指标最低标准	通用标准	单项指标最低标准	通用标准	零分界限
RSCP	> -85dBm 的比例	(85%,100%]	(80%,85%]	75%	(75%,80%]	65%	(65%,75%]	55%
Ec/No	> -10dB 的比例	(94%,100%]	(88%,94%]	84%	(82%,88%]	76%	(75%,82%]	70%
接通率	语音接通率	(95%,100%]	(90%,95%]	85%	(85%,90%]	80%	(80%,85%]	75%
	RRC 连接成功率	且 100%	且 100%					
DT 语音掉话率		[0,0.8%)	[0.8%,1.2%)	2%	[1.2%,2%)	3%	[2%,3%)	5%
MOS	MOS 平均值	(3.7,5]	(3.5,3.7]		(3.3,3.5]		(3.2,3.3]	3
DT 语音 BLER	<3%的比例	(99%,100%]	(98%,99%]		(96%,98%]		(94%,96%]	93%
Tx Power	< 0dBm 的比例	(98%,100%]	(97%,98%]		(95%,97%]		(92%,95%]	90%
	建立成功率	(95%,100%]	(90%,95%]		(85%,90%]		(80%,85%]	75%
	掉线率	[0,5%)	[5%,10%)		[10%,15%)		[15%,20%)	25%
HSDPA	平均吞吐率	>1.2Mbps	(1,1.2]Mbps	800Kbps	(800,1024]Kbps	500Kbps	(600,800]Kbps	500Kbps
	平均吞吐量低于 1Mbps 的比例	[0,20%)	[20%,25%)		[25%,30%)		[30%,40%)	50%
质量等级基本分		100	80		60		40	0
服务等级建议		2009 年年底前优化目标	基本可以商用		一定范围内放号试商用		优化难度较低	优化难度较高

## 1.7 网络优化的工作规范

### 1.7.1 网络优化项目档案管理

项目档案管理的目的是建立统一的管理平台,从而对测试采集的数据、分析报告以及实施方案等进行有效的管理和维护;对工作的进程进行有效的记录;对网络的变动情况进行有效的跟踪;对网络配置的更改进行跟踪和记录,以督促项目组全面地、有条不紊地开展各项工作。

项目档案由项目经理负责创建和维护。待项目结束后,由项目经理将项目档案归档到项目管理工程师处。

项目数据库的管理要求如下。

- (1) 当天数据当天归档。
- (2) 对于参数配置和基站库的变化,一定要及时记录,及时刷新。
- (3) 项目档案要经常备份,以防数据意外丢失。

项目数据库一般包括如下内容。

- (1) 项目合同书。
- (2) 项目建议书。
- (3) 项目立项报告。
- (4) 项目管理规定。
- (5) 作业指导书。
- (6) 基站数据库。
  - ① 初始基站数据库。
    - a. 小区名、CI、LAC、归属 BSC、经纬度、天线型号、分集方式、天线挂高、水平角、俯仰角。
    - b. 电子地图(标明基站位置和站名)。
    - c. 网络拓扑结构(GMSC、MSC、HLR、PSTN、SMC、BSC、BTS 的信令/业务的链路/中继)。
  - ② 变动说明。
  - ③ 最新基站数据库。
- (7) 配置参数。
  - ① 初始配置参数。
    - a. 频率配置(BCCH 频率、其他 TRX 频率配置、是否跳频、跳频方式、MA、HSN)。
    - b. 信道配置(SDCCH/4、SDCCH/8 的数量、位置,GPRS 专用信道配置、TCH 的数量)。
    - c. 小区选择和重选参数配置。
    - d. 寻呼参数配置(寻呼复帧、保留块数、寻呼次数、间隔、IMSI/TMSI 寻呼方式)。
    - e. 系统接入参数(Tx、M、T3122、周期性位置更新定时器)。

- f. 切换参数配置(包括邻区配置)。
- g. 功率控制参数配置(包括基站发射功率)。
- h. 其他。
  - ② 变动说明。
  - ③ 最新配置参数。
- (8) 参数。
  - ① 参数分析报告。
  - ② 参数调整方案。
- (9) DT/CQT。
  - ① DT/CQT 测试数据。
  - ② DT/CQT 统计分析报告。
- (10) 基站勘察。
  - ① 勘察数据(勘察记录及照片)。
  - ② 勘察报告。
- (11) 干扰测试(测试图及报告)。
- (12) 投诉处理数据库。
- (13) 调整方案。
  - ① 工单。
  - ② 执行情况。
  - ③ 效果评估。
- (14) 技术培训资料库。
- (15) 项目总结验收报告。
- (16) 项目验收证书。
- (17) 项目总结(内部,包括案例的总结、周报、月报和年度工作报告等)。
- (18) 设备相关资料。
- (19) 项目奖金分配方案及人员评估报告。

### 1.7.2 网络优化设备管理

网络优化设备也是一个公司的固定资产,主要包括测试计算机、测试手机、测试软件(和配件)、GPS 以及相关的仪器仪表等,其使用和日常维修以及报废都应该由专人负责管理,不同公司会根据设备量的情况来分配人员管理。

网络优化设备的管理流程大致有如下几个程序。

- (1) 设备申报。
- (2) 设备领取与入库。
- (3) 设备领用。
- (4) 设备归还。
- (5) 设备的维护与报废。
- (6) 设备的丢失。

在每个程序中,各个企业具体的处理流程可能不尽相同,这在企业入职培训中都有详细的介绍。

## 1.8 网络规划、优化基础理论知识

### 1. 话务量的单位

话务量  $A$  的单位是 erl (爱尔兰),即单位时间(1h)内平均发生的呼叫次数  $\lambda$  和每次呼叫平均占用信道时间  $S$  的乘积,计算公式为  $A = S(\text{小时/次}) \times \lambda(\text{次/小时})$ , 1erl 表示平均每小时用户要求通话的时间为 1h。

### 2. $E_c/I_o$

$E$  是 Energy(能量)的简称。

$c$  是 Chip(码片)的简称,其指的是 3.84Mcps 中的 Chip。

$I$  是 Interfere(干扰)的简称。

$o$  是 Other Cell 的简称。

$E_c$  是指一个 Chip 的平均能量,其单位是焦耳。

$I_o$  是来自于其他小区的干扰的意思,也是指能量。

$E_c/I_o$ : 它体现了所接收信号的强度和相邻小区干扰水平的比值,它是一个反映手机端当前接收的导频信号(Pilot)的水平值。

### 3. 软切换

软切换是指移动台在从一个小区进入另一个小区时,首先建立与新基站的通信,直到接收到的原基站信号低于一个门限值时再切断与原基站的通信的切换方式,简单地讲,就是“先连后断”。在 3G 系统同频组网中,不同小区之间的切换都是软切换,它是由 UE 发起, RNC 执行的。

### 4. 硬切换

硬切换是指移动台在从一个小区进入另一个小区时,首先断掉与原基站的联系,然后再寻找新进入的小区基站进行联系的切换方式,简单地讲,就是“先断后连”。GSM 系统内的切换、GSM 系统和 3G 系统的切换以及 3G 异频网络之间的切换都是硬切换,它是由 UE/MS 发起, RNC/BSC 执行的。

### 5. 服务区

服务区是指移动台可获得服务的区域,即不同通信网(如 PLMN、PSTN 或 ISDN)用户无须知道移动台的实际位置而可与之通信的区域。

一个服务区可由一个或若干个公用陆地移动通信网(PLMN)组成,它既可以是一个国家或是一个国家的一部分,也可以是若干个国家。

### 6. 小区的概念

小区是指采用基站识别码或全球小区识别进行标识的无线覆盖区域。在采用全向天线结构时,小区即为基站区。

## 7. 位置区

位置区是指移动台可任意移动而不需要进行位置更新的区域。位置区可由一个或若干个小区(或基站区)组成。为了呼叫移动台,可在一个位置区内所有基站同时发寻呼信号。

## 8. 位置更新

当移动台由一个位置区移动到另一个位置区时,在新的位置区必须进行登记,即移动台发现之前的 LAI 与当前接收到的 LAI 号不同时,就会通知相关的网络实体来更改它所存储的移动台的位置信息。

## 9. 导频污染

当手机收到 4 个或更多个  $E_c/I_o$  的强度都大于  $T\_add$  的导频,且其中没有一个导频的强度大到可作为主导频时会发生导频污染。它会引起频繁切换而导致掉话。

## 10. 频段和频点

### (1) GSM900 规划频率

GSM 规划频率共 124 个频点,绝对载频号(ARFCN)为 1~124,在两端留有 200KHz 的保护带。按照国家无线电管理委员会规定:中国移动占用 890~909/935~954MHz,对应的 ARFCN 为 1~95(通常频点 95 保留不用);联通占用 909~915/954~960MHz,对应的 ARFCN 为 96~124。频率与载频号( $n$ )的关系如下。

基站收:  $f1(n) = 890.2 + (n-1) \times 0.2\text{MHz}$

基站发:  $f2(n) = f1(n) + 45\text{MHz}$

### (2) DCS1800 规划频率

DCS1800 规划频率共 374 个频点,ARFCN 为 512~885。频率与载频号( $n$ )的关系如下。

基站收:  $f1(n) = 1710.2 + (n-512) \times 0.2\text{MHz}$

基站发:  $f2(n) = f1(n) + 95\text{MHz}$

移动占用 1710MHz~1720MHz,对应的 ARFCN 为 512~561;联通占用 1745MHz~1755MHz,对应的 ARFCN 为 687~736。

### (3) 800MHz CDMA 规划频率

825~835MHz / 870~880MHz: 其中,825~835MHz 为上行频率(移动台发、基站收),870~880MHz 为下行频率(基站发、移动台收),共  $2 \times 10\text{MHz}$ 。

### (4) 第三代公众移动通信系统的工作频段

① 主要工作频段如下。

a. 频分双工(FDD)方式: 1920~1980MHz/2110~2170MHz。

b. 时分双工(TDD)方式: 1880~1920MHz、2010~2025MHz。

② 补充工作频段如下。

a. 频分双工(FDD)方式: 1755~1785MHz/1850~1880MHz。

b. 时分双工(TDD)方式: 2300~2400MHz,与无线电定位业务共用,均为主要业务,共用标准另行制定。

③ 卫星移动通信系统工作频段: 1980~2010MHz/2170~2200MHz。