

GSM

网络优化

——原理与工程

(第2版)

张威 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

GSM

网络优化

——原理与工程

(第2版)

张威 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

GSM网络优化：原理与工程 / 张威编著. -- 2版
-- 北京：人民邮电出版社，2010.1
ISBN 978-7-115-21684-7

I. ①G… II. ①张… III. ①时分多址—移动通信—
通信网—最佳化 IV. ①TN929.532

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第194095号

内 容 提 要

本书是专门介绍 GSM 网络优化原理和工程实践的图书。全书共 14 章，首先介绍了 GSM 系统结构和无线通信基础、GSM 网络规划、网络信令和协议，详细分析了 GSM 系统中的各种通信事件、通信流程及 GSM 小区中的参数调整；然后讲述了双频网络优化、网络优化中的统计和网络优化测试，并结合实际情况，详细讲解了 GSM 基站延伸系统优化、GSM 网络日常优化和专项优化；最后探讨了 2G 和 3G 网络融合的问题。

本书既有详尽的理论知识，又有实际的工程技术方法和经验总结，从理论到实践全面系统地论述了 GSM 网络优化的思想和方法。本书可供从事 GSM 网络规划、运营维护和优化的工程技术人员阅读，也可供高等院校通信及相关专业师生学习参考。

GSM 网络优化——原理与工程（第 2 版）

◆ 编 著 张 威

责任编辑 姚予疆

执行编辑 刘 洋

◆ 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>

北京艺辉印刷有限公司印刷

◆ 开本：787×1092 1/16

印张：28

字数：789 千字

2010 年 1 月第 2 版

印数：12 801 - 16 800 册

2010 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-21684-7

定价：59.00 元

读者服务热线：(010)67129264 印装质量热线：(010)67129223

反盗版热线：(010)67171154

再 版 前 言

《GSM 网络优化——原理与工程》一书自 2003 年出版以来，至今已有 6 年了。在这 6 年中，本书多次印刷，受到了广大读者的欢迎和认可。在此，作者向广大读者表示衷心的感谢。在这 6 年中，移动通信的发展非常迅速，GSM 网络规模、用户规模都达到了空前水平。越来越成熟的网络技术和越来越丰富的网络应用，为用户提供了越来越高水平的通信服务。随着 GPRS 技术的成熟应用以及 3G 技术的引入，我们需要面对更复杂、更大规模的网络结构。如何有效地开展网络优化工作，满足用户数据业务和话音业务的更高需求，实现 2G 和 3G 网络的有效融合，提升网络质量、服务质量，是电信运营商重点关注的问题。

在新形式下，网络优化工作的核心同样是结合市场发展和用户的需求，对整个网络的资源进行调配，平衡数据业务和话音业务。同时，通过优化手段，解决网络中存在的网络拥塞、切换成功率低、无线接入性低、室内覆盖弱等问题。随着网络发展和无线环境的变化，网络优化仍然是一个长期和复杂的过程。

为了适应当前 GSM 网络发展的变化，作者结合最新的技术规范和相关资料以及实际网络规划、维护、优化过程中的工作经验，对本书的第 1 版内容进行补充和修改。在保留 GSM 主要内容的同时，本书在第 2 章、第 5 章以及第 6 章中增加关于 GPRS 网络结构、接口、协议以及通信事件的讲解；将原第 12 章“DT 路测”更新为本书第 10 章“网络优化测试”，介绍 GSM 和 GPRS 相关的测试规范、指标算法等；将原第 14 章“GSM 网络优化实践”的主要内容修改为本书的第 12 章“GSM 网络日常优化”；另外还增加专门的章节（第 13 章和第 14 章），对 GSM 网络专项优化和 2G、3G 网络融合及通信技术展望进行介绍。在本次修订中，考虑到本书应用的更广泛性和实用性，对本书第 1 版中一些陈旧的内容进行了删减。

参与本次修订工作的还有罗朝军、文涛、何磊、詹静霞、刘欣、张彦一、付潇、何韞、汪斌、谢桑良、陈小滨、辜忠成、林杰、刘津、肖屹等，在此向他们一并表示衷心的感谢！欢迎广大读者通过电子邮件（编辑信箱：liuyang@ptpress.com.cn）与我们交流。

作 者
2009 年 10 月

前言（第1版）

随着移动通信的快速发展，GSM 系统已经成为最成熟的第二代移动通信系统，全球绝大多数移动运营商都采用了这种系统。到 2003 年 3 月，GSM 网络已经覆盖近 200 个国家，有 450 家运营商经营 GSM 网络，总用户数已超过 8 亿，占全球移动通信总用户的 80%。预计到 2004 年，全球 GSM 用户数量将达到 10 亿。同时随着 GPRS 的开通和大力发展，GSM 网络已经平滑过渡到 2.5G 移动通信系统，而且有 85% 的 GSM 移动通信运营商选择 GSM—GPRS—3G 的发展之路。根据欧洲的计划，GSM 将进一步过渡到 WCDMA，这是目前较成熟，也是今后主流的第三代移动通信系统。

我国自从 1992 年在嘉兴建立和开通第一个 GSM 演示系统，并于 1993 年 9 月正式开放业务以来，GSM 网络获得了惊人的发展，2002 年我国 GSM 用户突破 2 亿，中国移动成为世界上用户数量最多、网络规模最大的移动通信运营商。

建网初期，在 market 需求的驱动下，移动网络不断扩容，网络的规划也一再随之调整。建设周期短，发展速度快，前后工期重叠进行，导致网络的建设无论是在规划阶段还是在后续的扩建工程中，均存在着一些问题，造成整个通信网络的各种资源不能得到合理的应用，资源大大浪费，还使得通话质量下降，服务水平偏低，网络运行效率低。

近年来，随着移动网络的迅猛发展，网络的服务质量问题越来越受到人们的关注。提高网络质量，改善网络覆盖，不但可以树立运营商在用户心目中的良好形象，更能增强企业竞争力，为企业的可持续发展提供强有力的支持。目前，GSM 移动通信网已经比较成熟和稳定，大规模的扩容工作已经接近尾声。如何充分利用现有的网络资源，提升网络质量，是一个有着巨大经济效益和关系到企业发展的重要课题。多家移动通信运营商的局面已经在我国形成，竞争空前激烈，如何使网络达到最佳的运行状态，为用户提供高质量的网络服务，已成为电信运营商的首要任务。同时对 GSM 网络的全面优化将积累许多宝贵经验，为以后的 3G 建设和网络优化打下基础。

如何合理利用和配置现有的网络设备、资源与容量，最大限度地提高网络的平均服务质量，提高效益，以及如何使网络在不断发展的过程中，能够保持网络的服务质量不下降，这些要求使得移动通信网络的网络优化工作成为移动通信运营商提高服务水平、保障通信质量的重要工作内容。

网络优化，就是对整个网络的资源根据需求和发展的情况进行调配，达到合理的运用。同时，对于网络运行中存在的诸如覆盖不好、话音质量差、掉话、网络拥塞、切换成功率低等问题，通过网络优化进行解决。网络优化工作是一个复杂艰巨的系统工程，在我国 GSM 移动网络进入低建设高维护的阶段，网络优化工作显得尤为重要和紧迫。网络优化又是一个长期和复杂的过程，它贯穿于网络发展的全过程。

网络优化中遇到的问题是形形色色的，但解决这些问题的办法都来源于对专业知识的掌握和理解，因此对 GSM 网络结构和各种参数的理解程度，直接影响到网络优化的效果。

为了加强我国 GSM 网络优化技术人员间的交流，做到信息、经验共享，共同提高网络优化技术水准，作者根据 GSM 规范和相关资料，结合自己多年从事移动通信网络、设计、维护和优化工作的经验编写了本书，本书将以爱立信设备为例和广大读者共同探讨 GSM 网络优化原理及

方法。

本书简要介绍了 GSM 的系统原理、系统结构和无线通信基础，详细描述了 GSM 各种通信事件信令流程，以及各种优化方法。本书既有网络优化思想及方法的探讨，又有实际工程技术方法和经验的总结，力求从原理和实践两方面论述 GSM 网络的优化。

全书共分 14 章，第 1 章讲述了 GSM 网络优化概念、目的和方法；第 2 章简单介绍了 GSM 系统的网络结构；第 3 章主要介绍了无线通信的基础知识；第 4 章讲述了 GSM 的网络规划；第 5 章介绍了 GSM 网络中的信令和协议；第 6 章详细讲述和分析了 GSM 系统中的各种通信事件和通信流程；第 7 章介绍了 GSM 移动通信基站的维护和优化；第 8 章详细讲述了 GSM 系统中的参数调整，这些参数的调整是网络优化的重要内容；第 9 章介绍了 GSM 双频网络的优化；第 10 章介绍了如何利用统计方法进行数据收集和网络优化；第 11 章介绍了如何利用网管 OSS 进行网络优化；第 12 章介绍的 DT 路测是无线网络优化的重点内容；第 13 章介绍了 GSM 系统中的直放站和室内覆盖系统，它们是在不增加基站的情况下，提高网络覆盖和质量的主要设备；第 14 章是对全书内容的综合，讲述实际网络优化中如何提高网络指标和解决各种实际问题。本书还有 3 个附录：附录 A 是 GSM 规范建议；附录 B 是优化中用到的功率转换表；附录 C 是各种通信事件详细流程图。

本书主要为从事 GSM 移动通信规划、维护和优化的技术人员，以及通信技术管理人员编写，也可供高校师生参考。

作者衷心希望本书能给我国从事 GSM 网络优化的技术人员以有益的帮助和启示，并能起到抛砖引玉的作用，让更多的技术人员参与到经验交流与技术探讨的活动中。

在本书编写的过程中，得到了四川德阳移动通信公司和众多工程师的大力配合，做了大量的测量和实验，这对于本书的写作有很大的帮助。罗扬、段爻、汪洁三位领导同志在本书的写作过程中给予了大力支持和帮助，提出了许多宝贵意见；邱彬同志对部分章节进行了修改；此外，参与本书资料收集和整理工作的还有汤炳富、徐辉、韦曦、张勤、王强、李绪敏等，在此向他们一并表示衷心的感谢！

作者努力想奉献给广大读者一本有实用价值的 GSM 网络优化原理和工程实践的技术图书，但由于水平有限以及时间仓促等原因，书中错误和不当之处在所难免，敬请读者和同行专家批评指正。

读者如有问题或者关于本书的意见和建议，可通过电子邮件（3gmaster@163.com）与作者联系。

作 者

2003 年 7 月

目 录

第 1 章 GSM 网络优化概述	1
1.1 网络优化概念和分类	1
1.2 网络优化目标	3
1.3 网络优化内容及流程	4
1.3.1 优化的基本内容及流程	4
1.3.2 广义的优化内容	10
1.3.3 跨专业的网络优化	10
1.4 网络优化方法、工具及条件	10
1.4.1 网络分析	11
1.4.2 网络优化方法	13
1.4.3 网络优化工具	14
1.4.4 网络优化所需条件	16
第 2 章 GSM 系统结构	18
2.1 GSM 发展历史和技术规范	18
2.1.1 GSM 系统发展历史	18
2.1.2 GSM 系统技术规范	19
2.2 GSM 系统基本结构	20
2.2.1 交换网络子系统	21
2.2.2 无线基站子系统	23
2.2.3 移动台	24
2.2.4 操作维护中心	24
2.3 GSM 网络区域组成	24
2.4 GSM 网络编号计划	26
2.4.1 GSM 系统中的各种号码	26
2.4.2 GSM 系统中各种号码的应用	29
2.5 GPRS 节点	30
2.5.1 GPRS 接入点	30
2.5.2 逻辑体系结构	30
2.5.3 主要网络实体	31
第 3 章 GSM 无线通信基础	33
3.1 无线电波传播	33
3.1.1 陆地移动通信环境的特点	33
3.1.2 无线通信传播方式	33
3.1.3 无线电损耗	34
3.2 GSM 频率资源	35
3.2.1 频率资源	35
3.2.2 频率分配	35
3.2.3 蜂窝技术	36
3.2.4 频率再用的概念	36
3.2.5 载干比	36
3.3 无线电波传播模型	37
3.3.1 Okumura-Hata 模型	38
3.3.2 COST-231 模型	41
3.3.3 COST-231-Walfish-Ikegami 模型	42
3.4 TDMA 空中接口技术	44
3.4.1 多址方式	45
3.4.2 TDMA 帧结构	46
3.4.3 突发脉冲应用实例	50
3.4.4 信道概念	50
3.4.5 话音信道	51
3.4.6 控制信道	52
3.4.7 信道配置	54
3.4.8 逻辑信道应用实例	54
3.4.9 信号处理过程	55
3.4.10 逻辑信道到物理信道的映射	55
3.4.11 SCH 测量	59
3.5 GSM 空中控制技术	60
3.5.1 分集	60
3.5.2 时间色散	61
3.5.3 时间提前量	62
3.5.4 跳频技术	63
3.5.5 功率控制	65
3.5.6 不连续发射 (DTX)	66
3.5.7 非连续接收 (DRX)	67
第 4 章 GSM 网络规划	69

4.1 GSM 网络规划概述.....69	5.6.2 GPRS 数据传输平面.....131
4.1.1 GSM 网络规划目的.....69	5.6.3 GPRS 信令平面.....132
4.1.2 GSM 网络规划指导思想.....69	5.7 利用信令流程分析进行优化.....134
4.2 GSM 无线网络规划.....70	5.7.1 移动网的协议测试.....134
4.3 GSM 无线网络规划的主要内容.....74	5.7.2 移动网络信令分析.....135
4.3.1 频率规划.....74	第6章 GSM 通信事件.....136
4.3.2 频率复用.....75	6.1 网络选择.....137
4.3.3 频率规划中的几个问题.....80	6.1.1 网络选择目的.....137
4.3.4 系统覆盖和平衡.....81	6.1.2 网络选择方式.....137
4.3.5 无线电的传播损耗.....82	6.2 小区选择.....138
4.3.6 系统预测.....83	6.2.1 小区选择标准.....138
4.3.7 微蜂窝.....84	6.2.2 小区选择流程.....138
4.3.8 直放站.....84	6.2.3 小区选择参数 C1.....140
4.3.9 塔顶放大器.....86	6.2.4 小区接入控制.....140
4.3.10 小区分裂.....86	6.3 小区重选.....141
4.4 网络的滚动规划.....86	6.4 位置更新.....142
4.4.1 什么是滚动规划.....86	6.4.1 LA.....142
4.4.2 滚动规划的意义.....87	6.4.2 正常位置更新.....143
4.4.3 滚动规划的方法.....87	6.4.3 IMSI Attach/Detach.....145
4.5 网络容量规划.....87	6.4.4 周期性位置更新.....147
4.5.1 SDCCH 的容量计算.....87	6.5 随机接入.....148
4.5.2 数据与话音容量.....89	6.6 鉴权.....148
4.5.3 业务量与设备容量.....89	6.6.1 鉴权的作用.....148
第5章 GSM 网络信令与协议.....91	6.6.2 鉴权原理.....148
5.1 信令与协议概述.....91	6.6.3 鉴权流程.....149
5.1.1 通信网络的 OSI 7 层模型.....91	6.6.4 鉴权异常情况.....151
5.1.2 No.7 信令系统.....93	6.7 加密.....152
5.2 GSM 的信令与协议.....96	6.7.1 加密原理.....152
5.2.1 GSM 网络接口与协议.....96	6.7.2 加密流程.....152
5.2.2 GSM 分层结构与协议.....99	6.7.3 TMSI 的使用.....153
5.2.3 GSM 信令系统的特点.....100	6.8 手机主叫.....153
5.3 GSM 接口上的具体协议.....101	6.8.1 手机主叫信令流程.....154
5.3.1 Um 空中接口.....101	6.8.2 几点说明.....158
5.3.2 Abis 接口.....106	6.9 寻呼.....159
5.3.3 A 接口.....109	6.10 手机被叫.....161
5.4 GSM 网络中的其他接口.....113	6.10.1 被叫寻找过程.....161
5.4.1 移动应用部分.....114	6.10.2 被叫接续过程.....162
5.4.2 智能网应用部分.....116	6.11 切换.....163
5.5 GSM 被叫流程中的信令和协议.....116	6.11.1 切换流程.....164
5.6 GPRS 接口与协议.....123	6.11.2 小区内切换.....165
5.6.1 GPRS 主要网络接口.....123	6.11.3 BSC 内切换.....165

6.11.4 相同 MSC 不同 BSC 间的切换	165	6.18.12 用户数据和信令保密性	199
6.11.5 不同 MSC 间的切换	167	6.19 GPRS 会话管理流程	200
6.12 Locating	168	6.19.1 PDP 状态和状态迁移	200
6.12.1 测量和报告的处理	169	6.19.2 PDP 上下文激活流程	202
6.12.2 测量报告的时间评价	170	6.19.3 PDP 上下文修改流程	207
6.12.3 紧急情况分析	170	6.19.4 PDP 上下文去激活流程	208
6.12.4 惩罚处理	171	6.20 与 GSM 交互业务流程	210
6.12.5 Locating 排队	172	6.20.1 点对点短消息业务	210
6.12.6 内切换评价	174	6.20.2 MS 终止的短消息传送	211
6.12.7 产生切换候选小区排队清单	174	6.20.3 MS 发起的短消息传送	213
6.13 正常释放	174	6.20.4 电路交换业务	213
6.14 系统消息	175	6.20.5 GPRS 与专用模式优先级的处理	213
6.14.1 系统消息 1	177	6.20.6 GPRS 业务挂起恢复流程	213
6.14.2 系统消息 2	177	6.21 Gb 接口流程	215
6.14.3 系统消息 3	177	6.21.1 下行 UNITDATA 流程	215
6.14.4 系统消息 4	178	6.21.2 上行 UNITDATA 流程	216
6.14.5 系统消息 5	178	6.21.3 RA 性能进程	216
6.14.6 系统消息 6	178	6.21.4 异常情况	216
6.14.7 系统消息 7/8	178	6.21.5 寻呼流程	216
6.15 短消息流程	178	6.21.6 无线接入能力更新流程	217
6.15.1 短消息主叫流程	178	6.21.7 无线状态流程	218
6.15.2 短消息被叫流程	180	6.21.8 挂起流程	218
6.16 呼叫过程中的异常情况	182	6.21.9 恢复流程	218
6.17 GPRS/EGPRS 移动性管理及信令流程	182	6.21.10 FLUSH-LL (逻辑链路) 流程	219
6.17.1 MM 状态和 MM 上下文	183	6.21.11 操作模式	220
6.17.2 MM 状态转化过程	184	6.21.12 从 SGSN 到 BSS 的下行业务流量控制	220
6.17.3 路由区	185	6.21.13 BSS PFC 创建流程	223
6.17.4 P-TMSI 签名	185	6.21.14 BSS PFC 修改流程	224
6.18 GPRS 附着/分离流程	185	6.21.15 BSS PFC 删除流程	224
6.18.1 GPRS 附着流程	185	6.22 分组数据传输流程	224
6.18.2 GPRS 分离流程	187	6.22.1 分组数据的路由及转发	224
6.18.3 清除功能	190	6.22.2 本地 MS 与外部 PDN 间的分组数据传输	225
6.18.4 GPRS 位置管理功能	190	6.22.3 漫游 MS 与外部 PDN 间的分组数据传输	225
6.18.5 小区更新	190	6.22.4 同一 GGSN 下的 MS 的端到端分组数据传输	225
6.18.6 路由区更新	191	6.22.5 不同 GGSN 下的 MS 的端到端分组数据传输	225
6.18.7 用户数据管理程序	197		
6.18.8 MS 类标处理功能	198		
6.18.9 安全性功能	198		
6.18.10 GPRS 鉴权加密程序	198		
6.18.11 P-TMSI 再分配	199		

6.22.6 通过 GPRS 连接 Intranet/Internet/ISP.....	225	8.3 双频网的优化.....	294
6.22.7 透明接入 Internet.....	225	8.3.1 双频网络话务控制的基本原则.....	294
6.22.8 非透明接入 Intranet/ISP.....	226	8.3.2 小区重选原则.....	294
第 7 章 GSM 参数调整	229	8.3.3 小区的切换优先级.....	294
7.1 网络参数调整.....	229	8.3.4 小区参数优化.....	295
7.1.1 参数调整的前提.....	230	第 9 章 网络优化中的统计	297
7.1.2 参数调整的意义.....	230	9.1 交换机统计.....	297
7.1.3 参数调整方法.....	230	9.2 计数器.....	297
7.1.4 参数调整类型.....	231	9.2.1 信令建立.....	299
7.1.5 参数调整的流程.....	232	9.2.2 指配.....	301
7.1.6 参数调整的注意事项.....	232	9.2.3 切换.....	309
7.2 GSM 参数详解.....	232	9.2.4 连接释放.....	315
7.2.1 网络公共参数.....	232	9.2.5 被叫通信.....	315
7.2.2 空闲模式行为.....	241	9.3 统计分析.....	316
7.2.3 Locating 切换数据.....	251	9.3.1 接通率.....	316
7.2.4 小区参数.....	257	9.3.2 掉话率.....	317
7.2.5 系统信息参数.....	258	9.3.3 话音质量.....	318
7.2.6 网络功能参数.....	259	9.3.4 其他统计.....	319
7.2.7 功率控制参数.....	262	9.3.5 统计分析方法.....	320
7.2.8 邻小区关系参数.....	266	9.4 常用网络指标说明.....	320
7.2.9 双 BA 列表.....	269	9.4.1 MSC 统计.....	320
7.2.10 空闲信道测量参数.....	270	9.4.2 BSC 统计.....	323
7.3 GPRS 参数详解.....	274	9.5 网络质量评估体系.....	328
7.3.1 NS 控制层参数.....	274	第 10 章 网络优化测试	335
7.3.2 BSSGP 层.....	275	10.1 语音测试.....	335
7.3.3 SNDCP 层.....	276	10.1.1 语音测试测量参数.....	336
7.3.4 GMM 层.....	277	10.1.2 测试的作用.....	339
7.3.5 计费.....	278	10.2 语音测试方式和指标.....	340
7.3.6 Gn 接口参数.....	279	10.2.1 语音测试的方式.....	340
7.3.7 无线部分参数.....	281	10.2.2 语音测试的指标.....	340
7.4 爱立信系统小区参数表.....	284	10.3 语音测试分析.....	341
7.4.1 小区参数类别列表.....	284	10.3.1 测试软件的简介.....	342
7.4.2 小区参数总表.....	289	10.3.2 测试结果.....	343
7.5 爱立信系统 GPRS 参数表.....	290	10.3.3 无线干扰分析.....	343
第 8 章 双频网络优化	292	10.3.4 盲区分析.....	347
8.1 DCS1800MHz 频段的特点.....	292	10.3.5 掉话.....	347
8.2 双频网络特点及网络层次结构.....	293	10.3.6 接入失败.....	348
8.2.1 双频网络组成结构与特点.....	293	10.3.7 切换问题.....	348
8.2.2 分层组网原则.....	293	10.4 GPRS/EGPRS 测试.....	349
		10.5 GPRS/EGPRS 测试内容和指标.....	351

10.5.1 GPRS/EGPRS 测试的内容	351	12.3.3 单通和串音	374
10.5.2 GPRS/EGPRS 测试的指标	351	12.3.4 接通率优化	375
10.6 GPRS/EGPRS 测试分析	352	12.3.5 干扰分析	378
10.6.1 GPRS/EGPRS 测试软件简介	352	12.4 网络优化中的常见问题及解决方法	380
10.6.2 测试结果	352	12.4.1 覆盖问题	380
10.6.3 容量不足问题	353	12.4.2 居民生活小区网络优化	381
10.6.4 干扰问题	353	12.4.3 农郊网络优化	383
10.6.5 移动性能问题	353	12.5 GSM 网络优化建议	387
第 11 章 GSM 基站延伸系统优化	354	12.6 总结	389
11.1 GSM 基站延伸系统	354	第 13 章 GSM 网络专项优化	390
11.2 GSM 基站延伸系统工程设计	356	13.1 应急通信保障	390
11.2.1 站址选择及定位	356	13.1.1 红橙黄蓝预案简介	390
11.2.2 前期勘测及理论测算	357	13.1.2 红橙黄蓝预警处理流程图	393
11.2.3 施主天线及重发天线的安装	357	13.1.3 蓝色预警	394
11.2.4 收发隔离度	357	13.1.4 黄色预警	394
11.2.5 设备调整与调测	358	13.1.5 橙色预警	395
11.2.6 优化	358	13.1.6 红色预警	395
11.2.7 工程设计确认	358	13.2 节假日应急通信保障	396
11.2.8 工程设计中需要注意的几个问题	358	13.2.1 节假日应急通信保障简介	396
11.2.9 基站延伸系统上下行平衡	359	13.2.2 节前网络预测及解决措施	396
11.3 GSM 基站延伸系统选型与调测	360	13.3 重大事件通信保障	397
11.3.1 基站延伸系统选型时需要注意的问题	360	13.3.1 简介	397
11.3.2 安装基站延伸系统时需要注意的几个问题	360	13.3.2 组织结构和职责	398
11.4 GSM 室内覆盖系统	361	13.3.3 通信保障情况	398
11.4.1 室内覆盖实现方法	361	13.4 专项优化	399
11.4.2 室内覆盖信号分布方式	363	13.4.1 专项优化流程及简介	399
11.5 GSM 基站放大器(塔放)	364	13.4.2 网络性能提升	399
11.5.1 GSM 基站放大器(塔放)分类	364	13.4.3 重要网络质量指标提升	400
11.5.2 GSM 基站放大器(塔放)基本原理及功能应用	364	第 14 章 2G 与 3G 网络融合及通信技术展望	402
第 12 章 GSM 网络日常优化	366	14.1 2G 与 3G 融合组网规划	403
12.1 网络日常优化工作流程	366	14.1.1 网络选择	403
12.2 网优工作日常化制度	367	14.1.2 核心网组网	404
12.3 常见故障及处理方法	369	14.1.3 位置区规划	404
12.3.1 降低掉话	369	14.1.4 2G 与 3G 重选及切换策略	405
12.3.2 GSM 小区话务优化调整	372	14.1.5 2G 与 3G 邻区配置规划	406
		14.2 2G 与 3G 互操作过程	407
		14.2.1 3G→2G 重选	407
		14.2.2 2G→3G 重选	408

14.2.3 3G→2G 切换.....	410	附录 A GSM 规范.....	414
14.3 2G 与 3G 融合组网所存在的问题及 解决策略.....	412	附录 B 功率转换表.....	424
14.3.1 2G→3G 重选老机制带来的 问题及解决方案.....	412	附录 C GSM 通信流程.....	426
14.3.2 2G 与 3G 重选期间用户无法 接入网络的问题.....	413	参考文献.....	436
14.4 通信技术展望.....	413		

第 1 章 GSM 网络优化概述

GSM 网络从 1993 年在我国开始商用,至今已有 16 年历史了。在这 16 年里, GSM 网络的发展速度惊人。截至 2008 年年底,仅中国移动 GSM 网络用户已经达到 4.57 亿,网络规模和容量都居于世界第一。

随着 GSM 网络规模的高速发展,通信网络正面临严峻的挑战。一方面由于移动用户数快速增加, GSM 网络规模不断扩大,网络质量虽然也得到不断提高,但频率资源逐渐匮乏,无线网络的频率复用系数越来越小,网络规模庞大导致出现的问题也越来越多样化和复杂化,仅靠单纯的日常维护已无法切实地为广大移动用户提供高质量的通话服务,使得各运营商不得不投入大量的资金和人员进行网络优化;另一方面,电信企业的再次重组,使得电信企业移动通信业务之间的竞争更加激烈,如何提高网络通信质量、提升用户的感知并使网络达到最佳的运行状态、提高系统设备的利用率、降低运营成本,已成为电信运营商的首要任务。特别是我国 GSM 网络在建设和扩容时普遍存在周期短、速度快的情况,导致无论是在规划还是在工程建设中都留下了一些质量问题,需要在后期的网络优化中进行解决。

1.1 网络优化概念和分类

从优化的角度来看,移动通信网络最大的特点是其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。

一个完善的网络往往需要经历从最初的网络规划、工程建设、投入使用,到日常维护、网络优化的历程,并形成良性循环。对相对稳定的 GSM 网络加强优化工作,搞好运行维护是提高移动通信网络质量的关键。

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,或找到进一步提升网络质量和用户感知的方法,并通过数据采集、分析和处理的反复循环,力求使网络达到最佳运行状态,使现有网络资源获得最佳效益,同时广义的网络优化也包括网络维护和规划建设等。

根据优化工作的针对性和时间的持续性,可将优化主要分为日常优化和专题优化两类。

日常优化就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手段。

专题优化是指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。专题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 GPRS 速率的专题优化等。另外,以保持原有网络质量,或是网络指标急剧恶化

后快速提升网络基本指标的应急保障活动，也属于专题优化的范畴。

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 900MHz、1 800MHz、1 900MHz）、可用的方式（固定、跳频）、覆盖的区域、基站的频率覆盖方式、相邻小区的频率再用方式等。

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，合理的站址分布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不断发展的，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。网络的设置要充分考虑各种业务量的需要，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地安排。

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，而经济发展水平不同的地区，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开展，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，因此，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，可以尽早地收回投资，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。

由以上所述可见，网络优化的工作量是很大的。而且移动网中出现的大多数问题在网络规划阶段是很难考虑到的。例如：由于地形地物数据库的精度原因，不可能精确预测实际的无线电传播和信号的变化；真实的话务负荷和根据规划中所采用的统计值预测的话务负荷是不相同的；用户行为与所作的假设不相符合；基础设施（新的商业区、主要道路、城区的重新安排）的变化；话务要求、用户对服务质量的要求不断地增加；取决于地点和时间的話务负荷（如运动场和节假日）的变化等。

有些问题即使网络设计得很好，也是不可避免要出现的，例如移动用户会遇到由于基站故障或突发事件导致覆盖较差或拥塞而不能接入网络，或通话时发生掉话。这一系列的问题都需要对网络进行不间断的动态优化，方能很好地解决。

目前我国各 GSM 运营商都把 GSM 网络的优化工作摆在相当重要的位置，在网络优化方面作出了卓有成效的努力。但 GSM 网络的优化工作是一个长期的过程，其手段也多种多样，又涉及方方面面，复杂程度相当高。现阶段在实际的网络运营过程中，运营商很大一部分工作都在围绕着优化现有网络性能及管理网络扩容来开展。

由于在实际的网络运营过程中，网络的很多问题并没有通过系统告警体现出来，并且严重影响了网络的服务质量，如使干扰、掉话、拥塞、接通率等关键性能指标劣化。要解决这些问题，

就必须理解 GSM 网络原理、网络运营参数、GSM 各种呼叫流程和信令流程，以及针对不同问题进行优化的方法。

在此过程中，一套有效的优化分析方法将会对全网的各项指标（如话务、交换、信令等）进行综合分析有很大帮助，并能够结合繁杂的无线参数给出合理的调整建议。本书将以欧洲电信标准协会（ETSI）的 GSM 规范为基础，以爱立信 GSM 系统为例子，分析阐述 GSM 网络优化原理及方法。

1.2 网络优化目标

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，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保持和不断提高网络质量，提升用户感知，而网络质量和用户感知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，它已经渗透到包括客户服务、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。

从技术层面来看，网络优化包含下列 3 个程度递进的目标。

（1）保持网络质量稳定

运营商提供优质的网络服务首先是要能提供稳定的网络质量，提高网络的可用性和可靠性，需要定期对设备进行排障和参数检查。另外，在重大故障或灾难时为保障网络现有基本指标和质量而进行的应急通信保障也属于这个范畴。

（2）提高网络服务质量

主要包括高质量的语音和数据等其他业务服务，足够的覆盖率、接通率和吞吐量等。

（3）提升用户满意度

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直接任务所在，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。对网络不断进行优化后，从用户角度将会看到：

- ① 网络覆盖范围扩大；
- ② 呼叫成功率提高；
- ③ 掉话次数减少；
- ④ 通话时话音质量不断改善；
- ⑤ 数据网络接通率提高；
- ⑥ 上网速度提高；
- ⑦ 掉线次数降低；
- ⑧ 网络质量越来越稳定。

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，从企业发展层面来看，网络优化工作的主要目的定位如下。

（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。

优化过程是多次反复调整的过程，以使网络不断逼近最佳运行状态。

1.3 网络优化内容及流程

由于我国 GSM 网络建设周期短，扩容频繁，因此在工程中难免出现问题，造成大量隐性质量问题，这些网络质量问题虽然不会对整个网络产生大的破坏作用，但会造成局部网络质量的下降，从而降低网络的服务水平。如工程建设中的天线方位角和俯仰角一般都没有严格按照设计进行实施，或者设计本身与实际情况有出入，往往会造成基站覆盖过远或过近，形成弱信号掉话；同时工程中的小区参数一般都设置为默认值，然而各小区实际情况不同，难免出现不合理的地方，这些都需要在后期的网络优化中进行调整。

网络优化工作是一件复杂的系统工程。优化本身是由全网的频率规划、基站安装建设和系统参数设定完成后所产生的不正确性引出的。网络优化是运行维护工作的一个重要组成部分，是以日常维护为基础的更高层次的维护工作，它不同于网络规划和工程建设，但又和网络规划、工程建设密不可分。定期地在扩容工程后进行网络优化，是提高网络服务质量的最佳途径。

网络优化的基本工作是对硬件运行状态、网络参数、话务统计、测量统计、测试等数据进行收集整理，并分析找出影响网络质量的问题，或者找到进一步提升网络质量的方法，并加以实践验证。然后，又再次回到数据收集、分析并指定方案、实施验证的不断循环中，以螺旋式地提升网络质量和用户感知。这个循环既包含了网络优化的主要内容，也是网络优化的主要工作流程。

另外，广义的网络优化还包括网络的规划建设等内容。

1.3.1 优化的基本内容及流程

网络优化工作的基本内容和流程包含以下 3 个方面。

1. 数据采集

网络优化是在充分了解网络运行状态的前提下进行的。因此，优化前的数据采集是一个非常重要的环节。

数据采集包括 OMC 话务统计数据采集、路测数据采集、CQT 测试数据采集、用户申告情况收集以及其他仪表的测试结果等，其中优化工程师日常优化依据的重点是 OMC 话务统计数据和路测数据。优化中评判网络性能的主要指标项包括信道可用率、掉话率、接通率、拥塞率、话务量和切换成功率等，这些也是话务统计数据采集的重点。路测数据的采集主要通过路测设备，定性、定量、定位地测出网络的覆盖、切换、质量现状等有关数据，通过对无线资源的地理化普查，确认网络现状与规划的差异，找出网络干扰因素、盲区地段、掉话率和切换失败率较高的地段。然后，对路测采集的数据进行分析，如测试路线的地理位置信息、测试路线区域内各个基站的位置及基站间的距离、各频点的场强分布、覆盖情况、接收信号电平和质量、邻小区状况、切换情况等，找出问题的所在，从而提出优化解决方案。

网络优化前应采集到有关 GSM 系统的基本数据和信息，包括：GSM 网络的组成和结构情况、交换机数据和系统参数、小区规划和基站位置地图、话务统计数据、基站故障报告、有关网络现存问题的信息、RF 参数、基站经纬度、站型、天线型号、高度、方位角、发射功率、相邻小区、频率规划、无线资源参数、网络识别参数、网络功能参数等。

优化过程中，通过分析交换机统计数据以及用户的申告记录，可以对要优化网络存在的问题有一个大致的了解。

（1）设备运行数据采集

网络质量稳定是网络优化的基础和首要任务。GSM 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，主要原因是：扩容频繁，扩容期间网络监控和保

障不利,因受到工期紧的影响,质量监控体系不完善,使得安装和开通过程中存在较多质量问题。随着设备使用时间的增加,一些故障,特别是隐性故障逐渐增多,这类故障并未达到告警门限,但恶化了网络性能。发现并排除一些影响网络性能的设备故障,是日常优化的主要内容,也是网络优化的前提条件。

(2) 网络参数数据采集

GSM 网络参数众多,而且很多参数对网络指标的影响都比较大,参数本身设置不合理或者相关参数设置不匹配都可能造成网络质量低下,因此需要定期收集网络参数,并进行合理性检查或一致性检查,修改不合理或不匹配的参数设置。

(3) OMC 数据采集

OMC 话务统计数据是了解网络性能指标的一个重要途径,它反映了无线网络的实际运行状态。统计数据应包括:忙时 TCH 的业务量、忙时每线业务量、忙时每 SDCCH 的业务量、忙时小区切换请求次数、忙时位置登记请求和成功次数、忙时信令信道拥塞情况、在采集上述统计数据 and BSS 参数搜集并详细分析的基础上对某些特定信息在 A 接口上的提取、忙时掉话次数、忙时成功呼叫接通率、其他方面系统的工作失常现象、需要的其他统计资料。

收集与优化有关的基站子系统(BSS)和各种软、硬件参数,如基站数、每个基站的小区结构和话音信道数,基站的基站识别码(BSIC)、小区号、小区系统类型、信道类型,全球小区识别码(CGI)、广播控制信道(BCCH)载频号、小区载频数及跳频方式,邻区关系定义,切换数据,功率控制数据以及系统消息数据,等等。

使用 MSC 或 BSC 的统计功能,得到所有小区的话务量、掉话率、拥塞率、小区切换统计数据等以及交换机的话务统计、接通率、全网接通率等信息。另外还应对系统的告警进行采集及分析,特别是基站的各种告警信息。

(4) 用户投诉数据收集

通过来自部门或其他方面的用户投诉或向用户调查,及时了解到网络中有关服务质量方面的问题。网络优化人员可以依此有针对性地进行网络优化工作,有利于运行网络经常性地保持最佳运行状态。

(5) 测试数据采集

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

DT 的主要内容是利用测试车辆、无线测试仪表、测试手机等工具对网络进行全程测试及记录,其内容包括所测路段的场强分布、越区切换点、越局切换点、呼叫失败点、掉话位置、信号质量、频率干扰情况、无线环境分布等。由交换机所得出的话务统计数据是一种统计意义上的结果,而实地的无线网络质量测试更能真正反映系统的实际运行情况和获取用户的主观感受,切实有效的网络质量测试有利于对系统的分析,有利于对实际运营情况的掌握,是网络优化工作的重要组成部分。

遇有下列情况应及时进行针对性 DT。

- ① 网络结构或参数的变动后;
- ② 话务统计显示有小区指标异常时;
- ③ 用户有较严重或集中投诉申告时;
- ④ 本地区遇有重大政治经济活动时。

CQT 话音质量测试主要以用户的主观评测为主,即用主观评价方法测试信道的话音质量。具体方法是携带手机,按预定的测试方案在小区指定地点内进行拨打通话测试,并记录拨打接通情况、通话的话音质量情况、掉话情况等。