

戴美泰 吴志忠
邵世祥 林 纲
等编著

中国通信学会主编 人民邮电出版社

GSM移动通信网络优化

通信工程丛书



通信工程丛书

GSM 移动通信网络优化

戴美泰 吴志忠 邵世祥 林纲 等编著

中国通信学会主编·人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

GSM 移动通信网络优化 / 戴美泰等编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2003.4

(通信工程丛书)

ISBN 7-115-11054-9

I. G... II. 戴... III. 时分多址—移动通信—通信网—优化 IV. TN929.532

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 009260 号

通信工程丛书

GSM 移动通信网络优化

◆ 编 著 戴美泰 吴志忠 邵世祥 林 纲 等
责任编辑 徐享华

◆ 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>
读者热线 010-67129258
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳展望印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 850×1168 1/32

印张: 23.5

字数: 619 千字

2003 年 4 月第 1 版

印数: 1—4 000 册

2003 年 4 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-11054-9/TN · 2023

定价: 46.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

内 容 提 要

本书专门介绍 GSM 移动通信系统的网络优化, 内容包括 GSM 基本原理、网络优化基本概念、相关的天线和电波传播知识、GSM 网络规划技术与话务理论、覆盖优化、蜂窝移动网的干扰分析、无线性能与控制参数、切换性能优化、频谱资源分配策略、工程优化技术、数据采集与分析、双频网优化、GPRS 网络规划与优化、交换网优化等。

本书可供从事移动通信的专业技术人员、管理人员, 从事 GSM 网络规划、维护、优化的人员以及大专院校相关专业的师生阅读参考。

序

移动通信是 20 世纪 70 年代以来发展最快的通信领域之一，中国无论从网络规模还是用户总数，已跃居世界首位。进入新世纪，人类社会将全面进入信息时代，移动互联网又将成为新的热点和亮点。

移动通信是无线电通信的一种，它使用宝贵的频率资源。蜂窝移动通信系统通过重复使用频率，大大提高了频率利用率，而使其成为信息产业的佼佼者。它使用频率的特点和用户移动的特点，又使无线网络优化成为移动通信中提高网络运行效率、降低运营成本，提高网络质量、留住客户，增加网络容量、提高运营商经济效益的重要手段。网络优化是运营商在运行维护工作中的一个永恒主题，随着新技术的不断出现，电信市场竞争的不断加剧，要求运营商通过不断优化网络资源，来提供更多更好的移动信息服务。

本书是一本专门介绍 GSM 移动通信网络优化的图书，系统地阐述了移动通信无线网络优化的基本理论知识，并且利用广东移动网络优化的大量实际经验，对网络优化技术进行了探讨，体现了理论与实践的高度结合。本书及时吸纳了 GPRS 等新技术带来的网络优化内容，对移动网络的规划建设和运行维护有很好的指导作用。在此我也感谢本书作者为移动通信的发展所作的贡献！

中国移动通信集团总公司 总工程师 李默芳

2002 年 11 月 27 日

前 言

移动通信系统的网络优化是一项复杂的系统工程，它涉及到频率资源、无线网络、交换网络、用户分布、甚至手机用户的使用习惯等问题，涉及到对网络数据的复杂测试及评估。它没有固定的模式。网络优化工作又是一项长期的工作，从建网以后的所有扩容和调整工作都是网络优化的一部分。随着用户的增加以及网络规模的扩大，优化工作也将不断地深入。随着室内覆盖系统和微蜂窝的引入以及新的 GPRS 组网技术的使用，优化工作将会更复杂，任务更艰巨。

对于一个移动运营企业来说，网络质量就是企业的生命，只有加强网络优化和维护工作，才能不断提高网络运行质量。对于网络优化人员来说，通过技术交流和探索，应该逐渐掌握 GSM 网络的各种参数及数据采集方法，通过有关测量统计数据进行分析，提出全面的、深层次的网络优化方案，调整相应的局数据或小区参数，从而使无线、交换网络及网络中各接口的性能和效率得到提高和改善。

本书主要介绍和总结当前 GSM 移动通信系统网络优化的一些基本理论与实践经验。本书共分 14 章：第 1 章概论；第 2 章扼要地介绍 GSM 移动通信原理；第 3 章介绍移动通信中相关的天线和电波传播基本知识，包括天线分集技术和下倾技术、路径损耗传播模式；第 4 章介绍 GSM 网络规划技术、话务理论等内容；第 5 章讨论覆盖方面的优化，包括覆盖预测技术、直放站、公路覆盖微蜂窝技术和室内覆盖分布系统；第 6 章是蜂窝移动网的干扰分析和减小网内干扰的措施；第 7 章介绍 GSM 无线性能与控制参数，其中有空闲模式特性、定位算法、信道分配管理、小区负荷分担、动态功率控制、小区分层结构以及相应的小区参数调整；第 8 章着重讨论

移动通信网络特有的切换性能优化；第9章介绍当前和今后移动通信中所采取的频谱资源分配策略；第10章主要介绍滚动开站技术和天馈线工程；第11章的内容是数据采集与分析，主要讨论路测数据采集、运行数据采集和网络性能统计、数据分析工具和网络指标分析以及无线网络质量自动监测系统；第12章讲述双频网优化，主要介绍 GSM900 和 (DCS) 1800 间的协调与配合；第13章 GPRS 网络规划与优化；第14章为交换网优化。

本书由戴美泰、吴志忠、邵世祥、林纲、杨恒丰、丁三弟、陈劲纯、邵鸿编著。戴美泰编写第1、4、6、13章，吴志忠编写第3、5、6、8章，邵世祥编写第2、3、7、9、13章，林纲编写第4、7、8、12、13章，杨恒丰编写第14章，丁三弟编写第5、10、11章，陈劲纯编写第4、7、8、10章，邵鸿编写第11章。全书由戴美泰主编，吴志忠统编。在本书的编写过程中，得到了广东移动通信公司及其广州、深圳、东莞、中山、肇庆分公司的大力支持，他们为本书的编写提供了许多宝贵资料，珠海万禾技术公司提供了大量测试资料，此外，倪志博士、杨福慧硕士、乐中柱硕士在本书编写时提供了有益帮助，在此表示诚挚的谢意。由于作者水平有限，谬误之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

2002年11月13日 于广州

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 移动通信发展概况	1
1.1.1 第一代移动通信的发展	1
1.1.2 第二代移动通信 GSM 系统的发展	2
1.1.3 CDMA 系统的提出	3
1.1.4 从 GSM 向 3G 演进的途径: GPRS	4
1.2 移动网络简介	5
1.2.1 话务网	5
1.2.2 信令网	6
1.2.3 移动智能网	7
1.2.4 现有 GSM 网络存在的问题	12
1.3 GSM 网络优化	13
1.3.1 GSM 网络优化的必要性	13
1.3.2 网络优化的概念和内容	14
1.3.3 网络优化的流程	15
参考文献	17
第 2 章 GSM 移动通信基本原理	18
2.1 GSM 移动通信系统概述	18
2.2 GSM 移动通信系统组成原理	20
2.2.1 移动台 (MS)	21
2.2.2 基站子系统 (BSS)	22
2.2.3 网络交换子系统 (NSS)	25
2.2.4 操作支持子系统 (OSS)	28
2.3 GSM 系统接口与协议	28

2.3.1	GSM 系统接口	29
2.3.2	GSM 系统接口协议	32
2.4	GSM 蜂窝移动通信网	38
2.4.1	移动区域结构	38
2.4.2	编号计划	39
2.4.3	GSM 移动通信网络结构	44
2.5	GSM 无线空中接口	47
2.5.1	频率配置	47
2.5.2	无线空中接口信道定义	48
2.5.3	帧结构	50
2.5.4	信道配置结构	53
2.5.5	无线空中接口技术	56
2.6	系统管理	63
2.6.1	安全管理	63
2.6.2	位置管理	65
2.6.3	切换管理	68
	参考文献	70
第 3 章	天线和电波传播	72
3.1	基站天线	72
3.1.1	天线基本特性	72
3.1.2	基本电振子的辐射特性	76
3.1.3	电对称振子	78
3.1.4	天线阵列辐射	80
3.1.5	基站天线类型	84
3.1.6	天线分集技术	86
3.1.7	天线下倾	95
3.1.8	适用于 GSM 系统的智能天线	101
3.1.9	有效辐射功率(ERP)	105
3.2	电波传播	105

3.2.1	自由空间传播损耗	105
3.2.2	功率(链路)预算	106
3.2.3	平坦地面上的电波传播特性	107
3.2.4	几何绕射理论和 UTD 法	109
3.2.5	陆地移动通信中的 3 种传播机制	113
3.2.6	陆地移动通信传播模式	122
3.2.7	微小区传播模式	131
3.2.8	室内传播模式	132
3.2.9	建筑物内、靠近建筑物和进入建筑物的传播	135
	参考文献	138
第 4 章	GSM 无线网络规划技术	141
4.1	规划技术概述	141
4.1.1	规划的必要性	141
4.1.2	优秀移动网络的标准	142
4.1.3	GSM 移动网络规划内容	144
4.1.4	GSM 移动网络规划设计主要步骤	145
4.2	蜂窝概念	148
4.2.1	蜂窝小区	148
4.2.2	小区描述	150
4.2.3	分层蜂窝(Hierarchical Cellular)结构	151
4.2.4	频率复用和复用距离	153
4.2.5	每簇小区数	155
4.2.6	分区复用(同心圆技术)	158
4.2.7	C/I 和 D/R 之间的关系	161
4.2.8	C/I 和 SNR 之间的关系	162
4.3	话务理论	163
4.3.1	话务量	163
4.3.2	阻塞公式	165
4.3.3	话务模型	168

4.4	无线系统规划	171
4.4.1	覆盖规划	173
4.4.2	容量规划	186
4.4.3	无线信道规划	189
4.4.4	频率规划	193
4.4.5	位置区大小	201
	参考文献	202
第5章	覆盖优化	203
5.1	覆盖预测技术	203
5.1.1	覆盖约束条件	203
5.1.2	预测模式分类	206
5.1.3	模式修正	210
5.1.4	数字地形数据库	212
5.1.5	面覆盖分析	217
5.2	直放站	224
5.2.1	直放站的工作原理和分类	225
5.2.2	直放站主要技术指标	226
5.2.3	直放站的应用	229
5.2.4	直放站的设计步骤	232
5.2.5	直放站的新技术	234
5.3	公路的覆盖优化	234
5.4	微蜂窝技术	239
5.4.1	公路微小区	241
5.4.2	城市街道微小区	247
5.4.3	室内微小区	252
5.5	室内覆盖分布系统	254
5.5.1	微蜂窝馈系统	256
5.5.2	泄漏电缆分布系统	261
5.5.3	混合分布方式	263

5.5.4	直放站—无线接入方式	263
5.5.5	室内覆盖分布系统设计要点	264
	参考文献	268
第 6 章	干扰分析和优化	269
6.1	噪声	269
6.1.1	加性高斯白噪声	270
6.1.2	窄带或宽带的人为噪声	271
6.2	干扰	272
6.2.1	邻频干扰	272
6.2.2	同频干扰	273
6.3	频谱效率	275
6.4	同频干扰分析	277
6.4.1	中断概率	278
6.4.2	宏蜂窝系统	278
6.4.3	微蜂窝系统	282
6.5	降低同频干扰的措施	284
6.5.1	小区扇区化	284
6.5.2	功率控制	291
6.5.3	不连续发射 (DTX)	292
6.5.4	跳频	294
6.5.5	天线调整	296
6.5.6	分集接收	298
6.5.7	分层小区结构	299
6.5.8	频率分配	299
6.6	干扰测试	308
6.6.1	路测方法	308
6.6.2	空闲模式测量	309
6.6.3	外部干扰查找	309
6.7	互调干扰	311

6.7.1	三阶互调产物	313
6.7.2	二阶互调产物	313
6.8	时间色散	313
6.8.1	时间色散概念	313
6.8.2	范围	315
6.8.3	防止措施	317
	参考文献	319
第 7 章	GSM 无线性能与控制参数	320
7.1	空闲模式特性	320
7.1.1	选网	322
7.1.2	小区选择	322
7.1.3	小区重选	325
7.1.4	位置更新	330
7.1.5	寻呼	332
7.2	定位算法	334
7.2.1	定位的启动	334
7.2.2	滤波	334
7.2.3	紧急条件判断	335
7.2.4	基本排序	337
7.3	信道分配管理	341
7.4	小区负荷分担	343
7.5	动态功率控制	346
7.5.1	开环或闭环功率控制	346
7.5.2	下行功率控制	348
7.5.3	上行功率控制	353
7.5.4	其他系统的小区参数	357
7.6	小区分层结构	359
7.6.1	分层的目的	360
7.6.2	分层的算法	360

7.6.3	分层参数设定	362
7.6.4	分层与小区重选算法的配合	363
7.7	跳频	365
7.7.1	跳频算法	365
7.7.2	小区参数	366
	参考文献	368
第 8 章	切换性能优化	369
8.1	引言	369
8.2	测量及有关参数	371
8.3	切换原因	372
8.4	切换决定	374
8.5	目标小区的评估	375
8.6	切换的几种基本算法	376
8.7	从网络看到的各类切换	378
8.7.1	小区内切换	378
8.7.2	小区间和 BSC 内的切换	379
8.7.3	BSC 间和 MSC 内切换	379
8.7.4	MSC 间切换	379
8.7.5	网络间切换	380
8.8	切换过程的评价	380
8.8.1	微观指标	383
8.8.2	宏观指标	384
8.8.3	参数的调整	384
8.9	切换性能问题的分析	385
8.9.1	切换问题的常见原因	385
8.9.2	切换原因分析	392
	参考文献	393
第 9 章	频谱资源分配策略	394
9.1	资源分配策略	394

9.1.1	概述	394
9.1.2	固定信道分配 (FCA)	396
9.1.3	动态信道分配 (DCA)	401
9.1.4	FCA 与 DCA 的比较	404
9.1.5	混合信道分配 (HCA)	407
9.1.6	考虑切换的信道分配策略	408
9.1.7	其他信道分配策略	411
9.2	分层蜂窝系统的信道分配策略	413
9.2.1	引言	413
9.2.2	用户分类	414
9.2.3	呼叫管理方法	416
9.2.4	载频分配策略	417
9.3	信道分配问题(CAP)	422
9.3.1	概述	422
9.3.2	CAP 的表征	422
9.3.3	解决 CAP 的方案	425
9.4	CAP 中的一些算法	429
9.4.1	图形着色算法(GCA)	429
9.4.2	贪婪算法和混合算法	430
9.4.3	神经网络算法 (NNA)	431
9.4.4	模拟退火算法 (SA)	431
9.4.5	遗传算法 (GA)	433
9.4.6	组合遗传算法	435
	参考文献	438
第 10 章	GSM 工程优化技术	442
10.1	滚动开站技术及应用	442
10.2	天馈线工程指南	447
10.2.1	天线	447
10.2.2	馈线	454

参考文献	454
第 11 章 数据采集与分析	455
11.1 无线网络现场测试	455
11.1.1 无线网络现场测试的目的	455
11.1.2 数据采集要求及测试硬件和软件	456
11.1.3 测试数据分析	461
11.1.4 测试数据内容	463
11.1.5 评估测试和网络优化	465
11.1.6 无线网络质量自动监测系统	471
11.1.7 语音质量评估系统	484
11.2 运行数据和网络性能统计	486
11.2.1 运行数据	487
11.2.2 网络性能统计	489
11.3 数据分析工具	492
11.3.1 运行数据的表现形式	492
11.3.2 NQI 数据分析工具	493
11.4 网络指标分析	505
11.4.1 随机接入性能	506
11.4.2 SDCCH 信道接入性能	507
11.4.3 TCH 接入性能	509
11.4.4 掉话分析	512
11.4.5 接通率	516
11.4.6 拥塞分析	518
11.4.7 其他指标	518
参考文献	519
第 12 章 双频网的优化	520
12.1 引言	520
12.2 GSM1800 网络组网方式	521
12.3 GSM1800 无线网覆盖	523

12.4	独立 MSC 组网方式的优化	524
12.4.1	组网原则	524
12.4.2	GSM1800 网络优化调整参数	525
12.4.3	双频网切换优化	525
12.4.4	GSM1800 网络优化解决实例	527
12.5	独立 BSC 组网方式下的优化	534
12.6	共 BSC 组网方式下的优化	534
	参考文献	537
第 13 章	GPRS 网络规划与优化	538
13.1	GPRS 基本原理	538
13.1.1	GPRS 系统概述	538
13.1.2	GPRS 系统的网络结构	541
13.1.3	GPRS 接口协议	545
13.1.4	GPRS 无线接口	548
13.1.5	GPRS 系统的移动性管理和通信管理	556
13.2	GPRS 网络规划	565
13.2.1	网络规划要求	565
13.2.2	GPRS 容量规划	567
13.2.3	GPRS 无线网络规划	575
13.2.4	核心网规划	583
13.3	GPRS 网络优化	591
13.3.1	GPRS 网络优化的原则	591
13.3.2	GPRS 网络运行应考虑的各项指标因素	592
13.3.3	GPRS 系统无线网络优化思路	593
13.3.4	GPRS 的关键指标	594
13.3.5	GPRS 网络容量优化	596
13.3.6	GPRS 的移动性能优化	604
13.3.7	跳频对 GPRS 网络的影响	610
13.3.8	GPRS 无线网络性能测试与分析	612