

李明欣 徐健 ■ 编著

4G网络 专项优化技术实践



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

李明欣 徐健 ■ 编著

4G网络 专项优化技术实践

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

4G网络专项优化技术实践 / 李明欣, 徐健编著. —
北京: 人民邮电出版社, 2018. 2
ISBN 978-7-115-47116-1

I. ①4… II. ①李… ②徐… III. ①第四代移动通信
系统 IV. ①TN929.537

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第267805号

内 容 提 要

本书主要分为四个部分: 第1~8章为重要场景专项优化篇, 包括室内外大型场馆、大型商场、商务住宅、校园和轨道交通等分场景优化; 第9~13章为用户体验专项优化篇, 围绕4G用户体验从网络驻留、语音回落、Web和视频感知以及用户口碑分析等方面介绍感知优化的思路、方法等; 第14~18章为提质增效专项优化篇, 以网络结构优化为基础, 开展价值区域分析和优化、流量的受限和释放, 以及基于频谱效益和网络演进的频率重耕优化及2/3G用户迁移, 重点聚焦资源效益提升等; 第19~22章为自动智能专项优化篇, 介绍4G新设备应用、智能化和众筹化网络评估方法, 以及大数据分析在天馈系统智能优化和监测中的应用。

◆ 编 著 李明欣 徐 健

责任编辑 李 静

责任印制 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20.75

2018年2月第1版

字数: 505千字

2018年2月北京第1次印刷

定价: 89.00元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

前 言

随着 4G 网络的快速发展和 4G 终端的普及,国内三大运营商先后推出了 4G+ 品牌,加强了载波聚合、VoLTE 等新技术在现网中的部署和应用。新技术的应用极大地带动了市场需求,移动宽带业务增速迅猛。与此同时,运营商也面临着诸多新的挑战 and 机遇:一是可用频谱资源不足成为限制移动通信网络承载能力的重要问题,因此,需要积极推进基于技术演进的频谱重耕,提升未来无线网络的竞争力;二是创新型业务发展对网络冲击巨大,需有效提高差异化的竞争能力,提升后向流量的价值;三是以车联网、智能单车、金融和可穿戴设备等领域为代表的物联网呈现高速增长态势,需加快推动物联网部署,共同创造“万物互联”时代的新价值;四是 5G 商用化进程加速,需尽快开展 4G 网络 5G 化的相关技术验证,保护网络建设投资,探索高效建网途径。目前,4G 网络已经逐步成为各个运营商的主力承载网络,是无线通信网络和业务演进发展的基石。

面对通信技术的迅猛发展,处于生产一线的我们为了不断提升网络性能,大力推动 4G 新技术的规模应用,从而打造真正的 4G 匠心网络。4G 无线网络优化正从传统基础优化向聚焦用户感知和投资效益的精细优化及智能优化的方向演进。鉴于此背景,本书作者结合生产实践中积累的网络规划和优化经验,将遇到的问题和难题提炼成为专项进行集中攻关。专项优化的内容包括重点场景细分、用户体验改善、网络提质增效和自动智能优化等,将其方法、流程与实战案例进行总结并逐步固化为日常优化的规范,对于一线生产极具指导意义。本书侧重于对优化方案和实践的介绍,辅以大量实战案例进行说明,期望对各类优化技术人员系统性开展 4G 无线网络优化工作有所帮助,进而推动无线网络优化工程技术人员培养与能力提升。

本书主要分为四个部分:第 1~8 章为重要场景专项优化篇,包括室内外大型场馆、大型商场、商务住宅、校园和轨道交通等分场景优化等;第 9~13 章为用户体验专项优化篇,围绕 4G 用户体验从网络驻留、语音回落、Web 和视频感知以及用户口碑分析等方面介绍感知优化的思路、方法等;第 14~18 章为提质增效专项优化篇,以网络结构优化为基础,开展价值区域分析和优化、流量的受限和释放,以及基于频谱效益和网络演进的频率重耕优化及 2G/3G 用户迁移,重点聚焦资源效益提升;第 19~22 章为自动智能专项优化篇,介绍 4G 新设备应用、智能化和众筹化网络评估方法,以及大数据分析在天馈系统智能优化和监测中的应用。

在本书的编写过程中,作者得到了重庆联通公司领导和工作室同事的大力支持。同时,华为技术有限公司和中兴通讯股份有限公司等同仁在本书编写过程中也提供了大量素材和建议,在这里向他们表示最诚挚的感谢!

由于作者水平有限，本书难免有疏漏和表述不当之处，敬请读者批评指正。

重庆市李明欣通讯技术技能专家工作室
中国联合网络通信有限公司李明欣创新工作室
李明欣

目 录

第 1 章 室外大型场馆优化	1
1.1 室外大型场馆场景特点	1
1.1.1 大型场馆场景介绍	1
1.1.2 室外大型场馆无线网络特点	2
1.2 优化方案	4
1.2.1 场馆内覆盖方式的选择	4
1.2.2 4G 网络方案	5
1.2.3 3G 网络方案	8
1.2.4 协同优化方案	10
1.3 优化案例	11
第 2 章 室内大型场馆优化	16
2.1 室内大型场馆场景特点	16
2.1.1 建筑结构特点	16
2.1.2 无线网络特点	17
2.2 室内大型场馆优化方案	19
2.2.1 覆盖提升方案	19
2.2.2 质量优化方案	22
2.2.3 容量保障方法	24
2.3 优化案例	25
第 3 章 大型商场优化	29
3.1 场景特点	29
3.1.1 场景介绍	29
3.1.2 网络覆盖难点	30
3.2 大型商场优化方案	31
3.2.1 优化方案	31

3.2.2	一体化覆盖方案	31
3.2.3	容量规划和优化	35
3.2.4	室内外协同优化	36
3.3	大型商场优化案例	38
3.3.1	LampSite 覆盖案例	38
3.3.2	QCell 一体化优化案例	40
第4章	商务住宅小区优化	43
4.1	商务住宅场景特点	43
4.1.1	场景介绍	43
4.1.2	场景特点	44
4.2	场景优化方案	45
4.2.1	整体优化方案	45
4.2.2	立体协同仿真	45
4.2.3	多层立体、室内外联合覆盖	46
4.2.4	容量规划及优化	49
4.2.5	语音回落方案	50
4.3	商务住宅小区场景案例	51
4.3.1	上海城住宅小区综合覆盖案例	51
4.3.2	融汇半岛商务住宅小区 Easymacro 宏微协同应用案例	54
第5章	校园场景优化	58
5.1	校园场景特点	58
5.1.1	校园场景介绍	58
5.1.2	校园场景特点	59
5.2	校园场景优化方案	60
5.2.1	场景优化方案	60
5.2.2	多源数据评估	60
5.2.3	用户专题分析	62
5.2.4	网络解决方案	64
5.2.5	市场营销解决方案	67
5.3	校园场景案例	67
5.3.1	一体化解决方案	67
5.3.2	载波聚合优化案例	69
5.3.3	负荷均衡优化案例	71

第 6 章 交通枢纽优化	73
6.1 交通枢纽场景特点	73
6.1.1 交通枢纽场景介绍	73
6.1.2 交通枢纽优化难点	74
6.2 交通枢纽场景优化方案	76
6.2.1 覆盖解决方案	76
6.2.2 容量解决方案	78
6.2.3 切换解决方案	79
6.2.4 干扰解决方案	79
6.3 交通枢纽场景案例	80
6.3.1 北站北广场优化案例	80
6.3.2 江北国际机场停机坪区域案例	82
第 7 章 轨道交通场景优化	85
7.1 轨道交通特点	85
7.1.1 轨道交通介绍	85
7.1.2 轨道交通优化难点	86
7.2 轨道交通优化方案	87
7.2.1 轨道交通覆盖方案	87
7.2.2 轨道交通容量规划	91
7.2.3 轨道交通移动性及互操作策略	92
7.2.4 轨道交通技术演进	95
7.3 轨道交通优化案例	96
7.3.1 成渝高铁精细优化	96
7.3.2 渝万高铁定向切换优化	98
7.3.3 轨道网络演进方案	101
7.3.4 轨道网络高 RSSI 问题优化	104
第 8 章 高落差场景优化	106
8.1 高落差场景特点	106
8.1.1 高落差场景介绍	106
8.1.2 高落差场景无线网络覆盖特点	107
8.2 高落差场景优化方案	109
8.2.1 优化方案全景	109
8.2.2 精准识别	109

8.2.3 分层覆盖	110
8.2.4 干扰抑制	111
8.2.5 场景化覆盖解决方案	112
8.3 高落差场景案例	114
8.3.1 南区路分层覆盖优化案例	114
8.3.2 李子坝干扰抑制案例	117
8.3.3 洪崖洞场景化覆盖解决方案	119
第9章 4G 驻留比提升	123
9.1 影响4G驻留比因素	123
9.1.1 非网络因素	123
9.1.2 网络因素	124
9.2 4G驻留比提升方案	126
9.2.1 总体提升方案	126
9.2.2 基础覆盖深耕	128
9.2.3 互操作策略优化	131
9.2.4 特性功能引入	132
9.2.5 双流调度占比提升	133
9.3 4G驻留比提升案例	134
9.3.1 城区4G驻留比提升	134
9.3.2 郊县4G驻留比提升	136
第10章 CSFB 语音回落提升	140
10.1 CSFB原理及策略介绍	140
10.1.1 CSFB原理	140
10.1.2 CSFB策略	141
10.2 CSFB优化举措	143
10.2.1 CSFB时延优化	143
10.2.2 CSFB接通率优化	144
10.2.3 快速返回优化	149
10.3 CSFB优化案例	150
10.3.1 CSFB回落时延优化	150
10.3.2 CSFB回落成功率优化	151
第11章 Web 业务感知提升	154
11.1 Web业务特点	154

11.2 Web 业务评估方法	154
11.2.1 Web 业务评价体系	154
11.2.2 Web 业务的 KQI 指标定义	155
11.3 Web 业务问题优化	156
11.3.1 Web 业务问题定界	156
11.3.2 Web 业务问题定位	157
11.3.3 Web 业务问题处理	158
11.4 优化案例	160
11.4.1 GGSN 侧 MTU-MSS 设置不当导致 TCP 数传分片率高	160
11.4.2 LTE 网络用户感知质差小区优化案例	162
第 12 章 vMOS 视频感知提升	164
12.1 移动视频业务特点	164
12.1.1 移动视频业务发展现状	164
12.1.2 移动视频业务的特点	164
12.1.3 视频业务 vMOS 评估方法	165
12.2 移动视频业务问题分析思路	166
12.2.1 移动视频业务问题定界	166
12.2.2 无线侧以下问题分析处理	168
12.2.3 无线侧以上问题分析处理	173
12.3 优化案例	174
12.3.1 无线侧应用改善视频感知	174
12.3.2 视频本地缓存改善视频感知	176
第 13 章 NPS 预测分析与提升	178
13.1 NPS 简介	178
13.1.1 NPS 概述	178
13.1.2 调研方案	179
13.2 NPS 预测分析与提升方案	180
13.2.1 NPS 预测分析流程	180
13.2.2 NPS 优化提升流程	182
13.2.3 NPS 优化提升方法	183
13.3 NPS 预测分析与提升案例	185
第 14 章 网络结构优化	188
14.1 网络结构分层概述	188

14.2 网络结构分层	188
14.2.1 网络结构分层原理	188
14.2.2 网络结构分层优化	189
14.2.3 网络结构分层方案	190
14.3 网络结构优化	194
14.3.1 网络问题筛选	194
14.3.2 分层优化原则	195
14.3.3 分层优化方法	196
14.4 优化案例	196
14.4.1 站点密集区域优化	196
14.4.2 吸热层站点优化	198
第 15 章 价值区域的建设与优化	201
15.1 价值区域建设	201
15.1.1 高精度 MR 定位技术	201
15.1.2 道路与建筑物关联及呈现	202
15.1.3 价值区域规划方案	203
15.2 ACP 精准优化	204
15.2.1 ACP 精准优化流程	204
15.2.2 ACP 精准优化方案	206
15.3 价值区域建设优化案例	207
15.3.1 高精度精准规划案例	207
15.3.2 ACP 精准优化案例	209
第 16 章 流量受限释放与分析	212
16.1 流量受限识别	212
16.1.1 基于市场的流量受限识别	213
16.1.2 基于网络的流量受限识别	214
16.2 流量受限释放与分析	215
16.2.1 可激活的流量评估	216
16.2.2 流量抑制释放	217
16.2.3 流量增长预测	218
16.3 流量受限释放案例	219
16.3.1 融智学院校园流量受限释放	219
16.3.2 五一技校扩容释放受限流量	221

第 17 章 频率重耕优化	225
17.1 频率重耕简介	225
17.1.1 频率分配现状	225
17.1.2 频率重耕思路	226
17.1.3 频率重耕优点	227
17.2 2G 退网与优化方案	228
17.2.1 2G 退网目标	228
17.2.2 2G 退网方案	228
17.2.3 2G 减容方案	228
17.2.4 减频退网案例	229
17.3 3G 翻频减容方案	230
17.3.1 3G 演进方案	230
17.3.2 3G 翻频方案	230
17.3.3 3G 减容方案	231
17.3.4 3G 翻频案例	233
17.4 4G 资源利用率提升方案	235
17.5 4G 资源利用率提升案例	239
17.5.1 拆闲提升资源利用率案例	239
17.5.2 4G 带间扩容案例	240
第 18 章 2/3G 用户迁移至 4G 策略	241
18.1 2/3G 用户迁移原理	241
18.1.1 2/3G 用户迁移介绍	241
18.1.2 2/3G 用户迁移价值	241
18.1.3 2/3G 用户迁移识别	242
18.2 迁移策略分析	243
18.2.1 迁移用户分析	243
18.2.2 倒流用户分析	245
18.2.3 锁网用户分析	247
18.3 迁移优化案例	249
18.3.1 案例 1 迁移用户识别	249
18.3.2 案例 2 M2M 用户识别	250
18.3.3 案例 3 4G 倒流问题分析	252

第 19 章 新设备应用	255
19.1 基于新设备的场景化解决方案	255
19.1.1 覆盖场景分类	255
19.1.2 场景化解决方案	256
19.2 新设备特性介绍	257
19.2.1 室外应用场景	257
19.2.2 室内应用场景	260
19.3 新设备应用案例	262
19.3.1 巴滨路 Easymacro 应用案例	262
19.3.2 住宅小区 Book RRU 应用案例	264
19.3.3 国金中心 Lampsite 应用案例	267
19.3.4 校园公寓 QCell 应用案例	269
第 20 章 智能网络评估	273
20.1 智能网络评估	273
20.2 最小化路测评估	273
20.2.1 系统介绍	273
20.2.2 评估方法	274
20.2.3 最小化路测应用	276
20.3 虚拟测试 (NetMax)	278
20.3.1 NetMax 系统	278
20.3.2 NetMax 评估方法	279
20.4 异网 MR 测量评估	281
20.4.1 异网 MR 测量背景	281
20.4.2 异网 MR 测量方法	281
20.4.3 异网 MR 测量应用	282
第 21 章 众筹网络评估	286
21.1 众筹评估概述	286
21.2 众筹评估方法	287
21.2.1 用户 App 评估	287
21.2.2 信号与投诉 App	291
21.2.3 自动路测评估	295
21.2.4 腾讯王卡评估	298

第 22 章 大数据天馈智能优化	303
22.1 天馈系统简介	303
22.1.1 宏站天馈系统概述	303
22.1.2 室分天馈系统概述	304
22.1.3 天馈故障检测方法	304
22.2 天馈性能评估体系	305
22.3 故障诊断方法	306
22.3.1 覆盖类问题	306
22.3.2 干扰类问题	306
22.3.3 硬件类问题	306
22.3.4 工程类评价	306
22.4 大数据天馈智能优化系统	306
22.4.1 系统处理流程	306
22.4.2 系统物理架构	307
22.4.3 系统逻辑架构	307
22.4.4 故障智能分析与诊断	308
22.5 天馈案例	309
22.5.1 覆盖类案例	309
22.5.2 干扰类案例	310
22.5.3 硬件类案例	312
22.5.4 室分上行干扰	314
22.5.5 室分隐性故障	315
22.5.6 MIMO 功率不均衡	316

第 1 章

室外大型场馆优化

随着移动互联网的快速发展和智能终端的普及,在各种大型场馆活动的现场,用户的数据业务使用需求越来越多,特别是应用微博、微信等社交类 App 进行实时的分享和交流,用户感知对运营商网络负荷带来极大考验。

本章节针对重庆大型室外聚会型场馆的特点进行分析,并以重庆奥体中心为例,对大型场馆网络保障提供优化建议,供参考。

1.1 室外大型场馆场景特点

1.1.1 大型场馆场景介绍

大型场馆主要以举办足球赛、运动会和演唱会等为主,多为露天场地,面积大,内部环境空旷,如图 1-1~图 1-3 所示。



图 1-1 场地面积大,用户密度高,话务量大



图 1-2 内部空间大,无阻挡,无线信号传播损耗小



图 1-3 业务应用多为事件分享,上行数据流量高

1.1.2 室外大型场馆无线网络特点

大型场馆举办赛事期间用户密度高，话务模型有别于普通场景，因此其具备独有的无线网络特点。

1. 业务量波动对网络冲击大

由于大型活动中具有用户集中入、散场的特点，因此场馆周边网络业务量也呈现出集中爆发、区域波动的特性如图 1-4 与图 1-5 所示，从而对网络冲击较大。

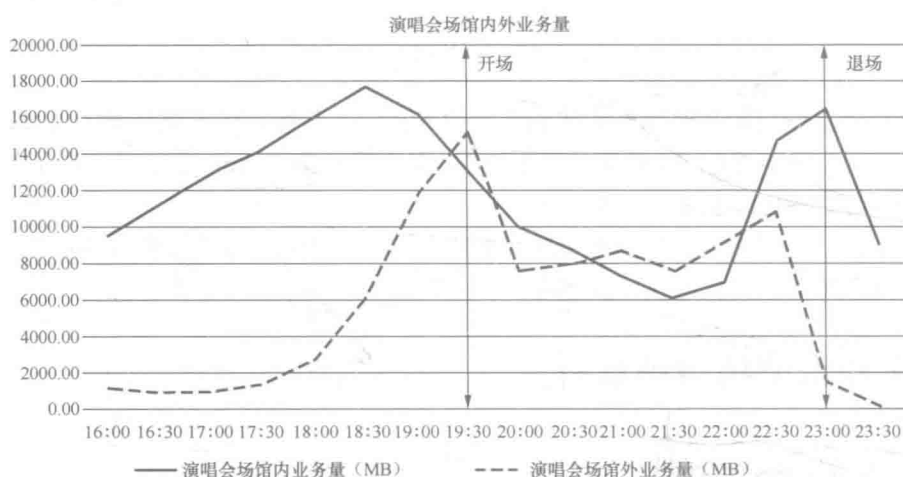


图 1-4 演唱会场馆内外业务量

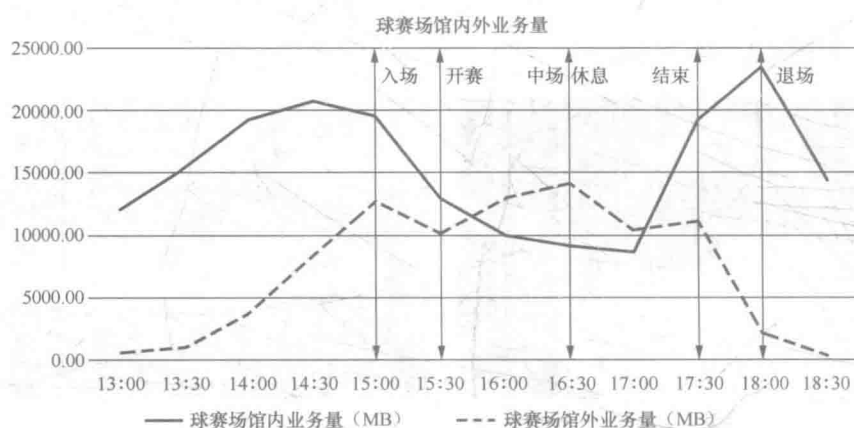


图 1-5 球赛场馆内外业务量

从业务量波动模型来看，活动开始前 1 小时、结束后半小时，以及球赛的中场休息时，都是业务量峰值出现的关键时间点。从业务量波动区域和幅度来看，场外业务量的变化相对剧烈，业务量波峰与波谷差距 2.5~3 倍。

业务量的集中爆发，对现场的容量保障和异网协同优化以及场内外协同优化等带来了较大难度。

2. 4G 网络干扰控制困难

针对 4G 网络，场内干扰问题是影响网络性能的关键因素。通常普通大型场馆的核心

活动区域直径一般在 200~300 米,为了保证 4G 单用户速率,在此区域内需要对多个小区同时覆盖,4G 的模 3 干扰问题比较突出。

根据 4G 的调度原理, SINR 值会映射到终端上报的 CQI (信道质量指示),从而影响网络的 MSC 编码方式调度,图 1-6 所示是根据仿真得出的调度速率与信噪比 (SINR) 关系曲线。

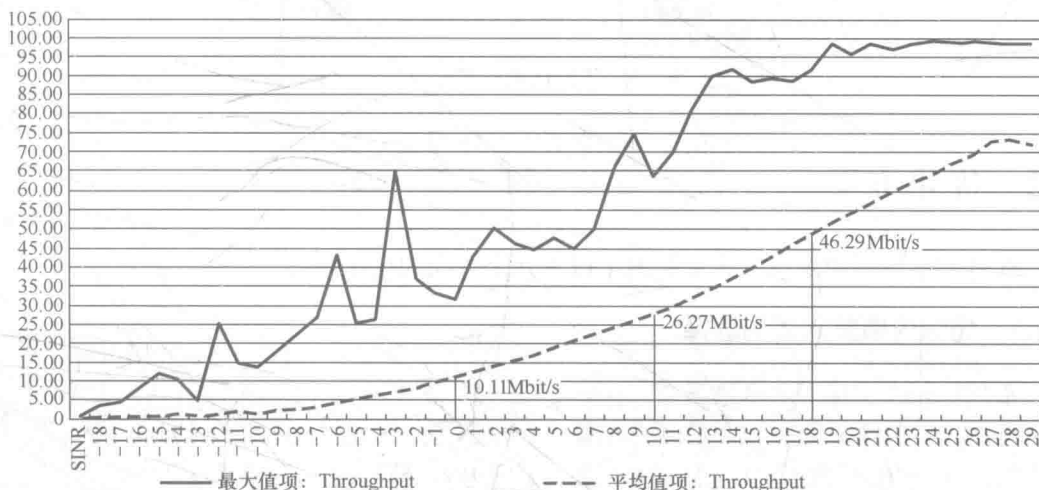


图 1-6 LTE 调度速率与 SINR 的关系图

从图中看出,由于模 3 干扰导致 SINR 较低,使用户速率受限严重,从而直接影响用户感知。

3. 语音网络回落业务承载压力仍较大

虽然联通 4G 网络用户迅速增长及大量 2/3G 网络用户迁移,但作为主要语音承载的 3G 网络仍存在较大的容量需求。

以 2017 年中超足协超级杯期间联通用户模型为例,超级杯期间奥体中心场内观众达到 5 万人,接近于满员。通过感知分析平台识别比赛期间占用过 4G 网络的用户数为 7154 个。经匹配,球赛期间约 48% 的 4G 用户回落过 3G 网络,同时仍有纯 3G 用户 2041 个,如图 1-7 所示。考虑到语音业务对用户感知影响更为直接,同时智能终端伴随的后台数据业务较为频繁,因此 3G 网络仍存在较大网络承载压力。

4. 上行业务集中,底噪抬升明显

根据历史数据的统计,大型场馆活动中用户呈现年轻、高端的特点,现场 26~35 岁用户占比达到 70%,使用苹果、三星等高价终端的用户占比达到 79%,均远高于全网平均水平。

此类用户在现场的业务使用主要集中在微信、微博等社交类 App,且上传分享的行为较多,因此大型活动现场用户的上行业务较集中,上行业务量占比较平时高出 13% 左右,如图 1-8 所示。

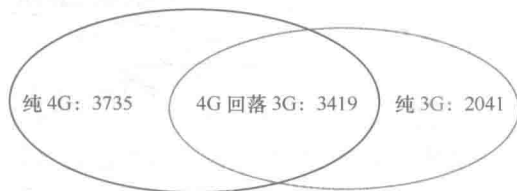


图 1-7 奥体中心场内 3/4G 用户分布