



基于 MDT 智能分析 LTE 无线干扰的研究与应用

钟其柱, 吴修权, 罗耀满

(中国移动通信集团广东有限公司中山分公司, 广东 中山 528400)

摘要: 针对传统的 LTE (长期演进) 无线干扰判断分析方法存在的用户维度数据不足、质差原因关联不足、过于依赖人工分析的问题, 提出基于 MDT (最小化路测) 技术智能分析 LTE 无线干扰的新方法。首先利用 MDT 与 MR (测量报告) 采集用户无线质量数据及经纬度信息, 然后创新使用 DBSCAN (具有噪声的基于密度的聚类方法) 和自适应聚类算法, 对采集的无线覆盖指标和经纬度等数据进行聚类分析, 最后将聚类后的数据导入自建的无线干扰判断模型, 分析得出干扰类型, 从而实现 LTE 无线干扰的智能分析。与传统干扰分析方法相比, 所提方法可以避免复杂的路测过程, 提高分析的准确度。数据采集聚类模型分析实验表明, 新方法提高了数据采集的效率和位置精确度, 在有效减少人工投入时间的同时结果更加准确。

关键词: LTE; MDT; 自适应聚类算法; 无线干扰

中图分类号: TN929

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019189

Research and application of new method based on MDT intelligent analysis of LTE radio interference

ZHONG Qizhu, WU Xiuquan, LUO Yaoman

Zhongshan Branch of China Mobile Group Guangdong Co., Ltd., Zhongshan 528400, China

Abstract: Aiming at the traditional LTE (long term evolution) wireless interference judgment analysis method has insufficient user dimension data, insufficient correlation of quality reasons, and too much dependence on manual analysis. A new method based on MDT (minimized drive test) technology for intelligent analysis of LTE radio interference was proposed. Firstly, the user's wireless quality data and latitude and longitude information were collected by using MDT and MR (measurement report), and then DBSCAN (density-based spatial clustering of applications with noise) and adaptive clustering algorithm were used to collect the wireless coverage indicators and the latitude and longitude and other data were used for cluster analysis. Finally, the clustered data was imported into the self-built wireless interference judgment model, and the interference type was analyzed to realize the intelligent analysis of LTE wireless interference. Compared with the traditional interference analysis method, the proposed method can avoid the complicated road test process and improve the accuracy of the analysis. Data acquisition clustering and model analysis experiments show that the new method improves the efficiency and location accuracy of data collection, and effectively reduces the time of manual investment while the results are more accurate.

Key words: LTE, MDT, adaptive clustering algorithm, radio interference

1 引言

目前 LTE 网络已经大规模投入使用,无线网络覆盖与质量优化至关重要,无线覆盖是移动通信的基础,覆盖优化和质量优化是无线网络优化的重点和难点。现阶段的无线网络优化工作,覆盖问题和质量问题的发现基本依靠 CQT、DT 或投诉手段,无线数据采集手段大致分为路测采集和手机上报测量报告(measurement report, MR)两种,分析过程主要依赖人工分析。

(1) 无线数据采集技术现状

参考文献[1]通过 LTE 信号采集器采集数据,通过网络接口将路测数据实时传输至远程数据中心,和数据处理中心实时交换数据,目前仅可以获取采集器部署区域的无线数据,采集过程消耗物理资源及网络资源。参考文献[2]通过获取测量报告携带的用户终端所接收到的主小区信号场强数据,定位每个用户终端所在的位置区域,依据场强信息和位置区域信息分析网络覆盖质量,指导 LTE 无线网络覆盖保障工作,位置信息存在较大的误差。

(2) 数据分析过程技术现状

参考文献[3]基于干扰概率进行干扰分析,通过检测栅格信号,获取多个检测栅格的参考信号和信号接收功率,最终计算所有栅格的干扰总量,分析 LTE 网络干扰状况,但是只能对小区及道路级别维度进行分析,能改善整体网络信号,不能对用户数据进行分析。参考文献[4]提出了数据采集系统的总体框架,针对数据分析模块和数据采集模块进行详细论述,包括采集信令、采集数据、信令、数据之间的关联性,得出数据分析模块的均衡策略,比较依赖人工分析。

针对以上方法存在的一系列问题,本文提出了一种基于 MDT 智能分析 LTE 无线干扰的新方法,使用 MDT 与 MR 数据、自适应聚类算法和无线干扰判断模型,不仅解决现有技术数据采集

精度不足、采集成本高、数据分析过程烦琐等缺点,还创新地将不同技术和算法相结合,提高 LTE 无线质量分析优化领域的自动化水平。

2 LTE 无线干扰分析现状及描述

目前最主要的无线网络干扰优化工作都按照图 1 的流程执行,并通过事后的分析挖掘定位问题,并通过路测和分析对问题进行一段时间的优化^[5],减少后面同类问题带来的感知问题。

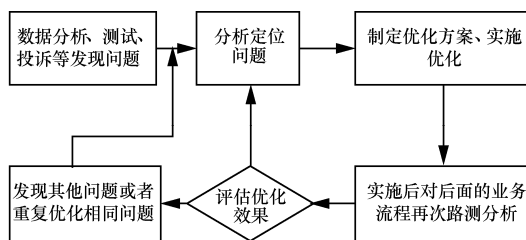


图1 无线网络优化流程

步骤 1 发现问题: 主要依靠对已有数据进行分析,通过路测或者用户投诉发现无线质量问题^[6],该方法包含目前主流的网络优化方法,能在一定程度上解决无线干扰问题,但对于干扰问题不能第一时间解决,往往在问题发生后才能进行排查。

步骤 2 分析解决问题: 目前主流分析方法为人工分析、排查收集到的质差数据,判断干扰类型、干扰原因并预估解决方案,分析人员的主观判断在这个过程中起主要作用,容易出现误判且消耗大量人力。

步骤 3 优化评估: 优化评估作为验证优化结果有效性的手段^[7],能评估解决方案的有效性,防止问题重发,本步骤很大程度重复步骤 1 的过程,同样投入较多的测试资源。

对于庞大复杂的 LTE 无线网络,网络干扰问题也是层出不穷的,现有无线干扰分析的局限性日趋明显,如何尽可能减少人工路测成本和分析成本、提高分析判断准确性成为重中之重。

本方法在数据采集方面区别于现有的路测和



人工记录手段,收集测量报告,周期性上报小区下行信号强度、信号质量和最小化路测(minimized drive test, MDT)上报的 UE 终端经纬度位置数据,MDT 收集经纬度精度误差小于 50 m,在数据分析和测试阶段,利用密度聚类算法分析定位问题,对存在质差问题的众多 MR 定位点进行聚类分析^[8],创新地使用算法对质差问题和质差区域数据进行聚类,利用无线干扰判断模型对无线指标进行实时计算。

3 基于 MDT 智能分析 LTE 无线干扰的新方法

从数据采集、数据整理和结果分析 3 个方面构建一套 LTE 无线质差问题的分析流程,如图 2 所示,通过建模的方式定位和分析 VoLTE 现网中较为常见的干扰问题,在实际应用中能通过采集到的无线覆盖数据和经纬度信息准确地判断该区域的干扰情况。

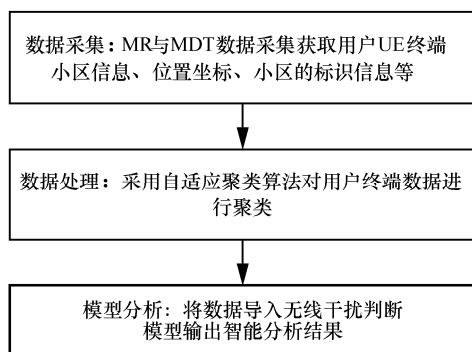


图 2 实施步骤

本方法实施过程中数据流向如图 3 所示。

3.1 数据采集

3GPP R10 版本中明确了 MDT 技术^[9]的需求,MDT 技术的实现需要终端和网络设备的双重支持,MDT 技术分为 Logged MDT 和 Immediate MDT,两者的区别是 Logged MDT 是在 idle(空闲)状态下进行测量的,测量后进行连接,对满足测量条件的结果进行上报。Immediate MDT 上报方式是在连接时测量的,测完就上报。与 Immediate

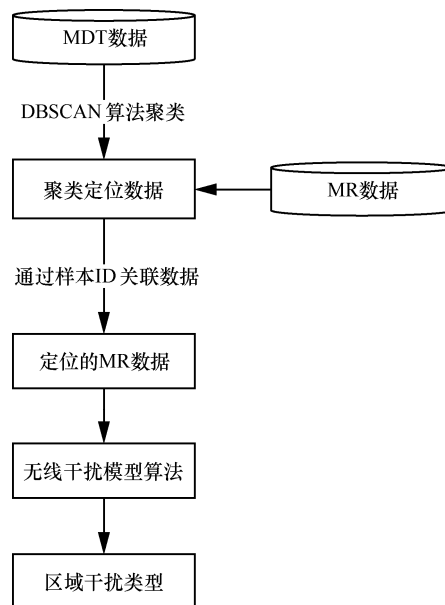


图 3 数据流向

MDT 相比,使用 Logged MDT 技术时,占用的 UE 终端的存储资源较多,终端耗电量较多,网络的信令开销也较大。解决方案的流程大致如下。

(1) 数据采集

MDT 的主要功能是携带位置信息相关的网络数据,MR 是用户终端周期性上报小区下行信号强度、信号质量等信息给基站控制器,再由控制器收集和统计^[10],加入 MDT 技术后 MR 的测量会增加位置信息,这给位置定位带来了很大的便利。

(2) 数据定位

通过 MDT 等测量数据创建定位数据库,定位数据里存放的是离散的信号强度和位置坐标。由于信号的多径传播对环境具有依赖性,不同位置的信道多径特征也不相同,呈现出非常强的特殊性。定位技术有效地利用多径效应,将多径特征和位置信息相结合,由于信道的多径影响在同一个位置点具有唯一性,可将多径结构作为数据库中的定位点。待测点在同样环境中获取接入点发送的无线信号,将接收到的无线信号强度与数据库中的定位点进行匹配,找出最相近的结果进行定位。相比较而言,基于接收信号强度的定位技

术更适合复杂的室内环境,能够较准确地区分室内外用户,并实现室内分层的覆盖评估及业务定位。输出参数示例见表1。

表1 输出参数示例

样本 ID	经度	纬度
1	113.350 908°	23.174 382°
2	113.349 794°	23.174 914°
3	113.345 159°	23.173 153°
4	113.354 214°	23.170 096°
5	113.361 4°	23.179 731°
6	113.335 385°	23.175 944°
7	113.330 283°	23.184 116°
8	113.343 147°	23.167 438°
9	113.343 147°	23.167 438°
10	113.346 309°	23.185 91°
11	113.362 119°	23.174 15°
12	113.339 122°	23.167 837°
13	113.372 683°	23.167 505°

3.2 自适应聚类处理

MR 数据携带接收电平值等判断无线质差的信息,如判断如弱覆盖、重叠覆盖、模三干扰、低 UL-SINR 等质差问题。而且 MR 数据经定位库处理后定位了经纬度信息,在空间上可通过密度聚类算法对存在质差问题的 MR 定位点进行聚类分析,挖掘得到干扰等质差区域。

将无线关键信息利用算法进行数据关联,算法使用 DBSCAN (density-based spatial clustering of applications with noise, 具有噪声的基于密度的聚类) 方法和分类算法结合的自适应聚类算法。DBSCAN 属于密度聚类算法的一种^[11],该算法不但能够适用于凸样本集,同时也能用于非凸样本集。分类算法的目的是适配不同 VoLTE 无线覆盖场景下使用的密度算法和密度要求。

DBSCAN 算法需要输入两个参数来确定密度数值,无线网络覆盖的场景比较复杂,有很多类别,郊区、学校、商圈等不同场景下用户密度、

用户数量都是不同的,带来的算法输入密度也不同。分类算法的原理是通过将无线覆盖场景区分开,针对每种覆盖场景以及覆盖场景下的用户密度制定密度输入,这样会形成一个密度输入库。每次进行密度聚类前,通过分类算法对场景进行分类,选择相应的密度进行输入,这样能获得更准确的输入参数聚类的结果,也更符合预期,同时通过一段时间的观察和分析,不同场景下的密度输入也是可以更新的。

表2为MDT获取的经纬度数据经聚类后得出的聚类类型。对聚类后的样本,填充测量报告中获取的小区信息、RSRP、XRSR,作为无线干扰模型的输入,具体见表3。

表2 聚类定位数据

样本 ID	聚类类别
1	A
2	A
3	B
4	B
5	A
6	A
7	A
8	A
9	B
10	C
11	C
12	C
13	C

3.3 无线干扰模型分析

本方法是通过测量报告中的数据表现来分析和挖掘现网存在的干扰问题,利用建模的方式定位和分析一些现网中较为常见的干扰问题,如各种干扰、低上行信噪比等。下文对模型进行详细的阐述。

针对每一份聚类后的样本,先进行如下的判断和计算:

如过覆盖干扰判断条件: (for $X=1, X \leq 8, X++$)



if ServingRSRP > 30 & ServingRSRP-NeighborXRSRP < 6 then NXcellRSRPcount=NXcellRSRPcount+1, NXcellRSRPcount 是自定义的字段, 表示 MR 报告中每个邻小区符合条件的采样点个数;

表 3 带定位 MR 数据

样本 ID	小区信息	RSRP/dBm	XRSR/dBm	聚类类别
1	6700472	-95	-105	A
2	6700472	-109	-100	A
3	6700472	-94	-108	B
4	6700472	-93	-101	B
5	6700472	-103	-103	A
6	6700472	-98	-102	A
7	6723893	-100	-98	A
8	6723893	-87	-107	A
9	6723893	-102	-102	B
10	6723893	-85	-102	C
11	6723893	-90	-98	C
12	6723891	-109	-100	C
13	6723891	-105	-102	C

if count (NXcell RSRP count)/count (Serving RSRP) > 1% where count(Serving RSRP) > 100, then relativeNcellcount=relativeNcellcount+1, relativeNcellcount 是自定义的字段, 表示满足过覆盖条件的邻小区个数。

表 4 归纳了无线干扰判断模型的模型输入、判断条件和判断结果, 只需聚类的无线参数即可获取无线干扰类型。

通过表 4 的数据可以快速将聚类处理后的无线质量数据进行匹配, 通过将服务小区与邻小区场强、主小区 MR 采样点个数、邻小区 MR 采样点数、服务小区 PCI 等无线数据值与干扰模型进行比较, 得出相应的干扰类型, 对一些常见的干扰自动进行判断。

4 实验与测试结果

基于对 LTE MR 数据的分析, 如图 4 所示, 在空间地图上将弱覆盖、重叠覆盖、模三干扰、低上行信噪比测量记录密集呈现的区域定义为质差区域, 并统计质差区域的小区无线覆盖指标,

表 4 干扰判断模型

模型输入	判断条件	判断结果	备注
服务小区及邻小区场强、MR 采样点数、服务小区 PCI	(1) 主小区的 MR 采样点数 > 100; (2) 主小区与 8 个以上 (含 8 个) 的邻小区关联系数 > 1%	过覆盖导致干扰	关联系数: 满足条件邻小区 MR 报告数/主小区 MR 总报告数; ScellRSRP (主小区) - NcellRSRP (邻小区) < 6 dB, 且采样点中主小区 RSRP > -110 dBm 时符合条件, 关联系数 > 1%, 则主/邻小区关联
	(1) 小区的 MR 采样点数 > 100; (2) 重叠覆盖度 ≥ 5%	重叠覆盖导致干扰	重叠覆盖度: 小区上报样本点里, 邻区电平和主校区电平相差 > -6 dB 的邻区数 > 3 个的样本点比例 (采样点主小区 RSRP > -110 dBm)
	(1) 小区的 MR 采样点数 > 100; (2) 服务小区与邻小区 PCI mod 3 相等 & 服务小区 RSRP 减邻小区 RSRP 的绝对值小于 6 的采样点比例大于或等于 5%	模三干扰	模三干扰比例可设置为 5%、10%、20%等
	(1) 小区的 MR 采样点数 > 100; (2) 服务小区与邻小区 PCI mod 6 相等 & 服务小区 RSRP - 邻小区 RSRP 的绝对值小于 6 的采样点比例大于或等于 5%	模六干扰	模六干扰比例可设置为 5%、10%、20%等
	(1) 小区的 MR 采样点数 > 100; (2) UL-SINR 小于或等于 0 的采样占比 ≥ 5% 的小区	低上行信噪比	可设置为 5%、10%、20%、30%



图 4 干扰分析

可指导无线优化及网络规划建设行为^[12]。

表 5 数据表明，图 4 中共有 7 个区域存在干扰情况，平均 RSRP 不同，能帮助工程人员快速定位干扰区域，通过平均 RSRP 强度能确定弱覆盖程度。

表 5 干扰数据

区域	平均 RSRP/dBm	干扰类型
区域 1	-99	过覆盖导致干扰
区域 2	-107	过覆盖导致干扰
区域 3	-113	模三干扰
区域 4	-116	低上行信噪比
区域 5	-105	低上行信噪比
区域 6	-97	低上行信噪比
区域 7	-112	过覆盖导致干扰

基于本方法建立的针对干扰、覆盖区域的挖掘分析算法，能够代替传统通过人工路测的方式进行网络问题的分析定位，本方法可以通过 MR 和 MDT 采集数据、聚类算法找到质差点在空间上的密集聚类，从而挖掘出弱覆盖等质差区域。

5 结束语

针对现阶段 LTE 无线干扰分析存在的一系列问题，本文构建了基于 MDT 智能分析 LTE 无线干扰的新方法，全面挖掘微小空间维度上的弱覆

盖区域，利用用户终端上传信息把测量数据渲染到空间地图，作为无线优化的依据，分析效率对比人工提高数倍，解决传统优化手段采集数据维度不足、对无线干扰原因关联不足、过于依赖人工分析的问题。在将来的工作中，本文将针对以下 3 方面进行进一步的研究：进一步提升 MDT 与 MR 结合的效率，在实际应用中，挖掘更多无线指标之间的干扰关系，完善干扰模型的建立；优化不同质差区域间的聚类算法，提高不同干扰的关联准确度；健全无线干扰模型，实现无线干扰的实时判断与优化方案输出。

参考文献：

[1] 赵国民, 沈颖, 叶伟. 一种用于 TD-LTE 的智能无线网络优化分析系统: CN203233544u[P]. 2013-05-16.
ZHAO G M, SHEN Y, YE W. A smart wireless network optimization analysis system for TD-LTE: CN20323354411[P]. 2013-05-16.

[2] 房健, 赵清锋, 李加蕾. 一种 LTE 网络覆盖分析、预测方法及系统: CN10830747427A[P]. 2018-07-20.
FANG J, ZHAO Q F, LI J L. An LTE network coverage analysis and prediction method and system: CN10830747427A[P]. 2018-07-20.

[3] 黄剑锋. LTE 网络中基于干扰概率进行干扰分析的方法及系统的制作方法: CN105208581A[P]. 2015-12-30.
HUANG J F. Method and system for making interference analysis based on interference probability in LTE network: CN105208581A[P]. 2015-12-30.

[4] 匡红, 叶猛. LTE 中基于 S1 接口的数据采集系统研究[J]. 电视技术, 2013(3).



- KUANG H, YE M. Research on data acquisition system based on S1 interface in LTE[J]. Television Technology, 2013(3).
- [5] 盛璟, 刘洋, 许国平. LTE 无线网络优化的考量[J]. 邮电设计技术, 2014(12).
- SHENG J, LIU Y, XU G P. Considerations for LTE wireless network optimization[J]. Post and Telecommunications Design Technology, 2014(12).
- [6] 钟逸秋, 冯赞, 曾纪宽. LTE 干扰分类和优化方法探究[J]. 通讯世界, 2016(18).
- ZHONG Y Q, FENG Z, ZENG J K. Research on classification and optimization of LTE interference[J]. Telecom World, 2016(18).
- [7] 林世明, 高志斌, 高凤连. 基于路测的 TD-LTE 网络优化分析[J]. 现代电子技术, 2015(9).
- LIN S M, GAO Z B, GAO F L. Optimum analysis of TD-LTE network based on drive test[J]. Modern Electronic Technology, 2015(9).
- [8] 王建, 刘方森, 赵昌盛. 基于 MR 数据的 TD-LTE 天馈检测方法研究[J]. 电信技术, 2017(2): 5-6.
- WANG J, LIU F S, ZHAO C S. Research on TD-LTE antenna detection method based on MR data[J]. Telecommunications Technology, 2017(2): 5-6.
- [9] 沈鹏, 马赛. 一种 LTE 系统最小化路测技术实现方案[J]. 山东通信技术, 2015(10): 23-25.
- SHEN P, MA S. An implementation scheme for minimizing road test technology in LTE system[J]. Shandong Communication Technology, 2015(10): 23-25.
- [10] 姜备. 基于 LTE MR 的移动网络优化研究[D]. 上海: 上海师范大学, 2016.
- JIANG B. Research on mobile network optimization based on LTE MR [D]. Shanghai: Shanghai Normal University, 2016.
- [11] 周水庚, 周傲英, 曹晶. 基于数据分区的 DBSCAN 算法[J]. 计算机研究与发展, 2000(10).
- ZHOU S G, ZHOU A Y, CAO J. DBSCAN algorithm based on data partitioning[J]. Journal of Computer Research and Development, 2000(10).
- [12] 张长青. 浅析 4G 运营商的大数据应用[J]. 电信网技术, 2014(7): 35-39.
- ZHANG C Q. Analysis of big data application of 4G operators[J]. Telecommunications Network Technology, 2014(7): 35-39.
- [13] 周冬玲, 孙震强, 胡晓娟. LTE 信令采集方案介绍[C]//2014 LTE 网络创新研讨会论文集. [出版地址不详: 出版单位不详], 2014.
- ZHOU D L, SUN Z Q, HU X J. Introduction to LTE signaling collection scheme[C]//2014 LTE Network Innovation Seminar Proceedings. [S.l.: s.n], 2014.

[作者简介]



钟其柱 (1985—), 男, 中国移动通信集团广东有限公司中山分公司高级工程师, 主要研究方向为移动通信网络的性能分析与优化。



吴修权 (1975—), 男, 中国移动通信集团广东有限公司中山分公司高级工程师、中心总经理, 主要研究方向为移动通信网络的管理。



罗耀满 (1979—), 男, 中国移动通信集团广东有限公司中山分公司高级工程师, 主要研究方向为核心网无线网的管理与维护。