

图像识别技术在5G网络覆盖率评估中的应用探讨

Application of Image Recognition Technology in 5G Network Coverage Evaluation

吕非彼¹,杨洁艳²,吴浩然¹,田元兵¹,朱佳佳¹(1. 中国联通网络技术研究院,北京 100048;2. 中国联通智网中心,北京 100033)

Lü Feibi¹,Yang Jieyan²,Wu Haoran¹,Tian Yuanbing¹,Zhu Jiajia¹(1. China Unicom Network Technology Research Institute, Beijing 100048, China; 2. China Unicom Intelligence Network Center, Beijing 100033, China)

摘要:

介绍了“覆盖率”的传统分析方法和MDT技术的演进,总结了MDT在NSA无线网络覆盖评估中的方法和优缺点。针对地理化后“覆盖率”失真的问题,提出一种基于地图图像识别的覆盖率修正方法,使覆盖率指标能更准确地反映网络覆盖实际情况。

关键词:

MDT;覆盖率;图像识别;NSA

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2020.06.008

文章编号:1007-3043(2020)06-0040-05

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

It introduces the traditional analysis method of "coverage rate" and the evolution of MDT technology, and summarizes the methods, advantages and disadvantages of MDT used in NSA wireless network coverage evaluation. Aiming at the problem of "coverage rate" distortion after geographic, a coverage correction method based on map image recognition is proposed to make the coverage index more accurately reflect the actual situation of network coverage.

Keywords:

MDT; Coverage rate; Pattern recognition; NSA

引用格式:吕非彼,杨洁艳,吴浩然,等. 图像识别技术在5G网络覆盖率评估中的应用探讨[J]. 邮电设计技术,2020(6):40-44.

1 概述

在无线通信领域,覆盖率是网络规划、建设、运维和优化工作中最基本的指标,也是对用户感知影响最直接的指标。如何对无线网络覆盖率进行精准的评估是运营商一直所关注的问题。普通用户对“覆盖率”最直观的理解是“有信号区域面积占全部区域的比例”,运营商也希望能通过这种覆盖率的指标,了解无线网络的部署情况,发现覆盖问题区域。但实际上,长期以来“覆盖率”指标没有统一的定义标准,例

如工信部发布的报告中,我国4G网络覆盖率在2018年已超过98%^[1]。但这难以说明网络覆盖已足够完善,因为这里覆盖率指的是人口覆盖率,即4G移动通信服务用户数占当地人口总数的比例。该指标一般在规划建设阶段使用,对网络的运维优化难以起到指导作用。运营商常用的覆盖率定义为达到一定覆盖强度的信号采样占全部信号采样的比例,根据具体数据采集方法,有路测覆盖率或MR(Mesurement Report)小区覆盖率。其中路测能定位覆盖问题的地理位置,但不具备遍历性且成本高;而小区MR统计的缺点,一是没有位置信息,二是无法评估覆盖空洞。这些覆盖率的评估方法都具有一定局限性。随着手机定位技

收稿日期:2020-05-06

术的成熟和无线网络的演进,MDT(Minimum Driver Test)技术的引入使得运营商能够通过网络侧采集全网终端上报的具有精确地理位置的MR信息。这为运营商的覆盖分析提供了低成本遍历全网的大数据资源,如何利用MDT数据精准地评估无线网络覆盖是业内关注的热点。

2 5G MDT技术演进

最小化路测技术(MDT)是3GPP在R10版本中引入的一种通过网络配置对用户终端进行测量数据采集、上报的自动化路测技术。其关键点在于用户终端开启GNSS(如GPS)并支持MDT功能,终端就能向基站上报包含用户位置信息的测量数据。MDT的数据采集可用于大数据分析以减少路测开销,缩短优化周期,分析用户感知和网络容量等问题,从而降低移动通信运营商网络优化和维护成本。

MDT根据上报方式分为2种:Logged MDT和Immediate MDT,2种方式既可以单独开启,也可以同时开启。2种方式分别具有如下特点。

a) Logged MDT:UE根据配置参数信息,在空闲态(IDLE)进行测量并存储在终端,待终端进入连接态,并满足上报条件再上报基站。Logged MDT方式需要记录一定信息,对终端的存储和耗电均会产生影响。

b) Immediate MDT:UE在连接态下进行测量,并将测量报告上报给基站。MDT重用现有的测量机制,并且在UE为了移动性等目的上报给网络的同时用于MDT上报,不会对UE的耗电和存储产生太大影响。

R10版本的MDT主要面向覆盖的评估和优化,最初的测量包含RSRP、RSRQ、RIP、PHR等RF指标。随着技术演进,R11—R14版本中MDT均有不同程度的增强,增加了data volume、delay、packet loss、RLF等QoS方面指标,定位技术上从独立GNSS、ECID定位逐步增加了OTDOA、fingerprint等方式,异系统的测量上增加了Bluetooth、WLAN等。

随着机器学习和大数据技术的快速发展应用,RAN侧数据的采集和分析受到了空前的关注。在5G NR目前的标准制定中,3GPP将MDT与SON进行关联讨论,MDT技术可能成为5G空口侧的大数据采集方式,为网络的AI模型训练提供输入。目前R15版本规范未完成NR的MDT部分,计划在R16版本完成。并且在R17版本的立项讨论中,认为MDT将在未来网络智能化方面起到重要作用。

3 基于MDT的5G NSA网络覆盖率评估技术

借助MDT的大数据采集和位置信息,可实现“覆盖率”全网范围的地理化评估,也可以对任意地理区域进行有针对性的分析。中国联通的网络覆盖评估工作已由以往的本地网面评估和小区级达标率评估逐渐细化至分场景的覆盖评估。

3.1 NSA网络的MDT数据采集

由于R15 NR的MDT规范尚未完成,现网NSA UE上报gNodeB的MR并未携带位置信息。但NSA网络的控制面由4G承载,R15中对4G的MR进行了更新,添加了EN-DC网络下4G的NR测量项。在DC(dual connection)建立前和建立后,LTE的MeasResult IE(Information Element)中分别增加了measResultNeighCellListNR-r15和MeasResultServFreqListNR-r15字段。现网信令如图1所示。

若4G MDT开启,则从4G的MR中可同时采集锚点站的RSRP和NR服务小区的SS-RSRP测量值。因此对现有4G MDT采集进行软件升级,增加NR测量字段即可通过4G MR采集NSA网络的MDT指标,并且可同时分析4G锚点站的覆盖情况。

3.2 基于MDT的NSA网络覆盖率评估方法

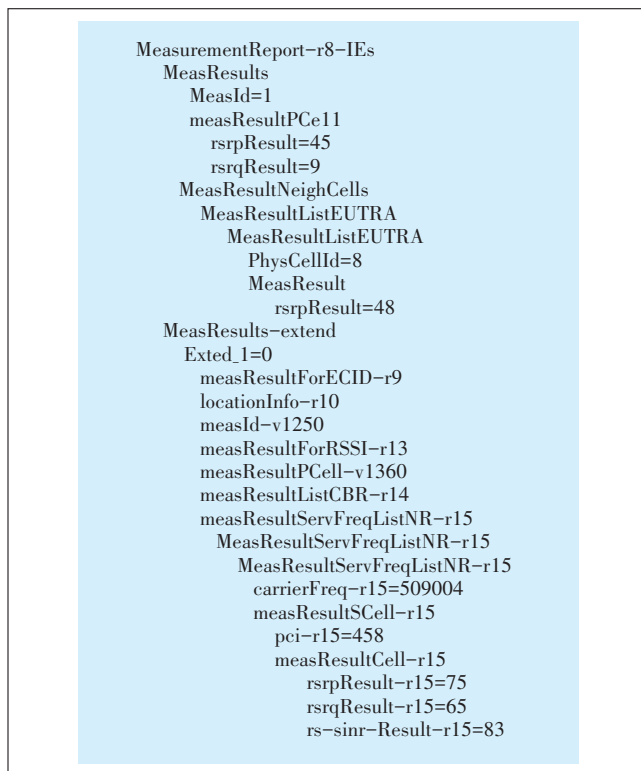


图1 现网信令

出于对“有信号区域面积占全部区域的比例”这一概念的表达,将基于MDT数据的无线网络覆盖率指标定义为:

$$\text{coverage}(\%) = \frac{\text{覆盖强度达标区域面积}}{\text{评估区域总面积}} \times 100\% \quad (1)$$

其中5G覆盖强度指标采用SS-RSRP(SS-Reference Signal Receiving Power),4G覆盖强度指标采用RSRP(Reference Signal Receiving Power)。根据评估目的设置SS-RSRP和RSRP的达标门限即可。

MDT采集的位置信息为经纬度采样点,难以直接计算覆盖面积,需要先进行地理栅格化。目前采集的经纬度信息均为WGS84(World Geodetic System-1984)坐标系。需要注意的是,以经纬度作为计量单位的是球面坐标,在栅格化时需要转化为以平面直角坐标系为度量的投影坐标系(PCS-Projection Coordinate System)。我国较为常用的是通用横轴墨卡托投影(UTM)。在数据转换的具体实现时,可依托成熟的库函数。例如Python下,使用pyproj模块可以非常简单的完成球面到平面的UTM投影映射。

平面坐标下的栅格可根据需要按边长任意切分,目前中国联通的网络覆盖评估中一般采用50 m×50 m大小的栅格。设覆盖强度门限 α ,先定义单个栅格的栅格覆盖率BinCov:

$$\text{BinCov} = \frac{\text{Sum}(\text{Samples})_{\text{s.t. RSRP} \geq \alpha}}{\text{sum}(\text{Samples})} \quad (2)$$

对于评估任意区域Area,可通过区域的多边形(polygon)经纬度坐标集来描述。一般为一组或多组经纬度坐标集合,可选择GeoJSON、OSM等标准化格式存储。采用GeoJSON除存储边界信息,还可以对场景其他属性进行存储。

设栅格达标门限 β ,栅格面积为 s ,评估区域为Area,栅格化函数为Bins(),则覆盖率公式(1)演化为:

$$\text{coverage}(\%) = \frac{\text{count}(\text{Bins}(\text{BinCov})) \times s^2_{\text{s.t. BinCov} \geq \beta}}{\text{Bins}(\text{Area}) \times s^2} \times 100\%$$

3.3 MDT覆盖评估的优势

基于地理位置信息,MDT数据能够低成本地实现全网范围的覆盖评估。除了能定位覆盖问题的具体位置外,MDT的统计分析结果也比传统MR评估更为准确。如图2所示,某居民小区采用传统MR覆盖率评估覆盖良好,但由MDT数据分析可见存在近一半覆盖不佳的区域,2种覆盖率差异非常大。

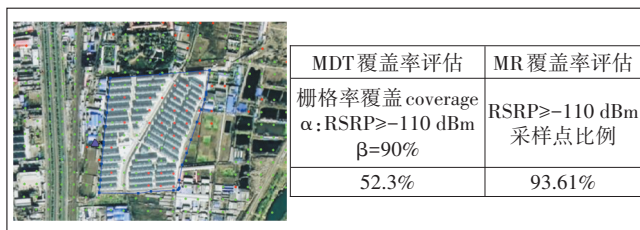


图2 某居民小区MR覆盖率评估和MDT数据分析对比

出现这种问题,主要是因为小区级MR评估与用户业务发生位置、业务次数密切相关。用户在覆盖好点做业务的概率更大、采样点更多,将区域覆盖“统计平均掉了”。另一个因素是基站除覆盖特定分析的区域还会覆盖到周边。

3.4 MDT覆盖评估的问题

a) 部分区域数据采集量不足:5G建设初期,5G用户和终端数量基数仍稍显不足。且用户集中度高,难以对全网完成遍历性评估。对于4G,受限于终端能力(R10以上),在农村和经济欠发达区域仍有大量无采样的位置。用户使用习惯(关闭GPS,不授权使用GPS等)、用户环境(室内无法接收GPS)以及涉及用户隐私等问题,也会造成采样稀少。

b) 室内无GPS:MDT目前主要依赖GPS定位,在室内无法完成定位,因此室内覆盖的评估仍需采用传统评估方法。目前5G的网络定位技术的增强也在标准制定中,有研究标明基于5G Massive MIMO的网络侧定位将大幅提升定位精度,能够实现对室内宏站覆盖的评估。

c) 区域化评估中区分无覆盖和无用户的问题:MDT覆盖评估的一个重要目的是定位无覆盖区域。如何区分一片区域是覆盖空洞还是无用户是目前技术的难点。

如图3所示,某5A级景区,蓝色边框为景区边界。由于景区范围内包含大量无人进入的山体,出现大量无用户信号采样位置,但同时也有部分区域是由于覆盖空洞造成无采样。若直接按前述覆盖率公式计算,则会出现覆盖率极低的问题(覆盖率1),与用户实际

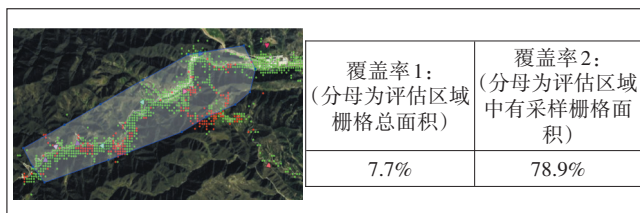


图3 某5A级景区“覆盖率”失真问题

体验不符,夸大网络问题;一种常用的处理方式是将覆盖率的分子替换为有数据的区域面积(覆盖率2),但这种方式必然会造成对覆盖空洞的漏检,导致场景覆盖率偏好。可见无论采取那种方法,“覆盖率”都出现了很大程度的失真。

4 基于图像识别的覆盖率评估方法

对于蜂窝无线网络技术来说,网络并非追求对地球100%面积的覆盖,网络覆盖的目标应理解为对用户所达区域进行尽力而为的覆盖。对于运营商的网络建设和优化来说,更是分阶段、有重点地逐步扩大覆盖范围,覆盖评估的目标是100%完成规划的覆盖范围。例如5G初期,覆盖评估是对5G建设目标区域、重点场景等进行区域化评估。基于对“覆盖率”的这种理解,为了解决无数据位置对覆盖率评估造成的影响,本文提出一种基于电子地图图像识别的覆盖率修正技术,通过识别地貌信息,对用户基本不会到达或者运营商认为无需覆盖的区域进行剔除,从而修正覆盖率指标。

4.1 图像识别技术研究

通过电子地图识别出某些地貌信息,在区域无采样、或采样点较少的情况下,结合场景类别加以判断以纠正区域的覆盖率。例如评估中剔除城市中心的湖泊、景区内的山川、农村的农田区域等。为实现基于电子地图的地貌识别,从深度学习和计算机视觉模型2个方向展开研究。

a) 深度学习模型。在深度学习模型中,针对不规则边界的图像识别可采用语义分割算法。我们试验了主流的开源语义分割模型U-Net和SegNet。由于其使解码器迭代学习编码器池化过程中丢失的相关特征,U-Net将编码器的特征图拼接至每个阶段解码器的上采样特征图,导致模型训练过程占用内存过大,在有限硬件环境下难以快速进行训练。而SegNet相对表现较好。整体上看,语义分割模型检测准确率高,但耗费硬件资源也非常高。

b) 计算机视觉方法。基于RGB信息检测地图中的特殊地貌——水域和林地,对目标进行开运算及闭运算的非全集修正,再进行二值化并使用Canny算子进行边缘检测,从而得到目标的轮廓边界。这种方法能快速并较准确地检测出具有特定色彩或模式的目标。但是其扩展性较弱,输入地图形式的改变很容易造成检测结果准确率骤降,需要固定地图来源、并且

针对不同城市分别建模。

4.2 基于地貌识别修正覆盖率的应用

以某5A级景区覆盖率评估为例。该景区74%的面积是水域,其中东北部水域有游船但采样量较少,有部分无数据栅格;而西北部水域封闭,水上无采样,这部分面积占比达15%。利用常规的覆盖率分析方法,若采用达标栅格面积除以公园总面积,则覆盖率仅为68.0%。但实际上这是将无用户的水域面积错误地认为无覆盖造成的。若用覆盖达标栅格面积除以有采样栅格面积,则景区覆盖率为95.4%,覆盖率过好,无法暴露弱覆盖、无覆盖问题。而且水面占比过大,开阔信号易于传播导致覆盖好,但水域并非游人聚集区域,不应是网络建设和优化应该关注的区域。某5A级景区范围及MDT栅格化RSRP数据呈现如图4所示。



图4 某5A级景区范围及MDT栅格化RSRP数据呈现

因此,我们认为水域不应纳入该景区的覆盖评估范围内。采用计算机视觉模型对该区域电子地图进行识别,提取出公园内的水域边界。提取出的某5A级景区的水域边界如图5所示。

用景区边界范围做全集,取与水域边界的交集的反集,得到陆地区域边界。重新计算覆盖率为83.01%。结合覆盖率修正前后的对比图可见,修正后的覆盖率指标更能准确地反映用户体验的实际覆盖情况,也较容易发现公园北部和东南部存在大量弱覆盖区域,整体覆盖效果一般,需要有针对性地进行优化。某5A级景区评估区域修正后的范围及栅格化RSRP数据呈现如图6所示。

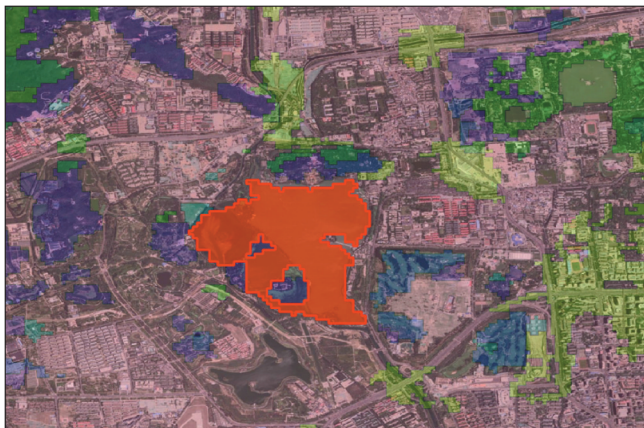


图5 提取出的某5A级景区的水域边界



图6 某5A级景区评估区域修正后的范围及栅格化RSRP数据呈现

5 结束语

本文通过对3GPP MDT技术演进和传统覆盖率指标的分析,总结了MDT数据在覆盖评估中的优势和问题,提出了5G NSA网络下基于MDT的覆盖率指标定义和评估方法。又针对地理化“覆盖率”指标失真的问题,提出一种基于地图图像识别的覆盖率修正方法,使覆盖率指标能更加准确地反映网络覆盖的真实情况。

参考文献:

[1] Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Re-

source Control (RRC); Protocol specification: 3GPP TS 36.331 V15.8.0[S/OL].[2020-02-24]. https://www.3gpp.org/ftp/specs/archive/36_series/36.331/.

[2] NR; Radio Resource Control (RRC); Protocol specification: 3GPP TS 38.331 V15.8.0[S/OL].[2020-02-24]. <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3197>.

[3] Universal Terrestrial Radio Access (UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio measurement collection for Minimization of Drive Tests (MDT); Overall description: 3GPP TS 38.331 V15.0.0[S/OL].[2020-02-24]. <https://portal.3gpp.org/desktopmodules/Specifications/SpecificationDetails.aspx?specificationId=3197>.

[4] Study on RAN-centric data collection and utilization for LTE and NR: 3GPP TR 37.816[S/OL].[2020-02-24]. <https://www.3gpp.org/DynaReport/37-series.htm>.

[5] Study on NR positioning support: 3GPP TR 38.855[S/OL].[2020-02-24]. <https://www.3gpp.org/DynaReport/38-series.htm>.

[6] Chernogorov F, Nihtila T. QoS Verification for Minimization of Drive Tests in LTE Networks[C]// IEEE Vehicular Technology Conference. IEEE, 2012.

[7] Stage 2 functional specification of User Equipment (UE) positioning in NG-RAN: 3GPP TS 38.305[S/OL].[2020-02-24]. <https://www.3gpp.org/DynaReport/38-series.htm>.

[8] 刘列平. 自动化路测系统在无线网络维护和优化中的应用[J]. 电信工程技术与标准化, 2012(6): 4-5.

[9] 贺琳, 刘申建, 郭省力, 等. 最小化路测技术发展现状及应用分析[J]. 邮电设计技术, 2012(12): 3+18-22.

[10] MOYSEN J, GIUPPONI L, MANGUESBAFALLUY J. On the potential of ensemble regression techniques for future mobile network planning[C]// Computers & Communication. IEEE, 2016.

[11] RIAZ MONDAL, JUSSI TURKKA, TAPANI RISTANIEMI. Performance evaluation of MDT assisted LTE RF fingerprint framework [C]// 2014 Seventh International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU). IEEE, 2014.

[12] 赵俊德. 一种基于最小化路测(MDT)数据的天馈智能优化方法[J]. 电信工程技术与标准化, 2017, (12): 42-44.

[13] 汤凯, 李宗璋. 最小化路测应用研究[J]. 移动通信, 2017(15).

[14] 陈嘉明. 基于管理的 Immediate MDT 数据源的技术应用研究[J]. 电信工程技术与标准化, 2018(11): 92-97.

[15] 晏志强, 李红艳, 王伟, 等. 立体化网络覆盖精准评估的应用与研究[J]. 邮电设计技术, 2018(8): 1-6.

作者简介:

吕非彼,高级工程师,硕士,主要从事移动通信无线技术研究工作;杨洁艳,高级工程师,硕士,从事网络IT运营以及无线网络优化工作;吴浩然,工程师,硕士,主要从事人工智能技术研究工作;田元兵,高级工程师,硕士,主要从事移动网络设计和优化研究工作;朱佳佳,高级工程师,硕士,主要从事移动网络优化技术研究工作。