

# 基于NB-IoT网络覆盖的最小投资方法研究

## Research on Minimum Investment Method Based on NB-IoT Network Coverage

梁松柏<sup>1</sup>,于长松<sup>2</sup>,许强<sup>1</sup>(1. 中国联通河南省分公司,河南 郑州 450008;2. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司,河南 郑州 450007)

Liang Songbai<sup>1</sup>,Yu Changsong<sup>2</sup>,Xu Qiang<sup>1</sup>(1. China Unicom Henan Branch,Zhengzhou 450008,China;2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd. Zhengzhou Branch,Zhengzhou 450007,China)

### 摘要:

构建了NB-IoT网络与需求满足度的评估体系,该体系基于有4G覆盖区域的A-GPS MR数据和无覆盖区域的仿真预测,考虑了网络制式的覆盖差异因子、不同典型场景覆盖差异因子及不同承载频率的覆盖差异因子,形成20×20m的、可迭代更新的底层NB-IoT网络覆盖数据库,并利用最小投资算法成功实现NB-IoT网络与市场满足度评估以及最小开站规模评估,实现网络覆盖评估和投资效益最大化,加快5G的mMTC场景应用业务推广。

### 关键词:

NB-IoT;栅格化;覆盖评估;覆盖差异因子;市场满足度评估

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2020.01.002

文章编号:1007-3043(2020)01-0006-05

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 constructs an evaluation system of the NB-IoT network and demand satisfaction. This system is based on the A-GPS MR data of 4G coverage area and simulation prediction of no coverage area. Considering the coverage difference factor of network format, coverage difference factor of different typical scenarios and coverage difference factor of different carrying frequencies, it forms a 20×20 m, iteratively updated underlying NB-IoT network coverage database. The minimum investment algorithm is used to realize the evaluation of NB-IoT network and market satisfaction, as well as the evaluation of minimum start-up scale, so as to maximize the network coverage and investment benefits, speed up 5G mMTC scenario application business promotion.

### Keywords:

NB-IoT;Rasterized;Coverage evaluation;Coverage difference factor;Market satisfaction assessment

引用格式:梁松柏,于长松,许强.基于NB-IoT网络覆盖的最小投资方法研究[J].邮电设计技术,2020(1):6-10.

## 1 概述

NB-IoT技术工作在180 kHz带宽、提供低功耗设备的蜂窝数据连接,广泛应用于智慧城市中停车、水、电、气表等业务。为保证终端电池寿命,NB-IoT技术要求终端不进行MR上报。一旦海量级、分散的连接点应用需求发起时,将无法快速、有效、精准评估每个需求点上网络对市场需求的满足度,从而无法提出NB-IoT精准的基站、小区规划方案。

在此背景下,构建NB-IoT网络与市场满足度评估

算法及体系以解决如下几大痛点:

- 现场人工摸排工作导致运营成本居高不下、效率低下的问题。
- NB-IoT网络栅格级覆盖水平精准评估问题。
- 市场海量的、分散的连接点应用需求满足度评估问题。
- 满足市场需求的基站、小区开通规模最小化问题。
- 无覆盖区域的规划支撑问题。

## 2 评估思路和方法

### 2.1 总体思路

收稿日期:2019-11-13

利用4G网络MR数据中的携带经纬度的A-GPS数据、仿真数据、4G和NB-IoT的DT/CQT测试数据以及2个系统间的覆盖差异构建NB-IoT网络的覆盖和需求满足度评估体系,总体思路和流程如图1所示。

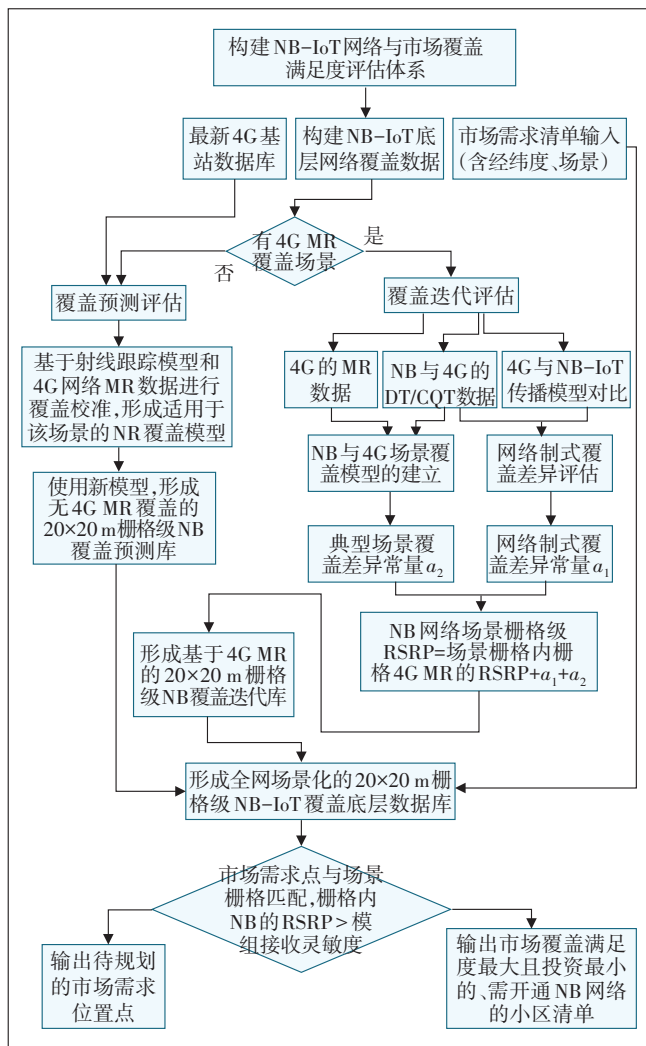


图1 构建NB-IoT网络与市场满足度评估体系流程图

## 2.2 覆盖迭代评估

### 2.2.1 A-GPS数据栅格化

MR数据包含带经纬度的A-GPS数据,为用户手机GPS定位算法算出的经纬度,位置精度可以达到1m。由于手机能够搜到卫星,基本上可以认为是在室外环境中上报的MR数据。因此,与参考文献[3]的处理方法不同,本文只保留A-GPS数据。因为不同场景,室内外用户比例不同,穿透损耗不同,排除掉室内外用户占比不明、穿透损耗不明的室内用户上传的数据,留下“清一色”的室外用户上传的MR数据,可以更加精准地预测同栅格NB-IoT网络的室外覆盖。然后

再根据需求点建筑物类型和穿透损耗预测其室内覆盖。

### 2.2.2 网络制式覆盖异常因子

限于篇幅,本文只讨论NB-IoT1800与LTE1800之间的覆盖差异。

20W情况下参考信号功率:

$$\text{NB-IoT1800参考信号功率} = 10 \times \lg(20 \times 1000 / 12) = 32.2 \text{ dBm}$$

$$\text{LTE1800参考信号功率} = 10 \times \lg(20 \times 1000 / 100 / 12) = 12.2 \text{ dBm}$$

N1800与L1800同频段,同位置测试共站小区,实际路径损耗(大气、遮挡、穿透损耗等)基本一样,可认为两者路径损耗等同。N1800与L1800参考信号功率配置不同影响终端接收RSRP,终端接收机灵敏度与芯片、接收天线增益和天线安装方式等因素相关,在不考虑终端接收机灵敏度的情况下:

$$\text{网络制式异常因子 } a_1 = \text{N1800参考信号功率} - \text{L1800参考信号功率} = 20 \text{ dB} \quad (1)$$

### 2.2.3 场景覆盖异常因子

根据用户使用习惯和NB-IoT应用类型进行场景分类,选取典型场景做穿透损耗测试。分别对典型场景室外、室内近点和室内远点进行测试,测试时选用同一个小区进行定点CQT测试,分别记录室外、室内近点和室内远点RSRP,每个场景测试20个点,可计算出各场景的穿透损耗如表1所示。

表1 典型场景穿透损耗

分类	网络类型	室外/dBm	室内近点/dBm	近点损耗/dB	室内远点/dBm	远点损耗/dB
居民楼	N1800	-74.88	-88.10	13.21	-98.12	23.23
商场	N1800	-66.80	-81.05	14.24	-94.49	27.69
写字楼	N1800	-65.63	-80.40	14.78	-94.47	28.85
停车场(负一层)	N1800	-70.43	-94.13	23.70	-110.48	40.05
设备安装井	N1800	-68.44	-86.31	17.87	-	-

由表1可知,各场景穿透损耗存在明显差异,室内近点损耗相比室内远点损耗差异很大,考虑用户实际使用行为,选取室内近点无法完全模拟全部用户的使用环境,综合考虑用户实际的使用行为及活动区域,选取室内远点损耗作为典型场景覆盖异常因子 $a_2$ ,不同场景选取不同的常量 $a_2$ 作为覆盖迭代模型常量因子。同时考虑实际测试与用户行为存在一定的差异,统一向上取整作为覆盖评估模型常量因子,

N1800具体取值如下:

- a) 设备安装井:20 dB。
- b) 居民楼:25 dB。
- c) 写字楼、商场:30 dB。
- d) 停车场(负一层):40 dB。

#### 2.2.4 覆盖迭代评估公式及结果呈现

基于LTE1800栅格级A-GPS MR数据进行覆盖迭代评估:

各场景NB-IoT网络RSRP = 场景栅格内4G MR的RSRP +  $a_1 - a_2$  (2)

考虑频率之间的差异因子  $a_3$ , 有如下公式:

各场景NB-IoT网络RSRP = 场景栅格内4G MR的RSRP +  $a_1 - a_2 + a_3$  (3)

其中,室外RSRP = 栅格内4G MR的RSRP +  $a_1$ ,  $a_3 = \log(f_1/f_2)$  基于该公式某市NB-IoT室外覆盖情况如图2所示,其中白色区域为缺少A-GPS MR数据区域。

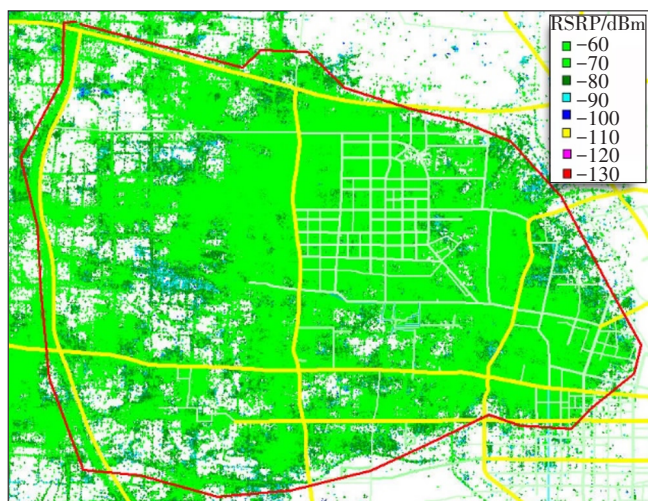


图2 某市A-GPS MR的N1800室外覆盖评估

#### 2.3 覆盖预测评估

在无A-GPS MR数据的场景,利用玄武平台,利用A-GPS MR数据以及现有基站工参,进行场景的传播模型校准,建立基于射线跟踪模型的室外覆盖预测,并导出栅格级覆盖预测结果,形成NB-IoT室外覆盖预测数据库。

##### 2.3.1 仿真结果导出方式

打开玄武平台仿真结果,选择signal level export插件,选择导出范围、最小RSRP、栅格大小和导出文件,保存到服务器,然后下载到本地。

##### 2.3.2 覆盖预测评估结果呈现

导出栅格级仿真结果,筛选出所有无A-GPS MR

的空栅格,覆盖预测结果如图3所示。

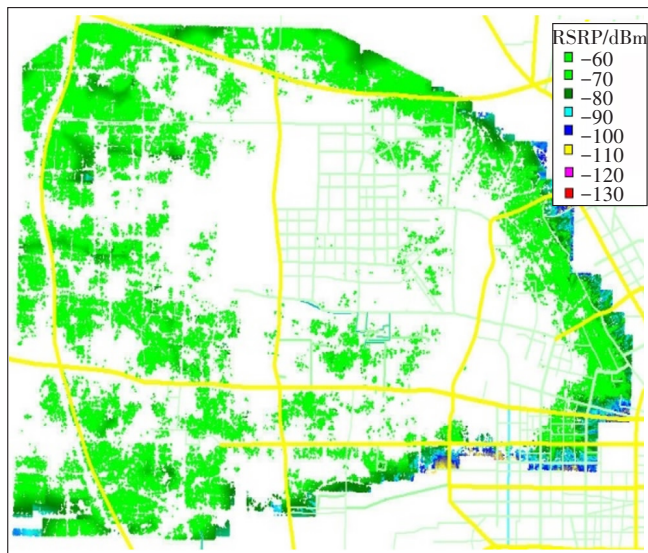


图3 某市基于仿真的室外覆盖预测

#### 2.4 总体覆盖评估结果呈现

将以上覆盖迭代评估和覆盖预测评估数据进行叠加,能够精准反映NB-IoT网络的覆盖情况,将以上2层数据映射到20×20的地理栅格位置,就形成了NB-IoT全网栅格化覆盖底层数据库,为下一步求取市场离散的、海量的NB-IoT终端模组部署位置网络覆盖满足度提供了底层覆盖数据。评估结果地理化呈现如图4所示。

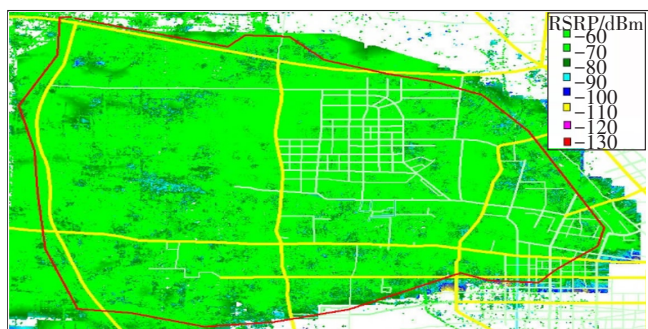


图4 室外覆盖迭代+覆盖预测评估地理化

在考虑穿透损耗的情况下,不同场景下N1800的RSRP差异较大。各场景NB-IoT网络RSRP=场景栅格内栅格4G MR的RSRP +  $a_1 - a_2$ ,某市各场景RSRP栅格数占比划分如下:

设备安装井:RSRP>-90 dBm占比为98%,覆盖良好。

居民楼:RSRP>-85 dBm占比为95.41%,覆盖一般。

商场/写字楼:RSRP>-80 dBm 占比为 90.27%,覆盖不足。

地下停车场(负一楼):RSRP>-70 dBm 占比为 67.37%,覆盖严重不足。

### 2.5 覆盖评估体系结果验证

为确保覆盖评估体系准确可靠,项目组对本市的 1 000 个需求点抽取了分布于不同场景的 100 个点,经评估可靠率达到 95% 以上,且平均误差不超过 3 dB。

在惠文教育移动附近的医院里进行 CQT 测试,测试收到惠文教育移动 1 小区信号,RSRP 在 -75 dBm 左右,记录此测试点的经纬度,输入覆盖评估体系平台中,查看评估结果是否与实测数据吻合,以验证覆盖评估的准确性。测试验证点与周边小区关系如图 5 所示。

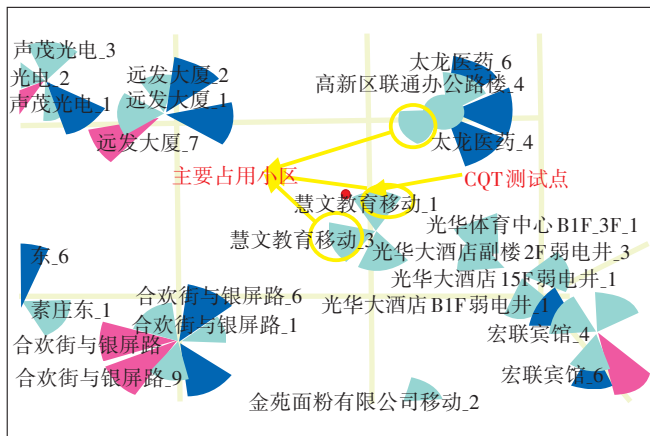


图 5 测试验证点与周边 NB-IoT 小区位置关系

CQT 测试主要占用 NB-IoT 网络的惠文教育移动 1 小区,覆盖评估结果收到的 LTE 站点为惠文教育移动\_1、太龙医药\_3 和合欢街与荧屏路\_7,加上系统差异因子  $\alpha_1$  后,RSRP 预测值在 -75 dBm 左右,与 CQT 测试数据吻合,评估结果与实测结果相符,评估结果误差不大(见表 2)。

### 2.6 覆盖门限

为了模拟用户实际使用情况,需要测试上传达到极限速率(2 kbit/s)时的覆盖情况,在无干扰场景下,实测边缘极限覆盖门限(2 kbit/s 上传)约为 -115 dBm,干扰场景下实测边缘极限覆盖门限明显提升,综合考虑不同底噪水平,分为正常、轻微干扰和严重干扰 3 种场景进行测试,各场景测试结果如表 3 所示。

获取某市全网 N1800 小区底噪情况,根据全网 N1800 小区底噪情况,小区占比分段后进行加权平均得出全网 NB-IoT 覆盖感知临界门限为 -111.18 dBm。

$$98.28\% \times (-115 - 1.2\% \times (-115 - 105)) / 2 - 0.45\% \times (-105 - 95) / 2 - 0.07\% \times -95 = -111.18 \text{ dBm} \quad (4)$$

综合用户的实际使用环境,覆盖越好感知越好,考虑不同干扰极限速率时覆盖的多样性,本市全网 N1800 覆盖门限约为 -110 dBm。

## 3 平台构建及算法实现

### 3.1 系统整体架构

系统整体架构如图 6 所示。

### 3.2 市场需求满足度算法

表 2 测试点所在栅格 MR 数据情况及覆盖评估电平

验证点名称	经度	纬度	ECI	小区名	采样点数	平均 RSRP/dBm
惠文教育移动	113.558 1	34.801 02	229394737	惠文教育移动_1	1 732	-71.23
惠文教育移动	113.558 1	34.801 02	68813363	太龙医药_3	100	-82.15
惠文教育移动	113.558 1	34.801 02	68843009	合欢街与荧屏路_7	63	-74.81
惠文教育移动	113.558 1	34.801 02	229394739	惠文教育移动_3	52	-75.65
惠文教育移动	113.558 1	34.801 02	68843057	合欢街与荧屏路_1	33	-73.55
惠文教育移动	113.558 1	34.801 02	68813366	太龙医药_6	28	-79.75
惠文教育移动	113.558 1	34.801 02	229478194	远发大厦_2	17	-71.53

表 3 满足边缘速率时不同干扰程度下最低 RSRP 电平

上行底噪/dBm	极限 RSRP/dBm	极限 SINR/dB	极限速率/(kbit/s)
-124(正常)	-115	0.4	2.44
-109(轻微干扰)	-105	-0.6	1.77
-97(严重干扰)	-95	-4.3	2.36

以市场需求为导向,以 A-GPS MR 数据和仿真结

果映射的 20×20 栅格级数据为基础,匹配市场需求,如果栅格内有至少 1 个小区的覆盖电平大于覆盖门限,说明该需求能够获得满足。如果没有一个这样的小区,则说明该市场需求无法满足,则提出满足该需求的新建站址清单(见图 7)。

### 3.3 最小规模评估算法

将所有满足市场需求的 NB-IoT 小区和市场需求



图6 平台整体架构图

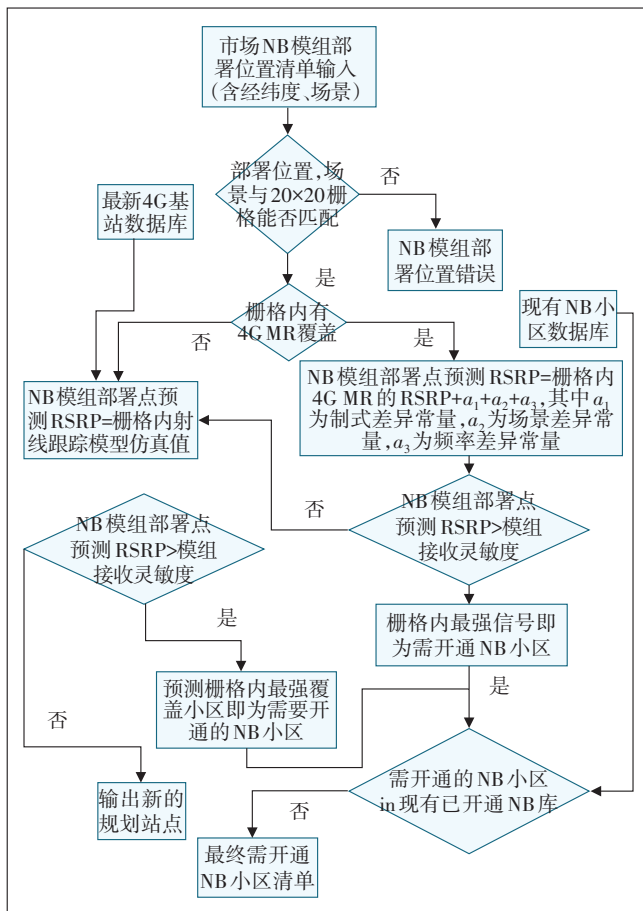


图7 NB-IoT网络与市场满足度算法

建立一一对应的数据库,把NB-IoT小区按照满足不同市场需求的数量大小降序排列并按照需求去重,留下能够服务更多需求的小区清单,从而输出满足市场需求的最小规模。

验证河南电力公司抄表1000个需求,通过NB-IoT网络与市场满足度评估体系平台共输出需开通

290个小区。

#### 4 结束语

NB-IoT网络与市场满足度评估体系相比传统方法具有精准、快速、实用等优势,依据NB-IoT网络全网20×20 m栅格级覆盖库,当海量级、分散的连接点应用需求发起时,可以精准、有效、快速评估网络对市场需求的满足度。

按照本评估体系,借助IT化工具,最终形成评估平台,实现一键式输入输出各地(市)栅格级NB-IoT网络覆盖评估、市场满足度评估、满足需求的最小NB-IoT站点和小区清单、重点保障小区清单以及规划建设站址等。

该项目解决5G的mMTC场景应用NB-IoT技术的五大痛点;未来将加快5G的mMTC场景应用业务推广,促进NB网络规划、设计及运营自动、智能、智慧转型。

#### 参考文献:

- [1] 赵元,张力方,邢宇龙. NB-IoT技术评估及组网方案研究[J]. 邮电设计技术,2017(8):40-45.
- [2] 张超,高有军,丁海煜. NB-IoT性能浅析[J]. 移动通信,2017,41(21):47-52.
- [3] 王文哲,解解,郭宇. 基于创新MR技术的NB-IoT覆盖评估新体系[J]. 邮电设计技术,2019(1):31-36.

#### 作者简介:

梁松柏,毕业于北京大学,主要从事移动通信网络优化及网络质量研究工作;于长松,毕业于北京大学,高级工程师,主要从事无线网络规划设计工作;许强,毕业于北京邮电大学,高级工程师,硕士,主要从事无线网络优化工作。