

基于网络大数据的 NB-IoT 深度覆盖 评估

摘 要

本文主要是中国联通上海分公司对 NB-IoT 网络评估采用诸多创新性的方式方法，分别从 LTE 的 MR 大数据，玄武平台仿真，实际测试分析等手段，最终较为精确的对 NB-IoT 网络建成后的深度覆盖效果进行全量的整体性评估。

1 概述

在技术和市场的双重驱动下，物联网机会窗口已经打开。面对 NB-IOT 所带来的巨大市场机遇和挑战，运营商亟需在打造自身核心竞争力的前提下，通过战略转型向物联网市场中有更大价值的平台和应用服务层进行拓展^[1]。

上海联通已打造了全球首个全域覆盖的 NB-IoT 物联网，急需对 NB-IoT 网络建成后的深度覆盖效果进行全量的整体性评估。如何对网络进行准确的覆盖评估，并形成生产力，迎接和满足第一波物联网业务的需求，对全国省份都具有示范性指导。

2 研究背景

2.1 物联网业务发展需求

NB-IoT 网络建成后，NB-IoT 终端未来有可能大规模部署的区域能否深度覆盖，是我们所关心的，也是客户最关心。

2.2 物联网覆盖建设需求

NB-IoT 网络建成后的深度覆盖效果，上海区域物联网覆盖较弱的区域，未来物联网终端数量可能会井喷的区域，也是我们网络建设的重点区域，那么 NB-IoT 的精准覆盖评估，为未来的物联网指出了具体的区域。

3 NB-IoT 网络覆盖评估难点

LTE 网络的覆盖评估，一般有三种手段：DT 测试、玄武平台仿真和 MR 大

数据采集与分析。对于 NB-IoT 网络，能否沿用 LTE 网络的评估方法呢？

3.1 DT&CQT 测试评估难

DT (Drive Test) 路测，是无线网络室外覆盖评估的主要方法，是利用 GSM、WCDMA、LTE 等无线网络的移动性，对下行信号数据进行采集，从而地理化呈现网络覆盖情况。由于 NB-IoT 协议本身的限制，NB-IoT 终端不具备切换能力^[2]，那么 NB-IoT 网络就无法使用路测来进行覆盖的评估。

CQT (Call Quality Test) 呼叫质量拨打测试，是无线网络室内覆盖的主要方法。对于 NB-IoT 单点测试（包括单验和保障），目前主要通过测试模组连接笔记本电脑进行，测试设备不像手机，便携性较差。NB-IoT 终端有大量的水表、电表、烟感、智能停车等，这些终端是安装在室内深度位置，如此大数量级的终端靠单点测试很难遍历。

综合以上几点，NB-IoT 网络覆盖无法采用 DT&CQT 传统测试方法进行覆盖评估。

3.2 仿真平台不支持 NB-IoT 网络

玄武平台是网络规划时期对覆盖、容量等网络质量情况评估的软件。仿真软件使用准确的空间传播模型，在区域内模拟网络的覆盖情况，得到理论上、且较为准确的网络覆盖信息，评估网络覆盖情况，揭示网络覆盖的短板等情况。

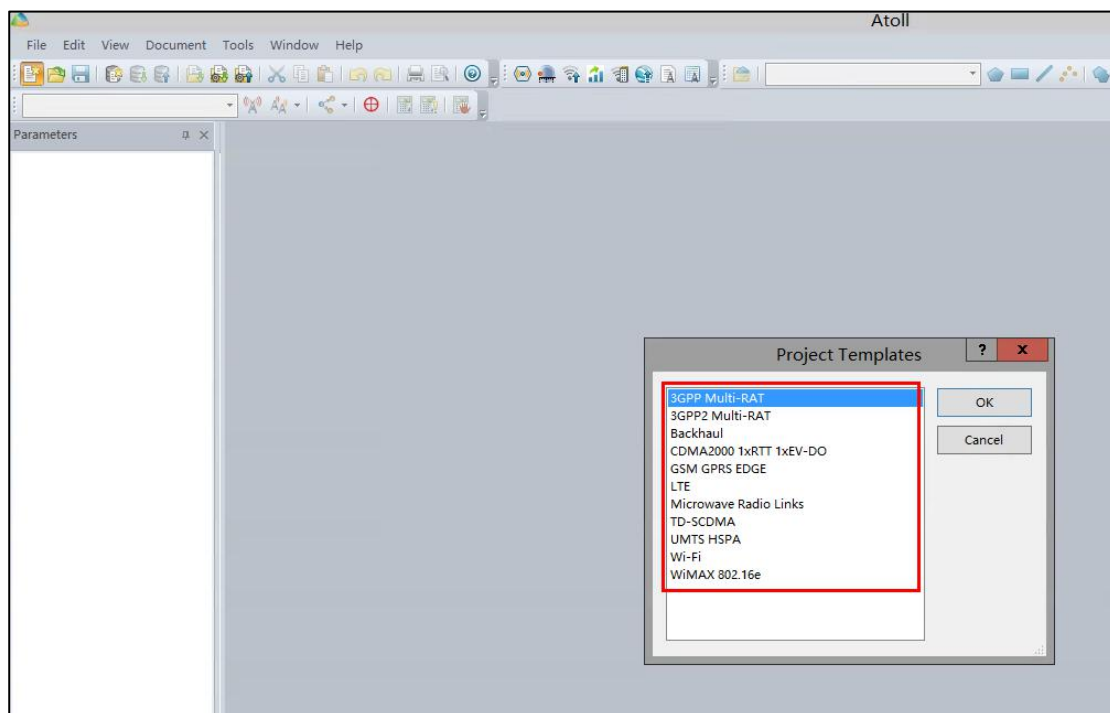


图 1 玄武仿真平台无 NB-IoT 仿真模块

目前上海联通使用的是玄武仿真平台。在本次论文课题研究时（2017 年 6 月），玄武仿真平台暂无 NB-IoT 的仿真模块与传播模型，因此通过仿真，也无法直接获得 NB-IoT 网络的覆盖情况。

3.3 无法使用 MR 大数据评估

MR（Measurement Report，测量报告），是终端周期性或者由于达到门限而向网络上报自身的测量信息，LTE MR 上报的信息就包括终端的 RSRP 值，这些上报的信息是用户最真实的信息，也反应了用户的分布情况，这些数据可用于网络评估和优化，也是最真实有用的网络数据。

目前 NB-IoT 网络的 3GPP 协议版本（R14）尚不支持 MR 功能，NB-IoT 终端不会上报 MR 信息^[3]，因此无法使用 MR 大数据进行全网覆盖评估。

4 覆盖思考与评估方法论

4.1 上海联通网络特点思考

上海联通 NB-IoT 网络有以下两个特点：

1、NB900 站点与 LTE1800 站点完全共址建设：全网规划建设 2624 个 NB900 站点与现网 LTE1800 共址率达到 100%。

2、现网 LTE1800 具备 MR 大数据评估能力：已可基于 LTE 的 MR 大数据实现 LTE 栅格化覆盖及重叠覆盖的周期性输出。

4.2 NB-IOT 网络覆盖评估方法论

方法论：基于 4.1 的思考，提出借助全量 NB900 共址的 2624 个 LTE1800 站点 MR 评估数据，并通过共址 NB900 与 LTE1800 的覆盖差值进行校正，近似获取 NB-IoT 全域覆盖后的效果预估。

公式：2624 个与 NB900 共址 LTE1800 的仿真栅格 + 仿真与 MR 数据差值 + LTE1800 与 NB900 实际覆盖差异 = NB900 近似准确的 MR 覆盖栅格

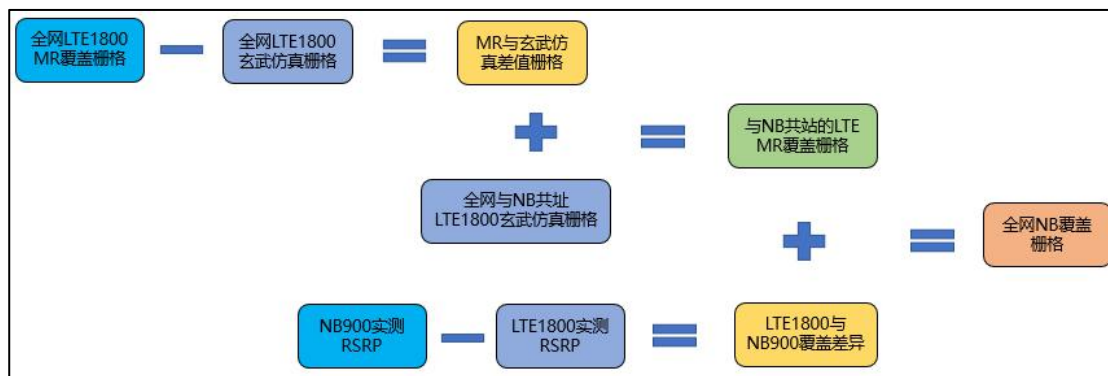


图 2 NB-IoT 覆盖评估方法论流程

使用全网全量 LTE1800 的仿真覆盖栅格图层与全网全量 L1800 的 MR 栅格覆盖图层的差值,来矫正L/N共站的L1800仿真覆盖,再通过实测NB900与L1800的覆盖差异进行校正,拟合获得 N900 的全网栅格覆盖图层。

4.3 NB-IOT 网络覆盖评估步骤

步骤 1: 仿真与 MR 差值

全网 L1800 仿真覆盖栅格与真实 MR 覆盖栅格比对,获得仿真与真实情况差值:

利用集团玄武仿真平台对全网全量 L1800 宏站进行全域覆盖仿真,输出 5 米*5 米精度的覆盖 RSRP 均值。将 5 米*5 米覆盖均值根据中心经纬度对应至相应的 50 米*50 米 MR 栅格,获得单栅格内 100 个仿真点满足覆盖阈值 (-115dBm) 的比例。

取全网 L1800 的 50 米*50 米精度 MR 栅格图层,与同口径仿真栅格比对,获得仿真与实际差值,253 万个栅格都做如下操作:

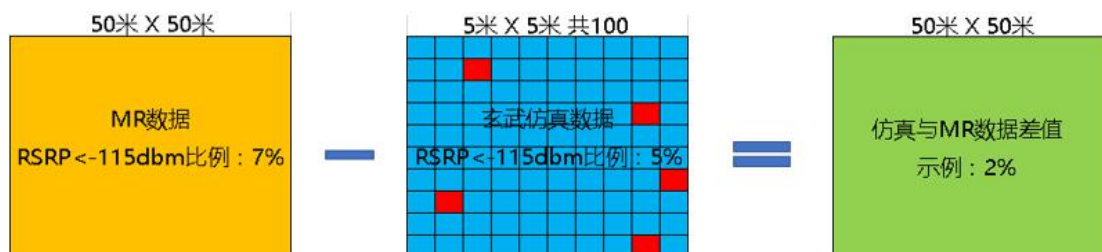


图 3 示例: MR 与仿真差值栅格化

步骤 2: LTE1800 与 NB900 覆盖差异

实测 NB900 与 L1800 覆盖强度差值:

验证空间损耗差值: 以 50 米为步进 (栅格单位), 对 L/N 共址站点不同距离下的覆盖强度差值进行实测。

验证阻挡损耗差值: 对 L/N 共址站点在不同阻挡下的覆盖强度差值进行实测。

(1) 理论分析

功率差异:

NB900 导频功率设置为 32.2dBm, L1800 导频功率设置为 15.2dBm, 导频功率差异为 17dB。

传播损耗差异:

1、玄武仿真平台上提供 L1800 选用 Cost-hata 传播模型^[4], 公式 1 如下:

$$L_b = 46.3 + 33.91Lgf - 13.82Lgh_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55Lgh_b)Lgd + C_m$$

2、玄武仿真平台上, N900 选用 Okumura-Hata 传播模型^[6], 公式 2 如下:

$$L_b = 69.55 + 26.16Lgf - 13.82Lgh_b - a(h_m) + (44.9 - 6.55Lgh_b)Lgd$$

由公式 1、2 相减可知: 共址 L1800 与 N900 站传播损耗差异主要在于频率及其频率常数, 与空间、阻挡均无关, 其差值约等于 3.82dB。故理论损耗差值在 20.82dB。

(2) 实测验证

实测相同空间距离下 NB900 与 LTE1800 的 RSRP 差值如下:

表 1 相同空间距离 NB900 与 LTE1800 的 RSRP 差值

与基站距离 (m)	NB 900M RSRP (dBm)	LTE 1800M RSRP (dBm)	RSRP 差异 (dB)
50	-56.71	-76.4	19.68
100	-58.32	-77.57	19.25
150	-57.13	-76.97	19.84
200	-61.64	-82.34	20.7
250	-66.11	-85.12	19.01
300	-68.63	-89.31	20.68
350	-70.72	-91.47	20.74
400	-71.98	-92.83	20.84
450	-67.79	-89.95	20.16
500	-62.45	-84.17	20.72

室外场景 NB900 与 LTE1800 的 RSRP 平均差值为 19.9dB。

实测相同阻挡损耗下 NB900 与 LTE1800 的 RSRP 差值如下：

表 2 相同阻挡损耗 NB900 与 LTE1800 的 RSRP 差值

场景	NB 900M RSRP(dBm)	LTE 1800M RSRP(dBm)	RSRP 差值(dB)
室外	-57.21	-76.56	19.35
穿透一堵墙	-76.85	-97.08	20.23
穿透两堵墙	-95.42	-114.94	19.52
穿透三堵墙	-111.6	脱网	/

室内场景 NB900 与 LTE1800 的 RSRP 平均差值为 19.7dB。

结论：从共址站点的空间与阻挡损耗来看，N900 与 L1800 覆盖强度差值均在 19-20dB 左右（均值为 19.7dB），与理论分析结果 20.82dB 相近。后续在 NB 网络全量预估时对于 N900 与 L1800 的覆盖差值拟采用 19.7dB。

步骤 3：共址 LTE1800 仿真

对与 NB 共址站点的 2624 个 LTE1800 基站进行覆盖仿真：

利用玄武仿真平台对 NB900 共址的 2624 个 L1800 基站进行覆盖仿真，工参经纬度，方位角，下倾角等信息使用 NB900 的，传播模型与各种损耗设定使用 LTE1800 的，输出 5 米*5 米精度的栅格（覆盖 RSRP 值）。

玄武仿真平台输出结果示例：

文件(F)	编辑(E)	格式(O)	查看(V)	帮助(H)
121.250311238E, 31.116056071N, 1, F03552_2, -99.8924179077				
121.250363629E, 31.116056783N, 1, F03552_2, -100.0174179077				
121.250416021E, 31.116057494N, 1, F03552_2, -100.0799179077				
121.250468413E, 31.116058206N, 1, F03552_2, -100.2049179077				
121.250520805E, 31.116058917N, 1, F03552_2, -100.2674179077				
121.250573197E, 31.116059629N, 1, F03552_2, -100.3299179077				
121.250625589E, 31.11606034N, 1, F03552_2, -100.4549179077				
121.250677981E, 31.116061052N, 1, F03552_2, -100.5174179077				
121.250730373E, 31.116061763N, 1, F03552_2, -100.6424179077				
121.250782764E, 31.116062474N, 1, F03552_2, -100.7049179077				
121.250835156E, 31.116063186N, 1, F03552_2, -100.8299179077				
121.250887548E, 31.116063897N, 1, F03552_2, -100.8924179077				
121.25093994E, 31.116064608N, 1, F03552_2, -101.0174179077				
121.250992332E, 31.11606532N, 1, F03552_2, -101.0799179077				
121.251044724E, 31.116066031N, 1, F03552_2, -101.2049179077				
121.251097116E, 31.116066742N, 1, F03552_2, -101.2674179077				
121.251149508E, 31.116067453N, 1, F03552_2, -101.3924179077				
121.2512019E, 31.116068165N, 1, F03552_2, -101.4549179077				
121.251254291E, 31.116068876N, 1, F03552_2, -101.5799179077				
121.251306683E, 31.116069587N, 1, F03552_2, -101.6424179077				
121.251359075E, 31.116070298N, 1, F03552_2, -101.7674179077				
121.251411467E, 31.116071009N, 1, F03552_2, -101.8924179077				

图 4 示例：玄武仿真平台输出格式

玄武仿真平台输出的每一个 5*5 的点的格式均为：经度，纬度，服务小区，仿真 RSRP 值。

步骤 4：栅格化 NB-IoT 仿真数据

将共址 L1800 的仿真结果与步骤 2 中 L/N 覆盖强度差值相加，获得 NB900 的近似仿真结果，进而整合得到仿真的栅格化结果：

将 L/N 的覆盖强度差值代入共址站点的覆盖仿真中，输出 5 米*5 米精度的覆盖 RSRP 均值栅格。

将 5 米*5 米覆盖均值根据中心经纬度对应至相应的 50 米*50 米 MR 栅格，获得单栅格内 100 个仿真点满足覆盖阈值 (-115dBm) 的比例，汇聚得到 253 万个栅格。

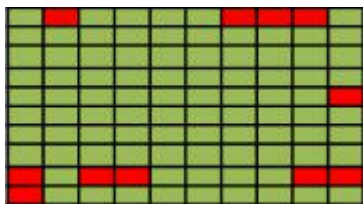


图 5 示例：玄武平台仿真数据栅格化

步骤 5: 计算 NB-IoT 覆盖栅格

将 NB900 的仿真栅格与步骤 1 中仿真与实际情况差值按照同一中心经纬度的栅格口径进行相加，获得 NB900 近似的真实栅格评估结果。



图 6 示例: NB 精准覆盖数据栅格化

5 仿真结果与准确率评估

5.1 NB-IoT 全网覆盖仿真结果

经过 4.3 的评估与计算，得出全网 NB-IoT 网络覆盖情况如下：

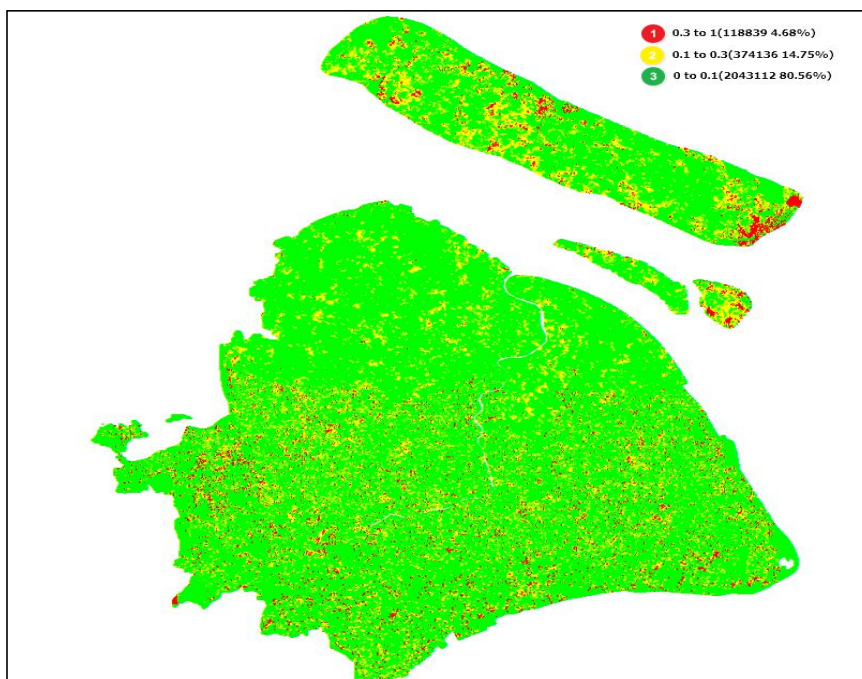


图 7 NB-IoT 全网覆盖情况

对全网 NB 进行仿真修正后统计，全网 NB-IoT 良好栅格占比 80.56%，不良栅格占比 14.75%，差栅格占比 4.68%。

表 3 NB-IoT 全网 A/B/C 类区域覆盖情况

区域	面积	合计栅格数	覆盖良好栅格		问题栅格			
	(平方公里)		栅格数	占比	不良栅格	不良栅格占比	差栅格	差栅格占比

全网	6340	2536087	2043112	80.56%	374136	14.75%	118839	4.69%
A 类区域	1683	673665	568089	84.33%	90677	13.46%	14899	2.21%
B 类区域	1075	429661	360385	83.88%	55870	13.00%	13406	3.12%
C 类区域	3582	1432761	1114638	77.80%	227589	15.88%	90534	6.32%

5.2 NB-IoT 仿真准确率评估

在已建成的连续覆盖区域，分 A、B、C 类场景各选取 30 个栅格，实测写字楼，商场，居民区，厂房，在高、中、低层包含地下室，在楼道和弱电井门口测试，验证仿真结果与实际情况的差异。

测试结果判定标准：在测试栅格内的所有建筑物，每个测试点至少测试 3 分钟，在室外可用，室内穿透两堵墙可用，为良好栅格；室外可用，穿透一堵墙可用，穿透两堵墙不可用，为不良栅格；室外可用，室内不可用为差栅格。

测试区域如下：

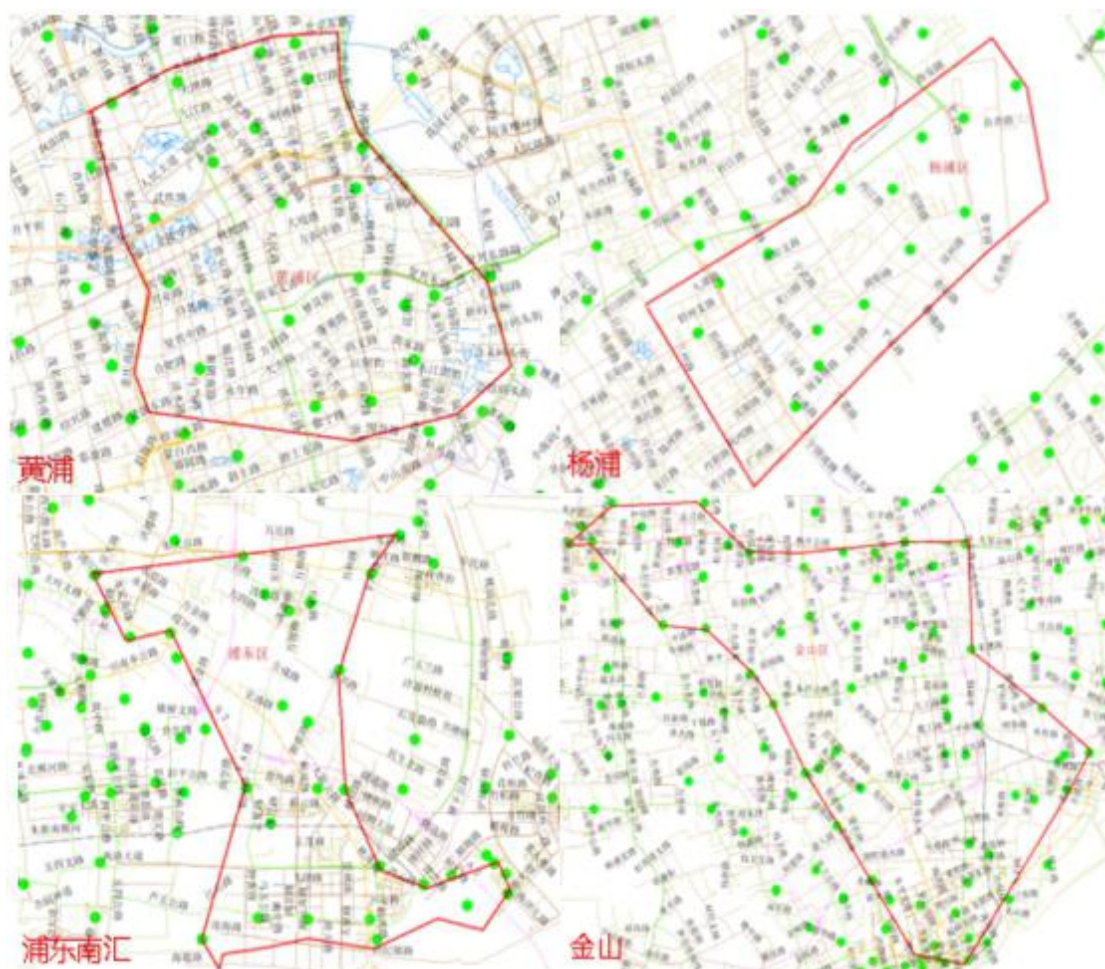


图 8 NB-IoT 验证测试区域

实测结果如下：

表 4 NB-IoT 全网 A/B/C 类区域准确率

栅格区域	ABC 场景	场景	具体位置等	准确率	总体准确率
差栅格区域	A 类区域	写字楼	林厦小区等	92.1%	91.2%
	B 类区域	厂房，居民区	浦东南汇豪盛包装厂等	91.3%	
	C 类区域	居民区	金山塘园路 238 弄等	90.5%	
不良栅格区域	A 类区域	居民小区、写字楼	中环和乐苑等	86.5%	86.5%
	B 类区域	居民小区	浦东南汇泥城路 158 弄等	86.6%	
	C 类区域	居民区	金山牡丹村社区等	86.6%	
良好栅格区域	A 类区域	写字楼，商场	上海置地广场等	77.5%	78.9%
	B 类区域	超市，居民小区	南汇泥城联华超市等	79.6%	
	C 类区域	居民区	金山新农镇附近宏远厂房等	79.5%	

实测验证 NB 网络大数据评估的准确率平均为 83.3%，结果较为准确。

其中良好栅格区域评估的准确率为 78.9%，准确率相对偏低，主要原因是良好栅格地下室业务不可用，地下室 CQT 点拉低了良好栅格的准确率。

为了验证 NB 站点的覆盖穿透能力，选取距离站点的远、中、近点，测试 10 个 NB 站点的地下室覆盖情况：



图 9 NB-IoT 覆盖穿透能力验证测试区域

实测结果如下：

表 5 NB-IoT 覆盖穿透能力情况表

测试点	具体楼宇	地面	地下室一层	地下室二层
近点（200 米内）	上海新天地	业务可用	业务可用	业务不可用
中点（400 米内）	建国东路 328 弄 14 号	业务可用	业务不可用	业务不可用
远点（600 米左右）	百汇大厦	业务可用	业务不可用	业务不可用

根据测试结果分析：近点地下一层业务可用，地下二层业务不可用；中点和远点地下室业务均不可用。

目前暂未收到物联网业务部门反馈地下车库对地磁业务需求，对于地下场景的物联网设备的使用，存在风险，从物联网发展需求来看，不排除后续有电表，地磁，消防等业务需求进来，未来根据业务发展需求，规化室内 NB 站点解决地下场景的物联网应用。

6 结论与展望

基于网络大数据的 NB-IoT 深度覆盖评估数据，实测精准率达到 83.3%，能够准确反映 NB-IOT 规划站点全部建成后的网络覆盖情况。

该方法论的验证成功对后续自动化呈现 NB-IoT 网络深度覆盖情况奠定了扎实基础，为业务部门提供支撑，也为后续网络建设提供了参考建议。

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

