

doi:10.11959/j.issn.2096-3750.2017.00029

NB-IoT 不同组网方案的深度覆盖研究

张旭阳, 李世光, 周俊, 马建辉, 刘克清

(中国移动通信集团设计院有限公司网络研究与优化事业部, 北京 100080)

摘要: NB-IoT 的深度覆盖增强是其最重要的特性之一, NB-IoT 可以满足大量需要深度覆盖的物联网应用场景。对 NB-IoT 的覆盖增强特性原理进行研究, 对目前 2 种主流组网方案的深度覆盖性能分别进行验证测试和研究分析。

关键词: 窄带物联网; 深度覆盖; 组网

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

Deep-coverage study of NB-IoT in different network schemes

ZHANG Xu-yang, LI Shi-guang, ZHOU Jun, MA Jian-hui, LIU Ke-qing

(Department of Network Research & Optimization, China Mobile Group Design Institute Co., Ltd, Beijing 100080, China)

Abstract: Deep-coverage enhancement is one of the most important features of NB-IoT network, which allows NB-IoT network meets a large number of application scenarios. This thesis presents the research of NB-IoT deep-coverage enhancement principle, and the performance of two current mainstream network schemes are tested, verified and analyzed.

Key words: NB-IoT, deep-coverage, network schemes

1 引言

在 3GPP 第 69 次 RAN 全会上, NB-IoT(窄带物联网)通过立项。NB-IoT 是一种全新的蜂窝物联网技术, 使用现有授权频谱资源, 具有广覆盖、大连接、低功耗、低成本的特点, 其标准已于 2016 年 6 月完成冻结。NB-IoT 标准要求 NB-IoT 至少要在以往 GPRS 即通用分组无线服务技术的基础之上再增加 20 dB, 进一步实现广域及深度覆盖^[1,2]。目前现网中主要采用 1:1 和 1:4 (NB-IoT 站点数量与 LTE 站点数量比例)组网方案。本文将从理论出发, 结合实际测试结果对 NB-IoT 不同组网方案的深度覆盖特性进行研究。

2 NB-IoT 深度覆盖技术

如图 1 所示, 移动网络覆盖评估分析主要采用的方法为最大链路损耗 (MCL,maximum coupling loss)。其中, 无线空口路径损耗的程度在很大程度上影响了整个上行、下行自身所覆盖

的范围^[2-5]。采用 MCL 的计算方法可对覆盖范围大小进行评估, 对比基准, 假定传统 GPRS 的 MCL 取值为 144 dB。

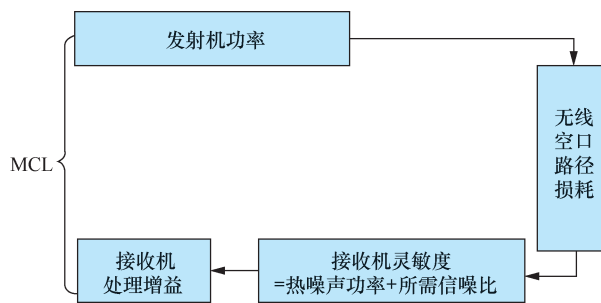


图 1 最大链路损耗计算示意

NB-IoT 理论上要求实现 MCL=164 dB 的覆盖能力, 即能比 GSM 好 20 dB 以上的覆盖增益。覆盖面积扩大 100 倍, 在地下车库、地下管道也能覆盖到。NB-IoT 系统带宽为 180 kHz, 其在上行当中分别支持间隔为 15 kHz 的多载波以及间隔为 3.75 kHz 的单载波, 而在下行方面使用 OFDMA, 在 OFDM 的运用之下子载波化信道, 从而使部分传输数据能

够加载于子载波之上, 而下行中的子载波间隔与 LTE 系统一致, 均为 15 kHz。无论是物理下行共享信道还是物理下行控制信道, 均统一使用波导磁场纵向分量为零但电场纵向分量不为零的 TM 传播模式^[2-6]。

NB-IoT 主要通过从 4 个方面改进, 从而实现广覆盖。一是窄带传输, NB-IoT 采用窄带收发技术, 子载波带宽为 3.75 kHz 或 15 kHz, 由此获得更高的功率谱密度增益, 比 LTE 高 10~17 dB; 比 GSM 高 0.8~7 dB。二是重传技术, 采用数据重传方式获得时间分集增益, 数据重复理论上可获得 9~12 dB(8~16 次重传)的增益。NB-IoT 采用 QPSK、BPSK 等低阶调制方式提高解调性能, 增强覆盖性能。三是半静态自适应, NB-IoT 没有设计动态链路自适应方案, 它根据终端所处覆盖等级选取数据传输的调制编码方式及重复次数, 实现了半静态链路自适应。终端根据下行信道的接收质量, 评估应使用的覆盖等级, 并在相应的随机接入信道发送 Preamble, 从而使基站隐式获知终端所处的覆盖等级。四是跳频, NB-IoT 中 NPRACH 由 4 个 Symbol Group 组成, 在 4 个 Symbol Group 之间进行跳频。从而通过 Preamble 发送的频率变化来增加干扰随机性, 提升 Preamble 解调性能^[2,4,5]。

3 NB-IoT 不同组网方案

NB-IoT 规划目标为比 GSM 额外多穿透一堵墙(穿损 27dB), 以此满足室内抄表的深度覆盖需求。考虑到 NB-IoT 独立建网成本高, 且共软硬件支持 NB-IoT 和 LTE, 所以现网多采用联合规划。联合规划的思路: NB-IoT 基于 LTE 目标网络进行规划建

设。在 LTE 规划站址上分步部署 NB-IoT, 实现不同覆盖能力。现行主要的实验场景有 1:1、1:2、1:4、1:8 和 1:9 (NB-IoT 站点数量与 LTE 站点数量比例) 组网方案。而目前现网中主要采用的是 1:1 和 1:4 组网方案。从覆盖面积角度考虑, 在覆盖同样面积的情况下, NB-IoT 基站规模与 LTE FDD 基站规模之比约为 1:4。如果 NB 与 LTE 以 1:1 建设, 可再进一步增强深度覆盖或提升容量, 通过仿真估算覆盖电平将再增强 10.5 dB; 可对抗更大的建筑物穿透损耗, 穿透损耗可达 37 dB, 可穿透部分地下室场景, 有利于使用宏站覆盖实现地下的抄表或停车业务; 可进一步提升容量, MCL 等级可提升至 154 dB, 减少重传, 增大小区吞吐量和用户业务速率。

4 NB-IoT 不同组网方案深度覆盖性能测试

2017 年 9 月初, 在浙江省杭州市进行了针对 NB-IoT 的深度覆盖能力验证测试。分别进行了站点数量场景 1:4 和 1:1 (NB-IoT 站点数量与 LTE 站点数量比例) 的室内定点测试。本次测试选取了浙江省杭州市武林区 15 个 CQT 地点, 每个点分别进行了室内、室外、地下 3 个样本点的测试。每个点分别进行了空闲态测试、Ping 分组业务测试和 Attach 业务测试, 测试内容见表 1。测试设备为 NB-IoT 终端和扫频仪, NB-IoT 终端厂家为优联博信, 扫频仪厂家为盈泽、罗德与施瓦茨。

4.1 室外覆盖对比分析

CQT 室外测试 15 个点的数据如图 2 所示。从覆盖率、平均 RSRP、平均 RS-SINR、Ping 大小分组成功率和 Attach 成功率进行 1:1 和 1:4 的对比, 从对比可以得出如下结论。

表 1 NB-IoT 测试内容

测试业务	测试内容概要
NB-IoT 空闲态测试	1) 测试终端: 处于 Idle 态, 不做任何业务 2) 扫频仪: 对服务小区和邻区进行扫频
Ping 小分组业务	Ping 分组大小: 20 B Ping 响应超时时延设置为 30 s
Ping 大分组业务	Ping 分组大小: 200 B Ping 响应超时时延设置为 30 s
Attach 业务	通过软件控制测试终端进行 Attach 业务测试: 1) 终端发起 Attach Request 到 Attach Complete 2) 终端从空闲态发出 Detach Request 3) 超时时长为 60 s, 每次测试间隔为 10 s

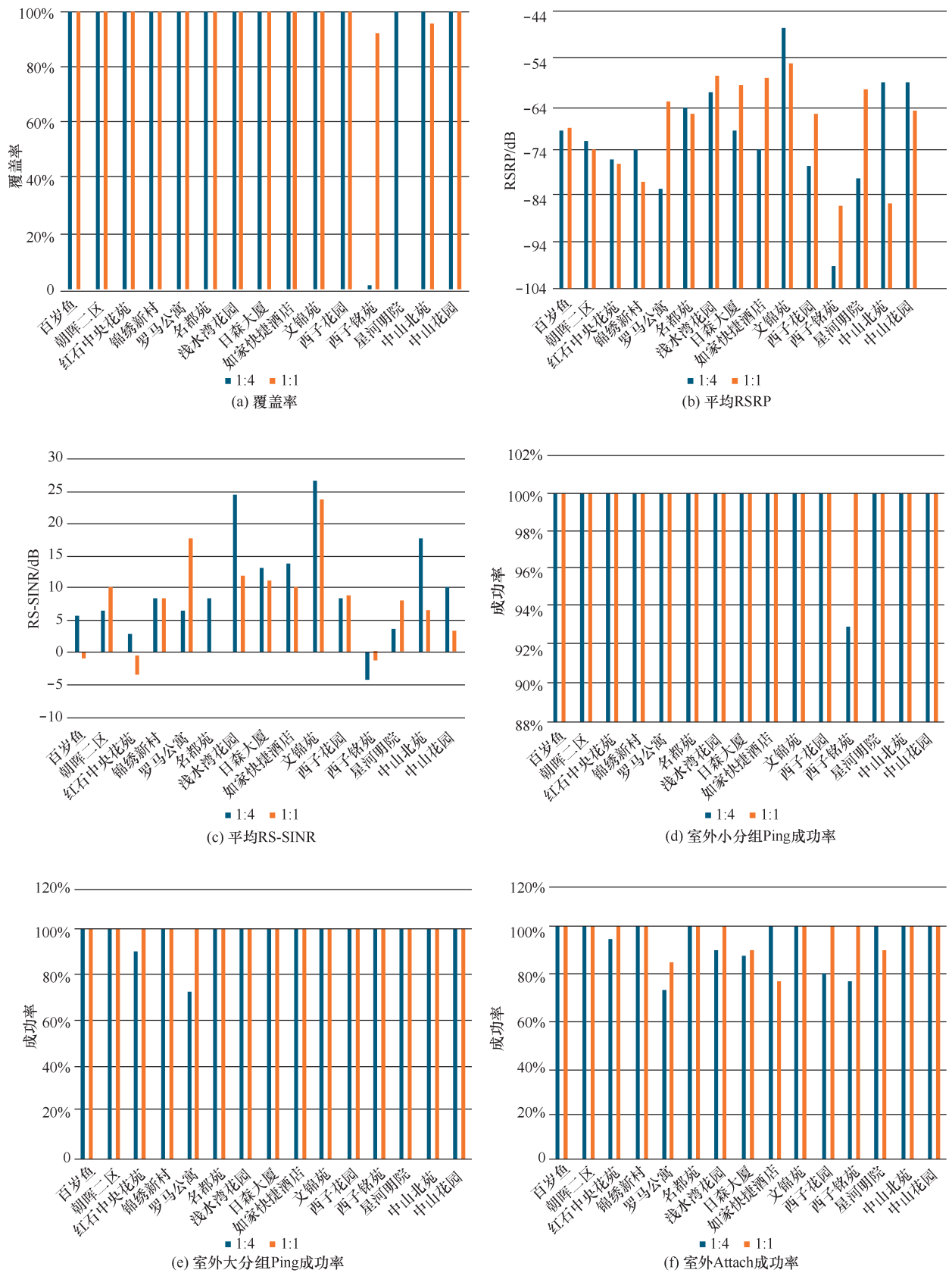


图2 CQT 室外测试结果

Ping 大小分组成功率指标 1:1 组网后, 指标基本持平, 个别站点成功率提升。Attach 成功率指标 1:1 组网后很难保证 100%, 整体 Attach 接入成功率下降明显。

覆盖率指标 1:1 组网后, 整体测试点的覆盖率基本持平, 唯有西子铭苑改善显著。

平均 RSRP 指标 1:1 组网后, 整体测试点的平均 RSRP 持平基本有一定提升, 4 个测试点显著提升。其中一个测试点降低, 一个测试点略有降低, 主要原因也是 1:1 组网后导频过多, 导致占用小区变化。

RS-SINR 指标 1:1 组网后, 整体呈现恶化趋势, 主要原因是站点过密后重叠覆盖过高, 导致同频干扰严重, 从而影响 SINR 指标; 3 个测试点的 SINR 整体改善效果明显, 主要是 1:4 组网时处于弱覆盖场景, 调整为 1:1 组网后覆盖整体改善, 从而 SINR 有较大提升幅度。其中一个测试点由于恶化严重, 1:1 组网调整后无法正常接入, 只能测试 Idle 状态。

4.2 室内覆盖对比分析

CQT 室内测试 15 个点的数据如图 3 所示。

与室外场景情况相似, Ping 大小分组成功率指标 1:1 组网后, 指标基本持平, 个别站点成功率提升。Attach 成功率指标 1:1 组网后很难保证 100%, 整体 Attach 接入成功率下降明显。

覆盖率指标 1:1 组网后, 整体测试点的覆盖率均持平并有提升; 部分站点覆盖率有所降低, 主要原因是 1:1 组网后导频信号过多, 导致 1:1 组网测试占用小区变化。

平均 RSRP 指标 1:1 组网后, 整体测试点的平均 RSRP 基本持平, 罗马公寓、西子花园和西子铭苑显著提升; 部分站点有明显降低, 主要原因也是 1:1 组网后导频过多, 导致占用小区变化。

RS-SINR 指标 1:1 组网后, 整体呈现恶化趋势, 主要原因是站点过密后重叠覆盖过高, 导致同频干扰严重, 从而影响 SINR 指标, 部分站点 SINR 整体改善效果明显, 主要是 1:4 组网时处于弱覆盖场景, 调整为 1:1 组网后覆盖整体改善, 从而 SINR 有较大提升幅度。

4.3 地下覆盖对比分析

CQT 地下测试 12 个点的数据如图 4 所示, 其中有 3 个测试站点无论是 1:4 组网还是 1:1 组网情况, 地下覆盖均极差, 导致终端无法接入, 只测试了 Idle, 未进行业务测试。

与室内、室外场景情况相似, Ping 大小分组成

功率指标 1:1 组网后, 指标基本持平, 个别站点成功率提升。Attach 成功率指标 1:1 组网后没有保证 100%, 个别测试站点 Attach 接入成功率下降明显。

覆盖率指标 1:1 组网后, 整体地下测试点的覆盖率显著提升, 4 个测试站点覆盖率从 0 提升到 90% 以上; 3 个测试站点地下覆盖无改善; 红石中央花苑、文锦苑和中山北苑覆盖率恶化, 主要是 1:1 调整后导频过多, 驻留小区变化导致。

平均 RSRP 指标 1:1 组网后, 整体测试点的平均 RSRP 持平, 基本有一定提升, 百岁鱼、罗马公寓、西子花园、星河明院和锦绣新村显著提升; 其红石中央花苑和中山北苑有明显降低, 文锦苑略有降低, 主要原因也是 1:1 组网后导频过多, 导致占用小区变化。

RS-SINR 指标 1:1 组网后, 整体呈现恶化趋势, 主要是 1:1 调整后同频干扰加重; 但是罗马公寓、西子花园、星河明院改善明显, 主要是 1:4 组网情况下基本无覆盖, 1:1 组网后覆盖改善明显, 导致 SINR 提升显著。

5 结束语

本文针对 NB-IoT 1:1 和 1:4 这 2 种组网方案的深度覆盖特性进行了理论研究和验证测试。数据显示 NB-IoT 1:1 组网方式相对 1:4 组网方式, 其 RSRP 和覆盖率都得到了一定提升, 覆盖增强 Ping 成功率和 Attach 成功率也得到提升, 但 1:1 组网由于站点增加同频干扰增大导致一些测试点 SINR 降低, 不同组网方式 RRC 建立成功率和时延变化不大。无论是 1:4 组网方式还是 1:1 组网方式, 反映信号质量的 SINR 均值都不高, 即使在 RSRP 良好情况下也是如此。建议后续网络综合考虑覆盖和站点增加带来的同频干扰做进一步优化, 重点考察 GSM 900M 等其他网络带来的干扰, NB-IoT 测试的 Ping 分组和 Attach 性能都有一定的提升空间。

参考文献:

- [1] DAI GUOHUA, YU JUNHUA. Research on NB-IoT background, standard development, characteristics and the service[J]. Mobile Communications, 2016(7):31-36.
- [2] LU B. Discussion on NB-IoT coverage enhancement technology[J]. Mobile Communications, 2016(19):55-59.
- [3] WANG Y P E, LIN X, ADHIKARY A, et al. A primer on 3GPP narrowband internet of things[J]. IEEE Communications Magazine, 2017, 55(3): 117-123.

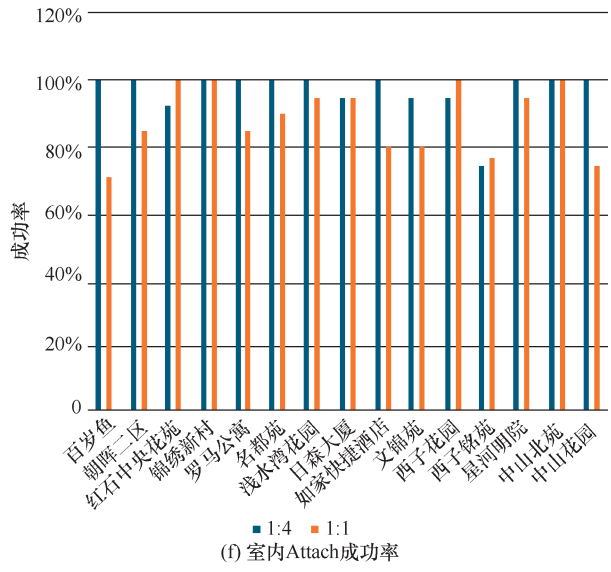
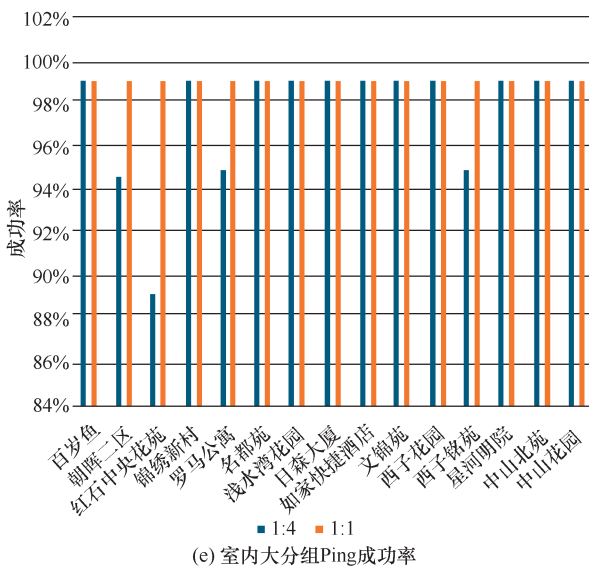
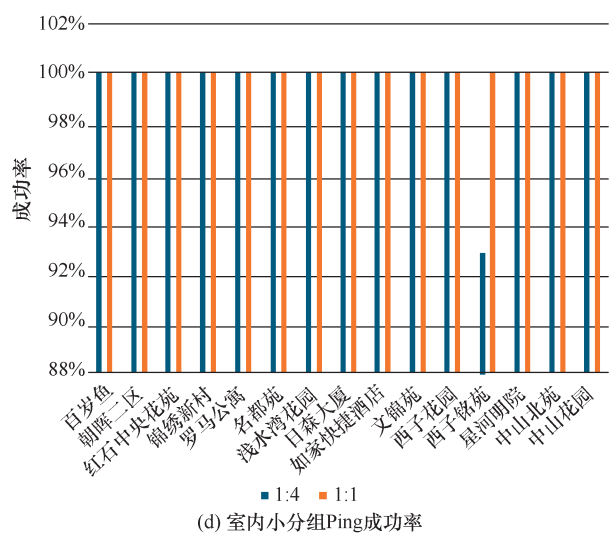
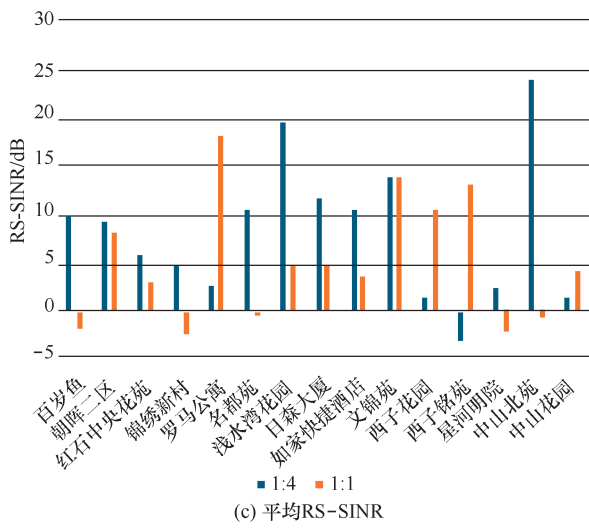
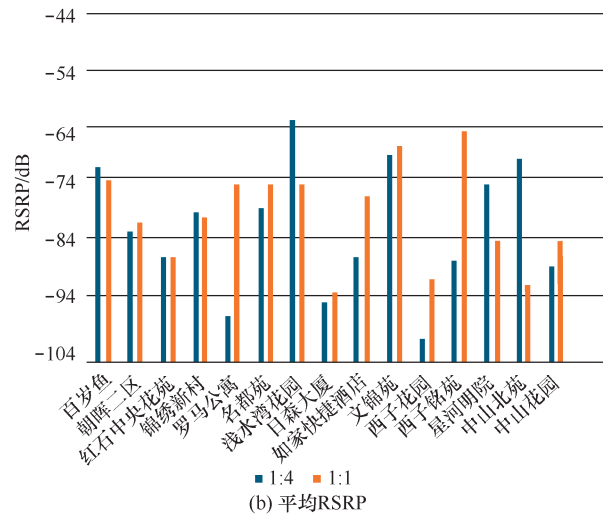
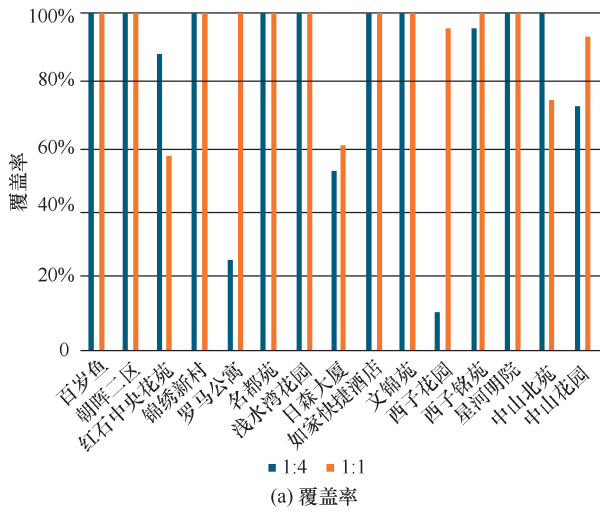


图3 CQT 室内测试结果

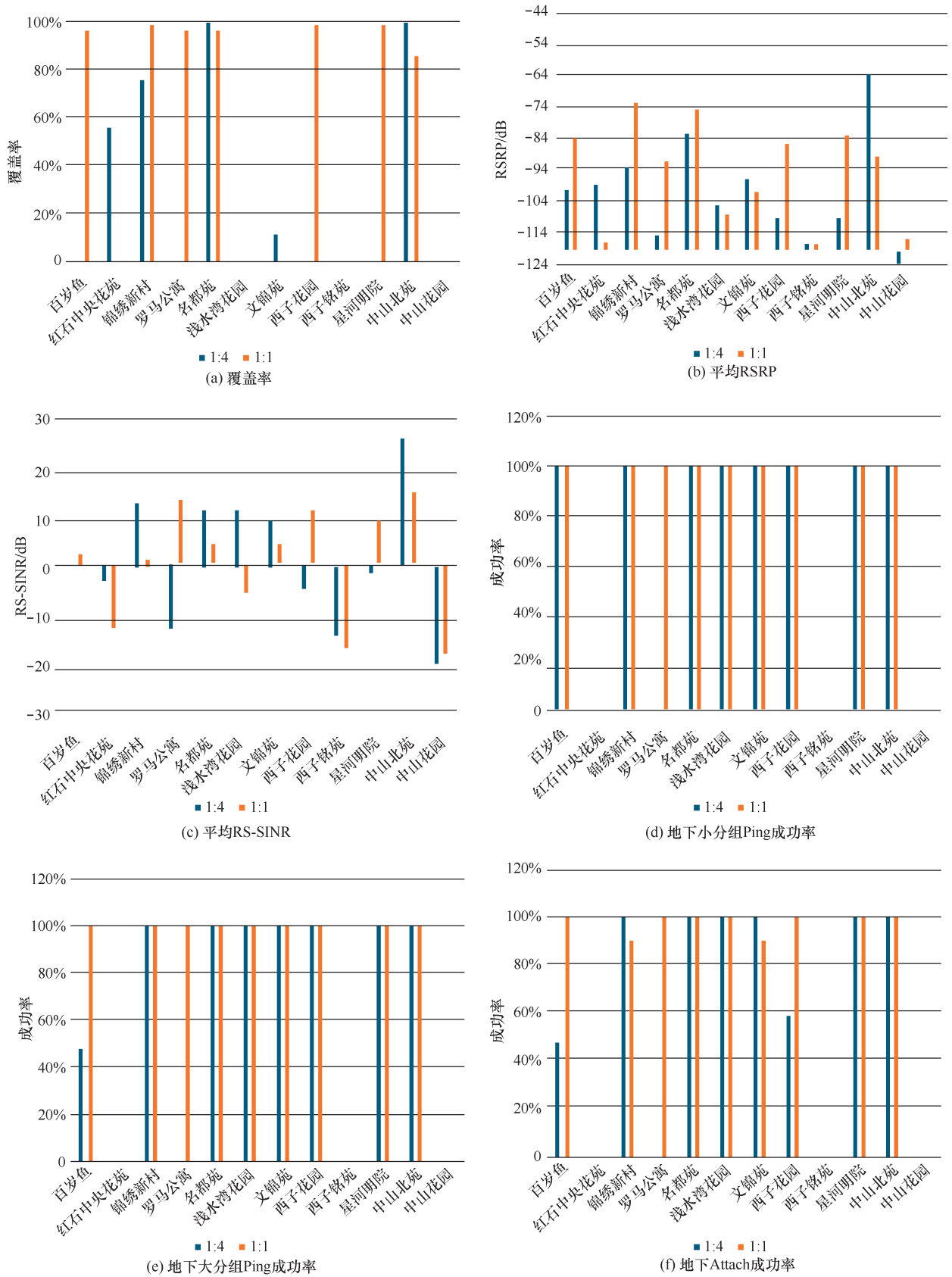


图4 CQT 地下测试结果

- [4] HOGLUND A, LIN X, LIBERG O, et al. Overview of 3GPP release 14 enhanced NB-IoT[J]. IEEE Network, 2017, 31(6): 16-22.
- [5] SONG Z, LIU X, ZHAO X, et al. A low-power NB-IoT transceiver with digital-polar transmitter in 180-nm CMOS[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, 2017, 64(9): 2569-2581.
- [6] CHEN M, MAO Y, HAO Y, et al. Narrow band Internet of Things[J]. IEEE Access, 2017, 5: 20557-20577.



周俊（1970-）男，中国移动集团设计院有限公司教授级高级工程师，主要研究方向为移动通信网络的规划、设计和优化。

作者简介：



张旭阳（1987-），男，中国移动通信集团设计院有限公司咨询设计师，主要研究方向为物联网、VoLTE 优化。



马建辉（1980-），回族，中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师，主要研究方向为 VoLTE 信令分析与端到端智能化定界定位功能开发、NB&eMTC 物联网评估体系建设。



李世光（1990-），男，中国移动通信集团设计院有限公司工程师，主要研究方向为物联网新技术研究。



刘克清（1985-），女，中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师，主要研究方向为移动网络优化、网络性能测试技术。