

# NB-IoT 规划与参数

初步提出了 **NB-IoT** 的规划目标，主要包括规划指标、规划体系、建设方案 3 部分；

重点探讨了以规划指标为指引、以规划体系为核心、以建设方案为成果的 **NB-IoT** 规划思路以及技术选择、规划指标等需要进一步探讨和验证的问题，对于后续细化规划具有一定指引作用。

一

## 引言

在大数据时代，万物互联是移动通信发展的必然趋势，预计未来全球物联网连接数将达千亿级。物联网业务种类丰富，承载技术多样，包括非蜂窝（以短距离 Wi-Fi、蓝牙等为主，也包括 Sigfox 和 LoRa 等）和蜂窝（2G/3G/4G）两大类。

专业咨询机构预测，2020 年全球物联网市场连接数规模将达 500 亿，中国市场将突破 100 亿，其中 90 亿为物与物连接。然而，目前市场中大部分连接通过短距离通信技术承载，而非运营商移动蜂窝网络。移动蜂窝网络具备广覆盖、可移动以及大连接数等特性，能够带来更加丰富的应用场景，理应成为物联网的主要承载技术。运营商有条件从管道提供商向综合服务提供商演进，利用移动蜂窝网络的优势逐步介入智能家居、智能楼宇、智能抄表、市政物联、物流跟踪等新领域。

蜂窝物联网需要具备大连接、广覆盖、低功耗、低成本等基本特点的连接技术，而现有移动蜂窝网络 2G/3G/4G 技术无法满足，需要采用新技术。目前，运营商普遍关注的蜂窝类新技术主要有两种：**NB-IoT**（基于蜂窝的窄带物联网）和 **eMTC**。国际运营商对 **NB-IoT** 和 **eMTC** 关注度均较高，两者产业进度及规模相近。国内运营商目前更关注 **NB-IoT**。

二

## NB-IoT 技术特点与规划目标

### 2.1 NB-IoT 技术特点

分析数据显示，低功耗、广覆盖、低成本、低速率类业务占据物联网业务达 60% 以上，**NB-IoT** 正是一种聚焦于 **LPWA**（低功耗广域）业务的可在全球范围内广泛应用的新兴技术。该技术使用 **License** 频段，只需大约 200 kHz 的带宽，

可采取带内、保护带或独立载波 3 种部署方式，直接部署于 GSM、UMTS 或 LTE 网络，以降低部署成本，实现平滑升级。

NB-IoT 具备四大特点：一是具备支持海量连接的能力，每小区能够支持约 5 万个连接；二是广覆盖，在同样的频段下，比现有的 GSM 900 MHz 网络增益 20 dB 以上，覆盖面积扩大约 100 倍；三是更低功耗，终端模块的待机时间可长达 10 年；四是更低的模块成本，预计单个接连模块成本不超过 5 美元。

NB-IoT 和 eMTC 作为蜂窝物联网的两种主要承载技术，均为针对 LPWA 类业务需求进行优化的技术。NB-IoT 与 LTE 系统的独立性更强，因此系统优化更适配 LPWA 业务需求，eMTC 是 LTE 的增强功能，因需要兼顾 LTE 系统导致优化程度略低。

可见，NB-IoT 在覆盖、成本等方面性能最优，最符合 LPWA 类业务需求，但难以满足中高移动性、中高速率、语音等业务需求；eMTC 在覆盖、成本方面弱于 NB-IoT，优势是峰值速率、移动性、语音能力，适用于其他对峰值速率、移动性有要求的业务。

## 2.2 NB-IoT 规划目标

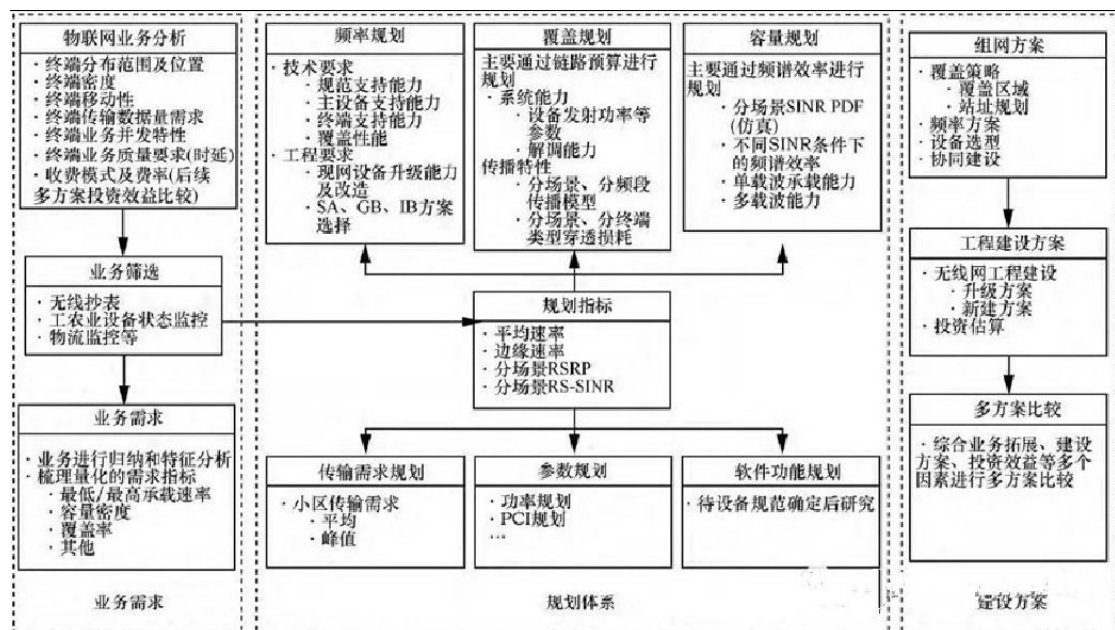
NB-IoT 有别于传统的人与人连接的网络，主要服务于物与物的连接，为人类工作提供信息采集等功能及通道。如何建设一张提供便捷于万物连接及信息采集成本的最低化的优质网络，在规划阶段有很多问题需要因地制宜的加以解决，充分发掘利用现网数据及已有的运营经验，对简历全新的网络进行针对性分析，提出具体解决方案。

NB-IoT 规划目标主要包括规划指标、规划体系和建设方案三部分。

（1）规划指标：基于物联网承载业务需求，确定规划指标；

（2）规划体系：制定频率规划、覆盖规划、容量规划、参数规划、传输需求规划、软件功能规划等内容的规划体系；

（3）建设方案：基于规划体系和组网方案，编制工程建设方案。



物联网规划目标及规划体系构架图

### 三

#### NB-IoT 规划思路

以规划目标为指引，首先通过业务需求分析规划指标；以规划指标为依据，开展频率规划、覆盖规划、容量规划、参数规划、传输需求规划和软件功能规划等一系列规划工作，完成规划体系；基于规划体系和组网方案，进行多方案比较，输出最终建设方案以指导 NB-IoT 网络建设。

#### 3.1NB-IoT 规划指标

任何网络的规划指标都是建立在一定业务需求的分析基础上的，通过物联网业务分析、业务筛选，确定业务需求，进而提出 NB-IoT 规划指标。

NB-IoT 规划指标主要包括平均速率、边缘速率、分场景 RSRP、分场景 RS-SINR4 种。

##### (1) 平均速率

通过系统能力仿真和测试分析确定，存在两个难点需要进一步讨论：不同业务类型的终端分布差异大，且更多集中在室内区域，无法用路测等指标进行评估；终端业务模型不确定，实际业务（多重业务、多终端混合）对平均速率的影响难于评估。

##### (2) 边缘速率

通过业务需求的最低速率确定，考虑到不同业务对时延的要求不同，因此最低速率指标弹性较大。3GPP NB-IoT 规范有建议值 160bit/s，其合理性待通过

与真实业务对比验证。研究通过调研现网数据进行终端业务行为识别及分析的方法，分析对规划指标的具体要求。

### （3）分场景 RSRP

通过系统能力的接收灵敏度、上行边缘速率（一定干扰余量）确定最低要求，通过下行边缘确定需借助链路级仿真结合测试。

### （4）分场景 RS-SINR

根据速率指标结合链路级仿真确定。此外，还有一些其他要求需要考虑。

分业务要求：对不同业务采用差异化指标。对于极低速率业务，以系统接收灵敏度作为规划指标要求，不要求边缘速率；对于其他业务，以边缘速率作为最低速率规划要求。

分场景要求：应结合覆盖区域的典型业务确定覆盖指标，不同的区域，规划指标不同。

覆盖率确认：考虑覆盖率与建设成本之间的折中。

## 3. 2NB-IoT 规划体系

规划体系主要包括频率规划、覆盖规划、容量规划、参数规划、传输需求规划和软件功能规划等，主要探讨频率规划、覆盖规划和容量规划。

### 3.2.1 频率规划

NB-IoT 带宽为 180kHz，支持以下 3 种工作模式。

**stand-alone**（独立）：独立部署在 LTE 带外，功率独立配置，不依赖 LTE 网络。

**in-band**（带内）：部署在 LTE 带内，功率在 LTE 上功率增强，占用 LTE 资源。

**guard-band**（保护带内）：部署在 LTE 保护带内，功率在 LTE 上功率增强，不占用 LTE 资源。

**stand-alone** 模式发射功率高，其下行覆盖性能、速率、功耗、时延等最好，在具备 200kHz 频率资源的情况下是性能最优的选择。**in-band** 模式不需要额外占用频率资源，但因下行功率受限（典型值：低于 **stand-alone** 模式约 11dB）导致下行深度覆盖能力较差。**guard-band** 模式以对设备更高的射频指标要求和实现复杂度为代价，换取不占用独立频率资源的好处，理论上性能劣于 **in-band** 模式，后续需研究设备实现性能。

### 3.2.2 覆盖规划

NB-IoT 覆盖增强关键技术主要包括窄带传输提升功率频谱密度、重复传输时间分集、跳频 3 种。通过发射功率、接收电平理论计算 MCL（最大耦合路损），比较各系统覆盖能力。

项目	GSM	TD-LTE	LTE FDD	NB-IoT	eMTC
发射功率/dBm	43	15	15	43	21
接收电平/dBm	-102	-125	-125	-122	-134
MCL/dB	145	140	140	165	155

各种网络制式 MCL 理论计算

可见，NB-IoT 覆盖目标为满足上下行 MCL=165 dB，优于 GSM 系统 20 dB 以上；而 eMTC MCL 优于 GSM 系统 10 dB 以上，优于 LTE 系统 15 dB 以上。

信道	NB-IoT						
	控制信道			业务信道			
	PDCCH	PBCH	PRACH	上行 15 kHz 单载波	上行 3.75 kHz 单载波	上行 15 kHz 12 子载波	下行 15 kHz
数据速率/(kbit·s <sup>-1</sup> )				0.28	0.39	0.39	8.5
天线模式	1T1R	1T1R	1T2R	1T2R	1T2R	1T2R	1T1R
传输块大小	/	/	/	1 000.0	1 000.0	1 000.0	680.0
无线资源数量	1RU	/	/	10RU	10RU	10RU	10RU
重复次数/次	4	/	32	44	8	256	8
发送时间/ms	4	80	179.2	3 520	2 540	2 560	80
发射功率/dBm	43	43	23	23	23	23	43
占用带宽/Hz	180	180	3.75	15	3.75	180	180
热噪声密度/(dBm·Hz <sup>-1</sup> )	-174.0	-174.0	-174.0	-174.0	-174.0	-174.0	-174.0
噪声系数/dB	5.0	5.0	3.0	3.0	3.0	3.0	5.0
噪声功率/dB	-116.4	-116.4	-135.3	-129.2	-135.3	-118.4	-116.4
信噪比/dB	-6.65	-5.23	-5.75	-11.80	-8.70	-22.60	-5.36
接收机灵敏度/dBm	-123.1	-121.7	-141.0	-141.0	-144.0	-141.0	-121.7
最大允许路径损耗/dB	166.1	164.7	164.0	164.0	167.0	164.0	164.8

NB-IoT（stand-alone）链路预算见表

选取现网一、二、三类城市进行 GSM 宏基站 MR 数据分析，得到 NB-IoT 系统相对覆盖增益值。

城市类型	GSM 现网 95%MCL/dB	GSM 现网 99%MCL/dB	穿透损耗附加量/dB	NB-IoT 实现覆盖率 95%的 MCL 余量/dB	NB-IoT 实现覆盖率 99%的 MCL 余量/dB
一类城市	134	145	10	20	9
二类城市	132	142	10	20	12
三类城市	133	138	10	21	16

NB-IoT 系统相对覆盖增益值估算

以哈塔模型距离传播损耗系数 3.6（对应站高 25 m）估算，NB-IoT 与现网 GSM 900 MHz 不同站址比例的覆盖增益。

站址数量 ( $1/N$ )	站间距 ( $1/\sqrt{N}$ )	覆盖增益/dB
2	1.4	5.4
4	2.0	10.8
8	2.8	16.3
16	4.0	21.7
32	5.7	27.1

NB-IoT 与现网 GSM 900 MHz 不同站址比例的覆盖增益

因此，根据以上理论计算结果，可建议 NB-IoT 与现网 GSM 900 MHz 站址比例关系：对于一类城市，满足 NB-IoT 覆盖要求的站址选择为 1：2~1：4；对于二类城市，该值为 1：4~1：8；对于三类城市，该值约为 1：8。

本节讨论的 NB-IoT 覆盖能力、与 GSM 的对比关系都是理论计算，尚需测试验证。

### 3.2.3 容量规划

与 eMTC 相比，NB-IoT 具有更高频谱效率和更小资源粒度的特点，更易实现大连接。

#### （1）峰值能力核算

系统可使用 12 个子载波进行传输，根据 NPDSCH TB Size 表格，最大 TBS（传输块集）为 1000 bit，每个传输 TTI（传递 TBS 的时间间隔）为 4 ms。因此，系统峰值速率为 250 kbit/s。UL（上行链路）资源分配，NPDCCH 为 1 ms；NPUSCH 传输，NPDCCH 调度后至少 8 ms；HARQ（混合自动重传请求）反馈，NPUSCH 传输后至少 3 ms。因此，单用户峰值速率为 62.5 kbit/s。

#### （2）小区容量核算

现阶段商用业务信息尚未明确，估算小区容量时，3GPP TR45.820 Annex E 建议 NB-IoT 采用的用户模型。

	用户的接入间隔/h	用户比例
用户数据发送间隔	24	40%
	2	40%
	1	15%
	0.5	5%

3GPP TR45.820 定义的 NB-IoT 话务模型

根据模型假定的单次发送数据量符合参数  $\alpha=2.5$  的 Pareto（帕雷托）分布（20~200byte 截断分布），计算该分布函数的均值得到单次发送数据为 256bit（32byte），则单用户速率为 0.033bit/s，按平均 10 次重复及其他开销，单用户数据速率需求为 0.5bit/s，小区上行平均速率为 50kbit/s 估算，小区容量可达 10 万数量级。

### 3.3NB-IoT 建设方案

#### 3.3.1 网络建设关键问题

基于规划体系和组网方案，编制工程建设方案，需要重点考虑以下因素：

##### （1）需求定位准确

需求发现：梳理业务类型、业务来源，精确要求，发现进而确立建网目标，是打造优质网络的重要第一步。

需求分析：物联网业务终端的分布可能与个人移动网的用户分布差别较大，网络建设应注重与业务的衔接，尤其要对业务类型和具体需求进行深入分析。

##### （2）连接成本最低

频段与制式选择：需考虑相关技术（频率、覆盖能力）、产业发展程度、建设（新建和改造）、投资、政策等因素，并分析其优劣势。

##### （3）网络质量最佳

网络覆盖需求：分析物联网终端的分布区域，确定合理网络规划指标。

站址规划：网络规划中最重要的内容，基于运营商已有站址资源、开展站址选择规划，保证良好的覆盖质量，并协同好网络建设与网络发展的关系。

##### （4）工程建设效率最高

主设备建设问题：可以考虑基于现网设备升级与新增设备建设。

天馈建设问题：天线在整个无线系统中起到极为重要的作用。在天线选择时应该坚持性能优先的原则，同时考虑工程实施难度。

3.3.2 建设方案建议

NB-IoT 组网方案分为 GSM 升级、新建，组网方案比较。

	GSM 升级	新建 NB-IoT
优势	可以利旧现网多载波设备； 可以共用天线	新建设备能力强,后续可以升级支持多系统； 对 GSM 现网影响小； 从整个生命周期看,并不增加成本
劣势	现网多载波设备比例较低； 现网设备对于 NB-IoT 的多载波支持能力不足； 升级后容易产生功率或 GSM 载波数受限； 现网设备后续难以支持多模升级； NB-IoT 同频组网跟 GSM 特性不一致,共天线性能不能最优	设备完全新建； 天馈新建； 前期投入较大。

NB-IoT 组网方案比较

若考虑后续系统演进可采用方案 1；短期内（试验网阶段）建议方案 2；考虑国家“互联网+”及万物互联的大环境及公司“大连接”战略，不建议采用方案 3。

考虑物联网发展策略及产业演进等因素，NB-IoT 网络可以有的覆盖方案。

方案	方案描述	优势	劣势
方案 1	建一张普通的薄网，重点覆盖城市,农村按需覆盖； 按照 GSM 网覆盖水平进行规模测算,提供相对普遍的接入业务	以终为始的规划,同频干扰问题较小； 对于推动 NB-IoT 产业链发展及万物互联有较大优势； 提供普遍服务,有利于提升第三曲线内容应用发展数字化服务	投资较大,短期内成本回收风险大； 第三曲线业务尚不全面,大量小区可能会长期空载
方案 2	分区域建设，同政府及企业合作，如智慧城市建设、大型企业厂区覆盖等	按需建设,投资准确性相对较强； 投资回报比相对较高； 对于城市建网,网络结构可以保证	建设规模不容易确定,对市场谈判要求较高； 存在企业用户可能会选择自建物联网应用的可能； 受限于不同城市政府积极性,造成不同城市发展程度不一,集团业务统一性较差
方案 3	分小区按需建设	精确投资； 具有相对较强的投资回报比,但从目前业务实际情况看,盈利能力依然较差	无法以终为始的规划 产业链推动慢,难以形成规模优势； 对于提升第三曲线业务拉动力度较小

NB-IoT 覆盖方案比较

四

结束语

NB-IoT 是一种新的蜂窝物联网承载技术，聚焦于 LPWA 业务，具备大连接、广覆盖、低功耗、低成本 4 个特点，国内运营商目前最为关注。建设一张提供便捷于万物连接及信息采集成本的最低化的优质网络，规划工作至关重要。NB-IoT 的规划目标主要包括规划指标、规划体系、建设方案 3 部分。以规划目标为指引，首先通过业务需求分析规划指标；然后，以规划指标为依据，开展频率规划、覆盖规划、容量规划、参数规划、传输需求规划和软件功能规划等一系列规划工作，完成规划体系；最后，基于规划体系和组网方案，编制工程建设方案，进行多方案比较，输出最终建设方案以指导 NB-IoT 网络建设。



由于物联网的行业应用尚处在各方接触初期，技术选择也还在论证阶段，NB-IoT 的规划目标及思路并不成熟，初步探索过程中发现有一些问题需要进一步探讨。

技术选择的策略受多种不确定因素影响，市场规划、技术验证需先行，综合考虑实际性能、市场需求、投资代价、政策许可等因素，对比 NB-IoT 和 eMTC 两种技术，论证部署方式、规模和节奏；同时，要充分结合中国移动未来网络发展因素，对这两种技术，尤其是 NB-IoT 的部署策略做多场景预判。

NB-IoT 规划指标，由于目前物联网的业务模型并不清晰，业务需求无法确定，因此，不能确定详细的规划指标，对规划体系带来很大的不确定因素。后续需要充分调研物联网各类行业应用，结合无线设备和终端设备的研发情况，尽快建立合理的业务模型，确定业务需求和规划指标。

NB-IoT 本身的技术要素，由于技术本身还未成熟，对于冻结不久的协议中多种配置选择，还需要测试验证，作出性能对比，如频率部署，stand-alone 和 in-band 两种配置如何选择，需要进一步测试验证。建设方式是利旧还是新建，也需要进一步测试验证，并结合投资因素作出对比分析。

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。

