

doi:10.11959/j.issn.2096-3750.2017.00028

新兴窄带物联网技术 NB-IoT

郑志彬¹, 陈德¹, 吴昊²

(1. 华为技术有限公司企业业务集团, 北京 100085; 2. 北京交通大学电子信息工程学院, 北京 100044)

摘要: 介绍当前新兴物联网低功耗广覆盖 (LPWA) 蜂窝数据接入的需求和所面临的挑战, 重点分析了 NB-IoT 技术的设计原理和最新标准进展, 最后介绍 NB-IoT 的一些典型应用场景。NB-IoT 具备五大技术优势: 灵活部署、广覆盖、低功耗、低成本、大连接, 这使 NB-IoT 成为最有竞争力的 LPWA 技术。

关键词: 窄带物联网; 物联网; 低功耗广覆盖; 标准; 应用

中图分类号: TP393

文献标识码: A

New developing narrow band IoT technology NB-IoT

ZHENG Zhi-bin¹, CHEN De¹, WU Hao²

(1. Enterprise Business Group, Huawei Technologies Co., Ltd., Beijing 100085, China)

(2. School of Electronic and Information Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: The newly developing low power wide area(LPWA) cellular data access requirements and challenges of Internet of Things is introduced, then the design principle and standardization progress of NB-IoT technologies are analyzed. At last, several typical NB-IoT applications are described. NB-IoT will be the most competent LPWA technology, since NB-IoT has five technical advantages: flexible deployment, wide coverage, low power consumption, low cost and massive connections.

Key words: NB-IoT, IoT, LPWA, standard, application

1 引言

物联网 (IoT, Internet of Things) 是未来 5 年全球技术发展的最重要趋势之一, 将带来巨大的商业价值。简单来说, IoT 就是互联网从人向物的延伸, 物联网终端具备联网和通信能力, 通过网络实现互联互通。物联网可以应用在生产和生活的方方面面, 其业务对网络传输速率的需求也有差别, 主要分为如下 3 类。

1) 高速率应用, 如摄像监控、电子广告牌等, 这些应用目前可以承载在 3G/4G 运营商, 没有其他非 3GPP 的竞争技术。

2) 中等速率应用, 如智能家居、POS 机、可穿戴等典型应用。这些应用可以通过增强型机器类通信 (eMTC, enhanced machine type communication) (小于 1Mbit/s) 来承载, 速率要求不是很高, 功耗要求较低。

3) 低速率应用, 如查表类应用、低端车载等, 预测占整体 IoT 市场的 70%; 这类业务每天上传几次小数据, 数据速率要求较低; 但是由于靠电池供电, 要求低功耗; 部分仪表在地下室或埋在地下管线, 有更高的覆盖要求; 而且这类设备数量较大, 如水电气等仪表, 因此, 对成本也比较敏感。

全球移动运营商协会 GSMA 预测, 2020 年将有约 30 亿的连接承载在运营商的蜂窝网络, 涉及工业、个人应用、智能家居、公共事业等多个方面, 其中, 约有 20 亿的连接面向低功耗广覆盖 (LPWA, low power wide area) 应用。基于这些海量的连接, 运营商将获得巨大的商业价值, 具体包括连接的价值, 数据的价值和利益分享的价值。

如图 1 所示, 蜂窝通信技术最初设计用于人与人的通信, 不能很好地满足占据蜂窝物联网连接 $\frac{2}{3}$

各种应用	2020年连接数	需求	技术
<ul style="list-style-type: none"> • 视频 • AR/VR 	2亿 高速率>10 Mbit/s	<ul style="list-style-type: none"> • >10 Mbit/s 	3G/4G/5G
<ul style="list-style-type: none"> • 智能家居 • POS 	8亿 中速率>1 Mbit/s	<ul style="list-style-type: none"> • ~1 Mbit/s • 低功耗 	GSM/GPRS/CDMA LTE MTC(R12, R13)
<ul style="list-style-type: none"> • 环境传感器, 水电气表 • 资产跟踪 • 智慧停车 • 智慧农业 • ... 	20亿 低速率>100 kbit/s	<ul style="list-style-type: none"> • 小数据分组 (<100 kbit/s) • 深度覆盖 (20 dB) • 低功耗 (10 年) • 低成本 (\$5) 	ZigBee, Bluetooth Wi-Fi, Sigfox, LoRa NB-IoT, eLTE-IoT...

图1 蜂窝物联网市场预测

的低功耗、广覆盖、低成本、海量连接需求，因此，基于蜂窝网络的低功耗广覆盖 LPWA 技术应运而生。基于未授权频谱的如 LoRa、SigFox 等技术已经开始部署，面对非 3GPP 技术的竞争，运营商和设备商联合提出了基于全新空口技术的窄带物联网 NB-IoT (<100 kbit/s)，以满足这类低成本、低功耗、广覆盖、海量连接的物联网连接需求^[1~10]。

2 NB-IoT 技术原理

2.1 3 种灵活部署方式

NB-IoT 的系统带宽比较窄，仅有 180 kHz，比较容易找到频谱资源，因而网络部署方式非常灵活。NB-IoT 支持 3 种网络部署方式：独立部署 (Standalone)、LTE 保护带部署 (Guard-Band) 和 LTE 带内部署 (In-Band)。

图 2 的部署方式中，NB-IoT 载波可以部署在 GSM 频谱的两边，也可以部署在 GSM 频谱的中间。为了 NB-IoT 和 GSM 避免互相干扰，两者之间需要一定间隔的保护带 (100 kHz)，独立部署也可以在 UMTS/LTE 的富余频段里面。

这 3 种部署场景各有利弊。

1) 独立部署对网络设备的要求最低，NB-IoT 和 GSM/UMTS/LTE 之间没有影响，代价是需要独占相应的频谱资源。

2) LTE 保护带部署不需要额外的频谱资源，但是对网络设备增加了功率等要求。

3) LTE 带内部署需要占用 LTE 的传输资源，对 LTE 用户速率有轻微的影响，也增加对网络设备功率等要求。

因此，在实际部署中，需要根据运营商的实际网络情况量体裁衣，寻找最佳的网络部署方式。

2.2 覆盖增强

有些物联网业务需要深度覆盖，例如，目前针对地下室 GPRS 的抄表方案由于覆盖不好导致丢失率较高，需要耗费大量人力到现场重新抄表。因此，针对地下的水表/电表、地下停车场、城市地下管道监控等业务特点，相对于当前 GSM/LTE 网络，NB-IoT 做了增强 20 dB 覆盖的设计。

NB-IoT 通过上下行物理信道格式、调制规范的重新定义，使上下行控制信息与业务信息可以在相对 LTE 更窄的带宽中 (上行采用 3.75 kHz 或

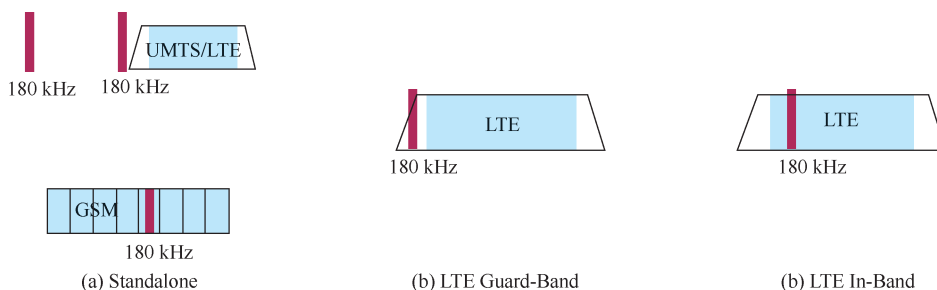


图2 NB-IoT 的 3 种部署方式

15 kHz 发送), 相同发射功率下的功率谱密度(PSD, power spectrum density)增益更大, 降低接收方的解调要求, 如图 3 所示。

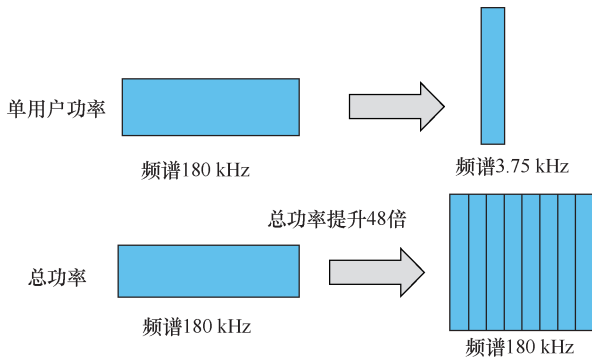


图 3 窄带传输提升系统发射总功率示意

按照香农公式, 在信道噪声不变的情况下, 信道容量主要由信道带宽、信号功率确定。上行总发射功率越高, 容量越高。

$$C = W \times \text{lb} \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

当终端发射功率为 23 dBm, 20 dB 覆盖增强在不同的信号带宽下对应的工作点如表 1 所示。

表 1 信号带宽与工作点

信号带宽/kHz	20 dB 覆盖增强工作点/dB
3.75	-5.7
15	-11.7
180	-22.5

对于整个窄带系统而言, 有的终端会工作在 20 dB 覆盖增强范围内, 有的终端会工作在更好的信噪比, 整个系统的平均容量与窄带之间的关系并非线性反比的关系, 而是和终端工作点的分布相关。图 4 给出了在不同覆盖增强情况下, 上行传输带宽分别为 3.75 kHz、15 kHz、180 kHz 时获得的频谱效率之间的关系。

虽然理论上宽带系统也可以采用码分复用提升上行容量, 但是由于码分复用在工程实现有较多限制, 如需要精确功控、码分用户之间的时间对齐等, 因而, 采用上行窄带频分是最佳的上行实现方式。

另外, NB-IoT 还引入重复发送的编码方式, 通过重复提升信道条件恶劣时的传输可靠性, 如图 5 所示。

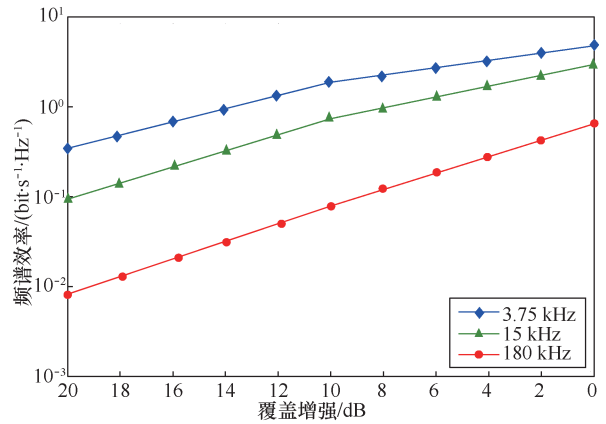


图 4 不同带宽在不同覆盖增强情况下的频谱效率

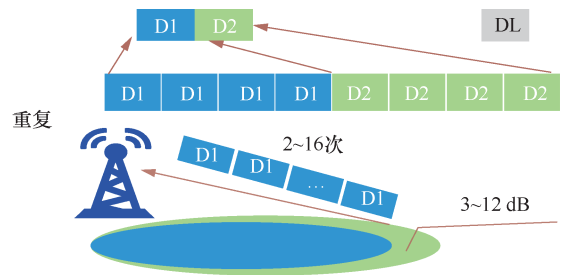


图 5 重复发送

理论上, 重复一遍, 速率降一半, 同时覆盖增加 3 dB; 上行最大重复传输 128 次, 理论上增益有 20 dB, 实际上有 16~18 dB。图 6 为重传次数与增益的拟合结果, 从图中可以看出实际增益超过 12 dB 后, 增加重传次数, 得到的增益增长趋势变缓, 考虑到传输效率, 系统不会无限制重传, 一般取重传增益为 12 dB。

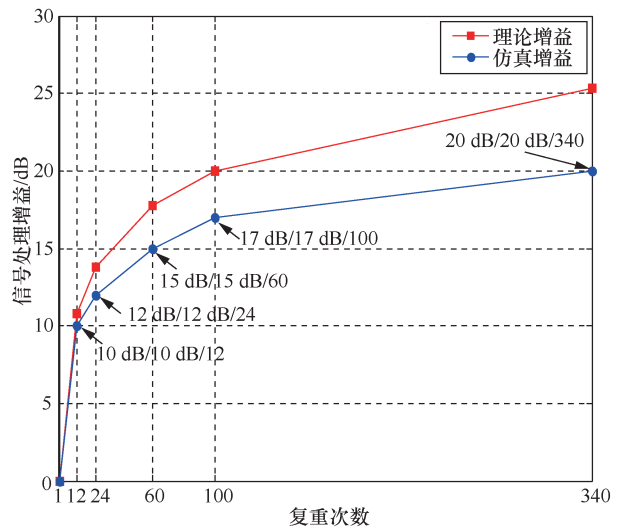


图 6 信号处理增益与重复次数的关系

2.3 低功耗

很多物联网终端采用电池供电, 为了减少更换电池带来的人力成本, 设备需要在电池支撑下长时间工作, 尤其是环境监控类终端。现有技术也无法满足 LPWA 的低功耗需求。以 GPRS 为例, 一块 10 000 mAh 的电池, 如果每月上报一次数据可以使用 2 年, 每天上报一次只能使用 9 个月, 每小时上报一次则只能支持 3 个月。而在日本和澳大利亚市场都要求一块电池要支持一个仪表正常工作 10 年, 中国也正在逐渐要求达到 6 年。

NB-IoT 通过引入如下技术, 满足终端的超低功耗需求, 如图 7 所示。

1) 精简信令流程, 以提供高传输效率数据传输。大幅度裁剪协议, 降低复杂度。

2) 增加终端休眠时间: 功率节省模式 (PSM, power saving model)、非连续接收增强 (eDRX, extended of discontinuous reception)、长周期 TAU (tracking area update) 定时器。

考虑到未来网络的演进性, NB-IoT 网络将使用 S1 接口, 接入到基于 EPC 的核心网。和 LTE 系统相比, NB-IoT 需传输的数据分组数量少, 大部分场景下只有一个数据分组, 而且数据分组大小比较小, 应用层的分组大小为 20~200 B。在这种情况下, 使用 LTE 的空口接入信令流程, 信令开销就非常大, 为了传输一个 NB-IoT 的数据分组, 需要先建立 SRB1, 再激活 AS 安全功能, 然后重建 DRB。在 DRB 建立完成后, 才能开始 NB-IoT 数据的传输, 这导致了较大的信令开销以及终端功耗。为了提高数据传输效率, 同时降低 UE 的功耗, 高效的 NB-IoT 传输流程被引入。主要有如下 2 种方式。

1) 将 NB-IoT 数据视为 NAS 信令, 直接在信令承载上进行传输。这样可以避免激活 AS 安全和建立 DRB 的过程, 至少可以节省 4 条信令。

2) 空闲状态下, 在基站侧保留 UE 的上下文。当 UE 连接到有该 UE 上下文的基站上时, 直接使用 UE 之前建立的承载, 进行数据的传输, 也可以大大减少信令开销。

在低复杂性协议栈设计方面, 主要是根据 NB-IoT 的业务特点, 在 LTE R8 版本的基础上裁剪掉一些不需要的 LTE 业务。目前的 NB-IoT 通过不支持切换, 不支持跨 RAT 的互操作, 不支持连接态的系统消息获取和测量等降低协议栈复杂性。另

外, 对于 LTE 已有的一些功能, 也做了简化, 如只支持单进程的混合自动重传请求 (HARQ, hybrid automatic repeat request)。对于基于控制面的信令优化方案而言, 只支持单个信令无线承载 (SRB, signalling radio bearers), 不支持数据承载 (DRB, data radio bearers), 不需要分组数据汇聚协议层 (PDCP, packet data convergence protocol) 等, 大大简化空口协议栈。对于基于用户面的信令优化方案而言, 需要支持单个 SRB、单个 DRB 等, 空口协议栈也会达到一定程度的简化。

除了使用精简信令流程、裁剪协议来降低 UE 在数据传输过程中的功耗外, 也引入了超长休眠的省电设计。根据 UE 不同的下行业务到达时延需求, 引入了 PSM 和 eDRX 2 种节电机制。

PSM 支持终端非业务期间深度休眠, 不接收下行数据, 适合对下行业务时延无要求的场景。当前终端有 TAU 定时器超时唤醒和终端主动发数据时唤醒 2 种方式, 其余时间都处于休眠状态, 通过降低周期 TAU 次数, 从而降低功耗。

eDRX 支持的 2 次下行数据到达间隔在秒级到几小时级之间。每个 eDRX 周期只在寻呼时间窗口 (PTW) 内监听寻呼信道, 其他时间则深度休眠, 因此, 可在下行业务时延和功耗之间取得平衡。而 PSM 支持的 2 次下行数据达到间隔为几小时到几百小时之间。终端可以根据下行业务间隔的需求, 采用 eDRX 或 PSM 进行节电。

2.4 低成本

未来物联网需要部署海量的 LPWA 终端, 终端的芯片模组只有达到 5 美元甚至更低, 商业上才具有竞争力。然而, 很多现有技术做不到这一点, 如 LTE 的芯片模组大概是 30 美元, eMTC 大概是 10 美元, 而 GPRS 也只能做到 8 美元左右。NB-IoT 通过如下几个方面的创新裁剪设计, 大幅度的降低了终端成本。

首先, NB-IoT 仅支持 FDD-LTE 半双工, 终端收发器从 FDD-LTE 的两套减少到只需要一套, 终端实现更加简单。

其次, NB-IoT 简化信道及物理层。

1) NB-IoT 终端工作带宽仅为传统 LTE 的 1 个物理资源块 (PRB, physical resource block) 带宽, 带宽小使 NB-IoT 不需要复杂的均衡算法。上行窄带有利于降低终端成本。一方面, 上行窄带峰值平均功率比 (PAPR, peak to average power ratio) 较低,

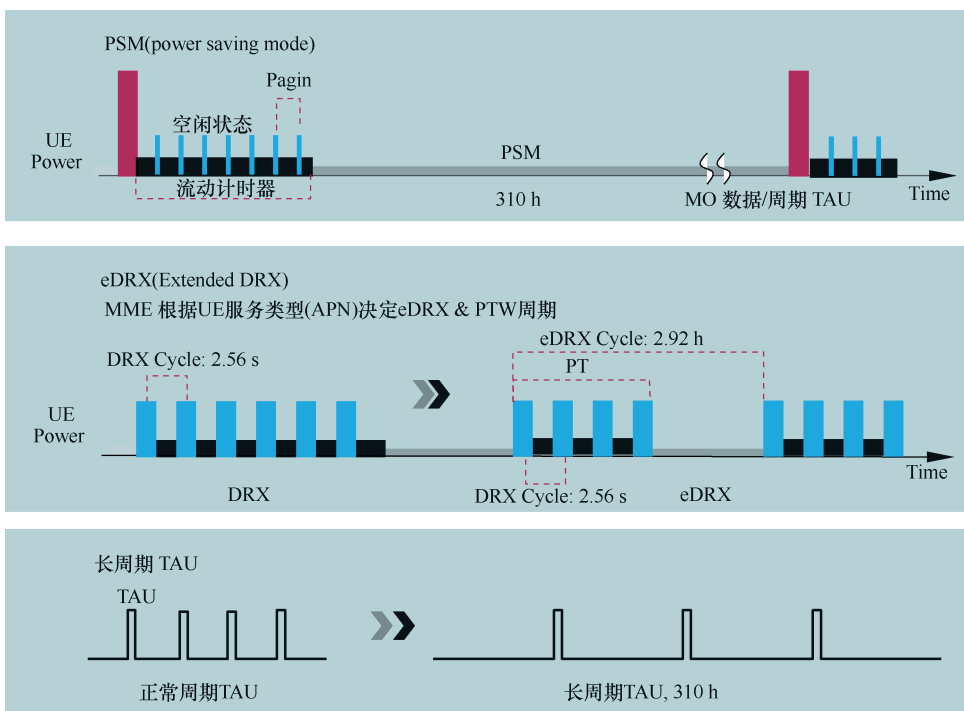


图 7 NB-IoT 终端超低功耗技术

对射频要求较低，较易集成 PA，终端的成本较低；另一方面，上行窄带也进一步降低了发射信号的处理复杂度，使终端更加有利于低成本实现。

2) 减小最大传输块 (TBS, transport block), 从而必然降低了峰值速率：下行最大 680 bit, 上行最大 1 000 bit。不需要大缓存，可以采用低配置 DSP。

3) 简化调制编码，仅支持 QPSK、BPSK 调制，下行仅支持 TBCC 码，AMC 算法也将取消或简化，这些都使 NB-IoT 终端运算量大幅度减少。

最后，NB-IoT 对 LTE 协议栈做了大幅度简化。

1) MAC 层：协议栈优化，减少芯片协议栈处理流程的开销。仅支持单进程 HARQ；不支持 MAC 层上行 SR、SRS、CQI 上报；不支持非竞争性随机接入功能；功耗没有闭环功耗，只有开环功耗。

2) RLC 层：仅支持 RLC AM 模式，不支持 RLC UM、TM 模式。

3) PDCP 层：不支持安全模式、RoHC 压缩等功能。

4) RRC 层：不支持移动性管理；新设计 CP、UP 方案简化 RRC 信令开销；增加了 PSM、eDRX 等功能减少耗电。

2.5 大连接

NB-IoT 每小区可达 50 000 个连接，这意味着

在相同情况下，NB-IoT 提供的连接数是 LTE 的 50~100 倍。

虽然 NB-IoT 每小区的系统吞吐容量不高，但是其支持的智能抄表等业务，每个连接对应的数据量也非常小，通常每天一次或几次，发送分组对时延的要求不敏感。从用户模型和话务模型上使小容量、大连接数成为可能。

NB-IoT 上行调度颗粒小，对于小数据分组业务，资源使用效率更高。LTE 带宽较宽，即使采用 LTE 最小资源块传输水表数据分组，也会造成较大的资源块浪费。NB-IoT 因为基于窄带，上行传输有 2 种带宽 (3.75 kHz 和 15 kHz) 可供选择，带宽越小，上行调度颗粒小很多，在同样的资源情况下，资源的利用率会更高。

NB-IoT 减小空口信令开销，提升频谱效率。例如控制面 CP 传输方案，通过在 NAS 信令传递数据，每次传输空口信令交互减少一半，降低了无线资源消耗，反过来提升了无线资源使用效率，支持更多连接。

3 NB-IoT 技术优势

3GPP 制定的 NB-IoT 标准是 LPWA 市场最有前途的技术。该技术在有效地提供深度室内覆盖的同时，可以支持大量的低吞吐率、超低成本设备连

接,并且具有低功耗、优化的网络架构等独特优势。可以预见,在不久的将来,NB-IoT 将在全球展开大规模部署。图 8 给出了 NB-IoT 和 2G/3G/4G 以及 Wi-Fi、蓝牙、ZigBee 技术的在覆盖能力和数据速率 2 个维度的对比关系。

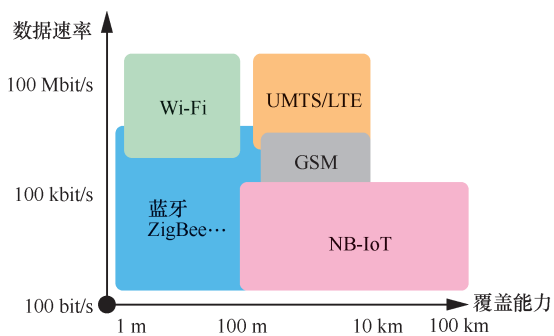


图 8 NB-IoT 和其他物联网无线技术对比

3GPP 在物联网有 2 个主要接入技术, NB-IoT 及 eMTC。它们从 R13 开始,一直同时进行标准化,

当前 R14 版本在定位方面,由于上行链路到达时间差定位 (UTDOA, uplink-time difference of arrival) 方式未达成共识, R14 仅对 E-CID (exclusive chip ID) 和反向链路到达时间差定位 (OTDOA, observed time difference of arrival) 进行了标准化。单用户峰值速率方面均有提升明显: NB-IoT 下行 125 kbit/s, 上行 140 kbit/s; eMTC 下行 4 Mbit/s, 上行 7 Mbit/s。由于 eMTC 采用更宽的频谱带宽, eMTC 支持速率超过 NB-IoT, 但是其覆盖能力不如 NB-IoT, 而且其功耗和成本都高于 NB-IoT, 总地来说, NB-IoT 更适合 LWPA 类型业务。R14 NB-IoT 和 eMTC 各项性能指标对比如表 2 所示。

当前 LWPA 有多种基于蜂窝的无线接入技术, 表 3 为一个简单对比, 可以看出, 基于授权频谱的 NB-IoT 相比 LoRa 和 Sigfox 具有较大优势。由于 2G 将在全球范围内逐步退网, EC-GSM 未来发展也被看好。

表 2 R14 NB-IoT 和 eMTC 各项性能指标对比

性能指标	R14 NB-IoT	R14 eMTC
定位	标准化 E-CID 和 OTDOA 2 种定位方式, 在 OTDOA 方式下设计了新的定位导频 NPRS	标准化 E-CID 和 OTDOA 2 种定位方式, 在 OTDOA 方式下, 重用 LTE UE 的定位导频, 并增强
多播	基于单载波点对多点 (SC-PTM, single-cell point-to-multipoint) 的多播支持	基于 SC-PTM 的多播支持。每个单小区多播传输信道 (SC-MTCH) 可支持 1 Mbit/s (1.4 MHz 带宽) 或 4 Mbit/s (5 MHz 带宽) 的速率
移动性增强	UE 接入新基站后, 数据可从原站转发到新站 (CIoT EPS 用户面优化), 仍不支持切换	支持异频测量及切换
单用户峰值速率提升	新定义 UE 类型 Cat-NB2: 最大支持 2 个 HARQ 进程; 对于 Standalone 配置, 峰值速率为: DL: 125 kbit/s; UL: 140 kbit/s	新定义 UE 类型 Cat-M2, 最大支持 5 MHz 带宽。全双工 FDD 下, 峰值速率: DL 为 4 Mbit/s; UL 为 7 Mbit/s
VoLTE 增强	N/A	对于 HD-FDD 和 TDD, 增强了对 VoLTE 的支持, 具体是增加 PUSCH 和 SRS 的重复, 支持动态 HARQ-ACK 延迟
Massive Connection	在非锚点 NB-IoT PRB 传输 NPRACH (NB-IoT physical random access channel) 及寻呼	N/A
New Power Class	支持 14 dBm 的最大发射功率, 可以降低峰值电流, 从而可以减少电池尺寸	N/A

表 3 多种基于蜂窝的无线接入技术对比

性能指标	Sigfox	LoRa	EC-GSM	eMTC	NB-IoT
标准组织	非公开	公开	3GPP	3GPP	3GPP
频谱	非授权	非授权	授权	授权	授权
信道带宽	100 kHz	7.8~500 kHz	200 kHz	1.4 MHz	180 kHz
峰值数据速率	UL:100 bit/s DL:600 bit/s	180 bit/s ~37.5 kbit/s	DL: 74 kbps UL:74 kbps	DL:800 kbit/s UL:1 Mbit/s	DL:234.7 kbit/s UL:204.8 kbit/s
每天支持最大消息发送数	140(终端) 50 000(BTS)	50 000(BTS)	不受限	不受限	不受限
终端最大发送功率	14 dBm	14 dBm	26 dBm	23 dBm	23 dBm
最大耦合损耗值	UL:156 dB DL: 147 dB	UL: 156 dB DL: 168 dB 或 132 dB	164 dB	156 dB	164 dB
终端设备功耗	低	低、中	低	低、中	低

综上所述，从 NB-IoT 技术原理以及和其他 LWPA 技术对比可以看出，NB-IoT 具备五大优势，这五大优势已经让 NB-IoT 成为物联网 LPWA 应用的**最佳网络传输技术**。

- 1) 灵活部署：3 种灵活部署方式，独立部署、保护带内部署和 LTE 带内部署。
- 2) 广覆盖：通过窄带提升功率谱密度，多次重传和编码增益，相比 GSM 增强 20 dB。
- 3) 低功耗：通过简化协议，降低芯片功耗，提升功放效率，缩短发送接收时间，确保长达 10 年电池使用寿命。
- 4) 海量连接：结合小分组数据发送特征，以及终端极低激活比（如水表每周每月上报）通过窄带编码调制技术提升频谱效率，每小区支撑 50 000 个设备连接。
- 5) 低成本：通过简化射频硬件，简化协议降低成本民间小基带复杂度，基于大规模量产之后芯片 1~2 美元，模组成本仅 5 美元。

除此之外，相对于采用非授权频谱的物联网技术，NB-IoT 还具有基于现网的升级、运营商级别的可靠性、高安全性以及全球漫游等优势。

对于 LPWA 网络所用到的窄带物联网（NB-IoT），运营商业已达成共识，应使用授权频谱，采用带内、防护频带，独立部署。这一新兴技术可以提供广域网络覆盖，为吞吐量、成本、能耗都很低的海量物联网设备提供支撑。

4 NB-IoT 标准进展

NB-IoTR13 标准核心协议 2016 年 6 月宣布冻结，同时启动 R14 标准制定，预计 2017 年 6 月完成 R14 NB-IoT 标准。2017 年 3 月立项启动 R15 的 NB-IoT 标准工作,计划 2018 年 6 月完成，如图 9 所示。

表 4 列出了 NB-IoT R13、R14、R15 这 3 个版本的主要特性。可以看出针对 LPWA 的最基本需求，R13 制定了第一个完整的 NB-IoT 可商用版本。在此基础上，R14 新增了定位、广播、多载波等特性，数据速率也提升了一倍，以便支持更多的物联网业务。R15 最重要的是新增了 TDD 模式，能够更好地适应上下行数据流量非对称的物联网业务，如有的业务只有上报，很少甚至不需要下行发送数据，在这种情况下，TDD 相对 FDD 有较大优势。R15 还引入了独立运作模式，小站支持，进一步提升窄带测量的精度。

5 NB-IoT 行业应用

从运营商对 NB-IoT 响应和投入看，NB-IoT 标准得到了许多主流运营商的响应，中国移动、中国联通、中国电信、沃达丰、德国电信、阿联酋电信、意大利电信、AT&T 等全球顶尖运营商都已围绕 NB-IoT 发布了各自的发展方略。预计全球 50 家主流运营商将有一半的数量支持 NB-IoT。

未来的物联网是一个多层的网络，针对于高流

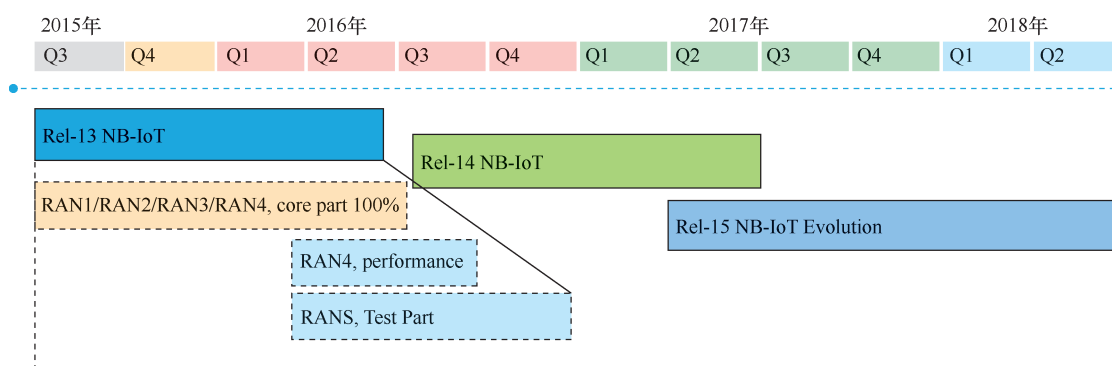


图 9 NB-IoT 标准进展

表 4

R13、R14、R15 特性对比

R13 特性	R14 特性	R15 特性
多种部署方式：Standalone/ In-Band/ Guard-Band 覆盖：+20 dB，UL ST/MT，3.75kHz/15 kHz 省电：PSM，eDRX 终端成本：半双工、QPSK、CP 等	定位增强：支持网络定位到 50m 精度 速率提升：峰值速率提升一倍 广播多播：可以支持软件批量升级等 其他：QoS，多载波增强	支持 TDD 进一步降低时延、降低功耗 增强 Standalone Operation Mode NB-IoT 的小站支持 提升窄带测量的精度

量的无线摄像头业务，将采用 4G 技术，对于一些有一定流量需求、完全基于物的应用、流量非常小、人工干预非常少、部署时间长的业务，如抄表、停车，非常适合采用 NB-IoT 技术。

除行业应用外，消费类行业如白色家电厂家也开始采用 NB-IoT 芯片进行产品开发。NB-IoT 生态正在以一种势不可挡的态势成形，为各行各业带来巨大机遇。

5.1 智能停车

在日益拥堵的城市交通中，停车是一个非常具有难度的挑战，特别是在一些热点地区，30%的交通堵塞都是由于司机无法一次性找到合适的停车位。智能停车系统可以让司机更容易一次性找到一个停车位，并且可以预定停车位，对于停车场也能提供更有效的管理方式，节省人力成本。

当前的停车系统仍然在用户体验、车位及收费管理等方面存在很多挑战：室内的车检器安装、运维成本较高；短距解决方案需要经过 Relay 的两跳，站址获取难、运维成本高，并且基于非授权频谱干扰不可控。

采用 NB-IoT 技术，可以提供更为高效的智能停车方案。具有如下优势。

1) 深度广覆盖。由于 NB-IoT 比 GPRS 多提供 20 dB 的覆盖更增强，可以提供无处不在的网络覆盖，能够解决地下停车场信号弱的问题。

2) 超低功耗，车检器即插即用，10 年电池寿命极易维护。

3) 稳定可靠的网络，基于授权频谱和电信级的可靠性和安全能力。

4) 超低成本。

上海联通与华为合作建设了全球首个基于 4.5G NB-IoT 的大规模连续覆盖区域——上海国际旅游度假区，并率先在 P1 停车场部署了 300 多个基于 NB-IoT 技术的智能车检器，并提供从终端、基站、服务器、手机应用的端到端智能停车方案。用户可以在手机上实现车位查询、预定、导航、移动支付以及停车场管理等功能，解决了游客找车位难的问题，并一定程度缓解了交通拥堵。基于运营商提供的无处不在而又安全可靠的 NB-IoT 网络，车检器即装即用，部署成本大幅下降，并支持长达数年的使用寿命。随着未来 NB-IoT 网络的部署，智能停车方案也将走进城市街道，为市民带来实实在在的方便。

5.2 智能抄表

对于现有抄表类业务，主要存在 3 个问题，第一是海量人工抄表和更换电池导致的人力成本，这点在欧洲尤其明显，第二是繁杂的收费模式，人工计算/银行刷卡流程复杂，第三是抄表的刚性需求，表类很有可能部署在信号比较差的地方，当前 GPRS 无法解决全覆盖的问题，当前一般都采用有线多跳或无线多跳的方式，如在中国地区气表一般入户，覆盖可以 100%，而水表和电表会安装在竖井内，竖井内有金属管、钢筋等结构，对于信号的屏蔽作用很强，所以普通的 GPRS 覆盖根本无法满足要求。

采用 NB-IoT 技术，可以提供更为高效的智能抄表方案。具有如下优势。

1) 深度覆盖，NB-IoT 可以为智能抄表系统提供经济高效的基础网络，解决在 2G/3G/4G 覆盖不足的问题。

2) 超低功耗为了拉长水表和气表电池生命周期。

3) 海量连接，NB-IoT 提供现有网络的 3~5 倍的接入数。

4) 超低成本。

5) 稳定可靠的网络，传统抄表数据回收成功率在 60%左右，而 NB-IoT 可以提升至 99%。

综上，NB-IoT 的深度覆盖可以提供无处不在的水表覆盖，支持箱内、地下室等部署场景；NB-IoT 的 UE 低功耗和基于运营商平台的简单架构使部署和运维更方便，并且可以提供运营商级别的高可靠性和高质量。

NB-IoT 技术具有深度覆盖、超大链接、超低功耗、高可靠性和安全性的特点，能够帮助燃气行业应用进行智能化改造升级，同时能够帮助运营商抓住新的 IoT 业务机会，促进网络建设良性循环发展。

6 结束语

随着物联网大潮席卷而来，传统的教育、交通、健康、制造等行业都在探寻自身的转型升级之路。未来是万物互联的智能社会，信息通信技术是最重要的基石，同时也促进行业升级与数字化转型。NB-IoT 的出现，开启了万物互联的新时代。它以更多联接、更深覆盖、超低功耗驱动停车、城市照明、水务、制造等领域的数字化转型得到广泛应用。

毫无疑问，基于授权频谱的 NB-IoT 技术是 LPWA 市场最有前途的解决方案。该技术在有效地

提供深度室内覆盖的同时, 可以支持大量的低吞吐率、超低成本设备连接, 并且具有低功耗、优化的网络架构等独特优势。目前, NB-IoT 产业正在迅速崛起。整个物联网行业在 NB-IoT 技术、标准、市场上都做好了准备, 可以预见, 在不久的将来, NB-IoT 将在全球展开大规模部署。

参考文献:

- [1] LTE-M SLG. A choice of future m2m access technologies for mobile network operators[S]. 2014
- [2] M2M application characteristics and their implications for spectrum[N]. Aegis Systems Limited, Machina Research, 2014.
- [3] M2M and IoT market overview[N]. Machina Research, 2013.
- [4] 3GPP TR 36.888. Study on provision of low-cost machine-type communications (MTC) user equipments (UEs) based on LTE(Release 12)[S]. 2013.
- [5] Ericsson. Mobility report[R]. 2014.
- [6] 3GPP TR 23.720. Study on architecture enhancements for cellular Internet of Things (Release 13)[R]. 2016.
- [7] 3GPP TR 23.770. Study on system impacts of extended discontinuous reception (DRX) cycle for power consumption optimization (Release 13)[R]. 2015.
- [8] 3GPP TR 36.802. Narrowband Internet of Things (NB-IoT); technical report for BS and UE radio transmission and reception (Release 13)[R]. 2016.
- [9] 3GPP TR 37.869. Study on enhancements to machine-type communications (MTC) and other mobile data applications; radio access network (RAN) aspects (Release 12)[R]. 2013.

- [10] 3GPP TR 45.820. Cellular system support for ultra-low complexity and low throughput Internet of Things (CIoT) (Release 13)[R]. 2015.

作者简介:



郑志彬 (1972-), 男, 华为技术有限公司战略部副总裁、教授级高级工程师, 全球智慧城市业务部总经理, 中国智慧城市发展研究中心特邀研究员, 中国通信学会物联网委员会委员, 国家信息安全标准化委员会委员, 广东省网络与信息安全专家组专家咨询委员会委员, 主要研究方向为信息化、网络安全、智慧城市、云计算、大数据等。



陈德 (1975-), 男, 华为技术有限公司高级工程师, 主要研究方向为物联网标准、窄带物联网接入技术 NB-IoT、物联网平台。



吴昊 (1973-), 女, 北京交通大学教授、博士生导师, 主要研究方向为智慧交通和物联网、下一代移动通信安全。