

NB-IoT 标准体系演进与物联网行业发展

解运洲

(中国 NB-IoT 产业联盟, 上海 200124)

摘要: 纵观物联网产业体系的发展, NB-IoT 标准的诞生是物联网行业发展的必然产物。但 NB-IoT 标准在发展过程中, 却经历了商业利益的博弈、市场环境的竞争以及各种团体暗中的较量, 最终形成一个大家都接受的 3GPP 国际标准。区别于过去无线通信多国多制的格局, NB-IoT 是一张全球统一的物联网无线通信网络。随着 Rel-13 版本的冻结以及 Rel-14、Rel-15 版本的迭代演进, NB-IoT 技术将作为未来 5G 物联网标准体系的基础。从整个格局的发展来看, NB-IoT 标准将更适用于物联网的应用场景。从 NB-IoT 标准体系演进与物联网行业发展进行分析, 帮助读者认识到技术的发展对行业的变革带来的超级推动力。

关键词: NB-IoT; 5G; 物联网; 窄带物联网; 低功耗广域网

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-3750.2018.00044

The evolution of NB-IoT standard system and development of Internet of things industry

XIE Yunzhou

China NB-IoT Industry Alliance, Shanghai 200124, China

Abstract: Looking at the development of the Internet of things industry system, the birth of NB-IoT standard is the inevitable product of the development of the Internet of things. But in the development process of NB-IoT standard, it has gone through the business interests of the game, the market environment competition, and the secret contest of various groups, eventually forming a 3GPP international standard that people all accept. Different from the multi country and multi system pattern of wireless communication in the past, NB-IoT is a globally unified Internet of things wireless communication network. With the freeze of the Rel-13 version and the iterative evolution of the Rel-14 and Rel-15 versions, NB-IoT technology will also be the basis for the future 5G Internet of things standard system. From the perspective of the development of the whole pattern, the NB-IoT standard will be more suitable for the application scenarios of the Internet of things. The evolution of NB-IoT standard system and development of Internet of things industry were analyzed, which helped readers understand the super impetus of technology development to industry transformation.

Key words: NB-IoT, 5G, Internet of things, narrow-band Internet of things, low power wide area network

1 引言

为了适应物联网领域对无线通信的诉求, 3GPP 从 Rel-10 开始就讨论 M2M 通信, 技术的演进将会引领物联网行业应用的创新。同时, 3GPP 也面临众多其他低功耗广域网 (LPWAN, low power wide area network) 技术的挑战, NB-IoT Rel-13 的快速冻结也是为了适应物联网市场的变化。由于围绕

3GPP 组织的产业链资源足够强大, 加上物联网应用领域足够丰富, 因此在不断演进的过程中, 应及时调整技术的发展脉络和市场格局。

NB-IoT 是一种全新的基于蜂窝网络的窄带物联网技术, 是 3GPP 组织定义的国际标准, 可在全球范围内广泛部署, 聚焦于低功耗广域网, 基于授权频谱的运营, 可直接部署于 LTE 网络, 具备较低的部署成本和平滑的升级能力。

NB-IoT 技术已经引起了整个通信产业链的广泛关注，并成为运营商角逐物联网市场的关键武器。由于物联网应用场景的移动化，蜂窝网络所承担的物联网连接的比例也将逐步提升。在物联网应用快速发展的过程中，运营商面临着前所未有的大连接机遇，但同时也面临着能否抓住机遇以实现业务快速发展的挑战。

NB-IoT 的技术优势，非常精准地总结了物联网发展过程中遇到的技术难题，并在全球产业链中找到了合适的解决方案。NB-IoT 从 LTE 演变而来，但又继承了很多 LTE 的实现方式，同时 NB-IoT 比 LTE 又简化了很多，所以这对后续版本演进、产品研发、量产成本等方面都带来了非常多的好处。

LPWAN 是面向物联网中远距离和低功耗的通信需求而演变出的一种物联网通信技术。LPWAN 技术的特点包括传输距离远、节点功耗低、网络结构简单、运行维护成本低。LPWAN 技术的出现，填补了现有无线通信技术的空白，为物联网的更大规模发展奠定了坚实的基础。

如今，物联网领域的无线通信技术选择之多已经超乎想象。在一个平台上，不仅联网设备高速增长，同时，还对电池寿命和低数据速率提出了更高的要求。于是，LPWAN 技术被视为支撑这一需求的核心要素。在 LPWAN 领域相继出现了多种无线通信的创新技术，从而使这一领域的竞争愈演愈烈。

物联网的世界不可能仅有一个标准，短距离与长距离多种通信技术共存是最合理和最能解决问题的手段。物联网应用需要考虑许多因素，如节点

成本、网络成本、电池寿命、数据传输速率、时延、移动性、网络覆盖范围和部署类型等。可以说，没有一种技术可以满足物联网所有应用场景的需求。

物联网的无线通信技术有很多种，从传输距离上可以分为 3 类：1) 短距离无线通信技术，代表技术有 Wi-Fi、蓝牙、ZigBee、Z-Wave 等；2) 广域网通信技术，包括 GSM、UMTS、LTE、5G 等蜂窝网络通信技术；3) 这几年非常热的 LPWAN 技术。

LPWAN 技术又分为 2 类：1) 工作在非授权频谱的技术，包括 LoRa、SIGFOX 等；2) 工作在授权频谱的技术，包括 3GPP 组织定义的 NB-IoT、eMTC 国际标准。

无线网络技术的划分^[1]如图 1 所示。

根据物联网垂直应用领域的发展需求，全球各大电信运营商倾向于支持 3GPP 所提出的 NB-IoT 技术。由于其使用授权频谱，并且可以在现有的蜂窝网络上快速部署 NB-IoT，对运营商而言，可以节省部署成本并快速整合现有的 LTE 网络，是全球大多数电信运营商的中意之选，具有珍贵的商业价值。

LPWAN 的发展，让运营商、产品制造商、服务提供商等看到了新的市场发展机会，纷纷搭建平台、连接产品、拓展应用，试图在新的物联网应用领域里先人一步并取得商机。目前，参与 LPWAN 市场的 6 个实体包括移动网络运营商（mobile network operator）、非移动网络运营商（non-mobile network operator）、系统集成商（system integrator）、大型工业区和园区（large industrial area and cam-

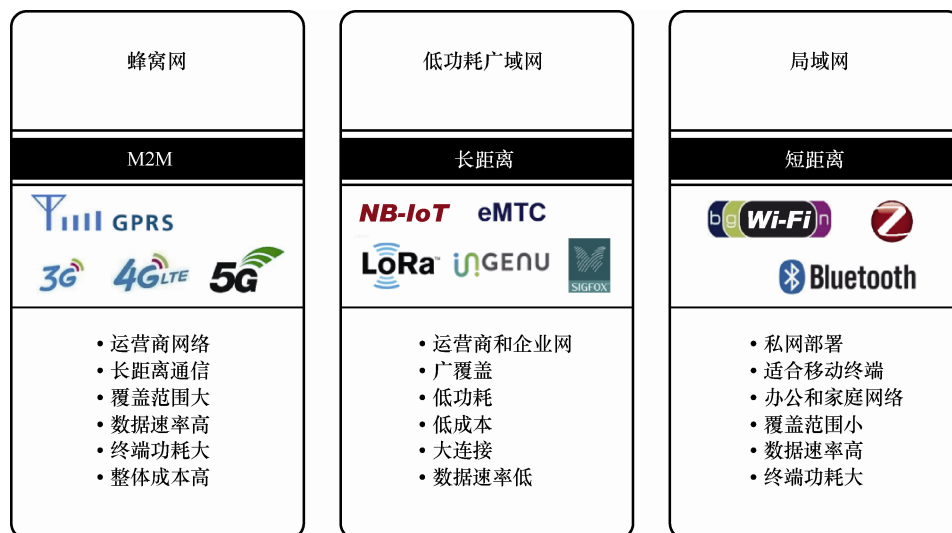


图 1 无线网络技术的划分

pus)、产品制造商 (product manufacturer) 和传感器原始设备制造商 (sensor original equipment manufacturer)。

物联网的消费模式和手机不一样。用户愿意为手机支付更多的费用, 也会经常更换手机。同时, 他们希望在价格不变的情况下得到更多的数据, 互联网就变成了其数据的来源。而物联网的用户只需要很少量的数据, 同时每个数据的价值非常高, 因此, 商业模式必须保证系统投入和持续运营可以得到商业回报。

影响企业决策的因素涉及物联网应用接入平台、平台解决方案、技术集成、物联网安全等多方面。所以, 对于一些企业来说, 比起选择使用何种 LPWAN 技术, 采用哪种物联网解决方案反而更具挑战。

2 NB-IoT 标准诞生的历史发展过程

2.1 蜂窝物联网概述

从 1991 年 GSM 第一次完成部署开始, 移动通信产业一直在稳步发展, 伴随着不断增加的带宽和网络速度, 直到 2014 年在巴塞罗那举行的世界移动通信大会对 5G 的官方公布。在此过程中, M2M 通信伴随移动通信产业的发展而茁壮成长。

在大规模连接上, 由于需要连接的物联网设备太多, 如果用现有的 LTE 网络去连接这些海量设备, 将会导致网络过载, 即使传输的数据量很小, 信令流量也会令网络过载。

从 2015 年开始, 移动通信行业内部普遍认同一个观点, 即 LTE 技术的特点并不适合物联网的行业应用, 包括带宽需求大、流量开销大、LTE 芯片成本较难快速降低、流量服务成本高等。另外, 由于 4G 网络比 2G、3G 网络具备更好的通信效果和运营效率, 加之消费者对视频通话的诉求越来越高, 因此, 很多运营商正在积极考虑重新分配 2G、3G、4G 的频谱利用问题。

不管结果如何, 移动通信产业已经产生了巨大的分支, 物联网已经从根本上并且不可逆转地改变了移动通信的现状, 同时产业链对技术演进和商业模式的创新要求也越来越高。

蜂窝网络是一种移动通信架构, 主要由移动终端、基站系统、网络系统组成。基站系统包括移动基站、无线收发设备、专用网络、无线数字设备等。基站系统可以看作无线网络与有线网络之

间的转换器。

通常, 人们会见到很多通信制式的术语, 介绍如下。

第二代蜂窝移动通信系统有 GSM 和码分多址 (CDMA, code division multiple access) 2 种通信方式。GSM 经过演进之后可以支持 GPRS 数据传输。

第三代蜂窝移动通信系统是 UMTS, 包括宽带码分多址 (WCDMA, wideband code division multiple access)、CDMA 2000、TD-CDMA。

第四代蜂窝移动通信系统是 LTE-Advanced 和 LTE-AdvancedPro, LTE 系统又分为频分双工 (FDD, frequency division duplexing) 和时分双工 (TDD, time division duplexing)。FDD 系统空口上下行采用成对的频段分别用来接收和发送数据, 而 TDD 系统上下行则使用相同的频段在不同的时隙上接收和发送数据。

在接入网侧, NB-IoT 是窄带物联网的简称, 其在 3GPP 中的代表术语是 LTE CAT-NB1。eMTC 在 3GPP 中的代表术语是 LTE CAT-M1。

在核心网侧, 蜂窝物联网 (CIoT, cellular Internet of things) 是指 3GPP 定义的物联网标准。根据 3GPP 对物联网业务模型的研究, CIoT 业务模型和传统 LTE 系统业务差别很大。为了更好地支持蜂窝物联网业务, 系统架构也做了增强和改进。NB-IoT 是蜂窝物联网的研究重点之一, 并于 2016 年 6 月正式成为 3GPP 国际标准。

2.2 NB-IoT 的诞生历程

在 NB-IoT 提出之前, 业界都非常认同未来物联网的发展趋势, M2M 通信前景也被 3GPP 组织视为标准生态壮大的重要机遇, 而在物联网时代, 具备广覆盖、低成本、低功耗、低速率、大连接等特点的 LPWAN 技术将扮演重要角色。

3GPP 一直在推动相关物联网无线通信技术的发展, 并且主要致力于以下 2 个方向。

方向 1 面对非 3GPP 技术的挑战, 开展 GSM 技术的进一步演进和全新接入技术的研究。长期以来, 电信运营商的物联网业务主要依靠成本低廉的 GPRS 模块, 然而由于 LoRa、SIGFOX 等新技术的出现, GPRS 模块在成本、功耗和覆盖方面的传统优势受到威胁。于是在 2014 年 3 月的 GERAN62 号会议上 3GPP 提出成立新的研究项目 “FS_IoT_LC”, 研究演进 GSM/EDGE 无线电接入网 (GERAN, GSM EDGE radio access network) 系统和新接入系

统的可行性, 以支持更低复杂度、更低成本、更低功耗、更强覆盖等增强特性。NB-IoT 正是源于这个方向的全新接入技术。

方向 2 考虑未来替代 2G、3G 物联网模块, 研究低成本、演进的 LTE-MTC 技术。进入 LTE 及演进技术发展阶段后, 3GPP 也定义了许多可适用物联网不同业务需求场景的终端类型, Rel-8 版本已定义不同速率的 Cat.1~Cat.5 的终端类型, 在之后的版本演进中, 在新定义支持高带宽、高速率的 Cat.6、Cat.9 等终端类型的同时, 也新定义了更低成本、支持更低功耗的 Cat.0 (Rel-12) 终端类型。在 Cat.0 的基础上, 2014 年 9 月的 RAN65 号会议中 3GPP 提出成立新的研究项目 “LTE_MTCe2_L1”, 进一步研究更低成本、更低功耗、更强覆盖的 LTE-MTC 技术。

NB-IoT 标准演进的时间节点如下。

1) 2015 年 9 月, 3GPP 正式启动 NB-IoT 标准工作立项。

2) 2016 年 4 月, NB-IoT 物理层标准在 3GPP Rel-13 冻结。

3) 2016 年 6 月, NB-IoT 核心标准在 3GPP Rel-13 冻结, 确认 NB-IoT 作为标准化的物联网专有协议。

4) 2016 年 9 月, 3GPP 完成 NB-IoT 性能部分的标准制定。

5) 2017 年 1 月, 3GPP 完成 NB-IoT 一致性测试部分的标准制定。

标准化工作的完成使全球运营商有了基于标准化的物联网专有协议, 同时也标志着 NB-IoT 进入规模化商用阶段。在 5G 商用前的窗口期和未来 5G 商用后的低成本、低速率市场, NB-IoT 将有很大的应用空间。

2.3 NB-IoT 的标准博弈

NB-IoT 技术源于电信运营商、通信设备商、芯片设计商的共同努力。早期, 华为和沃达丰主导的是 NB-M2M 技术, 高通主导的是 NB-OFDM 技术, 之后, 华为、沃达丰、高通等公司联合支持 NB-CIoT 技术。此外, 爱立信、中兴通讯、三星、英特尔、MTK 等公司支持 NB-LTE 技术。其中, NB-CIoT 和 NB-LTE 之间存在较大差异, 终端无法平滑升级, 一些非标准基站甚至面临退网风险。

通信标准的缺失一直是制约物联网发展的重要因素, 只有统一的通信标准才能做到真正的便捷

联网。3GPP 组织平衡了各方利益, 从大局出发, 把 NB-CIoT、NB-LTE 及其他成员提交的技术进行了广泛融合, 最终达成一致, 并形成了 NB-IoT 国际标准。

值得注意的是, 目前只有 NB-IoT 名称作为国际标准使用, 其他技术名称已经成为历史, NB-M2M、NB-OFDM、NB-LTE、NB-CIoT 已经不再使用。

3 NB-IoT Rel-13 版本

NB-IoT 定位于运营商级, 基于授权频谱的低速率物联网市场, 可直接部署于 LTE 网络, 也可以基于目前运营商现有的 2G、3G 网络通过设备升级的方式来部署, 可降低部署成本和实现平滑升级, 是一种可在全球范围内广泛应用的物联网新兴技术, 可构建全球最大的蜂窝物联网生态系统^[2]。

NB-IoT 技术的优势主要体现在以下 6 个方面。

1) 广覆盖: NB-IoT 与 GPRS 或 LTE 相比, 最大链路预算提升了 20 dB, 相当于提升了 100 倍, 即使地下车库、地下室、地下管道等普通无线网络信号难以到达的地方, 也可以被覆盖到。

2) 低功耗: NB-IoT 可以让设备一直在线, 通过减少不必要的信令开销、采用更长的寻呼周期以及使终端进入 PSM 状态等机制来达到省电的目的, 可以使有些场景的电池供电时间高达 10 年之久。

3) 低成本: 低速率、低功耗、低带宽可以带来终端的低复杂度, 便于终端做到低成本。同时, NB-IoT 基于蜂窝网络可直接部署于现有的 LTE 网络, 运营商部署成本也比较低。

4) 大连接: NB-IoT 基站的单扇区可支持超过 5 万个 UE 与核心网的连接, 比现有的 2G、3G、4G 移动网络有 50~100 倍的用户容量提升。

5) 授权频谱: NB-IoT 可直接部署于 LTE 网络, 也可以利用 2G、3G 的频谱重耕来部署, 无论是数据安全和建网成本, 还是产业链和网络覆盖, 相对于非授权频谱都具有很强的优越性。

6) 安全性: 继承 4G 网络安全的能力, 支持双向鉴权和空口严格的加密机制, 确保用户终端在发送/接收数据时的空口安全性。

NB-IoT 的系统带宽为 200 kHz, 传输带宽为 180 kHz, 这种设计优势主要体现在以下 3 个方面^[3]。

1) NB-IoT 的传输带宽和 LTE 系统的一个物理资源块 (PRB, physical resource block) 的载波带宽相同, 都是 180 kHz, 这使 NB-IoT 系统能够与传统

LTE 系统很好地兼容。此外,窄带宽的设计为 LTE 系统的保护带 (guard-band) 部署带来便利。对于运营商来说,易于实现与传统 LTE 网络设备的共站部署,有效降低了 NB-IoT 网络的建设与运维成本。

2) NB-IoT 的系统带宽和 GSM 的载波带宽相同,都是 200 kHz,这使 NB-IoT 可以在 GSM 的频谱中实现无缝部署,对运营商重耕 2G 网络频谱提供了先天的便利性。

3) NB-IoT 将系统带宽收窄至 200 kHz,将有效降低 NB-IoT 用户终端射频芯片的复杂度。同时,更窄的带宽提供更低的数据吞吐量,NB-IoT 用户终端芯片的数字基带部分的复杂度和规格也将大幅降低。这使 NB-IoT 芯片可以实现比传统 LTE 系统更高的芯片集成度,进一步降低芯片成本及开发复杂度。

3.1 NB-IoT 网络部署模式

全球大多数电信运营商选择低频部署 NB-IoT 网络,低频建网可以有效地降低站点数量,提升深度覆盖。对于运营商来说,NB-IoT 支持 3 种网络部署模式,分别是独立 (standalone) 部署、保护带 (guard-band) 部署、带内 (in-band) 部署。

在独立部署模式下,系统带宽为 200 kHz。在保护带部署模式下,可以在 5 MHz、10 MHz、15 MHz、20 MHz 的 LTE 系统带宽下部署。在带内部署模式下,可以在 3 MHz、5 MHz、10 MHz、15 MHz、20 MHz 的 LTE 系统带宽下部署。

NB-IoT 和 LTE 系统一样^[4],信道栅格 (channel raster) 要求 LTE 载波中心频率必须为 100 kHz 的整数倍。在独立部署模式下,NB-IoT 载波的中心频率是 100 kHz 的整数倍。在保护带部署模式下,为了降低 LTE 和 NB-IoT 之间的干扰,要求 LTE 系统发送带宽的边缘到 NB-IoT 带宽的边缘的频率间隔为 15 kHz 的整数倍。

NB-IoT 在独立部署模式下的信道间隔为 200 kHz。在带内部署和保护带部署的场景下,2 个相邻的 NB-IoT 载波间的信道间隔为 180kHz。

为了提高 NB-IoT 的市场需求性,3 种运行模式的设计具有一致性原则,但带内部署和保护带部署这 2 种运行模式需特别考虑对 LTE 系统的兼容性。

3.2 NB-IoT 的广覆盖

物联网很多应用场景的网络信号很弱,NB-IoT 与 GPRS 或 LTE 系统相比,最大链路预算提升了 20 dB,相当于提升了 100 倍^[5]。

和 GPRS 相比,NB-IoT 在下行信道上覆盖增强的增益主要来源于重复发送,即同一个控制消息或业务数据在空口信道上发送时,通过多次重复发送,用户终端在接收时,对接收到的重复内容进行合并,来提供覆盖能力。

在上行方向上,NB-IoT 支持 3.75 kHz、15 kHz 这 2 种子载波间隔,支持单子载波 (single-tone) 和多子载波 (multi-tone) 资源分配。NB-IoT 依赖功率谱密度增强 (PSD Boosting, power spectrum density boosting) 和时域重复 (TDR, time domain repetition) 的方式获得比 GPRS 或 LTE 系统多 20 dB 的覆盖增强。

功率谱密度增强是把 NB-IoT 上行的信号发射功率通过更窄带宽的载波进行发送。这样,单位频谱上发送的信号强度便得到了增强,信号的覆盖能力和穿透能力也因此得到了增强。此外,在上行方向上,支持通过信道的重复发送进一步提升上行信道的覆盖能力。

一般情况下,通信链路的下行覆盖大于上行覆盖,这是因为用户终端的发射功率往往受限,而网络侧远端射频模块发射功率理论上是很容易提升的。在链路预算中,计算最大耦合损耗 (MCL, maximum coupling loss) 时,大部分只是计算上行链路。

NB-IoT 将覆盖增强等级 (CE Level, coverage enhancement level) 分为 3 个等级,根据 MCL 值进行划分。NB-IoT 基站 eNode B 与 UE 之间会根据其所在的 CE Level 来选择相对应的信息重发次数,划分标准如下。

1) 常规覆盖 (normal coverage): $MCL < 144$ dB, 与现有的 GPRS 覆盖一致。

2) 扩展覆盖 (extended coverage): 144 dB $< MCL < 154$ dB, 在现有 GPRS 覆盖的基础上提升了 10 dB。

3) 极端覆盖 (extreme coverage): $MCL > 154$ dB, 在现有 GPRS 覆盖的基础上提升了 20 dB。

考虑到很多物联网终端都是在室内部署的,因此,室内覆盖也是 NB-IoT 必须支持的场景之一。在某些极端覆盖情况下,NB-IoT 的覆盖增益必须要超出现有商用系统的 20 dB 以上。

3.3 NB-IoT 的低功耗

NB-IoT 的用户终端可以工作在省电模式,用来降低电源消耗、延长电池寿命。用户终端在省电模式下工作时间和设备关机类似,看起来好像和网络失

联,但仍然注册在网络中,不需要重新附着或重新建立分组数据网络(PDN, packet data network)连接。

低功耗特性是物联网应用的一项重要指标,特别是对于一些不能经常更换电池的设备 and 场合,如大范围分散在各地的传感监测设备,它们不可能像智能手机一样一天充一次电,长达几年的电池使用寿命是最基本的需求。在电池技术无法取得突破的前提下,只能通过降低设备功耗来延长电池供电时间。

通信设备消耗的能量往往与传输数据量或通信速率有关,即单位时间内发出数据分组的大小决定了功耗的大小。如果传输的数据量小,用户设备的调制解调器和功率放大器(PA, power amplifier)就可以调到非常小的水平。NB-IoT 聚焦于传输间隔大、数据量小、速率低、时延不敏感等应用,因此,NB-IoT 设备功耗可以做到非常小。

NB-IoT 在 LTE 系统的非连续接收(DRX, discontinuous reception)基础上进行了优化,采用功耗节省模式(PSM, power saving mode)和增强型非连续接收(eDRX, enhanced discontinuous reception) 2 种模式。这 2 种模式都是通过用户终端发起请求并与移动性管理实体(MME, mobility management entity)核心网协商的方式来确定的。用户可以单独使用 PSM 和 eDRX 省电模式中的一种,也可以 2 种都激活。

不管是 PSM 模式还是 eDRX 模式,都可以理解成通过提升深度休眠时间的占比来降低功耗,但从另外一个方面来讲,这实际上是牺牲了实时性的要求。相比较而言,eDRX 模式的省电效果会差一些,但实时性会好一些。这也是为什么在有了 PSM 模式之后还需要 eDRX 模式的理由。这 2 种模式各有所长,又各有所短,正好可以用来适配不同的物联网应用场景。例如,eDRX 模式可能更适合于宠物追踪,而 PSM 模式更适用于远程抄表业务。

尤其需要指出的是,NB-IoT 的低功耗设计目标是针对低速率、低频次、电池供电的业务,10 年的使用寿命是根据 TR45.820 的仿真数据得出的结果。在 PSM 模式和 eDRX 模式均部署的情况下,如果用户终端每天发送一次 200 B 的分组,则 5 W·h 电池可工作长达 12.8 年。

3.4 NB-IoT 的低成本

一套成熟的蜂窝物联网应用体系,涉及 NB-IoT

芯片、通信模组、UE、运营商网络、数据流量费用、通信协议栈、物联网平台、垂直应用软件、云平台、大数据、工程安装、运营维护等多个方面。对于物联网终端的海量部署特性,反映最直接的就是 NB-IoT 芯片的成本。

在芯片设计方面,低速率、低功耗、低带宽带来的是低成本优势。低速率就不需要大的缓存,低功耗意味着射频(RF, radio frequency)设计要求低,低带宽则不需要复杂的均衡算法,简化盲检次数,减小最大传输块,简化调制解调编码方式,直接去掉 IP 多媒体子系统(IMS, IP multimedia subsystem)协议栈,简化天线设计,相比 LTE 芯片来讲,众多因素使 NB-IoT 芯片设计简化,进而带来低成本的优势。

NB-IoT Rel-13 仅支持 FDD 半双工(HD-FDD, half-duplex FDD) Type-B 模式,这意味着上行和下行在频率上分开,UE 不会同时处理发送和接收,从而节省双工元器件的成本。UE 在发送上行信号时,其前面的子帧和后面的子帧都不接收下行信号,使保护时隙加长,对设备的要求降低,并且提高了信号的可靠性。另外,半双工设计意味着只需多一个切换器就可以改变发送和接收模式,比起全双工所需的元器件,成本更低廉,并且可降低电池能耗。

关于成本问题,还有另外 2 个因素需要重点考虑,一个是运营商的建网成本,另一个是产业链的成熟度。对于运营商建网成本,NB-IoT 不需要重新建网,RF 和天线基本上都是复用的。对于产业链来说,芯片在 NB-IoT 整个产业链中处于基础核心地位,现在几乎所有主流的芯片和模组厂商都有明确的 NB-IoT 支持计划,这将打造一个较好的生态链,对降低成本是大有好处的。

3.5 NB-IoT 的大连接

NB-IoT 的基站是基于物联网模型进行设计的。物联网模型和手机模型不同,终端接入数量很大,但每个终端发送的数据分组很小,对时延的要求也不敏感。

当前的 2G、3G、4G 基站设计主要是保障用户的并发通信和减小时延。但是,NB-IoT 对业务时延不敏感,可以设计更多的用户接入,保存更多的用户上下文信息,这样就可以让 5 万个终端同时在一个小区,大量终端处于休眠状态,但是上下文信息由基站和核心网维持,一旦有数据发送,可以迅速进入连接状态。

NB-IoT 相比 2G、3G、4G 的通信系统, 有 50~100 倍的上行容量提升。NB-IoT 仿真的结果是每个小区可以达到 5 万个终端的连接, 在仿真模型中, 80% 的用户为周期上报, 20% 的用户为网络控制。

核心网侧面对大容量的压力, 必须做好有针对性的优化。物联网用户总数大, 而且依然是永久在线 (即使终端进入了 PSM 休眠状态, 核心网依然保存着用户的所有上下文数据), 核心网无论是签约、用户上下文管理, 还是 IP 地址的分配, 都有新的优化需求。此外, 相对于 4G 系统, NB-IoT 核心网的业务突发性更强, 可能某行业的用户集中在某个特定的时间段, 同时收发数据, 这对核心网的设备容量要求、过载控制提出了新的要求。

3.6 多址接入方式

NB-IoT 下行物理层信道基于传统的正交频分多址接入 (OFDMA, orthogonal frequency division multiple access) 方式。一个 NB-IoT 载波对应一个资源块, 包含 12 个连续的子载波, 全部基于 $\Delta f=15$ kHz 的子载波间隔设计, 并且 NB-IoT 用户终端只工作在半双工模式^[6]。

NB-IoT 上行物理层信道除了采用 15 kHz 子载波间隔之外, 为了进一步提升功率谱密度, 起到上行覆盖增强的效果, 还引入了 3.75 kHz 子载波间隔。因此, NB-IoT 上行物理层信道基于 15 kHz 和 3.75 kHz 这 2 种子载波间隔设计, 分为 single-tone 和 multi-tone 这 2 种工作模式。

NB-IoT 上行物理层信道的多址接入技术采用单载波频分多址接入 (SC-FDMA, single-carrier frequency division multiple access) 方式。在 single-tone 模式下, 一次上行传输只分配一个 15 kHz 或 3.75 kHz 的子载波。在 multi-tone 模式下, 一次上行传输支持 1 个、3 个、6 个或 12 个子载波传输方式。

3.7 工作频段

NB-IoT 沿用 LTE 系统定义的频段号, NB-IoT Rel-13 指定了 14 个工作频段。一个 NB-IoT 载波在频域上占用 180 kHz 传输带宽。NB-IoT 支持的工作频段如表 1 所示。

值得注意的是, 表 1 中的 Band 3 和 GSM DCS 1 800 频段重合, Band 8 和 GSM 900 频段重合, 这便于 GSM 运营商升级到 NB-IoT。

表 1 NB-IoT 支持的工作频段

频段编号	上行频率范围/MHz	下行频率范围/MHz
Band 1	1 920~1 980	2 110~2 170
Band 2	1 850~1 910	1 930~1 990
Band 3	1 710~1 785	1 805~1 880
Band 5	824~849	869~894
Band 8	880~915	925~960
Band 12	699~716	729~746
Band 13	777~787	746~756
Band 17	704~716	734~746
Band 18	815~830	860~875
Band 19	830~845	875~890
Band 20	832~862	791~821
Band 26	814~849	859~894
Band 28	703~748	758~803
Band 66	1 710~1 780	2 110~2 200

3.8 帧结构

NB-IoT Rel-13 仅支持 FDD 帧结构类型, 不支持 TDD 帧结构类型^[7]。

一个 NB-IoT 载波相当于 LTE 系统中的一个 PRB 占用的带宽。在下行方向上, 子载波间隔固定为 15 kHz, 由 12 个连续的子载波组成。在时域上由 7 个正交频分复用 (OFDM, orthogonal frequency division multiplexing) 符号组成 0.5 ms 的时隙, 这样保证了其与 LTE 系统的相容性, 对于带内部署方式至关重要。

3.9 调制解调方式

对于 NB-IoT 下行物理信道, 使用的调制解调方式是正交相位位移键控 (QPSK, quadrature phase shift keying)。在信道编码方面, 为了减少 NB-IoT 用户设备译码的复杂度, 下行的数据传输使用适合小数据分组传输的咬尾卷积码 (TBCC, tail biting convolutional coding), 这种信道编码具有可进一步简化系统架构及其复杂度, 提高系统应对物联网需求的能力^[8]。

对于 NB-IoT 上行物理信道, 在 multi-tone 模式中, 上行采用 QPSK 调制解调方式; 在 single-tone 模式中, 上行采用 $\frac{\pi}{2}$ 双相移相键控 (BPSK, binary phase shift keying) 或 $\frac{\pi}{4}$ QPSK, 此为考虑降低峰值功率比 (PAPR, peak-to-average power ratio) 的需求。

在信道编码方面,上行的数据传输使用 Turbo 码。

3.10 多载波操作

NB-IoT 支持多载波操作,但不支持 E-UTRAN 的载波聚合。系统可以在一个小区里同时提供多个载波服务,目的是提高网络容量来支持海量终端。对所有的单独传输,通过特定的 RRC 信令来配置 UE。这和 UE 接收的窄带主同步信号(NPSS, narrow band primary sync signal)、窄带辅同步信号(NSSS, narrowband secondary sync signal)、窄带物理层广播信道(NPBCH, narrowband physical broadcast channel)和 NB-IoT 系统消息块(SIB-NB, system information block NB)传输不同。如果用户终端不对载波进行配置,所有的配置将会用于所有载波。

NB-IoT UE 在 RRC_Idle 空闲状态下,将承载 NPSS、NSSS、NPBCH 和 SIB-NB 的载波称为锚点载波(anchor carrier),并且以上内容只能驻留在锚点载波上^[9]。

为了分担物联网大连接业务的压力,NB-IoT 引入了非锚点载波(non-anchor carrier)的操作。NB-IoT UE 在 RRC_Connected 连接状态下,可以通过用户终端特定的 RRC 信令,配置到一个不同于锚点载波的 PRB 上,称为非锚点载波。UE 不会接收到 NPSS、NSSS、NPBCH、SIB-NB 的载波。此时,只进行单播传输。如果没有给 UE 配置非锚点载波,则所有的传输都只会发生在锚点载波上。

在 Rel-13 中,eNode B 基站可以通过用户特定的 RRC 信令来配置另外一个不同于锚点载波的 PRB 进行数据传输。

在 Rel-13 中,NB-IoT UE 一律需要在锚点载波上随机接入,eNode B 基站会在随机接入过程中传输非锚点载波调度信息,以将 UE 卸载至非锚点载波上进行后续数据传输,避免锚点载波的无线资源紧张。当提供非锚点载波时,UE 在此载波上接收所有数据。

另外,单个 NB-IoT UE 同一时间只能在一个载波上传输数据,不允许同时在锚点载波和非锚点载波上传输数据。

对于所有的广播消息,包括窄带物理层随机接入信道(NPRACH, narrowband physical random access channel)、同步信号、系统消息、寻呼消息和随机接入过程等,都需要通过锚点载波来进行。在非锚点载波上,UE 不期待 NPBCH 和 NPSS、NSSS。因此,在 Rel-14 中,3GPP 对于非锚点载波的操作

进行了进一步增强。

4 NB-IoT Rel-14 版本

NB-IoT 不再有 QoS 的概念,这是因为现阶段的 NB-IoT 并不打算传输时延敏感的数据分组。为了应对更多的物联网使用场景,2016 年 6 月,3GPP 72 号会议批准了 Rel-14 NB-IoT 工作组。2017 年 6 月,实现了 eNB-IoT (enhancement of NB-IoT, 增强版的 NB-IoT) 的标准发布。

在 Rel-14 的版本中,eNB-IoT 的增强功能如下:定位增强、多载波增强、多播传输增强、移动性增强、蜂窝物联网增强。

为了降低时延和功耗,定义了新的 UE 类别,增大了 TBS,并且引入了 2HARQ 进程。此外,为了小尺寸的电池,引入了新的功率等级(power class)。

4.1 NB-IoT 定位增强

NB-IoT 虽然非常适合固定节点的物联网终端设备应用场景,但在智慧物流和独立可穿戴设备的应用场景中,用户会关注智能终端的定位能力。

Rel-13 NB-IoT 不支持基站定位,Rel-13 定义的下行公共信号或信道是无法满足在边缘覆盖时约 50 m 的定位精度要求的。Rel-14 计划做定位增强,支持增强版的小区标志(E-CID, enhanced cell ID)、上行到达时间差(UTDOA, uplink time difference of arrival)或观察到达时间差(OTDOA, observed time difference of arrival)。

E-CID 是 Rel-8 LTE 版本中存在的定位技术,主要通过蜂窝系统基站侧的信息和 UE 的辅助测量来实现,定位精度不高但实现简单。UTDOA 和 OTDOA 是基于到达时间测量的定位技术,时间测量信号使用蜂窝系统的自有信号。UTDOA 需要在多个基站测量 UE 的上行信号来实现定位,OTDOA 通过 UE 测量多个基站的下行信号来实现定位。

如果从 UE 复杂度角度考虑,UTDOA 更好,因为其对 UE 几乎没有影响,并且在覆盖增强情况下(地下室 164 dB),UTDOA (上行)功耗更低;如果大部分场景不需要覆盖增强,从网络容量角度来看,OTDOA (下行)会更好。

为了提高精度,OTDOA 引入新的参考信号 NPRS。其导频图样重用 LTE 系统的 PRS,对于独立部署或保护带部署,填补了前 3 个符号的位置以及 LTE 系统 CRS 碰撞的位置。

每个载波进行 NPRS 的配置,由以下 2 个部分组成。

1) 通过 10 bit 或 40 bit 的位图 (bitmap) 配置一个 NPRS 周期内的 NPRS 子帧。

2) 配置 NPRS 的周期、一个周期内 NPRS 子帧数及 NPRS 周期的起始子帧偏移。

如果 2 个配置同时出现,那么只有在 2 种配置均指示 NPRS 存在时才认为 NPRS 存在。如果仅 Part B 存在,那么当出现 NPRS 和 NRS 碰撞时,对第 5、6 个会传输 NRS 的整个 OFDM 符号进行打孔,因为 NRS 可能会存在功率增强 (power boosting),因此,即使 NRS 与 NPRS 并没有在同一个资源粒子上传输,也需要对 NRS 出现的 NPRS 的整个 OFDM 符号进行打孔。NPRS 的 muting 同样通过 Part A 和 Part B 来配置,支持 2 bit、4 bit、8 bit、16 bit 位串。

对于带内部署,NB-IoT UE 可以接收 LTE 系统 PRS 的信息,因此,NB-IoT UE 可以利用 LTE 系统 PRS 提高定位精度。此外,为了降低 UE 复杂度,在进行 RSTD 测量时,UE 不需要接收与定位无关的任何下行信号和发送任何上行信号。

4.2 NB-IoT 多载波增强

Rel-13 NB-IoT 不支持多载波,但在初期讨论过这个问题。如果部署多个 NB-IoT 载波,各载波之间通过一定的协作管理来提升整体部署的容量和性能。

Rel-14 NB-IoT 将研究 NPRACH 和寻呼信号在非锚点载波上的传输。

为了更好地支持海量链接,Rel-14 版本的 eNB-IoT 对与非锚点的载波操作进行了增强,分为对寻呼信道的增强及对随机接入的增强,最多支持 16 个载波,通过新的 SIB 来配置。

Rel-14 版本的 eNB-IoT 支持非锚点的寻呼,其中,不同载波上可以配置不同的 NPDCCH 重复次数,但是其 DRX 周期 (默认的寻呼周期) 是相同的。此外,其还支持非均匀的寻呼负载分布,即在不同的寻呼载波上引入权重,因此,基站及 UE 通过公式计算获得属于用户的一个载波。还可以利用专属的下行载波配置信令 (DL-Carrier Config Dedicated-NB-r13) 进行下行非锚点载波配置,达到基站可控的负载均衡效果。

对于随机接入过程,基站会配置对所有载波通用的随机接入过程配置 (RACH configuration),而上行载波或下行载波可以通过信令配置,其中,不

同的 NPRACH 资源 (上行非锚点载波) 可能与同一个下行载波对应。而对于 UE 而言,仍旧采用锚点载波的 RSRP 测量结果进行 NPRACH 的覆盖等级选择。对于从 NPDCCH 出发的 NPRACH,在 DCI 中引入额外的域指示 NPRACH 载波信息。

总体而言,由于物联网非频繁小分组传输的特征,相对于 Rel-13 仅能在 Msg4 配置非锚点操作,Rel-14 的非锚点载波操作增强可以从 PRACH 开始将 UE 分散到多个载波上,极大地优化了非锚点载波的作用。从系统层面上看,Rel-14 可以更加灵活地聚合多个载波,为组网提供更灵活有效的部署。

4.3 NB-IoT 多播传输增强

Rel-13 NB-IoT 不支持多播,而 Rel-14 NB-IoT 支持多播传输增强,以满足物联网 UE 的固件升级、软件升级和多播消息发送等应用场景。

Rel-14 NB-IoT 实现单小区多播 (SC-PTM, single-cell point-to-multipoint) 增强,其流程基本重用 LTE Rel-13 中的 SC-PTM,并重用 NB-SIB20 进行 SC-PTM 的配置,保留 SC-MCCH 和 SC-MTCH 逻辑信道。

从物理层角度,Rel-14 NB-IoT 分别为 SC-MCCH 和 SC-MTCH 新定义 Type1-MSS 和 Type2-MSS,其中,Type1-MSS 和 Type2-MSS 分别为 Rel-14 NB-IoT 中的重用 Type1-CSS 和 Type2-CSS。此外,SC-MTCH 用 DCI 指示 3 bit 的调度时延,SC-MCCH 采用固定 4 ms 时延的方式。不同于 LTE 系统中的 SC-PTM,在用于 SC-MCCH 和 SC-MTCH 的 DCI 格式中,引入 1 bit 来进行 SC-MCCH 的修改通知 (change notification) 以及在 SC-MTCH 的 DCI 中引入额外 1 bit 来指示是否有新的 SC-MTCH 会话的传输。这样的设计可以提高下行资源利用率,并且减少 UE 耗电。

此外,由于 NB-IoT UE 能力受限,无法同时支持 2 个信道的接收,因此,NB-IoT UE 仅支持在 RRC_Idle 空闲状态模式接收 SC-PTM。此外,Rel-14 中寻呼信道的优先级高于 SC-PTM 的优先级。在 NB-IoT UE 进行 NPDSCH 解码时,不要求同时监听 NPDCCH。

Rel-14 进一步增大了 TBS,其广播也同样受益于最大为 2 356 bit 的 TBS。

4.4 NB-IoT 移动性增强

NB-IoT UE 适合的应用场景主要是固定场合或低速移动应用场景,不支持连接状态下的移动性管理,为了兼顾 NB-IoT 的低复杂度与低成本的需求,

在 NB-IoT Rel-13 版本中删除了小区切换的功能。取而代之的是当 NB-IoT UE 在不同小区覆盖范围之间发生切换时,会先进行 RRC 释放,再重新与新基站进行 RRC 连接。

Rel-14 NB-IoT 将支持连接状态下的移动性增强,支持约 300 km/h 的移动速率,以更好地支持 UE 服务的连续性。

4.5 更低的时延及功耗

Rel-13 NB-IoT 由于定时关系 (timing relationship) 和 NPDCCH 搜索空间的限制,导致下行峰值速率仅为 24.3 kbit/s (带内部署、非锚点载波) 和 26.2 kbit/s (保护带部署或独立部署、非锚点载波)。

由于最少有 4 ms 的 NPDCCH 到 NPDSCH 的调度时延以及最少 12 ms 的 HARQ-ACK 反馈时延,Rel-13 NB-IoT 的峰值速率受到了很大的限制。虽然在一定程度上,这种设计减轻了 UE 实现复杂度,但从另外一个角度上来说,如果能够使 NB-IoT UE 可以尽快完成传输,进入深度睡眠,可以更好地减小时延和降低 UE 功耗^[10]。

Rel-14 的 eNB-IoT 定义了更高能力的 UE 类别,进一步增加了最大的 TBS 和支持 2HARQ 进程。Rel-14 重用 Rel-13 的定时关系,即保持相同的调度时延和最小 12 ms 的 HARQ 反馈时延。不同于 Rel-13,新的 UE 需要可以进行 NPDCCH 盲检直到第一个调度的 NPDSCH 的前 2 ms,此外,新的 UE 需要在 1 ms 后进行上下行切换,如在发送 ACK/NACK 信息 1 ms 后就继续监测 NPDCCH 搜索空间。

在非锚点载波上,带内部署可以支持 86.8 kbit/s 的下行峰值速率,独立部署和保护带部署可以支持到 126.8 kbit/s 的下行峰值速率。其带内部署的峰值速率主要受一个 PRB 内可用资源粒子数目的限制,仅支持到 MCS=10,无法支持更高的 MCS 值,而对于独立部署或保护带部署,Rel-14 进一步支持到 MCS=13,即 10 个 PRB 可以传输 2 536 bit 信息。

类似地,Rel-13 NB-IoT 的上行峰值速率在非锚点载波上为 62.5 kbit/s (1 000 bit/16 ms),而 Rel-14 可以支持到 158.5 kbit/s。从峰值速率角度来看,Rel-14 版本的 NB-IoT 可以达到市场上大部分 2G 芯片可以达到的速率。

5 NB-IoT Rel-15 版本

2017 年 3 月 9 日的 3GPP RAN #75 次会议,通过

了 NB-IoT Rel-15 版本的增强的工作目标 (RP-170836)。其主要演进方向包括以下 10 个方面。

- 1) 支持基于 TDD 的 NB-IoT 部署。
- 2) 进一步降低时延和功耗。降低物理信道功耗的措施包括研究并标准化空闲状态、链接状态 DRX 在监听 NPDCCH/解码 NPDSCH 前的新的物理信道或信号;研究并标准化上行/下行半静态调度;支持在 NPRACH 后,建立连接前的上行/下行数据传输;更快的 RRC 链接释放;减少用于小区重选的监听;支持物理层调度请求;在 Rel-14 SC-PTM 的基础上支持 RLC UM。

- 3) 提高终端 RRM 测量精度。
- 4) NPRACH 的可靠性和覆盖范围增强。
- 5) 支持 NB-IoT 小基站。
- 6) 减小获取系统信息时延。
- 7) 进一步对终端进行分类 (UE differentiation)。
- 8) 接入拒绝的增强 (access barring enhancement)。

- 9) standalone 部署模式的增强,一种情况是支持 standalone 部署是锚载波 (anchor carrier), in-band 部署/guard-band 部署是非锚载波 (non-anchor carrier)。另外一种情况是支持 standalone 部署是非锚载波, in-band 部署/guard-band 部署是锚载波。

- 10) PHR (power head room) 反馈的增强。

有了 Rel-15 版本的进一步增强, NB-IoT 将支持更灵活的部署,提供更低功耗、更短的时延、更好的性能。

6 5G 物联网发展趋势

场景化的发展诉求将引领技术的演进方向。3GPP 定义了 3 种重要的 5G 部署场景,即增强宽带移动通信、巨量机器类型通信、超可靠及低时延通信。

MMTC 将是 5G 的重要部署场景,主要涉及以下 3 个方面。

- 1) 大连接密度,计划保证每平方千米部署 100 万个 UE,需要解决干扰消除、多址、控制优化等一系列问题。

- 2) 终端功率消耗,进一步降低终端的功率消耗,并降低终端的成本。

- 3) 覆盖增强,继续支持 Rel-13 开始支持的覆盖增强。

在 3GPP RAN #74 次会议中,已经同意 NB-IoT 是将来逐步演进到 5G 物联网应用的基础。

3GPP 的 IMT-2020 的自评中,将对 NB-IoT 和/或 LTE 的 eMTC 技术进行 mMTC 需求的评估。换句话说,NB-IoT 已经公认为是 5G mMTC 的一个候选技术。

7 标准发展趋势分析

长期演进的结果就是与时俱进,现有的版本可满足较大规模的物联网部署,持续的功能迭代可以修正现有版本的不足,最终实现符合 LPWAN 市场需求的国际标准技术体系。

NB-IoT 是技术演进和市场竞争的综合产物,由于未来的物联网市场被一致看好,众多厂商在标准制定过程中展开了话语权的激烈争夺,通过 3GPP 可以协商出大家都相对能接受的国际标准。

1) 物联网垂直行业用户希望终端具备更低的功耗,目前 Rel-13 版本的功耗还不能达到满意,Rel-14 版本的功耗进一步降低,尚不能满足用户无止境的诉求,因此,从未来的发展趋势来看,降功耗将是标准演进的重要组成部分。

2) 下行通信能力的提升。这是物联网行业应用在部署过程中的痛点,作为智能设备,需要经常性地升级迭代,不管增加功能还是修改 bug,都希望减少现场维护的工作量,但目前的 FOTA 升级又不具备智能手机升级的场景。

3) 下发命令的响应时间缩短。目前有些智能终端需要下发实时的控制命令,对响应时间具有较高的要求,Rel-13 考虑较多的是上报数据的传输问题,而对于如何缩短信号接入时间和后台核心网络的交互时间考虑得相对较少,而这些又是物联网场景的典型诉求。

4) 基站支持的连接数。Rel-13 提供大约 5 万的连接能力,而不是并发能力,目前的并发能力在 500 左右,这是否能满足大面积部署时智能终端的并发需求,也需要进一步优化和提升。

5) 对于移动的场景,到底需不需要提升高速移动下的智能终端接入能力。Rel-13 版本采用小区重选机制,而摒弃了小区切换的机制,目前 Rel-14 版本可实际测试 60~80 km/h 速度下的实时通信能力。但是否需要 100 km/h 以上的实时通信能力,作者认为不必要。理由是此种场景下的需求,大多不缺电、不缺钱,直接用 LTE 技术即可。

6) 对于支持语音的场景,也不适合 NB-IoT 作为技术支撑。虽然目前有很多采用 GSM 的儿童手

表支持语音功能,但在实际使用时,采用语音通话的比例非常低。

7) 对于大数据量传输,也不是 NB-IoT 的能力范畴。在视频等需要大数据量传输的场景下,通常不缺电、不缺钱,直接用 LTE 或 5G 传输大数据分组即可,没必要再花心思调整分组。

在物联网的发展过程中,人们需要在实际场景的诉求下考虑技术的演进,这样才能有的放矢,实现真正的价值。

7.1 NB-IoT 标准体系的演进

物联网的应用非常多样化。有些物联网终端数量巨大,并且销售到全国甚至全球各地,其需要随时随地接入网络,如独立可穿戴设备、便携式医疗设备等。有些设备数量很少,分布范围广,通信数据量低,不一定在固定的位置工作,并且部署专网代价太大,如气象监测、环保设备、机械设备等。有些场景虽然设备数量很多,但分布相对集中,Wi-Fi、蓝牙等局域网技术无法满足传输距离的要求,如公共设施、大型仓储、智能制造等。还有一些场景终端数量很少,但分布相对集中,对数据速率的要求多样化,不管什么通信技术,只要能联网即可。

根据不同应用模式对通信方式的诉求,把物联网设备分为以下 2 类。

1) 固定节点或高速移动:上行数据量大,对带宽要求较高,如车载娱乐、视频监控等。

2) 固定节点或低速移动:数据量小,以设备上传数据到平台的形式为主,如智能抄表、环境监控、资产管理、独立可穿戴设备等。

7.2 NB-IoT 的发展路径

物联网对无线通信的需求一直在变化,为满足不同物联网垂直应用领域的场景需求,物联网逐步趋向于两级分化的演进方向。高速率、高带宽、高实时性的应用场景是 4G、5G 针对以人为中心的主力发展方向;低速率、低带宽、低实时性的应用场景则是 NB-IoT 技术主要施展的应用场合。

与较高速率和实时响应的物联网应用不同,NB-IoT 面向低速率、低功耗的物联网终端,更适合于广泛部署,在智能抄表、智能停车、物品追踪、独立可穿戴智能设备、智能家居、智慧城市、智能制造等领域将会大放异彩。

NB-IoT 的技术特性非常适合于物联网细分业务的发展场景,大规模的发展亟待某些瓶颈问题的进一步解决,如通信模块成本和终端功耗必须进一

步下降等问题。

随着 NB-IoT 商用网络的逐步规模部署, 预计 NB-IoT 的商用价值在未来几年将逐渐显露出来。未来各类垂直行业的产业链能很快在实际网络上找到自身的物联网应用及商业模式, 并推动跨行业协作和商业模式创新。

鉴于 NB-IoT 是一个新标准、新技术, 按照市场规律, NB-IoT 商业化进程将分为以下 3 个阶段。

阶段 1 市场供给大于用户需求, 主要是树立典型应用示范工程。首先在需求强烈的重点城市进行规模化试点和商用化实验。此阶段重点对 NB-IoT 协议、核心网络性能等进行测试, 同时验证商用芯片和终端模组的功能, 打造应用服务的平台管理能力等, 目标是实现电信运营商在 NB-IoT 初期阶段对产业链的整合。

阶段 2 市场供给和用户需求共同发力, 扩展 NB-IoT 应用的范围。全国重点城市和重点区域将第一阶段试点的经验进一步推广, 同时扩大垂直业务应用领域, 挖掘 NB-IoT 技术适合的业务类型。在大规模运营 NB-IoT 的基础上, 着重考虑扩展平台层的功能, 进行某些业务的大数据分析, 探讨研究多种服务模式, 为转型打下基础。

阶段 3 在以市场需求推动为主、产业成熟的阶段完成 NB-IoT 全网覆盖。基于统一的 NB-IoT 网络提供多种多样的个性化物联网垂直应用领域服务, 在为客户提供优质网络的基础上提供更加优质的服务, 大幅度提升运营收入, 尤其是服务收入占比, 真正实现运营商的成功转型。

8 结束语

NB-IoT 只是一种无线通信技术, 竟让全球物联网产业链为之兴奋。全球大型电信运营商、大型芯片商、大型通信设备商、通信模块商、网络测试设备都在积极参与, 这也仅仅是一些技术引领方。更让大家惊奇的是还有大量行业的积极参与, 包括水表、燃气表、路灯、停车、消防、烟感、物流、畜牧、垃圾桶、邮筒等。

物联网因其“连接一切”的特点, 具有很多互

联网所没有的新特性。例如, 互联网已经连接了所有的人和信息内容, 提供标准化服务, 而物联网则要考虑各种各样的硬件融合、多种场景的应用、人们的习惯差异等问题。相对于互联网, 物联网需要更有深度的内容和服务以及更加差异化的应用, 也将更加人性化, 这也符合人们不停地追求更好的服务体验的诉求。

站在历史的高度俯瞰物联网的发展进程, 目前物联网行业正处于需求场景逐渐成熟、行业整体爆发的前期。运营商 NB-IoT 网络快速开启商用, 科技巨头巨资切入物联网行业, 产业链为行业提供智能化服务, 而人们也在享受着物联网技术带来的各种便利。

参考文献:

- [1] 解运洲. NB-IoT 技术详解与行业应用[M]. 北京: 科学出版社, 2017. XIE Y Z. NB-IoT technology detailed solution and industry application[M]. Beijing: Science Press, 2017.
- [2] 3GPP. E-UTRA A and E-UTRAN; Overall description (Release 8): TS36.300[S]. 2008.
- [3] 3GPP. LTE physical layer-general description: TS36.201[S]. 2009.
- [4] 3GPP. User equipment radio access capabilities: TS36.306[S]. 2007.
- [5] 3GPP. Medium access control protocol specification: TS36.321[S]. 2006.
- [6] 3GPP. Radio link control protocol specification: TS36.322[S]. 2012.
- [7] 3GPP. Packet data convergence protocol specification: TS36.323[S]. 2007.
- [8] 3GPP. Radio resource control protocol specification: TS36.331[S]. 2013.
- [9] 3GPP. Mobile radio interface layer 3 specification; core network protocols: TS24.008[S]. 2003.
- [10] 3GPP. Common test environments for user equipment conformance testing: TS36.508[S]. 2009.

[作者简介]



解运洲 (1975-), 男, 中国 NB-IoT 产业联盟发起人, NB-IoT 技术的积极推广者, 《NB-IoT 技术详解与行业应用》和《物联网上市公司 2018 业务图谱分析》作者, 毕业于西安电子科技大学通信工程学院, 主要从事物联网行业的产业研究、咨询和培训服务, 熟悉物联网领域的产业链发展现状和趋势, 掌握多项物联网垂直应用领域的解决方案, 擅长组织物联网领域的高峰论坛和行业研讨, 拥有物联网领域的广泛人脉, 积极打造物联网产业链的生态圈。