

# 物联网时代的LPWAN技术选择与性能比较

肖光烈 肖亚东

武汉汇科智创科技有限公司 湖北 武汉 430000

**摘要:** 随着物联网 (IoT) 的快速发展, 低功耗广域网 (LPWAN) 技术因其远距离、低功耗、低运维成本等特点, 成为物联网连接技术的重要组成部分。本文将从LPWAN技术的定义、分类、性能比较及选择策略等方面展开详细讨论, 旨在为物联网应用中的技术决策提供理论支持和实践指导。

**关键词:** 物联网; LPWAN技术; 性能; 选择

## 引言

物联网时代, 设备的连接需求日益多样化, 特别是在远程、低功耗、低数据速率等场景下的需求更为突出。传统无线技术如WiFi、蓝牙、ZigBee等, 在覆盖范围和功耗方面存在局限, 难以满足大规模物联网部署的需求。因此, LPWAN技术应运而生, 成为物联网领域的新宠。本文将对几种主流的LPWAN技术进行比较分析, 探讨其性能差异与适用场景。

## 1 LPWAN 技术概述

低功耗广域网 (LPWAN) 是一种专为物联网应用中的M2M通信场景优化的无线通信技术, 具有远距离、低功耗、低占空比等特点。该技术通过星型网络覆盖, 支持单节点最大覆盖可达上百公里, 适用于大规模分布式设备如传感器等的连接<sup>[1]</sup>。LPWAN技术大致可分为两类: 一类是在未经授权的频段内运行的技术, 如LoRa、SigFox、Weightless等; 另一类是在授权频段内运行并遵守3GPP标准的蜂窝技术, 如NB-IoT、LTE-M等。

## 2 主要 LPWAN 技术性能分析

### 2.1 LoRa

LoRa (Long Range) 技术是一种创新的扩频调制技术, 专为物联网设计的远距离无线传输方案。它工作在Sub-GHz频段, 这一频段的选择使得LoRa能够在保持低功耗的同时, 实现超远距离的通信。LoRa的核心优势在于其远距离、低功耗、多节点接入以及低成本。通过采用独特的扩频技术, LoRa能够在低信噪比条件下实现稳定的数据传输, 从而提高了通信的可靠性和覆盖范围。LoRaWAN (LoRa Wide Area Network) 是基于LoRa技术构建的网络架构, 它支持大规模、低功耗的物联网设备连接。在理想条件下, LoRaWAN网络的覆盖范围可达1-20公里, 甚至更远, 这取决于具体的硬件配置、环境条件和网络设计。由于LoRa的低功耗特性, 设备在发送和接收数据时可以保持极低的能耗, 从而延长了电池寿

命。在典型的应用场景中, LoRa设备的电池寿命可达3-10年, 甚至更长。然而, LoRa的数据速率相对较低, 通常适用于小数据量、不频繁通信的应用场景。这主要是因为LoRa采用了扩频技术, 以牺牲数据速率为代价来换取更远的通信距离和更高的抗干扰能力。尽管数据速率有限, 但LoRa足以满足许多物联网应用的需求, 如环境监测、资产跟踪、智能农业等。

### 2.2 SigFox

SigFox是一种专为物联网设计的超窄带 (UNB) 无线通信技术, 其核心在于利用极窄的频带宽度进行数据传输, 以最大化电池寿命和覆盖范围。该技术工作在ISM (工业、科学和医疗) 频段, 这一频段对全球多数地区都是免授权的, 降低了部署成本和复杂度。SigFox技术以延长设备电池寿命为首要设计目标, 通过优化通信协议和减少数据传输量, 实现了设备的长期稳定运行。SigFox网络的射程通常在10-40公里之间, 具体取决于地形、障碍物以及基站布局。其独特的超窄带技术使得SigFox能够在极低的带宽 (仅为100赫兹) 下工作, 这意味着每次传输的数据量非常小, 但足以满足许多物联网应用的基本需求。由于带宽极窄, SigFox的数据传输速率相对较低, 非常适合那些只需要发送少量、不频繁数据的设备, 如传感器、智能表计等。SigFox网络的一个显著特点是其独立运行的能力, 不依赖于传统的蜂窝网络或WiFi基础设施。这种独立性使得SigFox能够在偏远地区或网络覆盖不佳的区域提供可靠的物联网连接。然而, 这也意味着SigFox的覆盖范围相对有限, 主要集中在其自建的网络基础设施内。尽管如此, 对于许多物联网应用来说, SigFox提供的覆盖范围已经足够满足需求, 并且其低功耗和低成本的优势使得它成为许多物联网项目的理想选择。特别是在那些需要长期运行、难以频繁更换电池的设备中, SigFox技术的优势尤为明显。

### 2.3 NB-IoT

NB-IoT (Narrowband Internet of Things) 是一项基于蜂窝网络的窄带物联网技术, 专为低功耗设备在广域网上的数据连接而设计。作为3GPP标准的一部分, NB-IoT利用现有的LTE网络基础设施, 通过优化网络参数和信令流程, 实现了对低功耗、低数据速率设备的高效支持。这项技术的关键在于其窄带设计, 它允许设备在有限的带宽内进行有效通信, 同时降低了设备的复杂性和成本。NB-IoT的射程通常在1-10公里范围内, 具体取决于网络布局、环境条件和设备配置。其带宽为200 kHz, 这一设置既保证了数据传输的可靠性, 又降低了设备的功耗和成本。由于使用许可的LTE频谱, NB-IoT能够提供稳定、可靠的网络连接, 并且与现有的蜂窝网络基础设施高度兼容<sup>[2]</sup>。NB-IoT的广覆盖特性使得它能够穿透地下、室内等信号难以到达的区域, 为物联网设备提供了更广泛的连接选项。同时, 其低功耗设计使得设备能够在不频繁更换电池的情况下长期运行, 降低了运维成本。此外, NB-IoT还支持大连接, 即能够同时处理大量设备的连接请求, 这对于大规模分布式设备的应用场景尤为重要。在智能电表、智能停车计时器、环境监测传感器等物联网应用中, NB-IoT技术展现出了显著的优势。它能够提供稳定、可靠的数据连接, 同时保证设备的低功耗和低成本。这使得NB-IoT成为物联网领域中的一种重要技术, 特别是在需要广覆盖、低功耗、低成本和大连接的场景中。

#### 2.4 LTE-M (eMTC)

LTE-M, 即增强型机器类型通信 (enhanced Machine-Type Communication), 是一种基于现有LTE网络的物联网通信技术。它专为满足物联网设备对更高数据速率和移动性的需求而设计, 是LTE网络针对物联网应用的一种优化和增强。LTE-M保留了LTE的主要特性, 同时针对物联网设备的低功耗、低成本和小数据包传输需求进行了优化。LTE-M支持的数据速率高达1Mbps, 这远高于其他LPWAN技术, 如LoRa和SigFox。这使得LTE-M能够处理更复杂的物联网应用, 如实时视频传输、高清图像捕捉等。此外, LTE-M还支持移动性, 这意味着设备可以在网络覆盖范围内自由移动, 而不会影响数据传输的稳定性和可靠性。由于基于现有的LTE网络, LTE-M能够利用现有的网络基础设施和频谱资源, 降低了部署成本和复杂度。同时, LTE-M还支持与LTE网络的互操作, 使得物联网设备能够在LTE和LTE-M网络之间无缝切换, 实现了更广泛的连接和更高的服务质量。在物联网应用中, LTE-M特别适用于需要较高带宽和移动性的场景, 如无人机、资产跟踪器、车队跟踪等。这些应用通常要求实

时数据传输和高精度定位, 而LTE-M正好能够满足这些需求。随着物联网技术的不断发展, LTE-M有望在更多领域得到广泛应用, 推动物联网行业的持续创新。

### 3 性能比较与选择策略

#### 3.1 覆盖范围与功耗

在远距离通信方面, LoRa和SigFox展现出了显著的优势。LoRa通过其独特的扩频技术, 能够在低信噪比条件下实现稳定的数据传输, 从而达到了较远的通信距离。SigFox则利用其超窄带技术和优化的通信协议, 实现了在ISM频段上的远距离通信。这两种技术都特别适合偏远地区或网络覆盖不佳的区域的物联网应用。相比之下, NB-IoT和LTE-M在城市环境中表现更佳。NB-IoT的广覆盖特性使得它能够穿透地下、室内等信号难以到达的区域, 为城市中的物联网设备提供了更广泛的连接选项。LTE-M则基于现有的LTE网络, 能够利用城市中的LTE基站进行数据传输, 实现了较高的覆盖密度和稳定性。特别是NB-IoT, 其室内覆盖能力尤为突出, 适用于需要穿透建筑物进行通信的应用场景<sup>[3]</sup>。在低功耗方面, 所有LPWAN技术均具备低功耗特性, 但具体表现因技术而异。SigFox和LoRaWAN在超低数据速率应用中尤为突出, 它们通过优化通信协议和减少数据传输量, 实现了设备的长期稳定运行。而NB-IoT和LTE-M虽然数据速率较高, 但也通过采用低功耗设计和技术优化, 降低了设备的能耗。在选择LPWAN技术时, 需要根据具体的应用场景和需求, 综合考虑覆盖范围、功耗以及其他性能因素, 以选择最适合的技术方案。

#### 3.2 数据速率与成本

在数据速率方面, LoRa、SigFox和NB-IoT均适用于小数据量、低频率通信的场景。LoRa和SigFox的数据速率相对较低, 这主要是由于它们采用了扩频和超窄带技术, 以牺牲数据速率为代价来换取更远的通信距离和更低的功耗。这两种技术非常适合那些只需要发送少量、不频繁数据的物联网应用, 如环境监测、资产跟踪等。而NB-IoT虽然数据速率也相对较低, 但比LoRa和SigFox要高一些, 且支持更多的连接数和更复杂的通信协议, 适用于需要一定数据吞吐量和连接密度的物联网应用。LTE-M则支持更高的数据速率, 最高可达1Mbps, 这使得它能够处理更复杂的物联网应用, 如实时视频传输、高清图像捕捉等。LTE-M适用于数据密集型应用, 能够满足对数据传输速度和带宽有较高要求的应用场景。在成本方面, 非蜂窝LPWAN技术如LoRa和SigFox通常部署成本较低。这两种技术不需要依赖运营商的网络基础设施, 降低了部署的复杂度和成本。它们更适合中小企业

或特定区域的应用,能够提供更经济、灵活的物联网解决方案。而蜂窝LPWAN技术如NB-IoT和LTE-M需要运营商支持,部署成本相对较高。但它们具有更广泛的覆盖范围和服务质量,能够提供更可靠、稳定的物联网连接。因此,在选择LPWAN技术时,需要根据具体的应用场景和需求,综合考虑数据速率和成本因素,以选择最适合的技术方案。

### 3.3 安全性与可扩展性

在安全性方面,所有LPWAN技术均提供一定程度的安全保障,以确保数据传输的完整性和机密性。LoRaWAN和NB-IoT等技术支持AES-128/256加密,这种加密算法能够提供强大的数据加密能力,保护数据在传输过程中不被窃取或篡改。同时,这些技术还支持身份验证机制,确保只有合法的设备才能接入网络,进一步增强了网络的安全性。在可扩展性方面,LoRa和SigFox等非蜂窝LPWAN技术在扩展网络时可能需要增加新的网关<sup>[4]</sup>。这些网关负责接收和转发设备的数据,是实现远距离通信的关键组件。因此,在扩展网络时,需要合理规划网关的布局 and 数量,以确保网络的覆盖范围和通信质量。相比之下,NB-IoT和LTE-M等蜂窝LPWAN技术则可直接利用现有蜂窝网络基础设施进行扩展。这些技术基于运营商的网络,能够快速、灵活地扩展网络覆盖范围,满足大规模物联网应用的需求。在选择技术时,需

要根据具体的应用场景和需求进行权衡。对于需要高安全性和可扩展性的物联网应用,可以选择支持AES加密和身份验证的LPWAN技术,并合理规划网关布局或利用现有蜂窝网络基础设施进行扩展,以满足应用的需求。

### 结语

LPWAN技术为物联网应用提供了多样化的连接方案,不同技术在覆盖范围、功耗、数据速率、成本、安全性和可扩展性等方面各有千秋。在选择LPWAN技术时,应根据具体应用场景的需求进行综合考虑。例如,在偏远地区或需要长电池寿命的场景中,LoRa和SigFox可能是更佳选择;而在城市环境中,尤其是需要高速数据传输的应用中,NB-IoT和LTE-M则更具优势。随着物联网技术的不断发展,LPWAN技术将持续优化和完善,为物联网应用提供更加高效、可靠的连接方案。

### 参考文献

- [1]袁向兵.主流LPWAN技术分析与选择决策方法[J].信息系统工程,2020,(08):134-135.
- [2]王志伟.LPWAN通信技术在配电物联网状态监测中的应用研究[D].华北电力大学(北京),2020.
- [3]邵嘉,庞成鑫,卢小姣,等.LPWAN技术在能源物联网领域应用研究[J].物联网技术,2018,8(12):44-47.
- [4]杜龙,李辉,周鉴刚,等.探析LPWAN下的LoRa大带宽物联网技术[J].中国安防,2021,(08):40-44.