

窄带物联网（NB-IoT）技术的研究与实现

林健

泰山科技学院, 山东 泰安 271000

摘要： NB-IoT 具有低功耗、低成本、广覆盖的特点，能够满足大量低成本、低速率的物联网设备连接需求，对于智慧城市建设、工业自动化等领域具有重要作用。针对于此本文首先分析了物联网的地位与相关技术概念，随后针对当前研究内容与实现方式进行阐述，并针对应用中存在的阻碍提出相应的优化策略。通过抗干扰技术研究与促进产业链协同发展等策略的实施，期望能为 NB-IoT 技术的实现提供帮助。

关键词： 物联网；NB-IoT 技术研究；NB-IoT 技术实现

Research and Implementation of Narrow-Band Internet of Things (NB-IoT) Technology

Lin Jian

Taishan University of Science and Technology, Tai'an, Shandong 271000

Abstract: NB-IoT has the characteristics of low power consumption, low cost and wide coverage, which can meet the needs of a large number of low-cost and low-rate Internet of Things devices, and plays an important role in smart city construction, industrial automation and other fields. In view of this, this paper first analyzes the status of the Internet of Things and related technical concepts, and then elaborates on the current research content and implementation methods, and puts forward corresponding optimization strategies for the obstacles existing in the application. Through the implementation of anti-interference technology research and promoting the coordinated development of the industrial chain and other strategies, it is expected to provide help for the realization of NB-IoT technology.

Keywords: Internet of Things; NB-IoT technology research; NB-IoT technology implementation

引言

随着全球信息化和智能化的发展趋势，物联网技术已成为推动社会进步和经济发展的重要力量。NB-IoT 作为物联网技术中的一种，其独特的技术优势使其在众多物联网技术中脱颖而出。然而 NB-IoT 技术在实际应用中也面临着诸如频谱资源限制、网络覆盖不均、设备成本和功耗控制等挑战。

一、物联网在当今社会和科技发展中的重要地位

在近些年来的科技发展和社会进步中，使得当今物联网已经在社会中占据了举足轻重的地位。在应用中物联网可以通过将各种设备、传感器、机器和日常物品连接到互联网，进而帮助实现了数据的实时收集、交换和分析，从而极大地提高了工作效率^[1]。

二、窄带物联网（NB-IoT）技术概述

（一）NB-IoT 的概念

窄带物联网（NB-IoT）技术是它一种具有低功耗的广域网通信技术，专为满足客户低带宽、低功耗、长距离通信的需求而设计。NB-IoT 利用授权的蜂窝网络频段，提供比传统蜂窝技术更广泛的覆盖范围，同时保持较低的设备成本和能耗。这种技术

特别适合于智能抄表、资产跟踪、环境监测等物联网应用。

（二）NB-IoT 的网络架构

1. 核心网

核心网是窄带物联网（NB-IoT）网络架构中的关键组成部分，它主要负责处理设备与网络之间的数据传输、会话管理、安全性和移动性管理等核心功能。核心网普遍采用基于 IP 的网络技术，用来确保与现有移动通信网络的兼容性，同时核心网还支持设备的高效连接和数据传输^[2]。

2. 基站

基站在窄带物联网中的功能则是负责无线信号的发送和接收，保障设备之间拥有良好的通信。窄带物联网技术专为低功耗广域网设计，适用于需要长期运行且数据传输量不大的物联网应用。基站通过低频段的无线电波与连接的设备进行通信，这些设备可以是智能仪表、传感器、追踪器等。

作者简介：林健（1989.08-），男，汉族，山东省泰安市泰山区，硕士研究生，研究方向：电子信息工程。

3. 终端设备等组成部分。

终端设备是直接连接到物联网的传感器或设备当中，负责收集数据并将其发送到网络。这些设备通常需要设计为低功耗，进而支持设备的长期运行而无需频繁更换电池。

（三）NB-IoT 的关键技术

1. 窄带物理层技术

窄带物联网（NB-IoT）的物理层技术是稳定运行中的关键技术之一，需要在设计时允许设备在非常低的带宽下进行通信，从而实现低功耗广域网（LPWAN）通信。NB-IoT 利用了蜂窝网络的授权频段，确保了通信的可靠性和安全性。窄带物联网物理层技术特是超低功耗设计。这需要设计者通过优化调制解调器和睡眠模式，来保障设备能够在电池供电的情况下运行数年^[9]。

2. MAC 层协议

MAC 层协议在 NB-IoT 中负责管理设备与基站之间的无线资源分配和数据传输。NB-IoT 的 MAC 层协议设计得非常精简，以适应物联网设备的低功耗需求。它往往在设计时会考虑多种调度策略，其中包括基于竞争的随机接入和基于调度的专用接入。在随机接入过程中设备可以无需事先预约资源直接发送数据，这大大降低了设备的能耗和延迟。

3. 网络覆盖增强技术

现如今在物联网技术快速发展的背景下，NB-IoT 网络覆盖增强技术的需求也日益凸显，以确保在各种复杂环境下都能提供稳定可靠的通信服务。具体而言 NB-IoT 网络覆盖增强技术主要包括功率增强与多天线技术等几个方面。功率增强技术是通过提高发射功率和接收灵敏度来扩大网络覆盖范围。例如通过引入功率放大器（PA）和低噪声放大器（LNA）来提升终端设备的发射和接收能力。

三、窄带物联网（NB-IoT）技术的研究

（一）性能研究

窄带物联网（NB-IoT）技术是当前的一种新兴的低功耗广域网（LPWAN）技术，专门为物联网（IoT）设计，常用于实现设备的远程连接和数据传输。NB-IoT 技术的性能研究主要集中在覆盖范围、连接密度、数据传输速率和成本效益等方面。其中覆盖范围是 NB-IoT 技术的一个显著优势。这是由于 NB-IoT 技术在设计时使用了低频段的无线电波，使得 NB-IoT 能够提供比传统蜂窝网络更广泛的覆盖范围，甚至在地下室和地下设施中也能保持良好的连接。

（二）功耗研究

当前研究人员在进行 NB-IoT 技术的功耗研究时，首先需要进行特别关注的是设备在不同工作状态下的能耗情况。NB-IoT 设备的工作状态可以分为活跃状态、休眠状态和待机状态。在活跃状态下的设备进行数据传输时，此时的能耗相对较高。研究人员为了降低这部分能耗通常会优化通信协议，减少数据包的大小和传输频率，以及采用更高效的编码和调制技术。在休眠状态下，设备关闭大部分功能，仅保留必要的时钟和唤醒机制，以等待唤醒信号^[10]。

（三）兼容性研究

为了确保 NB-IoT 技术能够与现有的通信系统和设备无缝对接，研究人员加大兼容性方面的研究显得尤为重要。首先研究人员必须确保 NB-IoT 技术能够在现有的 GSM、LTE 甚至 5G 网络架

构中运行，这意味着它需要与现有的基站、核心网以及运营支持系统（OSS）兼容。针对于此研究人员为了实现这一点，会在 NB-IoT 技术应用中使用 LTE 的子载波间隔和带宽，进而确保了其在 LTE 频谱上的部署。例如 NB-IoT 可以利用 LTE 网络中的未使用资源块（RBs），在不干扰现有 LTE 服务的情况下进行数据传输。

四、窄带物联网（NB-IoT）技术的实现

（一）硬件实现

对于窄带物联网（NB-IoT）技术的硬件实现，主要的核心在于研究人员设计出低功耗、高覆盖、低成本的终端设备。在 NB-IoT 的设计模块中，通常需要集成到各种物联网设备中。例如智能表计、环境监测器、资产追踪器等这些模块的应用必须能够适应不同的工作环境，同时保持长时间的稳定运行。在硬件设计方面，NB-IoT 模块通常包括射频前端、基带处理单元、电源管理模块以及天线设计。射频前端负责信号的收发，需要具备高灵敏度和低噪声特性，以确保在恶劣的无线环境下也能保持通信的稳定性。基带处理单元则负责信号的调制解调、编解码等处理工作，其性能直接影响到模块的通信效率和功耗。

（二）软件实现

在软件层面的窄带物联网（NB-IoT）技术实现往往涉及多个关键组件，其中较为重要的板块包括网络协议栈、设备管理与安全机制等。首先网络协议栈是 NB-IoT 设备与网络通信的核心，它负责处理数据的封装、传输、接收和解封装。协议栈的设计必须高效，以适应 NB-IoT 低功耗和低数据速率的特点。而设备管理是软件实现的另一个重要方面。NB-IoT 设备需要远程配置、监控和维护，这通常通过设备管理协议如 TR-069 或 OMA-DM 来实现。这些协议允许网络运营商对设备进行远程固件更新、诊断和配置，确保设备的长期稳定运行。安全机制是 NB-IoT 技术中不可或缺的一部分。由于 NB-IoT 设备通常部署在开放环境中，因此必须确保数据传输的安全性。这包括使用加密技术保护数据的机密性和完整性，以及实现设备身份验证和授权机制，防止未授权访问^[11]。

（三）系统集成与测试

研究人员在完成窄带物联网（NB-IoT）技术的软件实现后，接下来进行的系统集成与测试阶段是确保整个系统稳定运行的关键步骤。研究人员需要将重点放在 NB-IoT 模块与应用服务器进行集成。这涉及到确保模块能够通过网络与服务器进行有效通信，同时保证数据传输的安全性和可靠性。在集成过程中，开发者需要编写相应的接口代码，以确保数据格式和协议的兼容性。当研究人员集成完成后就需要进入测试阶段，测试分为单元测试、集成测试和系统测试。单元测试主要针对软件的最小可测试部分进行检查和验证，确保每个模块的功能符合预期。集成测试则关注于模块间的交互，确保不同模块协同工作时能够正常运行^[12]。

五、窄带物联网（NB-IoT）技术的应用场景

（一）智能抄表领域

对于窄带物联网（NB-IoT）技术智能抄表领域的应用，其为城市公共事业管理带来了革命性的变化。在城市管理的应用之

下,工作人员通过 NB-IoT 技术可以实现对水、电、气等资源使用的实时监控和远程抄表,极大地提高了抄表的准确性和效率。NB-IoT 设备具有低功耗、广覆盖和低成本的特点,使得它们非常适合部署在城市各个角落的计量表上。

(二) 智能交通领域

在城市的交通系统中,NB-IoT 技术的应用正变得越来越广泛。例如 NB-IoT 传感器可以安装在交通信号灯上,达到实时监测交通流量并自动调整信号灯的时序的目的,从而帮助城市优化交通流。此外这些传感器还可以用于智能停车系统,帮助司机快速找到空闲停车位,减少因寻找停车位而产生的额外交通压力。

(三) 环境监测领域

随着全球气候变化和环境问题的日益严峻,环境监测变得越来越重要。窄带物联网(NB-IoT)技术因其低功耗、广覆盖和高连接数的特点,在环境监测领域展现出了巨大的应用潜力。NB-IoT 设备可以部署在偏远和难以到达的地区,实现对空气质量、水质、土壤状况等环境参数的实时监测^[7]。

六、窄带物联网(NB-IoT)技术发展面临的挑战与对策

(一) 面临的挑战

1. 频段资源有限

尽管窄带物联网(NB-IoT)技术在低功耗广域网(LPWAN)领域具有巨大潜力,但在实际应用中研究人员发现仍面临诸多挑战,频段资源有限是其中的一个主要问题。该问题的产生原因是由于NB-IoT 依赖于现有的蜂窝网络频段,而这些频段已经被2G、3G和4G等传统移动通信技术广泛使用。随着物联网设备数量的激增,频段资源变得越来越紧张,这限制了NB-IoT网络的扩展性和覆盖范围^[8]。

2. 信号干扰问题

针对于不同的应用场景,使得NB-IoT技术在工作授权和非授权频段时,它可能会受到来自其他无线通信系统的干扰。例如GSM、LTE、Wi-Fi等这种干扰可能会导致通信质量下降,数据传输速率降低,甚至连接中断。而在城市环境中,高楼大厦和各种电子设备密集,信号干扰尤为严重。

3. 标准和规范方面的挑战

在近些年随着物联网(IoT)技术的快速发展,而窄带物联网(NB-IoT)作为其中的一个重要分支,因其低功耗、广覆盖和低成本的特点,受到了广泛关注。然而随着技术的不断推进,NB-IoT技术发展也面临着一系列挑战,其中标准和规范方面的挑战尤为突出。这是因为NB-IoT技术的国际标准化进程尚未完全成熟。虽然3GPP已经发布了多个版本的标准,但随着技术的演进和市场需求的变化,标准的更新和迭代速度需要加快来适应快速发展的市场环境^[9]。

(二) 对策建议

1. 频谱资源管理策略

研究人员为了应对频段资源有限的问题,提出了多种窄带物联网(NB-IoT)技术发展的对策建议。其中进行频谱资源管理策略是关键。可以通过动态频谱共享技术提高频谱的利用率,允许

NB-IoT设备在未被占用的频段上进行通信。此外频谱拍卖和分配机制的优化能够确保频谱资源的合理分配,避免资源浪费。

2. 抗干扰技术研究等。

为了确保NB-IoT网络的稳定性和可靠性,研究人员加强抗干扰技术的研究至关重要。这是由于NB-IoT工作在低频段,可能会受到其他无线通信系统的干扰,因此需要开发高效的干扰检测和抑制算法。此外可以考虑采用动态频谱接入技术,通过智能地选择工作频率来避开干扰^[10]。

3. 加强国际国内标准制定的协调统一

随着NB-IoT技术的快速发展,全球各国和地区对物联网应用的需求日益增长,加强国际国内标准制定的协调统一显得尤为重要。这就要求相关部门应积极参与国际标准化组织的工作,推动我国在NB-IoT领域的技术提案和标准建议得到国际认可。其次加强与国际标准的对接,确保我国标准与国际标准的兼容性和互操作性,从而促进全球物联网产业的互联互通。

4. 促进产业链协同发展的策略

近些年来窄带物联网(NB-IoT)技术成为推动智慧城市建设、工业自动化和远程监控等应用的重要力量。针对于此相关部门为了进一步促进NB-IoT技术的发展,应出台更多支持政策鼓励产业链上下游企业加强合作。例如可以提供税收减免、研发资金支持等激励措施,促进企业加大在NB-IoT技术研发和应用创新上的投入。

七、结语

综上所述,窄带物联网(NB-IoT)技术在智能抄表、智能交通、环境监测等多个领域展现出了巨大的应用潜力和价值。然而,频段资源有限、信号干扰问题以及标准和规范方面的挑战,仍需我们共同面对和解决。通过频谱资源管理策略与抗干扰技术研究等策略,相关部门可以有效应对这些挑战,推动NB-IoT技术的持续发展和广泛应用。相信在不远的未来,将随着技术的不断进步和市场的不断成熟,NB-IoT技术必将在智慧城市建设、工业自动化、远程监控等领域发挥更加重要的作用,为社会带来更加便捷、高效和智能的生活方式。

参考文献

- [1] 唐浩文,魏哲,胡绪焱,等.基于物联网云计算技术的智慧桩系统研究[J].电气自动化,2024,46(05):62-65.
- [2] 郑文静.基于NB-IoT技术的气象数据传输控制系统设计[J].工业仪表与自动化装置,2024,(05):48-54.DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.05.010.
- [3] 黄丽,龚志鹏.车辆涉水智能无线报警装置[J].中南民族大学学报(自然科学版),2024,43(06):759-764.DOI:10.20056/j.cnki.ZNMDZK.20240605.
- [4] 吉用华,张晨,张更新.面向高吞吐量的NB-IoT低轨卫星物联网资源调度[J].太赫兹科学与电子信息学报,2024,22(09):933-943+951.
- [5] 朱虎,杜琳.基于物联网技术的高速公路机电设备远程监控研究[J].智能物联技术,2024,56(05):145-148.
- [6] 伍思琪.基于NB-IoT技术的城市节水监督管理平台设计[J].江西通信科技,2024,(03):36-39+42.DOI:10.16714/j.cnki.36-1115/tn.2024.03.007.
- [7] 郝亚平.基于滑动聚类的窄带物联网特征级异构数据融合方法[J].微型电脑应用,2024,40(07):234-237.
- [8] 吴宇航.星地融合窄带物联网下行共享信道研究[D].北京邮电大学,2024.
- [9] 汪祺.基于物联网节点和三维重建的作物生长环境和状态观测[D].南昌大学,2024.DOI:10.27232/d.cnki.gnchu.2024.001561.
- [10] 张爱英.基于物联网的智能水培温室控制系统研究[D].临沂大学,2024.DOI:10.44252/d.cnki.glydx.2024.000084.