

Application research of water supply network monitoring system based on NB-IoT

Xiasong Yang

Weifang Institute of Technology, Weifang, Shandong, 261000, China

Abstract

With the acceleration of urbanization, water supply system management and maintenance face increasing challenges. Traditional pipeline monitoring methods suffer from issues such as poor real-time performance, low accuracy, and high maintenance costs, making it imperative to develop new monitoring solutions. This paper proposes an intelligent monitoring system for water supply pipelines based on Narrowband Internet of Things (NB-IoT) technology. By integrating NB-IoT with smart sensors, the system can obtain real-time pipeline status data and achieve effective monitoring and management through data analysis and processing. The paper details the system's design framework, key technologies, and practical applications, analyzes its advantages in enhancing operational efficiency and reducing management costs, and explores future development directions.

Keywords

NB-IoT; water supply network; intelligent monitoring; Internet of Things; data analysis

基于 NB-IoT 的供水管网监测系统应用研究

杨霞松

潍坊理工学院, 中国·山东 潍坊 261000

摘要

随着城市化进程的加速,供水系统的管理与维护面临着越来越多的挑战。传统的供水管网监测方式存在实时性差、精确度低、维护成本高等问题,亟须一种新的监测手段。本文基于窄带物联网(NB-IoT)技术,提出了一种适用于供水管网的智能监测系统。通过结合NB-IoT技术与智能传感器,能够实时获取管网状态数据,并通过数据分析与处理实现对供水管网的有效监控与管理。文章介绍了系统的设计方案、关键技术以及实际应用,分析了其在提高供水管网运营效率、降低管理成本等方面的优势,并探讨了未来的发展方向。

关键词

NB-IoT; 供水管网; 智能监测; 物联网; 数据分析

1 引言

随着城市发展进程的不断推进,供水管网作为城市基础设施的重要组成部分,其运行状态的安全性和稳定性日益成为人们关注的焦点。传统的供水管网监测系统往往依赖人工巡检或者较为简单的自动化系统,存在着实时性差、精度不高、人工成本高等问题。因此,如何实现供水管网的精细化管理,提高水资源的利用效率,降低水损耗,成为亟待解决的问题。

窄带物联网(NB-IoT)作为一种新型的低功耗广域网(LPWAN)技术,具有广泛的应用前景。其覆盖范围广、

能耗低、数据传输稳定等特点使其在智慧城市建设中展现出强大的应用潜力。基于NB-IoT技术的供水管网监测系统能够实时采集管网内的水流量、水压、水温等参数,并通过数据传输平台进行实时监控和数据分析。通过对供水管网的实时监控与分析,可以实现对管网运行状态的早期预警,进而减少故障的发生,优化水资源的调度与分配。

本文将从供水管网监测的需求出发,分析NB-IoT技术在供水管网中的应用,探讨系统设计方案,并对该技术的应用前景进行深入分析。

2 供水管网监测的需求分析

2.1 供水管网监测现状

传统的供水管网监测技术多依赖于人工巡检或简单的自动化监测设备。然而,这些传统方式存在许多局限性。例如,人工巡检不仅需要大量的人力资源,而且在复杂的管网环境中难以覆盖所有区域;而现有的自动化监测设备普遍存

【基金项目】潍坊市科技发展计划《基于NB-IoT的供水监测系统应用研究》(项目编号:2023GX078)。

【作者简介】杨霞松(1989-),女,中国山东聊城人,硕士,副教授,从事智能技术与自动化装置研究。

在数据更新不及时、设备维护困难等问题^[1]。因此，迫切需要一种新的监测手段，能够有效克服这些不足。

2.2 NB-IoT 技术的优势

NB-IoT 技术作为一种专为物联网应用设计的无线通信技术，具有覆盖范围广、低功耗、低成本等显著优势。特别是在地下管网等恶劣环境下，NB-IoT 技术能够提供稳定可靠的信号传输。其低功耗特性使得传感器设备能够长期稳定工作，大大降低了维护成本和电池更换频率。相比传统的监测方式，基于 NB-IoT 技术的监测系统具有更高的实时性、精确度和可靠性。

2.3 供水管网监测的目标

供水管网监测的目标不仅是实时采集水流量、压力、温度等数据，还应能够通过数据分析发现管网中潜在的隐患问题，如漏水、管道老化等。进一步的目标是通过数据驱动的决策支持系统，优化供水管网的调度，减少资源浪费，提高供水效率。

3 基于 NB-IoT 的供水管网监测系统设计

3.1 系统架构

基于 NB-IoT 的供水管网监测系统通常包括传感器节点、数据传输网络、数据处理平台和用户终端四大部分。传感器节点负责采集管网内的水流、压力、温度等关键参数；数据传输网络利用 NB-IoT 技术将传感器数据传送到后台数据处理平台；数据处理平台对采集的数据进行存储、分析和展示，提供实时监控和报警功能；用户终端则为管网运营人员提供管理和决策支持界面。

3.2 传感器节点的设计

传感器节点是监测系统中的核心组件，其主要作用是采集管网内部的各项数据。常用的传感器包括流量传感器、压力传感器、温度传感器等。这些传感器的选择需考虑到管网的环境特性以及监测数据的准确性^[2]。同时，为了确保长期稳定运行，传感器节点应具备低功耗特性，并能够在极端环境下正常工作。

3.3 数据处理与分析

数据采集后需要通过数据处理平台进行分析。首先，采集的数据会经过预处理，如去噪、归一化等，确保数据的准确性和可靠性。然后，系统通过大数据分析技术，结合管网的历史运行数据，进行趋势预测和异常检测。例如，系统可以根据实时压力和流量变化，预测管网可能出现的泄漏点，及时发出报警并进行维修调度。

4 基于 NB-IoT 的供水管网监测系统应用实践

4.1 系统在实际中的部署

在实际应用中，NB-IoT 技术已经被广泛应用于供水管网的监测和管理。具体实施过程中，多个传感器节点被部署在供水管网的关键位置，包括水源地、泵站、管道交汇处等，通过传感器实时监测管网内部的水流量、压力、温度等参数。

这些传感器通过 NB-IoT 无线通信网络与后台数据中心连接，将采集到的数据实时传输至云平台进行存储和处理。供水公司通过该系统可实时监控管网的运行状态，及时发现水压异常、流量失常或管道破裂等问题，迅速做出反应。

例如，在某城市的供水管网中，NB-IoT 传感器被应用于全城范围的供水管道监测。系统每分钟都会采集一次水流量数据，实时反馈给运维人员，以便及时调整供水策略，避免可能出现的水压波动或者漏水问题。由于 NB-IoT 技术具有广泛的覆盖能力，即使在地下深处或偏远区域的管道，也能够稳定传输信号，保证数据的实时性和完整性。此外，通过建立管网监控系统，供水企业能够及时掌握管网的运行状况，避免了传统人工巡检所带来的效率低下和盲点问题，极大提升了供水管理的精度和响应速度。

4.2 系统性能分析

从系统性能的角度来看，基于 NB-IoT 的供水管网监测系统在多个方面表现出了其技术优势。首先，NB-IoT 具有较强的抗干扰能力和较低的信号衰减，在城市环境中的应用，尤其是地下管网监测时，能够确保数据的稳定传输。该技术采用了低功耗广域网（LPWAN）架构，能够在较低的频段进行通信，减少了对高带宽的需求，因此能够在极端环境下长期稳定运行^[3]。其次，NB-IoT 传感器的低功耗特性使得设备能够在无需频繁更换电池的情况下，稳定运行数年，极大减少了设备的维护成本。

其次，系统在数据传输方面也表现出了极高的稳定性。NB-IoT 能够有效传输大规模的数据，即便在高频次传输的情况下，依然能够保证连接的稳定性和数据传输的准确性。这对于供水管网监控系统而言尤为重要，因为系统需要持续不断地获取实时数据并及时反馈。例如，通过监测水流量和水压的变化趋势，系统可以在水压异常时迅速报警，提醒工作人员进行检查。而且，系统能够做到低延迟的响应，确保在突发事件发生时能够第一时间处理。此外，数据处理平台也能够对采集的数据进行智能分析，发现潜在的风险点，提前做出预警。

4.3 经济效益分析

采用 NB-IoT 技术的供水管网监测系统不仅在技术层面上表现突出，更在经济效益方面带来了显著的提升。首先，通过实时监控，供水公司能够及时发现管网泄漏等故障问题，避免了传统方式中因漏水导致的水资源浪费。根据相关研究，城市供水管网每年因管道泄漏造成的水资源浪费占总水量的 10% 以上，而通过 NB-IoT 监测系统的早期预警，能够有效减少这些损失。通过及时发现泄漏点并进行修复，水损率显著降低，从而带来可观的经济效益^[4]。

其次，NB-IoT 技术的应用能够大幅降低传统人工巡检的成本。以往，供水公司需要派遣大量工作人员进行巡检，尤其是偏远地区，巡检频繁且时间成本较高。借助 NB-IoT 技术，系统能够自动采集并上传数据，供水公司只需对异常

数据进行远程分析和处理,这不仅降低了人力成本,还提高了管理效率。通过减少人工巡检的工作量,供水公司能够将资源集中到更为重要的工作上,如管网的优化调度和维修工作。

最后,NB-IoT 监测系统的智能化和自动化管理带来了整体运营成本的降低。通过数据分析,系统可以优化供水管网的运行策略,减少不必要的水资源浪费,实现资源的合理调配。例如,当系统发现某一区域的水压过高时,自动调整供水量,从而避免管道爆裂或设备损坏的情况发生。通过对供水调度的精细化管理,供水公司能够进一步提高资源的利用率,降低整体运营成本,提升经济效益。

5 存在的挑战与发展方向

5.1 技术挑战

尽管 NB-IoT 技术为供水管网的监测与管理带来了许多优势,但在实际应用过程中,仍然面临一些技术性挑战。首先,传感器节点在恶劣环境中的稳定性仍需进一步优化。供水管网的环境复杂,传感器需适应极端天气、地下水浸泡以及管道腐蚀等环境条件。虽然 NB-IoT 技术本身具有较强的抗干扰能力,但在一些特殊环境下,仍可能受到外界因素的影响,导致数据丢失或传输中断。因此,未来需要在传感器的防护技术和稳定性方面进行更多的研究与改进。

其次,数据的实时性和准确性在大规模应用中仍存在一定的挑战。尤其是在传输网络较为复杂的地区,数据传输的稳定性会受到网络质量、信号覆盖等多种因素的影响。在大规模部署传感器节点时,如何确保传感器节点与数据传输网络的高效配合,以及如何解决可能出现的通信延迟、丢包等问题,是当前技术面临的难点之一。未来的研究可以重点关注如何提升数据传输的稳定性和可靠性,确保供水管网监测的实时性和准确性。

5.2 未来发展方向

随着 NB-IoT 技术的不断发展,供水管网监测系统未来将朝着更加智能化和自动化的方向发展。首先,人工智能与大数据分析技术的结合,将使得供水管网监测系统能够更加精准地预测管网的运行状态。通过对历史数据的深入分析,系统将能够实时预测管道的维护需求,提前发出预警,避免设备的故障或管道的损坏。此外,机器学习技术可以帮助系统自动识别潜在的风险点,并提供优化的决策方案。

另外,随着 5G 技术的逐步普及,NB-IoT 技术的结合

将进一步提升供水管网监测系统的性能。5G 网络提供了更大的带宽和更低的延迟,将使得数据传输更加迅速,尤其是在数据量庞大的情况下,5G 技术能够提供更稳定的通信支持。这为更大范围、更高精度的供水管网监测提供了可能^[9]。

最后,未来的供水管网监测系统将更加注重系统间的联动和协同。通过物联网技术,多个城市的供水系统能够互联互通,实现跨区域的管网调度与资源共享。随着全球智慧城市建设的推进,基于 NB-IoT 的供水管网监测系统将成为城市基础设施数字化转型的重要组成部分。

6 结语

基于 NB-IoT 的供水管网监测系统通过结合现代通信技术与智能化管理手段,为供水管网的实时监控与管理提供了创新的解决方案。该系统通过部署智能传感器节点,对水流量、压力、温度等关键参数进行实时采集和监测,并借助 NB-IoT 网络将数据传输至云平台,实现数据的实时分析和处理。系统能够对管网中的潜在故障进行早期预警,并通过远程监控和智能分析,帮助供水公司实现对供水管网的精确调度,提升了管网的运行效率。

此外,基于 NB-IoT 技术的供水管网监测系统具有低功耗、广覆盖和高可靠性的特点,使得传感器能够长期稳定工作,减少了设备维护的成本,降低了人力巡检的需求,进而减轻了运营成本的负担。在减少水资源浪费方面,系统能够实时监测管网中的水流和压力变化,及时发现并修复泄漏点,避免了因漏水造成的巨大水资源损失。这些优势不仅提高了供水管网的运营效率,也为环境保护和水资源节约做出了积极贡献。尽管当前系统已经展示了显著的效果,但在广泛应用的过程中,仍然存在一些技术挑战。

参考文献

- [1] 迎九.NB-IoT有望用于水表和气表行业[J].电子产品世界,2017,24(11):23-25.
- [2] 韩旭,沈永滨.基于NB-IOT的城市供水管网监测系统设计[J].科技创新与应用,2019,(22):5-7.
- [3] 洪俊贤,龚珑聪,许俊鸽.基于NB-IoT的DMA用于供水管网漏损控制的研究进展[J].市政技术,2020,38(04):197-199+203.
- [4] 吴津津,毛家润,袁宏永,等.基于NB-IoT的消火栓状态实时监测方法研究[J].消防科学与技术,2020,39(11):1561-1564.
- [5] 陈海峰.NB-IoT技术在智能消防栓系统中的应用研究[J].长江信息通信,2021,34(09):108-110.