

基于物联网的水环境智能监测与高效监管研究

贾麓松

泽铭仪器设备(江苏)有限公司

DOI:10.32629/eep.v8i11.2952

[摘要] 以物联网为基础的水环境监测与监控,可有效解决传统监测与监管存在的监测点位稀疏、数据时效性差、监管与监测脱节等问题,进一步促进我国水资源管理及环境监控的智能化与数字化建设。因此,本文基于物联网,提出一种水环境智能监测与高效监管体系,通过构建“感知层-网络层-应用层”的三层架构,实现水质参数的实时采集、传输与智能研判,并创新设计“监测-预警-处置-反馈”的闭环监管机制。实验结果表明,所提体系的数据传输时延、监测准确率、监管响应效率等,呈现出明显升高的状态,能够为精细化的水环境管理及监控,提供真实且可靠的数据,促使研究展示出一定学术参考价值与实践意义。

[关键词] 物联网; 水环境; 智能监测; 高效监管

中图分类号: DF468 **文献标识码:** A

Research on Intelligent Monitoring and Efficient Supervision of Water Environment Based on Internet of Things

Lusong Jia

Zeming Instrument Equipment (Jiangsu) Co., Ltd.

[Abstract] Water environment monitoring and supervision based on the Internet of Things (IoT) can effectively solve the problems of sparse monitoring points, poor data timeliness, and disconnected supervision and monitoring existing in traditional monitoring and supervision, further promoting the intelligent and digital construction of water resource management and environmental monitoring in China. Therefore, based on the Internet of Things, this paper proposes an intelligent monitoring and efficient supervision system for water environment, which realizes real-time collection, transmission, and intelligent judgment of water quality parameters by constructing a three-layer architecture of "perception layer-network layer-application layer", and innovatively designs a closed-loop supervision mechanism of "monitoring-warning-disposal-feedback". Experimental results show that the proposed system shows a significant increase in data transmission delay, monitoring accuracy rate, supervision response efficiency, etc., which can provide real and reliable data for refined water environment management and monitoring, and the research shows certain academic reference value and practical significance.

[Key words] Internet of Things; Water Environment; Intelligent Monitoring; Efficient Supervision

前言

随着我国工业化、城镇化建设进程的加快,各个地区的水污染程度不断加深,进一步加大了水环境的治理难度。传统水环境监测模式以人工采样、实验室分析为主,辅以少量固定监测站,不仅存在范围有限、人力成本高等问题,还存在监测数据与监管决策脱节的问题,无法对当前的水污染事件做到快速响应与精准处置^[1]。物联网技术通过泛在感知、可靠传输与智能分析能力,可打破传统监测的时空限制,实现水环境要素的全域、实时、动态监测,是目前国内外水环境领域治理与管理

研究的主要技术^[2]。因此,本文旨在通过探究基于物联网的水环境智能监测与高效监管,从而为完善水环境监测技术体系,提升环境监管效能,以及保障水资源生态安全等,提供理论指导和实践参考。

1 基于物联网的水环境监测与监管体系架构

物联网技术在水环境领域的应用,主要通过构建“感知层-网络层-应用层”的层级架构,使得各层级协同运作^[3-4],从而实现数据采集到决策输出的全流程智能化。

首先是感知层,构建多源异构的传感器网络;感知层作为该

体系的神经中枢,其负责采集水环境的物理、化学、生物等多维度参数。本研究采用多源异构传感器融合方案,涵盖三类核心传感器,一是水质传感器,用于监测pH值、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)等核心水质指标;二是水文传感器,采集流速、流量、水位等水文参数;三是气象传感器,监测气温、降雨量、风速等气象数据。此外,为了适应复杂的水环境场景,传感器一般具有低功耗、抗干扰、耐腐蚀的特征,在实现水下长期稳定运行的同时,可进行自动校准,从而降低数据漂移风险,并通过引入无线传感器节点(WSN)的方式,保证传感器数据的本地化汇聚,为后续边缘计算提供数据支撑。

其次是网络层,构建高效可靠的异构通信组网;由于网络层承担着数据传输的作用,因此需要保证复杂水环境场景下数据传输的可靠性。所以研究采用异构通信技术融合的方案,针对远距离、低功耗需求的监测点位,采用窄带物联网(NB-IoT)、LoRa等LPWAN技术;针对监测密集区或高带宽需求场景,采用5G技术,支持高清视频监控与海量传感器数据的高速传输;针对水下监测节点,采用水声通信技术,解决水下数据传输难题。此外,通过引入数据加密与容错机制的方式,防止数据篡改,并利用冗余传输设计,保证部分节点故障后,数据传输的稳定性与可靠性。

最后是应用层,构建“边缘-云端”协同的智能分析平台:应用层作为该体系分析部分,主要负责数据的存储、分析、研判与决策输出。本研究创新采用边缘计算+云端协同的分析架构,其中边缘节点负责本地化数据预处理、异常值筛选与实时预警,仅将关键数据上传至云端;而云端则负责海量数据的深度挖掘、趋势预测与全局监管决策。如通过引入长短期记忆网络(LSTM)模型,以历史监测数据为基础,预测监测水环境的水质变化趋势;同时利用支持向量机(SVM)算法,对水污染事件进行智能识别与溯源,为后续监管处置提供依据。

2 基于物联网的水环境监测与监管闭环监管机制

本文设计的水环境智能监测与高效监管体系,突破传统监测与监管分离的模式,进而通过创新设计“监测-预警-处置-反馈”的闭环机制^[5-6],为上述体系提供支撑。

2.1 智能监测感知

本环节是闭环监管机制的基础,依托于感知层多源异构传感器网络,实现地表水、地下水、饮用水源地、排污口等多种水环境场景的全覆盖监测,其监测指标涵盖水质、水文、气象等多维度核心参数。同时,监测数据通过网络层异构通信组网,实现本地化汇聚与远程传输,保证数据快速上传至边缘节点与云端平台,为预警环节提供实时数据输入。

2.2 实时预警研判

本环节是连接监测与处置的关键枢纽,依托边缘-云端协同的分析架构,边缘节点对上传的监测数据进行实时预处理,筛选异常数据,结合预设的水质标准阈值与SVM算法,快速识别水污染事件,实现100ms内的实时预警;如对于复杂的污染事件,边缘节点将关键数据上传至云端,通过LSTM模型进行深度分析与趋势预测,精准研判污染范围、扩散速度与潜在影响,生成详细的

预警报告。最后,预警的信息通过监管平台,以平台弹窗、短信、APP通知等多种形式,快速推送至政府监管部门、责任企业及相关工作人员,通过预警信息的及时反馈,为处置环节争取时间。

2.3 精准处置派单

本环节是闭环监管机制的核心执行部分,监管平台在接收到预警信息后,基于预设的监管责任清单与地理信息系统(GIS),自动识别异常点位的所属辖区、责任单位与责任人,根据污染类型、污染程度等信息,智能匹配处置方案与处置人员,实现处置任务的自动下达。同时,平台还为处置人员提供详细的污染溯源信息、现场监测数据与处置建议,辅助处置人员快速制定针对性的处置方案;如在处置过程中,处置人员通过移动终端实时上传处置的进展,监管平台通过对处置过程进行全程跟踪,实时更新处理状态,并检测处置完成效率与质量。

2.4 结果反馈优化

本环节是闭环监管机制的优化保障,处置完成后,监测点位的传感器实时采集水质数据,上传至平台进行分析,以此判断水质是否恢复达标;从而形成处置效果验证报告;若水质未达标,平台将再次触发预警与派单流程,直至问题解决。同时,平台对整个“监测-预警-处置-反馈”流程的数据进行归档分析,总结污染事件的发生规律、处置经验与不足,优化传感器部署点位、预警阈值、算法模型与监管责任清单等,并在固定对外通知及公示平台上,向公众公示处置结果,接受公众的监督。

3 实验分析

3.1 实验对象及设置

实验区域选取某流域核心河段及周边水域,该流域涵盖河流干流、支流交汇口、小型湖泊、重点排污口等典型水环境场景,流域面积约500km²,涉及3个行政辖区,周边分布有工业企业、农业种植区及居民区,水污染风险点类型多样,具备复杂水环境监测与监管的代表性。在实验区域内,按照“全域覆盖、重点加密”的原则,部署20个物联网监测节点,每个物联网监测节点集成多源异构传感器,可同步采集pH值、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、氨氮(NH₃-N)等核心水质指标,流速、流量、水位等水文指标,以及气温、降雨量、风速等气象指标;节点搭载NB-IoT/LoRa/5G异构通信模块,实现数据实时传输;同时配备边缘计算单元,完成本地化数据预处理与实时预警。

3.2 指标选取

结合水环境监测与监管的核心需求,选取以下指标进行对比分析。

(1) 监测频率: 单位时间内单个监测点位的有效监测次数,反映监测模式的动态感知能力;

(2) 数据传输时延: 从监测数据采集完成到数据上传至监管平台并完成解析的时间,反映数据传输的实时性;

(3) 数据准确率: 监测数据与实验室标准分析数据的吻合度,反映监测数据的可靠性;

(4) 监管响应时间: 从监测数据出现异常到监管部门完成任务派单的时间,反映监管机制的响应效率;

(5) 处置完成效率: 从任务派单到污染问题处置完成并通过效果验证的平均时间, 反映监管处置的闭环效能;

(6) 运维成本: 单个监测点位每年的设备维护、数据采集、人员投入等总成本, 反映监测模式的经济性。

3.3 实验结果

通过对比分析传统人工监测模式与物联网智能监测模式, 从而分析两者的实践应用性能差异, 验证结果如表1所示。

表1 传统监测模式与物联网智能监测模式性能对比

指标	传统人工监测	物联网智能监测	增幅: %
监测频率	1次/周(单点)	1次/min(全域)	↑ 1000倍
数据传输时延	24h(实验分析后)	≤100ms(实时)	↓ 99.9%
数据准确率	85%	98.50%	↑ 13.5%
监管响应时间	48h	0.25h	↓ 97.9%
处置完成效率	72h	24h	↑ 66.7%
运维成本	5万元/年	1万元/年	↓ 80%

由表1可知, 在上述6项指标中, 物联网智能监测模式均呈现出优于传统人工监测模式的状态, 不仅实现分钟级全域监测, 还能实现水污染事件的实时预警与快速处置, 并提升数据的准确率, 以及减少人工采样与维护的成本。所以基于物联网的水环境智能监测与高效监管体系, 展示出较高的可行性与实践价值, 能够在解决传统监测与监管的痛点的基础上, 进一步提升水环境管理及治理的水平与质量。

4 结论

综上所述, 基于物联网的水环境智能监测与高效监管, 能有效提升水环境监测的精准性、数据传输的实时性与监管处置的高效性, 并最大限度降低其后期运维的成本, 使其展示出较高的经济应用效益。因此, 在未来研究中, 可通过深化区块链技术的应用深度、融合GIS技术, 以及加深AI算法配置等方式, 进一步发挥现代智能技术, 在水环境管理与治理上的应用价值, 从而为我国的水资源保护与环境优化决策, 提供更加科学有效的支持。

[参考文献]

[1] 宁红蓉. 基于BIM与物联网技术的水环境智能管理系统研发[J]. 现代建筑工程技术, 2025(2).

[2] 易树平, 方铨, 刘君全, 等. 地下水环境智慧监管技术集成与平台应用研究[J]. 中国环境监测, 2024(001):040.

[3] 王国强. 信息化背景下的环境保护智能监测与管理研究[J]. 数码设计(电子版), 2024(4):0727-0729.

[4] 魏建勋, 张楠. 基于物联网和大数据技术的立体化水环境监管系统建设[J]. 环境保护与循环经济, 2021, 041(6):86-88, 92.

[5] 曾宝国, 刘美岑. 基于物联网的水产养殖水质实时监测系统[J]. 2022(6).

[6] 郝亮, 肖洋, 张磊. 物联网技术如何应用于生态环境监测[J]. 环境与生活, 2021(005):000.

作者简介:

贾麓松(1998--), 男, 汉族, 江苏人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 环境监测。