

# 物联网通信技术对土木工程远程施工监控系统的性能提升实验

洪春阳 刘丽萍

西安工业大学 陕西西安 710002

**【摘要】**目的：本研究通过实验分析，探讨物联网通信技术在土木工程远程施工监控系统中的性能提升，特别是不同通信协议在实际施工中的应用效果。方法：构建土木工程远程施工监控系统仿真模型，采用Wi-Fi、NB-IoT和5G三种通信协议进行对比实验，测试数据传输速率、通信延迟和网络可靠性等指标，并验证不同传感器配置和数据处理方法的效果。结果：实验表明，5G协议在数据传输速率（200 kbps）、通信延迟（20 ms）和网络可靠性（99.5%）方面表现最佳，适用于实时性要求高的大型项目。Wi-Fi适合高带宽短距离应用，NB-IoT适合低带宽、大范围场景。随着传感器数量增加，系统的能耗和延迟上升，但传输速率也得到提升。结论：物联网通信技术显著提升了远程施工监控系统的性能，特别是在数据传输、延迟和网络稳定性方面。根据施工现场需求选择合适的通信协议，有助于优化系统性能和效率，推动土木工程项目智能化管理。

**【关键词】**物联网通信技术；土木工程；远程施工监控；数据传输

随着科技的不断进步，物联网（IoT）通信技术已成为现代土木工程中的关键技术之一，尤其在远程施工监控系统中发挥了重要作用。传统的土木工程监控方式依赖于人工巡检，存在数据采集滞后、人工误差等问题，无法满足大规模施工现场对实时性和准确性的高要求。物联网技术能够通过无线传感器和通信设备，实现数据的实时采集与传输，大大提高了施工过程中的监控能力和反应速度。本研究旨在通过模拟实验，比较不同物联网通信协议（Wi-Fi、NB-IoT、5G）在土木工程远程施工监控系统中的应用效果，为优化施工监控系统提供技术参考。

## 1 物联网通信技术概述

### 1.1 物联网的定义与发展背景

物联网（IoT）是通过互联网连接各种物理设备、传感器和控制器，实现数据交换和远程监控。随着信息技术的发展，物联网已成为现代工业和日常生活的重要组成部分<sup>[1]</sup>。最初应用于智能家居和城市管理领域，近年来随着无线通信、云计算和大数据的进步，物联网在各行业的应用逐步扩展，尤其在土木工程领域，推动了施工监控系统的智能化和自动化，提高了施工过程的安全性和效率。

作者简介：

1. 洪春阳（1994—）男，汉，江苏扬州，本科，研究方向：土木信息化应用。

2. 刘丽萍（1974—）女，汉，博士，副教授，研究方向：土木工程。

### 1.2 物联网在土木工程中的应用现状

物联网在土木工程中的应用主要体现在施工监控、安全管理和质量控制方面。施工现场通过传感器和无线通信设备实现对环境和结构健康的实时监测。物联网在大型基础设施项目如桥梁和隧道中的应用，能够为项目管理人员提供实时的施工进度和设备状态信息。然而，物联网技术在应用中也面临设备安装和维护成本高、数据传输稳定性等挑战，需进一步优化和完善技术。

### 1.3 物联网通信技术的核心优势

物联网通信技术在土木工程远程施工监控系统中具有显著优势。首先，通过实时数据采集和远程监控，施工现场数据可以即时传输至监控平台，提升反应速度和决策效率。其次，物联网设备具备高集成性和自动化功能，减轻了人工监控负担。再者，物联网通信技术具有较强的适应性和可扩展性，可根据需求灵活配置传感器和设备<sup>[2]</sup>。最后，结合云计算和大数据分析，物联网提供智能化数据分析与预测，帮助项目管理人员做出更精准的决策。

## 2 土木工程远程施工监控系统的原理与设计

### 2.1 远程施工监控系统的基本架构

土木工程远程施工监控系统主要包括传感器节点、通信网络、数据处理平台和用户终端四部分。传感器节点负责采集温湿度、振动、位移等数据，并通过无线通信技术将数据传输至处理平台。通信网络使用Wi-Fi、NB-IoT或5G等技术，确保数据传输稳定实时。数据处理平台对数据进行存储、分析和智能预测，识别潜在风险。用户终端提供施工管理人员查看实时数据、接收警

报和进行调整。此架构确保了全程监控和远程干预，提高施工安全和质量。

### 2.2 物联网技术在监控系统中的关键作用

物联网技术在远程施工监控系统中至关重要。通过智能传感器设备，物联网能够实时采集现场的环境与设备数据，为施工管理提供支持，及时发现并解决潜在问题。物联网通信技术保证了数据的快速传输，克服了传统方式的延迟问题，实现实时监控。同时，物联网技术能够进行自动化数据分析与处理，通过大数据平台进行趋势预测和异常检测，提升智能化水平。其灵活性和扩展性使得系统能够根据不同需求进行定制设计。

### 2.3 系统性能要求与设计目标

远程施工监控系统的设计目标是确保数据采集、传输、处理和反馈的高效与稳定。系统需要高传输速率和低延迟，以确保数据的实时传输。系统还必须具备高稳定性与可靠性，特别是在复杂施工环境下，确保通信稳定运行，避免天气和环境因素干扰。系统还需要较强的抗干扰能力，保证在施工现场的噪声中正常工作。此外，系统应具备良好的可扩展性，随着项目规模扩展，灵活增加传感器节点和设备，以满足日益增长的监控需求。

## 3 模拟仿真实验设计与实施

### 3.1 实验模型的构建与通信协议选择

为评估物联网通信技术对土木工程远程施工监控系统的性能提升，本研究构建了一个基于传感器网络的仿真模型，模拟典型施工现场并安装了温湿度、位移、压力等传感器，采集环境和设备数据。实验测试了Wi-Fi、NB-IoT和5G三种通信协议。Wi-Fi适用于短距离高带宽传输，NB-IoT适用于广域低带宽环境，5G则具有更高的传输速率和更低的延迟，适合大规模、实时性要求高的项目。

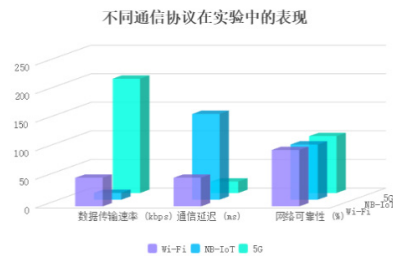


图1 不同通信协议在实验中的表现

根据实验结果，Wi-Fi协议在数据传输速率上表现较好（50 kbps），但其通信延迟较高（50ms），适用于对带宽要求较高的环境。NB-IoT协议在低带宽下具有较强的网络穿透能力，适合大范围监控，但其传输速率较低（12 kbps），并且通信延迟较长（150ms）。相比之下，5G协议在所有指标中表现优异，尤其是数据传输速率和通信延迟，适合对实时性要求较高的大型施

工项目。因此选择合适的通信协议对于提升远程施工监控系统的性能至关重要。

### 3.2 传感器配置与数据采集方法

本实验使用了多种传感器来模拟施工现场的环境变化和结构健康状况。传感器配置包括温湿度传感器、振动传感器、压力传感器和位移传感器，通过无线网络实时将数据传输至数据处理平台。在数据采集方法上，传感器按照预定的时间间隔（每小时）采集一次数据，并且传输至云端进行存储和处理。实验中还设置了多个传感器节点，通过在施工现场的不同位置安装传感器，模拟不同环境条件对数据采集的影响。

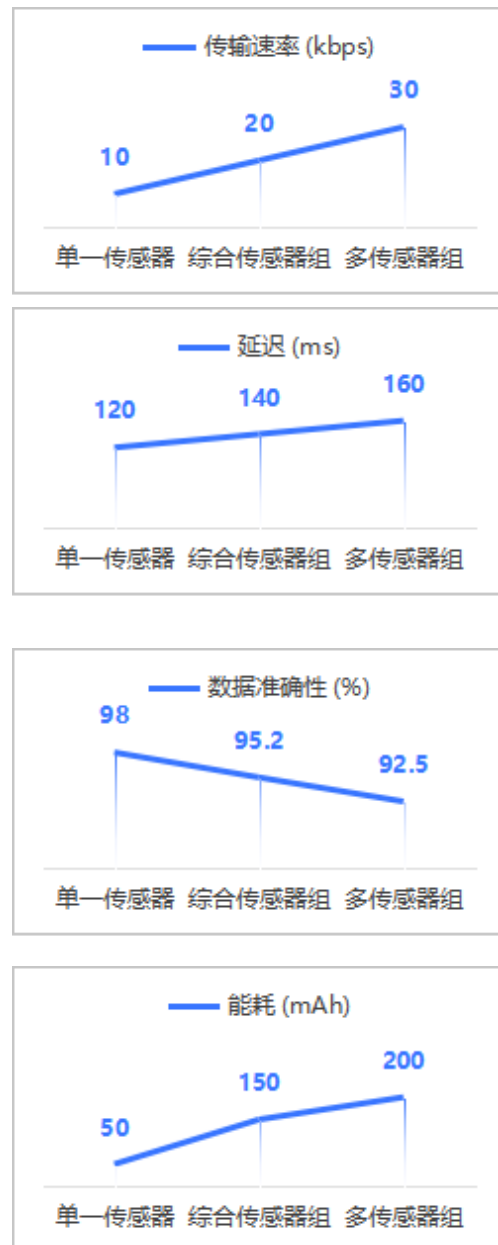


图2 不同传感器配置下的采集与传输效果  
从实验数据可以看出，随着传感器配置的增加，数据传输速率有所提升，但通信延迟和能耗也随之增加。

在单一传感器配置下（温湿度），传输速率较低，但数据准确性较高，能耗较低。随着传感器数量的增加，综合传感器组和多传感器组的传输速率有所提升，但也带来了延迟的增加和能耗的增加。这表明，在远程施工监控系统中，如何平衡传感器配置与系统性能的关系，是设计系统时需要重点考虑的因素。

### 3.3 数据分析与处理方法

在实验中数据处理与分析由云端平台完成，利用大数据和人工智能算法分析采集的数据，预测施工进度和环境变化，并进行异常检测，及时向管理人员发出警报。为验证物联网技术的优势，实验还与传统的人工数据处理方法进行了对比。传统方法依赖人工巡检和手工记录，存在延时和准确性差的问题，而物联网技术实现了实时监控和智能分析，显著提升了响应速度和准确性。

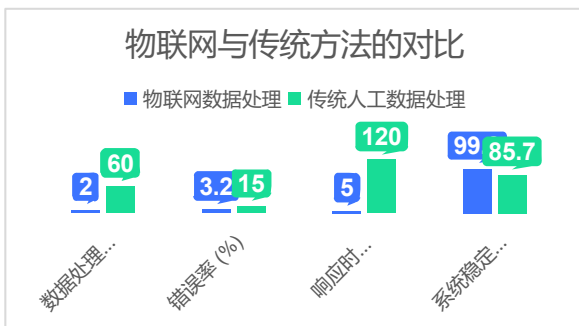


图3 物联网与传统方法的对比分析

从图中数据可见，物联网技术在数据处理上的优势明显。与传统人工方法相比，物联网数据处理的延时从60秒缩短至2秒，错误率也从15%降至3.2%。物联网系统的响应时间和稳定性表现优异，显示出其在提升远程施工监控系统性能方面的优势。通过自动化数据处理，物联网大幅提升了施工监控的效率和准确性，有效保障了施工安全与质量。

## 4 实验结果与性能分析

### 4.1 数据传输速率的实验结果与分析

在对不同通信协议进行实验测试时，数据传输速率是衡量通信系统性能的重要指标。从实验结果来看，5G协议表现出了最高的数据传输速率，达到了200 kbps，远高于Wi-Fi和NB-IoT。Wi-Fi协议适用于短距离的高带宽传输，传输速率为50 kbps，而NB-IoT协议则适用于大范围低带宽应用，传输速率仅为12 kbps<sup>[3]</sup>。5G的高数据传输速率意味着可以支持更多的传感器数据和更高质量的实时视频监控，对于施工监控系统尤其重要。

### 4.2 通信延迟的实验结果与分析

在不同协议的测试中，通信延迟是另一个关键指标。5G协议的延迟最低，仅为20ms，这对于需要实时响应的施工监控系统至关重要。Wi-Fi协议的延迟为50ms，适合带宽需求较高但延迟要求不太严格的场景<sup>[4]</sup>。相较之下，NB-IoT的通信延迟较长，达到150ms，适用

于对实时性要求较低的场景。这些延迟差异表明，在选择通信协议时，必须根据施工现场的具体需求来进行选择。

### 4.3 网络可靠性的实验结果与分析

实验还测试了各通信协议的网络可靠性，结果表明，5G协议在网络可靠性方面表现最为稳定，达到了99.5%。Wi-Fi和NB-IoT的网络可靠性则分别为98.7%和96.5%。网络可靠性的差异意味着在恶劣环境下，5G能够提供更为稳定的服务，适合那些对施工安全和实时监控有较高要求的工程项目<sup>[5]</sup>。5G通信协议在数据传输速率、通信延迟和网络可靠性三个指标上表现突出，适用于大型土木工程远程施工监控系统。而Wi-Fi和NB-IoT则在特定场景下仍具有一定的优势，适合不同规模和需求的施工项目。

## 5 结论

本研究通过对物联网通信技术在土木工程远程施工监控系统中的应用进行实验分析，验证了其在性能提升方面的显著优势。实验结果表明，5G通信协议在数据传输速率、通信延迟和网络可靠性等方面均表现出色，适用于大规模、高实时性要求的施工项目；而Wi-Fi和NB-IoT协议在特定环境下也具有应用价值。随着传感器配置的增多，系统的能耗和延迟有所增加，但同时提升了数据传输的效率。综上所述，物联网通信技术能够有效提升远程施工监控系统的性能，并为土木工程项目的管理提供可靠的数据支持和智能化解决方案。在未来的土木工程建设中，物联网技术的广泛应用将进一步推动施工管理的智能化和高效化。

## 参考文献

- [1] 黄志华, 高瑞民, 张大涛, 等. 智能云平台搅拌桩监控系统及工程应用 [J]. 建筑结构, 2023, 53(22):151-156.
- [2] 陈国庆. 简析物联网技术在土木工程施工中的实施要点 [J]. 信息产业报道, 2024(6):0218-0220.
- [3] 何成群, 董振海. 远程监控及智能化系统在矿山工程机械中的应用 [J]. 模具制造, 2023.
- [4] Gritsuk I, Khudiakov I, Volodarets M, et al. CONSTRUCTION OF SYSTEMIC INTERACTION BETWEEN TOOLS OF REMOTE MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION AND OPERATION MODES OF A TRUCK VEHICLE [J]. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2024, 127(3).
- [5] Ilori O A, Willoughby A A, Dairo O F, et al. Design and Construction of a Photovoltaic Monitoring System Based on Wireless Sensor Networks and Internet of Things Technology [J]. Journal of The Institution of Engineers (India): Series B, 2024, 105(6):1757-1772.