

# 5G网络驱动下的环境监测技术研究与应用

王智标  
核工业二三〇研究所

**摘要:** 本文探讨了5G网络驱动下的环境监测技术研究与应用。首先介绍了5G网络对环境监测技术发展的推动作用,以及5G网络在环境监测中的优势。接着,以空气质量、水质、土壤污染、环境噪声和振动等为例,系统地阐述了5G网络在环境监测中的具体应用。同时,分析了5G网络在环境监测中面临的挑战和难点,以及未来发展的趋势。最后,总结了5G网络驱动下的环境监测技术研究与应用的意义和作用,展望了5G网络与环境监测技术的未来发展前景。本文旨在为相关领域的研究者和工程师提供参考和借鉴,为环境保护和人类健康服务。

**关键词:** 5G网络; 环境监测; 数据传输; 传感设备; 大气污染

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.11.115

## 引言

随着现代社会的快速发展,环境问题越来越引人关注。环境污染问题已成为所有国家和地区都必须面对和解决的共同问题。高技术手段在环境领域中得到了广泛的应用,其中尤以5G网络技术为代表的新兴技术成为环境监测研究领域的新热点。5G网络作为一种新型的通信技术,具有其他技术所不具备的高速传输、低时延、大容量和广覆盖等特点,将为环境监测提供全新的解决方案<sup>[1-3]</sup>。

5G网络将对环境监测的研究和发展产生重要的影响和推动作用。5G网络具有更加高效、智能和可靠的通信性能,这将使得环境监测可以获得更为精确和实时的数据,并且能够实现环境监测数据和信息的高速传输分享,如图1所示。此外,基于5G网络的环境监测技术将具备更为智能化、数字化和信息化的特点,有望成为未来环境监测的主流技术。因此,研究5G网络驱动下的环境监测技术和应用的意义和价值十分重要<sup>[4]</sup>。本文旨在探讨5G网络在环境监测中的具体应用、其优势、挑战和未来发展趋势,为相关领域的研究者和工程师提供有价值的参考和借鉴,并为推动我国环境监测科技的发展作出贡献。

### 一、5G网络在环境监测中的优势

5G支持高分辨率传感器的密集部署,具有无处不在的连接、高带宽、高速千兆连接和超低延迟分析。由无线接入网和核心网段组成的5G无线网络,可以将数据传输到边缘计算的数据存储中。因此,5G无线网络可以弥合数据源和边缘计算之间的差距。5G云提供了许多好处,例如基础设施即服务(Infrastructure as a Service, IaaS)、平台即服务(Platform as

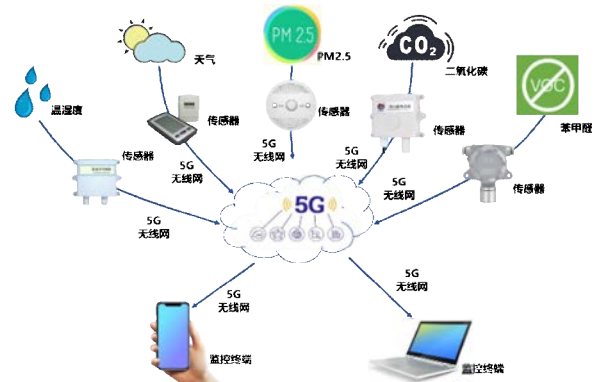


图1 5G网络驱动的环境监测架构

a Service, PaaS) 和软件即服务 (Software as a Service, SaaS)。5G无线网络通过整合合适的网络资源,提供差异化组网,满足时延、安全、保障等不同业务需求<sup>[5]</sup>。

5G网络是支持在城市地区横向和纵向密集部署大规模环境质量监测传感器的移动网络。配备天线阵列的5G基站的密集部署显著增加了传感设备与5G天线之间的可用视线,因此提供准确的环境质量信息。5G边缘计算通过支持多功能连接和管理智慧城市部署的框架提供统一。低时延、高带宽的5G承载了AI算法实时分析所需的数据。边缘服务器通常与5G基站位于同一位置,允许将AI算法部署在传感设备和最终用户附近。通过允许资源受限的设备(温湿度传感器、PM2.5传感器等)将数据和计算密集型任务卸载到边缘服务器,我们可以实现低延迟环境质量分析,保留计算能力;延长设备电池寿命;并支持可扩展、安全和隐私保护的服务<sup>[6]</sup>。

本文介绍了一个支持5G的环境污染监测设备,然后通过研究具有不同空气质量传感设备的传感架构,基于资源受限的固定传感设备提出由AI驱动的可扩展实时环境监测技术,并展示了在真实世界的5G测试网络上部署人工智能算法的可行性,并对边缘服务器上的系统延迟、吞吐量和计算资源进行全面的可扩展性分析。

## 二、基于5G支持的环境污染监测设备

### (一) 国内外环境污染监测设备研究

除了传统的大型污染监测站,近年来研究人员还开发了许多空气污染监测系统。一个小型便携式空气污染测量系统(ArduAir),ArduAir集成了可供多人使用的低成本传感器和微控制器。配备Arduino IDE、气体传感器和Wi-Fi模块的物联网(IoT)设备。Arduino IDE捕获气体传感器数据并使用WiFi将其转发到云端,使用户可以使用云数据<sup>[1, 7]</sup>。

另一种与GSM集成并使用ZigBee作为其通信协议的

工业空气污染监测系统被提出。该系统可部署到工业中以监测CO、SO<sub>2</sub>和粉尘浓度，并利用了无线传感器网络。为了更好的电源管理，使用了分层路由协议，该协议使节点在空闲时间休眠。一个移动空气质量监测网络被开发，该网络使用了配备传感器节点的移动车辆监测大范围的空气质量。这些节点由GPS、微控制器和一组检测O<sub>3</sub>、CO和NO<sub>2</sub>浓度的传感器组成。

(二) 基于5G支持的新型环境污染监测设备

本文介绍了一种基于5G支持的新型的环境污染监测设备，该设备使用半导体传感器测量二氧化氮、臭氧、一氧化碳和二氧化硫的浓度。此外，该设备还能收集其他环境参数，如温度、湿度、PM1、PM2.5和PM10。该设备还配备了GPS子系统，用于精确的地理标记。该套设备能通过Wi-Fi 和5G NB-IoT进行通信。该新型环境污染监测设备还能通过能量收集电源管理实现，并通过太阳能和备用电池供电。与基于Wi-Fi连接的传统设计相比，开发的系统在使用5G NB-IoT通信模块时能耗降低15倍。其设备的架构图如图2所示。

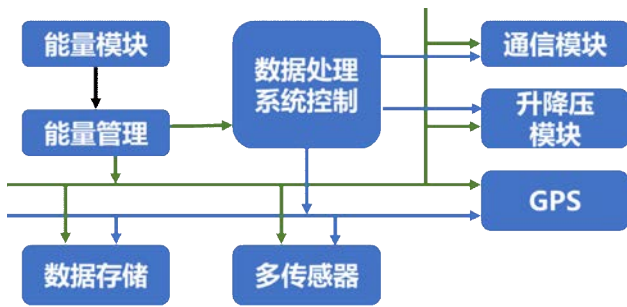


图2 基于5G支持的新型的环境污染监测设备框图

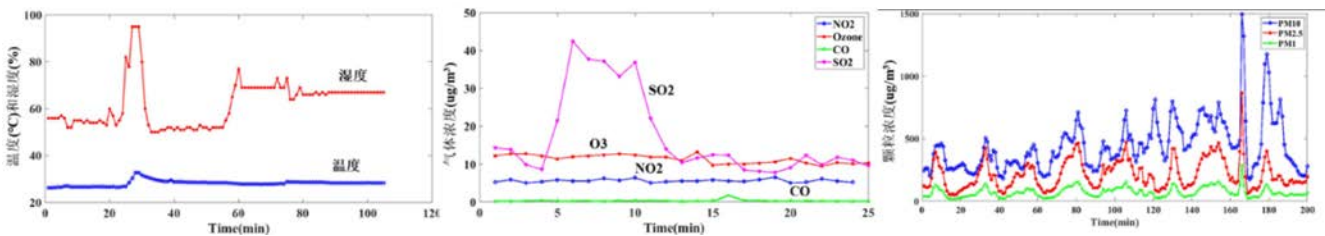


图3 基于5G支持的新型的环境污染监测数据

三、基于5G网络边缘卸载的空气质量监测

(一) 5G网络边缘卸载的空气质量监测框架

城市地区若要实现实时的空气质量监测需要密集且大规模部署低成本空气监测传感器和高光谱相机，实时产生的海量的数据量给数据的高速传输和处理带来了巨大的挑战。假设在城市某一街道场景中，部署数千个空气监测传感器，每个传感器每次测量产生千字节的空气质量数据，以及数百个高光谱相机，每个相机在大约一分钟内生成10-200兆字节的图像，如图4所示。面对该场景需要解决以下几个问题：1) 异构和多平台传感设备的无线连接；2) 数据高速无线连接；3) 大负载数据流的处理能力；4) 低延迟高实时。

在图2中，绿色总线表示电源线，蓝色总线表示与处理器的连接。新型的环境污染监测设备包括太阳能收集器作为可再生能源。NB-IoT (5G eMTC) 作为一种通信协议被内置在通信模块。此外，该设备能够采集九种空气污染参数，其中包括三个颗粒物 (PM) 传感参数，如PM1、PM2.5、PM10；四种气体浓度测量参数 (SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>、CO)，以及温度和湿度。该设备配备了一个512KB内存，可将所有数据样本存储在其中长达32小时。

在无线传感器网络中，传统的电池供电节点会在电池耗尽后短时间中断。因此，需要基于可再生能源收集的通信来解决这个问题。为了提高射频能量操作无线传感器网络的能效，考虑了一个两层网络用于现场传感器的传感数据收集。在第一层中，更多耗能且可能由太阳能供电的路由器节点参与通信，而在第二层中，微型现场传感器节点从其附近第一层节点中正在进行的通信中收集射频能量。

在传感器设备选择上，使用Alphasense OPCN3测量PM1、PM2.5和PM10。该传感器在感应模式下消耗187 mA电流，在待机模式下消耗小于50 mA 的电流，同时采用5 V电源供电；利用3路AFE气体传感器测量NO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>和CO<sub>2</sub>，该传感器板在检测所有四个参数模式下额定5V电源和3 mA额定电流；使用DHT11传感器感测温度和湿度，用3.3V电源供电和1 mA额定电流。

除此之外，可以在云数据库中更新实时数据，如图3。由图可知，基于5G支持的新型的环境污染监测设备将有助于对各种关键空气质量参数进行大规模和细粒度的监测。通过在设备中使用5G NB-IoT，可以以成本能耗非常低进行部署。

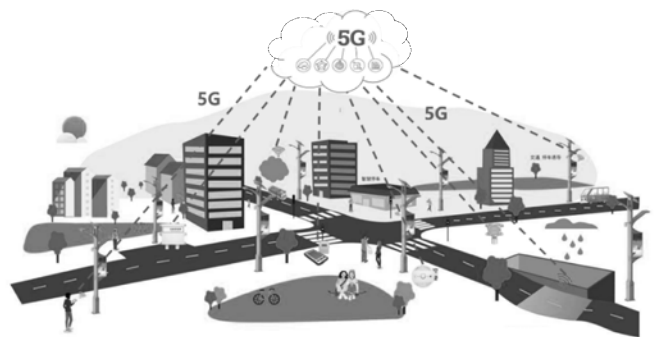


图4 城市环境下大规模部署空气质量监测传感器 为此本文提出了基于5G网络边缘卸载的可扩展的空

气质量监测技术。大规模传感器部署会产生大数据流，4G网络以及WIFI仅支持有限数量的连接，窄带物联网（Narrow-Band IoT, NB-IoT）无法提供足够的带宽来支持大数据量的传输。但5G网络既允许海量连接，又为海量数据的传输提供支持。

5G网络以其海量机器类通信（massive machine type communications, mMTC）特性满足超密集机器通信需求，mMTC可以同时连接数以千计的空气质量传感器和高光谱相机。5G功能支持高数据速率（≥10 Gbps），当成千上万的空气质量传感器和摄像头同时传输大量数据并且可能需要千兆字节的网络容量时，可以满足吞吐量要求。5G提供超可靠和低延迟通信（ultrareliable and lowlatency communications, uRLLC），它满足极低延迟通信的要求，允许非常快速的原始数据传输以及向环境监测中心实时提供处理后的空气质量信息。

在该5G网络边缘卸载框架下，边缘服务器在网络边缘提供数据存储和分析，从而减少网络流量、降低和可预测的延迟、安全和隐私保护的服务和应用程序以及可扩展性。支持大量空气质量数据的存储和处理从街区内不同位置收集的数据，边缘服务器可实现基于位置的实时空气质量分析。该5G框架利用两个用于空气质量监测的AI系统（基于校准方法的空气质量传感和基于深度学习方法的高光谱成像），两个算法均部署在5G边缘。

#### （二）基于5G边缘计算的空气监测传感的数据分析

通过仿真实验，增加传感器设备数量来分析边缘服务器上的通信延迟、吞吐量和所需的计算资源。在5G网络下，同一区域每10米包含一个传感器，将空气监测传感器的设备数量从1个增加到1500个，增量为150个；测量了从空气监测传感器到智能终端的5G/LTE连接的延迟和带宽。图5和图6比较了当传感设备数量增加，在5G和LTE连接下智能终端到边缘服务器的数据传输延迟和吞吐量。由图可知5G相比于LTE延迟显著降低。实验验证了5G支持可扩展部署的低延迟环境质量监测。

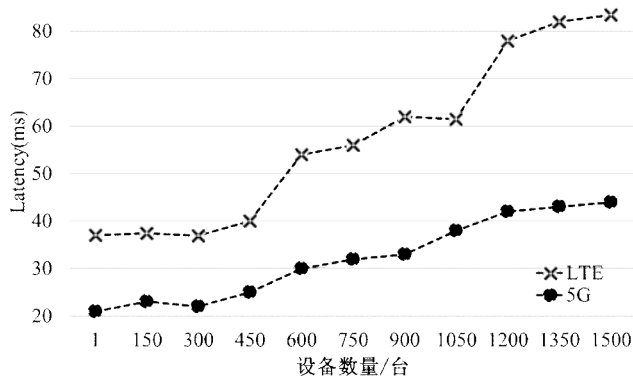


图5 5G/LTE连接的延迟

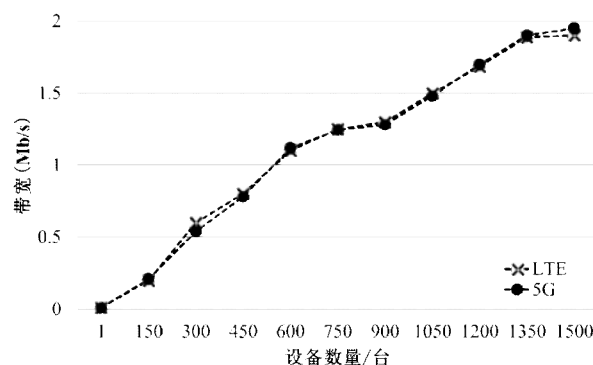


图6 5G/LTE连接的带宽

#### 四、结论

5G技术的快速发展为环境监测领域带来了新的机遇和挑战。本文研究和探讨了5G网络驱动下环境监测技术的研究与应用。通过介绍5G技术在环境监测中的优势以及基于5G支持的新型环境污染监测设备的研究，可知5G技术将为环境监测提供更高效、更精确、更实时的数据采集和处理方式。此外，本文介绍了基于5G网络边缘卸载的空气质量监测技术，这种技术使得空气质量数据能够在远程控制中进行分析和处理。通过5G边缘计算，我们可以实现在数据分析和处理中的快速响应，从而更好地帮助环境监测部门进行空气质量监测及减少污染物的排放控制等工作。在未来的研究中，不断完善5G技术与环境监测融合的研究，为环境监测技术的不断发展作出贡献。

#### 参考文献

- [1] 冒海微, 朱发斌, 李丰. 5G技术在生态环境领域的应用研究[J]. 中国新通信, 2023, 25(02): 69-71.
- [2] 勒伟青. 5G技术在生态环境保护工作中的应用探讨[J]. 环境, 2022(01): 78-80.
- [3] 徐爱兰, 耿建生. 基于5G与AI的生态环境监测网络平台探讨[J]. 环境监测管理与技术, 2021, 33(03): 5-8.
- [4] 王沛元, 田红英, 付俊豪, 李子豪. 5G网联环境下多旋翼无人机大气监测研究[J]. 中国信息化, 2021(04): 63-64.
- [5] 李琪, 相巧明. 基于物联网技术的生态环境监测应用分析[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(04): 78-80+89.
- [6] 申梦园. 环境监测质量管理现状及发展对策初探[J]. 皮革制作与环保科技, 2023, 4(03): 48-50.
- [7] 刘江, 沈苏彬. 一种基于区块链的环境监测的可信管理[J]. 计算机技术与发展, 2023, 33(02): 84-91.

作者简介: 王智标(1990-), 男, 辽宁沈阳人, 工程师, 本科, 研究方向: 环境工程与监测。