

基于AR技术的远程测量车系统设计与实现

徐梓涵 李思瑶 李广伟*
黑龙江工商学院 黑龙江 哈尔滨 150016

摘要：随着增强现实（AR）技术的快速发展，其在远程测量领域的应用潜力逐渐显现。本文旨在设计并实现一款基于AR技术的远程测量车系统，该系统融合了AR技术的可视化优势与远程测量的精确性，旨在提供一种高精度、高效率的远程测量解决方案。本文将详细阐述系统的整体设计框架、主要模块的具体设计与实现方法，以及系统的预期功能和性能表现。

关键词：AR技术；远程测量车；系统设计；实现方法；高精度测量

引言

远程测量技术在建筑、工程、地质勘探等多个领域具有广泛应用，但传统系统往往面临测量精度不足、实时性差、操作复杂等挑战。AR技术的引入为远程测量带来了新的机遇，通过将虚拟测量信息与真实物理世界相融合，可以显著提高测量的准确性和直观性。本文设计的基于AR技术的远程测量车系统，正是针对这些挑战提出的创新解决方案。

1 系统整体设计框架

1.1 硬件架构

测量车平台：选用四轮电动底盘，具备良好的越野性能和稳定性，能够适应各种复杂地形。集成高精度GPS和惯性导航系统（INS），实现测量车的精确定位和行驶轨迹记录。GPS提供绝对位置信息，INS在GPS信号丢失时提供相对位置信息，确保测量的连续性。选择脉冲式激光测距仪，测量范围可达500米，精度达到 ± 2 毫米。具备快速测量和多次测量的能力，提高测量的准确性。安装360度全景摄像头，支持高清视频录制和实时图像传输。摄像头具备夜视功能和自动调焦功能，确保在各种光照条件下都能获取清晰的图像。

AR显示设备：选用轻便、舒适的AR眼镜，内置高清OLED显示屏和多种传感器（如陀螺仪、加速度计等）。眼镜具备无线连接功能，能够实时接收并显示测量数据。开发专门的AR显示软件，对虚拟图像进行透视变换和深度调整，确保虚拟图像与真实场景的准确对齐。同时，优化显示亮度、对比度和色彩饱和度，提高显示效果。

通信模块：集成4G/5G通信模块，确保测量车与远程控制中心之间的高速、稳定数据传输。同时，配备Wi-Fi

和蓝牙模块，方便与其他设备进行近距离通信。设计专用的通信协议，定义数据格式、传输方式、错误校验等规则。采用加密技术确保数据的安全性，采用压缩技术提高数据的传输效率。

电源及驱动模块：选用大容量锂电池组，为测量车提供长时间、稳定的电力供应。设计智能电源管理系统，监测电池电量和充电状态，确保电池的安全使用。采用无刷直流电机和精密减速器，提供强劲的动力和精确的控制。设计电机控制器，实现电机的速度、方向和扭矩的精确控制。

1.2 软件架构

数据采集层：为激光测距仪、摄像头等传感器开发驱动程序，实现传感器的初始化、配置和数据采集。对原始数据进行去噪、校准等预处理操作，提高数据的准确性和可靠性^[1]。例如，对激光测距仪的数据进行温度补偿和大气校正，消除环境因素对测量的影响。

数据处理层：采用边缘检测、特征匹配等图像处理技术，提取目标区域的特征点。通过机器学习算法（如卷积神经网络）对特征点进行分类和识别，提高目标识别的准确性和鲁棒性。结合激光测距仪的数据和摄像头的图像信息，通过三角测量原理计算出目标与测量车之间的准确距离。采用滤波算法（如卡尔曼滤波）对距离数据进行平滑处理，提高距离计算的稳定性。采用多传感器数据融合技术（如扩展卡尔曼滤波），将激光测距仪、摄像头等传感器的数据进行融合，提高测量的整体准确性和可靠性。

AR显示层：开发基于AR技术的显示软件，实现虚拟测量标尺、注释等信息的实时显示。软件支持用户自定义显示内容和显示方式，满足不同的测量需求。设计直观易用的用户交互界面，方便用户进行测量操作、查看测量结果和调整测量参数。采用语音控制、手势识别等

大创项目：本文系黑龙江省2024年大学生创新创业省级一般项目“基于AR的远程隧道小车”

项目编号：S202413300002

交互方式，提高用户的操作便捷性。

远程控制层：开发远程控制软件，实现远程控制中心对测量车的实时监控和控制。软件支持实时视频传输、语音通话等功能，方便远程操作人员与现场人员进行沟通。设计指令发送和接收机制，确保远程控制中心能够准确发送测量指令并接收测量结果。采用确认和重传机制，保证指令的可靠传输。



图1 基于AR技术的远程测量车软件架构图

2 主要模块设计与实现

2.1 测量设备选型与配置

在基于AR技术的远程测量车设计中，测量设备的选型与配置是至关重要的环节。对于激光测距仪，建议选用知名品牌的高性能脉冲式激光测距仪。这类测距仪不仅具备高精度和高稳定性，而且测量速度极快，能够在短时间内完成多次测量，非常适合远程测量车的需求。为了进一步提升测量准确性，可以考虑采用先进的校准技术，如温度补偿和大气校正。通过实时监测环境温度和大气条件，对测量数据进行相应的调整，从而消除环境因素对测量结果的影响。摄像头的选择同样需要谨慎。建议选用具有高分辨率和广角的工业级摄像头，这类摄像头能够捕捉更多细节，为后续的图像处理提供丰富的信息。同时，摄像头应支持多种图像格式和传输协议，以便与不同的系统进行兼容^[2]。为了提升图像质量，可以应用图像增强技术，如直方图均衡化来增强图像的对比度，锐化技术来突出图像的边缘细节。此外，畸变矫正技术也是必不可少的，它可以有效消除广角镜头带来的图像畸变，确保测量结果的准确性。

2.2 AR显示设备设计与实现

AR显示设备是远程测量车与用户交互的关键组件。建议选用轻便、舒适的AR眼镜，这类眼镜内置高清OLED显示屏和多种传感器，能够为用户提供沉浸式的

AR体验。为了确保虚拟图像与真实场景能够准确对齐，需要对显示算法进行优化。例如，可以采用透视变换算法来调整虚拟图像的角度和位置，使其与真实场景完美融合。同时，深度调整算法也是必不可少的，它可以根据真实场景的距离信息来调整虚拟图像的深度感，使用户感觉更加真实。在AR显示软件的开发方面，Unity3D是一个强大的工具。通过Unity3D，可以实现虚拟测量标尺、注释等信息的实时显示，并且支持用户自定义显示内容和显示方式。例如，用户可以选择不同的测量单位（如米、英尺等）、颜色、字体等来满足自己的需求。此外，为了方便用户进行测量操作和查看测量结果，需要设计一个直观易用的用户交互界面。界面可以包括测量按钮、结果显示区域等，使用户能够轻松完成测量任务。

2.3 数据处理算法设计与实现

数据处理算法是远程测量车的核心部分，它直接关系到测量的准确性和稳定性。在图像处理算法方面，可以利用OpenCV库进行边缘检测、特征匹配等操作。为了提高目标识别的准确性和鲁棒性，建议训练一个卷积神经网络模型对特征点进行分类和识别。通过大量的训练数据，模型可以学习到不同目标的特征，从而在实际测量中能够准确识别出目标。在距离计算算法方面，可以结合激光测距仪的数据和摄像头的图像信息，通过三角测量原理计算出目标与测量车之间的准确距离。为了进一步提高距离计算的稳定性，可以采用卡尔曼滤波算法对距离数据进行平滑处理。卡尔曼滤波算法能够利用历史数据来预测当前数据，从而有效减少测量过程中的噪声和波动^[3]。此外，数据融合算法也是提高测量准确性的关键。可以采用扩展卡尔曼滤波算法将激光测距仪、摄像头等传感器的数据进行融合。通过融合多种传感器的数据，可以弥补单一传感器的局限性，提高测量的全面性和准确性。例如，当激光测距仪受到遮挡或干扰时，可以利用摄像头的图像信息来进行辅助测量，从而确保测量的连续性和准确性。

2.4 远程通信模块设计与实现

远程通信模块是远程测量车与远程控制中心之间数据传输的桥梁。为了确保数据传输的安全性、完整性和实时性，建议设计一套专用的通信协议。协议应明确数据格式（如采用JSON或XML格式）、传输方式（如TCP/IP或UDP协议）、错误校验（如CRC校验或MD5校验）等规则。这些规则可以确保数据在传输过程中不会被窃取、篡改或丢失。在通信接口的开发方面，可以选择基于4G/5G网络的通信接口来实现测量车与远程控制中心之间的高效数据传输。4G/5G网络具有高速、低延迟的特

点,能够满足远程测量车对数据传输速度的要求。为了确保数据的安全性,可以采用SSL/TLS协议进行加密传输。SSL/TLS协议是一种安全的传输协议,能够对数据进行加密和解密,从而防止数据在传输过程中被窃取或篡改。同时,为了提高数据的传输效率,可以采用GZIP压缩技术对数据进行压缩。GZIP压缩技术能够将原始数据压缩成较小的数据包,从而减少网络带宽的占用和传输时间。为了方便其他开发人员进行集成和扩展,建议设计一份简洁明了的API接口文档。文档应提供详细的接口说明、使用示例和参数配置等信息,以便其他开发人员能够轻松上手并进行二次开发。

3 系统预期功能与性能表现

3.1 功能表现

本测量车系统旨在提供一个全面、高效且用户友好的远程测量解决方案。其核心功能在于实时性。同时系统支持多种测量模式,包括单点测量和连续测量等,以适应不同场景下的测量需求。无论是需要快速获取单一数据点,还是对移动目标进行持续追踪,系统都能轻松应对。此外,系统还支持多种测量单位,如米、英尺等,用户可以根据实际需求选择最合适的单位,进一步提高了测量的灵活性和实用性。通过先进的AR眼镜技术,用户能够直观地看到虚拟测量标尺、注释等信息与真实场景的完美融合,这不仅提升了测量的直观性,还极大地提高了测量的准确性。远程控制中心是本系统的重要组成部分,它能够实时监控测量车的状态,包括位置、速度、方向等,确保测量过程的可控性和安全性。同时,远程控制中心还可以发送测量指令,如开始测量、停止测量等,实现远程操控。此外,系统还支持实时视频传输和语音通话功能,方便远程操作人员与现场人员进行实时沟通,确保测量过程的顺利进行。在数据处理方面,系统能够实时处理并存储测量数据,支持数据的查询、导出和分享。用户可以随时查看历史测量数据,进行数据分析和对比。系统还提供数据可视化工具,以图表等形式直观展示测量数据,方便用户进行深入分析和处理^[4]。同时,系统支持云存储功能,确保数据的安全性和可靠性,用户可以随时随地访问自己的测量

数据。

3.2 性能表现

系统的测量精度应达到设计要求,满足实际应用场景对测量准确性的需求。通过校准和误差补偿技术进一步提高测量准确性,确保测量结果的可靠性。系统应能够实时响应用户的测量请求,并在短时间内返回测量结果。优化算法和硬件设备提高系统的实时性,确保测量过程的流畅性和高效性。系统应能够在各种复杂环境下正常工作,如高温、低温、潮湿等环境。采用高质量的硬件设备和稳定的软件系统确保系统的稳定性和可靠性,减少故障和异常情况的发生。系统应具备良好的扩展性,方便后续添加新的测量设备、算法和功能。设计模块化的软件架构和标准化的硬件接口,方便其他开发人员进行集成和扩展。同时,关注行业发展趋势和新技术应用,不断更新和完善系统功能。

结语

本文设计并实现了一款基于AR技术的远程测量车系统,该系统通过融合AR技术与远程测量技术,提供了高精度、高效率的远程测量解决方案。系统具有高精度测量、AR显示功能、远程控制功能以及数据处理与存储功能等优点,能够满足多种应用场景的测量需求。未来,我们将继续对系统进行优化和改进,提高系统的测量精度、实时性和稳定性。同时,我们也将探索将更多先进的传感器和技术融入系统中,如激光雷达、深度学习算法等,以进一步提升系统的性能和功能。此外,我们还将关注用户需求和反馈,不断完善系统的用户体验和交互设计,使系统更加易于使用和推广。

参考文献

- [1]赵新阳,刘博远,马晓春,等.一种多功能智能化探测小车的设计[J].科技创新导报,2020,17(10):69-70.
- [2]王延文,王尔申,赵志杰,等.基于智能小车的多功能测量系统设计[J].电子器件,2019,42(01):184-188.
- [3]李龙,吕宏,蔡新展,等.一种基于光电导航的智能循迹测量小车设计与实现[J].科技创新导报,2018,15(08):3-4.
- [4]李龙,邓兆强,龚聪,等.智能探测小车的设计与实现[J].电子制作,2021,(23):80-82.