

基于超声波测距和单目视觉跟踪的移动机器人系统

施琛琛¹, 熊凯阳²

(1. 航空工业直升机设计研究所, 江西景德镇, 333001; 2. 航空工业直升机设计研究所, 天津, 300000)

摘要: 在移动机器人的发展过程中, 对周围环境的感知能力变得愈加重要。本论文介绍了一种新的移动机器人跟踪目标的方法, 该方法结合了超声波测距和单目视觉技术, 可以实现对目标物的安全跟踪。通过该方法, 移动机器人不仅能够跟踪目标, 还能够与目标保持设定的距离, 从而提高跟踪效率。本论文详细介绍了该方法的设计和实现, 并对实验结果进行了分析和讨论。实验结果表明, 该方法能够有效地实现对目标的安全迅速跟踪。本论文的主要贡献在于提出了一种新的移动机器人跟踪目标的方法, 为进一步提高移动机器人的感知能力和实用价值提供了参考和借鉴。

关键词: 移动机器人系统; 单目视觉; 超声波测距

DOI:10.16589/j.cnki.cn11-3571/tn.2023.06.029

0 引言

移动机器人是一种具有高度智能化和自主性的机器人系统, 可以在不同的环境中完成各种任务。随着移动机器人技术的不断发展, 它们被越来越广泛地应用于许多领域, 如工业、医疗、农业和家庭服务等^[1-2]。然而, 要使移动机器人真正具备实用价值, 需要使其能够感知周围环境并作出相应的反应。因此, 对于移动机器人来说, 感知能力是至关重要的。在移动机器人的发展过程中, 各种不同的感知方法已经被提出和应用于移动机器人系统中, 其中超声波测距^[3]和单目视觉^[4]技术已经被广泛使用。本文提出一种新的方法, 结合超声波测距和单目视觉技术, 实现对目标物的安全跟踪。该方法不仅可以使移动机器人跟踪目标, 还可以使其与目标保持设定的距离, 从而在保证安全性的同时提高跟踪效率。本文将介绍该方法的设计和实现, 并对实验结果进行分析和讨论。我们通过实验验证了该方法的有效性, 结果表明使用该方法的机器人系统可以安全迅速地对目标进行跟踪。本文的主要贡献在于提出了一种新的移动机器人跟踪目标的方法, 并证明了其有效性, 为进一步提高移动机器人的感知能力和实用价值提供了参考和借鉴。

1 方案设计

1.1 系统硬件设计

本移动机器人系统硬件主要有树莓派、超声波测距模块、摄像头、舵机、电机。系统硬件设计结构图如图1所示。

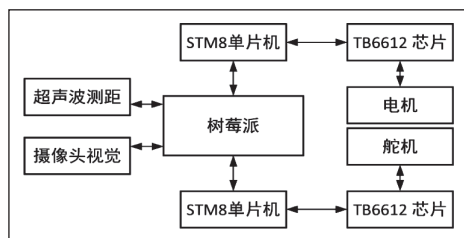


图1 系统硬件设计结构图

树莓派是一种非常流行的单板计算机, 通常被用于控制和管理各种类型的机器人。该移动机器人系统采用的是树莓

派4, 拥有足够的计算能力和内存, 可以实现各种复杂的算法和计算任务。通过连接树莓派的GPIO接口, 可以方便地与其他外围设备进行通信和控制。

超声波测距模块是一种常见的传感器, 可以测量物体与传感器之间的距离。该移动机器人系统采用的是超声波测距模块, 它能够在10cm~4.5m的范围内进行距离测量。通过超声波发射器向目标物体发射超声波并测量其反射时间, 可以计算出目标物体与传感器之间的距离。这种测距模块可以广泛应用于机器人的障碍物避障、目标跟踪和定位等方面。超声波测距原理如图2所示。

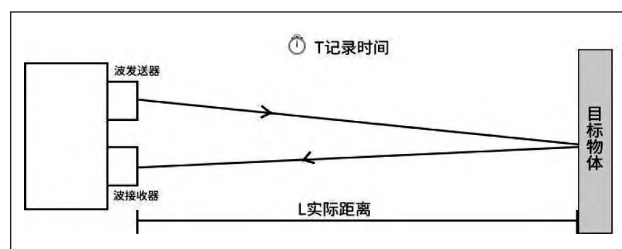


图2 超声波测距原理

单目视觉摄像头是一种常见的机器人传感器, 可以实现对周围环境的感知和目标物体的跟踪。该移动机器人系统采用的是单目视觉摄像头, 可以捕捉图像和视频, 并通过计算机视觉算法实现目标物体的跟踪和姿态估计。通过使用摄像头和超声波测距模块, 可以实现对目标物体的位置、距离和方向的准确感知, 从而为机器人的运动控制和路径规划提供重要的信息。

舵机是一种能够控制角度的电机, 通常用于机器人的运动控制和姿态调整。该移动机器人系统使用的舵机可以实现水平方向上的旋转和俯仰角度的调整, 从而实现对摄像头的方向控制。这种舵机可以广泛应用于机器人的目标跟踪和姿态调整等方面。

电机是一种将电能转换为机械能的设备, 通常用于机器人的运动控制。该移动机器人系统使用的电机可以控制机器人的前进、后退、转向等运动。通过电机的控制, 可以实现对机器人的位置和运动轨迹的精确控制, 从而实现对目标物

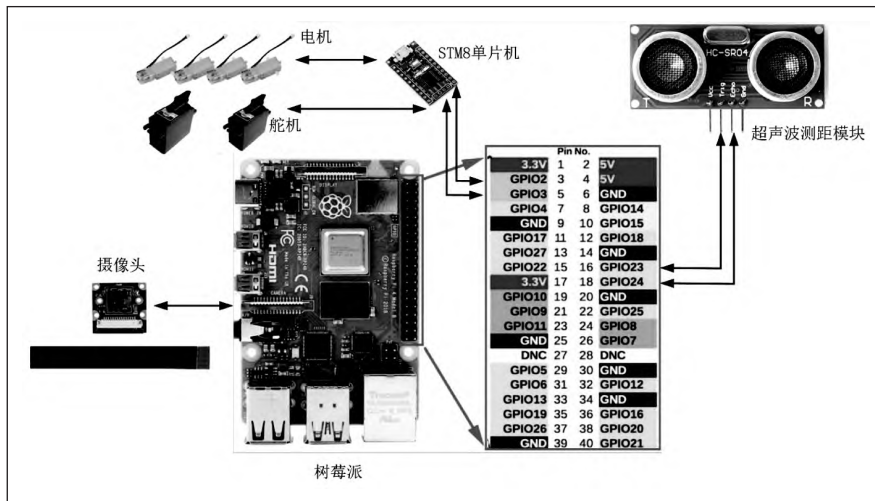


图3 硬件模块连接示意图

体的跟踪和路径规划等功能。

通过系统硬件设计结构图及各硬件模块的特性，可以得到硬件模块的连接示意图，硬件模块连接示意图如图3所示。

1.2 系统软件设计

该移动机器人系统的软件架构主要分为三个部分：感知、决策和控制。其中，感知部分负责通过传感器感知机器人周围的环境，包括目标物体的位置、距离和方向等信息；决策部分负责根据感知到的信息做出运动控制决策，包括确定机器人的运动轨迹和速度等；控制部分负责将运动控制命令转换为电机和舵机的控制信号，实现对机器人的运动控制和目标跟踪。

具体来说，该移动机器人系统的软件设计主要包括以下几个模块：

(1) 感知模块：主要负责获取机器人所处环境的信息和目标物体的特征，并将其转化为数字信号，以便后续的处理和分析。在该系统中，使用单目视觉摄像头作为主要感知传感器，获取目标物体的图像信息。该系统使用了 OpenCV 库中的图像处理算法，对摄像头获取的图像进行处理，提取目标物体的特征，如颜色、形状等，进而实现目标物体的识别和跟踪。同时，该系统还使用超声波测距模块获取目标物体与机器人之间的距离信息，以便后续的决策和控制。

(2) 决策模块：主要负责根据感知信息和运动控制目标生成机器人的运动控制策略和路径规划方案。在该系统中，决策部分采用基于状态机的控制策略，对机器人进行控制和调度。该系统还采用了路径规划算法，对机器人的运动路径进行规划和优化，以保证机器人能够以最短的路径、最快的速度到达目标物体。

(3) 控制模块：主要负责将决策部分生成的运动控制命令转化为机器人实际运动的控制信号，并通过舵机和电机

控制机器人的运动。在该系统中，使用舵机控制摄像头的方向和姿态，以便获取更好的图像信息。同时，使用电机控制机器人的运动方向和速度，以实现目标物体的跟踪和路径规划等功能。此外，该系统还使用了 PID 控制算法，对机器人的运动进行精确的控制和调整，以保证机器人能够安全地跟踪目标物体。

(4) 通信模块：该模块负责实现机器人与外部设备的通信和数据传输，包括通过 WiFi 或蓝牙等

无线通信方式与远程控制设备进行通信，以及通过串口或 GPIO 等有线通信方式与树莓派等主控板进行通信。

在实现上述模块的基础上，该移动机器人系统的软件设计还涉及算法实现、运动规划。

综上所述，感知、决策和控制三部分是该移动机器人系统中非常重要的组成部分，它们协同工作，实现了对目标物体的安全跟踪和路径规划等功能。同时，该系统采用了先进的技术和算法，具有较高的实用价值和应用前景。系统软件设计的整体架构图如图4所示。

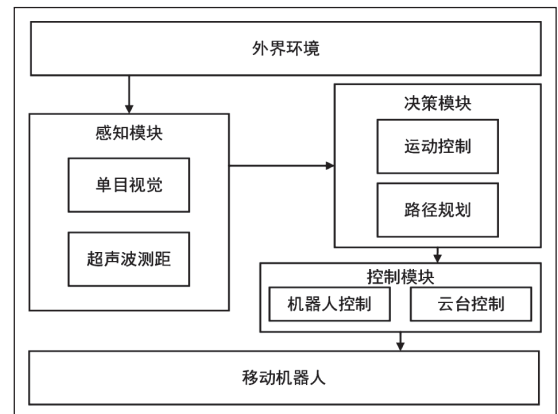


图4 软件架构

要结合超声波测距和单目视觉来让移动机器人在和目标保持一定的距离下安全地跟踪目标，需要一个算法设计。具体算法介绍如下：

首先我们需要设置一个移动机器人和跟踪目标物之间需要保持的距离。超声波测距模块周期测量移动机器人和跟踪目标物之间的距离，控制电机使移动机器人和跟踪目标物之间的距离为前面设定的距离。

摄像头通过视频数据和目标识别算法来识别目标物在画面中的位置，获取到目标物在画面中的位置后，就可以控

制舵机来旋转摄像头,使目标物在画面中的位置在正中央。

通过这样一个算法设计,我们就可以实现在跟踪目标物的同时,和目标物保持一个设定的距离。该算法设计的流程如图5所示。

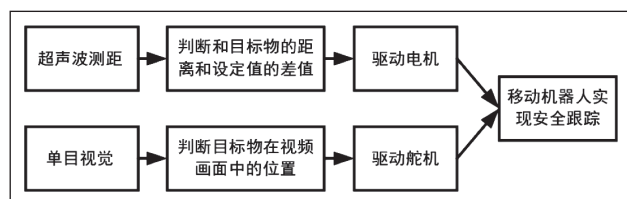


图5 算法设计流程

1.3 系统图形处理算法

当然,OpenCV库是一款非常强大的计算机视觉库,提供了丰富的图像处理和计算机视觉算法,包括图像预处理、特征提取、目标检测、目标跟踪等。在该移动机器人系统中,主要使用了OpenCV库中的图像预处理和目标跟踪算法。

图像预处理是计算机视觉领域中非常重要的一个环节,其目的是对原始图像进行预处理和优化,以便后续的特征提取和目标识别。在该系统中,主要使用了OpenCV库中的色彩空间转换、图像滤波和二值化等图像预处理算法。其中,色彩空间转换算法可以将RGB颜色空间转换为HSV颜色空间,以便更好地识别不同颜色的目标物体;图像滤波算法可以去除图像中的噪声和干扰,提高目标识别的准确性;二值化算法可以将图像转换为黑白二值图像,方便后续的轮廓检测和目标跟踪。

目标跟踪是该系统中非常重要的一个环节,其目的是对目标物体进行跟踪和定位,以便后续的决策和控制。在该系统中,主要使用了OpenCV库中的基于颜色和形状的目标跟踪算法。其中,基于颜色的目标跟踪算法可以通过颜色空间转换和色彩分割等技术,实现对目标物体的颜色识别和跟踪;基于形状的目标跟踪算法可以通过轮廓检测和形状匹配等技术,实现对目标物体的形状识别和跟踪。通过这些目标跟踪算法,可以实现对目标物体的稳定跟踪和定位,为后续的决策和控制提供必要的信息。

综上所述,OpenCV库是计算机视觉领域中非常重要的一款开源库,提供了丰富的图像处理和计算机视觉算法,可以实现对目标物体的识别、跟踪和定位等功能。在该移动机器人系统中,OpenCV库的应用为机器人的感知和控制提供了强大的技术支持。

2 实验过程和结果

2.1 实验设定和目标

在本次实验中,我们使用了树莓派、超声波测距模块、

摄像头、舵机和电机等硬件,设计了一种移动机器人系统,旨在通过使用超声波测距和单目视觉跟踪,实现对目标物的安全跟踪。实验的目标是验证该方法的有效性,同时评估系统在目标跟踪中的表现。

2.2 测距与视觉跟踪效果

我们通过对机器人进行调试和实验,发现使用超声波测距和单目视觉跟踪的方法,能够实现对目标物体的安全跟踪。

基于超声波测距和单目视觉跟踪的移动机器人系统在实际测试中的效果图如图6和图7所示。



图6 单目视觉跟踪效果示意图



图7 超声波测距和单目视觉跟踪效果示意图

在实验中,机器人能够准确测量目标物体的距离,并能够通过单目视觉跟踪实现对目标物体的追踪。在跟踪过程中,机器人能够和目标保持设定的距离,避免了碰撞和损坏的风险。此外,该系统还具有较高的稳定性和精度,能够在复杂的环境中稳定运行。

2.3 实验结果分析

我们将使用超声波测距和单目视觉跟踪的方法与其他方法进行了比较,发现该方法具有许多优点。首先,使用超声波测距和单目视觉跟踪的方法可以在不需要复杂传感器和算法的情况下,实现对目标物体的追踪。其次,该方法具有较高的稳定性和精度,能够适应不同的环境和场景。最后,使用该方法可以避免机器人和目标物体的碰撞和损坏的风险,提高了系统的安全性和可靠性。

2.4 实验中的问题和解决方法

在实验过程中,我们遇到了一些问题,例如硬件故障、软件问题等。通过对问题的分析和解决,我们最终解决了这些问题,并保证了实验的顺利进行。例如,在实验中发现摄像头的图像质量不够清晰,导致机器人不能够准确地跟踪目标物体。我们通过更换高质量的摄像头解决了这个问题,提高了系统的准确性和稳定性。

3 结论

当今社会,机器人技术的应用越来越广泛,而机器人的

(下转第15页)

部 STM32 的 PB10 相连在 I²C 通信中为数据管脚, SCL 引脚与外部 STM32 的 PB11 相连在 I²C 通信中为时钟管脚。0.96 寸 OLED 屏模块外围电路中通常将 SDA 引脚与 SCL 引脚上拉一个 4.7k 的电阻。0.96 寸 OLED 屏模块连接电路图如图 10 所示。

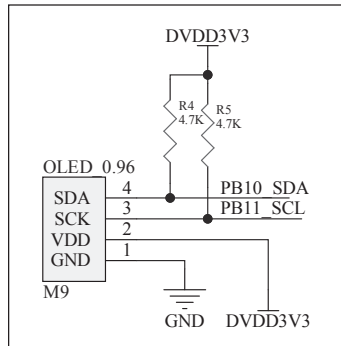


图 10 0.96 寸 OLED 屏模块连接电路连接

3 硬件实物调试

从机设备与主机设备硬件设计完全相同, 不同之处是烧入的程序不同。从机设备 OLED 屏幕上方显示的是“Slave1”或“Slave2”, 屏幕下方显示的是从设备实时采集的传感器数据, 主设备每隔 3 秒听过 LoRa 模块向从设备读取数据, 如温度值、烟雾浓度值、非法入侵次数、事件异常次数。为了减小硬件电路板体积, 本设计将温度传感器、烟雾传感器、可燃气体传感器放到 PCB 板背面了。硬件系统以两个从设备一个网关设备为例, 图 11 为两个从设备和一个网关设备实物图, 网关通过 WiFi 模块将三个设备采集的数据上传到云端。

4 结论

本文主要针对智能家居安防系统的硬件电路进行了设

.....
(上接第 18 页)

目标跟踪技术是其中的重要研究领域之一。本次实验中, 我们设计并实现了一种基于超声波测距和单目视觉跟踪的移动机器人系统, 旨在实现对目标物体的安全跟踪。

通过对实验的调试和分析, 我们发现使用超声波测距和单目视觉跟踪的方法能够实现对目标物体的跟踪, 并具有较高的稳定性和精度。在跟踪过程中, 机器人能够准确地测量目标物体的距离, 并通过单目视觉跟踪实现对目标物体的追踪。此外, 该系统还具有避免碰撞和损坏的风险的特点, 提高了系统的安全性和可靠性。

与其他方法相比, 该方法具有简单、可靠、实用等优点, 不需要复杂的传感器和算法, 适用于不同的环境和场景中的移动机器人目标跟踪任务。在机器人导航、安防监控、智能

计与搭建, 包括 WiFi 模块电路、LoRa 无线模块电路、烟雾及可燃气体监测电路、OpenMV 嵌入式视觉模块电路、非法入侵事件监测电路、主控系统板电路。经过联网调试, 嵌入视觉检测技术的智能家居安防系统能够准确实时的监测家居环境, 良好的交互性能提高用户使用满意度。

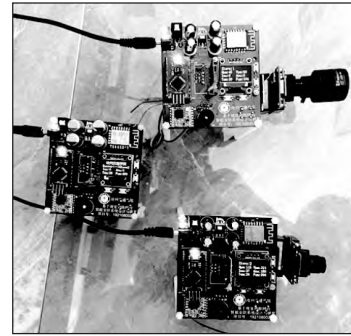


图 11 从机设备和网关实物图

参考文献

- * [1] 朱震, 夏云忠. 基于多传感器数据融合的智能家居安防系统的研究与设计 [J]. 科技视界, 2021(17):176-178.
- * [2] 何云飞, 王利松, 陈黄立. 基于无线传感器网络的智能家居安防系统设计 [J]. 无线互联科技, 2022,19(09):89-91.
- * [3] 徐根祺, 曹宁, 谢国坤, 张正勃, 李璐. 基于 STM32F103ZET6 的火灾自动报警系统设计 [J]. 工业仪表与自动化装置, 2022(04): 19-23+126.
- * [4] 刘庆婷, 陈梅. 基于 OpenMV 的智能门卫系统 [J]. 信息技术与信息化, 2021(06):273-277.
- * [5] 宋维, 周新虹. 基于 LoRa 技术的智慧校园物联网数据网关的设计与实现 [J]. 信息技术与信息化, 2020(11):208-212.

通信作者: 崔金龙。

家居等领域, 该方法都有着广泛的应用前景, 能够实现人机交互、自主导航、智能化管理等目标, 提高生产效率和生活质量。因此, 本次实验的结果具有实际应用价值和推广意义。

参考文献

- * [1] 任福继, 孙晓. 智能机器人的现状及发展 [J]. 科技导报, 2015, 33(21):32-38.
- * [2] 徐方. 我国机器人产业现状分析与发展研判中国科学院院刊 [J]. 2015(6):782-784.
- * [3] 陈远. 基于超声波传感的障碍物检测和测距系统设计 [J]. 电子科技大学. 2019.
- * [4] 孙彪. 基于单目视觉的运动目标跟踪定位 [J]. 四川兵工学报, 第 31 卷, 第 4 期.