

文章编号: 2095-2163(2020)11-0158-03

中图分类号: TP242.3

文献标志码: A

面向指挥导航的室内机器人系统研究

吴轶凡, 王国庆, 苑文峰, 陈 凯, 王明圣, 牛雨乔, 姚 鸿

(长安大学 工程机械学院, 西安 710064)

摘要: 针对室内机器人的精确定位和视觉追踪等问题, 本研究提出了一种面向指挥导航的室内机器人导航系统设计方案。以多核异构架构思想, 设计了室内机器人的控制器。将鱼眼相机作为指挥者, 放置在室内高处, 对室内机器人的视觉定位与动态追踪、控制的方案进行了设计。重点完成了以下研究: 设计了室内机器人控制器, 分别在不同硬件模块内实现室内机器人的运动控制、信息通讯和信号采集等功能, 有效提高了室内机器人控制器的通用性, 同时降低了其生产成本。

关键词: 室内机器人; 面向指挥; 多核异构

Research on indoor robot system for command and navigation

WU Yifan, WANG Guoqing, YUAN Wenfeng, CHEN Kai, WANG Mingsheng, NIU Yuqiao, YAO Hong

(School of Construction Machinery, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

[Abstract] Aiming at the precise positioning and visual tracking of indoor robots, a design scheme of indoor robot navigation system oriented to command and navigation is proposed. Based on the idea of multi-core heterogeneous architecture, the controller of the indoor robot is designed, and the design scheme for the visual positioning, dynamic tracking and control of the indoor robot is designed with the fisheye camera as the commander and placed at a high indoor place. The focus is on the following research: Designing an indoor robot controller, implementing functions such as motion control, information communication, and signal acquisition of the indoor robot in different hardware modules, effectively improving the versatility of the indoor robot controller and reducing its production cost.

[Key words] Indoor robot; Command oriented; Multi-core heterogeneous

0 引言

随着大数据、云计算、人工智能等技术的日趋成熟, 以及其与机器人、机械控制等领域的融合, 致使智能化设备日新月异。室内服务机器人是人类智慧与科学技术的完美结合, 其研究涉及机械、自动化、控制、传感器技术、信号处理、并行计算等多方面的前沿技术。

国外关于室内机器人的研究较早, 在学术成就及科技产品上都有令人瞩目的成果。文献[1]在前人研究的基础上, 通过将场景识别引入到 SLAM, 继而创建了语义地图, 并将该语义地图应用于机器人 Johnny 中, 实现了在生成的已知室内环境地图中的定位与导航; 文献[2]提出了室内机器人在大规模复杂环境下的一种定位导航方案, 并将方案应用于商场导购机器人; 文献[3]重点研究了餐厅内机器人的移动定位问题, 在双目摄像机观测路标定位与视觉传感器的全局观测定位方法相结合的基础上, 通过粒子滤波定位和立体图像匹配方法, 使得室内移动机器人更加智能化和自动化。在抗击新型冠状

病毒的疫情中, 南京第一医院通过室内机器人, 对隔离病房和发热门诊等特殊区域进行消毒, 有效地减少了医院工作人员感染的风险^[4]。

本文对面向指挥的室内机器人的总体方案和控制进行了分析研究。方案分为二部分: 总体导航方案设计和室内机器人控制系统硬件的方案设计。

1 面向指挥导航的室内机器人总体设计

1.1 总体导航方案设计

为降低室内机器人导航成本, 采用视觉导航和惯性导航数据信息, 实现对已知室内环境下室内机器人的导航和定位。即在室内顶部安装一部鱼眼摄像机, 动态获取室内整体环境的俯视图, 并将俯视图作为室内机器人的导航地图, 导航架构如图 1 所示。针对室内光照的强弱、反光等光照问题对视觉识别的影响, 通过设置一些高亮度的标志, 避免了系统标志物无法识别的情况发生。控制室内机器人移动之后, 鱼眼摄像机能够动态地追踪移动的室内机器人, 获得室内机器人移动过程中的动态坐标数据, 将该

基金项目: 长安大学大学生创新创业国家级项目资助(S202010710054)。

作者简介: 吴轶凡(1997-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 自动化控制和机械电子工程。

收稿日期: 2020-10-03

位置点坐标显示在监控界面上,获得该室内机器人的运动轨迹。同时,室内机器人也可通过惯性导航的方式作为辅助导航,在一定程度上提高机器人导航定位时的精度。为降低研发成本,将室内机器人搭载 Android 手机。利用 Android 手机的内置陀螺仪,获取室内机器人的移动加速度,并对该加速度进行积分,获得室内机器人的速度和位置,从而实现室内机器人的惯性导航。

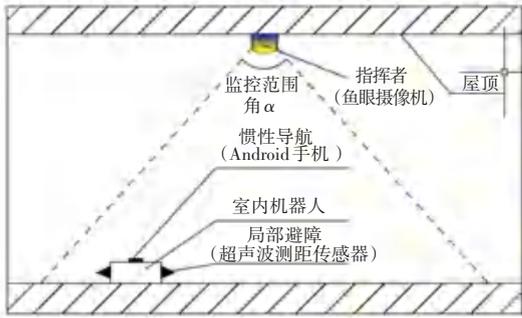


图 1 导航架构图

Fig. 1 Navigation architecture diagram

1.2 室内移动机器人原型系统设计

室内机器人原型系统主要由 4 部分组成:标志层、功能层、控制层和底盘。标志层处于室内机器人的顶部,并用来放置高亮标志物,达到易于被室内环境顶部的鱼眼摄像机识别的目的;功能层与室内机器人的应用场合有关,需要跟随实际情况做出调整以实现机器人在实际应用环境中的功能。控制层通常为室内机器人机械平台,放置导航系统硬件控制器以及系统传感器等硬件设施的预留层;底盘部分装有室内机器人原型系统的行走和驱动装置,主要实现室内机器人的行走、转向、刹车等功能。

室内机器人原型系统的底盘主要由驱动轮、从动轮、光电编码器、回转支承、刹车装置、转向传动装置、驱动电机、转向电机、底盘框架等组成。

室内机器人采用轮式底盘,形状为圆形,驱动轮在前,从动轮在后的三轮底盘架构,从而能够提高室内机器人直行与转弯时的通过性。

2 机器人控制系统硬件设计

室内移动机器人控制系统设计,采用以模拟模块、通讯模块、运动控制模块和 PC 端软件为主体的多核异构架构。室内机器人控制系统主要分为通信模块、驱动模块、信号处理模块、电源模块等模块的设计。本文主要对室内机器人控制器硬件的总体架构进行了设计,同时对传感器模拟信号采集模块进行了研究。

2.1 控制器硬件总体设计

为提高控制器的效率,将硬件的功能异构重组后,划分到几个不同的模块内,每个模块都具有可以进行独立逻辑运算的处理主芯片,功能模块间的数据传递通过自定义的增强型 SPI 进行数据通信。

导航系统硬件部分由以下 3 个主要模块组成:模拟信号处理模块,信息通讯模块和运动控制模块。模拟信号处理模块的主要功能是传感器信号采集和数据处理,同时产生相应的模拟信号输出;硬件控制系统和上位机之间通过信息通讯模块进行数据交互,该模块可选择多种通讯模式,控制信息通过该模块传递给各模块的主芯片,同时将各模块的数据上传给上位机;运动控制模块主要负责控制舵轮电机以及用于回转支承的转向电机,从而控制移动平台前进、后退和转弯等动作^[5-6],硬件控制系统的总体架构如图 2 所示。

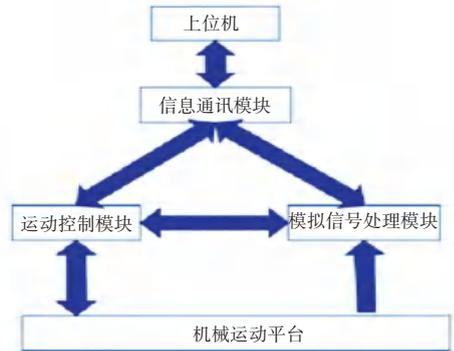


图 2 硬件控制系统总体架构

Fig. 2 Overall architecture of hardware control system

3 个模块之间无主次之分,可以互为主从关系,且相应控制程序由对应的主芯片来烧写。可根据具体的应用场景来确定主要处理模块,实现了多核异构架构的通用性。

模拟信号处理模块采用 ARM Cortex-M4 为内核的 STM32F303 系列主芯片,可对数据进行浮点运算且处理范围较大,其次,芯片自带的 DSP 库有利于传感器信号的处理,降低了控制系统的开发难度。

2.2 模拟信号处理模块设计

对于室内导航机器人,需要面对复杂室内环境中的各种挑战,需要接收各种传感器所采集的信号。如温度传感器、压力传感器和光线传感器等,这些信号的高精度传感器大多为模拟量。因此,各传感器的数据采集和数据处理模块的准确性是硬件电路设计的重点。模拟信号处理模块主要由 5 个模块组成:信号采集子模块、模拟信号生成子模块、电桥信号处理子模块、相关模块间通信电路和电源模块,模

拟信号处理模块实物图如图3所示。



图3 模拟信号处理模块

Fig. 3 Analog signal processing module

模拟信号采集子模块主要由3部分组成:采集芯片、模拟信号选择电路、稳压电路。采集芯片为AD8422,模拟信号选择电路由CD4052和CD4051组成,稳压电路由LM385、OP1177H和LM334组成。AD8422处理芯片精度较高,功效和噪声较小,并且该芯片输入范围较宽,适合处理传感器信号。AD8422需要提供1.27V的参考电压,该电压可对 $\pm 10\text{ V}$ 的传感器电压进行比例衰减。该模块的模拟通道为8路,其中6路模拟通道可以实现3个差分或6个单端电压信号,采集传感器的电压最大为 $\pm 10\text{ V}$,剩余2路模拟通道用于采集4–20 mA的电流信号,使用两个模拟开关CD4052B实现模拟通道的切换。

电桥信号采集子模块可以采集两路电桥信号,并对电桥信号进行标定和量化。子模块采用HX711为主芯片进行电桥信号的处理,并且在芯片内集成稳压电源、晶振信号等外围电路。在降低硬件成本的同时保留了芯片较强的抗干扰能力和响应速度,提高了模块的整体性和可靠性。

波形生成子模块是信号发生模块,可以生成多种波形的模拟信号,如正弦波、三角波、方波等。该

模拟信号可用于各种测量、激励和时域响等领域。子模块波形的生成通过主芯片中程序对模块内数控振荡器、频率和相位调制器、SIN ROM、DAC的读写来进行控制。

电源子模块提供了两种供电方式:USB接口和插座式接口,供电电压选择+5 V。通过AMS1117芯片实现+5 V转换为+3.3 V的电压,电源模块-5 V电压的供给通过ICL7660芯片实现,通过电压转换芯片TPS65130将+5V电压转换为+15 V电压,同时该电压也可为其它子模块提供电压,有效地提高系统的整体性。

3 结束语

针对室内导航机器人的系统的准确定位问题,设计研究了面向指挥导航的室内机器人系统的导航方案,同时在一定程度上降低了机器人控制器成本,提高了响应速度,并对该模拟信号采集控制器的各子模块的设计与各子模块关系进行研究。将室内机器人的信号采集、通讯和运动控制等功能分置于不同硬件模块内,对模拟信号采集模块的硬件开发问题上进行了设计研究,提高了其通用性。同时控制系统对上位机的响应速度以及对机械运动驱动和控制的可靠性也有所提高。

参考文献

- [1] BREUER T, MACEDO G R G, HARTANTO. Johnny: an autonomous service robot for domestic environments [J]. *Journal of Intelligent & Robotic System*, 2012, 66:245–272.
- [2] 陈赢峰. 大规模复杂场景下室内服务机器人导航的研究[D]. 合肥:中国科学技术大学,2017.
- [3] 于清晓. 轮式餐厅服务机器人移动定位技术研究[D]. 上海:上海交通大学,2013.
- [4] 高科技助力防控疫情,三大“神器”齐装上阵! [EB]. <http://www.njsdyyy.com.cn/yiyuanxinwen/yiyuandongtai/2020-02-07/4045.html>.
- [5] 胡延鹏,王国庆,王强,等. 多核异构服务机器人通用可编程控制系统研究[J]. *测控技术*, 2019, 38(12):17–21.
- [6] 黄鑫,王国庆,任鹏博,等. 桌面型拳击机器人动力学系统研究[J]. *机械设计*, 2019, 36(11):32–36.
- [7] STAMATOPOULOS N, GATOS B, LOULLOUDIS G, et al. ICDAR 2013 Handwriting Segmentation Contest [C]// *International Conference on Document Analysis & Recognition*. IEEE, 2013:1402–1406.
- [8] SU T, ZHANG T, GUAN D, et al. Corpus-based HIT-MW database for offline recognition of general-purpose Chinese handwritten text[J]. *International Journal on Document Analysis and Recognition*, 2007, 10(1):27–38.
- [9] SIMISTIRA F, SEURET M, EICHENBERGER N, et al. DIVA-HisDB: A Precisely Annotated Large Dataset of Challenging Medieval Manuscripts[C]. // *International conference on frontiers in handwriting recognition*, 2016: 471–476.
- [10] GRUNING T, LABAHN R, DIEM M, et al. READ-BAD: A New Dataset and Evaluation Scheme for Baseline Detection in Archival Documents[J]. 2018:351–356.
- [11] MAHMOUD S A, AHMAD I, ALKHATIB W G, et al. KHATT: An open Arabic offline handwritten text database [J]. *Pattern Recognition*, 2014, 47(3):1096–1112.
- [12] FISCHER A, INDERMÜHLE E, BUNKE H, et al. Ground truth creation for handwriting recognition in historical documents [C]// *Proceedings of the 9th IAPR International Workshop on Document Analysis Systems*. 2010:3–10.

(上接第157页)