

基于树莓派的无人值守信息处理系统

罗顺元, 李志强, 马文颢

(哈尔滨工程大学 信息与通信工程学院, 哈尔滨 150001)

摘要: 国内畜牧业智能化程度不高, 相关环境监测系统依赖进口; 针对这种情况, 结合树莓派和多传感器设计并实现了一种无人值守信息处理系统, 采用温度、湿度、图像和声音等传感器阵列, 通过树莓派 wiringPi 驱动库进行驱动, 实现对猪场的复杂环境进行实时监测; 程序设计中采用多进程技术使各模块协同工作, 保证了系统稳定高效运行; 图像处理算法基于 Open Source Computer Vision Library (OpenCV) 设计, 通过对图像中目标物的特征进行扫描, 从而判断目标物状态; 系统数据经处理后, 通过树莓派板载的 WIFI 传输到上位机, 便于生成数据日志; 整个测试系统搭载在一个移动平台上, 能够实现移动监测; 本系统经过测试, 系统稳定运行, 温湿度数据测量精度可达 0.1, 系统能够对危险情况及时响应。

关键词: 环境监测; 图像处理; 智能猪场

Unattended Information Processing System Based on Raspberry Pi

Luo Shunyuan, Li Zhiqiang, Ma Wenhao

(College of Information and Communication Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China)

Abstract: The intelligent degree of domestic animal husbandry is not high and the related environmental monitoring system depends on the import. In response to this situation, an unattended information processing system was designed and implemented based on Raspberry Pi and multisensor. The platform used temperature, humidity, image and voice sensors array which were driven by raspberry wiring Pi drive library to realize the real-time monitoring on the complex environment of pig farm. In the program design, multi process technology is used to make the modules work together to ensure the stable and efficient operation of the system. The image processing algorithm is designed based on Open Source Computer Vision Library (OpenCV) and the target state is judged by scanning the characteristics of objects in images. Measured data were processed and transmitted to PC through the Raspberry Pi WIFI to build the log file. The driver of the hardware was realized by using the wiringPi integrated library. The whole test system was carried on a mobile platform to realize mobile monitoring. In system testing, the system runs steadily, the measurement accuracy of temperature and humidity data is up to 0.1, and the system can respond to the dangerous situation in time.

Keywords: environment monitoring; image processing; intelligent piggery

0 引言

随着畜牧养殖产业的规模化、集约化, 使得畜牧业生产厂家对畜禽舍环境调控设备的需求量急剧增加。我国的养猪业生产水平和国外发达国家相比还比较落后, 其中猪舍或猪场的环境问题是导致我国养猪业生产力水平低下的重要限制因素。猪舍环境是一个多变量、大惯性、非线性系统, 并且存在耦合, 延时等现象, 传统方法在猪舍的环境调控中, 环境因素之间缺乏有机的联系, 调控系统的设计多不完善, 难以适应现代化管理的要求。

近些年来, 伴随着传感器与处理器技术蓬勃发展, 各式各样的传感器被应用于多种领域。高精度测量传感器的广泛应用使得环境测控系统也取得了迅速的发展。嵌入式系统方面, 由英国慈善组织“Raspberry Pi 基金会”开发的树莓派微型主板自问世以来以其强大的功能和小巧的体积备受开发者青睐, 这款基于 ARM 的微型主板几乎具备了个

人计算机所有的基础功能为低成本硬件应用系统的开发提供了可能。软件方面, 数字图像处理技术在许多领域已得到广泛的应用。随着计算机技术和人工智能、思维科学研究的迅速发展, 数字图像处理向更高、更深层次发展。人们已开始研究如何用计算机系统解释图像, 实现类似人类视觉系统理解外部世界, 这为通过图像识别的方法进行区域无人化监管提供了可能。

综合上述条件, 为解决当前国内养猪场成本投入高, 硬件铺设困难的问题, 结合树莓派开发技术, 设计并实现了一种无人值守信息处理系统, 以满足对大型猪舍环境管理的需求。

1 系统总体设计

本系统主要应用于大型养猪场, 设计的关键在于对环境变量的准确监测和对硬件成本的把控。整体系统可以分为数据采集与处理、数据传输和移动平台 3 个部分。所采集的环境变量主要为温度、湿度、空气质量、声音以及图像信息。系统中传感器独立外接与中央控制器, 各传感器独立工作, 采集的数据信息通过物理连接传入树莓派, 树莓派将采集到的数据进行处理, 并做出相应的响应。处理

收稿日期:2018-02-13; 修回日期:2018-03-20。

基金项目:国家载人航天专项工程。

作者简介:罗顺元(1996-), 男, 山东省潍坊市, 在读本科生, 主要从事电子信息工程方向的研究。

完毕的数据通过物理连接直接显示于本地显示设备,同时数据通过 WiFi 传输协议上传至远程监控端,生成运行日志。监控端由一块树莓派搭建而成。系统总体设计框图如图 1 所示。

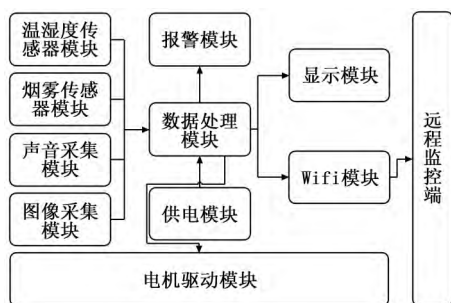


图 1 系统总体设计框图

2 硬件系统

本系统的硬件部分主要包括核心控制模块,多种传感器模块,声音采集模块,图像采集模块,移动平台,报警模块,WiFi 模块,显示模块,供电模块和远程监控端等。

2.1 核心控制模块

核心控制模块是整个系统的核心部件,承担着驱动传感器、接收数据信息、处理信息的中央任务。考虑到成本和技术要求,采用树莓派 3B 作为核心控制模块。树莓派是当前应用广泛的控制平台之一,它是基于 ARM 的微型电脑主板,几乎具备传统 PC 的所有基本功能。树莓派具有丰富的 GPIO 接口,支持诸如 I2C 协议, SPI 协议, 串口通信协议等主流信息传输协议,能够同时挂载多种器件。对于需要挂载在同一针脚的不同器件,可采用时分复用的方式,不同时刻分别驱动不同器件,这样有效解决控制器 IO 资源分配的问题。

2.2 传感器模块

传感器模块主要用于对环境变量的监测,并将数据传送到核心控制模块进行处理与传输。

2.2.1 温湿度传感器模块

本系统选用 AM2302 温湿度传感器进行温湿度信息的采集。AM2302 是一款含有已校准数字信号输出的温湿度符合传感器,拥有极高的可靠性与卓越的长期稳定性,具有响应快,抗干扰能力强,性价比高等优点。AM2302 温湿度传感器模块与树莓派以单总线的方式连接,仅占用一个 GPIO 接口。供电可直接与树莓派供电口并联,无需外接电路。

2.2.2 烟雾传感器模块

采用 MQ-135 空气污染监测传感器作为空气指数采集设备。该传感器对氨气、硫化物、苯系蒸气的灵敏度极高,具有寿命长,低成本,驱动简单等优点广泛应用于气体检测领域。MQ-135 空气污染监测传感器配备预热电路,通过感应模块电阻值的变化反馈环境信息。MQ-135 模拟输出与 A/D 转换器 PCF8591 连接。PCF8591 挂载在树莓派的

I2C 总线上,树莓派能够通过寻址获取信息。

2.2.3 声音采集模块

树莓派板载 USB 口资源,采用树莓派外接 USB 声卡配合 3.5 mm 接口麦克风进行声音采集,确保设备能够保证以标准采样频率 44100 Hz 进行录音。

2.2.4 图像采集模块

选用豪威科技出产的 OV5647 摄像头模组该模组具有价格低廉,驱动简单等特点。模组通过 FFC 软排线与树莓派预留的摄像头接口直接相连,能够完成实时采集图像的任务。

2.2.5 显示模块

显示模块选用微雪出品的 4.2inch 墨水屏模块。相较于 LCD 显示设备,墨水屏具有功耗低,视角宽,显示清晰,掉电保持等特点,十分适用于猪舍环境的显示应用。墨水屏与树莓派通过 SPI 总线相连,接收树莓派显示指令。

2.2.6 WiFi 模块

树莓派主板具有板载 WiFi 模块,通过 pythonsocket 编程可完成双机数据的互传工作。可实现本地数据上传至远程监控端。

2.2.7 报警模块

报警模块采用 WT588D 语音芯片模块 Pulse Width Modulation (PWM) 输出直接驱动 0.5W/8Ω 扬声器。该语音芯片模块带 SPI-Flash,可提前录制并存储多段不同的 WAV 格式报警信号音频,以便在不同的报警需求下播放相应的报警信号。

2.2.8 供电模块

系统供电采用电池供电,所选电池为航模锂电池,后级配合 3 个 7805 系列稳压芯片并联,进行稳压输出。单片 7805 稳压芯片理论输出电压 5 V,最大输出电流 1.5 A,三片并联理论输出电压为 5 V,理论最大供电电流达 4.5 A,保证了充足的电流供应。

2.2.9 移动平台

移动平台由四轮小车、电机驱动模块以及陀螺仪 MPU6050 组成。电机驱动模块选用 LM298N 双通道电机驱动模块,通过树莓派 GPIO 进行模拟占空比 50%,50Hz 的 PWM 输出,从而对移动平台进行调速。转向部分,通过改变小车舵机控制信号的占空比可以调节舵机转动,实现小车转向。四轮小车中心固定有陀螺仪,能够回传小车运行时在空间坐标系中的位置信息,系统依据陀螺仪回传数据能够进行方向控制,重心调整等动作,保证小车运行稳定。

3 软件系统

软件系统主要包括各模块的驱动程序,数据收发程序,数据处理算法程序以及系统响应命令程序。其主要是树莓派端核心控制程序与数据处理程序的设计。

3.1 树莓派端功能的实现

树莓派微型主板在上电后主要完成各个模块的初始化,等待开始信号后,控制数据采集模块进行数据的收集工作,

将所收集的数据进行处理并显示，并通过 WiFi 模块上传至上位机（PC）。预设监测猪栏数为十个。其程序流程图如图 2 所示。

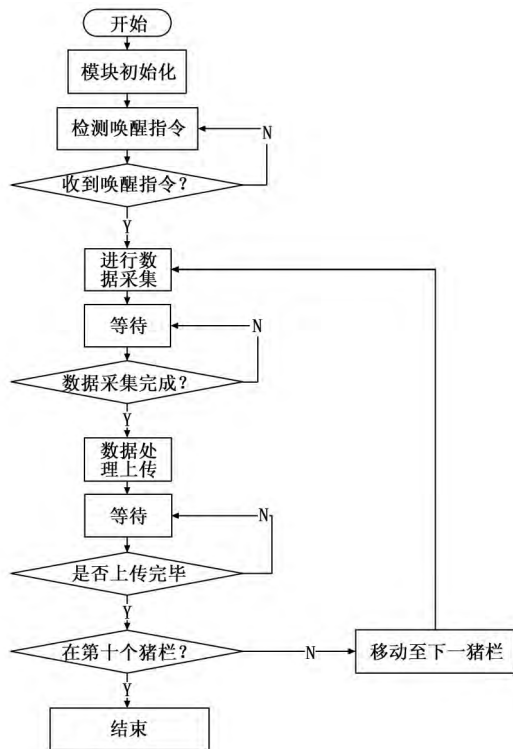


图 2 树莓派端程序流程图

3.2 环境变量数据处理程序设计

传感器将所采集的环境变量信息通过数据总线上传至树莓派。树莓派对所得数据进行可信度判断后，写入运行日志。数据处理程序读取运行日志中数据，进行数据融合操作，评估程序结合所得的融合结果通过查表的方式对当前环境是否适宜猪只生长做出判断。环境变量数据流如图 3 所示。

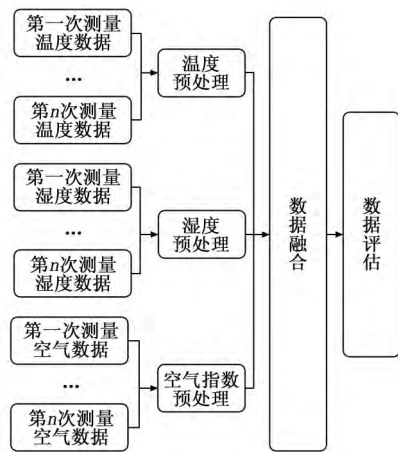


图 3 环境变量数据融合过程

现实环境中，环境变量在一定时间内变化的幅度应符

合基本物理原理，因此数据预处理部分采用前向比对法，将所得数据与前向可信数据进行比对，判断突变系数，若突变系数不符合现实情况，则说明当前数据为不可信数据，进行舍弃。例如常态下，环境温度值由常温在 1 秒内上升 1 倍，即为不可能事件，所得数据为不可信数据。

树莓派将一段时间内的某传感器所有的可信数据样本求取均值即得到该传感器环境变量真值，此真值用于数据融合以及判定是否进行温度调节，湿度调节等操作。

数据融合部分采用线性融合方式，所涉及变量为温度、湿度。首先将环境变量进行归一化得到量纲相同的环境变量值，归一化标准为温度为 20℃，湿度为 70%。基于畜牧领域专业资料得到猪只生长环境判定中，各变量的权重值，得到模糊融合公式

$$S = T \times 0.65 + H \times 0.35 \tag{1}$$

式中 S 为融合指标值，T 为归一化温度，H 为归一化湿度，均无量纲。通过温湿度适宜度利用查表法得到模糊评估结果。模糊评估标准对照表如表 1 所示，表中数据选取成长期种猪为参考对象。采用优先级查表方式，例如当前数据若满足“舒适”判定，则比对结束，不再向下比对。

表 1 模糊评估法评估标准对照表

等级	温度/℃	湿度/%RH	融合结果
最佳	20	70	1
舒适	18—20	60—80	0.882—1.049
预警	15—35	65—90	0.809—1.585
警告	其他	其他	其他

3.3 图像处理算法

摄像头所捕捉到的图像为 RGB 格式，即每幅图像由 R、G、B 3 个通道组成，3 个通道不同取值的叠加得到彩色的便于观看的图像。因此对图像进行通道分离后，不同通道分离结果分别具有原图像的一部分噪声信息，由于分离后的图像只有单个通道，在噪声去除方面可以得到更好的效果，对去噪后的单通道图像进行特征点的抓取，得到的结果进行通道合成，一定程度上能够提升特征提取结果的准确性。

图像处理算法基于 Open Source Computer Vision Library (OpenCV) 设计，通过对摄像头模块回传的图像进行滤波，滤除一部分干扰噪声，滤波后图像进行通道分离处理，不同通道的图像进行进一步的去噪处理，处理结果分别进行特征提取，将各通道特征提取结果进行融合，得到最终特征提取结果。通过对处理结果的分析可判断当前栏中猪只数量和活动状态。

3.4 声音处理算法

常态下家猪发出的声音能量主要集中于低频段，低频段声音频谱幅度分布可以体现家猪的喜怒哀乐等情绪，当遭遇险情时，家猪发出的声音能量集中于中高频段，中高频段声音频谱幅度分布可以体现某些危险情况，如猪只受伤，外来入侵等，因此通过对于声音幅度的监测一定程度

上可以体现当前猪只的状态。

通过对树莓派采集到的声音信号进行采样, 并进行傅里叶变换处理, 可以得到当前环境下猪舍内部的声音频谱, 滤波后保留猪只声音和小部分环境音, 对得到的幅度谱进行监控, 声音幅度谱变化与猪只行为建立映射, 以应对突发状况。

3.5 双机通讯

树莓派与 PC 之间的通信基于网络通信新领域使用最广泛的通信协议之一——传输控制协议 (TCP 协议) 编写。

树莓派端程序流程图如图 4 所示。

PC 端程序流程图如图 5 所示。

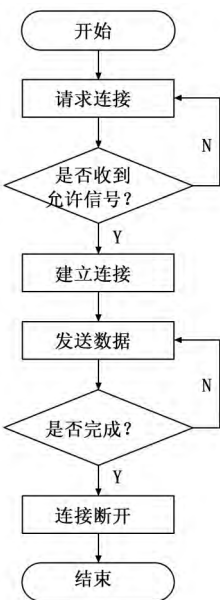


图 4 树莓派端通信协议流程图

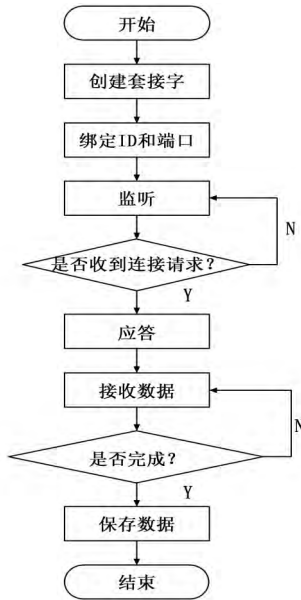


图 5 PC 端通信协议流程图

程序设计分为 PC 端程序和树莓派端程序, TCP 通信基于套接字 (Socket) 方式实现, 通过建立连接和应答来保证通信质量。在物理硬件层, 树莓派通过其板载 WiFi 接入网络, 依靠 IP 地址在组网中进行寻址, 通过预设的通信端口建立连接, 与 PC 进行数据的交换。

4 系统测试

经过多次实验, 系统整合实物图如图 6 所示。

整机上电运行, 系统稳定。墨水屏显示效果如图 7 所示 (该图为某次测试结束后的显示状态)。

图 7 中, Temp 为温度值, Humy 为湿度值, AQI 为空气中烟雾浓度 (数值越高对应烟雾浓度越小), Evaluate 为融合后的评估信息, T_control 为温度控制意见, H_control 为湿度控制意见, A_control 为空气控制意见。

在某一段连续时间内测试数据如表 2 所示。

由测试效果可知, 系统能够正确的采集所需要的环境变量信息并根据预设算法进行数据的处理与显示。

摄像头采集到的图像通过图像处理算法后, 树莓派能

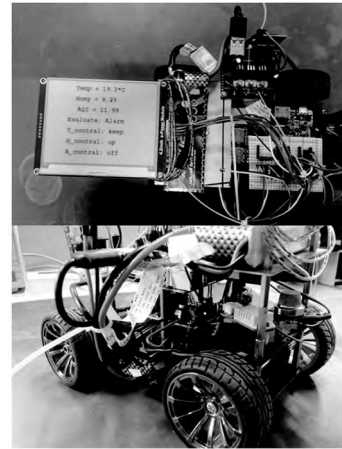


图 6 系统整合实物图

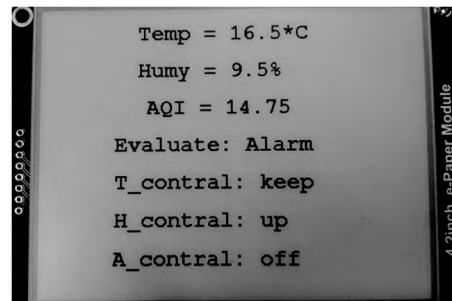


图 7 本地显示效果图

表 2 实验数据表

数据组数	温度/℃	湿度/%RH	烟雾浓度
1	21.2	5.6	9.22
2	21.2	5.5	9.77
3	21.2	5.5	9.15
4	21.2	5.5	9.3
5	21.2	5.5	9.1
6	21.3	5.6	9.09
7	21.3	5.6	9.12
8	21.3	5.5	9.55

够在图像中找到目标并在图中标记, 并将结果图像传送至 PC。图 8 为拍摄到相邻两个栏的猪经处理后回传的图像。



图 8 PC 端得到的图像

图像中的网格状阴影为猪栏, 两侧黑色阴影为墙壁,

两个灰色阴影区域为实际猪只轮廓。左侧为猪正常站立状态,在图像中呈现一个类椭圆形阴影;右侧是猪转身状态,猪的头部向右侧偏转,图像中呈现一个不规则阴影,通过与预设特征进行比对,得到猪只当前为转身动作的判断。

PC端接收到声音频谱图如图9所示。

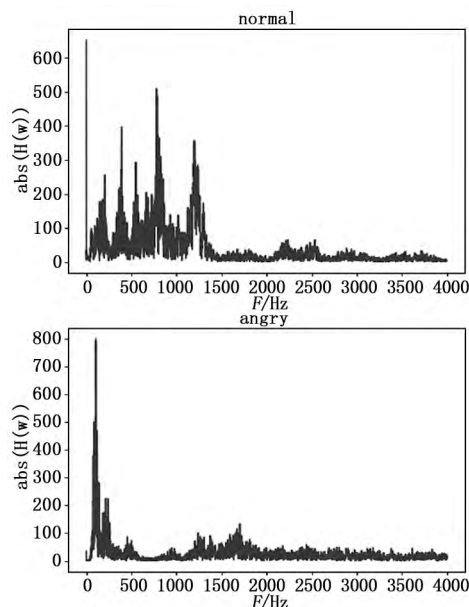


图9 声音谱分析

图9中上下两部分分别是常态下猪发出的声音和猪发怒时发出声音的频率谱。从频谱上看,声音能量集中于低频段,说明没有出现危急状况。正常状态下,猪发出声音在0~15 kHz频率段内,幅度分布相对均匀,没有出现能量集中现象;当猪发怒时发出低沉的声音,声音的幅度主要集中于500 Hz以下,系统可以根据不同的幅度分布做出不同的判断。

(上接第226页)

作场景不再局限于室外无遮挡的环境,而且可应用在室内、森林和城市等弱或无GPS信号的复杂环境。且双目摄像头较传统定位方案,具有成本低、载荷轻、体积小、不受电磁干扰等特点,较适用于高精度勘测侦查用途的微型无人机。基于双目技术的无人机自主三维定位方法通过Matlab仿真验证,结果表明:本自主定位方法实现了无人机的实时精确定位,与无人机的实际位置匹配度高,定位效果较理想。

参考文献:

- [1] 高擎峰. 多无人机被动目标定位与跟踪技术研究 [D]. 南京: 南京理工大学, 2017.
- [2] 赵搏欣. 无人机低成本微型自主定位系统技术研究 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2016.
- [3] 周红坤. 小型无人机多传感器组合导航系统设计与实现 [J]. 电子科技, 2016, 29 (8): 10-13.
- [4] 刘真. 基于天文导航的无人机定位方法研究 [D]. 西安: 西

5 结束语

经实验应用,本系统运行稳定,能够完成预期功能。测试结果表明:系统能够收集所需信息并进行数据处理、分析和上传等工作,可在现代化猪场中发挥作用,大大降低人力和物力的消耗,从而降低生产成本。由于树莓派的可扩展性和可编程性,用户还可以根据需要自行进行模块的增减和算法的调整,以适应不同领域的需求。

参考文献:

- [1] 靳东,张建新,肖春喜. 中国现代化养猪之梦(上) [J]. 中国动物保健, 2014, 16 (1): 8.
- [2] 滕翠凤,赵德安,赵建波. 多传感器数据融合在猪舍环境中的应用 [J]. 传感器与微系统, 2009, 28 (12): 109-112.
- [3] 毛星云,冷雪飞,王碧辉,等. OpenCV3 编程入门 [M]. 电子工业出版社, 2015: 3-308.
- [4] 尤好,张新鑫,张朝晖. 基于OpenCV和树莓派的运动检测 [J]. 电子技术, 2017, 46 (2): 59-61.
- [5] 李源. 基于树莓派的无线视频监控系统关键技术研究 [D]. 郑州: 郑州大学, 2016.
- [6] 高峰,陈雄,陈婉秋. 基于树莓派B+微处理器的视频检测跟踪系统 [J]. 电视技术, 2015, 39 (19): 105-108.
- [7] 赵春晖,陈立伟,马惠珠,等. 数字信号处理 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2011.
- [8] 罗自荣. 基于嵌入式系统的实时声音频谱分析技术 [D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [9] Kaehler, Adrian. Learning OpenCV [M]. O'Reilly, 2008.
- [10] 朱林,张温,李琦,等. 基于嵌入式机器视觉的羊体特征测量系统 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (8): 2396-2398.
- [11] 李光辉,赵军,王智. 基于无线传感器网络的森林火灾监测预警系统 [J]. 传感技术学报, 2006 (6): 2760-2764.
- 安电子科技大学, 2009.
- [5] 曹之乐,严中红,王洪. 双目立体视觉匹配技术综述 [J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2015, 29 (2): 70-75.
- [6] 赵搏欣. 无人机低成本微型自主定位系统技术研究 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2016.
- [7] 王平. 基于双目视觉的物体深度信息提取 [D]. 太原: 中北大学, 2014.
- [8] 于永军,徐锦法,张梁,等. 惯导/双目视觉位姿估计算法研究 [J]. 仪器仪表学报, 2014, 35 (10): 2170-2176.
- [9] S. Cafiso, A. D. Graziano, G. Pappalardo. In-vehicle stereo vision system for identification of traffic conflicts between bus and pedestrian [J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 2017, 4 (1): 3-13.
- [10] D. Kriegman, E. Triendl, T. O. Binford. Stereo vision and navigation in buildings for mobile robots [J]. IEEE Transactions on Robotics & Automation, 1989, 5 (6): 792-803.
- [11] S. Jin et al.. FPGA design and implementation of a real-time stereo vision system [J]. IEEE Transactions on Circuits & Systems for Video Technology, 2010, 20 (1): 15-26.