

文章编号: 2095-2163(2020)03-0098-03

中图分类号: TP391.7

文献标志码: A

# 基于单目视觉的AGV间防撞系统设计

陈俊廷, 刘翔, 翟岳仙, 陆玮

(上海工程技术大学 电子电气工程学院, 上海 201620)

**摘要:**为了解决智慧工厂中AGV行进过程中面对其他车辆无法自动躲避的问题,本文设计了一种基于单目视觉测距的AGV防撞系统。该系统在AGV顶部安装摄像头,用于采集AGV行驶过程中的前方图像,车体内安装微处理器对图像进行分析,并将分析结果转换为控制信号控制AGV,从而达到防撞的目的,其中图像分析首先采用三帧差分法将图像中的AGV目标检测出来,然后基于逆投影变换测距原理计算出AGV间的距离。实验结果表明,该系统在模拟实验环境下测量精度基本控制在10%以内,4m内最大绝对误差为51mm,能够满足物流工厂AGV的设计要求。

**关键词:**单目视觉;AGV;三帧差分法

## Design of AGV anti-collision system based on monocular vision

CHEN Junting, LIU Xiang, ZHAI Yuexian, LU Wei

(School of Electronic and Electrical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China)

**[Abstract]** In order to solve the problem that AGV can't avoid other vehicles automatically in the process of moving in intelligent factory, this paper designs an AGV anti-collision system based on monocular vision ranging. The system installs a camera on the top of AGV to collect the front image of AGV during driving. A microprocessor is installed in the car body to analyze the image, and the analysis results are converted into control signals to control the AGV, so as to achieve the purpose of anti-collision. In the image analysis, the AGV target in the image is detected by three frame difference method, and then the distance measurement is calculated based on the principle of back projection transformation distance from AGV. The experimental results show that the measurement accuracy of the system is basically controlled within 10% and the maximum absolute error within 4 m is 51 mm, which can meet the design requirements of AGV in logistics factory.

**[Key words]** monocular vision; AGV; three-frame differencing

### 0 引言

自动引导车(AGV)是一种配备有自动导引系统的物料搬运设备<sup>[1]</sup>,可以保证系统无需人工驾驶即可沿着预定路线自动行驶,实现了物料装卸的全过程自动化。近年来,AGV由于其灵活性好、自动化程度高和智能水平高的优势而得到了飞速发展<sup>[2]</sup>。目前,已广泛用于存储、制造、邮局、烟草、港口和码头、危险场所和特殊行业。

时下,AGV的最高行进速度一般不超过2m/s,在生产中,为了保证AGV间不发生碰撞,AGV的安全功能非常重要<sup>[3-4]</sup>。AGV安全装置包括障碍物接近检测装置和障碍物接触缓冲装置。接近检测装置的距离测量方法包括红外距离测量、超声波距离测量<sup>[5-6]</sup>和激光距离测量。随着计算机视觉技术的发展,视觉测距方法由于其低成本和低测量误差而得到了普及与使用。

本文研究了适用于AGV防碰撞的单目视觉测距系统。该系统采用图像处理技术<sup>[7]</sup>,在满足测程

的要求下,取得了较好的测量精度。AGV可根据摄像头采集到的视频数据分析AGV本身与其它AGV间的距离,并启动相关的输出,如停止机器,或发出警告信号,实现AGV的安全防撞保护。系统处理流程图如图1所示。

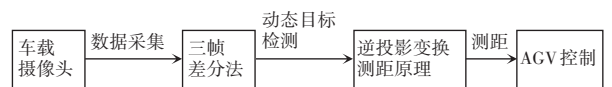


图1 系统处理流程图

Fig.1 System processing flowchart

### 1 硬件系统设计

单目视觉防撞系统主要由AGV车体、微处理器、驱动器、摄像头、电源等部分组成。单目测距系统的硬件组成如图2所示。

整体思路为:AGV车体顶部安装车载摄像头作为数据采集器,获取前方车辆的图像信息;微处理器在设计上安装在车体内,用于搭载软件系统,并对采集到图像数据进行分析;控制系统主要采用Arduino来对AGV进行控制,电源模块则为整个系统供能,

作者简介:陈俊廷(1993-),男,硕士研究生,主要研究方向:计算机视觉;刘翔(1972-),男,博士,副教授,主要研究方向:机器智能。

通讯作者:刘翔 Email: xliu@sues.edu.cn

收稿日期:2019-12-06

最终实现车体间的智能化防撞。AGV 单目视觉系统主要功能单元设计可做阐释解析如下。

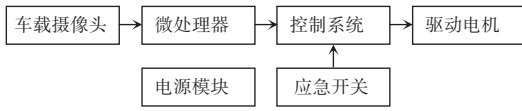


图2 单目测距系统的硬件组成

Fig. 2 Hardware composition of monocular ranging system

(1)微处理器。AGV 视觉导航平台中使用的微处理器是技嘉 BRIX Gaming 微型计算机,主要负责实验平台中的图像处理、路径规划和指令发送。配备了 gtx760 独立显卡,英特尔®第四代内核处理器-i5-4200h。选用这种高效的处理器,BRIX Gaming 可以轻松满足各种应用程序的高处理程序要求,并具有出色的绘图处理能力。同时还装配了变压器和电源线。应用中,就可以根据自己的需要灵活地匹配内存容量和硬盘或 SSD 容量,以达到最佳使用效果。

(2)摄像头。采用海康威视的半球形网络高清 PTZ 摄像机,位于车身上方,在实验平台中完成图像采集任务并传递给微处理器进行图像分析,为单目测距提供数据支撑。

(3)控制板。选择 Arduino pro mini 开发板控制小车驱动模式,这种开源的电子开发平台小巧灵活,功能强大。包含 Arduino 版和 Arduino IDE,支持 C、Java 语言的开发环境。不仅可以利用搭载的传感器来获取感知信息,该模块在实验平台中还可通过驱动电机来进行导航。

## 2 软件系统设计

### 2.1 动态目标检测算法原理

动态目标检测算法采用三帧差分法<sup>[8]</sup>。三帧差分法的运算过程如图3所示。

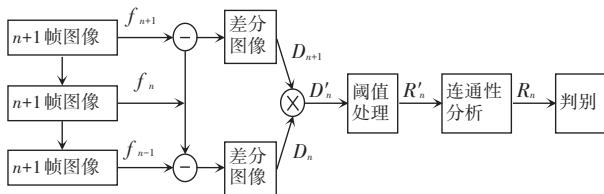


图3 三帧差分法示意图

Fig. 3 Three-frame difference method

记视频序列中第  $n + 1$  帧、第  $n$  帧和第  $n - 1$  帧的图像分别为  $f_{n+1}$ 、 $f_n$  和  $f_{n-1}$ ,三帧对应像素点的灰度值记为  $f_{n+1}(x, y)$ 、 $f_n(x, y)$  和  $f_{n-1}(x, y)$ ,运算时是将2帧图像对应像素点的灰度值进行相减,取其绝对值,分别得到差分图像  $D_{n+1}$  和  $D_n$ 。其对应数学公式可表示为:

$$D_n(x, y) = |f_n(x, y) - f_{n-1}(x, y)|, \quad (1)$$

对差分图像  $D_{n+1}$  和  $D_n$  进行计算,得到图像  $D'_n$ ,其数学定义如下:

$$D'_n(x, y) = |f_{n+1}(x, y) - f_n(x, y)| \cap |f_n(x, y) - f_{n-1}(x, y)|, \quad (2)$$

然后再进行阈值处理、连通性分析,最终提取出运动目标。

在判决条件中加入对整体光照敏感的添加项的方法,将判决条件修改为:

$$\begin{aligned} & \text{Max}_{(x,y) \in A} |f_n(x, y) - f_{n-1}(x, y)| > T + \\ & \lambda \frac{1}{N_A(x,y) \in A} \sum |f_n(x, y) - f_{n-1}(x, y)|. \end{aligned} \quad (3)$$

其中,  $N_A$  为待检测区域中像素的总数目;  $\lambda$  为光照的抑制系数;  $A$  为整帧图像。

添加项  $\lambda \frac{1}{N_A(x,y) \in A} \sum |f_n(x, y) - f_{n-1}(x, y)|$  表达整帧图像中光照的变化情况。如果场景中的光照变化较小,则该项的值趋向于零;如果场景中的光照变化明显,则该项的值明显增大,导致公式(3)右侧判决条件自适应地增大,最终的判决结果为没有运动目标,这样可有效地抑制了光线变化对运动目标检测结果的影响。

### 2.2 逆投影变换测距原理

AGV 行驶过程中,经常性的颠簸导致俯仰角波动较大,这就造成了测距结果不准确。因此使用阴影宽度测距法进行前方车辆的测距,避免了俯仰角对测距结果造成的影响。通过逆投影变换推导距离关系,基于宽度的距离估计模型示意图如图4所示。

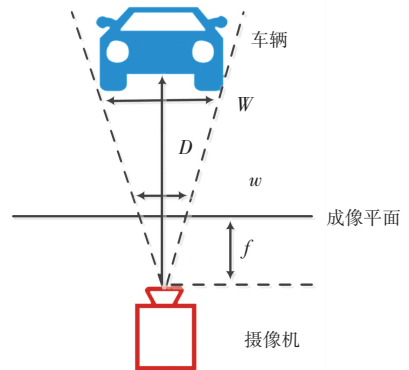


图4 基于宽度的距离估计模型示意图

Fig. 4 Schematic diagram of distance estimation model based on width

设  $W$  是车辆的实际宽度,  $D$  是从摄像机到车辆的 实际距离,参数  $w'$  是图像平面中车辆的宽度,  $f$  是像素空间中的焦距。根据三角形相似原理,可推得公式为:

$$W : D = w' : f, \quad (4)$$

在此基础上,AGV 车间距离  $D$  可以被估计为:

$$D = \frac{f \cdot W}{w'}, \quad (5)$$

由于相机参数没有改变,焦距是恒定的。如果已知检测到的 AGV 车的宽度  $W$ , 则距离  $D$  可以表示为:

$$D = \frac{R}{w'}. \quad (6)$$

其中,  $R = f \cdot W$ ,  $R$  是一个常数,对于固定摄像机和相同的检测车辆,  $R$  总是恒定的。

由式(6)可以看出,前车距离  $D$  与阴影宽度  $w'$  是反比的关系,  $w'$  越大, 2 辆 AGV 车间距就近;  $w'$  越小, 两车间距就远。

### 3 实验结果分析

系统在实验室环境下进行试验,最大测程 4 m。实验过程中,实际测量结果存在较大的误差,当重新经过线性标定后,测量结果见表 1。

表 1 测量结果

Tab. 1 Measurement results

次数	实际 距离/m	测量 距离/m	绝对 误差/mm	相对 误差/%
1	0.500	0.546	46	9.20
2	1.000	1.037	37	3.70
3	1.500	1.521	21	1.40
4	2.500	2.542	42	1.68
5	4.000	4.051	51	1.28

(上接第 97 页)

进行准确、快速的检测定位,本文提出了一种改进的 Faster RCNN 检测算法用于行人和车辆类型检测,使用 ResNet-101 残差网络代替传统 VGG 网络作为共享卷积层,用来提取图像特征,再改变原来的锚框选区方案,使用锚框尺寸为 4、8、16 代替原来锚框尺寸,得到行人及车辆类型检测模型,使得算法在 KITTI 数据集上有较为先进的表现。本文对行人和车辆类型检测能够得到较高的检测精度,在检测速度上比同类算法更快,更具备应用到自动驾驶系统的价值。

### 参考文献

- [1] REN Shaoqing, HE Kaiming, GIRSHICK R, et al. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis & Machine Intelligence, 2015, 39(6):1137.
- [2] 王林, 张鹤鹤. Faster R-CNN 模型在车辆检测中的应用[J]. 计

结果表明,测量精度基本控制在 10% 以内,4 m 内最大绝对误差为 51 mm,基本满足设计的要求。

### 4 结束语

本文设计了一种基于单目视觉测距的 AGV 安全防撞系统,该系统通过采用计算机视觉技术分析 AGV 车顶安装的摄像头采集到的视频图像,求得了 AGV 车间的距离,初步设计出了适用于 AGV 的单目视觉防撞系统,实验室试验表明该系统在 4 m 范围内,测量精度为 51 mm,基本满足 AGV 的防撞要求,为实际工业应用提供了低成本、高可靠性的解决方案。进一步的研究工作包括提高系统的测量精度和可靠性,增加不同环境下的测试实验等。

### 参考文献

- [1] 武启平, 金亚萍, 任平, 等. 自动导引车 (AGV) 关键技术现状及发展趋势[J]. 制造业自动化, 2013(10):106.
- [2] 罗金玲. 基于计算机视觉的前方车辆检测与测距系统设计[J]. 电脑编程技巧与维护, 2017(22):87.
- [3] 陈庆文, 董莘. 智慧工厂 AGV 调度与避障的研究[J]. 自动化技术与应用, 2017,36(12):118.
- [4] 黄诚杰. 智能 AGV 系统设计及路径规划算法研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2016.
- [5] 王强, 王高亮. 一种新型超声波测距仪的设计与研究[J]. 智能计算机与应用, 2017,7(5):146.
- [6] 王亚君, 刘赫, 吕实诚. 具有实时语音播报的超声波测距仪[J]. 电脑学习, 2008(4):19.
- [7] 王震, 巩秀钢, 冯韶文, 等. 基于图像识别的立定跳远自动测距系统设计[J]. 智能计算机与应用, 2018, 8(5):63.
- [8] 赵建. 基于三帧差法的运动目标检测方法研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2013.
- [9] 计算机应用, 2018,38(3):666.
- [3] 楚翔宇. 基于深度学习的交通视频检测及车型分类研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2017.
- [4] 胡葵, 章东平, 杨力. 卷积神经网络的多尺度行人检测[J]. 中国计量大学学报, 2017,28(4):69.
- [5] JANG E, GU Shixiang, POOLE B. Categorical reparameterization with Gumbel-Softmax[J]. arXiv preprint arXiv:1611.01144v5, 2017.
- [6] 吴帅, 徐勇, 赵东宁. 基于深度卷积网络的目标检测综述[J]. 模式识别与人工智能, 2018,31(4):45.
- [7] 李明攀. 基于深度学习的目标检测算法研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2018.
- [8] 刘敦强, 沈岷, 夏瀚笙, 等. 一种基于深度残差网络的车型识别方法[J]. 计算机技术与发展, 2018,28(5):42.
- [9] 曾俊东. 基于卷积神经网络的监控视频车型识别系统设计与实现[D]. 成都: 西南交通大学, 2017.
- [10] 郭爱心. 基于深度卷积特征融合的多尺度行人检测[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2018.
- [11] 黄一天, 陈芝彤. Pytorch 框架下基于卷积神经网络实现手写数字识别[J]. 电子技术与软件工程, 2018(19):147.