

# 哈特机器人



哈工大芜湖机器人产业技术研究院 主办 月刊 第1期 总第13期 2016年1月8日  
芜湖哈特机器人产业技术研究院有限公司 (内部刊物仅供参考)

总编：高云峰 主编：张炜 编辑：方园 编委：曹维清、徐俊、汤德胜

## 以人才为基，以技术为梁，助力芜湖机器人产业发展

一元复始，万象更新。适逢 2016 年元旦之际，我谨代表全体员工向关心和支持我院建设与发展的各位领导、同仁和社会各界朋友表示最衷心的感谢，并致以新年最诚挚的问候！

哈工大芜湖机器人产业技术研究院自 2014 年 7 月 8 日挂牌以来，得到了哈尔滨工业大学和芜湖市各级领导、业内各位专家和兄弟单位的关心与支持，在解决机器人领域前瞻技术和关键技术、科研成果转化、引进和培养高层次人才以及为芜湖机器人产业园提供公共服务方面均取得了显著成绩。2015 年 5 月 11 日，芜湖市人民政府授予了哈尔滨工业大学 2014 年度科技创新合作奖，芜湖市委书记、市人大常委会主任高登榜为哈尔滨工业大学颁发了奖励证书。

2015 年，是我们的成长之年，提升之年！同时，在这一年，我们与安徽埃夫特智能装备有限公司等单位共同申报的工信部国家智能制造专项获批；以提升研究院研发能力为目标的安徽省新型研发机构获批，成为安徽省首批重点建设的 11 家新型研发机构之一；联合哈尔滨工业大学机器人研究所共同申报的安徽省科技攻关项目获批；安徽省留学归国人员资助项目、市科技计划重大项目等其它省市项目也已获批。

2015 年，工业机器人及自动化装备基础研发平台已基本建成，目前已完成研发

类固定资产投资 960 万元，徕卡激光跟踪仪测量系统、机器人轨迹测试性能评估系统、3D 智能传感器、Tecnomatix PS 软件、Adams 软件等一批高精尖研发设备和软件均已在研发工作中发挥重要的作用。

2015 年，在团队建设和人才培养方面，均取得了一定的成绩。目前公司已有员工 44 人，全职人员中，拥有哈工大及上海交大博士毕业生 3 人，重点高校硕士毕业生 18 人，硕士以上人才的比例达 65%，团队平均年龄 32 周岁，是一支年轻、高素质、有活力的科研团队。同时，根据国家芜湖机器人产业集聚区和研究院的发展需要，哈工大为我院定向培养了 12 名工程硕士研究生；利用哈工大的教学资源，在芜湖开办了在职工程硕士班，录取学员 14 人，同时录取我院在职博士 1 人。2015 年 4 月，由哈工大机电工程学院主办，哈特研究院承办的机械工程全国博士生学术论坛也在芜湖成功举办，搭建了一个全国各知名高校博士生与安徽企业进行学术沟通交流的平台，同时也建立了人才输送的渠道。

2015 年，我院重新梳理了前瞻技术研发计划，计划在机器人嵌入式立体视觉系统开发、基于深度学习的双臂机器人协同作业技术研究、工业机器人标定技术研究及软件开发、基于三维重构的机器人加工系统研究、基于多模态数据的服务机器人人机交互技术研究和非结构环境下服务

机器人自主导航技术等六项前瞻技术研究方面取得实质性突破，相关研发工作正在有序推进。

在技术成果转化方面，2015 年签约项目 6 项，总金额达 332 万元，正在洽谈的项目 10 项，总金额预计将达到 1000 万元，同时利用上海世博会的平台，发布了 VR 系列-智能抓取机器人系统、GJ-R 系列智能高速拣选机器人系统和公司的第一款送餐服务机器人 HERO。在知识产权方面，已申请发明专利 15 项、实用新型专利 13 项、外观专利 2 项，授权发明专利 1 项，授权实用新型专利 11 项，发表 SCI 论文 1 篇、核心期刊和会议论文 8 篇。在平台建设方面，与广州赛宝信息产业技术研究院、芜湖滨江智能装备有限公司共同出资打造了赛宝机器人检测中心。在公共服务方面，为芜湖市机器人产业园及其周边企业提供技术和产业讲座达 121 学时。

研究院依托哈工大的人才和技术优势，不断的通过研发自有技术，为相关企业解决在机器人应用过程中的技术难题，逐步的成为芜湖市机器人产业园区的核心技术力量。以人才为基，以技术为梁，我们已搭建起了一座沟通哈工大与芜湖市机器人产业技术交流、产业合作与人才培养的桥梁！

2016 继续开来，我们哈特人将继续以“成就机器人产业梦想”为使命，依托哈

(未完，下转第三版)

### 热烈庆祝哈工大、哈特机器人研究院 分别成为安徽省机器人产业技术创新 战略联盟副理事长单位和理事单位



产业集聚区专家委员会（共 20 人）。

据悉，安徽省机器人产业技术创新战略联盟成立于 2013 年底，是由从事机器人产业研究开

发、生产制造、集成应用服务的企事业单位、院校、科研机构、用户单位及其他相关机构自愿组成的非营利性社会团体。该联盟打造“产、学、研、用”相结合的新机制、新模式，通过技术合作、公共技术平台、联合培养人才等形式整合及协调产业资源，促进安徽省机器人产业链快速健康发展。本次联盟年度大会成员新增后，共有 43 家成员单位，涉及机器人产业上下游各个环节。未来联盟将进一步扩容，继续引入有潜力的企业和科研机构，为全省机器人产业的发展提供支持。

此次年度大会上，哈尔滨工业大学教授蔡鹤皋院士，哈工大机器人研究所所长、哈特机器人研究院院长赵杰教授，哈工大机器人研究所副所长、常务副院长李瑞峰教授，哈特机器人研究院副院长、公司总经理高云峰副研究员，哈特机器人研究院技术总监曹维清博士等 5 人进入国家芜湖机器人

发、生产制造、集成应用服务的企事业单位、院校、科研机构、用户单位及其他相关机构自愿组成的非营利性社会团体。该联盟打造“产、学、研、用”相结合的新机制、新模式，通过技术合作、公共技术平台、联合培养人才等形式整合及协调产业资源，促进安徽省机器人产业链快速健康发展。本次联盟年度大会成员新增后，共有 43 家成员单位，涉及机器人产业上下游各个环节。未来联盟将进一步扩容，继续引入有潜力的企业和科研机构，为全省机器人产业的发展提供支持。

(综合部-徐俊)

### 哈特研究院院长赵杰教授参加 中国智能机器人 2025 创新大会

12 月 27 日，中国智能机器人 2025 创新大会暨中国机器人三十年交流会在芜湖市海螺国际酒店盛大举行。国家 863 机器人技术主题组组长、哈工大机器人研究所所长、芜湖哈特机器人研究院院长赵杰教授受邀参加此次盛会，863 智能机器人专家组成员韩建达，刘成良，王耀南也亲临大会现场。此次会议还邀请了中组部千人联谊会副会长甘中学，国家 863 计划机器人技术主题前专家组组长贾培发，国家科技部高技术研究发展中心先进制造处研究员刘进长，天津大学机械工程学院机械电子工程系主任、机械设计制造及自动化专业负责人黄田等在内的国内外权威专家 40 余名参会。

27 日下午，部分与会专家莅临我院参观考察，同时还参观了安徽埃夫特智能装备有限公司和芜湖瑞思机器人有限公司。

(综合部-徐俊)

### 张东副秘书长率团赴深圳调研 服务机器人产业发展情况

12 月 21 日-22 日，芜湖市人民政府副秘书长张东率团赴深圳调研服务机器人产业发展情况。我司总经理高云峰、技术总监曹维清、服务机器人研发中心副主任万立浩以及滨江公司相关领导陪同调研。调研期间，拜访了深圳康力优蓝机器人公司和瑞曼机器人公司等服务机器人公司，并与科大讯飞股份有限公司共同举办了服务机器人主题沙龙，沙龙由科大讯飞董事长、总裁刘庆峰亲自主持，康力优蓝、优必选、瑞曼、狗尾草、寒武纪、创想未来、银星、创客工厂、机器人零号、多福莱智能等 10 余家深圳市服务机器人企业的主要负责人和技术骨干参加了主题沙龙活动。

(综合部-方园)

### 我院“面向打磨行业的智能混联机器人系统 研发与示范应用”项目入选安徽省 2016 年 科技攻关计划

我院“面向打磨行业的智能混联机器人系统研发与示范应用”项目入选安徽省 2016 年科技攻关计划。该项目是由我院与哈尔滨工业大学机器人研究所共同申报的产学研项目。

本项目拟开发一种新型混联五自由度机器人系统，适用于工业打磨、去毛刺、倒角修边等自动化作业，并具有工件轮廓智能识别、路径规划、精度校准等功能，主要应用于汽车零部件、家电和 3C 等制造领域中的焊接、切割、加工、铸造等环节。该项目开发的产品具有高刚性、高精度、高性价比等特点，是具有一定通用性的专业智能化打磨系统。

通过该项目的实施，我院已经自主掌握经济型智能打磨机器人系统的本体设计、控制系统和三维重构等关键技术及智能打磨作业的应用集成技术。

(工研中心-汤德胜)

### 参加安徽省工业机器人产需对接会的 各位企业家和专家参观哈特研究院

12 月 28 日，由安徽省经济及信息化委员会主办，芜湖市经济及信息化委员会和芜湖市鸠江区人民政府承办的安徽省工业机器人推广应用（芜湖）产需对接会在芜湖海螺国际大酒店举行。

此次会议旨在推动工业机器人在企业中的应用，加快发展我省机器人产业。安排了奇瑞汽车、凯翼汽车、皖酒集团、迎驾贡酒、古井集团、美的集团、格力电器、应流集团、合力叉车等省内汽车及零部件、家电、酿酒、铸造等行业近 70 家企业与我省的机器人企业进行技术对接。

28 日下午，与会专家和企业家在安徽省经信委领导的带领下，莅临哈特研究院进行参观交流。

(哈特-徐俊)

### 十二月新闻

- 12. 01 安徽工业大学管理科学与工程学院潘瑞林博士一行莅临我院参观交流；
- 12. 02-05 公司技术总监曹维清博士赴日参加 2015 年第 21 届日本国际机器人展；
- 12. 08 无锡博雅感知科技有限公司总经理张立岩一行莅临我司参观考察；
- 12. 10 杭州瓦瑞科技有限公司总经理助理吴丹丹一行莅临我司院参观考察；
- 12. 11 烟台市经济和信息化委员会主任刘福生一行 6 人莅临我院考察调研；
- 12. 10-12 公司服务机器人研发中心参加 2015 中国国际服务机器人技术及应用展览会和 SR SUMMIT 国际服务机器人高峰论坛；
- 12. 14 我院被安徽省科技厅批准为安徽省新型研发机构。
- 12. 15 合肥泰禾光电科技股份有限公司董事长许大红、副总经理石江涛一行莅临我司参观考察；
- 12. 16 高云峰副院长应邀出席君望蜂巢式全自动智能密集储分一体系统产品发布会暨中国中车山东同力达战略合作签约仪式；
- 12. 24 由我司与芜湖欧凯罗伯特机器人有限公司共同研发和推广的送餐机器人强势登陆合肥萝欧咖啡厅；
- 12. 26 我院与菲薄机器人（大连）有限公司签订战略合作协议。



# 基于图像传感器的直立自平衡智能车控制系统设计

■ 工研中心 武峰

## 一、引言

智能车研究涉及自动控制、人工智能、信息融合、传感器、图像处理等多门学科的内容,它是当前最为活跃的科学研究领域之一。智能车主要应用于无人驾驶,无人生产线,服务机器人等领域,基于图像传感器的直立自平衡智能车控制系统设计所研究的自平衡导航技术是可移动智能设备完成很多复杂功能的基础。

本次所设计的直立自平衡智能车是一种特殊的倒立摆式的移动机器人,这种机器人两轮共轴、独立驱动,车身重心倒置于车轮轴上方,通过安装在车体上方的加速度计和陀螺仪测得的角度信息进行车体直立控制,通过线性 CCD 摄像头测得的路径信息进行方向控制,通过编码器测得的速度信息进行速度控制,最后三者归一起来,并结合智能车实际的运作状况调节 PID 算法中的 P、I、D 三类参数,来使智能车系统的直立控制、速度控制和方向控制达到一个良好的效果,车模能够稳定的在一个特殊的跑道上直立行走,图 1 为智能车运行效果图。



图 1 智能车运行效果图

## 二、两轮直立光电导航智能车总体设计

控制系统结构图如图 2 所示,该系统采用 FreeScale 的 Kinetis K60 作为主控芯片,其中控制算法主要包括车体直立、车体运行、方向控制以及它们的归一化融合处理和后期参数的调试与设置。微控制器中的高速 ADC 模块能够对车体的姿态进行信息采集并转换作为车体直立控制的输入量,运用正交解码的方式对光电编码器采集到的车轮速度信号进行速度闭环控制,同时利用天津算法对线性 CCD 摄像头传感器采集到的路况信息进行处理,提取中线信息作为微控制器道路识别和决策的依据。通过姿态融合算法和归一化算法驱动电机,实现智能车的姿态保持和转向以保证智能车平稳前行。

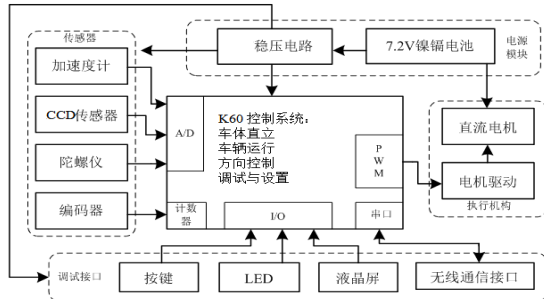


图 2 控制系统结构图

## 三、控制系统设计与算法实现

### 3.1 系统软件流程

如图 3 所示,控制算法主要包括:车模启动与结束、车模运行流程的程序初始化、车模运行的直立、速度、方向控制,各传感器信号的采集处理,电机 PWM 输出,车模状态监控,车模信息的状态显示、参数设定、上位机监控等。

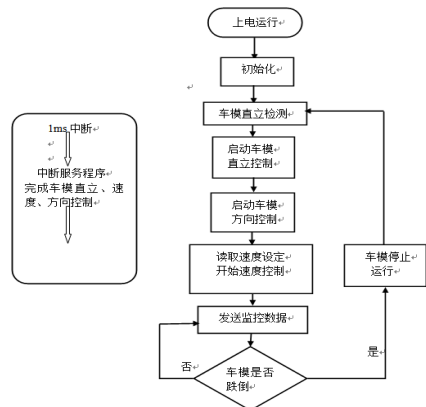


图 3 系统软件流程图

### 3.2 程序分配与中断处理

程序中车模的运行流程以及车模的信息显示不需要精确的时间周期可以放在主函数中完成,而各传感器信号的采集处理,电机 PWM 输出,车模运行的直立、速度、方向控制,

他们需要精确时间周期执行,因此在软件设计中,利用 Kinetis K60 的 NVIC 中断管理模块,进行中断分组和中断优先级分配,其中智能车直立控制、速度控制和方向控制放在中断优先级较高的中断里执行,而在中断优先级相对低的中断里进行 CCD 信息采集转向控制。首先采用 PIT 可编程定时器中断模块,产生 1ms 的定时器中断,角度计算、直立控制放在 1ms 中断里 1ms 计算一次,速度控制也放在这个模块里将速度控制平均分配到 20 步 5ms 的控制周期中每 100ms 进行一次一次计算。在另外一个优先级相对较低的中断模块里进行 CCD 图像的获取,道路两端黑线的采集,中线的判断。根据算法计算出的中线信息将方向控制的输出变化量平均分配到 2 步 5ms 的控制周期中每 10ms 调用一次。

### 3.3 摄像头图像处理与转向控制



图 1 智能车运行效果图

赛道由白色的 KT 板和贴在 KT 板两边的黑色边沿组成,本研究采用的是 PAL 制式的线性 CCD 摄像头,这种灰度摄像头的特性是,图像越白,电压越高,图像越黑,电压越低。如图 4 中蓝线跳变所示,图中两边的黑线为采集到的赛道 KT 板两边的黑色边沿,在这里通过 AD 采集来得到亮度信号,当采集到黑色边沿时图像变暗电压变低蓝线就会跳变,通过这种方式得到赛道两边的黑色边沿进而计算出赛道中心位置。本次研究采用天津算法采集图像信息,天津算法即最大类间方差法,首先采用遍历的方法得到使类间方差最大的阈值 T,将图像中的灰度值 0-255 与 T 进行比较,按照大于 T 的像素点设定为纯白色,小于 T 的像素点设定为黑色的方法,提取两边黑线信息,最后根据黑线信息计算出中线信息,作为智能车循迹转向的依据,采用 PID 控制算法的 P 算法来控制智能车的转向。

### 3.4 两轮平衡控制

在这里通过负反馈来实现车模的直立,在重力场中,使用细线悬挂重物就可以构成一个单摆模型,物体离开垂直的平衡位置后,与中心线的夹角为  $\theta$  时,便会收到重力与悬线的共同作用力,驱动重物回到平衡位置,这个力称之为回复力,其大小为:

$$F = -mg \sin \theta \approx -mg \theta \quad (1)$$

在偏移角较小的情况下,回复力的大小可以看成与夹角偏移量成正比,方向相反。在回复力的作用下,单摆可以做周期运动。但是,根据生活经验,我们了解到单摆最终会停在中心线位置,那是因为存在空气阻力的缘故。在空气中运动的单摆,做的是阻尼运动,空气阻力的不同,阻尼系数的大小也不同,重物停止在中心线位置所需的时间也不同。

总结单摆能够稳定停留在中心线的位置条件有两个:

- (1) 受到回复力的作用,方向与位置偏移量相反。
- (2) 受到阻尼力,方向与运行速度相反。

为什么倒立摆不能像单摆那样稳定在中性线位置呢?对倒立摆进行受力分析,根据图 5 所示,倒立摆之所以不能稳定在中性线位置,是因为它偏离平衡位置时所受的回复力与位移方向相同,所以倒立摆只会在该力的作用下快速倒下。如何通过控制使倒立摆像单摆那样可以稳定在中心线位置呢?要达到这一目的,唯一的办法就是增加额外的受力,使得回复力和位移方向相反才行。

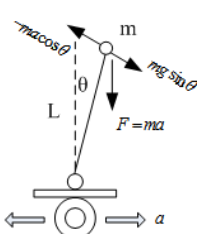


图 5 倒立摆的受力分析

控制倒立摆底部车轮运动,使它处于非惯性系中,这样它就会受到额外的惯性力,该力与车轮的加速度方向相反,大小成正比。此时倒立摆受到的回复力为:

$$F = mg \sin \theta - ma \cos \theta \approx mg \theta - mk_1 \theta \quad (2)$$

式中,由于  $\theta$  很小,所以进行了线性化。假设负反馈

控制是车轮加速度  $a$  与偏角  $\theta$  成正比,比例为  $k_1$ 。如果比例  $k_1 > g$  ( $g$  是重力加速度),那么回复力的方向便于位移方向相反了。

此外,为了使得倒立摆能够尽快地在垂直位置稳定下来,还需要增加阻尼力。虽然存在着空气和摩擦力等阻尼力,相对阻尼力比较小。因此需要另外增加控制阻尼力。增加的阻尼力与偏角的速度成正比,方向相反,因此式(2)可变为:

$$F = mg \theta - mk_1 \theta - mk_2 \theta' \quad (3)$$

按照式(3)控制方法,可把倒立摆模型变为单摆模型,能够稳定在垂直位置。因此,可得控制车轮加速度的控制算法:

$$a = k_1 \theta + k_2 \theta' \quad (4)$$

式中,  $\theta$  为车模倾角;  $\theta'$  为角速度;  $k_1$ 、 $k_2$  均为比例系数;两项相加后作为车轮加速度的控制量。只要保证在  $k_1 > g$ ,  $k_2 > 0$  条件下,可使车模像单摆一样维持在直立状态。其中有两个控制参数  $k_1$ 、 $k_2$ ,  $k_1$  决定了车模是否能够稳定到垂直平衡位置,相当于理想弹簧模型,它必须大于重力加速度;  $k_2$  决定了车模回到垂直位置的阻尼系数,选取合适的阻尼系数可以保证车模尽快稳定在垂直位置。

综上所述,控制车模两个轮子实现直立,只需要控制轮子转动,抵消在一个维度上车模倾斜的趋势变可以保持车模直立平衡了,且要求控制车轮运行的加速度如式(4)。

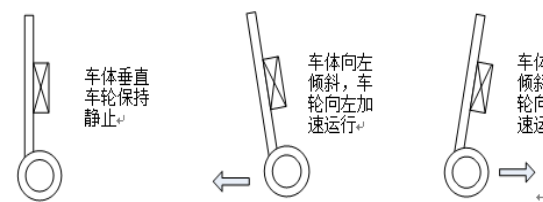


图 6 智能车运行效果图

此外,适当调节陀螺仪比例参数可以使得通过陀螺仪计算出的倾斜角度能够较好的跟踪通过加速度计测量得到的角度以的到更好的融合效果,从而使最终计算得出的加速度输出误差较小,使系统获得更好的稳定性。下图中平滑度不高的曲线表示加速度计测量出的车模倾斜角度,较为平滑的曲线为通过陀螺仪测量计算出的车模倾斜角度,其中纵坐标为角度最终换算成-90 到+90 度的范围内,横坐标为时间,在调试过程中保持主板上电之后通过人为任意改变车模的倾斜角度来观察加速度计测量角度与算法测量角度的融合性,从图 7 中可以看出其角度融合度较高,能够为智能车提供更强的自平衡能力。

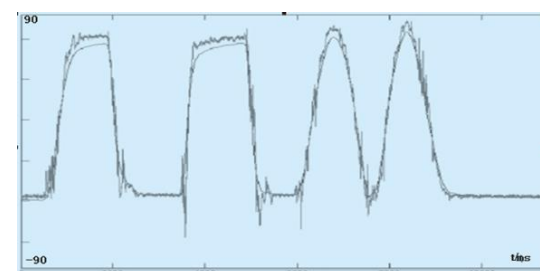


图 7 滤波方案效果图

### 3.5 速度控制

智能车系统通过控制车轮速度来实现车模的运行速度,车模通过两个后轮电动机经由减速齿轮箱来驱动车轮,因此车轮的运动控制可以通过控制车轮电动机的转速来实现。电动机旋转速度可以通过安装在电动机输出轴上的光电编码盘获得,利用 Kinetis K60 的脉冲累加器模块测量在 100ms 时间间隔内速度脉冲信号的个数,解码之后即可得到电动机的转速,电动机速度控制采用 PI 控制。

### 3.6 车模直立行走控制算法融合

电动机最终输出电压控制量是将车模的三种控制(直立、速度、方向)控制量线性叠加在一起,速度和方向控制的输出量直接叠加在电动机控制电压上,我们假定直立控制会始终保持车模不跌倒。在算法中直立控制是基础,它的调整速度非常快,速度和方向控制相对来说调整速度慢,直立控制会自动调节车模的倾角以适应车模加速、减速、和转弯的需要。其控制框图如图 8 所示。其中智能车的直立控制量,速度控制量和方向控制量线性叠加起来,当左右电机输出量不同时即可在直立运行的基础上实现方向控制的融合。在此控制算法中,速度与方向控制将成为直立控制的外部干扰,

(未完,下转第四版)



### 三大机器人产业盛会在芜湖举行

12 月 26 日至 28 日，三场机器人产业主题活动在芜湖举行。三大主题活动分别为安徽省机器人产业技术创新战略联盟年度大会、中国智能机器人 2025 创新大会暨中国机器人三十年交流会、安徽省工业机器人推广应用（芜湖）产需对接会。

12 月 26 日举行的安徽省机器人产业技术创新战略联盟年度大会，主要谋划联盟的下一步工作并扩容增加新成员，研讨智能制造未来发展趋势。同时，国家芜湖机器人产业集聚区专家委员会正式成立。12 月 27 日举行的中国智能机器人 2025 创新大会暨中国机器人三十年交流会，邀请国内知名专家学者和企业代表参加，谋划“十三五”机器人发展，研讨国家芜湖机器人产业集聚发展试点区建设与发展趋势。《中国机器人三十年》编写工作也同时启动，开展研讨活动。12 月 28 日举行的安徽省工业机器人推广应用（芜湖）产需对接会，邀请省内外近 300 多家机器人供需企业参会，搭建产业供需交流合作平台，加强机器人产业上下游企业间的合作与交流。（来源：芜湖日报）

### 哈工大与招远市政府签约 共建哈工大-招远研究院

2015 年 12 月 17 日，哈尔滨工业大学副校长郭斌会见了招远市市委副书记、市长王光耀一行，双方签署了“哈工大—招远研究院”合作协议。

根据协议，双方将以集聚研发资源、服务产业发展为宗旨，以研究院为载体，建立面向企业的技术服务体系，着重在高端装备制造、电子信息、新材料、新能源、生物技术和机器人研发等领域建立科技项目合作机制，引进高新技术项目，搭建科研和中试平台，孵化相关技术与企业，实现科技成果产业化，支持招远主导产业和战略新兴产业的发展。（来源：哈尔滨工业大学）

### 哈工大韩杰才当选中国科学院院士

12 月 7 日，中国科学院公布了 2015 年新当选的院士名单，共 61 人当选，平均年龄 53.9 岁。我校韩杰才教授当选中国科学院院士。

韩杰才生于 1966 年，教授、博士生导师，现任我校副校长、特种环境复合材料技术国家级实验室主任、总装备部科技委兼职委员、先进材料技术专家组成员，是国家杰出青年科学基金获得者、“高超声速飞行器防热复合材料的热力耦合问题”国家自然科学基金创新研究群体带头人、国家 863 主题专家组副组长、国家重大专项材料专家组副组长、中国复合材料学会常务理事、中国力学学会副理事长。他长期从事超高温防热复合材料、防热/红外透波材料等宇航材料研究；作为第一获奖人，获 2014 年国家自然科学二等奖、2009 年和 2011 年国家技术发明二等奖；发表学术论文 350 余篇、被引用 7000 余次(其中 SCI 他引 3000 余次)、入选 TOP25 热点论文 9 篇，授权国家发明专利 65 项；获全国青年科技标兵、第 13 届全国十大杰出青年提名奖、教育部首届青年教师奖、全国国防工业系统先进工作者称号；已培养博士 25 名、硕士 27 名。（来源：哈尔滨工业大学）

### 哈工大机器人携手瑞士 HOCOMA 开发中国康复机器人市场

12 月 18 日，哈工大机器人集团与瑞士 HOCOMA AG 公司在哈尔滨市签署战略合作协议，未来双方将从康复机器人在中国的生产、销售、康复领域人才的联合培养等方面建立合作，从而加快哈工大机器人集团康复机器人进军市场的步伐。未来双方将成立合资公司，在包括现有产品中国市场的共同开发、新产品中国生产基地的建立、中国康复实验室和康复学院的组建等方面进行深度合作。（来源：新华网）

### 中国科学家研发出“人脸识别”人工智能测谎仪

中国科学院重庆研究院下属企业云从科技与上海交大的联合实验室日前宣布，研发出“人脸识别”人工智能测谎仪。此次研发出的人工智能测谎仪，首先通过摄像头捕捉人脸关键点，配合非接触式传感器分析性别、微表情、肤质、颜色、局部温度、心率、语音等神经、生理的外在表现，根据对应的唯一关系，反推心理，探测出内心的倾向，相比传统的情绪识别更进一步。其技术核心是“人工智能大脑”，包括人脸识别、语音识别、语义识别、形态识别、生理探测、智能决策与控制六大模块。（来源：新华网）

### 新松发布全新物品运送机器人

10 日，新松机器人精彩亮相 2015 国际服务机器人展。新松全新发布的物品运送机器人引起业界的关注。此款机器人不仅具有具有自主充电、自主行走、自主避让等实用功能，同时集成了移动机器人、多传感器信息融合与导航和多模态人机交互等技术，能够广泛应用于酒店、医院、养老院等场所，代替或者部分代替服务人员为顾客服务，能够减少服务人员数量，提升企业的品牌形象。（来源：OFweek 机器人网）

### 英国开发出软体机器人助力外科手术

英国伦敦大学国王学院 29 日宣布，其参与研发的软体机器人可协助医生实施微创手术。与现有外科手术机器人相比，这款软体机器人具备更高的伸缩能力，更容易在人体中移动。机器人配备了相关驱动装置，具有很高的柔韧性，能轻松地从小创口进入人体，并绕过人体内脆弱的器官抵达患处。这款机器人配备了摄像头，能为医生提供人体内清晰的画面，帮助医生更精确、高效地完成外科手术。机器人还能配备夹子、手术刀等外科手术工具，从而可直接为病人实施手术。（来源：新华网）

## 哈特研究院2015年十大事件

1、4 月 8 日，安徽省委常委、副省长陈树隆率省直有关部门负责同志莅临我院调研指导。市委副书记、市长潘朝晖等市区领导陪同调研。调研中，陈树隆对芜湖市积极培育机器人产业，鼓励高新技术企业发展的做法表示充分肯定，并希望我院加强与哈尔滨工业大学的技术交流，继续发挥产学研优势，为芜湖市机器人产业发展提供有力的技术支持。



副院长高云峰向省委常委、副省长陈树隆介绍双臂机器人系统

2、4 月 9-11 日，由我院承办的 2015 机械工程全国博士生学术论坛和“集聚行业高端人才，助力智能制造产业”高端访谈活动在芜湖海螺国际大酒店举行。哈尔滨工业大学校长助理甄良教授、浙江大学校长助理朱世强和芜湖市副市长左俊等 30 余名专家学者和领导出席活动。



芜湖市常务副市长左俊和哈工大校长助理甄良共同为我院“哈工大机械工程学科研究生实习基地”揭牌。

3、5 月 11 日，哈工大科学与工业技术研究院院长助理赵秩杰、我院副院长高云峰代表哈工大参加了芜湖市科技创新暨质量强市工作会议，哈尔滨工业大学获芜湖市 2014 年度科技创新合作奖。



芜湖市委书记高登榜为哈工大颁发 2014 年度芜湖市科技创新合作奖

4、6 月 3 日，我院与安徽埃夫特之智能装备有限公司等单位共同申报的国家工信部智能制造专项—自主品牌工业机器人及关键核心零部件智能制造工厂项目获批。

5、8 月 18 日，我院正式成立服务机器人研发中心。该研发中心主要承担服务机器人项目（含特种机器人）的研发及产品的改进，服务机器人开发项目的市场调研、可行性分析、项目评审和立项等职能，建立机器人试制中心和机器人创客空间。



服务机器人研发中心研发人员合影

6、2015 年 10 月，安徽省委组织

部、人社厅、发改委、科技厅和财政厅联合发文，公布了安徽省第四批战略性新兴产业技术领军人才名单。我司总经理高云峰入选上榜。

7、我院参加在上海国家会展中心举办的第 17 届中国工业博览会，代表我院在机器视觉领域最新研究成果的 VR 系列—智能抓取机器人系统和 GJ-R 系列智能高速拣选机器人系统，以及送餐机器人 HERO 正式亮相。



8、11 月 13 日，芜湖市机器人产业集聚发展试点工作领导小组通过了我院第一年度（2014 年 7 月-2015 年 6 月）考核，肯定了我院在过去一年取得的成绩。

9、12 月 14 日，芜湖哈特机器人产业技术研究院有限公司获安徽省科技厅批准为安徽省新型研发机构，并取得 2015 年安徽省创新型省份建设专项资金支持。

10、12月26日下午，安徽省机器人产业技术创新战略联盟年度大会在芜湖海螺国际大酒店举行，哈尔滨工业大学作为联盟副理事长单位、哈特机器人研究院作为理事单位，由芜湖市人民政府副秘书长张东和鸠江区科技局局长陈敏分别授牌。

（上接第一版）

工大机器人所的技术和人才团队优势，根据公司制定的既定战略目标，围绕“解决关键技术、培养尖端人才、服务智能行业，实现产业飞跃”的经营方针，团结协作，不断进取，创造哈特辉煌的 2016！我们将全力推进机器人嵌入式立体视觉系统开发、基于云平台的服务机器人交互技术研究等 7 项机器人领域前瞻技术的研究，计划新增申请发明专利 10~15 项，申请实用新型专利 10~15 项，授权发明专利和实用新型专利各 5 项，发表核心以上刊物论文 10 篇以上，并取得 2~3 个项目的技术突破；计划利用研究院在机器视觉等领域已取得的研究成果，重点面向华东地区集中精力推广机器视觉等技术在医药、食品、汽车及其零部件、建材和部分高污染行业的集成应用，实现成果转化收入不少于 600 万元；计划利用公司在送餐机器人等领域已取得的研究成果，集中精力推广送餐机器人（第二代）和开发迎宾导购机器人，并逐步涉足智能家居、养老助残等领域；计划进一步完善工业机器人及自动化装备基础研发平台，重点推进服务机器人基础研发平台建设，新增固定资产投资 800 万元，使企业在工业机器人及自动化装备和服务机器人两个领域，具备关键技术核心研发能力，并积极申报省级工程中心；计划申报省级博士后工作站，引进行业内国内外高层次人才 3~4 人，利用哈工大机电工程学院研究生实习基地的优势，吸引哈工大在公司实习的博士研究生不少于 3 人，硕士研究生不少于 10 人，新增定向培养哈工大硕士生 5~8 名，并招收哈工大（芜湖）在职工程硕士班学员 10~15 人；积极推进哈尔滨工业大学科技成果在芜湖市进行转化，引进或孵化面向集成应用领域的高科技企业 2~3 家；积极推进机械工程全国博士生学术论坛在芜湖举办，积极开展产学研对接和国内外技术交流活动，开展技术和产业讲座不低于 30 学时，参加或举办国内技术交流 5~8 次，参加国际技术交流 2~4 次，积极为企业提供的技术咨询服

务，逐步成为园区的技术服务中心。

2016 年，芜湖哈特将百尺竿头，更进一步，为中国机器人产业的伟大梦想继续努力，让中国制造业皇冠上的明珠更加耀眼！

最后，我谨代表哈工大芜湖机器人产业技术研究院、芜湖哈特机器人产业技术研究院有限公司祝奋战在机器人研发和应用推广第一线的政府领导、专家学者、业内同仁及研究院的全体员工，新的一年，身体健健康康，家庭和和美美，事业蒸蒸日上！

总经理：高云峰  
元旦



## 基于 ARM 和 OpenCV 的双目立体成像技术

■工研中心 王兴华

随着图像处理技术及嵌入式系统的发展,利用嵌入式系统进行图像处理,已经在工业检测、视频监控、军事侦察等领域得到较为广泛的应用。其中在嵌入式系统上完成图像处理是实现这些应用的重要前提。

本文以嵌入式 Linux 作为操作系统和以 Exynos4412 (ARM-A9) 为核心硬件系统的基础上,把嵌入式技术和基于 OpenCV 的图像处理技术相结合,使用双 USB 摄像头作为图像采集模块,并利用主流人机交互界面函数库 Qt/E 实现图像在 LCD 上实时显示和操作。本系统具有体积小、成本低、稳定性高等优点,可广泛应用于工业检测和机器人导航等领域。

## 1、系统架构

本系统由系统硬件和系统软件两大部分构成,系统硬件由以 Exy4412 为核心处理器加上外围设备组成;系统软件由引导加载程序、嵌入式 Linux、嵌入式 OpenCV 库、Qt 函数库以及应用程序组成。

## 1.1 系统硬件架构

系统硬件架构图如图 1 所示,系统采用 Exynos4412 作为核心处理器。Exynos4412 是三星公司设计的一款基于 ARM-Cortex-A9 内核的 64 位嵌入式 RSIC 微处理器,最高工作频率达到 1.6GHz,并且配置了 8G 的 iNAND FLASH 和 2G SDRAM,完全满足系统存储引导加载程序、Linux 内核、文件系统、应用程序以及数据和进行图像数据处理的要求。系统使用 OV 公司生产的 OV5640 芯片的 USB 摄像头采集图像数据,并且配备分辨率为 640\*480 的 LCD 显示器,实时显示图像和数据。

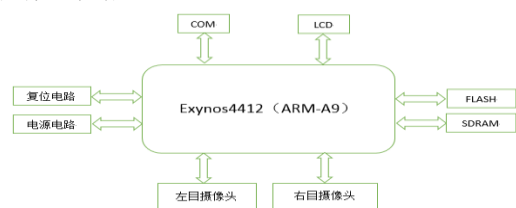


图 1 系统硬件框图

## 1.2 系统软件架构

系统软件由 u-boot 引导加载程序、嵌入式 Linux 内核、设备驱动程序、文件系统 yaffs、GNU C/C++ 库、OpenCV 库、Qt 库和应用程序组成。如图 2 所示:

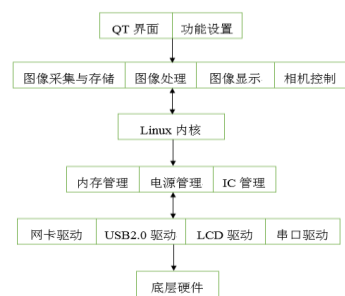


图 2 系统软件框图

系统上电后,先运行引导加载程序 U-boot,初始化硬件设备、建立内存空间映射表,将内核启动命令参数传递给内核并引导加载嵌入式 Linux 内核。启动嵌入式内核后,加载 iNAND FLASH 驱动程序、LCD 驱动程序、Ethernet 网卡驱动程序、USB 摄像头驱动程序等,最后挂载文件系统,执行图像处理的相关应用程序。

## 2、系统实现

## 2.1 OpenCV 的移植

最终的目标是要在 ARM 嵌入式平台上实现系统监控和跟踪功能,故需要交叉编译在 ARM-Linux 平台上移植 OpenCV 函数库。移植过程如下:

(1) 获取 OpenCV 源代码后解压,在编译前根据要求配置环境,添加 zlib、ffmpeg 等附属库,然后在当前目录下输入如下命令: `./configure`

```
--host=arm-linux--without-gtk
--without-carbon--without-quicktime
--without-ffmpeg--without-python
--without-swig--enable-static
--enable-share--disable-apps
CXX=arm-linux-g++CC=arm-linux-gcc
--prefix=/usr/local/opencv
&make& make install
```

(2) 设置环境变量: `export PKG_CONFIG_PATH = $PKG_CONFIG_PATH : /usr/local/opencv/lib/pkgconfig`。编译 OpenCV 源代码自带的例程,测试 OpenCV 函数库移植是否成功。因为在移植 OpenCV 函数库时没有添加对 gtk 的支持,故在编译例程 `drawing.c` 时要去掉与之显示相关的函数。使用命令: `arm-linux-gcc drawing.c -o drawing pkg-config --cflags opencv pkg-config --libs opencv`,生成可执行文件 `drawing`。

(3) 在 OpenCV 安装路径 `/usr/local/opencv` 下,把 `lib` 文件夹里的库文件拷贝到 ARM-Linux 平台的文件系统里。运行可执行文件 `drawing`,如果在 ARM-Linux 平台上成功执行,则表示 OpenCV 函数库移植成功。

## 2.2 在 QT 中通过 OpenCV 实现图像处理

在视频处理中主要用到 OpenCV 的 `highgui` 模块,该模块主要完成视频捕捉、编码,图片处理等相关功能。`highgui` 模块中已经封装了视频、图像、窗口的所有操作。

首先,利用 OpenCV 建立窗口,然后打开摄像头,获取摄像头中的帧,然后申请 `IplImage` 类型的指针,将帧放入指针指向的内存空间,通过设定循环次数,最终将帧图像显示到窗口。之后根据具体的实时性要求,选择每秒处理的图像帧数,调用 OpenCV 相应的 API 完成图像的处理。

## 基于双目立体视觉的工件抓取技术

■工研中心 李胜利

在工业流水线上,从料箱中取出工件并将其放置在固定的加工位置是生产中不可或缺的一环。传统的工件抓取放置方法有两种:一种是通过震动筛选机、擒纵机构等机械机构配合使用,使工件按精准的顺序排列,到达指定位置;另一种由人工完成拾取放置。以上两种方法都有一定的缺点,有些生产过程(如喷涂作业等)对工人身体健康有很大的伤害,而后一种方法则由于过程复杂导致生产灵活性差,机构成本较高,且很难实现柔性生产,而且一些对表面质量要求较高的工件,剧烈的碰撞会产生表面损伤。因此需要柔性化的机构来实现工件的自动化识别与抓取。

采用基于视觉系统的机器人进行识别与抓取可以克服这些缺点。基于 2D 视觉系统的随机抓取技术已较为成熟,广泛应用在分拣、装配等领域。但该技术只适用于外形规则且与环境颜色或亮度有较大反差的工件,且只能在平面的位置作业,不能进行堆叠工件的抓取。近些年发展的立体视觉技术则可以检测出视野中目标的深度信息,且识别的精度较高。双目立体视觉系统可以得到工件的三维位姿,通过与工业机器人相结合,可以实现对图 1 所示堆叠工件的自动识别与抓取,使生产线更柔性化。

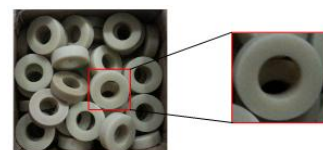


图 1 堆叠工件

基于双目立体视觉的工件抓取系统由工控机、工业机器人、工业相机、光源等组成,如图 2 所示。工控机中运行立体视觉系统与机器人运动规划系统,双目立体视觉系统为该抓取系统的核心,完成工件视觉图像的处理以及工件位姿的获取。工业机器人为六自由度串联关节式机器人,能够满足工件抓取时的位姿要求。双目相机安装在机器人执行器末端,组成手眼视觉系统,能提供更大的视野,以及更高的灵活度。为了适应复杂的外界光照环境,添加额外的高亮度光源,同时使工件的边缘信息更易获取。

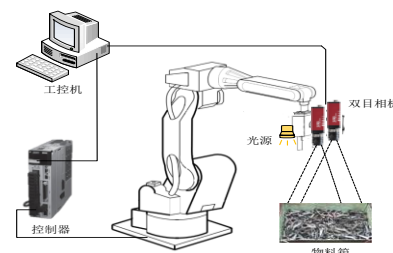


图 2 工件抓取系统

双目立体视觉系统的功能是根据图像信息获取工件的位姿。首先需要对视野中的工件进行识别,堆叠工件的边缘在图像中为圆形或椭圆形。Hough 变换对噪声以及图像边缘的不连续性具有较强的鲁棒性,成为检测圆和椭圆最常用的方法。但是对于图 1 所示的工件重叠情况,Hough 变换会返回许多错误的拟合结果。因此,为了提高检测精度,有必要去除被错误拟合的结果。根据实际工件的大小,选择 SVM 算法来识别完整工件。采样 50 幅堆叠工件的图像,前 10 幅图像作为测试集的原始图像,后 40 幅图像作为训练集的原始图像。先对训练集中工件进行检测,检测完成后对于被检测出的每一个工件,用正方形图像将其分割出来。将分割出的图像分成 A、B 两类,A 类表示图像中的工件为真实存在的,B 类表示图像中的工件为误拟合的。以此作为训练集,得出 SVM 二分类函数。根据训练出的分类函数就可以判断测试集中每一个正方形图像中是否存在完整工件,若不存在则在结果中去除对应的检测结果。

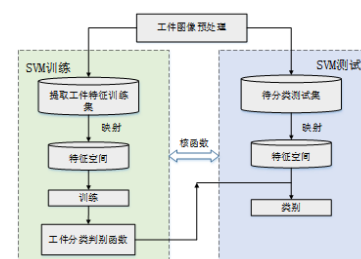


图 3 SVM 分类模型构建流程

采用 SVM 与 Hough 变换相结合的算法能有效的减小识别结果中的误拟合比例。在实际的抓取应用中,将是否抓取成功的结果作为工件存在的判断依据,在工作过程中实时的进行训练,能够不断的提高抓取成功率。

(上接第二版)

直立控制用来维持车模保持直立状态,为了确保车模能够平稳高速运行,外部的速度和方向控制算法调整速度不能过快、过于剧烈。

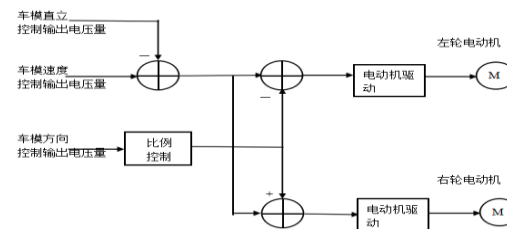


图 8 直立行走控制算法图

## 四、结论

控制系统设计在制作的过程中采用模块化的设计,把车模运动控制的任务分解成三个基本控制任务:直立控制、速度控制、方向控制。经过长期的调试和测试本系统可以实现智能车的稳定高速运行,本次设计所涉及到的智能车自平衡方面的控制策略,也可以为公司未来有可能涉及到的直立自平衡方面的移动智能机器人提供一种设计参考方案。