

尉祎璠, 玄一彤, 孟睿. 履带式自动跟随小车设计[J]. 智能计算机与应用, 2024, 14(6): 193-196. DOI: 10.20169/j.issn.2095-2163.240628

履带式自动跟随小车设计

尉祎璠, 玄一彤, 孟睿

(天津职业技术师范大学 电子工程学院, 天津 300222)

摘要: 针对目前智能行李箱环境适应性的不足, 设计了履带式智能行李箱运载小车。小车基于 UWB 超宽带定位技术实时定位主人位置, 抗干扰能力高; 采用履带式底盘提升小车在复杂路况中通过障碍及爬坡驱动作业性能。本文讨论了电机使能控制信号对履带式小车差速转向灵敏度的影响, 用实验法确定了小车最佳转向跟随判定阈值角度, 并测试了其爬坡能力。结果表明: 履带驱动 PWM 使能信号周期 200 ms 时转向效果最好, 最佳转向跟随判定角度为 65°, 小车最大爬坡角度为 30°。

关键词: 自动跟随; UWB 定位; 差速转向; 履带式爬坡

中图分类号: TM502

文献标志码: A

文章编号: 2095-2163(2024)06-0193-04

Design of tracked automatic following car

WEI Yifan, XUAN Yitong, MENG Rui

(School of Electronic Engineering, Tianjin University of Technology and Education, Tianjin 300222, China)

Abstract: Aiming at the lack of environmental adaptability of smart luggage at present, this paper designs a crawler-type automatic following car to simulate luggage, which mainly realizes the functions of real-time positioning and following the owner and autonomous steering to cross obstacles. In the research, the trolley is based on UWB ultra-wideband positioning technology to locate the owner's position in real time, and has high anti-interference ability; the crawler chassis is used to improve the performance of the trolley in complex road conditions through obstacles and climbing drives. In this paper, the influence of the motor enabling control signal on the differential steering sensitivity of the tracked trolley is discussed, and the optimal steering following judgment threshold angle of the trolley is determined by experimental method, and its climbing ability is tested. The experimental results show that the optimal steering PWM duty ratio difference is 200 ms, the optimal steering following angle is 65°, the maximum climbing angle is 30°.

Key words: automatic following; UWB positioning; differential steering; crawler climbing

0 引言

人们在公共场所携带大件拉杆箱行动不便, 易产生安全隐患, 影响旅途体验。为减轻旅人负担, 具有自动跟随和爬坡助力功能的智能行李箱应运而生^[1-2]。行李箱跟随性能的关键是准确定位目标, 目前常用的超声定位方式, 容易受到障碍物干扰; GPS 定位方式, 室内定位不精准, 易受到天空卫星状态的影响; 图像定位方式, 可以自动避障, 但需依赖图像识别和处理能力。超宽带(UWB)定位, 根据目标和基站之间无线电波传播时间精准定位目标, 抗干扰能力强, 符合自动跟随设备的开发需求^[3-6]。

此外, 采用履带代替转轮提高了承压能力及设备驱动效率, 增加摩擦力, 便于行李箱行进, 可实现区域内爬梯驱动作业^[7-8]。但目前履带式自动跟随系统的研究较少, 需要研究自动定位模块对履带驱动机构的控制方法。

本文研究了 UWB 定位、履带式爬坡运动原理, 设计了履带式自动跟随小车。通过实验的方法研究了履带式小车差速转向控制信号、UWB 超宽带定位跟随信号对小车转向控制的影响, 给出合适的转向控制信号和最佳的转向判定角度, 讨论履带式小车的爬坡能力。本设计可作为智能行李箱的运载机构, 适应复杂路况, 能充分解放旅人的双手, 提升旅

基金项目: 大学生创新创业项目(202110066047)。

作者简介: 尉祎璠(2002-), 女, 本科生, 主要研究方向: 光电检测, Email: 1017466809@qq.com; 玄一彤(2002-), 女, 本科生, 主要研究方向: 光电检测; 孟睿(1989-), 男, 博士, 讲师, 主要研究方向: 光电检测。

收稿日期: 2023-04-26

途的舒适度。

1 系统原理

1.1 履带式自动跟随小车结构设计

履带式自动跟随小车如图1所示。由图1可知,系统主控板1接收UWB芯片2发出的定位信号,经信号处理判定跟随目标的距离和相对角度,并将驱动信号发送给电机3,带动履带4前进。

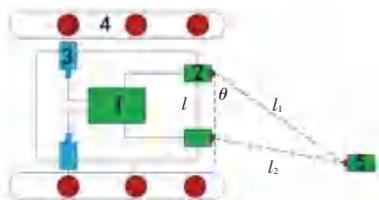


图1 系统结构图

Fig. 1 System structure diagram

1.2 UWB 定位原理

实现UWB定位需要部署至少3个点,2个部署在小车上作为基站,1个部署在主人身上作为目标,参见图1。基站芯片2发射无线电信号至目标芯片5,再回发给芯片2,根据无线电飞行延迟时间得到芯片2到芯片5的直线距离 l_1 。另一对芯片测量距离为 l_2 ,两基站芯片固有距离为 l 。根据余弦定理得到跟踪目标相对小车前进方向的偏转角 θ :

$$\theta = \arccos \frac{l^2 + l_1^2 - l_2^2}{2ll_1} \quad (1)$$

1.3 差速转向原理

履带车前进时,通过差速控制实现转向,如图2所示。

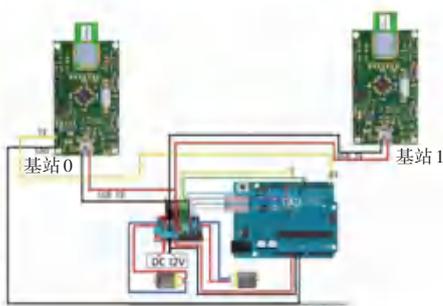
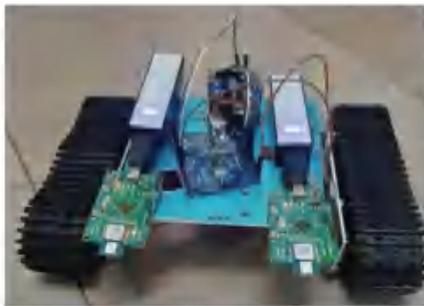


图3 履带小车系统图

Fig. 3 Diagram of crawler trolley system

2.2 差速转向实验分析

小车采用PWM调速方式实现差速转向设计,系统推荐的行进控制信号见表1。PWM高电平信

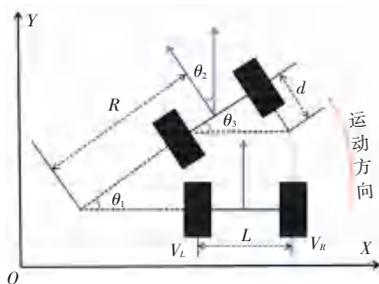


图2 差速转向原理图

Fig. 2 Schematic diagram of differential steering

由图2可看到,以小车所在平面中的一点O为原点,建立直角坐标系O-xy,以相邻2个时刻小车的位置为研究对象。其中,R为小车的转弯半径,L是小车2条驱动履带的中心间距, v_L 和 v_R 分别是小车左、右驱动履带的速度, θ_1 是小车在相邻两时刻的转弯角度, θ_2 是小车在相邻两时刻航向角的变化量, θ_3 是辅助角,与 θ_1 相同。设小车的速度为 v ,角速度为 ω 。根据几何关系,小车的角速度 ω 为:

$$\omega = \frac{\theta_3}{\Delta t} = \frac{v_R - v_L}{L} \quad (2)$$

分析式(2)可知,履带中心间距L越大,小车转动越慢;左右履带差速越大,小车转动越快。

2 系统设计及性能分析

2.1 履带小车系统设计

自动跟随履带小车,如图3所示。系统搭载ATmega328P单片机的UNO R3开发板为主控芯片,采用DWM1000型UWB模块实现目标定位后,L298N型电机驱动芯片,将单片机发出的指令转换为PWM信号控制直流电机驱动履带前进。

号控制电机转动,其脉宽越大电机转速越快。左右电机采用相同的周期,高电平占空比与其脉宽成正比。小车左转时,左电机高电平占方波周期的

25%, 右电机占 75%, 其他行进控制信号依此类推。

表 1 小车行进控制信号占空比表

Table 1 Duty cycle table of the trolley travel control signal %

	左转	右转	前进	后退	刹车
左电机 high 占空比	25	75	50	77.5	0
右电机 high 占空比	75	25	50	77.5	0

将 PWM 信号使能时间, 由高电平信号占空比和信号周期共同决定。在占空比确定的条件下, 左右电机的转速差由信号周期确定。由于履带速度与信号脉宽是非线性的, 采用实验的方法确定最佳的 PWM 信号周期时间, 见表 2。当 PWM 信号周期达到 200 ms 时, 可以实现差速转向。

表 2 小车转向控制信号响应表

Table 2 Response table of steering control signal of the trolley

PWM 周期/ms	0	50	100	150	200
行进状态	不变	不变	不变	不变	转向

2.3 自动跟随定位实验分析

主控制器分别接收安装于小车顶部两侧位置的 UWB 模块发送回来的位置信息, 经过处理后, 通过几何关系找到目标点并进行路径规划。小车自动跟随目标 UWB 标签转向和直线运动, 如图 4 所示。



图 4 履带小车自动定位跟随实景图

Fig. 4 Real scene of tracked trolley automatic positioning and following

单片机根据 UWB 标签与车载基站的相对角度, 在做出判定后给驱动芯片发送直行或左右转命令。在不同目标角度方向分别发出转向指令时, 履带小车的响应结果见表 3。由表 3 可见在 20°~55° 范围内, 履带小车原地往复转向; 在 65° 方向, 小车正常转向; 在 75°~90° 范围内, 履带小车直线运动不转向。

表 3 小车行进状态表

Table 3 The trolley travel status table

目标角度/(°)	30	45	55	65	75	90
行进状态	往复转向	往复转向	往复转向	转向	不转向	不转向

这主要是由于宏定义标识为 2 个基站的实际距离, 其距离越远、目标角度测算越准确。受小车外形尺寸限制, 两车载基站距离较小, 在 75°~90° 范围内, 转向角度较难反馈, 小车直线运动。此外, 小车转向响应与 UWB 定位存在时间延迟, 在 30°~55° 范围内, 转向机构相对定位模块响应速度不足, 底盘在跟随过程中有严重的转向过度、左右修正的情况, 不利于小车转向控制。实验表明在 65° 附近, 小车转向响应好, 是履带式自动跟随小车的最佳转向判定

角度。

2.4 履带爬坡实验分析

采用履带式底盘的重要优势为爬坡能力强, 便于应对各种复杂的路面状况。在实际行进过程中小车需克服各种阻力, 以正常运行。而对爬坡时所需的驱动力要从 2 个方面考虑, 一是受动力源驱动力限制, 二是受履带与路面之间的附着力限制。通过改变坡度大小, 研究对小车的爬坡能力进行测试和对比, 如图 5 所示。



图 5 履带小车爬坡能力测试图

Fig. 5 Test diagram of climbing ability of tracked trolley

随着履带坡度的增加,小车爬坡速度随之减小,经过测试,小车可自行爬坡越障的角度范围为小于 30° 。

2.5 系统整体测试

在履带式自动跟随小车系统中,根据用户佩戴的标签设备进行定位信息的采集。若用户距离行李箱位置较近,则启动静止模式;若用户距离小车较远,则启动运动模式。运动模式下,根据 UWB 模块获取的环境信息选择正常跟随模式和避障跟随模式。正常跟随模式下,只进行定位信息采集,用于控制驱动轮的转速,达到小车跟随用户效果;避障跟随模式下,需要同时采集环境中障碍物的信息以及定位信息,达到避障跟随效果。

3 结束语

本系统通过传感器模块获取环境信息,通过控制器进行控制决策。实验结果表明,小车最佳的转向信号周期为 200 ms,最佳转向判定角度为 65° ,最大自主爬坡角度为 30° 。从调试及测量结果来看,可以实现履带式自动跟随功能。

参考文献

- [1] 高天禹,景傲磊,胡沛锴,等. 多功能式行李箱的设计[J]. 价值工程,2018,37(27):127-129.
- [2] 邓末芝,郑峰,徐瑞康,等. 基于 TRIZ 理论的爬梯式行李箱设计[J]. 机械工程师,2022(2):90-92.
- [3] 仇成. 创新问题解决理论(TRIZ)在产品设计领域的应用研究[D]. 南京:南京理工大学,2008.
- [4] 高天禹,景傲磊,胡沛锴,等. 多功能式行李箱的设计[J]. 价值工程,2018,37(27):127-129.
- [5] 邹俊. 智能机器人跟随系统研发[D]. 武汉:华中科技大学,2018.
- [6] 刘珂. 基于 UWB 的跟随行李箱研究与设计[D]. 武汉:武汉理工大学,2019.
- [7] ZHANG Yan, DUAN Linfu. A phase - difference - of - arrival assisted ultra-wideband positioning method for elderly care [J]. Measurement,2021,170(1):108689.
- [8] BONNIN-PASCUAL F, ORTIZ A. UWB-based elf-localization strategies: A novel ICP - based method and a comparative assessment for noisy - ranges - prone environments [J]. Sensors, 2020, 20(19):5613.
- [9] 青宗翼,黄龙,樊越,等. 履带式农机设计及其爬坡运动学仿真[J]. 农机使用与维修,2022(2):1-5,10.
- [10] 朱潇杰,曹付义,王梦祥,等. 履带式工程车机械液压差速转向装置参数设计[J]. 现代制造工程,2023(2):50-54,121.