

文章编号: 2095-2163(2019)03-0156-03

中图分类号: TP242

文献标志码: A

# 基于自动跟随系统的智能行李箱

张丰, 李顺霖, 陈仁, 谢印忠

(临沂大学自动化与电气工程学院, 山东临沂 276005)

**摘要:** 智能化生活是现代人类文明发展的趋势,通过研究设计出利用 UWB 定位和自动控制系统的智能跟踪行李箱,介绍了智能行李箱的总体结构,通过在行李箱两侧分别设置 UWB 基站,旅行者身上携带定位标签,对旅行者进行实时定位,并通过融合 PID 跟踪算法,控制行李箱始终和定位标签保持 3 m 以内距离。最后对跟踪行李箱进行了实用测试,实验结果表明,设计的 UWB 定位系统的定位精度小于 5 cm,且重复精度小于 1 cm;所提出的混合路径跟踪算法具有较快的响应速度,跟踪精度小于 5 cm,自动跟踪行李箱系统软硬件运行稳定可靠,整体方案可行性和有效性得到验证。

**关键词:** UWB; 定位技术; 跟随系统

## Design of intelligent luggage box based on automatic following system

ZHANG Feng, LI Shunling, CHEN Ren, XIE Yinzong

(School of Automation and Electrical Engineering, Linyi University, Linyi Shandong 276005, China)

**[Abstract]** Intelligent life is the trend of the development of modern human civilization. Through the research and design of intelligent tracking suitcase using UWB positioning and automatic control system, the structure of intelligent suitcase is introduced. By setting UWB base stations on both sides of the suitcase and carrying UWB tag on the traveller, the traveller can be positioned in real-time, and the traveller can be controlled by integrating PID path tracking algorithm. Finally, the tracking luggage is tested, it is always away from the UWB tag within 3 meters. The experimental results show that the positioning accuracy of the designed UWB positioning system is less than 5 cm and the repetition accuracy is less than 1 cm. The tracking algorithm proposed in this paper has fast response speed and tracking accuracy is less than 5 cm. The software and hardware of the automatic tracking luggage system are stable and reliable, and the feasibility and effectiveness of the overall scheme are verified.

**[Key words]** UWB; location technology; automatic following system

## 0 引言

关于确定性跟随系统的稳定性理论研究,国内外学者已经取得了多项有意义的成果<sup>[1]</sup>,目前智能跟随成为研究领域的一个热点,在工农业生产、科学技术、生活等各方面有广泛的应用需求<sup>[2]</sup>。

随着社会交流的越来越广泛,外出旅行成为人们工作、生活的重要组成部分,然而所带行李成为旅行的负担,通过研究设计出一种基于超宽带(Ultra-Wideband, UWB)无线电定位技术<sup>[3-5]</sup>和自动控制原理,利用嵌入式单片机系统集中控制的基础运行平台,实现了行李箱的精确定位和路径跟随。自动跟随前行李箱可以代替人手的拉动,根据旅行者的相对位置,自动调整当前行李箱速度和位置,始终伴随其后,使旅行变得轻松、愉快,符合时代潮流。本文对此拟展开研究论述如下。

**基金项目:** 临沂市科技局重点研发项目(2015GG031)。

**作者简介:** 张丰(1999-),男,本科生,主要研究方向:自动控制、单片机应用技术;谢印忠(1970-),男,博士,副教授,主要研究方向:自动控制、光电精密测试技术。

**通讯作者:** 谢印忠 Email: xieyinzong@lyu.edu.cn

**收稿日期:** 2019-03-04

## 1 系统总体结构

### 1.1 智能跟随车整体结构

智能跟随行李箱整体结构如图 1 所示,主要包括自主移动底盘及车身箱体、UWB 定位系统、运动控制系统、无刷直流电机及驱动器,供电电源等。

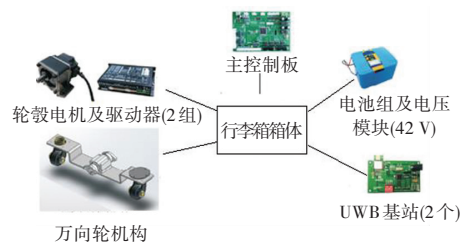


图 1 智能行李箱整体结构

Fig. 1 The integral structure of intelligent luggage box

### 1.2 电路设计

设计中采用嵌入式单片机 STM32F103ZET6 为控

制中心,采用 42 V 大容量锂电池组供电,通过 DC-DC 开关电源模块转变为 36 V(驱动电机)、3.3 V(单片机和定位系统供电)。主控单片机有 5 个 Com 口<sup>[6]</sup>,设计中利用主控单片机的串口 Com1、Com2 与 UWB 基站进行通信,完成对基站的设置和测量信息读取;利用 PC6 和 PC7 引脚分别输出 PWM 波控制轮廓电机。智能行李箱硬件电路如图 2 所示。

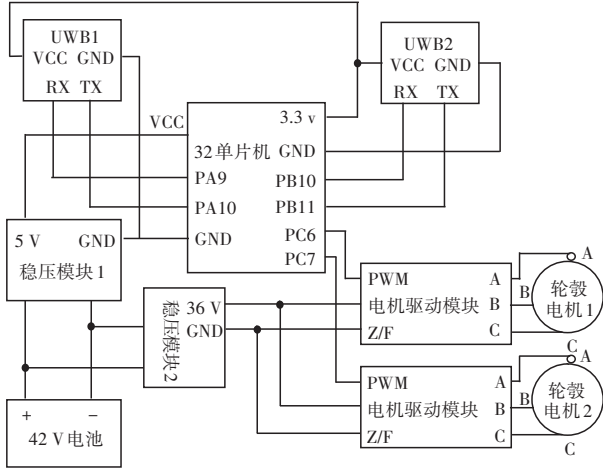


图 2 系统电路原理图

Fig. 2 Schematic diagram of system circuit

## 2 设计原理

### 2.1 UWB 定位原理

UWB 也称为脉冲无线电,采用脉冲宽度在 ns 级边缘脉冲,美国联邦通信委员会规范可免授权适用 3.1~10.6 GHz 的工作频带,不占用、不干扰现有的带宽资源,是未来占据重要研究位置的通信技术之一。

UWB(测距)定位系统由 3 个部分构成,分别是:电池供电的 UWB 标签(UWB tag);UWB 基站(Base Station)包含信号发射源和信号回收传感器;信号处理软、硬件平台,多组基站对同一标签测距后,上传到控制中心确定位置。

设计中使用 Decawave 公司的 DW1000 无线收发芯片作为信号发射源和回收传感器集成模块,模块内置 STM32 微处理器,控制中心可以通过串口命令进行 UWB 参数设置、信号发送和接收,并根据到达时间(Time of Arrival, TOA)方式测出与标签距离<sup>[7]</sup>。

到达时间方式(TOA)测距原理是通过 2 个或多个已知位置的基站,根据标签和 2 个基站构成三角形确定三者之间的相对距离,如图 3 所示,在服务跟随车的两侧分别安装 UWB 基站,设距离为  $c$ ,服务对象标签为  $C$ ,分别测量与 2 个基站间距离为  $a, b$ ,通过三角形几何计算可得跟随车与服务对象间距离

$D$  及偏移  $AB$  两点中心线  $MN$  距离  $D'$  计算公式为:

$$D = \frac{\sqrt{(a+b+c)(a+b-c)(a-b+c)(b+c-a)}}{2c}, \quad (1)$$

$$D' = \frac{b^2 - a^2}{2c}. \quad (2)$$

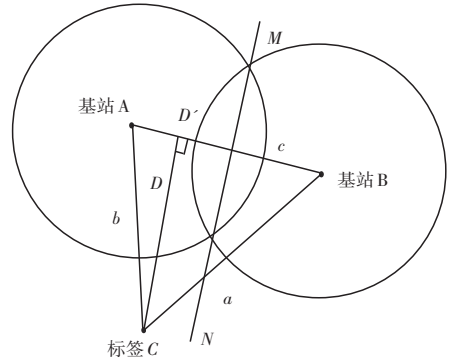


图 3 TOA 测距定位原理图

Fig. 3 Principle diagram of ranging and positioning

### 2.2 智能跟随控制算法

PID(Proportion Integral Differential)控制是控制系统中比较成熟,而且也是应用上最为广泛的一种控制器<sup>[8-9]</sup>,设计中采用位置式 PID 算法,其目的是将跟随车与服务对象(人)的距离控制在一个固定数值范围,设置一个 0.1 ms 的周期时间,在这一段时间内运算求出 PID 变化。其中,  $P$  值为当前数值减设定值,得到了偏差(error),乘以积分系数  $K_i$  就得到了  $P$  值,每个周期都将  $P$  值累加到积分变量(errorsum)中,通过对 errorsum 限幅得到了  $I$ ,  $D$  值为当前值减去上次值,因此,以  $T$  为采样周期,  $k$  作为采样序号,用矩形法数值一阶后向差分可做如下近似变换:

$$t \approx kT, k = 0, 1, 2, 3, \dots, \quad (3)$$

$$\int_0^k e(t) dt \approx t \sum_{j=0}^k e_j, \quad (4)$$

$$\frac{de(t)}{dt} \approx \frac{e(kT) - e[(k-1)T]}{T} = \frac{e_k - e_{k-1}}{T}, \quad (5)$$

$$U(k) = K_p e(k) + K_i \sum_{j=0}^k e(k) + K_d [e(k) - e(k-1)]. \quad (6)$$

其中,  $k$  为采样序号,  $k = 0, 1, 2, \dots$ ;  $U(k)$  为第  $k$  次采样计算输出值;  $e(k)$  为第  $k$  次采样时刻偏差值;  $e(k-1)$  为第  $k-1$  次采样偏差值;  $K_i$  为积分系数;  $K_d$  为微分系数。

将 PID 运算后对应的 PWM 占空比输出给电机就使每一刻的改变都映射至电机的转速上,完成对速度的控制。

### 3 程序设计

软件设计中,研究内容可表述为:主控中心通过计算完成对标签位置定位;UWB 标签与基站间距分别测量;根据定位情况驱动轮廓电机。

程序设计流程如图 4 所示。开机后对控制系统进行初始化,搜索标签,如果搜索不到,延时 100 ms,搜索到标签后测量两基站到标签距离,计算出标签与箱体垂直距离和偏移距离,调整 PWM 波占空比,等待 100 ms,继续循环测量基站和标签间距离。

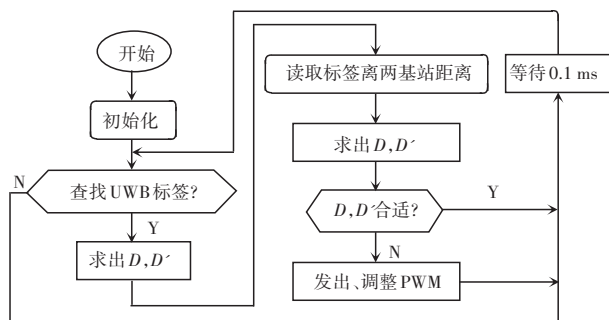


图 4 程序流程图

Fig. 4 Program flow chart

### 4 研究设计效果

根据设计要求,样机内部电路与样机外观如图 5 所示。



图 5 样机内部电路及整体结构

Fig. 5 The internal circuit and the whole structure of the prototype

### 5 结束语

样机设计完成后,将标签和行李箱电源打开,跟随车始终在标签 0.5~3.5 m 范围内伴随,当距离较大时,驱动轮廓加速运转,跟随车能灵活跟随并快速达到稳定,最大跟随速度可达 3 m/s。通过自动跟随行李箱的设计实现了标签与 UWB 基站之间精确定位,并且通过算法满足了自动跟随需求。

### 参考文献

- [1] Wikipedia. Industry 4.0 [EB/OL]. [2019-03-25]. [https://en.wikipedia.org/wiki/Industry\\_4.0](https://en.wikipedia.org/wiki/Industry_4.0).
- [2] 蔡磊,周亭亭,郭云鹏,等. 基于超声波定位的智能跟随小车[J]. 电子测量技术, 2013,36(11):76-79.
- [3] 赵锐,钟榜,朱祖礼,等. 室内定位技术及应用综述[J]. 电子科技, 2014,27(3):154-157.
- [4] 高广亚. 超宽带通信定位技术研究[D]. 郑州:河南工业大学, 2013.
- [5] 肖竹,黑永强,于全,等. 脉冲超宽带定位技术综述[J]. 中国科学(F辑:信息科学), 2009,39(10):1112-1124.
- [6] 刘火良,杨森. STM32 库开发实战指南-基于 STM32F103[M]. 2 版. 北京:机械工业出版社, 2017.
- [7] 陈探,廖丁毅. IR-UWB 通信系统高速 USB 接口的设计与实现[J]. 电子科技, 2009,22(12):29-33.
- [8] 王瀛洲. 智能车自主寻迹系统硬件的设计分析[J]. 仪器仪表用户, 2011,18(1):60-62.
- [9] 杨晓岚. PID 算法在智能车中的应用[J]. 实验科学与技术, 2010,18(4):187-189.
- [10] TAPONNECCO A D A L, MENGALI U. Ultra-wideband TOA estimation in the presence of clock frequency offset[J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2013, 12(4):1606-1616.

(上接第 155 页)

- [15] 尹俊,金三梅,李康,等. 基于光电传感器的智能灯控系统的设计[J]. 电子技术, 2011,38(10):45-46.
- [16] 李楠,张华卫. 基于单片机和 SIM900A 的智能家居控制系统研究[J]. 自动化与仪器仪表, 2017(3):187-189.
- [17] 霍涛,贾振堂. 基于 STM32 和 SIM900A 的无线通信模块设计与实现[J]. 电子设计工程, 2014,22(17):106-110,114.
- [18] LI Min. The design of SMS alarm system on CORTEX M3 + SIM900A [C]//2016 International Conference on Robots &

Intelligent System. Zhangjiajie, China: IEEE, 2016:436-439.

- [19] 罗瑶,魏忠义,朱磊,等. STM32CubeMX 的高速 USB 通信模块设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2017(9):46-48,54.
- [20] 杨红波,朱磊,张博,等. STM32 的 W5500 以太网通信模块快速实现方法[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2018,18(8):11-16.
- [21] XU Pengcheng, LI Xiaobo. Combined embedded development method of MATLAB and STM32CubeMX[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2016(10):14-16.