

doi:10.16104/j.issn.1673-1891.2021.01.014

# 基于多传感器的地铁站台上车点择优技术

潘涛<sup>1</sup>, 祁华菊<sup>2</sup>, 刘鑫鑫<sup>2</sup>, 李凡<sup>2</sup>, 赵仁<sup>2</sup>, 苗秋凤<sup>2</sup>

(1.安徽三联交通应用技术股份有限公司,安徽合肥 230601;2.安徽三联学院交通工程学院,安徽合肥 230601)

**摘要:**为缓解地铁高峰期出行人流量大,容易在楼梯两侧拥堵,造成候车乘客分布与各车厢拥挤程度不匹配,进而使得乘客在车厢分布不均的情况,设计了上车点择优系统。该系统利用 2 对红外传感器和 2 对超声传感器来监控每次上下车厢的人流量,通过 STM32F103 单片机处理,统计出各节车厢内人数,然后将数据传输至候车区的 USART HMI 串口显示屏上,使候车乘客了解各节车厢内的拥挤情况,从而选择更优的上车点。上述系统可以改善人们在采用轨道交通出行时,候车位置选择的盲目性和随机性,避免候车客流分布差别很大的情况出现。

**关键词:**地铁拥堵;择优车厢;传感器;单片机

**中图分类号:**U231<sup>+</sup>.4;TP272 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-1891(2021)01-0066-04

## The Technology of Selecting the Best Boarding Points on Subway Platforms with Multi-Sensors

PANG Tao<sup>1</sup>, QI Huaju<sup>2</sup>, LIU Xinxin<sup>2</sup>, LI Fan<sup>2</sup>, ZHAO Ren<sup>2</sup>, MIAO Qiufeng<sup>2</sup>

(1.Anhui Sanlian Transportation Application Technology Co., Ltd., Hefei, Anhui 230601, China;  
2.School of Traffic Engineering, Anhui Sanlian University, Hefei, Anhui 230601, China)

**Abstract:** The fact that during the rush hours people usually get on the subway trains from the boarding points near the stairs and escalators often results in uneven distribution of passengers to each subway carriage. In response to this issue, a carriage selecting system is designed to monitor passenger flow in and out of the carriage each time with two pairs of infrared sensors and two pairs of ultrasonic sensors. STM32F103 single-chip processing system counts the number of people in each carriage and send the data to the USART HMI serial display screen at the boarding points for the waiting passengers to choose less crowded carriages. This system can avoid passengers' randomness when choosing boarding points of railway vehicles and alleviate imbalanced passenger distribution among carriages.

**Keywords:** subway rush hours; selection of less-crowded carriage; sensor; MCU

## 0 引言

随着全国大面积建设轨道交通,地铁变成了解决交通拥堵的重要交通工具之一。在早晚高峰时段,城市地铁人流量很大,通常会采用人工疏导方式引导人流向数量较低的车厢候车。但是,人工疏导方式效率较低,诱导效果不佳,导致候车乘客分布与各车厢拥挤程度不匹配,进而使得乘客在车厢分布不均,造成范围性拥堵。笔者通过对合肥市轨道交通各个站台的调研发现,乘客在选择候车位置时具有盲目性和随机性,同时由于地铁站台进出楼

梯口位置设置的不同,导致了候车客流分布的情况差别很大。楼梯设置在候车区中部时,候车乘客往往会呈现“中间多,两头少”的现象;楼梯设置在两边时,候车人员往往会呈现“两边多,中间少”的现象。这种分布现象在大客流情况下会直接加剧拥堵状况,人们聚集在楼梯周围,使进出站乘客无法高效进出候车区。目前,现有的对地铁拥堵的研究主要集中在换乘点<sup>[1-2]</sup>和站台内<sup>[3]</sup>客流量的检测,而对车厢内部客流量的检测未见报道。为解决上述问题,本文设计了一种结合 STM32 系列单片机<sup>[4]</sup>和多种传感器融合的技术<sup>[5-6]</sup>,统计各节车厢人员

**收稿日期:**2020-09-09

**基金项目:**安徽三联学院交通信息与安全重点实验室重点项目(zsys20001);国家级大学生创新创业计划项目(201910959045)。

**作者简介:**潘涛(1968—),男,上海人,工程师,学士,研究方向:电厂热能动力。

分布, 将结果显示在地铁站台候车区和进站区的显示屏上, 供乘客了解车厢拥堵情况, 以便择优上车。

### 1 研究方法

#### 1.1 设计思路

本设计是用于统计地铁每节车厢人数并得出显示数据, 供乘客选取最优上车车厢的技术。通过 2 对红外避障模块和 1 对超声传感器 KS103 组成的多传感器统计地铁各节车厢内的人数, 将数据传输给 STM32F103 单片机, 利用编程算法对数据快速处理, 传输给接收终端的显示屏 USART HMI 串口屏上用于模拟统计(图 1)。显示屏可以显示最近到站的几趟列车内的人口分布情况, 乘客可以根据自身需求择优选择上车车次和车厢。

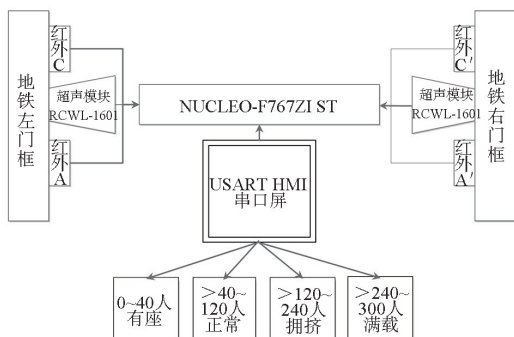


图 1 设计框图

#### 1.2 传感器工作原理简介

超声传感器电路图如图 2 所示。TRIG 引脚为控制引脚, 向此管脚输入一个 10 uS 以上的高电平, 可触发模块测距, 遇到障碍物部分超声波返回, 返回的超声波会被模块检测到, 当测距结束时, Echo 此管脚会输出一个高电平, 电平宽度为超声波往返时间之和。根据 Echo 管脚输出高电平的持续时间可以计算距离值, 即距离值为: (高电平时间 × 340 m/s) / 2。通过 2 个超声波测距模块可以计算得到被测物体的宽度。

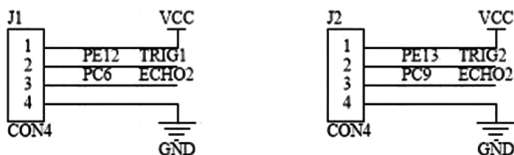


图 2 超声传感器电路

红外传感器电路图如图 3 所示。传感器具有一对红外线发射与接收管, 发射管发射出一定频率的红外线, 当检测方向遇到障碍物(反射面)时, 红外线反射回来被接收管接收, 经过比较器电路处理之后, 绿色指示灯会亮起, 同时信号输出接口输出数字信号(一个低电平信号)<sup>[7]</sup>。

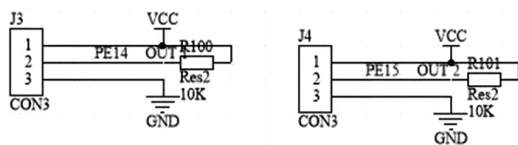


图 3 红外传感器电路

#### 1.3 传感器模块设计

本模块利用 2 对红外避障模块外和一对超声传感器安装在车门两侧来监控人流量。当乘客进出车厢, 信号受到遮挡, 通过计算得出实时人数, 将处理后的数据通过 STM32F103 单片机传输至候车区的显示屏上, 让候车人了解各节车厢的人数。

将 A-A', C-C' 两组对射式红外传感器平行安装在地铁车门内、外两侧, A-A' 安装在内侧, C-C' 安装在外侧, 当 A-A' 先于 C-C' 检测到屏蔽信号时, 表明所测物体为离开, 反之表明进入。但是此种方式无法判断进、出车厢的人数, 如果是一人, 红外传感器可以准确判断, 如果是 2 人以上, 则判断数量不够准确。并且, 2 人同时进出时可以有 4 种情况, 如图 4 所示<sup>[8]</sup>。由于受地铁车门宽度限制, 乘客上下车并排进出最多 3 人, 因此其他情况不予考虑。为解决红外传感器无法判断进出车厢乘客数量, 在车厢门内外侧再添加 2 对超声传感器。

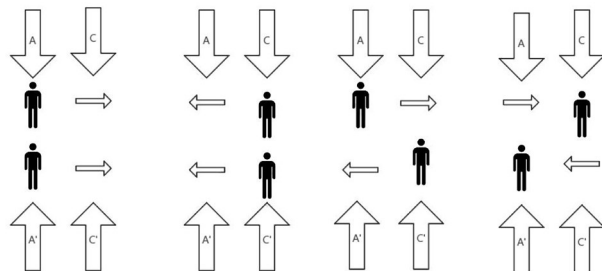


图 4 2~3 人并排进入的情况

将 2 个 B-B' 和 D-D' 超声传感器的超声模块分别安装在地铁车厢的出入口左、右两侧, 通过测量进出车厢人群的宽度判断人数。测量进出物体到两侧的距离, 用出入口处的总宽度  $L_3$  减去 2 个超声传感器分别所测距离  $L_1$ 、 $L_2$ , 即为出入物体所占最大宽度<sup>[9]</sup>, 如图 5 所示。宽度测量好之后, 即可计算出人数。

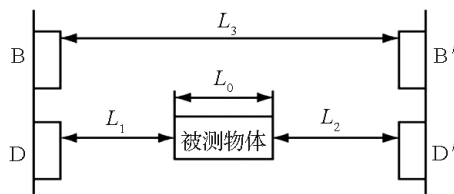


图 5 超声传感器测量示意

传感器将信号传递给单片机, 之后单片机再交显示屏显示的工作原理如图 6 所示。

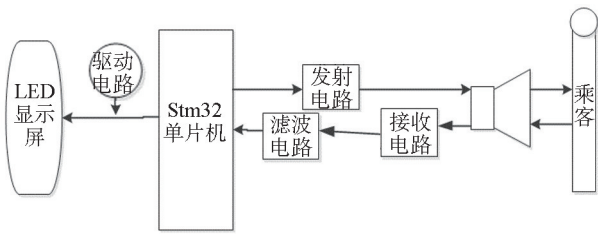


图 6 系统工作原理

## 2 结果与分析

### 2.1 硬件电路

本设计的硬件电路图如图 7 所示。单片机 STMS32f103RCT6 的 PA0 引脚接车厢门入侧红外传感器 C, PA1 接车厢门出侧红外传感器 A, 超声模块 B-B' 中引脚 MODE 接单片机中 GND, GND 接单片机的 GND, RX 接单片机上的 PA2, TX 接单片机上的 PA3, 电源接 5 V, 而超声模块 D-D' 中除了 RX 接 PB10 和 TX 接 PB011 以外其他和模块 B 一样。3 对传感器分别在门框对应高度上安装固定。USART HIM 串口屏上 4 个引脚分别是+5 V 连单片机+5 V, TX 连接 RX1, RX 连接 GND, GND 连接 GND。每对传感器需连接在相应高度。

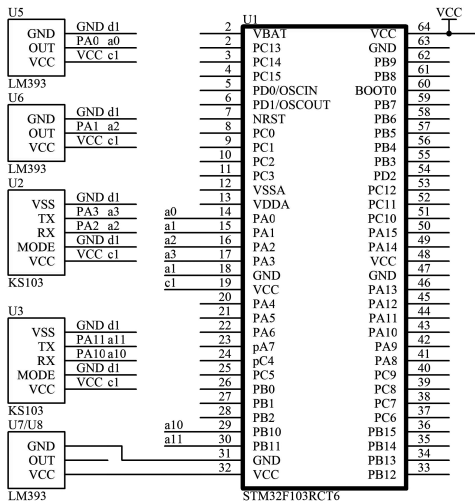


图 7 硬件电路连接

### 2.2 软件设计

当设置好单片机的头文件后,设置分频数为 64,重载值为 625,溢出时间为 1 s。利用 while 总循环语句每一秒更新显示屏数据,显示屏上的拥挤主函数主要用的是 C 语言中 if else 语句,keil 开发环境,当人数在 40 人以内是有座,>120~240 人是正常,>240~300 人是拥挤,超过 300 人是满员,并显示出从绿到深红的颜色渐变。若传感器 A 或 C 则进入超声传感器测距状态,用 for 语句完成测量超声 B 的距离和超声 D 的距离。当出传感器被遮挡,

一个物体测量完成。2~3 人并排进出,利用 if 各种情况相与的语句,当测量物体宽度大出个人标准宽度 2 倍则视为 2 人并排进出情况,若 3 倍则 3 人进出情况。最后每次情况累加,得出整节车厢人数。程序流程如图 8 所示。

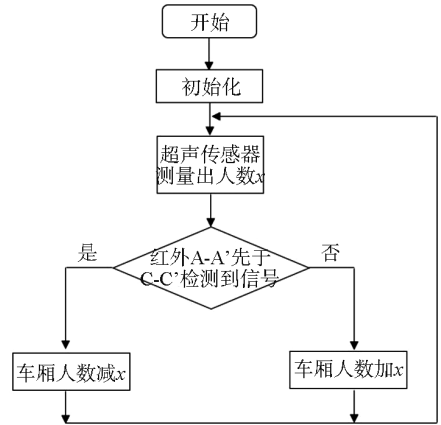


图 8 程序流程图

### 2.3 实物模型测试结果与分析

本项目制作的实物模型如图 9 所示,红外和超声传感器安装在模型车门边框上,其位置示意图如图 10 所示,模型显示屏如图 11 所示。

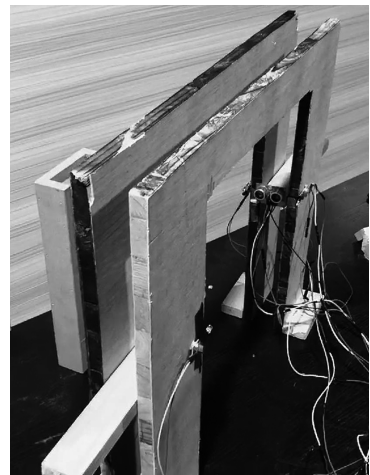


图 9 实物模型示意

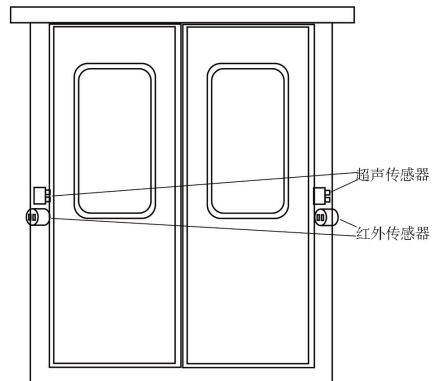


图 10 传感器安装位置示意



图 11 实物显示屏

模型安装好后进行多次测试,第 1 次模拟了单人进入的情况,当代表乘客的模块进入后,如图 12 所示,显示屏显示的人数加 1 人,下方显示绿色,表示车厢内人数较少,有座。



图 12 单人进入车厢显示人数+1

第 2 次模拟双人进入的情况,代表乘客的模块在进入后,显示屏显示的人数加 2 人,同时下方仍然显示绿色,表示有座,如图 13 所示。



图 13 双人进入车厢显示人数+2

第 3 次模拟 1 人进入,1 人离开的情况,如图 14 所示,由于进出的人数相同,显示屏显示的人数与前一次相同。

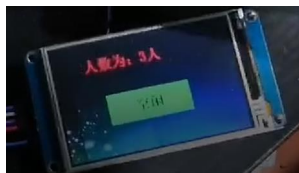


图 14 双人同时进出车厢显示人数

综上所述,测试结果显示,本文设计的实物模型可以很好地统计单人、多人出入车厢的情况。

### 3 结语

从上述测试结果可以看出,本文设计的多传感器统计地铁车厢人数的技术,可以很好地显示车厢拥挤程度,调节各车厢人流量,提高空间利用率。当发生紧急情况时,系统显示的人数也能帮助人们提前就近疏散人流,减少损失。但是,传感器检测人数的精度还有待继续提高,这也是未来研究的重点方向。该项技术是对现有的主要对地铁站台和换乘枢纽人流量统计的补充,不仅具有较高的实用价值,而且具备很强的科研价值,有很好的应用前途。

### 参考文献:

- [1] 费爽,刘智丽.地铁换乘系统拥堵点的仿真分析及优化研究[J].城市轨道交通研究,2018,21(7):100-105.
- [2] 李莹,苏也惠.地铁换乘过程人流避免拥堵路径规划仿真[J].计算机仿真,2018,35(6):146-150.
- [3] 劳超勇,胡华,刘志钢.基于 Wi-Fi 探针的地铁车站拥堵点客流量估计方法[J].计算机应用与软件,2019,36(2):52-56.
- [4] STM32F7 微控制器开发板加快嵌入式设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2016(7):86-86.
- [5] 顾聚兴.红外传感器与其它光电传感器的发展趋势[J].红外.2010(8):45-46.
- [6] 蒋友聪.基于传感器网络的共享控制智能轮椅研究[D].北京:北京协和医学院,2019.
- [7] 佟璐.基于图像的地铁列车客流统计方法研究[D].北京:北京交通大学,2015.
- [8] 王君伟,范启富,白凌云.基于 DTW 的红外乘客计数系统[J].测控技术,2008(6):32-35.
- [9] 千承辉,王超,曹曦元,等.多传感器数据处理的人流量监测系统[J].实验室研究与探索,2013,32(2):35-38.