

Subway Station Passenger Flow Induction System Based on Pressure Sensor Array

Pingchong Wei, Hao Li, Yangkun Dong, Yuhang Wang, Longwei Dong, Chun Wang, Yuanye Zhang

School of Transportation and Vehicle Engineering, Shandong University of Technology, Zibo Shandong
Email: SuperWei1900@163.com

Received: Oct. 22nd, 2019; accepted: Nov. 1st, 2019; published: Nov. 8th, 2019

Abstract

According to the research on the behavior of waiting passengers on subway platform, it is found that the distribution of waiting passengers is closely related to the location of platform entrance and exit, and passengers are more likely to stay in the entrance position. In addition, the distribution of waiting passengers often does not match the passenger density of the corresponding carriage because of the opaque information of the subway carriage. With the rapid growth of subway passenger flow, the problems of traffic congestion and waste of space-time resources become increasingly prominent. In order to solve the above problems, this paper proposes a method to detect the passenger density in real time by using pressure sensors arranged in array. The system first collects the passenger pressure in each compartment of the train in real time, then judges the congestion level of each compartment by establishing the model of passenger pressure and the congestion degree of the compartment, and informs the waiting passengers of the congestion degree in each compartment by using the guidance display screen and the indicator lamp, so as to make the waiting passengers choose the reasonable boarding position. Finally, the system realizes the effective induction of waiting passenger flow, thus alleviating the problem of waiting congestion and improving the efficiency of subway operation.

Keywords

Metro Platform, Pressure Sensor, Passenger Distribution, Passenger Flow Induction

基于压力传感器阵列的地铁站台客流诱导系统

魏平冲, 李 皓, 董洋鲲, 王雨航, 董龙威, 王 淳, 张媛烨

山东理工大学交通与车辆工程学院, 山东 淄博
Email: SuperWei1900@163.com

收稿日期: 2019年10月22日; 录用日期: 2019年11月1日; 发布日期: 2019年11月8日

文章引用: 魏平冲, 李皓, 董洋鲲, 王雨航, 董龙威, 王淳, 张媛烨. 基于压力传感器阵列的地铁站台客流诱导系统[J]. 交通技术, 2019, 8(6): 387-392. DOI: 10.12677/ojtt.2019.86047

摘要

针对地铁站台候车乘客行为规律的相关研究发现, 候车乘客的分布与站台进出口位置息息相关, 乘客更容易停留在进口位置。另外, 由于地铁车厢信息不透明, 候车乘客分布与对应车厢的乘客密度往往不匹配, 随着地铁客流的快速增长, 乘车拥挤以及时空资源浪费等问题日益突出。针对上述问题, 本文提出了使用阵列布置的压力传感器实时检测车厢乘客密度进而实现客流诱导的方法。系统工作时首先对列车各车厢内乘客的压力进行实时采集, 再通过建立的乘客压力与车厢拥挤程度模型来判断各车厢的拥挤等级, 并利用诱导显示屏和指示灯来告知候车乘客各车厢内的拥挤程度, 使候车乘客选择合理上车位置, 最终实现对候车客流的有效诱导, 减轻了候车拥挤问题, 提高了地铁运行效率。

关键词

地铁站台, 压力传感器, 乘客分布, 客流诱导

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

地铁以其安全、准时、快捷、舒适、环保等特点备受各大城市青睐, 其发展对缓解城市地面交通混乱局面、方便居民出行具有重要作用。随着城市道路交通拥堵现象的加重以及地铁交通网络的逐渐完善, 地铁的日平均客运量正逐年快速增长。同时, 由于地铁站内部环境封闭, 客流量大, 人群聚集度高等特点, 使得站内客运组织变得尤为重要。

地铁站客运组织主要以日常客运组织及大客流预测与控制为主。日常客运组织主要通过合理布置客运有关设备、设施等方式, 对客流采取有效的分流或引导措施。突发性大客流等紧急情况下的客运组织比较复杂, 需要根据现场情况由运营协调中心统一指挥, 通过控制出入站以及付费区客流等措施来减缓车站压力, 优化客运服务[1]。

地铁车站对于候车区的客流组织管理较少。目前普遍采用的人工疏导方式效率较低且具有盲目性, 会使候车乘客分布情况与各车厢乘客密度不匹配, 从而加剧乘客上车拥挤现象。部分学者通过研究车站候车乘客分布规律发现, 候车乘客的分布与车站进出口位置息息相关[2]。同时, 不同程度的候车客流密度, 有着不同的客流分布特点, 并且人群更容易停留在进口位置候车。因此, 地铁候车区客流诱导应考虑各车厢乘客密度情况, 不能单纯的将车站候车客流进行趋于均匀的诱导。

2. 系统介绍

2.1. 系统简介

系统主要由数据采集系统、数据传输系统、数据处理系统以及信息显示系统四部分组成。系统通过在每节车厢的站立区域布置压力传感器以采集压力数据信息, 通过列车的无线通信系统将数据发送到数据处理中心处理得到各车厢的拥挤程度, 并将拥挤程度实时发布在地铁候车区的显示终端上, 使候车乘客能够根据各车厢拥挤程度选择合理候车区域。另外, 数据处理中心还可通过车厢乘客密度分析列车各时段的运载率、拥挤度等指标来进行线路评价等工作。

2.2. 流程框架

以下是系统工作流程图(图 1)。

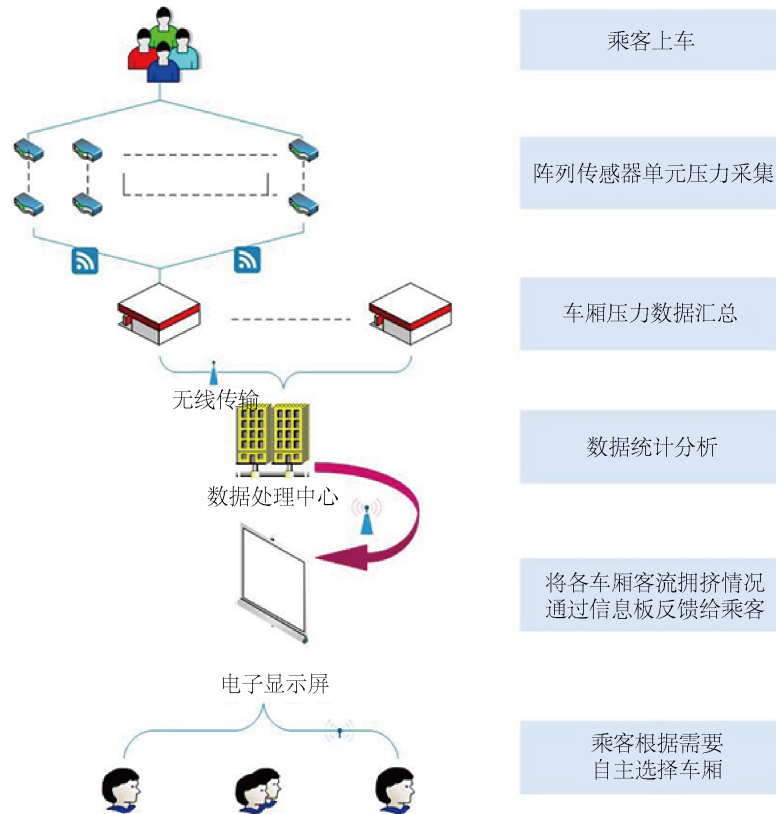


Figure 1. System workflow diagram
图 1. 系统工作流程图

3. 方案设计

3.1. 数据采集系统

1) 工作流程: 数据采集系统负责采集压力传感器单元产生的压力信息。压力传感器单元在车厢站立区域和坐席区域以阵列式的布设原则进行铺设。系统利用压力传感器单元获取乘客压力信息并汇集到各车厢的数据库, 借助无线通信系统将各节车厢的实时压力信息传到数据处理系统。

2) 布设原则: 此项目压力传感器的布设情况分为两类。一类是在坐席区域布设传感器, 以感应车座上的压力, 判断列车内部是否有座位空余; 另一类是在站立区域以阵列式布设传感器, 以获取压力信息, 如图 2 所示。

① 布设形式: 目前, 部分学者针对乘客对于站立区域的选择等做了大量的理论分析。将车厢内部分为 6 个区域, 分别为坐席前区、坐席后区、车门前区、车门后区、侧边前区以及侧边后区。根据调查结果显示, 乘客对车门前区的选择概率随车厢内立席密度的增大而逐步增大, 坐席区域和边侧区域则相反。乘客更偏向于站立在人更少的区域, 其次是距离立柱、座位、车门、扶手更近的区域。因此乘客对于站立区域的选择具有一定的倾向性, 所以为使采集到的压力信息准确完整我们需要将压力传感器在车厢底部均匀布设, 全面覆盖整节车厢。

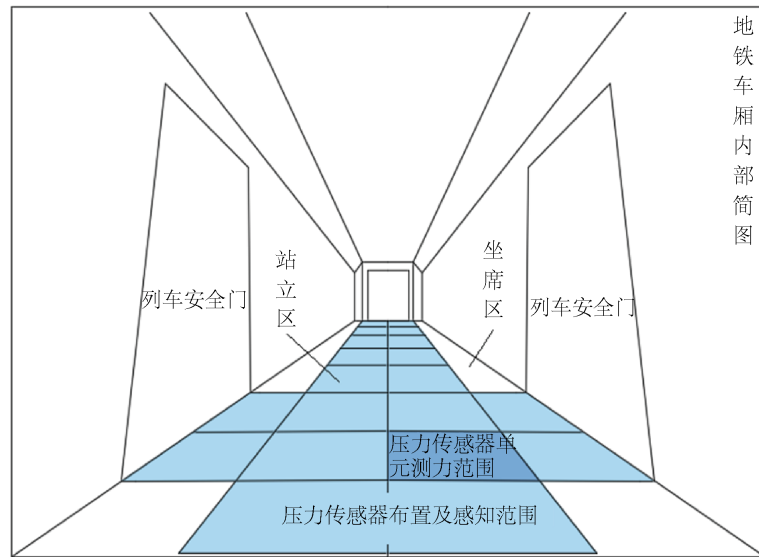


Figure 2. Schematic diagram of pressure sensor arrangement
图 2. 压力传感器布置示意图

② 布设密度：此项目传感器的布设应综合考虑不同传感器的承压极限、辐射范围以及相邻传感器之间的相互影响来考虑传感器的布设密度。另外，传感器布点应在考虑成本的前提下尽量满足精度要求，防止因布设过密而使成本增加，布设过少导致数据精确度偏低的情况。不同的压力传感器具有不同的布设密度。

3.2. 数据处理系统

数据处理系统负责计算各车厢乘客密度，并将拥挤度信息指挥发布到相应站台的显示终端，数据处理中心还可分析列车各时刻的载客率等指标，帮助优化列车调度管理计划。在进行数据处理时，通过地铁的数据传输系统[3]，将采集到的数据，传输到地铁的数据处理系统，对数据进行一定的筛检、规范、修复之后，将数据导入 MATLAB 软件，得出车厢内部各处位置的的压力分布柱状图，如图 3 所示。

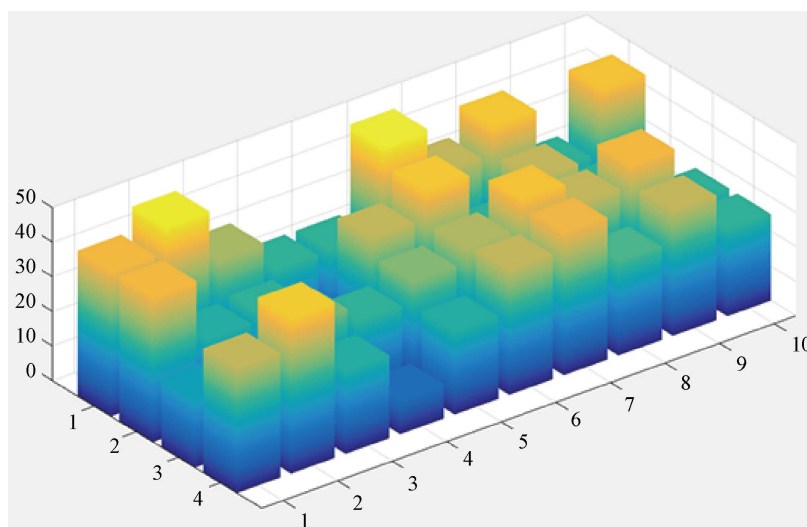


Figure 3. Bar chart of pressure distribution in carriage
图 3. 车厢内压力分布柱状图

1) 计算乘客密度: 系统利用各车厢压力传感器采集的数据, 建立车厢三维压力数据模型, 利用计算机将压力数据进行处理, 得到车厢压力分布情况, 根据车厢相邻压力数值修正总压力数值。数据处理系统存储列车各车厢的矫正压力数据, 将汇总后的各车厢总的压力数值除以布置传感器的面积得出每平方米承受的重量, 再结合乘客的平均体重数据, 计算得到各列车车厢站立区域乘客密度。

2) 划分车厢密度等级: 系统计算出乘客密度后, 将根据密度值划分各车厢的拥挤等级。根据基于乘客空间舒适性立席密度 μ (人/m²) 的划分原则, 本系统划分了五个拥挤等级:

当 $0 < \mu \leq 3$ 时, 车厢内乘客很少, 心理舒适度高;

当 $3 < \mu \leq 4.5$ 时, 刚好满足乘客需求舒适度的临界, 可小幅活动;

当 $4.5 < \mu \leq 6$ 时, 乘客会感觉少许不适, 会接触但不会挤压;

当 $6 < \mu \leq 7$ 时, 乘客间出现挤压, 有拥挤感, 但不至于出现安全问题;

当 $\mu > 7$ 时, 乘客相互挤压, 不适感强烈, 可能会出现安全问题。

为便于乘客接收和理解信息, 可将五个拥挤等级依次表示为: 舒适、轻微、轻度、中度、重度。

3.3. 显示诱导系统

车站候车区客流诱导遵循“能疏导, 不控制”的原则, 通过诱导显示屏为乘客提供相关信息[4], 让乘客自主选择候车区域, 达到客流诱导的目的。诱导显示屏的位置选取应以方便乘客为原则, 可选择目前站台信息提示板位置或根据站台类型设置在屏蔽门等位置。另外, 站台还可通过在地面设置指示灯提示候车乘客可等车人数, 选择适当候车区域。各指示灯与屏蔽门的距离反映各拥挤程度所对应的可登车人数。

4. 创新

针对地铁站台乘客上车位置与车厢内人流密度比匹配的问题, 本系统采用压力传感器检测车厢内人流密度, 辅以地铁站台客流诱导装置的方法, 可以有效引导乘客更加舒适的乘车, 降低高峰时刻人工诱导的工作量, 能有效地提高地铁的运行效率。相对于基于图像识别技术或红外感应技术随客流强度的增大诱导精度变低的问题, 本系统能更好的适应于高强度下的客流, 传感器之间相互独立, 单个传感器出现故障时, 便于维修和更换。与基于 RFID 射频技术的客流诱导系统投入较多[5], 经济性低的特点相比, 本系统基于传感器的密度识别方式能对所有乘客进行检测, 更加具有普遍性、适用性。而且相应技术成熟, 适合大范围推广。在很大程度上可以提高地铁运行的经济性和可靠性。

5. 总结

随着社会经济的不断发展和城市化水平的不断加快, 城市基础设施特别是城市交通与城市发展的矛盾逐渐显现, 地铁系统对于大城市而言越来越具有影响地位, 地铁可以提高城区密度, 减弱市民对小汽车的依赖, 减少城市无计划的扩张以及为居民提供价格公道的出行方式等作用。因此合理有效解决地铁候车过程中的乱象, 促使人们安全乘车具有重大意义。通过基于压力传感器阵列的地铁站台客流诱导系统可以简单高效的将候车乘客引导到人员较少的车厢中, 达到分散人流并合理分配地铁空间资源的作用, 可以有效解决候车与车厢密度不匹配问题。此外, 通过乘客密度数据可以计算载客率等数据, 可以直观反映该线路的运营特点, 调整优化地铁的发车频率及班次, 提高列车运行效率。在列车行驶过程中, 通过车厢内部压力数据的变化, 实时监测地铁车厢内部乘客的流动趋势, 起到辅助监控的作用, 保障地铁运营更加地安全稳定。

基金项目

国家级大学生创新创业训练项目。

参考文献

- [1] 康元磊, 张越. 地铁车站候车区域乘客分配方法[J]. 城市轨道交通研究, 2017, 20(1): 83-86.
- [2] 史芮嘉, 毛保华, 丁勇, 等. 地铁车厢内乘客站立位置选择行为研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2017, 17(2): 142-147, 159.
- [3] 车聪聪, 李慧娟, 刘泰, 等. 无线传输技术在地铁车辆中的应用[J]. 铁路技术创新, 2014(4): 85-88.
- [4] 张轶. 地铁 PIS 系统建设分析[J]. 市政技术, 2010(S2): 390-393.
- [5] 李雪. 基于 RFID 的城市轨道交通客流诱导系统设计[J]. 无线互联科技, 2016(2): 66-67, 79.