

文章编号: 2095-2163(2021)06-0205-05

中图分类号: U291.69;TP389.1

文献标志码: A

城市轨道交通大客流辨识预警及动态管控系统设计

陈家萍, 丁小兵, 刘志钢, 万 苏, 杨恺鹤

(上海工程技术大学 城市轨道交通学院, 上海 201620)

摘要:城市轨道交通连接着重要的客流集散点,车站的大客流拥堵,给轨道交通企业带来较大的承运压力。为了实现车站客流的实时预测与动态管控,本文设计了一种针对城市轨道交通大客流辨识预警及动态管控系统,能够实时预测轨道交通车站客流变化,根据客流及乘客车站分布状态,分级预警并提供动态管控策略。

关键词:城市轨道交通;大客流辨识;分级预警;动态管控

Identification, early warning and dynamic control system of large passenger flow in urban rail transit

CHEN Jiaping, DING Xiaobing, LIU Zhigang, WAN Su, YANG Kaihe

(School of Urban Rail Transportation, Shanghai University of Engineering Sciences, Shanghai 201620, China)

[Abstract] Urban rail transit is the main carrier of passenger flow, which is connected with the important passenger flow distribution points. The large passenger flow congestion in the station brings great pressure to the rail transit enterprises. In order to realize the real-time prediction and dynamic control of station passenger flow, this paper designs a subway passenger flow identification early warning and dynamic management and control system for large passenger flow. The main function of the system is to forecast the change of passenger flow in rail transit station in real time, and to provide a hierarchical early warning and dynamic control strategy according to the passenger flow and passenger station distribution status.

[Key words] urban rail transit; large passenger flow identification; hierarchical early warning; dynamic control

0 引言

目前地铁运营公司在在大客流的预警及动态管控机制方面存在很多问题,例如未能及时识别车站大客流聚集趋势并进行智能预警、客流疏导组织相对被动等。实时掌握车站客流的分布规律,对大客流进行分级预警,为客流管控提供帮助,对于轨道交通系统的正常运行具有重要意义。

国内外学者对客流预测进行了研究,Musa, A. B. M.等人初步使用WiFi探针对智能手机的mac地址进行跟踪,将数据上传到服务器上,分析和预测客流^[1];在此基础上,Mikkelsen, L等人初步利用无线局域网探测,对公共交通占用率进行估算^[2];梁杰林基于WiFi数据挖掘设计和实现了一套交通路况信息系统,通过对WiFi探针数据采集,对路网建模,进行数据接口服务与数据可视化^[3];余创龙基于历史客流规律对城市公共交通网络、各线路、全站点的

客流预测^[4]。

随着智能视频监控系统的不断发展,冯媛等利用卷积神经网络提取行人特征,加入HSV图像处理模块强化行人特征,提高其检测速度和准确率^[5];黄麟淞在基于深度特征流的视频目标检测网络的基础上开展对视频目标检测的研究工作^[6];许经纬提出了一个高效的视频镜头检测框架,根据提出的框架本文进一步实现了基于深度学习的视频镜头检测算法,得到的结果经过融合提升得到更好的分割结果^[7];张清泉设计了轨道交通客流预警系统,包括客流数据采集系统、客流数据与预测系统、客流预警等级识别系统、客流预警输出系统这4个子系统,只针对长期客流预测,并未做到实时预测^[8]。

基于前人积累的经验,以大客流监测及预警系统用户需求为基础,参考行业相关应用实践,综合考虑后续建设,对城轨交通大客流监测及预警系统的系统架构、系统功能、部署方案等进行规划设计。为

作者简介:陈家萍(1996-),女,硕士研究生,主要研究方向:地铁运营风险传播、城市轨道交通大客流管控;丁小兵(1982-),男,博士,讲师,硕士生导师,主要研究方向:轨道交通运营管理与应急处理;刘志钢(1974-),男,博士,教授,主要研究方向:轨道交通运营管理优化及安全、轨道交通人因工程;万 苏(1997-),女,硕士研究生,主要研究方向:轨道交通安全评估与控制、大数据及数据挖掘技术;杨恺鹤(1993-),女,硕士研究生,主要研究方向:列车开行方案优化、大数据及数据挖掘技术。

通讯作者:丁小兵 Email: dxbsuda@163.com

收稿日期: 2020-12-09

了准确获取客流的集中程度,需要准确获取各关键位置的客流量,进一步加强城轨交通大客流监测和预警技术研究,充分整合现有技术优势,建立综合监测和预警体系,形成全方位大客流监测和预警的整体解决能力。

本文设计了一种大客流辨识预警及动态管控系统。从视频图像识别的采集出发,利用深度学习的最新研究成果进行客流识别,并利用 WIFI 探测设备对视频客流误差进行修正。针对大客流进行深度精细化采集、提高客流获取精度,跟踪站内实时客流变化,实现客流追踪与分级预警功能并提供精细化客流分级动态管控方案。

1 系统设计

该系统以数据导向型研究为中心,主要对 Raspberry Pi 进行开发,根据轨道交通地铁站内实际情况,创新性的采用图像识别和 Wi-Fi 探针结合的客流采集方式,通过高清晰度的摄影头拍摄相关区域的客流,并利用 Wi-Fi 探针采集 Wi-Fi 信号,将客流量的视频数据与 Wi-Fi 数据同步采集,从而实现了轨道交通客流的实时采集。在对客流进行动态跟踪的基础上,植入卷积神经网络客流辨识算法计算当前

站内拥挤度,当客流密度过高时,系统向客户端发送动态管控指令,该设备基于以上流程,旨在利用建立的轨道交通客流辨识预警及动态管控系统,及时有效地疏散和动态管控大客流。系统整体结构图如图 1 所示。

1.1 客流实时预测模块设计

乘客携带移动设备进入地铁车站,位于车站要塞的 Wi-Fi 探针设备可以自动采集乘客移动设备的 MAC 地址、信号强度、检测时间等信息;与此同时,高清摄像头将实时采集的视频无线传输至 Raspberry Pi 中转数据处理站,Raspberry Pi 中有预先内置多源数据融合算法,量化客流,实现对客流的实时统计;将 Raspberry Pi 采集的数据传输到云服务器,经过数据分析和客流识别,可以实现全站的客流监控及实时预测;预测结果实时传输到地铁工作人员终端或站内设备上,实现车站大客流的智能实时动态管控和疏散。

1.1.1 WIFI 数据校正设计

1.1.1.1 数据去噪

第一步:通过 WIFI 检测到的数据集: $p_1 = (p_1, p_2, p_3, \dots, p_n)$;

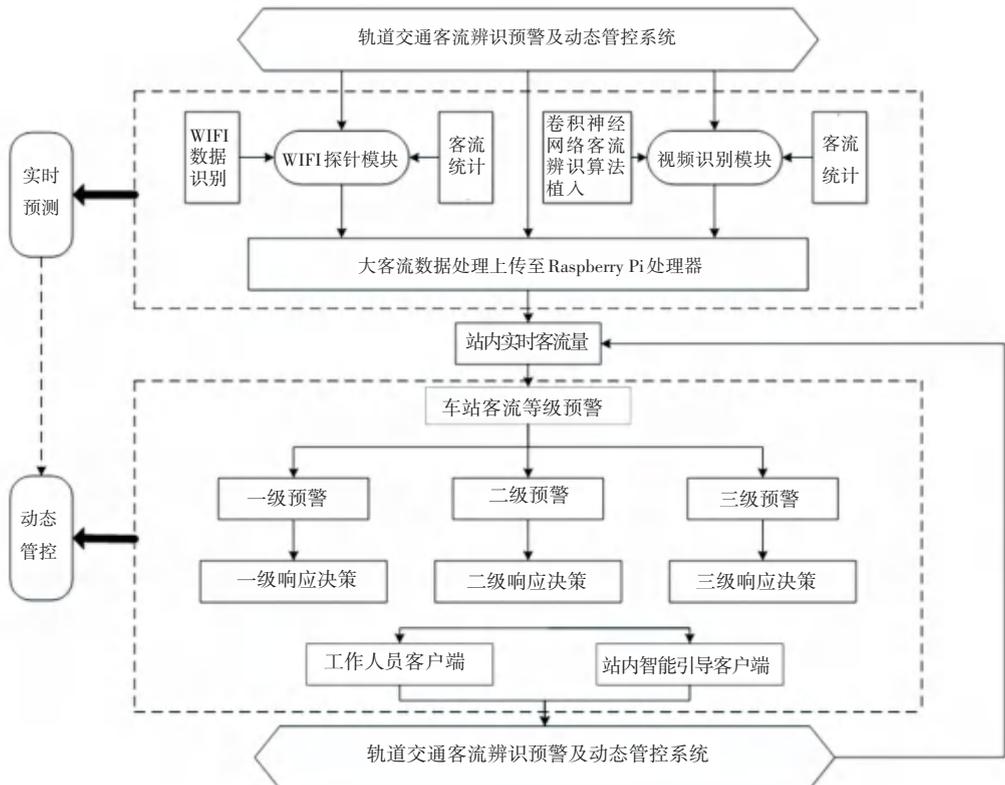


图 1 系统整体结构图

Fig. 1 Overall system structure diagram

第二步: 读取检测数据的信号强度列数据, 考虑 WIFI 探头的距离和强度之间的关系, 删除强度小于 -65 的乘客流量数据集: $p_2 = (p_1, p_2, p_3, \dots, p_m)$;

第三步: 当 Wi-Fi 信号在车站停留时间过长时, 通常是无效的乘客数据或车站设备和工作人员, 根据实际调查, 以 5 min 为时间间隔, 其中相同的 MAC 地址仍处于相同的 Wi-Fi 探测覆盖范围内, 并作为冗余数据删除。

1.1.1.2 设计 SQL 语句, 识别旅客移动终端的 MAC 地址

WIFI 探测器的间隔时间为 1 min, 乘客应根据正常步行速度远离探测信号的范围。事实上, 有一种情况是同一探测器反复检测手机信号, 因此有必要对其进行进一步处理, 这是从 1.1.1.1 的第三步获得的。

当 SQL 执行时, 相同的 Mac 地址在 1 min 内被检测到 2 次以上, 并且 Mac 地址被记录, SQL 程序将自动删除 Mac 地址并添加一条记录以防止冗余数据。

通过实际调查发现, 并不是所有乘客在进入地铁前都打开 WIFI, 因此检测到的乘客数量低于实际乘客数量。为此, 需要按线进行调查, 对调查数据进行统计分析。最后, 计算调查数据的加权平均值。

1.1.2 卷积神经网络客流辨识算法设计

在检测运动目标时, 需要考虑准确性和实时性。采集到的图像序列需要进行预处理, 图像预处理主要涉及图像的灰度化处理和降噪处理。

在此阶段, 采用中值滤波算法对一维信号处理到二维图像平滑处理, 对于干扰脉冲和斑点噪声有很好的抑制效果, 还可以增强图像的边缘的提取。为了对滑动窗口中的颜色数据进行排序, 如果存在噪声数据, 将噪声数据置于数据的边缘, 置于数据的左侧或右侧, 则中间位置的值不能为噪声, 从而达到抑

制噪声的目的, 其定义如式(1):

$$g(x, y) = \text{median}\{f(x - i, y - j)\}, (i, j) \in S. (1)$$

其中, $g(x, y)$ 是中值滤波后像素处的灰度值; $f(x, y)$ 是滤波前像素处的灰度值; S 是滑动窗口。只有去除噪声后的视频数据, 才能用于客流识别。

深层卷积神经网络是模仿人类视觉神经系统的信息处理系统, 通过输入信号传输到下一层的生物信号流, 随着生物信号流的不断传播, 表达形式越来越抽象, 最终达到了抽象表示的最高水平。人类的认知过程是一个深层模型的构建过程。不同乘客的面部形象具有不同的特点, 本系统在视频预处理后, 利用深度学习算法对客流识别进行建模, 采用基于深度学习训练的卷积神经网络对采集的视频旅客流量进行计算。该算法可以增强原始识别特征, 降低噪声。计算过程如图 2 所示。

1.2 客流动态管控模块设计

1.2.1 站内智能引导设计

站内智能引导装置主要由输入、中央处理和输出部分组成。输入部分采用型号为 CPAM-WL28603 的触摸屏, 中央处理部分包括: 控制单元、输入单元、处理单元、显示单元, 地铁工作人员可以通过控制单元选择当前指引设备的模式: 自助查询模式、候车指引模式、大客流模式。输出部分由指示装置卡环、LED 绿色闪灯和语音播报装置组成。中央处理单元示意图如图 3 所示。

1.2.2 工作人员客户端设计

将触摸屏技术应用在客流动态管控系统中, 大客流状态下的乘客动态管控路径规划可为地铁工作人员提供处置决策, 当车站客流到达阈值, 即启动大客流模式。一级菜单显示大客流预警提示信息及其它地铁公司信息, 二级菜单显示当前车站出入口开放及关闭情况, 并智能化显示站内乘客动态管控路径, 客户端页面如图 4 所示。

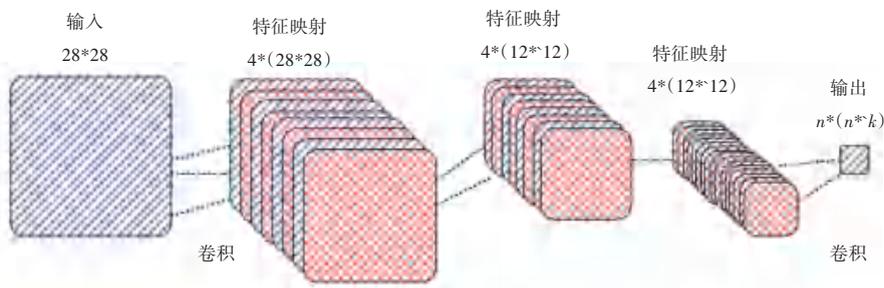


图 2 卷积运算示意图

Fig. 2 Convolution operation diagram

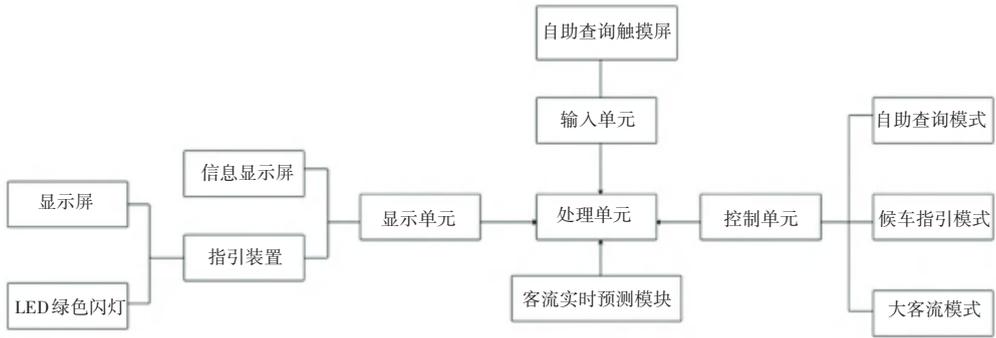


图 3 中央处理单元示意图

Fig. 3 Schematic diagram of central processing unit



图 4 客户端页面

Fig. 4 Client page

2 实验设计

本实验以上海地铁某车站作为实验对象,现场架设高清摄像头和 WIFI 探头,同步采集客流视频数据和 WIFI 数据,预测车站内部的实时客流量,修正精度,同时对车站不同位置的乘客提出实时动态管控方案。位置分别是:车站综合入口、检票口前、

电梯前、扶梯前、候车站台。根据站台情况,视频识别非常重要,WIFI 信号会反复采集,误差较大。

利用高清晰度摄像机拍摄拥挤地区的人流,用探头采集 WIFI 信号,将两者焊接在主板上,安装在固定在杆上的固定箱内,用螺丝钉固定在杆上,设备安装示意图如图 5 所示。

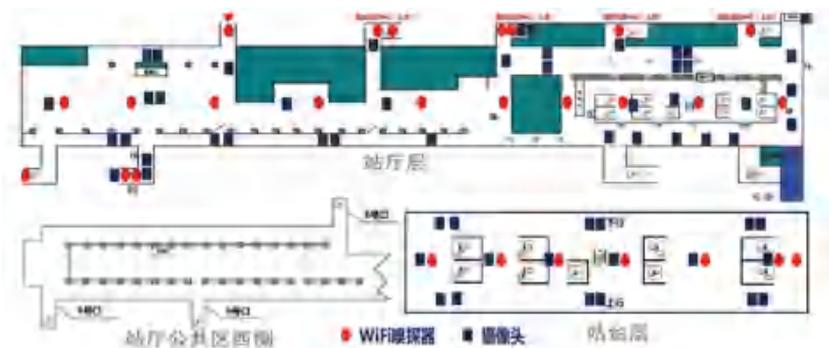


图 5 设备安装示意图

Fig. 5 Equipment installation diagram

客流预测系统的数据通过 WIFI 传输给客流动态管控系统,可以实时更新客流数据,使得动态管控系统作出相应的判断,根据客流的大小对客流进行等级判定,分别根据相关条例作出相应的响应决策。通过判定站内客流聚集及拥堵等级,自动触发大客流模式下的预警功能,当车站客流到达阈值,即启动大

客流模式。大客流模式下可以实时显示车站各区域的客流分布,系统会根据客流等级调用大客流应急预案库,工作人员可以根据系统中的提示信息,关闭相应的出口,使得客流往一个流向流动,加快客流疏散,起到一个动态管控客流的作用,保障运营安全。客流动态管控系统的界面图如图 6 所示。

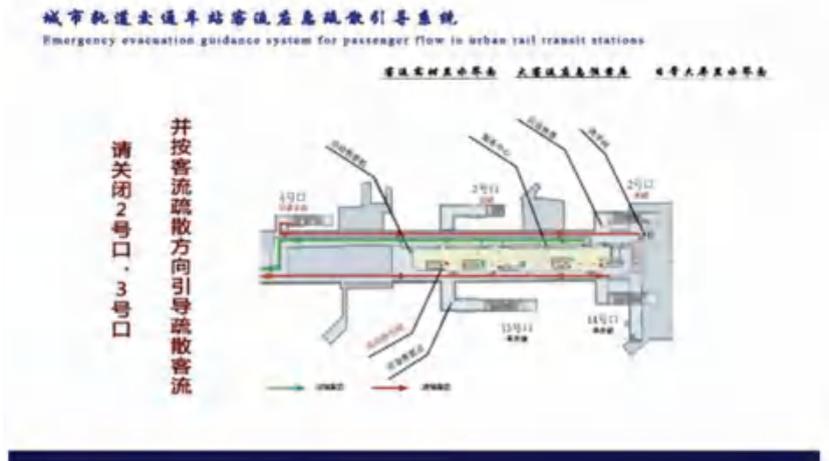


图 6 客流动态管控系统的界面

Fig. 6 Dynamic management and control system for passenger flow

3 结束语

本文提出的客流识别方案集成了硬件设备平台和算法设计,适用于拥挤地区的客流监测。该系统能够及时识别客流状态,并根据识别结果实现智能指引。运营企业可以提前采取应急措施,对轨道交通企业的经营和生产安全具有良好的现实指导意义。

参考文献

[1] MUSA A B M, ERIKSSON J. Tracking unmodified smartphones using WiFi monitors [C]//ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems, 2012:281-294.

[2] MIKKELSEN L, BUCHAKCHIEV R. Public transport occupancy estimation using WLAN probing [C]//International Workshop on Resilient Networks Design and Modeling, 2016:302-308.

[3] 梁杰林. 基于WiFi数据挖掘的交通路况信息系统的设计与实现 [D]. 北京:北京邮电大学,2018.

[4] 余创龙. 基于大数据挖掘的城市公共交通客流特征分析及预警系统设计 [D]. 湖北:华中科技大学,2016.

[5] 冯媛,李敬兆. 改进的卷积神经网络行人检测方法 [J]. 计算机工程与设计,2020,41(5):1452-1457.

[6] 黄麟淞. 基于深度学习的视频目标检测关键技术研究及应用 [D]. 成都:电子科技大学,2019.

[7] 许经纬. 基于深度学习的视频镜头检测与对象分割 [D]. 上海:上海交通大学,2018.

[8] 张清泉. 轨道交通客流预警系统研究 [D]. 重庆:重庆交通大学,2016.