

【文章编号】1672-5328(2005)03-0027-05

基于脚印方向识别的客流检测与监控系统

王晓¹ 魏志强² 周利江² 孔晓霞²

(1. 青岛远洋船员学院, 青岛 266071; 2. 中国海洋大学计算机系, 青岛 266071)

【摘要】讨论了公交调度监控的重要意义, 并设计了一种智能公交系统的结构模式。在对现有应用技术对比讨论的基础上, 提出了一种解决客流统计的新方法: 通过判断脚印不同部位的不同宽度来判断脚印的方向, 从而确定客流的运动方向, 而不必构建图形的边缘曲线或进行图形匹配识别, 是对模式识别及图形相似思想的巧用。

【关键词】客流检测; 脚印方向; 图形相似; 方向识别

【中图分类号】 TP391 **【文献标识码】** A

The Detection and Supervision System of Passenger Flows Based on Footprint Direction Recognition

WANG Xiao¹, WEI Zhiqiang², ZHOU Lijiang², KONG Xiaoxia²

(1. Qingdao Ocean Shipping Mariners College, Qingdao 266071, China;

2. Department of Computer Science, Ocean University of China, Qingdao 266071, China)

Abstract: This paper discussed the importance of scheduling and supervision of the public transport system and designed its basic pattern. On the basis of comparing with current techniques, a new method for statistics of the passenger number was proposed, through which the direction of footprints can be identified by measuring the different width of different location of the footprints without constructing the edging curves of the graphics or image matching and recognition. Therefore, the direction of passengers' motion can be obtained. This method is a good combination and application of pattern recognition and graphics similarity.

Keywords: detection of passenger flow; direction of footprints; graphics similarity; orientation recognition

目前, 公交客流检测与监控, 仅能依靠人工干预或者完全人工的方法实现, 还没有一套完全自动化的系统能够独立完成此项任务。许多城市的公交公司都曾经尝试用人工监测来统计客流, 但大多都由于投入过多的人力物力而导致半途而废。随着城市化进程的加快, 传统呆板的公交调度模式与客流随机变化之间的矛盾进一步加剧。尽管调度人员时常会根据出行高峰期进行一些人为的干预, 但这种做法具有很大的盲目性与主观性。因此, 对公交布局及车辆调度进行实时优化, 是近期解决城市交通紧张最有效的措施。

1 客流检测与监控技术

当前, 客流检测与监控主要采用三类技术: 红外检测技术、压力检测技术及图像处理技术。

红外检测技术比较成熟^[1-2], 广泛应用于车站、码头、商店、书店等人口流动频繁的地方, 由人工辅助监控。其特点是: 能对有一定距离间隔的人流做出正确有效的判断, 而对于前后拥挤、接踵而至的人流效果较差。

压力检测技术是客流检测正在探讨的方法, 其原理是通过检测人体的重量, 来测知人的存在。鉴于

收稿日期: 2005-01-19

作者简介: 王晓(1971—), 男, 硕士, 青岛远洋船员学院计算机教研室, 讲师。E-mail: wangxiaopb@126.com

客流检测统计的是人的数量，通常做法是采用踏板式压力传感器技术。乘客上下车时，通过对踏板的踩踏，引起传感器内部应变片的变化，从而影响传感器内电流的变化，对电流变化进行采样获得上下车乘客的信息。应用压力检测的前提是任何人上下车都必须踩到每块踏板一次，对于多只脚同时踩上的情况以及正有人在踏板上，紧接着又有人踩到踏板上的情况难以进行有效的检测。

以上两种方法均不能对乘客上下车的方向做出判断，因此，很难把握车辆上的准确的乘客数量。即使在城市公交中，对公交车辆做了前门上客，后门下客的严格规定，也经常会出现同一车门上下乘客或出现与规定方向相反的情形，其误差率较高，对于只有一个车门的中长途客车就更加不适应了。

基于内容的图像检索研究^[3-4]开始于20世纪90年代，目的是从大型的图像数据库中搜索与例子图像相似的图像。目前，该领域的研究主要集中于特征提取、相似性计算和多索引等方面^[5-6]。广为采用的特征提取算法有 Swain等提出的使用L₁直方图交叉^[7]来测量颜色直方图的相似性以及Sheikholeslan提出的基于小波系数的边缘特征方法^[8-9]。随着数字信号与图像处理(Digital Signal and Image Processing, DSP)技术的日渐成熟^[10-12]，将摄像探头装入公交车辆，走图像处理之路，无疑将是客流检测与监控的最终出路。但是，在此领域中运用图像处理技术尚面临众多困难。例如：动态场景中运动的快速分割、人体的非刚性运动、人体自遮挡和目标之间相互遮挡现象、车载终端不能完成对图像的处理分析等。目前还没有一套有效的算法用于图像识别，走图像处理之路还很漫长。

2 公交客流信息检测与监控系统的基本模式

智能公共交通系统是在对公交系统优化的基础上，运用系统工程理论将交通流诱导技术、差分GPS定位技术、GIS及地图匹配技术、公交运营优化与评价技术、计算机网络技术、数据库技术、通信技术、电子技术、智能卡技术等先进技术相结合，形成集智能化车辆调度及客流监控、公交电子收费、信息服务、网络通信于一体的先进的公共交通管理系统^[13]。用以实现数据动态采集、信息无线传输、客流实时监控、车辆按需调度，以达到线路及车辆分配与客流变化相适应、对在线车辆进行动态监控、及时做出科学决策的目的。

图1是智能公交客流检测与监控系统总体构成模式，其主要构成可分为两大部分：车载客流信息检测存储终端和客流信息统计分析软件系统。

车载客流信息检测存储终端主要包括：信息采集系统、数据处理系统、显示系统、移动存储单位、读(写)卡系统、GPRS/CDMA传输系统等。主要用于客流信息的采集，实现数据的在线及时传输与数据离线自动存储，提供检测数据，为客流信息实时监控、统计分析以及公交调度决策提供原始数据。此部分是统计分析的基础，也是整个智能公交系统的关键。

客流信息统计分析软件系统主要包括：数据中心、客流信息分析统计系统等，用于实现客流信息的汇总分析，为动态调度提供依据，最终得出科学的线路分配和动态调度策略，使线路及车辆分配与客流变化相适应。同时，交通管理中心可随时获得在线中长途客车的客流情况，对超载超员以及超速行驶等情况及时做出记录并给予警告，以维护正常的交通安全。

从车载终端正确获取上下车乘客的信息是进行客流检测、公交监控的基础。因此，如何正确有效的获取上下车乘客信息是本系统研究中最大的技术难题。本文将重点讨论客流信息的采样技术以及对采样数据进行处理的方法与算法。

3 基于脚印方向识别的技术方法与实现算法

实验中，采样脚印所用设备是一个方阵标准化

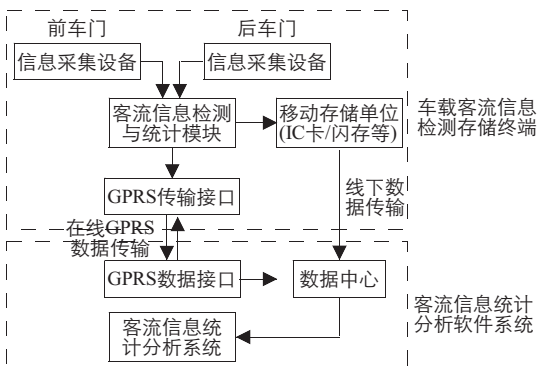


图1 公交客流检测与监控系统总体构成模式

Fig.1 Structure of the detection & supervision system of the passenger flows' information

电容式传感器，其下面是一层平滑的钢板，上面是一层绝缘橡胶，传感器在两层中间呈矩阵排列。当有物体压于其表面时，能够将其接触一面的物体形状准确采样。

3.1 原理

对公交客运进行有效地检测与监控，归根到底还是监控车辆内实有的乘客数量，此问题可归结为对乘客的上下车行为进行监控处理。因此，正确判断乘客上下车的方向性是进行有效检测与监控的关键所在。针对这一特点，借鉴图像处理中“特征提取与相似性比较”^[14]的理论思想，把判定客流的方向性转化为判定上下车乘客脚印的方向性，对上下车乘客脚印进行采样、处理、提取特征，与已有例子图像进行相似性比较，获得客流信息。这一方法是目前图像处理中最为广泛流行的方法。本文采用了一种更为简洁的方法——通过判断脚印宽度的特征来判断脚印方向。

一方面，乘客上下车的方向性，取决于乘客上下车时留下的脚印的方向性，可通过判断脚尖或脚跟的方向来确定脚印的方向。另一方面，人脚的特点是前尖后圆、前宽后窄、脚心向上拱起，这一特点被恰如其分地反映在了每一双鞋上。通常情况，鞋底最宽的地方在脚掌处，足弓处的宽度要小于脚掌最大宽度以及脚跟的最大宽度，脚跟最大宽度小于脚掌的最大宽度等等。因此，对于一个完整的脚印，只需找出脚掌的最大宽度以及脚跟的最大宽度，根据这两宽度的大小来判断脚的方向，从而确定乘客的上下车方向。对乘客上下车脚印方向的变化进行统计，便可以获得车内乘客实际数量。

如果用网格点阵来描绘脚印，脚印的不同位置宽度就取决于该位置所占的网格数。将其放入直角坐标系中，可通过判断脚印各部分的行宽，来确定脚掌与脚跟的宽度，见图2。

3.2 具体做法

1) 建立方阵坐标系

每一个网格对应于车载终端采样设备橡胶垫下的一个传感器触点，在计算机内以两位数组 $G_{[Line][Col]}$ 表示。其中Line表示传感器橡胶板上排列的传感器触发器总行数；Col表示传感器橡胶板上排列的传感器触点总列数；元素 $G_{[i][j]} (0 \leq i < Line, 0 \leq j < Col)$ 表示传感器橡胶板上第 i 行第 j 列的元素触点，其值为1或0，分别代表对应触点已被脚踩到或未被踩到。对应

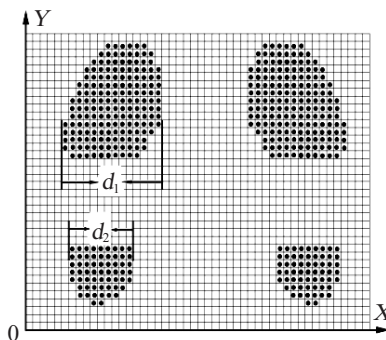


图2 坐标系中网格与图形

Fig.2 Grids and graphics in the coordinates

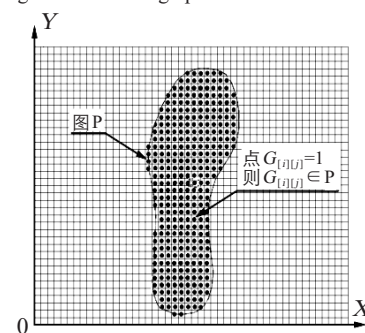


图3 完整脚印

Fig.3 Complete footprint

于方阵坐标系中，表示该点是否属于所判断图形内的点，见图3。

2) 采样图形(脚印)

将采样图形按其于传感器橡胶板上的具体位置放置到方阵坐标系所对应的位置，即将传感器橡胶板上每一触点的状态(1或0)放入数组 G 中。

3) 区分数组 G 中不同的脚印，即判断图形中独立脚印的个数

依次扫描方阵坐标系中的每一列，找出列连续图形的最左边与最右边，分别加以标记，根据边界确定这个脚印所占的列宽，记为一个脚印区域(夹在左右边界之间的部分)，并根据脚印区域的个数来确定脚印的个数。其中，列连续是指图形 P 的第 j 列与第 $j+1$ 列都有点属于 P ，则称第 j 列与第 $j+1$ 列为列连续。

确定脚印的过程是确定脚印所占区域的左右边界的过程，该图形实际占据了网格中的哪些具体的点并不重要。因此，对同一列上的点按位相或运算，公式为 $g = \bigcup_{i=0}^{Line} G_{[i][j]}$ ，若 g 值为真表示该列中有点属于图形区域 P ；为假则该列属于空白区域(如图3)。

图形结构定义为：Structure Picture {int left_edge, right_edge }。

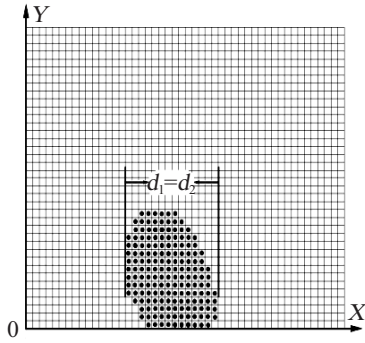


图6 上车时不完全脚印

Fig.6 Incomplete footprint on boarding

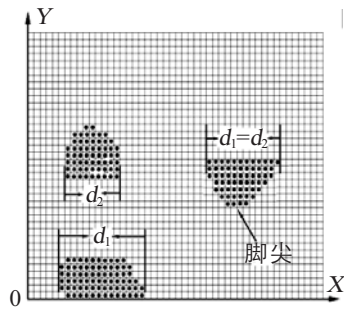


图7 下车时不完全脚印

Fig.7 Incomplete footprints on descending

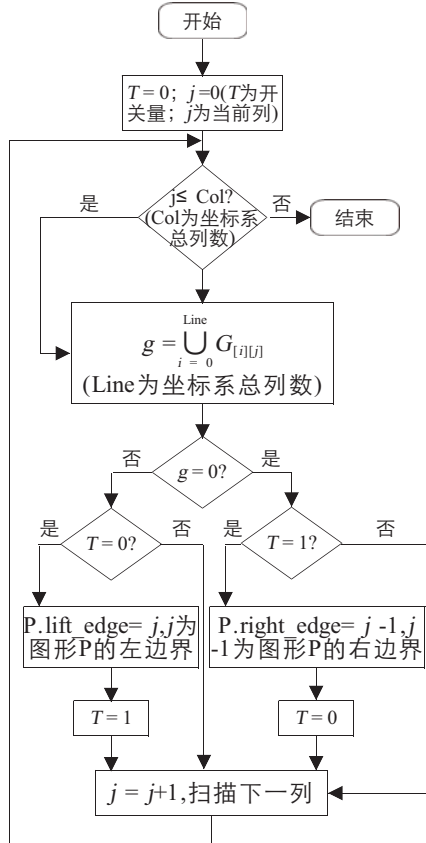


图4 区分不同的脚印流程图

Fig.4 Flow chart of distinguish different footprints

算法中，通过开关量 T (其值为0或1)与 g 的值一起来判断脚印的左右边界： $g = 1$ 时 T 由0变为1，当前列 j 为脚印 P 的左边界，即 $P \cdot \text{left_edge} = j$ ； $g = 0$ 时 T 由1变为0，则前一列 $j - 1$ 为脚印 P 的右边界，即 $P \cdot \text{right_edge} = j - 1$ 。算法流程如图4所示。

4) 依次判断每一脚印的方向性

对于3)确定的脚印 P ，在左边界 $L = P \cdot \text{left_edge}$ 与右边界 $R = P \cdot \text{right_edge}$ 之间逐行扫描，累计每一行中点的个数

$$\text{length} = \sum_{j=L}^R G_{[i][j]}$$

作为该行脚印宽度，从而确定脚印 P 的两局部极大宽度 d_1 与 d_2 ，根据 d_1 与 d_2 的值判断脚印 P 的方向：如果 d_1 大于 d_2 则由 d_2 到 d_1 的方向为客流的方向；反之，则方向相反。重复这一过程，判断方阵坐标系中其他脚印的方向性。判断脚印方向算法流程如图5所示。

5) 根据脚印的方向统计上下车客流人数

对于4)的处理结果分以下3种情况处理：① 只有一个脚印的情况，根据脚印的方向性直接进行上下车人数累加；② 对于两个脚印的情况，若是同方向脚印，不作累计，若是异方向脚印，上下车人次各累计一次；③ 对于多于两个脚印的情况，上下车人次不作累计。

在实际中，绝大多数车门在正常情况下只允许一个人

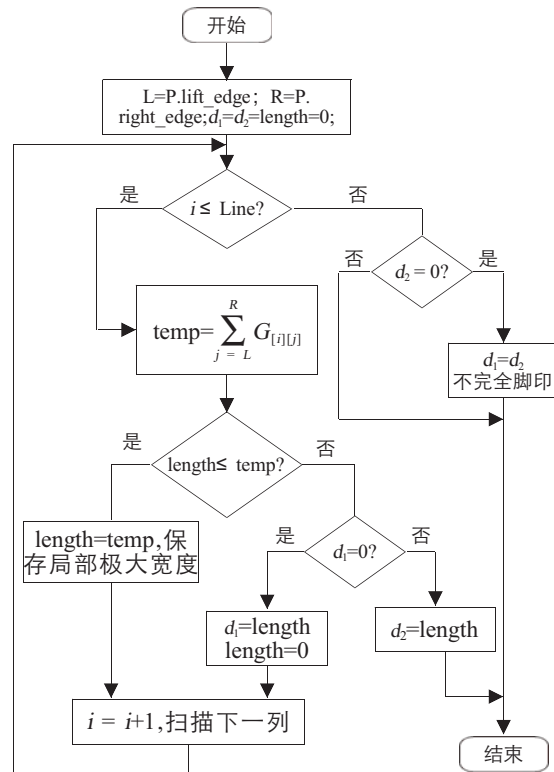


图5 判断脚印方向流程图

Fig.5 Flow chart of ascertaining the direction of the footprint

上下,可能会出现一上一下同时进行的情况,但很难出现两人同时上或同时下的情况。对于同一人的两脚同时踩到橡胶板上的情况,实际概率几乎为零,除非此人是双脚跳到车门的台阶上或是抱上车的孩子。如果出现同方向的两个脚印,在接下来的采样过程中,一定会出现一脚抬起,一脚仍踩在车门台阶上的情况。因此,两个同方向脚印可转变为只有一个脚印的情况进行处理。对于多于两个脚印的情况,可转变为两个脚印或只有一个脚印的情况进行处理。

6) 特殊情况的处理

主要指不完全脚印的处理。上车时会出现仅有脚掌踩在传感器橡胶垫上,这种情况脚印要压过 x 轴起向上生长(如图6),计算得到的 d_1 与 d_2 的值应该相等。下车时可能会出现两种情况(如图7):一是脚尖踩到传感器橡胶垫上,跳下车去,这种情况的脚印出现在远离 x 轴的上方,计算得到的 d_1 与 d_2 的值也应该相等;另一种情况是脚跟与不完全脚掌踩到传感器橡胶垫上,这时脚印的最下一行压在 x 轴上,可按正常情况处理。

4 结语

在对现有技术以及客流脚印特征分析研究基础上,提出了一种全新的公交客流数量的统计方法——基于脚印方向识别的客流量统计方法。初步试验表明,该方法基本上解决了人流拥挤、多人同时上下车辆以及图像处理过程中遮挡与自遮挡情况下,红外检测、压力检测以及图像处理方法根本无法有效统计客流数量的缺陷,能够通过判断脚印方向性,正确判断出客流运动的方向性,从而实现上下车乘客数量的正确统计。

参考文献

- 1 R. Farrell, K. Vanderpuye, G. Entine and M. R. Squillante. High Resolution, Low Energy Avalanche Photodiode X-Ray Detectors[J]. IEEE Transactions on Nuclear Science, 1991, 38(2): 144~147
- 2 Ezaki, H., Nambu, T., Ninomiya, R., Morinaga. MEstimation of liquidus temperature of Sn-based alloys and its application to the design of Pb-free solder [J]. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2002, 13(5): 269~272
- 3 A. Nagasaka and Y. Tanaka. Automatic Video Indexing

- and Full-Video Search for Object Appearances in Visual Database Systems[J]. Visual Database Systems II, 1992, 1: 113~127
- 4 V. N. Gudivada and V. V. Raghavan. Design and evaluation of algorithms for image retrieval by spatial similarity [J]. ACM Trans. on Information Systems, 1995, 13(2): 115~144
 - 5 Christos Faloutsos, Will Equitz, Myron Flickner. Efficient and effective querying by image content [J]. Journal of Intelligent Information Systems, 1994, 3: 231~262
 - 6 J. R. A. Torrea. XIII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing (SIBGRAPI'00) [EB/OL]. [2004-04-20]. <http://csdl.computer.org/comp/proceedings/sibgrapi/2000/0878/00/08780007abs.htm>
 - 7 Pentland A, Picard R. Special issue on digital libraries [J]. IEEE Transactions on Pattern Recognition and Machine Intelligence, 1996, 18(2): 1236~1242
 - 8 Narasimhalu A D. Special section on content-based retrieval [J]. ACM Multimedia Systems, 1995, 3(1): 765~778
 - 9 Sheikholeslan Sheikholeslan Cholamhosein, Zhang Aidong. A multi-resolution content-based retrieval approach for geographic images [J]. GeoInformation, 1999, 3(2): 109~139
 - 10 J. Rasure, R. Jordán and R. Lotufo. Teaching Image Processing with Khoros [A]. John W. Woods. Invited paper to the First IEEE International Conference on Image Processing, ICIP-94 [C]. Austin, Texas, USA: Austin Convention Center, 1994. I: 506~510
 - 11 Huttenlocher D P, Klanderma G A, Rucklidge W J. Comparing images using the Hausdorff distance [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1993, 15(9): 850~863
 - 12 M. D. Zoltowski, J. P. Allebach and C. A. Bouman. Digital Signal Processing with Applications [J]. IEEE Trans. on Education, Special Issue on Digital Signal Processing Undergraduate Education, 1996, 39: 120~126
 - 13 李德仁. 论RS、GPS与GIS集成的定义、理论与关键技术 [J]. Journal of Remote Remote Sensing, 1997, 1(1): 64~68
 - 14 Huttenlocher D P, Rucklidge W J. A multi-resolution technique for comparing images using the Hausdorff distance [R]. Technical Report 1321, New York: Cornell University, Department of Computer Science, 1992