

基于WIFI探针技术的公交车无感支付系统

常青瑶 陈刘超 侯子怡 石啸然 王书伟
河南理工大学 河南焦作 454000

摘要: 公交车是日常出行的交通工具,但在现有的支付方式下,乘客在上车过程中为完成支付过程会增加公交车在站点的停靠时间、降低公交站点的停靠能力,进而引发或加剧道路拥堵。为缩短乘客平均的上车时间、提高公交站点的停靠能力,降低公交车在站点停靠对道路通行的影响、提升乘客乘车出行服务体验、提高公交车使用周转率,本作品利用可以实时探测乘客WIFI设备MAC地址的WIFI探针技术,借助云计算服务平台实现对乘客信息的整合、比对,并将信息传输给微信小程序,结合微信小程序实现与乘客之间的交互,显示屏显示乘客照片信息实现与司机的交互,便于司机确认使用该支付方式的乘客,使乘客在上车的过程中不用为支付而稍作停留,实现公交车无感支付。对于乘客而言,车来即上;对于公交司机而言,人上即走。实现“一次签约,永不投币,永不扫码,永不刷脸”。本产品贴近生活,可行性强,为智慧交通贡献力量。

关键词: 无感支付; WIFI探针; 公共交通; 微信小程序

Payment system based on WIFI probe technology

Chang Qingyao, Chen Liuchao, Hou Ziyi, Shi Xiaoran, Wang Shuwei
Henan Polytechnic University Jiaozuo City, Henan Province 454000

Abstract: The bus is a means of daily transportation, but under the existing payment method, passengers in the process of completing the payment process will increase the bus stop time at the station, reduce the stop ability of the bus station, and then cause or aggravate the road congestion. To shorten the average boarding time of passengers and improve the stopping capacity of bus stops, Reduce the impact of bus stops at stations on road traffic, improve the travel service experience of passengers, improve the bus use turnover rate, Using the WIFI probe technology that can detect the MAC address of a passenger WIFI device in real time, Realize the integration and comparison of passenger information with the help of cloud computing service platform, And will transmit the information to the wechat small program, Combined with wechat small program to realize the interaction with passengers, The display screen shows the passenger photo information for the interaction with the driver, For drivers to confirm the passengers using the payment method, To stop passengers without stopping for payment, Realize bus inductive payment. For passengers, the car is on; for bus drivers, people go on. Realize “a contract, never put coins, never scan the code, never brush the face”. This product is close to life, strong feasibility, to contribute to the intelligent transportation.

Keywords: non-inductive payment; WIFI probe; public transport; wechat mini program

一、研究背景

在城市道路中,公交车的站点停靠行为会影响主线路车辆以及后方跟行车辆的正常行驶。公交车站点停靠会导致公交站台附近短时间内汇聚大量车流,从而形成交通堵。研究公交车站点停靠行为,对缓解交通拥挤、缩短公交车停站时间、提升公交运行速度具有重要的现实意义。而公交车在站台的停靠时间主要受到乘客支付行为的影响。目前,公交车有投币、公交卡、刷脸和移动支付(如:微信支付、支付宝乘车码支付等)四种支

付方式组成,但是这几种支付方式都存在有不足之处。

下述几种支付方式,并没有真正减少实际支付时间。有时,公交车已经停靠站台,但乘客并没有做好支付准备就匆忙上车(比如:有的乘客携带大量行李、抱着儿童、移动信号弱、手机乘车码未及时打开……),这无疑大大增加了支付时间。对于乘客而言,乘车时需要专门为支付做出相应的动作(如:投币、扫码),从而导致时间延误。为此,本团队提出了一套全新的公交支付解决方案——基于WIFI探针技术的公交车无感支付系统。

表1 现有支付方式对比展示

| 支付方式 | 支付方式的不足之处 |
|-------|-------------------------------------|
| 投币支付 | 目前市民基本上不携带现金出行 |
| 公交卡支付 | 公交卡与收费机的距离不能超过0.1米, 否则支付失效; 公交卡携带不便 |
| 移动支付 | 受手机信号影响大; 客流量大时, 效率低; 对老年群体不友好 |
| NFC支付 | 高端的智能手机才具备NFC支付功能; 对中老年群体不友好 |
| 刷脸支付 | 对网速、系统要求较高; 人脸的遮挡会使该支付方式失效 |

二、设计原理

1. 设计思路

基于WIFI探针技术的公交车无感支付系统主要由车载WIFI探针支付系统、微信小程序服务端、云计算服务平台、显示屏显示模块四大部分组成。该支付系统和微信、支付宝等合作, 完成系统中支付免密的功能。同时, 系统和各地的客运公司进行合作, 方便获取各地公交收费标准, 从而确定免密定价收费标准。系统工作流程图如下。

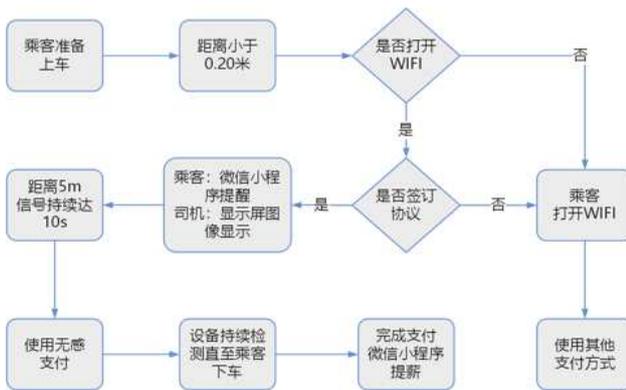


图1 系统工作总流程图

2. 研究方法

(1) 车载WIFI探针支付系统

WIFI探针技术是指基于IEEE802.11协议的分析来识别AP(无线访问接入点)附近已开启WIFI的智能手机或WIFI终端(智能可穿戴设备、笔记本、平板电脑等), 无需用户接入WIFI, WIFI探针就能够识别用户信息。这些信息包括了:

- ① 自动实时探测区域内的WIFI终端标识MAC地址;
- ② 自动记录每个WIFI终端进入区域时间log time、场强SNR;
- ③ WIFI设备与探针之间的距离(精确到厘米)。

MAC地址又称硬件地址, 是识别硬件设备的唯一标识, 它就像是设备的身份证一样, 具有唯一性。因此,

利用WIFI探针识别出设备的MAC地址的同时, 可以确定乘客的身份信息及乘客与探针之间的距离。

车载WIFI探针支付系统的监测流程: 如果乘客携带有打开WIFI信号的设备, 在上车时, 安置在前门的WIFI探针检测设备会检测到乘客携带设备的MAC地址, 并进行数据比对, 比对成功则表示第一次检测通过, 证明该乘客会采用WIFI探针无感支付, 属于预上车乘客, 乘客上车以后, 安装在车辆后门附近车顶的WIFI探针会实时检测其圆周5米范围内的WIFI设备信号, 当信号持续1分钟时, 第二次检测通过, 前后两次检测数据的对比, 确定最终坐车乘客。避免错扣、重复扣费。当乘客下车, 信号减弱至消失时, WIFI探针完成检测。

对于使用该支付方式的乘客因某些原因而不能完成自动扣费时, 系统设置可以先欠费, 不过需要在下一次乘车前手动支付上一次所欠费用, 否则没有办法采用这种支付方式再次乘车。对于某些恶劣的情况, 因与微信、支付宝等合作, 所以会涉及乘客的信誉问题, 从而减免恶劣问题的发生。

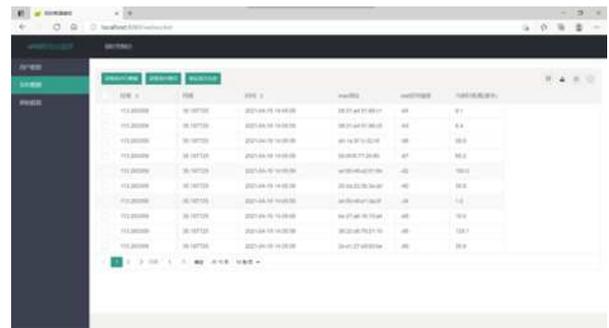


图2 WIFI探针后台监控用户实时数据

在整个检测过程中, 后台实时显示用户数据、账户信息及所检测到的所有WIFI设备所处的相对位置。乘客不用为支付而刻意做出相应操作, 实现真正的无感支付。



图3 WIFI探针无感支付流程图

(2) 微信小程序模块

团队自主研发出一款微信小程序。在该小程序上, 乘客通过填写信息签订“双方协议”, 该协议需要乘客用户填写个人信息, 如年龄、出生日期、电话号、照片

信息等, 绑定用户的MAC地址及微信或支付宝账户。通过该协议使乘客和公交公司双方达成一致, 公交公司不泄露乘客用户个人信息, 所获取信息仅用于WIFI探针支付。所获取的用户年龄相关信息将会上传至云计算服务平台, 通过实时更新数据, 确定该乘客用户实时准确的年龄信息, 及时对乘客用户中符合条件的用户开通优惠服务, 省去办卡过程。针对不同的市区, 符合办理老年卡的年龄不同, 一般规定为60岁, 部分市区为65到70岁。同时减少一些不符合年龄条件而办相应卡的事件的发生, 明晰规则意识, 维护更好的秩序环境。在该微信小程序上, 同样可以上传学生或军人证明等, 主动办理上述服务。在微信小程序上, 一个用户可以绑定多个设备的MAC地址, 并可随时更换MAC地址。



图4 微信小程序功能模块

同时, 在系统双重检测过程中, 微信小程序会给乘客发送如: “您已成为预上车乘客”、“欢迎乘坐**路公交的信息”的消息提醒。完成自动扣费后, 微信小程序给乘客发消息提醒: “公交车费已支付成功, 欢迎下次乘坐”。



图5 微信小程序功能界面展示

(3) 显示屏显示模块

显示屏显示模块设置在公交司机座位处, 其主要的工作职能是实现司机和乘客之间的交互。当乘客上车后, 系统经过检测判断该乘客是否会使用WIFI无感支付, 对于会使用该支付方式的乘客, 显示屏会调出用户之前上传的照片信息, 通过图像, 直观告知司机是哪位乘客使用无感支付。显示屏显示模块和微信小程序上的信息提醒两者结合共同完成双重确认的功能, 及时告知司机和乘客。

(4) 云计算服务平台

团队自主开发出与WIFI探针相匹配的云计算服务平

台。该平台采用大数据聚合分类算法对乘客信息进行整合, 保证一一对应关系, 并实时更新数据, 实现乘客和公交司机之间信息的双向传输。当乘客上车携带的WIFI设备发出的WIFI信号被WIFI探针嗅探到后, 根据MAC地址的唯一性原则, 将该设备的MAC地址信息上传到云数据库中, 通过信息匹配、识别, 确定上车的乘客身份及其相应的微信或支付宝账户, 当WIFI探针完成对乘客的检测之后, 云计算服务平台通过计算得出前后乘客上下车经过的站点数及里程数, 在乘客下车后自动扣费, 并将扣费成功信息传输给微信小程序, 提醒乘客已经完成本次乘车支付, 实现计站收费、按里程收费。

对于检测过程中故意关掉WIFI信号的乘客, 系统会直接默认该乘客一直坐到终点站下车, 并进行收费。从而减免坐车途中, 乘客关掉WIFI信号情况的发生。

三、实地调查数据分析

本团队采用线路及站点调查, 同时到当地的公交公司询问咨询, 获得后台对公交车辆的数据统计信息。

调查时间选取高峰时间段, 即07:00-09:00, 17:00-19:00。调查站点为焦作市的东方红广场, 通过记录停靠在该站点的不同线路的公交停靠时间及清空时间等, 根据停靠站的通行能力公式^[4]

$$B_s = N_{el} B_l = \frac{3600(g/C)}{t_c + t_d \left(\frac{g}{C}\right) + t_{om}} = \frac{3600(g/C)}{t_c + t_d \left(\frac{g}{C}\right) + Zc_v t_d} \quad (3-1)$$

式中: B_s ---停靠站公交车通行能力, 辆公交车/小时; B_l ---单个车位的公交车通行能力, 辆公交车/小时; N_{el} ---有效车位数; 3600---每小时的秒数; g/C ---绿信比(有效绿灯时间与信号周期时长的比值, 无信号控制的交叉口和公交设施取值为1.0); t_c ---清空时间, s; t_d ---平均停靠时间(平均值), s; t_{om} ---运营裕量, s; Z ---满足期望进站失败率的标准正态变量; c_v ---停靠时间波动系数。假设进站失败率为25%、停靠时间波动系数为60%、并且 $g/C=1.0$ 。

通过计算, 可得此公交站的通行能力 $B_s=54.38$ 公交车/小时。

线路调查以载客辆较多的20路运行情况为代表。调查公交站点服务时间是指从第一位乘客上车到最后一位乘客上车之间的时间, 通过记录每次上车乘客中刷卡、投币、扫码的人数, 结合公交公司后台对不同支付方式人数的记录数据, 如果将支付方式分为刷卡(包括老人卡, 学生卡)、扫码、其他(投币)三种支付方式, 则可

以得出相应乘客占比情况大致为51.9%，40.7%，7.4%。结合比例通过多组数据整合计算，分别计算出刷卡、投币、扫码三种支付方式中每人公交服务的时间范围并求出均值。扫码支付单位乘客的服务时长为3.815s/人，刷卡及投币分别为3.6s/人、3.5s/人。数据整理中包括有预付费即上车前准备好二维码、IC卡及零钱。下表为调查数据整理结果。

表2 调查数据整理

| 条件 | 观测值范围 | 乘客服务时间(秒/人)均值(默认值) |
|------|-----------|--------------------|
| | 上车 | |
| 预付费 | 2.25~2.75 | 2.5 |
| 投币支付 | 3.4~3.6 | 3.5 |
| 扫码支付 | 3.53~4.1 | 3.815 |
| 刷卡支付 | 3.0~4.2 | 3.6 |
| | 下车 | |
| 后门 | 1.4~2.7 | 2.05 |

由表可知，如果不考虑混合支付方式，公交服务时间为3.35s/人，去除掉上车过程中步行的时间1.5s，最终可以节省1.85s/人。

通过查看公交公司后台数据的记录及处理，以20路公交车为例其高峰时段运送乘客的速度是19.11km/h，线路距离为14.3km，经过25个站点。

表3 20路公交车速度增加效果

| 线路 | 总上车人数/人 | 节省时间/s | 速度提高比例% |
|----|---------|--------|---------|
| 20 | 50 | 92.5 | 3.56 |
| | 100 | 185 | 7.41 |
| | 150 | 277.5 | 11.48 |
| | 200 | 370 | 15.93 |

以东方红广场站点为例，其泊位数为3，可相应得出下表3中站点停靠能力的变化。

表4 东方红广场站点停靠能力估计值

| 平均上车人数/人 | 始停靠时间/s | 节省时间/s | 停靠时间/s | 通行能力(单位:辆公交车/小时) | 通行能力增加比例 |
|----------|---------|--------|--------|------------------|----------|
| 5 | 40 | 9.25 | 30.75 | 67.67 | 0.244 |
| 10 | | 18.50 | 21.50 | 89.53 | 0.646 |
| 15 | | 27.75 | 12.25 | 132.30 | 1.434 |

此种乘客支付方式可以大幅度缩短上车时间，提升公交运行速度。

a.增加司机班车之间的休息时间，减少司机疲劳驾驶的情况，保证驾驶安全；

b.提高公交运行速度，可减少公交线路所需的车队规模，提高车辆利用率。

e.减少公交停靠站的溢出概率，降低进站失败率，提高公交站的通行能力，缓解交通拥堵。有相关研究表明，进站失败率为15%时的行程车速比公交流量远低于停靠站通行能力时的情况低20%，严重影响公交的运行速度。

在车辆运行速度提高后，节省的时间可以用于增加车辆的发车频率，提升公交的服务质量。而发车频率是影响客运通行能力的主要因素之一，由此可对客运能力的提升做进一步分析。客运通行能力的计算公式

$$P = \min \left\{ \frac{P_{max} \cdot f(PHF)}{P_{max} \cdot B(PHF)} \right\} \quad (3-2)$$

式中， P —客运通行能力，人/小时；

P_{max} —每车额定最大载客量，人/车；

f —额定发车频率，车/小时；

B —公交设施通行能力；

PHF —高峰小时系数。

当不同尺寸的公交车使用同一设施时，根据各种类型公交车的数量和载客量，通过加权平均即可得到每辆公交车的最大额定载客量。

四、创新特色

1.无需用户参与，彻底解放乘客双手

用户无需接入WIFI，探针即可识别用户信息。相比于其他支付方式WIFI无感探针支付方式体现出：无需等待识别、不惧网速的特点。乘客乘车时无需专门为支付做出相应的动作，极大地方便了用户。

2.多重校验保障支付安全，数据加密、保护隐私

本系统采用双重判断方式，乘客刚上车时进行一次判断，随后即进行持续的检测，两次判断均能检测到用户则认定已乘坐本次公交。确保安全支付，避免出现多扣、错扣、重复扣费等现象发生。数据传输层使用RSA非对称加密算法，对用户的身分证、支付账号、年龄等个人信息进行加密，确保用户隐私不会泄露。

3.后台数据实时更新，记录乘客行程路线，实现按里程收费

后台数据处理可以实时显示乘客出行信息，供以后道路规划方案的设计及交通设施的布设提供数据参考。

4.节省时间，减少停靠溢出

无感支付大幅缩短乘客上车时间，加快公交车周转速度，减少公交车停靠溢出出现现象，从而减免因溢出现象对社会其他车辆的影响，保持道路通畅。

五、结论及展望

本产品针对目前市面上公交的支付方式的痛点进行

设计, 可适用于各地市。

1. 基于WIFI探针的无感支付系统技术成熟, 相比普通支付方式具有明显的便捷、高效、安全等优势, 在生活节奏日益加快、整个社会追求高效的时代背景下, 本产品具有广阔的应用前景。

2. 目前生活中尚未出现同类公交乘车支付方式, 该系统可以实现“计站收费”或按里程收费, 其优势明显。因其所需成本不高, 而极具普及性。可应用到其他各种固定支付领域, 如未来的无人驾驶等, 给用户带来更好的付费体验。

3. 该系统可以应用在上班打卡的各种场合。借助检测WIFI信号的方便性以及手机、平板等电子设备的普及, 使打卡更加方便、精准。

参考文献:

[1]李哲, 周灵. 微信小程序的架构与开发浅析[J]. 福建电脑, 2019, 35(12): 66-69. DOI: 10.16707/j.cnki.fjpc.2019.12.024.

[2]华雯婷. 基于WIFI探针技术的公交移动预收费系统研究[J]. 数字技术与应用, 2020, 38(01): 174+236. DOI: 10.19695/j.cnki.cn12-1369.2020.01.90.

[3]陈玮伦, 陈国俊, 张抒扬, 刘好德. 移动支付对公交站点服务时间的影响分析[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2021, 45(01): 147-150.

[4]美国交通运输研究委员会. 公共交通通行能力和服务质量手册[M]. 杨晓光, 腾靖, 译. 出版地: 中国建筑工业出版社, 2010.01.