

基于用户行为智能观测的导视系统设计

刘键, 许泽君, 种道玉, 卢瑞雯
(北京工业大学, 北京 100124)

摘要: **目的** 运用传感器与机器学习算法对不同文化背景的老年用户在地铁站内的寻路行为特征进行研究, 进而为提高地铁站内导视系统的通用化设计水平提供数量化与科学化决策支持。 **方法** 应用 ZigBee 人体智能传感器模块, 以异地访京和本地老年人作为被试进行了高频度追踪数据采集试验, 分析其在地铁站内的寻路行为与差异。 **结果** 构建了基于 ZigBee 智能模块的行为观测研究方法。 **结论** 为老年人提供快捷且直观的导视信息, 能够节约寻路过程中所消耗的脑力与体力, 提高寻路体验兼顾社会公正。

关键词: 老龄化; 智能导视系统; 通用化设计; 智能传感器

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)16-0036-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.16.007

Sign System Design Based on Intelligent Observation of User Behavior

LIU Jian, XU Ze-jun, CHONG Dao-yu, LU Rui-wen
(Beijing University of Technology, Beijing 100124, China)

ABSTRACT: The work aims to study the wayfinding behavioral characteristics of the elderly users under different cultural backgrounds in subways with the sensor and machine learning algorithm, thus providing quantitative and scientific decision-making support to improve the universal design standard of sign system in subways. ZigBee body AI sensor module was applied to conduct the high frequency tracking data acquisition experiment, with the elderly visiting Beijing from other places and the local elderly as subjects, in order to analyze their wayfinding behaviors and difference in subways. A behavioral observation research method based on ZigBee intelligent module was set up. Convenient and intuitive sign information is provided for the elderly, which can save their mental and manual labor in the wayfinding process, improve the wayfinding experience and take social justice into account.

KEY WORDS: aging; intelligent sign system; universal design; AI sensor

以地铁导视系统为研究对象, 通过构建 ZigBee 智能传感器观测系统, 结合机器学习算法, 探索老年人的寻路行为特点与规律。在老龄化背景下, 地铁设施的通用化设计水平是衡量一个国家文明程度的标准之一。随着全国各地的地铁枢纽系统呈复杂化、国际化发展态势, 异地访京老年人、外国老年人对导视系统的功能诉求进一步增加。然而, 由于当前导视系统设计上存在种种缺陷, 使得老年人群在潜意识中被视为“衡量衰老和排外的参照物”^[1], 所以, 构筑可包容老年人、外国人和正常人群融合一体的通用化地铁

导视系统, 已成为老龄化社会背景下迫在眉睫的课题。

另外, 智能化背景下信息技术的进步尚未能够给老年人群提供公平使用的机会, 老年人仍固守传统的信息通讯方式, 进而影响其保持自理生活与乐观心态。为应对老龄化的挑战, 有研究应用人工智能和动力设备改善老年人的购物体验, 可使购物车能够自行伴随老年人活动与出行^[2]; 也有研究做出了家中的看护机器人可以通过视频监控智能识别和分析系统, 判断出老年是否摔伤或突犯疾病, 并且立即通知医护人员, 已成为丰富生活的手段之一^[3]。

收稿日期: 2018-06-08

基金项目: 教育部人文社会科学研究青年基金项目 (17YJC760048)

作者简介: 刘键 (1987—), 男, 山东人, 博士, 北京工业大学讲师, 主要从事产品设计、人因工程学与人机交互方面的研究。

通信作者: 种道玉 (1982—), 女, 山东人, 硕士, 北京工业大学实验师, 主要从事工业设计方面的研究。

在智能化背景下^[4]，一些新的技术也被活用在寻路领域中，例如在购物广场中就出现了感应式的寻路机与热点交互，提供了包括地铁与公交线路、周边设施、餐饮娱乐、预约出租车等丰富的信息。此外，通过云计算、大数据、GPS 与 IBACON 等智能设备帮助人们确定最适合自己的路径，并且将这些路径形成简明的信息协助行人快速找到目的地^[4-5]。对于管理者而言，根据乘客流量与实际情况，应用信息技术对寻路的导视信息进行实况更新有助于建立更快更全面的导视系统^[6]。

以上相关研究取得了较为丰硕的成果，但仍存一定局限。（1）地铁导视系统概念界定的局限性。现有导航软件的适用范围大多限定为路上，在地下空间中无法使用。其次，对异地访京老年人的关注不足。长期以来，研究人员基于导视系统寿命期内提出了乘客生理、心理机能与文化背景处于恒定不变的假设，大多是以熟悉当地文化语境的成年人群体为对象制成相关标准与设计，使得异地人群在潜意识中被视为衡量衰老、排外的参照物。（2）科技理念融入导视系统设计的程度不高。多数导视系统设计的研究大多为定性的描述，缺乏应用智能化自动采集分析的设计方法，难以为导视系统的创新设计提供科学决策支持。（3）缺乏“以人为本”观测的设计思维。现有大数据技术仍以宏观城市规划为主，从老年用户的角度进行微观观测的研究尚不多见，囿于人本传感技术与分析的研究缺乏，难以揭示外地与本地老年用户的行为规律。ZigBee 是一种新兴的无线传感器网络技

术，其人体智能传感器模块具有客观测量、实时记录等特性^[7]，配合机器学习算法的应用可提炼洞见与规律，因此可以较好地探讨这一问题。

针对上述现存问题，本文完成了以下研究目标。以北京地铁导视系统为研究对象，设计了传感器系统，捕捉外地访京与本地老年用户的行走路径与停留时间，结合命题乘车测试的实证研究，建立了互为对方提供优势的设计程序与方法，进而为设计师推演尝试、快速评估、测试、改善的迭代式方法提供了理论依据与关键技术支持，构建出了系统的且可随时被调用的设计方法，有助于设计结果的稳定输出。

1 实证研究

1.1 研究目的

对现有导视系统进行动线规划、导视牌设置的方向与视角、距离等信息密度的进行设计有效性检验与优化。在规模庞大的北京地铁系统中，有着十分复杂和多变的空间构成以及导视系统的配置，根据旅客满意度调研结果^[8]，选取了西直门、宋家庄地铁换乘枢纽作为测试场所，最后将测量的数据进行叠加统计加工，以保证实验结果的客观和真实性。

1.2 智能传感器设计方案

基于 ZigBee 开发板的智能人体感应器模块作为基站，其功能示意图 1。将智能传感器根据当前地铁站内的导视位置分别配置了单独的前端人体感应单

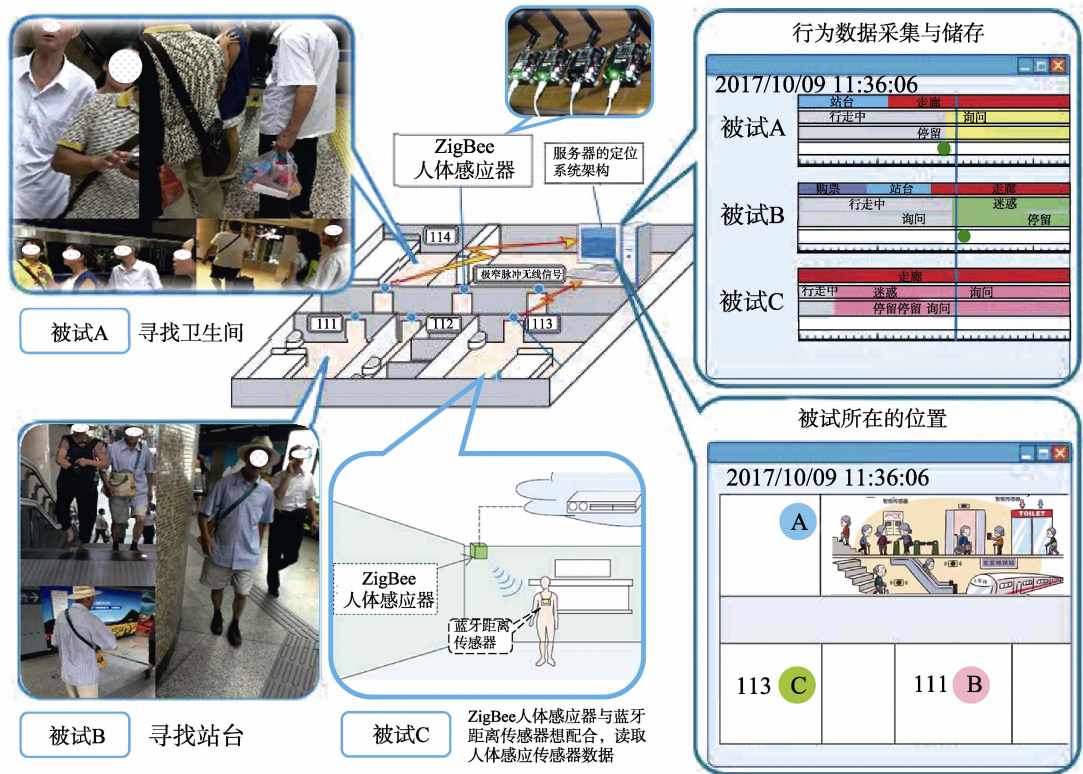


图 1 智能传感器设计系统
Fig.1 Design system of AI sensor

元。在实验中,研究人员将蓝牙距离传感器安置在两组老年人被试(异地访京老年人与本地老年人)的腰部,可将采集到的实时位置数据传送至基站,而后通过站内无线传感器网络,将采集的位置等要素数据通过数据包的形式发送到网络的协调器节点,由协调器节点通过接口与主采集器相连,并在 ZigBee 基础实验平台软件上获取数据。被试分为两组,一组为本地老年人,主要是指熟悉北京地铁地理位置和当地文化语境的群体;另一组为访京老年人,本文将其界定为首次乘坐北京地铁,且对地理位置和换乘路线不熟悉,但有一定识字水平的人群。最后将机器学习的聚类 K-means 算法^[9]应用至数据分析中,对 2015 年 6 月至 2017 年 10 月间收集的 200 个定位点进行统计,将具有相似特征的散点将进行无监督学习下的智能分类与自组织,进而分析出异地访京老年人与本地老年人被试的寻路行为特征。

1.3 命题乘换车测试的基本过程

在记录老年人乘地铁中的行为与体验过程中,结合应用命题乘车测试过程,通过 2015 年 6 月至 2017 年 10 月间的实际调研,得到了 200 份数据资料,其流程如下。

1) 首先使用 MMSE (Mini Mental State Examination) 评价认知状态,以及视力色觉、听力测试等评估工具力争排除其他因素干扰,确保实验数据和调研结果的准确性。每项乘换车任务被设计为从北京地铁图中选取老年人被试未曾去过的站点作为目的地。老年人被试在从出发地到目的地过程中必须要经过一次换乘并返回;

2) 为保证调研的客观性和真实性,老年人被试只允许利用北京地铁的导视系统到达目的地。不允许询问其他人,不允许携带地图和使用智能手机进行路线查询。

3) 每位老年人被试在乘换车测试的过程中,都有一名研究人员手持智能手机拍摄全过程,以捕捉非正式对话,并携带激光测距仪作为辅助。老年人被试需将测试过程的感受口述告知研究人员并记录,研究人员也可做适当追问。

2 分析方法

结合 RSS (Received Signal Strength) 定位算法^[10],设置了表达老年人被试与导视牌位置关系的 3 个指标,分别用 D 表示老年人被试与导视牌之间的距离,用 α 表示导视牌与老年人被试视线垂直方向的水平面角度,用 β 表示老年人被试在决策点处的徘徊时间(见图 2),之后对 3 个指标进行了相关性分析与均值统计分析,可以测算出每个被试佩戴的传感器到基站之间的距离,同时也能反映出老年人被试偏好停留的位置、聚集区域以及各要道的使用情况,根据这一系列的行为规律信息,为设计实践提供事实依据。

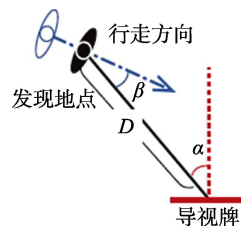


图 2 D, α, β 的定义
Fig.2 The definition of D, α, β

3 实验结果

3.1 行为差异分析

基于 K-Means 聚类算法,首先应用 python 中的 scikit-learn 库,然后是数值计算 numpy 和科学计算 pandas 库,以及用于绘制图表的 matplotlib 库文件,为了更加清晰和直观地查看原始数据的聚类结果,将聚类结果绘制成散点图,以 6 种不同颜色标记不同的类别的数据,见图 3。结合数据分析与访谈,归纳出如下问题。

第一,访京老年人找不到目的地,这是因为他们想去的目的地名称与北京地铁提供的站名不匹配,从而引发异地访京老年人难以适应当地文化语境的心理落差。

第二,访京老年人难以在短时间内获取最佳的乘车路线,在寻路过程中极易容易混淆或忘记中间的换乘站名,使得异地访京老年人引发了自身处于弱势地位的心理图式,加之换乘寻路过程中,有意无意与其他乘客的目光碰撞,进而引发自卑情绪。

第三,多数北京地铁内为缓解人流量较大这一问题,所设置的换乘路径距离大都较远,并且动线规划复杂,尽管设有相应的导视信息,但对于缺少当地文化语境知识片段的老年乘客来说仍会出现认知障碍,这一被迫延长行走路程的措施加重了老年人的身体负荷,容易引发老年人会因不如他人而形成被歧视、被同情的负向心理。

第四,大多数北京地铁车站内的同一站台处有两个相反方向的行驶路线,并且导视系统中只给出了下一站或者终点站的行驶方向,异地访京老年人乘客难以从中找出答案,无法确认该乘坐哪一侧的列车。另一方面,北京地铁车站内也存在将两个相反方向的行驶路线放置在不同物理空间的情况(如 4 号线换乘 10 号线,分为往苏州桥方向与往知春路方向),并且在下车时由于导视信息设置不连贯或摆放位置不当,导致老年乘客选择了错误的换乘站台。

第五,到达目的地站后,不知道应该从哪个出口出站,虽然有导视系统指引,但是由于摆放位置不明显,字号与照明设置不当等因素使得部分老年人难以阅读,此时老年乘客往往自认为是身体机能下降或是知识水平有限而导致,很少有研究指出这是由于客观因素不足所致。

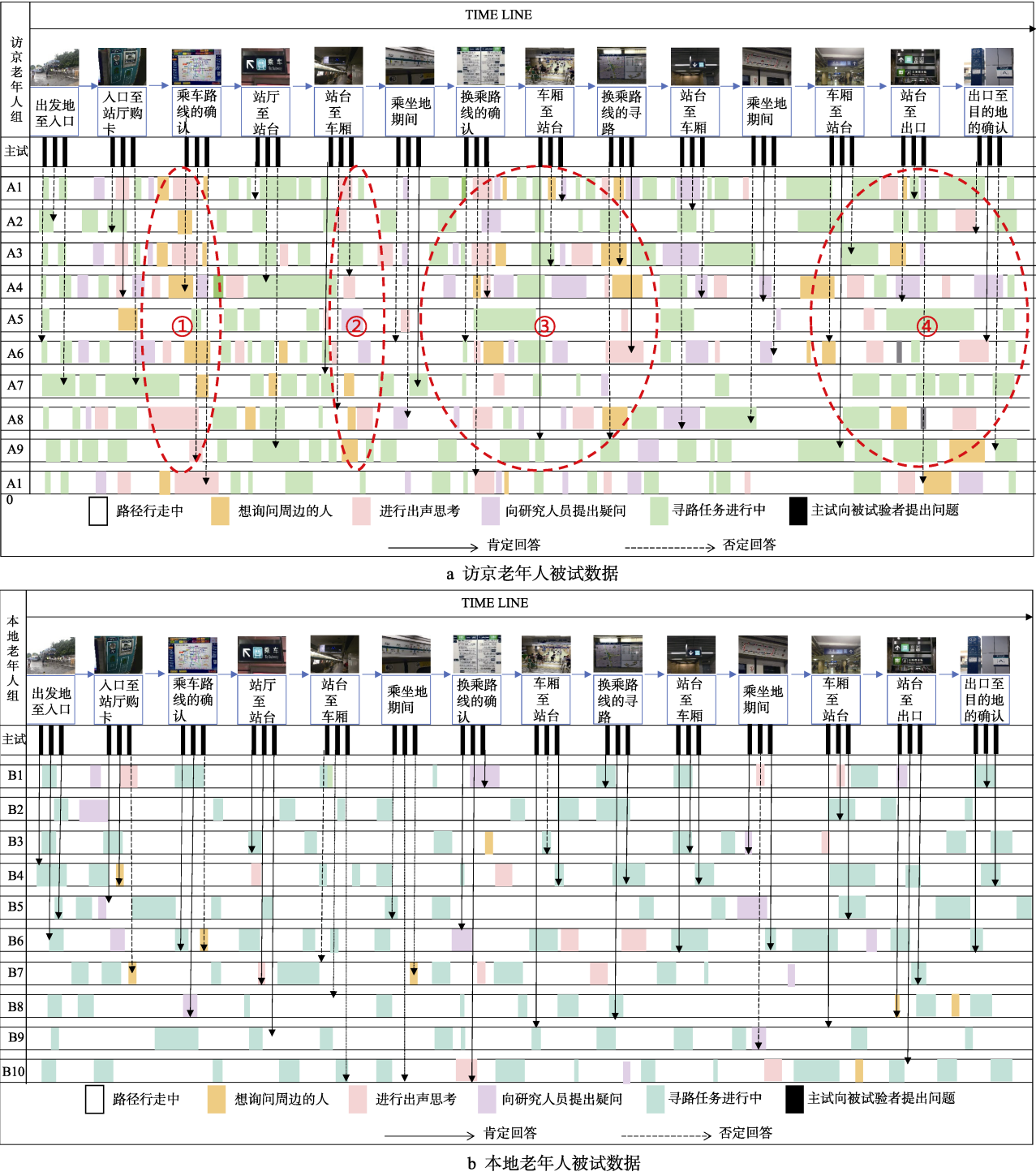


图 3 两组老年人被试行为差异对比

Fig.3 Comparison of behavioral differences between the two elderly groups

3.2 行走动线与导视牌位置关系的分析

1) D , α , β 各累计数值分布考察。根据图 4 的实验结果与统计分析得知, 老年人被试距离导视牌的距离约在 5~25 m 范围内, 对导视信息的检出率平均高达 77% 以上。然而, 当视距超过 30 m 以上, 检出率的下跌幅度较为明显, 特别是超过 35 m 的范围距离以上时, 检出率跌至 20% 以下。导视信息与 α 视角值保持在 50° 范围内, 检出率最高为 90%, α 视角在

70° 范围内时, 导视检出率也保持在 50% 左右。另一方面, 老年人被试 β 决策点处的徘徊时间与漏认导视牌的数量呈正相关分析。

2) D , α , β 指标的综合考察。基于 α , β 两个指数考察距离 D 数值的变化结果。首先, 将 α 以每 10° 为一个区间进行划分, 在各自的范围内, 距离 D 从最小的 5 m 为一个区间进行划分, 进行数值的累计处理, 得知全体被试视角 α 与距离 D 之间的累计分布关系。其次, 为了确保数据的精确性和说明实验结果

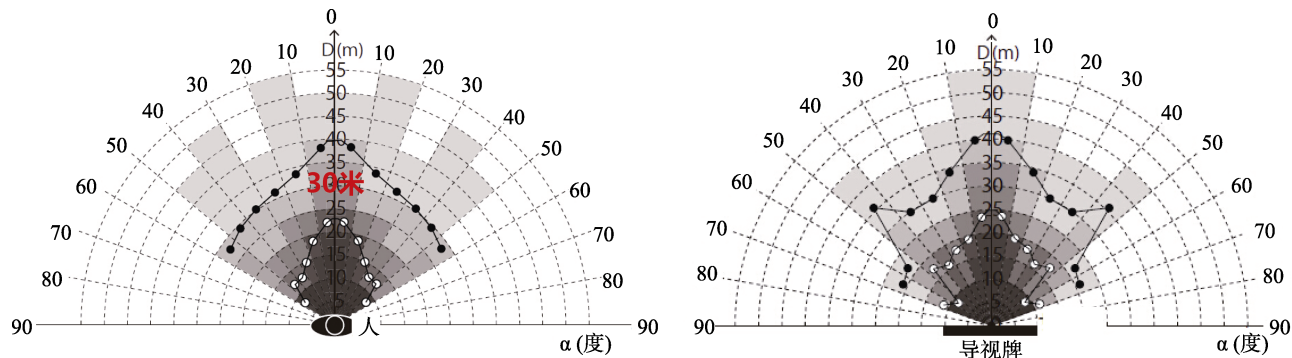


图 4 D, α, β 各累计数值分布
Fig.4 The cumulative numerical distribution of D, α, β

的规律性，将 β 大于 50 m 与 α 大于 70° 的个别差异性数值进行了删除，进而得知，在 25 m 以内，老年人被试对导视牌的检出率高达 95%，其中在 β 小于 30 m， α 小于 10° 的情况下检出率最高，而在 25 m，30 m 范围以外，检出率呈显著性下降趋势。

经过调研分析发现，现有的导视系统中信息密度差是导致老年乘客经常迷路的原因之一，归根结底是导视牌设置的疏密不均匀所造成的。经过上述的研究结果指明了在 5~25 m 范围内，老年人被试对导视信

息的有效检出率高达 95%，因此建议在导视系统的信息密度规划上，地铁站内各导视牌之间的间隔距离为 25 m 以内，进而降低老年人的知觉速度，有助于老年人在寻路过程中观察、收集与整理信息，为建立正确的心理图式提供精准的知识片段，从而正确地预计接下来可能出现的事件，并进行前馈控制。以上研究结论，也为智能化导视设计提供了决策点即交互热点投放规划的依据。智能导视系统的设计提案见图 5。

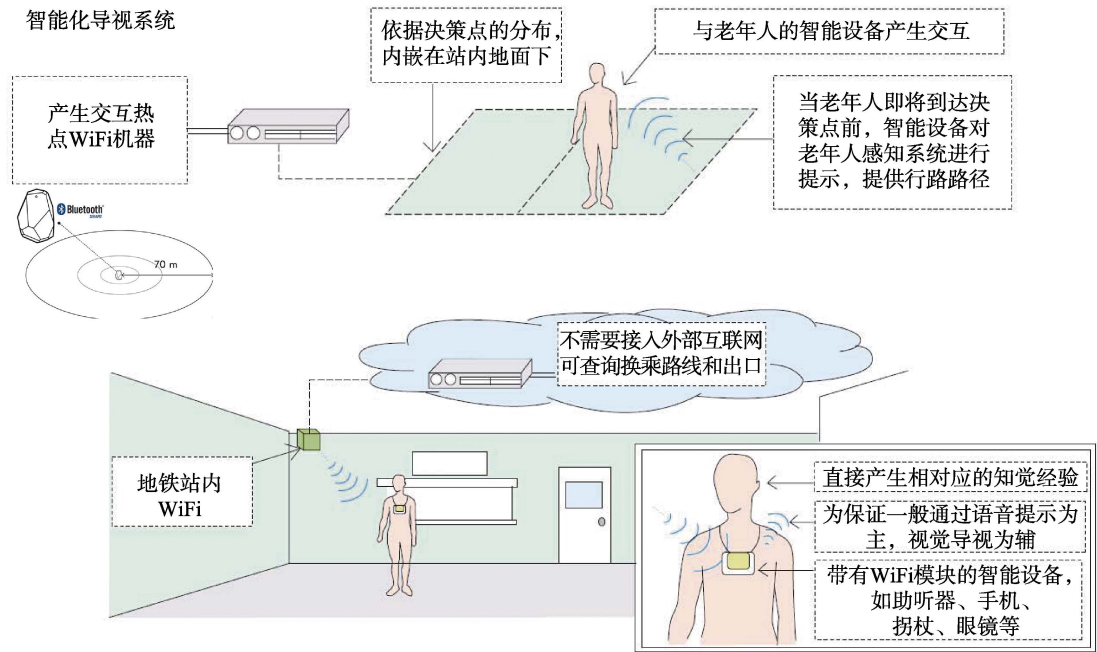


图 5 智能导视系统的设计提案
Fig.5 The design proposal of intelligen sign system

5 结语

以老年人被试作为主体，通过命题乘车测试以及智能传感器的系统设计进行了老年用户寻路行为特征的实证研究。老年人在借助智能导视系统进行寻路时，可借助蓝牙耳机、助听器等听觉通道的智能设备，提供良好的信息辅助，当用户持有对应的设备进入该

区域时，就会得到获得该基地的推送信息。在导航过程中，也不影响老年人接电话的情况下，在决策点处进行重复提示，以降低老年人的知觉速度，同时也适用于视觉与听力障碍的老年人。

参考文献：

[1] 刘鹏. 针对第三龄心理落差的类比设计研究[J]. 包装

- 工程, 2013, 34(20): 47—49.
- LIU Peng. Study on the Analogy-based Design in View of the Psychological Gap of the Third Age[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(20): 47—49.
- [2] IZEKENOVA A K, KUMAR A B, ABIKULOVA A K, et al. Trends in Ageing of the Population and the Life Expectancy after Retirement: a Comparative Country-based Analysis[J]. Journal of Research in Medical Sciences, 2015, 20(3): 250—252.
- [3] LEE C, COUGHLIN J F. Perspective: Older Adults' Adoption of Technology: an Integrated Approach to Identifying Determinants and Barriers[J]. Journal of Product Innovation Management, 2015, 32(5): 747—759.
- [4] 侯文君, 吴春京. 基于数据分析的智能手表手势视觉交互研究[J], 包装工程, 2015, 36(22): 13—21.
HOU Wen-jun, WU Chun-jing. Gestures Interaction Research Based on the Data Analysis for Smart Watch [J]. Packaging Engineering, 2015, 36(22): 13—21.
- [5] MUKAI H, TSUKAGUCHI H, AHN Y, et al. Study on Effects of Sign System Improvement in Nara Park Based on Analysis of Travel Behavior[J]. Proceedings of Infrastructure Planning, 2012, 144(5): 74—82.
- [6] FIELD K, O'BRIEN J, BEALE L. Paper Maps or GPS? Exploring Differences in Way Finding Behavior and Spatial Knowledge Acquisition[C]. Paris: 25th International Cartographic Conference, 2016.
- [7] JINSOO H, CHANG-SIC C. Smart Home Energy Management System Including Renewable Energy Based on ZigBee[J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2014, 60(2): 198—202.
- [8] 蔡宇. 基于乘客满意度提升的北京地铁服务质量改进策略研究[D]. 北京: 对外经贸大学, 2014.
CAI Yu. Improvement Strategies to Enhance Passenger Satisfaction the Quality of Beijing Subway Service[D]. Beijing: University of International Business and Economics, 2014.
- [9] BOUTSIDIS C, ZOUZIAS A, DRINEAS P. Randomized Dimensionality Reduction for K-means Clustering[J]. IEEE Transactions on Information Theory, 2015, 61(2): 1045—1062.
- [10] LUO X, O'BRIEN W J, JULIEN C L. Comparative Evaluation of Received Signal-Strength Index(RSSI) Based Indoor Localization Techniques for Construction Jobsites[J]. Advanced Engineering Informatics, 2011, 25(2): 355—363.