

1-3-2019

Design and Implementation of Human-computer Interactive System for Public Information Service in Smart City

Han Feng

Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

Xiaoling Li

Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

Xiuwen Sun

Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

Lingyu Ji

Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China;

Follow this and additional works at: <https://dc-china-simulation.researchcommons.org/journal>



Part of the Artificial Intelligence and Robotics Commons, Computer Engineering Commons, Numerical Analysis and Scientific Computing Commons, Operations Research, Systems Engineering and Industrial Engineering Commons, and the Systems Science Commons

This Paper is brought to you for free and open access by Journal of System Simulation. It has been accepted for inclusion in Journal of System Simulation by an authorized editor of Journal of System Simulation.

Design and Implementation of Human-computer Interactive System for Public Information Service in Smart City

Abstract

Abstract: In view of the singleness on the interactive contents and forms of public information services in Smart City, we design and implement a human-computer interactive system. *We analyze both user behavior characteristics as self-portrait effect, landing effect, honeypot effect and Smart City application design characteristics as socialization, intellectualization and humanization.* Regarding these characteristics, we specify the interactive contents and the corresponding interactive forms and design the UI features for improving user experience. We research on the technologies involved in the implementation of the system, including gesture recognition based on segments, face recognition and resource integration using WPF, besides, *holographic projection display technology is introduced into the display system.* A prototype of the system is built and some detailed case studies are given.

Keywords

interaction design, smart city, information services, user experience

Recommended Citation

Han Feng, Li Xiaoling, Sun Xiuwen, Ji Lingyu. Design and Implementation of Human-computer Interactive System for Public Information Service in Smart City[J]. Journal of System Simulation, 2018, 30(5): 1893-1899.

智慧城市公共信息服务交互系统设计与实现

韩枫, 李晓玲*, 孙秀雯, 纪凌雨

(西安交通大学, 西安 710049)

摘要: 针对目前智慧城市中公共信息服务内容与交互形式单一的问题, 设计并实现了一种交互系统。剖析用户交互行为和智慧城市应用, 将用户特点分为自画像、着陆、蜜罐特点, 将应用设计特点分为生活化、智能化、人性化; 随后确定交互内容及形式, 并设计提升用户体验的交互界面特征; 探讨了系统实现中的基于动作片段的手势识别技术、人脸识别技术及基于 WPF 技术的数据资源整合, 并将全息投影展示技术融入显示系统; 搭建样机, 结合具体实例说明系统的交互方法。

关键词: 交互设计; 智慧城市; 信息服务; 用户体验

中图分类号: TP391.9 文献标识码: A 文章编号: 1004-731X (2018) 05-1893-07

DOI: 10.16182/j.issn1004731x.joss.201805035

Design and Implementation of Human-computer Interactive System for Public Information Service in Smart City

Han Feng, Li Xiaoling*, Sun Xiuwen, Ji Lingyu

(Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: In view of the singleness on the interactive contents and forms of public information services in Smart City, we design and implement a human-computer interactive system. We analyze both user behavior characteristics as self-portrait effect, landing effect, honeypot effect and Smart City application design characteristics as socialization, intellectualization and humanization. Regarding these characteristics, we specify the interactive contents and the corresponding interactive forms and design the UI features for improving user experience. We research on the technologies involved in the implementation of the system, including gesture recognition based on segments, face recognition and resource integration using WPF, besides, *holographic projection display technology is introduced into the display system*. A prototype of the system is built and some detailed case studies are given.

Keywords: interaction design; smart city; information services; user experience

引言

智慧城市(Smart City)建设逐渐成为一股社会潮流, 过去十几年, 包括中国城市在内的世界上 1 000 多个城市围绕智慧城市开展了相关课题的研



收稿日期: 2016-05-10 修回日期: 2016-07-11;
基金项目: 国家自然科学基金(61472314);
作者简介: 韩枫(1993-), 男, 重庆, 硕士, 研究方向为人机交互; 李晓玲(通讯作者 1971-), 女, 陕西, 博士, 副教授, 研究方向为工业设计, 人机工程; 孙秀雯(1992-), 女, 河南, 硕士, 研究方向为人机工程。

究和政策的制定^[1]。JH Lee 和 H Chourabi 等^[2-3]均认为物联网技术(Internet of Things, IoT)和信息通信技术(information communication technology, ICT)是实现智慧城市的关键; Butowsky 等^[4]以 web 应用的形式, 利用云计算为纽约白原城设计了一个市民停车服务 app, 方便市民出行和政府车位管理; Markvan Doorn 等^[5]将目光放在零售业的智能橱窗, 尝试了以环境叙事为基本单元的展示内容定制化, 将设计者、零售商和用户共同纳入信息生产者

范畴。国内的研究机构和学者对智慧城市的框架、建设瓶颈和评价体系进行了较为广泛的研究,并取得了优秀的成果^[1,6]。文献[1]中将智慧城市的建设分为信息化城市建设、数字化城市建设、智慧城市建设的三个阶段,分别注重通信基础设施的建设、电子数据的管理和共享、信息网络运行的自动化和辅助决策。然而,民众与信息交互环节缺乏足够关注,目前的交互方案对智能手机等终端存在较多依赖,公共场合的信息接入口较少。已有公共场合信息接入口的显示方式多采用 LED/LCD,存在尺寸拓展性欠佳的不足。同时,应用也应当更多地考虑民众的体验,使民众参与到城市信息服务中去,通过互动交流方便民众表达需求,也能使商家提供更多的市场信息。

综合以上研究,本文设计了智慧城市公共信息服务的人机交互系统,该系统以公共视觉传达设备为载体,围绕智慧城市应用设计原则,设计不同交互功能,同时针对现有展示手段的不足设计了全息投影展示形式。

1 智慧城市公共信息服务特点

1.1 用户行为特点

考虑到参与公共信息服务的用户多为行人,因此行人的交互行为特点成为重要的设计依据。参考相关文献[7-8],行人与公共信息服务设备存在如下特点:①自画像特点-实验证明,相比使用标语、虚拟化身(avatar)、身体轮廓(silhouette)等吸引行人进行交互的手段,直接使用行人实时影像将增大行人注意到交互设备的概率;②着陆特点-行人注意到设备的可交互性这一过程需要一定时间,当行人意识到并决定与设备交互时,很可能已经错过了最佳交互位置,不得不倒回一段距离;③蜜罐特点-当一个用户在与设备交互时,其他行人会在交互者背后尝试独立的交互动作,从而形成多行的行人围观结构;④需要可靠的视觉提示-行人在交互会话期间,需要可靠的视觉提示帮助用户确定其交互状

态,如果界面中没有相关的视觉提示,用户容易产生挫败感和茫然感,进而失去交互意愿。

1.2 公共信息服务特点

根据用户需求, Peter van Waart^[9]2014年提出智慧城市应顺应人的价值诉求和地区环境,使民众更多地参与城市信息服务互动;进一步强调信息交互设计应当落脚于人们的价值满足感,例如和周围人的情感的联通性,成就感和贡献感等;平衡个人交互者和相关利益者的诉求,如平衡交互者的用户体验和设备提供者的信息发布诉求;避免完全由公司、政府等单方面提供信息,由用户自定义一部分信息以增强地区差异性,提升民众对城市社区的认同感和归属感,如图1所示。

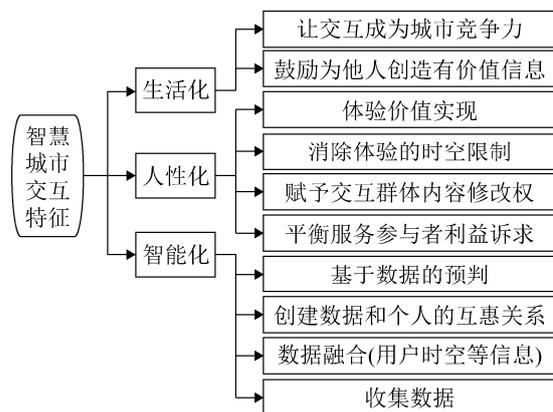


图1 智慧城市公共信息服务特点

Fig. 1 Features of public information services in Smart City

2 系统功能设计

2.1 公共信息服务内容

根据以上需求和特点分析,将公共信息服务内容按交互内容可划分为视觉交互展示、信息服务定制、交流/情绪地图三种交互内容,并确定出相应的交互方式,如图2所示。

1) 视觉交互展示。作为个人交互者、商家、政府的平衡结果,视觉交互展示成为交互终端的子项,且为非交互状态下的默认展示载体。一个交互终端可以装载多个视觉传达展示内容(可远程更换

内容), 例如广告等。一个视觉传达展示内容分为静态展示模式和动态展示模式。静态指商品视觉传达类海报展示, 动态指商品宣传视频展示。视觉传达内容和动静态展示模式的切换可以通过体感交互动作触发。将体感交互融入到交互终端, 一方面克服了展示内容画幅尺寸较大产生的操作不易的问题, 另一方面增加了新颖性, 提升交互者的浏览体验。同时系统中还有基于图像的生理特征信息识别功能, 可以根据交互者的年龄和性别等信息对展示内容做相应的推荐, 使交互更加智能化。

2) 信息服务定制。信息定制部分可以提供天气、打折、农贸产品价格、附近景点或地标建筑、社区公告等可选信息单元。所有单元的设计采取卡片式, 保持美观整洁的同时便于添加和删除。交互者可以通过握拳手势移动、添加、删除信息单元。因地区的具体环境存在差异, 当地居民可以根据需求自由安排所需信息。为处理多人操作后界面的不确定性, 采取前台即时更新, 后台记录操作、统计数量、每日更新的方式处理界面调整。此模块将一方面为民众提供了信息服务, 另一方面让民众成为信息内容的操作者, 参与到社区的建设中来, 增强其贡献感与归属感。

3) 民众参与交流。该项目为民众增加一个发声渠道, 提高民众下同对社会问题的参与度。当用户进入该模块, 系统可以以交互者为对象录制视频或音频, 并由用户决定是否上传。媒体、政府通过网上发布通知实现对民众的采访。此外, 受 Moodyly^[9]案例启发, 将情绪地图功能整合进入该交互内容。

首先向服务器上传用户的表情信息和位置信息, 然后将城市地图的各区域按表情统计结果重新着色, 最后更新所有信息服务点地图, 使民众实时了解城市中不同地区当前的情绪状态。此设计旨在鼓励民众在日常生活中或者根据突发公共事件, 分享心情状态, 增强交流, 加深群体凝聚感, 共同建造有感情的城市。

2.2 用户体验的交互设计

基于以上交互内容划分, 本文将体感交互与公共信息服务相结合, 对内容管理、动作识别、生理特征信息识别、辨识精度、系统可用性和易用性等进行了分析与设计。为进一步提升用户体验, 充分考虑用户的行人属性特点, 例如自画像、着陆等特点, 设计交互界面特征如下。

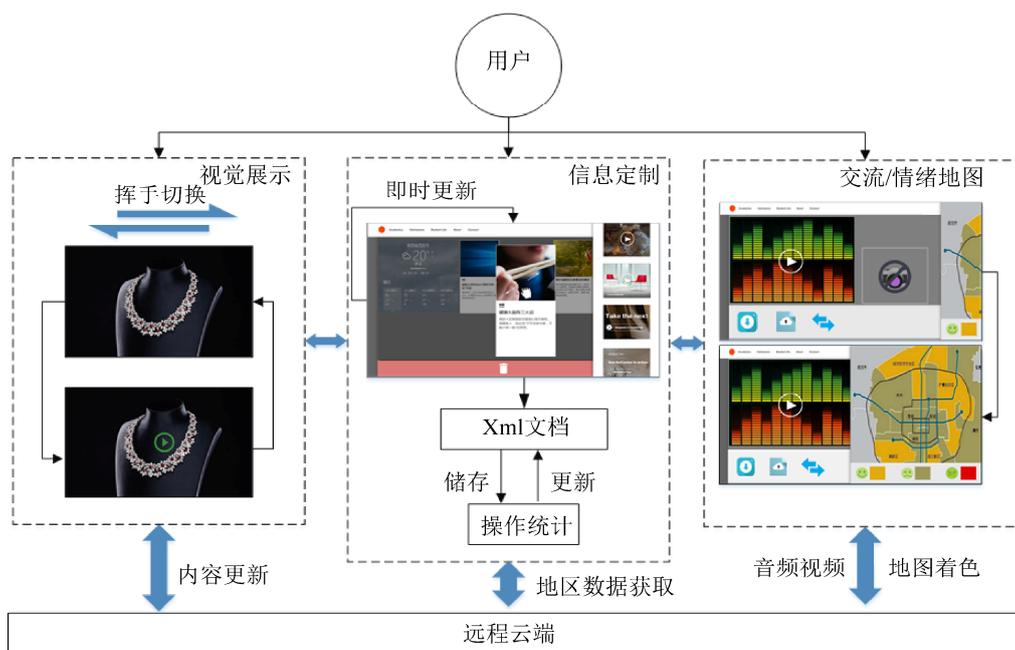


图 2 系统交互内容
Fig. 2 Flow chart of the interaction in the system

针对自画像特点,在交互系统处于非交互状态时,广告模块的静态内容执行自动切换循环。当行人经过交互系统的识别范围,将行人实时影像经过背景移除、缩小、透明化、像素化处理,置于画面中线之上,达到吸引行人注意力的效果,如图3所示。当用户进入交互会话期,此效果消失,防止视觉干扰。

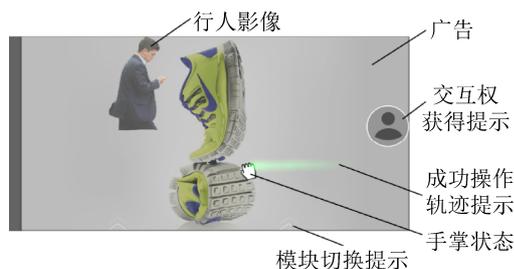


图3 视觉交互界面

Fig. 3 UI of visually displaying

针对着陆特点,拟将交互设备联排安装,减少行人的返程概率。同时增加广告的作用范围。

针对蜜罐特点,将距离传感器 1.5~1.6 m,中心线两侧各 0.3 m 范围内的矩形区域设为交互热区,在此区域中里传感器最近的人拥有交互权,系统识别到交互者后画面右侧的用户指示标志变为绿色,方便交互者确定交互状态。

针对交互状态提示,挥动操作一旦成功,画面出现手势轨迹残影,提示操作成功。此外利用手掌图标提示移动、抓取、点击动作。

3 系统实现的关键技术

本系统的总体架构如图4所示。该交互系统包括全息投影展示、手势识别模块、面部信息识别模块,通过 WPF 框架进行信息数据整合。各部分的具体实现如下。

3.1 全息投影展示

如前文所述,目前公共场合的显示设备多采用 LED、LCD、灯箱画布等形式,优点在于技术成熟,产业链完备。缺点是每个场合下都需定制设备尺寸。我们将舞台和发布会中常使用的全息投影技术引入智慧城市终端的显示系统,增加显示的空间感

和层次感。本系统硬件由 Sony VPL-EX242 和贴有全息膜的平面玻璃组成。具体实现参考文献[10]。由于投影仪画面的可调节性,该系统可以方便地移植到其他智慧城市的公共应用中,例小区阅报亭、智能公交候车亭等。

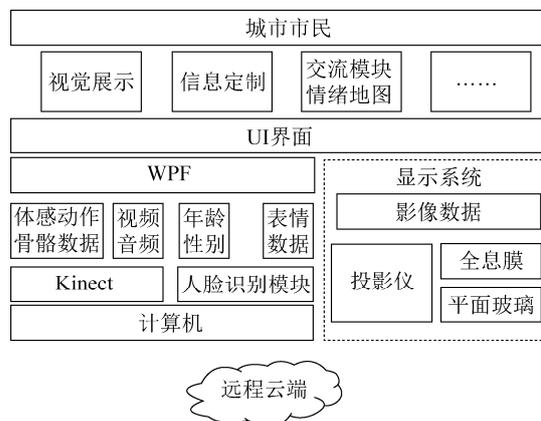


图4 系统总体架构

Fig. 4 Overall structure of the interaction system

3.2 手势识别

手势识别的实现依赖 Kinect 提供的人体骨骼点坐标数据,因此本功能基于 Kinectfor Windows SDK2.0 开发。要识别的手势 G 是若干个独立手势的 $G_i(i=1,2,\dots,n)$ 集合。一个 G_i 表示成: $G_i = \langle s_1^i, s_2^i, \dots, s_{k_i}^i \rangle$, 其中每个元素记录该手势的基本顺序片段。基于每一帧骨骼点三维坐标数据,遍历 G 中的元素,对 G_i 中的标记元素 s_k^i , 如果该帧数据满足其给定的动作条件,返回状态 succeed, 将 s_{k+1}^i 置为新的标记元素, 否则返回状态 fail, 并将 s_k^i 置为标记元素; 当标记元素为 $s_{k_i}^i$ 且返回状态 success, 表明手势 G_i 被识别, 利用 C# 事件通知主程序。

具体以一个右手前臂的自右向左水平扫动动作为例说明识别算法。右手向左扫动的动作由三个动作片段组成, 即 $k_i = 3$, 片段一: 右手手掌在右手肘前; 右手掌在颈以下臀部以上; 右手掌在右肩右边 10 cm 以外, 片段二: 右手手掌在右手肘前; 右手掌在颈以下臀部以上; 右手掌在右肩左右 10 cm 范围内, 片段三: 右手手掌在右手肘前; 右手掌在颈以下臀部以上, 右手掌在右肩左边 10 cm 以外, 其中 10 cm 为可控选项, 影响手势识别的精

度和成功率。在 GestureController 控制类中初始化三个片段, 并以 RightSwipe 的名称注册为一个 Gesture, 控制类利用每一帧的骨骼点数据 body 计算手势结果, C#代码如下:

```
//动作片段  $s_i^j$  初始化
IRelativeGestureSegment[] swiperight =
    new IRelativeGestureSegment[3]
    {
        new SwipeLeftL2RSegment1(0.06),
        new SwipeLeftL2RSegment2(0.06),
        new SwipeLeftL2RSegment3(0.06),
    };
//向控制类注册, 形成一个  $G_i$ 
this.AddGesture(GestureType.RightSwipe,
                swiperight, 8);
.....
//遍历  $G$  集合, 计算手势
foreach (Gesture gesture in this.gestures)
    gesture.UpdateGesture(body);
```

而对于每个 Gesture, UpdateGesture 的核心逻辑如下:

```
//取得状态结果
result = gestureParts[current].Check(body);
if(result == Result.Succeed) {
    //succeed 且未到  $s_{k_i}^i$ , 标记下一元素
    if (current + 1 < this.gestureParts.Length)
        current++;
    else {
        //到达  $s_{k_i}^i$ , 识别事件发起并重置标记
        Gesture Recognised (this, e);
        Reset();
    }
}
else if(result == Gesture Part Result. Fail)
    //状态 fail, 重置标记, 准备下一次识别
    this. Reset();
```

该算法初看是一个 $O(n^2)$, 但是注意到, 每个 G_i 中的 k_i 都比较小, 通常为 2~5, 因此该算法的实际运行时间复杂度并不高, 可以满足实时性要求。

3.3 人脸信息识别

选择 Omron HVC 开发板作为实现人脸信息识别的装置。该板自带摄像头, 拥有表情、年龄、性

别、注视点、面部朝向估计等功能, 采用 UART 通信, 体积小功能完备, 适合公共设备的嵌入整合。

首先将用于数据命令传递的非托管 C 代码中的函数用 dllexport 向外暴露, 编译成动态链接库文件, 在 C#的托管环境中利用 dllimport 导入。随后在 WPF 中后台线程(BackgroundWorker 类)执行“识别命令输送-数据收集-数据处理”的循环:

```
while (true) {
    //识别命令 IO
    ExecuteHVC(flag, ptr);
    //数据收集至托管代码
    result = (HVC_result)PtrToStructure(ptr,
                                        typeof(HVC_result));
    //数据处理
    newResult = new HResultEventArgs(result);
    OnHVCDataReady(newResult);
}
```

数据处理环节, 依据年龄和性别信息, 我们将人群分为 5 个类别, 青少年、年轻男性、年轻女性、中老年男性、中老年女性。考虑到人脸识别在真实环境下的准确率, 采用一次识别的结果并不理想, 于是参照手势识别的算法, 将 5 个生理特征的识别结果抽象成一个如同 G_i 的集合, 利用同样的原理对 HVC 硬件的识别结果做了一个类似“平滑”的处理。初始化的过程也相似:

```
//片段初始化, 若干个相同片段
IRoleBase[] young_male = new IRoleBase[3]
    {y_man, y_man, y_man };
//向控制器注册
this.AddRole(HVCRoleType.YoungMale,
            young_male);
```

随后的遍历、标记、事件通知的处理思路相同, 故省略。最后根据身份特征结果, 广告交互过程将推送 1~2 次符合其身份的广告。同时信息通过云端向商家推送, 方便商家提供更多具有针对性的市场信息。

3.4 基于 WPF 的数据整合

系统图形界面和相关数据的整合基于 WPF 实现。相比 winform 框架 WPF 拥有方便的多媒体控

件如 MediaElement, 也拥有更强大的控件编辑能力, 可以表现更多细节。

主机采用 Surface pro 3 平板电脑(intel i5 双核 1.9GHz/2.5GHz, 4G 内存, 128G SSD), 操作系统为 Windows10。设计模式采用 MVVM。首先创建 PersonState、AdverCollection 等数据模型(Model), 继承并实现 INotifyPropertyChanged 接口, 为数据 Binding 准备; 再利用 Xaml 设计 UI 页面(View), 对相应控件编辑 ControlTemplate, 定义出目标控件; 最后用 C#为每一个 UI 页面编写后台代码(ViewModel), 完成 Kinect 数据、Omron HVC 数据、图像数据的整合, 并完成和 UI 界面的控件的 Binding 以及相应的动作控制。

4 应用实例

4.1 视觉展示实例

视觉展示模块综合运用了系统中的几个关键技术, 因此首先介绍其功能和用户交互流程。当用户处于交互热区, 人脸识别装置进入处理循环, 期间依据年龄和性别的估计结果, 将用户分类, 划归为 5 类特征人群中的一种; 为保证分类准确率, 当用户特征连续 3 次以上归入同一类别, 判定分类成功; 然后向展示内容数据库发送查询请求, 推送针对该类目标人群的视觉传达内容信息, 例如跑鞋、游戏、手表、口红和首饰的海报及其对应的宣传片;

最后经过特定的时间周期, 将生理特征信息统计后上传云端, 设备所有者可根据人群身份构成, 提供更丰富的视觉展示信息。在特征识别分类的同时, 用户可以和现有展示内容互动, 通过 4 类体感动作完成内容切换、动静态展示模式切换等操作。用户体验场景图 5 所示。

4.2 信息定制实例

在信息定制模块, 民众可以根据自己的需求和城市特点, 添加、排列、删除卡片信息。界面右侧为卡片仓库, 民众可以在其中选择资讯卡片, 通过移动手掌, 将光标移动到希望添加的卡片上, 握拳以激活排列模式, 将选中卡片拖入左侧展示区。删除操作通过把卡片拖动到下方红色垃圾桶按钮完成。定制过程的操作逻辑和市面上智能手机的 app 操作类似, 降低了民众的学习成本。以城市西安为例, 图 6 显示了从右侧景点库中添加兵马俑信息卡片的操作界面。

注意到信息定制模块并没有用户权限区分, 因此需要设定一个规则, 调整随不同交互者操作改变的卡片展示区。将卡片区看作为行列规模为 $m \times n$ 的格子区域。后台程序维护一个操作表, 记录交互者的操作目标、操作次数和放置位置等信息, 一个的交互结束后, 通过对记录表中的次数的排序, 重新排列卡片位置, 并将新的排列方案写入 xml 文档, 供下次启动时程序读取。

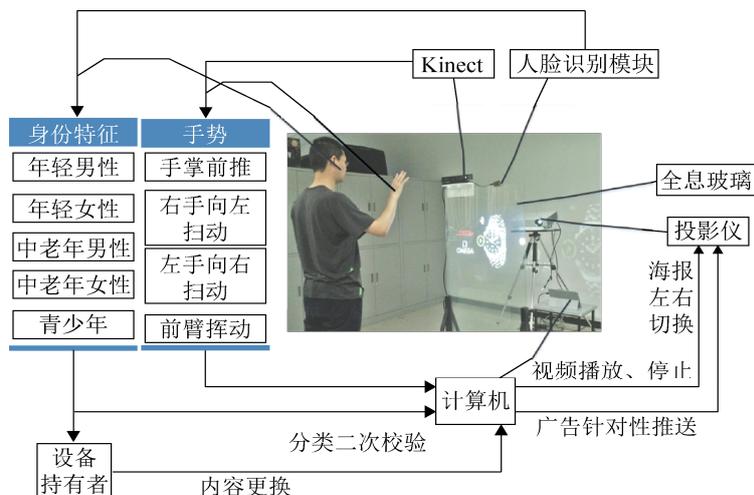


图 5 视觉展示用户交互实例

Fig. 5 Instance of user interaction for visually displaying

<http://www.china-simulation.com>

• 1898 •



图 6 信息定制操作界面

Fig. 6 UI of information customization

5 结论

本文提出一种面向智慧城市公共信息服务的人机交互系统, 依据智慧城市视角下交互准则, 设计了系统的主要交互内容, 综合利用人脸识别和体感交互技术, 实现了公共信息与市民的和谐交互, 为智慧城市环境下公共信息交互设计提供了新的参考。本系统利用交互者生理特征信息增强了公共视觉传达内容展示的针对性和灵活性; 通过赋予民众公共信息创造权限, 提高民众城市生活的参与度; 通过向系统整合城市情绪地图, 满足民众的情感需求; 将全息展示系统代替电子 LED、LCD 显示系统, 保证显示系统在公共设备上的快速移植性和替换性, 降低了设备制造成本和装配成本。考虑到目前系统仍处于离线工作状态, 下一步的工作将继续完善系统, 建立网站, 完善云端数据的接收和分析, 暴露相应 API 鼓励拥有编程能力的市民参与到社区内容建设。

参考文献:

- [1] 王晰巍, 王维, 李连子. 智慧城市演进发展及信息服务平台构建研究[J]. 图书情报工作, 2012, 56(23): 141-146.
Wang Xiwei, Wang Wei, Li Lianzi. Evolution of Smart City and Construction of Information Services Platform[J]. Library and Information Service, 2012,

56(23): 141-146.

- [2] Lee J H, Phaal R, Lee S H. An integrated service-device-technology roadmap for smart city development[J]. Technological Forecasting & Social Change (S0040-1625), 2013, 80(2): 286-306.
- [3] Chourabi H, Nam T, Walker S, et al. Understanding smart cities: An integrative framework[C]// System Science (HICSS), 2012 45th Hawaii International Conference on. USA: IEEE, 2012: 2289-2297.
- [4] Butowsky A, Gai K, Coakley M, et al. City of White Plains Parking App: Case Study of a Smart City Web Application[C]// Cyber Security and Cloud Computing (CSCloud), 2015 IEEE 2nd International Conference on. IEEE, 2015: 278-282.
- [5] Van Doorn M, de Vries A, Aarts E. End-user software engineering of smart retail environments: the intelligent shop window[M]// Ambient Intelligence. Germany: Springer Berlin Heidelberg, 2008: 157-174.
- [6] 王世伟. 说“智慧城市”[J]. 图书情报工作, 2012, 56(2): 5-9.
Wang Shiwei. On Smart City[J]. Library and Information Service, 2012, 56(2): 5-9.
- [7] Wang S M, Huang C J. User experience analysis on urban interaction and information service in smart city nodes[C]// Proceedings of the Second International Symposium of Chinese CHI. USA: ACM, 2014: 103-109.
- [8] Ashford S J, Blatt R, Walle D V. Reflections on the looking glass: A review of research on feedback-seeking behavior in organizations[J]. Journal of Management (S0149-2063), 2003, 29(6): 773-799.
- [9] Peter van Waart P, Mulder I. Meaningful Interactions in a Smart City[M]// Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions. Germany: Springer International Publishing, 2014: 617-628.
- [10] 史小龙, 李晓玲, 高虹霓, 等. 全息显控界面中多通道人机交互技术研究[J]. 包装工程, 2016, 37(4): 120-124.
Shi Xiaolong, Li Xiaoling, Gao Hongni, et al. Multimodal Interaction Technology in the Holographic Display and Control Interfaces[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(4): 120-124.