

夏之翔¹ 邱淑冰¹ 陆毅涵¹ 李力¹ 华好¹

1. 东南大学建筑学院; zhixiang_xia@seu.edu.cn

Xia Zhixiang¹ Qiu Shubing¹ Lu Yihan¹ Li Li¹ Hua Hao¹

1. School of Architecture, Southeast University; zhixiang_xia@seu.edu.cn

基于多智能体系统的大型互动装置设计

Interactive Large-scale Installation Based on Multi-agent System

摘要:智能构筑物可以成为与人互动交流的“生命体”,激活公共空间,营造场所记忆。本研究通过嵌入式系统开发,创建了一个能与行人互动的多智能体系统,并植入大型3D打印构筑物中。各单元具有独立自主性,彼此之间交互通信,以灯光的呼吸脉动与人交流。嵌入式互动系统具有四种互动模式,以WiFiduino单片机作为开发平台,集成无线通信、手势传感器、可编程LED灯带等元器件。本研究探索了多智能体互动模式,拓展了人与建成环境的对话方式。

关键词:多智能体系统;互动装置;嵌入式系统

Abstract: The intelligent structure can become a “living organism” that interacts and communicates with people, activating public spaces and creating a sense of place. By using embedded system development, this research creates a multi-agent system capable of interacting with pedestrians and integrates it within a large-scale 3D-printed structure in an atrium. Each unit possesses individual autonomy and communicates with others, utilizing light pulsation as an interactive language with humans. The embedded interactive system has four interactive modes, using the WiFiduino microcontroller as the development platform, integrating wireless communication, gesture sensors, programmable LED strips, and other components. This study explores the interactive patterns of multi-agent systems and expands the ways humans engage in the built environment.

Keywords: Multi-agent System; Interactive Installation; Embedded System

1 多智能体互动装置

1.1 多智能体系统

多智能体系统(multi-agent system, MAS)是由环境中多个交互智能体组成的一个复杂系统。Marvin Minsky教授在《心智社会》一书中将智能体描述为能够实现人类智能的基本模块^[1]。Michael Wooldridge教授将智能体的定义细化为“弱定义”和“强定义”两种方法:弱定义智能体具有自主性、能动性、反应性和社会性等基本特性;强定义智能体不仅包含弱定义智能体的特性,还具备理性、移动性和通信能力等特性^[2]。

“涌现”(emergence)作为多智能体系统的典型特征之一,指一个系统内部的个体之间的简单局部规则和协同合作产生了整体系统上超出单智能体能力外的新复杂行为模式,体现了多智能体系统的自组织性。

1.2 互动、建筑与装置

“互动”可理解为智能体(人或物)之间的信息交流。互动装置作为互动建筑的一个分支,以传感器、执

行器和建构元素作为实体介质,以智能体的行为作为“互动性”的思想内核,而“涌现”是高级互动产生的关键因素^[3]。

由Ruairi Glynn设计的Performative Ecologies装置是交互式多智能体系统的重要案例。该装置由四个自主寻求关注的机器人组成,通过各自的摄像头进行面部定位,并用尾部进行舞蹈表演。各智能体独立管理自己的表演,而在无人时共享彼此的表演数据,将动作协商重组为新舞蹈。各机器人以Arduino Nano单片机作为执行单元,同时以一台ARM计算机作为信息处理中心执行遗传算法和面部识别算法^[4]。

2 “漪涟青脉”项目简介

“漪涟青脉”多智能体互动装置搭建在东南大学无锡校区两江院的通高中庭平台处,整体形体长约5 m,宽约4 m,高约3.5 m。该互动装置有机融入层间平台,在近处人们与之互动,在远处成为新视觉中心,激活了建筑的中庭空间(图1)。

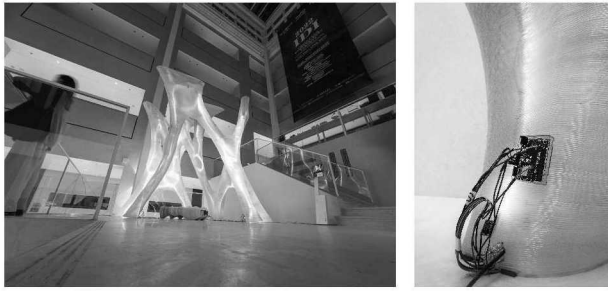


图1 “滴涟青脉”多智能体互动装置

(图片来源:作者自摄)

2.1 设计概念

在数字技术高速发展的年代,万物都能被赋予生命和意义,成为具有思考和交流能力的虚拟个体,参与到交互活动中。与此同时,交互空间的介质也将从物理现实向虚拟现实扩展。若把人群看作多智能体系统,人与人之间的社交活动便是智能体之间的通信与响应。数字时代的智能体主体既可以是人,又可以是虚拟代理生命。本研究将一个3D打印互动装置转化为多智能生命体,赋予其智能体单元“呼吸”和“脉动”的生命特征,以光作为交流语言,创造了一种物与物、人与物之间无声的现实与虚拟的对话。我们希望造就人与建筑空间的对话,促进人与人之间的温情,营造独特的场所记忆。

2.2 形体生成和分析

为实现多智能体系统特征的形体可视化,构筑物被定义为由六个分支联结而成的分布式树状结构。它是通过羊毛算法对多根菱形线段进行找形,获得的具有较好力学性能的形态,并结合中庭的场地环境调整了造型,以满足行人能够穿行其中。

构筑物的六个树形分支成为六个智能体单元,各单元的节点处在人抬手可触及的高度,能够单独感知人所传递的信号进行脉动跳跃,同时智能体单元也可以在同一套规则下将感知到的信息传递给彼此,做出回应。

2.3 互动模式

构筑物互动装置作为一个多智能生命体有三个主要特征:首先,多智能体的每个智能体单元具有独立性和自主性;其次,智能体之间能够交互通信,相互协调;最后,智能体对输入信号的响应有着一致性的协议。基于这三项多智能体系统的规则,我们建立了四种人机互动模式(图2)。

(1)默认模式:当构筑物的任何一个智能体单元未检测到任何手势信号时,构筑物将呈现出各分支彼此错落的冷白色呼吸灯光,作为生命体的自由呼吸状态。

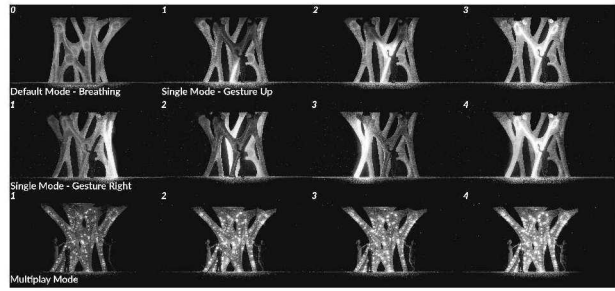


图2 多智能体互动模式

(图片来源:作者自绘)

(2)单人模式(上下手势):当构筑物的六个智能体单元仅检测到一个手势信号时,进入单人模式。在该模式中,上下挥手将使智能体单元呈现出自下而上生长的暖黄色灯光动势。

(3)单人模式(左右手势):在单人模式中,当六个智能体单元仅检测到一个向左(右)划动的手势信号时,以检测到信号的分支为起点,多智能生命体将呈现顺(逆)时针依次点亮各个单元体暖黄色灯光后渐变熄灭的效果。

(4)多人模式:当六个智能体单元中有两个及以上的单元体识别到任意的手势信号时,将进入多人模式,此时多智能生命体呈现暖红色与暖黄色灯光交替的闪烁场景。

2.4 实体建造

该互动装置的构筑物结构形体部分采用PETG透明塑料,基于机器人3D打印技术进行数字建造。考虑到最终搭建场地的限制性、机械臂的打印便利性和实体搭建的灵活性,构筑物的整体树状形体被分割为多个尺度适宜且安装合理的Y型构件。

互动灯光的设置主要根据构筑物的管径形体中线,确定每个单元体的LED灯带长度和灯珠数量,并使用乳白色硅胶水管作为灯套,以增强灯光的漫反射效果;之后将铁丝扎紧于灯套后加热,插入PETG塑料中实现灯带和打印模块的连接;灯带间的连接则与结构形体的拼接同时进行,使用接线端子连接相邻灯带,以提高效率和便利性。搭建完成后,将导线端头引到构筑物底部,便于程序更改和设备检修。

3 嵌入式系统开发

为了实现人与智能体单元、多智能体系统之间的互动,本互动装置综合使用了传感器技术与无线通信技术。装置的整体互动设计逻辑可分为三大部分:信号感应输入、信息处理与通信、互动效果反馈输出(图3)。

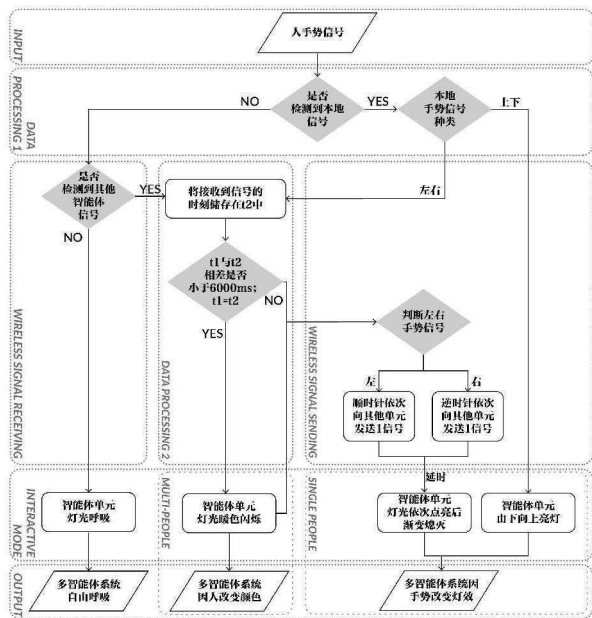


图3 互动装置交互逻辑

(图片来源:作者自绘)

3.1 互动装置硬件

本互动装置的信息感知主要依靠 APDS 9960 手势传感器。互动过程中的信息处理与通信则由 WiFiduino 开发板完成,其近似于在 Arduino 开发板上搭载 ESP8266 通信模块,可以同时满足在开发板上的简单信息处理与板间的无线通信,以实现多智能体响应的高级互动效果。互动效果的反馈输出则依靠安装在各智能体单元内的 12V LED 灯带。

3.2 互动信息的感应输入

手势传感器设置在各分支中符合人体挥手高度范围的树状节点处,以便于收集手势信号。互动装置的每个分支作为一个智能体单元,能够单独收集人的挥手信号,进而通过开发板判断手势方向。

3.3 互动信息的处理与通信

在人的互动行为发生之后,由于挥手行为的方向性和多个智能体间互动的群体性,各分支上的开发板需处理自身有线连接传感器信息和群体无线通信信息。由于多个智能体之间相互平等,不存在服务器与客户端的概念,所以本设计使用用户数据报协议(user datagram protocol,UDP)来实现多智能体系统的交互通信。互动装置通过多个开发板搭建了一个独立局域网,不依赖其他网络设备。

3.4 互动信息的反馈输出

信息反馈输出的机制首先判断自身有线连接的手

势传感器处是否有信号传入。若检测到向上或向下的手势信号,WiFiduino 将做出反应使灯带自下而上亮起。

如果互动信号为向左(右)的手势信号,则通过板间无线通信实现多智能体之间的协同互动。智能体单元接收到的有线信息如果与上一次接收到的信息时间间隔超过 6 秒,则判定为两次单人互动,从发生互动的智能体单元开始顺(逆)时针依次亮灯。为实现该单人左右模式的效果,本设计将静态 IP 地址作为智能体编号,方便按顺(逆)时针方向发送响应请求,并且保证两个信号之间的间隔时间,从而确保各智能体依次亮起。

如果智能体单元前后两次接收到的信息时间差小于 6 秒,则判定此时环境中为多人互动,WiFiduino 则将灯带的灯效调整为暖光间隔的闪烁模式,以增加互动趣味性。

如果智能体单元未接收到任何本地手势信号,则成为无线信号的接收者,等待其他智能体发出指令。

4 总结与展望

本研究利用互动技术创造出具有主动性和互动性的建筑空间,营造了新颖动态的空间体验。本研究采用 WiFiduino 平台进行嵌入式系统的开发,探索了多种灯光互动模式,将 3D 打印互动装置转化为多智能生命体。该装置后期可通过程序修改,拓展多智能体系统的互动模式,塑造更多样化的互动空间体验。

参考文献

- [1] 蒲宏宇,刘宇波.元胞自动机与多智能体系统在生成式设计中的应用回顾[J].建筑技术开发,2021,48(5):23-28.
- [2] WOOLDRIDGE M, JENNINGS N R. Intelligent agents: Theory and practice [J]. The knowledge engineering review, 1995, 10(2): 115-152.
- [3] SOLER-ADILLON J. The intangible material of interactive art: agency, behavior and emergence[J]. Artnodes,2015 (16): 43-52.
- [4] GLYNN R. The Irresistible Animacy of Lively Artefacts [D]. London: University College London, 2019.