

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2014.09.027

基于 Kinect 的智能花盆体感控制系统研究^{*}

张 鑫, 徐文胜^{*}, 刘阶萍, 姚燕安
(北京交通大学 机械与电子控制工程学院, 北京 100044)

摘要:针对花盆系统以人机交互方式实时变换布景图案的控制问题,对体感技术与控制系统的结合进行了研究,提出了一种基于体感技术的智能花盆控制系统。该系统可通过人体动作实时控制花盆系统的布景图案,通过采用微软的 Kinect 体感设备识别人体动作和姿势,对不同的人体动作进行了定义,根据人体的不同动作向智能花盆阵列系统发出相应的位置指令,由多个轮式机器人构成的智能花盆阵列系统在以无线通信的方式接收到各种不同的位置指令后,可进行相应地移动而组成各种不同的图案。研究结果表明,该系统能够有效、准确地识别人体的各种不同动作,并准确地发出相应的位置控制指令,控制智能花盆阵列组成各种相应的图案。该系统具有较好的观赏性,也可应用于互动科普教育。

关键词:Kinect; 智能花盆; 控制系统

中图分类号:TP24

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2014)09-1226-05

Research on intelligent flowerpots control system based on Kinect

ZHANG Xin, XU Wen-sheng, LIU Jie-ping, YAO Yan-an

(School of Mechanical, Electronic and Control Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: Aiming at the control problem of flowerpots system which can transform patterns in real time based on human-machine interactions, the integration of human motion sensing technology and control system was studied, and an intelligent flowerpots control system based on motion sensing technology was proposed. By using Microsoft's Kinect device, the body motions were identified by the control system, and different motions were defined and encoded by the system, and corresponding position instructions were sent out to the intelligent flowerpots system. The intelligent flowerpots system, which is composed of multiple wheeled robots, can move according to the position instructions and form different patterns after receiving these instructions wirelessly. The results indicate that the control system can identify different motions of the human body effectively and accurately, and correspondingly the intelligent flowerpots can form corresponding patterns. The system not only has high exhibition value, but also can be used in interactive science education.

Key words: Kinect; intelligent flowerpots; control system

0 引 言

近年来,体感技术已经成为人机交互的一种重要手段,具有直观性、自然性的特点。Kinect 是微软公司开发的一款家用视频游戏主机 Xbox 360 的体感外设^[1],它通过彩色摄像头和深度摄像头,不仅能获得

人体的彩色图像信息,还可获得人体各部分的深度信息,捕获人体的动作。Kinect 识别的对象是用户的身体的,用户可通过身体的动作、姿势来控制游戏中的人或物,这样 Kinect 使得用户与游戏环境结合,形成了一套完整的人机交互游戏控制系统。Kinect 体感技术已广泛地应用在各种人机交互游戏、3D 场景重建、机器

收稿日期:2014-03-24

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51175033)

作者简介:张 鑫(1987-),男,山东烟台人,主要从事机器人控制方面的研究。E-mail:myqwj888@126.com

通信联系人:徐文胜,男,副教授,硕士生导师。E-mail:wshxu@bjtu.edu.cn

视觉等领域^[2]。但在与实际机器人的交互中应用尚少。

本研究针对可智能布景、可实时变换图案的花盆布景系统的需求,提出一种基于 Kinect 的智能花盆体感控制系统,通过 Kinect 体感设备来识别人体动作,在人体动作编码的基础上,将不同的动作对应不同的指令,通过无线通信的方式将指令发送给智能花盆系统,从而使智能花盆系统摆放出不同的图案。该系统因其新颖、独特、人机互动的摆放方式,可用于室外大型场景的布景,可根据需要实时地变换各种需要的图案,也可以设置定时切换图案,同时也可应用于中小学生的娱乐、教学,增加中小学生对机器人技术的兴趣,提高机器人课堂教学的趣味性。

1 总体方案介绍

基于 Kinect 的智能花盆体感控制系统的功能示意图如图 1 所示。智能花盆体感控制系统主要由 Kinect 体感设备、控制台、无线通信模块和 20 台在导轨上的智能花盆这 4 大部分组成。Kinect 体感设备用来捕获人体姿势。

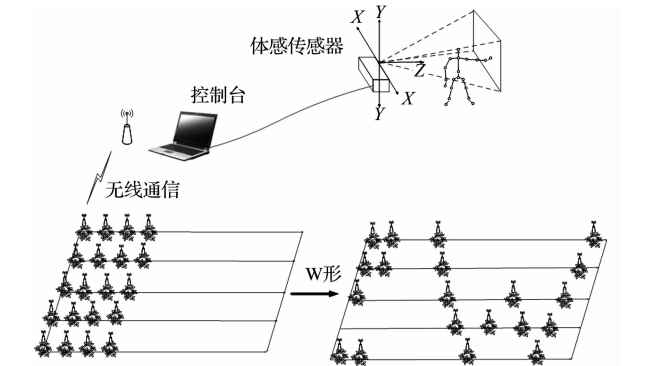


图1 智能花盆体感控制系统功能示意图

当人体做出姿势,系统通过 Kinect 体感传感器识别出人体姿势,然后通过计算机以无线通信的形式向花盆阵列发送指令,花盆阵列通过移动位置来组成相应的图案。

本研究采用位移指令的形式来向各台智能花盆发送指令,即控制台计算机针对每一个图案指令,从图案数据库中查询该图案中每一个花盆的位置,然后,通过无线通信模块以广播的方式将位置参数数据发送出去。花盆阵列作为控制台的下位机,通过无线通信模块接收到指令后,控制轮式花盆上的电机,载着花盆在导轨上做相应的运动,到达指定位置。当所有的花盆都达到指定位置后,就实现了智能花盆图案的摆放。智能花盆阵列从一种图案变换到另一种图案的原理也是如此。

2 系统硬件设计

2.1 总体结构设计

智能花盆体感控制系统功能逻辑图如图 2 所示。Kinect 体感设备为系统的输入,将人体信息传送给上位机,即控制台。无线通信模块用于上位机与下位机之间的通信。智能花盆由轮式花盆、导轨组成。该系统中有 5 条用于轮式花盆运动的导轨。每条导轨上分布着 4 个轮式花盆,总计 20 个轮式花盆。每一个轮式花盆上主要安装有控制盒、花盆、车轮以及直流电机。

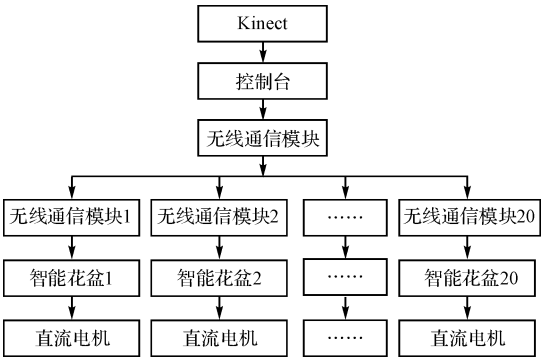


图2 智能花盆体感控制系统功能逻辑图

轮式花盆为组成、变换出各种图案的基本载体,其底部共装有 4 个车轮,其中 2 个车轮用于轮式花盆在导轨上的运动,另 2 个车轮在地面上运动,主要用于维持花盆的平衡。直流电机通过联轴器与导轨上的车轮联接,用于提供轮式花盆沿导轨运动的动力,通过正能与反转,实现轮式花盆在导轨上的前进与后退。控制盒中装有单片机、电源盒与无线通信模块。鉴于花盆可能漏水,所以本研究选用具有防水功能的控制盒。

2.2 体感设备的选取

本控制系统的输入采用 Kinect 体感设备。Kinect 可以同时获取 RGB 和深度图像数据,支持实时的全身和骨骼跟踪,并可以识别一系列的动作^[3-4]。Kinect 具有追焦功能,底座马达可驱动 Kinect 左右旋转 27°。此外还有数组式麦克风。Kinect 可同时捕获彩色影像、3D 深度影像、以及声音讯号^[5]。

骨架追踪技术是 Kinect 的核心技术。这个技术可以让 Kinect 更好地捕捉人体的动作,并可识别人的身份^[6]。而骨架追踪技术的核心在于利用红外线传感器通过黑白光谱的方式来识别环境内容。黑与白分别对应着无穷远和无穷近。传感器以极快的速度来生成图像,实时地表达环境。

2.3 控制台与下位机的选取

控制台采用个人笔记本电脑。由于 Kinect 只支

持 Win7 及以上操作系统,控制台采用的操作系统为 Win7,处理器为 Inter (R) Core (TM) i5-2450M,2.5 GHz,4 G 内存。

下位机中的单片机采用 Arduino Uno 控制器,芯片为 ATmega32U4,型号为 Romeo V2。Arduino 是一个基于开源码的软硬体平台,I/O 界面简单,可便捷地外接各种控制、通信模块,并可采用 Processing/Wiring 开发环境使用类似 Java、C 语言的编程语言来进行开发^[7]。控制器直流电源为 USB 电源或外部 6 V ~ 23 V。Arduino Uno 控制器安放在轮式机器人花盆上的控制盒内。

2.4 无线网络通信结构设计

当控制台通过 Kinect 检测到人体动作后,从图案数据库查询到图案中每一个花盆的位置运动指令后,就需要将这些指令数据发送出去。而下位机需要接收这些指令数据,以完成相应的移动。目前最常见的几种无线通信技术有 WiFi、蓝牙和 ZigBee 等^[8]。这几种技术比较适合于短距离通信,抗干扰能力较差。而无线通信模块 APC220 模块是高度集成的半双工微功率无线数据传输模块^[9],其中嵌入高速单片机和高性能射频芯片。与其他无线通信模块相比,APC220 价格低廉,且通信距离远,可达 1 000 m,抗干扰性和灵敏度水平都较高,在有遮挡情况下依然能够正常通信,并且组网便捷,每个节点都可以发送和接收信号。所以综合考虑后本研究选用无线传输模块 APC220,其控制接口为串口通信接口。APC220 模块提供了从 431 MHz ~ 455 MHz 多个频道的选择,并提供 UART/TTL 接口,只要网络节点号不同的所有的 APC220 模块处于同一频率的网络波段上、拥有相同的网络识别号、设置相同的串行通信波特率,就能成功地组建一个无线通信的网络。

位于控制台上的 APC220 通信模块将位置指令以广播的方式发送给每一个下位机上的 APC220 通信模块,形成一对多的通信方式。每个下位机接收到位置指令后,仅仅截取、解读其中针对自己的指令数据,这样每个智能花盆都能获取针对各自的指令数据,从而保证每个花盆能根据位置指令移动到各自的位置,从而使花盆阵列摆放成对应的图案。

3 系统控制流程设计

系统软件主要由控制台软件与智能花盆下位机软件两大部分构成。智能花盆体感控制系统的流程图如图 3 所示。

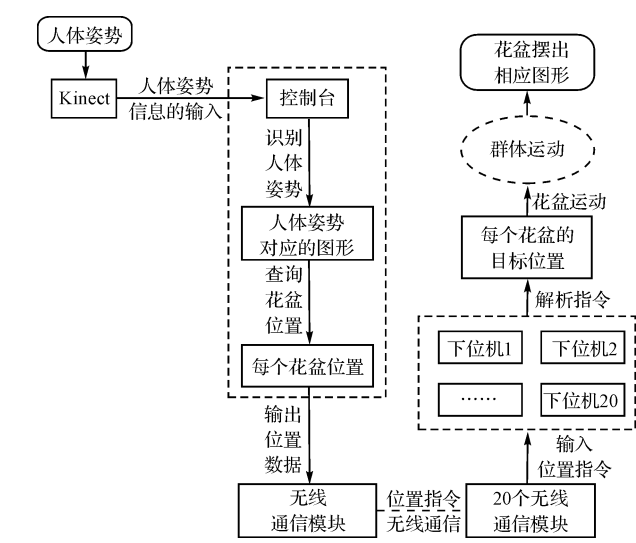


图 3 智能花盆体感控制系统执行流程图

3.1 人体姿势识别

识别人体的第一步是从深度图像中将人体从背景环境中区分出来。这是一个从噪声中提炼有用信息的过程。Kinect 会对景深图像进行“像素级”评估,评估过程跟人眼看物体的过程差不多,先看清轮廓,再看细节,输入的是深度图像,输出的是目标人体轮廓^[10]。首先分析比较接近 Kinect 的区域,这也是最有可能是“人体”的目标。任何“大”字形的物体都有可能被 Kinect 跟踪为人体;其次会逐点扫描这些区域深度图像的像素,来判断属于人体的哪些部位。这一过程属于计算机图形视觉处理技术应用过程,包括边缘检测、噪声设定阈值处理、对人体目标特征点的“分类”等环节。通过这一技术最终将人体从背景环境中区分出来。

Kinect 利用人体的 20 个骨骼点来定义人体姿势,人体骨骼点分布图如图 4 所示。该系统中选取人体上肢中的左手掌心点、左肩点、右手掌心点、右肩点、两肩中间点、臀部中间点、头部点,通过定义人体不同部位的坐标间的关系来定义一系列人体姿势,6 个姿势的定义方式及作用如表 1 所示。其中一个姿势用于启动体感控制,一个姿势用于停止体感控制,一个姿势用于智能花盆复位指令,另有 4 个姿势对应着 4 种图案。对于姿势的识别与定义,右手高举过头顶这个姿势是通过定义右手掌心点的 y 坐标值大于头部的 y 坐标值来定义的。当系统识别到右手掌心点的 y 坐标值大于头部的 y 坐标值时,就可识别出该姿势。其余姿势的定义与此相仿。通过这种方式定义姿势需要注意两点:首先,是人体的生理特性,即各个关节有一定的活动范围,定义的姿势不能超出活动范围;其次,要注意

姿势形成过程中对其他姿势的干扰,否则容易造成系统混乱,识别出错。

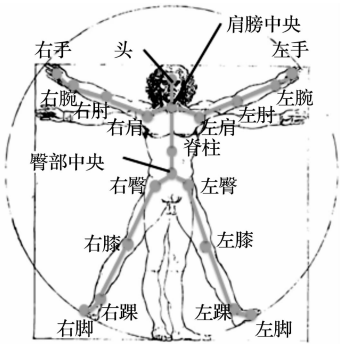


图4 人体骨骼点图

表1 姿势定义及作用

人体姿势	对应指令	作用
右臂平举于体侧	B	启动体感控制
右手举起,高于头顶	P	组成平行四边形
左手举起,高于头顶	E	组成8字形
右臂前平举	W	组成W形
左臂前平举	H	组成六芒星形
立正姿势	R	所有花盆复位
左臂平举于体侧	S	关闭体感控制

人体检测要通过辨识上述预定义的姿势来实现。例如人体正对 Kinect,与 Kinect 的距离应介于 1 m~3 m 之间,右手平举于体侧,右手掌心点与右肩基本处于同一个水平面,并持续 1 s,则可用于开启人机交互控制模式,此后人体做出各种动作才能被系统识别,但每个动作要持续 1 s 以上才能被识别为有效姿势。

3.2 位置指令

当系统通过 Kinect 识别出人体姿势后,解析该姿势对应的预定义的图案,然后从图案数据库中查询出该图案对应的每一个智能花盆的位置指令。位置指令由一系列的坐标组成。这些坐标是由事先在 5 条轨道上画出图案,然后量取轨道上的关键点的坐标来得到的,从而保证了智能花盆能够摆放成相应的图案,并能保证各个智能花盆从初始位置向这些关键点运动时不会发生相互碰撞。智能花盆的 5 根导轨各长 4 000 mm,导轨间隔为 500 mm。为了减少轮式花盆的车轮与导轨之间的摩擦,导轨采用不锈钢材质。如某智能花盆的位置指令为 a01 f1050,其中 a01 代表一号智能花盆,f 代表前进,后面的 4 位数字代表该智能花盆在该轨道上从原点位置开始的位移距离值,单位为 mm。当需要变换到一个新的图案时,所有的花盆需先

回到初始位置,再执行下一个图案位置指令,以组成新的图案。

4 系统验证

本研究中 Kinect 开发工具 Kinect Software Development Kit(SDK)的版本为 1.0,开发环境为 Visual Studio 2010,使用的编程语言为 C#。当控制台通过 Kinect 识别出人体姿势,将位置指令以广播的方式发送出去,各智能花盆上的 APC220 无线传输模块在收到位置指令后,根据指令控制花盆在导轨上运动到预定位置。部分图案实现效果如图 5 所示,初始化状态如图 5(a)所示,各个花盆停在导轨的一侧;当右手平举于体侧,启动 Kinect 体感控制模式,接着右手举起,高于头顶,就实现了平行四边形的摆放,平行四边形示意图如图 5(b)所示;然后摆出立正姿势,各个智能花盆复位,回到初始化位置,当右臂前平举时,就实现了 W 形的摆放,W 形状态图如图 5(c)所示。通过实验可以发现,该系统能够实现各种既定的图案的摆放,具有良好的可靠性与稳定性,实时响应性高。

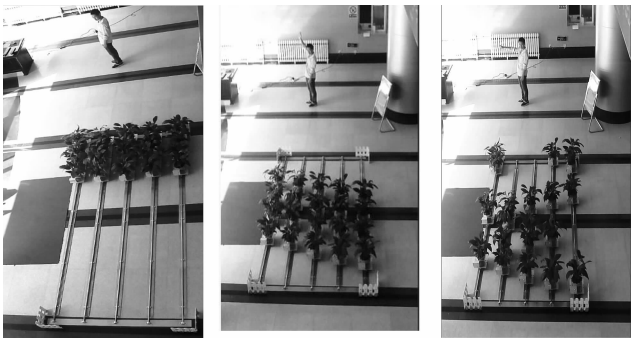


图5 图案实现效果图

5 结束语

本研究提出并开发了一种基于 Kinect 体感设备的智能花盆控制系统。该系统利用 Kinect 体感设备实时获取、识别人体姿势,控制台发送相应的指令,从而让多个智能花盆摆成相应的图案。通过结合 Kinect,能够提高系统在动态环境下的适应能力,提高在复杂背景下的人体动作识别率。实验结果表明,该系统具有较好的稳定性与实用性。然而,本研究仅涉及到人体姿势,尚没有利用手势这一人们常用的肢体语言,在以后的开发中,可利用手势来定义姿势,从而丰富控制姿势。

参考文献 (References):

- [1] 罗 元, 谢 彧, 张 毅. 基于 Kinect 传感器的智能轮椅手势控制系统的设计与实现[J]. 机器人, 2012, 34(1): 110-113, 119.
- [2] WILSON A. Using a Depth Camera as Touch Sensor[C]// ITS'10 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces. Kobe: [s. n.], 2010: 69-72.
- [3] KEMURA S, FUJIYOSHI H. Real-time Human Detection using Relational Depth Similarity Features[C]// with ACCV. New Zealand: [s. n.], 2011, 25-38.
- [4] URTASUN R, FUA P. 3D Human Body Tracking using Deterministic Temporal Motion Models[C]// European Conference on Computer Vision Prague: [s. n.], 2004: 92-106.
- [5] 张 毅, 张 烁, 罗 元, 等. 基于 Kinect 深度图像信息的手势轨迹识别及应用[J]. 计算机应用研究, 2012, 29(9): 3547-3550.
- [6] 余 涛, 叶金永, 邵菲杰, 等. Kinect 核心技术之骨架追踪技术[J]. 数字技术与应用, 2012(10): 115.
- [7] 程 晨. Arduino 开发实战指南[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.
- [8] 沈卓民, 姜周曙, 黄国辉. 基于 ZigBee 的太阳能集热器无线跟踪系统[J]. 机电工程, 2012, 29(10): 1228-1231.
- [9] 李 备, 张茂青, 丁国强, 等. 基于 TMS320F28027 的无线测温系统设计[J]. 机电信息, 2013(30): 126-127.
- [10] 余 涛. Kinect 应用开发实战: 用最自然的方式与机器对话[M]. 北京: 机械工业出版社, 2012.

[编辑: 李 辉]

本文引用格式:

张 鑫, 徐文胜, 刘阶萍, 等. 基于 Kinect 的智能花盆体感控制系统研究[J]. 机电工程, 2014, 31(9): 1226 - 1230.

ZHANG Xin, XU Wen-sheng, LIU Jie-ping, et al. Research on intelligent flowerpots control system based on Kinect[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(9): 1226 - 1230.

《机电工程》杂志; <http://www.meem.com.cn>

(上接第 1221 页)

- [3] SIMIN D, YINLI H, JUNFANG Z. Research on Distributed Generation Source Placement[C]// SUPERGEN '09. International Conference on Sustainable Power Generation and Supply. Naning: [s. n.], 2009: 1-4.
- [4] HUIZHU D, JUN L, HONG S. Calculation of wind power penetration based on power system transient stability analysis[J]. **Power System Technology**, 2002, 26(8): 8-11.
- [5] BHOWMIK A, MAITRA A, HALPIN S M. Determination of allowable penetration levels of distributed generation resources based on harmonic limit considerations[J]. **IEEE Transactions on Power Delivery**, 2003, 18(2): 619-624.
- [6] 张超群, 郑建国, 王 翔. 蜂群算法研究综述[J]. 计算机应用研究, 2011, 28(9): 3201-3214.
- [7] 岳云力. 基于改进人工蜂群算法的机组组合优化方法[D]. 杭州: 浙江大学机械工程学院, 2012.
- [8] 全国电压电流等级和频率标准化技术委员会. GB/T14549-1993. 电能质量公用电网谐波[S]. 北京: 中国标准出版社, 1993.
- [9] MASOUM A S, LADJAVARDI M, ISLAM S. Impact of a SG Nonlinear Model on the Harmonic Distortion of a Distribution Generation System[C]// 2008 Australasian Universities Power Engineering Conference. Sydney: [s. n.], 2008: 1-6.
- [10] 江 南, 龚建荣, 甘德强. 考虑谐波影响的分布式电源准入功率计算[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(3): 19-23.
- [11] 全国电压电流等级和频率标准化技术委员会. GB/T12325-2008. 电能质量-供电电压偏差[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [12] ROY A K, HUSSAIN I. Optimal Distributed Generation Allocation in Distribution Systems Employing Modified Artificial Bee Colony Algorithm to Reduce Losses and Improve Voltage Profile[C]// 2012 International Conference on Advances in Engineering, Science and Management (ICAESM). Nagapattinam: [s. n.], 2012: 310-315.

[编辑: 李 辉]