

陪伴型机器人陪伴功能的设计与实现

陈思宇¹,姚立纲¹,徐业良²,王博¹

(1. 福州大学 机械工程及自动化学院,福建 福州 350116; 2. 元智大学 机械工程学系,台湾 桃园 32003)

摘 要:设计一款陪伴型机器人,应用动画机器人设计理念,基于 ATmega328 微处理器实现了对机器人动作表情的编排和控制。结合物联网技术、自然语言处理技术和云服务技术,实现了与长者的语音对话、与复健游戏模块的互动配合。试验验证表明,该机器人能够实现预期功能,较好地陪伴长者生活。

关键词:陪伴型机器人;动画机器人;物联网;云服务

中图分类号:TP242 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2020)03-0142-05

Design and Implementation of Companion Robot

CHEN Siyu¹, YAO Ligang¹, XU Yeliang², WANG Bo¹

(1. College of Mechanical Engineering and Automation, Fuzhou University, Fuzhou 350116, China;

2. Department of Mechanical Engineering, Yuanze University, Taoyuan 32003, China)

Abstract: This paper uses the concept of animation robot design to design a companion robot. With the microprocessor ATmega328, the motion arrangement and control of the robot are realized. The Internet of things technology, natural language processing technology and cloud services are used to achieve voice dialogue with the elders and do the interactive cooperation with the rehabilitation game module. This robot is characteristic of simple structure, low cost and high reliability. Experiments show that the robot is of the expected functions. It can be used to better accompany the elders.

Keywords: companion robots; animation robots; internet of things; cloud services

0 引言

随着现代社会工作、生活节奏的不断加快,人口老龄化问题日趋严重^[1-2]。空巢式家庭数量快速增长,许多创新的产品与服务也针对高龄者的健康照护需求而开发^[3]。然而高龄者最大的风险不全是健康问题,而是孤立与孤独。孤立意指一个人在生理上与其他人分离,如高龄者独居;而孤独则是指高龄者在心理上感到孤单^[4-5]。日本早已推出几款为高龄者设计的陪伴机器人,像是早期推出的“Yorisoi ifbot”以及相当著名的海獭机器人 Paro^[6]等,都属于自律型机器人。然而这类自律型陪伴机器人对外界刺激产生的回馈模式固定,往往会渐渐失去趣味和吸引力,使用者也无法基于自身的需求或喜好调整机器人的回馈模式,较难建立情感上的连结、认同与个人化的归属感^[7]。互联网和人工智能等信息技术的发展,为机器人提供强大的“后脑”,建立基于云平台的机器人系统可以实现全球范围的信息和知识共享^[8-9],并且可利用云计算和云存储功能进行复杂计算和数据存储,达到加速机器人学习进程、提高复杂计算的效率以及降低机器人研发和制造成本的目的^[10]。由 SoftBank 所制造的 Pepper^[11]便是一个典型的云陪伴型机器人,可以对信息和数据进行储存和学习,不断地了解使用者,拥有情感识

别能力,可以通过使用者的声音、面部表情、姿态以及语言理解用户的感情并向使用者提供相适应的内容,但是其价格昂贵,对使用者的要求较高。物联网技术的发展,使机器人与其他产品建立联系也成为一种可能^[12]。

本研究设计的陪伴型机器人,应用云服务、自然语言技术、物联网技术等,主要的研究理念就是要为高龄者设计一款属于个人化的陪伴型机器人,创造更多元的陪伴交互模式,作为物联网环境与高龄者的用户接口,实现与使用者的对话聊天,控制家电和陪伴高龄者游戏等多种互动沟通情境。

1 系统总体方案设计

本文设计了两种机器人陪伴模式:1) 自然语言对话模式。透过平板电脑上执行的 App,用户可以与机器人进行中文语音对话交流,并查询天气和日期、控制家电等,方便使用者的日常生活;2) 游戏陪伴模式。机器人可以与智能家居中的长者复健游戏结合,陪伴长者游戏,增加游戏过程中的趣味性,增进长者参与失智症复健游戏的动力,减轻养老机构照顾人员工作量。

根据系统架构(图 1)可知,自然语言对话模式工作过程如下:机器人是由平板电脑搭配机器人底座组成,使用者透过平板电脑上执行的 App,与机器人进行语音交流,语音通过网络传送到云端服务器,云端服务器再根据聊天内容,进行相关信息的查询,并把查询结果传送回平板电

基金项目:国家自然科学基金(51775114);福建省自然科学基金(2014H21010011)

第一作者简介:陈思宇(1992—),女,河北迁安人,硕士研究生,研究方向为机器人、物联网应用技术。

脑,电脑通过语音的方式把结果告知使用者。游戏陪伴模式工作过程如下:平板电脑中的 App 会通过云端服务器接收到长者复健游戏的信号变化,并将相应处理信息通过蓝牙模组传输给机器人动作模组,使得机器人底座实现旋转、抬升等各种动作,同时搭配平板上的“三维立体表情图案”来与使用者或环境互动,增加沟通的趣味性。

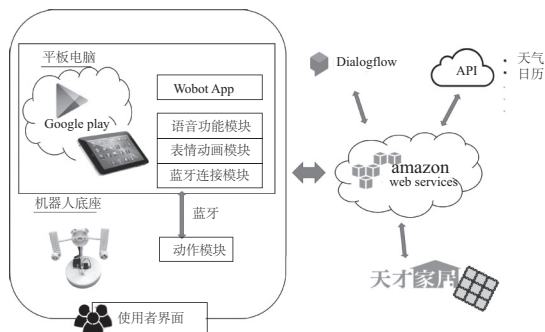


图1 系统架构

2 硬件设计

2.1 机器人底座硬件设计与开发

本机器人设计灵感来自 Pixar 在 1986 年拍的一部两分钟的动画电影《Luxo Jr.》。这部很有特色的动画电影整体故事围绕着一台大桌灯 (Luxo Sr.) 和一台小桌灯 (Luxo Jr.)，两台桌灯都没有脸部的表情,也没有手部动作,但是两个桌灯的个性和情绪藉由生动的肢体动作可以鲜明地表达出来(图2)。Luxo Jr.带来的设计动画机器人的灵感及利用夸张的手法以呈现对象或是人的特征,这是在动画电影中常见的手法。



图2 Luxo Sr.和 Luxo Jr.

基于动画机器人设计理念,本研究将机器人底座设计成具备3个自由度,分别为180°水平旋转、左右各90°的垂直旋转以及一定程度的前倾抬升角度,3个自由度方向示意图如图3所示,根据3个自由度与平板电脑脸部搭配,来表达情绪。



图3 机器人动作概念图

机器人底座硬体依据功能可以分为三大部分(图4),分别是基底、仰角抬升机构和顶部旋转机构。基底位于机器人底座的最底层,主要功能是支撑平台和放置控制元件;仰角抬升机构主要功能一是在开关关闭的状态仍能支撑平板电脑维持在合适阅读角度,二是实现前倾抬升的自由度;顶部旋转机构主要功能为提供垂直转动平板电脑的自由度,这部分设计直接由伺服电动机转动平板电脑夹持机构,以减少多余的机构零件与质量。

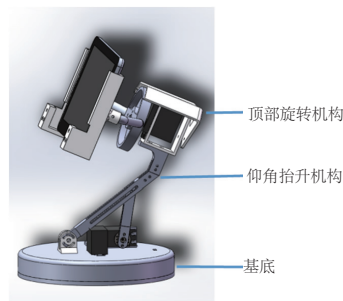


图4 机器人底座硬体底座三大部分

机器人底座的实际成品如图5所示。考虑到整体质量不宜过重却仍须要相当强度,所以在材料选择上以塑钢作为主要材料,而在需要承受较大质量的零件,如仰角抬升机构的滑轨则采用铝合金制成。机器人底座相关规格见表1。

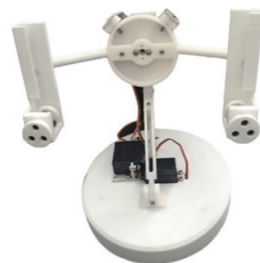


图5 机器人底座实际成品图

表1 机器人底座相关规格

项目	数据
基底高度/cm	3
基底圆盘直径/cm	19
平板夹持间距/cm	21
总高度/cm	27.9
质量/kg	0.8(不含平板电脑)
头部旋转角度范围/(°)	180(左右各90°)
前倾抬升角度范围/(°)	30(前倾5°,后倾25°)
底部旋转角度范围/(°)	180
工作电压/V	5

2.2 控制系统中的控制器硬件设计

为实现控制系统的指令传输功能和满足已规划的使

用情境设计,在对控制器开发设计时主要使用了以下硬件:ATmega328 8-bit AVR 微处理器和 nRF52832 蓝牙模块,在下文中将分别对这些硬件的整合使用展开介绍。

1) 微处理器 ATmega328 8-bit AVR

本研究的微处理器主要是负责信号收集、运算分析和执行各种命令信号,并发送指令控制伺服电机动作。选用微处理器 ATmega328 8-bit AVR 作为本系统的微处理器,并根据实际使用情况设计电路板如图 6 所示。ATmega328 内有输入/输出线数 23 个,选用 3 个 PWM 作为伺服电机控制脚位;电源电压最大为 5.5 V,加入降压和稳压电路,为伺服电机提供 5 V 的稳定电压;其中附有 32KB 的程序撰写空间,另有 32KB 的 Flash Memory 可以储存必要信息,满足本研究程序存储空间的要求;并具有与蓝牙通讯功能。

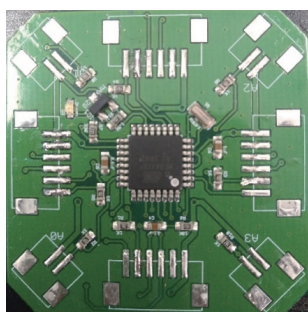


图 6 ATmega328 开发板

2) 蓝牙模组

为了实现机器人平板电脑与机器人底座的通讯,选择低能耗且稳定的蓝牙作为通讯媒介。本研究蓝牙模组选用 BT4.2Module (nRF52832) 芯片,原理图如图 7 所示,选用 P0.26/P0.27 脚位作为通讯口与 ATmega328 芯片的 TX/RX 连接,实现电机控制及位置信息的传递。nRF52832 芯片用户广泛,资源丰富,有利于产品开发。在微处理器内部写入以下程序(图 8),实现蓝牙连接与通讯。

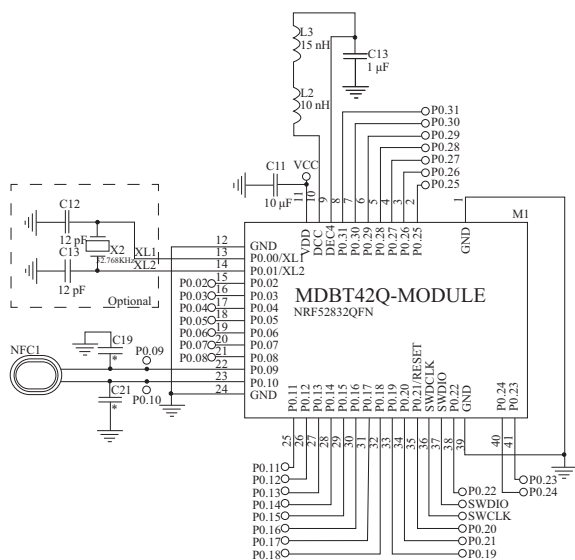


图 7 nRF52832 芯片原理图

```
SoftwareSerial myBLE(8,9);//RX, TX
void loop(){
  // put your main code here, to run repeatedly:

  if (myBLE.available() > 0){
    inByte = myBLE.read();
    Serial.print(" read=");
    Serial.print(inByte);
    switch (inByte){
```

图 8 ATmega328 连接蓝牙并读取蓝牙数据

3 机器人底座的控制程序和 App 开发

3.1 机器人底座控制程序

机器人底座的控制程序是在 Arduino 集成开发环境撰写的,图 9 是程序开发的流程图。在电脑上下载 Arduino 集成开发环境后,点选偏好设定,在扩展的板子管理员网址贴上“http://arduino.uno.com/stable/package_uno.com_index.json”,点选工具,选择板子管理员并安装 Arduino 套件,将板子选择 Arduino Uno 即可开始编写程序。

对于机器人动作的编排,首先在 Arduino 端透过 VarSpeedServo Library 进行伺服电机控制,以 myservoTop 代表负责垂直旋转的伺服电机、myservoMid 代表负责前倾后仰的伺服电机、myservoBot 代表负责整体水平旋转的伺服电机,使用 write(int value, speed) 方法控制,输入欲让伺服电机到达的目标角度以及速度,经过不断微调之后编写 9 个标准动作(表 2),每个情境的动作都由这 9 种基本动作组合而成,根据情境不同,组合动作与顺序有所差别。

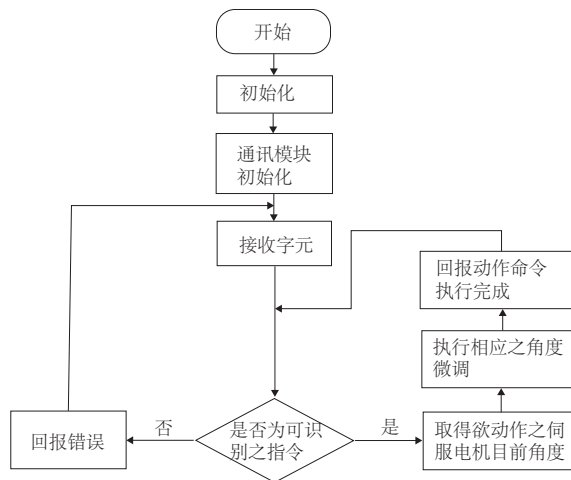


图 9 程序开发流程图

3.2 App 设计与开发

客户端 App 是以 Android Studio 集成开发环境撰写的,开发重点是实现语音控制功能和资讯传输平台的搭建,图 10 说明了 App 的流程及各组成部分。App 接收来自使用者的语音指令,经判断后,若为机器人可识别指令则播放相应动画,并将动作命令经由蓝牙传送给机器人底座,使机器

表 2 基本动作及程序代码

动作名称	程序	编号
左晃脑	myservoTop. write (115, 65)	A1
右晃脑	myservoTop. write (75, 65)	A2
头部初始位置	myservoTop. write (95, 65)	A3
前倾	myservoMid. write (90, 35)	B1
后仰	myservoMid. write (120, 35)	B2
中间初始位置	myservoMid. write (135, 35)	B3
左旋转	myservoBot. write (135, 35)	C1
右旋转	myservoBot. write (45, 65)	C2
底座初始位置	myservoBot. write (90, 35)	C3

人底座做出相应情绪动作。其中唤醒功能利用 Android 函式库模块 pocketsphinx - android - 5prealpha - release 中的 SpeechRecognizer 进行唤醒词开发;语音识别利用 ai.api: sdk:2.0.7@aar 函式库模块功能中的voiceRequest函式进行,将声音转化为文字;语音合成利用 ai.api.sample.TTS 函式库模块功能中的 textToSpeech 进行,将文本转化为声音并读出。为达成上述流程,App 建置播放动画功能,首先将动画放入指定活页夹中;当接收到游戏状态指令经过判断后,利用 android.media.MediaPlayer 函式库模块中的 playVideo () 函式播放活页夹中相应的影片。

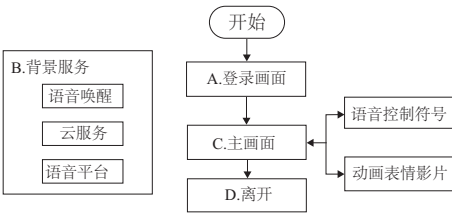


图 10 App 流程及各组成部分

4 实验测试

使用者打开 App 进行登录,App 界面处于待机界面,通过语音和触摸屏激活,主界面有语音控制符号和动画表情,界面如图 11 所示。该界面包含待机界面,机器人等待被唤醒激活;成功唤醒后,机器人界面变为接收指令界面,接收使用者语音命令;接收完毕后,进入语音处理界面;处理完成后,变成回复界面,给予使用者回复。该界面左上角设置手动触屏按钮,可以通过触摸屏激活并下达使用者指令。自然语言对话模式,可以大致分为 3 种:聊天功能、信息查询功能和任务发布功能,目前已经设置完成的对话语句部分如表 3 所示。根据自然语言处理平台中的历史记录可知,事件回复平均时间为 1.71 s,事件成功匹配率 66.67%,符合设计要求。



图 11 机器人 App 界面

表 3 对话训练语句列表

对话模式	情境意图	训练语句
聊天语句	打招呼	嘿,你好
	赞扬	你好可爱
	自我介绍	介绍你自己
	表达情绪	我很开心
信息查询	查询日期	今天是几号
	查询天气	今天台北天气如何
任务发布	控制窗帘	打开/关闭窗帘

机器人与长者复健游戏配合搭配情境如下:游戏开始,机器人播放动画,配合动作,提醒使用者游戏开始;使用者根据颜色配对成功后,机器人播放动画,配合动作,为使用者喝彩;使用者长时间没有配对成功,机器人播放动画,配合动作,为使用者加油;游戏结束机器人播放动画,配合动作,播报游戏成绩。实验结果,由于网络原因,机器人反应动作会有些许时间的延迟,但是准确率高达 100%,符合设计要求(图 12)。



图 12 游戏陪伴模式应用情境

现将上述几个情境的机器人动作与动画情况举例如图 13、图 14 所示。



图 13 游戏开始机器人动画与动作



图 14 配对成功机器人动画与动作

5 结语

本文根据动画机器人设计理念,设计了机器人外型以及丰富的动作,并从云服务、物联网、自然语言等技术观点出发,设计实现了机器人与长者的自然语言沟通交互模式

和游戏陪伴交互模式,让机器人成为物联网与长者的用户接口。通过实验验证,通过平板电脑上执行的 App,用户可以与机器人进行自然语言对话,查询信息、控制家电;机器人可以在长者进行复健游戏时,陪伴长者,减轻长者孤独感,所以设计此款陪伴型机器人具有重要的意义,并且此款机器人结构简单,价格便宜,具有很大的市场前景。

参考文献:

- [1] 曾光霞. 中国人口老龄化新特点及影响[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2014, 20(2):136-139.
- [2] 卫龙宝, 储雪玲, 王恒彦. 我国城乡老年人口生活质量比较研究[J]. 浙江大学学报(人文社会科学版), 2008, 38(6): 65-74.
- [3] 王雄, 高海艳, 杨旭博, 等. 基于 MATLAB 的送药装置驱动系统建模与仿真[J]. 机械制造与自动化, 2017, 36(3):158-160.
- [4] BROADBENT E., STAFFORD R., MACDONALD B. Acceptance of healthcare robots for the older population: review and future directions[J]. International Journal of Social Robotics, 2009, 1(4): 319-330.
- [5] S. Cousins. Challenges of building personal robots [C]. Stanford, CA:IEEE Hot Chips 23 Symposium (HCS), 2011:1-36.

- [6] WADA, K., SHIBATA, T. Living with seal robots—its sociopsychological and physiological influences on the elderly at a care house[J]. IEEE Transactions on Robotics, 2007, 23(5): 972-980.
- [7] HIROSE M., OGAWA K. Honda humanoid robots development [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 2007, 365(1850):11-19.
- [8] 王天然. 机器人技术的发展[J]. 机器人, 2017, 39(4):385-386.
- [9] 王田苗, 陶永. 服务机器人技术研究现状与发展趋势[J]. 中国科学, 2012, 42(9):1049-1066.
- [10] 王全玉, 贾金苗, 赵连翔, 等. 机器人云操作平台的人机交互技术研究[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2012, 40(S1):254-257, 265.
- [11] PANDEY A.K. GELIN R.A. Mass-produced sociable humanoid robot: pepper; the first machine of its kind [J]. IEEE Robotics & Automation Magazine, 2018, 25(3):40-48.
- [12] LI S, XU L D, ZHAO S. The internet of things: a survey [J]. Information Systems Frontiers, 2015, 17(2):243-259.

收稿日期:2019-03-04

(上接第 111 页)

求得等效阻尼的表达式:

$$c_{eq} = c + \frac{8}{3} \frac{c_{nl} w X}{\pi} \quad (14)$$

稳态速度响应的幅值近似为:

$$V = \omega X \quad (15)$$

则有:

$$c_{eq} = c + \frac{8}{3\pi} c_{nl} V \quad (16)$$

通过上式可以发现等效阻尼与速度幅值呈线性的关系。通过上面非线性模态识别方法,基于仿真分析得到速度频响函数,可以提取得到系统阻尼比随速度幅值的变化,求得非线性等效阻尼的表达式:

$$c'_{eq} = 2m\omega_r(X)\xi(\dot{X}) \quad (17)$$

如图 10 所示,在激励幅值为 1 N 时,通过 CFRF 提取的等效阻尼函数与 HBM 的对比,误差不超过 1%。因此,本方法能准确地识别出非线性系统的阻尼函数。

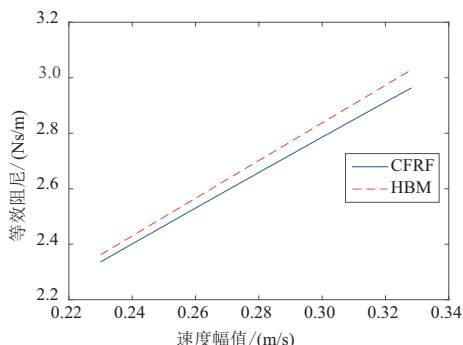


图 10 仿真提取阻尼函数与谐波平衡法的对比

3 结语

本文提出了基于频响函数识别结构非线性模态参数的方法。主要得到以下结论:

- 1) 基于等效线性化理论,通过标准的模态试验,可以识别和量化系统的非线性模态参数,具有重要的工程实用价值。
- 2) 通过非线性系统与线性系统的仿真对比,验证该方法既可以检测系统的刚度非线性,也可检测阻尼非线性。
- 3) 通过非线性模态参数提取的非线性等效刚度和阻尼函数,与谐波平衡法的结果误差均在 1% 以内,验证了该方法识别非线性模态参数的精确性。

参考文献:

- [1] 曹树谦, 张文德, 萧龙翔. 振动结构模态分析: 理论、实验与应用[M]. 天津: 天津大学出版社, 2001.
- [2] 梁君, 赵登峰. 模态分析方法综述[J]. 现代制造工程, 2006(8):139-141.
- [3] ZHANG, G.B. ZANG. C. Identification and verification of structural nonlinearities based on vibration tests [C]. [S.I.]: Isma, 2012.
- [4] 张根辈, 臧朝平. 基于振动测试的非线性参数识别方法[J]. 振动与冲击, 2013, 32(1):83-88.
- [5] CARRELLA A, EWINS D J. Identifying and quantifying structural nonlinearities in engineering applications from measured frequency response functions[J]. Mechanical Systems & Signal Processing, 2011, 25(3):1011-1027.

收稿日期:2019-03-11