

8-13-2020

Kinect Based Serious Game of Entertainment and Body Exercise for Elderly

Chen Hao

1. Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China;;

Liu Zhen

1. Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China;;

Chen Tian

2. Shanghai Dianji University, Shanghai 201306, China;

Tingting Liu

1. Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China;;

See next page for additional authors

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.

Kinect Based Serious Game of Entertainment and Body Exercise for Elderly

Abstract

Abstract: China's population is aging rapidly and it is an interesting topic to use information technology to help the elderly to improve the quality of life. Based on the study of relative researches on Kinect applications, a 3D interactive table tennis game for the elderly was designed to improve the upper limb movement of the elderly. Emotion reasoning rules were built with agent theory to let virtual human display the feedback of the user's operation by facial expression and voice. Preliminary test results show that the game is easy to operate and can provide a new method for elderly to exercise at home and to regulate their emotions.

Keywords

serious game, kinect interaction, emotion model, recognition

Authors

Chen Hao, Liu Zhen, Chen Tian, Tingting Liu, Cuijuan Liu, and Xianying Zhu

Recommended Citation

Chen Hao, Liu Zhen, Chen Tian, Liu Tingting, Liu Cuijuan, Zhu Xianying. Kinect Based Serious Game of Entertainment and Body Exercise for Elderly[J]. Journal of System Simulation, 2016, 28(10): 2586-2592.

一个面向老年人娱乐健身的体感严肃游戏研究

陈浩¹, 刘箴¹, 陈田², 刘婷婷¹, 刘翠娟¹, 朱宪莹¹

(1. 宁波大学信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315211; 2. 上海电机学院, 上海 201306)

摘要: 随着中国老龄人口数量的迅速增加, 采用信息技术帮助居家老年人改善生活质量是一个令人感兴趣的热门话题。在总结体感交互技术相关应用研究的基础上, 针对老年人上肢运动, 设计了一个针对老年人的体感交互乒乓球游戏, 采用智能体理论, 建立了虚拟人的情绪推理规则, 从而实现虚拟人用表情和语音提示来反馈用户的操作结果, 初步的测试结果表明, 该游戏能够简便操作, 有望为老年人居家身体锻炼和情绪调节提供了一种新方法。

关键词: 严肃游戏; 体感交互; 情绪模型; 识别

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1004-731X (2016) 10-2586-07

Kinect Based Serious Game of Entertainment and Body Exercise for Elderly

Chen Hao¹, Liu Zhen¹, Chen Tian², Liu Tingting¹, Liu Cuijuan¹, Zhu Xianying¹

(1. Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2. Shanghai Dianji University, Shanghai 201306, China)

Abstract: China's population is aging rapidly and it is an interesting topic to use information technology to help the elderly to improve the quality of life. Based on the study of relative researches on Kinect applications, a 3D interactive table tennis game for the elderly was designed to improve the upper limb movement of the elderly. Emotion reasoning rules were built with agent theory to let virtual human display the feedback of the user's operation by facial expression and voice. Preliminary test results show that the game is easy to operate and can provide a new method for elderly to exercise at home and to regulate their emotions.

Keywords: serious game; kinect interaction; emotion model; recognition

引言

随着社会老龄化的日益增多, 中国的老年人越来越多, 所占人口比例也越来越高。老年人面临着养老、医疗以及精神赡养等诸多社会问题, 值得各界关注。本文提出将情感交流和交互游戏相结合, 以情感交流为主导, 设计一款合适老年人的健身游

戏原型。该系统能在一定程度上改善老年人的生活状况和心理状况。

目前的游戏作品, 很少关注老年人。老年人游戏大部分只注重智力锻炼, 很少关注游戏的易用性, 娱乐性和情绪调节。本文着重以娱乐性和情绪调节为重点, 使得老年人在游戏中能体验快乐, 同时也能改善身体状况。

随着体感交互设备的普及, 体感交互游戏开始向家庭普及。但是目前的体感健身游戏, 只注重的是娱乐性、易操作性和针对身体某个部位康复。很少有游戏会结合情绪调节功能。基于此, 本文在游戏中加入情绪模型, 以改善老年人的情绪状态。



收稿日期: 2016-05-30 修回日期: 2016-07-14;
基金项目: 国家自然科学基金(61373068), 宁波市科技计划项目(2015A610128, 2015C50053, 2015D10011, 2016D10016), 高等学校博士学科点专项科研基金(20133305110004), 宁波大学项目(JYXMxzh200947);
作者简介: 陈浩(1991-), 男, 安徽, 硕士生, 研究方向为人机交互, 情感计算。

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

• 2586 •

本文从老年人娱乐健身和情绪调节的角度出发,设计一款符合老年人的健身游戏,有助于改善老年人的心理和身体状况。

1 相关研究综述

1.1 体感交互技术在人体运动状态检测方面的研究

现有的跌倒研究大多是以老年人为研究对象。目前,研究人员将 Kinect 技术应用于人体跌倒检测的方法大致分为两类,一类是利用 Kinect 的骨架信息进行跌倒检测。王君泽等利用 Kinect 骨架追踪技术将人体分为 6 个骨架点,实时计算骨架点的空间位置、相对位置、运动速度和停留时间等,可用于判定人体摔倒事件^[1]。瞿畅等利用 Kinect 深度图像技术,通过实时计算人体图像三维包围盒的长、宽、高数值以及该数值的变化速度,判断人体是否跌倒,能有效实现人体跌倒自动检测^[2]。另一类是通过 Kinect 获取的彩色和深度图像信息进行跌倒检测。Kawatsu 等结合框架和时间序列数据,考虑人体位置和跌倒速度,实现人体跌倒检测,以文本和图像形式报告检测结果^[3]。黄露丹等利用 Kinect 对获取的深度数据进行处理,将人物与背景分割,实验表明该方法能有效实现人物检测^[4]。Stone 等跟踪人体的深度图像框架,分析站立、坐下、倒下三种位置,结合决策树判断跌倒事件,实验表明跌倒算法具有明显优势^[5]。

1.2 体感交互技术在老年人身体康复训练的研究概述

将 Kinect 技术和虚拟现实技术结合起来,开发相应的运动系统,通过反复训练辅助认知障碍和运动障碍的康复治疗,是非常具有前途的应用之一。目前部分学者和研究机构已经在此领域开展了初步的研究工作。丁晨等从 Kinect 的原理分析体感交互技术在认知障碍的康复、运动障碍的康复等领域的应用,成果可用于康复机构及家庭的医疗康复^[6]。

在人体运动障碍的康复治疗方面, Diest 等研

究运动游戏在居家使用中平衡性能的效果,开发一款基于 Kinect 的滑冰程序,通过训练能够提升居家老年人的平衡能力^[7]。Donath 等将虚拟现实技术应用于跌倒相关的平衡训练,采用居家老年人作为实验对象,结果表明,虚拟现实作为一种新的方式,有助于提升站立平衡和功能灵活性^[8]。Gschwind 等课题组在跌倒评估方面的工作主要是开发了运动游戏 iStoppFalls,系统包括个性化训练和教育指导,居家用户长期使用该系统,并通过自我评估的方式,对 iStoppFalls 系统进行跌倒风险评估,有助于减少居家老年人的跌倒风险^[9-10]。

在人体认知障碍的康复治疗方面,王静等将体感游戏 Kinect 用于康复训练,通过对患者进行干预治疗,能有效改善脑卒中患者的执行功能^[11]。Kayama 等研究基于 Kinect 的运动游戏,开发一套双任务的太极拳,应用于社区老年人,经过 12 周的训练证明,能有效改善执行认知功能^[12]。Sáenz-de-Urturi 等设计一款基于 Kinect 且针对老年人的游戏,从最终用户的积极游戏体验角度提升游戏的可用性,有助于改善老年人的认知和身体活动^[13]。Miguel 等开发基于 Kinect 的运动游戏康复系统,构造虚拟环境,借助远程辅助治疗专家可以监管病人的康复训练,有助于身体和认知康复治疗^[14]。王勇丽等结合 Kinect 体感交互技术设计一系列的感觉统合训练游戏,对本体觉、前庭觉和触觉进行训练,有助于感觉统合失调儿童的康复^[15]。

Sáenz-de-Urturi^[16]等针对老年人自身的特点,设计可玩性较高的游戏,使得老年人有满足感和成就感。Webster and Celik^[17]已经证实在身体康复和 AR 系统中 Kinect 的实用性,特别是针对老年人和中风病人。Pastor, Hayes, and Bamberg^[18]研究关注是基于 Kinect 上肢康复理疗,结果显示老年人很乐意接受治疗并更愿意玩。

2 虚拟人情绪模型

美国人类学教授霍尔博士将人与人在社交中的距离划分为四种类型:亲密距离、个人距离、社

交距离和公共距离,并且人的情绪受到人与人交互的距离的影响。当双方距离较远时,对方可能对情感的感知能力较弱,甚至没有感受到。距离较近时,感受到的情绪更为强烈。通过 Kinect 深度相机可以获得虚拟人和真实环境中人的交互距离,作为虚拟人的情感强度参考,还可以获取人体姿态信息,作为游戏的输入。因此虚拟人能更加真实反馈交互者的真实情绪。图 1 是本文虚拟人的认知结构,通过 Kinect 感知姿态、距离信息,将这些信息和内在局势信息结合起来,采用情绪调节和推理规则的方法,通过表情动画表现出来。

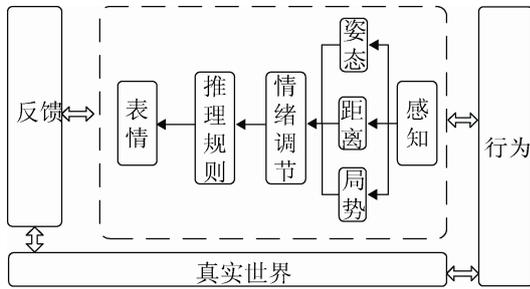


图 1 虚拟人感知结构

根据美国人类学教授霍尔博士的研究,本文提出距离情感强度函数,即通过计算不同的交互距离得到不同的情绪强度。假设 Kinect2.0 距离用户的距离是 d ,则虚拟化身的情感强度 EI 的计算公式为

$$EI = \begin{cases} \maxValue & d \leq \minDist \\ 1 - \delta(d - 1) & \minDist < d \leq \maxDist \\ 0 & d > \maxDist \end{cases} \quad (1)$$

\minDist , \maxDist 分别为交互的最小距离和最大距离。当达到最小交互距离时,最大的情感强度 \maxValue 。当 d 大于 \maxDist 无情绪交互。 δ 为折扣因子。根据交互距离和 Kinect 识别范围,将取如下参数值:

表 1 参数表

参数	值
\maxValue	1
\maxDist	3
\minDist	1
δ	0.5

根据情绪评价理论,情绪是人对外部刺激是否满足自己的需求的体验评价,是与环境交互的结果,情绪是对环境做出反馈。定义情绪集合为 $E(\text{fear, surprise, happy, sad, middle})$ 。 $\text{MinVal}_{\text{fear}}$, $\text{MinVal}_{\text{surprise}}$ 分别为恐惧和惊讶的阈值,情绪推理规则如下:

- (1) 检测是否在交互距离内,若在交互距离内,转到(2),同时根据情感强度函数计算虚拟人表达情感强度,否则返回。
- (2) 判断游戏比分,若比分反超,且小于 minValue 则反馈的表情为开心。
- (3) 判断游戏比分,若反超比分大于阈值 $\text{MinVal}_{\text{surprise}}$,则反馈为表情为惊讶。
- (4) 判断游戏比分,若比分被超,且小于 minValue ,则反馈的表情为难过。
- (5) 判断游戏比分,若比分被超,且大于阈值 $\text{MinVal}_{\text{fear}}$,则虚拟人反馈为害怕。转到(1)否则转到(6)

(6) 游戏结束

如图 2,根据系统中文本提示,老年人可用双手去击打乒乓球,在球速度上是可控的,因此增加了操作的易用性。赛事采用 11 局制,每次输赢和开始都会有相应的文本提示,赛事如下图。

- (1) 游戏开始,通过文本和语音提示。
- (2) 判断比分,若该局赢得比赛,则文本和语音提示“很厉害,开始下一局”,同时虚拟人根据情绪推理规则做出表情。
- (3) 若该局比赛失败,则文本和语音提示“你输了,再接再厉,进入下一局”,同时虚拟人根据情绪推理规则做出表情。
- (4) 若满足结束条件,则返回,否则返回(1)继续执行。

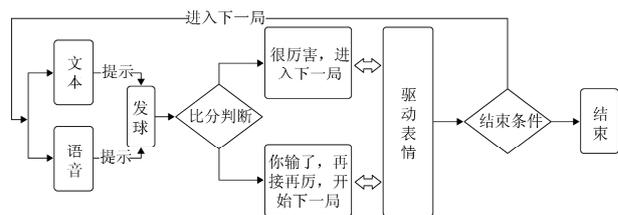


图 2 游戏剧情

3 交互设计

3.1 姿态识别

本文分别定义 n 组姿态, 只要 n 组姿态按照顺序执行完后, 能完整的识别动态姿态, 而每组的姿态用 Kinect 获取的骨骼数据进行定义。

Kinect 识别的每个骨架都有唯一 ID 号, 并可识别身体上 20 个骨骼信息点。人体所在的三维空间中, 每个关节点的位置和角度是不变的。本文利用 Kinect 深度信息定义姿态和游戏控制, 在此基础上实现了游戏中的力量的控制和自然的交互控制。

动态识别中主要有两个问题需要解决, (1) 关节角度计算, 即三个关节点组成一个夹角, 计算出该夹角, 可以定义其摆动的幅度。(2) 各个关节点相对位置计算和约束, 即在三维空间中每个姿态都有其相对于其他关节点的位置, 如图 3 所示。

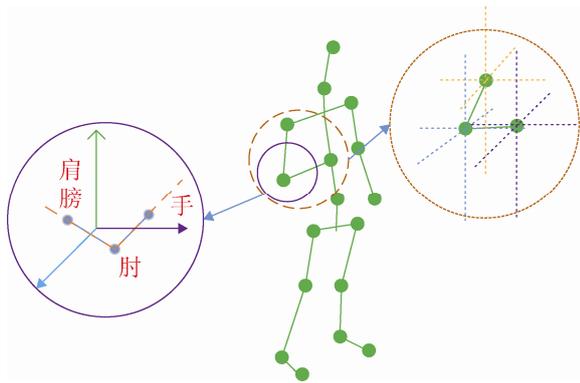


图 3 静态姿态原理图

由于老年人身型变化比较大, 不能简单做模板匹配, 所以本文采用动态识别算法。根据 Kinect 采集的深度信息, 将深度信息转化为骨架空间, 每个骨骼点都有对应的位置信息。根据每个人的骨架空间, 计算每个姿态中需要的角度信息和相对位置信息, 并定义静态姿态。设 S 、 E 、 H 分别代表肩膀、肘和手的三维位置坐标, 肘关节行程的姿态角度可以按照如下公式计算:

$$SE = (Sx - Ex, Sy - Ey, Sz - Ez)$$

$$EH = (Ex - Hx, Ey - Hy, Ez - Hz)$$

$$\theta = \arccos\left(\frac{SE \times EH}{|SE||EH|}\right) \quad (2)$$

采用欧几里得距离公式计算相对距离和三维空间中相对位置约束。该方法根据每个人所识别的骨架系统位置信息作为依据的。定义每组的静态姿态, 将静态姿态组合成动态姿态。每个静态姿态定义是根据所识别的骨架信息来定义的。通过对每个静态姿态的关节位置限定和关节间角度计算, 使得每个人都有自己的模板, 只要满足这些关节点位置的限定和角度限制, 就能准确的识别该动态姿态。

定义一个序列 A , A 包含 n 个 Action, $Action_i$ 为第 i 个静态动作, $A = \langle Action_1, \dots, Action_i, \dots$

$Action_n \rangle, i \in 1, 2, \dots, n$ 。如图 4 是扔球姿态, 该动态动作需要定义两个静态动作。

(1) 静态动作 $Action_1$: $JointPos[RightHand].z - JointPos[Rightshoulder].z > -mDist$

(2) 静态动作 $Action_2$: $JointPos[RightHand].z - JointPos[Rightshoulder].z > mDist$

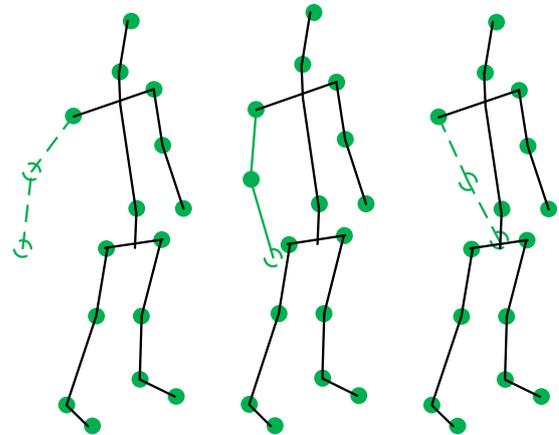


图 4 动作组

$mDist$ 为右手摆动的最小距离, 即右肩膀与右手在深度方向 z 的差值。执行器将得到一个动态的姿态, 该方法优点是不用考虑到不同的人不同的骨骼匹配问题, 每个静态姿态的定义是根据骨骼的相对位置和骨骼的夹角定义的, 即不同的人做出符合限制条件的动作就能动态的识别姿态, 识别的算法流程如图 5。

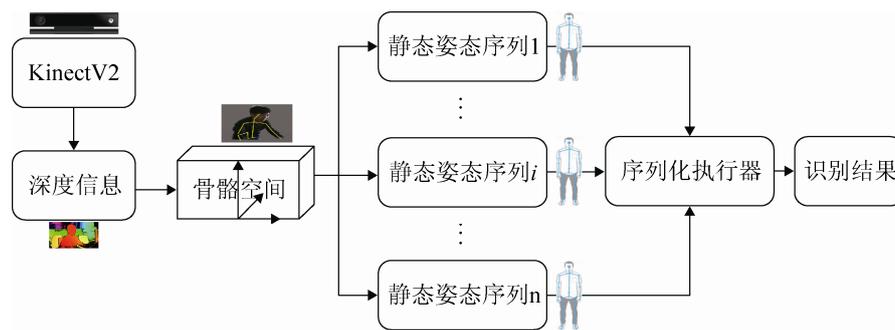


图 5 姿态识别流程

不管是乒乓球, 还是其他游戏, 力量控制对于健身游戏来说相当重要, 能够很好锻炼身体和增加用户真实体验感。当用户用不同的力去挥手时, 手的速度有所不同。为此建立一个检查手速度模型, $HandPos_{t_0}$ 为在 t_0 时刻手的位置, $HandPos_{t_1}$ 在 t_1 时刻手的位置和正确识别手势的时间。根据下面公式计算出速度,

$$Speed = \frac{Distance(HandPos_{t_0} - HandPos_{t_1})}{(t_1 - t_0)} \quad (3)$$

4 游戏设计

上肢与手是人体运动中最灵活的部位, 由完整的神经系统控制, 具有解剖生理结构, 经过后天不断的技巧训练和使用, 可以精准、快速、敏捷、高效地完成各种复杂动作。是完成日常活动、学习工作、休闲娱乐的基础。现在的老年人若缺乏对上肢锻炼的正确认识, 很可能会引发挛缩、肩痛等。

本系统的游戏是针对老年人自身的特点而设计的。随着老年人年龄的增大, 动作相对比较缓慢。若完全根据真实情况进行游戏设计, 对老年人来说会有难度, 增加他们的挫败感。简化版的娱乐乒乓球, 会使得打球变得更为容易, 能增加老年用户的荣誉感和成就感, 使他们更愿意尝试这些游戏。通过此类娱乐游戏, 老年人不仅能娱乐还能够达到健身的效果。不同的游戏对身体的不同部位有着不同的锻炼效果。乒乓球游戏主要是针对上肢的运动, 能够帮助老年人活动筋骨, 有助于保持运动神经系统的活跃性, 对康复训练也很有帮助。

娱乐乒乓球目的是为了简化乒乓球复杂性, 提

高易用性, 该游戏的动作速度和灵活性相对比较缓慢。如图 6 所示, 下图为乒乓球一个完整乒乓球模拟过程, 含发球接球阶段, 抛物阶段和接球阶段。

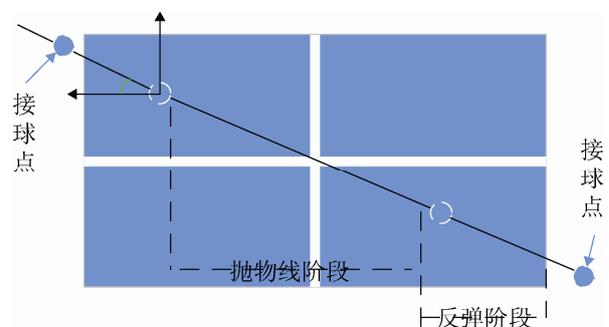


图 6 乒乓球模拟过程

为达到真实的效果, 我们需模拟真实乒乓球的运动轨迹。乒乓球运动轨迹阶段分为反弹和抛物阶段。抛物阶段是从弹起点到对方落球点, 由于这个阶段呈抛物状, 所以采用公式(4)抛物方程进行模拟。

$$\begin{cases} x = v_g t \cos \alpha \\ y = v_g t \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2 \end{cases} \quad (4)$$

t 为时间, α 为向上发球的角度, g 为重力加速度。 v_g 为发球的初始速度。为了真实模拟乒乓球, 对发球点和落球点进行随机, 因此球的运动轨迹也会呈现随机性, 所以能更好的模拟乒乓球运动轨迹。

在反弹阶段时, 需要考虑接球预测问题。在没有采用完全弹性碰撞情况下, 球和球台碰撞之后, 会有能量的损失, 所以接球点位置, 一定在抛物阶段方向的前方, 且弹起的幅度较小, 如图 7 所示, θ 为水平夹角, d 为球拍与落球点的位置距离。 p 为在接球区域概率, 采用云模型^[19]思路。

$$\begin{cases} x = x + d \\ z = z + d \cdot \tan\theta \end{cases} \quad (5)$$

二次反弹的落球点是在抛物阶段方向的前方, 如图 7 接球区域。根据公式(5), 计算二次落球点的位置。

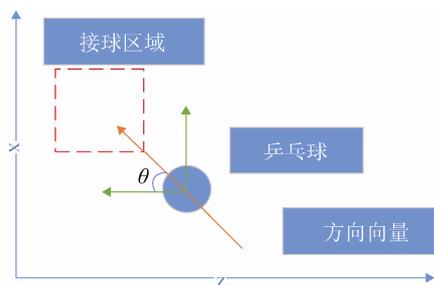


图 7 接球示意图

根据以上设计的原理, 设计如图 8 乒乓球实验效果。



图 8 娱乐乒乓球

在宁波市某养老院进行了测试, 由图 9 所示, 老年人正在体验该游戏以及对应的游戏主界面。该实验平台使用双手进行操作, 即当球落在球桌的右侧时, 用右手进行操作; 当球落在球桌的左侧时, 用左手进行操作。因此可以增加上肢的运动量。针对该游戏软件, 对其交互性、娱乐性进行了使用测试。从十位老年人测试的结果和得到的反馈来看, 老年人能很好的操作游戏, 与此同时, 从游戏体验中体会到快乐, 达到了娱乐的效果和陪护的作用, 缓解孤独感。在测试阶段, 通过与游戏进行交互能达到健身的效果。老年人非常喜欢体感游戏, 他们希望

乒乓球尽可能大, 这样便于观察操作通过双手的运动, 不仅能锻炼上肢, 也能锻炼大脑。同时, 他们对游戏的声音也有一定的要求, 如希望游戏声音对话更响亮。



图 9 老年用户现场测试照片

5 结论

面向老年人的体感互动游戏具有重要的现实意义, 不仅能够帮助老年娱乐健身还能进行情绪调节。但是目前的相关研究只关注了操作的易用性和娱乐性, 很少研究游戏对老年人的情绪调节。基于 Kinect 体感游戏成本小, 携带方便, 易于普及和推广, 且实用性强, 能很好地识别人体骨架。本文以 Kinect 为设备硬件基础和游戏引擎为软件基础, 将情绪模型融入游戏中, 集娱乐, 健身和情绪调节于一体, 能有效缓解老年人的孤独感和改善老年人的身心状况, 丰富老年人的晚年生活。

根据现有的研究和方法, 可以进一步改善情绪模型, 如进行个性和亲情模块拓展。可以通过个性化定制, 如使用儿女的声音和面貌等, 使得体感游戏能够生活化和亲情化, 让老年人觉得是自己的儿女在陪伴自己玩游戏。也可以定制一些针对身体某种疾病的娱乐游戏并添加一些功能模块, 如心率监测和体能监测等。下一步我们将进一步完善游戏的娱乐性, 增加虚拟人的感知能力, 丰富游戏的生活场景, 模拟各种生活中的交互动画。同时进行进一

步的测试,提升游戏的交互操作性能。

参考文献:

- [1] 王君泽,朱小龙,瞿畅. 基于 Kinect 骨架追踪的人体摔倒自动检测 [J]. 上海交通大学学报, 2015, 49(9): 1359-1365.
- [2] 瞿畅,孙杰,王君泽,等. 基于 Kinect 体感传感器的老年人跌倒自动检测 [J]. 传感技术学报, 2016, 29(3): 378-383.
- [3] Kawatsu C, Li J, Chung C J. Development of a Fall Detection System with Microsoft Kinect[M]// Robot Intelligence Technology and Applications 2012. 2013: 601-621.
- [4] 黄露丹,严利民. 基于 Kinect 深度数据的人物检测 [J]. 计算机技术与发展, 2013, 23(4): 119-121, 125.
- [5] Stone EE, Skubic M. Fall Detection in Homes of Older Adults Using the Microsoft Kinect [J]. IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics (S2168-2194), 2015, 19(1): 290-301.
- [6] 丁晨,王君泽,瞿畅,等. Kinect 体感交互技术及其在医疗康复领域的应用 [J]. 中国康复理论与实践, 2013, 19(2): 136-138.
- [7] Diest MV, Stegenga J, Wo'rtche HJ, et al. Postema K, Lamoth CJC. Exergames for unsupervised balance training at home: A pilot study in healthy older adults [J]. Gait & Posture (S0966-6362), 2016, 44(2016): 161-167.
- [8] Donath L, Ro'ssler R, Faude O. Effects of Virtual Reality Training (Exergaming) Compared to Alternative Exercise Training and Passive Control on Standing Balance and Functional Mobility in Healthy Community-Dwelling Seniors: A Meta-Analytical Review [J]. Sports Medicine (S0112-1642), 2016, 46(9): 1-17.
- [9] Hannah R Marston H R, Woodbury A, Gschwind Y J, et al. The design of a purpose-built exergame for fall prediction and prevention for older people [J]. European Review of Aging and Physical Activity (S1813-7253), 2015, 12(1): 13.
- [10] Ejupi A, Gschwind Y J, Valenzuela T, et al. A Kinect and Inertial Sensor-Based System for the Self-Assessment of Fall Risk: A Home-Based Study in Older People [J]. Human-Computer Interaction (S0737-0024), 2016, 31(3-4): 260-293.
- [11] 王静,马景全,陈长香,等. 体感游戏 Kinect 改善脑卒中患者执行功能的效果研究 [J]. 中国康复医学杂志, 2014, 29(8): 748-751.
- [12] Kayama H, Okamoto K, Nishiguchi S, et al. Effect of a Kinect-based exercise game on improving executive cognitive performance in community-dwelling elderly: case control study.[J]. Journal of Medical Internet Research(S1438-8871), 2014, 16(2):362-365.
- [13] Sáenzdeurturi Z, García Zapirain B, Méndez Zorrilla A. Elderly user experience to improve a Kinect-based game playability [J]. Behaviour & Information Technology (S0144-929X), 2015, 34(11): 1040-1051.
- [14] Miguel Pedraza-Hueso M, Martín-Calzón S, Díaz-Pernas FJ, et al. Rehabilitation using Kinect-based Games and Virtual Reality [J]. Procedia Computer Science (S1877-0509), 2015, 75(2015): 161-168.
- [15] 王勇丽,梁峻波,万勤,等. 基于体感技术的感觉统合游戏的设计与实现 [J]. 中国教育技术装备, 2015, 53(2): 53-57.
- [16] Sáenz-de-Urturi Z, García Zapirain B, Méndez Zorrilla A. Elderly user experience to improve a Kinect-based game playability [J]. Behaviour & Information Technology (S0144-929X), 2015, 34(11): 1040-1051.
- [17] Webster D, Celik O. Systematic review of Kinect applications in elderly care and stroke rehabilitation [J]. Journal of neuroengineering and rehabilitation (S1743-0003), 2014, 11(1): 1.
- [18] Pastor I, Hayes H A, Bamberg S J M. A feasibility study of an upper limb rehabilitation system using kinect and computer games [C]// Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2012 Annual International Conference of the IEEE. USA: IEEE, 2012: 1286-1289.
- [19] 李德毅,刘常昱. 论正态云模型的普适性 [J]. 中国工程科学, 2004, 6(8): 28-34.