



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111047925 B

(45) 授权公告日 2021.06.25

(21) 申请号 201911244297.5

G06F 3/14 (2006.01)

(22) 申请日 2019.12.06

G06F 3/01 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111047925 A

(56) 对比文件

CN 102662472 A, 2012.09.12

CN 108376487 A, 2018.08.07

(43) 申请公布日 2020.04.21

CN 110297584 A, 2019.10.01

(73) 专利权人 山东大学

WO 2016168117 A3, 2016.11.24

地址 250013 山东省济南市历城区山大南  
路27号

CN 109859324 A, 2019.06.07

任文. 基于Kinect运动捕捉技术的辅助训练系统的研究.《电子设计工程》.2019, 第75-83页.

(72) 发明人 杨承磊 郑雅文 王宇 刘娟  
盖伟 奚彧婷 刘士军

审查员 宋明瑜

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

代理人 李琳

(51) Int. Cl.

G09B 5/06 (2006.01)

权利要求书3页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

基于房间式互动投影的动作学习系统及方法

(57) 摘要

本公开提出了一种基于房间式互动投影的动作学习系统及方法,本公开构建了一种沉浸式动作学习虚拟环境,用户置身于一个房间两侧装有镜子,墙面和地面均有投影的房间内,用户能够观察自身动作,同时在学习运动的过程中改变各面投影呈现的内容,用户的视点不需要固定在某面投影上,可以随着动作自然改变,不需要额外的转头动作,能够保证较好的教学质量。



1. 一种基于房间式互动投影的动作学习系统,其特征是:包括:

多投影拼接和融合模块,包括多个客户端,每个客户端用于负责房间内一部分区域的投影和显示控制,被配置为将多台投影仪的投影画面,在房间的墙面和地面上拼接起来,平缓过渡融合带;对投影画面进行几何校正、边缘融合和亮度调节,生成拼接融合参数图,形成渲染画面;所述客户端至少包括各墙面客户端和地面客户端;

墙面客户端包括多台主机和多台投影仪,用来将虚拟场景投影到不同的墙面上,获取用户姿态,判断用户动作的准确性;地面客户端包括至少一台主机和多台投影仪,用来将虚拟场景投影到所述不同的墙面上,获取用户脚部位置,判断用户脚部动作的准确性;

动作捕捉和定位模块,被配置为获取用户彩色图像和深度图像,通过与虚拟骨骼的映射,得到用户在相机坐标系下的骨骼各关节坐标值,继而转换到地面投影屏幕坐标系,从而确定用户在房间中的位置;使用动作捕捉设备捕捉用户的姿态;

交互模块,被配置为接收用户的交互模式选择信息,并按照所述交互模式播放渲染画面和学习任务;

反馈模块,被配置为通过可视化形式对学习任务做出反馈;

通信模块,被配置为完成连接投影仪的多台主机之间的通信,实现与客户端的直接通信以及客户端之间的消息传递。

2. 如权利要求1所述的一种基于房间式互动投影的动作学习系统,其特征是:所述动作捕捉和定位模块,使用RGBD相机获取用户彩色图像和深度图像,通过与虚拟骨骼的映射,得到用户在相机坐标系下的骨骼各关节坐标值,继而转换到地面投影屏幕坐标系,从而确定用户在房间中的位置;使用动作捕捉设备捕捉用户的姿态,使用网络协议建立网络连接,基于关节位置数据流计算。

3. 如权利要求1所述的一种基于房间式互动投影的动作学习系统,其特征是:所述交互模块包括模式选择模块,被配置为支持用户根据自身情况选择不同的学习模式,具体包括学习模式和练习模式;

或,所述交互模块包括人机交互模块,被配置为支持语音交互和体势交互方式,用户通过选择恰当的交互方式来控制动作学习的进度、观看虚拟教练的角度、标准动作的播放速度;

或,所述系统还包括学习质量评估模块,被配置为通过动作相似度匹配算法,对用户各个关节的运动状态进行评价。

4. 一种基于房间式互动投影的动作学习方法,其特征是:包括以下步骤:

接收用户的选择模式,捕捉用户位置和动作信息,用于逻辑判断和为虚拟场景中的模型提供数据驱动;所述选择模式包括学习模式和练习模式;

利用RGBD相机获取到用户的骨骼信息,骨骼信息具体为脚部关节在当前时刻在相机坐标系下的坐标值 $(x, y, z)$ ;

将关节的名字和坐标打包成数据包,发送到地面客户端,用户穿戴基于惯性传感器的动作捕捉设备,设备将全身关节的运动数据以BVH数据流的方式传输;

墙面客户端接收数据流并利用unity插件驱动场景中的模型,进行播放投影;

将用户骨骼信息,发送到地面客户端,判断用户步法是否正确;

墙面客户端通过动作捕捉设备获取用户全身节点信息,判断用户动作是否标准,与模

板动作进行相似度匹配；

提供虚拟教练画面,提供待学习的分解动作,通过动作捕捉驱动虚拟场景中的学生模型,与虚拟老师的动作进行比对,提供评价报告。

5.如权利要求4所述的一种基于房间式互动投影的动作学习方法,其特征是:学习模式的具体过程包括:

(1)动作开始学习前,语音提醒用户站到指定初始位置,用户发出语音指令,动画播放,开始学习;

(2)每一步动作都会根据用户的学习状态判断是否继续,如果用户做的不到位,就不继续播放动画学习,而是强化学习当前动作;学习状态指脚步和身体各关节与动作模板的相似程度,持续通过用户骨骼获取用户脚的位置,动作捕捉设备持续获取关节运动数据且广播发送到墙面的所有客户端;

(3)一个动作结束,用户发出语音指令,选择继续学习下一动作,或者重复这一招,或者返回主菜单。

6.如权利要求4所述的一种基于房间式互动投影的动作学习方法,其特征是:练习模式的具体过程包括:

(a)语音提示练习开始后,用户在学习区域内的任意位置开始练习;

(b)用户实时驱动虚拟模型,系统通过动作匹配算法与模板库中的动作匹配,得到最相似的结果,知晓用户正在练习的动作,虚拟教练模型播放相应的教学动画;

(c)一个动作结束,用户可以发出语音指令控制,继续学习或者返回主菜单。

7.如权利要求6所述的一种基于房间式互动投影的动作学习方法,其特征是:所述步骤(b)中,动作匹配的具体方法为:

把提前录制的动画的数据作为标准的参考模板R,是一个M维的向量;

把实时采集的用户的骨骼数据作为测试的模板T,是一个N维向量;

M和N是动画帧数,用户所做动作与标准动画的长度不一定相同,M不一定等于N,但是每个分量的维数是相同的,维数是关节数量;

构建一个 $M \times N$ 的距离矩阵D,矩阵元素 $d_{ij} = \text{dist}(r_i, t_j)$ , $r_i, t_j$ 分别是标准动作模板的序列点和用户动作模板的序列点, $d_{ij}$ 是矩阵中的某一元素, $i$ 介于0-M之间, $j$ 介于0-N之间; $\text{dist}()$ 是距离计算函数,计算序列点之间的欧式距离;根据距离矩阵生成损失矩阵M,计算方法如下:

$$M_{11} = D_{11}$$

$$M_{ij} = \text{Min}(M_{i-1, j-1}, M_{i-1, j}, M_{i, j-1}) + M_{i, j}$$

损失矩阵的最后一行最后一列 $M_{mm}$ 就是两个序列之间的累积距离;在距离矩阵中寻找一条从左下角到右上角的最短路径,使得路径上的元素值之和最小,即用动态规划的方法求得一条从 $d_{11}$ 到 $d_{mm}$ 的最短路径。

8.一种计算机可读存储介质,其特征是:其中存储有多条指令,所述指令适于由终端设备的处理器加载并执行权利要求4-7中任一项所述的一种基于房间式互动投影的动作学习方法的步骤。

9.一种终端设备,其特征是:包括处理器和计算机可读存储介质,处理器用于实现各指令;计算机可读存储介质用于存储多条指令,所述指令适于由处理器加载并执行权利要求

4-7中任一项所述的一种基于房间式互动投影的动作学习方法的步骤。

## 基于房间式互动投影的动作学习系统及方法

### 技术领域

[0001] 本公开属于虚拟现实技术领域,涉及一种基于房间式互动投影的动作学习系统及方法。

### 背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本公开相关的背景技术信息,不必然构成在先技术。

[0003] 虚拟现实技术(Virtual Reality,VR)近年来蓬勃发展,是一种强大的潜在教育资源,有想象性、互动性、沉浸性等特性。随着动作捕捉和虚拟现实显示设备的进一步发展,虚拟现实技术可以打破教学资源和场景的限制,创造有效的学习环境和引人入胜的娱乐体验,增强用户的视觉体验和情感体验。训练通常被认为是虚拟现实最自然的应用领域之一,虚拟现实技术可以为体育运动方面的教学提供更好的视觉感受和更全面的动作展示,提供更高水平的互动感和沉浸感。

[0004] 据发明人了解,目前存在部分基于VR的通过各种交互方法学习精确的动作的教学训练技术方案,但是,目前动作学习系统存在的问题主要表现在:

[0005] (1) 由于教练自己身体的遮挡,不能直观地学习动作,用户不能从各个角度全方位地观看、学习动作。

[0006] (2) 体育、舞蹈等运动中常常有转身转头等动作,这一特性使用户的视点不能长时间固定不动,需要随着身体而转动,而目前的VR系统没有考虑到这一点。

[0007] (3) 由于动作捕捉设备精度不足,对于复杂的运动动作,或者造成延迟,用户不能实时看到自己驱动的三维虚拟人物的动作。

[0008] (4) 反馈和练习是习得动作技能的最重要的两个条件。现在的学习系统没有很好的动作参照和动作纠正机制,用户不知道自己做的动作是否标准、偏差多少以及如何改正。

### 发明内容

[0009] 本公开为了解决上述问题,提出了一种基于房间式互动投影的动作学习系统及方法,本公开构建了一种沉浸式动作学习虚拟环境,用户置身于一个房间两侧装有镜子,墙面和地面均有投影的房间内,用户能够观察自身动作,同时在学习运动的过程中改变各面投影呈现的内容,用户的视点不需要固定在某面投影上,可以随着动作自然改变,不需要额外的转头动作,能够保证较好的教学质量。

[0010] 根据一些实施例,本公开采用如下技术方案:

[0011] 一种基于房间式互动投影的动作学习系统,包括:

[0012] 多投影拼接和融合模块,包括多个客户端,每个客户端用于负责房间内一部分区域的投影和显示控制,被配置为将多台投影仪的投影画面,在房间的墙面和地面上拼接起来,平缓过渡融合带;对投影画面进行几何校正、边缘融合和亮度调节,生成拼接融合参数图,形成渲染画面;

[0013] 动作捕捉和定位模块,被配置为获取用户彩色图像和深度图像,通过与虚拟骨骼的映射,得到用户在相机坐标系下的骨骼各关节坐标值,继而转换到地面投影屏幕坐标系,从而确定用户在房间中的位置;使用动作捕捉设备捕捉用户的姿态;

[0014] 交互模块,被配置为接收用户的交互模式选择信息,并按照所述模式播放渲染画面和学习任务;

[0015] 反馈模块,被配置为通过可视化形式对学习任务做出反馈;

[0016] 通信模块,被配置为完成连接投影仪的多台主机之间的通信,实现与客户端的直接通信以及客户端之间的消息传递。

[0017] 作为可选择的实施方式,所述客户端至少包括各墙面客户端和地面客户端。

[0018] 墙面客户端包括多台主机和多台投影仪,用来将虚拟场景投影到不同的墙面上,获取用户姿态,判断用户动作的准确性;地面客户端包括至少一台主机和多台投影仪,用来将虚拟场景投影到所述不同的墙面上,获取用户脚部位置,判断用户脚部动作的准确性;

[0019] 服务器包括至少一个主机、一个RGBD相机和一套动作捕捉设备,用于提供用户姿态和位置数据,实现客户端之间的消息传递。

[0020] 作为可选择的实施方式,所述动作捕捉和定位模块,使用RGBD相机获取用户彩色图像和深度图像,通过与虚拟骨骼的映射,得到用户在相机坐标系下的骨骼各关节坐标值,继而转换到地面投影屏幕坐标系,从而确定用户在房间中的位置;使用动作捕捉设备捕捉用户的姿态,使用网络协议建立网络连接,基于关节位置数据流计算。

[0021] 作为可选择的实施方式,所述交互模块包括模式选择模块,被配置为支持用户根据自身情况选择不同的学习模式,具体包括学习模式和练习模式。

[0022] 作为可选择的实施方式,所述交互模块包括人机交互模块,被配置为支持语音交互和体势交互方式,用户通过选择恰当的交互方式来控制动作学习的进度、观看虚拟教练的角度、标准动作的播放速度。

[0023] 作为可选择的实施方式,所述系统还包括学习质量评估模块,被配置为通过动作相似度匹配算法,对用户各个关节的运动状态进行评价。

[0024] 一种基于房间式互动投影的动作学习方法,包括以下步骤:

[0025] 接收用户的选择模式,捕捉用户位置和动作信息,用于逻辑判断和为虚拟场景中的模型提供数据驱动;

[0026] 提供虚拟教练画面,提供待学习的分解动作,通过动作捕捉驱动虚拟场景中的学生模型,与虚拟老师的动作进行比对,提供评价报告。

[0027] 作为可选择的实施方式,利用RGBD相机获取到用户的骨骼信息,骨骼信息具体为脚部关节在当前时刻在相机坐标系下的坐标值 $(x, y, z)$ 。将关节的名字和坐标打包成数据包,发送到地面客户端。用户穿戴基于惯性传感器的动作捕捉设备,设备将全身关节的运动数据以BVH数据流的方式传输。墙面客户端接收数据流并利用unity插件驱动场景中的模型。客户端发送和接收的消息除了骨骼信息外,还有当前教练模型播放动画的进度、当前动作应该在哪面投影上展示、用户当前学习状态。

[0028] 多投影拼接和融合的实现,需要通过多通道校正软件进行交互式几何校正和亮度融合后,导出编码后的参数图。一张储存了变形映射表,另一张是储存了亮度颜色融合映射表。在开发引擎Unity3D中,使用shader解码,对画面进行图像变形及亮度/颜色融合。

[0029] 作为可选择的实施方式,将用户骨骼信息,发送到地面客户端,以此判断用户步法是否正确;墙面客户端通过动作捕捉设备获取用户全身节点信息,以此判断用户动作是否标准,与模板动作进行相似度匹配。

[0030] 作为可选择的实施方式,学习的具体过程包括:

[0031] (1) 动作开始学习前,语音提醒用户站到指定初始位置,用户发出语音指令,进入练习模式;动画播放,开始学习;

[0032] (2) 每一步动作都会根据用户的学习状态判断是否继续,如果用户做的不到位,就不继续播放动画学习,而是强化学习当前动作;学习状态指脚步和身体各关节与动作模板的相似程度,持续通过用户骨骼获取用户脚的位置,动作捕捉设备持续获取关节运动数据且广播发送到墙面的所有客户端;

[0033] (3) 一个动作结束,用户发出语音指令,选择继续学习下一动作,或者重复这一招,或者返回主菜单。

[0034] 所述步骤(1)中,练习模式的具体过程包括:

[0035] (a) 语音提示练习开始后,用户在学习区域内的任意位置开始练习;

[0036] (b) 用户实时驱动虚拟模型,系统通过动作匹配算法与模板库中的动作匹配,得到最相似的结果,知晓用户正在练习的动作,虚拟教练模型播放相应的教学动画;

[0037] (c) 一个动作结束,用户可以发出语音指令控制,继续学习或者返回主菜单。

[0038] 所述步骤(b)中,动作匹配的具体方法为:

[0039] 把提前录制的动画的数据作为标准的参考模板R,是一个M维的向量;

[0040] 把实时采集的用户的骨骼数据作为测试的模板T,是一个N维向量;

[0041] M和N是动画帧数,用户所做动作与标准动画的长度不一定相同,M不一定等于N,但是每个分量的维数是相同的,维数是关节数量;

[0042] 构建一个 $M \times N$ 的距离矩阵D,矩阵元素 $d_{ij} = \text{dist}(r_i, t_j)$ , $r_i, t_j$ 分别是标准动作模板的序列点和用户动作模板的序列点, $d_{ij}$ 是矩阵中的某一元素, $i$ 介于0-M之间, $j$ 介于0-N之间; $\text{dist}()$ 是距离计算函数,计算序列点之间的欧式距离;根据距离矩阵生成损失矩阵M,计算方法如下:

[0043]  $M_{11} = D_{11}$

[0044]  $M_{ij} = \text{Min}(M_{i-1,j-1}, M_{i-1,j}, M_{i,j-1}) + M_{i,j}$

[0045] 损失矩阵的最后一行最后一列 $M_{mn}$ 就是两个序列之间的累积距离;在距离矩阵中寻找一条从左下角到右上角的最短路径,使得路径上的元素值之和最小,即使用动态规划的方法求得一条从 $d_{11}$ 到 $d_{mn}$ 的最短路径。

[0046] 一种计算机可读存储介质,其中存储有多条指令,所述指令适于由终端设备的处理器加载并执行所述的一种基于房间式互动投影的动作学习方法的步骤。

[0047] 一种终端设备,包括处理器和计算机可读存储介质,处理器用于实现各指令;计算机可读存储介质用于存储多条指令,所述指令适于由处理器加载并执行所述的一种基于房间式互动投影的动作学习方法的步骤。

[0048] 与现有技术相比,本公开的有益效果为:

[0049] 用户在由多面投影构成的沉浸式虚拟环境中,无需固定视点来学习,用户可以按照正确的姿势旋转头部,系统根据用户当前朝向在适合的投影屏幕上出现虚拟教练;利用

RGBD相机对用户进行定位和脚步跟踪,利用动作捕捉设备对用户进行全身多个节点的数据采集,数据被用来驱动虚拟模型以及学习质量评估;该发明提供两种模式:学习模式,练习模式。学习模式提供详细指示和引导,比如地面的步法指示,每一动作的动作更加细化;练习模式下系统可以根据用户动作匹配最可能的动作,给出反馈。

[0050] 用户不用佩戴沉重的头盔显示器,减少了学习过程中的身体负担,有更好的沉浸体验。用户不需要额外的训练,使用自然的交互方式即可。

[0051] 可以在房间不同墙上(例如左右两侧)安装镜子,可以让用户将自己的动作和标准动作进行比对,快速矫正姿态。得到好的学习效果。

[0052] 本公开支持多种学习模式,用户能够根据自身情况选择最适合自己的模式,循序渐进。可以应用于舞蹈、体育运动等动作学习,支持多人协同学习。

### 附图说明

[0053] 构成本公开的一部分的说明书附图用来提供对本公开的进一步理解,本公开的示意性实施例及其说明用于解释本公开,并不构成对本公开的不当限定。

[0054] 图1为本实施例的硬件组成架构图;

[0055] 图2为本实施例系统流程图;

[0056] 图3(a)为亮度颜色融合参数图;

[0057] 图3(b)为变形映射参数图;

[0058] 图4(a)为用户校准动作图;

[0059] 图4(b)为用户驱动的机器人模型图;

[0060] 图5为本实施例应用于具体实施例学习的实例图。

### 具体实施方式:

[0061] 下面结合附图与实施例对本公开作进一步说明。

[0062] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本公开提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本公开所属技术领域的普通技术人员通常理解相同含义。

[0063] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本公开的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0064] 一种基于房间式互动投影的动作学习系统,系统创造了一个沉浸式动作学习虚拟环境,搭建在由墙面投影、地面投影和镜子组成的实体房间内。充分利用镜子的反射功能使用户观察自身动作。用户面对镜子,跟随镜子中的投影内容进行学习。系统根据运动特性,在学习运动的过程中改变各面投影呈现的内容,用户的视点不需要固定在某面投影上,可以随着动作自然改变。在移动视点的过程中,用户始终可以看到虚拟教练,不需要额外的转头。除此之外,用户在镜子中可以看到自己的真实姿态,这有利于纠正自己的动作。地面投影以可视化的方法指示脚步的动态运动,用户可以很快掌握运动的脚法。用户穿戴动捕设备后可以实时驱动场景中的虚拟化身,系统及时反馈用户动作的准确性以及偏差程度。系

统判断用户的学习进度,以此作为教学进度的参考,并且通过视、听觉提示来辅助矫正。我们还给出了一种动作相似度匹配算法,用于量化学习效果,给出评估结果。用户使用本系统多次学习和练习,可轻松达到学习运动的目的。

[0065] 具体的,系统包括多投影拼接和融合模块、动作捕捉和定位模块、模式选择模块、交互模块、反馈模块、通信模块。其中,所述多投影拼接和融合模块,把多台投影仪的投影画面,在墙面和地面上拼接起来,而且平缓过渡融合带。使用多通道校正软件对投影画面进行几何校正、边缘融合和亮度调节,生成拼接融合参数图,通过对参数图解码以及运算,最终渲染画面并从不同投影仪显示出来。

[0066] 所述动作捕捉和定位模块,使用RGBD相机获取用户彩色图像和深度图像,通过与虚拟骨骼的映射,得到用户在相机坐标系下的骨骼各关节坐标值,继而转换到地面投影屏幕坐标系,从而确定用户在房间中的位置;使用动作捕捉设备捕捉用户的姿态,使用网络协议建立网络连接,将关节位置数据流传输到程序中计算。

[0067] 所述模式选择模块,支持用户根据自身情况选择不同的学习模式。完全零基础者可以选择学习模式,此模式下提示多,如地面会有脚步的提示,不同动作之间会停顿,动作内部更加细分,且完全由用户控制学习进度。逐渐熟练后,用户可以选择练习模式,此模式下提示少,如没有脚步的提示,动作之间不停顿;

[0068] 所述交互模块,通过语音交互、体势交互等多种交互方式,用户可以选择恰当的交互方式来控制动作学习的进度、观看虚拟教练的角度、标准动作的播放速度等。

[0069] 所述反馈模块,通过可视化形式对学习做出反馈。如地面有脚印轮廓指示下一动作脚步的位置,用户踩到脚印后,会触发动画播放。左脚和右脚、实步和虚步、重心也用不同的表现形式加以区分。为了增强视觉反馈效果,老师模型被渲染为半透明的壳子叠加在用户的虚拟化身上,位置偏差大的关节点位置会亮起红灯提醒用户纠正。

[0070] 所述学习质量评估模块,通过动作相似度匹配算法,对用户的表现进行打分。练习模式下,动作结束给出当前动作的分数,可细化到各个关节,从而更有针对性地继续练习。

[0071] 所述通信模块,可以完成连接投影仪的多台主机之间的通信,包括建立网络连接、发送消息、转发消息、解析消息等。服务器有消息转发功能,实现与客户端的直接通信以及客户端之间的消息传递。

[0072] 基于房间式互动投影的动作学习系统的交互式展示方法,包括以下步骤:

[0073] (1) 开启服务器,等待各客户端的连接申请。开启客户端,申请与服务器建立连接。建立网络连接并进行传递消息。

[0074] (2) 用户步入房间,根据地面提示在指定的开始位置站定,系统的指引语会介绍系统,带领用户快速掌握系统的使用方法;

[0075] (3) 利用动作捕捉和定位模块,客户端可以获取到用户位置和动作信息,用于逻辑判断和为虚拟场景中的模型提供数据驱动;

[0076] (4) 用户根据设定好的体势交互动作在主菜单中选择模式,如果是学习模式,跳转步骤(5),如果是练习模式,跳转步骤(6);

[0077] (5) 学习模式下,用户跟随虚拟教练学习动作,分解动作。用户穿戴动捕设备可以驱动虚拟场景中的学生模型,可与虚拟老师的动作进行比对。地面有步法的提示;

[0078] (6) 练习模式下,减少对用户的提示,使用户可以更专心地把镜子中的自己和虚拟

场景中的教练进行比照,给出动作偏差的反馈和评分。

[0079] (7)判断系统使用是否结束。如果是,则结束;否则,跳转步骤(4);

[0080] 所述步骤(1)中,RGBD相机获取到用户的骨骼信息,通过服务器发送到指定客户端,客户端发送和接收的消息除了骨骼信息外,还有当前教练模型播放动画的进度、当前动作应该在哪面投影上展示、用户当前学习状态等。

[0081] 所属步骤(3)中,服务器将用户骨骼信息,发送到地面程序客户端,以此判断用户步法是否正确。墙面客户端通过动作捕捉设备获取用户全身节点信息,以此判断用户动作是否标准,与模板动作进行相似度匹配。

[0082] 所述步骤(5)中,具体方法包括:

[0083] (5-1)开始学习前,会有语音提醒用户站到指定初始位置,用户发出语音指令,动画播放,开始学习。

[0084] (5-2)每一步动作都会根据用户的学习状态判断是否继续,如果用户做的不到位,就不继续播放动画学习,而是强化学习当前动作。学习状态指脚步和身体各关节与动作模板的相似程度,通过RGBD相机获取脚的位置,通过动作捕捉设备获取关节数据。

[0085] (5-3)一个动作学习结束,用户可以发出语音指令,选择继续学习下一动作,或者重复这一招,或者返回主菜单。

[0086] 所述步骤(6)中,具体方法包括:

[0087] (6-1)语音提示练习开始后,用户可以在学习区域内的任意位置开始练习。

[0088] (6-2)用户实时驱动虚拟模型,系统通过动作匹配算法与模板库中的动作匹配,得到最相似的结果,知晓用户正在练习的动作,虚拟教练模型播放相应的教学动画;

[0089] (6-3)一个动作结束,用户可以发出语音指令控制,继续学习或者返回主菜单。

[0090] 所述步骤(6-2)中,动作匹配的具体方法为:

[0091] 把提前录制的太极拳动画的数据作为标准的参考模板R,是一个M维的向量,

[0092]  $R=r_1, r_2, r_3, \dots, r_m$

[0093] 把实时采集的用户的骨骼数据作为测试的模板T,是一个N维向量,

[0094]  $T=t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$

[0095] M和N是动画帧数,用户所打的动作与标准动画的长度不一定相同,M不一定等于N,但是每个分量的维数是相同的。维数指的是动作捕捉设备(如诺亦腾)可捕捉到的关节数量,诺亦腾可检测的节点有17个(髌、右大腿、右小腿、右脚、左大腿、左小腿、左脚、右肩、右大臂、右前臂、右手、左肩、左大臂、左前臂、左手、胸、头)。为了比较模板之间的相似度,需要计算它们之间的距离,距离越小则相似度越高。

[0096] 首先构建一个 $m \times n$ 的距离矩阵D,矩阵元素 $d_{ij} = \text{dist}(r_i, t_j)$ , $\text{dist}()$ 是距离计算函数,计算序列点之间的欧式距离。根据距离矩阵生成损失矩阵M,计算方法如下:

[0097] ① $M_{11} = D_{11}$

[0098] ② $M_{ij} = \text{Min}(M_{i-1, j-1}, M_{i-1, j}, M_{i, j-1}) + M_{i, j}$

[0099] 损失矩阵的最后一行最后一列 $M_{mn}$ 就是两个序列之间的累积距离。在距离矩阵中寻找一条从左下角到右上角的最短路径,使得路径上的元素值之和最小。即使用动态规划的方法求得一条从 $d_{11}$ 到 $d_{mn}$ 的最短路径,比较好的路径往往在对角线附近,所以使用约束条件和全局路径窗口约束寻找路径的区域,只能向上或向右或向右上方寻找,而且不能离开对

角线太远。

[0100] 作为一种典型实施例,如图1所示,本实施例的硬件架构主要由三台主机(客户端)、一台笔记本电脑(服务器)、7台投影仪一台体感设备Kinectv2,一套Noitom动作捕捉设备组成。所有设备都在同一个局域网里。三台主机分别负责地面投影、左墙面的投影、右墙面的投影。笔记本电脑连接了Kinectv2和Noitom惯性传感器动作捕捉设备,并且作为服务器,可以发送、接收和转发数据。一共有服务器和三个客户端。

[0101] 如图2所示,本实施例的系统流程图:

[0102] (1) 开启投影仪组,用户穿戴动作捕捉设备并开启无线数据连接,开启Kinect;

[0103] (2) 开启服务器端程序;

[0104] (3) 开启客户端程序;

[0105] (4) 使用TCP协议建立网络通信;

[0106] (5) 用户通过语音交互和体势交互在主界面选择一个要进行的模式;

[0107] (6) 判断用户是否选择了学习模式,如果是,跳转步骤(7);否则,跳转步骤(10);

[0108] (7) 用户通过语音交互和体势交互选择动作;

[0109] (8) 地面投影会出现当前学习动作的脚法提示,墙面投影会出现虚拟教练播放相对应动作的动画;

[0110] (9) 一个动作学完后,判断是否结束学习。如果是,跳转步骤(14),否则,跳转步骤(7)。

[0111] (10) 用户练习任意动作,系统通过匹配度算法将用户练习动作与动作模板库中的比对。

[0112] (11) 墙面投影的虚拟教练播放匹配到的动作的动画。

[0113] (12) 给出评分,可以查看每一关节的分数。

[0114] (13) 判断是否结束练习。如果是,跳转步骤(14),否则,跳转步骤(7)。

[0115] (14) 判断用户是否要退出系统。如果是,则结束;否则,跳转步骤(5)。

[0116] 如图3所示,利用多通道校正软件可以得到变形映射参数图和亮度颜色融合参数图。由于墙面和地面的图像是由多台投影仪拼接的,所以需要利用参数图对渲染画面进行预变形,再进行融合拼接。参数图的尺寸是屏幕的分辨率,因为投影仪的分辨率是1024\*768,即墙面是2048\*768,地面是2048\*1536。通过在unity引擎中编写shader读入参数图,对参数图解码,得到映射关系,乘上原始图像的像素值,即可得到渲染图像的像素值,即实现了预变形。

[0117] 如图4(a)为用户在进行动作捕捉设备的校准。首先是双手下垂,自然站立,然后是双手侧平举的T-pose,最后是双手胸前平举,半蹲的S-pose。

[0118] 如图4(b)为动作捕捉软件中默认的机器人模型,由用户实时驱动。此时用户正在进行T-pose的校准。

[0119] 如图5所示,用户穿戴动作捕捉设备,置身于一个有两面镜子和三面投影的房间内,进行太极拳学习。地面有红色和蓝色的脚印,分别代表左脚和右脚。两个墙面投影中显示两个模型。其中,身着蓝色训练服的是用户驱动的虚拟模型,身着白色训练服的是虚拟教练。用户通过看镜子中的和墙面上的投影进行学习。在图5的中,用户正练习到二十四式简化太极拳的第二招——野马分鬃的最后一步。此时用户的视点落在墙面投影上。

[0120] 本领域内的技术人员应明白,本公开的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此,本公开可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且,本公开可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储介质(包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等)上实施的计算机程序产品的形式。

[0121] 本公开是参照根据本公开实施例的方法、设备(系统)、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器,使得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

[0122] 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中,使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制品,该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

[0123] 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上,使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理,从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

[0124] 以上所述仅为本公开的优选实施例而已,并不用于限制本公开,对于本领域的技术人员来说,本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本公开的保护范围之内。

[0125] 上述虽然结合附图对本公开的具体实施方式进行了描述,但并非对本公开保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本公开的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本公开的保护范围以内。

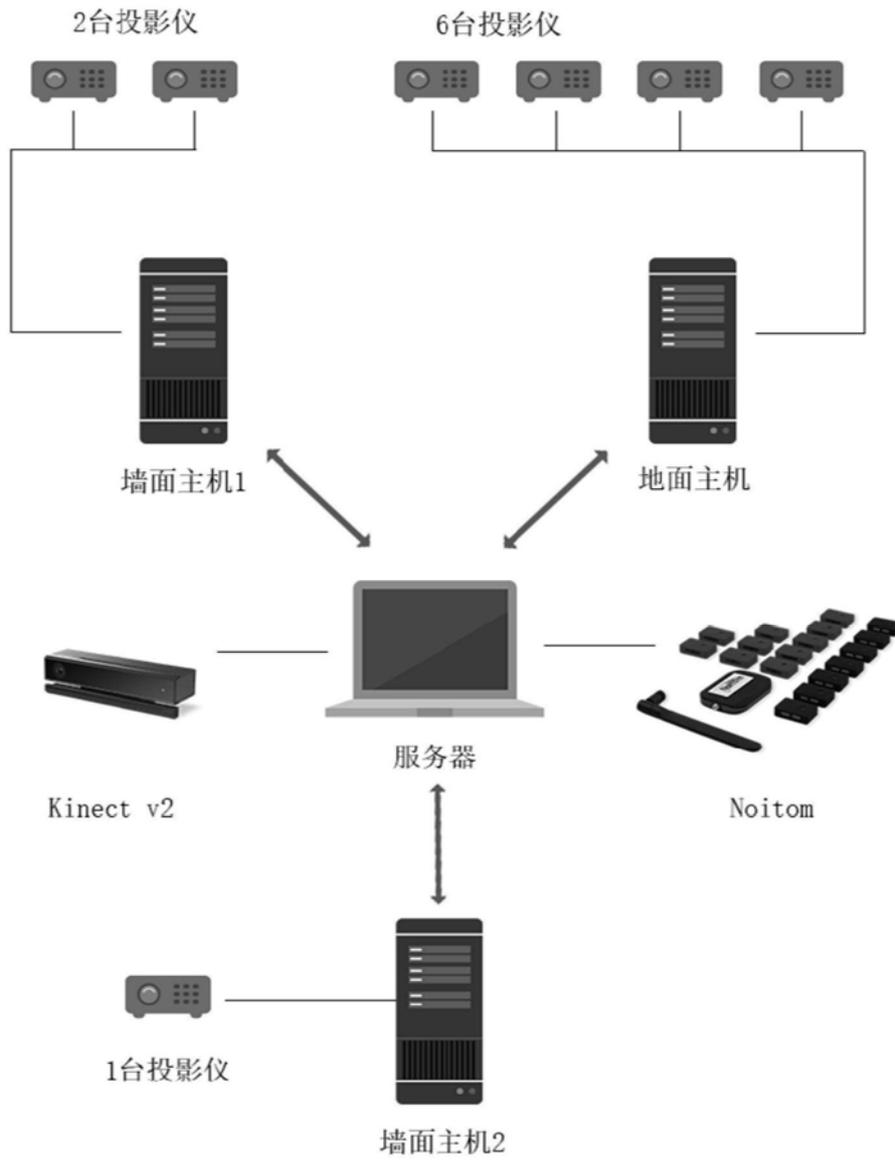


图1

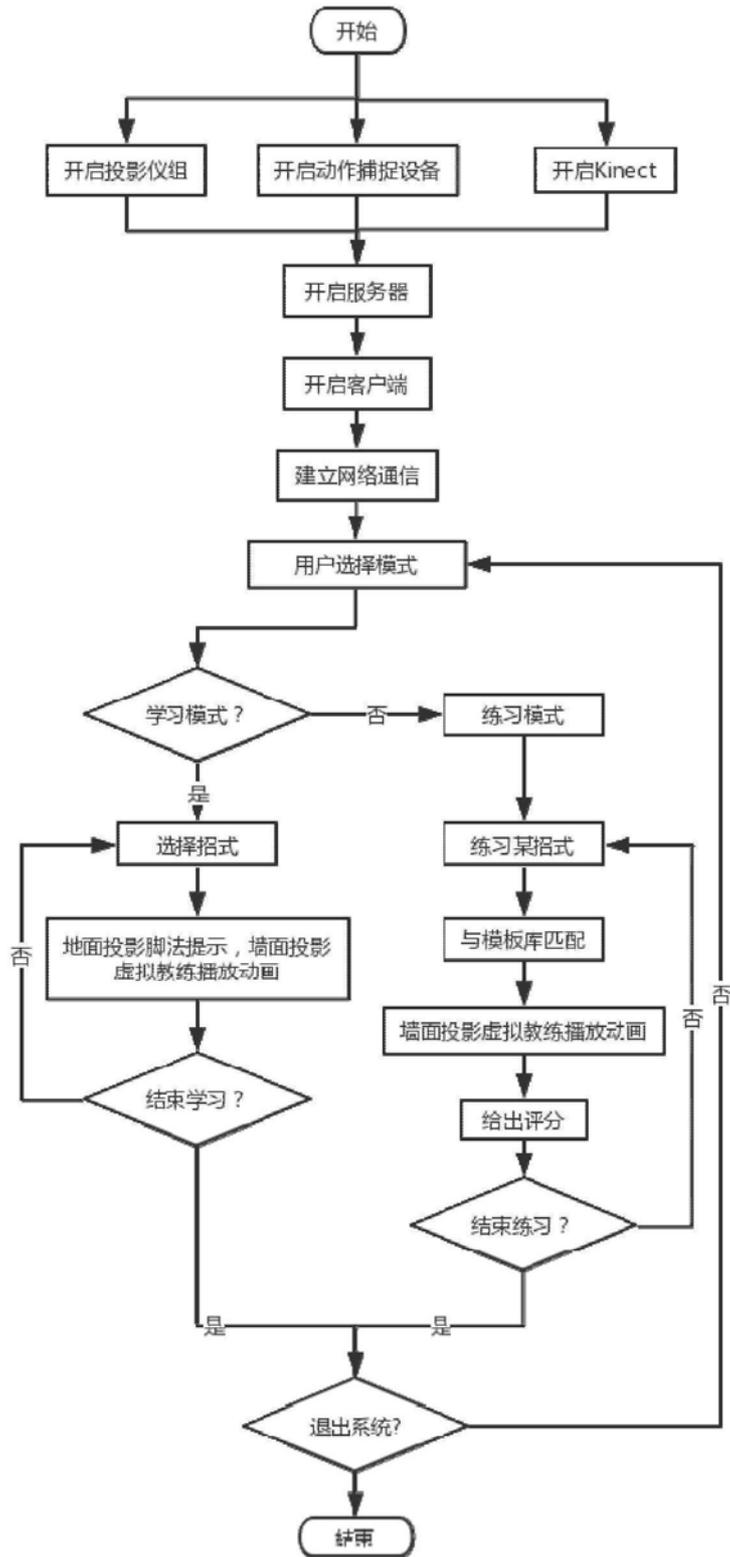


图2

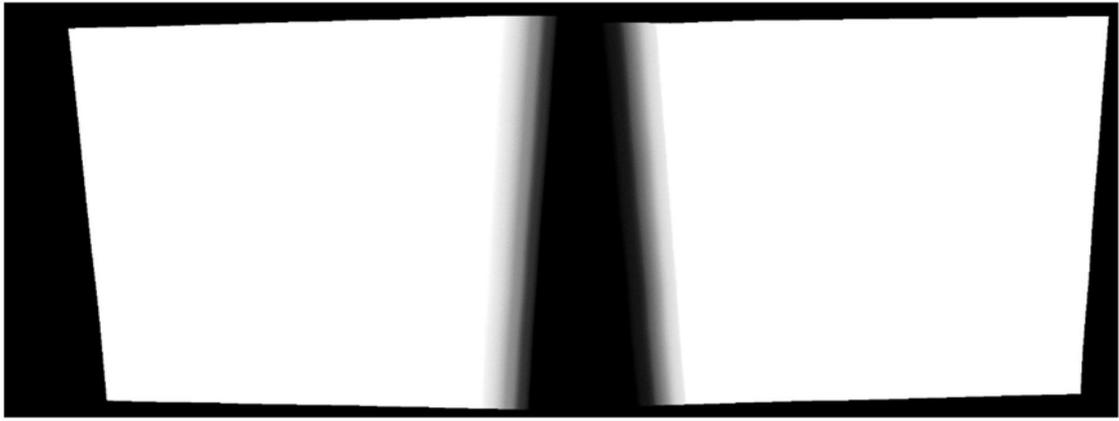


图3 (a)

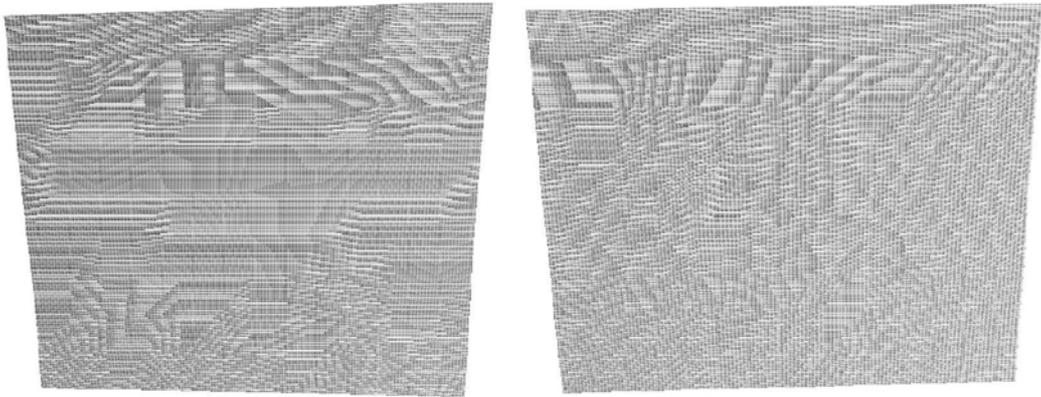


图3 (b)

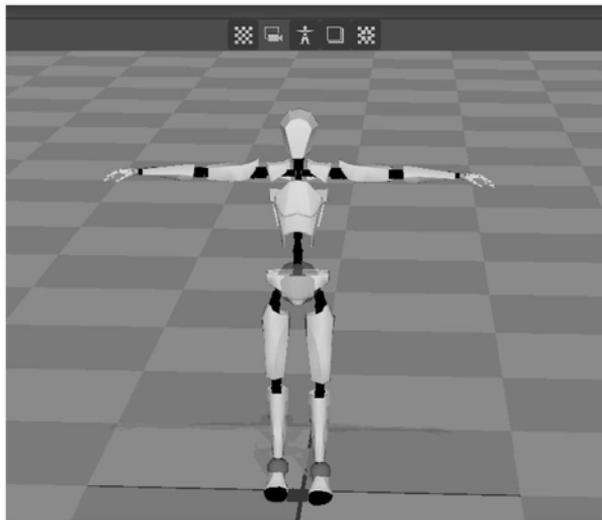


图4 (a)



图4(b)



图5