



1. 一种点追踪的方法,包括以下步骤:  
从包括要追踪的对象的输入图像帧的序列中接收连续输入图像帧;  
针对每个输入帧,检测多个特征点;  
将3D可变形模型映射到所述多个特征点;  
执行在连续输入帧之间的流点的光流追踪;以及  
针对响应于映射的3D可变形模型的至少第一流点位置校正光流轨迹。
2. 如权利要求1所述的方法,其中:  
所述流点包括检测的特征点中的一些或全部。
3. 如权利要求1或权利要求2所述的方法,其中:  
使用一个或多个机器学习模型来检测所述特征点。
4. 如权利要求3所述的方法,其中:  
由被训练以检测所述对象的相应视觉特征的相应机器学习模型来检测特征点的相应组。
5. 如权利要求1所述的方法,其中:  
所述对象包括从列表中选择的一个或多个,所述列表包括:
  - i. 面部;以及
  - ii. 身体。
6. 如权利要求5所述的方法,其中:  
所述3D可变形模型是线性的基于混合变形的模型。
7. 如权利要求5或权利要求6所述的方法,包括以下步骤:  
将所述3D可变形模型校准到所述输入图像帧内描绘的人的解剖比例。
8. 如权利要求1所述的方法,其中:  
所述连续输入图像帧包括立体图形对;并且所述方法包括以下步骤:  
根据所述立体图像对生成深度映射;  
将检测的特征点映射到对应的深度位置;以及  
将所述3D可变形模型映射到在映射的深度位置处的所述多个特征点。
9. 如权利要求1所述的方法,其中校正光流追踪的步骤包括从列表中选择的一个或多个,所述列表包括:
  - i. 更改超过与所述3D可变化模型的对应点的预定距离的流点的所述位置来减少该距离;
  - ii. 如果所述3D可变化模型的对应点对应于预定特征,则更改流点的所述位置,并且所述流点的所述位置将导致该预定特征与另一预定特征交叉或相交;以及
  - iii. 如果所述3D可变化模型的对应点对应于预定特征,则更改流点的所述位置,并且所述流点的所述位置将导致该预定特征具有与预定关系不一致的与另一预定特征的位置或定向关系。
10. 如权利要求1所述的方法,包括针对现有输入图像帧输出从列表中选择的一个或多个的步骤,所述列表包括:
  - i. 经校正的光流追踪数据;
  - ii. 对应所述3D可变化模型的表情参数;以及

iii.特征点数据。

11.一种包括计算机可执行指令的计算机程序,所述可执行指令适配成使计算机系统执行上述权利要求中的任一项所述的方法。

12.一种点追踪系统,包括:

视频输入模块,所述视频输入模块被配置为从包括要追踪的对象的输入图像帧的序列中接收连续输入图像帧;

特征检测模块,所述特征检测模块被配置为针对每个输入帧检测多个特征点;

3D可变形模型模块,所述3D可变形模型模块被配置为将3D可变形模型映射到所述多个特征点;

光流模块,所述光流模块被配置为执行在连续输入帧之间的流点的光流追踪;以及

漂移校正模块,所述漂移校正模块被配置为针对响应于映射的3D可变形模型的至少第一流点位置校正光流追踪。

13.如权利要求12所述的点追踪系统,其中:

所述流点包括检测的特征点中的一些或全部。

14.如权利要求12或权利要求13所述的点追踪系统,其中:

由被训练以检测所述对象的相应视觉特征的相应机器学习模型来检测特征点的相应组。

15.如权利要求12到14中的任一项所述的点追踪系统,其中:

所述漂移校正模块被配置为通过从列表选择一个或多个来校正光流跟踪,所述列表包括:

i.更改超过与所述3D可变化模型的对应点的预定距离的流点的所述位置来减少该距离;

ii.如果所述3D可变化模型的对应点对应于预定特征,则更改流点的所述位置,并且所述流点的所述位置将导致该预定特征与另一预定特征交叉或相交;以及

iii.如果所述3D可变化模型的对应点对应于预定特征,则更改流点的所述位置,并且所述流点的所述位置将导致该预定特征具有于预定关系不一致的与另一预定特征的位置或定向关系。

## 特征追踪系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种特征追踪系统和方法。

### 背景技术

[0002] 特征追踪经常被用于例如动作捕捉(例如,表演捕捉)的情况;也就是说,将演员表情从视频镜头转移到虚拟角色的3D网格中。

[0003] 当前的特征追踪方法往往面临多种缺点中的一个或多个:

[0004] 首先,要求一致的高质量化妆标记来达到良好的效果;这可能需要使用专门的服装或头饰,以及在演员的面部上使用斑点或线条,这些斑点或线条对于演员的自身表演或与演员互动的其他人的表演可能是不舒服的或分散注意力的。

[0005] 其次,追踪的点的数量通常非常稀少并且使得难以在最终的动画中捕捉表演的精细细节。此外,标记本身可能遮挡演员的面部中的微妙之处。

[0006] 第三,表演过程中的标记遮挡和其他问题(即,演员触摸他们的面部)经常导致追踪的丢失和灾难性的失败。

[0007] 第四,追踪技术经常被作为黑盒子使用,这使得它难以适应特定的用例,例如受益于立体镜头或其他相机模式。

[0008] 最后,源镜头的质量可能对追踪系统的性能具有重大影响(例如由于照明、视频分辨率等的变化)。

[0009] 本发明旨在缓解或减轻上述问题中的一些或全部。

### 发明内容

[0010] 在所附的权利要求书中以及在所附说明书的文本内定义本发明的各方面和特征。

[0011] 在第一方面,根据权利要求1提供了一种点追踪的方法。

[0012] 在另一方面,根据权利要求12提供了一个点追踪系统。

### 附图说明

[0013] 将容易获得对本公开内容及其许多附带的优点的更全面理解,因为当结合附图加以考虑时,参照下面的详细描述可以更好地理解本公开内容及其许多附带的优点,在附图中:

[0014] -图1是根据本申请的实施例的点追踪系统的示意图;以及

[0015] -图2是根据本申请的实施例的点追踪的方法的流程图。

### 具体实施方式

[0016] 公开了一种特征追踪系统和方法。在下面的描述中,呈现了一些具体细节,以提供对本发明的实施例的全面理解。然而,对于本领域的技术人员来说显而易见的是,不需要采用这些具体细节来实现本发明。反之,为了清楚起见,酌情省略了本领域技术人员已知的具

体细节。

[0017] 本说明书的实施例适用于娱乐系统,诸如计算机或视频游戏控制台、用于此类系统的开发套件、或者使用专用硬件或计算机和一个或多个合适的相机系统的动作捕捉系统。在本申请中,术语娱乐系统和动作捕捉系统可以被等效地解释为表示任何此类合适的设备或系统。

[0018] 出于解释和现在参考附图的目的,其中类似的附图标记在数个视图中指定相同或相应的部分,图1示出了娱乐系统10的示例,诸如索尼®PlayStation5®(PS5)。

[0019] 娱乐系统10包括中央处理器20。这可以是单核心或多核心处理器,例如,如在PS5中包括八个核心。娱乐系统还包括图形处理单元或GPU 30。GPU可以与CPU物理分开,或者如PS5中那样与CPU集成为片上系统(SoC)。

[0020] 娱乐设备还包括RAM 40,可以具有用于CPU和GPU中的每一个的单独的RAM,或者如在PS5中的共享RAM。该RAM或每个RAM可以是物理上独立的,也可以如在PS5中被集成为SoC的一部分。其他存储由磁盘50提供,作为外部或内部硬盘,或者作为外部固态驱动器,或者如在PS5中的内部固态驱动器。

[0021] 娱乐设备可以酌情通过一个或多个数据端口60(诸如USB端口、以太网®端口、WiFi®端口、蓝牙®端口等)传输或接收数据。也可以可选地选择通过光驱70接收数据。

[0022] 与系统的交互通常使用一个或多个手持控制器80(诸如PS5的情况中的DualSense®控制器)来提供。

[0023] 来自娱乐设备的音频/视频输出通常通过一个或多个A/V端口90或者通过一个或多个有线或无线数据端口60来提供。

[0024] 在组件不被集成的情况下,它们可以视情况通过专用数据链接或通过总线100连接。

[0025] 用于显示由娱乐系统输出的图像的设备的示例是头戴式显示器“HMD”802,其由用户800佩戴。

[0026] 此类娱乐系统可以被用来消费使用动作捕捉产生的内容,和/或也可以被用来生成动作捕捉数据,以例如驱动在游戏或虚拟社会环境内的用户化身。除了这样的“实时”捕捉场景,这样的动作捕捉表演可以被游戏开发者或电影导演用来捕捉游戏角色的演员表演,或者用于将演员和表演者虚拟转录到虚拟环境中。此外,在本申请中,除非另有说明,诸如“用户”、“演员”和“表演者”的术语可以互换使用。

[0027] 现在参考图2,在本说明书的实施例中,提出了一种高密度的无标记追踪方案,用于追踪通常一百个或更多个点,同时参考(例如,面部或整个身体的)3D可变形模型避免或减少这些点的追踪漂移,该3D可变形模型可以被可选地校准为当前捕捉的表演者的特定面部/身体。

[0028] 该方案包括若干步骤。

[0029] 在第一个可选的初始化步骤s200中,3D可变形模型(3DMM)被校准。

[0030] 3DMM是面部的数学3D模型,该数学3D模型被用来帮助将追踪的点约束到与在解剖学上人类面部表情一致的位置,如本文中随后所描述的。3DMM同样可以是或包括人体模型。类似地,如果正在捕捉动物,那么可以使用该动物的面部和/或身体,以此类推。

[0031] 3DMM可以拟合面部表情和可选的面部形状。

[0032] 面部表情使用混合变形的组合来建模,如本文中其他位置所描述的。同时,使用在训练数据集(具有中性表情的面部网格集)上运行主成分分析(PCA)后获得的特征向量的组合,以类似的方式可选地对面部形状建模。

[0033] 然后,3DMM可以被可选地校准到特定演员的面部形状如下。在步骤s210中,演员的中性图像(例如,面部上无表情,或身体的简单站立姿势)被用于校准3DMM。如上所述,基于PCA的模型是在面部的数据集(例如,中性合成面部)上预先训练的,以获得这些特征向量(例如,所谓的特征面部)。然后,确定指示最接近演员面部的特征向量的组合的PCA参数(‘Calib.Params’ 202)。

[0034] 在初始化期间,基于PCA参数修改使用用于3DMM的基础网格变形的一组权重,以使该网格更好地拟合演员的面部。修改后的网格然后作为基础网格被保留,在该基础网格上将视频序列的面部表情变形(混合变形)与该特定演员拟合。

[0035] 面部表情的拟合过程在本文中随后描述,并且包括步骤s220中生成用于步骤s250的3DMM拟合的特殊面部特征点204的深度特征检测器。

[0036] 如上所述,初始化步骤还可以在步骤s220中使用深度特征检测器来检测用于3DMM拟合的特殊点204。

[0037] 深度特征检测器是可以是专用硬件模块的模块,或者可以例如是在适当的软件指令下运行的娱乐设备的CPU和/或GPU。

[0038] 深度特征检测器检测输入图像中的特定关键点。该模块通常是多个检测器的集合,用于执行眼睛周围关键点的检测、下巴周围关键点的检测、嘴唇周围关键点的检测、一个或多个其他重要面部特征(诸如眉毛(如果与眼睛分开处理)、鼻子和耳朵、(例如,出于嘴唇同步目的的)嘴唇的分割、整个面部区域和凝视的方向)周围关键点的检测中的一个或多个。类似地,当追踪身体时,检测可能与特定的肢体、手、脚、躯干等有关。更普遍的是,深度特征检测器检测被追踪对象的显著视觉特征,通常使用多个检测器,每个检测器专门用于各自的特征或特征类型。

[0039] 虽然这些检测器可以由模板匹配来提供,但是优选地通常使用训练用于从各自的面部或身体区域提取视觉特征(关键点)的深度学习模型来实施这些检测器。这些关键点通常覆盖如上所述的面部(和/或身体)的部分或全部,并形成特殊点204。

[0040] 通常深度特征检测器将在面部上生成100到500个特殊点204,而不需要化妆标记等。

[0041] 虽然可能优选的是使用各自的深度学习模型作为此类各自的检测器,但是可选地在多个面部或身体区域或者实际上整个面部或身体上训练此类模型。

[0042] 在任何情况下,在任何可选的初始化之后,运动捕捉可以开始。输入图像帧203被提供给深度特征检测器以识别特殊点204。这是以与本文中前面所描述的可选中性图像201类似的方式完成的。

[0043] 可选地,输入图像帧是立体图像。如果是这样,那么可以在可选步骤s230通过在左/右图像上应用立体视觉算法来生成深度图像。然后,可以根据深度图像中的对应点的深度值来提升特殊点,以使特殊点能够在面部或身体表面在3D中被追踪,这可以改善3DMM的拟合结果,并且也可以实现3D追踪数据的输出。

[0044] 在步骤s240,光流模块计算跨连续输入帧203的光流轨迹。光流被初始化以追踪面

部(或身体)上的特定位置,例如从给定输入序列中的第一个输入帧203开始。

[0045] 特定位置通常是由深度特征检测器识别的特殊点204的至少一个子集。因此,通常在步骤s240,光流模块跨连续输入帧追踪特殊点中的一些或全部。然而,替代地或附加地,光流模块可以追踪独立于特殊点204的点。因此,更通常地,这些点可以被称为“流点”,可能与特殊点204完全重合或者不完全重合。

[0046] 输出是密集的轨迹集(例如,追踪的流点)206,并且通常是大约100-500个轨迹。

[0047] 光流模块可以是专用硬件模块的模块,或者可以例如是在适当的软件指令下运行的娱乐设备的CPU和/或GPU。

[0048] 光流追踪的问题是追踪可能漂移。为了缓解这个问题,使用三维可变形模型对光流进行检查/校正,如本文中随后所描述的。

[0049] 三维可变形模型本身通常是人面部的线性的基于混合变形的模型,如在动画领域中使用的。这些混合变形通常是由艺术家手工制作为应用于中性面部基础网格的顶部上的3D偏移库,该3D偏移库如本文中先前所述可以被单独校准到特定演员的形状。

[0050] 混合变形模型包括多个面部表情或者混合变形目标,并且给定的面部表情是其中一些线性组合。因此,它类似于从所谓的特征面部的贡献中构建给定的面部,并且实际上混合变形目标可以以模拟方式从面部表情的训练图像的主成分分析中选择。

[0051] 3D可变形模型可以由3DMM模块维持、拟合和可选的调整/校准。该模块可以是专用硬件模块,或者可以例如是在适当的软件指令下运行的娱乐设备的CPU和/或GPU。

[0052] 在步骤s250中,3DMM被拟合到由深度特征检测器提取的当前面部表情的视觉特征(例如,特殊点204中的一些或全部)。拟合使用非线性最小二乘法相对于深度特征检测器根据输入图像计算的视觉特征的位置被优化,非线性最小二乘法使模型的3D面部的顶点子集的投影误差最小。

[0053] 该算法可以优化两类参数:

[0054] a. 面部表情:确定演员在给定帧的表情的混合变形权重集。混合变形权重是一组缩放偏移量(即,应用于基础网格的变形量)的标量。该变形移动网格上的关键点,并且它们与检测的特殊点204的对应关系可以被用于确定所产生的表情何时最匹配图像中演员的表情。

[0055] b. 相机姿态:对相机相对于演员的定向建模的6DOF变换。这些相机参数使能图像投影的计算,并且可以可选地被用于对可能对追踪结果产生负面影响的相机抖动或运动建模。

[0056] 因此,3DMM拟合步骤确定了拟合(如在特殊点中的一些或全部所定义的)演员的面部的表情和相对姿势的3D可变形模型。

[0057] 如先前所述,如果在初始化步骤中确定将模型变形到演员的面部的解剖比例的校准参数,则由混合变形修改的基础网格也可以可选地使用这些校准参数。

[0058] 注意,将3DMM拟合到演员的面部的特殊点204中的一些或全部得到与演员的实际当前表情非常接近的模型,但是该模型的关键点不会被噪声、分类错误和可能伴随特殊点的检测发生的其他数据异常值破坏。

[0059] 因此,将3DMM拟合到演员的面部的特殊点204中的一些或全部创建了演员的面部表情的规则化版本,该规则化版本最佳拟合特殊点的集体指示但消除了不规则的地方。

[0060] 因此,如果一定比例的特殊点被错误分类/错误定位,以至于它们处于不对应可以使用3DMM的混合变形来表达的面部的位置(例如,如果嘴唇的一部分形成了一个意想不到的形状),那么这些异常值不被表示在3DMM中,因为它对可允许的表情有约束。

[0061] 类似的原理适用于整个身体的3DMM。

[0062] 模型的参数(例如,指示所选择的混合变形和它们的相对贡献等)可以可选地作为表情参数207被单独输出,以在需要的情况下驱动动画或其他过程。

[0063] 将理解的是,拟合的3DMM因此表示识别出的特殊点对根据混合变形约束为可能的或有效的面部表情的最佳拟合。如果被错误分类的特殊点指示面部的在被视为不可能或无效的位置的部分(例如,如果鼻子阴影被部分识别为属于鼻子,使鼻子看起来突然偏向一个尺寸),则这反过来也有助于识别被错误分类的特殊点。

[0064] 还将理解的是,作为特殊点的规则化表示的3D可变形模型可以类似地被用来校正光流处理中的漂移,如下所示。

[0065] 一旦3DMM被拟合并光流被计算,漂移校正模块就可以在步骤s260中运行。

[0066] 漂移校正模块是可以是专用硬件模块的模块,或者可以例如是在适当的软件指令下运行的娱乐设备的CPU和/或GPU。

[0067] 在步骤s260中,可以使用以下启发式中的一个或多个来检查和/或校正光流轨迹:

[0068] i. 流点不能位于距投影的3DMM点非常远的位置。这对于是特殊点204的流点来说是直接正确的。同时,对于与特殊点分开追踪的任何流点,可择地保持这些流点和附近的3DMM点和/或特殊点之间的空间关系,以实现类似的约束。

[0069] -此约束防止追踪的流点漂移到与3DMM模型形成的可能的/有效的表情不一致的位置,从而保持光流追踪器正确。

[0070] -如果流点被识别为漂移超过与投影的3DMM点(或者如果适用的话,与此类点的预期空间关系)的预定距离,那么该流点可以被恢复到预测/预期点。替代地,流点可以被恢复到是相邻流点之间的内插的点,如果该内插满足此启发式。替代地,流点可以被恢复到是当前流点和该投影的3DMM点之间的内插的点,如果该内插符合此启发式。这种内插校正了流点同时减少由校正引起的任何明显的视觉不连续。

[0071] ii. 某些轮廓中的流点不应该相交(例如,外/内嘴唇轮廓,外/内眼睛轮廓)。

[0072] -虽然启发式i)有助于将流点保持在与投影的3DMM点的预定距离内,但是在一些情况下,该预定距离足够大,以至于仍然存在视觉破坏性错误的范围。特别地,嘴唇和眼睛可以包括物理上非常接近的主观上重要的特征。虽然这些流点可能位于靠近投影的3DMM点的位置,但是可选地,对于它们还优选的是满足它们不应该相交的这个附加约束(或者换句话说,这些点表示的线或轮廓不应该相遇或相交,除非在由3DMM定义的点的小预定公差处或在该公差内)。

[0073] -可以使用与针对启发式i)提出的校正方法类似的校正方法。

[0074] iii. 某些轮廓中的流点应保持一致的距離和定向。

[0075] -类似启发式ii,虽然启发式i)有助于将流点保持在与投影的3DMM点的预定距离内,但是单独存在面部特征之间和面部特征内应保持一致的某些关系。例如,通常上眼睑和下眼睑的中点应该是平行的。同时,对于身体,通常肢体应保持它们的表观长度并且与对应的肢体保持同等长度。



[0076] -可以使用与针对启发式i)提出的校正方法类似的校正方法。

[0077] 将理解的是,当涉及更改流点的位置时,通常这也意味着更改流点的轨迹,直接地(通过校正轨迹值)或者间接地(通过在计算更新的轨迹之前校正流点位置,或者可选地通过用经校正的位置信息重新运行追踪处理)。

[0078] 因此,通过使用面部或身体上的特殊点(通常由一个或多个深度学习特征检测器识别),可以生成与这些特殊点所定义的表情相对应的演员面部的3D可变形模型;然后,可以实用此3DMM来校正点(通常但不一定是特殊点中的部分或全部)的光流追踪中的任何漂移,以使它们与3DMM所定义的可能的或有效的表情保持一致,并且可选地还校正面部或身体特征内以及面部或身体特征之间追踪漂移的更细微影响。

[0079] 然后,可以输出得到的经检查的/经校正的轨迹(在本文中被称为“Kagami轨迹”208)来驱动对所选活动的表演捕捉,无论这是驱动游戏或者社交虚拟环境内的实时化身,还是将身体动作输入到舞蹈游戏或类似游戏中(以播放或者记录用于后续比较的参考表演),捕捉由视频游戏角色再现的表演,或者捕捉用于在电影或电视节目或光流轨迹208、特殊点值204和/或3DMM表情参数207的任何类似这种用途中使用的表演。

[0080] 再次参考图2,在本说明书的简要实施例中,一种点追踪的方法包括以下步骤:

[0081] -在第一步骤中,从包括追踪的对象(诸如演员)的输入图像帧的序列中接收连续输入图像帧203,如本文中其他位置所述。

[0082] -在第二步骤s220中,对于每个输入帧,检测(例如,通过包括一个或多个深度学习系统的深度特征检测器)多个特征点(例如,特殊点204),如本文中其他位置所述。

[0083] -在第三步骤s250中,将3D可变形模型映射到多个特征点,如本文中其他位置所述。

[0084] -在第四步骤s240中,执行在连续输入帧之间的流点(其通常至少包括特征点204的子集)的光流追踪,如本文中别处所述。

[0085] -在第五步骤s250中,针对响应于映射的3D可变形模型的至少第一流点位置校正光流追踪,如本文中其他位置所述。

[0086] 将理解的是,至少第三和第四步骤可以以相反的顺序发生或并行发生。

[0087] 对于本领域的技术人员显而易见的是,上述方法中对应于如本文所描述和要求保护的装置的各种实施例的操作的变体被认为是在本发明的范围内,包括但不限于:

[0088] -在概要实施例的实例中,流点包括检测的特征点中的一些或全

[0089] 部,如本文中其他位置所述;

[0090] -在概要实施例的实例中,使用一个或多个机器学习模型来检测

[0091] 特征点,如本文中其他位置所述;

[0092] -在这个实例中,可选地由被训练以检测对象的相应视觉特征的相应机器学习模型来检测特征点的相应组,如本文中其他位置所述;

[0093] -在概要实施例的实例中,对象包括从包括面部和身体的列表中

[0094] 选择的一个或多个,如本文中其他位置所述;

[0095] -在这个实例中,可选地形成3D可变形模型是线性的基于混合变形的模型,如本文中其他位置所述;

[0096] -类似地在这个实例中,可选地,该方法包括将3D可变形模型校准到输入图像帧内

描绘的人的解剖比例的步骤,如本文中其他位置所述;

[0097] -在概要实施例的实例中,连续输入图像帧包括立体图像对;并

[0098] 且该方法包括根据立体图像对生成深度图的步骤,将检测的特征点映射到对应深度位置的步骤,以及将3D可变形模型映射到映射的深度位置

[0099] 处的多个特征点的步骤,如本文中其他位置所述;

[0100] -在概要实施例的实例中,校正光流追踪的步骤包括从列表中选

[0101] 择的一个或多个,该列表包括:

[0102] i.更改超过与3D可变形模型的对应点的预定距离的流点的位置

[0103] 来减少该距离;

[0104] ii.如果3D可变形模型的对应点对应于预定特征,则更改流点的位置,并且该流点的位置将导致该预定特征与另一预定特征交叉或相交;以及

[0105] iii.如果3D可变形模型的对应点对应于预定特征,则更改流点的位置,并且该流点的位置将导致该预定特征具有与预定关系不一致的与另一预定特征的位置或定向关系,

[0106] 如本文中其他位置所述;并且

[0107] -在概要实施例的实例中,该方法包括针对当前输入图像帧输出

[0108] 从列表中选择的一个或多个的步骤,该列表包括:

[0109] i.经校正的光流追踪数据;

[0110] ii.对应于3D可变形模型的表情参数;以及

[0111] iii.特征点数据,

[0112] 如本文中其他位置所述。

[0113] 将理解的是,可以在通过软件指令(例如娱乐设备10)或者通过加入或替换专用硬件适当调整为适用的传统硬件上执行上述方法。

[0114] 因此,对传统等效设备的现有部分的所需调整可以被实施为计算机程序产品的形式,该计算机程序产品包括存储在非暂时性机器可读介质(诸如软盘、光盘、硬盘、固态盘、PROM、RAM、闪存或这些或其他存储介质的任何组合)上的处理器可实施指令,或者被实现为在硬件,如ASIC(专用集成电路)或FPGA(现场可编程门阵列)或适合用于调整传统等效设备的其他可配置电路。单独地,这样的计算机程序可以在网络(诸如以太网、无线网络、互联网或这些或其他网络的任何组合)上通过数据信号传输。

[0115] 因此,在本说明书的概要实施例中,点追踪系统包括以下内容。

[0116] 第一,视频输入模块(例如,与CPU 20和/或GPU 30结合的娱乐设备10的数据端口60或A/V端口90,或者预先录制的源,诸如光驱70或数据驱动器50)被配置(例如通过适当的软件指令)为从包括要追踪的对象的输入图像帧的序列中接收连续输入图像帧203,如本文中其他位置所述。

[0117] 第二,特征检测器模块(例如,CPU 20和/或GPU 30)被配置(例如通过适当的软件指令)为检测每个输入帧的多个特征点,如本文中其他位置所述。

[0118] 第三,3D可变形模型模块(例如,CPU 20和/或GPU 30)被配置(例如通过适当的软件指令)为将3D可变形模型映射到多个特征点,如本文中其他位置所述。

[0119] 第四,光流模块(例如,CPU 20和/或GPU 30)被配置(例如通过适当的软件指令)为执行连续输入帧之间的流点的光流追踪,如本文中其他位置所述。

[0120] 以及第五, 漂移校正模块 (例如, CPU 20 和/或 GPU 30) 被配置 (例如通过适当的软件指令) 为针对响应于映射的 3D 可变形模型的至少第一流点位置校正光流追踪, 如本文中其他位置所述。

[0121] 对本领域的技术人员显而易见的是, 对应于如本文中所描述和要求保护的方法的各种实施例的上述系统的变体被认为是在本发明的范围内, 包括但不限于:

[0122] - 在概要实施例的实例中, 流点包括检测的特征点中的一些或全

[0123] 部, 如本文中其他位置所述;

[0124] - 在概要实施例的实例中, 由被训练以检测对象的相应视觉特征的相应机器学习模型来检测特征点的相应组, 如本文中其他位置所述;

[0125] - 在概要实施例的实例中, 校正光流追踪的步骤包括从列表中选

[0126] 择一个或多个, 该列表包括:

[0127] i. 更改超过与 3D 可变形模型的对应点的预定距离的流点的位置来减少该距离。

[0128] ii. 如果 3D 可变形模型的对应点对应于预定特征, 则更改流点的位置, 并且该流点的位置将导致该预定特征与另一预定特征交叉或相交; 以及

[0129] iii. 如果 3D 可变形模型的对应点对应于预定特征, 则更改流点的位置, 并且该流点的位置将导致该预定特征具有与预定关系不一致的与另一预定特征位置或定向关系,

[0130] 如本文中其他位置所述; 并且

[0131] - 在概要实施例的实例中, 该方法包括针对当前输入图像帧输出

[0132] 从列表中选择的一个或多个的步骤, 该列表包括:

[0133] i. 经校正的光流追踪数据;

[0134] ii. 对应于 3D 可变形模型的表情参数; 以及

[0135] iii. 特征点数据,

[0136] 如本文中其他位置所述。

[0137] 上述讨论仅公开和描述了本发明的示例性实施例。如本领域的技术人员将理解, 本发明可以在不背离其精神或本质特征的情况下以其他特定形式体现。因此, 本发明的公开内容旨在是例示性的, 而非限制本发明的范围以及其他权利要求。包括本文中的教导的任何容易辨认的变体的公开内容在一定程度上定义了前述权利要求术语的范围, 使得没有创造新的主题是贡献给公众的。

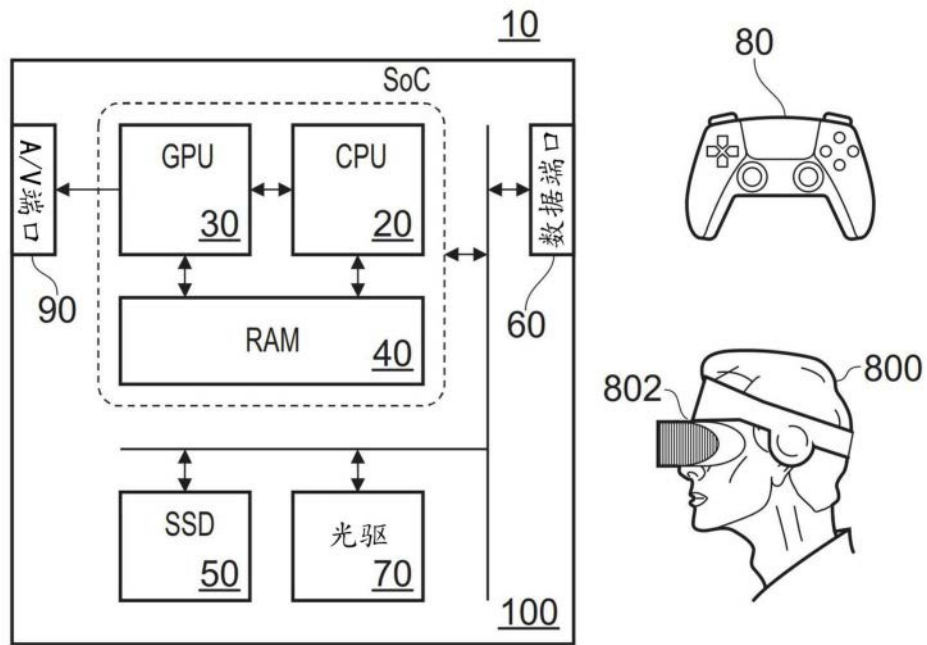


图1

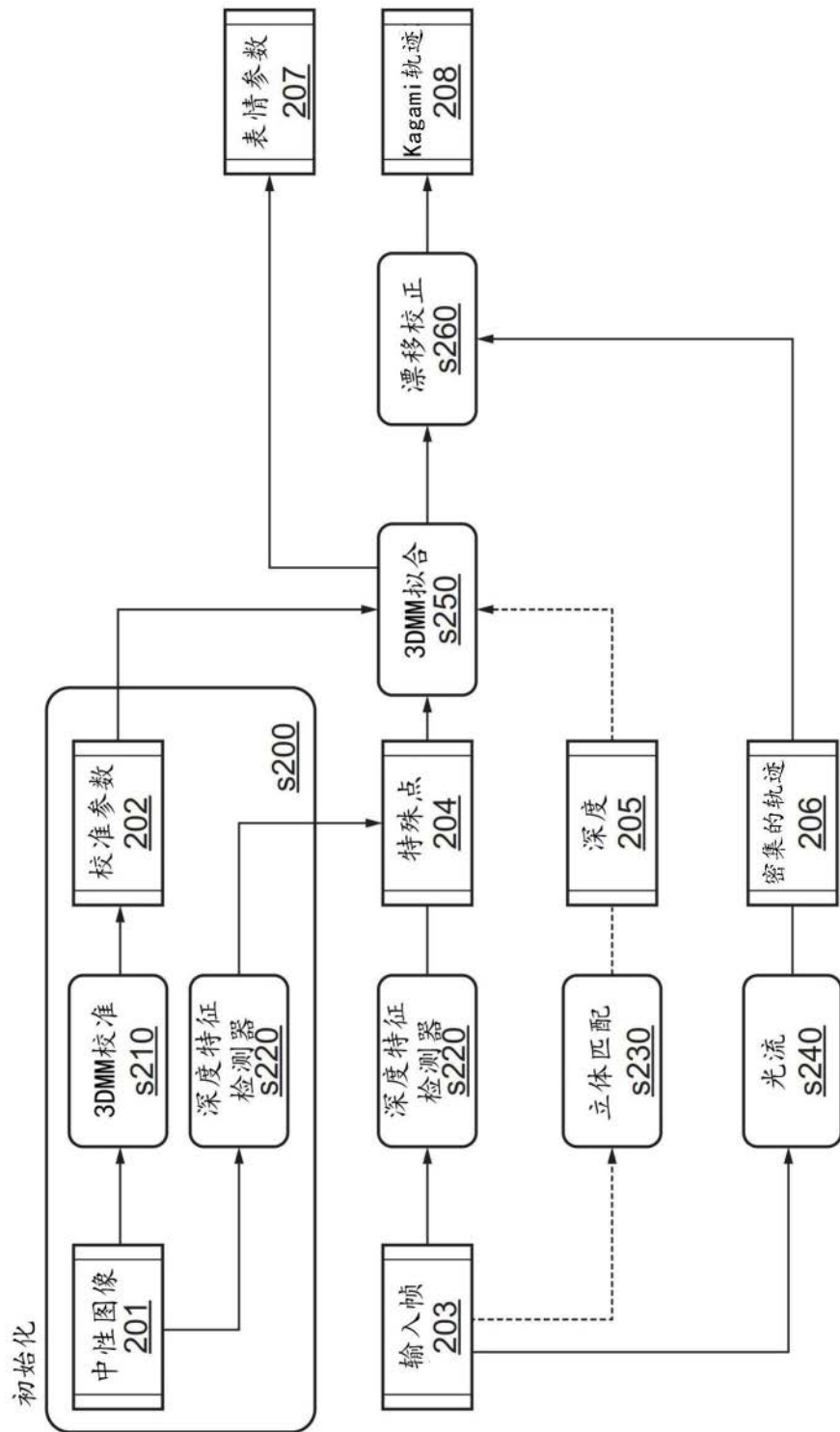


图2