



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104094594 B

(45)授权公告日 2017.06.20

(21)申请号 201380006368.2

(22)申请日 2013.01.08

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104094594 A

(43)申请公布日 2014.10.08

(30)优先权数据

13/356,618 2012.01.23 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.07.23

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2013/020693 2013.01.08

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/112284 EN 2013.08.01

(73)专利权人 微软技术许可有限责任公司

地址 美国华盛顿州

(72)发明人 S·卡茨 A·阿德莱尔

G·叶海弗 D·科恩 E·拉里

S·费尔岑式特恩

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司
31100

代理人 管琦琦

(51)Int.Cl.

H04N 13/00(2006.01)

(56)对比文件

US 2011019924 A1, 2011.01.27,

US 2011169998 A1, 2011.07.14,

WO 201104706 A1, 2011.09.01,

审查员 裴暑云

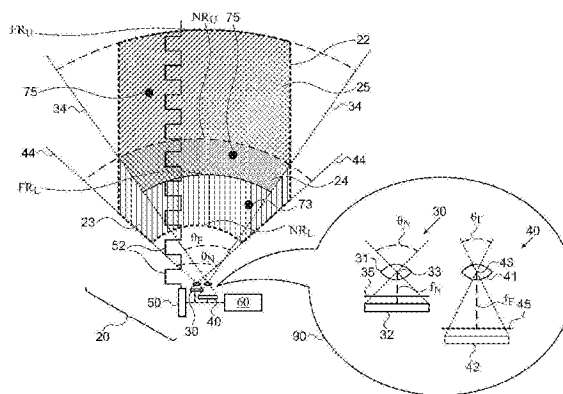
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

3D缩放成像器

(57)摘要

一种3D成像器,包括:分别具有固定的广角FOV和窄角FOV的两个相机,广角FOV和窄角FOV重叠用以为成像器提供活动空间;以及控制器,其响应于相机提供的距离和把活动空间分成近区、中间区和远区来确定到该活动空间中诸特征的距离。



1. 一种三维成像系统, 其对活动空间中的特征成像并确定到所述特征的距离, 所述成像系统包括:

用至少一个光脉冲照明所述活动空间的光源;

分别包括第一光电传感器和第二光电传感器的第一和第二飞行时间三维相机, 所述第一光电传感器和第二光电传感器具有光学中心和像素, 所述相机在所述像素上对从至少一个光脉冲反射的光成像以获取所述特征的距离图像, 其中第一飞行时间相机和第二飞行时间相机分别具有广角和窄角视野, 所述广角视野和窄角视野重叠以提供活动空间;

把所述活动空间分成区的多个范围边界; 以及

控制器, 其响应于所述区来处理所述距离图像以确定到所述特征的距离。

2. 根据权利要求1所述的系统, 其特征在于, 所述范围边界包括近范围下边界“NR_L”、近范围上边界“NR_U”、远范围下边界“FR_L”和远范围上边界“FR_U”。

3. 根据权利要求2所述的系统, 其特征在于, 所述范围边界满足关系 $NR_L < FR_L < NR_U < FR_U$ 并且把所述活动空间分成近区、中间区和远区, 针对所述近区、中间区和远区, 到所述活动空间中特征的距离分别位于NR_L和FR_L之间、FR_L和NR_U之间, 以及NR_U和FR_U之间。

4. 根据权利要求3所述的系统, 其特征在于, 为了提供包括到所述活动空间中特征的距离的深度图像, 所述控制器:

指定所述飞行时间相机中的一个为主相机而另一个为副相机;

为所述主相机中多个像素中的每一个确定在所述像素上成像的活动空间中特征的拖曳距离;

如果所述主相机是第一相机且所述拖曳距离在所述近区内, 或者所述主相机是第二相机且所述拖曳距离在所述远区内, 确定到所述特征的距离是所述拖曳距离;

如果所述主相机是第一相机且所述拖曳距离不在所述近区内, 或者所述主相机是第二相机且所述拖曳距离不在所述远区内, 响应于所述拖曳距离和所述副相机中像素提供的距离来确定到所述特征的距离; 以及

使用为所述主相机中像素确定的距离用于所述深度图像中的距离。

5. 根据权利要求4所述的系统, 其特征在于, 所述拖曳距离位于所述中间区。

6. 根据权利要求5所述的系统, 其特征在于, 所述控制器确定到所述特征的距离为所述拖曳距离和由所述副相机中像素提供的距离的平均。

7. 根据权利要求4所述的系统, 其特征在于, 所述主相机是第一相机且所述拖曳距离位于所述远区, 或者所述主相机是第二相机且所述拖曳距离位于所述近区。

8. 根据权利要求7所述的系统, 其特征在于, 所述控制器确定所述副相机中的哪些像素对沿着穿过所述主相机中的像素及所述主相机的所述光学中心的线的点成像。

9. 根据权利要求8所述的系统, 其特征在于, 所述控制器响应于由所述像素获取的距离图像, 用来自至少一个光脉冲的光为所述副相机中的每个经确定的像素确定距离。

10. 根据权利要求9所述的系统, 其特征在于, 所述控制器:

确定沿着穿过所述副相机的光学中心和所述经确定的像素的线的给定距离是在所述经确定的像素上成像的特征距所述副相机的实际距离的概率分布;

确定沿着所述主相机中的线的给定距离是在所述主相机像素上成像的特征距所述主相机的实际距离的概率分布; 以及

使用所述概率分布确定在所述主相机像素上成像的特征距所述主相机的距离。

3D缩放成像器

背景技术

[0001] 当对象远离相机移动时,对象对着相机在其上对对象成像的光电传感器的角度减小,并且相机投射在该光电传感器上的对象的图像大小以及该光电传感器中被该图像所覆盖的像素数目减少。随着图像大小和图像投射到其上的像素数目的减少,对象的特征的分辨率降低并且对象的细节可能变得无法分辨。提供缩放功能性的相机的光学系统是可调整的,从而在对象从相机中后退时它可被“放大”以保存或增加对象对着相机光电传感器的角度。对对象进行放大扩大了相机在其光电传感器上聚焦的对象的图像并且改善了对象的成像特征的分辨率。

[0002] 通常通过机械系统来提供相机的缩放调整,该机械系统移动相机光学系统中的一个或多个透镜以改变透镜的相对位置并由此改变光学系统的焦距。该系统移动各透镜以给相机提供相对长的焦距和以相对小的视角来放大对象为特征的视野 (FOV) 并且扩大相机获取的对象的图像。该系统移动各透镜以给相机提供相对短的焦距和相对广角的FOV来“缩小”对象及使相机获取的对象的图像变小。

[0003] 相机的FOV是由从相机的光学中心延伸的固定角度定义的空间区域,并且由相机的光学系统在相机的光电传感器上对其中的点进行成像。对绝大多数成像目的而言,可通过水平视角和竖视角方便地测量FOV的大小。水平视角和竖视角是在FOV中夹在从相机的光学中心延伸出的两条线之间的最大角度,水平视角和竖视角分别同与地面平行和与地面垂直的平面中的相机光轴共面。

[0004] 尽管放大扩大了相机成像的场景中对象的图像,但是它也减小了相机的FOV视角并由此导致成像场景的大小以及相机能够成像的围绕相机的环境的一部分减小。尽管缩小使相机成像的场景中对象的图像变小,但是它也增大了相机的FOV视角并由此导致成像场景的大小以及相机能够成像的围绕相机的环境的一部分增大。

[0005] 对于诸如跟踪人的姿势以使其与计算机进行对接的很多应用程序而言,对人成像的相机用在相对大的空间体(下文中称作“活动空间”)上有可接受的分辨率程度对人成像是有利的。例如,为了使人与对人的全身运动作出响应的计算机游戏(下文中还是全身的三维 (3D) 游戏,诸如拳击游戏或需要锻炼的游戏) 对接,相机用可接受分辨率在活动空间内的基本上所有地方对人成像可以是有利的。该活动空间例如可具有从接近相机等于约1m(米)的距离延伸到距相机约3m(米)远距离的“长度”。为了在活动空间的长度上提供有利的图像分辨率,相机光学器件可被配置用于缩放调整。

[0006] 使用3D相机(诸如,三角测量或飞行时间 (TOF) 3D相机) 有利地执行对人进行成像以在玩3D游戏期间跟踪人的姿势或动作,该3D相机获取到人的诸特征的距离以及到可任选的人的环境的诸特征的距离。在基本相同的给定时间由3D相机获取的人的距离及可任选的人的环境的距离提供包括人的场景的“深度图像(range image)”。3D相机一般是使用其生成的光对场景进行成像的活动照明相机并且被配置确定到场景中诸特征的距离。

[0007] 三角测量型3D相机从相机自两个一般稍有不同的视角对特征成像的角度获取到场景中这些特征的距离。三角测量相机可用被称作“结构化光”的在空间上被调制的光来照

明场景。飞行时间 (TOF) 三维 (3D) 相机通过该相机发射的在时间上被调制的光行进到特征并返回到该相机要花费多少时间进行计时, 来获取距相机所成像的场景中特征的距离。相机一般以很短的光脉冲发射光并且对来自它收集的特征所反射的脉冲的光进行成像以确定往返时间 (即光的“来回”行进时间)。

[0008] 提供具有缩放光学器件的3D相机一般在技术上和成本上都是有挑战的。

发明内容

[0009] 本发明的实施例涉及提供3D成像系统 (在下文中也称作“3D成像器”), 其包括具有与第二3D相机的窄角FOV的至少一部分重叠的广角FOV的第一3D相机。第一和第二3D相机的FOV界定3D成像器的活动空间。3D成像器包括处理器, 用可执行指令集对该处理器编程以供实现响应于第一和第二3D相机提供的距离信息来提供活动空间中诸特征的深度图像的算法。

[0010] 根据本发明的实施例, 该算法响应于第一3D相机 (下文中也被称作“近相机”) 所确定的距离, 来确定到相对接近3D成像器的活动空间的第一“近区”内诸特征的距离。该算法响应于第二3D相机 (下文中也被称作“远相机”) 所确定的距离, 来确定到相对远离3D成像器的活动空间的第二“远区”内诸特征的距离。使用两个3D相机提供的距离信息确定到近3D相机的FOV和远3D相机的FOV在此重叠的活动空间的第三、“重叠”区内诸特征的距离。

[0011] 在本发明的实施例中, 近3D相机和远3D相机分别包括在下文中也称作近TOF相机和远TOF相机的近TOF 3D相机和远TOF 3D相机。近TOF相机或远TOF相机中的像素获取图像 (下文中也称作“距离图像 (distance image)”), 该图像提供在该像素上成像的活动空间内的特征距TOF相机的距离的测量。根据本发明的实施例, 该算法提供使TOF相机中诸像素相关以确定近或远TOF相机中哪些像素对活动空间中由远或近TOF相机中的像素分别成像的基本相同的特征进行成像的方法。响应于由像素获取的距离图像提供的距离信息执行该相关。可任选地, 通过使不同TOF相机中像素对活动空间中相同特征成像的概率分布最大化来执行该相关。

[0012] 在一实施例中, 3D成像器包括控制器, 其响应于由3D成像器成像的活动空间中诸特征的距离, 控制由3D成像器提供用以照明活动空间的光的强度。

[0013] 通过根据本发明的一实施例配置3D成像器, 从而使其包括分别具有相对广角FOV和窄角FOV的近TOF相机和远TOF相机, 3D成像器具有相对大的活动空间。该3D成像器以相同的相对高的空间分辨率而无需使用常规缩放光学仪器对空间中基本所有地方的特征成像。

[0014] 在讨论中, 除非另行说明, 修改本发明的实施例的特征的条件或关系特性的诸如“基本上”和“大约”的形容词应被理解为该条件或特性被定义为针对该实施例所意图的应用在该实施例的操作可接受的容差范围以内。

[0015] 提供本发明内容是为了以简化的形式介绍将在以下详细描述中进一步描述的一些概念。本发明内容并不旨在标识所要求保护主题的关键特征或必要特征, 也不旨在用于限制所要求保护主题的范围。

附图说明

[0016] 以下参考本文所附的在本段后列出的各个附图来描述本发明的各实施例的非限

制性示例。在不止一个附图中出现的相同的结构、元素或部件通常在它们出现的所有图中用相同的数字来标记。附图中所示的组件的尺寸和特征是为了方便和清楚呈现而选择的，并且不一定按比例显示。

[0017] 图1根据本发明的实施例示意性地示出了包括第一和第二TOF相机的3D成像器以及由TOF相机的FOV提供的成像器的活动空间的平面图；

[0018] 图2根据本发明的实施例示意性地示出了在图1中所示的3D成像器的活动空间的相同区域中由TOF相机获取且被用来确定到活动空间中特征的距离的诸特征的距离图像之间的几何关系；以及

[0019] 图3A和3B示出了根据本发明的实施例用于确定距活动空间中特征的距离的算法的流程图。

[0020] 详细描述

[0021] 在下文的详细描述中，参考示出TOF 3D成像器各部件及由TOF相机的FOV提供的活动空间的图1来讨论包括多个(可任选为两个)TOF相机的TOF 3D成像器的诸方面。图2示意性地示出了针对在图1所示的TOF 3D成像器的活动空间的相同区域中的特征由两个TOF相机中的像素获取的距离图像之间的几何关系。图示意性地示出由距离图像提供的距离测量中以及由TOF相机中的像素提供的距离测量的频率分布(为了方便被假设为高斯分布)中的不确定性。参考图2以及图3A和3B中所示的流程图讨论了用于使用由两个TOF相机提供的信息来确定距活动空间中各特征的距离以及用于使像素相关以确定两个相机中的哪些像素对应且对活动空间中基本相同的特征成像的方法。

[0022] 图1示意性地示出了包括近TOF相机30、远TOF相机40和光源50的TOF 3D成像器20的平面图。在插图90中示出了TOF相机的细节。

[0023] 近TOF相机30包括由透镜31表示的光学系统，其收集来自被近TOF相机成像的对象的光并且把所收集的光成像在光电传感器32上。光学系统31具有光学中心33以及焦距 f_N 其连同光电传感器32一起界定了以由线44界定的相对大的(可任选固定的)水平视角 θ_N 为特征的近TOF相机的广角FOV。指示界定近TOF相机30的广角FOV的视角 θ_N 的线的数字44还用来指FOV，其可被称作近TOF相机30的“近FOV”。光学系统31还包括用于遮挡近TOF相机30使其挡板打开和关闭的快门35。

[0024] 类似地，远TOF相机40包括由透镜41表示的光学系统，其收集来自相机的FOV中对象的光并且把所收集的光成像在光电传感器42上。光学系统具有光学中心43以及焦距 f_F 其连同光电传感器42一起界定了以由线34界定的相对大的(可任选固定的)水平视角 θ_F 为特征的远TOF相机的窄角FOV。指示界定远TOF相机40的广角FOV的视角 θ_F 的线的数字34还用来指FOV，其可被称作远TOF相机的“远FOV”。光学系统41还包括用于遮挡远TOF相机使其挡板打开和关闭的快门45。

[0025] 光源50可被控制器60控制以辐射一系列光脉冲来照明近FOV 44和远FOV 34中的对象。由光源55辐射的光脉冲示意性地由标有数字52的方形“脉冲”来表示。鉴于光脉冲52可包括由合适的发光二极管(LED)提供的光和/或来自频谱任意部分的激光，光脉冲52通常是近红外(NIR)光脉冲。

[0026] 在自光源50辐射的一系列光脉冲中的每个光脉冲52来照明近FOV 44和远FOV 34中的对象之时起的预定时延 τ_{ND} 之后，控制器60控制近快门35在具有持续时间 τ_N 的短曝光时

段内打开近TOF相机30的快门。在该曝光时段期间,抵达近TOF相机30的由近FOV44中诸特征从光脉冲反射的光由透镜31成像到光电传感器32上。所成像的光被近TOF相机记录并被用来确定光脉冲52中的光从光源50行进到特征并返回到TOF相机30的往返时间花费多少时间。往返时间和光速用于确定特征距近TOF相机的距离,并因此用于确定距TOF 3D成像器20的距离。

[0027] 类似地,控制器60控制远TOF相机40中的快门45以在每一脉冲52被光源50辐射之后的延时 τ_{FD} 之后具有持续时间 τ_F 的短曝光时段内打开远TOF相机的快门。远TOF相机成像并记录在该曝光时段内从抵达远TOF相机的光脉冲反射的光并且使用所记录的光来确定从TOF 3D成像器20到远FOV 34中诸特征的距离。

[0028] 远TOF相机40因其窄角FOV 34相比近TOF相机30能以更好的空间分辨率对距TOF 3D成像器20更远的特征成像,但对TOF 3D成像器20附近相对小的空间体成像。另一方面,近TOF相机30因其相对广角的FOV 44能对TOF 3D成像器20附近相对大的空间体成像并且可被配置以可接受的空间分辨率对近处特征成像。

[0029] 根据本发明的实施例,结合近FOV 44和远FOV 34为TOF 3D成像器20提供有利的活动空间并且确定如何使用近TOF相机30和远TOF相机40提供的距离信息,为TOF相机30和远TOF相机40建立成像范围的上下边界。分别用NRL和NRU来表示与近TOF相机30相关联的上下范围边界。在图1中用标记为NRL和NRU的虚线示意性地示出近TOF相机30的下边界和上边界。分别用FRL和FRU来表示与远TOF相机40相关联的上下范围边界。在图1中用标记为FRL和FRU的虚线示意性地示出远相机40的下边界和上边界。

[0030] 视角 θ_N 和 θ_F 以及范围边界NRL、NRU、FRL及FRU可任选地为TOF 3D成像器20界定出由粗体虚线22示意性框出轮廓的活动空间。标记框出TOF 3D成像器20的轮廓的虚线的数字22还用来指活动空间。

[0031] 在本发明的实施例中,确定近TOF相机30的广角FOV44的视角 θ_N 从而使活动空间22具有接近TOF 3D成像器20的有利宽度。确定近上边界NRU及远上边界FRU以及远TOF相机40的窄角FOV 34的视角 θ_F ,从而使近TOF相机30和远TOF相机40以基本相同的空间分辨率分别对距离NRU及FRU的对象成像。作为解说性示例,假设光电传感器32和42具有基本相同的像素大小,在 $\tan[\theta_F/2] = (NRU/FRU) \tan[\theta_N/2]$ 的情况下,近TOF相机30和远TOF相机40以基本相同的空间分辨率分别对距离NRU及FRU处的对象成像。

[0032] 作为数字示例,假设近TOF相机30和远TOF相机40具有一包括640x 480个像素的阵列且诸像素具有5.6 μm (微米)的对角线长度的光电传感器32和42。如果NRU=200cm且FRU=300cm,近TOF相机30和远TOF相机40在它们的FOV角度 θ_N 和 θ_F 分别等于约74°和约53°的情况下将分辨出分别在距离200cm和300cm处以约0.5cm分隔的特征。

[0033] 为了提供平滑地连续活动空间22以及为了促成由近TOF相机30和远TOF相机40提供的图像的空间配准,确定远TOF相机40的下边界范围FRL和近TOF相机30的上边界范围NRU使得FRL<NRU。活动空间22因此包括三个区:近区23、中间区24和远区25。

[0034] 作为数字示例,假设活动空间(例如为了玩全身3D计算机游戏的活动空间22)有利地从距TOF 3D成像器20等于约0.80m的NRL延伸到等于约3m的FRU。如果在距TOF 3D成像器2000.80m处的活动空间22约1m宽,则近TOF相机30有利地具有等于约62.5°的视角 θ_N 。如果在距TOF 3D成像器200距离NRU处的活动空间22有约2.5m的宽度,则NRU等于约2m且 $\theta_F =$

$\arctan[\theta_F/2] = \arctan((NRU/FRU) \tan[\theta_N/2])$ θ_F 等于约 42° 。如果近TOF相机和远TOF相机具有一边 $15\mu\text{m}$ 且能够有利地分辨距离NRU和FRU处以约 1cm 分隔的特征的正方形像素,则它们的焦距 f_N 和 f_F 有利地分别等于约 30mm (毫米) 和 45mm 。

[0035] 控制器60控制TOF 3D成像器20,并且响应于上、下边界NRL、NRU、FRL和FRU以及由它们界定的区23、24和25处理由近TOF相机30和远TOF相机40获取的距离图像所提供的距离信息。在本发明的实施例中,控制器60使用近TOF相机30的延时 τ_{ND} 和曝光时段持续时间 τ_N 基本上分别等于远TOF相机40的延时 τ_{FD} 和曝光时段持续时间 τ_F 来控制TOF 3D成像器20。在这些基本相等的条件下,两个TOF相机在距TOF 3D成像器相同的距离范围上获取活动空间22中特征的图像。

[0036] 在本发明的实施例中,控制器60用 τ_{FD} 和 τ_F 开关远TOF相机40的快门从而仅当特征距近TOF相机的距离在FRL和FRU之间时使远TOF相机40用来自光源50的光对存在于远FOV 34中的特征成像。类似地,控制器60用 τ_{ND} 和 τ_N 开关近TOF相机30的快门从而仅当特征距近TOF相机的距离在NRL和NRU之间时使近TOF相机30用来自光源50的光对存在于近FOV 44中的特征成像。

[0037] 一般而言,控制器60可使用仅由近TOF相机30提供的距离图像为区23中的诸特征提供可接受的距离测量。一般而言,控制器60可使用仅由远TOF相机40提供的距离图像为区25中的诸特征提供可接受的距离测量。对于位于中间区24中的诸特征以及由TOF相机之一提供的明显无效或不确定的距离而言,控制器可任选地使用由近和远TOF相机两者提供的数据。实心圆73、74和75示意性地表示位于区23、24和25中的特征。

[0038] 对于根据来自近TOF相机30和远TOF相机40两者的距离图像确定的距特征的距离,控制器指定TOF相机之一为“主”TOF相机。为了便于表示,在根据本发明的实施例如何使用来自TOF相机的信息的以下描述中,字母“C”表示主相机。字母C*表示可被称为“副”相机的另一相机。假设要为在主相机C的像素 P_j 上成像的特征确定距TOF 3D成像器20的距离。作为示例,在接下来的参考图2的讨论中,主相机被假设是近TOF相机30,而在像素 P_j 上成像的特征被假设是图1中所示的位于中间区24中的特征74。

[0039] 图2示意性地示出了近TOF相机30和远TOF相机40、特征74位于其中的中间区24的区域100及特征74在其上被成像在主相机C(近TOF相机30)的光电传感器32上的像素 P_j 的经大幅放大的视图。

[0040] 根据本发明的实施例,特征74被假设在空间中被限制沿一条线,该条线是从特征通过近TOF相机30的光学中心33传递并与像素 P_j 相交的成像线101(也称作主成像线101)。特征74的拖曳距离(trail distance)是根据由像素 P_j 获取的特征74的距离图像所确定的距离“ d_{CP_j} ”。沿主成像线101的距离“ d ”被假设是特征74在此沿成像线的实际距离的概率由概率分布函数 $P(d; d_{CP_j}, \sigma_j)$ 给出,其中 σ_j 是与拖曳距离 d_{CP_j} 相关联的误差的度量。拍摄及读取噪声通常产生与拖曳距离相关联的误差。在参考线110和111之间的成像线101的线段示意性地表示与 d_{CP_j} 相关联的误差的幅度。在图2中,概率分布 $P(d; d_{CP_j}, \sigma_j)$ 被假设是由被示出沿成像线101在距离 d_{CP_j} 处具有最大值和标准偏差 σ_j 的曲线120表示的正态分布。

[0041] 根据本发明的实施例,对于沿成像线101、在参考线110和111之间、在距离 d_{jm} 处的多个区 R_{jm} ($1 \leq m \leq M$) 中的每一个,根据哪个区 R_{jm} 将被成像来确定远TOF相机40的光电传感器42中的像素 P^*_{jm} ,如果它位于该区中。在图2中M被任意地示为等于5。通过由分别对应于

$R_{j1}, R_{j2}, \dots, R_{j5}$ 的对应距离 $d_{j1}, d_{j2}, \dots, d_{j5}$ 标记的菱形图标沿主成像线 101 在参考线 110 和 111 之间的线段示意性地指示区 R_{jm} 。

[0042] 像素 P_{jm} 位于从 d_{jm} 延伸通过副相机 (远 TOF 相机 40 的) 的光学中心 43 的成像线 IL_m (在下文中还称作副成像线 IL_m) 的末尾处。假设由像素 P_{jm} 获取的距离图像沿其相关联的成像线 IL_m 为在像素上成像的特征提供距离 dC_{jm} 并且距离 dC_{jm} 与误差 σ_{jm} 相关联。通过由距离 dC_{jm} ($1 \leq m \leq 5$) 标记的圆形图标沿副成像线 IL_m 图形化表示距离 dC_{jm} 。

[0043] 让在像素 P_{jm} 上成像的特征沿成像线 IL_m 的距离 d_m 是该特征的实际距离的概率由概率分布函数 $P(d_m; dC_{jm}, \sigma_{jm})$ 给出。在图 2 中对于 $m=5$ 的示例性分布 $P(d_{j5}; dC_{j5}, \sigma_{j5})$ 被示出为正态分布 130。如果主成像线 101 和副成像线 IL_m 的交点位于沿成像线 IL_m 距远 TOF 相机 40 的距离为 d_{jm} 处, d_{jm} 是在像素 P_{jm} 上成像的特征距远 TOF 相机 40 的实际距离的概率是 $P(d_{jm}; dC_{jm}, \sigma_{jm})$ 。

[0044] 根据本发明的实施例, 控制器 60 确定特征 (例如在主、近 TOF 相机 30 的像素 P_j 上成像的特征 74) 的距离 d_{CP_j} 是使 $P(d_m; dC_{j5}, \sigma_{j5}) \cdot P(d_{jm}; dC_{jm}, \sigma_{jm})$ 最大化的距离 d_m ($1 \leq m \leq M$)。

[0045] 要注意, 尽管在上面的讨论中近 TOF 相机 30 被指定为主相机而远 TOF 相机 40 被指定为副相机, 但是用于确定距离的过程一般在实质上与哪个相机是主相机是独立的。各相机的角色可以反转, 其中远 TOF 相机 40 被指定为主相机而近 TOF 相机被指定为副相机, 且主成像线 101 与远 TOF 相机相关联。

[0046] 图 3A 和 3B 示出了算法的流程图 200 (也由数字 200 来指代), TOF 3D 成像器 20 通过该算法处理由近 TOF 相机 30 和远 TOF 相机 40 获取的来自活动空间 22 的图像的信息以确定距活动空间 22 中特征的距离并为活动空间中的诸特征提供深度图像。

[0047] 在框 202 中, 可任选地, 控制器 60 确定是否调整 TOF 3D 成像器 20 以按缩小模式或按放大模式操作。调整 TOF 3D 成像器包括确定近 TOF 相机 30 (广角 FOV、缩小相机) 或远 TOF 相机 40 (窄角 FOV、放大相机) 中的哪个相机被指定是用于处理由相机提供的距离信息的主相机。关于图 1 的讨论提供了主相机在确定到活动空间 22 中特征的距离中的角色的示例 (图 1)。可任选地, 为了确定哪个相机被有利地指定为主相机, 控制器 60 根据由近 TOF 相机 30 和远 TOF 相机 40 提供的距离估计活动空间 22 中的近、重叠以及远区 23、24 和 25 中存在的感兴趣的特征数目。响应于所估计的特征数目, 控制器确定是放大还是缩小。

[0048] 例如, 如果特征在近区 23 或远区 25 中存在优势, 控制器 60 分别调整 TOF 3D 成像器 20 用近 TOF 相机 30 作主相机按放大模式操作, 或者用远 TOF 相机 40 作主相机按缩小模式操作。可任选地, 如果发现感兴趣的特征在中间区中存在优势, 控制器 60 让 TOF 3D 成像器按它在估计感兴趣的特征数目之前进行操作的缩放模式进行操作, 或根据预定默认过程确定缩放模式。

[0049] 在框 204 中, 控制器 60 设置由光源 50 辐射的光脉冲的强度以匹配缩放模式的选择。如果缩放模式是缩小, 控制器可任选地设置该强度为适度水平, 以减小接近 TOF 3D 成像器 20 的近区 23 中的特征把来自光脉冲的大量光反射回近 TOF 相机 30 和远 TOF 相机 40 (这使 TOF 相机中像素饱和) 的概率。如果缩放模式是放大, 控制器 60 可任选地设置所辐射的脉冲强度大于被选取用于缩小模式的适度强度, 以减小距 TOF 3D 成像器 20 相对远的远区 23 中的特征不把足量的光反射回 TOF 相机用于进行可接受的成像的概率。可任选地, 为在中间区 24 中发

现相对大量的感兴趣的特征的情况确定中间强度。

[0050] 在框206中,控制器把指定主相机C中诸像素的索引“j”初始化为0,该主相机可以是近TOF相机30或远TOF相机40。索引j具有表示近TOF相机30中像素总数的等于J的最大值。在框208中,控制器对索引加1。在框210中,控制器60为活动空间22中的特征确定距由主相机C中的像素 P_j 获取的距离图像的拖曳距离 dCP_j 。在判定框212中,控制器60确定 dCP_j 的值指示在像素 P_j 上成像的特征是否位于与主相机C相关联的活动空间22中的区内(下文中称作“C区”)。即,如果近TOF相机30是主相机C,C区是近区23(图1),且如果远TOF相机40是主相机C,C区是远区25。如果成像的特征出现在C区,在框214中控制器可任选地确定距离 $DCP_j = dCP_j$ 是主相机C的像素 P_j 上成像的特征的距离。

[0051] 控制器随后可任选地继续至框224并确定j是否等于主相机C中像素的总数J。如果j不等于J,控制器60返回框208对索引j加1并继续为在下一像素 $P_{(j+1)}$ 上成像的特征确定距离。如果j=J,控制器60结束用于为主相机C中的像素 P_j 确定距离的过程,并且可任选地在框226中它使用距离 DCP_j $j=1 \rightarrow J$ 为活动空间22提供深度图像。控制器随后可任选地继续至框228以结束过程。

[0052] 在本发明的实施例中,如果特征不在C区中,控制器在判定框216中可任选地确定拖曳距离 dCP_j 是否指示在像素 P_j 上成像的特征是否显现出位于中间区24内。如果是,在框218中可任选地,控制器60使用来自主相机C和副相机C*的距离信息为在 P_j 上成像的特征确定距离 DCP_j 。可任选地,控制器根据近TOF相机30和远TOF相机40的几何结构以及它们在TOF 3D成像器20中相对彼此的位置来确定哪个像素 $P_{*k:j-k}$ 对应 P_j ,并且对像素 P_j 成像的基本相同的特征成像。可任选地,控制器确定距离 DCP_j 为拖曳距离 dCP_j 和根据等式 $DCP_j = w_c dCP_j + w_{c*} dC_{*P_{*k:j-k}}$ 由像素 $P_{*k:j-k}$ 获取的距离图像所提供的拖曳距离 $dC_{*P_{*k:j-k}}$ 的加权平均,其中 w_c 和 w_{c*} 是加权因子。加权因子例如可以对来自主相机C的信息比来自副相机C*的信息更大程度地加权,或者通过它们各自误差的函数对拖曳距离加权。在确定 DCP_j 之后,控制器60可任选地经由判定框224继续从框218到框208以增加索引j或到框226以为活动空间22提供深度图像并且继续至框228以结束过程。

[0053] 如果在框216中控制器60发现拖曳距离 dCP_j 不指示特征位于中间区24内,则或者拖曳距离指示特征位于C*区(该区在活动空间22内与副相机C*相关联),或者拖曳距离无效且控制器可任选地继续至框220。可任选地,控制器执行与上面参考图2所述类似的过程并且根据表达式 $DCP_j = \{d_m | \text{MAX} [P(d_m; dCP_j, \sigma_j) \cdot P(d_{*j_m}; dC_{*P_{*j_m}}, \sigma_{*j_m})]\}$ 确定 DCP_j 。

[0054] 控制器可任选地从框220继续至框224并且随后返回框208以为主相机C中的下一像素重复过程,或者至框226以提供深度图像并随后结束过程。

[0055] 当然,如果TOF 3D成像器20处在连续操作中,例如为了支持全身3D计算机游戏对活动空间22中的特征重复地成像,控制器可继续为游戏期间为活动空间获取的每个图像集合重复执行算法200。

[0056] 在本申请的说明书和权利要求书中,动词“包括”、“包含”和“具有”及其组合中的每一个是用来指示该动词的一个或多个宾语不一定是该动词的一个或多个主语的组件、元素、或部分的完整列表。

[0057] 在本申请中作为示例提供了对本发明的各实施例的描述,而不旨在限制本发明的范围。所描述的各实施例包括不同特征,并非所有这些特征都是本发明的所有实施例所需

的。某些实施例只利用了特征的某一些或特征的可能组合。本领域的技术人员会想到所描述的本发明的各实施例的变型以及本发明的各实施例包括在所描述的各实施例中注明的特征的不同组合。本发明的范围只由权利要求书来限定。

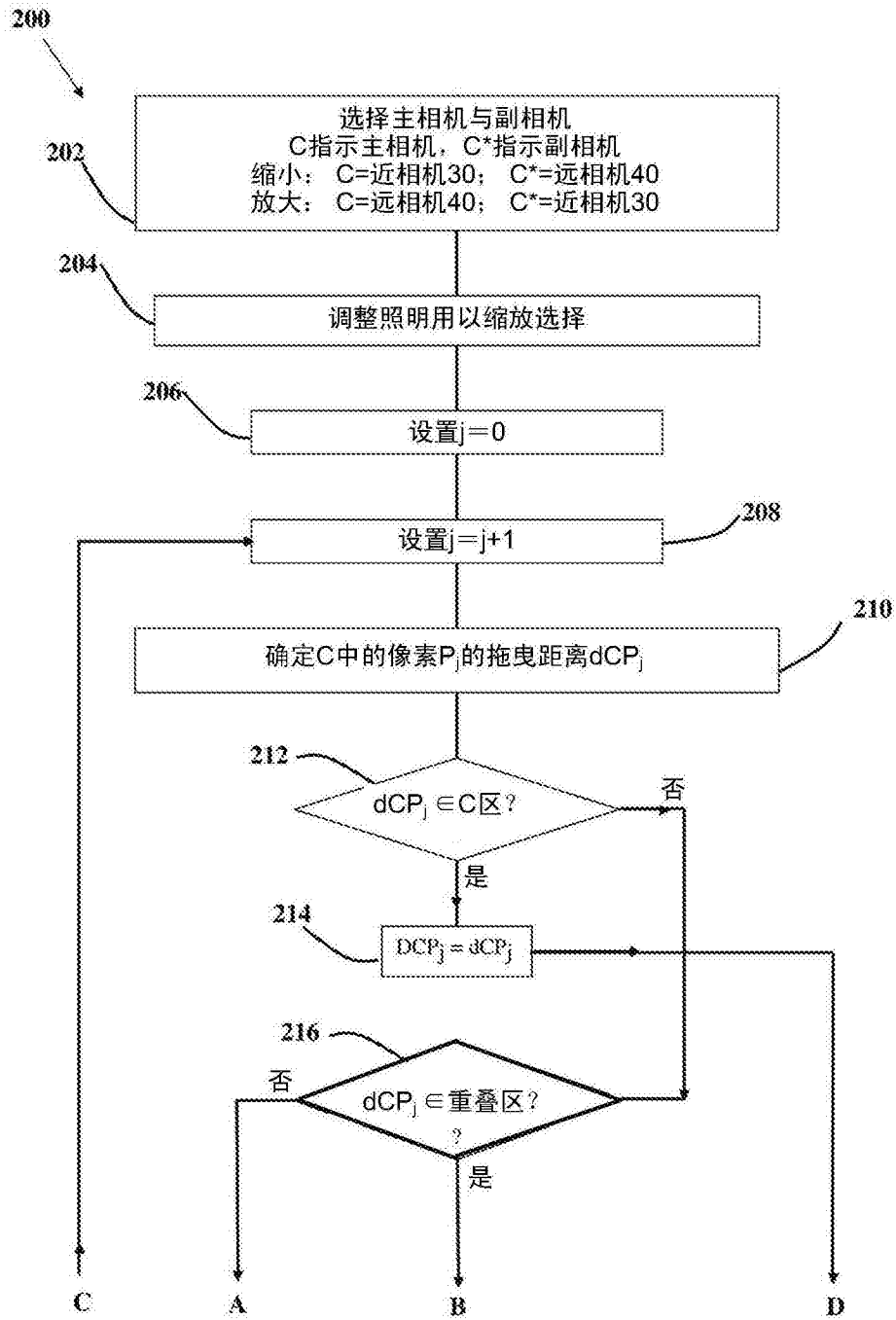


图3A

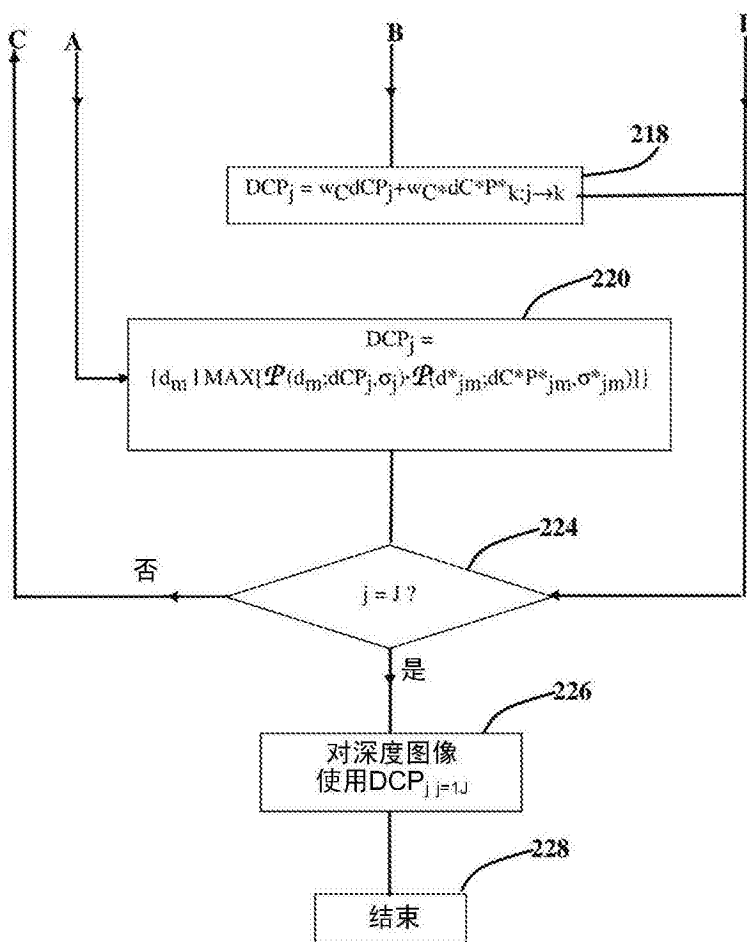


图3B