



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113168004 B

(45) 授权公告日 2023. 01. 06

(21) 申请号 201880099633.9

(22) 申请日 2018.11.21

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113168004 A

(43) 申请公布日 2021.07.23

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.05.19

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/EP2018/082087 2018.11.21

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/104027 EN 2020.05.28

(73) 专利权人 瑞典爱立信有限公司
地址 瑞典斯德哥尔摩

(72) 发明人 何塞·阿罗约 伦纳德·布朗斯
约安尼斯·卡拉吉安尼斯

迭戈·冈萨雷斯莫兰

阿迷尔侯赛因·塔赫库斯塔尼

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

专利代理师 陈慧

(51) Int.Cl.
G02B 27/01 (2006.01)

(56) 对比文件
W0 2017156486 A1, 2017.09.14
CN 107004279 A, 2017.08.01
CN 105573486 A, 2016.05.11
CN 107533233 A, 2018.01.02
US 2016381286 A1, 2016.12.29
US 2018181196 A1, 2018.06.28
US 2017221270 A1, 2017.08.03

审查员 王永强

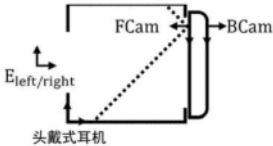
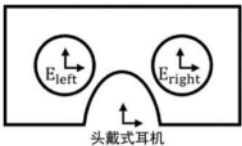
权利要求书6页 说明书13页 附图8页

(54) 发明名称

与用户可佩戴的头戴式耳机连接的移动电
子设备的校准

(57) 摘要

提供了一种移动电子设备 (120), 以与头戴
式耳机 (100) 一起使用。相机 (122) 输出头戴式耳
机的一部分的数字图片。显示设备显示信息, 以
供佩戴头戴式耳机 (100) 的用户观看。处理器检
索至少表征相机相对于显示设备的姿态的校准
参数, 并处理来自相机的数字图片以识别数字图
片内的光学可识别特征的姿态。基于数字图片内
的光学可识别特征的所识别的姿态, 并且至少基
于如由校准参数表征的相机相对于显示设备的
姿态, 识别移动电子设备 (120) 相对于保持器的
姿态。处理器基于移动电子设备 (120) 相对于保
持器的所识别的姿态来控制在显示设备上何处
渲染图形对象。



1. 一种用于头戴式耳机(100)的移动电子设备(120),所述头戴式耳机(100)包括保持器(121),所述保持器被配置为相对于所述头戴式耳机以限定的姿态可释放地保持所述移动电子设备,所述移动电子设备(120)包括:

相机(122),被配置为输出数字图片,并且由所述保持器布置以观看所述头戴式耳机的一部分;

显示设备(1040),由所述保持器布置以显示信息供佩戴所述头戴式耳机的用户观看;

处理器(1006),操作地连接到所述相机和所述显示设备;以及

存储器(1010),存储由所述处理器执行以执行包括以下的操作的程序代码(1012):

从所述存储器中检索至少表征所述相机相对于所述显示设备的姿态的校准参数;

处理来自所述相机的数字图片,以识别在所述移动电子设备被所述保持器保持时捕获的数字图片内的光学可识别特征的姿态;

基于所述数字图片内的光学可识别特征的所识别的姿态并且至少基于由所述校准参数表征的所述相机相对于所述显示设备的姿态,来识别所述移动电子设备相对于所述保持器的姿态;以及

基于所述移动电子设备相对于所述保持器的所识别的姿态,控制在所述显示设备上何处渲染图形对象。

2. 根据权利要求1所述的移动电子设备(120),其中,处理来自所述相机的数字图片以识别在所述移动电子设备被所述保持器保持时捕获的数字图片内的光学可识别特征的姿态的操作包括:处理所述数字图片以识别由所述相机捕获的所述头戴式耳机的光学可识别特征的姿态。

3. 根据权利要求2所述的移动电子设备(120),其中,所述操作还包括:

根据从所述存储器中检索的校准参数,确定在先前校准过程期间由所述相机捕获的先前数字图片内的所述头戴式耳机的光学可识别特征的姿态,

其中,处理来自所述相机的数字图片以识别所述数字图片内的所述头戴式耳机的光学可识别特征的姿态的操作是在当前校准过程期间执行的,以及

其中,识别所述移动电子设备相对于所述保持器的姿态的操作基于如下比较:在所述当前校准过程期间捕获的数字图片内的所述头戴式耳机的光学可识别特征的所识别的姿态与在所述先前校准过程期间捕获的先前数字图片内的所述头戴式耳机的光学可识别特征的姿态的比较。

4. 根据权利要求1至3中任一项所述的移动电子设备(120),其中,所述操作还包括:

在所述显示设备上显示校准图案,以通过从所述头戴式耳机的表面和/或从用户眼睛反射所述校准图案的一部分使所述相机将所述校准图案的所述部分捕获在所述数字图片内,以及

处理来自所述相机的数字图片以识别所述数字图片内的光学可识别特征的姿态的操作包括:处理所述数字图片以识别所述校准图案的所述部分内的限定特征的姿态。

5. 根据权利要求1至3中任一项所述的移动电子设备(120),其中,所述操作还包括:

根据从所述存储器中检索的所述校准参数,确定影响所述数字图片内的限定特征的姿态的所述相机的失真参数,

其中,处理来自所述相机的数字图片以识别所述数字图片内的光学可识别特征的姿态

的操作针对所述相机的失真参数进行补偿。

6. 根据权利要求1至3中任一项所述的移动电子设备(120), 其中, 所述操作还包括:

根据从所述存储器中检索的所述校准参数, 确定头戴式耳机到眼睛的参数, 所述头戴式耳机到眼睛的参数在至少二维空间中标识在先前的校准过程期间确定的所述头戴式耳机上的至少一个位置与所述用户的至少一只眼睛之间的距离,

其中, 控制在所述显示设备上何处渲染图形对象的操作进一步基于所述头戴式耳机到眼睛的参数来执行。

7. 根据权利要求1至3中任一项所述的移动电子设备(120), 其中, 所述操作还包括:

根据从所述存储器中检索的所述校准参数, 确定离轴投影参数, 所述离轴投影参数在至少二维空间中标识在先前的校准过程期间确定的所述显示设备上的至少一个位置与所述用户的至少一只眼睛之间的距离,

其中, 控制在所述显示设备上何处渲染图形对象的操作进一步基于所述离轴投影参数来执行。

8. 根据权利要求1至3中任一项所述的移动电子设备(120), 其中:

基于所述数字图片内的光学可识别特征的所识别的姿态并且至少基于由所述校准参数表征的所述相机相对于所述显示设备的姿态来识别所述移动电子设备相对于所述保持器的姿态的操作包括:

生成相机到头戴式耳机的变换, 该变换将所述相机的姿态与所述数字图片内的头戴式耳机的光学可识别特征相关联(500);

获得相机到显示的变换, 该变换将所述相机的姿态与所述显示设备的姿态相关联(502); 以及

基于所述相机到头戴式耳机的变换和所述相机到显示的变换, 生成显示到头戴式耳机的变换(504); 以及

基于所述移动电子设备相对于所述保持器的所识别的姿态控制在所述显示设备上何处渲染图形对象的操作基于所述显示到头戴式耳机的变换来执行(506)。

9. 根据权利要求8所述的移动电子设备(120), 其中, 所述操作还包括:

根据从所述存储器中检索的所述校准参数, 确定影响所述数字图片内的头戴式耳机的光学可识别特征的姿态的所述相机的失真参数,

其中, 生成所述相机到头戴式耳机的变换的操作针对所述相机的失真参数进行补偿。

10. 根据权利要求8所述的移动电子设备(120), 其中, 获得将所述相机的姿态与所述显示设备的姿态相关联的所述相机到显示的变换的操作包括:

处理来自所述相机的所述数字图片或另一数字图片, 以从反射图像中识别所述相机和所述显示设备之间的相对于至少二维坐标系的距离, 所述反射图像是通过来自所述显示设备的图像被所述头戴式耳机的反射表面反射到所述相机而生成的; 以及

基于所述相机和所述显示设备之间的距离来生成所述相机到显示的变换。

11. 根据权利要求10所述的移动电子设备(120), 其中, 基于所述相机和所述显示设备之间的距离来生成所述相机到显示的变换的操作包括:

获得表征所述保持器与产生所述反射图像的所述头戴式耳机的反射表面之间的距离的数据; 以及

基于根据表征所述保持器和所述头戴式耳机的反射表面之间的距离的数据,缩放在所述反射图像中识别的所述相机和所述显示设备之间的距离,来生成所述相机到显示的变换。

12. 根据权利要求8所述的移动电子设备(120),其中,所述操作还包括:

处理来自所述相机的所述数字图片或另一数字图片以识别用户眼睛的姿态(600);以及

生成相机到眼睛的变换,该变换将所述相机的姿态与用户眼睛的姿态相关联(602),

其中,控制在所述显示设备上何处渲染图形对象的操作进一步基于所述相机到眼睛的变换来执行。

13. 根据权利要求1至3中任一项所述的移动电子设备(120),其中,所述操作还包括:

响应于所述移动电子设备相对于所述保持器的所识别的姿态超过偏移阈值,

确定所述移动电子设备将相对于所述保持器移动的方向和距离,以使所述显示设备在所述保持器上的限定位置的阈值距离内,以及

在所述显示设备上显示消息,所述消息指示所述移动电子设备将要移动的方向和距离。

14. 根据权利要求1至3中任一项所述的移动电子设备(120),其中,所述操作还包括:

响应于所述移动电子设备相对于所述保持器的所识别的姿态超过偏移阈值,

确定所述移动电子设备将相对于所述保持器移动的方向,以使所述显示设备在所述保持器上的限定位置的阈值距离内,

在所述显示设备上显示消息,所述消息指示所述移动电子设备应移动的方向,以及

重复对方向的确定并显示另一消息,直到所述移动电子设备在所述保持器上的限定位置的阈值距离内,其中所述另一消息指示所述移动电子设备应移动的方向。

15. 根据权利要求1至3中任一项所述的移动电子设备(120),其中,所述操作还包括:

在所述显示设备上显示校准图案,以通过从所述头戴式耳机的表面和/或从用户眼睛反射所述校准图案的一部分使所述相机将所述校准图案的所述部分捕获在所述数字图片或另一数字图片内;

基于对所述校准图案的所述部分内的特征的大小的确定,来确定所述显示设备的大小和/或所述显示设备的像素密度;以及

在所述存储器中的校准参数的数据结构中存储对所述显示设备的大小和/或所述显示设备的像素密度的指示。

16. 根据权利要求1至3中任一项所述的移动电子设备(120),其中,所述操作还包括:

操作所述相机以捕获由所述显示设备显示并且由所述头戴式耳机的表面和/或由用户眼睛反射的图像的反射;

基于对所反射的图像的形状的确定来确定所述显示设备的形状;以及

在所述存储器中的校准参数的数据结构中存储对所述显示设备的形状的指示。

17. 一种由移动电子设备的处理器执行操作的方法,所述移动电子设备包括用于与头戴式耳机一起使用的相机和显示设备,所述头戴式耳机包括保持器,所述保持器被配置为相对于所述头戴式耳机以限定姿态可释放地保持所述移动电子设备,所述方法包括:

检索至少表征所述相机相对于所述显示设备的姿态的校准参数(400);

处理来自所述相机的数字图片,以识别在所述移动电子设备被所述保持器保持时捕获的数字图片内的光学可识别特征的姿态(402);

基于所述数字图片内的光学可识别特征的所识别的姿态并且至少基于由所述校准参数表征的所述相机相对于所述显示设备的姿态,来识别所述移动电子设备相对于所述保持器的姿态(404);以及

基于所述移动电子设备相对于所述保持器的所识别的姿态,控制在所述显示设备上何处渲染图形对象(406)。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中,处理来自所述相机的数字图片以识别在所述移动电子设备被所述保持器保持时捕获的数字图片内的光学可识别特征的姿态的操作包括:处理所述数字图片以识别由所述相机捕获的所述头戴式耳机的光学可识别特征的姿态。

19. 根据权利要求18所述的方法,其中,所述操作还包括:

根据从存储器中检索的校准参数,确定在先前校准过程期间由所述相机捕获的先前数字图片内的所述头戴式耳机的光学可识别特征的姿态,

其中,处理来自所述相机的数字图片以识别所述数字图片内的所述头戴式耳机的光学可识别特征的姿态的操作是在当前校准过程期间执行的,以及

其中,识别所述移动电子设备相对于所述保持器的姿态的操作基于如下比较:在所述当前校准过程期间捕获的数字图片内的所述头戴式耳机的光学可识别特征的所识别的姿态与在所述先前校准过程期间捕获的先前数字图片内的所述头戴式耳机的光学可识别特征的姿态的比较。

20. 根据权利要求17至19中任一项所述的方法,其中,所述操作还包括:

在所述显示设备上显示校准图案,以通过从所述头戴式耳机的表面和/或从用户眼睛反射所述校准图案的一部分使所述相机将所述校准图案的所述部分捕获在所述数字图片内,以及

处理来自所述相机的数字图片以识别所述数字图片内的光学可识别特征的姿态的操作包括:处理所述数字图片以识别所述校准图案的所述部分内的限定的特征的姿态。

21. 根据权利要求17至19中任一项所述的方法,其中,所述操作还包括:

根据从存储器中检索的校准参数,确定影响所述数字图片内的限定特征的姿态的所述相机的失真参数,

其中,处理来自所述相机的数字图片以识别所述数字图片内的光学可识别特征的姿态的操作针对所述相机的失真参数进行补偿。

22. 根据权利要求17至19中任一项所述的方法,其中,所述操作还包括:

根据从存储器中检索的校准参数,确定头戴式耳机到眼睛的参数,所述头戴式耳机到眼睛的参数在至少二维空间中标识在先前的校准过程期间确定的所述头戴式耳机上的至少一个位置与用户的至少一只眼睛之间的距离,

其中,控制在所述显示设备上何处渲染图形对象的操作进一步基于所述头戴式耳机到眼睛的参数来执行。

23. 根据权利要求17至19中任一项所述的方法,其中,所述操作还包括:

根据从存储器中检索的校准参数,确定离轴投影参数,所述离轴投影参数在至少二维空间中标识在先前的校准过程期间确定的所述显示设备上的至少一个位置与用户的至少

一只眼睛之间的距离，

其中，控制在所述显示设备上何处渲染图形对象的操作进一步基于所述离轴投影参数来执行。

24. 根据权利要求17至19中任一项所述的方法，其中：

基于数字图像内的限定特征的所识别的位置并且至少基于所述相机相对于所述显示设备的位置来识别所述移动电子设备相对于所述保持器的位置的操作包括：

生成相机到头戴式耳机的变换，该变换将所述相机的姿态与所述数字图片内的头戴式耳机的光学可识别特征相关联 (500)；

获得相机到显示的变换，该变换将所述相机的姿态与所述显示设备的姿态相关联 (502)；以及

基于所述相机到头戴式耳机的变换和所述相机到显示的变换，生成显示到头戴式耳机的变换 (504)；以及

基于所述移动电子设备相对于所述保持器的所识别的姿态来控制在所述显示设备上何处渲染图形对象的操作基于所述显示到头戴式耳机的变换来执行 (506)。

25. 根据权利要求24所述的方法，其中，所述操作还包括：

根据从存储器中检索的校准参数，确定影响所述数字图片内的头戴式耳机的光学可识别特征的姿态的所述相机的失真参数，

其中，生成所述相机到头戴式耳机的变换的操作针对所述相机的失真参数进行补偿。

26. 根据权利要求24所述的方法，其中，获得 (502) 将所述相机的姿态与所述显示设备的姿态相关联的所述相机到显示的变换的操作包括：

处理来自所述相机的所述数字图片或另一数字图片，以从反射图像中识别所述相机和所述显示设备之间的相对于至少二维坐标系的距离，所述反射图像是通过来自所述显示设备的图像被所述头戴式耳机的反射表面反射到所述相机而生成的；以及

基于所述相机和所述显示设备之间的距离来生成所述相机到显示的变换。

27. 根据权利要求26所述的方法，其中，基于所述相机和所述显示设备之间的距离来生成所述相机到显示的变换的操作 (500) 包括：

获得表征所述保持器与产生所述反射图像的所述头戴式耳机的反射表面之间的距离的数据；以及

基于根据表征所述保持器和所述头戴式耳机的反射表面之间的距离的数据，缩放在所述反射图像中识别的所述相机和所述显示设备之间的距离，生成所述相机到显示的变换。

28. 根据权利要求24所述的方法，其中，所述操作还包括：

处理来自所述相机的所述数字图片或另一数字图片以识别用户眼睛的姿态 (600)；以及

生成相机到眼睛的变换，该变换将所述相机的姿态与用户眼睛的所识别的姿态相关联 (602)，

其中，控制在所述显示设备上何处渲染图形对象的操作进一步基于所述相机到眼睛的变换来执行 (406)。

29. 根据权利要求17至19中任一项所述的方法，其中，所述操作还包括：

响应于所述移动电子设备相对于所述保持器的所识别的姿态超过偏移阈值，

确定所述移动电子设备将相对于所述保持器移动的方向和距离,以使所述显示设备在所述保持器上的限定位置的阈值距离内(700),以及

在所述显示设备上显示消息,所述消息指示所述移动电子设备将要移动的方向和距离(702)。

30. 根据权利要求17至19中任一项所述的方法,其中,所述操作还包括:

响应于所述移动电子设备相对于所述保持器的所识别的姿态超过偏移阈值,

确定所述移动电子设备将相对于所述保持器移动的方向,以使所述显示设备在所述保持器上的限定位置的阈值距离内(700),

在所述显示设备上显示消息,所述消息指示所述移动电子设备应移动的方向(702),以及

重复对方向的确定并显示另一消息,直到所述移动电子设备在所述保持器上的限定位置的阈值距离内,其中所述另一消息指示所述移动电子设备应移动的方向。

31. 根据权利要求17至19中任一项所述的方法,其中,所述操作还包括:

在所述显示设备上显示校准图案,以通过从所述头戴式耳机的表面和/或从用户眼睛反射所述校准图案的一部分,使所述相机将所述校准图案的所述部分捕获在所述数字图片或另一数字图片内(800);

基于对所述校准图案的所述部分内的特征的大小的确定,来确定所述显示设备的大小和/或所述显示设备的像素密度(802);以及

在存储器中的校准参数的数据结构中存储对所述显示设备的大小和/或所述显示设备的像素密度的指示(804)。

32. 根据权利要求17至19中任一项所述的方法,其中,所述操作还包括:

操作所述相机以捕获由所述显示设备显示并且由所述头戴式耳机的表面和/或由用户眼睛反射的图像的反射(900);

基于对所反射的图像的形状的确定来确定所述显示设备的形状(902);以及

在存储器中的校准参数的数据结构中存储对所述显示设备的形状的指示(904)。

33. 一种非暂时性计算机可读介质,存储能够由所述移动电子设备的处理器执行的程序代码,以执行根据权利要求17-32中任一项所述的方法。

与用户可佩戴的头戴式耳机连接的移动电子设备的校准

技术领域

[0001] 本公开涉及使用移动电子设备来显示信息以供佩戴者观看的头戴式显示器。

背景技术

[0002] 头戴式显示器 (HMD) 将成为社会用于人际交流、游戏和其他应用的未来设备生态系统的越来越多的部分。混合现实 (MR) 头戴式耳机是一种类型的 HMD, 其通过计算机生成的信息 (例如, 图形对象、文本、标记等) 以使信息在用户看来就像它存在于真实世界中一样的方式来增强用户在真实世界中看到的内容。MR 头戴式耳机可以使用户能够使用特殊的电子设备 (例如跟踪用户的运动并可以向用户提供触觉反馈的触觉设备) 以看似真实或物理的方式进行交互。

[0003] 基于智能电话或其他移动电子设备的 MR 耳机正变得越来越受欢迎, 若干初创公司在 2017 年和 2018 年推出了新设备, 分别称为 Mira Prism、Holokit、Ghost AR 和 Lenovo Mirage AR。这些头戴式耳机相对便宜, 并且可以与苹果、三星、谷歌和其他的智能电话一起使用。例如, 针对 Ghost 和 Holokit 设备的开发人员可以利用分别称为 ARCore 和 ARKit 的谷歌和苹果的 MR 软件开发工具包 (SDK) 工具来执行对象识别和 6 自由度 (DOF) 定位。通过将前透镜从透视改变为非透视, Ghost 设备还可用于虚拟现实 (VR) 中。在整个 VR 领域, 谷歌 Cardboard、谷歌 Daydream 和三星 Gear VR 是基于智能电话的 VR 头戴式耳机, 它们的价格也很低, 并且有很高的知名度。

[0004] MR 头戴式耳机通常可以表征为两类: 无镜头戴式耳机 (例如, 图 1 和图 2 中描绘的 Mira Prism 型头戴式耳机以及 Holokit 和 Ghost 头戴式耳机) 和基于镜的头戴式耳机。对于无镜头戴式耳机, 由移动电子设备 120 (例如, 智能电话) 的显示设备发出的光被投影到透镜 110 (例如, 沿着路径 200a)。透镜 110 是至少部分透明的 (即, 透视), 以允许环境光穿过以供佩戴 MR 头戴式耳机的用户观看, 同时还被配置为向后反射由显示设备发出的光的至少一部分以供用户观看。透镜 110 可以具有或不具有聚光或光分散效果 (例如, 放大来自真实世界特征的光)。在图 1 和图 2 中, 透镜 110 将光朝着用户的眼睛反射 (例如, 沿着路径 200b, 主要凭借镜面反射), 并且朝着设备 120 的相机 122 反射 (例如, 沿着路径 200c, 凭借漫射)。相反, 对于基于镜的头戴式耳机, 由移动电子设备 120 的显示设备发出的光被投影到镜, 该镜将光朝着反射的透视透镜反射, 以进行反射, 该反射可以直接或间接地朝着用户的眼睛。

[0005] 一些基于镜的头戴式耳机将移动电子设备 120 的后置相机配置为具有世界的视野, 这是有益的, 因为可以将后置相机配置为提供比前置相机更好质量的视频。例如, 当前版本的 ARCore 或 ARKit SDK 仅可以使用后置相机有效运行, 因为相对于前置相机它的成像质量更高。与无镜头戴式耳机相比, 一些基于镜的头戴式耳机实现移动电子设备的更加灵活的定位, 因为头戴式耳机的透视透镜与移动电子设备的显示设备之间的相对定位的限制。

[0006] MR 系统可以通过使移动电子设备的显示设备朝着头戴式耳机透镜 (无镜设计) 或头戴式耳机镜 (基于镜的设计) 投影信息和其他虚拟内容来进行操作。处理来自相机的数字

图片(例如,视频帧)以识别真实世界的特征(例如,跟踪标记或其他真实世界的对象),真实世界的特征可用于定位(例如,将真实世界和虚拟世界(即,MR头戴式耳机参考)坐标系相互关联)、特征识别和/或将视频流传输到远程观看者(例如,用于学习/教学MR应用,使远程专家能够观看由技术人员的MR头戴式耳机捕获的视频并提供响应性指导)。

[0007] 这些低成本头戴式耳机的主要缺点之一是,当相对于头戴式耳机未最佳地放置移动电子设备(例如,位置和角度定向)时,由头戴式耳机渲染的三维(3D)虚拟内容的质量明显较低(例如,失真、模糊、对比度、真实世界中的位置)。参考图1,移动电子设备可以显示两个图像,其允许用户感知头戴式耳机透镜中的3D图像。如果两个显示的图像与透镜未正确对准,则用户将看到失真的图像。此外,如果要显示的虚拟内容的位置是根据由移动电子设备相机推断的真实世界位置限定的(例如,设备跟踪标记,并且虚拟内容将在最常见的AR应用之一的标记之上得到增强),或者如果移动电子设备未正确地放置在头戴式耳机中,则相机和头戴式耳机透镜(虚拟内容出现的地方)之间的转换将改变。这将对用户体验产生负面影响,因为虚拟内容将不再与真实世界的内容对准。

[0008] 此外,如果在移动电子设备具有特定姿态时执行校准算法,则如果用户随后以与较早执行校准时不同的姿态替换移动电子设备,该校准将不再有效。此外,如果移动电子设备在使用期间相对于头戴式耳机滑动,则移动电子设备和头戴式耳机之间的相对姿态将改变。

[0009] 可以将移动电子设备次最优地放置在头戴式耳机中的原因是,移动电子设备具有许多不同的大小(长度、宽度和厚度),这使应该如何配置头戴式耳机以可释放地保持变化的移动电子设备变得复杂。因此,相当大的可变性可以导致相对于头戴式耳机,同一用户如何摆放移动电子设备以及不同用户如何摆放他们的移动电子设备。为了避免由于这种可变性而导致的性能下降,三星Gear VR头戴式耳机仅适用于三星品牌的设备(三星针对三星品牌的设备制造了设备特定的保持器附件),其限制了三星设备相对于头戴式耳机的摆放方式。

发明内容

[0010] 本文公开的一些实施例针对一种用于头戴式耳机的移动电子设备,该头戴式耳机包括被配置为相对于头戴式耳机以限定的姿态可释放地保持该移动电子设备的保持器。该移动电子设备包括相机、显示设备、处理器和存储器。相机被配置为输出数字图片,并且由保持器布置以观看头戴式耳机的一部分。显示设备由保持器布置以显示信息,以供佩戴头戴式耳机的用户观看。处理器可操作地连接到相机和显示设备。存储器存储由处理器执行以执行操作的程序代码。这些操作包括从存储器中检索至少表征相机相对于显示设备的姿态的校准参数。该操作处理来自相机的数字图片,以识别该数字图片内的光学可识别特征的姿态,该数字图片是在移动电子设备被保持器保持时捕获的。该操作基于数字图片内的光学可识别特征的所识别的姿态并且至少基于如由校准参数表征的相机相对于显示设备的姿态,来识别移动电子设备相对于保持器的姿态。该操作基于移动电子设备相对于保持器的所识别的姿态来控制在显示设备上何处渲染图形对象。

[0011] 这些和其他实施例可以提供的潜在优点是,移动电子设备可以优化其操作以补偿如何确定该设备相对于头戴式耳机的摆放。因此,例如,当将移动电子设备放置在头戴式耳

机中且显示设备从优选位置横向偏移时,移动电子设备可以确定这种偏移并调整其操作以更优化地显示信息供佩戴头戴式耳机的用户观看。备选地或附加地,移动电子设备可以向用户提供关于应该如何调整移动电子设备的姿态的指导。

[0012] 本文公开的一些其他实施例针对由移动电子设备的处理器执行操作的对应方法。如上所述,移动电子设备包括用于与头戴式耳机一起使用的相机和显示设备,该头戴式耳机具有被配置为相对于头戴式耳机以限定的姿态可释放地保持移动电子设备的保持器。该方法包括检索校准参数,该校准参数至少表征相机相对于显示设备的姿态。该方法处理来自相机的数字图片,以识别该数字图片内的光学可识别特征的姿态,该数字图片是在移动电子设备被保持器保持时捕获的。该方法基于数字图片内的光学可识别特征的所识别的姿态并且至少基于如由校准参数表征的相机相对于显示设备的姿态,来识别移动电子设备相对于保持器的姿态。该方法基于移动电子设备相对于保持器的所识别的姿态来控制显示设备上何处渲染图形对象。

[0013] 在查看以下附图和详细描述之后,根据实施例的其他移动电子设备和对应方法对于本领域技术人员将是显而易见的,或将变得显而易见。所有这样的附加移动电子设备和方法都旨在包括在本说明书中并受到所附权利要求的保护。

附图说明

[0014] 本公开的各个方面通过示例来说明,并且不受附图的限制。在附图中:

[0015] 图1示出了包括MR头戴式耳机的MR系统,该MR头戴式耳机保持被配置为根据本公开的一些实施例操作的移动电子设备;

[0016] 图2示出了图1的MR系统的侧视图;

[0017] 图3示出了根据本公开的一些实施例的具有移动电子设备的VR系统的另一实施例,该移动电子设备具有向用户投影图像并且向相机部分地反射图像的显示设备;

[0018] 图4至图9是根据本公开的一些实施例的可以由移动电子设备执行的操作的流程图;

[0019] 图10是被配置为根据本公开的一些其他实施例操作的移动电子设备的组件的框图;

[0020] 图11a示出了保持具有前置相机 (FCam) 和后置相机 (BCam) 的移动电子设备的头戴式耳机的后视图和头戴式耳机的侧视截面图;

[0021] 图11b示出了将移动电子设备的显示设备保持在相对于头戴式耳机的最佳位置的头戴式耳机的顶视截面图和前视截面图;

[0022] 图11c示出了将移动电子设备保持在相对于头戴式耳机的次最佳横向移动的偏移(增量)位置的头戴式耳机的顶视截面图和前视截面图;以及

[0023] 图12示出了虚拟图像平面的各种视图,在该虚拟图像平面中,当用户佩戴头戴式耳机时,用户感知移动电子设备的显示设备被定位。

具体实施方式

[0024] 在下文中,将参考附图更全面地描述本发明构思,在附图中示出了本发明构思的实施例的示例。然而,本发明构思可以以许多不同形式来实现,并且不应当被解释为限于本

文中所阐述的实施例。相反,提供这些实施例使得本公开将全面和完整,并且将各个本发明构思的范围充分传达给本领域技术人员。还应注意,这些实施例并不互相排斥。来自一个实施例的组成部分可以被默认假设为存在于/用于另一实施例中。

[0025] 图1示出了包括MR头戴式耳机100的MR系统,该MR头戴式耳机100保持被配置为根据本公开的一些实施例进行操作的移动电子设备120。参照图1,MR头戴式耳机100包括透镜110,佩戴MR头戴式耳机的用户可以通过该透镜110观看真实世界特征,并且MR头戴式耳机100还包括保持器121,该保持器121被配置为将移动电子设备120可释放地保持在相对于透镜110的限定的定向上。

[0026] 移动电子设备120包括相机122、显示设备(图10中的1040)和处理器(图10中的1006)。相机122被配置为输出数字图片(例如,静止图片和/或视频),并且由保持器121布置以观看MR头戴式耳机100的透镜110的至少一部分。显示设备1040被布置为显示信息,该信息被投影在透镜110上以用于直接或间接地朝向用户的眼睛(即,当佩戴MR头戴式耳机100时)以及移动电子设备120的相机122反射。尽管未示出,但是头戴式耳机可以包括位于透镜110与用户的眼睛和/或相机122之间的中间镜,并且因此光可以直接或间接地朝向用户的眼睛和/或相机122反射。

[0027] 移动电子设备120可以包括但不限于智能电话、掌上型计算机、平板计算机、游戏设备或其他计算设备。为了简洁起见,“移动电子设备”在本文中也被称为“移动设备”和“设备”。如将在下面进一步详细说明了,下面被描述为由移动电子设备120执行的各种操作可以附加地或备选地由通信地连接到移动电子设备120的另一电子设备执行。

[0028] 图2示出了图1的MR系统的侧视图。参照图2,移动电子设备120的显示设备1040(图10)显示信息,该信息沿着路径200a被投影到透镜110上,以用于沿着朝向用户的眼睛的路径200b和沿着朝向相机122的路径200c向后反射。

[0029] 图3示出了根据一些实施例的可以使用的VR头戴式耳机300的另一种配置。参照图3,移动电子设备120的显示设备1040(图10)显示朝向透镜投影的信息(用户通过透镜观看显示设备1040)。来自显示设备1040的图像还可以由透镜和/或用户的眼睛反射回相机122(图10)。

[0030] 由谷歌Daydream VR已经实现的用于尝试确定移动电子设备120相对于MR头戴式耳机的姿态的一种方法是使用两个导电衬垫310(图3),它们被配置为与显示设备1040(图10)接触。然后,移动电子设备120可以基于衬垫310接触触敏显示设备的位置来测量衬垫310的位置,并由此确定移动电子设备120相对于头戴式耳机300的位置。此外,移动电子设备120可以测量相对于头戴式耳机300的滚动定向。然而,移动电子设备120将不能在其他定向上测量位移。该方法还要求将衬垫内置在头戴式耳机300中,从而使其制造起来更加复杂和昂贵,同时要求智能电话在运行MR应用时检测显示设备中的接触。此外,对衬垫310接触显示设备的要求减小了显示区域(在该显示区域中可以显示内容以供用户观看)。

[0031] 本公开的实施例旨在校准移动电子设备相对于头戴式耳机的姿态,使得可以渲染虚拟内容以允许佩戴头戴式耳机的用户进行更佳的观看。一个或多个较早的校准操作的结果可用于促进和改进当前的校准操作。

[0032] 如本文所使用的,术语“姿态”是指一个设备(例如,移动电子设备)相对于另一设备(例如,头戴式耳机)或相对于定义的坐标系的位置和/或旋转角度。因此,可以仅基于一

个设备相对于另一设备或相对于定义的多维位置,仅基于设备相对于另一设备或相对于定义的多维旋转角度,或基于多维位置和多维旋转角度的组合来定义姿态。因此,术语“姿态”用于指位置、旋转角度或其组合。

[0033] 图4是可以由移动电子设备执行以确定其相对于头戴式耳机的姿态的操作和方法的流程图。头戴式耳机包括保持器,该保持器被配置为相对于头戴式耳机以限定的姿态可释放地保持移动电子设备。该移动电子设备包括相机(例如,图10中的122)、显示设备(例如,图10中的1040)、可操作地连接到相机和显示设备的处理器(例如,图10中的1006)、以及存储由处理器执行以执行操作的程序代码(例如,图10中的1012)的存储器(例如,图10中的1010)。

[0034] 参照图4,该操作从存储器中检索400校准参数,这些参数至少表征相机相对于显示设备的姿态。处理402来自相机的数字图片,以识别该数字图片内的光学可识别特征的姿态,该数字图片是在由保持器保持移动电子设备时被捕获的。基于数字图片内的光学可识别特征的所识别的姿态并且至少基于如由校准参数表征的相机相对于显示设备的姿态,相对于保持器识别404移动电子设备的姿态。所述操作基于移动电子设备相对于保持器的所识别的姿态来控制406在显示设备上何处渲染图形对象。

[0035] 因此,移动电子设备使用相机来确定设备相对于头戴式耳机的姿态,并且然后使用相对姿态来改进如何在显示设备上渲染图形对象以供佩戴头戴式耳机的用户观看。

[0036] 触发头戴式耳机中的移动电子设备姿态的校准的条件

[0037] 可以通过接收移动电子设备已经被插入到头戴式耳机的保持器中的通知来触发校准移动电子设备相对于头戴式耳机的相对姿态的操作。该操作可以使用移动电子设备的前置相机来响应式地捕获图像,检索所存储的针对移动电子设备和头戴式耳机的校准参数,并基于所捕获的图像和所检索的校准参数来确定新的校准参数。在一些实施例中,响应于校准通知被触发来执行校准操作。

[0038] 在一个实施例中,当新的MR或VR应用开始在移动电子设备上执行时触发校准通知,其中该应用被配置用于与头戴式耳机一起使用。在另一个实施例中,当用户通过例如选择由应用提供的用户可选标记来发起重新校准操作时,触发校准通知。

[0039] 在又一个实施例中,启动MR或VR应用显示图像或文本,其提示用户将移动电子设备插入到MR或VR头戴式耳机中。通过激活前置相机并重复检查以确定何时捕获头戴式耳机的内部,检测到随后成功的插入。例如,来自前置相机的数字图片可以被处理以识别头戴式耳机的光学可识别特征的姿态,例如衬垫310、透镜、眼睛开口和/或图3中的头戴式耳机300或图1和图2中的头戴式耳机100上的其他结构特征或标记。

[0040] 在另一个实施例中,角膜成像技术用于检测所显示的虚拟内容在用户的眼睛角膜上的反射。当图像质量(失真、在真实世界中的位置等)不再满足定义的质量规则时,将触发校准通知,该质量规则可以至少部分由用户指定。

[0041] 在另一个实施例中,来自相机的数字图片可以被处理以跟踪用户的眼睛指向的位置。可以基于确定用户的眼睛指向偏离期望位置的中心,或者以满足用于触发校准的定义的规则的另一种方式指向来触发校准通知。

[0042] 使用前置相机识别光学可识别特征的姿态

[0043] 在一些实施例中,光学可识别特征与头戴式耳机和/或佩戴头戴式耳机的用户眼

睛的特征有关。来自移动电子设备120的前置相机的数字图片可以作为图4的操作的一部分被处理402,以识别在数字图片内的光学可识别特征的姿态,该数字图片是在由保持器保持移动电子设备时被捕获的。可以处理由前置相机捕获的数字图片,以识别用户的眼睛相对于相机的姿态。

[0044] 例如,处理(图4中的402)来自相机的数字图片以识别在由保持器保持移动电子设备时捕获的数字图片内的光学可识别特征的姿态的操作可以包括:处理数字图片以识别由相机捕获的头戴式耳机的光学可识别特征的姿态。

[0045] 该操作还可以包括根据从存储器中检索(图4中的400)的校准参数,确定在先前校准过程期间由相机捕获的先前数字图片内的头戴式耳机的光学可识别特征的姿态。在当前的校准过程期间,执行处理(图4中的402)来自相机的数字图片以识别数字图片内的头戴式耳机的光学可识别特征的姿态的操作。识别(图4中的404)移动电子设备相对于保持器的姿态的操作可以基于在当前校准过程期间捕获的数字图片内的头戴式耳机的光学可识别特征的所识别的姿态与在先前的校准过程期间捕获的先前数字图片内的头戴式耳机的光学可识别特征的姿态的比较。

[0046] 在一些其他实施例中,由移动电子设备识别的光学可识别特征是校准图案的特征,该校准图案被显示设备投影(例如,闪现)到头戴式耳机和/或用户的眼睛上并由此被反射以被相机捕获。作为确定移动电子设备相对于头戴式耳机的姿态的操作的一部分,处理校准图案的光学可识别特征。

[0047] 例如,操作还可以包括:在显示设备上显示校准图案,以通过从头戴式耳机的表面和/或从用户的眼睛反射校准图案的一部分、使相机捕获数字图片内的校准图案的一部分。处理(图4的402)来自相机的数字图片以识别数字图片内的光学可识别特征的姿态的操作包括:处理数字图片以识别校准图案的一部分内的限定的特征的姿态。

[0048] 检索针对智能电话和头戴式耳机的已存储的校准参数

[0049] 如上所述,从移动电子设备的存储器中检索的校准参数至少表征相机相对于显示设备的姿态。校准参数可以表征移动电子设备、前置相机、后置相机、显示设备、头戴式耳机、头戴式耳机的保持器、头戴式耳机的透镜和/或头戴式耳机的观看端口之间的其他先前确定或定义的关系(关系位置、姿态等)。备选地或附加地,校准参数可以表征相机、显示设备或移动电子设备和/或头戴式耳机的其他组件的操作。例如,校准参数可以包括以下任意一项或多项:

[0050] 1) 光学可识别特征及其位置和/或光学可识别特征的集合及其相对姿态,基于在先前的校准过程期间使用移动电子设备时从前置相机捕获的数字图片;

[0051] 2) 在先前的校准过程期间从前置相机捕获的数字图片图像;

[0052] 3) 与相机和/或头戴式耳机的透镜相对应的失真参数(例如,桶形失真),其可以在在先前的校准过程期间确定和/或定义;

[0053] 4) 头戴式耳机参数,其表征在先前的校准过程期间确定的头戴式耳机和眼睛坐标之间的关系;以及

[0054] 5) 离轴投影参数,其表征在先前的校准过程期间确定的用户眼睛中的一只或两只眼睛的眼睛坐标和显示坐标之间的投影。

[0055] 在一个实施例中,先前的校准过程可以作为离线或工厂校准过程来执行。在另一

个实施例中,先前的校准过程可以作为在每个用户的基础上执行的一次性校准过程来执行,并且可以对应于针对单点主动对准方法 (SPAAM) 的操作,例如由M Tuceryan和N.Navab所公开的,用于AR的光学透视HMD校准的单点主动对准方法 (SPAAM),IEEE 2000中第149-158页。

[0056] 在一些其他说明性实施例中,由移动电子设备进行的操作可以包括:根据从存储器中检索的校准参数,确定影响数字图片内的限定的特征的姿态的相机的失真参数。处理来自相机的数字图片以识别数字图片内的光学可识别特征的姿态的操作可以补偿相机的失真参数。

[0057] 移动电子设备可以执行如下操作:根据从存储器中检索的校准参数来确定头戴式耳机到眼睛的参数,该头戴式耳机到眼睛的参数在至少二维空间中标识在先前的校准过程期间确定的头戴式耳机上的至少一个位置与用户的至少一只眼睛之间的距离。然后可以基于头戴式耳机到眼睛的参数来进一步执行控制在显示设备上何处渲染图形对象的操作。

[0058] 移动电子设备可以执行如下操作:根据从存储器中检索的校准参数来确定离轴投影参数,该参数在至少二维空间中标识在先前的校准过程操作期间确定的在显示设备上的至少一个位置与用户的至少一只眼睛之间的距离,然后可以基于离轴投影参数进一步执行对在显示设备上何处渲染图形对象的控制。

[0059] 基于所捕获的数字图片和先前存储的校准参数确定新的校准参数

[0060] 现在在图11a、图11b和图11c的实施例的上下文中描述可以由移动电子设备执行的进一步的操作。图11a示出了保持具有前置相机 (FCam) 和后置相机 (BCam) 的移动电子设备的头戴式耳机的后视图和头戴式耳机的侧视截面图。图11b示出了将移动电子设备的显示设备保持在相对于头戴式耳机的最佳位置的头戴式耳机的顶视截面图和前视截面图。图11c示出了将移动电子设备保持在相对于头戴式耳机的次最佳横向移位的偏移 (增量) 位置的头戴式耳机的顶视截面图和前视截面图。如将在下面关于图11c进一步详细说明了,可以调整 (例如,横向移位) 通过在显示设备上显示生成的图像的前置相机的视野 (FOV),使得左眼的视口变得较小,而右眼的视口变得较大。

[0061] 在图11a至图11c的上下文中,头戴式耳机是指头戴式耳机的固定部分。术语 E_{left} 和 E_{right} 分别指左虚拟眼和右虚拟眼的位置和定向 (例如姿态),其最佳地与真实用户的眼睛对准。BCam是后置相机的姿态,其可以仅与光学透视头戴式显示器 (OST-HMD) 相关。FCam是前置相机的姿态,并且“显示”是指移动电子设备的显示设备中心的物理位置。图11a至图11c示出了前置相机的示例FOV,其中可以看到,对于许多头戴式耳机和移动电子设备,眼睛开口之一将位于前置相机的FOV内部。前置相机可以观察由显示设备输出并由头戴式耳机的反射表面和/或用户的眼睛反射回前置相机的图像。因此,来自前置相机的数字图片可以包括显示设备的图像和/或头戴式耳机和/或用户的眼睛的光学可识别特征。

[0062] 基于眼睛的定位是否可行,有调整视口和投影矩阵两个选项。两个选项可以被分别应用,因为它们针对不同的错误源,或者可以一起被应用以消除两个错误。

[0063] 用于识别移动电子设备相对于保持器的姿态的选项1:

[0064] 以下针对选项1描述了各种示例操作,用于基于头戴式耳机的光学识别特征来确定移动电子设备相对于头戴式耳机的保持器的姿态。使用来自前置相机的数字图片,移动电子设备可以识别 (提取) 头戴式耳机的一个或多个光学可识别特征,并由此确定移动电子

设备相对于头戴式耳机的姿态。头戴式耳机中的这种光学可识别特征的示例可以包括但不限于头戴式耳机的鼻开口、眼睛开口、内表面角和/或表面上的印刷标记。使用前置相机的定义/确定的固有相机参数和头戴式耳机的尺寸(可以从存储器中检索为校准参数),移动电子设备可操作以导出相机到头戴式耳机的变换 $T_{\text{FCam}}^{\text{Headset}}$, 其将相机的姿态与数字图片内的头戴式耳机的光学可识别特征相关联。可以从存储器中检索校准参数, 该校准参数表征相机到显示的变换 $T_{\text{FCam}}^{\text{Display}}$, 其将相机的姿态与显示设备的姿态相关联, 这可以假设固定的头戴式耳机姿态被固定在两个眼睛开口之间的中间位置。基于相机到头戴式耳机的变换和相机到显示的变换(例如基于 $T_{\text{Display}}^{\text{Headset}} = T_{\text{FCam}}^{\text{Headset}} T_{\text{FCam}}^{\text{Display}}^{-1}$, 其可以关联显示中心和头戴式耳机中心之间的偏移)生成显示到头戴式耳机的变换 $T_{\text{Display}}^{\text{Headset}}$ 。由于显示设备的尺寸可以是已知的(由存储器中的校准参数定义), 因此该变换可用于针对左眼和右眼的视口之间的移位进行调整, 以考虑图11b和图11c所示的移动电子设备的增量移位的位置。

[0065] 除了该调整之外, 移动电子设备还可以考虑由屏幕和用户的眼睛之间的光学系统引起的非线性失真, 例如图12中描绘的情况。图12示出了虚拟图像平面的各种视图, 在该虚拟图像平面中, 当用户佩戴头戴式耳机时, 用户感知移动电子设备的显示设备被定位。参照图12, 虚拟显示平面相对于眼睛被定位在距离 d 处。这种配置的投影通过离轴投影矩阵描述如下:

$$[0066] \quad P_{\text{off}} = \begin{pmatrix} \frac{2d}{r-l} & 0 & \frac{r+l}{r-l} & 0 \\ 0 & \frac{2d}{t-b} & \frac{t+b}{t-b} & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_u & 0 & r_0 & 0 \\ 0 & f_v & c_0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix}.$$

[0067] 在离轴投影矩阵中, 术语 r, l 指的是虚拟显示平面的边缘相对于投影中心在距离 d 处的角。因此, 参数 r, l, d 描述了图像平面相对于眼睛的大小和位置。该投影矩阵的替代和最小参数化由 f_u, f_v, r_0, c_0 给出。鉴于来自校准过程的这种最小参数化, 由于智能电话移位, 可以将它们调整为改变的视口尺寸和位置。可以将距离 d 设置为任意值, 并且给定 r, l 中的相对改变, 可以计算调整后的投影矩阵。注意, 左眼的投影矩阵保持固定, 而右眼的投影矩阵保持固定。

[0068] 在图5的流程图中示出了可以由移动电子设备执行的各种对应的操作。参照图5, 基于数字图片内的光学可识别特征的所识别的姿态并且至少基于如由校准参数表征的相机相对于显示设备的姿态来识别移动电子设备相对于保持器的姿态的操作可以包括: 生成500相机到头戴式耳机的变换, 该变换将相机的姿态与数字图片内的头戴式耳机的光学可识别特征相关联。获得502相机到显示的变换, 该变换将相机的姿态与显示设备的姿态相关联。基于相机到头戴式耳机的变换和相机到显示的变换, 生成504显示到头戴式耳机的变换。可以基于显示到头戴式耳机的变换来执行如下操作: 基于移动电子设备相对于保持器

的所识别的姿态来控制506在显示设备上何处渲染图形对象。

[0069] 可以由移动电子设备执行的另一操作包括：根据从存储器中检索的校准参数，确定影响数字图片内的头戴式耳机的光学可识别特征的姿态的相机的失真参数。可以执行生成相机到头戴式耳机的变换的操作以补偿相机的失真参数。

[0070] 获得将相机的姿态与显示设备的姿态相关联的相机到显示的变换的操作可以包括：处理来自相机的数字图片或另一数字图片，以根据通过来自显示设备的图像被头戴式耳机的反射表面反射到相机而生成的反射图像，识别相机和显示设备之间相对于至少二维坐标系的距离。然后，移动电子设备可以基于相机和显示设备之间的距离来生成相机到显示的变换。

[0071] 基于相机和显示设备之间的距离来生成相机到显示的变换的操作可以包括：获得表征保持器与产生反射图像的头戴式耳机的反射表面之间的距离的数据。然后，基于表征保持器和头戴式耳机的反射表面之间的距离的数据，基于缩放在反射图像中识别的相机和显示设备之间的距离，移动电子设备可以生成相机到显示的变换。

[0072] 用于识别移动电子设备相对于保持器的姿态的选项2：

[0073] 以下针对选项2描述了各种示例性操作，用于基于用户眼睛的所识别的姿态来确定移动电子设备相对于头戴式耳机的保持器的姿态。

[0074] 移动电子设备可以执行进一步的操作以针对用户的眼睛姿态相对于头戴式耳机的改变进行调整，例如图12所示，这可以是由于改变的头戴式耳机位置和/或佩戴头戴式耳机的不同用户造成的。虚拟图像平面的特征在于其投影可以独立于真实眼睛位置而是正确的（即，在眼睛移动的情况下，真实世界将显示与虚拟图像平面相同的移动）。由于虚拟眼睛位置 E 和实际眼睛位置 $\tilde{E}$ 之间的差异，该平面前面或后面的所有内容都将显示错误。当头戴式耳机的前置相机可以捕获眼睛位置时，移动电子设备可以处理数字图片以计算位置矩阵

p_{FCam}^E 和 $p_{FCam}^{\tilde{E}}$ 二者。矩阵 p_{FCam}^E 表征虚拟相机相对于前置相机被如何定位，并且通常将在初始校准阶段进行设置。矩阵 $p_{FCam}^{\tilde{E}}$ 表征用户的实际眼睛相对于前置相机的位置，其现在

可能与初始校准期间不同，这是由于另一个使用头戴式耳机或头戴式耳机的位置不同。该位置可以通过找到眼睛的固定位置（即眼角）并将深度设置为固定值来确定。可以包括角膜成像的替代技术也可以用于使用前置相机推断眼睛位置（包括深度）。为了调整虚拟眼睛位置并调整投影矩阵，可以使用以下方程式，其表征头戴式耳机坐标系中的眼睛位置中的移位：

$$[0075] \quad \Delta_{Headset}^E = \left(p_{FCam}^E - p_{FCam}^{\tilde{E}} \right) \cdot T_{Headset}^{FCam}$$

[0076] 该移位应被应用于虚拟相机的位置和投影矩阵二者，使得虚拟图像平面的投影保持不变，类似于图12中所示的关系。例如，当 $\Delta_{Headset}^E$ 指示眼睛位置已向下移动5mm时，虚拟眼睛位置也将向下移动5mm。此外，通过将 t 增加5mm并且将 b 减少5mm来调整投影矩阵 P_{off} 。其他参数将保持不变。

[0077] 在图6的流程图中示出了可以由移动电子设备执行的各种对应的操作。参照图6,操作可以包括处理600来自相机的数字图片或另一数字图片以识别用户的眼睛的姿态,以及生成602将相机的姿态与用户眼睛的所识别的姿态相关联的相机到眼睛的变换。然后可以基于相机到眼睛的变换来进一步执行控制406(图4)在显示设备上何处渲染图形对象的操作。

[0078] 在一个实施例中,当移动电子设备检测到其以不能实现期望的图像质量的位置和定向摆放在头戴式耳机中时,可以向用户显示消息,该消息指示移动电子设备应当由用户重新放置。可以基于先前的实施例在该步骤中计算要应用于移动电子设备的位移/旋转,并通过通知(例如,指示所建议的左/右/上/下/向左、向右旋转等移动直到实现设备的更佳放置的消息)向用户指示该位移/旋转。

[0079] 在另一实施例中,移动电子设备可以向用户通知应该如何移动移动电子设备以获得头戴式耳机的改进操作。图7是根据一个实施例的可以由移动电子设备执行的操作的流程图。参照图7,操作可以包括:通过确定700移动电子设备将相对于保持器移动的方向和距离以使显示设备在保持器上的限定的位置的阈值距离内,来响应移动电子设备相对于保持器的所识别的姿态超过偏移阈值,并且然后在显示设备上显示702消息,该消息指示移动电子设备要移动的方向和距离。

[0080] 在另一个实施例中,当用户移动该移动电子设备寻求获得将提供改进的操作的更佳姿态时,移动电子设备可以提供动态通知更新。例如,移动电子设备可以通过确定移动电子设备将相对于保持器移动的方向和/或角定向以使显示设备在保持器上的限定的位置的阈值距离内,来响应移动电子设备相对于保持器的所识别的姿态超过偏移阈值。移动电子设备可以在显示设备上显示消息,该消息指示该移动电子设备应该移动的方向和/或角定向。移动电子设备可以重复用于确定方向/角定向并显示用于指示移动电子设备应移动的方向的其他消息的操作,直到移动电子设备在保持器上的限定的位置/定向的阈值距离内为止。

[0081] 可以基于工厂或用户测试或基于表征给定头戴式耳机的光学系统和结构的校准参数,先验地计算导致图像质量低于期望的移动电子设备的位置和定向的推断。

[0082] 在另一个实施例中,首先检查最突出的特征,并且仅在这些特征中超过预定义的检测偏移阈值时才执行进一步分析。在那种情况下,可以根据试图基于移动电子设备的当前姿态进行优化的过程来初始调整两只眼睛的视口的位置和大小。可以调整离轴投影矩阵以考虑改变的视口大小,并调整失真参数以考虑新的失真中心。

[0083] 在另一个实施例中,除了在先前的实施例中提到的调整之外,来自前置相机的图像可以用于估计用户的眼睛的位置。可以基于该估计的位置和在校准阶段(先验或工厂)期间计算的位置,相应地调整投影矩阵和失真参数。如果前置相机只能观察到一只眼睛的位置,则可以将观察到的和校准的眼睛位置之间的偏移视为头部偏移。因此,该偏移也可以应用于第二只眼睛。备选地,可以应用手动校准方案来补偿丢失的信息。

[0084] 可以从存储器中检索的其他类型的校准参数:

[0085] 除了上面的描述,移动电子设备还可以从存储器中检索其他类型的校准参数,这些参数表征相机、显示设备、各种姿态变换等的各种不同特性。例如,校准参数可以表征前置相机和/或后置相机的操作参数和/或固有参数。校准参数可以表征后置相机对前置相机

的相对姿态(变换 T_{FCam}^{BCam}),和/或显示对后置相机的相对姿态(变换 $T_{Display}^{Bcam}$),这对AR应用可能是有用的。

[0086] 校准参数可以表征前置相机对显示设备的相对位置,变换 $T_{FCam}^{Display}$ 。

[0087] 校准参数可以表征显示设备的特性,例如前置相机凹口和/或像素密度(例如像素/厘米比)。

[0088] 在一个实施例中,这些参数中的全部或一些由移动电子设备软件开发工具包(SDK)或从预先构建的数据库中提供。

[0089] 在另一个实施例中,头戴式耳机用户通过对前置和后置相机执行经典的校准方法(例如,通过记录检测板的视频)来获得固有参数。

[0090] 在另一个实施例中,通过诸如SPAAM方法的手动用户校准步骤来估计后置相机的相对位置。校准步骤可以包括使用户将虚拟对象与其在不同位置的真实世界对应物(例如标记)对准。当对准已经发生时,用户与移动电子设备通信(例如,经由用户可选择的标记、点击器或感测到的手势)。这些点随后用于检索后置相机和移动电子设备(前置相机或显示设备)之间的变换。在一个实施例中,点数由头戴式耳机制造商预定义。在另一个实施例中,可以收集点,直到实现投影的收敛。在另一个实施例中,在收集点之后,更新投影,该投影可用于在虚拟世界中显示真实世界对象表示。当用户确定或移动电子设备确定所述对准满足定义的规则时,校准完成。

[0091] 在另一个实施例中,来自相机的数字图片用于检索变换 $T_{FCam}^{Display}$ 。给定在先前校准期间估计的变换 $T_{FCam}^{Headset}$ 以及头戴式耳机的镜/光学元件的特性(其可以由制造商定义),显示的反射用于确定变换 $T_{FCam}^{Display}$ 。为了正确使用显示的反射的姿态,在捕获图像时可以显示一些任意形状(例如,突出显示的角)。

[0092] 在另一个实施例中,使用来自先前描述的实施例的信息,并且使用显示的背景图像连同来自先前实施例的形状,可以估计屏幕的大小和/或像素密度(例如像素厘米比)。相同的数字图片还可以用于检测显示特性,例如屏幕形状(例如,具有带凹口的部分以容纳听筒、相机、麦克风等的屏幕)。

[0093] 根据一个实施例,在图8的流程图中示出了可以由移动电子设备执行的对应操作。参照图8,操作在显示设备上显示800校准图案,以通过从头戴式耳机的表面和/或从用户的眼睛反射校准图案的一部分,使相机捕获数字图片或另一数字图片内的校准图案的一部分。操作基于对校准图案的该部分内的特征的大小的确定来确定802显示设备的大小和/或显示设备的像素密度。然后,操作可以在存储器中的校准参数的数据结构中存储804对显示设备的大小和/或显示设备的像素密度的指示。

[0094] 图9是根据一个实施例的可以由移动电子设备执行的操作的流程图。参照图9,操作可以包括在显示设备上显示900图像。相机可以被操作以捕获由显示设备显示以及由头戴式耳机的表面和/或由用户的眼睛反射的图像的反射。操作可以基于对所反射的图像的形状的确定来确定902显示设备的形状,并且在存储器中的校准参数的数据结构中存储904

对显示设备的形状的指示。

[0095] 云实现

[0096] 上面描述的由移动电子设备执行的一些或全部操作可以备选地由作为网络云计算资源的一部分的另一节点执行。例如,这些操作可以作为网络功能由网络运营商的云服务器或云资源(例如游戏或其他娱乐服务器、地图旅行路由服务器、电子商务服务器等)执行。

[0097] 示例移动电子设备配置

[0098] 图10是被配置为根据本公开的一些其他实施例操作的移动电子设备120的组件的框图。移动电子设备120可以包括相机(例如,前置相机122、后置相机1050和/或多个前/后置相机)、显示设备1040、至少一个处理器电路1006(处理器)和至少一个存储器1010(存储器)。移动电子设备120还可以包括无线网络接口电路1030、运动传感器和/或定向传感器1060和/或扬声器1070。传感器1060可以包括惯性测量单元,该惯性测量单元输出由处理器1006处理的信号以确定移动电子设备120的姿态和/或移动。无线网络接口电路1030可以被配置为通过无线(例如,Wi-Fi、蓝牙、蜂窝等)网络接口与另一电子设备通信。

[0099] 处理器1006可操作地连接到这些各种组件。存储器1010存储由处理器1006执行以执行操作的程序代码1012。处理器1006可以包括可以并置或分布在一个或多个数据网络上的一个或多个数据处理电路,例如通用和/或专用处理器(例如微处理器和/或数字信号处理器)。处理器1006被配置为执行存储器1010(以下被描述为计算机可读介质)中的程序代码1012中的计算机程序指令,以执行用于本文针对移动电子设备公开的一个或多个实施例的操作和方法中的一些或全部。

[0100] 另外的定义和实施例:

[0101] 在对发明构思的各种实施例的以上描述中,要理解的是,本文使用的术语仅用于描述具体的实施例的目的,而不意图限制发明构思。除非另外定义,否则本文使用的所有术语(包括技术术语和科学术语)具有与本发明构思所属领域的普通技术人员通常所理解的意义相同的意义。将理解,诸如在通用词典中定义的术语等的术语应被解释为具有与它们在本说明书的上下文和相关技术中的意义相一致的意义,而不被解释为理想或过于正式的意义,除非本文有这样的明确定义。

[0102] 当元件被称作“连接到”、“耦合到”、“响应于”另一元件或其变型时,它可以直接连接到、耦合到或者响应于另一元件,或者可以存在中间元件。相反,当元件被称作“直接连接到”、“直接耦合到”、“直接响应于”另一元件或其变型时,不存在中间元件。贯穿全文,类似附图标记表示类似的元件。此外,本文使用的“耦合”、“连接”、“响应”或其变型可以包括无线耦合、连接或响应。如本文使用的,单数形式“一”,“一个”和“所述”意在还包括复数形式,除非上下文明确地给出相反的指示。为了简洁和/或清楚,可能没对公知的功能或结构进行详细描述。术语“和/或”包括关联列出的一个或多个项目的任意和所有组合。

[0103] 将理解,虽然本文中可以使用术语第一、第二、第三等来描述各元件/操作,但是这些元件/操作不应被这些术语限制。这些术语仅用于将一个元件/操作与另一个元件/操作相区分。因此,在一些实施例中的第一元件/操作可以在其他实施例中称作第二元件/操作,而不会脱离本发明构思的教导。贯穿说明书,相同的附图标记或相同的参考符号表示相同或类似的元件。

[0104] 如本文使用的术语“包括 (comprise、comprising、comprises、include、including、includes)”、“具有 (have、has、having)”或其变型是开放式的,并且包括一个或多个所陈述的特征、整数、元件、步骤、组件、功能或其组合,但是不排除存在或添加一个或多个其它特征、整数、元件、步骤、组件、功能或其组合。此外,如本文的使用,常用缩写“例如 (e.g.)”源于拉丁短语“*exempli gratia*”,其可以用于介绍或指定之前提到的项目的一个或多个一般示例,而不意在作为该项目的限制。常用缩写“即 (i.e.)”源于拉丁短语“*idest*”,可以用于指定更广义的引述的具体项目。

[0105] 本文参考计算机实现的方法、装置(系统和/或设备)和/或计算机程序产品的框图和/或流程图图示描述了示例实施例。应理解,可以通过由一个或多个计算机电路执行的计算机程序指令来实现框图和/或流程图图示的框以及框图和/或流程图图示中的框的组合。可以将这些计算机程序指令提供给通用计算机电路、专用计算机电路和/或其它可编程数据处理电路的处理器电路来产生机器,使得经由计算机和/或其它可编程数据处理装置的处理器执行的指令转换和控制晶体管、存储器位置中存储的值、以及这种电路内的其它硬件组件,以实现框图和/或流程图框中指定的功能/动作,并由此创建用于实现框图和/或流程图框中指定的功能/动作的装置(功能体)和/或结构。

[0106] 这些计算机程序指令也可以存储在有形计算机可读介质中,所述有形计算机可读介质能够指导计算机或其它可编程数据处理装置按照具体的方式作用,使得在计算机可读介质中存储的指令产生制品,所述制品包括实现在所述框图和/或流程图的框中指定的功能/动作的指令。因此,发明构思的实施例可以在硬件和/或在诸如数字信号处理器之类的处理器上运行的软件(包括固件、贮存软件、微代码等)上实现,所述处理器可以统称为“电路”、“模块”或其变体。

[0107] 还应注意,在一些备选实现中,在框中标记的功能/动作可以不以流程图中标记的顺序发生。例如,依赖于所涉及的功能/动作,连续示出的两个框实际上可以实质上同时执行,或者框有时候可以按照相反的顺序执行。此外,可以将流程图和/或框图的给定框的功能分成多个框和/或流程图和/或框图的两个或更多个框的功能可以至少部分地被集成。最后,在不脱离发明构思的范围的情况下,可以在所示出的框之间添加/插入其他框,和/或可以省略框/操作。此外,尽管一些图包括通信路径上的箭头以示出通信的主要方向,但是应理解,通信可以在与所描绘的箭头相反的方向上发生。

[0108] 在基本上不脱离本发明构思原理的前提下,可以对实施例做出许多改变和修改。所有这些改变和修改旨在在本文中被包括在发明构思的范围内。因此,上述主题应理解为示例性的而非限制性的,并且所附实施例的示例旨在覆盖落入本发明构思的精神和范围之内的所有这些修改、改进和其他实施例。因此,在法律允许的最大范围内,本发明构思的范围应由所附实施例的示例及其等同物的最宽允许解释来确定,并且不应受限于或限制于之前的具体实施方式。

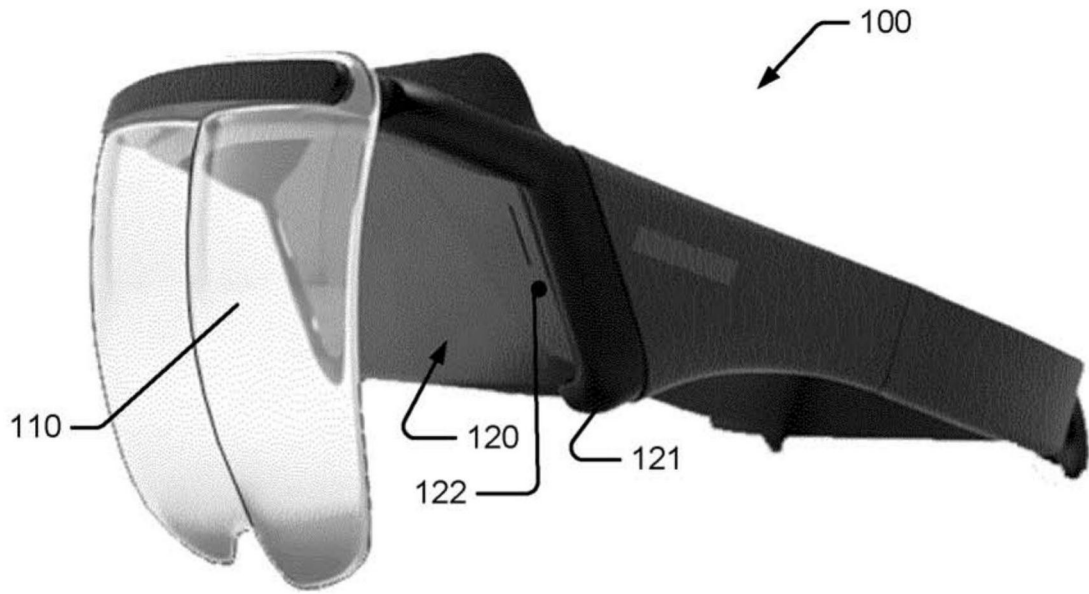


图1

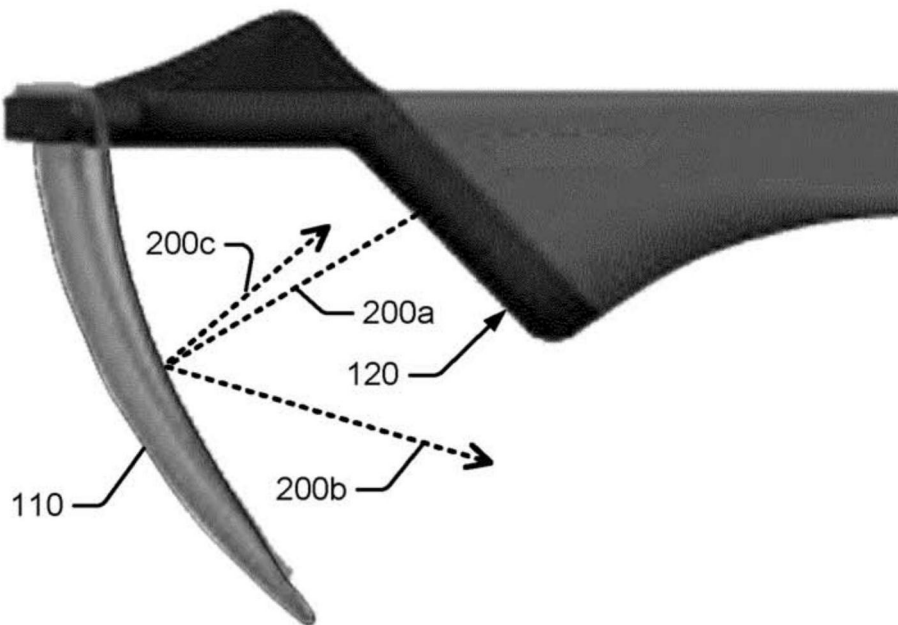


图2

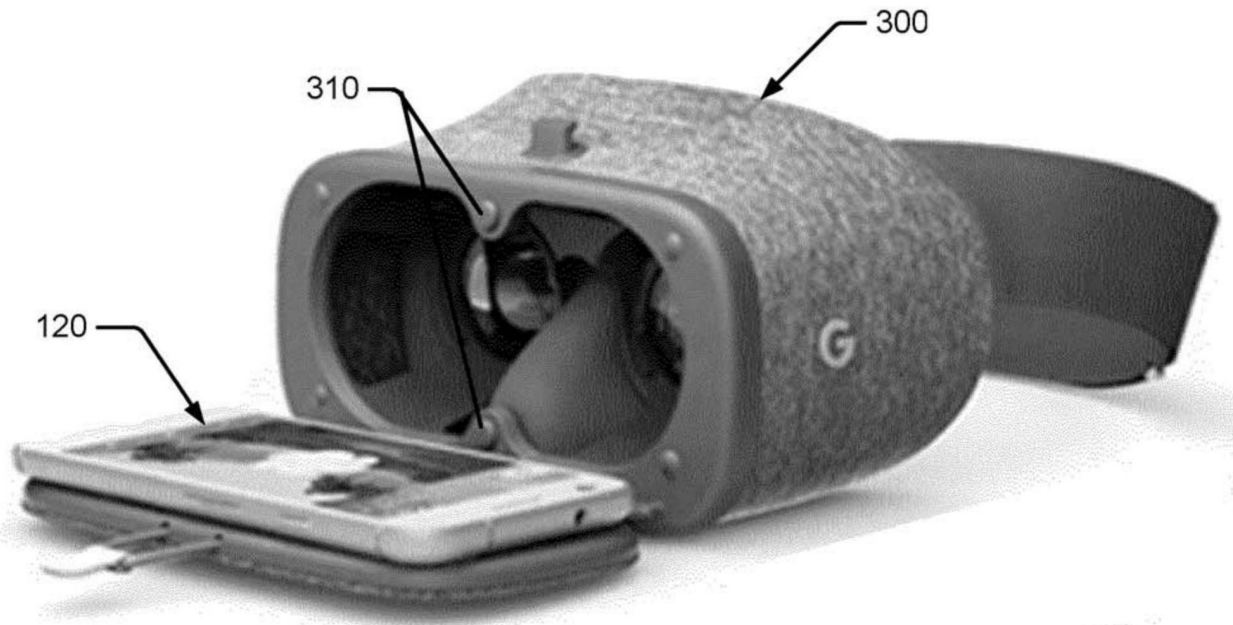


图3

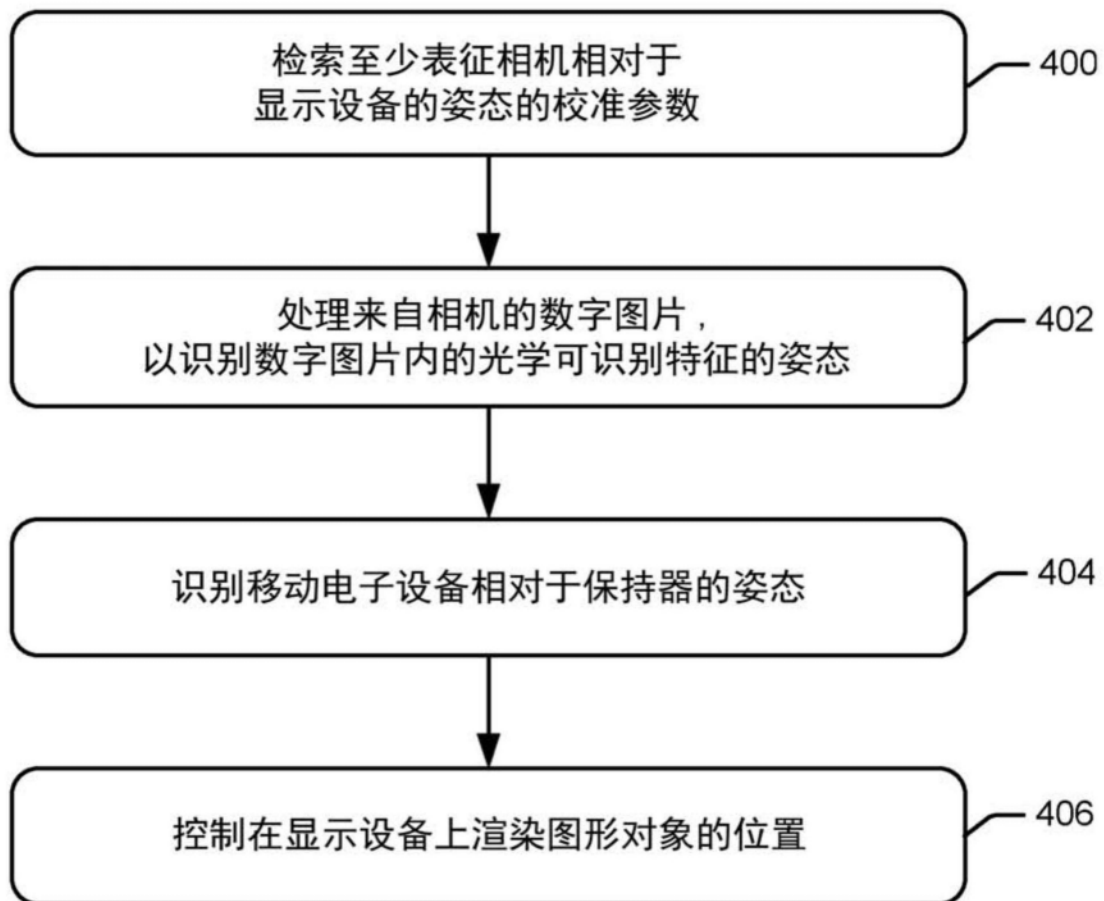


图4

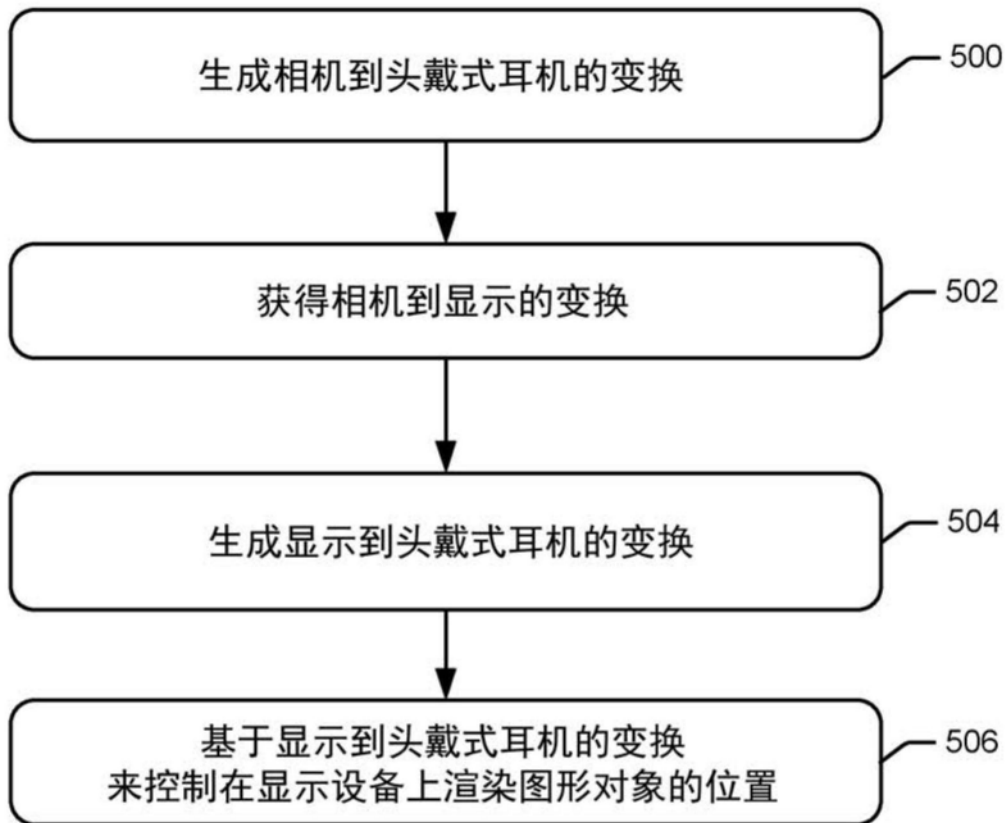


图5

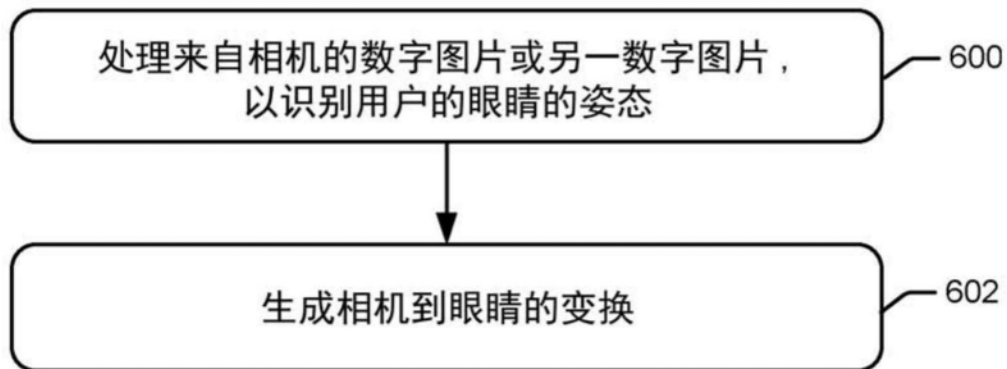


图6

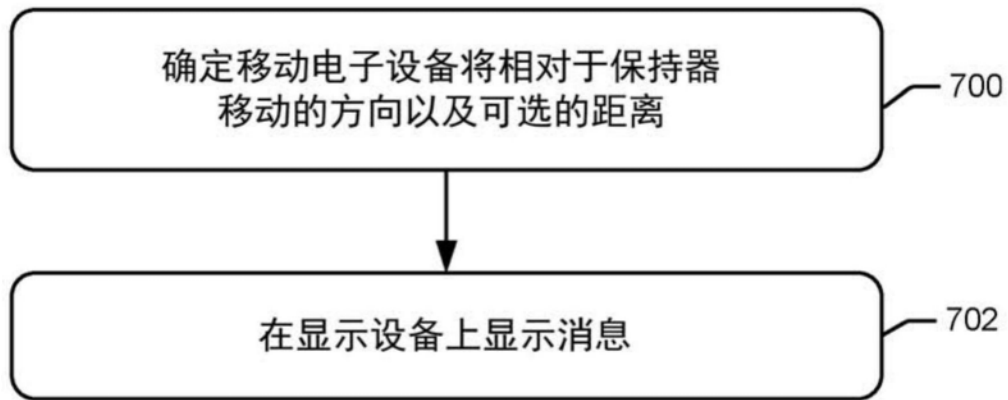


图7

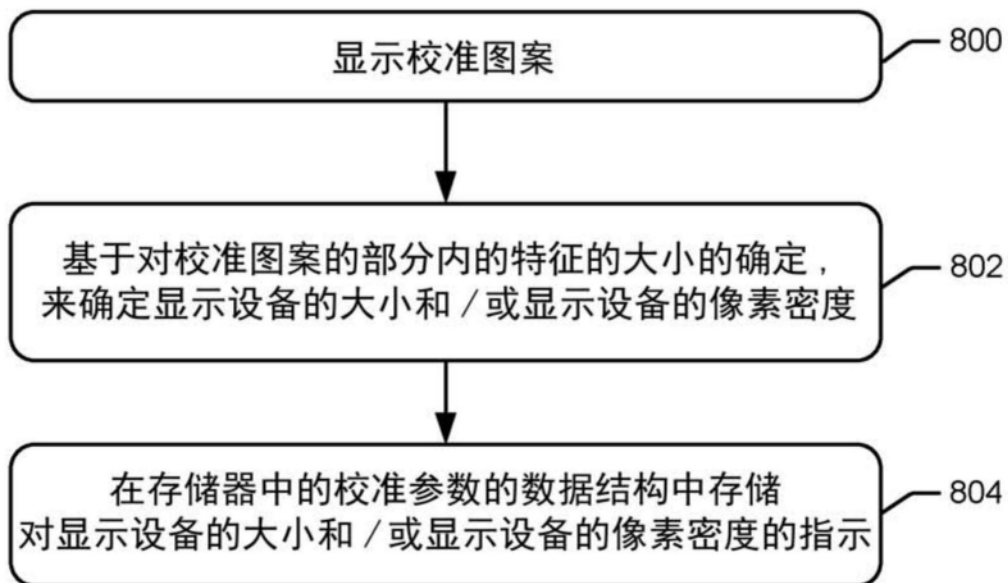


图8

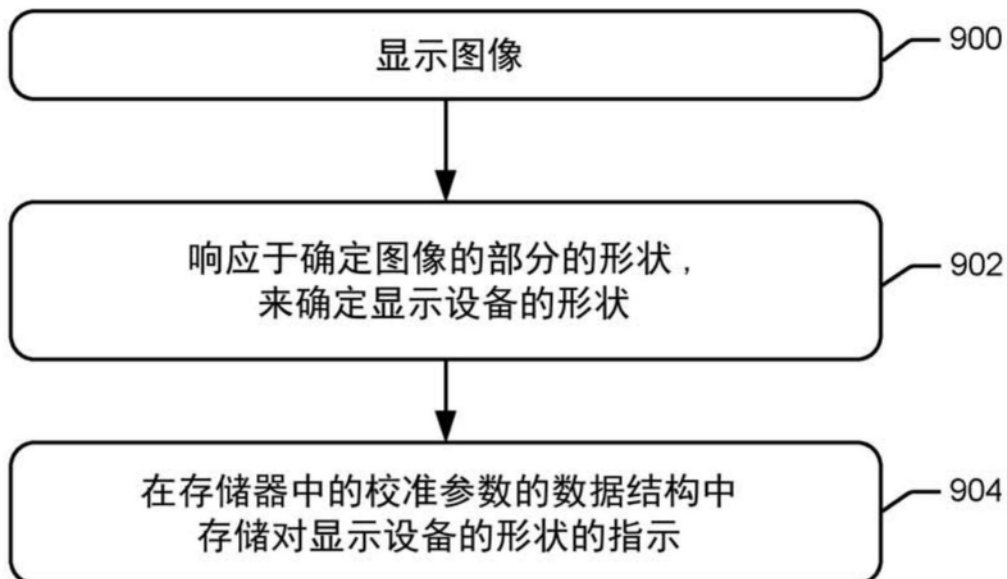


图9

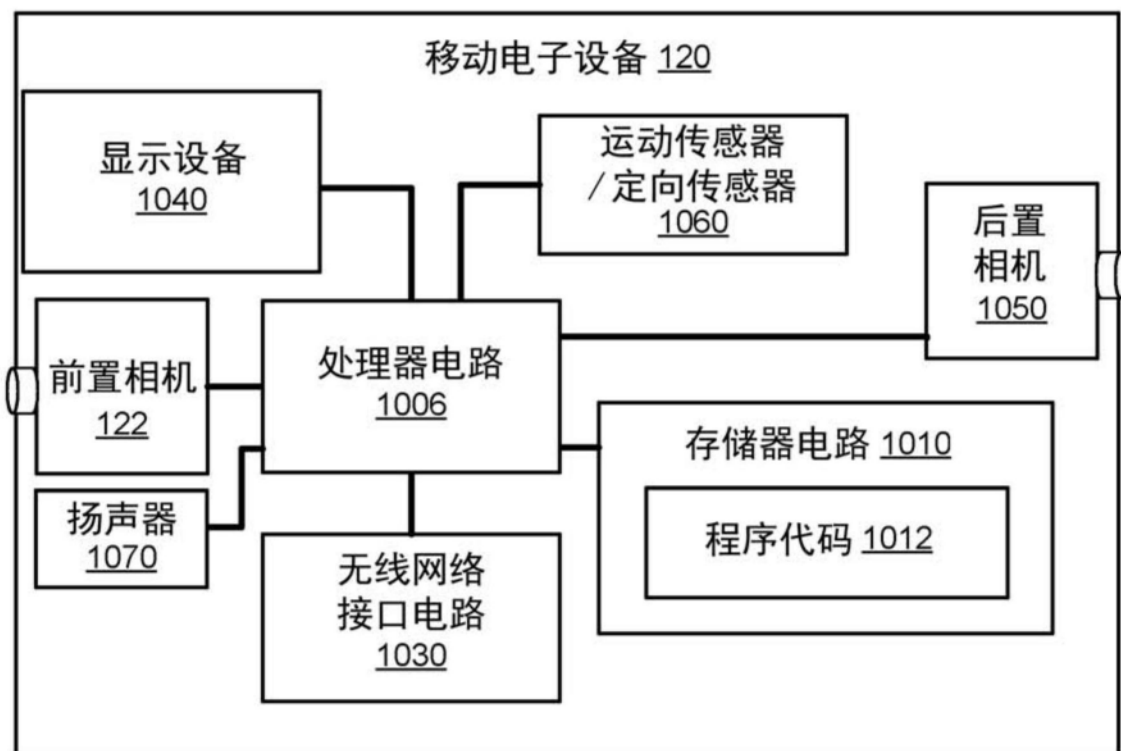


图10

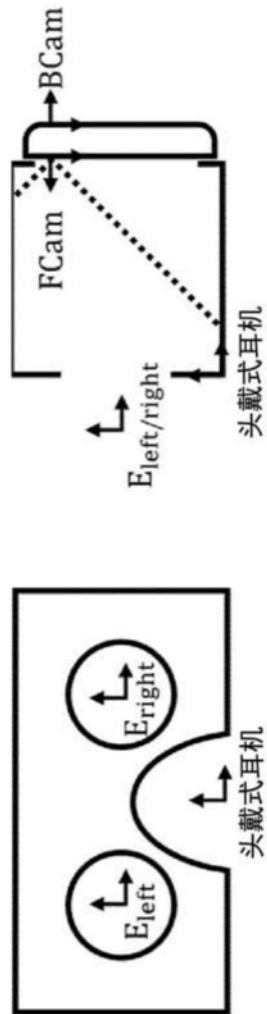
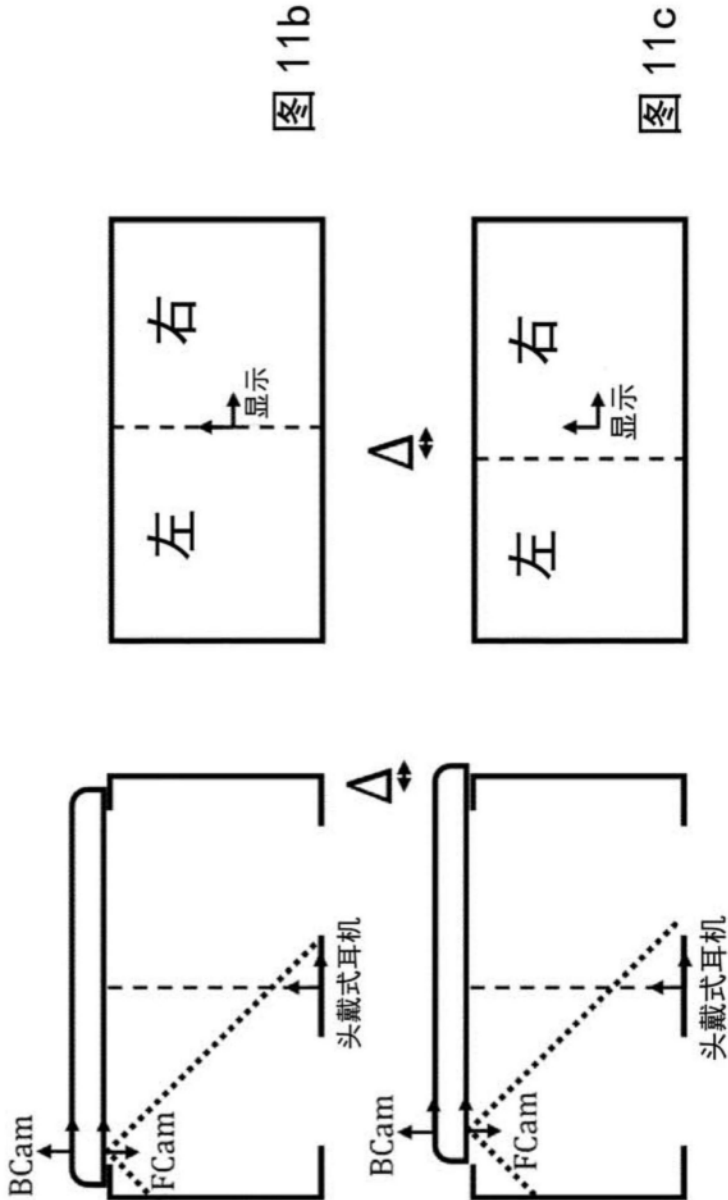


图11a



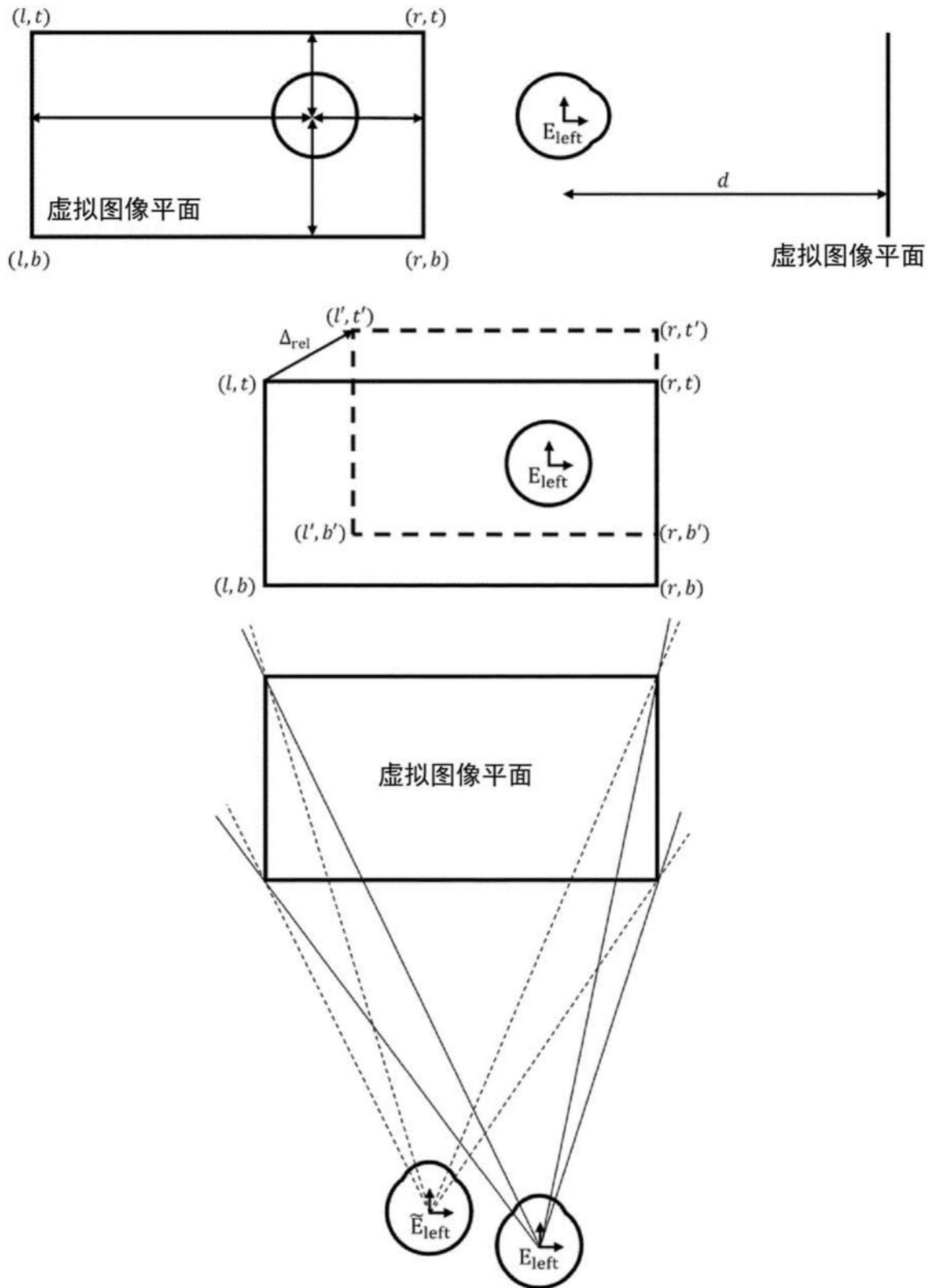


图12