

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2018 年 5 月 3 日 (03.05.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/076202 A1

- (51) 国际专利分类号:
G02B 27/01 (2006.01) **G06F 3/01** (2006.01)
H04N 13/04 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2016/103375
- (22) 国际申请日: 2016 年 10 月 26 日 (26.10.2016)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 中国科学院深圳先进技术研究院 (SHENZHEN INSTITUTES OF ADVANCED TECHNOLOGY CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。
- (72) 发明人: 李荣茂 (LI, Rongmao); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 臧珊珊 (ZANG, Shanshan); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 刘燕君 (LIU,

Yanjun); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 陈映丽 (CHEN, Yili); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 朱艳春 (ZHU, Yanchun); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 陈鸣闽 (CHEN, Mingmin); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。 谢耀钦 (XIE, Yaoqin); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1068 号, Guangdong 518055 (CN)。

- (74) 代理人: 北京三友知识产权代理有限公司 (BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.); 中国北京市金融街 35 号国际企业大厦 A 座 16 层, Beijing 100033 (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,

(54) Title: HEAD-MOUNTED DISPLAY DEVICE THAT CAN PERFORM EYE TRACKING, AND EYE TRACKING METHOD

(54) 发明名称: 能够进行人眼追踪的头戴式可视设备及人眼追踪方法

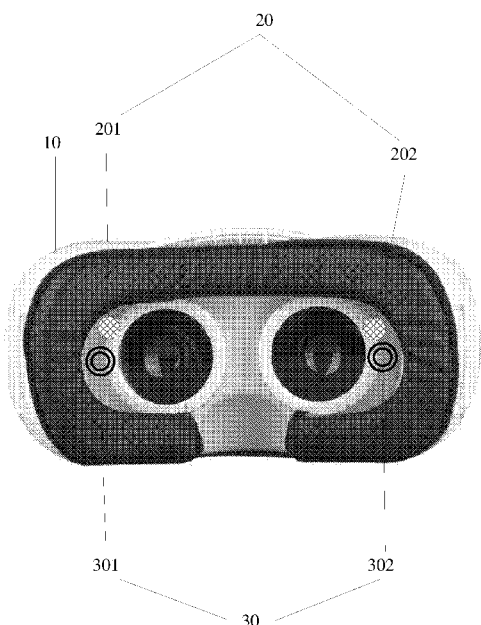


图 1B

(57) Abstract: A head-mounted display device that can perform eye tracking, and an eye tracking method, wherein the head-mounted display comprises: a virtual reality helmet (10), used for accommodating the head-mounted display device; a light source (20), provided inside the virtual reality helmet (10) for illuminating the eyeballs of human eyes; and a miniature camera (30), provided inside the virtual reality helmet (10) to collect eyeball image information about the human eyes, so that a server can determine orientation information about pupils of the human eyes according to the eyeball image information. The viewing orientation of a user can be determined in real time without increasing the weight of the head-mounted display device.

(57) 摘要: 一种能够进行人眼追踪的头戴式可视设备及人眼追踪方法, 其中, 头戴式可视设备包括: 虚拟现实头盔(10), 用于容纳头戴式可视设备; 光源(20), 设置于所述虚拟现实头盔(10)内, 用于照射人眼眼球; 微型摄像机(30), 设置于所述虚拟现实头盔(10)内, 用于采集人眼的眼球图像信息, 以便服务器根据所述眼球图像信息确定人眼瞳孔的方位信息。可以实时确定用户的观看方位, 不增加头戴式可视设备的重量。

GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

能够进行人眼追踪的头戴式可视设备及人眼追踪方法

5 技术领域

[0001] 本发明涉及计算机技术领域，尤其涉及一种头戴式可视设备，具体来说就是一种能够进行人眼追踪的头戴式可视设备及人眼追踪方法。

背景技术

10 [0002] 近年来，头戴式可视设备的大量涌现，例如，联想眼镜、谷歌眼镜、虚拟现实（VR）游戏眼镜等，虚拟现实（Virtual Reality, VR）、增强现实（Augmented Reality, AR）及混合现实（Mixed Reality, MR）技术逐渐进入我们的日常生活中。头戴式显示器（HMD，也称为头戴式可视设备）是把二维图像直接反射到观看者的眼睛里，具体就是通过一组光学系统（主要是精密光学透镜）放大超微显示屏上的图像，将影像投射于视网膜上，进而将大屏幕图像呈现在观看者眼中，形象点说就是拿放大镜看物体呈现出放大的虚拟物体图像。图像可以直接通过发光二极管（LED）、主动式矩阵液晶显示器（AMLCD）、有机发光二极管（OLED）或液晶附硅（LCOS）获得，也可以通过光纤等传导方式间接获得。显示系统通过准直透镜成像在无穷远处，然后通过反射面把图像反射进入人的眼睛里。头戴式
15 可视设备由于其具有便携性、娱乐性等特点，正在悄然改变人们的现代生活。

[0003] 然而，现有头戴式可视设备无法与用户进行主动交互，即佩戴用户主动去操作头戴式可视设备，而头戴式可视设备无法主动去感知用户的关注点及用户的心情，因此，人们想到利用眼动追踪技术去主动感知用户的关注点及用户的心情。但是，如何在头戴式可视设备中使用眼动追踪技术实现对人眼信息实时跟踪
25 获取人眼在空间中的凝视点这一方面，目前还没有很好的解决方案；在头戴式可视设备的设计方面，头戴式可视设备的重量被看作是忽略的因素，虽然现有眼动追踪仪已经有比较成熟的产品，但在头戴式可视设备中直接嵌入眼动追踪仪无疑会增加虚拟现实头盔的重量，降低客户体验。

[0004] 因此，如何在增加头戴式可视设备重量的基础上，让头戴式可视设备
30 具有眼动追踪功能是本领域技术人员长期亟需解决的问题。

发明内容

[0005] 有鉴于此，本发明要解决的技术问题在于提供一种能够进行人眼追踪的头戴式可视设备及人眼追踪方法，解决了现有头戴式可视设备无法追踪人眼观看方位的问题。

[0006] 为了解决上述技术问题，本发明的具体实施方式提供一种能够进行人眼追踪的头戴式可视设备，包括：虚拟现实头盔，用于容纳头戴式可视设备；光源，设置于所述虚拟现实头盔内，用于照射人眼眼球；微型摄像机，设置于所述虚拟现实头盔上，用于采集人眼的眼球图像信息，以便服务器根据所述眼球图像信息确定人眼瞳孔的方位信息。

[0007] 本发明的具体实施方式还提供一种用于头戴式可视设备的人眼追踪方法，包括：利用 LED 光源照射人眼眼球；利用微型摄像机采集人眼的眼球图像信息；利用空间映射关系根据所述眼球图像信息确定人眼瞳孔的方位信息。

[0008] 根据本发明的上述具体实施方式可知，能够进行人眼追踪的头戴式可视设备及人眼追踪方法至少具有以下有益效果：通过在头戴式可视设备中嵌入微型摄像机及 LED 光源，并在虚拟场景中设置多个参考点，利用三维矩阵构建微型摄像机、参考点以及人眼眼球之间的空间映射关系；再利用微型摄像机拍摄眼球图像信息，根据空间映射关系对获取的眼球图像信息进行分析，可实时获取瞳孔聚焦区域，从而确定用户的观看方位，不增加头戴式可视设备的重量，而且不会泄露用户周围的环境信息，提高用户体验度。

[0009] 应了解的是，上述一般描述及以下具体实施方式仅为示例性及阐释性的，其并不能限制本发明所欲主张的范围

附图说明

[0010] 下面的所附附图是本发明的说明书的一部分，其绘示了本发明的示例实施例，所附附图与说明书的描述一起用来说明本发明的原理。

[0011] 图 1A 为本发明具体实施方式提供的一种能够进行人眼追踪的头戴式可视设备的主体结构示意图；

[0012] 图 1B 为本发明具体实施方式提供的一种能够进行人眼追踪的头戴式可视设备的后视结构示意图；

[0013] 图 2 为本发明具体实施方式提供的一种用于头戴式可视设备的人眼追踪方法的实施例一的流程图；

[0014] 图 3 为本发明具体实施方式提供的一种用于头戴式可视设备的人眼追踪方法的实施例二的流程图；

5 [0015] 图 4 为本发明具体实施方式提供的微型摄像机、参考点以及人眼眼球之间的空间位置关系三维坐标示意图；

[0016] 图 5 为本发明具体实施方式提供的坐标转换关系图。

具体实施方式

10 [0017] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚明白，下面将以附图及详细叙述清楚说明本发明所揭示内容的精神，任何所属技术领域技术人员在了解本发明内容的实施例后，当可由本发明内容所教示的技术，加以改变及修饰，其并不脱离本发明内容的精神与范围。

[0018] 本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，但并不作为对本发明的限定。另外，在附图及实施方式中所使用相同或类似标号的元件/构件是用来代表相同或类似部分。

[0019] 关于本文中所使用的“第一”、“第二”、...等，并非特别指称次序或顺位的意思，也非用以限定本发明，其仅为了区别以相同技术用语描述的元件或操作。

15 [0020] 关于本文中所使用的方位用语，例如：上、下、左、右、前或后等，仅是参考附图的方位。因此，使用的方位用语是用来说明并非用来限制本创作。

[0021] 关于本文中所使用的“包含”、“包括”、“具有”、“含有”等等，均为开放性的用语，即意指包含但不限于。

[0022] 关于本文中所使用的“及/或”，包括所述事物的任一或全部组合。

25 [0023] 图 1A 为本发明具体实施方式提供的一种能够进行人眼追踪的头戴式可视设备的主体结构示意图；图 1B 为本发明具体实施方式提供的一种能够进行人眼追踪的头戴式可视设备的后视结构示意图；如图 1A、图 1B 所示，在虚拟现实头盔镜片两侧分别设置光源和微型摄像机，一个光源和一个微型摄像机对应于用户的一只眼睛，另外一个光源和另外一个微型摄像机对应于用户的另一只眼睛，光源用于照射人眼眼球，微型摄像机用于采集人眼的眼球图像信息，以便服务器根据所述眼球图像信息确定人眼瞳孔的方位信息。

30

[0024] 该附图所示的具体实施方式中,该头戴式可视设备包括虚拟现实头盔 10、光源 20 和微型摄像机 30,其中,虚拟现实头盔 10 用于容纳头戴式可视设备;光源 20 设置于所述虚拟现实头盔 10 内,光源 20 用于照射人眼眼球;微型摄像机 30 设置于所述虚拟现实头盔 10 内,微型摄像机 30 用于采集人眼的眼球图像信息,以便服务器根据所述眼球图像信息确定人眼瞳孔的方位信息,其中,微型摄像机 30 可以为微型摄像机、微型照相机等,光源 20 可以为微型 LED 光源,微型摄像机 30 采集人眼的眼球图像信息时,光源 20 瞬间开启并关闭;微型摄像机 30 通过微型摄像机的 HDMI 数据线与服务器连接。人眼瞳孔的方位信息具体指:以人眼水平观看正前方的直线为参考线,然后将观看目标点与人眼瞳孔进行连线,该连线与参考线之间的角度、位置关系信息就是人眼瞳孔的方位信息。

[0025] 进一步地,所述服务器具体根据微型摄像机 30、参考点以及人眼眼球之间的空间位置关系计算出人眼瞳孔的方位信息。参考点的个数至少为 4 个。

[0026] 另外,如图 1B 所示,所述光源 20 具体包括第一 LED 光源 201 和第二 LED 光源 202。第一 LED 光源 201 设置于所述虚拟现实头盔 10 的左侧镜片边缘处;第二 LED 光源 202 设置于所述虚拟现实头盔 10 的右侧镜片边缘处;第一 LED 光源 201 用于照射左眼眼球;第二 LED 光源 202 用于照射右眼眼球。

[0027] 所述微型摄像机 30 具体包括第一微型摄像机 301 和第二微型摄像机 302。第一微型摄像机 301 设置于所述虚拟现实头盔 10 的左侧镜片边缘处;第二微型摄像机 302 设置于所述虚拟现实头盔 10 的右侧镜片边缘处;第一微型摄像机 301 用于拍摄左眼的眼球图像信息;第二微型摄像机 302 用于拍摄右眼的眼球图像信息。

[0028] 本发明的具体实施例中,所述服务器具体根据左眼的眼球图像信息获得左眼注视方位的左眼光轴矢量,并根据右眼的眼球图像信息获得右眼注视方位的右眼光轴矢量,再根据左眼光轴矢量和右眼光轴矢量的相交处确定人眼瞳孔的方位信息。

[0029] 参见图 1A、图 1B,在虚拟现实头盔中设置微型摄像机和光源,并在虚拟场景中设置多个参考点,利用三维矩阵构建微型摄像机、参考点以及人眼眼球之间的空间映射关系;再利用微型摄像机采集眼球图像信息,根据空间映射关系对获取的眼球图像信息进行分析,可实时获取瞳孔聚焦区域,从而确定用户的观

看方位，不增加头戴式可视设备的重量，而且不会泄露用户周围的环境信息。

[0030] 本发明的具体实施例中，在虚拟现实头盔 10 中，电源集成到 USB 接口（图中未绘示）中，来给虚拟现实头盔中光源 20、微型摄像机 30 等电子元器件供电；另外，头戴式可视设备通过 HDMI 数据线与服务器连接，服务器通过 HDMI 数据线控制光源 20 开关及微型摄像机 30 采集眼球图像信息，微型摄像机 30 采集的眼球图像信息的处理均由服务器完成。在本发明的其它实施例中，也可以在在虚拟现实头盔 10 中设置一个处理器来完成上述服务器的处理及控制工作。

[0031] 图 2 为本发明具体实施方式提供的一种用于头戴式可视设备的人眼追踪方法的实施例一的流程图，如图 2 所示，LED 光源开启瞬间，微型摄像机采集人眼的眼球图像信息，通过分析采集的眼球图像信息确定人眼瞳孔的方位信息。

[0032] 该附图所示的具体实施方式包括：

[0033] 步骤 101：利用 LED 光源照射人眼眼球。LED 光源类似照相机的闪光灯，开启后立刻关闭，不会影响用户正常视觉体验。

[0034] 步骤 102：利用微型摄像机采集人眼的眼球图像信息。微型摄像机在 LED 光源开启瞬间采集人眼的眼球图像信息；微型摄像机可以为微型摄像机、微型照相机等。

[0035] 步骤 103：利用空间映射关系根据所述眼球图像信息确定人眼瞳孔的方位信息。本发明的具体实施例中，具步骤 103 体包括：采集左眼的眼球图像信息和右眼的眼球图像信息；根据左眼的眼球图像信息获得左眼注视方位的左眼光轴矢量，并根据右眼的眼球图像信息获得右眼注视方位的右眼光轴矢量；根据所述左眼光轴矢量和所述右眼光轴矢量确定人眼瞳孔的方位信息。

[0036] 参见图 2，利用微型摄像机（还可以利用微型照相机等传感器）采集人眼的眼球图像信息，根据空间映射关系对获取的眼球图像信息进行分析，可实时获取瞳孔聚焦区域，从而确定用户的观看方位，不增加头戴式可视设备的重量，而且不会泄露用户周围的环境信息，提高用户体验度。

[0037] 图 3 为本发明具体实施方式提供的一种用于头戴式可视设备的人眼追踪方法的实施例二的流程图，如图 3 所示，在对用户进行人眼追踪之前，需要利用三维矩阵构建微型摄像机、参考点以及人眼眼球之间的空间映射关系。

[0038] 该附图所示的具体实施方式中，步骤 101 之前，该方法还包括：

[0039] 步骤 100: 利用三维矩阵构建微型摄像机、参考点以及人眼眼球之间的空间映射关系。

[0040] 参见图 3, 以不同的函数形式、三维矩阵形式来拟合人眼眼球所在的坐标系、参考点所在的坐标系之间一一对应的映射关系, 以及微型摄像机与人眼眼球之间的位置关系, 最终构建微型摄像机、参考点以及人眼眼球之间的空间映射关系, 利用空间映射关系结合采集的眼球图像信息可以实时计算出使用者在虚拟空间中的视觉凝视点。

[0041] 图 4 为本发明具体实施方式提供的微型摄像机、参考点以及人眼眼球之间的空间位置关系三维坐标示意图, 如图 4 所示, 本发明提供一种应用于虚拟现实头盔的瞳孔聚焦区域追踪方案, 主要通过头戴式可视设备 (例如, 虚拟现实头盔) 镜片两侧安装微型摄像机 (例如, 微型摄像机), 并在微型摄像机镜头边缘安装 LED 光源, 借助虚拟现实头盔的工作特性在虚拟场景中设置 4 个参考点, 人眼眼球在注视参考点时, 开启 LED 光源, 微型摄像机捕捉并记录眼球及瞳孔的实时图像信息, 然后再结合微型摄像机、参考点以及人眼眼球所在坐标系的空间位置关系, 以不同的函数形式、矩阵形式来拟合眼图参考系与参考点所在的参考系之间的一一对应映射关系, 得出瞳孔位置及其方位信息, 进而可计算出空间中任一视觉凝视点的位置坐标, 该系统空间位置关系如图 4 所示, 图中 E1 和 E2 为左右眼球所在空间直角坐标系原点; S1 和 S2 为微型摄像机所在空间直角坐标系原点; O 为目标注视点所在的空间直角坐标系原点; X1 和 X2 为虚拟现实场景中设置的参考点, X1 和 X2 位于两眼所在的中垂线上; X3 为虚拟现实场景中的目标注视点; H1、H2 和 Ct 为摄像机与人眼的垂直距离; L 为两眼之间的距离; Cs 为两个微型摄像机之间的距离; 参考点 X1 和 X2 之间的距离, 与参考点 X1 与 S0 之间的距离相等, 均为 ΔX ; $\angle E1X1E2$ 的角度为 2θ 。

[0042] 基于图 4 所示的不同坐标系 (人眼眼球坐标系 E、摄像机所在坐标系 S、参考点所在坐标系 O) 之间的转换关系及空间位置关系, 计算得出瞳孔的空间位置及方位信息, 即可得到瞳孔注视某一点的矢量坐标。其中瞳孔的空间位置可表示为 $f(\mu_0, \theta_0, \varphi(\mu_0, \theta_0))$, 瞳孔在空间运动包含有 X 轴、Y 轴、Z 轴三个维度的位置信息, 故本应有三个未知参数, 但由于瞳孔在眼球固定平面上进行运动, 所以在人眼眼球所在的固定平面上, $f(\mu_0, \theta_0, \varphi(\mu_0, \theta_0))$ 只包含有瞳孔平面运动所在二

维空间的两个未知参数 μ_0, θ_0 ，而另一参数 $\varphi(\mu_0, \theta_0)$ 则直接与 μ_0, θ_0 相关。另外，瞳孔的注视方位即瞳孔在其所在空间三个维度上的旋转角，记为 R ，整合瞳孔的空间位置及方位数据，可得出瞳孔注视某一点时的矢量坐标信息 $[R, t]$ ，其中 R 是一个 3×3 的旋转矩阵，代表瞳孔的注视方位， t 是一个 3×1 的向量，代表瞳孔的空间位置信息。由于旋转角 R 也是在眼球固定平面上，所以共有两个旋转角为未知参数，一个是绕 X 轴的旋转角，一个是绕 Z 轴的旋转角，两个旋转角确定了 R 的值。

[0043] 绕 X 轴旋转： $y' = y \cos \alpha - z \sin \alpha$

$$z' = y \sin \alpha + z \cos \alpha$$

10

$$x' = x$$

$$\text{其中, } (x', y', z', 1) = (x, y, z, 1) \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0044] 绕 Z 轴旋转： $x' = x \cos \gamma - y \sin \gamma$

$$y' = x \sin \gamma + y \cos \gamma$$

$$z' = z$$

15

$$\text{其中, } (x', y', z', 1) = (x, y, z, 1) \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 & 0 \\ -\sin \gamma & \cos \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

[0045] 由 (1)、(2) 可以确定 R 的值：

$$R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & \sin \alpha \\ 0 & -\sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 \\ -\sin \gamma & \cos \gamma & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 \\ -\cos \alpha \sin \gamma & \cos \alpha \cos \gamma & \sin \alpha \\ \sin \alpha \sin \gamma & -\sin \alpha \cos \gamma & \cos \alpha \end{bmatrix}$$

[0046] 通过参考点的标定，获取该系统中的未知参数，然后实时计算出各瞳孔在注视任一点的方位及位置坐标信息 $[R, t]$ ，即：

20

$$\begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 \\ -\cos \alpha \sin \gamma & \cos \alpha \cos \gamma & \sin \alpha \\ \sin \alpha \sin \gamma & -\sin \alpha \cos \gamma & \cos \alpha \end{bmatrix}_{\varphi} \begin{bmatrix} \mu_0 \\ \theta_0 \\ (\mu_0, \theta_0) \end{bmatrix}$$

[0047] 1.坐标系的转换:

[0048] 参考点 X_1 、 X_2 所在坐标系记为平面坐标系 O, 眼球所在坐标系记为眼三

5 维坐标系 E, 摄像机所在的坐标系记为 S, 摄像机拍摄眼球运动的二维图像所在的坐标系记为 B, 根据虚拟现实眼动追踪系统中摄像机、参考点以及眼球所在坐标系的关系, 可得如图 5 所示的坐标转换关系图。

[0049] 在等式 $T_{O \leftarrow E} = T_{O \leftarrow S} \cdot T_{S \leftarrow B} \cdot T_{B \leftarrow E}$ 中, $T_{O \leftarrow E}$ 代表从眼坐标系 E 到参考点所在坐标系 O 的转换关系, 通过参考点标定可获取, 另 $T_{O \leftarrow S}$ 摄像机所在坐

10 标系 S 相对于参考点所在坐标系 O, 以及 $T_{S \leftarrow B}$ 摄像机所拍摄的二维图像所在坐标系 B 相对于摄像机所在坐标系 S, 都可通过标定获取。

[0050] $T_{B \leftarrow E}$: 根据参考点计算出 $T_{B \leftarrow E}$ 中的两个未知参数 (x, y), 即当前眼坐标系 E 与二维图像所在坐标系 B 之间的变换关系。眼球相对于眼眶是有两个未知的量, 在眼眶及眼球形状限制下, 眼球只能在 X、Y 轴进行运动, 通过参考

15 点的标定可求得 $T_{B \leftarrow E}$ 中的两个未知量, 获取 $T_{B \leftarrow E}$ 的转换关系。

[0051] 通过参考点的标定, 同时根据坐标系转换关系, 可计算得出坐标系的未知参数。

[0052] 2.基于三维矩阵的映射关系:

20 [0053] 首先确定三维空间中的点 $M = [X \ Y \ Z]^T$ 与二维空间中的点的图像坐标 $m = [x \ y]^T$ 之间的映射关系如下:

$$S \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{bmatrix} = C [R \ t] \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \\ 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \gamma & \sin \gamma & 0 \\ -\cos \alpha \sin \gamma & \cos \alpha \cos \gamma & \sin \alpha \\ \sin \alpha \sin \gamma & -\sin \alpha \cos \gamma & \cos \alpha \end{bmatrix}_{\varphi} \begin{bmatrix} \mu_0 \\ \theta_0 \\ (\mu_0, \theta_0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \\ 1 \end{bmatrix}$$

[0054] 其中, R 是一个 3×3 的旋转矩阵, t 是一个 3×1 的向量, C 是内部矩阵。瞳孔的 4 个外部参数确定了瞳孔相对于场景的位置和方位, 其中包括两个旋转角, 这两个旋转角可以唯一的确定 R , 另外两个参数即构成 t 。C 中四个内部参
5 数, 起始点 (x_0, y_0) 代表光轴和参考点的交点处的像素坐标, f_x 和 f_y 分别代表水平方位和垂直方位上焦点的长度。

[0055] 3. 根据上述方法, 即可将摄像机拍摄的眼球二维图像转换成眼睛注视方位的光轴矢量坐标, 两个眼睛所获取的光轴矢量相交处即是目标注视区域, 在这里主要有以下三种情况:

10 [0056] 第一种: 光轴相交。得到的两个眼睛的光轴矢量成功相交, 得到目标注视点

[0057] 第二种: 光柱相交。根据每个使用者的眼球特征, 形成以光轴矢量 F_0 为中心, r (根据使用者眼部特征可得) 为半径的光柱, 左右眼光柱相交处即为目标注视区域。

15 [0058] 第三种: 光锥相交。实际的视线几何范围是以视网膜为光锥顶点, 以视线为光锥中轴线, 成一定角度的光锥, 即视野为所视焦平面上的一片区域。而区域的交叉区域即为视焦区域, 视焦区域的几何中心为即为焦点。对于近视场光源, 前两种方法可得到足够的近似精度。

[0059] 通过在虚拟现实头盔安装摄像机和 LED 光源, 在虚拟场景中设置参考点
20 的方式拾取瞳孔在聚焦不同目标点的眼球图像数据, 通过系统的空间位置关系、不同坐标系之间的转换及图像数据, 计算出使用者瞳孔实时位置及聚焦方位, 即可实时计算出使用者在虚拟空间中的视觉凝视点。

[0060] 本发明方案主要包含以下几点的内容: 虚拟现实头盔边缘摄像机及 LED 光源的设置; 虚拟现实场景中参考点的设置; 拍照记录瞳孔运动图像; 根据图像
25 信息分割眼白与瞳孔得出瞳孔与眼球的位置关系; 根据获取的数据计算瞳孔的实时位置及聚焦方位。

[0061] 硬件方面: 在虚拟现实头盔的镜片边缘位置各设置一个微型摄像机用来捕捉使用者眼球的变化情况。同时在微型摄像机上再各设置一个 LED 光源用来发射光, 帮助摄像机进行数据采集, 微型摄像机位置关系如图 4 所示。

[0062] 设置参考点：在使用者使用虚拟现实头盔之前，在默认虚拟场景中由近至远设置 4 个目标点作为参考点，设置参考点是为了获取眼睛聚焦参考点时的数据信息，使用者瞳孔聚焦一个参考点时，摄像机就会捕捉到此时使用者的眼球图像信息，通过对图像信息的解析获得一组数据，不同参考点也就能获得不同数据。

- 5 [0063] 摄像机拍照记录眼球运动图像：在使用者眼睛注视每个参考点的时候，开启 LED 灯，摄像机拍摄一组图像记录瞳孔运动信息，获得图像数据。

[0064] 解析图像信息获取瞳孔与眼球空间位置关系：将摄像机拍摄的不同组图像信息传至服务器端，通过图像解析分割眼白与瞳孔。

- [0065] 根据系统中各部分的空间位置关系、不同坐标系之间的关系，借助相关参考点的设置，以不同的函数形式、矩阵形式来拟合眼图参考系与参考点所在参考系之间一一对应的映射关系，得出瞳孔位置及其方位信息，进而实时计算出使用者在虚拟空间中的视觉凝视点。
- 10

[0066] 本发明至少还具有以下有效效果或特点：

- [0067] 本发明应用环境为虚拟现实沉浸式头盔内部的眼动追踪技术，近场眼球视线的几何近视，应用环境为除眼部空间外没有其他内容追踪的环境，该环境为保护用户的个人信息可控的（而不泄露用户周围环境）交互，方便使用；由于采用几何视线近视模型，而并未计算用户的晶状体、瞳孔、角膜、玻璃体等视觉光路重建参数模型，数据计算量小，实现简单。
- 15

[0068] 上述的本发明实施例可在各种硬件、软件编码或两者组合中进行实施。

- 20 例如，本发明的实施例也可为在数据信号处理器（Digital Signal Processor, DSP）中执行上述方法的程序代码。本发明也可涉及计算机处理器、数字信号处理器、微处理器或现场可编程门阵列（Field Programmable Gate Array, FPGA）执行的多种功能。可根据本发明配置上述处理器执行特定任务，其通过执行定义了本发明揭示的特定方法的机器可读软件代码或固件代码来完成。可将软件代码或固件代码发展为不同的程序语言与不同的格式或形式。也可为不同的目标平台编译软件代码。然而，根据本发明执行任务的软件代码与其他类型配置代码的不同代码样式、类型与语言不脱离本发明的精神与范围。
- 25

[0069] 以上所述仅为本发明示意性的具体实施方式，在不脱离本发明的构思和原则的前提下，任何本领域的技术人员所做出的等同变化与修改，均应属于本发

明保护的围。

权利要求书

5

1、一种能够进行人眼追踪的头戴式可视设备，其特征在于，该头戴式可视设备包括：

虚拟现实头盔（10），用于容纳头戴式可视设备；

光源（20），设置于所述虚拟现实头盔（10）内，用于照射人眼眼球；以及

10 微型摄像机（30），设置于所述虚拟现实头盔（10）内，用于采集人眼的眼球图像信息，以便服务器根据所述眼球图像信息确定人眼瞳孔的方位信息。

2、如权利要求1所述的能够进行人眼追踪的头戴式可视设备，其特征在于，所述服务器具体根据微型摄像机（30）、参考点以及人眼眼球之间的空间位置关系计算出人眼瞳孔的方位信息。

15 3、如权利要求2所述的能够进行人眼追踪的头戴式可视设备，其特征在于，所述参考点的个数为4个。

4、如权利要求1所述的能够进行人眼追踪的头戴式可视设备，其特征在于，所述光源（20）具体包括：

20 第一LED光源（201），设置于所述虚拟现实头盔（10）的左侧镜片边缘处，用于照射左眼眼球；以及

第二LED光源（202），设置于所述虚拟现实头盔（10）的右侧镜片边缘处，用于照射右眼眼球。

5、如权利要求1所述的能够进行人眼追踪的头戴式可视设备，其特征在于，所述微型摄像机（30）具体包括：

25 第一微型摄像机（301），设置于所述虚拟现实头盔（10）的左侧镜片边缘处，用于拍摄左眼的眼球图像信息；以及

第二微型摄像机（302），设置于所述虚拟现实头盔（10）的右侧镜片边缘处，用于拍摄右眼的眼球图像信息。

30 6、如权利要求5所述的能够进行人眼追踪的头戴式可视设备，其特征在于，所述服务器具体根据左眼的眼球图像信息获得左眼注视方位的左眼光轴矢量，并

根据右眼的眼球图像信息获得右眼注视方位的右眼光轴矢量,再根据左眼光轴矢量和右眼光轴矢量的相交处确定人眼瞳孔的方位信息。

7、如权利要求 1 所述的能够进行人眼追踪的头戴式可视设备,其特征在于,所述微型摄像机(30)采集人眼的眼球图像信息时,所述光源(20)瞬间开启并
5 关闭。

8、一种用于头戴式可视设备的人眼追踪方法,其特征在于,该方法包括:
利用 LED 光源照射人眼眼球;
利用微型摄像机采集人眼的眼球图像信息;以及
利用空间映射关系根据所述眼球图像信息确定人眼瞳孔的方位信息。

10 9、如权利要求 8 所述的用于头戴式可视设备的人眼追踪方法,其特征在于,利用 LED 光源照射人眼眼球的步骤之前,该方法还包括:

利用三维矩阵构建微型摄像机、参考点以及人眼眼球之间的空间映射关系。

10、如权利要求 8 所述的用于头戴式可视设备的人眼追踪方法,其特征在于,根据所述眼球图像信息确定人眼瞳孔的方位信息的步骤,具体包括:

15 采集左眼的眼球图像信息和右眼的眼球图像信息;
根据左眼的眼球图像信息获得左眼注视方位的左眼光轴矢量,并根据右眼的眼球图像信息获得右眼注视方位的右眼光轴矢量;以及
根据所述左眼光轴矢量和所述右眼光轴矢量确定人眼瞳孔的方位信息。

20

25

30

10



图 1A

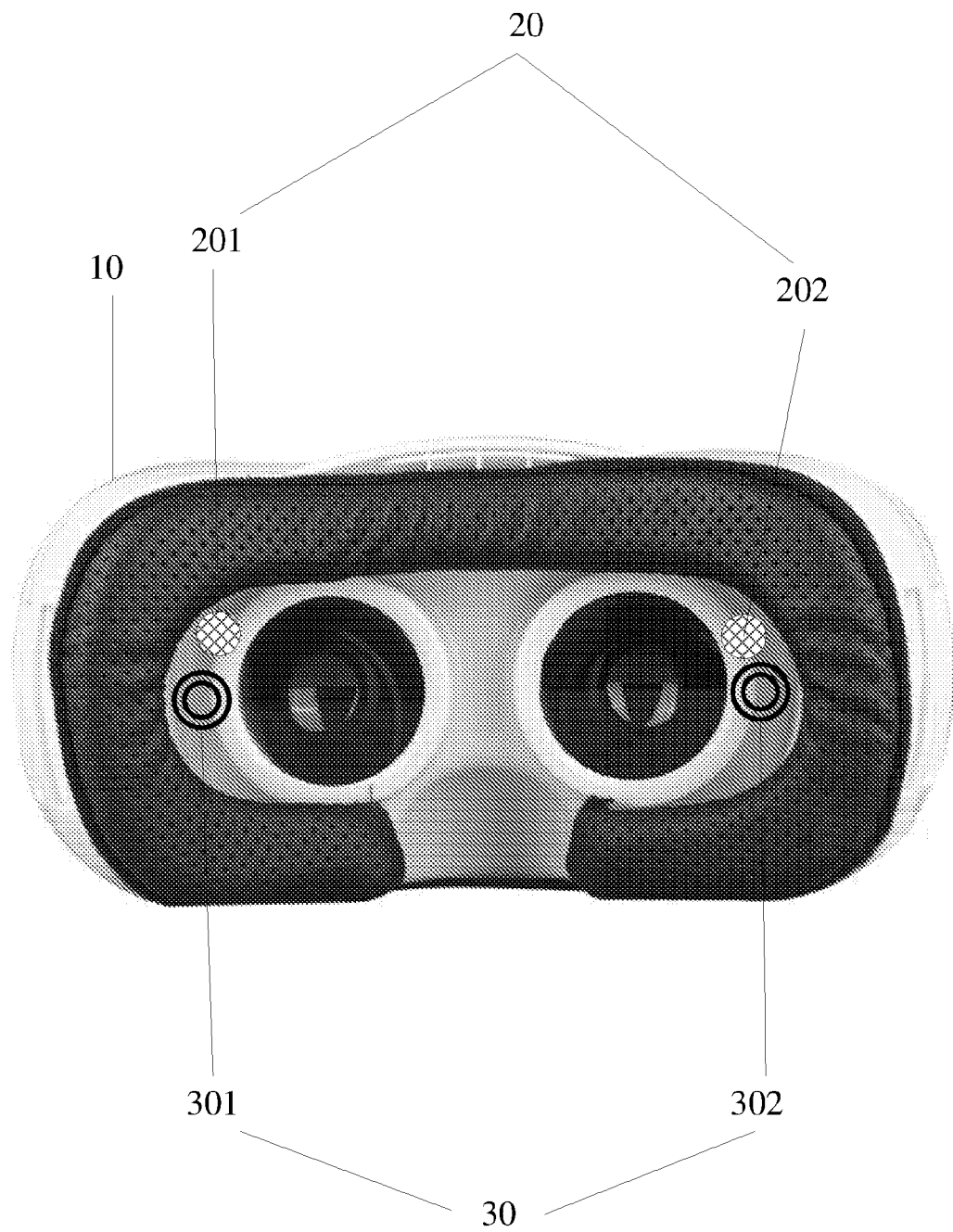
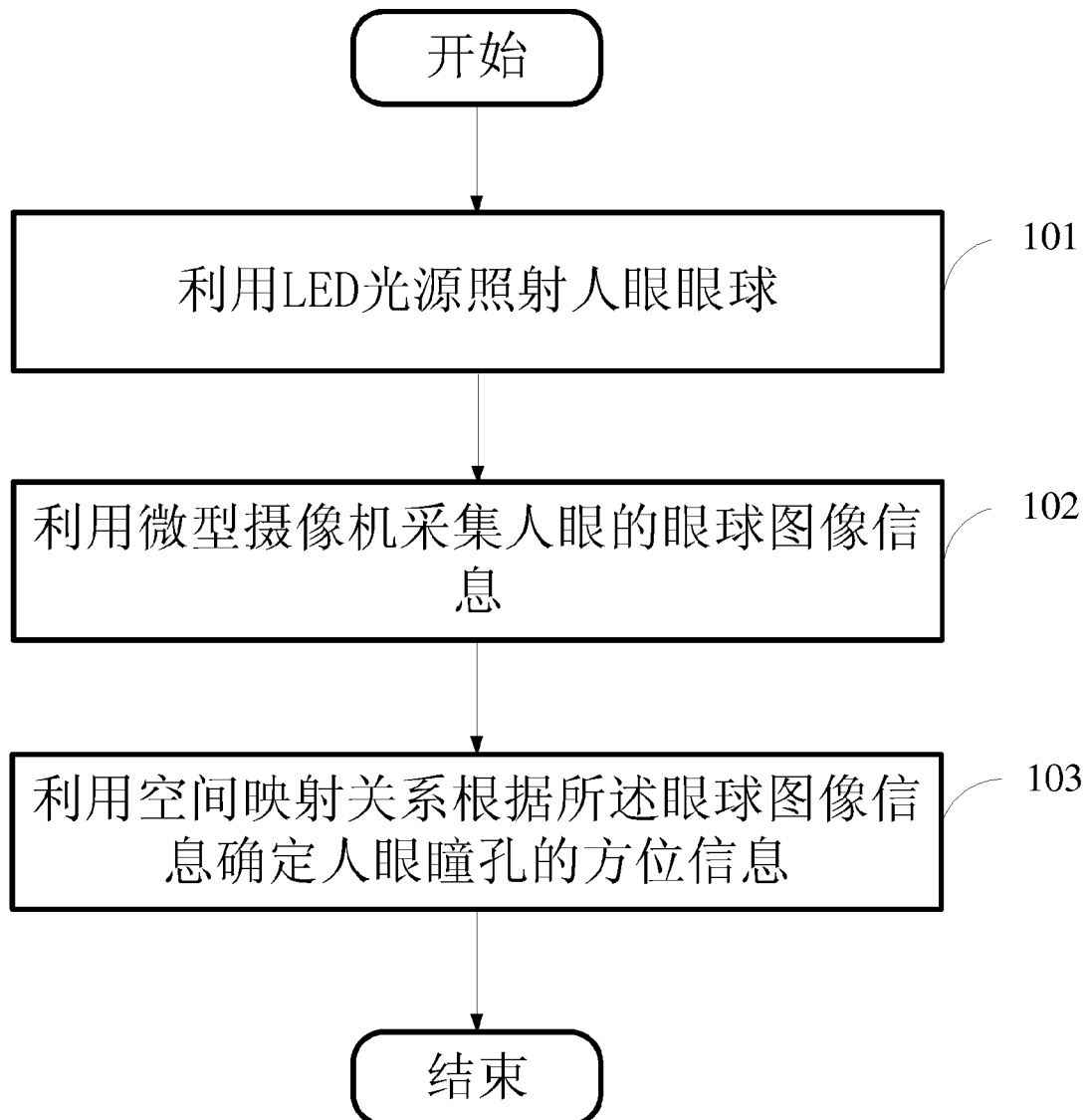
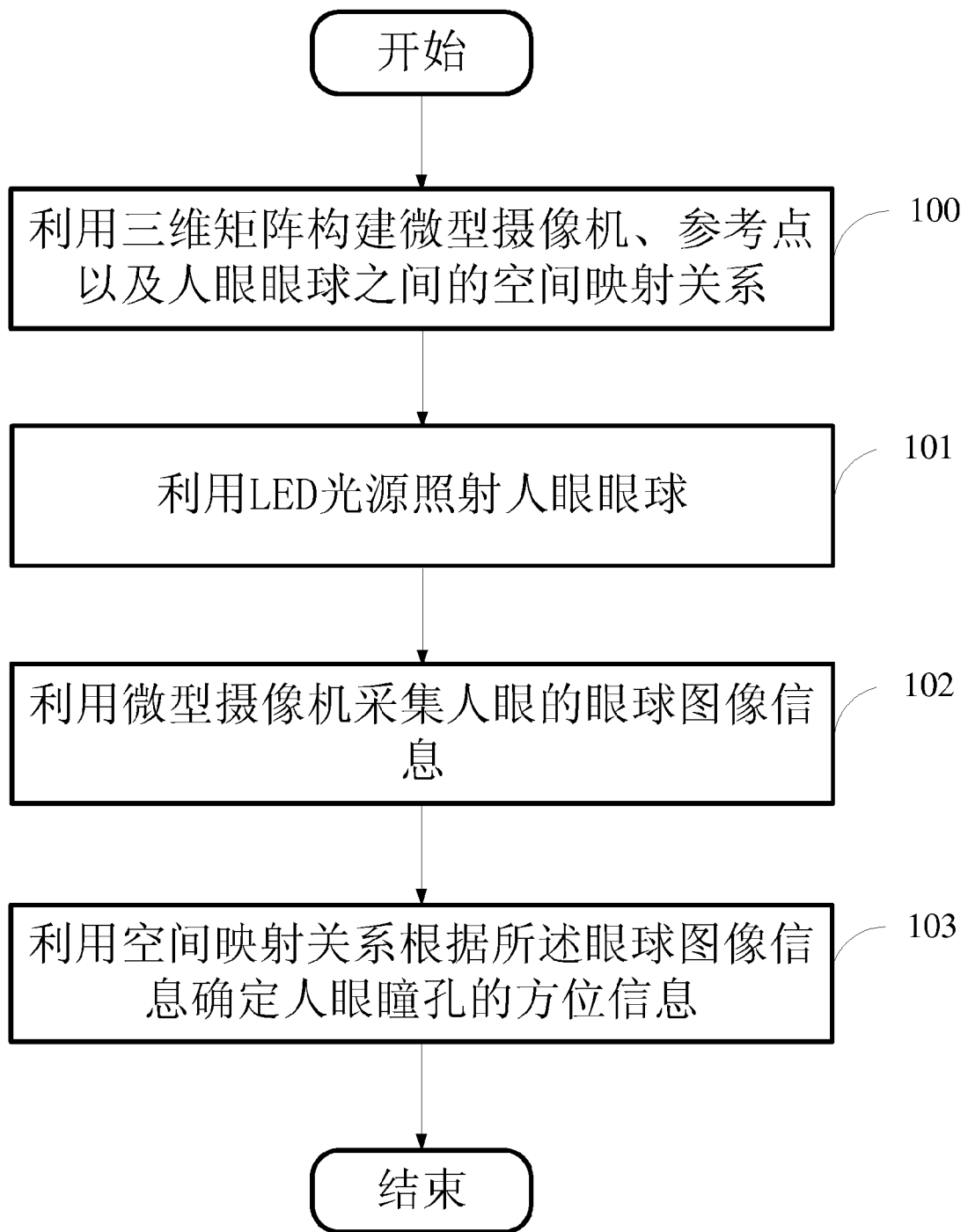


图 1B

**图 2**

**图 3**

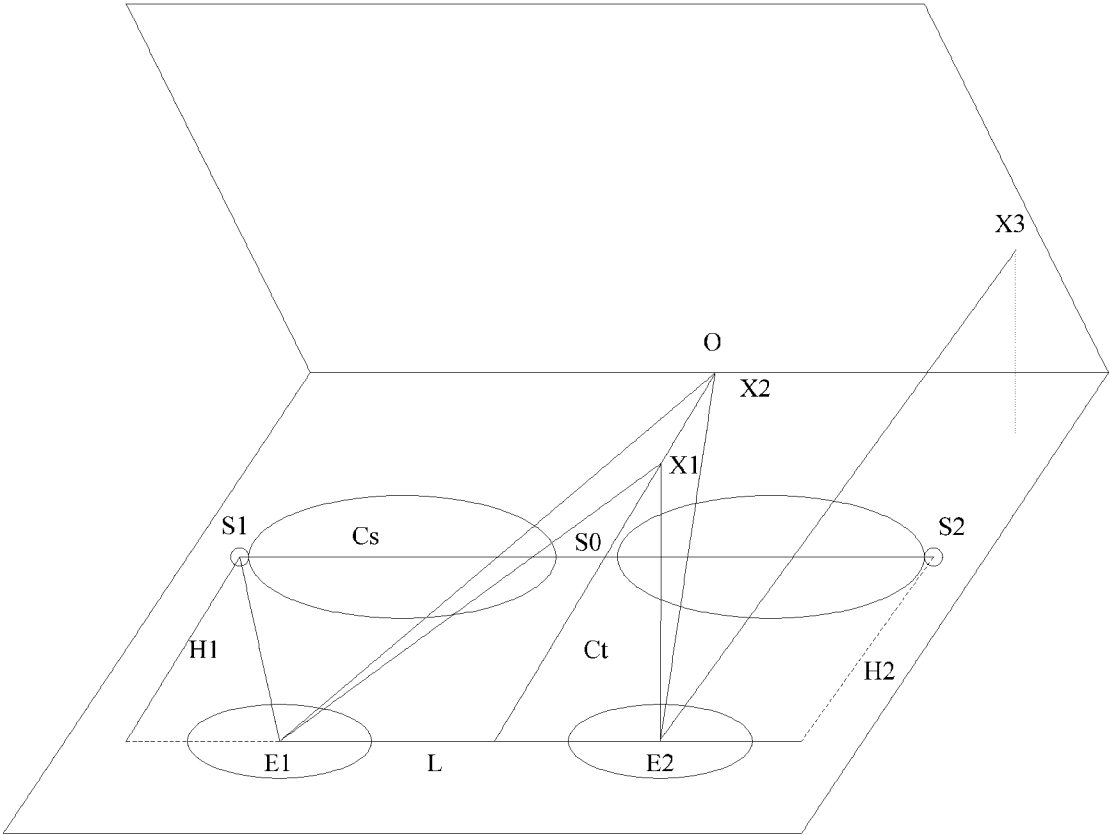


图 4

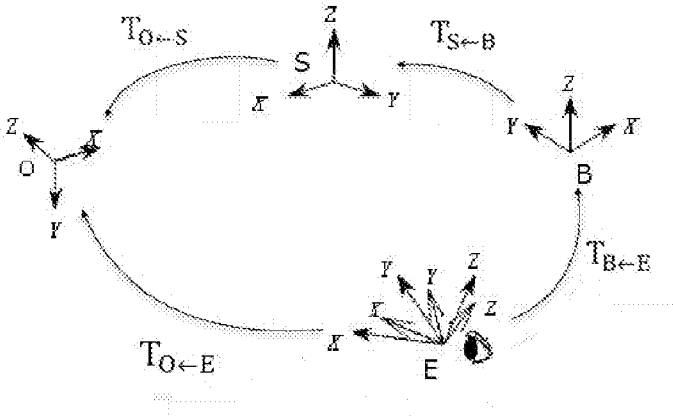


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2016/103375

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B 27/01 (2006.01) i; H04N 13/04 (2006.01) i; G06F 3/01 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G02B 27/-, H04N 13/-, G06F 3/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 深圳先进技术研究院, 人眼, 眼睛, 眼球, 双眼, 注视, 视点, 凝视, 追踪, 检测, 矢量, 向量, 方位, 位置, 相机, 摄像, CCD, 坐标, 头戴式, 穿戴, HMD, 头盗, 眼镜, eye, trace, detect, vector, position, location, camera, image, coordinate, head, mounted, display, glasses, gaze, view, sight

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 104603673 A (SENSOMOTORIC INSTRUMENTS GE SELLSCHAFF FUR INNOVATIVE SENSORIK MBH) 06 May 2015 (06.05.2015), description, paragraphs [0037]-[0060], and figures 1-4	1, 4-7
Y	CN 104603673 A (SENSOMOTORIC INSTRUMENTS GE SELLSCHAFF FUR INNOVATIVE SENSORIK MBH) 06 May 2015 (06.05.2015), description, paragraphs [0037]-[0060], and figures 1-4	2, 3, 8-10
Y	US 2004150728 A1 (OGINO, SHIGERU) 05 August 2004 (05.08.2004), description, paragraphs [0045]-[0068], and figures 1-3	2, 3, 8-10
X	CN 105393160 A (MICROSOFT TECHNOLOGY LICENSING LLC) 09 March 2016 (09.03.2016), description, paragraphs [0035]-[0133], and figures 1-5	1, 4-7

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 18 April 2017	Date of mailing of the international search report 27 April 2017
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer ZHANG, Xiaoli Telephone No. (86-10) 62413114

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/CN2016/103375

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104685541 A (SENSOMOTORIC INSTRUMENTS GE SELLSCHAFF FUR INNOVATIVE SENSORIK MBH) 03 June 2015 (03.06.2015), entire document	1-10
A	US 2015160725 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE et al.) 11 June 2015 (11.06.2015), entire document	1-10
A	CN 103439794 A (BAIDU ONLINE NETWORK TECHNOLOGY BEIJING CO., LTD.) 11 December 2013 (11.12.2013), entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2016/103375

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104603673 A	06 May 2015	JP 2016502120 A	21 January 2016
		EP 2893388 A1	15 July 2015
		US 2016267708 A1	15 September 2016
		US 9380287 B2	28 June 2016
		EP 2893388 B1	03 August 2016
		JP 5887026 B2	16 March 2016
		WO 2014033306 A1	06 March 2014
		US 2015288944 A1	08 October 2015
		CN 104603673 B	15 March 2017
		IN 201500682 P2	17 July 2015
US 2004150728 A1	05 August 2004	DE 69830459 D1	14 July 2005
		EP 0921694 B1	08 June 2005
		DE 69830459 T2	23 March 2006
		US 6762794 B1	13 July 2004
		EP 0921694 A2	09 June 1999
		JP H11168755 A	22 June 1999
		JP 3976860 B2	19 September 2007
		JP 2000152282 A	30 May 2000
		EP 3014339 A1	04 May 2016
		US 2015003819 A1	01 January 2015
CN 105393160 A	09 March 2016	WO 2014210337 A1	31 December 2014
CN 104685541 A	03 June 2015	JP 2015528359 A	28 September 2015
		WO 2014041188 A1	20 March 2014
		US 2015243036 A1	27 August 2015
		EP 2709060 A1	19 March 2014
		IN 201501984 P1	14 August 2015
US 2015160725 A1	11 June 2015	KR 20150067608 A	18 June 2015
CN 103439794 A	11 December 2013	CN 103439794 B	25 January 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2016/103375

A. 主题的分类

G02B 27/01(2006.01)i; H04N 13/04(2006.01)i; G06F 3/01(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G02B 27/-, H04N 13/-, G06F 3/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC: 深圳先进技术研究院, 人眼, 眼睛, 眼球, 双眼, 注视, 视点, 凝视, 追踪, 检测, 矢量, 向量, 方位, 位置, 相机, 摄像, CCD, 坐标, 头戴式, 穿戴, HMD, 头盔, 眼镜, eye, trace, detect, vector, position, location, camera, image, coordinate, head, mounted, display, glasses, gaze, view, sight

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 104603673 A (SMI创新传感技术有限公司) 2015年 5月 6日 (2015 - 05 - 06) 说明书第【0037】-【0060】段、附图1-4	1, 4-7
Y	CN 104603673 A (SMI创新传感技术有限公司) 2015年 5月 6日 (2015 - 05 - 06) 说明书第【0037】-【0060】段、附图1-4	2-3, 8-10
Y	US 2004150728 A1 (OGINO, SHIGERU) 2004年 8月 5日 (2004 - 08 - 05) 说明书第【0045】-【0068】段、附图1-3	2-3, 8-10
X	CN 105393160 A (微软技术许可有限责任公司) 2016年 3月 9日 (2016 - 03 - 09) 说明书第【0035】-【0133】段、附图1-5	1, 4-7
A	CN 104685541 A (感官运动仪器创新传感器有限公司) 2015年 6月 3日 (2015 - 06 - 03) 全文	1-10
A	US 2015160725 A1 (ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INSTITUTE 等) 2015年 6月 11日 (2015 - 06 - 11) 全文	1-10

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2017年 4月 18日

国际检索报告邮寄日期

2017年 4月 27日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

张小丽

电话号码 (86-10)62413114

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 103439794 A (百度在线网络技术北京有限公司) 2013年 12月 11日 (2013 - 12 - 11) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2016/103375

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104603673	A	2015年 5月 6日	JP	2016502120	A	2016年 1月 21日
				EP	2893388	A1	2015年 7月 15日
				US	2016267708	A1	2016年 9月 15日
				US	9380287	B2	2016年 6月 28日
				EP	2893388	B1	2016年 8月 3日
				JP	5887026	B2	2016年 3月 16日
				WO	2014033306	A1	2014年 3月 6日
				US	2015288944	A1	2015年 10月 8日
				CN	104603673	B	2017年 3月 15日
				IN	201500682	P2	2015年 7月 17日
US	2004150728	A1	2004年 8月 5日	DE	69830459	D1	2005年 7月 14日
				EP	0921694	B1	2005年 6月 8日
				DE	69830459	T2	2006年 3月 23日
				US	6762794	B1	2004年 7月 13日
				EP	0921694	A2	1999年 6月 9日
				JP	H11168755	A	1999年 6月 22日
				JP	3976860	B2	2007年 9月 19日
				JP	2000152282	A	2000年 5月 30日
CN	105393160	A	2016年 3月 9日	EP	3014339	A1	2016年 5月 4日
				US	2015003819	A1	2015年 1月 1日
				WO	2014210337	A1	2014年 12月 31日
CN	104685541	A	2015年 6月 3日	JP	2015528359	A	2015年 9月 28日
				WO	2014041188	A1	2014年 3月 20日
				US	2015243036	A1	2015年 8月 27日
				EP	2709060	A1	2014年 3月 19日
				IN	201501984	P1	2015年 8月 14日
US	2015160725	A1	2015年 6月 11日	KR	20150067608	A	2015年 6月 18日
CN	103439794	A	2013年 12月 11日	CN	103439794	B	2017年 1月 25日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)