

(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
2020 年 9 月 3 日 (03.09.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/173194 A1

- (51) 国际专利分类号:
G06T 7/246 (2017.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/126816
- (22) 国际申请日: 2019 年 12 月 20 日 (20.12.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910136888.4 2019年2月25日 (25.02.2019) CN
- (71) 申请人: 广州视源电子科技股份有限公司 (GUANGZHOU SHIYUAN ELECTRONICS CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省广州市黄埔区云埔四路6号, Guangdong 510530 (CN)。
- (72) 发明人: 罗汉杰(LUO, Hanjie); 中国广东省广州市黄埔区云埔四路6号, Guangdong 510530 (CN)。
- (74) 代理人: 北京品源专利代理有限公司(BEYOND ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市海淀区莲花池东路39号西金大厦6层, Beijing 100036 (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, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, 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)。

(54) **Title:** IMAGE FEATURE POINT TRACKING METHOD AND APPARATUS, IMAGE FEATURE POINT MATCHING METHOD AND APPARATUS, AND COORDINATE OBTAINING METHOD AND APPARATUS

(54) 发明名称: 图像特征点的跟踪方法、匹配方法和坐标获取方法、装置

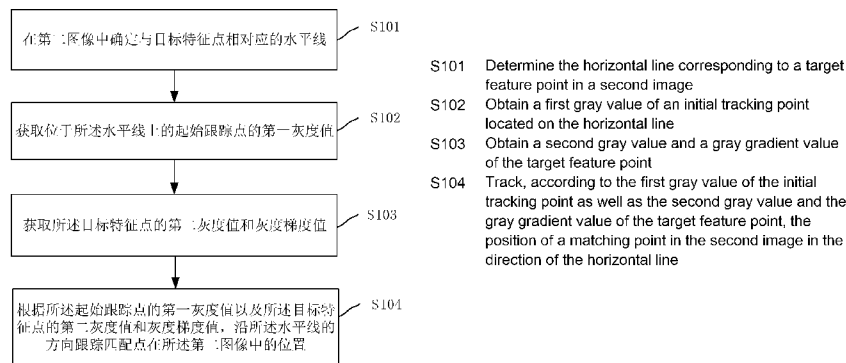


图 2

(57) **Abstract:** An image feature point tracking method and apparatus, an image feature point matching method and apparatus, a space coordinate obtaining method and apparatus, a computer device, and a storage medium. The tracking method comprises: determining the horizontal line corresponding to a target feature point in a second image (S101); obtaining a first gray value of an initial tracking point located on the horizontal line (S102); obtaining a second gray value and a gray gradient value of the target feature point (S103); tracking, according to the first gray value of the initial tracking point as well as the second gray value and the gray gradient value of the target feature point, the position of a matching point in the second image in the direction of the horizontal line (S104). Tracking and matching are performed on the horizontal line of the second image by combining the second gray value and the gray gradient value of the target feature point as well as the first gray scale value of the initial tracking point.

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：一种图像特征点的跟踪方法、匹配方法、空间坐标获取方法、装置、计算机设备和存储介质，该跟踪方法包括步骤：在第二图像中确定与目标特征点相对应的水平线（S101），获取位于所述水平线上的起始跟踪点的第一灰度值（S102），获取所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值（S103），根据所述起始跟踪点的第一灰度值以及所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值，沿所述水平线的方向跟踪匹配点在所述第二图像中的位置（S104），结合了目标特征点的第二灰度值、灰度梯度值以及起始跟踪点的第一灰度值在第二图像的一水平线上进行跟踪匹配。

图像特征点的跟踪方法、匹配方法和坐标获取方法、装置

本公开要求在 2019 年 02 月 25 日提交中国专利局、申请号为 201910136888.4 的中国专利申请的优先权，以上申请的全部内容通过引用结合在本公开中。

技术领域

本申请涉及图像处理技术领域，例如涉及一种图像特征点的跟踪方法、图像特征点的跟踪装置、图像特征点的匹配方法、图像特征点的匹配装置、获取目标物三维坐标的方法、获取目标物三维坐标的装置、计算机设备和计算机可读存储介质。

背景技术

在对物体进行拍摄成像的过程当中，通常会拍摄该物体在不同视角下的图像，而根据这些不同视角下的图像，能够进一步得知该物体的空间位置信息。例如，双目视觉系统是模拟生物的立体视觉成像原理，通过左摄像头和右摄像头同时拍摄同一个物体，获得该物体在两个视角下的图像，然后在拍摄的图像中通过匹配算法找出两张图像的特征点之间的匹配关系，从而通过三角测量原理来获得特征点的三维空间坐标。其中，在多张图像中对图像特征点进行准确跟踪是准确获取其空间坐标等位置信息的关键，如果无法对图像特征点进行准确跟踪，会导致空间坐标计算错误，影响双目视觉系统的性能。

传统技术通常采用绝对误差和算法（SAD）、归一化积相关算法（NCC）和误差平方和算法（SSD）等模版匹配算法来获得匹配像素，但这些算法一方面运算量大，另一方面对噪声非常敏感，对特征点的跟踪准确度较低，难以满足一些对精度要求高的场景。

发明内容

本申请提供一种图像特征点的跟踪方法、图像特征点的跟踪装置、图像特征点的匹配方法、图像特征点的匹配装置、获取目标物三维坐标的方法、获取目标物三维坐标的装置、计算机设备和计算机可读存储介质，以解决传统技术对图像特征点的跟踪准确度低的技术问题。

一种图像特征点的跟踪方法，包括步骤：

在第二图像中确定与目标特征点相对应的水平线；其中，所述目标特征点为第一图像的特征点；所述第一图像和第二图像是对第一视角图像和第二视角图像进行校正后得到的图像；

获取位于所述水平线上的起始跟踪点的第一灰度值；

获取所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值；

根据所述起始跟踪点的第一灰度值以及所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值，沿所述水平线的方向跟踪匹配点在所述第二图像中的位置；所述匹配点为所述第二图像上与所述目标特征点相匹配的点。

一种图像特征点的跟踪方法，包括步骤：

对第一图像和第二图像分别建立图像金字塔；其中，所述图像金字塔包括多层图像；

a、在所述第一图像的本层图像中确定所述目标特征点的位置；其中，所述本层图像为图像金字塔中的本层图像；

b、根据所述目标特征点的位置利用上述图像特征点的跟踪方法对所述目标特征点进行跟踪，获取所述目标特征点在所述第二图像的本层图像中与所述目标特征点相匹配的匹配点；

c、将所述匹配点设置为所述第二图像的本层图像的下一层图像的起始跟踪点；

重复上述步骤 a 至 c，直到匹配点为所述第二图像的底层图像上的匹配点。

一种图像特征点的匹配方法，包括步骤：

根据上述图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪，在所述第二图像中获取与所述目标特征点相匹配的第一匹配点；

基于上述图像特征点的跟踪方法在所述第一图像中获取与所述第一匹配点相匹配的第二匹配点；
若所述第二匹配点与目标特征点为相同的点，则判断所述第一匹配点与所述目标特征点相匹配。

一种获取目标物三维坐标的方法，包括步骤：

获取对目标物拍摄得到的第一视角图像和第二视角图像；所述目标物为三维空间中的物体；

对所述第一视角图像和第二视角图像进行校正得到第一图像和第二图像；

将所述目标物在所述第一图像上投影的点设为目标特征点；

根据上述图像特征点的跟踪方法或图像特征点的匹配方法，在所述第二图像中确定与第一图像的目标特征点相匹配的匹配点；

获取所述目标特征点在所述第一图像中的二维坐标，获取所述匹配点在第二图像中的二维坐标；

获取所述第一图像的第一投影矩阵，获取所述第二图像的第二投影矩阵；

根据所述目标特征点在所述第一图像中的二维坐标、匹配点在第二图像中的二维坐标、第一投影矩阵和第二投影矩阵获取所述目标物在三维空间中的三维坐标。

一种图像特征点的跟踪装置，包括：

水平线确定模块，用于在第二图像中确定与目标特征点对应的水平线；其中，所述目标特征点为第一图像的特征点；所述第一图像和第二图像是对第一视角图像和第二视角图像进行校正后得到的图像；

第一获取模块，用于获取位于所述水平线上的起始跟踪点的第一灰度值；

第二获取模块，用于获取所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值；

特征点跟踪模块，用于根据所述起始跟踪点的第一灰度值以及所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值，沿所述水平线的方向跟踪匹配点在所述第二图像中的位置；所述匹配点为所述第二图像上与所述目标特征点相匹配的点。

一种图像特征点的跟踪装置，包括：

图像金字塔建立模块，用于对第一图像和第二图像分别建立图像金字塔；其中，所述图像金字塔包括多层图像；

特征点位置确定模块，用于执行步骤a、在所述第一图像的本层图像中确定所述目标特征点的位置；其中，所述本层图像为图像金字塔中的本层图像；

跟踪点获取模块，用于执行步骤b、根据所述目标特征点的位置利用上述图像特征点的跟踪方法对所述目标特征点进行跟踪，获取所述目标特征点在所述第二图像的本层图像中与所述目标特征点相匹配的匹配点；

跟踪点设置模块，用于执行步骤c、将所述匹配点设置为所述第二图像的本层图像的下一层图像的起始跟踪点；

跟踪点确定模块，用于重复上述步骤a至c，直到所述匹配点为所述第二图像的底层图像上的匹配点。

一种图像特征点的匹配装置，包括：

第一匹配点获取模块，用于根据上述图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪，在所述第二图像中获取与所述目标特征点相匹配的第一匹配点；

第二匹配点获取模块，用于基于上述图像特征点的跟踪方法在所述第一图像中获取与所述第一匹配点相匹配的第二匹配点；

匹配点判断模块，用于若所述第二匹配点与目标特征点为相同的点，则判断所述第一匹配点与所述目标特征点相匹配。

一种获取目标物三维坐标的装置，包括：

视角图像获取模块,用于获取对目标物拍摄得到的第一视角图像和第二视角图像;所述目标物为三维空间中的物体;

视角图像校正模块,用于对所述第一视角图像和第二视角图像进行校正得到第一图像和第二图像;

特征点设置模块,用于将所述目标物在所述第一图像上投影的点设为目标特征点;

匹配点确定模块,用于根据上述图像特征点的跟踪方法或图像特征点的匹配方法,在所述第二图像中确定与第一图像的目标特征点相匹配的匹配点;

二维坐标获取模块,用于获取所述目标特征点在所述第一图像中的二维坐标,获取所述匹配点在第二图像中的二维坐标;

投影矩阵获取模块,用于获取所述第一图像的第一投影矩阵,获取所述第二图像的第二投影矩阵;

三维坐标获取模块,用于根据所述目标特征点在所述第一图像中的二维坐标、匹配点在第二图像中的二维坐标、第一投影矩阵和第二投影矩阵获取所述目标物在三维空间中的三维坐标。

一种计算机设备,包括处理器和存储器,所述存储器上存储有计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现上述图像特征点的跟踪方法、图像特征点的匹配方法或获取目标物三维坐标的方法的步骤。

一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述图像特征点的跟踪方法、图像特征点的匹配方法或获取目标物三维坐标的方法的步骤。

上述图像特征点的跟踪方法、匹配方法、获取目标物三维坐标的方法、装置、计算机设备和存储介质,结合了目标特征点的第二灰度值、灰度梯度值以及起始跟踪点的第一灰度值,在第二图像的一水平线的方向上,对目标特征点进行跟踪匹配,能够增加对目标特征点成功跟踪匹配的特征点数目,提高了对目标特征点进行跟踪的鲁棒性和稳定性,还将特征点的跟踪范围限缩至第二图像的一水平线上,使得特征点的跟踪操作得到简化,加快了运算速度,在保证稳定性的前提下,缩短了对目标特征点进行跟踪的时间,提高了跟踪效率,有利于为双目视觉系统提供更有用的数据支持。

附图说明

图1为一个实施例中图像特征点的跟踪方法的应用环境图;

图2为一个实施例中图像特征点的跟踪方法的流程示意图;

图3为一个实施例中第一图像和第二图像的关系示意图;

图4为一个实施例中图像特征点的特征值示意图;

图5(a)为一个实施例中一种图像特征点的类型示意图;

图5(b)为一个实施例中另一种图像特征点的类型示意图;

图5(c)为一个实施例中又一种图像特征点的类型示意图;

图6为另一个实施例中图像特征点的跟踪方法的流程示意图;

图7为一个实施例中图像金字塔的示意图;

图8为一个实施例中图像特征点的跟踪方法的效果对比图;

图9为一个实施例中图像特征点的匹配方法的流程示意图;

图10为一个实施例中图像特征点的匹配关系示意图;

图11为一个实施例中获取目标物三维坐标的方法的流程示意图;

图12为一个实施例中图像特征点的跟踪装置的结构示意图;

图13为另一个实施例中图像特征点的跟踪装置的结构示意图;

图14为一个实施例中图像特征点的匹配装置的结构示意图;

图15为一个实施例中获取目标物三维坐标的装置的结构示意图;

图 16 为一个实施例中计算机设备的内部结构图。

具体实施方式

为了使本申请的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。

需要说明的是，本申请实施例所涉及的术语“第一\第二”仅仅是区别类似的对象，不代表针对对象的特定排序，可以理解地，“第一\第二”在允许的情况下可以互换特定的顺序或先后次序。应该理解“第一\第二”区分的对象在适当情况下可以互换，以使这里描述的本申请的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。

本申请提供的图像特征点的跟踪方法，可以应用于如图 1 所示的应用环境中，图 1 为一个实施例中图像特征点的跟踪方法的应用环境图，通过摄像设备在不同视角下对目标物 10 进行拍摄，从而可以得到目标物 10 在不同视角下的图像，以双目摄像系统为例，双目摄像系统包括左摄像头和右摄像头，通过左摄像头和右摄像头对三维空间中的目标物 10 进行拍摄，可以获取目标物 10 在左右目视角下的图像，如图 1 中第一视角图像 100a 为左摄像头以左目视角拍摄得到图像，第一视角图像 100b 为右摄像头以右目视角拍摄得到图像，第一视角图像 100a 和第一视角图像 100b 中都拍摄有该目标物的特征点 A，在将第一视角图像 100a 和第一视角图像 100b 传输到如个人计算机等具有数据处理能力的计算机设备后，计算机设备可以将该第一视角图像 100a 和第一视角图像 100b 进行校正得到第一图像和第二图像，以消除第一视角图像 100a 和第一视角图像 100b 的图像畸变以及使得双目摄像系统的左右摄像头拍摄的图像进行对齐，即两张图像在水平方向严格对齐，这样一幅图像上任意一点与其在另一幅图像上的匹配点就必然在同一行上，其中，第一图像是对第一视角图像 100a 校正处理后得到的图像，第二图像是对第二视角图像 100b 校正处理后得到的图像，然后可以在第二图像中确定第一图像中的特征点 A 所在的水平线，接着获取位于该水平线上的起始跟踪点的第一灰度值，获取特征点 A 在第一图像中的第二灰度值和灰度梯度值，根据起始跟踪点的第一灰度值以及特征点 A 的第二灰度值和灰度梯度值，沿第二图像中的水平线方向跟踪特征点 A 在该第二图像中的位置。

在一个实施例中，提供了一种图像特征点的跟踪方法，参考图 2，图 2 为一个实施例中图像特征点的跟踪方法的流程示意图，该方法通过个人计算机等具备数据处理能力的计算机设备实现，该图像特征点的跟踪方法可以包括以下步骤：

步骤 S101，在第二图像中确定与目标特征点相对应的水平线。

本步骤中，目标特征点是第一图像的特征点，该目标特征点一般是用于标识图像特征的关键像素点，可以是图像中的角点和边缘点等特征点。第一图像和第二图像是对第一视角图像和第二视角图像进行校正后得到的图像，其中，第一图像对应于第一视角图像，是对第一视角图像进行校正处理后得到的图像，而第二图像对应于第二视角图像，是对第二视角图像进行校正处理后得到的图像。

对第一视角图像和第二视角图像进行校正的主要目的是消除两张图像的畸变，以及将两张图像进行对齐，使得两张图像在水平方向上严格对齐，而第一图像和第二图像就是消除畸变的并且在水平方向上对齐的图像。

可以在第二图像中确定与目标特征点相对应的水平线的步骤之前，先对第一视角图像和第二视角图像进行校正处理，具体步骤可以包括：获取第一视角图像和第二视角图像，然后消除该第一视角图像和第二视角图像中存在的图像畸变，接着就可以将消除图像畸变后的第一视角图像和第二视角图像进行对齐，从而得到第一图像和第二图像。经过如上校正处理，第一图像或第二图像上的任意像素点在对应的另一张图像上的匹配点必然会处于同一水平线上，这样，在第一图像中选择需要跟踪匹配的目标特征点后，能够在

第二图像中确定与该目标特征点相对应的水平线。

参考图 3, 图 3 为一个实施例中第一图像和第二图像的关系示意图, 以双目摄像系统为例对本步骤进行说明, 可以先对双目摄像系统的双目摄像头进行标定, 得到双目摄像头的内参、畸变系数和外参等参数, 然后利用标定得到的内参、畸变系数和外参等参数对如图 1 所示的第一视角图像 100a 和第二视角图像 100b 进行校正处理, 消除第一视角图像 100a 和第二视角图像 100b 的图像畸变, 并对第一视角图像 100a 和第二视角图像 100b 进行对齐操作, 得到如图 3 所示的第一图像 300a 和第二图像 300b, 该第一图像 300a 和第二图像 300b 在水平方向上为严格对齐, 使得第一图像 300a 上任意一点与该点在第二图像 300b 上的匹配点就必然在同一行上, 即如果第一图像 300a 上的特征点 A 在第一图像 300a 的第一水平线 310a 上, 而第二水平线 310b 为第二图像 300b 的与第一水平线 310a 处于同一水平线的水平线, 则第二图像 300b 上匹配的特征点 A 必然位于该第二水平线 310b 上, 即第二图像 300b 上匹配的特征点 A 与第一图像 300a 的特征点 A 具有相同的垂直坐标值, 所以在第一图像 310a 中选择需要跟踪匹配的目标特征点 A 后, 能够在第二图像 310b 中确定与该目标特征点 A 相对应的水平线 310b。

步骤 S102, 获取位于该水平线上的起始跟踪点的第一灰度值。

本步骤主要是在第二图像中获取位于该水平线上的起始跟踪点的灰度值作为该第一灰度值, 该起始跟踪点主要用于在第二图像中作为起始点对第一图像的目标特征点进行跟踪匹配, 其中, 该起始跟踪点可以从该水平线上的各个像素点中随机选取, 也可以根据目标特征点在第一图像中的位置, 在第二图像中找到与该位置一致的像素点作为该起始跟踪点。而为了提高目标特征点的跟踪效率, 可以从预存的第二图像的各个像素点的像素特征信息中提取该起始跟踪点的第一灰度值。

步骤 S103, 获取目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值。

本步骤可以从第一图像中获取该目标特征点的灰度值作为该第二灰度值, 并可以基于该第二灰度值计算目标特征点在第一图像所在图像平面上的各个方向上的灰度变化值, 即灰度梯度值, 例如可以根据目标特征点的灰度值计算该目标特征点在第一图像的横向和纵向方向上的灰度梯度值。

步骤 S104, 根据起始跟踪点的第一灰度值以及目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值, 沿该水平线的方向跟踪匹配点在第二图像中的位置; 该匹配点为第二图像上与目标特征点相匹配的点。

其中, 第二图像的水平线的方向是指该水平线向两端延伸的方向。参考图 3, 本步骤可以将水平线上的像素点 A_0 设为起始跟踪点, 根据该起始跟踪点的第一灰度值, 以及第一图像 300a 中的目标特征点 A 的第二灰度值和灰度梯度值, 在第二图像 300b 中沿着水平线 310b 的方向, 对目标特征点 A 的位置进行跟踪, 进而确定匹配的特征点 A 在第二图像 300b 中的位置。

上述图像特征点的跟踪方法, 结合了目标特征点的第二灰度值、灰度梯度值以及起始跟踪点的第一灰度值在第二图像的一水平线的方向上, 对目标特征点进行跟踪匹配, 能够增加对目标特征点成功跟踪匹配的特征点数目, 提高了对目标特征点进行跟踪的鲁棒性和稳定性, 还将特征点的跟踪范围限缩至第二图像的一水平线上, 使得特征点的跟踪操作得到简化, 加快了运算速度, 在保证稳定性的前提下, 缩短了对目标特征点进行跟踪的时间, 提高了跟踪效率, 有利于为双目视觉系统提供更有效的数据支持。

在一个实施例中, 在第二图像中确定与目标特征点相对应的水平线的步骤可以包括:

获取目标特征点在第一图像中的位置; 确定第一图像与第二图像的水平线对应关系; 根据目标特征点在第一图像中的位置和水平线对应关系确定第二图像中的所述水平线。

本实施例主要是根据目标特征点在第一图像中的位置以及第一图像和第二图像的水平线对应关系, 从而在第二图像中确定目标特征点所在的水平线。其中, 目标特征点在第一图像中的位置可以是该目标特征点的纵坐标, 水平线对应关系是指第一图像中的各水平线与第二图像中的各水平线的对应关系, 如图 3 所

示, 第一水平线 310a 与第二水平线 310b 的对应关系即为处于同一水平线的两条水平线, 而第一图像和第二图像是经过水平对齐的图像, 根据目标特征点的纵坐标可以明确该目标特征点在第一图像的哪条水平线上, 然后通过水平线的对应关系能够准确地第二图像中找到与该目标特征点相对应的水平线。

在一个实施例中, 根据起始跟踪点的第一灰度值以及目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值, 沿水平线的方向匹配点在第二图像中的位置的步骤可以包括:

步骤 S201, 根据第一图像的目标特征点的第二灰度值、灰度梯度值以及起始跟踪点的第一灰度值计算起始跟踪点在水平线的方向上的位置偏差。

本步骤主要是根据第一图像的目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值, 以及位于第二图像的上述水平线上的起始跟踪点的第一灰度值确定该起始跟踪点在该水平线方向上的位置偏差量, 该位置偏差量主要用于反映第二图像中的起始跟踪点与匹配点的位置偏差情况, 如起始跟踪点与匹配点之间偏移了多少距离等, 其中, 匹配点是指在第二图像中与第一图像的目标特征点相匹配的点。

步骤 S202, 确定起始跟踪点在水平线上的位置。

本步骤可以获取起始跟踪点在第二图像中的二维坐标等位置信息, 通过二维坐标确定该起始跟踪点在第二图像的所述水平线上的位置。

步骤 S203, 根据起始跟踪点在水平线上的位置以及在水平线的方向上的位置偏差确定匹配点在第二图像中的位置。

本步骤根据起始跟踪点在第二图像的所述水平线上的位置以及该起始跟踪点在所述水平线的方向上的位置偏差量确定第二图像中的与目标特征点相匹配的匹配点所在的位置。

上述实施例通过起始跟踪点在水平线的方向上的位置偏差和起始跟踪点的位置信息确定目标特征点在第二图像中的位置, 能够准确反映目标特征点在第二图像中的位置跟踪过程, 而且相比于传统的基于模版匹配的算法需要进行穷举搜索的方式, 本实施例的方案只需要从起始跟踪点开始进行有限次迭代操作即可确定与目标特征点相匹配的匹配点所在的位置, 而且该方案对目标特征点在第二图像中的位置的计算方式灵活多变, 还可以通过设置多次迭代的方式计算所述位置偏差量以获取更高精度的位置偏差量, 从而准确跟踪到与目标特征点相匹配的匹配点在第二图像中的位置。

在一个实施例中, 根据第一图像的目标特征点的第二灰度值、灰度梯度值以及起始跟踪点的第一灰度值计算起始跟踪点在水平线的方向上的位置偏差的步骤可以包括:

步骤 S301, 将目标特征点的第二灰度值与起始跟踪点的第一灰度值进行作差, 得到目标特征点与起始跟踪点的灰度偏差值。

本步骤主要是将第一图像中的目标特征点的第二灰度值与第二图像中的起始跟踪点的第一灰度值进行作差运算, 获取目标特征点与起始跟踪点的灰度偏差, 该灰度偏差是指第一灰度值和第二灰度值的偏差量。

步骤 S302, 根据目标特征点的灰度梯度值计算目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值。

可以先计算目标特征点在第一图像的横向和纵向上的灰度梯度值, 再将该灰度梯度值在第二图像上的所述水平线的单位方向向量投影得到目标特征点在该水平线方向上的灰度梯度值。

具体来说, 假设目标特征点在第一图像的横向灰度梯度值为 I_x , 在第一图像的纵向灰度梯度值为 I_y ,

则目标特征点在所述水平线的方向上的灰度梯度值可以表示为 $\begin{bmatrix} I_x & I_y \end{bmatrix} n$, 其中, n 表示该水平线的单位方向向量。

步骤 S303, 根据灰度偏差值和目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值获取起始跟踪点在水平线的

方向上的位置偏差。

本实施例，将第一图像的目标特征点的第一灰度值与起始跟踪点的第二灰度值进行作差运算，得到目标特征点与起始跟踪点之间的灰度偏差值，该灰度偏差值可以用于反映目标特征点与起始跟踪点之间的灰度差异情况，利用该灰度偏差值以及该目标特征点在所述水平线方向上的灰度梯度值可以计算出第二图像中起始跟踪点在该水平线方向上的位置偏差，结合了目标特征点与起始跟踪点的灰度差异情况以及目标特征点在水平线方向上的灰度梯度值两方面特征信息对第二图像中起始跟踪点的所述位置偏差进行计算，使得该位置偏差通过目标特征点与起始跟踪点的灰度差异情况进行体现，还结合目标特征点在水平线方向上的灰度梯度值，有利于基于起始跟踪点准确而且快速地在第二图像中跟踪到与目标跟踪点相匹配的匹配点的位置。

在一个实施例中，根据灰度偏差值和目标特征点在水平线方向上的灰度梯度值获取起始跟踪点在水平线方向上的位置偏差的步骤可以包括：

将目标特征点在水平线方向上的灰度梯度值进行平方运算，得到目标特征点在水平线方向上的空间梯度值；根据目标特征点在水平线方向上的灰度梯度值与灰度偏差值的乘积获取图像偏差值；计算图像偏差值与目标特征点在水平线方向上的空间梯度值的比值；根据该比值和水平线的单位方向向量确定起始跟踪点在所述水平线方向上的位置偏差。

在本实施例中，可以在第一图像中以目标特征点为中心创建一矩形像素窗口 W ，进而计算目标特征点在所述水平线方向上的灰度梯度值，目标特征点在该水平线方向上的灰度梯度值可以表示为：

$$\mathbf{S}(u, v) = \begin{bmatrix} I_x(p_x + u, p_y + v) & I_y(p_x + u, p_y + v) \end{bmatrix} \mathbf{n}$$

其中， p_x 表示目标特征点在第一图像上的横坐标， p_y 表示目标特征点在第一图像上的纵坐标， u 和 v 表示矩阵像素窗口中的各个像素点的相对于目标特征点的位置坐标， $\mathbf{n}$ 表示所述水平线的单位方向向量，可以用于指示该水平线的方向，如果矩阵像素窗口 W 长为 w ，高为 h ，则 u 的取值范围是从 $-w/2$ 到 $w/2$ ， v 的取值范围是从 $-h/2$ 到 $h/2$ ， $\mathbf{S}(u, v)$ 表示目标特征点在该水平线方向上的灰度梯度值，将该灰度梯度值进行平方运算可以得到目标特征点在该水平线方向上的空间梯度值，可以采用如下公式计算所述空间梯度值：

$$m = \sum_{(u,v) \in W} \mathbf{S}(u, v)^2$$

其中， m 表示目标特征点在该水平线方向上的空间梯度值。

可以通过如下公式计算第一图像和第二图像的图像偏差值：

$$b = \sum_{(u,v) \in W} \mathbf{S}(u, v) \left[I(p_x + u, p_y + v) - J(q_x, q_y) \right]$$

其中， b 表示图像偏差值， $\left[I(p_x + u, p_y + v) - J(q_x, q_y) \right]$ 为灰度偏差值， $I(p_x + u, p_y + v)$ 表示第一图像中的点 $(p_x + u, p_y + v)$ 的灰度值， $J(q_x, q_y)$ 表示第二图像中的点 (q_x, q_y) 的灰度值，图像偏差值主要用于表示第一图像的目标特征点与第二图像的起始跟踪点的图像偏差信息，包括灰度偏差信息等。

可以将所述图像偏差值和目标特征点在所述水平线方向上的空间梯度值的比值 $\frac{b}{m}$ 与该水平线的单

位方向向量 $\mathbf{n}$ 的乘积 $\frac{b}{m} \mathbf{n}$ 作为起始跟踪点在该水平线的方向上的位置偏差。

上述实施例通过计算目标特征点在所述水平线的方向上的空间梯度值，以及目标特征点与起始跟踪点的图像偏差值，根据图像偏差值与空间梯度值的比值确定起始跟踪点在该水平线的方向上的位置偏差，进一步细化了对位置偏差进行计算的方式，全面考虑了目标特征点与起始跟踪点的图像偏差情况，在例如图像偏差值为零时，得到的起始跟踪点在所述水平线的方向上的位置偏差也为零，能够借助灰度偏差等信息进一步准确跟踪到目标特征点在第二图像中的位置。

在一个实施例中，根据目标特征点的灰度梯度值计算目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值的步骤可以包括：

根据目标特征点在第一图像的横向和纵向方向上的灰度梯度值，构建目标特征点的灰度梯度矩阵；获取所述水平线的单位方向向量；将灰度梯度矩阵与单位方向向量的乘积设为目标特征点在该水平线的方向上的灰度梯度值。

本实施例中，目标特征点在第一图像的横向方向上的灰度梯度值可以反映目标特征点在横向方向上的灰度变化趋势，纵向方向上的灰度梯度值可以反映目标特征点在纵向方向上的灰度变化趋势，目标特征点在第一图像的横向和纵向上的灰度梯度值可以基于目标特征点在第一图像中的灰度值进行计算，灰度梯度矩阵为同时携带了目标特征点在第一图像的横向方向上的灰度梯度值以及在纵向方向上的灰度梯度值的矩阵，所述水平线的单位方向向量可以基于该水平线在第二图像中对应的纵坐标进行确定，将灰度梯度矩阵与水平线的单位方向向量进行相乘可以得到目标特征点在第二图像上的该水平线的方向上的灰度梯度值，可以用于反映该目标特征点在水平线的方向上的灰度变化趋势。

具体来说，横向和纵向是指在第一图像中相互垂直的两坐标轴所在方向，可以在第一图像中建立 X-Y 直角坐标系，横向和纵向分别对应 X 轴和 Y 轴的方向。基于第一图像中的每一个像素点的灰度值 $I(x, y)$ ，可以计算该像素点在 X 轴方向上的灰度梯度值 $I_x(x, y)$ ，以及在 Y 轴的方向上的灰度梯度值 $I_y(x, y)$ ，可以把第一图像中像素点的灰度值分布看作二维离散函数，第一图像的各个像素点的灰度梯度值可以对应于该二维离散函数的导数，计算导数的方式有很多种，为了计算简便，可以采取如下公式对目标特征点在 X 轴和 Y 轴方向上的灰度梯度值进行计算：

$$\begin{aligned} I_x(x, y) &= \left[I(x+1, y) - I(x-1, y) \right] / 2 \\ I_y(x, y) &= \left[I(x, y+1) - I(x, y-1) \right] / 2 \end{aligned}$$

其中， $I(x+1, y)$ 表示目标特征点在 X 轴方向上后一个像素点的灰度值、 $I(x-1, y)$ 表示目标特征点在 X 轴方向上前一个像素点的灰度值， $I(x, y+1)$ 表示目标特征点在 Y 轴方向上后一个像素点的灰度值， $I(x, y-1)$ 表示目标特征点在 Y 轴方向上前一个像素点的灰度值， $I_x(x, y)$ 表示目标特征点在 X 轴方向的灰度梯度值， $I_y(x, y)$ 表示目标特征点在 Y 轴方向的灰度梯度值。

可以采用如下矩阵作为目标特征点的灰度梯度矩阵：

$$t(x, y) = \begin{bmatrix} I_x(x, y) & I_y(x, y) \end{bmatrix}$$

其中, $t(X, y)$ 表示目标特征点的灰度梯度矩阵, 该矩阵包括目标特征点在 X 轴方向的灰度梯度值 $I_x(X, y)$ 和 Y 轴方向上的灰度梯度值 $I_y(X, y)$ 。

假设所述水平线的单位方向向量为 $\mathbf{n}$, 则目标特征点在该水平线的方向上的灰度梯度值可以采用如下公式进行表达:

$$\mathbf{s}(X, y) = \begin{bmatrix} I_x(X, y) & I_y(X, y) \end{bmatrix} \mathbf{n}$$

其中, $\mathbf{s}(X, y)$ 表示所述目标特征点在所述水平线的方向上的灰度梯度值。

上述实施例根据第一图像的目标特征点分别在横纵方向上的灰度值变化值以及水平线的单位方向向量获取目标特征点在该水平线的方向上的灰度梯度值, 简化了计算目标特征点在所述水平线的方向上的灰度梯度值的步骤, 准确反映目标特征点在该水平线的方向上的灰度变化值, 有利于提高在第二图像中对目标特征点进行跟踪的准确性和效率。

在一个实施例中, 还可以包括如下步骤:

步骤 S401, 在第一图像中创建以目标特征点为中心的矩形像素窗口。

本步骤可以在第一图像中以目标特征点为几何中心, 生成一矩形像素窗口 W, 该矩形像素窗口 W 的长为 w, 高为 h, 该矩形像素窗口 W 中各个像素点的相对位置坐标取值范围为如横坐标 u 的取值范围可以从 -w/2 到 w/2, 纵坐标 v 的取值范围可以从 -h/2 到 h/2。

步骤 S402, 获取矩形像素窗口内各个像素点的灰度值; 根据灰度值计算目标特征点在矩形像素窗口的横向和纵向方向上的灰度梯度值。

此步骤中, 目标特征点在该矩形像素窗口的横向方向的灰度梯度值可以表示为 $I_x(X, y)$, 在纵向方向上的灰度梯度值可以表示为 $I_y(X, y)$, 其中, 对于该矩形像素窗口中的每一个像素点的灰度值 $I(X, y)$, 为了计算简便, 可以采取如下公式对目标特征点在该矩形像素窗口的 X 轴和 Y 轴方向上的灰度梯度值进行计算:

$$\begin{aligned} I_x(X, y) &= [I(X + 1, y) - I(X - 1, y)] / 2 \\ I_y(X, y) &= [I(X, y + 1) - I(X, y - 1)] / 2 \end{aligned}$$

其中, $I(X + 1, y)$ 表示目标特征点在 X 轴方向后一个像素点的灰度值、 $I(X - 1, y)$ 表示目标特征点在 X 轴方向前一个像素点的灰度值, $I(X, y + 1)$ 表示目标特征点在 Y 轴方向上的后一个像素点的灰度值, $I(X, y - 1)$ 表示目标特征点在 Y 轴方向上的前一个像素点的灰度值。

步骤 S403, 根据灰度梯度值计算目标特征点在矩形像素窗口中的空间梯度矩阵, 计算空间梯度矩阵的特征值。

本步骤可以采用如下矩阵作为目标特征点的空间梯度矩阵:

$$\mathbf{M}(x, y) = \sum_{(u,v) \in W} \begin{bmatrix} g(u, v) I_x(x+u, y+v)^2 & g(u, v) I_{xy}(x+u, y+v) \\ g(u, v) I_{xy}(x+u, y+v) & g(u, v) I_y(x+u, y+v)^2 \end{bmatrix}$$

其中, $\mathbf{M}(x, y)$ 表示目标特征点在矩阵像素窗口 W 内的空间梯度矩阵, 中间变量 $I_x(x, y)^2 = I_x \cdot I_x$, $I_y(x, y)^2 = I_y \cdot I_y$ 和 $I_{xy}(x, y) = I_x \cdot I_y$, $g(u, v)$ 表示高斯加权函数, 在空间梯度矩阵中采用高斯加权函数能够提高抵抗图像噪点的能力, 高斯加权函数的表达式为: $g(u, v) = e^{\left[-\frac{u^2+v^2}{2}\right]}$, 然后可以求解出上述空间梯度矩阵 $\mathbf{M}(x, y)$ 的特征值 λ_1 和 λ_2 。

步骤 S404, 根据特征值确定目标特征点的类型。

本步骤主要是根据步骤 S403 求解得到的空间梯度矩阵 $\mathbf{M}(x, y)$ 的特征值 λ_1 和 λ_2 确定目标特征点的类型, 该目标特征点的类型可以包括角点和/或边缘点等。

参考图 4, 图 4 为一个实施例中图像特征点的特征值示意图, 图 4 中 330a 所指示的箭头表示 λ_1 增大的方向, 330b 所指示的箭头表示 λ_2 增大的方向, 而 330c 表示的是平面区域, λ_1 和 λ_2 均很小, 330d 和 330f 表示的都是边缘点所在区域, 在 330d 所指示区域中 λ_1 远小于 λ_2 , 在 330f 所指示区域中 λ_2 远小于 λ_1 , 而 330e 所指示的区域为角点区域, λ_1 和 λ_2 均较大, 并且 $\lambda_1 \approx \lambda_2$ 。根据该特征值可以确定目标特征点的类型。

如图 5(a) 至图 5(c), 图 5(a) 至图 5(c) 的图像均具有阴影区域 350, 图 5(a) 有第一特征点 351, 图 5(a) 有第二特征点 352, 图 5(c) 有第三特征点 353, 其中, 第一特征点 351 在图 5(a) 的各个箭头所示方向上灰度值变化均不明显, 即与图 4 中 330c 的平面区域对应, 第二特征点 352 在图 5(b) 的箭头 352a 所示方向上灰度值变化不明显而在箭头 352b 所示方向上灰度值变化较为明显, 可以与图 4 中的 330d 和 330f 的角点区域对应, 第三特征点 353 在图 5(c) 的各个箭头所示方向上灰度值变化均较为明显, 可以与图 4 中的 330e 的角点区域对应。

在传统方式中, 一般会选取图像的角点作为关键点, 因为技术人员通常会认为角点具有很好的特性: 它不随图像大的变形而改变, 也对于图像小的变形不敏感。然而, 实际上在实际使用中, 图像中能够提取的稳定的角点是十分有限的, 如果作为关键点的角点过少, 那能成功跟踪的角点就更少了, 这样会极大地影响后续的工作。为了在图像中增加关键点的数目, 可以将图像中的边缘点如直线边缘点也作为关键点, 该方案具有在可提取的数目上的优势以增加第一图像关键点的数量, 可以提高跟踪的稳定性和鲁棒性。

基于此, 为了方便描述可以假设第一图像的各个像素点的空间梯度矩阵 $\mathbf{M}(x, y)$ 的特征值 λ_1 均小于 λ_2 , 对于满足 $\lambda_2(x, y)$ 大于 $\alpha \times \text{Max}(\lambda_2)$ 和 $\lambda_1(x, y)$ 小于 $\beta \times \text{Max}(\lambda_1)$ 条件的点 (x, y) , 即可作为第一图像中的边缘点。其中, α 和 β 为预先设定的阈值, 一般的, $0 < \alpha, \beta < 1$, $\text{Max}(\lambda_1)$ 表示第一图像中最大的 λ_1 值, $\text{Max}(\lambda_2)$ 表示第一图像中最大的 λ_2 值。可选的, 可以设置一边缘点间最小距离 d , 对得到的多个所述边缘点进行筛选, 获得第一图像的边缘点集。

在一个实施例中, 提供了一种图像特征点的跟踪方法, 参考图 6, 图 6 为另一个实施例中图像特征点的跟踪方法的流程示意图, 该图像特征点的跟踪方法可以包括如下步骤:

步骤 S601, 对第一图像和第二图像分别建立图像金字塔。

本步骤主要是分别对第一图像 I 和第二图像 J 建立图像金字塔 $\{I^L\}_{L=0 \dots L_m}$ 和 $\{J^L\}_{L=0 \dots L_m}$, 图像

金字塔可以包括多层图像, L_m 表示给定的金字塔层数, 一般为 3, 如图 7 所示, 图 7 为一个实施例中图像金字塔的示意图, 图像金字塔化一般包括两个步骤: 首先对第一图像进行一次低通滤波进行平滑, 然后对第一图像的像素点在横纵两个方向上进行 1/2 抽样处理, 从而得到一系列尺度缩小的图像。当 $L=0$ 时, 为第一图像的原图, 又称底层图像, 当向金字塔的上层移动时, 尺寸和分辨率降低, 伴随的细节就越少。可以从顶层开始对目标特征点进行跟踪, 先获得一个粗糙的结果, 然后将结果作为下一层的初始点再进行跟踪, 不断迭代直到到达第 0 层即底层图像, 作为一种由粗到细分析策略。

步骤 S602, 即步骤 a、在所述第一图像的本层图像中确定目标特征点的位置。

其中, 本层图像为图像金字塔中的本层图像, 是指当前用于对目标特征点进行跟踪的图像层, 假设当前在第 3 层对目标特征点进行跟踪则本层图像为第 3 层图像。

本步骤主要是确认本层图像中目标特征点的位置, 可以设目标特征点如边缘点 u 在第一图像 I 的金

字塔第 L 层图 I^L 上的位置为 $\mathbf{u}^L = \begin{bmatrix} p_x & p_y \end{bmatrix}^T = \frac{\mathbf{u}}{2^L}$, 其中, p_x 和 p_y 可以表示边缘点 u 的坐标。

步骤 S603, 即步骤 b、根据目标特征点的位置利用如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪, 获取目标特征点在第二图像的本层图像中与目标特征点相匹配的匹配点。

在本步骤中, 可以在矩阵像素窗口 W 中计算目标特征点在所述水平线的方向上的灰度梯度值:

$$\mathbf{S}(u, v) = \begin{bmatrix} I_x(p_x + u, p_y + v) & I_y(p_x + u, p_y + v) \end{bmatrix} \mathbf{n};$$

其中, u 和 v 表示矩阵像素窗口 W 中的各个像素点的相对于目标特征点的位置坐标, 如果矩阵像素窗口 W 长为 w, 高为 h, 则 u 的取值范围是从 -w/2 到 w/2, v 的取值范围是从 -h/2 到 h/2, $I_x(x, y)$ 表示第一图像 I^L 在 (x, y) 位置的像素点在 X 轴方向的灰度梯度值, $I_y(x, y)$ 表示在 Y 轴方向上的灰度梯度值, $\mathbf{n}$ 表示该水平线的单位方向向量, $\mathbf{S}(u, v)$ 表示目标特征点在该水平线的方向上的灰度梯度值, 并

根据灰度梯度值计算目标特征点在第 L 层的空间梯度值 $m = \sum_{(u,v) \in W} \mathbf{S}(u, v)^2$ 。

本步骤可以初始化位置迭代参数 $\boldsymbol{\gamma}^0 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}^T$, 用于在图像 J^L 中进行迭代处理。

假设起始跟踪点在图像 J^L 的位置是 $(p_x + g_x^L + \boldsymbol{\gamma}_x^{k-1}, p_y + g_y^L + \boldsymbol{\gamma}_y^{k-1})$, 其中, g_x^L 和 g_y^L 为预设的搜索偏移位置 $g^{L_m} = \begin{bmatrix} g_x^L & g_y^L \end{bmatrix}^T$ 中的参数, 其中 g^{L_m} 可以预设为 $\begin{bmatrix} 0 & 0 \end{bmatrix}^T$, 根据预设变量 k 从 1 到 K, 可以采用以下迭代方式计算图像偏差值:

$$b^k = \sum_{(u,v) \in W} \mathbf{S}(u, v) \left[I^L(p_x + u, p_y + v) - J^L(p_x + g_x^L + \boldsymbol{\gamma}_x^{k-1}, p_y + g_y^L + \boldsymbol{\gamma}_y^{k-1}) \right]$$

更新位置迭代参数 $\boldsymbol{\gamma}^k = \boldsymbol{\gamma}^{k-1} - \frac{b^k}{m^L} \mathbf{n}$, 使 $k = k + 1$ 继续在本层图像中对该迭代参数进行迭

代操作，在 L 层金字塔得到最终跟踪偏移量为： $d^L = \gamma^k$ 。

步骤 S604，c、将所述匹配点设置为第二图像的本层图像的下一层图像的起始跟踪点。

本步骤初始化在第二图像中的本层图像的下一层金字塔图像的跟踪偏移位置 $g^{L-1} = 2(g^L + d^L)$ 。

步骤 S605，重复上述步骤 a 至 c，直到得到的匹配点为第二图像的底层图像上的匹配点。

本步骤可以使 $L = L - 1$ 重复上述步骤 a 至 c，直到得到的匹配点为第二图像的图像金字塔的底层图像上的匹配点，则目标特征点如边缘点 u 在第二图像 J 中的匹配点 v 的位置为 $v = u + g^0 + d^0$ 。

参考图 8，图 8 为一个实施例中图像特征点的跟踪方法的效果对比图，图 8 示出了两种方法对图像特征点进行跟踪的效果图，纵坐标表示特征点的匹配率，横坐标为匹配时间，匹配率越高说明对图像特征点的跟踪效果越好，该图 8 表示了本申请实施例提供的图像特征点的跟踪方法与传统的基于绝对误差和模版匹配算法（SAD）时的在某个测试数据集上的匹配成功率，其中，图 8 中的实线表示本申请实施例提供的图像特征点的跟踪方法的数据曲线，图 8 中的虚线表示传统的基于绝对误差和模版匹配算法（SAD）的数据曲线，可以看出，本申请实施例提供的图像特征点的跟踪方法在匹配成功率上具有明显的优势，比传统的方法更简单，鲁棒性更强，能够极大地增加成功匹配的关键点数目，有利于为双目视觉系统提供更有效的数据支持，而且采用图像金字塔和上述任一项实施例的图像特征点的跟踪方法相结合的方式对图像的特征点进行跟踪，进一步提高了在不同图像之间对图像特征点进行跟踪的稳定性和鲁棒性。

在一个实施例中，提供了一种图像特征点的匹配方法，参考图 9，图 9 为一个实施例中图像特征点的匹配方法的流程示意图，该图像特征点的匹配方法可以包括如下步骤：

步骤 S701，根据如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪，在第二图像中获取与目标特征点相匹配的第一匹配点。

参考图 10，图 10 为一个实施例中图像特征点的匹配关系示意图，采用如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法，可以实现对第一图像 400a 的目标特征点 K 进行跟踪，在第二图像 400b 中获取该目标特征点 K 相匹配的第一匹配点 K1，这里所说的匹配是指初步匹配，而第一匹配点 K1 不一定是真正与目标特征点 K 匹配的点，这是因为在某些场景当中，目标特征点 K 所在位置的纹理可能会在第一图像 400a 和第二图像 400b 中重复出现，导致得到的第一匹配点 K1 并非为与目标特征点 K 真正匹配的点，而这些并非真正匹配的点是不稳定的，匹配结果是可靠的。

步骤 S702，基于如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法在第一图像中获取与第一匹配点相匹配的第二匹配点。

本步骤主要是以第一匹配点作为新的目标特征点，以反向的方式，通过如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法，在第一图像中 400a 中找到与该第一匹配点相匹配的第二匹配点。

具体来说，如图 10，在得到第一匹配点 K1 后，以第一匹配点 K1 作为新的目标特征点，以第二图像 400b 作为新的第一图像，以第一图像 400a 作为新的第二图像，采用如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法，在第一图像 400a 中获取与第一匹配点 K1 相匹配的第二匹配点 K2。

步骤 S703，若第二匹配点与目标特征点为相同的点，则判断第一匹配点与目标特征点相匹配。

本步骤中,将第二匹配点与目标特征点进行比较,若判断第二匹配点与目标特征点属于第一图像中的同一个点,则可以认为第一匹配点是第二图像中的与目标特征点真正匹配的点,如果第二匹配点与目标特征点不是同一个点,则说明目标特征点K的纹理所在场景不唯一,可以去掉该特征点。

上述实施例,先通过如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法得到与目标特征点初步匹配的第一匹配点,再以相同的跟踪方法在第一图像中反向获取与该第一匹配点相匹配的第二匹配点,从而将原来的目标特征点和第二匹配点进行比较,判断第一匹配点是否为与目标特征点真正匹配的点,进一步提高了对特征点进行跟踪匹配的鲁棒性和稳定性。

在一个实施例中,提供了一种获取目标物三维坐标的方法,参考图11,图11为一个实施例中获取目标物三维坐标的方法的流程示意图,该方法可以包括如下步骤:

步骤S801,获取对目标物拍摄得到的第一视角图像和第二视角图像;该目标物为三维空间中的物体。

本步骤中,可以采用双目摄像头在第一视角和第二视角对三维空间中的目标物进行拍摄,得到第一视角图像和第二视角图像。

步骤S802,对第一视角图像和第二视角图像进行校正得到第一图像和第二图像。

本步骤主要是对第一视角图像和第二视角图像进行校正处理,消除第一视角图像和第二视角图像的图像畸变,将两张图像进行对齐,使得两张图像在水平方向上严格对齐,从而得到的第一图像和第二图像就是消除畸变的并且在水平方向上对齐的图像。

步骤S803,将目标物在第一图像上投影的点设为目标特征点。

三维空间中的目标物被拍摄为图像后,目标物上的三维点会投影为图像上的二维点,本步骤可以将目标物在第一图像上投影的多个二维像素点设为目标特征点,然后通过计算这些像素点的二维坐标反推出目标物的三维坐标。

步骤S804,根据如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法或图像特征点的匹配方法,在第二图像中确定与第一图像的目标特征点相匹配的匹配点。

本步骤主要是基于如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法或图像特征点的匹配方法,在第二图像中跟踪得到与目标特征点相匹配的匹配点。

步骤S805,获取目标特征点在第一图像中的二维坐标,获取匹配点在第二图像中的二维坐标。

其中,在对目标特征点进行跟踪得到匹配点后,可以获取该匹配点在第二图像中的二维坐标,以及获取目标特征点在第一图像中的二维坐标。

步骤S806,获取第一图像的第一投影矩阵,获取第二图像的第二投影矩阵。

本步骤主要是分别获取第一图像和第二图像的投影矩阵。其中,在利用如双目摄像头等摄像设备对三维空间中的目标物进行拍摄时,该目标物会投影到拍摄的照片上,而对拍摄的双目摄像头进行标定后,可以得到相应的投影矩阵,通过该投影矩阵可以确定三维目标物与二维图像的位置投影关系。

步骤S807,根据目标特征点在第一图像中的二维坐标、匹配点在第二图像中的二维坐标、第一投影矩阵和第二投影矩阵获取目标物在三维空间中的三维坐标。

其中,根据第一投影矩阵和第二投影矩阵可以确定拍摄的三维空间中的目标物与第一图像和第二图像的位置关系,所以本步骤可以根据目标特征点在第一图像中的二维坐标、匹配点在第二图像中的二维坐标结合第一投影矩阵和第二投影矩阵,从而计算出目标物在三维空间中的三维坐标。

可以对矩阵 D 进行奇异值分解,得到奇异值分解结果;该矩阵 D 可以表示为:

$$D = \begin{bmatrix} U(P_3)^T - (P_1)^T \\ U(P_3)^T - (P_2)^T \\ U'(P'_3)^T - (P'_1)^T \\ V'(P'_3)^T - (P'_2)^T \end{bmatrix}$$

其中, U 和 V 分别表示目标特征点在第一图像中的横坐标和纵坐标, U' 和 V' 分别表示匹配点在第二图像中的横坐标和纵坐标, $(P_1)^T$ 、 $(P_2)^T$ 和 $(P_3)^T$ 分别对应于第一投影矩阵中的第一行、第二行和第三行, $(P'_1)^T$ 、 $(P'_2)^T$ 和 $(P'_3)^T$ 分别对应于第二投影矩阵中的第一行、第二行和第三行; 然后, 根据奇异值分解结果可以获取目标物在三维空间中的三维坐标。

以双目摄像系统为例进行说明, 在对双目摄像头经过校正后, 可以得到左摄像头和右摄像头拍摄图像的投影矩阵, 设左摄像头对应的投影矩阵为第一投影矩阵 P , 右摄像头对应的投影矩阵为第二投影矩阵 P' , 利用第一投影矩阵和第二投影矩阵, 有 $\mathbf{x} = P\mathbf{X}$, $\mathbf{x}' = P'\mathbf{X}$, $\mathbf{X}$ 表示目标特征点在空间中的三维坐标, $\mathbf{x}$ 表示目标特征点在第一图像中的二维坐标, $\mathbf{x}'$ 表示目标特征点在第二图像中的二维坐标, 通过投影矩阵, 可以将三维空间中的三维点投影到左摄像头和右摄像头的图像中, 获得在图像上的二维坐标 $\mathbf{x}$ 和 $\mathbf{x}'$, 而第一投影矩阵 P 和第二投影矩阵 P' 可以分别表示为:

$$P = \begin{bmatrix} (P_1)^T \\ (P_2)^T \\ (P_3)^T \end{bmatrix}, \quad P' = \begin{bmatrix} (P'_1)^T \\ (P'_2)^T \\ (P'_3)^T \end{bmatrix}$$

其中, $(P_i)^T$ 表示第一投影矩阵 P 中的第 i 行, 同样地, $(P'_i)^T$ 表示第一投影矩阵 P' 中的第 i 行, i 可以取 1、2 或 3。

在给定左摄像头拍摄的第一图像上的其中一个特征点二维坐标 $\mathbf{x} = [U, V]^T$ 和右摄像头拍摄的第二图像上的与该特征点相匹配的匹配点的二维坐标 $\mathbf{x}' = [U', V']^T$, 联立公式 $\mathbf{x} = P\mathbf{X}$ 和 $\mathbf{x}' = P'\mathbf{X}$ 并写成 $D\mathbf{X} = 0$, 其中, 矩阵 D 即为:

$$D = \begin{bmatrix} U(P_3)^T - (P_1)^T \\ U(P_3)^T - (P_2)^T \\ U'(P'_3)^T - (P'_1)^T \\ V'(P'_3)^T - (P'_2)^T \end{bmatrix}$$

对该矩阵 D 进行奇异值分解, 有 $D=U \Sigma V^T$, 则 $DX=0$ 的解 X 为右奇异矩阵 V^T 的最后一列, X 即为最终所求的目标特征点在三维空间中的三维坐标, 而由于该目标特征点是目标物在图像上投影的二维像素点, 所以该目标特征点对应的三维坐标可以作为该目标物的三维坐标。

上述获取目标物三维坐标的方法, 采用本申请实施例提供图像特征点的跟踪方法或匹配方法对目标特征点进行跟踪, 并获取目标特征点及其匹配点的在第一图像和第二图像中的二维坐标, 基于第一图像和第二图像的投影矩阵, 从而更精确地获取目标物在三维空间中的三维坐标, 而且还具有运算速度快、鲁棒性好等特点。

在一个实施例中, 提供了一种图像特征点的跟踪装置, 参考图 12, 图 12 为一个实施例中图像特征点的跟踪装置的结构示意图, 该图像特征点的跟踪装置可以包括:

水平线确定模块 101, 用于在第二图像中确定与目标特征点相对应的水平线; 其中, 所述目标特征点为第一图像的特征点; 所述第一图像和第二图像是对第一视角图像和第二视角图像进行校正后得到的图像;

第一获取模块 102, 用于获取位于所述水平线上的起始跟踪点的第一灰度值;

第二获取模块 103, 用于获取所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值;

特征点跟踪模块 104, 用于根据所述起始跟踪点的第一灰度值以及所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值, 沿所述水平线的方向跟踪匹配点在所述第二图像中的位置; 所述匹配点为所述第二图像上与所述目标特征点相匹配的点。

在一个实施例中, 水平线确定模块 101 还用于:

获取目标特征点在第一图像中的位置; 确定第一图像与第二图像的水平线对应关系; 根据目标特征点在第一图像中的位置和水平线对应关系确定第二图像中的所述水平线。

在一个实施例中, 特征点跟踪模块 104 可以包括:

位置偏差计算单元, 用于根据第一图像的目标特征点的第二灰度值、灰度梯度值以及起始跟踪点的第一灰度值计算起始跟踪点在水平线的方向上的位置偏差;

起始跟踪点位置确定单元, 用于确定起始跟踪点在水平线上的位置;

目标特征点位置确定单元, 用于根据起始跟踪点在水平线上的位置以及在水平线的方向上的位置偏差确定匹配点在第二图像中的位置;

在一个实施例中, 位置偏差计算单元还用于:

将目标特征点的第二灰度值与起始跟踪点的第一灰度值进行作差, 得到目标特征点与起始跟踪点的灰度偏差值; 根据目标特征点的灰度梯度值计算目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值; 根据灰度偏差值和目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值获取起始跟踪点在水平线的方向上的位置偏差。

在一个实施例中, 位置偏差计算单元还用于:

将目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值进行平方运算, 得到目标特征点在水平线的方向上的空

间梯度值；根据目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值与灰度偏差值的乘积获取图像偏差值；计算图像偏差值与目标特征点在水平线的方向上的空间梯度值的比值；根据该比值和水平线的单位方向向量确定起始跟踪点在所述水平线的方向上的位置偏差。

在一个实施例中，位置偏差计算单元还用于：

根据目标特征点在第一图像的横向和纵向方向上的灰度梯度值，构建目标特征点的灰度梯度矩阵；获取所述水平线的单位方向向量；将灰度梯度矩阵与单位方向向量的乘积设为目标特征点在该水平线的方向上的灰度梯度值。

在一个实施例中，还可以包括：

窗口创建单元，用于在第一图像中创建以目标特征点为中心的矩形像素窗口；

灰度梯度值计算单元，用于获取矩形像素窗口内各个像素点的灰度值；根据灰度值计算目标特征点在矩形像素窗口的横向和纵向方向上的灰度梯度值；

特征值计算单元，用于根据灰度梯度值计算目标特征点在矩形像素窗口中的空间梯度矩阵，计算空间梯度矩阵的特征值。

特征点类型确定单元，用于根据特征值确定目标特征点的类型。

在一个实施例中，还可以包括：

图像校正单元，用于消除第一视角图像和第二视角图像的图像畸变；将消除图像畸变后的第一视角图像和第二视角图像进行对齐，得到第一图像和第二图像。

在一个实施例中，还提供了一种图像特征点的跟踪装置，参考图 13，图 13 为另一个实施例中图像特征点的跟踪装置的结构示意图，该图像特征点的跟踪装置可以包括：

图像金字塔建立模块 601，用于对第一图像和第二图像分别建立图像金字塔；其中，图像金字塔包括多层图像；

特征点位置确定模块 602，用于执行步骤 a、在第一图像的本层图像中确定目标特征点的位置；其中，本层图像为图像金字塔中的本层图像；

跟踪点获取模块 603，用于执行步骤 b、根据目标特征点的位置利用上述图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪，获取目标特征点在本层图像中与目标特征点相匹配的匹配点；

跟踪点设置模块 604，用于执行步骤 c、将匹配点设置为第二图像的本层图像的下一层图像的起始跟踪点；

跟踪点确定模块 605，用于重复上述步骤 a 至 c，直到匹配点为第二图像的底层图像上的匹配点。

本申请的图像特征点的跟踪装置与本申请的图像特征点的跟踪方法一一对应，关于图像特征点的跟踪装置的具体限定可以参见上文中对于图像特征点的跟踪方法的限定，在上述图像特征点的跟踪方法的实施例阐述的技术特征及其有益效果均适用于图像特征点的跟踪装置的实施例中，在此不再赘述。上述图像特征点的跟踪装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

在一个实施例中，提供了一种图像特征点的匹配装置，参考图 14，图 14 为一个实施例中图像特征点的匹配装置的结构示意图，该图像特征点的匹配装置可以包括：

第一匹配点获取模块 701，用于根据上述图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪，在第二图像中获取与目标特征点相匹配的第一匹配点；

第二匹配点获取模块 702，用于基于上述图像特征点的跟踪方法在第一图像中获取与第一匹配点相匹

配的第二匹配点；

匹配点判断模块 703，用于若第二匹配点与目标特征点为相同的点，则判断第一匹配点与目标特征点相匹配。

本申请的图像特征点的匹配装置与本申请的图像特征点的匹配方法一一对应，关于图像特征点的匹配装置的具体限定可以参见上文中对于图像特征点的匹配方法的限定，在上述图像特征点的匹配方法的实施例阐述的技术特征及其有益效果均适用于图像特征点的匹配装置的实施例中，在此不再赘述。上述图像特征点的匹配装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

在一个实施例中，提供了一种获取目标物三维坐标的装置，参考图 15，图 15 为一个实施例中获取目标物三维坐标的装置的结构示意图，该装置可以包括：

视角图像获取模块 801，用于获取对目标物拍摄得到的第一视角图像和第二视角图像；目标物为三维空间中的物体；

视角图像校正模块 802，用于对第一视角图像和第二视角图像进行校正得到第一图像和第二图像；

特征点设置模块 803，用于将目标物在第一图像上投影的点设为目标特征点；

匹配点确定模块 804，用于根据上述图像特征点的跟踪方法或图像特征点的匹配方法，在第二图像中确定与第一图像的目标特征点相匹配的匹配点；

二维坐标获取模块 805，用于获取目标特征点在第一图像中的二维坐标，获取匹配点在第二图像中的二维坐标；

投影矩阵获取模块 806，用于获取第一图像的第一投影矩阵，获取第二图像的第二投影矩阵；

三维坐标计算模块 807，用于根据目标特征点在第一图像中的二维坐标、匹配点在第二图像中的二维坐标、第一投影矩阵和第二投影矩阵计算目标物在三维空间中的三维坐标。

在一个实施例中，三维坐标计算模块 807 还用于：

对如下矩阵 D 进行奇异值分解：

$$D = \begin{bmatrix} U(P_3)^T - (P_1)^T \\ U(P_3)^T - (P_2)^T \\ U'(P'_3)^T - (P'_1)^T \\ V'(P'_3)^T - (P'_2)^T \end{bmatrix}$$

其中， U 和 V 分别表示目标特征点在第一图像中的横坐标和纵坐标， U' 和 V' 分别表示匹配点在第二图像中的横坐标和纵坐标， $(P_1)^T$ 、 $(P_2)^T$ 和 $(P_3)^T$ 分别对应于第一投影矩阵中的第一行、第二行和第三行， $(P'_1)^T$ 、 $(P'_2)^T$ 和 $(P'_3)^T$ 分别对应于第二投影矩阵中的第一行、第二行和第三行；根据奇异值分解结果获取目标物在三维空间中的三维坐标。

本申请的获取目标物三维坐标的装置与本申请的获取目标物三维坐标的方法一一对应，关于获取目标

物三维坐标的装置的具体限定可以参见上文中对于获取目标物三维坐标的方法的限定，在上述获取目标物三维坐标的方法的实施例阐述的技术特征及其有益效果均适用于获取目标物三维坐标的装置的实施例中，在此不再赘述。上述获取目标物三维坐标的装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。

在一个实施例中，提供了一种计算机设备，该计算机设备可以是终端，其内部结构图可以如图 16 所示，图 16 为一个实施例中计算机设备的内部结构图。该计算机设备包括通过系统总线连接的处理器、存储器、网络接口、显示屏和输入装置。其中，该计算机设备的处理器用于提供计算和控制能力。该计算机设备的存储器包括非易失性存储介质、内存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统和计算机程序。该内存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机程序的运行提供环境。该计算机设备的网络接口用于与外部的终端通过网络连接通信。该计算机程序被处理器执行时以实现一种图像特征点的跟踪方法、图像特征点的匹配方法和获取目标物三维坐标的方法。该计算机设备的显示屏可以是液晶显示屏或者电子墨水显示屏，该计算机设备的输入装置可以是显示屏上覆盖的触摸层，也可以是计算机设备外壳上设置的按键、轨迹球或触控板，还可以是外接的键盘、触控板或鼠标等。

本领域技术人员可以理解，图 16 中示出的结构，仅仅是与本申请方案相关的部分结构的框图，并不构成对本申请方案所应用于其上的计算机设备的限定，具体的计算机设备可以包括比图中所示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者具有不同的部件布置。

在一个实施例中，提供了一种计算机设备，包括处理器和存储器，所述存储器存储有计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现以下步骤：

在第二图像中确定与目标特征点相对应的水平线；获取位于该水平线上的起始跟踪点的第一灰度值；获取目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值；根据起始跟踪点的第一灰度值以及目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值，沿该水平线的方向跟踪匹配点在第二图像中的位置；该匹配点为第二图像上与目标特征点相匹配的点。

在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

获取目标特征点在第一图像中的位置；确定第一图像与第二图像的水平线对应关系；根据目标特征点在第一图像中的位置和水平线对应关系确定第二图像中的所述水平线。

在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

根据第一图像的目标特征点的第二灰度值、灰度梯度值以及起始跟踪点的第一灰度值计算起始跟踪点在水平线的方向上的位置偏差；确定起始跟踪点在水平线上的位置；根据起始跟踪点在水平线上的位置以及在水平线的方向上的位置偏差确定匹配点在第二图像中的位置。

在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

将目标特征点的第二灰度值与起始跟踪点的第一灰度值进行作差，得到目标特征点与起始跟踪点的灰度偏差值；根据目标特征点的灰度梯度值计算目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值；根据灰度偏差值和目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值获取起始跟踪点在水平线的方向上的位置偏差。

在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

将目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值进行平方运算，得到目标特征点在水平线的方向上的空间梯度值；根据目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值与灰度偏差值的乘积获取图像偏差值；计算图像偏差值与目标特征点在水平线的方向上的空间梯度值的比值；根据该比值和水平线的单位方向向量确定起始跟踪点在所述水平线的方向上的位置偏差。

在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

根据目标特征点在第一图像的横向和纵向方向上的灰度梯度值，构建目标特征点的灰度梯度矩阵；获取所述水平线的单位方向向量；将灰度梯度矩阵与单位方向向量的乘积设为目标特征点在该水平线的方向上的灰度梯度值。

在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

在第一图像中创建以目标特征点为中心的矩形像素窗口；获取矩形像素窗口内各个像素点的灰度值；根据灰度值计算目标特征点在矩形像素窗口的横向和纵向方向上的灰度梯度值；根据灰度梯度值计算目标特征点在矩形像素窗口中的空间梯度矩阵，计算空间梯度矩阵的特征值；根据特征值确定目标特征点的类型。

在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

消除第一视角图像和第二视角图像的图像畸变；将消除图像畸变后的第一视角图像和第二视角图像进行对齐，得到第一图像和第二图像。

在一个实施例中，提供了一种计算机设备，包括处理器和存储器，所述存储器存储有计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现以下步骤：

对第一图像和第二图像分别建立图像金字塔；a、在所述第一图像的本层图像中确定目标特征点的位置；b、根据目标特征点的位置利用如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪，获取目标特征点在第二图像的本层图像中与目标特征点相匹配的匹配点；c、将所述匹配点设置为第二图像的本层图像的下一层图像的起始跟踪点；重复上述步骤a至c，直到得到的匹配点为第二图像的底层图像上的匹配点。

在一个实施例中，提供了一种计算机设备，包括处理器和存储器，所述存储器存储有计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现以下步骤：

根据如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪，在第二图像中获取与目标特征点相匹配的第一匹配点；基于如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法在第一图像中获取与第一匹配点相匹配的第二匹配点；若第二匹配点与目标特征点为相同的点，则判断第一匹配点与目标特征点相匹配。

在一个实施例中，提供了一种计算机设备，包括处理器和存储器，所述存储器存储有计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现以下步骤：

获取对目标物拍摄得到的第一视角图像和第二视角图像；目标物为三维空间中的物体；对第一视角图像和第二视角图像进行校正得到第一图像和第二图像；将目标物在第一图像上投影的点设为目标特征点；根据如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法或图像特征点的匹配方法，在第二图像中确定与第一图像的目标特征点相匹配的匹配点；获取目标特征点在第一图像中的二维坐标，获取匹配点在第二图像中的二维坐标；获取第一图像的第一投影矩阵，获取第二图像的第二投影矩阵；根据目标特征点在第一图像中的二维坐标、匹配点在第二图像中的二维坐标、第一投影矩阵和第二投影矩阵获取目标物在三维空间中的三维坐标。

在一个实施例中，处理器执行计算机程序时还实现以下步骤：

对如下矩阵 D 进行奇异值分解：

$$D = \begin{bmatrix} U(P_3)^T - (P_1)^T \\ U(P_3)^T - (P_2)^T \\ U'(P'_3)^T - (P'_1)^T \\ V'(P'_3)^T - (P'_2)^T \end{bmatrix}$$

其中, U 和 V 分别表示目标特征点在所述第一图像中的横坐标和纵坐标, U' 和 V' 分别表示匹配点在所述第二图像中的横坐标和纵坐标, $(P_1)^T$ 、 $(P_2)^T$ 和 $(P_3)^T$ 分别对应于所述第一投影矩阵中的第一行、第二行和第三行, $(P'_1)^T$ 、 $(P'_2)^T$ 和 $(P'_3)^T$ 分别对应于所述第二投影矩阵中的第一行、第二行和第三行; 根据奇异值分解结果获取目标物在三维空间中的三维坐标。

上述计算机设备, 通过所述处理器上运行的计算机程序, 能够增加对目标特征点成功跟踪匹配的特征点数目, 提高了对目标特征点进行跟踪的鲁棒性和稳定性, 还将特征点的跟踪范围限缩至第二图像的一水平线上, 使得特征点的跟踪操作得到简化, 加快了运算速度, 在保证稳定性的前提下, 缩短了对目标特征点进行跟踪的时间, 提高了跟踪效率, 有利于为双目视觉系统提供更有效的数据支持。

本领域普通技术人员可以理解实现如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法、图像特征点的匹配方法和获取目标物三维坐标的方法中的全部或部分流程, 是可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成, 所述的计算机程序可存储于一非易失性计算机可读取存储介质中, 该计算机程序在执行时, 可包括如上述各方法的实施例的流程。其中, 本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用, 均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器 (ROM)、可编程 ROM (PROM)、电可编程 ROM (EPROM)、电可擦除可编程 ROM (EEPROM) 或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器 (RAM) 或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限, RAM 以多种形式可得, 诸如静态 RAM (SRAM)、动态 RAM (DRAM)、同步 DRAM (SDRAM)、双数据率 SDRAM (DDRSDRAM)、增强型 SDRAM (ESDRAM)、同步链路 (SynchLink) DRAM (SLDRAM)、存储器总线 (Rambus) 直接 RAM (RDRAM)、直接存储器总线动态 RAM (DRDRAM)、以及存储器总线动态 RAM (RDRAM) 等。

据此, 在一个实施例中, 提供了一种计算机可读存储介质, 其上存储有计算机程序, 计算机程序被处理器执行时实现以下步骤:

在第二图像中确定与目标特征点相对应的水平线; 获取位于该水平线上的起始跟踪点的第一灰度值; 获取目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值; 根据起始跟踪点的第一灰度值以及目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值, 沿该水平线的方向匹配点在第二图像中的位置; 该匹配点为第二图像上与目标特征点相匹配的点。

在一个实施例中, 计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤:

获取目标特征点在第一图像中的位置; 确定第一图像与第二图像的水平线对应关系; 根据目标特征点在第一图像中的位置和水平线对应关系确定第二图像中的所述水平线。

在一个实施例中, 计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤:

根据第一图像的目标特征点的第二灰度值、灰度梯度值以及起始跟踪点的第一灰度值计算起始跟踪点

在水平线的方向上的位置偏差；确定起始跟踪点在水平线上的位置；根据起始跟踪点在水平线上的位置以及在水平线的方向上的位置偏差确定匹配点在第二图像中的位置。

在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：

将目标特征点的第二灰度值与起始跟踪点的第一灰度值进行作差，得到目标特征点与起始跟踪点的灰度偏差值；根据目标特征点的灰度梯度值计算目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值；根据灰度偏差值和目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值获取起始跟踪点在水平线的方向上的位置偏差。

在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：

将目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值进行平方运算，得到目标特征点在水平线的方向上的空间梯度值；根据目标特征点在水平线的方向上的灰度梯度值与灰度偏差值的乘积获取图像偏差值；计算图像偏差值与目标特征点在水平线的方向上的空间梯度值的比值；根据该比值和水平线的单位方向向量确定起始跟踪点在所述水平线的方向上的位置偏差。

在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：

根据目标特征点在第一图像的横向和纵向方向上的灰度梯度值，构建目标特征点的灰度梯度矩阵；获取所述水平线的单位方向向量；将灰度梯度矩阵与单位方向向量的乘积设为目标特征点在该水平线的方向上的灰度梯度值。

在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：

在第一图像中创建以目标特征点为中心的矩形像素窗口；获取矩形像素窗口内各个像素点的灰度值；根据灰度值计算目标特征点在矩形像素窗口的横向和纵向方向上的灰度梯度值；根据灰度梯度值计算目标特征点在矩形像素窗口中的空间梯度矩阵，计算空间梯度矩阵的特征值；根据特征值确定目标特征点的类型。

在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：

消除第一视角图像和第二视角图像的图像畸变；将消除图像畸变后的第一视角图像和第二视角图像进行对齐，得到第一图像和第二图像。

在一个实施例中，提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

对第一图像和第二图像分别建立图像金字塔；a、在所述第一图像的本层图像中确定目标特征点的位置；b、根据目标特征点的位置利用如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪，获取目标特征点在第二图像的本层图像中与目标特征点相匹配的跟踪点；c、将所述跟踪点设置为第二图像的本层图像的下一层图像的所述起始跟踪点；重复上述步骤a至c，直到得到的跟踪点为第二图像的底层图像的跟踪点。

在一个实施例中，提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

根据如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪，在第二图像中获取与目标特征点相匹配的第一匹配点；基于如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法在第一图像中获取与第一匹配点相匹配的第二匹配点；若第二匹配点与目标特征点为相同的点，则判断第一匹配点与目标特征点相匹配。

在一个实施例中，提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

获取对目标物拍摄得到的第一视角图像和第二视角图像；目标物为三维空间中的物体；对第一视角图

像和第二视角图像进行校正得到第一图像和第二图像；将目标物在第一图像上投影的点设为目标特征点；根据如上任一项实施例所述的图像特征点的跟踪方法或图像特征点的匹配方法，在第二图像中确定与第一图像的目标特征点相匹配的匹配点；获取目标特征点在第一图像中的二维坐标，获取匹配点在第二图像中的二维坐标；获取第一图像的第一投影矩阵，获取第二图像的第二投影矩阵；根据目标特征点在第一图像中的二维坐标、匹配点在第二图像中的二维坐标、第一投影矩阵和第二投影矩阵获取目标物在三维空间中的三维坐标。

在一个实施例中，计算机程序被处理器执行时还实现以下步骤：

对如下矩阵 D 进行奇异值分解：

$$D = \begin{bmatrix} U(P_3)^T - (P_1)^T \\ U(P_3)^T - (P_2)^T \\ U'(P'_3)^T - (P'_1)^T \\ V'(P'_3)^T - (P'_2)^T \end{bmatrix}$$

其中， U 和 V 分别表示目标特征点在第一图像中的横坐标和纵坐标， U' 和 V' 分别表示匹配点在第二图像中的横坐标和纵坐标， $(P_1)^T$ 、 $(P_2)^T$ 和 $(P_3)^T$ 分别对应于第一投影矩阵中的第一行、第二行和第三行， $(P'_1)^T$ 、 $(P'_2)^T$ 和 $(P'_3)^T$ 分别对应于第二投影矩阵中的第一行、第二行和第三行；根据奇异值分解结果获取目标物在三维空间中的三维坐标。

上述计算机可读存储介质，通过其存储的计算机程序，能够增加对目标特征点成功跟踪匹配的特征点数目，提高了对目标特征点进行跟踪的鲁棒性和稳定性，还将特征点的跟踪范围限缩至第二图像的一水平线上，使得特征点的跟踪操作得到简化，加快了运算速度，在保证稳定性的前提下，缩短了对目标特征点进行跟踪的时间，提高了跟踪效率，有利于为双目视觉系统提供更有效的数据支持。

以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

权利要求书

1、一种图像特征点的跟踪方法，包括步骤：

在第二图像中确定与目标特征点相对应的水平线；其中，所述目标特征点为第一图像的特征点；所述第一图像和第二图像是对第一视角图像和第二视角图像进行校正后得到的图像；

获取位于所述水平线上的起始跟踪点的第一灰度值；

获取所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值；

根据所述起始跟踪点的第一灰度值以及所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值，沿所述水平线的方向跟踪匹配点在所述第二图像中的位置；所述匹配点为所述第二图像上与所述目标特征点相匹配的点。

2、根据权利要求 1 所述的图像特征点的跟踪方法，其中，所述根据所述起始跟踪点的第一灰度值以及所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值，沿所述水平线的方向跟踪匹配点在所述第二图像中的位置的步骤包括：

根据所述第一图像的目标特征点的第二灰度值、灰度梯度值以及所述起始跟踪点的第一灰度值计算所述起始跟踪点在所述水平线的方向上的位置偏差；

确定所述起始跟踪点在所述水平线上的位置；

根据所述起始跟踪点在所述水平线上的位置以及在所述水平线的方向上的位置偏差确定所述匹配点在所述第二图像中的位置。

3、根据权利要求 2 所述的图像特征点的跟踪方法，其中，所述根据所述第一图像的目标特征点的第二灰度值、灰度梯度值以及所述起始跟踪点的第一灰度值计算所述起始跟踪点在所述水平线的方向上的位置偏差的步骤包括：

将所述目标特征点的第二灰度值与起始跟踪点的第一灰度值进行作差，得到所述目标特征点与起始跟踪点的灰度偏差值；

根据所述目标特征点的灰度梯度值计算所述目标特征点在所述水平线的方向上的灰度梯度值；

根据所述灰度偏差值和所述目标特征点在所述水平线的方向上的灰度梯度值获取所述起始跟踪点在所述水平线的方向上的位置偏差。

4、根据权利要求 3 所述的图像特征点的跟踪方法，其中，所述根据所述灰度偏差值和所述目标特征点在所述水平线的方向上的灰度梯度值获取所述起始跟踪点在所述水平线的方向上的位置偏差的步骤包括：

将所述目标特征点在所述水平线的方向上的灰度梯度值进行平方运算，得到所述目标特征点在所述水平线的方向上的空间梯度值；

根据所述目标特征点在所述水平线的方向上的灰度梯度值与所述灰度偏差值的乘积获取图像偏差值；

计算所述图像偏差值与所述目标特征点在所述水平线的方向上的空间梯度值的比值；

根据所述比值与所述水平线的单位方向向量确定所述起始跟踪点在所述水平线的方向上的位置偏差。

5、根据权利要求 3 所述的图像特征点的跟踪方法，其中，所述根据所述目标特征点的灰度梯度值计算所述目标特征点在所述水平线的方向上的灰度梯度值的步骤包括：

根据所述目标特征点在所述第一图像的横向和纵向方向上的灰度梯度值，构建所述目标特征点的灰度梯度矩阵；

获取所述水平线的单位方向向量；

将所述灰度梯度矩阵与所述单位方向向量的乘积设为所述目标特征点在所述水平线的方向上的灰度梯度值。

6、根据权利要求 1 所述的图像特征点的跟踪方法，其中，所述在第二图像中确定与目标特征点相对

应的水平线的步骤包括：

获取所述目标特征点在所述第一图像中的位置；

确定所述第一图像与第二图像的水平线对应关系；

根据所述目标特征点在所述第一图像中的位置和水平线对应关系确定所述第二图像中的所述水平线。

7、根据权利要求 1 至 6 任一项所述的图像特征点的跟踪方法，还包括步骤：

在所述第一图像中创建以所述目标特征点为中心的矩形像素窗口；

获取所述矩形像素窗口内各个像素点的灰度值；根据所述灰度值计算所述目标特征点在所述矩形像素窗口的横向和纵向方向上的灰度梯度值；

根据所述灰度梯度值计算所述目标特征点在所述矩形像素窗口中的空间梯度矩阵，计算所述空间梯度矩阵的特征值；

根据所述特征值确定所述目标特征点的类型；其中，所述目标特征点的类型包括角点和/或边缘点。

8、根据权利要求 1 所述的图像特征点的跟踪方法，其中，在所述第二图像中确定与目标特征点相对应的水平线的步骤之前，还包括：

消除所述第一视角图像和第二视角图像的图像畸变；

将消除图像畸变后的第一视角图像和第二视角图像进行对齐，得到所述第一图像和第二图像。

9、一种图像特征点的跟踪方法，包括步骤：

对第一图像和第二图像分别建立图像金字塔；其中，所述图像金字塔包括多层图像；

a、在所述第一图像的本层图像中确定目标特征点的位置；其中，所述本层图像为图像金字塔中的本层图像；

b、根据所述目标特征点的位置利用如权利要求 1 至 8 任一项所述的图像特征点的跟踪方法对所述目标特征点进行跟踪，获取所述目标特征点在所述第二图像的本层图像中与所述目标特征点相匹配的匹配点；

c、将所述匹配点设置为所述第二图像的本层图像的下一层图像的起始跟踪点；

重复上述步骤 a 至 c，直到所述匹配点为所述第二图像的底层图像上的匹配点。

10、一种图像特征点的匹配方法，包括步骤：

根据权利要求 1 至 9 任一项所述的图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪，在所述第二图像中获取与所述目标特征点相匹配的第一匹配点；

基于权利要求 1 至 9 任一项所述的图像特征点的跟踪方法在所述第一图像中获取与所述第一匹配点相匹配的第二匹配点；

若所述第二匹配点与目标特征点为相同的点，则判断所述第一匹配点与所述目标特征点相匹配。

11、一种获取目标物三维坐标的方法，包括步骤：

获取对目标物拍摄得到的第一视角图像和第二视角图像；所述目标物为三维空间中的物体；

对所述第一视角图像和第二视角图像进行校正得到第一图像和第二图像；

将所述目标物在所述第一图像上投影的点设为目标特征点；

根据权利要求 1 至 10 任一项所述的图像特征点的跟踪方法或图像特征点的匹配方法，在所述第二图像中确定与第一图像的目标特征点相匹配的匹配点；

获取所述目标特征点在所述第一图像中的二维坐标，获取所述匹配点在第二图像中的二维坐标；

获取所述第一图像的第一投影矩阵，获取所述第二图像的第二投影矩阵；

根据所述目标特征点在所述第一图像中的二维坐标、匹配点在第二图像中的二维坐标、第一投影矩阵和第二投影矩阵获取所述目标物在三维空间中的三维坐标。

12、根据权利要求 11 所述的获取目标物三维坐标的方法，其中，所述根据所述目标特征点在所述第一图像中的二维坐标、匹配点在第二图像中的二维坐标、第一投影矩阵和第二投影矩阵获取所述目标物在三维空间中的三维坐标的步骤包括：

对如下矩阵 D 进行奇异值分解：

$$D = \begin{bmatrix} U(P_3)^T - (P_1)^T \\ U(P_3)^T - (P_2)^T \\ U'(P'_3)^T - (P'_1)^T \\ V'(P'_3)^T - (P'_2)^T \end{bmatrix}$$

其中， U 和 V 分别表示目标特征点在所述第一图像中的横坐标和纵坐标， U' 和 V' 分别表示匹配点在所述第二图像中的横坐标和纵坐标， $(P_1)^T$ 、 $(P_2)^T$ 和 $(P_3)^T$ 分别对应于所述第一投影矩阵中的第一行、第二行和第三行， $(P'_1)^T$ 、 $(P'_2)^T$ 和 $(P'_3)^T$ 分别对应于所述第二投影矩阵中的第一行、第二行和第三行；

根据奇异值分解结果获取所述目标物在三维空间中的三维坐标。

13、一种图像特征点的跟踪装置，包括：

水平线确定模块，用于在第二图像中确定与目标特征点对应的水平线；其中，所述目标特征点为第一图像的特征点；所述第一图像和第二图像是对第一视角图像和第二视角图像进行校正后得到的图像；

第一获取模块，用于获取位于所述水平线上的起始跟踪点的第一灰度值；

第二获取模块，用于获取所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值；

特征点跟踪模块，用于根据所述起始跟踪点的第一灰度值以及所述目标特征点的第二灰度值和灰度梯度值，沿所述水平线的方向跟踪匹配点在所述第二图像中的位置；所述匹配点为所述第二图像上与所述目标特征点相匹配的点。

14、一种图像特征点的跟踪装置，包括：

图像金字塔建立模块，用于对第一图像和第二图像分别建立图像金字塔；其中，所述图像金字塔包括多层图像；

特征点位置确定模块，用于执行步骤 a、在所述第一图像的本层图像中确定所述目标特征点的位置；其中，所述本层图像为图像金字塔中的本层图像；

跟踪点获取模块，用于执行步骤 b、根据所述目标特征点的位置利用如权利要求 1 至 8 任一项所述的图像特征点的跟踪方法对所述目标特征点进行跟踪，获取所述目标特征点在所述第二图像的本层图像中与所述目标特征点相匹配的匹配点；

跟踪点设置模块，用于执行步骤 c、将所述匹配点设置为所述第二图像的本层图像的下一层图像的起始跟踪点；

跟踪点确定模块，用于重复上述步骤 a 至 c，直到所述匹配点为所述第二图像的底层图像上的匹配点。

15、一种图像特征点的匹配装置，包括：

第一匹配点获取模块，用于根据权利要求 1 至 9 任一项所述的图像特征点的跟踪方法对目标特征点进行跟踪，在所述第二图像中获取与所述目标特征点相匹配的第一匹配点；

第二匹配点获取模块，用于基于权利要求 1 至 9 任一项所述的图像特征点的跟踪方法在所述第一图像中获取与所述第一匹配点相匹配的第二匹配点；

匹配点判断模块，用于若所述第二匹配点与目标特征点为相同的点，则判断所述第一匹配点与所述目标特征点相匹配。

16、一种获取目标物三维坐标的装置，包括：

视角图像获取模块，用于获取对目标物拍摄得到的第一视角图像和第二视角图像；所述目标物为三维空间中的物体；

视角图像校正模块，用于对所述第一视角图像和第二视角图像进行校正得到第一图像和第二图像；

特征点设置模块，用于将所述目标物在所述第一图像上投影的点设为目标特征点；

匹配点确定模块，用于根据权利要求 1 至 10 任一项所述的图像特征点的跟踪方法或图像特征点的匹配方法，在所述第二图像中确定与第一图像的目标特征点相匹配的匹配点；

二维坐标获取模块，用于获取所述目标特征点在所述第一图像中的二维坐标，获取所述匹配点在第二图像中的二维坐标；

投影矩阵获取模块，用于获取所述第一图像的第一投影矩阵，获取所述第二图像的第二投影矩阵；

三维坐标获取模块，用于根据所述目标特征点在所述第一图像中的二维坐标、匹配点在第二图像中的二维坐标、第一投影矩阵和第二投影矩阵获取所述目标物在三维空间中的三维坐标。

17、一种计算机设备，包括处理器和存储器，所述存储器存储有计算机程序，其中，所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求 1 至 12 任一项所述方法的步骤。

18、一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，其中，所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求 1 至 12 任一项所述方法的步骤。

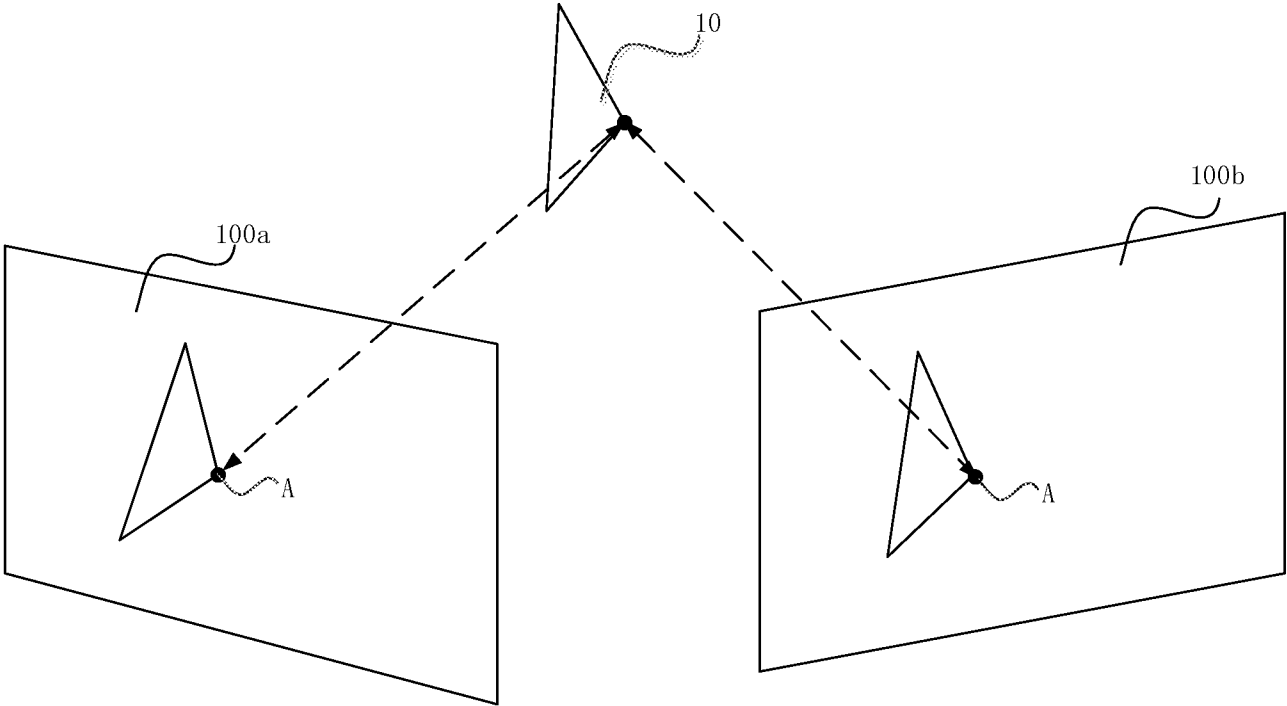


图 1

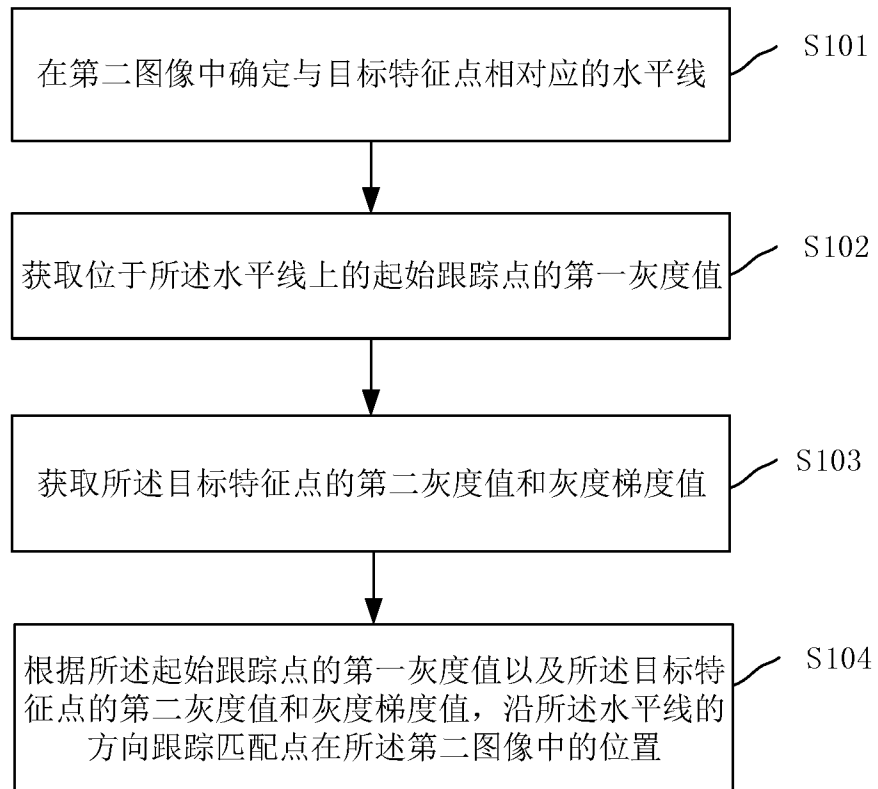


图 2

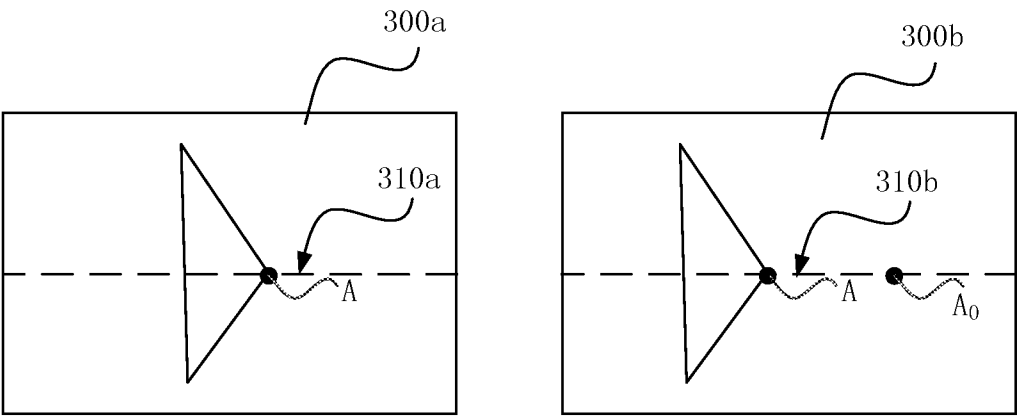


图 3

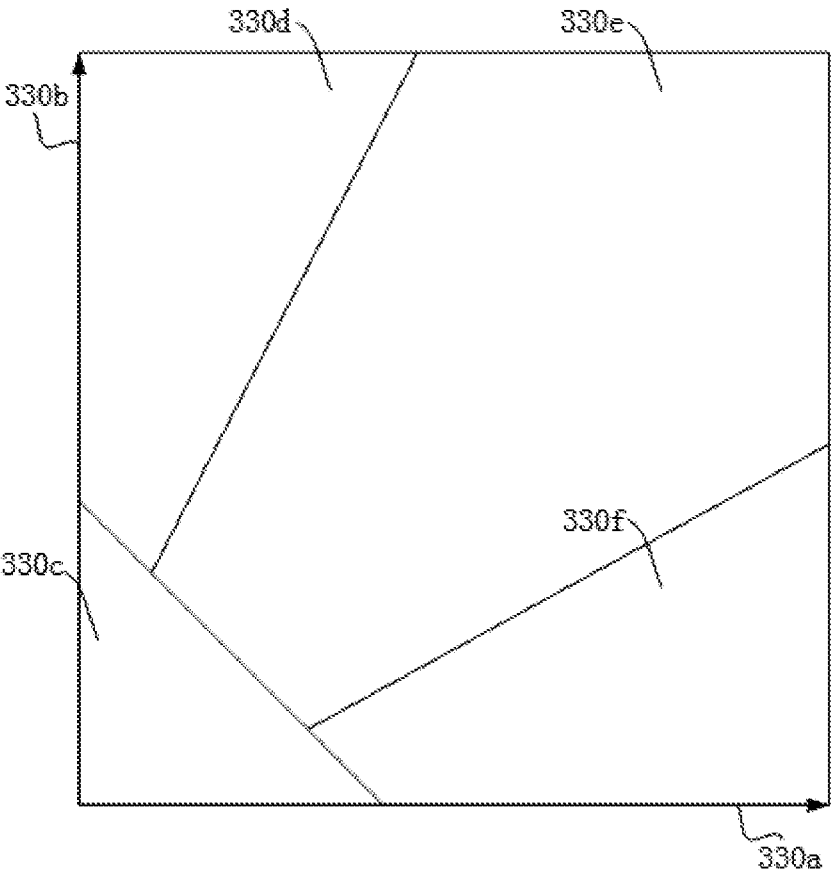


图 4

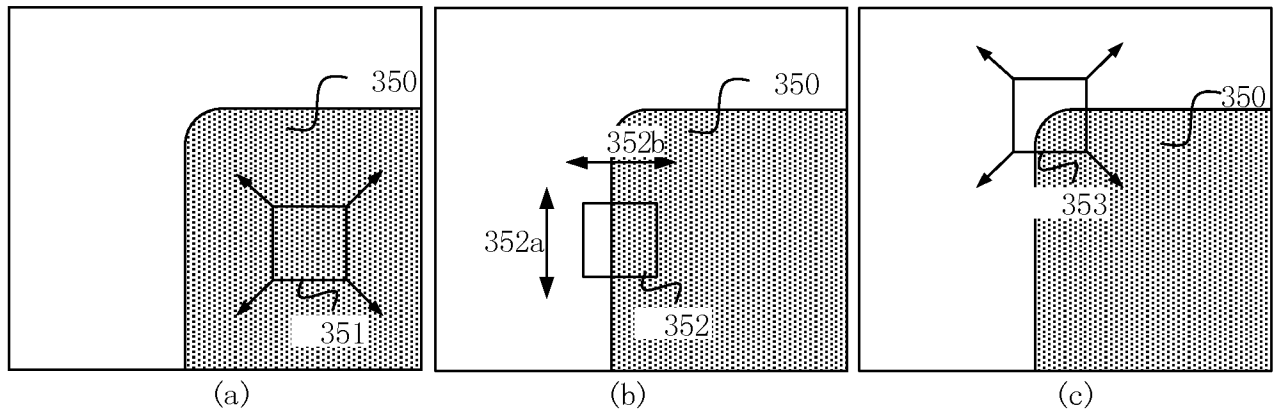


图 5

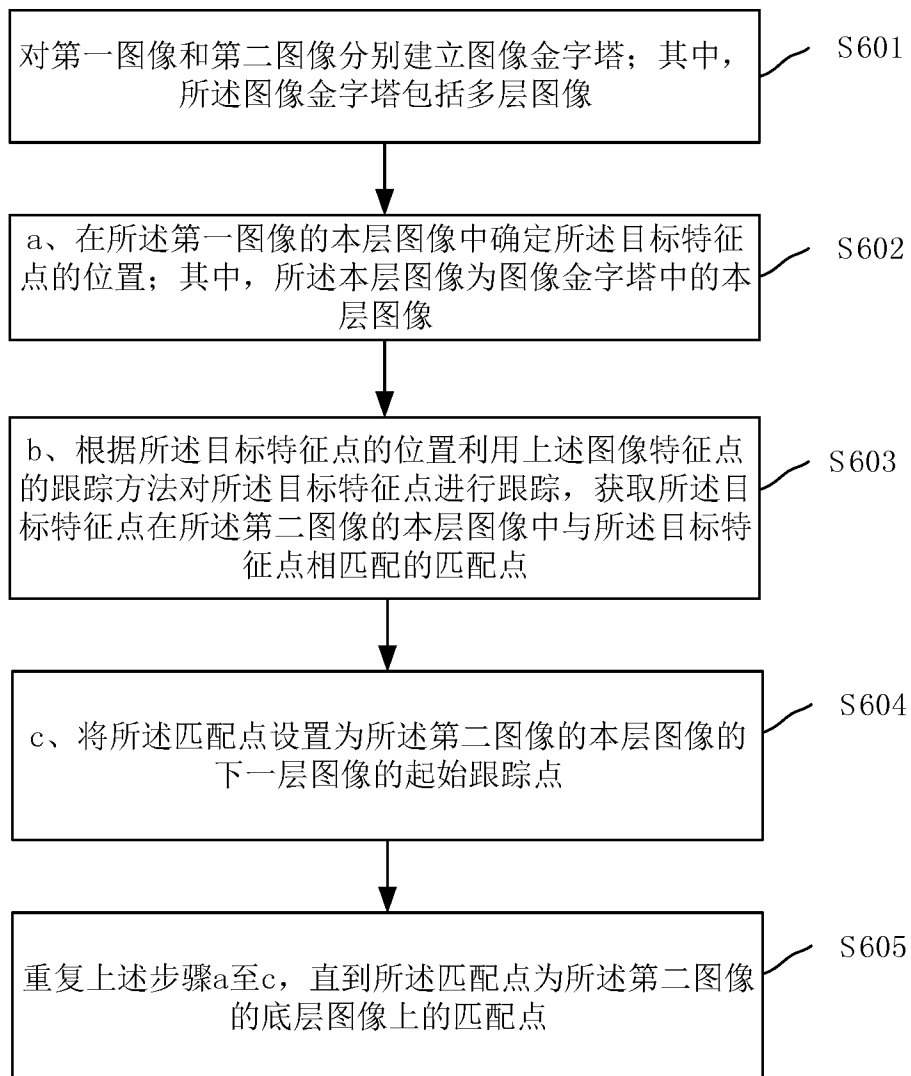


图 6

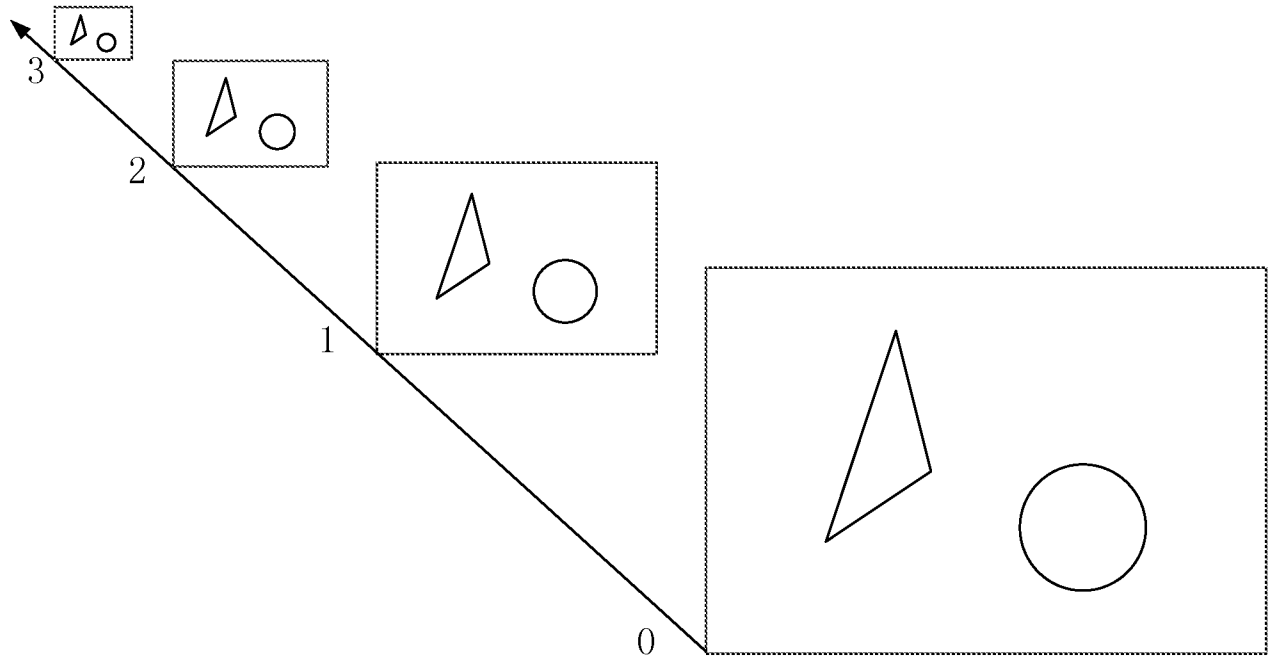


图 7

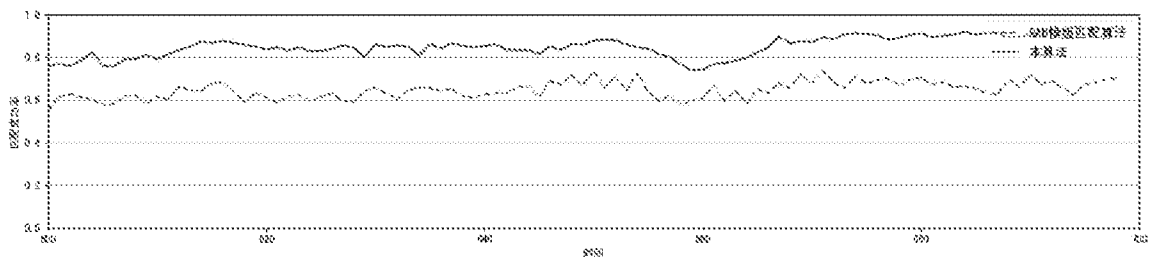


图 8

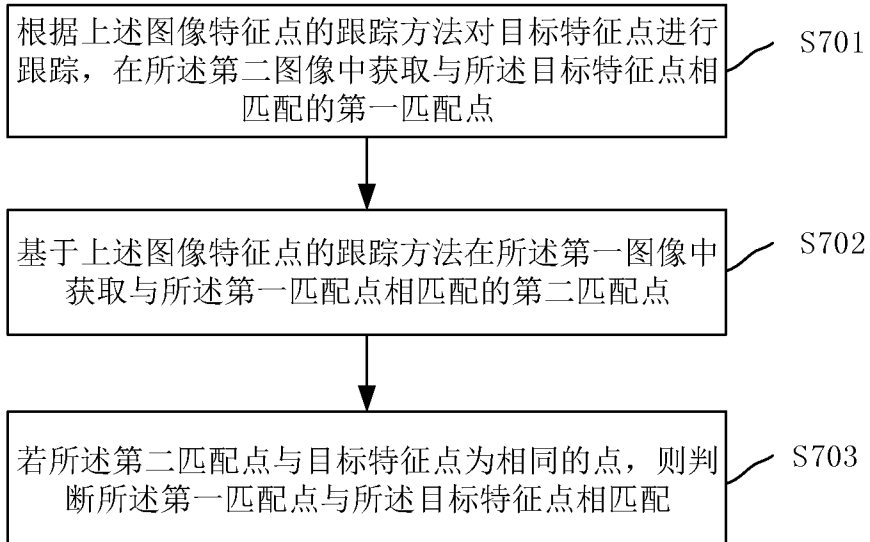


图 9

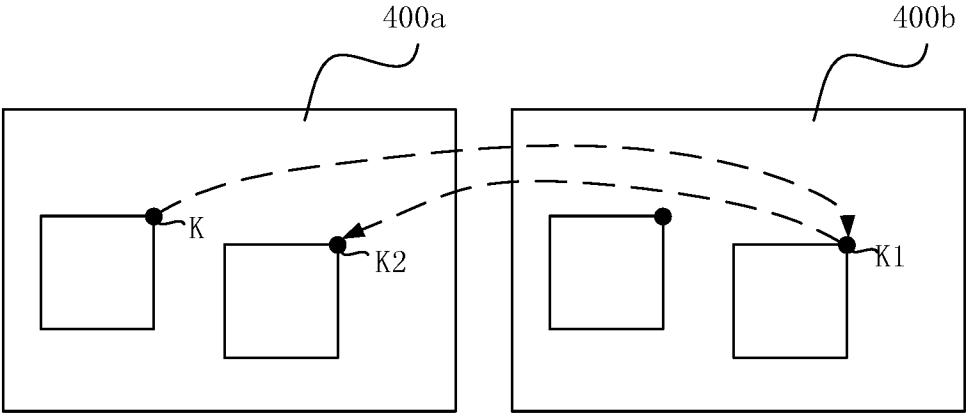


图 10

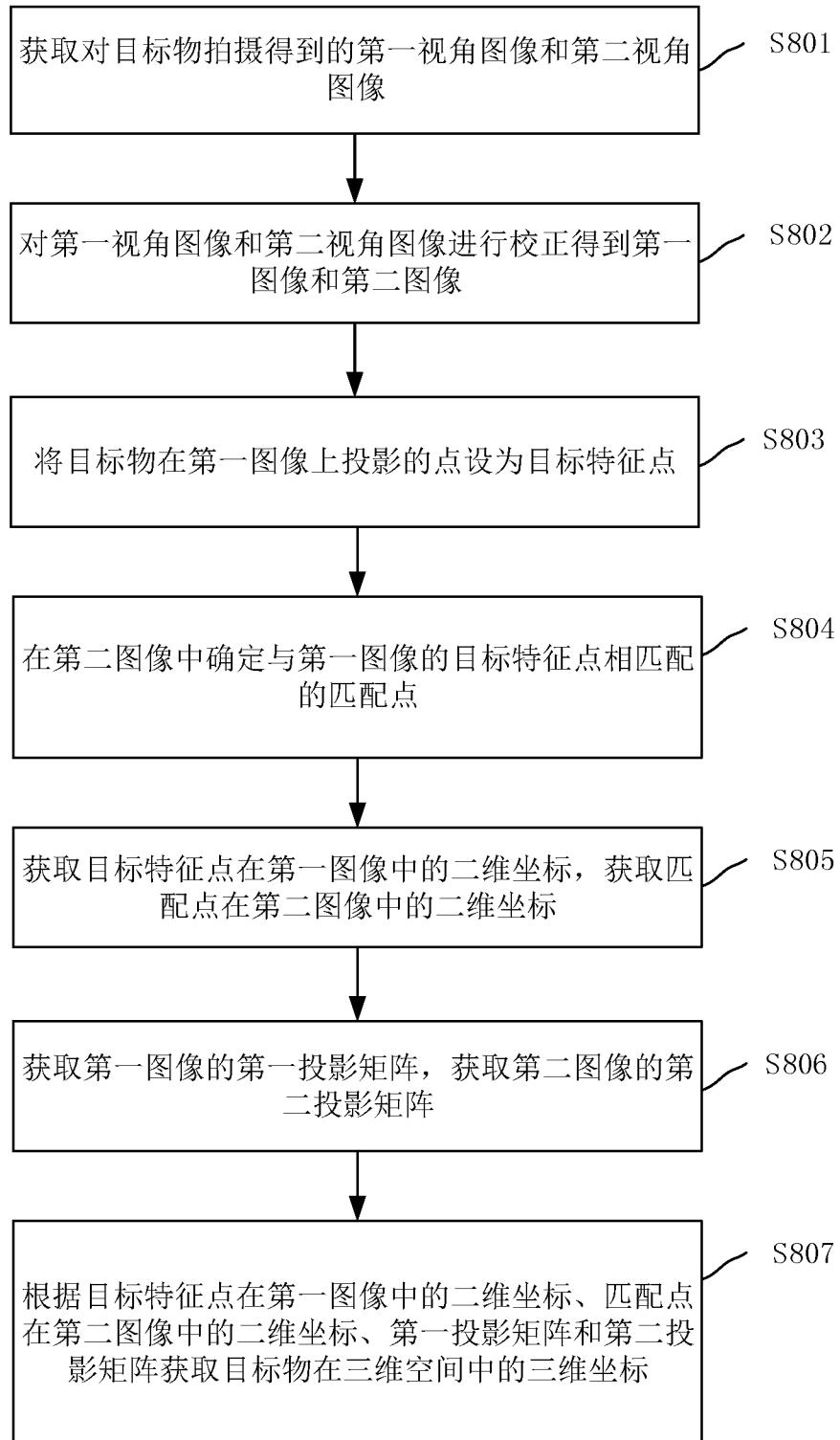


图 11

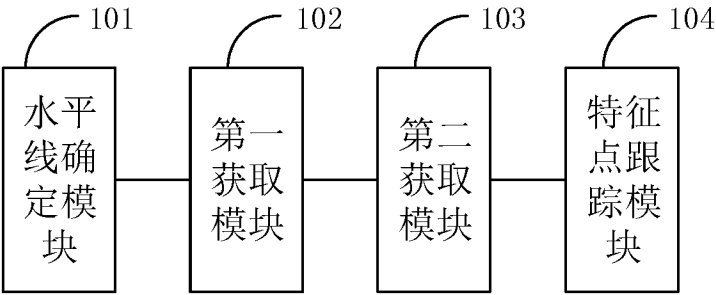


图 12

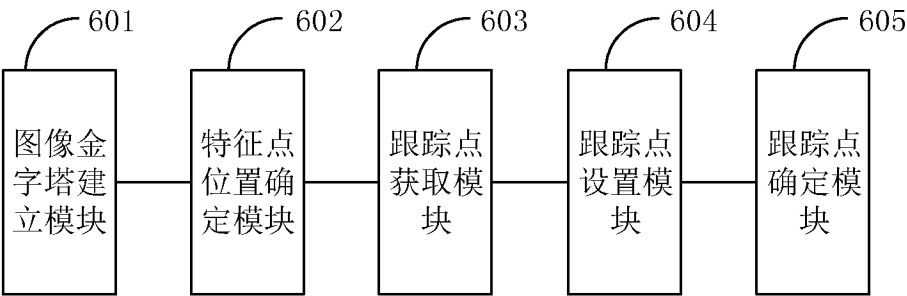


图 13

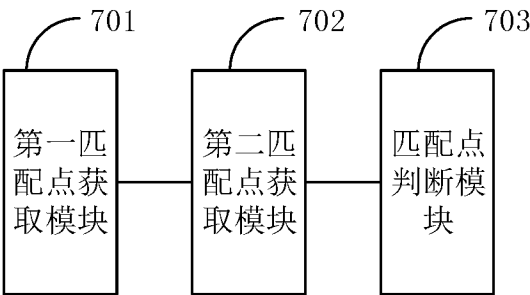


图 14

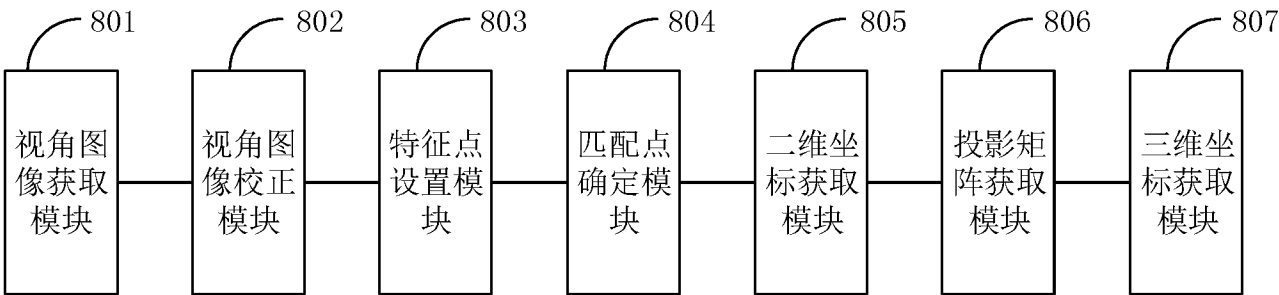


图 15

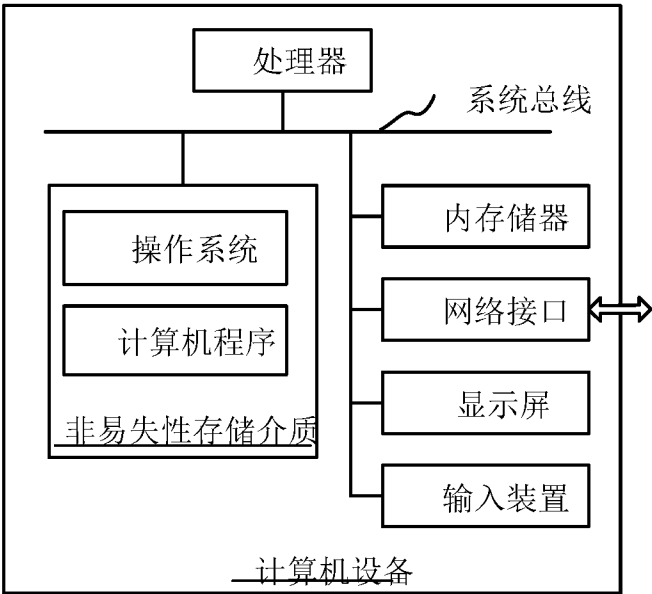


图 16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/126816

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06T 7/246(2017.01)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)

G06T

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)

CNPAT; CNKI; WPI; EPODOC: 双目, 视觉, 计算机视觉, 三维, 水平, 跟踪, 匹配, computer, vision, track, match, horizontal, image, position, pixel

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 109872344 A (GUANGZHOU SHIYUAN ELECTRONIC TECHNOLOGY COMPANY LIMITED) 11 June 2019 (2019-06-11) claims 1-18	1-18
Y	CN 109102524 A (GUANGZHOU SHIYUAN ELECTRONIC TECHNOLOGY COMPANY LIMITED) 28 December 2018 (2018-12-28) description, paragraphs [0065]-[0074], [0105]-[0150], and [0154]-[0169]	1-18
Y	CN 101887589 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 17 November 2010 (2010-11-17) description, paragraph [0077]	1-18
A	CN 101976455 A (SOUTHEAST UNIVERSITY) 16 February 2011 (2011-02-16) entire document	1-18
A	US 5383013 A (NEC RESEARCH INSTITUTE, INC.) 17 January 1995 (1995-01-17) entire document	1-18



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“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)

“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

“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

“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

“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

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

10 March 2020

Date of mailing of the international search report

20 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/126816

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	109872344	A	11 June 2019	None	
CN	109102524	A	28 December 2018	None	
CN	101887589	A	17 November 2010	None	
CN	101976455	A	16 February 2011	None	
US	5383013	A	17 January 1995	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/126816

A. 主题的分类 G06T 7/246 (2017.01) 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) G06T 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 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)) CNPAT; CNKI; WPI; EPDOC: 双目, 视觉, 计算机视觉, 三维, 水平, 跟踪, 匹配, computer, vision, track, match, horizontal, image, position, pixel																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 109872344 A (广州视源电子科技有限公司) 2019年 6月 11日 (2019 - 06 - 11) 权利要求1-18</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 109102524 A (广州视源电子科技有限公司) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 说明书[0065]-[0074], [0105]-[0150], [0154]-[0169]段</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 101887589 A (东南大学) 2010年 11月 17日 (2010 - 11 - 17) 说明书[0077]段</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101976455 A (东南大学) 2011年 2月 16日 (2011 - 02 - 16) 全文</td> <td>1-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5383013 A (NEC RESEARCH INSTITUTE, INC.) 1995年 1月 17日 (1995 - 01 - 17) 全文</td> <td>1-18</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 109872344 A (广州视源电子科技有限公司) 2019年 6月 11日 (2019 - 06 - 11) 权利要求1-18	1-18	Y	CN 109102524 A (广州视源电子科技有限公司) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 说明书[0065]-[0074], [0105]-[0150], [0154]-[0169]段	1-18	Y	CN 101887589 A (东南大学) 2010年 11月 17日 (2010 - 11 - 17) 说明书[0077]段	1-18	A	CN 101976455 A (东南大学) 2011年 2月 16日 (2011 - 02 - 16) 全文	1-18	A	US 5383013 A (NEC RESEARCH INSTITUTE, INC.) 1995年 1月 17日 (1995 - 01 - 17) 全文	1-18
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 109872344 A (广州视源电子科技有限公司) 2019年 6月 11日 (2019 - 06 - 11) 权利要求1-18	1-18																		
Y	CN 109102524 A (广州视源电子科技有限公司) 2018年 12月 28日 (2018 - 12 - 28) 说明书[0065]-[0074], [0105]-[0150], [0154]-[0169]段	1-18																		
Y	CN 101887589 A (东南大学) 2010年 11月 17日 (2010 - 11 - 17) 说明书[0077]段	1-18																		
A	CN 101976455 A (东南大学) 2011年 2月 16日 (2011 - 02 - 16) 全文	1-18																		
A	US 5383013 A (NEC RESEARCH INSTITUTE, INC.) 1995年 1月 17日 (1995 - 01 - 17) 全文	1-18																		
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																				
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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																
* 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 2020年 3月 10日		国际检索报告邮寄日期 2020年 3月 20日																		
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (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 李迪 电话号码 86-(10)-53961300																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/126816

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	109872344	A	2019年 6月 11日	无	
CN	109102524	A	2018年 12月 28日	无	
CN	101887589	A	2010年 11月 17日	无	
CN	101976455	A	2011年 2月 16日	无	
US	5383013	A	1995年 1月 17日	无	