



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105496556 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201510873609. 4

(22) 申请日 2015. 12. 03

(71) 申请人 中南民族大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区民族大道
182 号

(72) 发明人 陈雪松 谢勤岚 刘海华

(74) 专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务
所(普通合伙) 11350

代理人 汤东风

(51) Int. Cl.

A61B 34/20(2016. 01)

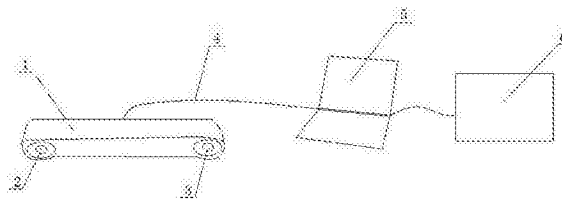
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

一种用于手术导航的高精度光学定位系统

(57) 摘要

本发明公开了一种用于手术导航的高精度光学定位系统,包括高精度光学定位系统平台以及驱动高精度光学定位系统平台的软件模块;所述高精度光学定位系统平台包括带有两个摄像头的双目视觉系统、主动或被动式定位器、标记物和医学影像工作台;在所述高精度光学定位系统平台上还安装有四个发光彩灯作为标记点;所述双目视觉系统的摄像头采用 PAL 信号输出,并通过视频端口与医学影像工作站相连。采用基于 Hilbert 变换的脊检测方法进行角点亚像素提取,同时采用极线约束的绝对灰度差分 and 匹配算法进行立体匹配。实验表明,该系统具有稳定、可靠、成本低、标定方法简单、匹配准确和定位精度高等特点,能够满足外科手术导航的要求。



1. 一种用于手术导航的高精度光学定位系统,包括高精度光学定位系统平台以及驱动高精度光学定位系统平台的软件模块;其特征在于:所述高精度光学定位系统平台包括带有两个摄像头的双目视觉系统、主动或被动式定位器、标记物和医学影像工作台;

在所述高精度光学定位系统平台上还安装有四个发光彩灯作为标记点;所述双目视觉系统的摄像头采用PAL信号输出,并通过视频端口与医学影像工作站相连;

所述软件模块是基于所述高精度光学定位系统平台,并且以计算机为载体的软件驱动。

2. 一种基于高精度光学定位系统平台的操作方法,其特征在于,包括如下步骤:

1)、点击手术导航术中处理菜单,会弹出两个选项:标定以及匹配和反投影,它们分别对应两个对话框,用于进行标定和立体匹配的界面操作;

2)、点击按钮“角点检测”,对标定板进行角点检测,当两个显示框中都能完全检测到标定板的角点时,点击按钮“保存图像和标定”;

3)、点击“LoadImage”和“Load_right”按钮,分别装载左右两幅待匹配的图像,图像显示在对话框上方的两个图像控件中

4)、点击按钮“Img_stack”将两幅图像按从左到右的顺序组成一幅图像并且显示在对话框中间的图像控件中;

5)、点击按钮“Initialize M1 M2”用来将标定得到的标定参数导入,用于求标记点的空间坐标;

6)、点击按钮“Match_image”用来对两幅图像中的标记点进行匹配并求出其在控件中的坐标,标记点的在左右两幅图中的质心坐标以及在控件中的坐标显示在对话框的下方。

3. 根据权利要求2所述的一种一种基于高精度光学定位系统平台的操作方法,其特征在于:重复2)的步骤,当保存10张图片后,系统将会对所拍摄到得图片进行标定操作,得到标定的参数,同时在对话框中的左下角部分显示标定参数。

一种用于手术导航的高精度光学定位系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于手术导航的光学定位系统,具体为一种用于手术导航的高精度光学定位系统,属于医疗设备领域。

背景技术

[0002] 手术导航是现代影像技术、立体定向技术与先进的计算机技术有机结合的成果。手术导航系统是用于神经外科、耳鼻喉科、矫形科等微创手术的辅助设备。它对于提高手术定位精度、减少手术损伤、优化手术路径以及提高手术成功率等都具有十分重要的意义。通常,手术导航整个系统包括医学影像工作站,以及一套与之相连的空间定位装置。目前,医学影像的采集和处理部分在我国国内能够进行自主研发,而空间定位系统则完全依赖国外进口。由于进口空间定位设备的价格高居不下,严重阻碍了手术导航技术在我国的发展。本文的目的是研发一种定位精确、性能稳定、价格适中的光学三维定位系统,发展适合中国国情的手术导航产品,让国内大多数医院能拥有此项先进技术。

[0003] 光学空间定位系统通过摄像机观察目标,获取目标图像,在此基础之上根据立体视觉原理重建出目标的三维空间位置。根据被观察目标是否有源,可大致分为被动式和主动式。被动光学定位系统使用反射标记物作目标点。目标点反射光线并成像到传感器。将几个此类标记物安装在手术器械上,便可推算出手术器械的位置和方向。这种典型系统的定位精度可达1mm,它主要受限于光学镜头的成像质量和视频图像的分辨率。这种定位系统安装和操作灵活方便,被观察的对象无须导线的连接,更换手术器械方便。但是相对来说追踪能力不及主动工具,另外被动工具需要配置昂贵的反射球。目前国外已开发出的系统有RokeManor Research公司的VISLAN系统、Bioengineering Technology&System公司的ELITE系统、Oxford Metrics公司的VICON系统和德国BrainLab公司的Vector Vision系统等。

[0004] 主动光学定位系统通常将一组发光二极管安装在刚体上,发光二极管按特定的顺序发射红外光,摄像机接受信号,根据发光二极管的发光顺序和在摄像机敏感元件上的成像位置可以确定发光二极管的空间位置。确定了发光二极管的空间位置后就可以推知刚体的空间位置和运动情况。由于它主动发射信号,因而精确度相对较高,追踪过程较稳定。最大的缺点就是带有供电电缆,操作不便。目前国外的NDI公司的Optotrak 3020系统是经典代表,精度最高可达0.1mm。为了使医生操作更加方便,不少国外厂家已经开始通过在工具中安装电池供电使其变为主动工具。例如Stryker公司的InstaTrak3500 Plus系统等。而对于红外线光学定位系统,主要的产品有NDI公司的Polaris定位跟踪系统和Optotrak定位器,Image Guided Technology公司的Flashpoint 5000,Sulzer Medical公司的Navitrackr电磁和光学结合的系统等。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于为了解决上述问题而提供一种用于手术导航的高精度光学定

位系统。

[0006] 本发明通过以下技术方案来实现上述目的：一种用于手术导航的高精度光学定位系统，包括高精度光学定位系统平台以及驱动高精度光学定位系统平台的软件模块；所述高精度光学定位系统平台包括带有两个摄像头的双目视觉系统、主动或被动式定位器、标记物和医学影像工作台；

[0007] 在所述高精度光学定位系统平台上还安装有四个发光彩灯作为标记点；所述双目视觉系统的摄像头采用PAL信号输出，并通过视频端口与医学影像工作站相连；

[0008] 所述软件模块是基于所述高精度光学定位系统平台，并且以计算机为载体的软件驱动。

[0009] 一种基于高精度光学定位系统平台的操作方法，包括如下步骤：

[0010] 1)、点击手术导航术中处理菜单，会弹出两个选项：标定以及匹配和反投影，它们分别对应两个对话框，用于进行标定和立体匹配的界面操作；

[0011] 2)、点击按钮“角点检测”，对标定板进行角点检测，当两个显示框中都能完全检测到标定板的角点时，点击按钮“保存图像和标定”；

[0012] 3)、点击“LoadImage”和“Load_right”按钮，分别装载左右两幅待匹配的图像，图像显示在对话框上方的两个图像控件中

[0013] 4)、点击按钮“Img_stack”将两幅图像按从左到右的顺序组成一幅图像并且显示在对话框中间的图像控件中；

[0014] 5)、点击按钮“Initialize M1 M2”用来将标定得到的标定参数导入，用于求标记点的空间坐标；

[0015] 6)、点击按钮“Match_image”用来对两幅图像中的标记点进行匹配并求出其在控件中的坐标，标记点的在左右两幅图中的质心坐标以及在控件中的坐标显示在对话框的下方。

[0016] 进一步，重复2)的步骤，当保存10张图片后，系统将会对所拍摄到得图片进行标定操作，得到标定的参数，同时在对话框中的左下角部分显示标定参数。

[0017] 本发明的有益效果是：以自主研发的可见光双目视觉系统为平台，采用基于变换的脊检测方法进行角点亚像素提取，同时采用极线约束的绝对灰度差分和匹配算法进行立体匹配；该系统具有稳定、可靠、成本低、标定方法简单、匹配准确和定位精度高等特点，能够满足外科手术导航的要求；成像使可以直接从视频端口看到形象的图形，直观的反映出来，使手术导航定位简单化，插孔和插头之间能够进行简单的拆卸和安装，这种定位系统安装和操作灵活方便，被观察的对象无须导线的连接，更换手术器械方便。

附图说明

[0018] 下面结合附图中的实施例对本发明作进一步的详细说明，但并不构成对本发明的任何限制。

[0019] 图1为本发明所述整体安装结构示意图；

[0020] 图2为本发明所述主动式定位器；

[0021] 图3为本发明所述被动式定位器；

[0022] 图4为本发明所述第一安装孔和第二安装孔结构；

- [0023] 图5为本发明所述插头结构示意图；
- [0024] 图6为本发明所述插孔结构示意图；
- [0025] 图7为本发明软件平台主操作界面；
- [0026] 图8为本发明软件平台标定操作用户界面；
- [0027] 图9为本发明软件平台立体匹配操作界面；
- [0028] 图10为本发明双目视觉系统的标定结果；
- [0029] 图11为本发明双目立体视觉的匹配结果；
- [0030] 图中：1、医学影像工作站，2、第一摄像头，3、第二摄像头，4、传输线，5、电脑处理器，6、视频端口，7、主动式定位器，8、标记点a，9、被动式定位器，10、标记点b，11、第一安装孔，12、第二安装孔，13、插孔，14、插头。

具体实施方式

[0031] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0032] 如图1至图6，一种用于手术导航的高精度光学定位系统，包括医学影像工作站1、第一摄像头2、第二摄像头3、传输线4、电脑处理器5、视频端口6、主动式定位器7、标记点a8、被动式定位器9、标记点b10、第一安装孔11、第二安装孔12、插孔13和插头14；所述医学影像工作站1侧壁设置有第一安装孔11和第二安装孔12，并且所述第一安装孔11位于第二安装孔12一侧；所述医学影像工作站1侧壁设置有插孔13且所述插孔13和与传输线4连接的插头14紧密连接；所述传输线4一端与电脑处理器5紧密连接且所述电脑处理器5通过传输线4与视频端口6相连；所述医学影像工作站1通过光源和主动式定位器7、被动式定位器9连接，并且所述主动式定位器7内部设置有标记点a8；所述被动式处理器9表面设置有标记点b10；所述第一安装孔11和第二安装孔12内部分别安装有第一摄像头2和第二摄像头3。

[0033] 作为本发明的一种技术优化方案：所述医学影像工作站为长方体结构，并且所述医学影像工作站底端设置有四个支脚；所述第一摄像头2位于第二摄像头3一侧；所述插头14为圆柱形结构，并且所述插头14一端设置有连接头；所述主动式定位器7内部设置有若干个有序排列的标记点a8，并且所述主动式定位器7为多段结构安装组成；所述被动式定位器9表面设置有支架，并且若干个所述标记点b10设置于支架顶端；所述第一摄像头2和第二摄像头摄像头3采用PAL信号输出，输出信号的分辨率可达640*480像素，并通过医学影像工作站1与视频端口6相连。

[0034] 如图7到图9所示：一种基于高精度光学定位系统平台的操作方法，包括如下步骤：

[0035] 1)、点击手术导航术中处理菜单，会弹出两个选项：标定以及匹配和反投影，它们分别对应两个对话框，用于进行标定和立体匹配的界面操作；

[0036] 2)、点击按钮“角点检测”，对标定板进行角点检测，当两个显示框中都能完全检测到标定板的角点时，点击按钮“保存图像和标定”；重复2该步骤，当保存10张图片后，系统将会对所拍摄到得图片进行标定操作，得到标定的参数，同时在对话框中的左下角部分显示标定参数；

[0037] 3)、点击“LoadImage”和“Load_right”按钮,分别装载左右两幅待匹配的图像,图像显示在对话框上方的两个图像控件中

[0038] 4)、点击按钮“Img_stack”将两幅图像按从左到右的顺序组成一幅图像并且显示在对话框中间的图像控件中;

[0039] 5)、点击按钮“Initialize M1 M2”用来将标定得到的标定参数导入,用于求标记点的空间坐标;

[0040] 6)、点击按钮“Match_image”用来对两幅图像中的标记点进行匹配并求出其在控件中的坐标,标记点的在左右两幅图中的质心坐标以及在控件中的坐标显示在对话框的下方。

[0041] 通过后四步的操作能够实现实现对两幅图片的立体匹配,并且根据标定系统得到的标定参数可以求出标记在空间中的坐标。实现动态的匹配,移动定位器,即可随时对定位器进行空间定位,在对话框下方显示标记点的空间坐标。操作方法:点击按钮“Initialize M1 M2”用来将标定得到的标定参数导入,用于求标记点的空间坐标;然后再点击按钮“open_cam”就能实现。

[0042] 基于Hilbert变换的角点检测方法

[0043] Hilbert变换已被成功地用于通信理论和频谱分析领域。本质上,它是通过一个特定的函数分离出频谱的各个部分。目前它已被用于基于灰度的角点检测方法中。

[0044] 假设 $s(t_1, t_2)$ 是一个实可积函数,则它的Hilbert变换 $\hat{s}(t_1, t_2)$ 为:

$$[0045] \quad \hat{s}(t_1, t_2) = \frac{1}{\pi^2} p.v. \int \int_{-\infty-\infty}^{+\infty+\infty} \frac{s(\tau_1, \tau_2)}{(t_1 - \tau_1)(t_2 - \tau_2)} d\tau_1 d\tau_2 = \frac{1}{\pi^2 t_1 t_2} * s(t_1, t_2) \quad (1)$$

[0046] 其中, p.v. 是可积函数的主值, * 是卷积操作符。那么, $\hat{s}(t_1, t_2)$ 的傅立叶变换 $\hat{S}(t_1, t_2)$ 可表示为:

$$[0047] \quad \hat{S}(t_1, t_2) = F[\hat{s}(t_1, t_2)] = -\text{sgn}(\omega_1) \text{sgn}(\omega_2) F[s(t_1, t_2)] = -\text{sgn}(\omega_1) \text{sgn}(\omega_2) S(\omega_1, \omega_2) \quad (2)$$

[0048] 其中 $S(\omega_1, \omega_2)$ 是函数 $s(t_1, t_2)$ 的傅立叶变换。且有:

$$[0049] \quad \text{sgn}(x) = \begin{cases} -1 & x < 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x > 0 \end{cases} \quad (3)$$

[0050] 于是,获取标定板图像后,将其进行Hilbert变换,就可得到峰值图像。通过峰值检测算法找到每一个峰值所在的位置,从而可获得角点的精确坐标。

[0051] 目前已经有许多不同种类的峰值检测算法,这里我们采用脊检测方法。假设 $I(x, y)$ 为图像中点 (x, y) 的灰度值,则对于图像的一个二维抛物面拟合式为:

$$[0052] \quad I(x, y) = a + bx + cy + dx^2 + ey^2 + fxy \quad (4)$$

[0053] 那么脊的十字交汇点位置即灰度峰值的坐标:

$$[0054] \quad \begin{cases} 2dx_{\max} + fy_{\max} + b = 0 \\ fx_{\max} + 2ey_{\max} + c = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_{\max} = \frac{fc - 2be}{4de - f^2} \\ y_{\max} = \frac{bf - 2dc}{4de - f^2} \end{cases} \quad (5)$$

[0055] 基于极线约束的立体视觉匹配算法

[0056] 在采用双目摄像头对发光板进行拍摄后,需对得到的两幅图像进行预处理、图像分割、求标记点质心等操作;然后再根据立体匹配算法,将两幅图像中的标记点质心进行一一匹配;最后对匹配点对进行三维反投影,分别求得各个标记点的空间位置坐标。

[0057] 我们采用基于极线约束的绝对灰度差分和匹配算法对标记点质心进行匹配。在本质上,极线约束使对应点可以沿着极线在一维空间中搜索,大大减少匹配搜索时间,提高匹配效率。首先将左右两边的图像进行极线校正,极线校正之后,左右两幅图像之间的对极线都已经位于同一条扫描线上,两幅图像中的对应点的纵坐标相同,只存在水平方向上的差异,这个差异就是两个相互匹配的点之间的视差。

[0058] 对校正后的左边图像进行图像分割,获得标记点的轮廓,并求取轮廓的半径和质心。对于每一个求得的质心 (x_1, y_1) ,以该质心为中心,将所对应的标记点直径作为边长,作一个矩形窗口。求该矩形窗口中所包含像素点的灰度值总和,记为 S_{left} 。然后,在右边图像中的同一条对极线上创建同样大小的窗口,确定一个搜索范围 $x \in [d_1, d_2]$ 。在搜索范围内移动窗口,计算窗口中所包含像素点的灰度值之和 S_{right} ,取 $\psi(x) = |S_{\text{right}} - S_{\text{left}}|$ 。当 $x \in [d_1, d_2]$ 时,取当 $\psi(x)$ 最小值时 x 的值 x_d ,则右边图像中与质心相匹配的点的坐标为 $(x_1 - x_d, y_1)$ 。然后依次对剩下的标记点采用同样的方法,将两幅图像中标记点的质心进行一一匹配。

[0059] 以左摄像机的坐标系作为世界坐标系,空间点 $P(X_w, Y_w, Z_w)$ 在左右两个摄像机成像平面上的投影点的图像坐标分别为 $P_l(u_l, v_l), P_r(u_r, v_r)$,这里的图像坐标均为矫正后的坐标,则通过公式:

$$[0060] \quad \begin{cases} X_w = \frac{b(u_l - u_0)}{(u_l - u_r)} \\ Y_w = \frac{b\alpha(v_l - v_0)}{\beta(v_l - v_r)} \\ Z_w = \frac{b\alpha}{u_l - u_r} \end{cases} \quad (6)$$

[0061] 可以求得标记点质心的空间坐标,其中 α, β, u_0, v_0 摄像机内部参数, b 为基线长度,为摄像机的外部参数,摄像机的内外参数由摄像机标定获得。

[0062] 如图10和11所示:当完成标定板的制作后,我们在实验场景下对双目视觉系统进行标定。标定过程结束后,就可通过双目视觉系统对目标进行拍摄,以获得包含目标的立体图像。这里对待匹配的立体图像采用两种方法进行立体匹配,分别是:根据特征标记点的空间顺序位置进行匹配的算法以及上面提到的基于极线校正的区域匹配算法。两种算法从匹配精度,匹配时间以及算法的实现难度进行比较得到的结果如下面表1所示。可以看到,本申请采用的匹配算法在保证一定的精度前提下,能较快地完成匹配操作。

[0063] 表1匹配结果对比

[0064]

匹配算法	执行时间(ms)	结果精度	算法的评价
基于特征标记点的空间位置的匹配算法	2009.05	能够很准确的找到标记点的质心并将其一一匹配	编程实现比较容易,不依赖于摄像机标定参数
相似性度量为 SAD 的区域匹配算法	1627.7	有两组标记点在匹配上有偏差	标定参数的精度直接影响匹配的结果

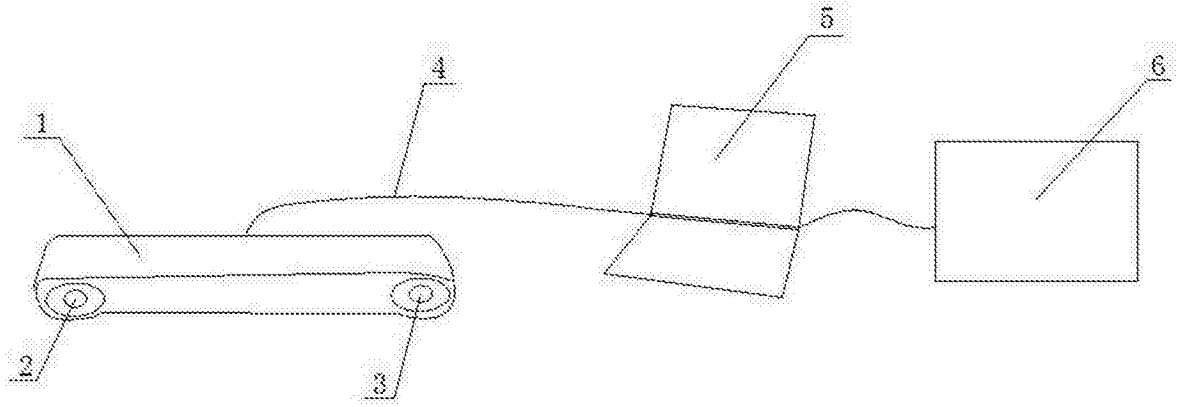


图1

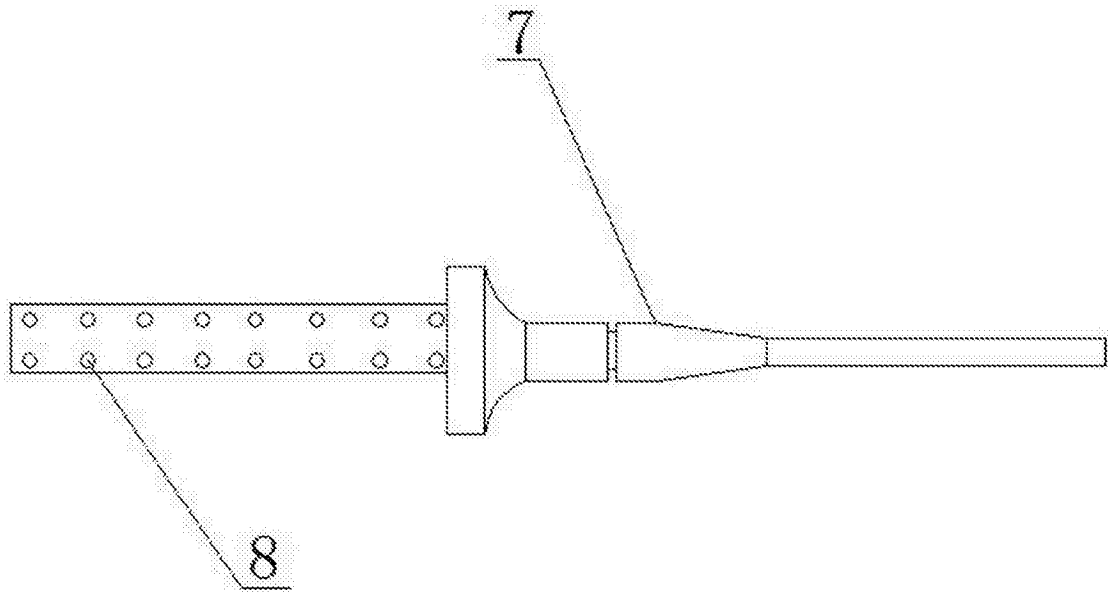


图2

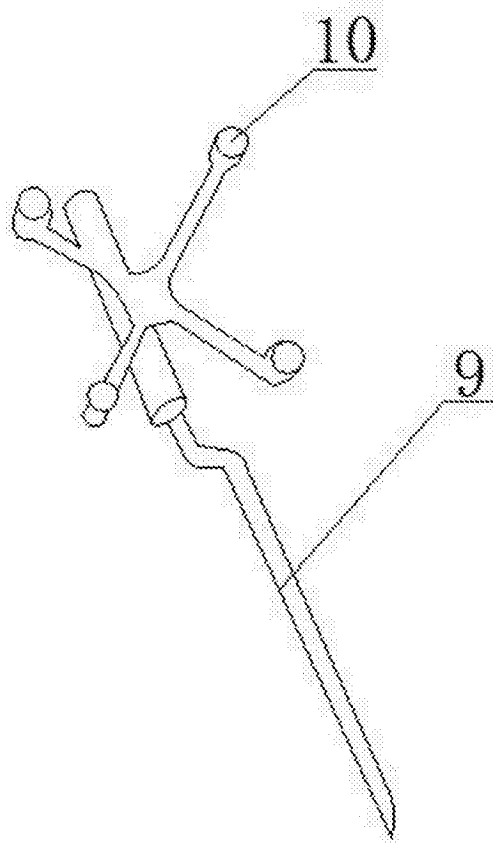


图3

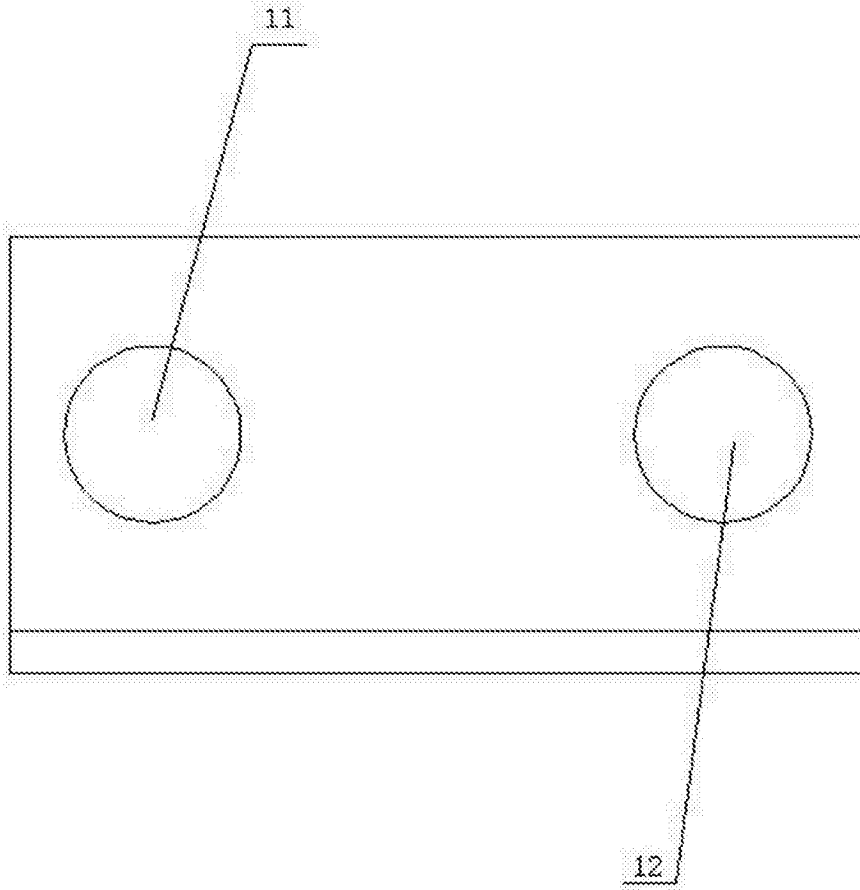


图4

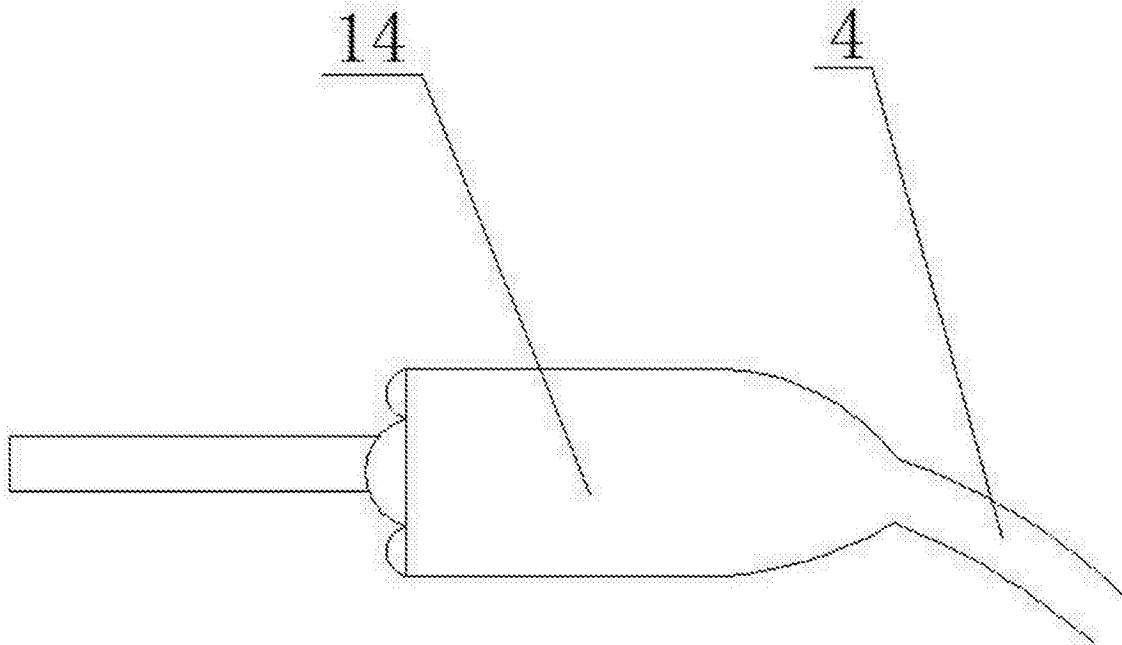


图5

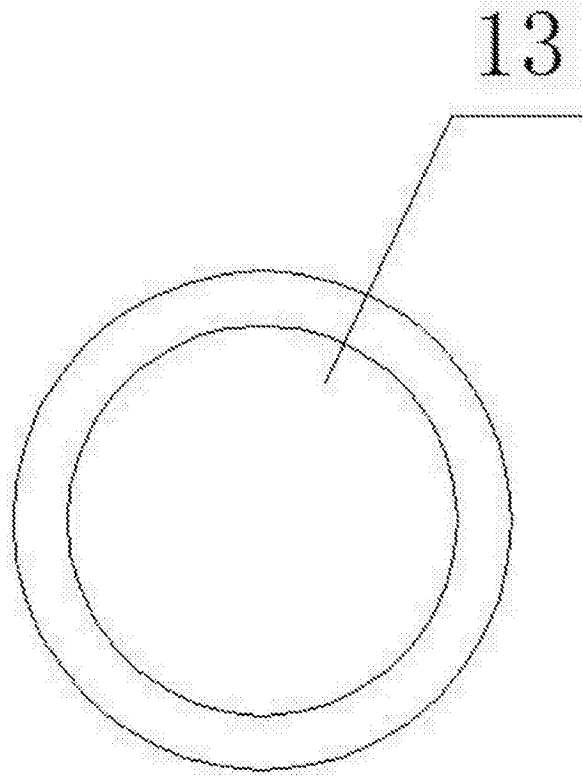


图6



图7



图8

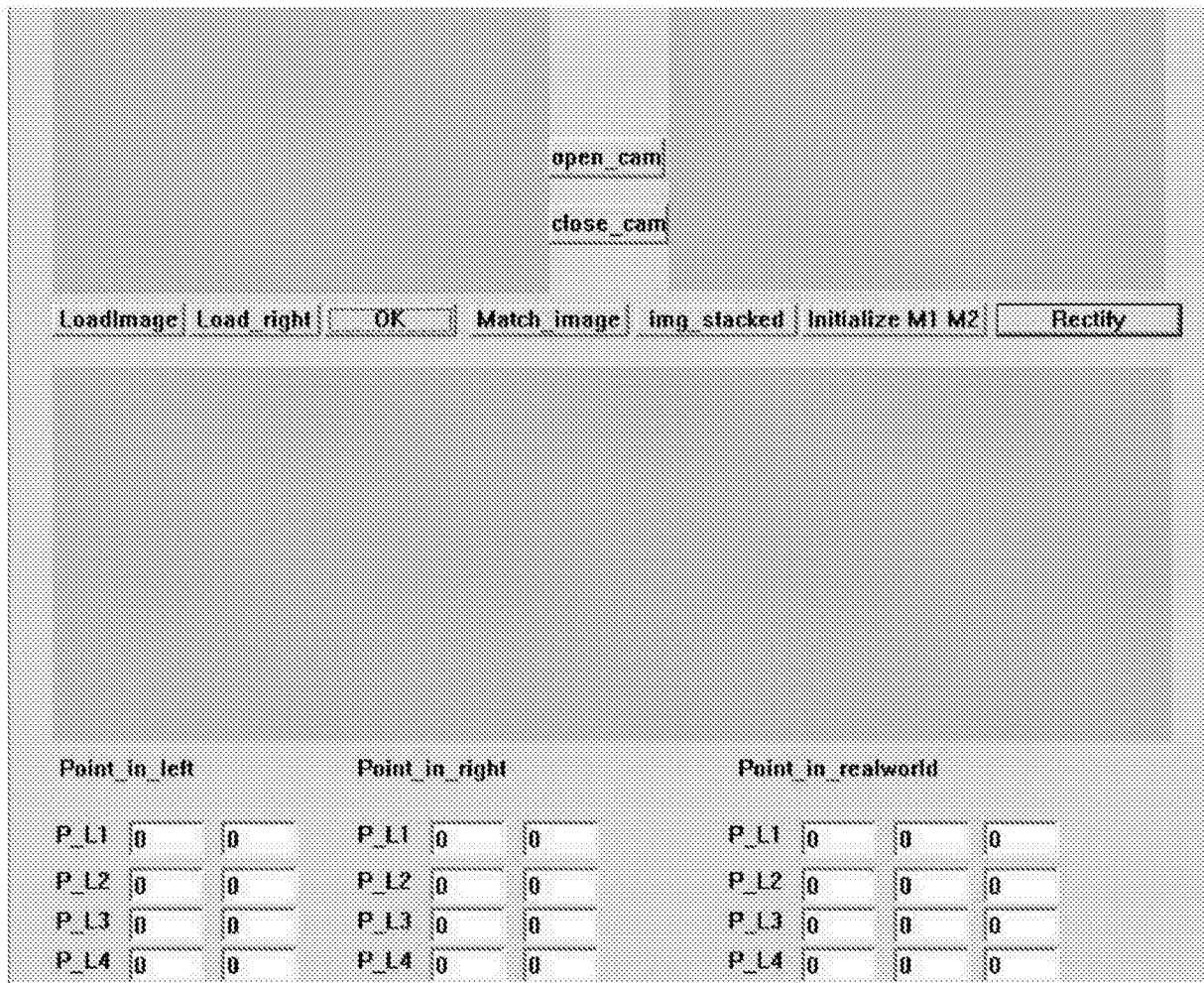


图9

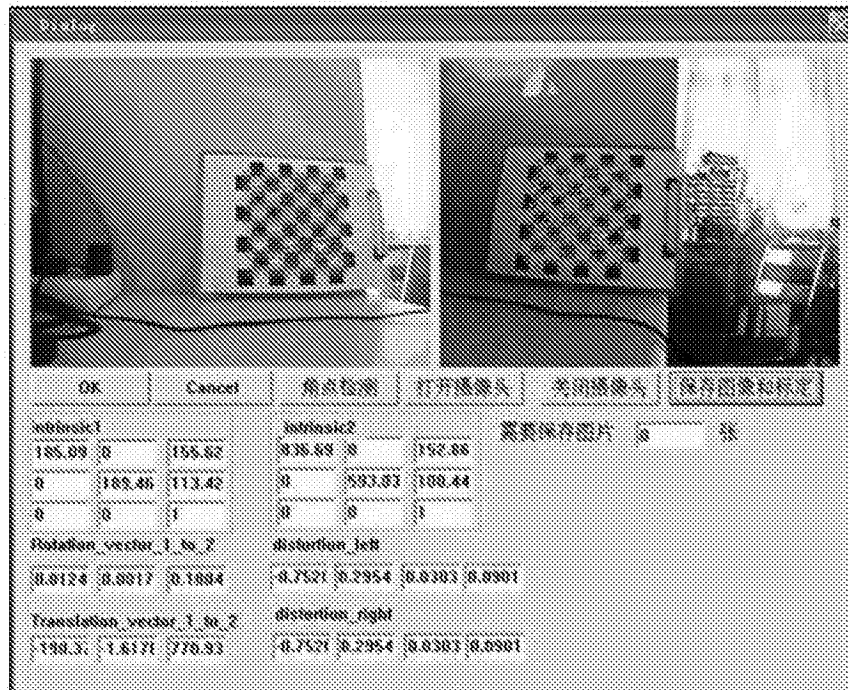


图10

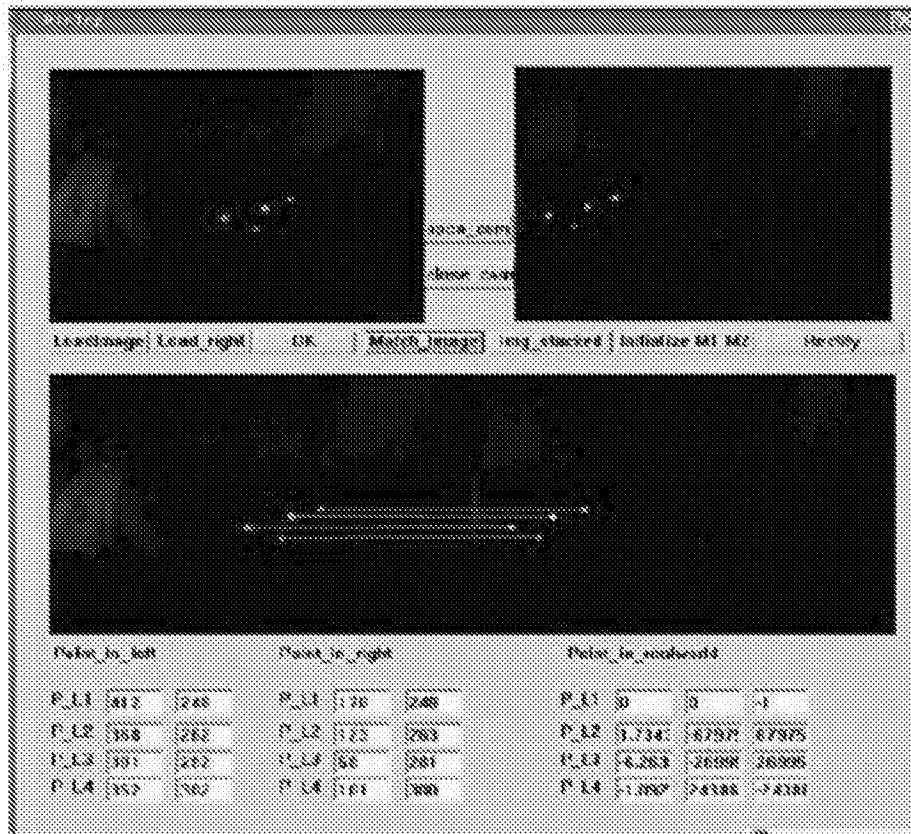


图11