

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G03B 35/00 (2006.01)

G02B 27/22 (2006.01)



## [12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200520088911.0

[45] 授权公告日 2006年5月17日

[11] 授权公告号 CN 2781418Y

[22] 申请日 2005.1.12

[21] 申请号 200520088911.0

[73] 专利权人 中国科学院沈阳自动化研究所

地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街114号

[72] 设计人 朱枫 苏连成 欧锦军 董再励  
郝颖明

[74] 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司

代理人 许宗富 周秀梅

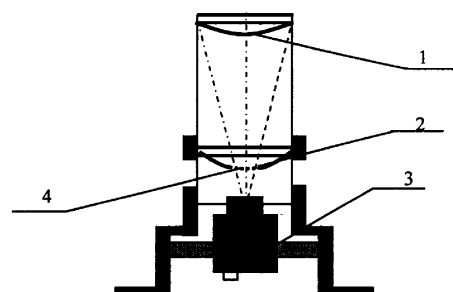
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

### [54] 实用新型名称

全向立体视觉成像装置

### [57] 摘要

本实用新型涉及成像技术，具体地说是一种全向立体视觉成像装置。它包括两个双曲反射镜面、普通透视相机、透明管，两双曲反射镜面直径相同，同轴固定于一个透明管内，相机镜头的光心和两个双曲反射镜面的共同焦点重合，相机镜头的光轴和两个双曲反射镜面的共同对称轴共线，接近相机的双曲反射镜面中间设有孔，远离相机的双曲反射镜面通过接近相机的双曲反射镜面中间的孔使周围环境在相机像平面上成像。本实用新型具有成像清晰、系统结构和几何计算简单、精度和实时性高、系统成像无遮挡的优点。



1. 一种全向立体视觉成像装置，包括两个双曲反射镜面、普通透视相机、透明管，其特征在于：两双曲反射镜面直径相同，同轴固定于一个透明管内，相机镜头的光心和两个双曲反射镜面的共同焦点重合，相机镜头的光轴和两个双曲反射镜面的共同对称轴共线，接近相机的双曲反射镜面中间设有孔，远离相机的双曲反射镜面通过接近相机的双曲反射镜面中间的孔使周围环境在相机像平面上成像。

2. 根据权利要求1所述全向立体视觉成像装置，其特征在于：在两双曲反射镜面的对称轴上安装一针状物。

## 全向立体视觉成像装置

### 技术领域

本实用新型涉及成像技术，具体地说是一种全向立体视觉成像装置。

### 背景技术

移动机器人的应用领域越来越广泛，应用领域的拓展要求其具有越来越高的智能，要求其能自主的巡游和避障。对此人们提出了基于超声波、红外、激光雷达、常规 CCD 相机等各种传感器在内的定位和导航及避障技术。超声传感器价格便宜，但其探测波束角过大，分辨力受到严重的限制，方向性差；红外的有效探测范围太近，远不能满足自然场景中机器人探测障碍的要求；激光雷达探测距离远，精度高，但容易受噪声影响且价格昂贵，相对于以上外部导航传感器，立体视觉具有本身不发出光及其他辐射源的特性，隐蔽性好，获取周围场景的信息丰富，测量快速准确。但常规镜头的视场角较小（约  $23^\circ$  左右），只能获取有限视野的局部信息，而且在深度对应性求解时，立体视觉的有效检测区域为二个相机视野的公共部分，由于视场角限制，系统中一个相机参考图像中的某些点未必能被其他相机拍摄，造成匹配问题的退化。且公共视野区的狭小使视觉导航系统的灵活性和鲁帮性降低，尽管可以通过增加云台等机械装置来弥补这一缺陷，但这在增加了系统的复杂性的同时还降低了实时性。

当前获取全向立体视觉大致通过三种途径：旋转成像和多摄像机成像、鱼镜头成像和折反射全向成像。

#### （1）旋转成像和多摄像机成像

旋转成像是相机绕通过其光心的轴旋转，在旋转的各个角度拍摄多幅图像，再将这些图像进行拼接或者重采样，从而得到全景图像。通过对旋转中不同位置拍摄的图像寻找对应点，进行深度恢复。这种成像方式需要精确的旋转运动控制部件或复杂的算法，且旋转一周需要较长时间，因此不适用于视觉导航等有实时性要求的工作。

多摄像机成像则是采用朝向各个方向的多个相机来实现全向成像，将多个相机同时拍摄的图像进行融合，生成全景图像。该成像系统若要满足单视点约束，各个摄像机的光学中心必须重合。实际上由于各个相机的物理特性限制，安装中不同相机的光学中心不可能重合。而且这种成像方式成本高，系统复杂。

#### （2）鱼镜头成像

鱼镜头具有很短的焦距( $f < 3\text{mm}$ )，这使摄像机能够观察到接近半球面

内的物体，视场角接近  $180^\circ$ 。但这种成像存在较大的图像畸变；且其畸变模型不满足透视投影条件，无法从所获取的图像中映射出无畸变的透视投影图像；同时视场角越大，光学系统越复杂，造价越昂贵，同时视场角变弯，物像对应关系复杂，补偿困难。对于大视场立体视觉，这种系统和方法(1)存在的一个共同问题是都难以满足单视点约束。且该方法成像区域到所要求的全向成像仍有一定的差距，而且在用于全景成像时，其高分辨率区域往往是不重要的区域，比如天空或摄像机支架本身。

### (3) 折反射全向成像系统

用普通相机和曲面反射镜面制作的折反射全向成像系统能够实时获取水平方向  $360^\circ$  和垂直方向一定角度的全向图像。若采用符合单视点约束的双曲面反射镜或抛物面反射镜，则满足透视投影成像模型条件的系统容易进行系统标定、图像分析和处理，实现对图像或图像序列的定量操作。现有的此类全向立体视觉装置主要有两种：I、通过安装在机器人上的单个双曲面反射镜用序列实现多基线立体视觉，即其立体图对通过机器人的运动来获取。此类方法需要机器人装有精确的码盘等内部导航传感器，且只适用于平整的地面等理想情况，不适用于各种环境下移动机器人的避障和导航。II、两个普通相机和两反射镜组成的系统：①水平基线的全向立体视觉系统，可对机器人前后的障碍物进行检测，立体视觉的测量精度很不均匀，而且由于系统本身的遮挡对两侧场景不能进行感知，全向图像的外极线是二次曲线，对应点计算复杂；②垂直基线的全向立体视觉系统，把两个摄像机上下共轴放置，此时外极线成为一系列放射线，全向图像 (Omnidirectional image) 被投影成全景图像 (Panoramic image) 后，外极线成为一系列垂直平行线，对应点的计算简化为在垂直的像素点中寻找。这种配置仍不能根本解决摄像机之间的相互遮挡问题。

### 实用新型内容

为了克服上述不足，本实用新型的目的是提供一种具有结构和计算简单、对应点匹配容易、精度和实时性高、系统成像无遮挡的全向立体视觉成像装置。

为了实现上述目的，本实用新型的技术方案包括：两个双曲反射镜面，普通透视相机，透明管，两双曲反射镜面直径相同，同轴固定于一个透明管内，相机镜头的光心和两个双曲反射镜面的共同焦点重合，相机镜头的光轴和两个双曲反射镜面的共同对称轴共线，接近相机的双曲反射镜面中间设有孔，远离相机的双曲反射镜面通过接近相机的双曲反射镜面中间的孔使周围环境在相机像平面上成像。

为消除透明管的散射，在两双曲反射镜面的对称轴上安装一针状物；所述针状物为黑色、不变形、长细状的针状物。

与现有技术相比，本实用新型更具有如下优点：

1. 系统结构和计算简单。本实用新型只使用一个相机，降低了相同的复杂性。系统配置相机的光心与两个双曲面镜的共同焦点重合，几何计算非常简单。

2. 精度高。本实用新型使两镜面间隔较大的距离，系统的基线长度从现有类似系统的十几毫米提高到两百多毫米，这样做极大的提高了系统的精度。

3. 对应点匹配容易。此配置使系统的外极线成为一系列放射线，对应点的计算简化为在一条直线的像素点中寻找，且通过上下镜面的成像范围等其他约束可进一步把寻找的区域缩小为长度很短的一段线段内。

4. 实时性高。由于系统的结构和几何计算简单，对应点匹配容易，极大的减轻了系统的计算负担，提高了系统的实时性。

5. 系统成像无遮挡。现有的用两个相机实现全向立体视觉的系统中，水平基线配置由于全向相机的互相遮挡，不能获取机器人两侧区域的深度信息；垂直基线的配置由于上面相机的支架、电源和数据线对下面相机的遮挡，下面相机所获取的图像有相当大的区域是无用的信息。

6. 应用范围广。采用本实用新型能在使移动机器人有效的探测四周的障碍物的同时获取周围场景的深度信息，可用于各种环境下移动机器人导航，亦可用于视频监控和三维重建等要求快速和实时计算的工作。

### 附图说明

图 1 本实用新型系统原理示意图。

图 2 是双曲反射镜面及相机配置图。

图 3 本实用新型系统结构示意图。

图 4 为本发明实施例 2 系统结构示意图。

图 5 为本发明系统基线原理示意图。

### 具体实施方式

下面结合附图和实施例对本实用新型作进一步详细说明。

#### 实施例 1

如图 3 所示，本实用新型系统硬件包括两个双曲反射面镜（图中：1 为位于上面的双曲反射镜面，2 为位于下面的双曲反射镜面），和一个普通针孔透视相机 3 和透明管组成，所述两双曲反射镜面直径相同，上下布置，同轴固定于一个透明玻璃管内，相机镜头的光心和两个双曲反射镜面的共同焦点重合，相机镜头的光轴和两个双曲反射镜面的共同对称轴共线，接近相机的双曲反射镜面中间设有孔 4，远离相机的双曲反射镜面通过接近相机的双曲反射镜面中间的孔 4 使周围环境在相机 3 像平面上成像；本实施例所述两曲反射镜面间隔距离为 204mm（该段距离等效于系统的基线；基线长度定义：如图 5 所示，空间中一点 P 分别经两反射镜面成虚像 P1、P2，两反射镜面对成像的空间点来说相当于两个虚拟相机，两虚拟相机光心之间的距离 l 即是由此两虚拟相机组成的双目立体视觉系统的基线长度）。

本实用新型原理如下:

以相机的光心为坐标原点  $O$ ，以光轴的方向为  $z$  轴，定义相机像平面的两个方向  $u, v$  分别为  $x$  轴和  $y$  轴，参见图 1 和图 2。由于系统的对称性，系统模型可简化为在二维平面上讨论，以光轴的方向为  $z$  轴，定义相机像平面上的一直线为  $r$  轴，则  $r$  轴和  $z$  轴相垂直，两双曲反射镜面的镜面方程可以写为:

$$\frac{(z-c)^2}{a^2} - \frac{r^2}{b^2} = 1 \quad ;$$

其中:  $a$  分为  $a_a, a_b$ ;  $b$  分为  $b_a, b_b$ ;  $c$  分为  $c_a, c_b$ ;  $a_a, a_b$  为两双曲反射镜面的二分之一实轴;  $b_a, b_b$  为两双曲反射镜面的二分之一虚轴;  $c_a, c_b$  为两双曲反射镜面的二分之一焦距,  $a_a, a_b, b_a, b_b, c_a, c_b$  的值可根据移动机器人检测障碍和导航的范围确定。空间中的一点  $P(r,z)$  通过两双曲反射镜面的反射分别在相机像平面上成像于  $P_a(u_a,-f)$  和  $P_b(u_b,-f)$ , 连接  $p_a, p_b$  和坐标原点  $O(0,0)$  的直线分别和上下设置的双曲反射镜面相交于  $M_a(r_a,z_a)$ 、 $M_b(r_b,z_b)$ , 由于两双曲反射镜面的方程和焦点坐标  $F_a(0,2c_a)$ 、 $F_b(0,2c_b)$  已知, 则直线  $F_aM_a$ 、 $F_bM_b$  的方程可以以两点式求出:

$$\begin{cases} \frac{r}{r_a} = \frac{(z-2c_a)}{(z_a-2c_a)} \\ \frac{r}{r_b} = \frac{(z-2c_b)}{(z_b-2c_b)} \end{cases} ;$$

解上面的方程组即可求得  $P$  点的坐标  $(r,z)$ , 然后用  $z$  值和点  $P$  附近物体的纵坐标值相比较, 即可判断此点处在障碍物上还是在凹坑里, 进而实现移动机器人避障和导航的目的;  $r$  即是  $P$  点物体的深度信息,  $z$  是障碍物信息。

## 实施例 2

与实施例 1 不同之处在于:

参见图 4, 在两双曲反射镜面的对称轴上安装一黑色、不变形、长细状的针状物 5, 起到消除玻璃管散射的作用。

采用本实用新型通过空间中的一点被两双曲反射镜面反射后分别成像于相机像平面, 等效于两个相机实现双目视觉, 用一个普通透视相机和两个双曲反射镜面实现双目全向立体视觉, 系统结构和几何计算简单; 所获取的立体图像对在一系列射线上, 对应点寻找和匹配容易, 使系统的具有很高的实时性; 两个双曲面镜间隔一定距离使系统的基线增长, 极大地减小了系统的误差。

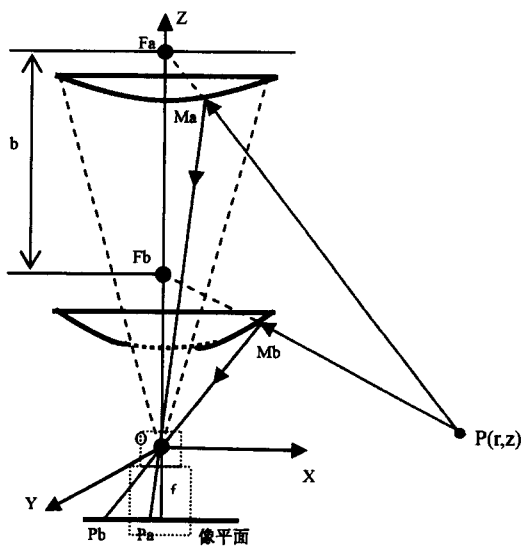


图 1

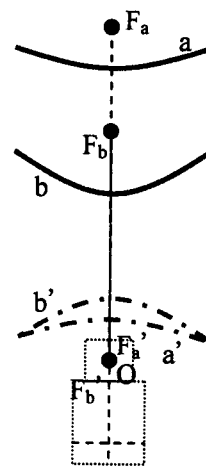


图 2

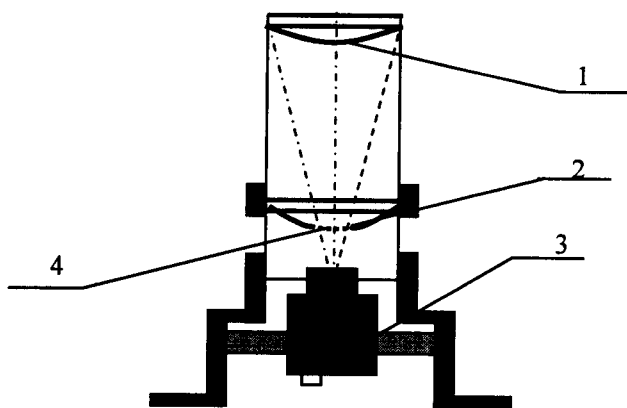


图 3

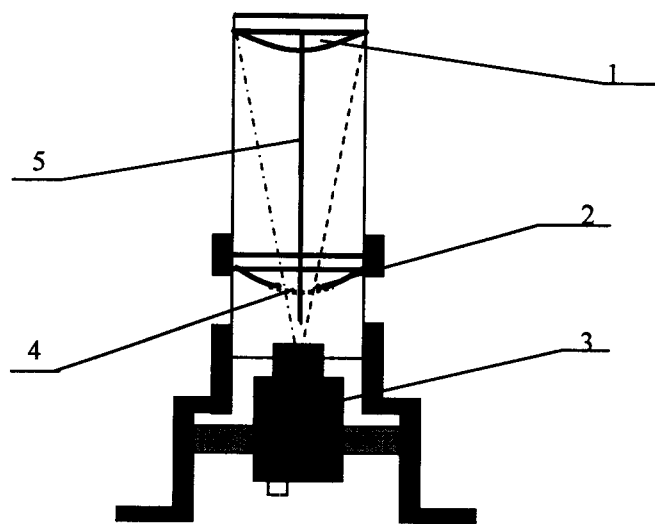


图 4

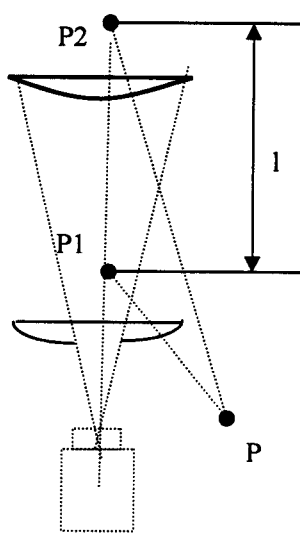


图 5