



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108415441 A

(43)申请公布日 2018.08.17

(21)申请号 201810178492.1

(22)申请日 2018.03.05

(71)申请人 中国海洋大学

地址 266100 山东省青岛市崂山区松岭路  
238号

(72)发明人 王楠 宋晓辉 徐建康 杜辉  
王晓宇

(74)专利代理机构 成都蓉域智慧知识产权代理  
事务所(普通合伙) 51250

代理人 陈千

(51)Int.Cl.

G05D 1/06(2006.01)

G06T 7/66(2017.01)

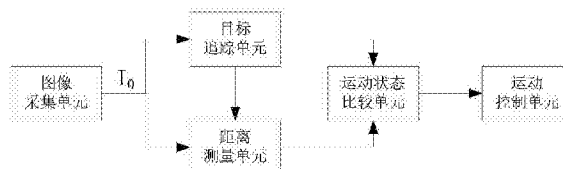
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

## (54)发明名称

基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统及其方法

## (57)摘要

本发明提供了一种基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统及其方法,所述图像采集单元用于拍摄水下视频图像,并选取其中的一帧图像 $I_0$ ,将其同时传输到所述目标追踪单元与所述距离测量单元,所述目标追踪单元将目标区域输入到所述距离测量单元,将目标区域质心位置 $P$ 输入到所述运动状态比较单元,所述距离测量单元将目标和水下机器人之间的距离 $d$ 输入到所述运动状态比较单元,所述运动控制单元根据所述运动状态比较单元输入的第一控制信号 $s$ 和第二控制信号 $a$ 对水下机器人进行控制,从而实现水下机器人的目标跟随,本发明在只使用单目摄像头的情况下就能实现水下测距以及水下机器人的目标跟随,大大提高了水下机器人的智能性和自主作业能力。



1. 一种基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统,其特征在于,包括图像采集单元、目标追踪单元、距离测量单元、运动状态比较单元以及运动控制单元,所述图像采集单元的输出端连接所述目标追踪单元的输入端以及所述距离测量单元的输入端,所述目标追踪单元的输出端连接所述距离测量单元的输入端以及所述运动状态比较单元的输入端,所述距离测量单元的输出端连接所述运动状态比较单元的输入端,所述运动状态比较单元的输出端连接所述运动控制单元的输入端,其中,所述图像采集单元用于拍摄水下视频图像,并选取其中的一帧图像 $I_0$ ,将其传输到所述目标追踪单元与所述距离测量单元,所述目标追踪单元将目标区域输入到所述距离测量单元,将目标区域质心位置 $P$ 输入到所述运动状态比较单元,所述距离测量单元将目标和水下机器人之间的距离 $d$ 输入到所述运动状态比较单元,所述运动控制单元根据所述运动状态比较单元输入的第一控制信号 $s$ 和第二控制信号 $a$ 对水下机器人进行控制,从而实现水下机器人的目标跟随。

2. 根据权利要求1所述的基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统,其特征在于,所述图像采集单元为单目摄像头。

3. 根据权利要求1所述的基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统的跟随方法,其特征在于,包括如下步骤:

S1:所述图像采集单元拍摄水下视频图像;

S2:选取其中的一帧图像 $I_0$ 输入到所述目标追踪单元,所述目标追踪单元采用连续自适应均值漂移算法,得到目标区域和目标区域质心位置 $P$ ;

S3:所述图像采集单元将图像 $I_0$ 输入到所述距离测量单元,所述目标追踪单元将得到的目标区域输入到所述距离测量单元,所述距离测量单元采用最大衰减统一算法对图像 $I_0$ 进行图像复原得到复原图像 $J$ ,图像 $I_0$ 根据目标区域提取出图像 $I_0$ 的目标区域图像 $I_1$ ,复原图像 $J$ 根据目标区域提取出复原图像 $J$ 的目标区域图像 $J_1$ ,计算得到距离系数 $L$ ,然后通过公式 $d=F(L)$ 得到目标和水下机器人之间的距离 $d$ ,其中,公式 $d=F(L)$ 通过实验标定获得;

S4:将目标区域质心位置 $P$ 及目标和水下机器人之间的距离 $d$ 输入到所述运动状态比较单元,通过比较得到第一控制信号 $s$ 和第二控制信号 $a$ ;

S5:将第一控制信号 $s$ 和第二控制信号 $a$ 输入到所述运动控制单元,根据第一控制信号 $s$ 和第二控制信号 $a$ 的正负来控制水下机器人的运动,即 $s>0$ 时,水下机器人右转, $s<0$ 时,水下机器人左转, $s=0$ 时,水下机器人直行, $a>0$ 时,水下机器人加速, $a<0$ 时,水下机器人减速, $a=0$ 时,水下机器人保持原速行驶。

4. 根据权利要求3所述的基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统的跟随方法,其特征在于,步骤S2中的连续自适应均值漂移算法具体为:

S21:读取一帧图像 $I_0$ ,对于非六角锥体模型颜色空间的图像,先将其转换为HSV颜色空间,然后提取HSV颜色空间中的色调 $H$ 通道;

S22:初始化目标区域和位置;

S23:计算目标区域内的颜色概率分布;

S24:计算目标区域质心位置 $P$ ;

S25:调整目标区域,移动目标区域中心到目标区域质心位置 $P$ ;

S26:判断质心移动是否超过阈值,如果超过则跳转至步骤S24,否则输出目标区域和目标区域质心位置 $P$ 。

5. 根据权利要求3所述的基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统的跟随方法,其特征在于,步骤S3中采用的最大衰减统一算法具体为:

S31: 估计全局背景光A;

S32: 估计衰减系数 $\xi$ ;

S33: 根据水下光传播模型 $I_0(x) = J(x)\xi(x) + A(1-\xi(x))$ 得到复原图像,式中, $I_0$ 为所述图像采集单元拍摄得到的水下视频图像中的一帧图像, $J$ 为复原图像,A为全局背景光, $\xi$ 为衰减系数, $x$ 为图像中像素的位置。

6. 根据权利要求3所述的基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统的跟随方法,其特征在于,步骤S3中通过公式 $L = J_1^R(x)/I_1^R(x)$ 计算距离系数L,式中, $J_1^R(x)$ 为复原图像J的目标区域图像 $J_1$ 的红色通道, $I_1^R(x)$ 为图像 $I_0$ 的目标区域图像 $I_1$ 的红色通道。

7. 根据权利要求6所述的基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统的跟随方法,其特征在于,步骤S3中通过实验标定获得公式 $d=F(L)$ 的方法具体为:将人造目标分别置于清水下 $d_1, d_2, \dots, d_n$ 处,通过所述图像采集单元获取图像,将图像输入到所述目标追踪单元得到目标区域,将图像输入到所述距离测量单元,将目标区域输入到所述距离测量单元,分别得到在 $d_1, d_2, \dots, d_n$ 处的距离系数 $L_1, L_2, \dots, L_n$ ,通过距离 $d$ 和距离系数L拟合出函数 $d=F(L)$ 。

8. 根据权利要求3所述的基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统的跟随方法,其特征在于,步骤S4中所述的运动状态比较单元的比较方法具体为:求出图像 $I_0$ 的长度 $cols$ , $x$ 为目标区域质心位置P的横坐标,当 $x < \frac{1}{3}cols$ 时, $s < 0$ ;当 $\frac{1}{3}cols \leq x \leq \frac{2}{3}cols$ 时, $s = 0$ ;当 $x > \frac{2}{3}cols$ 时, $s > 0$ ;a为目标和水下机器人的当前距离 $d$ 与目标和水下机器人的最初距离 $d_0$ 的差值。

9. 根据权利要求4所述的基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统的跟随方法,其特征在于,步骤S26中阈值为1。

## 基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统及其方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及水下机器人及图像处理技术领域,具体涉及一种基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统及其方法。

### 背景技术

[0002] 水下世界蕴含着丰富的资源,具有非常高的研究价值,水下机器人对于水下探测,水下作业,具有巨大作用。而目标跟随作为水下机器人的一个重要功能,对于实现水下机器人的路径规划和自主航行方面具有重要的意义,然而由于传统的测距方式,如红外测距,在水下不能使用以及声纳测距价格昂贵等问题,极大的限制了水下机器人目标跟随技术的发展,因此一种有效的水下机器人目标跟随系统及其方法亟待提出。

### 发明内容

[0003] 本申请通过提供一种基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统及其方法,以解决水下机器人目标跟随的技术问题。

[0004] 为解决上述技术问题,本申请采用以下技术方案予以实现:

[0005] 一种基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统,包括图像采集单元、目标追踪单元、距离测量单元、运动状态比较单元以及运动控制单元,所述图像采集单元的输出端连接所述目标追踪单元的输入端以及所述距离测量单元的输入端,所述目标追踪单元的输出端连接所述距离测量单元的输入端以及所述运动状态比较单元的输入端,所述距离测量单元的输出端连接所述运动状态比较单元的输入端,所述运动状态比较单元的输出端连接所述运动控制单元的输入端,其中,所述图像采集单元用于拍摄水下视频图像,并选取其中的一帧图像 $I_0$ ,将其传输到所述目标追踪单元与所述距离测量单元,所述目标追踪单元将目标区域输入到所述距离测量单元,将目标区域质心位置 $P$ 输入到所述运动状态比较单元,所述距离测量单元将目标和水下机器人之间的距离 $d$ 输入到所述运动状态比较单元,所述运动控制单元根据所述运动状态比较单元输入的第一控制信号 $s$ 和第二控制信号 $a$ 对水下机器人进行控制,从而实现水下机器人的目标跟随。

[0006] 进一步地,所述图像采集单元为单目摄像头。

[0007] 一种基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统的跟随方法,包括如下步骤:

[0008] S1:所述图像采集单元拍摄水下视频图像;

[0009] S2:选取其中的一帧图像 $I_0$ 输入到所述目标追踪单元,所述目标追踪单元采用连续自适应均值漂移算法,得到目标区域和目标区域质心位置 $P$ ;

[0010] S3:所述图像采集单元将图像 $I_0$ 输入到所述距离测量单元,所述目标追踪单元将得到的目标区域输入到所述距离测量单元,所述距离测量单元采用最大衰减统一算法对图像 $I_0$ 进行图像复原得到复原图像 $J$ ,图像 $I_0$ 根据目标区域提取出图像 $I_0$ 的目标区域图像 $I_1$ ,复原图像 $J$ 根据目标区域提取出复原图像 $J$ 的目标区域图像 $J_1$ ,计算得到距离系数 $L$ ,然后通过公式 $d=F(L)$ 得到目标和水下机器人之间的距离 $d$ ,其中,公式 $d=F(L)$ 通过实验标定获

得;

[0011] S4:将目标区域质心位置P及目标和水下机器人之间的距离d输入到所述运动状态比较单元,通过比较得到第一控制信号s和第二控制信号a;

[0012] S5:将第一控制信号s和第二控制信号a输入到所述运动控制单元,根据第一控制信号s和第二控制信号a的正负来控制水下机器人的运动,即 $s > 0$ 时,水下机器人右转, $s < 0$ 时,水下机器人左转, $s = 0$ 时,水下机器人直行, $a > 0$ 时,水下机器人加速, $a < 0$ 时,水下机器人减速, $a = 0$ 时,水下机器人保持原速行驶。

[0013] 进一步地,步骤S2中的连续自适应均值漂移算法具体为:

[0014] S21:读取一帧图像 $I_0$ ,对于非六角锥体模型颜色空间的图像,先将其转换为HSV颜色空间,然后提取HSV颜色空间中的色调H通道;

[0015] S22:初始化目标区域和位置;

[0016] S23:计算目标区域内的颜色概率分布;

[0017] S24:计算目标区域质心位置P;

[0018] S25:调整目标区域,移动目标区域中心到目标区域质心位置P;

[0019] S26:判断质心移动是否超过阈值,如果超过则跳转至步骤S24,否则输出目标区域和目标区域质心位置P。

[0020] 进一步地,步骤S3中采用的最大衰减统一算法具体为:

[0021] S31:估计全局背景光A;

[0022] S32:估计衰减系数 $\xi(x)$ ;

[0023] S33:根据水下光传播模型 $I_0(x) = J(x) \xi(x) + A(1 - \xi(x))$ 得到复原图像,式中, $I_0(x)$ 为所述图像采集单元拍摄得到的水下视频图像中的一帧图像, $J(x)$ 为复原图像,A为全局背景光, $\xi(x)$ 为衰减系数,x为图像中像素的位置。

[0024] 进一步地,步骤S3中通过公式 $L = J_1^R(x) / I_1^R(x)$ 计算距离系数L,式中, $J_1^R(x)$ 为复原图像J的目标区域图像 $J_1$ 的红色通道, $I_1^R(x)$ 为图像 $I_0$ 的目标区域图像 $I_1$ 的红色通道。

[0025] 进一步地,步骤S3中通过实验标定获得公式 $d = F(L)$ 的方法具体为:将人造目标分别置于清水下 $d_1, d_2, \dots, d_n$ 处,通过所述图像采集单元获取图像,将图像输入到所述目标追踪单元得到目标区域,将图像输入到所述距离测量单元,将目标区域输入到所述距离测量单元,分别得到在 $d_1, d_2, \dots, d_n$ 处的距离系数 $L_1, L_2, \dots, L_n$ ,通过距离d和距离系数L拟合出函数 $d = F(L)$ 。

[0026] 进一步地,步骤S4中所述的运动状态比较单元的比较方法具体为:求出图像 $I_0$ 的长度cols,x为目标区域质心位置P的横坐标,当 $x < \frac{1}{3} \text{cols}$ 时, $s < 0$ ;当

$\frac{1}{3} \text{cols} \leq x \leq \frac{2}{3} \text{cols}$ 时, $s = 0$ ;当 $x > \frac{2}{3} \text{cols}$ 时, $s > 0$ ;a为目标和水下机器人的当前距离d与目标和水下机器人的最初距离 $d_0$ 的差值。

[0027] 进一步地,步骤S26中阈值为1。

[0028] 与现有技术相比,本申请提供的技术方案,具有的技术效果或优点是:有效解决了传统红外测距在水下不能使用以及声纳测距价格昂贵等问题,在只使用单目摄像头的情况下就能实现水下测距以及水下机器人的目标跟随,大大提高了水下机器人的智能性和自主

作业能力。

## 附图说明

[0029] 图1为目标跟随系统的结构框图；

[0030] 图2为目标跟随系统的跟随方法流程图。

## 具体实施方式

[0031] 本申请实施例通过提供一种基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统及其方法，以解决水下机器人目标跟随的技术问题。

[0032] 为了更好的理解上述技术方案，下面将结合说明书附图以及具体的实施方式，对上述技术方案进行详细的说明。

[0033] 实施例

[0034] 一种基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统，如图1所示，包括图像采集单元、目标追踪单元、距离测量单元、运动状态比较单元以及运动控制单元，所述图像采集单元的输出端连接所述目标追踪单元的输入端以及所述距离测量单元的输入端，所述目标追踪单元的输出端连接所述距离测量单元的输入端以及所述运动状态比较单元的输入端，所述距离测量单元的输出端连接所述运动状态比较单元的输入端，所述运动状态比较单元的输出端连接所述运动控制单元的输入端，其中，所述图像采集单元采用单目摄像头，用于拍摄水下视频图像，并选取其中的一帧图像 $I_0$ ，将其传输到所述目标追踪单元与所述距离测量单元，所述目标追踪单元将目标区域输入到所述距离测量单元，将目标区域质心位置 $P$ 输入到所述运动状态比较单元，所述距离测量单元将目标和水下机器人之间的距离 $d$ 输入到所述运动状态比较单元，所述运动控制单元根据所述运动状态比较单元输入的第一控制信号 $s$ 和第二控制信号 $a$ 对水下机器人进行控制，从而实现水下机器人的目标跟随。

[0035] 一种基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统的跟随方法，如图2所示，包括如下步骤：

[0036] S1：所述图像采集单元拍摄水下视频图像；

[0037] S2：选取其中的一帧图像 $I_0$ 输入到所述目标追踪单元，所述目标追踪单元采用连续自适应均值漂移算法，得到目标区域和目标区域质心位置 $P$ ；

[0038] 连续自适应均值漂移算法具体为：

[0039] S21：读取一帧图像 $I_0$ ，对于非六角锥体模型颜色空间的图像，先将其转换为HSV颜色空间，然后提取HSV颜色空间中的色调 $H$ 通道；

[0040] S22：初始化目标区域和位置；

[0041] S23：计算目标区域内的颜色概率分布；

[0042] S24：计算目标区域质心位置 $P$ ；

[0043] S25：调整目标区域，移动目标区域中心到目标区域质心位置 $P$ ；

[0044] S26：判断质心移动是否超过阈值，如果超过则跳转至步骤S24，否则输出目标区域和目标区域质心位置 $P$ ；其中，阈值可以根据具体情况设定，在本实施例中阈值设为1；

[0045] S3：所述图像采集单元将图像 $I_0$ 输入到所述距离测量单元，所述目标追踪单元将得到的目标区域输入到所述距离测量单元，所述距离测量单元采用最大衰减统一算法对图

像 $I_0$ 进行图像复原得到复原图像 $J$ ,图像 $I_0$ 根据目标区域提取出图像 $I_0$ 的目标区域图像 $I_1$ ,复原图像 $J$ 根据目标区域提取出复原图像 $J$ 的目标区域图像 $J_1$ ,计算得到距离系数 $L$ , $L = J_1^R(x)/I_1^R(x)$ ,式中, $J_1^R(x)$ 为复原图像 $J$ 的目标区域图像 $J_1$ 的红色通道, $I_1^R(x)$ 为图像 $I_0$ 的目标区域图像 $I_1$ 的红色通道,然后通过公式 $d=F(L)$ 得到目标和水下机器人之间的距离 $d$ ,其中,公式 $d=F(L)$ 通过实验标定获得;

[0046] 其中,最大衰减统一算法具体为:

[0047] S31:估计全局背景光 $A$ ;

[0048] S32:估计衰减系数 $\xi(x)$ ;

[0049] S33:根据水下光传播模型 $I_0(x) = J(x)\xi(x) + A(1-\xi(x))$ 得到复原图像,式中, $I_0(x)$ 为所述图像采集单元拍摄得到的水下视频图像中的一帧图像, $J(x)$ 为复原图像, $A$ 为全局背景光, $\xi(x)$ 为衰减系数, $x$ 为图像中像素的位置。

[0050] 通过实验标定获得公式 $d=F(L)$ 的方法具体为:将人造目标分别置于清水下 $d_1, d_2, \dots, d_n$ 处,通过所述图像采集单元获取图像,将图像输入到所述目标追踪单元得到目标区域,将图像输入到所述距离测量单元,将目标区域输入到所述距离测量单元,分别得到在 $d_1, d_2, \dots, d_n$ 处的距离系数 $L_1, L_2, \dots, L_n$ ,通过距离 $d$ 和距离系数 $L$ 拟合出函数 $d=F(L)$ ;

[0051] S4:将目标区域质心位置 $P$ 及目标和水下机器人之间的距离 $d$ 输入到所述运动状态比较单元,通过比较得到第一控制信号 $s$ 和第二控制信号 $a$ ;

[0052] 运动状态比较单元的比较方法具体为:求出图像 $I_0$ 的长度 $cols$ , $x$ 为目标区域质心位置 $P$ 的横坐标,当 $x < \frac{1}{3}cols$ 时, $s < 0$ ;当 $\frac{1}{3}cols \leq x \leq \frac{2}{3}cols$ 时, $s = 0$ ;当 $x > \frac{2}{3}cols$ 时, $s > 0$ ;  $a$ 为目标和水下机器人的当前距离 $d$ 与目标和水下机器人的最初距离 $d_0$ 的差值;

[0053] S5:将第一控制信号 $s$ 和第二控制信号 $a$ 输入到所述运动控制单元,根据第一控制信号 $s$ 和第二控制信号 $a$ 的正负来控制水下机器人的运动,即 $s > 0$ 时,水下机器人右转, $s < 0$ 时,水下机器人左转, $s = 0$ 时,水下机器人直行, $a > 0$ 时,水下机器人加速, $a < 0$ 时,水下机器人减速, $a = 0$ 时,水下机器人保持原速行驶。

[0054] 本申请的上述实施例中,通过提供一种基于单目视觉的水下机器人目标跟随系统及其方法,所述图像采集单元用于拍摄水下视频图像,并选取其中的一帧图像 $I_0$ ,将其同时传输到所述目标追踪单元与所述距离测量单元,所述目标追踪单元将目标区域输入到所述距离测量单元,将目标区域质心位置 $P$ 输入到所述运动状态比较单元,所述距离测量单元将目标和水下机器人之间的距离 $d$ 输入到所述运动状态比较单元,所述运动控制单元根据所述运动状态比较单元输入的第一控制信号 $s$ 和第二控制信号 $a$ 对水下机器人进行控制,从而实现水下机器人的目标跟随,本发明在只使用单目摄像头的情况下就能实现水下测距以及水下机器人的目标跟随,大大提高了水下机器人的智能性和自主作业能力。

[0055] 应当指出的是,上述说明并非是对本发明的限制,本发明也并不仅限于上述举例,本技术领域的普通技术人员在本发明的实质范围内所做出的变化、改性、添加或替换,也应属于本发明的保护范围。

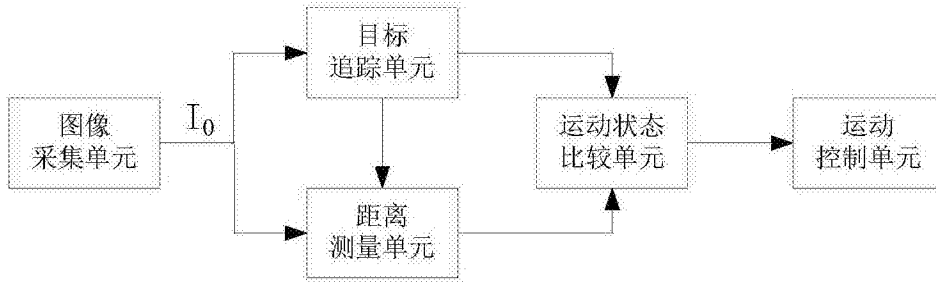


图1

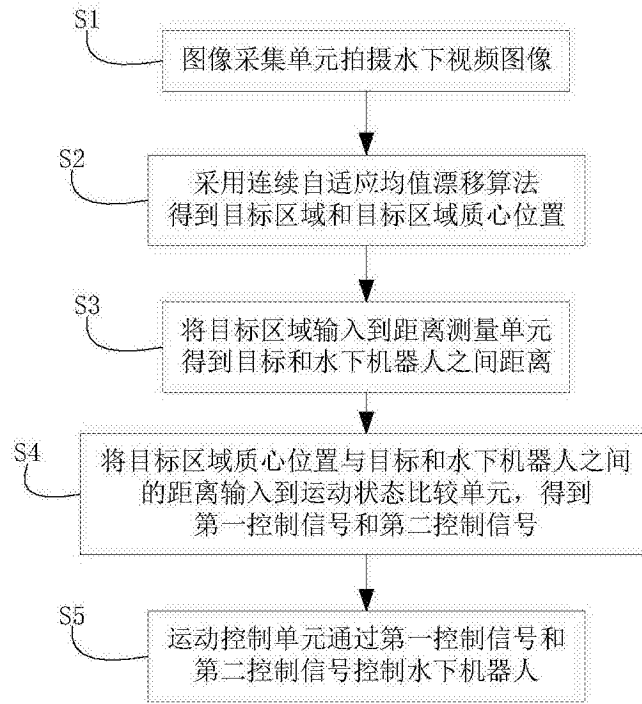


图2