

基于 camshift 仿生机器鱼水下探测算法的设计与实现

王 坤, 王卫兵*

(石河子大学机械电器工程学院, 石河子 832000)

摘 要: 提出了一种集成多个红外测距传感器, CMOS 摄像头的仿生机器鱼, 设计了仿生机器鱼的传感器网络, 分析了仿生机器鱼在水面上与障碍物和目标物之间的几何关系。对漂移算法中的 camshift 算法进行了介绍, 并把 camshif 算法运用到仿生机器鱼的视觉算法中。以模糊算法为基础设计了一种有效的路径规划控制算法。通过 camshit 算法与路径控制算法有效的结合, 使机器鱼能够在水中自主躲避障碍物, 并探测到目标物反馈信息。最后用试验验证了算法的有效性。

关键词: 仿生机器鱼; camshift 算法; 传感器; 探测; 避障

中图分类号: TP242.6

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)03-0489-04

Design and implementation of detection algorithm based on camshift bionic machine

WANG Kun, WANG Weibing

(College of Mechanical and Electrical Engineering, Shihezi University, Shihezi 832000)

Abstract: In this paper, we proposed a biomimetic robotic fish that can be integrated with multiple infrared distance measuring sensors and a CMOS camera. We designed a sensor network of biomimetic robotic fish and analyzed the geometrical relationship between the obstacles and the target when the fish was on the water surface. We also introduced a camshift algorithm in the shift algorithm and applied it to the vision algorithm of the biomimetic robotic fish. An effective path planning control algorithm was designed. The biomimetic robotic fish could avoid obstacles independently in the water and detect the feedback information from the target. The effectiveness of the algorithm was verified by several tests.

Key words: bionic machine fish; camshift algorithm; sensors; detect; obstacle avoidance

鱼类经过上亿年的进化已经在水下具有非凡的游动能力, 这种能力引起了科学界的广泛关注。随着计算机技术、材料力学、机器人技术等学科的快速发展, 科学家们已经在制作水下仿生机器人上做了大量的研究。为了使水下仿生机器人能够在复杂的水下环境作业, 仿生机器人的路径规划显得尤为重要。前人已经在这方面做了一定的研究工作: Wang 等建立基于网络模型的路径规划算法^[1], 通过网格对环境进行描述, 并找出安全路径; Emesto^[2]等建立基于人工势场法的避障算法, 有效的对机器人进行了导航; 金久才^[3]通过建立环境模型, 利用分层遗传算法对水下机器人进行了路径规划; Jun^[4]等利用神经网络强大学习能力, 实现了移动机器人

的动态避障; 中科院喻俊志等^[5]利用视觉算法制定了仿生机器鱼的路径规划。本文主要是把漂移算法中的 camshift 算法有效运用到仿生机器鱼的视觉算法中, 并根据多传感器融合技术^[6]给仿生机器鱼设计了路径规划控制算法。通过 camshift 算法与路径控制算法的有效配合使仿生机器鱼能够在水下实现避障并找到目标物, 最后用实验验证了算法的有效性。

1 传感器分布以及仿生鱼与障碍物之间关系

1.1 仿生机器鱼的设计及开发平台介绍

本研究的仿生机器鱼是采用先整体后局部的设计方法, 以仿生学为基础把机器鱼设计成自然界鱼

收稿日期: 2015-02-02

基金项目: 国家自然科学基金项目 (60865004) 和国家 863 计划项目 (2007AA04Z202) 共同资助。

作者简介: 王 坤, 硕士研究生。E-mail: 373682204@qq.com

* 通信作者: 王卫兵, 教授。E-mail: shzwwb@163.com

类的形态(头大、尾小),分别从机械结构、控制硬件、控制软件对仿生机器鱼进行系统的设计。机械结构方面:给仿生机器鱼设计了刚性的头部、柔性的多关节尾部。由于仿生机器鱼在水下游动时头部会受到水流的阻力,因此我们对鱼的头部进行了水动力学分析,把仿生鱼的头部设计成流线型,这样就增加了仿生机器鱼的游动速度。由于机器鱼在水下游动时主要依靠尾部的灵活摆动进行游动,所以给机器鱼设计了柔性的多关节尾部。除了头部以外,仿生鱼的其他各个部件采用金属骨架分割法,每个关节都采用金属鱼骨架进行逐一分割,这样就保证了每一个关节的独立性,同时尾部可以实现很好的柔性摆动。控制硬件部分:仿生机器鱼的整个控制系统是以 ARM9 为核心来搭建控制硬件部分,其中包括无线通信模块、摄像头模块、传感器模块、电源模块、外围接口模块和运动控制模块,其中 ARM9 处理器部分采用的是三星公司的 S3C2440。控制软件部分:采用上位机与机器鱼的配合完成控制部分,上位机实现实时观测和调整功能,机器鱼自身实现智能化控制,所以软件部分采用单线程、多中断的事实控制系统。开发环境为 ADS,上位机采用多线程的 MFC 开发环境,以 c++作为编程语言。设计如图 1 所示。

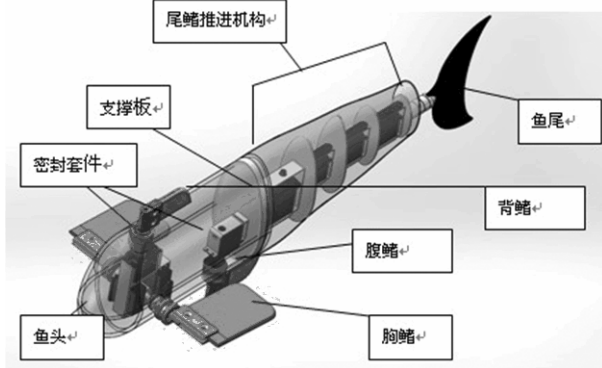


图 1 仿生机器鱼结构
Figure 1 Biomimetic robotic fish

1.2 传感器网络分布

采用仿生机器鱼在水下进行探测需要给仿生机器鱼设计合适的传感器网络,水下环境是一个三维的环境,单一的传感器无法进行全面的探测。本文在仿生机器鱼的头部设计安装了 3 个型号为 GP2Y0AO2YK 红外测距传感器(测距的范围为 20cm-150cm)^[7],分别位于鱼头的左侧(LE)、中间(FR)和右侧(RI),在鱼眼部位安装了 cmos 摄像头,可以实现在水中探测到左方、中间、右侧的障碍物

或者目标物,并通过摄像头拍摄到水下的环境。

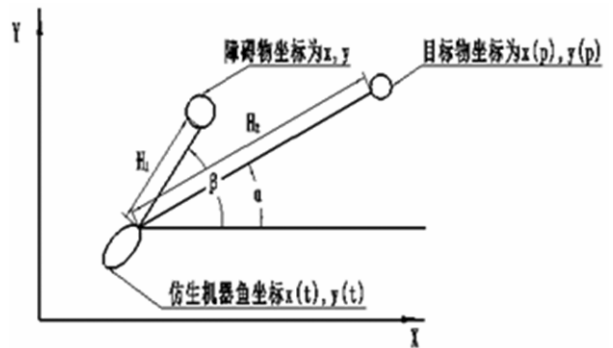


图 2 探测导航
Figure 2 Detection of navigation

1.3 仿生机器鱼与障碍物目标物之间的关系分析

仿生机器鱼避障探测的基本思想就是将水中某个未来期望点作为当前控制的目标参考点,其基本原理就是将机器鱼与参考点的位置误差作为闭环反馈控制量,调节水下机器鱼的方向以实现路径跟踪控制^[8]。仿生机器鱼要探测到指定的目标物需要在游动的过程中避开障碍物。障碍物与机器鱼之间存在着角度与距离的关系。假设水面上的障碍物近视为圆点坐标为(x₀,y₀),目标物的坐标为(x_p(t),y_p(t)),仿生机器鱼的坐标(x(t),y(t))。则可以通过图 2 所示的几何关系确定仿生机器鱼与障碍物、目标物之间的关系。障碍物与目标物近视为圆点,则:

$$H_1 = \sqrt{(x(t) - x)^2 + (y(t) - y)^2} \tag{1}$$

$$H_2 = \sqrt{(x(t) - x_p)^2 + (y(t) - y_p)^2} \tag{2}$$

$$\alpha = \arctan \frac{y_p - y}{x_p - x} \tag{3}$$

$$\beta = \arctan \frac{y_p - y(t)}{x_p - x(t)} \tag{4}$$

2 仿生鱼游动方式定义及探测避障算法设计

2.1 仿生机器鱼游动方式的定义

本研究的仿生机器鱼主要是实现在水面上躲开障碍物,最终找到目标物。针对仿生机器鱼要实现的功能,对仿生机器鱼定义了几种基本运动和游动的速度等级、转弯等级,其中基本运动为:直行 (Straight),左转弯 (Let-turn),右转弯 (Right-turn),加速 (Quick),减速 (Slow),原地打转 (Circles),悬停 (Static)。基本运动定义如下:

(1) 直游:鱼身平直,仿生鱼只靠尾鳍进行推进,尾鳍左右摆动弧度一致。

- (2) 左转弯: 给仿生鱼尾部增加左偏移量。
- (3) 右转弯: 给仿生鱼尾部添加右偏移量。
- (4) 加速: 仿生鱼从低速度到高速度。
- (5) 减速: 仿生鱼从高速到低速。
- (6) 原地打转: 尾鳍一边旋转。
- (7) 悬停: 胸鳍自立, 鱼体的综合密度和水的相等。

仿生机器鱼的速度等级和转弯等级为: 仿生机器鱼的速度等级为 7 级, 以 4 级为中间速度, 1、2 和 3 级为低速, 5、6 和 7 级为高速。仿生机器鱼的转弯等级分为 5 档, 左转弯为 1 和 2 档, 右转弯为 4 和 5 档, 4 为中间档。

2.2 仿生机器鱼探测算法的设计

2.2.1 camshift 算法的实现

我们研究的仿生机器鱼主要是针对水下移动物体的探测, 单一的对不动物体的探测没有实际的意义。追踪目标算法主要是实现在一系列的图像序列中检测出运动的目标物, 并且锁定目标, 跟踪其轨迹的过程。在本文中我们主要采用漂移算法中的 camshift 算法来实现追踪的目的。

Camshift 算法主要是在 Meanshift 算法^[9]的进行

改进的一种追踪算法。它主要是通过视频图像中运动物体的颜色信息来达到跟踪的目的。Meanshift 算法中给定一个彩色的图像和图像对应的直方图, 就可以利用这个直方图作为一个查找表来创建以像素色彩浓度为数据的背投图像。Meanshift 算法是在这个背投图像中图像分布的局部峰值, 将 Meanshift 算法扩展到连续的图像序列就形成了 Camshift 算法^[10]。Camshift 算法实现的步骤如下:

Step1 初始化 RGB 空间图像, 将 YCbCr 转换到 RGB^[11]空间上, RGB 与 YCbCr 之间的转换公式为:

$$R = Y + 1.371(Cr - 128) \quad (5)$$

$$G = Y - 0.336(Cb - 128 - 0.689(Cr - 128)) \quad (6)$$

$$B = Y + 1.732(Cb - 128) \quad (7)$$

Step2 在当前帧上收索目标色块, 并标定目标色块的四周, 再计算出直方图分布。

Step3 利用直方图计算概率, 再根据目标区域计算出质心, 并将目标区移动质心上。

Step4 将上一帧的计算结果作为下一帧的输入值, 如此循环的迭代知道找到目标为止。

该算法可以让机器鱼在水下很好的实现动态目标的追踪。

表 1 仿生机器鱼游动规则

Table 1 The biomimetic robotic fish swimming rules

IF 输入 Input			THEN 输出 Output				
LE	FR	RI	LEFT-RURN	RIGHT-TURN	QUICKEN	SLOW	STRAGHT
0	0	0	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	1	0
0	1	1	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	1	0
1	0	1	0	0	1	0	1
1	1	0	0	1	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1	原地打转后转 step2

2.2.2 仿生机器鱼探测控制算法的设计

基于仿生机器鱼的传感器网络分布和几种游动模式的定义, 本研究设计了一种有效的控制算法可以实现仿生机器鱼在水下的路径规划, 通过与上节追踪算法相结合可以成功实现仿生机器鱼在水下躲避障碍物并且成功找到目标物。算法的基本思想利用测距传感器和 CMOS 摄像头获取的水下环境信息实现仿生机器鱼在水面避开障碍物并成功找到目标物 (其中障碍物与目标物用色标原理进行区分)^[12]。算法步骤如下:

Step1: 初始化变量。根据传感器的探测范围确

定报警临界值 D , GP2Y0AO2YK 红外测距传感器的探测范围为 20~120 cm, 并且小于 20 cm 时传感器就会失效, 所以规定 $D=20$ cm。

Step2: 迅游。仿生机器鱼头部左右 30° 摆动迅游观察水面周围的环境。每隔 T 时间进行原地打转进行迅游, 其中 $T=s/v$, s 为测距传感器最大探测距离 120 cm, v 为机器鱼当前游动速度。

Step3: 障碍物判断。生成模糊避障规则, 如表 1 所示。

Step4: 目标物判断, 仿生鱼利用色标原理探测到目标物, 反馈成功信息, 并显示坐标, else 转 Step2。

3 试验验证

根据设计的算法设计了一组验证实验, 实验场景为长方形水池, 设障碍物为水池壁, 目标物为固定的红色木块。

通过实验观察可得机器鱼开始在一侧没有障碍

物的地方以直游的方式游动, 当机器鱼检测到前方有障碍物时执行左转弯, 之后又原地打转寻找目标物的方向, 之后找到目标物方向, 向目标物方向游去, 直到找到目标物反馈信息, 实验中仿生机器鱼能够以正确的姿态游动并找到目标物。实验效果如图 4 所示。



图 3 实验效果图

Figure 3 Design sketch of the experimental result

4 结束语

将漂移算法中的 camshift 算法有效的运用到仿生机器鱼的视觉算法中, 并根据路径控制规则设计了一种新的算法, 可以克服仿生机器鱼探测障碍物时容易出现的各种死角或盲区, 使仿生机器鱼在水面上成功探测到目标物并反馈信息, 最后用实验验证了算法的有效性。本研究不足是受到传感器探测距离的限制, 探测范围在大面积的水域探测距离有限, 以后的研究中可以在探测距离上进行改进。

参考文献:

- [1] Wang N, Chen P. Path planning algorithm of level set based on grid modeling [J]. International Conference on Computer Design and Applications, 2010, 32(5): 508-510.
- [2] Ernesto P L, Eliana P L. Obstacle avoidance strategy based on adaptive potential fields generated by an electronic stick[J]. Intelligent Robots and Systems, 2005, 28(12): 2626-2631.
- [3] 金久才. 无人水下自主航行器 (AUV)避碰研究 [D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2008.
- [4] Jun F Q, Zhan J H, Xiao G R. Application of reinforcement learning based on neural network to dynamic obstacle avoidance[C]// Proceedings of the 2008 IEEE international conference on information and automation, 2008, 18(6):784-788.
- [5] 喻俊志, 陈尔奎, 王硕, 等. 基于颜色信息的多机器鱼并行视觉跟踪算法[J]. 中国科学院研究生院学报, 2003, 20(4): 433-440.
- [6] 赵小川, 罗庆生, 韩宝玲. 机器人多传感器信息融合研究综述[J]. 传感器与微系统, 2008, 27(8): 1-4.
- [7] 王坤, 冯静安, 王卫兵. 仿生机器鱼的水下探测和避障控制[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版, 2013, 36(10): 1190-1194.
- [8] 童艳, 徐德民, 石巨峰. 一种应用于移动机器人的路径跟踪控制方法[J]. 火力与指挥制, 2008, 33(12): 98-101.
- [9] 王凯. 具有嵌入式视觉功能的机器鱼设计与控制[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2011.
- [10] 黎立宏. camshift 算法优化与带分类功能的人脸跟踪方法[D]. 广州: 中山大学, 2009.
- [11] 王纪坤. 基于嵌入式的仿生机器鱼视觉系统研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2008.
- [12] 陈尔奎, 喻俊志, 王朔, 等. 一种基于视觉的仿生机器鱼实时避障综合方法[J]. 控制与决策, 2004, 19(4): 452-458.