



基于双目视觉的船舶跟踪与定位

摘要

设计了基于双目视觉的船舶跟踪与定位系统,并且完成对应算法设计.算法分为摄像机标定、目标跟踪、立体匹配、视差定位4个模块,其中,跟踪模块以目标窗口的形式给出跟踪结果,匹配模块在跟踪结果中进行左右目立体匹配,定位模块根据左右目匹配点对的像素位置计算其在物理空间的坐标,减少了匹配时间.实验结果表明,该方式可实现实时跟踪目标并给出目标的准确位置,满足应用要求.该定位系统可同时完成动态目标跟踪和定位,提供三维图像的丰富信息,具有很强的推广应用价值.

关键词

双目视觉;目标跟踪;立体匹配;视差定位

中图分类号 TP391.4

文献标志码 A

收稿日期 2014-03-08

资助项目 广东省自然科学基金博士启动项目(S2012040007949);广东工业大学博士启动基金(12ZK0147);广东省高等教育学会实验室管理专业委员会基金(GDJ2012010);广东工业大学教育教学改革项目(2013ZY011)

作者简介

李晓飞,男,硕士生,主要从事机器视觉研究.lxf-1018@foxmail.com

徐荣华(通信作者),男,博士,讲师,主要从事自动化装备研究.xurh@gdut.edu.cn

0 引言

随着对海洋资源的进一步开发和利用,海洋船舶的协同作业需求越来越迫切.在海洋协同作业中,例如海洋平台建筑、海上铺缆,需要实现对船与船之间的位置控制,以保证其安全距离和协同作业的最佳相对位置,对目标船的跟踪及与目标船间相对位置的测算是首先要解决的问题.

实现移动目标跟踪主要有基于视觉和激光的方法,实现移动目标定位主要有雷达、GPS、超声波、红外、激光和视觉方法.因为被跟踪和定位的对象是移动的,所以上述方法均为非接触性测量方式,其中:1)雷达是目前船舶上使用的主要观测工具,其在测量方面的精度也在逐渐提高^[1],但使用时需要防止电磁波干扰,如雷达彼此之间的电磁波和其他通信设施的电磁波都可能形成干扰因素^[2],严重影响其性能,而且高精度的雷达测距系统^[3]价格昂贵,处理的信号复杂.2)GPS定位技术在进行小范围测量时无法保证精度要求^[4].3)超声波测距原理简单、成本低、制作方便,测量精度也可达到亚毫米的精度^[5],但是利用超声波测距有它本身的缺点,即波能量随距离的平方成正比衰减,故其在较远距离测距时精度不能满足设计要求^[6].另外,船舶机械噪声很大,超声波信号容易受干扰.4)红外测距硬件成本虽低廉,但在技术上难度较大,它属于被动探测,容易受到干扰,探测距离越近,误差越大^[7].5)激光测距具有测量精度高、测程远、测量速度快、大气传输性能好等优点^[8],但是采用激光测距硬件成本较高,在进行三维测量时技术难度复杂.例如苏格兰测量仪器公司开发出的FanBeam激光检测装置在对船舶跟踪定位时需要放置标识板,降低了其使用的灵活性.6)视觉定位技术具有定位精度高、信息完整丰富、检测范围宽、使用灵活、硬件成本低等优点,可同时实现跟踪和定位,因此本文采用基于双目视觉的检测方法来对船舶进行跟踪和定位.

基于双目视觉的跟踪定位系统首先对双目摄像头进行标定,根据标定好的参数对双目图像进行校正和定位计算.在跟踪部分首先需要对目标进行初始化,然后逐帧跟踪并将跟踪结果送给匹配模块进行立体匹配,在得到匹配点对后就可以利用双目视觉定位原理对目标位置进行估测.

1 双目视觉定位原理

双目视觉定位是依据光学原理和数学计算来实现的.本文采用平

1 广东工业大学 自动化学院,广州,510006

行共面的方式摆放 2 台摄像机如图 1 所示。

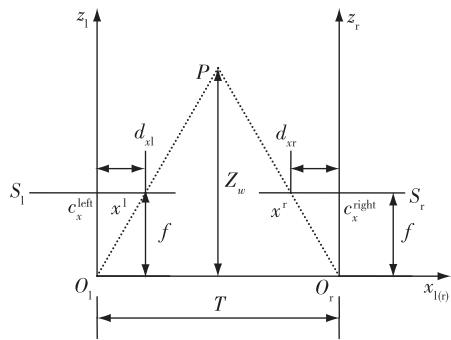


图 1 双目定位原理^[9]

Fig. 1 Binocular locating principle^[9]

假设摄像机成像符合小孔成像模型,2 台摄像机光轴严格平行,基线距离 T 一定,焦距相同 $f_l = f_r = f$,并且假设主点 c_x^{left} 和 c_x^{right} (光轴与像平面的交点) 已经校准,在左右图像上具有相同的像素坐标.以左、右摄像机的光心分别作为左、右目摄像机坐标系 CCS (Camera Coordinate System) 的原点 O_l 和 O_r ,它们之间的连线作为它们共同的 x 轴,以它们的光轴作为各自的 z 轴,它们的 y 轴垂直于 xz 平面(未画出).图 1 中 S_l 与 S_r 分别为左右目成像平面坐标系 RCS (Retinal Coordinate System) 在 x 轴的投影,成像平面坐标系以图像左上顶点为坐标系原点.假设物理世界一点 $P(X_w, Y_w, Z_w)$ 在左右目像平面坐标系中的交点分别为 (x^l, y^l) 与 (x^r, y^r) .以左目摄像机坐标系作为世界参考坐标系 WCS (World Coordinate System,) ,由图 1 双目定位原理图所示可知:

$$d_{x_l} = x^l - c_x^{\text{left}}, \quad d_{x_r} = c_x^{\text{right}} - x^r. \quad (1)$$

由三角形相似原理,可得:

$$\frac{T - (d_{x_l} + d_{x_r})}{z - f} = \frac{T}{z} \Rightarrow Z_w = \frac{fT}{x^l - x^r}. \quad (2)$$

同理可求得 P 在 x 轴与 y 轴上的坐标值,综合可得点 P 的三维坐标:

$$\begin{cases} X_w = \frac{x^l T}{x^l - x^r - (c_x^{\text{left}} - c_x^{\text{right}})}, \\ Y_w = \frac{y^l T}{x^l - x^r - (c_x^{\text{left}} - c_x^{\text{right}})}, \\ Z_w = \frac{fT}{x^l - x^r - (c_x^{\text{left}} - c_x^{\text{right}})}. \end{cases} \quad (3)$$

因为式(1)中坐标 x^l, x^r 采用单位为 mm,实际应用中,该坐标采用像素点表征,所以式(3)修正为

$$\begin{cases} X_w = \frac{x_p^l T \times s_x}{(x_p^l - x_p^r - (c_{xp}^{\text{left}} - c_{xp}^{\text{right}})) \times s_x}, \\ Y_w = \frac{y_p^l T \times s_x}{(x_p^l - x_p^r - (c_{xp}^{\text{left}} - c_{xp}^{\text{right}})) \times s_x}, \\ Z_w = \frac{fT}{(x_p^l - x_p^r - (c_{xp}^{\text{left}} - c_{xp}^{\text{right}})) \times s_x}, \end{cases} \quad (4)$$

其中, x_p^l, y_p^l 分别为像素表征的横坐标和纵坐标位置,单位为“个”, $c_{xp}^{\text{left}}, c_{xp}^{\text{right}}$ 分别为像素表征的左右目像素中心坐标,单位为“个”, s_x 为像元大小,单位为 mm.由式(4)可知只要求出任意空间点的左右目图像坐标即可求得该点的三维空间坐标.

2 跟踪定位系统设计

2.1 系统硬件选型

该系统硬件主要包括:1 台计算机主机,1 台显示器,1 个云台,1 台双目摄像机.本文根据实验环境选择微视图像公司生产的 MVDC360SAM/C-GE60ST 型合体式双目立体相机,有效像素为 752×480 ,帧率为 60 fps,像素尺寸为 $6.0 \mu\text{m} \times 6.0 \mu\text{m}$,传输方式为千兆以太网(传输距离为 100 m).计算机主机 CPU 主频 2.3(双核),内存为 2 G,网卡为 Intel 千兆网卡.云台具有上下和左右 2 个自由度.图 2 为跟踪定位系统硬件配置示意.

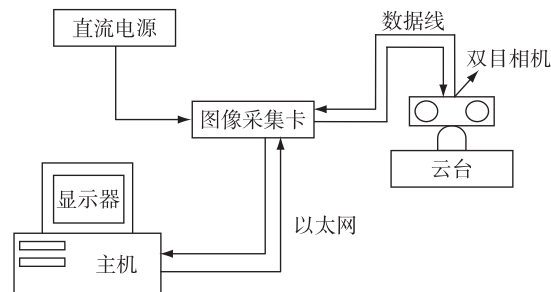


图 2 跟踪定位系统硬件配置

Fig. 2 Hardware configuration of locating and tracking system

2.2 系统软件组成

系统软件主要由摄像机标定、目标跟踪、特征匹配和视差定位 4 个模块组成,系统流程如图 3 所示.

系统工作流程为首先对左右目摄像机分别进行标定,标定结果保存起来用作后续的视差定位计算.然后运行系统,在左右目图像中分别手动初始化跟踪目标,目标选定后进行逐帧跟踪并自动框出目标所在位置.特征匹配模块在上一步得到的目标框中获取目标特征点并进行左右目匹配,并给出若干组

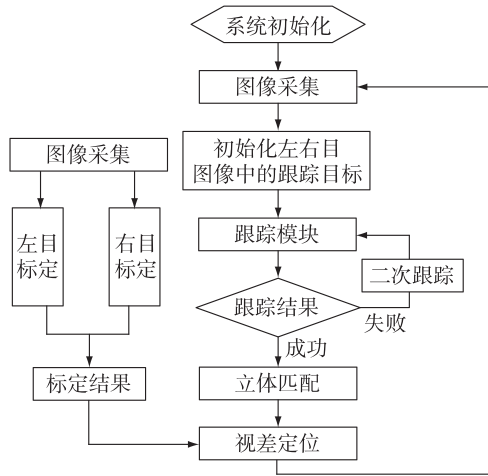


图3 系统工作流程

Fig. 3 Work flow of the tracking and positioning system

匹配好的特征点对,定位模块获取已匹配好的特征点对的像素坐标代入式(1)进行计算并求取平均值作为目标在世界坐标系中的三维坐标。

3 相关工作

3.1 摄像机标定

为了精确地从二维图像中得到目标物体的三维信息,在定位之前必须对摄像机进行标定.摄像机标定包括摄像机投影几何模型的标定和透镜畸变模型标定,它是实现立体视觉基本而又繁琐的一步.文献[10-11]指出张正友标定方法是一种十分成熟并且得到广泛应用的方法,它在标定方法的灵活性以及准确性方面都作出了较大的突破,它相对于自标定方法具有更高的稳定性和鲁棒性。

3.2 目标跟踪

运动目标跟踪就是在一段序列图像中的每幅图像中实时地找到所感兴趣的运动目标(包括位置、速度及加速度等运动参数)^[12].本文采用TLD跟踪算法^[13],它由英国萨里大学ZdenekKalal提出.该算法将跟踪分为跟踪、检测和学习3个模块.算法的基本策略是在跟踪模块有效时,将跟踪到的目标作为学习模块的样本,在跟踪模块失败时,检测器将检测到的目标作为学习模块的样本,并对跟踪模块进行重新初始化,学习模块将收集的正负样本,作为检测模块分类器的训练数据^[13].图4给出了TLD跟踪系统框图。

1) 跟踪器的工作是对目标上的一组点进行逐帧跟踪(目标要在第1帧中进行手动初始化).在跟

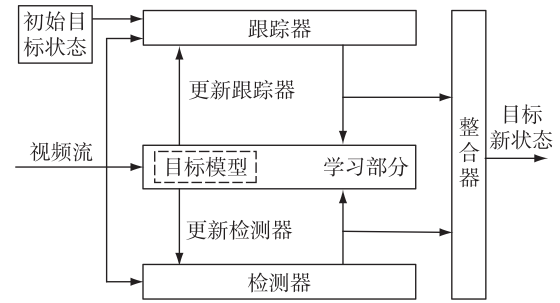
图4 TLD算法工作过程框图^[13]

Fig. 4 Working process of the TLD

踪器设计上采用金字塔LK光流跟踪算法^[14].为了提高金字塔LK算法跟踪结果的可靠性,在后面一步可以采用Forward-Backward Error算法^[15]对金字塔LK光流法跟踪结果进行过滤舍弃坏值.该算法依据的思想是从后面视频帧中的跟踪结果向前面几帧进行逆向跟踪得到一个结果,然后计算该结果与原始位置的欧氏距离并与设定阈值相比较,如果小于阈值则认为该点被正确跟踪.同时跟踪的结果还使用了归一化互相关(Normal Cross Correlation, NCC)匹配算法对跟踪点进行过滤,将第 k 帧的跟踪结果与第1帧原始位置相匹配,如果匹配系数大于设定阈值就认为跟踪结果是正确的.这一算法在后面立体匹配模块中也会用到.NCC与Forward-Backward Error的交叉验证提高了金字塔LK光流法跟踪结果的可靠性^[13].

2) 检测器的工作任务是在视窗范围内使用大小变化的滑动窗口对目标进行搜索.检测器设计为一个级联分类器^[13],有3个部分组成,分别是方差过滤器、分类器组和最近邻分类器,这3部分逐步对滑动窗口生成的所有图像块进行过滤,搜索目标所在的图像块。

3) 整合器的工作是权衡跟踪器和检测器给出的目标框的置信度,将置信度最高的作为TLD的输出,如果跟踪器和检测器都没有给出目标框,就认为目标被完全遮挡或不在视野范围之内。

4) 学习部分是该算法的一大特色,它的主要工作是对检测器进行初始化和在线更新.该部分使用的策略是P-专家^[13]和N-专家^[13],在文献[16]中分别被称作增长事件和修剪事件.P-专家旨在发现目标的新外形,从而提高检测器的识别能力.具体措施是识别跟踪轨迹上的可靠部分,然后用其生成正的训练样本.P-专家是实时运行的,对每一帧目标的当前位置都会给出一个结果.如果确定当前位置是可

靠的, P-专家就生成一个正样本集(具体过程跟初始化部分类似)来更新目标模型和分类器组. N-专家旨在为目标模型和分类器组在线生成负样本, 但是前提假设是目标在一帧图像中有且只有一个位置, 因此, 它可以和 P-专家同时运行. 在 P-专家确定轨迹可靠后, N-专家就将远离当前目标框的图像块作为负样本.

5) 算法评价. TLD 技术采用跟踪和检测相结合的策略, 是一种自适应的、可靠的跟踪技术. 它具有在目标丢失后又重新进入视野范围自动识别跟踪的能力. 当目标发生微小的形变和部分遮挡时能继续跟踪, 在背景复杂或光照条件改变的情况下该算法具有较好鲁棒性, 另外实时性好也是该算法一个突出的优点. 鉴于此选择它作为船舶跟踪定位系统的跟踪算法具有可行性.

3.3 立体匹配

立体匹配要完成的工作是寻找一幅图像中目标上的某一区域在另一幅图像中的对应区域.

针对立体匹配首先要解决的问题就是匹配特征的选取. 在提取目标特征的时候, 要注意该特征必须在目标上具有唯一性和可分辨性, 这样通过匹配算法就能在另一幅图像中准确找到相对应的匹配点. 同时还需注意目标特征区域大小的选取, 如果选用区域较大的特征虽然精度可以提高, 但降低了算法的效率, 影响了系统的实时性; 若选用区域较小的特征, 虽然提高了匹配速率, 但精度又受到影响. 目前还没有对特征区域大小的选取做出明确的规定, 只能根据应用场合兼顾考虑实时性和准确性^[17].

本文选用基于特征点的匹配方法, 基于 2 个方面原因考虑: 一是点特征能够应对图像亮度变化、尺度变化、旋转和仿射变换等的影响, 而且点特征研究较早, 算法成熟, 适合快速提取, 满足系统实时性的要求; 二是点特征存在的普遍性, 可以增加测距系统应用的灵活性. 在本文设计中前一步跟踪部分的结果为匹配部分提供目标特征获取的边界范围, 如果在选择目标时可以选择目标上的某块具有点特征的区域进行跟踪, 这样在边界框中获取的特征点, 必然是目标上的特征点, 所以缩小了匹配范围, 提高了匹配速度.

本文的应用要求只需获得目标船只的三维位置信息, 不必对所有特征点进行匹配, 因此可以寻找目标上的若干强特征点进行匹配并估算目标所在位置. 在 2 幅图像没有非常大的差别下, 角点具有唯一

的可识别性, 同时角点具有稳定性, 即当角点有微小的运动时, 就会在数学上产生明显的变化.

本文特征点的提取方法就基于 Shi 和 Tomasi 所定义的角点^[9]: 若图像二阶导数的自相关矩阵的 2 个最大特征值中较小的一个大于最小阈值, 则会得到强角点. 该方法比较充分, 在很多情况下可以得到比使用 Harris 方法更好的结果.

在提取特征点后, 就要使用匹配算法对双目图像的特征点进行匹配, 本文采用前面提到的 NCC 算法^[18]:

$$NCC(x, y, u, v) = \frac{\sum_{m,n} T_l \times T_r}{\sqrt{\sum_{m,n} T_l^2 \times \sum_{m,n} T_r^2}}, \quad (5)$$

其中:

$$T_l = f_l(x + i, y + j) - \overline{f_l(x, y)},$$

$$T_r = f_r(x + i + u, y + j + v) - \overline{f_r(x + u, y + v)},$$

$$\overline{f_l(x, y)} = \frac{\sum_{i=-m}^m \sum_{j=-n}^n f_l(x + i, y + j)}{(2m + 1)(2n + 1)},$$

$$\overline{f_r(x + u, y + v)} = \frac{\sum_{i=-m}^m \sum_{j=-n}^n f_r(x + i + u, y + j + v)}{(2m + 1)(2n + 1)}.$$

该算法是经典的匹配算法, 通过计算模版图像和搜索图像的互相关值确定匹配的程度. 最大的互相关值所对应的位置就是模版图像在搜索图像中的位置. 该算法具有很高的准确性、适应性, 对图像灰度值线性变换具有“免疫性”, 即所求的 NCC 值不受灰度值线性变换的影响, 但是往往由于计算耗费过于庞大, 导致匹配效率低^[18-20]. 本文采用 NCC 算法进行左右目匹配, 因为在匹配前已经提取到匹配的特征点(即角点), 而且数量可以限制在一定范围内, 所以可保证实时性. NCC 所完成的任务就是以左目找到的角点为基准点, 在右目找到的角点中逐个进行比较并给出每次的比较结果(实际参与比较的是以角点为中心点的 10×10 模板图像), 选出 NCC 值最大的点对作为匹配结果. 由于参与比较的点数较少, 跟传统的 NCC 算法的应用^[18]相比, 计算量大减小. 匹配流程如图 5 所示.

首先选择左目图像目标的一个角点为基准点, 在右目图像目标的角点中使用 NCC 逐个匹配, 最后输出匹配值(即 NCC 值)最大的点对, 如图 6 中蓝色点对所示; 然后依次进行下去得到若干组点对, 为下面视差定位模块提供计算依据.

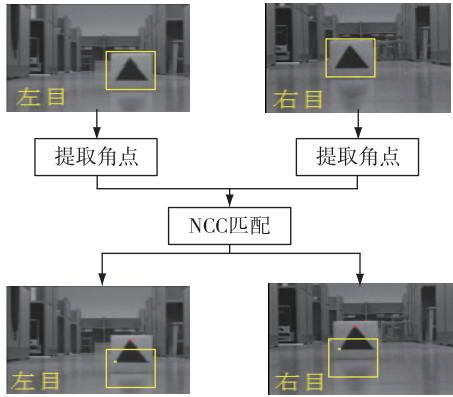


图5 跟踪匹配流程(黄色框为跟踪结果)
Fig. 5 Flow chart of tracking and matching
(Yellow box denotes tracking results)

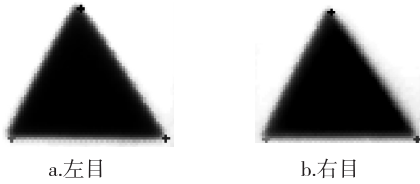


图6 匹配效果放大
Fig. 6 The enlarged matching effect

3.4 视差定位

在得到目标上若干匹配点对后,利用前面标定的摄像机参数就可以根据式(4)进行目标三维位置的测量.实验中选择目标上的3组匹配点对,每组点对都会得出一个距离值,然后求取平均值,作为目标的估测位置.

4 实验验证

实验中,首先要完成对立体相机的标定.由于双目相机在购买时已完成标定工作,因此实验工作在已知标定参数的情况下进行,不对相机进行任何调整,标定参数如表1所示.

表1 左右目相机标定参数

Table 1 The calibration parameters of left and right camera

	焦距/mm	主点坐标/ pixel	像素尺寸/ μm
左目	12.455	(394.491, 207.910)	$d_x = 6.043$ $d_y = 6.000$
右目	12.451	(414.383, 184.479)	$d_x = 6.037$ $d_y = 6.000$

本文构造了一个实验来验证该系统测量结果的

准确性:选择图5中的三角模型作为目标进行定位实验,测量结果如表2所示(其中实际距离采用卷尺测量),表2中只给出目标三维信息中的关键信息——深度值.

表2 目标距离测量结果

Table 2 Comparison of measured and actual target distances

序号	匹配点在左右目中的坐标/pixel	测量距离 /mm	实际距离 /mm	绝对误差 /mm	相对误差
1	左目(297,353) 右目(161,306)	1 997.5	2 000	2.5	0.125
2	左目(292,351) 右目(187,303)	2 493.4	2 500	6.6	0.264
3	左目(441,351) 右目(357,302)	2 997.3	3 000	2.7	0.090
4	左目(332,346) 右目(263,298)	3 503.1	3 500	3.1	0.089
5	左目(417,345) 右目(358,296)	3 947.2	4 000	52.8	1.320
6	左目(313,342) 右目(263,294)	4 455.4	4 500	44.6	0.991
7	左目(403,343) 右目(360,294)	4 951.3	5 000	48.7	0.974

相对误差计算公式为

$$D = \frac{|d_m - d_r|}{d_r} \times 100\%, \quad (6)$$

其中, d_r 为实际距离, d_m 为测量距离, $|d_m - d_r|$ 为绝对误差.将表2中绝对误差值和相对误差值绘制成曲线,如图7、8所示.

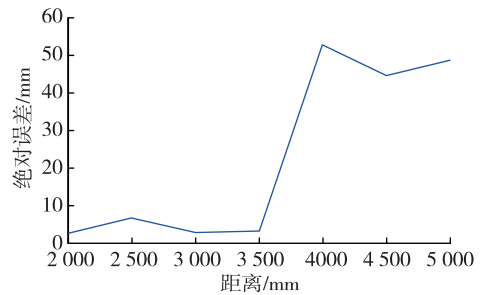


图7 测距绝对误差曲线

Fig. 7 Absolute error changing with target distance

从图7、8中可以清晰地看出测量的误差整体上随着距离的增大而增大,波动是由于个别角点检测不够精确所致.测量范围在3.0~3.5 m之间时测量效果最好,此时目标在摄像机成像最清晰的位置.误差产生的原因有诸多方面,其中主要有标定参数不

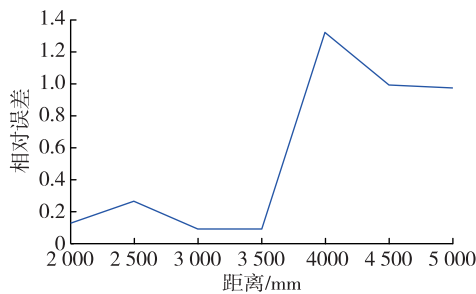


图8 测距相对误差曲线

Fig. 8 Relative error changing with target distance

够精确引入的误差,提取角点坐标不够精确引入的误差,同时还有人为测量引起的误差,包括相机的组装、平台的搭建等因素.本系统适合目标距离在一定范围(即所选双目摄像机焦距所能观察到目标最清晰的范围)变化的场合进行定位测量.

5 结论

本文通过实验证明,船舶跟踪定位系统的研究具有可行性,相比雷达、GPS、超声波、红外、激光等测距方法而言,本系统可同时完成动态目标跟踪和定位,提供三维图像的丰富信息,具有很强的推广应用价值.后续研究一方面可以通过提高标定参数的精度、特征点坐标精度(亚像素精度的获取)或是增加立体标定和立体校正环节使定位计算趋于理想模型从而提高测量精度,另一方面可以采用高性能双目相机来扩大测量范围,并完善算法将船舶跟踪定位实验系统真正应用到实际中.

参考文献

References

- [1] Zhang S X. A new high precision Range Vernier method for phase code radar [C] // Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference (CSQRWC), 2013: 341-344
- [2] Li N, Li Y P, Hao X, et al. Influence of radar system electromagnetic compatibility on radar range [C] // 2013 8th International Conference on Computer Science & Education (ICCSSE), 2013: 870-873
- [3] Perez P, Jemison W D, Mullen L, et al. Techniques to enhance the performance of hybrid lidar-radar ranging system [C] // Oceans, 2012: 1-6
- [4] 韩高楼. GPS 定位技术的优缺点 [J]. 陕西建筑, 2010 (176): 56-58
HAN Gaolou. Advantages and disadvantages of GPS locating technology [J]. Shaanxi Architecture, 2010 (176): 56-58
- [5] Talampas M C R, de Dios R J C. Detection of millimeter

- movements using ultrasonic ranging and precise time synchronization in Wireless sensor networks [C] // 2011 IEEE Sensors, 2011: 782-785
- [6] 王鲁佳, 田龙强, 胡超. 无线定位技术综述 [J]. 先进技术研究通报, 2010, 4(3): 2-7
WANG Lujia, TIAN Longqiang, HU Chao. Review of wireless location technology [J]. Bulletin of Advanced Technology Research, 2010, 4(3): 2-7
- [7] 李程华, 宋刘非. 机动平台双站红外测距方法研究 [J]. 光电技术应用, 2013, 28(5): 73-77
LI Chenghua, SONG Yifei. Research on double-station IR ranging method of mobile platform [J]. Electro-Optic Technology Application, 2013, 28(5): 73-77
- [8] 董洪舟, 杨若夫, 敖明武, 等. 大量程激光测距仪精度检测系统 [J]. 光电工程, 2013, 40(4): 24-30
DONG Hongzhou, YANG Ruofu, AO Mingwu, et al. Detection system of ranging precision for laser rangefinder [J]. Opto-Electronic Engineering, 2013, 40(4): 24-30
- [9] Bradski G, Kaehler A. 学习 OpenCV [M]. 于仕旗, 刘瑞祯, 译. 北京: 清华大学出版社, 2009
Bradski G, Kaehler A. Learning OpenCV [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2009
- [10] 祝琨. 基于双目视觉信息的运动物体实时跟踪与测距 [D]. 北京: 北京交通大学计算机与信息技术学院, 2008
ZHU Kun. Tracking and measuring a moving object with a binocular camera system [D]. Beijing: School of Computer and Information Technology, Beijing Jiaotong University, 2008
- [11] 蔡岭. 基于立体视觉的目标检测与跟踪 [D]. 上海: 上海交通大学电子信息与电气工程学院, 2011
CAI Ling. Object detection and tracking based on stereo vision [D]. Shanghai: School of Electronic Information and Electrical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, 2011
- [12] 张娟, 毛晓波, 陈铁军. 运动目标跟踪算法研究综述 [J]. 计算机应用研究, 2009, 26(12): 4407-4410
ZHANG Juan, MAO Xiaobo, CHEN Tiejun. Survey of moving object tracking algorithm [J]. Application Research of Computers, 2009, 26(12): 4407-4410
- [13] Kalal Z, Mikolajczyk K, Matas J. Tracking-learning-detection [J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2010, 6(1): 1-13
- [14] Bouguet J Y. Pyramidal implementation of the Lucas Kanade feature tracker description of the algorithm [R]. Technical Report, Intel Microprocessor Research Labs, 1999
- [15] Kalal Z, Mikolajczyk K, Matas J. Forward-backward error: Automatic detection of tracking failures [C] // 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR), 2010: 2756-2759
- [16] Kalal Z, Matas J, Mikolajczyk K. Online learning of robust object detectors during unstable tracking [C] // IEEE 12th International Conference on Computer Vision Workshop, 2009: 1417-1424
- [17] 申琳. 高精度双目 CCD 测距研究 [D]. 长春: 长春理工大学光电工程学院, 2011
SHEN Lin. High precision ranging based on binocular

- CCD [D]. Changchun: School of Photoelectric Engineering, Changchun University of Science and Technology, 2011
- [18] 杨通钰,彭国华.基于 NCC 的图像匹配快速算法[J].现代电子技术,2010,22:107-109
YANG Tongyu, PENG Guohua. Fast algorithm for image matching based on NCC [J]. Modern Electronics Technique, 2010, 22: 107-109
- [19] 宋毅,崔平远,居鹤华.一种图像匹配中 SSD 和 NCC 算法的改进[J].计算机工程与应用,2006,2:42-44
- SONG Yi, CUI Pingyuan, JU Hehua. A computational optimization method of the SSD and NCC algorithms of the stereo matching [J]. Computer Engineering and Applications, 2006, 2: 42-44
- [20] 孙卜郊,周东华.基于 NCC 的快速匹配算法[J].传感器与微系统,2007,26(9):104-106
SUN Bojiao, ZHOU Donghua. Fast matching method based on NCC [J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2007, 26(9): 104-106

Tracking and positioning of ship based on binocular vision

LI Xiaofei¹ SONG Yanan¹ XU Ronghua¹ CHEN Jun¹

¹ School of Automation, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510006

Abstract This paper designs the tracking and positioning system for ship based on binocular vision and finishes the corresponding algorithm. This algorithm contains four modules, namely camera calibration, object tracking, stereo matching and disparity locating. The tracking module tracks and gives object bounding as a result, the matching module carries out the binocular stereo matching in the tracking window, and the disparity locating uses the pixel location corresponding to the stereo matching to calculate the object's coordinate in physical space, which can reduce matching time. Results indicate that the design works well in real-time tracking and gives the accurate location of object, which meets the application requirements. This system can complete the task of tracking and positioning of dynamic target and provide rich information of 3D image at the same time, which has great application value.

Key words binocular vision; object tracking; stereo matching; disparity locating