

# 一种快速位姿检测算法<sup>\*</sup>)

薛方正<sup>1</sup> 陈绍军<sup>1</sup> 李祖枢<sup>1,2</sup>

(重庆大学自动化学院 重庆 400044)<sup>1</sup> (重庆工学院计算机学院 重庆 400054)<sup>2</sup>

**摘要** 以足球机器人系统为平台,针对一种具有高度实时性的视觉位姿检测问题,提出了一种色标设计方案和基于色块外接矩形的快速搜索算法。实验证明,新的色标设计方法和新的搜索算法能够快速准确地识别机器人的位姿,并且从根本上解决了机器人碰撞时的色标粘连问题。

**关键词** MIROSOT,色标设计,外接矩形

## Fast Position Detection Algorithm Based on Computer Vision System

XUE Fang-Zheng<sup>1</sup> CHEN Shao-Jun<sup>1</sup> LI Zu-Shu<sup>1,2</sup>

(College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044)<sup>1</sup>

(College of Computer, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050)<sup>2</sup>

**Abstract** A novel color tag design and a fast search algorithm based on the minimum enclosing rectangle of the color tag are proposed to detect the robot position in dynamic environment. Experiments on a soccer robot system show that the proposed color tag design and fast search algorithm can quickly detect the robot position and constitutionally solved the problem of color tag confusion when collision happens.

**Keywords** MIROSOT, Color tag, Minimum enclosing rectangle

## 1 引言

足球机器人比赛是机器人研究的一个新热点,它为人工智能理论和算法的研究提供了一个实验平台,其研究的领域涵盖了人工智能、自动控制、机器人视觉、无线通信、机器学习和多智能体合作与协调等。其比赛是国际机器人足球联盟(FIRA)的系列比赛之一。MIROSOT 微型足球机器人比赛系统主要由机器人(小车)子系统、通信子系统、视觉子系统和决策子系统组成。视觉子系统是整个足球机器人系统正常工作的关键和基础,通过视觉子系统能够确定本方机器人、对方机器人的位姿以及足球的位姿,从而为决策系统提供必要的信息。所以一种能够准确、快速地检测出机器人和球的位姿的算法对于整个足球机器人系统是至关重要的。

目前针对足球机器人的位姿检测有不少的研究成果:文[3]中提出了一种基于区域投影的方法的识别方法,可以利用比较简单快速的方法来识别色标的不同形状,其最大的特点是能够快速有效地分割和识别处理多个机器人粘连在一起的情况。文[4]提出了一种通用的色标识别算法,它利用颜色的相似度,采用排异聚类的方法来提取色标的主色,对变化的光照有较强的鲁棒性,具有一定的视觉识别恒常性,同时减少了人为的干预过程;文[5]在采用最大最小值阈值法的基础上,

在动态扫描窗口中,利用轮廓提取的算法来识别目标对象。本文在总结已有文献研究成果的基础上,提出了一种快速位姿检测的方法。

## 2 足球机器人视觉系统

足球机器人视觉系统可分为两种模式:

①分布式视觉系统。每个机器人有自己独立的视觉系统,用于目标的捕捉和自身的定位,足球机器人在运动场景中搜索和识别物体,这是运动视觉的典型应用,视觉子系统还必须考虑景深和3维重建的问题。

②集中式视觉系统。所有的足球机器人共用一个视觉子系统,视觉子系统完成所有目标的定位。集中式视觉系统的视场固定,处理的是2维图像,不需考虑3维问题,它需要从静止背景中识别运动的目标,也属于运动视觉问题,但要求定位多个目标,因此它是一个多目标视觉跟踪系统。

FIRA MIROSOT 机器人视觉子系统属于集中式的机器人视觉系统。MIROSOT 视觉子系统的主要识别对象是机器人、球和场地,而且它的实时性要求很高,需要对所有目标进行实时识别与跟踪,所以 MIROSOT 视觉子系统是一个实时的彩色图像多目标视觉跟踪系统。

图1从工作的过程出发提供了一个简单的系统实现框架。

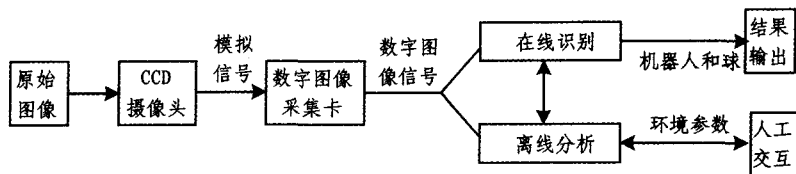


图1 视觉系统的组成结构和工作过程

<sup>\*</sup>)国家自然科学基金:60574076 支持项目。薛方正 博士后,研究方向:智能机器人和仿人智能控制。

### 3 快速位姿检测方法

#### 3.1 色标的比较

视觉子系统识别机器人对象,是依赖机器人顶上的颜色标记来识别的,用不同的颜色特征来区分不同的机器人。一般地,视觉子系统根据机器人顶上的色标块来确定坐标位置 $(x,y)$ 和方向角 $\theta$ ,从而得出机器人的位姿信息。不同的参赛

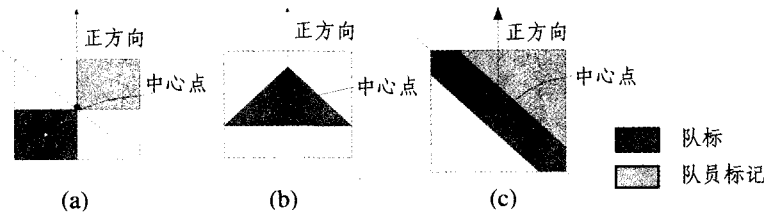


图2 几种色标的设计方案

图2是3种常用色标的设计方案<sup>[6]</sup>。(a)方案缺点是:①该色标是通过队标和队员标记两个色块来确定色标的位姿,一旦其中一个色块识别误差过大或者丢失都会导致整个色标的识别误差增大甚至无法识别。②这种色标是按中心对称分布的,当两个机器人紧挨在一起时,色标会出现粘连的现象,导致两个机器人无法区分开,或者有其他颜色色块靠近时也会发生识别错误的现象。(b)方案的缺点是:机器人的方向角是根据队标的形状进行识别的,然而在实际的图像处理过程中,由于存在诸多的干扰因素,很难识别出一个严格的三角形形状。(c)方案的缺点是:在表示多个机器人时,必须选用多个不同颜色的队员标记,由于颜色数量的增多,颜色之间的相互干扰,都会导致识别的复杂度提高。

#### 3.2 色标设计

文[6]提出了一种新的色标设计方案,逐渐流行于各大学球队,如东北大学、淮海大学均采用这种色标设计方案。色标设计如图3所示。色标尺寸为75 mm×75 mm,分为4个区域,周围留出5 mm以防止不同机器人色标之间的粘连和混色。区域T为队标(70 mm×35 mm),位于色标的中心,根据队标颜色区域可以计算出其质心和角度。区域A为黑色,它与队标决定机器人的方向。区域B和C(37.5 mm×20 mm)为决定队员编号的标识颜色,用4种颜色(black, green, cyan和pink)编码11个机器人,具体编码方法如图3所示,图中箭头方向为机器人正面。其搜索算法采用的是传统方法。

机器人足球实战证明,文[6]的方法在准确性、编码能力等方面都有不错的表现。但仍然没有完全解决色标粘连问题,特别是当机器人侧向碰撞时很容易粘连,且一旦机器人数目增多,其实时性也有一定问题。

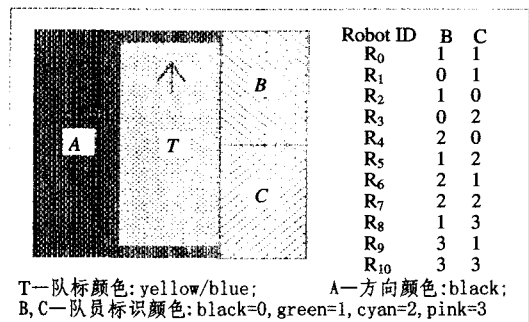


图3 一种色标设计方案

队伍对色标有着各自不同的设计,通常,色标包括两个部分(如图2(a)所示):队标和队员标志。队标主要用于队别的区分,队员标记主要用于队员号的确定。

色标除了用于区分队别和不同的机器人以外,很重要的作用是用于识别机器人的位置和方向角。色标的设计问题一直是足球机器人视觉系统所遇到的一个难题,好的色标设计不仅能提高辨识精度,还能改善系统的实时性和抗干扰性。

受该方案启发,我们设计了一个更简便快捷的色标方案:队标方面,队标依然位于色标的中心,但大小定义为40mm×30 mm,两端为弧形突出(图4);小车编码方面,我们只通过队标和B、C两个区域来决定机器人的角度和号码,不识别A区域,所涉及的颜色有3种(black, green, pink),这样采用两种颜色总共可以对8个机器人进行编码,若需对更多机器人编码,增加颜色数量即可。具体编码方法如表1所示。因此在我方机器人数目少于8个的比赛中,只需要识别三个颜色,用十分廉价的摄像头就可以获得很好的效果。

表1 机器人编码方法

Robot ID	B	C
R <sub>0</sub>	0	1
R <sub>1</sub>	1	0
R <sub>2</sub>	1	1
R <sub>3</sub>	0	2
R <sub>4</sub>	2	0
R <sub>5</sub>	2	2
R <sub>6</sub>	1	2
R <sub>7</sub>	2	1

B、C—队员标记颜色:0表示 black,1表示 pink,2表示 green

##### 3.2.1 队标位姿确定

队标位姿确定首先是要识别组成队标的各个像素的坐标,本文采用基于色块的外接矩形法来识别队标,并提出一种外接矩形的快速获取算法:

**步骤1** 在一帧图像中通过图像分割得到队标区域,进行二值化后,符合队标颜色特征的像素点的值令为1,不符合的令为0,再通过适当步长的网格搜索至少可以得到队标区域中的一个值为1的像素点,以该点作为种子点。

**步骤2** 搜索种子点的8邻域像素点,找到可以和种子点组成2×2的矩形的3个值为1的像素点,这个2×2的矩形即为搜索初始矩形。

**步骤3** 以矩形的上边长上的各点为起始点分别向上搜索,搜到值1点或搜遍该边上所有点后停止,若搜到值1点,矩形向上扩张1;同理以矩形的右边、下边、左边的各点为起始点向各方向搜索。

**步骤4** 循环执行步骤3,直到顺着矩形的上下左右四个方向都搜遍且无值1点,得到队标的最小外接矩形。

(下转第259页)



图3 恢复的结果图

本文对图1采用自己编写的DCT域数字水印算法进行了水印加载,然后进行如图2的攻击,再对恢复得到的图3进行水印提取,结果表明水印能够正确提取。

**结论** 目前大多数水印算法对几何攻击的抵抗能力较差,本文研究了几何矩和Randon变换在数字水印技术中的应用,提出了一种利用图像的Randon变换和几何矩对经过RST攻击的水印图像进行估计的算法,根据估计得出的参数对水印图像进行校正,从而增强了水印算法对几何攻击的鲁棒性。本文进一步完善了此类算法的研究,实验结果表明,该算法估计参数的精度较高,可以很好地抵抗对水印图像的RST攻击。

## 参考文献

1 王耀明. 图像的矩函数——原理、算法及应用[M]. 上海: 华东理

工大学出版社, 2002

- 2 Bum-Soo K, Jae-Gark C, et al. Robust digital image watermarking method against geometrical attacks [J]. Real-Time Imaging, April, 2003, 9(2): 139~149
- 3 刘九芬, 黄达人, 黄继武. 图像水印抗几何攻击研究综述[J]. 电子与信息学报, 2004, 26(9): 1495~1503
- 4 Li Z, Kwong S, Wei G. Geometric moment in image watermarking [C]. Circuits and Systems, 2003. ISCAS '03. 25-28 May 2003. In: Proceedings of the 2003 International Symposium on Volume 2: II-932 - II-935
- 5 Alghoniemy M, Tewfik A H. Geometric distortion correction through image normalization [C]. In: 2000 IEEE International Conference on Multimedia and Expo. ICME2000. Proceedings, 2000, 3(3): 1291~1294
- 6 Liu FeiLong, Wang Yangsheng. Moment invariants based fragile image watermarking [J]. Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, 2004, 21(1): 101~107
- 7 Caldelli R, Barni M, Bartolini F, Piva A. Geometric-invariant robust watermarking through constellation matching in the frequency domain [C]. IEEE International Conference on Image Processing, 2000, 2: 65~68
- 8 Celik M U, Saber E, Sharma G, Tekalp A M. Analysis of feature-based geometry invariant watermarking. In: Proceedings of SPIE-The international Society for Optical Engineering, 2001, 4314: 261~268

(上接第247页)

**步骤5** 在最小外接矩形内部搜索值为1的像素点,记录这些像素点的坐标值。则队标的中心点坐标可由下式求得:

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

$$y_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

其中,  $(x_i, y_i)$  表示搜索到的值为1的像素点的坐标,  $n$  表示搜索到的值为1的像素点的数量。

**步骤6** 确定队标的方向。本文采用文[7]的方法来进行队标方向角的确定。

采用新队标方案后,由于队标的外接矩形没有超出机器人外壳的范围,队标不会发生粘连。而且,队标搜索只在外接矩形内进行,提高了实时性。而实时性正是这类高度动态的实时对抗系统的核心性能之一。

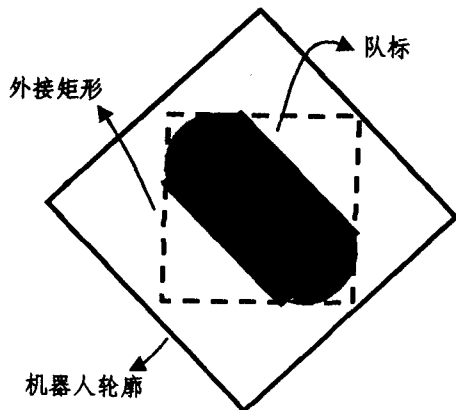


图5 队标及其最小外接矩形

## 3.2.2 机器人号码确定

机器人编码方法及要识别的颜色见表1。

**步骤1** 对一帧图像进行多重二值化,符合颜色1的像素点令其值为1,符合颜色2的像素点令其值为2。既不符合颜色1又不符合颜色2的像素点令其值为0。

**步骤2** 队标中心点坐标和方向现在已知,现在从队标中心点出发,可以找到B区域和C区域的中心点。

**步骤3** 分别以两个中心点为基准找到B、C两个区域的最小外接矩形。

**步骤4** 在两个外接矩形内搜索全部像素点,确定各个像素点的值,然后比较3种像素点的数量,该区域的颜色由数量最多的一种像素点决定。

**结论** 本文提出了一种色标设计方案,并详细阐述了基于色块外接矩形的一种识别算法,该方法已用于实际比赛,识别5个机器人用时低于5mm,大多数识别算法用时至少需要8mm以上,本文的识别算法还从根本上解决了色标粘连导致无法正确识别的问题。

## 参考文献

- 1 Zhang Chunhui, Qu Chen, Gao Dazhi. The Design and Development of Robot Soccer Player. In: International Symposium on Artificial Life and Robotics, Japan, 1999
- 2 洪炳熔, 韩学东, 孟伟. 机器人足球比赛研究. 机器人, 2003, 25
- 3 Zhang Yan-zhen, Yuan Ye, Gong Yu-guo. Vision Recognition in Micro-Robot System Based on Region Projection. Mechanical science and technology, 2001, 20(2)
- 4 Han Xiao-wei, Li Jun-sheng, Li Yan-ping. An approach of color object searching for vision system of soccer robot. In: Proc. of IEEE Int Conf. on Robotics and Biomimetics, 2004
- 5 张杏, 彭晓燕, 陈源. 机器人足球视觉软件的研究与实现. 湖南大学学报(自然科学版), 2003, 30(3)
- 6 彭强, 江浩. 大场地足球机器人视觉子系统及其识别算法. 西南交通大学学报. 2005, 40(2)
- 7 胡英, 赵姝颖, 徐心和. 色标设计与辨识算法研究. 中国图象图形学报, 2002, 7A(12)