

一种足球机器人场地白线的提取方法

孙 虹 尹文庆* 胡 飞 丁永前

(南京农业大学工学院,南京 210031)

摘要 基于折反射原理的全景视觉系统,由于能获得大范围视野的环境信息、因其高实时性和高性价比而被广泛应用在视频监控、视频会议和足球机器人等领域。但是,该系统采用的凸面反射镜,由于存在对场景的压缩而使得实际场景中的一些规则物体(比如直线)的成像存在很大的变形,给提取这些特征带来了困难。而足球机器人比赛场景中的白色标志线是不可多得的参考信息,如果能快速准确地提取出全部或部分白色标志线信息,将给机器人的决策系统提供很大的帮助,从而提高机器人的整体性能。以足球机器人比赛环境为背景,将场地白色标志线的边缘像素点转化到:实际距离和图像像素距离成线性变换关系的图像空间,利用一种结合数字罗盘航向角度信息的 Hough 变换方法提取场地白色标志线信息。试验证明该方法具备很大的可行性。

关键词 全景视觉 Hough 变换 直线提取 足球机器人

中图法分类号 TP391.41; **文献标志码** A

全景视觉系统由于能获得大范围视野的环境信息而得到越来越多的重视。考虑到系统的实时性和性价比等因素,很多应用系统将基于折反射原理的全景视觉系统作为其最重要的传感器,主要用于实现图像采集、目标识别和自定位等任务。基于折反射原理的全景视觉系统主要由摄像机和凸面反射镜和支架等组成。凸面反射镜将环境物体反射的光线反射进摄像机进行成像。根据反射镜是否满足单视点的要求把反射镜面分为两类^[1]:一类是满足单视点特征的反射镜面;另一类是不满足单视点特征的反射镜面。但是不管采用哪一类反射镜面,由于存在对场景的压缩,因此使一些实际场景中规则的物体存在成像变形(比如实际场景中的直线特征在不经过成像中心时在全景视觉系统中的成像是带有一定弧度的曲线),这就给识别这些规则特征带来了困

难。国防科技大学设计的特定的组合反射镜面^[2]能使机器人周围一定范围内的成像实现横向不变或纵向不变,但是这对反射镜的设计和加工精度的要求很高。本文通过对全景视觉系统的距离和角度标定,将实际场景中的直线特征点转化到实际距离和像素距离成线性变换关系的图像空间,并在足球机器人比赛环境下进行试验,利用结合数字罗盘的航向角度信息的 Hough 变换对变换后的图像空间进行直线特征提取。利用先验的数字罗盘的航向角度信息作为直线可能的方向,既弥补了传统 Hough 变换的盲目性,又节省了时间,提高了系统的实时性和准确性。试验表明,该方法能有效提取出机器人一定范围视野内的直线特征。

1 系统总体设计框架

足球机器人比赛场地存在大量的白色边界线,如果能够快速准确地提取出场地上的白色标志线,便会给足球机器人决策系统提供更多更可靠的信息。但是基于采用普通的全景反射镜面的全景视觉系统成像后,这些直线特征在图像上便会呈现出一

2009 年 9 月 23 日收到

第一作者简介:孙 虹(1986—),男,江苏阜宁人,硕士研究生,研究方向:智能检测和智能控制。

*通信作者简介:尹文庆(1959—),湖北人,教授,博士生导师,研究方向:农业机器人,智能检测与控制技术。

定的变形,给特征提取带来了一定的困难。本文提出一种基于距离角度关系变换的方法的标志线识别提取方法。具体的系统设计流程如图 1 所示。

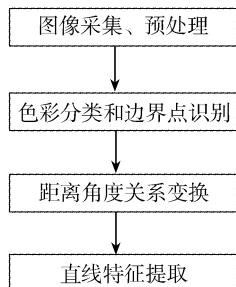


图 1 系统设计流程图

2 颜色分类和白色标志线边界点的识别变换

采用传统的阈值比较颜色分类方法在一些实时性要求较高或需对多种颜色进行分类的场合往往不能满足实时性的要求,因此本文采用基于颜色查找表的颜色分类方法。本文以 RGB 颜色空间为例进行说明,该方法也适合其他的颜色空间。首先对 R、G、B 三个通道分别设置一颜色查找表 $R[256]$ 、 $G[256]$ 、 $B[256]$,其中每一个值 $R[i]$ 、 $G[i]$ 、 $B[i]$ 都是一个无符号的字符型值,每一位代表一种颜色类,即所谓的八通道颜色分类,同时可对八种不同的颜色进行分类,特别适合足球机器人等需同时识别多种颜色目标的识别系统。

具体的分类方法描述如下:

(1) 首先利用视觉软件确定各种需要分类的颜色的阈值范围,以 RGB 空间颜色分类为例,确定一具体颜色类 i 的阈值范围为 $[(R_{i\min}, R_{i\max}), (G_{i\min}, G_{i\max}), (B_{i\min}, B_{i\max})]$ 。

(2) 根据上面确定的各个颜色类的阈值范围,生成对应的颜色查找表。让颜色查找表的下标从 0 开始遍历到最大值,让其中每一个值和阈值范围相比较,如果该值在阈值范围之内,则把该颜色类对应的位置 1,否则置 0。这样对三通道分别遍历后,就得到颜色查找表 $R[256]$ 、 $G[256]$ 、 $B[256]$ 。

(3) 遍历图像上所有需要的像素点,对每一个像素点的像素值 (r, g, b) ,把它们的值分别作为 R、G、B 三通道颜色查找表的索引值,取出三个值 $R[r]$ 、 $G[g]$ 、 $B[b]$ 。最后把这三个值按位相与 $R[r] \& G[g] \& B[b]$ 后便可以得到当前像素点属于哪一颜色类,并作特殊的颜色标记。

本文采用的颜色分类方法只需把当前像素的像素值作为对应通道的颜色查找表的索引值,最后再作一次按位与操作即可,相对于传统的阈值判断方法明显节省了时间,且只需 256×3 个字节的存储空间,便可以实现同时对八种颜色的分类。

为了提取足球机器人比赛场地中的白色标志线,因此只需把颜色分为三类(与上面不一致),即白色类(对应白色标志线和其他白色物体干扰)、绿色类(对应绿色场地)和其他类(既不属于白色也不属于绿色的像素)。如果直接对白色目标像素进行距离角度关系变换,不但要花费大量的时间,同时还有白色墙壁等大量的干扰像素存在,因此只需对白色标志线的边缘像素进行处理即可。针对全景视觉系统成像的特点——以成像中心点为中心对称点,基于 Bresenham 直线生成算法^[3],生成以图像的成像中心点为起点,间隔一定角度的径向扫描线,如图 2 所示,通过这些扫描线探测可能的边界目标点。通过扫描线寻找图像中的绿白过渡点,视该点为白色标志线的边界点,如图 3 所示,这样既可以消除墙壁等白色物体的干扰,而且节省了时间,提高了系统的实时性和准确性。

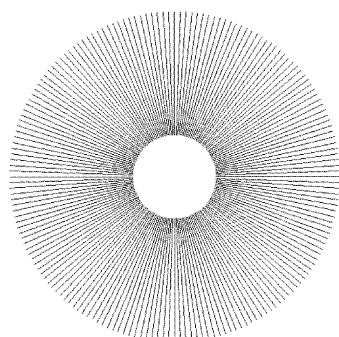


图 2 Bresenham 径向扫描线

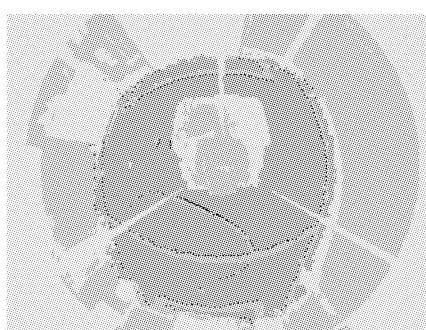
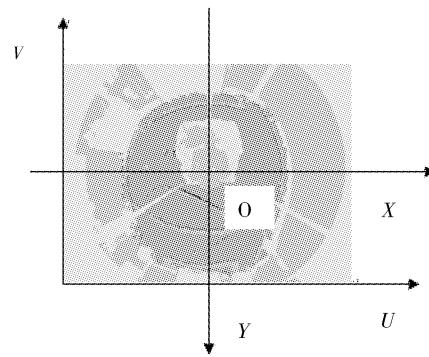


图 3 白色标志线的边界点

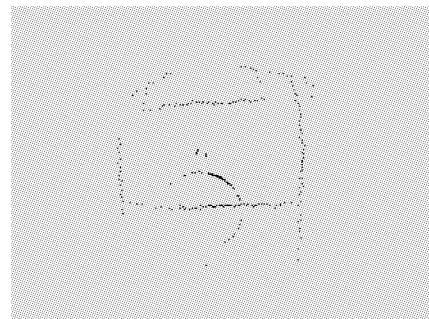
由于直线经过折反射全景视觉系统成像后呈现不同程度的变形,呈一定弧度的曲线,这就给识别这些特征带来了困难。本文根据目标像素点距成像中心点的像素距离与该点对应的实际物点距机器人中心的实际距离之间的关系和它们之间对应的角度关系对白色标志线的边界点进行适当的转换,使其尽可能地恢复直线特征,即将这些边界点变换到像素距离和实际距离呈线性变换关系的图像空间,变换后的图像空间的大小和原图像空间大小相等,为 320×240 。由于硬件条件的限制,全景视觉系统的观察范围有所限制,根据硬件条件的不同而不同。经测试,本文采用的全景视觉系统在4米范围外由于分辨率下降严重导致距离标定不准确,因此只对在4米范围内的目标像素点进行角度和距离变换,根据图4(a)所示的坐标关系,得出式(1)的变换公式。变换结果如图4(b)所示。

$$\begin{cases} u = \frac{\text{realdistx}}{4000} \times 120 + u_0 \\ v = v_0 - \frac{\text{realdisty}}{4000} \times 120 \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中 u, v 为变换后的像素坐标, u_0, v_0 为成像中心点,这里取图像的中点, realdistx , realdisty 为目标像素点在坐标轴方向投影对应的实际距离。本文对机器人周围4 m 范围内的目标像素进行变换。



(a)



(b)

图 4 边界点的距离角度变换(4 m 内)

3 直线特征提取

对4 m 范围内边界点像素台式(1)所示的距离和角度变换以后,基本上能恢复空间直线的特征,这样就可以用已有的方法进行直线特征提取。

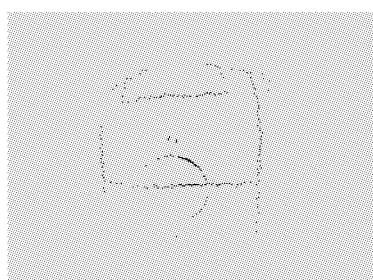
Hough 变换检测直线是利用图像空间和参数空间的点-正弦曲线(参数空间以极坐标形式表达)的对偶性^[4],将图像空间的检测问题转化到参数空间的点的检测问题。传统的 Hough 变换由于需要很长的时间和具有很大的盲目性,因此实际应用时往往需要对其进行改进,以更快更准确地提取出直线特征参数,比如随机 Hough 变换(RHT)^[5]、概率 Hough 变换(PHT)^[6]等。

根据足球机器人比赛环境的特点,本文提出结合数字罗盘的航向角度信息的 Hough 变换直线检测的方法,并与传统的 Hough 变换方法检测直线进行比较,结果如图5 所示。新的方法既降低了传统 Hough

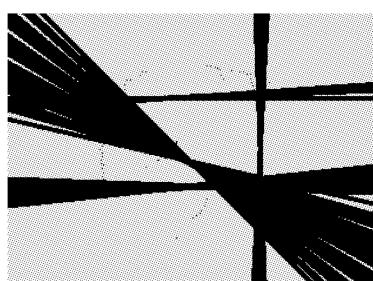
变换检测直线的盲目性,又提高了系统的实时性。



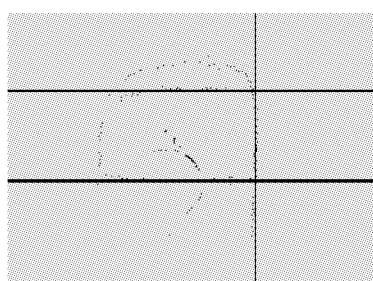
(a) 颜色分类、边界点提取后的图像



(b) 边界点变换后的图像空间



(c) 传统 Hough 变换结果



(d) 加入先验角度信息的 Hough 变换结果

图 5 Hough 变换直线检测结果

算法具体描述如下:

(1) 定义累加器数组大小为 $\text{hough}[\text{angle}][2 \times \text{dist}]$, 这里的角度 angle 大小为 180, dist 为图像对角线的长度, 本文采集的图像大小为 320×240 。因此 dist 大小为 400。

(2) 初始化累加器数组为 0。

(3) 遍历变换后的图像, 当遇到目标像素点时, 根据数字罗盘的航向角信息, 确定当前直线的方向, 即角度 angle 。以该角度计算极坐标的另外两个参数即距离 dist 。将对应的累加器单元 $\text{hough}[\text{angle}][\text{dist}]$ 加 1, 直到遍历所有的图像像素点。这一步是算法的核心, 即利用数字罗盘的航向角度信息确定直线的方向, 而不是对所有的方向进行处理, 这样既节省了时间, 又提高了准确性, 不存在其它角度直线的干扰问题。

(4) 以第三步得到的角度值作为累加器数组的第一维的索引值, 查找累加器中大于一定阈值的单元。该阈值应以边界点的密度, 即扫描线的密度结合具体情况来定。

(5) 提取直线参数并画出该直线以验证算法的效率。

试验结果表明使用加入先验数字罗盘航向角度信息的 Hough 变换检测机器人足球场地的白色标志线继承了传统的 Hough 变换方法的准确性的优点, 如图 5(d) 所示, 而且对传统 Hough 变换方法存在的盲目性(如图 5(c) 所示)进行了改进。同时简化了获取 Hough 变换累加器数组和后期去除干扰的问题, 从而节省了大量的处理时间, 提高了足球机器人的实时性能。

4 结论

本文采用距离和角度变换方法将原图像中白色标志线上的边界点变换到像素距离和实际距离呈线性变化的图像空间, 恢复了空间直线的特征, 然后利用结合数字罗盘航向角度信息的 Hough 变换检测足球机器人场地白色标志线, 该方法在大部分情况下能快速准确地提取出机器人一定视野范围内的白色标志线。对这些标志线作适当的判别后与实际场景进行比较便可以用于机器人的目标识别和自定位等任务, 从而大大提升机器人的整体性能。

(下转第 98 页)

Study of Fingerprint Image Enhancement Algorithm

WANG Ying^{1,2}, SU Cheng-li^{1*}

(Department of Information and Control Engineering, Liaoning Shihua University¹, Fushun 113000, P. R. China;

Department of Mechanical and Electrical Engineering, Fushun Vocational and Technical College², Fushun 113001, P. R. China)

[Abstract] Fingerprint image enhancement has very important using in the preprocessing of the fingerprint image. It is directly restricting the recognition rate and speed of fingerprint recognition. Ordinary image enhancement ways can't fill fingerprint identification system, to improve the ability of fingerprint image enhancement way. A method is presented to enhance fingerprint image and to eliminate noises effectively with optimal Gabor filters. As well as quantify the parameters of filter. Experimental results show that the algorithm can enhance the fingerprint image and make it more convenient for the minutiae extraction. The fingerprint identification algorithm and the rate of the precision can be increased efficiently.

[Key word] fingerprint recognition directional image fingerprint image enhancement Gabor filter

(上接第 93 页)

参 考 文 献

- 1 Baker S, Nayar S K. A theory of catadioptric image formation. In: Proceedings of the 6th International Conference on Computer Vision, Bombay, 1998;35—42
- 2 卢惠民, 刘斐, 郑志强. 一种新的用于足球机器人的全向视觉系统. 中国图形图像学报, 2007;12(7):1243—1248
- 3 Bresenham J E. Algorithm for computer control of a digital plotter.

IBM System Journal, 1965;4(1) :25—30

- 4 Duda R O , Hart P E. Use of the Hough transforma-onto detect lines and curves in pictures. Commun ACM, 1972;15(1):11—15
- 5 Xu L, Kultanen E O. A new curve detection method: randomized Hough transform (RTH). Pattern Recognition Letters, 1990: 331—338
- 6 Eldar K N. , Bruckstein A M. A probabilistic Hou—ghtransform. Pattern Recognition, 1991;24:303—316

Method of Line Detection for Soccer Robot

SUN Hong, YIN Wen-qing*, HU Fei, DING Yong-qian

(College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210031, P. R. China)

[Abstract] Due to the omini-vision system has the advantage of wide scope of environment, real-time ability and low use cost, it has been used in many applications, such as Vedio Monitoring, Vedio Conference and soccer robot. But the deformation caused by itself makes the line detection difficult. Lines in soccer robot environment are the one of the most useful information for robot self - position and other tasks. A method for line detection based on distance and angle transformation is designed. Then use Hough Transform combines with the digital compass information to extract the white lines in the cite of soccer robot. This method is proved by the experiment.

[Key words] omini-vision Hough transfer line detection soccer robot