

基于平移量的机器人灰度图像匹配算法研究

夏 澎,郝卫东

(桂林电子科技大学 机电工程学院,广西 桂林 541004)

摘要: 以利用投影特征将二维数据简化为一维的算法为基础,提出了一种基于平移量的机器人灰度图像匹配算法,以减少计算时间并提高计算效率。本算法实时性强,时间复杂度小。经过实验验证,采用本算法的机器人巡线准确、快速,具有较好的稳定性。

关键词: 图像匹配;巡线;机器人;平移量;特征提取

中图分类号: TN919.82

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2010)13-0076-03

Research of robot gray image matching arithmetic based on move excursion

XIA Peng, HAO Wei Dong

(School of Mechatronic Engineering, Guilin University of Electronic Technology, Guilin 541004, China)

Abstract: This paper proposed a recognition algorithm using grey image matching based on move excursion to decrease the time of computation and raise the matching efficiency. For this algorithm, the one-dimensional data replace the traditional two-dimensional data by using projective features, resulting in good real-time capability and lower complexity. Experiments show that the line-tracking robot with this algorithm has good stability, high accuracy and high speed.

Key words: image matching; detect line; robot; move excursion; character distill

图像匹配技术是数字图像处理领域的一项重要研究,并已在计算机视觉、虚拟现实场景生成、航空航天遥感测量、医学影像分析、光学和雷达跟踪、景物制导等领域得到了广泛的应用。根据已知模式(模板图),到另一幅图中搜索相匹配的子图像的过程,称为模板匹配。图像的模板匹配技术可以分成直接基于灰度值的方法以及基于特征提取的方法两大类^[1]。特征提取方法涉及大量的几何与图像形态学计算,计算量大,没有一般模型可遵循,需要针对不同应用场合选择各自适合的特征。但是,所提取出的图像特征包含更高层的语义信息,许多此类方法具有尺度不变性与仿射不变性,如兴趣点检测或在变换域上提取特征,特别是小波特征可实现图像的多尺度分解和由粗到精的匹配。由于基于灰度值相关的方法简单易行,并且其数学统计模型以及收敛速度、定位精度、误差估计等均有定量的分析和研究结果^[2],因此,此类方法在图像匹配技术中仍占有重要地位,尤其是机器人巡线领域。本文通过灰度算法的比较,提出了一种基于平移量的机器人灰度图像匹配算法。

1 算法提出的思路

基于灰度值的经典匹配方法有两种:(1)归一化的灰度匹配法^[3],其搜索的时间复杂度为 $O(M^2N^2)$ 。(2)是计算灰度模版与搜索子图绝对差值(absolute difference)和^[4],这种搜索的时间复杂度也是 $O(M^2N^2)$ 。这两种算法共同的缺陷是一旦搜索图的灰度发生变化,算法有可能失效^[5],而且时间复杂度高、速度慢、不利于实时操作,特别是诸如在线检测、机器人巡线等需要处理大量视频信号,以实现海量数字图像匹配的场所,图像匹配的质量和速度更显得尤为重要。如何在保证匹配精度的前提下进一步提高匹配速度是目前匹配技术需要解决的迫切问题。为此,本文在 ARM9 处理器 S3C2410 和 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统构成的嵌入式机器人平台上,提出了一种基于平移量的机器人快速巡线控制算法,能够完成自动巡线功能。

本算法的思路如下:首先驱动机器人本体调整直线与图像中心垂线的角度小于一固定阈值,当条件满足,再计算直线与中心垂线的偏移量,继续调整机器人本体所在位置。本算法核心在于两幅平移图像平移值得提

技术与方法 Technique and Method

取,具体事例说明:图1(a)、(b)在横向投影图中两幅图像存在一定的移位,图1(c)中实、虚曲线分别对应图1(a)、(b),从图中可以看出,两条曲线在中间一部分投影非常类似,故而可以通过移位比较得出两幅图的平行偏移量。

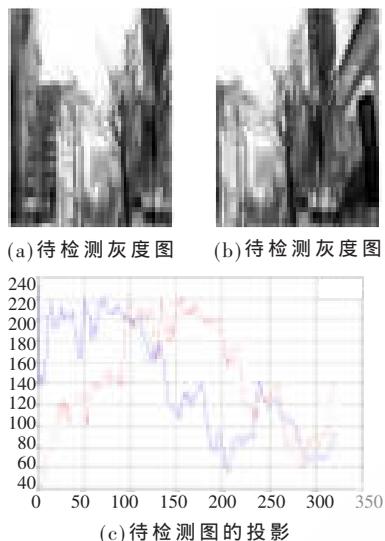


图1 平移检测

2 平移量控制算法的实现

2.1 机器人巡线流程

基于平移量的机器人动态巡线的流程是:首先设定模板特征,提取机器人运动过程中的动态特征,比较动态特征与模板特征获取机器人本体驱动控制参数,即S3C2410中2个PWM控制器输出的占空比,驱动机器人运动。本文平移量控制算法是基于二维投影匹配的,通过动态图像与模板投影曲线类同区域(这里取投影曲线中间1/3)检测两者在一维方向的平移量,从而驱动机器人实现动态寻迹。巡线算法流程如图2所示。

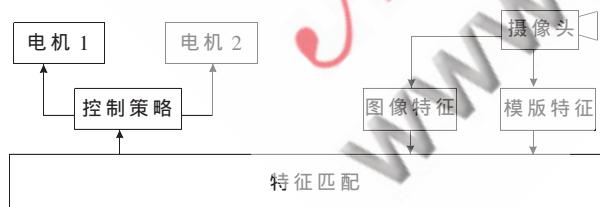


图2 巡线算法流程图

2.2 平移量特征提取

设采集的图像为 $S(i, j)=R^{M \times N}$,将其向 X 轴和 Y 轴两个方向投影,得到2个特征数组 $S_x(j)$ 、 $S_y(i)$,构成了动态图像特征空间 $S^{[6]}$ 。

$$S_x(j) = \frac{1}{J} \sum_{i=1}^I S(i, j) \quad (1)$$

$$S_y(i) = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J S(i, j) \quad (2)$$

其中, $i=1, 2, \dots, I; j=1, 2, \dots, J$ 。

如果设模板特征为 $T(m, n)=R^{M \times N}$,同样将其向 X 轴和 Y 轴两个方向投影,得到2个特征数组 $T_x(n)$ 、 $T_y(m)$,其模板图像特征空间为 T 。

$$T_x(n) = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M T(m, n) \quad (3)$$

$$T_y(m) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N T(m, n) \quad (4)$$

其中, $m=1, 2, \dots, M; n=1, 2, \dots, N$ 。

由于寻迹白线在 Y 轴上的投影随着白线与 X 轴角度的变化不是很大,所以舍弃 Y 轴上的投影空间,将动态图像特征空间简化为 $S \rightarrow S_x(j)$;模板空间同样作此简化 $T \rightarrow T_x(n)$ 。采集到的图像为 240×320 像素的256灰度图,为此待匹配的图像投影特征 $S_x(j) = \frac{1}{240} \sum_{i=1}^{240} S(i, j)$,模块特征的源图像在机器人开始寻迹之前采集,相应的投影数组作为一固定模板,在运动过程中保持模板的一致性。将模板投影特征记为:

$$T_x(n) = \frac{1}{240} \sum_{m=1}^{240} T(m, n) \quad (5)$$

2.3 特征匹配

机器人偏离所寻白线时,摄像头采集到的图像就模板图像发生近似左右平移,此时其对应的特征曲线也左右平移。然而由于两端的图像发生了移入或者移出,所以在特征曲线的两端不具有相似性,在进行特征匹配时,只能选取特征曲线中间的一段。为此要提取动态图像投影特征数组和模板图像投影特征数组中各自相应的子区间的值进行匹配,模板特征取区间为 $[n/3, 2n/3]$ (式(5)中, l 为投影特征数组总长,值等于图像宽度),用向量 \vec{l}_0 表示。同样也要在采取到的动态图像提取匹配子特征数组,该数组长度与模板特征的投影子特征数组长度一致,但动态图像匹配子特征与全部特征的起始位置不同,自全部特征数组中位左右平移,获取待匹配子特征。为评价匹配结果,定义2个误差数组:

$$dtr(k) = \sum_{l_0} |T_x(\vec{l}_0) - S_x(\vec{l}_0 - k)| \quad (6)$$

$$dtr(k) = \sum_{l_0} |T_x(\vec{l}_0) - S_x(\vec{l}_0 + k)| \quad (7)$$

式中: $k=1, \dots, [n/3]+1, [n/3]$ 为对目标数取整。

然后,获取2个误差数组中的最小值:

$$\min l = \min(dtr(k)) \quad (8)$$

$$\min r = \min(dtr(k)) \quad (9)$$

如果 $\min l < \min r$,则图像发生了左移,机器人发生了右偏;反之, $\min l > \min r$,则图像发生了右移,机器人发生

技术与方法 Technique and Method

了左偏。 $\min l$ 或 $\min r$ 取得最小值的 k 值就是图像的偏移量,也代表了机器人的偏移量。图像左偏时, k 为正值;图像右偏时, k 为负值。在后续控制策略中, $\min(\min l, \min r)$ 对应的 k 值将直接用于机器人的反馈控制参数。

3 试验结果

3.1 控制策略的 PWM 输出试验

为检测试验平台的效果,首先确定检测到的平移量与 PWM 输出的对应关系,本系统用示波器检测特定角偏移量的 PWM 输出。通过将 PWM 输出脚接入示波器的 CH1、CH2 通道获取特定的平移量对应的 PWM 输出,输出的上方方波对应于左偏移量(取负值),下方方波对应于右偏移量(取正值)。核心板 TIME 的 PWM 发生器频率配置为 500 Hz,示波器测定频率均为 $496 \text{ Hz} \pm 1 \text{ Hz}$ 。

通过测得不同平移量对应的 PWM 图可得到两者之间的关系。平移量与相应控制策略下 PWM 输出的对应关系如表 1 所示。

表 1 平移量与 PWM 对应关系

平移量/mm	左电机 PWM 电压/V	右电机 PWM 电压/V
-104	3.31	0
-84	3.31	1.34
-53	3.31	2.29
-30	3.31	2.76
-16	3.31	3.01
0	3.31	3.28
16	3.02	3.28
31	2.80	3.28
53	2.32	3.28
84	1.40	3.28
104	0	3.28

从表 1 可以看出,当机器人本体左偏(取负值)时,随着偏移量的加大(-104~0)驱动右电机 PWM 电压输出将逐步减小,同样当机器人本体右偏(取正值)时,随着偏移量的加大(0~104)驱动左电机 PWM 电压输出减小力度将逐步增大,从而将机器人本体回归到偏移量为零的位置,运用此算法的机器人具有较高的反馈能力。

3.2 现场试验结果

试验场地:宽度为 30 mm,围成的正方形大小为:500 mm×500 mm,循线总长为 16 个方格,即 8 m。在启动试验平台之前要调整摄像头视角,如果视角太大其循线精度很难保证,甚至会脱离预期的轨迹。经过试验验证,当摄像头摄制的图像在一个方格之内,此时摄像头光轴与地面夹角大约为 60° ,其循线可靠性及精度能够得到很好地保证。经过多次调试和运行,机器人巡线稳定、快速,巡线过程中没有出现纠偏不足、纠偏过度及纠偏过

于频繁的现象。机器人根据导引线指示的路径很容易地实现了自主移动,完成了前进、转弯等动作,并最终巡线到达了指定的位置,行走过程中左右偏移误差小。实验效果图如图 3 所示,左右偏移误差曲线图如图 4 所示。由此可以看出,本试验中的巡线机器人达到了很好的效果。



图 3 实验效果图

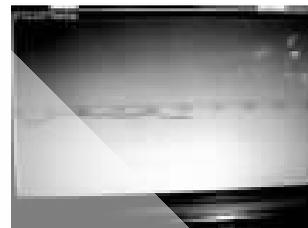


图 4 左右偏移误差曲线图

上述实践效果证明,本文提出的平移量算法能够很好地实现机器人巡线行走。由于采用了摄像头采集图像以消除环境、光、场地等影响,极大地提高了引导线和场地颜色的分辨率。在数据处理上采用了 ARM9 核的 S3C2410 处理器,数据处理快,基本能够满足实时性的要求,与传统的其他巡线技术相比,该巡线算法实时性、快速性和控制精度更强。因此,本文所采用的平移量巡线算法是其中一种行之有效的巡线算法,对机器人快速巡线的研究有一定的参考意义。该技术可推广应用于机器人比赛、自动化无人工厂、仓库、服务机器人等领域。

参考文献

- [1] 李强,张钺.一种基于图像灰度的快速匹配算法[J].软件学报,2006,17(2):216-222.
- [2] BARNES D I, SILVERMAN H F. A class of algorithms for fast digital image registration[J]. IEEE Trans on Computers, 1972,21(2):179-186.
- [3] 余莉,王润生.基于多尺度变形模板的目标检测与识别[J].计算机研究与发展,2002,39(10):1325-1330.
- [4] 杜志国,薄瑞峰,韩炎.基于投影特征的图像匹配的快速算法[J].华北工学院测试技术学报,2000,14(1):18-20.
- [5] 蒋晓瑜,黄应清.基于小波变换的多分辨模板匹配[J].中国图像图形学报,2000,5(4):304-308.
- [6] 孙远,周刚慧,赵立初,等.灰度图像匹配的快速算法[J].上海交通大学学报,2000,34(5):702-704.

(收稿日期:2009-11-14)

作者简介:

夏澎,男,1983年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式机器人系统。

郝卫东,男,1964年生,高级工程师,主要研究方向:嵌入式机器人系统。