

文章编号: 1006-2467(2009)06-0871-04

探测车基于可视路标的全局定位

庄惠敏, 曹其新

(上海交通大学 机器人研究所, 上海 200240)

摘要: 基于全景视觉的定位系统采用可视人工路标作为定位依据. 为避免复杂的路标制作过程, 提高导航的灵活性和方便性, 采用简单的彩色立方体作为定位路标. 同时, 为避免路标的误识别导致误定位, 提出了利用路标组特征匹配的方法, 提取路标组中具有尺度不变性和旋转不变性的路标组特征进行路标识别, 且利用路标组里的路标信息通过 3 点定位原理得到探测车当前的位置, 结合人机交互的路径规划判断定位的可信度, 提高定位的正确度, 保证车子的安全性. 通过软件仿真和现场实验, 证明了该视觉定位系统可避免以往基于可视路标定位存在的不稳定性, 大幅度减少了定位错误概率.

关键词: 全景视觉; 定位系统; 路标识别; 定位算法

中图分类号: TP 242.62 **文献标识码:** A

Global Localization of Explorer Based on Visible Landmarks

ZHUANG Hui-min, CAO Qi-xin

(Research Institute of Robotics, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: In order to realize explorers' visual navigation mission, localization is required. The omni-directional vision system uses artificial landmarks to realize self-localization. Simple color cubes are used as artificial landmarks to avoid complex landmarks making. The method of matching based on group features is used to identify different landmarks because a group of landmarks has the features with scale invariability and rotation invariability. The position of the explorer is obtained according to groups of landmarks using the theory of three-point localization. The planned path is used to judge whether the localization is right. The localization system uses simple landmarks with unique rules and conditions to realize self-localization, avoiding the instability of the previous localization based on landmarks, decreasing the mistakes of localization.

Key words: omni-directional vision; localization system; landmarks recognitions; location algorithm

理解和适应环境是探测车的智能表现和主要任务, 而视觉传感器在探测车和自主移动机器人导航中的应用越来越成为研究的热点. 定位可分为在已知地图和未知地图中的定位, 一般都是通过提取和

匹配环境特征(人造或自然的特征)完成定位. Grenier 等^[1]则给出一个基于全景视觉的自然路标选择方法, 在该方法中, 根据图像中的不同区域, 分割出诸如墙角、边缘、门等静止区域作为路标. 对于可视

收稿日期: 2008-04-22

基金项目: 教育部重大项目培育资金项目(708035)

作者简介: 庄惠敏(1981-), 女, 福建厦门市人, 硕士生, 主要研究方向为基于全景视觉的机器人导航研究.

曹其新(联系人), 男, 教授, 博士生导师, 电话: 021-34206790; E-mail: qxcao@sjtu.edu.cn.

人工路标,Becker 等^[2]使用绑缚在屋顶包含一个由白色和黑色小片组成的正方形网格路标.Jose 等^[3]则按已知即定关系在地上放置 2 个长方形平面路标,利用全景视觉识别路标方向和位置进行机器人自定位.

本文介绍基于全景视觉的路标定位,采用简单的彩色立方体为人工路标,利用颜色信息和路标之间的位置关系进行路标识别和匹配^[4],再利用 3 点定位算法得到车子的当前位置信息.为防止路标的误识造成定位错误,通过人机交互界面辅助设定路线判断定位的准确度.该定位方法避免了以往基于可视路标定位的不稳定.本文中探测车的探测区域是一个未知的环境,由双目视觉和全景视觉组成其视觉导航系统,其中双目视觉用于前方障碍物的探测,全景视觉则采用可视人工路标进行全局定位,辅助进行车子的路径规划.

1 路标识别与匹配

通过彩色图像分割将全景图像划分成不同的区域,每个区域的特征按以下内容进行存储:边界点、面积(即像素数目)、颜色信息(LUV)、区域编号.根据路标的颜色信息得到每幅图像中的路标信息,包括大小、相对于车子的位置(距离和方向).但是仅根据路标的特征进行匹配来判断不同图像中的路标是否为同一标志物是不准确的,因为每个路标放置的实际位置未知(不能根据位置判断是否为相同的路标),而且车子有可能同时看到 2 个相同特征的路标(例如红色色块),如此会造成错误的路标匹配.如图 1 所示,路标 1 与 1' 的特征信息是相似的,但实际上它们是 2 个不同的标志物.

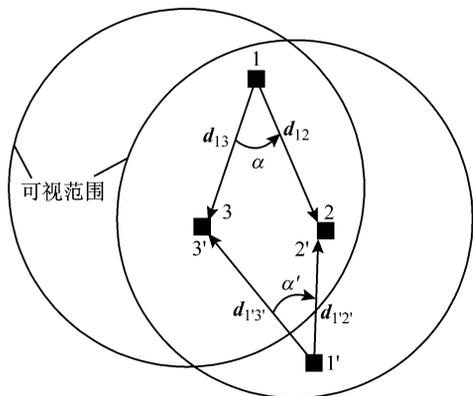


图 1 路标组表示

Fig. 1 Description of landmark groups

为了更稳定地提取路标信息并且对路标进行匹配和区分,本文提出一种新方法,把路标分成组,利

用路标组的组特征进行匹配.路标组的提取方式为如图 1 所示,以 3 种不同颜色的路标为一组,计算路标 1、2 的距离 $|d_{12}|$ 、路标 1、3 的距离 $|d_{13}|$ 、向量 d_{12} 与向量 d_{13} 的夹角.采取该方式提取路标组有以下 2 个好处:

(1) 尺度不变性.路标是放置在平面上的,可以根据摄像机的距离标定结果得到路标对车子的相对位置,计算相对静止路标间的距离.当然,测量的误差和路标提取的观察误差会引起距离的变动,但是只要在一定允许误差范围内,不会影响该距离的判断.无论路标组距车子远近,它们之间的相对距离是不变的,因此路标之间的距离特征具有尺度不变性.

(2) 旋转不变性.旋转不变性指车子发生旋转运动(即路标组相对车子的方位发生变化),但路标组的组特征不发生变化.需要先确定路标组的主方向,以向量 d_{13} 的方向作为主方向,向量 d_{12} 到 d_{13} 的夹角为 $[0, 180]$,逆时针方向为正,顺时针方向为负,如图 1 所示,为正值,为负值.因为即定路标之间的相对位置关系是不变的,所以不会随着观察角度的变化而变化,据此得到的角度特征就具有了旋转不变性.

图 1 中有 4 个路标,在可视范围内,可以提取出 2 组路标组特征 $(1, 2, 3)$ 和 $(1', 2', 3')$.

路标组特征按三方面描述:用于比较的特征向量 P ,包括 d_{12}, d_{13}, α ;所包含的 3 个通道的色块信息(包括面积 S ,中心点位置 (x, y) ,颜色);3 个色块信息的全局位置坐标信息 (x, y, z) ,用来定位计算.其中,色块的全局坐标信息根据它们相对车子的位置和当前车子的位置而定,以车子起始点为全局坐标的原点,之后的定位和路标的位置信息都是基于该全局坐标系.

根据提取的路标组特征,将连续 2 幅图像中的路标组的特征向量 P 进行比较,当差值小于一定阈值时,2 组标志物视为匹配组.这样可以较准确地得到匹配的标志物,而且可以降低噪声的干扰.图 2 所示为路标匹配流程图.

2 定位过程

2.1 3 点定位法

得到路标组的信息后,根据每个路标组,采用 3 点定位法可以得到车子的位置信息.

3 点定位^[5]是已知 3 个路标的全局坐标以及在机器人局部坐标系中的观察角度,可以计算机器人在全局坐标中的位置.3 点定位的基本算法主要有迭代搜索法、相交圆法、Newton-Rapson 法、几何三

角法. Esteves 等^[6]对这些方法做了比较全面的分析,得出:上述 4 种方法都是针对 3 个路标的情况,且都有一定的局限性;从精度、计算速度和适用范围 3 个方面考虑,相交圆法最好.

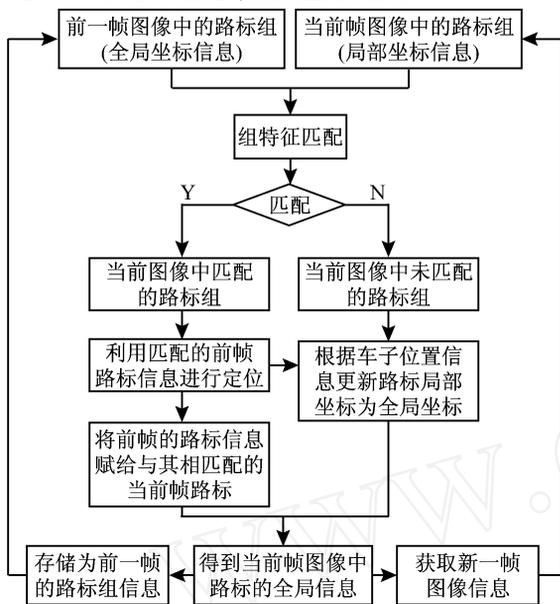


图 2 路标匹配流程

Fig. 2 Flowchart of landmarks matching

相交圆法是利用平面上 3 点确定 1 个圆,也就是每 2 个路标和机器人位置确定 1 个圆,3 个路标就可以和机器人位置确定 2 个圆,而这 2 个圆的交点 1 个是其中 1 个路标,另 1 个就是机器人的位置^[7].

2.2 定位信息处理

根据得到的 n 组匹配路标组信息,可以得到相应的 n 个位置信息.因为得到的路标组可能存在多组,并且可能会产生路标组的识别错误,为避免错误的定位,提高定位的准确度,对得到的 n 组位置信息做以下处理:

Begin

置最大得票数 maxvote 初始值为 - 1

置位置可信度 visflag 初值为 false

置 i 初始值为 0

While($i < n$), 执行以下操作:

{

置该位置的得票率 vote 的初始值为 1 (本身得一票)

分别计算第 i 组位置与第 i 组后面的 $n - i - 1$ 组位置的差值 diff

If (diff < 一定范围 (如位置相差 0.5 m 内,朝向角相差 10°))

{

vote + + (票数累加)

累计位置和 sum,用于计算平均值

}

If (vote > maxvote 或 visflag = false)

{

计算和该定位信息相近的各定位信息的平均值

position = sum / vote

maxvote = vote

if (position 处于可信的范围内或死锁次数 deadlock > 3)

{

visflag 置为 true

将 position 保存到位置静态变量 position_result

}

}

将 i 值加 1

}

If (visflag 为 true)

死锁次数 deadlock 赋值 0

Else

deadlock + + (注: deadlock 为静态变量)

将位置静态变量的值 position_result 赋给全局位置变量 rover_position

END

在上述算法中,利用人机交互设定的路径来判断 position 是否处于可信的范围内,具体判断方法如下:路径的规划函数定义为 PathPlan (start Position, goalPosition),采用动态路径规划方法,即通过人机交互界面给出 goalPosition, rover_position 周期性赋给 startPosition,然后根据路径规划原理给出从 startPosition 到 goalPosition 的路线.根据起始位置和目标位置确定车子行走期间可能出现的位置范围,该范围为以起始点和目标点之间的距离为直径(可以根据需要适当加大直径),2 点距离中点为圆心的圆.由此就能剔除掉一些错误的定位信息.

3 实验结果

3.1 算法仿真

按照 3 点定位原理,利用 Matlab 编写程序对该定位算法进行软件仿真.可在该软件上实现以下功能:设置地图,即设置探测车的行进路线以及环境中用于定位的路标信息;模拟全景摄像机对路标信息的观察情况,假设对路标的观察距离误差为 1 m,路标的可视范围为 8 m;画出计算出的位置信息及其路线,与设置的位置和路线进行对比,如图 3 所示.其中,4 个路标分别放置在 (- 40, - 40)、(- 40, 40)、(40, - 40)、(40, 40) m.

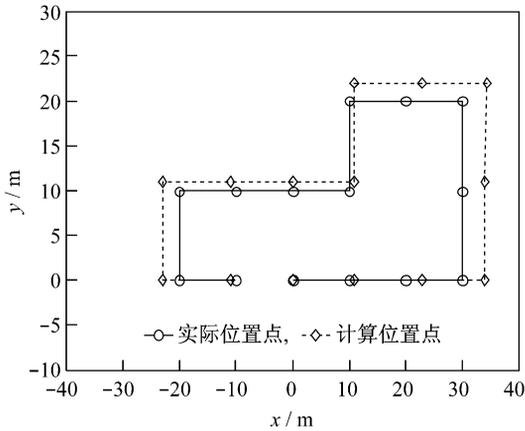


图3 算法仿真

Fig.3 Algorithm simulation

3.2 实验

为方便检验本套视觉系统的功能实现,将整套视觉系统放置在足球机器人运动本体上进行实验,实验装置见图4,左图为全景视觉和双目视觉组成的视觉系统;右图为将视觉系统装置和视觉控制箱一起安置在足球机器人运动本体上的整套实验设备。

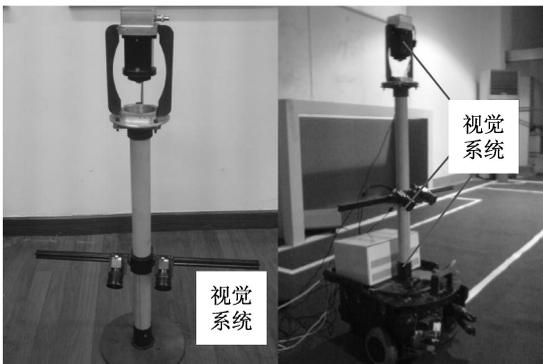


图4 实验设备

Fig.4 Experimental device

该实验的目的是检验本文所采用的全景视觉定位方法。实验过程为:在10 m × 8 m的场地上放置4个路标(2个红色、1个蓝色、1个黄色),机器人从场地中央出发,并以初始位置为全局坐标原点;用米尺测量,在场地上先将需要测量位置的点做一定的标记;将机器人由起始位置开始,按行进顺序分别记录在每个标记点处得到的机器人位置。表1所示为得到的实验数据。由实验数据可知,排除了错误定位后,最大定位误差在1 m左右,满足探测车的探测需求。

4 结语

本文利用可视人工路标定位的方法,为了导航的灵活性和方便性,选择简单的彩色立方体作为定位的人工路标。将简单的路标识别所带来的错误通过路标

组特征匹配和位置点可信度判断进行剔除,最终实现基于全景视觉图像的车子自定位功能,和路径规划相辅相成,完成探测车的全局视觉导航任务。

表1 定位实验数据

Tab.1 Experimental data of localization

标号	路径点坐标/(mm,mm)	实际测量坐标/[mm,mm,(°)]
1	(0,0)	(0,0,0)
2	(0,1 000)	(168,1 230,-12)
3	(0,2 000)	(445,2 467,-2)
4	(0,3 000)	(207,3 221,-1)
5	(0,4 000)	(1 175,4 044,-10)
6	(-1 000,4 000)	(447,4 412,79)
7	(-1 000,3 000)	(-979,3 612,156)
8	(-2 000,3 000)	(-2 419,3 613,87)
9	(-2 000,2 000)	(-2 499,2 415,175)
10	(-2 000,1 000)	(-2 636,1 474,179)
11	(-1 000,1 000)	(-1 151,1 275,-90)
12	(-1 000,0)	(-1426,152,179)
13	(-1 000,-1 000)	(-1 482,-1 057,176)
14	(-1 000,-2 000)	(-1 297,-2 293,179)
15	(0,-2 000)	(328,-2 239,-87)

参考文献:

- [1] Greiner R, Isukapalli R. Learning to select useful landmarks[J]. *IEEE Trans on Systems, Man and Cybernetics*, 1996, 26(3): 437-449.
- [2] Becker C, Salas J, Tokusei K. Reliable navigation using landmarks[C]// *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation*. Nagoya, Japan: IEEE Press, 1995: 401-406.
- [3] Gaspar J, Victor J. Visual path following with a catadioptric panoramic camera[C]// *Int Symp on Intelligent Robotic Systems (SIRS '99)*. Coimbra, Portugal: IEEE Press, 1999: 139-147.
- [4] Lin C, Tummala R. Mobile robot navigation using artificial landmarks [J]. *Journal of Robotic Systems*, 1997, 14(2): 93-106.
- [5] Thrun S. Finding landmarks for mobile robot navigation [C]// *IEEE International Conference on Robotics and Automation*. Leuven, Belgium: IEEE Press, 1998: 958-963.
- [6] Esteves J S, Carvalho A, Couto C. Generalized geometric triangulation algorithm for mobile robot absolute self-localization[C]// *Proc of the 2003 IEEE International Symposium on Industrial Electronics*. Rio de Janeiro, Brazil: IEEE Press, 2003: 346-351.
- [7] 魏芳,董再励,孙茂相,等.用于移动机器人的视觉全局定位系统研究[J]. *机器人*, 2001, 23(5): 401-403. WEI Fang, DONG Zai-li, SUN Mao-xiang, et al. A vision global location system technique for mobile robots[J]. *Robot*, 2001, 23(5): 401-403.