

文章编号: 1002-0446(2000)03-0207-04

自主移动机器人激光全局定位系统研究

董再励¹ 王光辉² 田彦涛² 朱 枫¹ 洪 伟²

(1. 中国科学院沈阳自动化所机器人学开放研究实验室 沈阳 110015;

2. 吉林工业大学信息科学与工程学院 长春 130025)

摘 要: 本文介绍了我们研制开发的一种用于自主移动机器人的激光全局定位系统, 重点描述了该系统的硬件结构和工作原理, 介绍分析了定位算法. 文章最后介绍了该定位系统在实验室条件下所进行的实验. 实验结果表明: 该系统具有较高的定位精度和抗干扰能力, 是自主移动机器人理想的定位工具.

关键词: 移动机器人; 激光; 全局定位; 实验研究

中图分类号: TP24 **文献标识码:** B

1 引言

自主移动机器人(Autonomous Mobile Robot)的一个基本功能是可以自我确定自身在环境中的位置(定位). 这就使得 AMR 无论是在结构化或非结构化环境中, 机器人都可以确定自身与周围环境的位置关系, 得以根据任务作出正确决策和路径选择. 因此定位技术对 AMR 实现自主功能是必不可少的.

目前, 应用于 AMR 的定位方法有很多. 如借助里程计、方向计等内部传感器定位; 借助超声、激光测距仪等主动传感器定位; 以及通过摄像机等视觉传感器实现定位等. 在结构化环境中, 一般是在环境中预先建立电磁、可视路标或特殊地貌等已知信标, 机器人通过检测信标的位置关系来确定自身位置, 而与具体的外部环境无关.

本文所提出的全局定位系统是我们自行研制和开发的. 该系统采用主动激光扫描定位方法, 利用已知合作路标和定位系统扫描这些路标得到的方位角来计算机器人在参考系下的位置和走向. 这种定位系统, 已成功地应用于多移动机器人实验平台, 取得了较好的定位效果.

2 激光全局定位系统工作原理与结构

激光全局定位传感器机构原理如图 1 所示. 传感系统由旋转机构、反射镜、激光器、光电接收和数据采集与传输等部分组成. 工作时, 激光经旋转镜面机构向外发射, 当扫描到由后向反射器构成的合作路标时, 反射光经光电接收器件处理作为检测信号, 启动数据采集程序读取旋转机构的码盘数据(目标的测量角度值). 通过通讯传递到上位机进行数据处理, 根据已知参考路标的位置和检测信息, 就可以计算出传感器当前在路标坐标系下的位置和方向.

图 2 为全局定位系统的系统结构框图. 底层为单片机系统, 管理定位传感器的旋转机构和激光发生器的启停, 合作目标返回激光脉冲的光电信号处理, 码盘数据读取和通讯. 为增强系统对环境光的抗干扰能力, 采用了可调制激光器. 当传感器检测到合作路标时, 反射激光束使

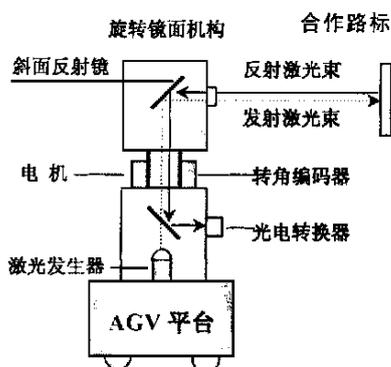


图1 激光全局定位系统机构原理图

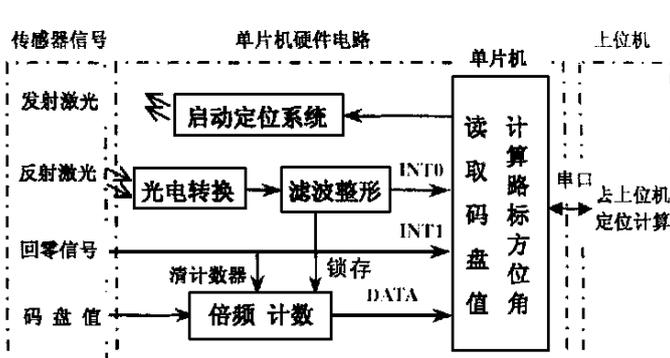


图2 激光全局定位系统结构框图

光电转换器工作,产生接收调制脉冲信号.此信号经过滤波整形后作为捕捉信号,锁存码盘读数,同时向CPU申请中断,读取码盘计数值并计算出当前路标的方位角.滤波整形电路的另一个作用是:当由于自然光或灯光的直射而使光电转换器工作时,它可以根据信号频率的不同将其滤除而不产生中断,以提高系统的抗干扰能力.为提高角度分辨率,转角编码器的数值经倍频计数器转换为16位计数值,每度计数值为84,这样定位系统的最小角度分辨率可达到 0.012° .旋转镜面机构每转一周,由传动机构发出一回零信号使计数器清零,以保证码盘计数器只记录扫描一周内的路标角度位置读数.同时告诉CPU获取数据的起点.旋转镜面机构由电机驱动,旋转可达每秒10周.以满足机器人行走时的位置采样速率.

单片机与上位机之间采用串行通讯.上位机为车载数据处理机,以发送命令方式控制定位传感器的启动和接收单片机传输的路标角度数据.并根据这些信息和已知路标地图,计算传感器的当前位置和方向.单片机利用回零中断通过中断方式将一周采集数据传送给上位机.

3 全局定位算法和位置计算

机器人全局定位算法多种多样,一般可分为几何定位和视角定位两种.激光全局定位系统依靠机器人初始位姿信息(起始坐标和方位 X_0, Y_0, θ_0)和时刻对合作路标方位角的检测来计算自身在全局坐标系中的位置和方位,是一种视角定位方法.

视角定位算法原理,假设检测到合作路标数为3个(M_1, M_2, M_3),机器人所在位置为 R ,则由各路标方位角可求出机器人到各路标连线间的夹角 α_1, α_2 .此时,机器人定位便转化为一个简单的平面几何问题,利用平面几何设计位置求解的方法可以有多种,实际上在上述已知条件下,各种计算方法都是等效的.最直接的定位计算方法就是利用同弧圆周角相等原理,如图3所示,机器人位置被约束在两段圆弧上,求其交点,便可唯一确定机器人坐标 $R(X, Y)$.

理论上只要有3个路标便可实现机器人定位,但是由于传感器所测路标方位角不可避免地存在误差,从而导致机器人定位的不确定性.如图4所示,当测量角存在误差时,机器人位置解为一个区域,而不是一点.此外,路标个数及摆放位置对定位精度也有一定影响.当路标个数增多时,系统冗余信息较多,定位精度及抗干扰能力明显提高,不致因个别路标被遮挡而无法定位.

为充分利用系统冗余信息,定位算法在具体实现上,取有效合作路标的排列组合列写方

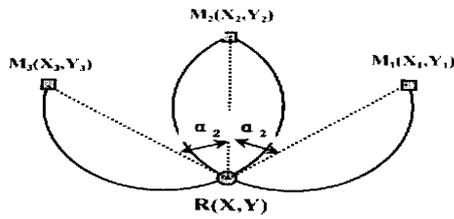


图 3 仅 3 个路标时的定位方法

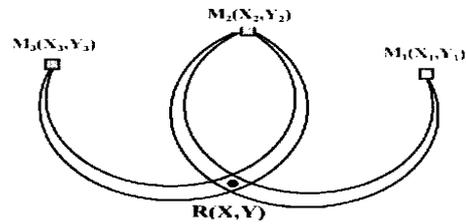


图 4 测量角误差引起的定位误差

程. 设获取路标个数为 N , 则可得 C_N^2 个方程. 此时, 方程组一般无解, 可利用最小二乘法求取机器人位置的最佳解.

激光全局定位系统的定位算法流程如下:

- (1) 给定工作域中所有合作路标的参考位置.
- (2) 确定系统各坐标系(全局坐标系, 机器人坐标系, 定位传感器坐标系)的初始映射关系.
- (3) 确定全局定位系统的起始位置和方向(X_0, Y_0, θ_0).
- (4) 给定路标角度匹配阈值, 启动全局定位系统.
- (5) 读取合作路标在当前时刻的方位角.
- (6) 传感器路标与地图路标在给定的初始条件下进行匹配, 提取出一组有效的传感器路标.
- (7) 应用视角定位算法求出机器人位姿的最小二乘解, 即传感器系统的当前位置和方向.
- (8) 更新机器人位姿信息, 即用当前的位姿参数(X_t, Y_t, θ_t)代替原有的位姿参数.
- (9) 若系统连续运行, 返回(5), 否则关闭定位系统.

4 全局定位系统实验研究

我们在实验室环境下将激光全局定位系统安装在移动机器人平台上进行了一系列实验, 验证系统在各种情况下的定位精度及抗干扰能力. 本文中只给出部分实验数据. 首先, 设定机器人初始位置和方位角为(20, 30, 5), 共实验 6 次, 后 4 次分别遮挡了部分路标. 然后, 将机器人移动到点(40, 40), 并使机器人反转 5° , 再实验 6 次, 其实验数据如表 1、表 2 所示.

表 1 激光全局定位系统实验结果(20, 30, 5)

单位: mm

实验次数	路标 1	路标 2	路标 3	路标 4	路标 5	定位结果(X, Y, θ)	定位误差($\Delta X, \Delta Y, \Delta \theta$)	
路标匹配结果	1	39.95	95.23	195.34	256.59	309.76	17.4, 30.5, 5.05	2.6, 0.5, 0.05
	2	40.06	95.31	195.31	256.61	309.77	20.5, 26.1, 5.09	0.5, 3.9, 0.09
	3	40.00	95.35	195.30	256.64	...	21.2, 29.8, 5.06	1.2, 0.2, 0.06
	4	40.05	95.30	...	256.69	309.67	19.8, 32.6, 5.07	0.2, 2.6, 0.07
	5	39.97	95.35	195.35	26.8, 36.9, 5.05	6.8, 6.9, 0.05
	6	40.00	...	195.39	...	309.69	22.4, 34.8, 5.04	2.4, 4.8, 0.04

由实验数据可以看出: 本系统具有较高的定位精度. 理论上和实践表明, 并非路标个数越多, 定位效果越好. 误差的大小取决于视角测量误差和计算方法所确定解域的变化情况, 同一位置观测到的路标不同, 定位结果可能就不同. 因此, 路标的选择和优化是必须的.

表 2 激光全局定位系统实验结果(40, 40, 0)

单位: mm

实验次数	路标 1	路标 2	路标 3	路标 4	路标 5	定位结果(X, Y, θ)	定位误差($\Delta X, \Delta Y, \Delta \theta$)	
路 标 匹 配 结 果	1	45.08	100.45	200.38	261.18	314.48	37.8, 38.5, 0.07	2.2, 1.5, 0.07,
	2	45.08	100.46	200.36	261.06	314.50	39.9, 37.6, 0.08	0.1, 2.4, 0.08
	3	45.09	100.51	200.33	261.09	...	40.5, 36.1, 0.05	0.5, 3.9, 0.05
	4	45.11	100.50	200.33	...	314.49	42.7, 36.5, 0.05	2.7, 3.5, 0.05
	5	45.04	100.50	...	261.12	...	39.7, 40.8, 0.04	0.3, 0.8, 0.04
	6	45.07	100.55	314.47	43.9, 41.7, 0.05	3.9, 1.7, 0.05

5 结束语

本文中,我们介绍了激光全局定位系统的基本原理及其定位算法.实验结果表明:该系统定位精度高,抗干扰性强,是自主移动机器人的一种理想定位方法.同时亦可满足其他结构化环境中的定位需要.

造成系统定位误差的原因主要有三方面.一是由于系统加工精度造成路标测量角度的偏差;二是路标本身位置不精确;三是路标摆放位置的影响.通过精确测量路标位置及在定位计算中合理选取路标,可大大提高定位精度.

参 考 文 献

- 1 Katz Z, Asbury J. On-Line Position Recognition for Autonomous AGV Navigation Systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 1994, 42(2): 146- 152
- 2 Kokich Sugihara. Some Location Problems for Robot Navigation Using a Single Camera. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 42, 1988. 112- 129
- 3 Sutherland K T, Thompson W B. Inexact Navigation. *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1993. 1- 7

A STUDY OF GLOBAL LASER LOCATION SYSTEM FOR AUTONOMOUS MOBILE ROBOT

DONG Za-li¹ WANG Guang-hui² TIAN Yan-tao² ZHU Feng¹ HONG Wei²

(1. Robotics Laboratory, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, 110015;

2. Information Science and Engineering School of Jilin University of Technology, Changchun, 130025)

Abstract: In this paper, we focus on the structure and operation theory of a laser global location system developed by the personnel in the robotics lab. Meanwhile, the location algorithm is analyzed and given. In the end of this paper, we present some experimental results. The results show that this system has higher location precision and disturbance resistance. It's a desirable location apparatus for autonomous mobile robot.

Keywords: Autonomous mobile robot, laser, global location, experiment study

作者简介:

董再励 (1952-), 男, 副研究员. 研究领域: 机器视觉, 机器人传感器系统, 信号处理等.

王光辉 (1968-), 男, 硕士研究生. 研究领域: 智能机械控制, 机器人定位, 数据融合等.

田彦涛 (1958-), 男, 教授, 博士生导师. 研究领域: 复杂系统优化、建模与控制, 混沌控制等.