

激光扫描全局定位传感器的研究

A Study of Laser Scanning Global Location Sensor

杨翠玲¹ 董再励² 孙茂相¹ 刘艳梅¹

(沈阳工业大学信息科学与工程学院 沈阳110023)¹ (中国科学院沈阳自动化研究所 沈阳110015)²

Abstract In this paper, we introduce a laser scanning global location sensor for autonomous navigation mobile robot. We focus on the structure, operation theory and technology of signal dispose of the laser scanning global location sensor system and gave the location algorithm. In the end of this paper, we carry on some experiments. The results show that this system has higher location precision and disturb resistance. It's an ideal location apparatus of autonomous navigation mobile robot.

Keywords Autonomous mobile robot, Laser, Global location, Sensor, Cooperation landmark

1. 引言

自主导航定位是自主移动机器人(或自主移动载体)的基本功能之一。这种功能可以使自主移动机器人(Autonomous Mobile Robot)在作业环境中,依据自身的感知系统确定自身的位置,从而根据任务作出正确的行为决策和路径选择。全局定位就是通过采集环境中地理或人工标志的感知信息,在线地计算出载体在环境参考系中的位置,使机器人系统可以实现基于环境信息的自主导航定位。因此研究全局定位传感器实现移动机器人的自主导航定位对机器人学的发展和促进移动机器人的应用都具有十分重要的意义。

目前,应用于AMR的导航定位方法主要有两类:相对定位和绝对定位。相对定位^[1]如航迹推测法等,是通过里程计等内部传感器测量机器人相对于初始位置的距离和方向来确定机器人的当前位置。由于存在累计误差,不适于精确导航定位。绝对定位^[1]如超声定位、GPS定位、激光扫描定位^[3]和视觉定位^[4],均是通过测量移动机器人与环境的相对位置来实现导航定位。

激光扫描定位是近年发展起来的一种先进的移动机器人全局定位方法。本文所介绍的激光扫描全局定位传感器系统是通过激光扫描方式检测布置在环境中的已知合作路标^[2]的方位角,根据这些方位角及其所对应的合作路标的地理位置,计算出机器人在参考坐标系下的位置和方向。文章介绍了该全局定位传感器的原理及构成。重点介绍了应用调制信号处理技术实现对环境干扰的滤除、有效路标信号的提取等方法和实现技术,并给出实验结果。实验表明:该全局导航定位传感器工作简便、定位准确、响应速度快、使用可靠,具有很强的实用性。

2. 激光扫描全局定位传感器的原理、构成及信号处理

2.1 定位算法原理

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。本文介绍的激光扫描全局定位传感器采用视角定位原理。定位计算采用基于残差的最小二乘迭代算法^[5]。如图1所示,定义环境参考系为W,设P(x,y)点为传感器所在位置,其起始方向如图所示,路标A、B、C、D的坐标为 (x_1, y_1) , (x_2, y_2) , (x_3, y_3) , (x_4, y_4) 。通过激光扫描可测得各路标方位角(各路标与传感器起始方向所成夹角)为 l_1, l_2, l_3, l_4 ,可得此时各路标间的夹角 l_{12}, l_{23}, l_{34} 。给定P点初始估计值(或前一时刻位置与起始方向),则由下式右边可得该时刻各路标间的夹角 $l'_{12}, l'_{23}, l'_{34}$,两组对应夹角值之差即为角度误差 v_{12}, v_{23}, v_{34} 。得到关系式: $v_{12} + l_{12} = l'_{12} = \arctan \frac{y_2 - y}{x_2 - x} - \arctan \frac{y_1 - y}{x_1 - x}$ (点A与点B之间的夹角方程),同理也可得点B与C、C与D的夹角方程。对这些方程在点 (x_0, y_0) 处进行泰勒展开,忽略高阶无穷小项,整理写成矩阵形式。用最小二乘算法迭代求解P点坐标(x,y),直至迭代误差达到要求的精度为止,求得传感器位置(x,y),同时也可计算出传感器的方位角 θ 。当传感器安装在载体上时,就可得载体在环境中的 (x, y, θ) 。理论上,只要已知三个路标就可进行定位计算,实际上路标的分布对定位精度有很大影响。一般还需要采取路标优化方法^[6]。

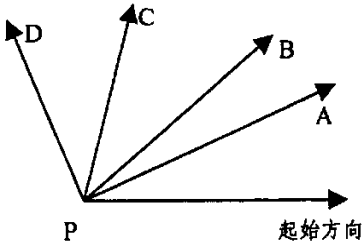


图1 定位计算示意图

2.2 系统工作原理及构成

激光全局定位传感器系统的结构如图2所示,主要由旋转镜面机构、电机、减速器、转角编码器、激光发射器等部分组成激光发射与接收装置。信号采集与处理部分包括:光电转换、滤波整形、倍频记数和单片机系统,其中单片机系统管理旋转机构和激光发生器的启停、码盘数据读取和与上位机间的通讯。采集的路标数据通过串行通讯方式到上位机完成定位计算。其工作原理是:启动定位传感器系统,激光经旋转镜面机构向外发射,当扫描到合作路标时,由该

路标反射回的激光脉冲信号被接收,经光电转换,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,同时向单片机申请中断,由单片机启动数据采集程序读取并存储旋转机构此时的码盘值。为保证码盘计数器只记录扫描一周内的路标方位角数值,旋转镜面每转一周,产生一过零信号使计数器清零。过零中断通过串行通讯,将一周所采集数据传送给上位机进行数据处理,计算出各路标的测量角度值,进行定位计算。

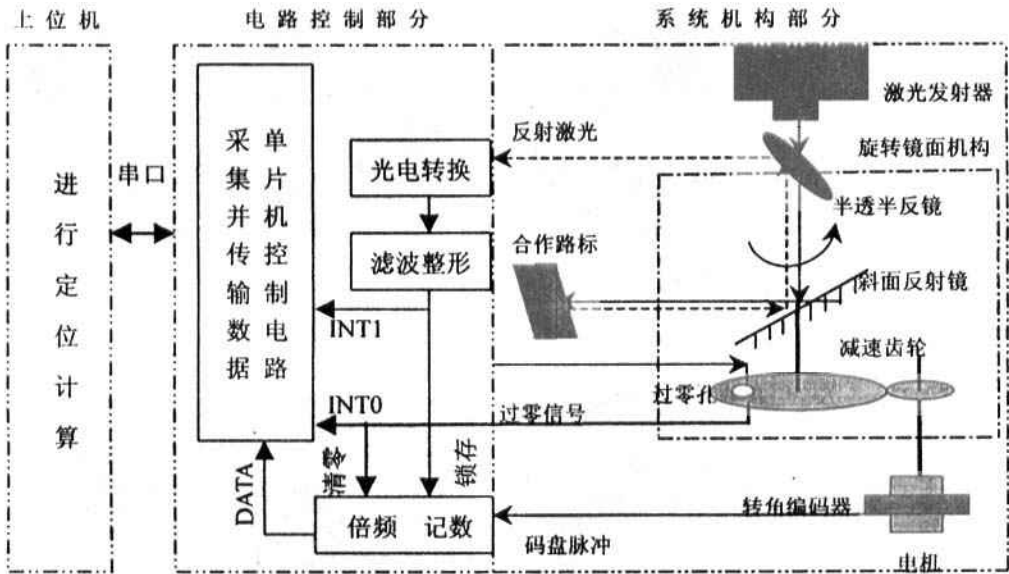


图2 激光全局定位传感器机构及光电原理

2.3 路标信号处理

本文所述定位传感器的研制主要是为了提高导航定位的可靠性、抗干扰性和保证设计的扫描范围及定位精度。为增强路标的识别范围,本系统采用了Ⅲ型激光发射器,并采用高灵敏度光三极管和特殊设计的光接收电路,以保证系统在设计测量范围内能正确接收路标反射信号。为保证反射信号接收的可靠性,提高系统的抗干扰能力,对信号处理采取了必要的技术措施。信号处理流程见图3。由于光接收电路灵敏度很高,当存在环境光(尤其是日光)干扰时,容易产生干扰信号,而使定位计算发生偏差。为

了解决这一问题,该系统采用调制激光信号,调制频率为5.41KHZ,见图(a)。图(b)为采集到的激光信号。本系统使用Linear公司提供的Filter CAD软件针对该频率设计了合理的滤波电路,将非该频率的干扰信号滤掉,提高了系统的抗干扰性。但仍有部分干扰与激光信号混合产生的电信号可经过滤波电路,如图(c)所示,同样产生错误判读。针对这一问题,设计使用了整形放大电路和门限电路,将滤波后所得干扰与有效同时并存的信号整形放大,如图(d)所示,利用门限电路限制该干扰信号,使其不能进入后一级电路。保证了反射信号接收的可靠性,提高了

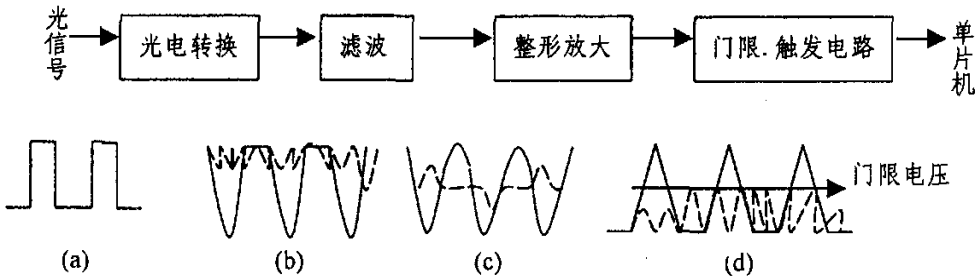


图3 信号处理流程图(实线为有效信号,虚线为干扰信号)

系统的抗干扰能力和定位效果的稳定性。

3. 系统实验及结果

实验主要是测试激光扫描全局定位传感器的抗干扰能力、稳定性及定位精度。实验场地为 20×20 (米), 共用6个CCR(Cubic Corner Reflection)合作路标参与定位计算。将传感器放在定义参考系的(0, 0)位置。使用照度表测量环境光的变化情况。在不同照度和不同距离下使用该定位系统检测各路标的方

位角, 进行定位计算。扫描半径15米。

下面各图给出了部分实验结果。图4、5为同一路标在不同照度下的测量值, 横坐标为测量次数, 纵坐标为路标的测量角度值(单位为度)。图6、7为不同照度下的定位误差图, 横坐标为X轴方向定位偏差, 纵坐标为Y轴方向定位偏差(单位为mm)。结果表明: 本系统定位误差为 $\pm 10\text{mm}$, 角度测量误差为 $\pm 0.1^\circ$ 。

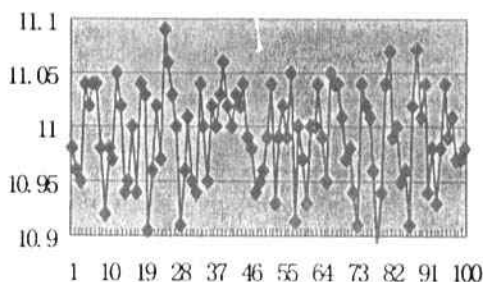


图4 照度为12000lux时的测量值

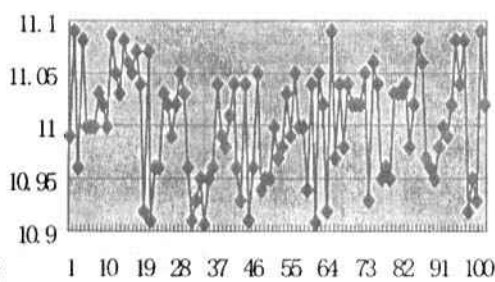


图5 照度为65000lux时的测量值

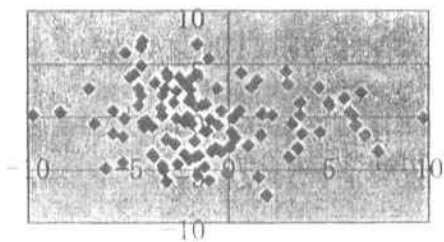


图6 照度为12000lux时定位误差

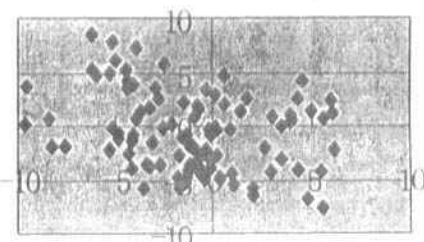


图7 照度为65000lux时定位误差

结束语 本文给出的激光扫描全局定位传感器是在前期研究成果上进行的。主要目的是对导航定位传感器的性能进行改进和提高。这里给出了该传感器的基本构成、工作原理、算法、信号处理及实验。实验结果表明: 该传感器定位精度高, 抗干扰性强, 系统扫描范围至少可达15米, 是自主移动机器人自主导航定位的理想工具。同时亦可满足其他结构化环境中的定位需要。

参考文献

1 Goel P, Roumeliotis S I, Sukhatme G S. Robust Localization Using Relative and Absolute Position Estimates. In: Proc. of the 1999 IEEE/RSJ Intl. Conf. on Intelligent Robots and Systems,

1999. 1134~1140

2 Berke M, Gurvits L. Mobile Robot Location Using Landmarks. IEEE Transaction on Robotics and Automation, 1997, 13(2): 251~263
3 Nishizawa T, Ohya A, yuta S. An Implementation of On-board Position Estimation for a Mobile Robot-EKF Based Odometry and Laser Reflector Landmarks Detection. In: Proc. of the 1995 IEEE Intel. Conf. on Robotics and Automation, 1995. 395~400
4 Berke M, Gurvits L. Mobile Robot Location Using Landmarks. IEEE Transaction on Robotics and Automation, 1997, 13(2): 251~263
5 崔茂源, 董再励, 田彦涛, 等. 一种新的移动机器人全局定位算法. 吉林省自动化学会2000年学术会议
6 郝颖明, 董再励, 等. 移动机器人全局定位中的路标优化选择. 中南工业大学学报, 2000, 31: 479~482