文章编号:1674-7070(2012)05-0437-05

气象要素探测机器人的设计及测距准确度

叶小岭[1]　成羽[1]　胡凯[1]

摘要

将气象传感器引入到机器人系统中,自主研发了一种气象要素探测机器人,该机器人基于 C8051F120 内核,能够实时检测声纳、温度、湿度、气压、风速、风向等气象要素以及机器人自身的位姿,通过对位姿的判断可进一步进行自主导航和环境建模. 采用中值滤波和曲线拟合,可以准确计算气象探测机器人与障碍物的距离,为进一步的研究提供了可靠保障.

关键词

机器人;气象传感器;准确度

中图分类号 TP242.6

文献标志码 A

0　引言

移动机器人的研究始于 20 世纪 60 年代末期,目的是研究应用人工智能技术,在复杂环境下系统的自主推理、规划和控制. 随着研究水平的不断深入和提高,各种各样的新型传感器被应用,移动机器人的应用越来越广泛,特别是在军用和服务领域. 国外比较著名的移动机器人如 NASA 的“索杰纳”火星车机器人和“诺曼德探险者”月球车;美国 Remotec 公司的 Andros 系列机器人;美国 iRobot 公司 Roomba 系列家用机器人等. 国内比较著名的移动机器人如清华大学研制的 THMR 系列移动机器人系统;中国科学院自动化研究所研制的智能移动机器人 CASTIA-I 等[1]. 本文将气象传感器引入到移动机器人系统中,使移动机器人具有探测所在环境实时温度、湿度、气压、风速、风向等气象要素的能力,加上移动机器人本身具有的移动特性,可以在一些人类无法到达的恶劣或未知环境中进行气象要素的检测,来判断环境的危险程度,减少不必要的人身伤害[2-3]. 本文采用中值滤波和曲线拟合的方法对机器人与障碍物之间距离的测量误差进行了处理,获得了准确的测量值,为进一步的导航和建模研究提供了保障[4].

1　气象要素探测机器人的体系结构

对于一个具体的移动机器人而言,体系结构应该具有一定的开放性,通过采用高新技术的传感器和各种先进的算法,可以实现机器人功能上的任意添加,从而保证机器人智能性不断增强.

移动机器人最典型的两种体系结构为分层式体系结构和包容式体系结构. 分层式结构能够较好地解决智能和控制精度的关系,创造一种良好的自主式控制方式,然而由于环境模型的误差、传感器的误差、环境的不确定性、机器人控制系统模型的复杂性等,使得分层式体系结构在灵活性、实时性和适应性方面经常存有缺陷. 针对上述缺点提出的包容式体系结构可以很好地解决这些问题. 包容式体系结构强调模块的独立、平行工作,在行动上可显示出灵活的反应能力和鲁棒性. 有鉴于此,本设计采用包容式体系结构. 包容式体系结构是一种完全的反应式体系结构,是基于感知与行为之间映射关系的并行结构(如图 1 所示). 在包容式结构中,上层行为包含了所有的下层行为,上层只有在下层的辅助下才能完成自己的任务;另一方面,下层并不依赖于上层,虽然上层有时可以利用或制约下层,然而下层的

收稿日期 2011-11-14

资助项目 江苏省产学研联合创新资金-前瞻性联合研究资助项目(BY2011111);江苏省高校优势学科建设工程(传感网与现代气象装备)资助项目

作者简介

叶小岭,女,教授,硕士生导师,主要研究领域为系统优化与控制、智能仪器仪表、计算机应用等. xyz.nim@163.com

1　南京信息工程大学　信息与控制学院,南京,210044

内部控制与上层无关,增减上层不会影响下层.

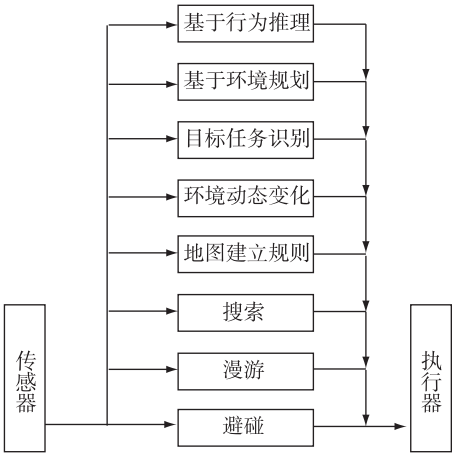


图 1　机器人体系结构

Fig. 1　Architecture of robot

2　气象要素探测机器人硬件设计

气象要素探测机器人平台选用 Silicon Labs 公司的 C8051f120 嵌入式处理器. C8051f120 具有 CIP-51 内核高性能微控制器,采用流水线结构,最高速度可达 100 MIPS,具有 JTAG 接口,可以在线编程调试,片上集成的可编程 16 位计数器/定时器、8 个 8 位宽端口 I/O、5 个 16 位通用计时器等资源非常适合本文研制气象要素探测机器人的需求.

气象要素探测机器人的硬件总体结构如图 2 所示. 机器人采用风速传感器、风向传感器、温湿度传感器 dht11、气压传感器 BMP085 来采集风速、风向、温度、湿度、气压 5 大气象要素,通过超声波传感器检测左前方、前方、右前方的障碍物距离,遵循避障规则,通过 L298 来控制机器人电机进行避障,机器人实时速度通过左、右 2 个光电编码器来获得,通过 RS232 串口通信和无线电台将测得数据发送给上位机,上位机同时也可以对小车进行无线实时控制.

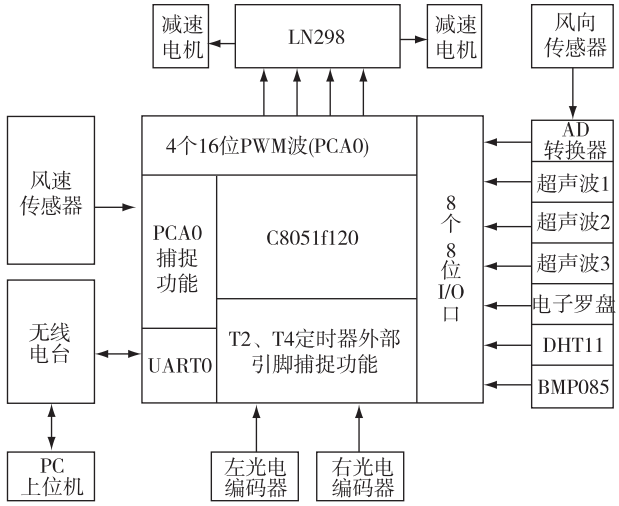


图 2　机器人系统结构

Fig. 2　Structure of robot system

3　气象要素探测机器人的软件设计

为了提高机器人的反应速度、测量的实时性,机器人软件设计时在启动超声波、BMP085 的时钟信号等方面都采用了程序的精确定时来设置所需的最小时间,优化程序,减少测量所需的时间. 气象要素探测机器人的程序流程如图 3 所示.

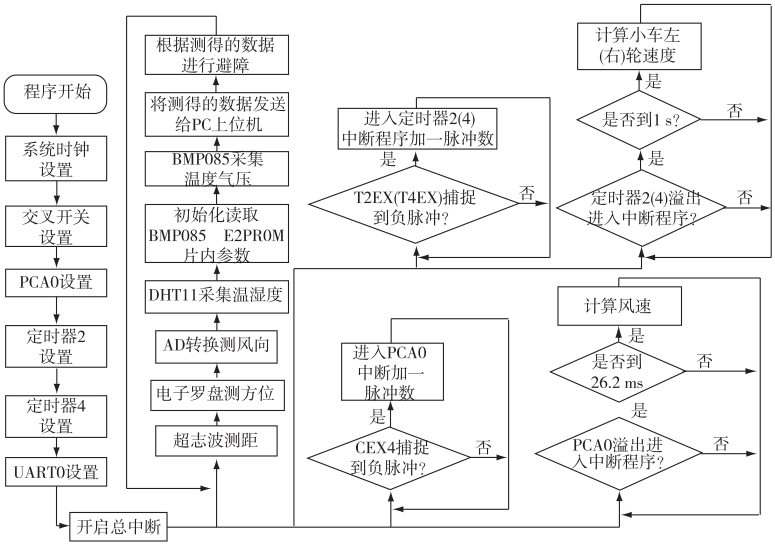


图 3　机器人系统整体流程

Fig. 3　Flow-chart of robot system

4 气象要素探测机器人的上位机

4.1 上位机界面显示

dht11 和 bmp085 传感器都可以检测温度,dht11 的温度分辨率为 1 ℃,bmp085 的温度分辨率为 0.1 ℃. 从图 4 反应的所测数据来看,测温是稳定的. bmp085 的气压分辨率为 0.01 hPa. 风速传感器每个脉冲信号代表 0.88 m/s,风向表示为 16 个方向. 通过多次实验验证,所测的气象数据都是可靠的.

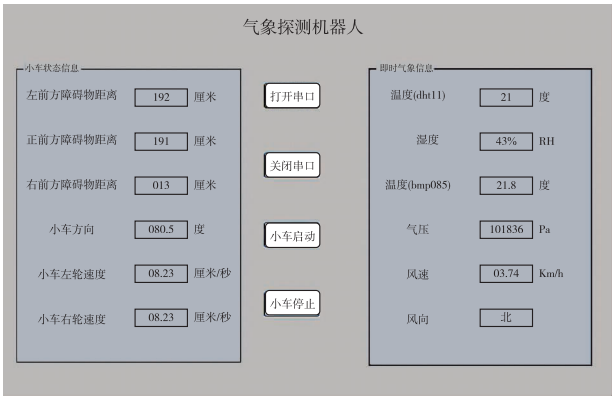


图 4 数据采集界面

Fig. 4 Interface of data acquisition

4.2 超声波传感器数据处理

机器人的避障、环境建模、构建二维地图都建立在超声波所获得的数据的基础上,所以机器人对超声波测量数据的精确性和稳定性都有着很高的要求[5-10]. 本设计中机器人采用的超声波探测分辨率为 0.5 cm,探测误差为 ±5%,探测有效距离为 5 ~ 300 cm,超过 1.8 m 可以探测到直径 2 cm 的物体. 实验中,用机器人对 9 个固定的实际障碍物进行一段时间的测量,每个障碍物采集 1 000 组测量数据,这些障碍物与机器人之间的实际距离值 d_1 = [5,15,31,90,120,191,203,240,300],单位 cm. 测量结果如图 5 所示. 由于数据比较多,图 5 中显示了 d_1 分别为 5、120 和 300 cm 时所测得的数据,横轴表示采样序列,纵坐标表示传感器返回的值.

从图 5 中可以看出,由于环境等因数的影响,超声波测量的数据值存在测量误差. 按照测量误差的特征规律,可将其区分为系统误差、随机误差和粗大误差.

4.2.1 随机误差和粗大误差

超出正常范围的大误差称为粗大误差. 随机误差虽然不具备确定的规律性,但却服从统计规律,其取值具有一定的分布特征. 在采集 1 000 组数据的基础上,本文采用中值滤波来处理随机误差和粗大误差. 之所以采用中值滤波是因为机器人在运动过程中对超声波处理数据的要求是越快越好,中值滤波正是一种快速非线性滤波. 中值滤波是由 Tukey[11] 在 1971 年提出的,其基本原理是把数字序列中某一点的值用该点的一个邻域内各点值的中值来代替. 设一组数 $x_1, x_2, \cdots, x_n$,把这 n 个数按大小排序:$x_{1i} \leqslant x_{2i} \leqslant \cdots \leqslant x_{ni}$,那么此序列的中值为

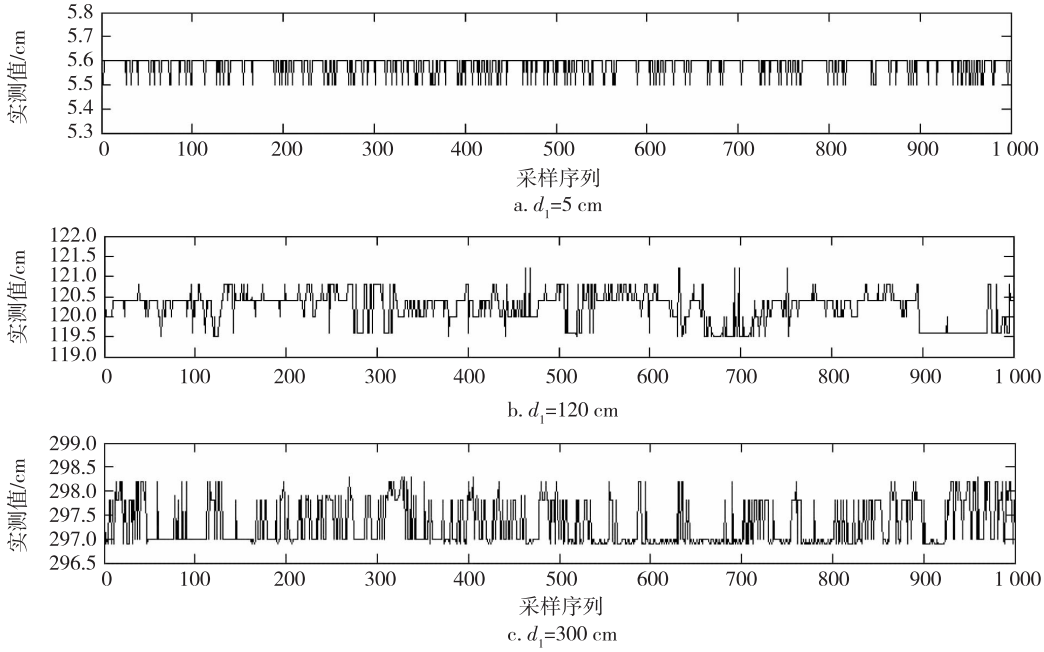


图 5 机器人与障碍物距离分别为 5 cm(a)、120 cm(b)、300 cm(c)时所测数据

Fig. 5 Acquired data with the distance between robot and obstacle as 5 cm(a), 120 cm(b), and 300 cm(c)

$$y = \mathrm{med}(x_1, x_2, \cdots, x_n) = \begin{cases} x_{i[(n+1)/2]}, & n \text{ 为奇数}, \\ [x_{i(n/2)} + x_{i(n/2+1)}]/2, & n \text{ 为偶数}. \end{cases} \quad (1)$$

9 组数据经过中值滤波后得到 d_2 = [5.6, 15.2, 30.8, 90, 120.4, 189.8, 201.4, 237.6, 297], 单位为 cm.

4.2.2 系统误差

在顺次测量的系列测量结果中,系统误差的值固定不变或按某一确定规律变化. 所谓确定的规律是在顺次考察各测量结果时,测量误差具有确定的值,在相同的考察条件下,这一规律可重复地表现出来,因而原则上可用函数的解析式、曲线或数表表达出来. 本文在相同条件下测出来的 9 组数据同样包含了系统误差,因此在较好地消除随机误差和粗大误差后,采用曲线拟合的方法来降低系统误差. 图 6 为经过一次多项式拟合的曲线. 拟合后的函数表达式为 $y(x) = 0.987\ 7x + 0.522\ 0$, 经过反变换得到 $y'(x') = (x' - 0.5220)/0.987\ 7$. 气象要素探测机器人在实际运动中,每秒种采集 10 组左右的数据,本文对这 10 组左右的数据先进行中值滤波,将滤波获得的值代入上式就可以得到一个比较精确的超声波测量值. 下面是对该方法的验证,采用以上方法对固定距离分别为 10、150 和 260 cm 的障碍物进行测量得到如表 1 所示数据.

由表 1 可以看出,经过此方法测出的数据与真实值之间相差非常小,准确度很高.

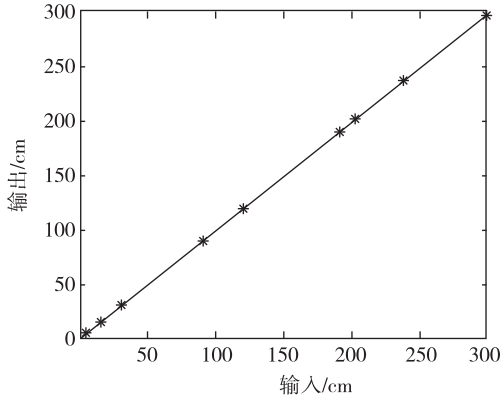


图 6 多项式曲线拟合

Fig. 6 Polynomial curve-fitting

表 1 机器人所测数据

Table 1 Data measured by the robot

实际距离/cm	机器人所测距离/cm										最大相对误差/%
	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组	第 5 组	第 6 组	第 7 组	第 8 组	第 9 组	第 10 组	
10	10.007 2	9.906 0	10.007 2	9.906 0	10.007 2	10.007 2	10.007 2	10.007 2	10.007 2	10.007 2	0.94
150	149.732 0	149.732 0	150.339 5	149.732 0	150.137 0	149.732 0	149.732 0	150.187 6	150.137 0	150.137 0	0.22
260	259.178 2	260.089 4	260.089 4	259.178 2	259.279 4	259.178 2	259.279 4	259.279 4	259.178 2	259.178 2	0.23

5 结论

本文设计的气象要素探测机器人可以通过查看上位机界面来观察获得实时的气象信息,实验表明,这些气象信息是实时可靠的. 进一步通过对超声波传感器数据的检测和处理可以看出,机器人测距是准确的,为进一步的导航和建模研究提供了保障.

参考文献

References

[1] 徐国华,谭民. 移动机器人的发展现状及其趋势[J]. 机器人技术与应用,2001(3):7-14
XU Guohua, TAN Min. The development status and future trend of mobile robot[J]. Robot Technique and Application, 2001(3):7-14

[2] 辛江慧,李舜酩,廖庆斌. 基于传感器信息的智能移动机器人导航评述[J]. 传感器与微系统,2008,27(4):4-7
XIN Jianghui, LI Shunming, LIAO Qingbin. Review on autonomous mobile robots navigation based on sensors information[J]. Transducer and Microsystem Technologies, 2008, 27(4):4-7

[3] Qin Y, Hou J, Wang L J. Measuring system for mobile robot based on multiple sensors[C]// 2011 International Conference on Electronic and Mechanical Engineering and Information Technology, 2011:980-983

[4] 彭云辉,刘云峰,杨小冈,等. 小波域中值滤波在激光陀螺信号处理中的应用[J]. 红外与激光工程,2007,36(1):143-146
PENG Yunhui, LIU Yunfeng, YANG Xiaogang, et al. Application of median filter in wavelet domain in the signal processing of the laser gyro[J]. Infrared and Laser Engineering, 2007, 36(1):143-146

[5] 廖勤武,王朝立,梅迎春. 基于超声的非完整移动机器人避障控制[J]. 上海理工大学学报,2009,31(4):402-405
LIAO Qinwu, WANG Chaoli, MEI Yingchun. Obstacle avoidance control for nonholonomic mobile robots based on ultrasonic sensors[J]. Journal of University of Shanghai

for Science and Technology,2009,31(4):402-405
[6] 顾幸方,陈晋音. 移动机器人未知环境避障研究[J]. 传感器与微系统,2011,30 (5):16-20
GU Xingfang,CHEN Jinyin. Obstacle avoidance study for mobile robot in unknown environment[J]. Transducer and Microsystem Technologies,2011,30 (5):16-20
[7] Tong F,Xu L F,Tong D L. An ultrasonic obstacle avoidance system for fire fighting robot[C]// Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Control and Automation,2002,2:1219-1222
[8] Dong H Y,Jin S X,Liu X A. The research on intelligent mobile robot's avoiding obstacle by ultrasound[C]// Proceedings of the 2010 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence,2010:23-24
[9] Ansari M A,Umrani F A. Sonar based obstacle detection and avoidance algorithm[C]//2009 International Conference on Signal Acquisition and Processing,2009:98-102
[10] Kim S,Kim H B. Optimally overlapped ultrasonic sensor ring with minimal positional uncertainty in obstacle detection[C]//2010 International Conference on Control Automation and Systems,2010:546-550
[11] Tukey J W. Exploratory data analysis[M]. Reading,MA:Addison-Wesley,1971

Design of meteorological elements detection robot and research on its ranging accuracy

YE Xiaoling[1] CHENG Yu[1] HU Kai[1]
1 School of Information and Control,Nanjing University of Information Science & Technology,Nanjing 210044

Abstract This paper designed a meteorological element detection robot through embedding the meteorological sensor into the C8051F120-based robot system. The robot can detect the meteorological information such as acoustic susceptance,temperature,moisture,atmospheric pressure,wind speed,wind direction. It can detect the pose of robot in real-time,through which we can carry out further research into autonomous navigation and environment modeling. The median filtering algorithm and curve-fitting were used to accurately measure the distance between the robot and obstacle based on the data collected by ultrasonic transducer. These experimental results provide references for the further research.

Key words robot;meteorological sensor;accuracy