

PID 控制算法在智能灭火机器人中的应用

朱恩亮

(盐城工学院 信息工程学院, 江苏 盐城 224051)

摘要:讨论PID控制算法在灭火机器人沿墙走运动控制中的应用,在机器人搜索前进过程中,由于机器人两侧驱动电机的特性差异以及驱动轮与场地之间的打滑等现象,常常会导致机器人前进偏离方向,要保证机器人不碰撞墙壁,必须要根据机器人的行进位置进行实时控制。

关键词:机器人;灭火比赛;PID控制

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2012)03-0073-06

近年来,机器人灭火比赛项目已经成为机器人大赛的传统项目,根据机器人灭火比赛规则,机器人能够在一间平面结构房子模型里运动,而且不能碰撞墙壁,以最短的时间找到代表火源的一根蜡烛并将它熄灭。要求机器人能对在随机放在不同房间里的火源进行快速寻找、锁定火源目标,快速熄灭火源。

机器人在搜索前进过程中有几种模式,一是走直线,二是转弯,三是趋光走。在机器人搜索前进过程中,由于机器人两侧驱动电机的特性差异以及驱动轮与场地之间的打滑等现象,常常会导致机器人前进偏离方向,要保证机器人不碰撞墙壁,必须要根据机器人的行进位置进行实时控制。为此,在机器人上安装了前、左、右3个方向的PSD红外测距传感器,机器人在运动过程中实时检测机器人在场地中的位置,并能够根据距离传感器的检测数据,控制机器人的运动方向。本文讨论PID控制算法在灭火机器人沿墙走运动控制中的应用。

1 PID 算法分析与实现

一般来说,计算机控制的主要任务就是设计一个数字调节器,常用的方法有:程序和顺序控制、比例积分微分控制、直接数字控制、最优控制、模糊控制,其中比例积分微分控制(简称PID控制)在现在应用最广,技术最成熟。其特点是控

制结构简单,参数容易调整,不必求出被控对象的数学模型便可以进行调节控制。

在模拟系统中,PID算法可表示为:

$$P(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + T_d \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

式中, $P(t)$ 为调节器的输出值; $e(t)$ 为调节器的偏差信号,它等于测量值与给定值之差; K_p 为调节器的比例系数; T_i 为调节器的积分时间; T_d 为调节器的微分时间。

离散化的PID:

$$P(k) = K_p \left\{ E(k) + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^k E(j) + \frac{T_d}{T} [E(k) - E(k-1)] \right\} \quad (2)$$

$\Delta t = T$ 采样周期,足够少,才能保证系统有一定的精度;

$E(k)$ 第 k 次采样时的偏差值;

$E(k-1)$ 第 $k-1$ 次采样时的偏差值;

k 采样序号, $k=0,1,2,\dots$;

$P(k)$ 第 k 次采样时调节器的输出;

上式计算复杂,经过化简为:

$$P(k) = P(k-1) + K_p [E(k) - E(k-1)] + K_i E(k) + K_d [E(k) - 2E(k-1) + E(k-2)] \quad (3)$$

式(3)称为位置型PID控制算法,其中:

收稿日期:2012-08-17

作者简介:朱恩亮(1963-),男,江苏灌云人,高级工程师,主要研究方向为电子技术和计算机应用教学与实践。

$$K_I = K_p \frac{T}{T_I} \quad \text{积分系数}$$

$$K_D = K_p \frac{T_D}{T} \quad \text{微分系数}$$

要计算第 k 次输出值 $P(k)$, 只需要知道 $P(k-1)$, $E(k)$, $E(k-1)$, $E(k-2)$ 即可。在顺序执行的程序中, 采样周期 T 基本是固定不变的, 可以把 $K_p T$, K_p/T 看成一个常量, K_I , K_D 与 T_I , T_D 分别成反比或正比的关系。为了简化计算, 在程序中直接将 K_I , K_D 作为积分、微分参数。

在灭火机器人运动控制过程中, 为了使速度始终能够最快, 在控制电机沿墙走时是通过降低一侧电机的速度来纠正运动方向, 所以只要求出一个增量信号即可。因此得到增量型 PID 控制算法:

$$\begin{aligned} \Delta P(k) &= P(k) - P(k-1) = \\ &K_p[E(k) - E(k-1)] + K_I E(k) + \\ &K_D[E(k) - 2E(k-1) + E(k-2)] \quad (4) \end{aligned}$$

在 PID 控制系统中, K_p , K_I , K_D 3 个系数是经验值, 在不同的系统和不同的环境中, 这 3 个参数需要人工调整设置。

根据增量型 PID 控制算法公式(4), 设计的 PID 算法程序流程图如图 1 所示。其中, 距离设定参考值 D 可以理解为机器人距离竞赛场地某一侧墙壁的距离, 机器人在行进过程中保持与某一侧墙壁的距离为定值就能够保证机器人走直线, 避免撞到墙壁。

2 PID 算法的参数选择

在 PID 控制算法中, 为了找出 K_p , K_I , K_D 3 个参数的最佳值, 通过实验来进行统计分析。使用机器人沿墙走程序, 程序中设定机器人距离墙壁距离值为 600, 起始位置为 500, 在机器人运行中每隔 2 ms 通过串口发送 PSD 数据到 PC 机进行统计分析, 统计曲线见图 2、图 3、图 4、图 5。

对比图 2 和图 3 可以发现, 微分系数 K_D 的改变对系统的影响不是很大, 其原因是由于微分控制对具有较大惯性或滞后的被控对象效果比较明显, 如温控系统等, 在本系统由于直流电机的惯性或滞后性都比较小, 速度改变迅速, 因此微分控制对系统的影响并不是很大。

对比图 3 和图 4 可以发现, 积分系数 K_I 的改变对系统的影响比较大; 具体表现在积分系数变小使系统纠正周期变长, 也就是说回复变慢了。

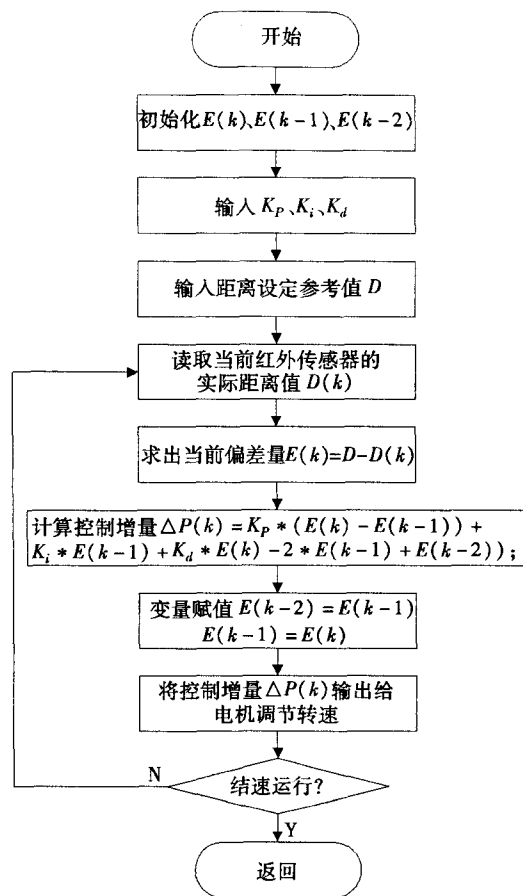


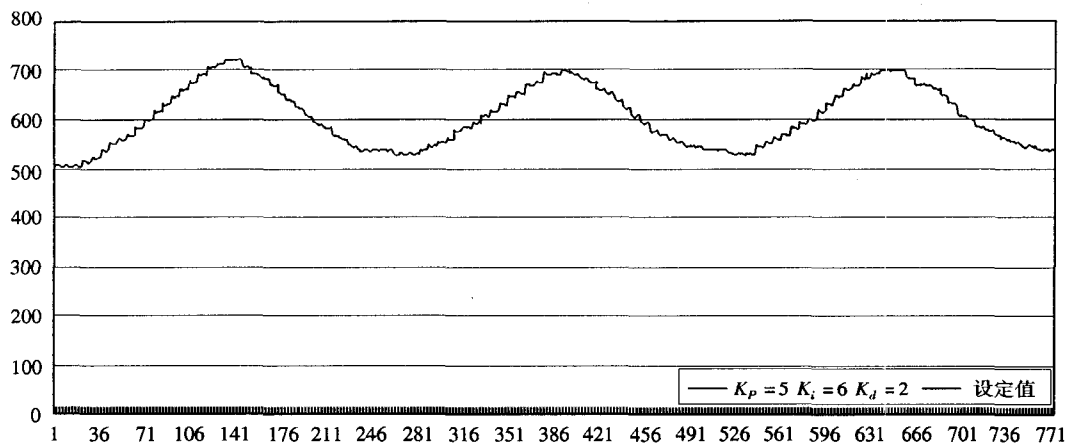
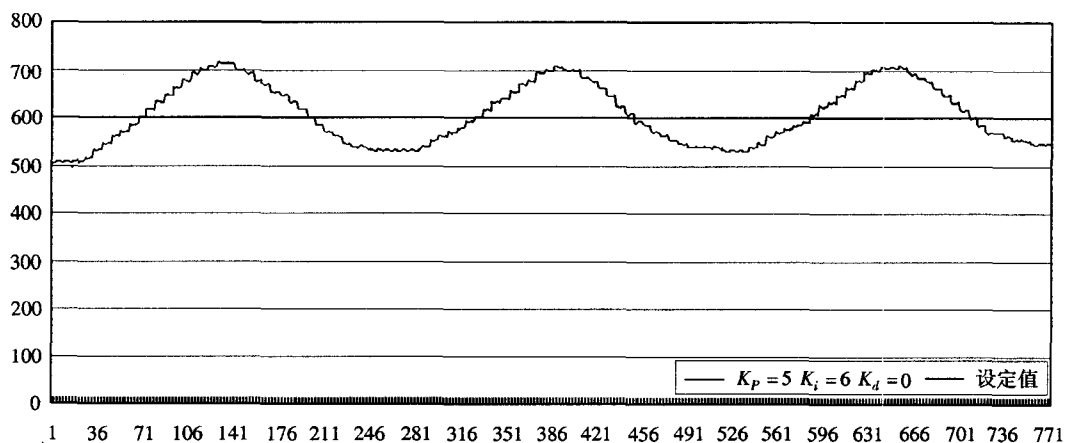
图 1 PID 算法流程图

Fig. 1 PID algorithm flowchart

积分项的引入是为了消除稳态误差, 即消除系统中周期性的波动, 使系统能快速地回复到设定值。

对比图 4 和图 5 可以发现, 当积分、微分系数都为零时, 系统回复曲线很好, 但是这样的参数设定机器人无法顺利拐弯, 究其原因是 PID 算法一般用在改变相对比较平滑的系统中, 机器人拐弯时采样值会有突变, 因此系统中必须存在一定的振荡才能使机器人顺利拐弯。

设定 K_p , K_I , K_D 3 个系数的一般方法是, 先进行比例系数的调整, 然后再调整积分系数和微分系数。(1) 当曲线振荡很频繁时, 则加大比例系数 K_p ; 如果曲线超调大, 则减小比例系数 K_p 。(2) 如果曲线波动周期长时, 应加大积分系数 K_I ; 反之, 应减小积分系数 K_I 。(3) 曲线振荡频率快时, 要减小微分系数 K_D ; 如果曲线超调大并且衰减慢, 则加大微分系数 K_D 。如此调节系统就能进入一个最佳状态。根据比赛比赛场地实际运行和多次调试, 当给定参数 $K_p = 5$, $K_I = 2$, $K_D = 1$ 时, 能够保证机器人沿墙走。

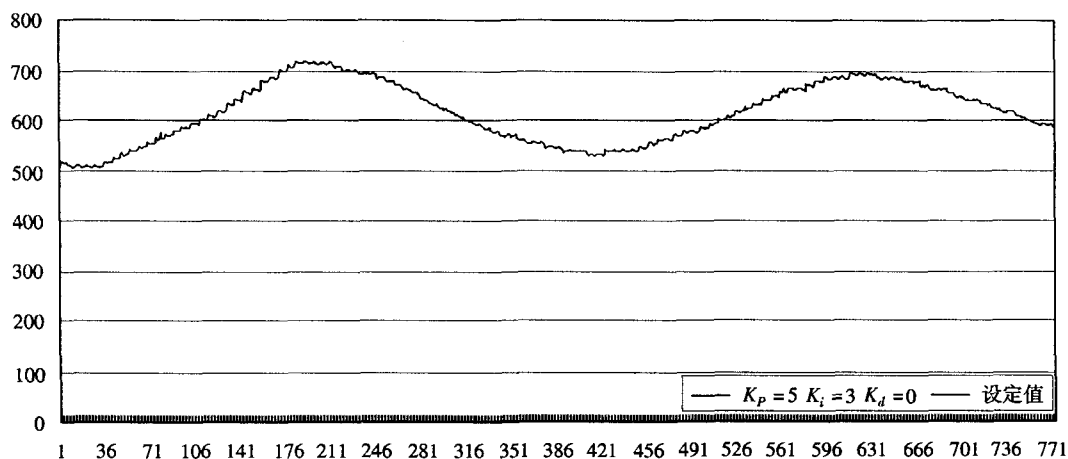
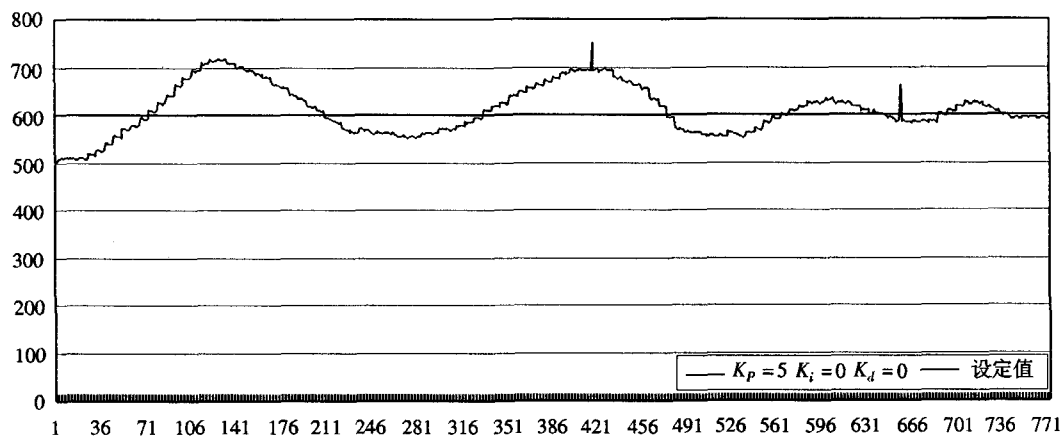
图2 当 $K_p=5, K_i=6, K_d=2$ 的统计曲线Fig. 2 The statistical curve when $K_p=5, K_i=6, K_d=2$ 图3 当 $K_p=5, K_i=6, K_d=0$ 的统计曲线Fig. 3 The statistical curve when $K_p=5, K_i=6, K_d=0$

3 PID 算法在灭火机器人沿墙走运动控制中的应用

灭火机器人在运行过程中采用沿墙走的策略来进行运动控制,这其中需要进行沿墙行驶、转弯处理、进入房间判断等。在机器人沿墙走过程中,为了保证机器人不碰撞墙壁,使用 PID 算法来保证机器人走直线,同时在机器人行进过程中要考虑以下因素:(1)根据房间布置,每个房间门口都有一条白线标识,当遇到白线就认为进入到一个房间并进行下一步处理,所以首先读取机器人底部的灰度传感器,确认是否遇到白线。当发现遇

到白线后,应该立即停止电机,退出沿墙走控制,进行下一步处理。(2)在机器人行驶过程中还要进行前方距离的检测,如果发现前方距离过近,表明即将发生碰撞,要进行转弯控制。

沿墙走是机器人保持走直线的一种控制方法,要根据通道的宽度,设定一个机器人行驶时距离一边墙壁的设定距离值,机器人需要按这个距离与墙壁平行行驶,行驶过程中机器人不断地通过红外传感器检测离指定墙壁的距离,然后与设定的阈值进行比较,将设定值减去传感器读出的当前值,如果为负值说明机器人过于靠近墙壁了,正值说明机器人太过于远离墙壁了,距离越近,传

图 4 当 $K_p=5, K_i=3, K_d=0$ 的统计曲线Fig. 4 The statistical curve when $K_p=5, K_i=3, K_d=0$ 图 5 当 $K_p=5, K_i=0, K_d=0$ 的统计曲线Fig. 5 The statistical curve when $K_p=5, K_i=0, K_d=0$

感器读出数值越大。通过误差值的正负,就可以知道机器人距离墙的位置情况,其绝对值就是具体的偏离程度,将绝对值输入 PID 控制器计算出调整值,将相应一侧的速度减慢,从而达到纠偏的目的。根据以上设计思想,设计的沿墙走程序流程图如图 6 所示。

4 结束语

在机器人运动控制过程中,采用增量型 PID 控制算法能够很好地控制机器人走直线,而且采用沿墙走的控制方法,能够控制由于驱动电机特性不一致以及驱动轮与地面之间打滑而造成的偏离,实现对机器人运动的有效控制。

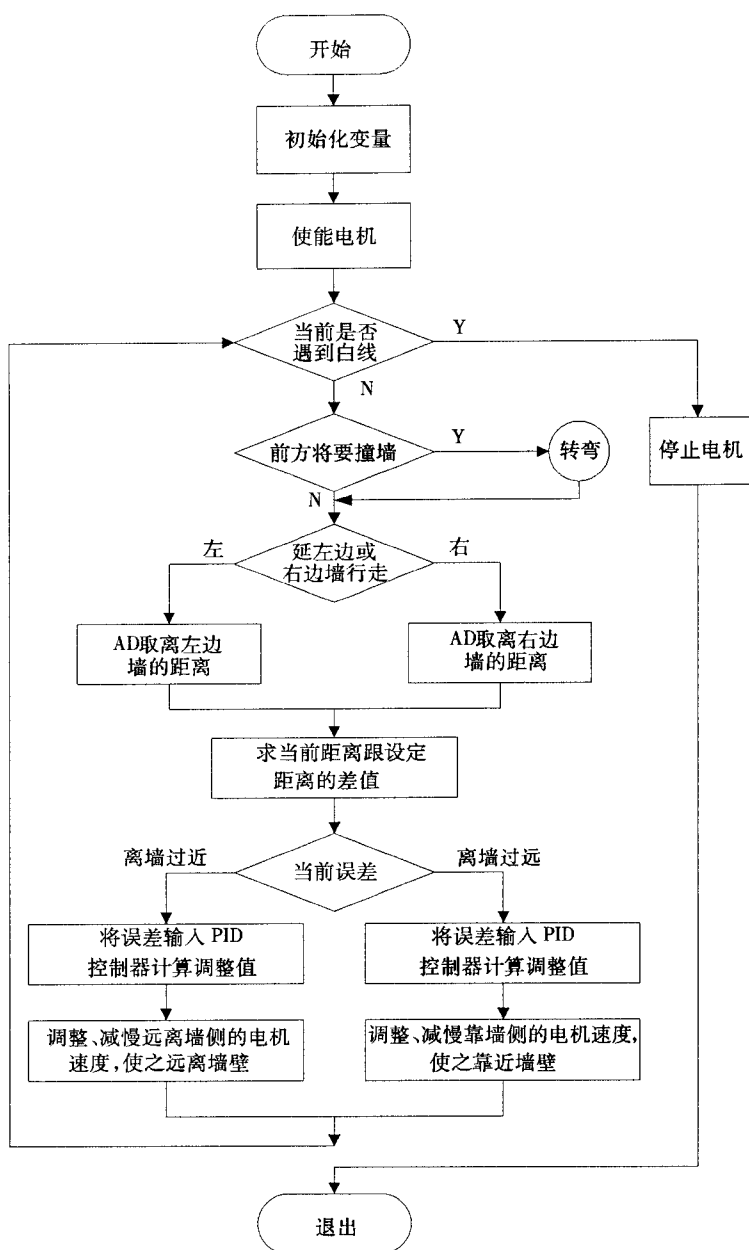


图6 沿墙走程序流程图

Fig. 6 Along the wall walking program flowchart

参考文献:

- [1] 肖海荣,刘文江,潘为刚. 比赛用灭火机器人设计与实现[J]. 微计算机信息,2007(2):45-48.
- [2] 席文姣,陈帝伊,马孝义. 基于 ARM9 嵌入式系统智能灭火机器人控制器设计[J]. 现代电子技术,2010(10):29-33.
- [3] 李小燕,陈帝伊,马孝义. 智能灭火机器人的设计与实现[J]. 电子设计工程,2010(3):80-85.
- [4] 严晓照,张兴国. 增量式 PID 控制在温控系统中的应用[J]. 南通大学学报,2006(12):51-55.
- [5] 陈荣,邓智泉,严仰光. 微分反馈控制在永磁伺服系统中的应用研究[J]. 电工技术学报,2005(9):77-81.
- [6] 上海广茂达公司. 能力风暴智能机器人大学版 AS-U11 使用手册[Z]. 2006.

On the Application of PID Control Algorithm in Fire – fighting Sensor Robots

ZHU En-liang

(Yancheng Institute of Information Engineering, Yancheng Jiangsu 224051, China)

Abstract: Due to the differences between the drive motors on both sides of fire – fighting robots and the slippage of the drive wheels, the robots will deviate from the intended direction in the course of forwarding. To ensure that the robots will not knock against walls, real – time control must be conducted to their running positions. The essay tries to deal with the application of PID control algorithm in fire – fighting robots that move along walls.

Keywords: robots; fire – fighting competition; PID control algorithm

(责任编辑:沈建新)

(上接第 58 页)

The Design of DC Speed – Adjusting System Based on Microcontroller

CHEN Zhong, Shen Cui-feng

(School of Electrical Engineering, Yancheng Institute of Technology, Yancheng Jiangsu 224051, China)

Abstract: This paper is a design of DC speed – adjusting system based on microcontroller. That making full use of computer feature of logical judgment and numerical calculation can achieving the digit to analog controller, and make it possible to simple the method of the control. For existing MCU application of theory, this paper mainly introduces the solution and the improvement to the problems met in specific design. At last, the correctness of the proposed method has been confirmed.

Keywords: microcontroller ; Logical judgment; Parameters changing; DC motor

(责任编辑:张振华)