

# 基于 C 语言的数字 PID 控制算法及实现

卢亚平

(苏州大学应用技术学院 江苏苏州 215325)

摘要:目前随着控制理论和电子技术的发展,数字PID控制正逐渐取代模拟PID控制,并逐步成为现代工业控制器的核心。本文以单回路控制器为基础,应用C语言编程,来详细说明其编程思路。

关键词:数字PID控制 C语言 单回路

中图分类号:TP13

文献标识码:A

文章编号:1674-098X(2010)10(c)-0024-02

PID控制器是工业控制应用中常见的回路核心部件。一般有两种,在20世纪80年代,PID控制器主要是模拟PID控制器,通过硬件(主要是电子元件,包括电阻、电容、电感等)来实现其功能,但是存在器件组成复杂,容易损坏老化,不能灵活搭配等问题。随着电子技术的发展,特别是处理器CPU的出现,数字PID控制器得到了飞速的发展,其与模拟PID控制器相比优点是:具有强的灵活性,可以根据试验和经验在线调整参数,可以更好的控制性能。

当然数字PID控制器的广泛应用也离不开变送器和执行元件的发展,数字PID控制器的输入和输出都是以数字来表达的,所以对变送器和执行元件的信号就必须进行A/D、D/A转换。在转换过程中转换的标准是制约数字PID控制器发展的关键,现在,传感器和执行元件的规格都基本设定为1-5V和4-20mA,这就为数字PID回路控制器的应用打下了基础。

本文以单回路设计为例,C语言为编程语言,来具体说明数字PID编程方法。

## 1 软件设计思想

PID典型的控制算法如下公式所示:其中 $k_p$ 为比例系数; $T_i$ 为积分时间常数; $T_d$ 为微分时间常数; $e(t)$ 为给定值和测量值两者的偏差值。

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

由于计算机控制是一种采样控制系统,它只能根据采样时刻的偏差值计算控制量。因此,式中的积分和微分项不能直接使用,需要进行离散化处理。现令 $T$ 为采样周期,以一系列的采样时刻点 $kT$ 代表连续时间 $t$ ,以累加和和近似代替积分,以一阶后向差分近似代替微分,做如下的近似变换:

$$t = kT \quad (2)$$

$$\int_0^t e(t) dt \approx T \sum_{j=0}^k e(jT) = T \sum_{j=0}^k e(j) \quad (3)$$

$$de(t)/dt \approx \{e(kT) - e[(k-1)T]\} / T = \frac{e(k) - e(k-1)}{T} \quad (4)$$

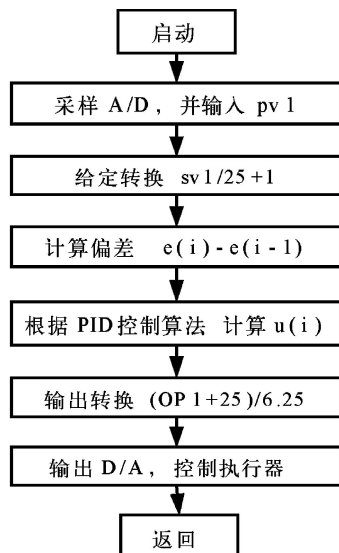


图1 数字PID控制算法程序流程图

其中, $T$ 为采样周期,一般为200ms, $e(k)$ 为系统第 $k$ 次采样时刻的偏差值, $e(k-1)$ 为系统第 $(k-1)$ 次采样时刻的偏差值, $i$ 为采样序号, $i=0,1,2,\dots$ 。将上面的(3)式和(4)式代入(1)式,则可以得到离散的PID表达式

$$u(i) = K_p \left\{ e(i) + \frac{T}{T_i} \sum_{j=0}^i e(j) + \frac{T_d}{T} [e(i) - e(i-1)] \right\} \quad (5)$$

如果采样周期 $T$ 足够小(200ms),该算式可以很好的逼近模拟PID算式,因而使被控过程与连续控制过程十分接近。通常把(5)式称为PID的位置式控制算法。若把(5)式进行转化,则:

$$u(i) = k * \frac{0.2}{t_i} e_i + k * \frac{td}{0.2} e_i + k * (p_{vx} - p_{v1}) \quad (6)$$

式(6)即为数字PID控制算法的编程表达式, $p_{vx}$ 为第 $(i-1)$ 次测量值, $p_{v1}$ 为第 $i$ 次测量值。

其程序流程图如图1所示。其中给定转换 $s_{v1}/25+1$ 是要把设定值数模转化,比如要求给定液位100CM,则通过转换 $100/25+1=5$ ,代表的是最高液位所测量的电压为5V。而对于数模转化 $(O_{p1}+25)/6.25$ 是要把输出转化为电流大小,假如输出 $O_{p1}$ 为100%,那么 $(100+25)/6.25=20$ ,代表输出为最大电流20mA。

对于输入输出量,要注意内部的数模/模数转换关系:经过变送器输出(1~5V)模拟量,送入A/D模块转化为(0~250)数字量,数字量要与给定量进行比较,就必须数模转化,把0~250十进制数转换为1.00~5.00V,数据处理公式参考下面程序。反之,同样可以把(4~20mA)进行模数转化,得出0~250十进制数,再经过D/A模块,把模拟量送给执行元件。(图1)

## 2 软件设计

下面程序是以C语言为基础,实现数字PID控制算法的核心程序。在这段程序中,程序循环时间为200ms,set为启动按钮, $e_i$ 为第 $i$ 次采样时刻的偏差值, $s_{v1}$ 为给定值, $p_{v1}$ 为测量值, $O_{p2}$ 为运算结果输出。通过 $k$ 、 $t_i$ 、 $t_d$ 三相系数的选择,来选择P调节、PI调节和PID调节的三种调节模式。

```

if set=1 then
if k=0 and ti=0 and td=0 then
q0=0
q1=0
q2=0
endif
ei=(sv1/250+1)-pv1
if k<>0 and ti<>0 then
q0=k*ei
mx=k*0.2*ei/ti
q2=k*td*(pvx-pv1)/0.2
endif
if k=0 then
q0=0
cb=1
mx=cb*0.2*ei/ti
q2=cb*td*(pvx-pv1)/0.2
endif
if ti=0 then
q0=K*ei
q1=0
    
```

```

mx=0
q2=k*td*(pvx-pv1)/0.2
endif
IF MX>5 THEN
MX=5
ENDIF
IF MX<-5 THEN
MX=-5
ENDIF
if (sv1/250+1)>=pv1 then
if op1>=100 then
q1=q1
else
q1=q1+mx
endif
else
if op1<=0 then
q1=q1
else
q1=q1+mx
endif
endif
if pv1=0 then
pv1=pvx
endif
pvx=pv1
op1=Q0+Q1+Q2
OP2=(OP1+25)/6.25
IF OP2<4 THEN
OP2=4
endif
if op2>20 then
op2=20

```

```

ENDIF
液位pv1 = (pv1-1)*25
if 液位pv1>100 then
液位pv1=100
endif
液位sv1 =sv1
else
q0=0
q1=0
q2=0
op2=4
endif
else
endif
endif

```

## 参考文献

- [1] 俞金寿,蒋慰孙.过程控制工程[M].北京:电子工业出版社,第1版,2007.
- [2] 齐卫红,林春丽.过程控制系统[M].北京:电子工业出版社,第1版,2007.
- [3] 刘金瑶.先进PID控制及其MATLAB仿真[M].北京:电子工业出版社,2003.
- [4] 冯博琴.微型计算机原理与接口技术[M].北京:清华大学出版社,2006.

(上接23页)

$$\begin{cases} NR t_{on} & X + C t_{on} \\ NR t_{on} & CT \end{cases} \quad (3-1)$$

上式的意思就是在进行网络设计时,既要保证每周期的激活状态时间 $t_{on}$ 内,系统能容纳所产生的所有信元,又要保证在一个周期(T)内输出链路能传递所有本周期产生的信元。

下面我们给出了悲观情况下信元丢失的稳态概率 $P_{cellloss}$ 随业务源数N变化的关系图,图中是居于如下假设在matlab7.0中绘出的:假定 $R=20\text{Mbps}$ , $C=1000\text{Mbps}$ , $X=500\text{Mbps}$ , $t_{on}=t_{off}=1$ ,业务源数N从1到500结束以5为步长的标量。

从图5中可以看出业务源数N小于某一临界值时,理论丢包率为零,当超过这一临界值时信元丢失的稳态概率 $P_{cellloss}$ 随业务源数N的增加而变大,这就应证了前面所讨论的网络设计时必须考虑到队列容量X和输出链路容量C满足:

$$\begin{cases} NR t_{on} & X + C t_{on} \\ NR t_{on} & CT \end{cases} \quad (3-2)$$

## 4 结论及展望

通过本文对ON-OFF模型的分析 and 探讨,我们给出了该模型下基于ATM网络中的信元丢失率的一种估算方法。在ON-OFF模型中,我们对多业务源—单队列模型的悲观和乐观情况下的信元丢失率都进行了较为详细的推导和描述,给出了进行网络设计时进行丢包率的评估的一种方法。

实际上,我们从大量的文献中提出的各种新方法比较可知,传统的基于马尔可夫过程的模型在传统的网络和话音业务网中的结果比较准确。而如今真实的高速网络业务具有自相似性(长相关性),比如第一代ATM交换机根据传统的排队模型做出的缓存

大小的预测大大小于实际需要的缓存容量,这样的差别是由于实际网络业务在多数甚至全部的时间尺度内表现出很大的变化(长相关性),而泊松或马尔可夫模型是无记忆、短相关的,只在很短的时间范围内表现出突发性,所以用泊松或马尔可夫模型分析得到的结果是过于优化的结果。

## 参考文献

- [1] 曹书生,等.网络业务流模型综述[J].江苏通信技术,2003,(05)
- [2] 刘建辉,等.基于离散MMDP信源模型的ATM网络排队性能仿真[J].计算机仿真.
- [3] 杨敏维.ATM突发模型MMDP的信元丢失率估计[J].湖南大学学报,1999,(02).
- [4] 陈文云,等.基于ON/OFF信源模型的信元丢失分析[J].数字通信,2000,(01).
- [5] 程伟明.基于ATM网络的多媒体通信[J].现代电信科技,1998,(07).
- [6] 过莉.ATM网络实时通信系统的响应时间分析[J].电机电器技术,2003,(06).
- [7] 张如娟.基于ATM技术的多协议信息传送及应用[J].甘肃科技,2001,(03).
- [8] A bdelnaser Adas.Traffic Models in Broadband Networks[J].IEEE communications Magazine. July 1997.