

智能传感器平均滤波方法改进

陈 杰

(盐城纺织职业技术学院,江苏 盐城 224005)

摘 要:对于在传感器信号检测中出现的外界环境的影响而产生的误差,过于复杂的滤波算法不适合在单片机上运行.提出一种算法通过对湿度传感器的实验的 15 个数据的分析,并与算术平均滤波算法和去极值平均滤波算法的比较,结果表明:该算法能够更好地去除误差数据的影响.通过对湿度信号的滤波效果良好,其变异系数 0.136 3%和平均相对误差 0.001 52,均明显好于对照的 2 种算法.

关键词:数字滤波;单片机;传感器

中图分类号:TP212.6

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2010.12.025

0 引 言

在实际的传感器测量中,测量得到的模拟信号往往由于外界环境的影响,传感器采样得到的数据出现围绕中心值的上下波动.同时,在工业测量与控制领域中,经常会遇到尖脉冲现象.这种数据的出现,虽然只是个别数据,但由于该数据与其他采样点的数据差距比较大,如果采用一般平均数字滤波算法,则不能够消除这种尖脉冲干扰带来的采样值偏差.这样的信号源经过 AD 进入微控制器后会出现一定的误差,笔者在相关的设施农业湿度传感器开发实验中也发现了这个问题,因此再算术平均滤波算法和中值滤波算法的基础上设计了本滤波算法^[1].

一个好的滤波算法可以减小这种影响,对传感器数据处理采用的神经网络、小波算法等方法,龙泳、孙慧卿、陈向群等^[2-4]对于传感器非线性校正方法的研究效果良好,但都是基于 PC 机的强大运算处理能力的.当前 MPU(微处理器)在各种领域的成功应用也对传感器行业产生了重大的影响,基于 MPU 的传感器产品不断出现^[5-6].由于普通的这种带 MPU 传感器在 MPU 的 ROM 和 RAM 空间上的限制,以上算法对普通传感器的 MPU 而言,无疑是很难以实现的.基于普通单片机的数字滤波方法通常有程序判断法,中位值滤波法,算术平均滤波法,移动滤波法,加权平均法,一阶滞后滤波法,曲线拟合法,去极值平均滤波等.本文设计的方法与其中比较常用的算术平均滤波法和去极值平均滤波算法相比,具有更好的滤波效果.

1 原理与方法分析

本实验中,设计了一个基于 MPU 的传感器模块,MPU 选用 Microchip 公司的 PIC16F873A 单片机,湿度传感器采用了 Honeywell 公司 HIH4000 湿度传感器,显示模块采用了 1602 字符型液晶模块.

本文提出的算法,在算术平均滤波法的基础上设计了一种基于单片机的简单数字滤波算法.传统的去极值平均滤波算法只能去除极大值、极小值各一个,而实际实验中产生的极限误差数据往往不是 1 个.本文介绍的算法实现思想是在去极值平均滤波算法的基础上,将采集到的数据按照数值从大到小排列后,根据数据量均匀分布的原则,划分为极大值、中间值、极小值 3 个区间,把中间区间里的数据取出来取平均值,从而实现更好地去除极限误差的目的.对于区间的划分,本文采用均衡分布的方法,具体应用中,也可以根据数据特点增加或减少某一区间的数据.本文相关实验中将采取到的 10 个数据中放入数组 NUM[10]后,将数组中的 10 个变量 NUM[0]—NUM[9]按照从小到大的顺序排列,求出 NUM[3]—NUM[6]共四个数据的平均值.采用这种先排序的再求平均值的方法,还可以避免出现 10 个变量相同,无法去除极限值的情况.

举例而言,本算法中如果有 10 个数据如下 63.5、63.5、63.6、63.3、63.6、63.4、63.5、63.6、63.6、63.5,采用传统的去极值算法,则只能去掉 63.3 和 63.6 这 2 个不合理数据,而采用本文中改

进的算法后,则只计算 63.5、63.5、63.5、63.6 四个数据的平均值,此时计算的平均值相对准确.考虑到实际工程的数据采集中,出现偏差的最大、最小值往往不具备应用价值,因此本算法更大程度地消除了极值数据给实际工程中传感器数据检测带来的偏差.

2 效果分析

作为一种改进的数字滤波算法,它虽然在原理上要比其他的多数简单滤波算法合理,但其滤波效果还需要实验的证明.在实验中把未作处理的数据作为对照(CK),经过算术平均滤波法处理的数据作为处理 1,经过去极值平均滤波方法处理的数据作为处理 2,本文提出的分段后取平均的方法作为处理 3,如图 1~4 所示.处理 1~3 中的所有数据都是对 10 个数据的处理,数据采样之间的间隔时间为 150 ms.考虑到在相关的湿度传感器实验中发现湿度数据波动相对比较大,因此,本实验中的数据均是对湿度数据的处理.每种方法采样的数据均连续不间断,全部处理的时间很短(2 s 以内).使用 MATLAB 软件分别求出各种算法数据的变异系数和相对标准差^[7],用他们来分别反映传感器检测的精密度和准确度.由于平均值不同,直接求平均相对误差是没有意义的,因此先把数据进行中心化处理再进行平均相对误差的计算.中心化处理再取绝对值后的数据分别为处理 CK0,01,02,03,如表 1 所示.

中心化处理方法为

$$x_i^* = |x_i - \bar{x}|$$

其中 $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$.

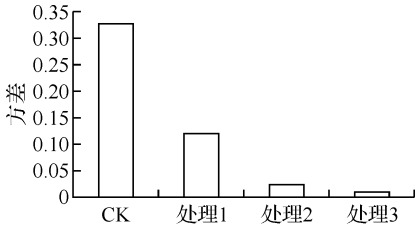


图 1 方差分析对比图

Fig. 1 Analysis comparison diagram based on variance

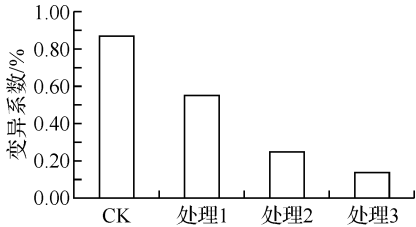


图 2 变异系数分析对比图

Fig. 2 Analysis comparison diagram based on coefficient of variation

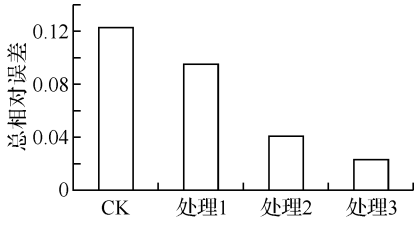


图 3 总相对误差分析对比图

Fig. 3 Analysis comparison diagram based on total relative error

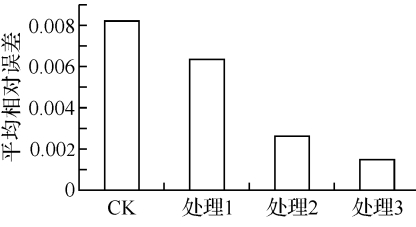


图 4 平均相对误差分析对比图

Fig. 4 Analysis comparison diagram based on average relative error

表 1 不同滤波算法处理得到的湿度数据

Table 1 Humidity data based on different digital filtering method

CK	处理 1	处理 2	处理 3	CK0	处理 01	处理 02	处理 03
63.2	62.8	63.4	63.5	0.000 0	0.160 0	0.026 7	0.006 7
63.0	63.0	63.4	63.5	0.200 0	0.040 0	0.026 7	0.006 7
63.3	63.3	63.3	63.6	0.100 0	0.340 0	0.073 3	0.106 7
62.8	62.8	63.4	63.3	0.400 0	0.160 0	0.026 7	0.193 3
63.2	63.4	63.3	63.6	0.000 0	0.440 0	0.073 33	0.106 7
63.0	63.0	63.4	63.4	0.200 0	0.040 0	0.026 7	0.093 3
63.2	63.1	63.1	63.5	0.000 0	0.140 0	0.273 3	0.006 7
63.0	63.1	63.4	63.6	0.200 0	0.140 0	0.026 7	0.106 7
63.5	62.8	63.3	63.6	1.700 0	0.160 0	0.073 3	0.106 7
63.8	62.7	63.8	63.5	0.600 0	0.260 0	0.426 7	0.006 7
63.0	62.9	63.3	63.4	0.800 0	0.060 0	0.073 3	0.093 3
63.5	63.7	63.2	63.5	0.300 0	0.740 0	0.173 3	0.006 7
63.6	62.8	63.5	63.4	0.400 0	0.160 0	0.126 7	0.093 3
63.3	62.8	63.5	63.4	0.100 0	0.160 0	0.126 7	0.093 3
63.6	62.2	63.3	63.6	0.400 0	0.760 0	0.073 3	0.106 7

对于经过处理后的数据利用 MATLAB 软件进行方差、变异系数、相对标准差和相对误差分析如表 2 所示。

表 2 利用 MATLAB 软件对原始数据分析后的结果
Table 2 Analysis of the results based on MATLAB

处理	平均值	方差	变异系数	总相对误差	平均相对误差
CK	63.200 00	0.328 571	0.865 9%	0.123 22	0.008 21
1	62.960 00	0.119 714	0.549 6%	0.094 85	0.006 32
2	63.373 33	0.024 952	0.249 3%	0.040 50	0.002 70
3	63.493 33	0.009 238	0.136 3%	0.022 81	0.001 52

注:总相对误差,平均相对误差利用了处理 CK0 和 01~03 的数据。

表中变异系数 $v = \frac{s}{\bar{x}}$

其中 $s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$, 方差为 s^2

从表 2 中可以看出,反映传感器检测精密度的参数变异系数从处理 1 到处理 3 依次明显下降,而且均比对照 CK 有明显下降,这表明通过几种不同的处理方法对数据处理后,传感器的精密度提高,其中以本文提出的滤波算法效果为最好。从表 2 中还可以看出,处理 1~3 的总相对误差和平均相对误差的数据也依次有明显降低,这表明从处理 1 到处理 3 传感器检测的准确度逐渐提高,且本文提出的算法的检测准确度较高。图 4 给出了几种不同处理分析的结果对照情况。

3 结 语

提出的滤波算法,其软件实现需要的 ROM 和软件运行需要的 RAM 空间都不是很大,可以满足

在普通单片机上执行的要求。实验表明:该算法比目前效果比较好的去极值平均滤波方法效果更好。但在本算法中,排序需要一定的时间,而在温室测控系统等的数据采集中,由于系统对于传感器执行的响应时间要求不是很高,本算法对于提高湿度采样的精密度和准确度均不失为一种比较好的选择。需要注意的是,本文提出的算法改进,和算术平均滤波、中值滤波算法一样,适用于消除随机干扰的信号,这种信号的特点是有一个平均值,信号在某一个数值附近上下波动的情况。

参考文献:

[1] 陈杰. 基于 IEEE1451.2 标准的温室数据采集系统的研究与设计[D]. 杭州:浙江大学,2006.

[2] 龙泳,陈光梦,刘祖望,等. 数字测量系统失调和量程及非线性的一种校正方法[J]. 传感技术学报,2005(1):162-165.

[3] 孙慧卿,郭志友. 传感器的误差补偿技术[J]. 传感技术学报,2004(1):90-92.

[4] 陈向群,朱伟,杨瑞多. 网络化智能传感器通用开发平台的设计与实现[J]. 仪器仪表学报,2004(1):34-38.

[5] 徐伟,徐文,叶扬. 数字梅山井下智能定位系统设计[J]. 武汉工程大学学报,2010,32(1):4-5.

[6] 董方武,王绍卜,马子余. 基于 ZigBee 的碱液质量分数在线检测系统设计[J]. 武汉工程大学学报,2010,32(1):100-103.

[7] 胡学军,腾运,胡植文. 基于 MATAB 的时滞对象控制算法仿真分析[J]. 武汉工程大学学报,2010,32(3):92-95.

Improved design of digital filtering method in smart sensor

CHEN Jie

(Yancheng Textile Vocational & Technology College,Yancheng 224005, China)

Abstract: There are some errors in the signal detecting sensors, because of the influences of the environment. Many complex digital filtering algorithms suggested in some paper don't fit the performing on Microprocessor Unit. A new digital filtering algorithm suggested in this paper shows that, the effect of this algorithm is much better than the others. The coefficient of variation is 0.136 3%, and the relative of this program is 0.001 52.

Key words: digital filtering; single chip; sensor

本文编辑:陈小平