

动态定量称量包装系统滤波算法

李林会, 李琳

(云南机电职业技术学院, 昆明 650000)

摘要: **目的** 为了提高动态定量称量包装精度, 提升数据采集和信号测量的准确性。**方法** 分析定量称量系统的组成以及工作原理, 并针对系统中存在的噪声, 提出一种基于小波包滤波的称量包装滤波算法。通过塔式分解方法实现快速离散小波包变换, 由离散卷积方程得到小波包分解系数, 进而完成滤波算法的重组。**结果** 通过仿真和实验结果可知, 小波包滤波方法能够很好地滤除动态称量信号中的噪声, 提升了有用信号的品质。**结论** 该滤波算法提升了动态定量称量系统的稳定性, 提高了称量包装精度。

关键词: 动态定量称量包装; 噪声; 小波包滤波; 仿真

中图分类号: TB486 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)03-0201-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.03.038

Filtering Algorithm of Dynamic Quantitative Weighing Packaging System

LI Lin-hui, LI Lin

(Yunnan Vocational College of Mechanical & Electrical Technology, Kunming 650000, China)

ABSTRACT: The work aims to improve the accuracy of dynamic quantitative weighing packaging and the accuracy of data acquisition and signal measurement. The composition and working principle of the quantitative weighing system were analyzed, and based on the noise in the system, a weighing packaging filtering algorithm based on wavelet packet filtering was proposed. A fast discrete wavelet packet transform was realized by the tower decomposition method, and the wavelet packet decomposition coefficients were obtained by the discrete convolution equation, and thus the reconstruction of the filtering algorithm was realized. The simulation and experimental results showed that the wavelet packet filtering method can effectively filter the noise in the dynamic weighing signal, and improve the quality of the useful signal. The filtering algorithm improves the stability of the dynamic quantitative weighing system and greatly enhances the weighing packaging accuracy.

KEY WORDS: dynamic quantitative weighing packaging; noise; wavelet packet filtering; simulation

动态定量称量技术是集信息采集技术、智能自动化控制技术、计算机以及微电子等多种技术于一体的综合性技术, 动态定量称量技术是将颗粒状物料按照预定质量进行自动称量并完成包装的自动称量设备^[1-4]。动态定量称量主要是通过压力传感器采集称量信号, 并将信号反馈到控制器进行处理, 因此采集到准确的传感器信号并实现模拟量到数字量的转换成为高精度称量包装最为关键的一步^[5-9]。在动态称量信号采集过程中, 由于机械振动、电磁干扰以及静电感应扰动等因素, 不可避免的对称量信号造成干扰, 上述噪声干扰导致信号采集出现较大误差, 从而大大降低了称量

精度, 造成称量次品率增加, 甚至导致系统主控制程序出现紊乱, 因此在称量过程中必须对采集的信号进行噪声预处理, 以便消除系统中的噪声, 得到有价值的称量信号。

目前常用的信号去噪方法大都采用基于统计理论的分析算法, 如快速傅里叶变换、维纳滤波算法以及卡尔曼滤波等^[10-11]。上述算法对于平稳信号的滤波较为有效, 但当信号出现波动时, 传统去噪算法的基函数很难与其匹配。为了有效滤除动态定量称量系统中的噪声, 文常保等^[12]提出了一种限幅均值滤波算法, 该算法能够有效滤除周期性脉冲, 但要求硬件运

收稿日期: 2017-10-24

作者简介: 李林会 (1964—), 女, 云南机电职业技术学院副教授, 主要研究方向为自动控制技术及机电一体化技术。

行速度快,对于硬件要求较为苛刻。杜航原等^[13]提出了一种基于卡尔曼滤波算法,该算法对于一些非线性系统具有一定的局限性。

小波滤波方法是一种时域、频域分析,具有多分辨率的特点,对信号具有自适应性,传统的滤波方法虽然具有时频局部化和多尺度化的优点,但当频率上升时频率分辨率会随之下降,因此传统小波分解时只能针对低频信号进行处理,当遇到高频信号时其滤波性能并不理想。为此文中提出了一种小波包的滤波方法,此方法能够对低频信号和高频信号同时进行分解,通过仿真验证文中方法的有效性。

1 动态定量称量系统

1.1 称量系统组成

动态定量称量机结构紧凑、便于维护,在我国颗粒物品包装行业被广泛应用。文中所研究的颗粒状物品动态称量系统的结构见图 1,主要由料仓、送料机构、压力传感器、称量斗、卸料机构以及夹袋机构组成。动态定量称量系统在控制器的控制下,送料机构将料仓中的颗粒输送到末端,物料不断地进入到称量斗内,由压力传感器将模拟量信号转换成 0~20 mA

电流信号并传送到控制器中。控制器根据程序中质量设定进行判断,从而控制送料机构的下料速度,直到达到目标质量后关闭送料机构,从而结束送料过程。

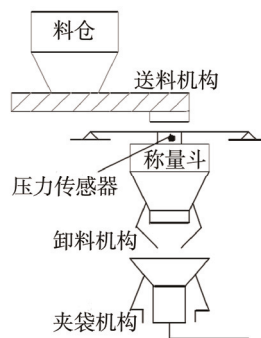


图 1 动态定量称量系统组成

Fig.1 Composition of dynamic quantitative weighing system

1.2 称量控制系统结构

颗粒状物料动态定量称量系统中,压力传感器将物料的压力信号转换成相应的电压或者电流信号,该信号经过放大后经过 A/D 转换成数字信号,在将数字信号传送到 DSP 中,DSP 对转换后的数字信号进行补偿、去噪处理,最后系统将数据上传到上位机触摸屏中,通过触摸屏进行监控和显示。

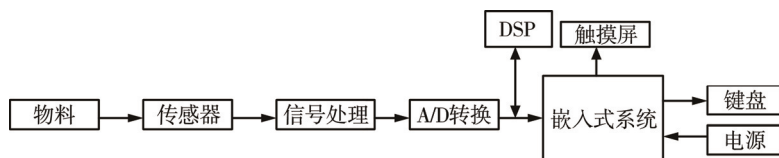


图 2 控制系统结构

Fig.2 Control system structure

2 基于改进型小波去噪

动态定量称量系统中的传感器信号携带有价值的信号,但信号在变换以及传送过程中,由于外部噪声和干扰的存在,导致信号中夹杂各种难以辨认的无用信号,从而严重影响了物品动态称量精度,因此要从采集的信号中得到有价值的信号,通常需要采用滤波方法进行降噪处理^[14-15]。

2.1 传统小波滤波方法

将任意 $L^2(R)$ 空间中的函数 $f(t)$ 在小波基下进行展开,得到 $f(t)$ 的联系小波变换:

$$W_{T_f(a,b)} = \langle f(t), \psi_{a,b}(t) \rangle = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt \quad (1)$$

式中: a 为尺度因子; b 为平移因子; $\langle \rangle$ 为内积; $*$ 为取共轭; $\psi(t)$ 为基本小波函数。

将尺度参数 a 和平移参数 b 离散化,取 $a = a_0^j$, $b = ka_0^j b_0$, 指数变量 $j, k \in \mathbf{Z}$, $a_0 > 1$, 则离散小波函数为:

$$\psi_{j,k}(t) = a_0^{-j/2} \psi \left(\frac{t - ka_0^j b_0}{a_0^j} \right) = a_0^{-j/2} \psi(a_0^{-j} t - kb_0) \quad (2)$$

离散小波化系数为:

$$C_{j,k} = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) \psi_{j,k}(t) dt = \langle f, \psi_{j,k} \rangle \quad (3)$$

其重构公式为:

$$f(t) = M \sum_{j=-\infty}^{+\infty} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} C_{j,k} \psi_{j,k}(t) \quad (4)$$

定义含有噪声的称量信号数学模型为:

$$f(x) = s(x) + \sigma_e(x) \quad i = 0, 1, \dots, n-1 \quad (5)$$

式中: $f(x)$ 为采集的信号; $s(x)$ 为有价值的传感器电流信号; $\sigma_e(x)$ 为强度 σ 的噪声。

2.2 小波包滤波方法

传统的滤波方法虽然具有时频局部化和多尺度化的优点,但当频率上升时频率分辨率会随之下降,因此传统小波分解时只能针对低频信号进行处理,当遇到高频信号时其滤波性能并不理想。为此提出了一

种小波包的滤波方法, 此方法能够对低频信号和低频信号同时进行分解, 在非线性信号中表现较为突出。

双尺度小波包变换为:

$$\begin{cases} W_{2n}(x) = \sqrt{2} \sum_k h(k) W_n(2x-k) \\ W_{2n+1}(x) = \sqrt{2} \sum_k g(k) W_n(2x-k) \end{cases} \quad (6)$$

序列 $\{W_n(x)\}$ 为由基函数 $W_0\{x\} = \varphi(x)$ 确定的小波包。

由式 (7) 可以确定小波包分解系数:

$$\begin{cases} C_{j+1,2m}(k) = \sum_n C_{j,m}(n) h(n-2k) \\ C_{j+1,2m+1}(k) = \sum_n C_{j,m}(n) g(n-2k) \end{cases} \quad (7)$$

小波包分解见图 3。图 3 中 S 为原始信号, A 为低频信号, D 为高频信号。

利用小波包滤波算法对信号滤波以及压缩的步骤如下所述。

1) 对信号用小波包进行多层分解。首先明确小波包分解层数 N ($N=3$), 然后利用小波包对采集信号

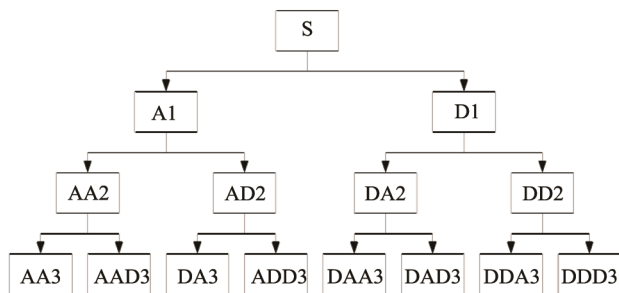


图 3 小波包分解树

Fig.3 Wavelet packet decomposition tree

进行 N 层多级分解。

2) 确定最优小波包基, 基于给定的熵标准计算最佳数。

3) 量化小波包分解系数的阈值。对每一小波包分解系数选择一个最优的阈值并量化系数, 此处设定阈值 $t = \frac{\sqrt{2 \log_2 N}}{\sqrt{N}} A$, A 为子频带范数, N 为子频带内的小波系数个数。

4) 小波包重构。通过第 N 层的小波包分解系数以及经过量化处理的系数, 对小波包进行重构。

该去噪方法不仅能够对低频信号进行处理, 而且能够有效滤除高频中的噪声, 此外能够尽可能地保留大部分有用信号, 去噪后的信号振荡小。

3 仿真实验分析

为了验证改进型小波包滤波算法的有效性, 采用 Matlab 对所设计的滤波算法进行仿真分析。在称量过程中由于电磁干扰或者机械振动等因素干扰导致称

量信号中存在多种噪声, 因此在称量控制系统中引入小波包滤波器进行信号处理, 其控制结构见图 4。

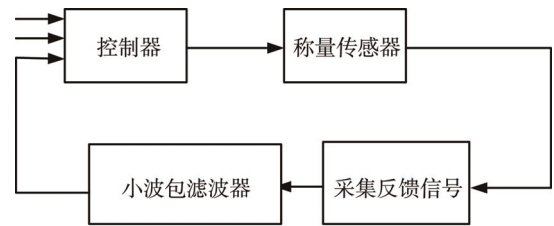


图 4 滤波控制结构

Fig.4 Filtering control structure

在称量传感器信号中分别引入方差分别为 30, 40 和 60 的高斯白噪声进行滤波模拟。传统小波滤波和小波包滤波器对不同随机噪声干扰下的仿真对比结果见图 5—7。

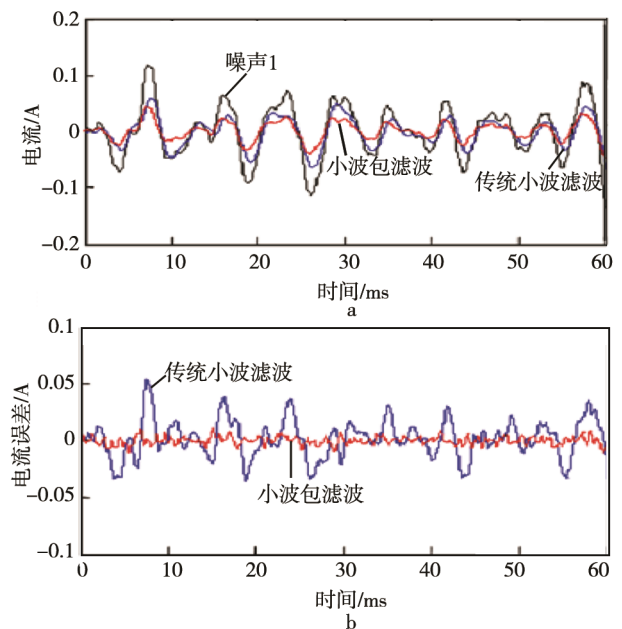


图 5 噪声 1 滤波结果

Fig.5 Filtering results of noise 1

由图 5—7 可以看出小波包滤波算法在不同噪声下都具有良好的滤波效果, 传感器电流误差相比传统小波包滤波算法更小。由此可以看出, 小波包滤波算法对于不同噪声具有良好的自适应性, 能够有效地对称量信号中的噪声进行处理, 从而提高信号采集精度。

为了进一步验证小波包滤波算法对于提升称量精度的有效性, 进行了相关的实验测试, 分别测量 2 种不同滤波算法下实际包装质量, 即传统小波滤波算法和文中所述小波包滤波方法。包装质量设定值为每袋 30 kg, 总共进行了 100 次数据采集, 每 10 次取平均值, 实验结果见表 1。由表 1 可知, 传统小波滤波算法下, 称量包装最大相对误差为 9%。采用小波包滤波算法时, 最大相对误差为 0.8%。实验结果表明, 采用改进型小波包滤波算法时, 称量不确定度大幅度降低, 相对误差较小。

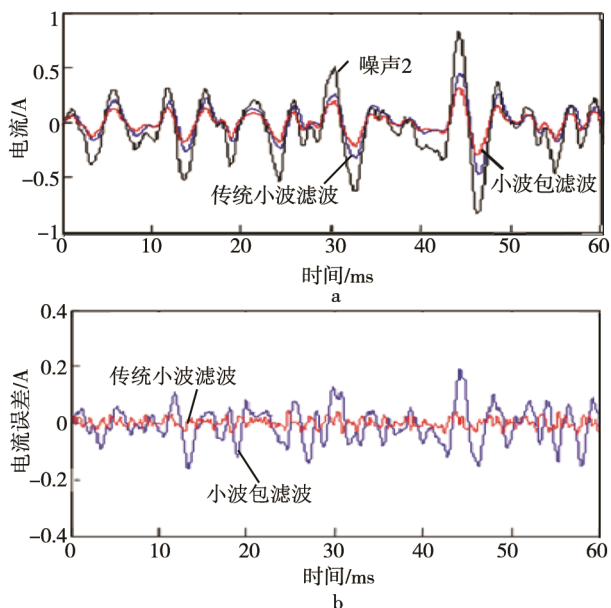


图6 噪声2滤波结果
Fig.6 Filtering results of noise 2

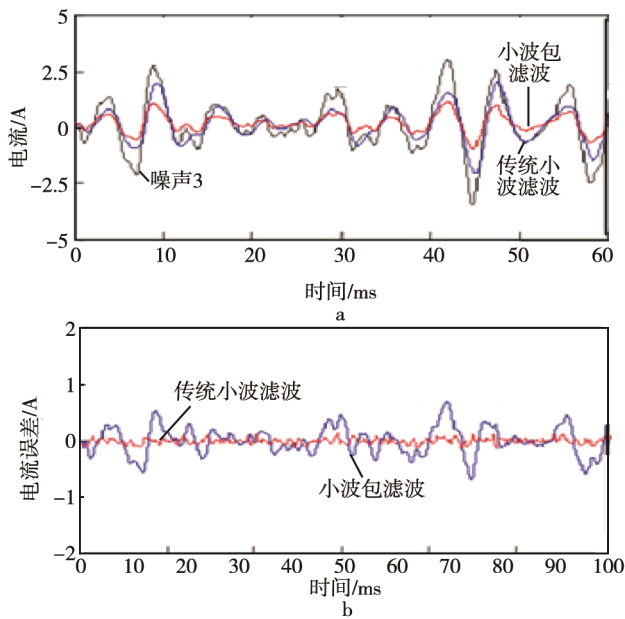


图7 噪声3滤波结果
Fig.7 Filtering results of noise 3

表1 实验数据
Tab.1 Experimental data

序号	传统小波滤波后质量/kg	小波包滤波后质量/kg
1	30.2	30.04
2	30.4	30.08
3	29.5	30.08
4	29.3	30.09
5	29.4	30.03
6	30.2	30.05
7	29.5	30.08
8	30.6	30.05
9	30.8	30.06
10	29.7	30.09

4 结语

为了提升物料动态定量称量精度,有效滤除传感器信号中的噪声,提出了一种改进的小波变换的滤波算法,介绍了动态定量称量系统组成,并给出了称量控制系统结构。在传统的小波滤波算法基础上对其进行了改进,通过塔式分解方法实现快速离散小波包变换,由离散卷积方程得到小波包分解系数,实现了滤波算法重构。仿真结果表明,采用改进后的小波包滤波算法能够有效滤除称量系统中的噪声,大大提升了动态称量系统精确度。

参考文献:

- [1] 吴宇平,章家岩,章磊,等. 定量称重包装系统 RBF 神经网络 PID 控制研究[J]. 安徽工业大学学报(自然科学版), 2014, 31(3): 299—302.
WU Yu-ping, ZHANG Jia-yan, ZHANG Lei, et al. A Study of Quantitative Weighing Packaging System Based on RBF Neural Network PID Control[J]. Journal of Anhui University of Technology(Natural Science), 2014, 31(3): 299—302.
- [2] 孙晓,周浩. 基于 PLC 的样品煤定量包装控制系统设计[J]. 包装工程, 2011, 32(21): 76—78.
SUN Xiao, ZHOU Hao. Design of Quantitative Packaging Control System Based on PLC for Sample Coal[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(21): 76—78.
- [3] 张俊,李明. 基于 PLC 的模糊控制器在定量包装秤中的应用[J]. 制造业自动化, 2014, 36(5): 110—112.
ZHANG Jun, LI Ming. Application of Quantitative Packaging Machine based on PLC Fuzzy Controller[J]. Manufacturing Automation, 2014, 36(5): 110—112.
- [4] 赵国军,李忠虎,张祥. 粉状稀土原料定量称重包装控制系统的设计[J]. 仪表技术与传感器, 2016, 4: 46—53.
ZHAO Guo-jun, LI Zhong-hu, ZHANG Xiang. Design of Powdery Rare Earth Materials Quantitative Weighing and Automatic Packaging Control System[J]. Instrument Technique and Sensor, 2016, 4: 46—53.
- [5] KOTTAPALLI A G P, ASADNIA M, MIAO J M. Polymer MEMS Pressure Sensor Arrays for Fish-Like Underwater Sensing Applications[J]. Micro and Nano Letters, 2012, 7(12): 1189—1192.
- [6] DONATI G L, AMAIS R S, NÓBREGA J A. Interference Standard: A New Approach to Minimizing Spectral Interferences in Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry[J]. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 2011, 26(9): 1827—1832.
- [7] TZVETKOV K, TARCZYNSKI A. On Digital Filtering of Band-Limited Signals Using Lower Sampling

- Rates[J]. Journal of Computers, 2010, 5(10): 1486—1493.
- [8] HYODO T, ASAKURA G, TSUKADA K. Performance Improvement of the Analog and Circuit for a Duct by Insertion of an All-Pass Filter[J]. IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 2013, 96(4): 824—825.
- [9] KWEON S J, SHIN S H, YOO H J. High-Order Temporal Moving-Average Filter Using a Multi-transconductance Amplifier[J]. Electronics Letters, 2012, 48(15): 961—962.
- [10] 彭云辉, 刘云峰, 杨小冈, 等. 基于小波包分析的激光陀螺信号滤波方法[J]. 红外与激光工程, 2007, 36(6): 823—826.
- PENG Yun-hui, LIU Yun-feng, YANG Xiao-gang, et al. Denoising Method for Signal of the Laser Gyro Based on Wavelet Packet Analysis[J]. Infrared and Laser Engineering, 2007, 36(6): 823—826.
- [11] 朱艳芹, 杨先麟. 几种基于小波阈值去噪的改进方法[J]. 电子测试, 2008(2): 18—22.
- ZHU Yan-qin, YANG Xian-lin. Several New Methods Based on Wavelet Thresholding Denoising[J]. Electronic Test, 2008(2): 18—22.
- [12] 文常保, 高丽红, 方吉善. 基于改进型限幅平均滤波法的高精度称重系统研究[J]. 传感技术学报, 2014, 27(5): 649—652.
- WEN Chang-bao, GAO Li-hong, FANG Ji-shan. The High-Precision Weighing System Based on the Improved Amplitude-Limiting and Average Filtering Algorithm[J]. Chinese Journal of Sensors and Actuators, 2014, 27(5): 649—652.
- [13] 杜航原, 郝燕玲, 赵玉新. 基于集合卡尔曼滤波的改进粒子滤波算法[J]. 系统工程与电子技术, 2011, 33(7): 1653—1657.
- DU Hang-yuan, HAO Yan-ling, ZHAO Yu-xin. Improved Particle Filter Based on Ensemble Kalman Filter[J]. Systems Engineering and Electronics, 2011, 33(7): 1653—1657.
- [14] 王芳, 鲁顺昌. 小波软硬阈值去噪算法的研究及改进[J]. 信息技术, 2008(6): 124—127.
- WANG Fang, LU Shun-chang. Improved Algorithm for Soft-hard Thresholding Denosing[J]. Information Technology, 2008(6): 124—127.
- [15] 段青, 李凤祥, 田兆垒. 一种改进的小波阈值信号去噪方法[J]. 计算机仿真, 2009, 26(4): 348—351.
- DUAN Qing, LI Feng-xiang, TIAN Zhao-lei. An Improved Method for Wavelet Thresholding Signal Denoising[J]. Computer Simulation, 2009, 26(4): 348—351.