

doi: 10.7690/bgzd.2020.07.020

基于监测特殊机器人图像识别及射击准确度装置

汪涌泉¹, 李文媛¹, 马鲁霞², 汪孝良³

(1. 山东科技大学电气与自动化工程学院, 山东 青岛 266590; 2. 国网山东省菏泽市电力公司, 山东 菏泽 274000;
3. 国网山东省威海市电力公司, 山东 威海 264200)

摘要: 为解决机器人无法对连续不断改变的动态物体进行快速识别以及准确找到图像中心位置的问题, 设计一种训练特殊机器人图像识别和监测射击准确度并进行实时报靶的装置。通过 Mini PC 输出和更换图像, 讨论一种基于有限脉冲响应的多项式预测滤波器和改进的中值滤波相结合的混合滤波方法, 对压力传感器的输出信号进行滤波降噪, STM32 通过识别消噪和放大后的信号判断受击打的位置; 并通过数码管进行显示。实验结果表明, 该装置具有较高的灵敏度和准确性。

关键词: 压力传感器; AD8230; STM32; 多项式预测滤波器; 中值滤波
中图分类号: TP311.1 **文献标志码:** A

Image Recognition and Strike Accuracy Device Based on Monitoring Special Robot

Wang Yongquan¹, Li Wenyuan¹, Ma Luxia², Wang Xiaoliang³

(1. College of Electrical Engineering & Automation, Shandong University of Science & Technology, Qingdao 266590, China;
2. Heze Company of State Grid Shandong Electric Power Company, Heze 274000, China;
3. Weihai Company of State Grid Shandong Electric Power Company, Weihai 264200, China)

Abstract: To solve the problem that the robot can not quickly identify continuously changing dynamic objects and accurately find the center position of the image, a device is designed to train special robot image recognition, monitor shooting accuracy and report target in real time. First, output and replace the image with the Mini PC. Next, pressure sensor output signal polluted by additive noise are processed by mixed filter with polynomial prediction filter of finite impulse response and the improved median filter. Then, the STM32 determines the location of the hit by identifying the de-noised and amplified signals. Finally, the hit data is displayed by digital tube. The experimental results show that the device has high sensitivity and accuracy.

Keywords: pressure sensor; AD8230; STM32; polynomial prediction filter; median filter

0 引言

近年来, 我国自然灾害及高危行业事故频发, 导致人员伤亡与财产损失严重^[1]。随着机器人技术的不断发展, 越来越多的特殊机器人被应用于特殊极限环境中, 有望从根本上改变特殊环境下的生产和工作方式。为了满足不同环境和行业的需求, 机器人需要实时高效完成图像处理、快速识别复杂目标物体和准确射击等任务^[2]。目前, 多数机器人只能识别静态物体, 无法对动态物体进行快速识别, 即使识别出动态图像也无法准确找到图像中心位置。为解决上述问题, 强化特殊机器人图像学习能力, 笔者提出一种提高机器人对动态图像学习能力、训练射击准确度并进行实时报靶的装置。

1 总体设计方案

如图 1 所示, 设计包含图像显示装置和自动报

靶装置 2 个部分。

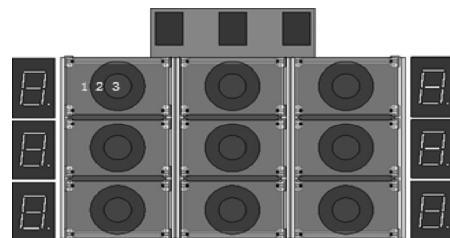


图 1 装置实物模型

1) 图像显示装置, 硬件采用如图 2、图 3 所示的 Mini PC、Skyworth 55 英寸液晶显示屏和显示器。在设计中, Mini PC 将显示的图像信息通过 HDMI 接口发送给液晶显示屏和显示器, 并通过串口通信将每个图像对应的 ID 信息发送给 STM32F405RGT6。若 Mini PC 接收到 STM32F405 反馈的受击打数据, 即对液晶显示器发送指令, 重新更换图像组合。

收稿日期: 2020-03-12; 修回日期: 2020-04-10

作者简介: 汪涌泉(1995—), 男, 山东人, 硕士, 从事电气工程及智能电网技术研究。E-mail: whwangyongquan@163.com。

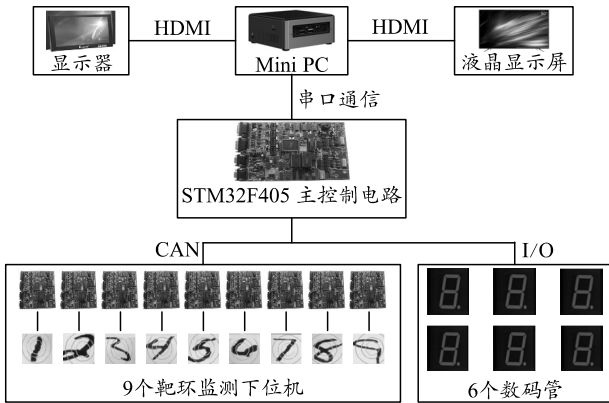


图 2 装置的系统结构

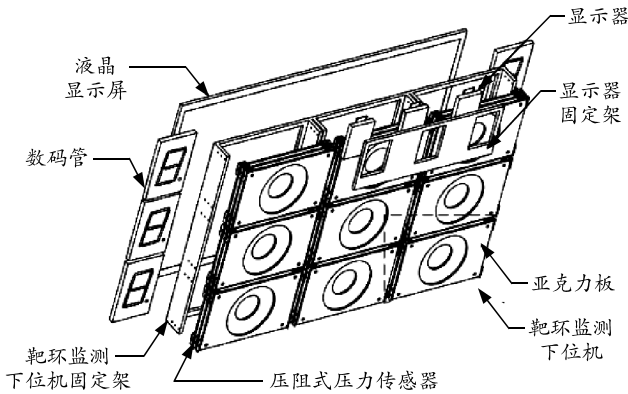


图 3 装置机械结构

2) 自动报靶装置, 硬件采用压阻式压力传感器、AD8230 仪表放大器、数码管和 STM32F103C8T6 芯片。一共有 9 个靶环监测下位机, 每个下位机采用 STM32F103 作为核心处理器。下位机和 MCU 之间采用 CAN 总线通信方式^[3], 实现任一靶环监测下位机将不同的 ID 信息连同被击打的数据发送给 MCU 以及向其余监测下位机发送数据的功能。译码器将接收到 MCU 传送的被击打环数翻译成输出信号, 供数码管进行显示。

2 主要硬件设计

2.1 压力监测模块

考虑整个设计需要良好的抗击打能力, 尽可能地消除整个装置共振的影响, 同时还应固定牢固、使用方便、便于维修和更换。笔者拟采用压阻式压力传感器, 主要由基底、箔栅(敏感栅)、胶黏剂、引出线及覆盖层等部分组成^[4], 能将被测物体受力后引起的应变变量转换成电阻阻值变化量。在阻丝拉伸比例极限内, 电阻的相对变化与应变成正比, 即 K 为常数^[5], 通常电阻丝的 $K=1.7\sim 3.6$ ^[6], 如下式所示:

$$\Delta R/R = K\varepsilon \quad (1)$$

2.2 仪表放大模块

笔者采用 AD8230 芯片作为仪表放大器, 并对其放大电路进行优化设计。

AD8230 通过抑制温漂和放大微弱直流信号, 可满足测试要求。自动稳零的基本思想: 将运放 2 个输入端加共模输入信号或短路时的输出电压误差寄存于电容器中, 与正常输出电压相减; 同时, 为保证测量精度, 采用基于 AD8230 的惠斯登电桥差分放大电路, 放大电路的增益越接近主控芯片单位精度内电压的变化范围, 采集的数据越准确; 采用 AD8230 作为电阻应变片的放大芯片。相关引脚的接线和电阻电容参数的配置如图 4 所示(P5 外接电阻应变片)。

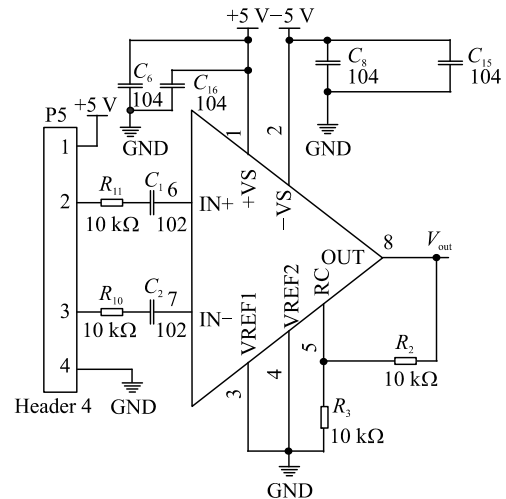


图 4 AD8230 引脚的接线和电阻电容参数的配置

3 改进中值滤波器

假设在某一时间段内, 传感器的信号 $h_i(n)$ 可以由 L 阶多项式描述:

$$h_i(n) = \sum_{l=0}^L p(l)n^l + e(n) \quad (1)$$

式中: $p(l)$ 为多项式的系数; L 为多项式的最高阶; $e(n)$ 为噪声引起的误差^[7]。 $h_i(n)$ 前 K 个时刻的值如式(2)所示, 可预测 $h_i(n)$ 将来第 N 个时刻的值如式(3)所示。

$$h_i(n) = E_i[h(n-1), h(n-2), \dots, h(n-k)]; \quad (2)$$

$$h_i(n+N) = \sum_{k=0}^{K-1} f(k)h_i(n-k) \quad (3)$$

式中 $f(k)$ 为 $K-1$ 阶预测系数, 将式(1)代入式(3)可得

$$\sum_{l=0}^L p(l)[n+N]^l = \sum_{k=0}^{K-1} f(k) \sum_{l=0}^L p(l)[n-k]^l \quad (4)$$

式(1)中系数 $p(l)$ 为相互独立的, 因此, 可将式

(4)联立为 $L+1$ 个等式，即

$$\begin{aligned} p(0)[n+N]^0 &= \sum_{k=0}^{K-1} f(k)p(0)[n-k]^0 \\ p(1)[n+N]^1 &= \sum_{k=0}^{K-1} f(k)p(1)[n-k]^1 \\ &\vdots \\ p(L)[n+N]^L &= \sum_{k=0}^{K-1} f(k)p(L)[n-k]^L. \end{aligned} \quad (5)$$

消去等式两边的系数 $p(l)$ 可得

$$\begin{aligned} \sum_{k=0}^{K-1} k^0 f(k) &= (-N)^0 \\ \sum_{k=0}^{K-1} k^1 f(k) &= (-N)^1 \\ &\vdots \\ \sum_{k=0}^{K-1} k^L f(k) &= (-N)^L. \end{aligned} \quad (6)$$

式(7)可使噪声通过滤波器的增益最小，式中 $F(\cdot)$ 为滤波器的传递函数，改写后的公式如式(8)所示：

$$NG = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} |F(e^{j\omega})|^2 d\omega; \quad (7)$$

$$NG = \sum_{k=0}^{K-1} |f(k)|^2. \quad (8)$$

中值滤波 (the median filter) 是一种非线性滤波技术，具有良好抑制脉冲噪声和良好边缘保持特性的能力^[8]，通过排序统计理论实现抑制噪声的非线性信号，是一种非线性平滑技术。笔者将中值滤波与多项式预测滤波进行结合，形成新的混合滤波器。

4 软件设计

4.1 原始数据采集

测试时，靶环监测下位机受到连续 2 次击打。由图 5 可知：波形存在 2 个明显的波峰和波谷，一方面该波形噪声较多；另一方面采样周期至少小于 $706 \mu s$ 。为了保证波形的精度，需要将 ADC 时钟设置为最低，即 8 分频。所以，需要对采样周期进行相应的计算。

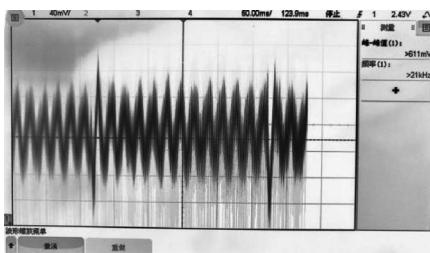


图 5 A/D 数据波形

记 ADC 的时钟周期为 t_{clk} ，可得：

$$t_{clk} = 1 / (72 \times 10^6 / 8). \quad (9)$$

记 ADC 采样时间为 t_{st} ，可得：

$$t_{st} = 239.5 \times t_{clk}. \quad (10)$$

记 ADC 总转换时间为 T_{adc} (上述 t_{clk} 、 t_{st} 、 T_{adc} 的单位均为 μs)，可得

$$T_{adc} = t_{st} + 12.5 \times t_{clk}. \quad (11)$$

计算可得

$$T_{adc} = 28 \mu s. \quad (12)$$

相应地，设计定时采集 ADC 的数据。则定时器的周期略大于 ADC 总转换时间即可。设 STM32F103 定时器的周期为 t_{tim} (单位为 μs)，计算公式为

$$t_{tim} = \frac{(TIM_Period+1) \times (TIM_Prescaler+1)}{72 \text{ MHz} / TIM_ClockDivision}. \quad (13)$$

将 3 个参数代入公式计算可得：

$$t_{tim} = \frac{(30-1+1) \times (72-1+1)}{72 \text{ MHz} / 1} = 30 \mu s. \quad (14)$$

4.2 原始数据分析

通过 STM32F103，采集得到靶环监测下位机的靶环 1 中 4 个压阻式压力传感器的 ADC 通道数据。如图 6 和图 7 所示，使用通过 Matlab 的 plot() 函数绘制出靶环监测下位机在正常和受到击打时的波形，由上到下依次为 ADC0，ADC1，ADC2，ADC3。

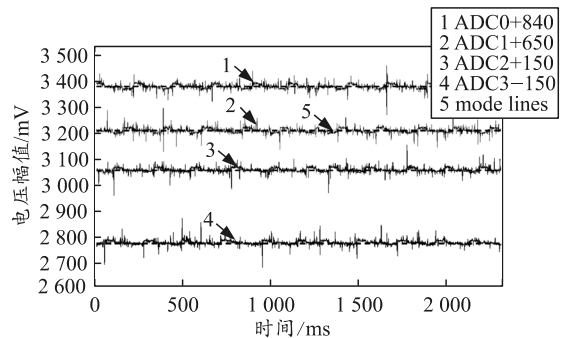


图 6 未受击打时 ADC 采集的原始数据波形

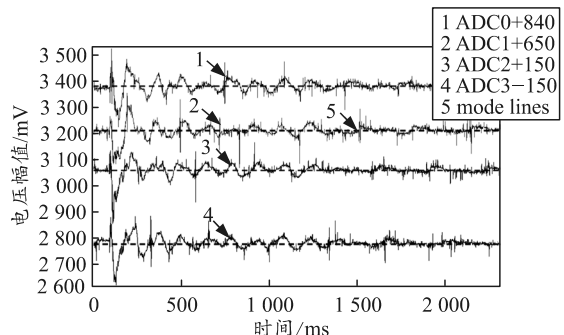


图 7 受到击打时 ADC 采集的原始数据波形

通过 Matlab 采集 2 组压阻式压力传感器分别在正常和受击打时的统计结果见表 1 和表 2。从图和表中可知：受到击打时的数据明显大于正常时所采集的数据，并含有随机噪声。

表 1 ADC0 通道数据结果输出统计

ADC0	max	min	Mode	Range
Static	3 461	3 130	3 381	194
Hit	3 356	3 070	3 381	299

表 2 ADC1 通道数据结果输出统计

ADC1	max	min	Mode	Range
Static	3 308	3 130	3 212	178
Hit	3 356	3 070	3 212	286

4.3 改进中值滤波与实验分析

图 8 为改进中值滤波算法在未受到击打时和受到击打时滤波前后的波形对比。

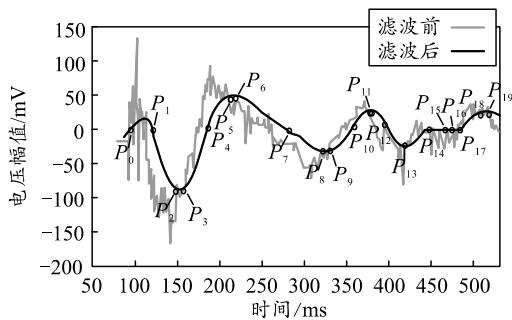


图 8 中值滤波后波形对比

从图中可以看出：击打物接触到靶环监测下位机的坐标为 $P_0(98,0)$ ，之后出现一段猛烈的冲击，造成波形猛烈变化；从 $P_1(120,0)$ 到 $P_2(148,-90)$ 和 $P_3(155,-90)$ 可视为靶环监测下位机逐渐形变，并且形变量达到最大值，同时此时击打物的速率降为 0；从 P_3 到 $P_4(186,0)$ 可视为下位机恢复形变，直到击打物完全和下位机分离；从 P_4 到 $P_5(211,50)$ ，从 $P_6(213,50)$ 之后，下位机做衰减震荡。记 k_{21} 为 P_1 、 P_2 的斜率， k_{32} 为 P_2 、 P_3 的斜率。结合之前的物理分析，计算斜率可得：

$$k_{21} = -90 / (148 - 120) = -3.21; \quad (15)$$

$$k_{32} = -90 / (186 - 148) = 2.37. \quad (11)$$

由式(10)、式(11)可知， P_1 、 P_2 斜率的绝对值大于 P_2 、 P_3 斜率的绝对值。说明 $t_0 < t_1$ ，即 $v_0 > v_1$ ；波形在 $P_2(148,-90)$ 和 $P_3(155,-90)$ 间的等效时间比在 $P_5(211,50)$ 和 $P_6(213,50)$ 间的长，且等效电压幅值的绝对值之和明显大于 $P_5(211,50)$ 和 $P_6(213,50)$ 。

4.4 工作原理与程序设计

根据装置结构化程序设计的要求，设计如图 9 的程序流程。

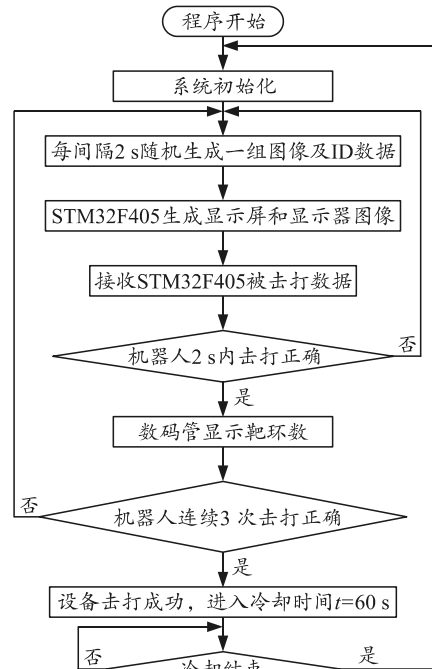


图 9 程序流程

装置实物如图 10 所示。



图 10 装置实物

5 结束语

本系统是面向自动投球机器人^[9]、救援机器人和射击机器人^[10]等特殊机器人设计的训练机器人图像识别能力、监测击打准确度并进行实时报靶的装置。首先根据 STM32F405 较强的计算性能和低功耗等优势^[11]，搭建了 Mini PC 和靶环监测下位机与 STM32 数据采集和处理相结合的平台架构，采用高输入阻抗的 AD8230 仪表放大器完成传感器放大电路的设计；然后使用示波器观测击打后的波形，完成传感器数据的采集程序，通过分析受击打的物理过程，选用中值滤波算法对传感器采集的受击打数据进行滤波，并证明了物理分析过程的正确性；最后对装置实物^[10]应用的处理性能、实时性和可靠性进行了测试，取得了阶段性成果。

此时，A 鱼已经完成了它的全部任务，可以使其重返上区选一固定点待命，也可以考虑让 2 条鱼协作顶球入门，但实际测试时发现 2 条鱼之间带球的策略相互干扰较为严重，反而降低了算法效率。

由此可见，只需控制 B 鱼顶球入门即可。定义临时点 7(520, 289)。如图 7 所示，该点靠近水池墙壁，让 B 鱼游至该点，目的是尽量让球处在鱼的左侧，B 鱼可顺球门方向将球顶入门，提高时间效率。使用 `if(b_pt.y>260&&f2_pt.x>350)` 语句，判断球是否已到达下区且 B 鱼在球左边。用电脑测量出球门中心点的坐标为(682, 254)，最后使用自定义 `GoToGoal_RBELLOWAREA(b_pt, Fish_B, goal_pt, attackrange)` 语句，当 $0 < attackrange < 5$ 时，B 鱼速度从 9 挡提到 14 挡，瞬间向左拐弯造成甩头^[5-6]的效果，将球甩入球门内，若球在过程中出现路径偏差，则改用 `Head2AnyGoal(b_pt, fishB, g_pt)` 语句，直接将球带入球门中。多次反复测试结果证明：B 鱼甩头一次性将球送入球门，可最大限度地缩短比赛时间，若失败，直接带球入球门也是比较可靠的做法，可圆满完成比赛任务。实验结果如表 2 所示。

表 2 B 鱼带球入门数据分析

甩球入门	带球入门	入门平均消耗时间/s
成功	否	3
失败	是	7

(上接第 92 页)

参考文献：

[1] 张明路, 彭平, 张小俊. 特殊环境下服役机器人发展现状及其关键技术研究[J]. 河北工业大学学报, 2013, 42(2): 70-75.

[2] 刘少强, 黄惟一, 王爱民, 等. 机器人触觉传感技术研发的历史现状与趋势[J]. 机器人, 2002, 24(4): 362-366, 374.

[3] 许宝森. 基于 CAN 总线的机舱监控模拟系统的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2006: 106-115.

[4] 邓阳春, 陈钢, 杨笑峰. 消除电阻应变片大应变测量计算误差的算法研究[J]. 实验力学, 2008, 23(3): 227-233.

[5] 史鑫, 王伟, 李金平. 基于 SOI 压阻式噪声传感器的声学动态特性分析与设计[J]. 传感器与微系统, 2018, 37: 61-69.

[6] 尹福炎. 电阻应变片与应变传递原理研究[J]. 衡器,

4 结束语

水中协作顶球项目对 2 条鱼的协作程度、带球、撞门算法都有极高的要求^[7]。经过大量的测试和比赛验证可知：笔者提出的多鱼分区域协作算法具有较好的算法效率，互补了 2 条鱼在时间上的工作空缺，表现明显优于其他策略。南京大学金陵学院参加 2018 年国际水中机器人大赛全局视觉组水中协作顶球项目中，使用该算法取得了冠军，证明了该策略的有效性和优越性。

参考文献：

[1] 陈辉, 夏庆锋, 张园, 等. 基于抢球博弈的逃生策略[J]. 兵工自动化, 2016, 35(5): 92-96.

[2] 肖权. 机器鱼位姿控制与协作顶球研究[D]. 柳州: 广西工学院, 2012: 20-22.

[3] 张新彬. 基于表面张力的仿水龟机器人研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016: 65-67.

[4] 陈伟. 机器鱼运动形态与比赛项目策略研究[D]. 柳州: 广西工学院, 2012.

[5] 周伟诚, 夏庆锋. 一种全局“水中救援”比赛策略[J]. 兵工自动化, 2015, 34(5): 93-96.

[6] 朱红秀, 杜闯, 孟庆博, 等. 电磁驱动机器鱼的驱动器研究[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(S2): 29-32, 61.

[7] 陈林, 王梅娟, 姚奕. 基于水波建模的交替式顶球改进算法[J]. 兵工自动化, 2019, 38(3): 83-87.

[8] 2010, 39(2): 1-8.

[7] 华振宇, 徐大诚. 硅压阻式压力传感器误差修正算法的 FPGA 实现[J]. 传感器与微系统, 2017, 36(2): 101-103, 106.

[8] 葛伟, 齐志, 温闻, 等. 多种中值滤波算法在可重构架构上的映射实现[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2014, 44(4): 697-701.

[9] 肖荣清, 伍济钢, 饶春晓. 基于 PMAC 的自动投球机器人控制系统[J]. 武汉大学学报(工学版), 2004, 37(2): 65-68.

[10] 戈瑜. 机器人传感器的研究与发展[J]. 高技术通讯, 1992(2): 1-5.

[11] 张旭, 开学广, 李世光, 等. 基于 STM32 电力数据采集系统的设计[J]. 电子测量技术, 2010, 33(11): 90-93.

[12] 严海荣. 嵌入式微处理器原理与应用: 基于 ARM Cortex-M3 微控制器(STM32 系列)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014: 96-97.