

로보트식레스링훈련기재에서 굴림속도의 결정에 대한 연구

윤창진, 현철

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《체육의 과학화는 체육강국건설의 추동력입니다.》(《조선로동당 제7차대회에서 한 중앙위원회 사업총화보고》 단행본 63페이지)

레스링선수들의 몸통굴리기훈련과 육체적능력의 측정과 평가에 리용되는 로보트식레스링훈련기재에서 기본측정량은 굴림힘과 굴림속도이다.[1] 순간속도측정문제는 비교적 고속으로, 편속적으로 회전하는 크랑크축을 가지는 발동기들에서 이미전부터 논의되어왔으며 기본원리와 측정체계의 실현, 오차분석, 응용에 대한 연구들이 진행되였다.[3-7]

본문에서는 느린 속도로, 작은 각도범위내에서 불연속적으로 회전하는 로보트식레스링훈련기재와 같은 저속회전장치들에서 회전속도를 평가하는 문제에 대한 이론적 및 실험적 연구를 진행하였다.

1. 속도수감부 및 순간속도결정의 절차

로보트식레스링훈련기재에서의 속도측정은 엔코더신호에 기초한다. 속도수감장치에서 엔코더원판의 모양은 그림 1과 같다.

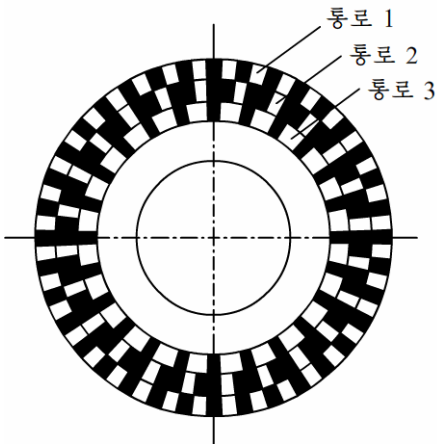


그림 1. 엔코더원판의 모양

레스링훈련기재에서는 회전속도가 $0.5 \sim 1s^{-1}$ 정도로서 느리고 한번에 움직이는 회전각도가 90° 이하로서 비교적 작으므로 일반고속회전기계의 속도측정에서 리용되는 주파수측정법과 주기측정법, 그 결합법과 같은 임펄스에 의한 계수법이 적합치 않다. 그러므로 로보트식레스링훈련기재에 대하여 엔코더신호를 상사신호로 처리하는 방식을 적용한다. 이것은 이미전에 제기된 크랑크축을 가지는 발동기에서 순간회전속도측정의 원리와 유사하다.[3-7]

상사식방법에 의한 회전속도측정원리는 엔코더에서 들어오는 신호를 높은 속도로 AD변환하여 얻어지는 신호로부터 고속계수법에 의하여 투명 및 불투명한 구간에 대응하는 회전시간을 결정하며 그것으로 한

구간에 해당되는 회전각도를 나누어 한 구간의 회전과정에 대한 평균회전속도를 구하는 것이다.

구간의 각도를 $\Delta\theta$, 이 각도를 회전하는 시간동안의 계수값을 N , 계수주파수를 f 라고 하면 순간회전속도는 다음과 같이 표시된다.

$$\omega = f \times \Delta\theta / N \quad (1)$$

이 방법에서 측정의 정확도는 엔코더에서 들어오는 신호에 대한 표본화주파수에 중요하게 관계된다.

상사신호처리법에 기초한 속도측정방법의 처리절차는 입구파형에 대한 려파와 직각임펄스에로의 전환, 매 구간에 대한 표본화주기수의 결정, 그 구간에 대한 회전시간의 결정, 구간에 대한 각도를 회전시간으로 나누어 속도를 결정하는 단계로 되어있다.(그림 2)

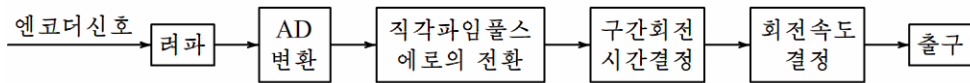


그림 2. 엔코더신호로부터 회전속도결정의 절차

2. 려파처리

려파는 장치적으로 수행되며 RC려파를 리용한다.

AD변환으로부터 출구까지는 프로그램부분이며 이것은 Cortex-M3계열의 ARM처리소편인 STM32F103RET6에 기초한 처리기판에 의하여 실현된다.[2]

RC려파정수는 신호려파에 대한 SIMULINK모의에 기초하여 결정한다.

모의를 위한 엔코더신호자료는 USB자료채집체계를 리용하여 얻은것이다. USB자료채집체계의 표본화주파수는 40kHz이며 채집통로수는 1개이다.

려파전과 려파후의 파형을 비교해보면 RC려파기에서 $R=100\Omega$, $C=10\mu F$, $T=RC=1ms$ 일 때 입구신호의 고주파를 기본적으로 려파한다는것을 알수 있다.(그림 2)

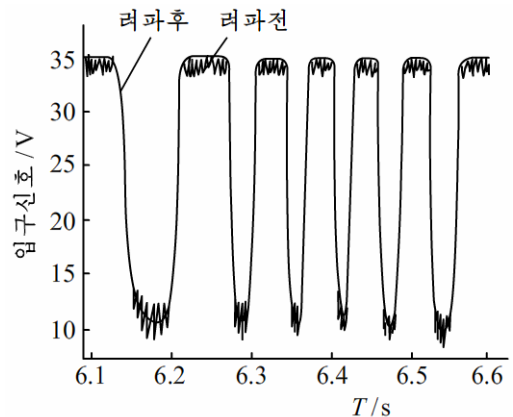


그림 3. 려파전과 려파후의 파형

3. 프로그램적처리알고리즘과 모의 및 처리장치에서의 실현

프로그램적처리부분은 그림 4와 같은 알고리즘에 따라 실현된다.

AD변환자료를 직각파형으로 전환하여 현재의 상태량(0 또는 1)을 얻어내는 프로그램부분에서 입구신호의 미세한 변동과 가능한 잡음의 영향을 없애기 위하여 상태량판정에서 무감도대역을 설정한다.

상태변화를 판정하고 속도를 계산하며 상태계수를 위한 출발값을 설정하는 프로그램부분에서 기준계수값 TimerNum은 모의프로그램에서는 모의시간걸음을 0.000 1로 주고 시간에 10 000을 곱하는 방식으로 얻으며 실제의 ARM처리장치에서는 일정한 시간간격의 중단을 설정하고 매 중단에서 계수값을 하나씩 증가시키는 방식으로 얻는다.

훈련기재에서 프로그램적처리를 수행하는 STM32F103RET6소편은 12bit분해능의 AD변환기능을 가지며 표본화주기는 1.5, 7.5, 13.5, 28.5, 41.5, 55.5, 71.5, 239.5가운데서 선택

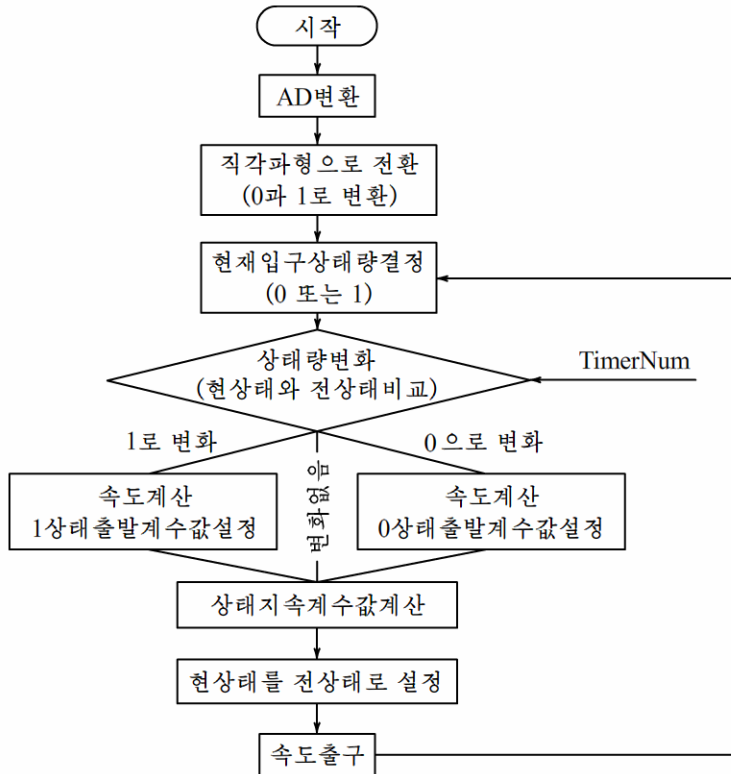


그림 4. 속도결정을 위한 알고리즘

할수 있다. ADC의 입구시계주파수는 18MHz이다. AD표본화주기를 239.5로 설정하면 변환 주기는

$$T_{\text{변환}} = 239.5 + 12.5 = 252$$

이고 변환시간은 $14\mu\text{s}$ 이며 대응하는 표본화주파수는 71.42kHz이다.

ARM처리장치에서의 중단은 실시간시계 RTC에 의한 중단을 리용한다. 이때 시계원천은 128이라는 수값으로 분주된 고속외부시계(HSE)이다. 처리기의 고속외부시계주파수가 8MHz이므로 고속외부시계의 주파수는 $8\,000\,000/128 = 62\,500(\text{Hz})$ 이다.

STM32처리기에서는 실시간시계 RTC에 의한 초중단(Second interrupt)을 리용한다. 중단 시간간격은 다음과 같은 계수기의 시계주파수에 의하여 결정된다.

$$f_{\text{TR_CLK}} = f_{\text{RTCCLK}}/(PRL+1) \quad (2)$$

PRL은 분주값으로서 여기서는 4로 설정하였다. 식 (2)에 의하여 실시간시계의 주파수는 다음과 같이 계산된다.

$$f_{\text{TR_CLK}} = (8\,000\,000/128)/(4+1) = 12\,500(\text{Hz}) \quad (3)$$

계산결과로는 현재의 시간, 계수기값, 현 상태, 전 상태, 상태지속계수값, 속도값이 출구된다. 여기서 시간은 상태절환이 일어나는 시점을 가리킨다. 출구자료들은 알고리즘과 계산결과의 정확성을 검증하는데 리용한다.

다음 상태지속계수값을 계산하고 현재의 상태를 이전상태로 설정하며 속도를 출구한다. 상태의 절환과 절환사이에서는 속도출구값이 변하지 않는다. 상태지속계수값은 매 중단에서 모두 계산된다.

현재 계수가 계속 진행되는 상태에서 회전이 정지되었는가, 아닌가를 판단하는것은 상태지속계수값이며 이 값이 일정한 값을 초과해도 다음의 상태이전(0에서 1, 1에서 0으로 변화)이 일어나지 않는다는것은 회전이 정지되었다는것을 의미한다고 볼수 있다. 회전이 정지되었는가, 아닌가를 판단하는 상태지속계수값의 턱값은 전형적인 경우에 대한 측정결과에 기초하여 결정된다. 실제측정결과는 구간회전시간이 160ms이하라는것을 보여준다. 이에 따라 상태지속계수기값이 1 600이상이면 속도출구값을 령으로 놓는다. 이 부분은 불런속, 저속회전장치에서의 회전속도결정에서 중요하게 고려하여야 할 측면이다.

4. 처리과정의 모의와 실험결과

우에서 제기한 처리알고리즘을 모의를 통하여 검증하였다.

전형적인 엔코더출구파형에 따르는 계산결과를 표에 제시하였다. 표에는 주어진 출구파형에 대하여 절환이 일어나는 시간과 매 구간의 지속시간(시간차), 모의로부터 결정된 계수값, 그 계수값으로부터 결정되는 매 구간의 지속시간(계수값/12 500), 엔코더에서 해당한 구간의 각도, 각도를 시간차로 나누어 결정된 실제의 속도값이 제시되어있다.

표. 전형적인 엔코더출구파형에 따르는 계산결과

시간 /s	11.63	11.7	11.77	11.8	11.84	11.87	11.9	11.92	11.96	11.98	12.02
시간차 /s		0.07	0.07	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	0.04
계수값		875	875	375	500	375	375	250	500	250	500
계수값/12 500		0.07	0.07	0.03	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.02	0.04
각도 /($^{\circ}$)		5	10	5	10	5	10	5	10	5	10
속도 /($^{\circ}$)·s $^{-1}$)		71.4	142.9	166.7	250.0	166.7	333.3	250.0	250.0	250.0	250.0

표에서 보는바와 같이 그래프로부터 직접 결정된 시간차와 상태지속계수값을 계수주파수로 나누어 결정한 시간차는 완전히 일치한다. 이것은 알고리즘을 실현한 프로그램에서 계수가 정확히 실현되고 알고리즘과 프로그램이 정확하다는것을 보여준다.

어떤 채집자료를 처리하여 얻은 속도출구값에 대한 그래프는 그림 5와 같다.

우의 모의결과에 따라 확정된 자료처리프로그램을 ARM처리기관에 적재하고 자료처리시험을 진행하였다.

초기의 시험에서는 절환이 진행되는 시점에서의 상태값들을 연시하여 상태가 0에서 1로, 1에서 0으로 바뀌는 시점에서 절환이 정확히 일어나는가와 이때 상태지속계수값이 정확히 얻어지는가를 확인하였다. 시험은 절환과 계수, 속도의 계산과정이 정확히 진행된다는것을 보여주었다. 이것은 처리장치의 프로그램이 정확하며 처리장치를 실선에 적용할수 있다는것을 보여준다.

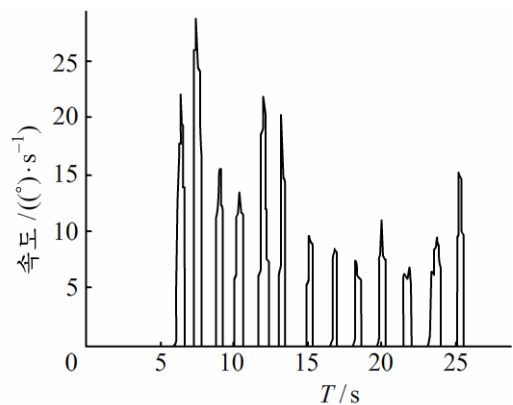


그림 5. 속도출구값에 대한 그래프

맺는 말

본문에서는 로봇트식레스링 훈련기재와 같은 저속회전장치에서 순간회전속도를 결정하는 문제를 고찰하였다. 순간속도결정원리에 기초하여 결정알고리즘을 제기하고 모의방법과 장치적실행방법을 제기하였다. 모의방법을 통하여 알고리즘의 정확성을 검증하였으며 시험을 통하여 알고리즘을 실현한 처리장치가 믿음직하게 동작한다는것을 확인하였다.

참고 문헌

- [1] Steve Preston; The Ultimate Wrestling Strength and Conditioning Guide, Wrestling Performance LLC, 20~45, 2009.
- [2] 袁亮; 基于STM32和 $\mu C/OS-II$ 的数据采集系统设计, 武汉理工大学, 45~84, 2014.
- [3] 白雷石 等; 计量与测试技术, 4, 22, 2002.
- [4] 李建秋 等; 汽车工程, 24, 1, 41, 2002.
- [5] 张永祥 等; 内燃机工程, 26, 6, 61, 2005.
- [6] 孙云岭 等; 海军工程大学学报, 18, 6, 61, 2006.
- [7] 李威洲; 煤炭技术, 27, 12, 1, 2008.

주체106(2017)년 12월 5일 원고접수

Determination of Rolling Velocity on the Robot-Type Wrestling Training Equipment

Yun Chang Jin, Hyon Chol

The problem of determining the instantaneous rolling velocity in the low-speed rotating equipment like the robot-type wrestling training equipment was considered.

On the basis of principle of determining the instantaneous speed we suggested an algorithm, a simulation method and an instrumentation method for determination of it.

Key words: wrestling training equipment, analog signal processing method