

# 로봇 힘-토크 제어를 위한 조인트 토크 측정 및 FIR 필터링 기법을 이용한 신호처리

## Measurement of Joint Torque and Signal Processing Using FIR Filtering for Control of Force-Torque of Robot

\*\*유이준<sup>1</sup>, 박찬훈<sup>1</sup>, 경진호<sup>1</sup>, 박동일<sup>1</sup> 정광조<sup>1</sup>

\*# Y. J. Yoo(yjyoo@kimm.re.kr)<sup>1</sup>, C. H. Park<sup>1</sup>, J. H. Kyung<sup>1</sup>, D. I. Park<sup>1</sup>, G. J. Chung<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>한국기계연구원 로봇메카트로닉스연구센터

Key words : Robot manipulator, Force-Torque Sensor, FIR filtering

### 1. 서론

로봇과 기계시스템에 작용하는 힘과 모멘트를 측정하여 정확한 움직임과 위험요소를 파악하는 것이 점차 중요시 되고 있다. 로봇은 점점 인간의 감지 능력 이상으로 발달해 가고 있으며, 앞으로 섬세한 작업을 요하는 분야에서 더 정밀한 센서를 필요로 하게 된다. 특히, F-T(Force-Torque) 센서의 경우는 로봇의 관절이나 손가락 사이에 장착됨에 따라, 사람과의 협업을 위한 안전성 확보에 적용된다. F-T 센서의 용도는 크게 Foil Strain-gauge와 Semiconductor Strain-gauge 방식이 있다[1]. 또한 이들의 부착되는 센서의 구조물 방식에 따라, 방사형 구조와 평판구조 방식으로 나눌 수 있다. 본 연구는 로봇팔 조인트에 장착되는 토크센서 중 Foil Strain-gauge 방식의 토크센서에 대한 측정 방법, 백색노이즈 신호 분석 그리고 FIR filtering을 이용한 신호처리에 대해 논하고자 한다.

### 2. 토크 측정 방법

본 연구에서는 토크센서의 전류 출력방식을 전압측정 방식으로 변환하는 간단 회로를 구성하여 측정하였으며, 이 측정된 값들을 컴퓨터 프로그램과 연동하여 나타내었다. Fig. 1은 토크센서의 측정을 위한 구성 방안을 나타낸다. 그림 1에서의 Amp는 토크센서에서 나온 신호를 전류신호로 증폭하여 하중에 비례하는 값을 내보낸다. 또한, Connector Block에서는 전류를 전압으로 변환하여 전압 측정 장치에 전송하게 된다. 따라서 Fig. 1과 같이 구성된 시스템을 통하여 토크센서에서 발생된 외력에 대한 전압값을 계산할 수 있으며, Fig 2. 는 전류를 전압으로 변환하는 측정 회도로를

나타내었다.

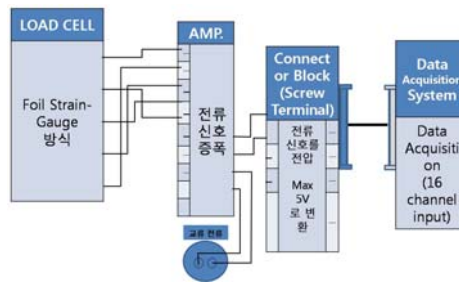


Fig 1 토크센서 측정 구성도

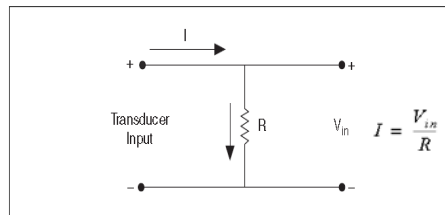


Fig 2 전류에서 전압으로 변환 회로도

### 3. 토크센서 정적 하중 테스트

외력 토크에 비례하여 측정되는 전압값으로 토크센서의 민감도를 계산할 수 있으며, 이는 Table 1에 나타내었으며 민감도 계수 및 그래프를 Fig. 3에 나타내었다.

Table 1 토크-전압 측정값

무게(kgf)	전압 측정값(Volt)		
	max	min	average
0	2.3114	2.3082	2.3098

0.99	2.4419	2.4386	2.44025
1.99	2.5711	2.5675	2.5693
3.025	2.7054	2.7018	2.7036
3.965	2.8268	2.8229	2.82485
4.98	2.9576	2.9534	2.9555

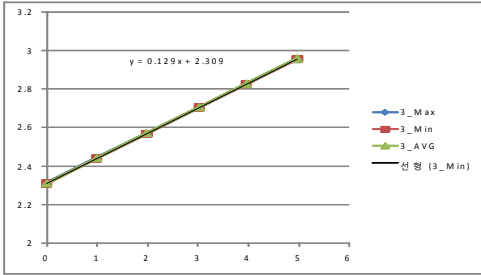


Fig. 3 토크-전압 측정 그래프

#### 4. 토크센서 주파수 분석 및 FIR Filtering

토크센서로부터 측정된 전압신호에 대한 주파수 분석[2]을 통하여 백색노이즈의 특성을 파악할 수 있으며 Fig. 4에 나타내었다. 또한 주파수 분석과 FIR(Finite Impulse Response) Filtering 기법[3]을 이용한 프로그램의 작성 및 해석 그래프는 Fig. 5에 나타내었다. Fig. 6은 필터링이 되지 않은 조인트 토크센서 신호를 나타낸 그래프이며, Fig. 7은 FIR 필터링 방법으로 신호 처리된 그래프이다.

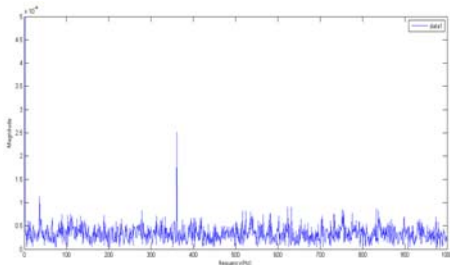


Fig. 4 백색노이즈를 담고 있는 토크 전압그래프

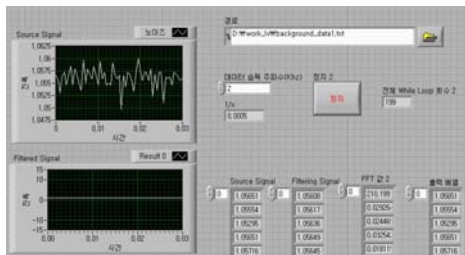


Fig. 5 FIR Filtering을 위한 프로그래밍

또한, FIR 필터링을 위한 공식은 Eq. 1 과 같다.

$$y_k = \sum_{i=0}^m B_i x_{k-i} \quad (\text{Eq.1})$$

여기서,  $B_i$  는 필터 계수이며,  $m$  은 샘플 수이다.

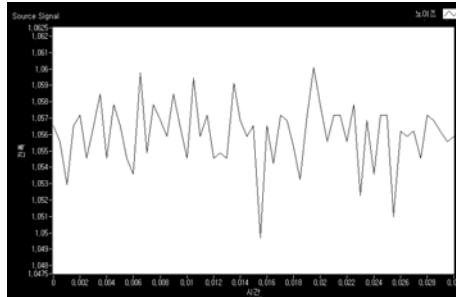


Fig. 6 백색노이즈를 가지고 있는 토크센서 전압신호

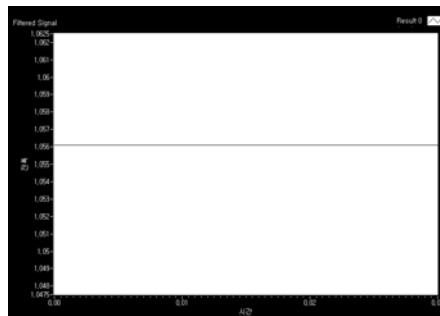


Fig. 7 FIR Filtering을 이용한 토크센서 전압신호의 필터링

#### 5. 결론

로봇에 활용되는 토크센서의 전류-전압 변환 측정을 통하여 민감도를 계산, 주파수 분석을 통한 토크센서 전압신호의 백색 노이즈를 분석 그리고 FIR Filtering을 이용하여 신호를 분석하였다.

#### 참고문헌

1. Saeed B., "Introduction to Robotics," 260-263, 2002.
2. 김용수, "MatLAB 입문과 활용," 505-507, 2002.
3. Ellis G., "Control System Design Guide," 171-189, 2004.