

# 수박의 음파 신호처리와 소음제거

## Noise cancelation from acoustic signal of watermelon

최완규\*      이강진\*      이호영\*      노상하\*\*  
 W. Choi\*      K. Lee\*      H. Lee\*      S. Noh\*\*

### 1. 서론

수박의 당도와 내부 결함은 가장 중요한 내부 품질평가 요소 중에 하나로 본 연구자들은 수박의 결함(공동)을 판별하기 위하여 다중음향을 계측할 수 있는 장치를 개발하였다(Choi 등, 2004; Lee 등, 2004). 그러나, 이 장치는 수박 선별장에 설치되어 운용되어야 하고 컨베이어 이송장치 등의 마찰음, 공압 솔레노이드 등을 비롯한 다양한 소음원에 노출될 수 밖에 없기 때문에 현장에서는 이러한 소음원 영향을 최소화하고 내부 품질에 의한 타음신호만을 획득할 수 있는 시스템을 구성해야 한다. 본 연구에서는 이를 위하여 수박을 타격하여 발생한 음파신호만을 획득하고자 필터링과 신호 보정기법을 개발하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 수박의 음파신호 측정

타격에 의해 발생된 수박의 음파 신호처리 과정을 그림 1에 나타내었다. 솔레노이드로 구동되는 타격장치에 의하여 수박을 타격하고, 발생된 신호를 콘덴서 마이크로폰으로 감지하여 프리앰프에서 증폭한다. 증폭된 신호는 아날로그 저역통과 필터와 소프트웨어에 의한 디지털 저역통과 필터를 거치면서 1kHz 이상의 고주파 신호가 완전히 제거되고 마이크로폰별로 신호의 크기 차이와 이동 현상을 보정한 후 주파수 변환과 신호를 분석한다.

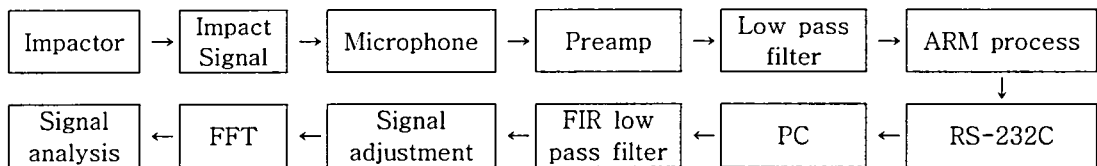


Fig. 1 Block diagram for acoustic signal processing of watermelon.

#### 나. 주변 소음측정 및 신호보정

수박의 다중음향계측장치는 음파를 측정하기 때문에 다양한 환경 소음과 전기적인 잡음에 민감할 수밖에 없다. 주변 환경 소음은 주기적으로 발생하는 소음과 비주기적으로 발생하는 소음으로 나눌 수 있다. 주기적인 소음에는 이송 컨베이어 소음, 당도센서부에서 불어오는 바람과 팬 소음이 있고, 비주기적인 소음에는 공압 기기 소음, 자동차 소음, 작업자 소음, 그리고 다양한 기계적 마찰 소음 등이 있을 수 있다.

위와 같은 소음이 수박을 타격하는 순간 발생 된다면 수박 음파 신호와 함께 유입되어

수박 고유의 음파 신호에 영향을 줄 수 있기 때문에 반드시 필터링 과정을 거쳐야 한다.

여기서는 이를 위한 필터의 설계를 위해 여러 주변 환경 소음들을 측정하고 각 소음원들의 주파수 특성을 분석하였다. 또 신호의 재현성을 높이고자 마이크 특성 변화에 따른 신호의 크기 변화를 보정하고, 신호의 좌우 이동 현상 등을 보정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 수박의 음파신호

수박의 다중음향계측장치에 의해 측정된 정상 수박의 음파신호와 주파수 반응을 그림 2에 나타내었다. 수박의 음파신호는 80~700Hz의 주파수대역을 가지며, 주 대역은 150~250Hz이었다.

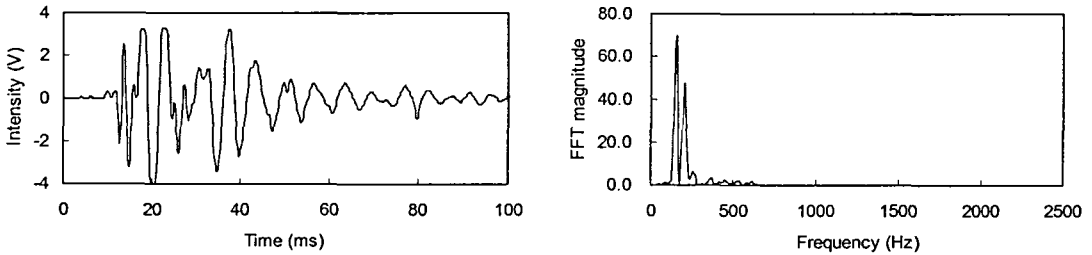


Fig. 2 Acoustic signal(left) and frequency response(right) of watermelon

#### 나. 주변 환경 소음의 주파수 특성

수박 선별라인에서 발생하는 소음을 측정하고 주파수 분석을 실시하였다(그림 3). 컨베이어의 소음은 0~2,000Hz의 범위에 분포하며 주 대역은 1,500Hz이었고, 팬 소음은 0~1,000Hz에 분포하며 주 대역은 185Hz이었다. 공압 실린더와 솔레노이드 작동 시 발생하는 소음은 0~2,500Hz의 주파수 범위에 분포하며 주된 주파수는 각각 1,300Hz와 1,560Hz이었다.

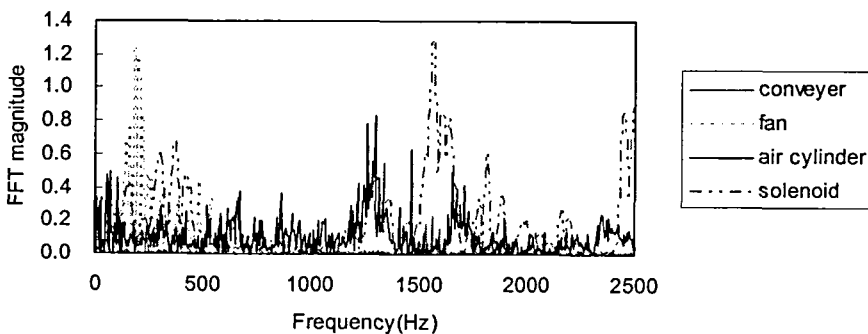


Fig. 3 Frequency responses of various noise sources

위의 결과로부터 수박 음파신호와 소음원의 주파수 대역을 고려해서 소음을 필터링하기 위한 필터를 설계하였다.

#### 다. 소음의 필터링

마이크로폰으로 입력된 수박 음파 신호는 OP앰프로 구성된 아날로그 저역통과 필터를 거치면서 1kHz 이상의 고주파 신호를 1차적으로 필터링한다. 그러나 아날로그 필터의 특성상 고주파 신호를 완전히 제거하지 못하기 때문에 2차로 소프트웨어에 의한 디지털 필터를 사용하였다

사용된 디지털 필터는 20차 FIR least square 저역통과 필터로서 차단 주파수는 1kHz로 설정하였다. 그림 4는 설계된 디지털 필터의 주파수 특성과 위상을 나타내며, 식(1)을 이용하여 구해진 필터계수로 노이즈 신호를 필터링할 수 있다.

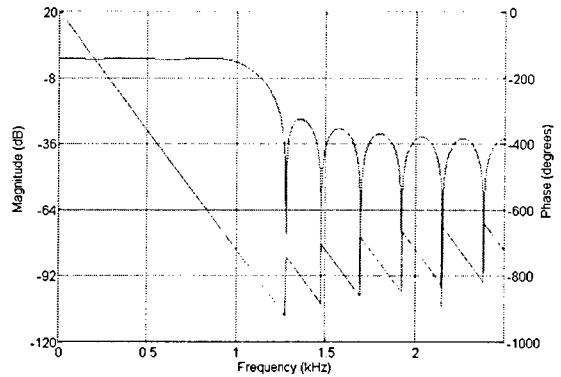


Fig. 4 Frequency property of 20th-order FIR low pass filter(Cutoff frequency : 1kHz).

$$y(t) = \sum_{\tau=1}^{21} h(\tau)x(t-\tau) \quad \text{for } t=21,22,\dots,512 \quad (1)$$

여기서,  $x(t)$  : raw signal,  $y(t)$  : filtered signal, and  $h(\tau)$  : filter coefficient

그림 5는 설계된 필터를 이용하여 소음이 포함된 수박 음파신호(그림 5(a))를 필터링하여 원래 수박만의 음파 신호(그림 5(f))를 얻는 과정을 나타낸다. 수박의 음파 신호를 수집하는 동안 컨베이어와 팬 소음은 지속적으로 유입되며 팬 소음의 경우 수박의 음파신호와 같은 주파수대에 분포하지만 그 크기가 수박 신호에 비해 매우 작으므로 무시할 수 있었다. 공압 실린더나 솔레노이드가 작동될 때 나는 소음은 1kHz 이상의 고주파 성분을 많이 포함하기 때문에 필터에 의해서 대부분 제거할 수 있었다.

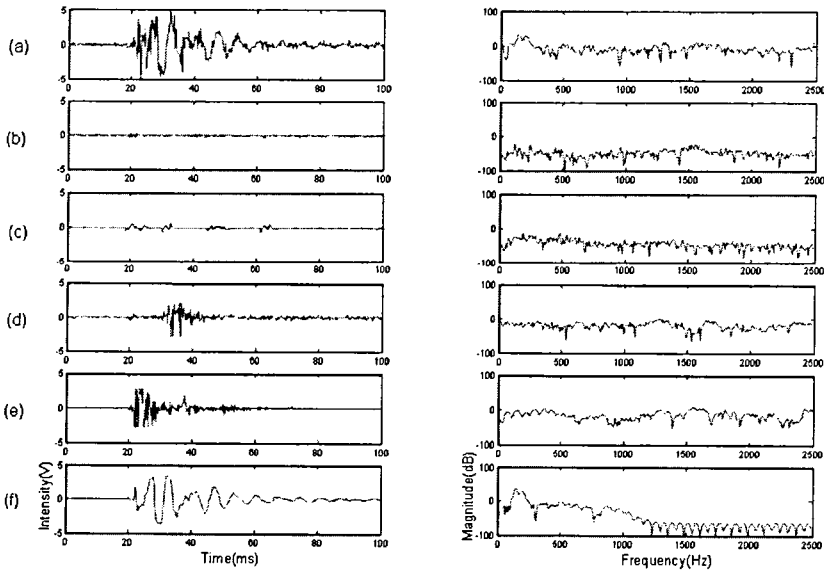
#### 라. 파형의 보정

마이크로폰의 특성 변화에 따른 신호의 크기 변화를 보정하기 위하여 3개의 마이크로폰으로 입력되는 신호 중에서 가장 큰 신호를 기준으로 나머지 신호를 일정 비율 커지게 하였고, 타격의 불안정에서 비롯되는 신호의 좌우 이동 현상을 보정하여 항상 일정한 위치에서 파형이 나타나도록 하였다. 그림 6에 신호 보정 전과 후의 파형을 나타내었다.

## 4. 요약 및 결론

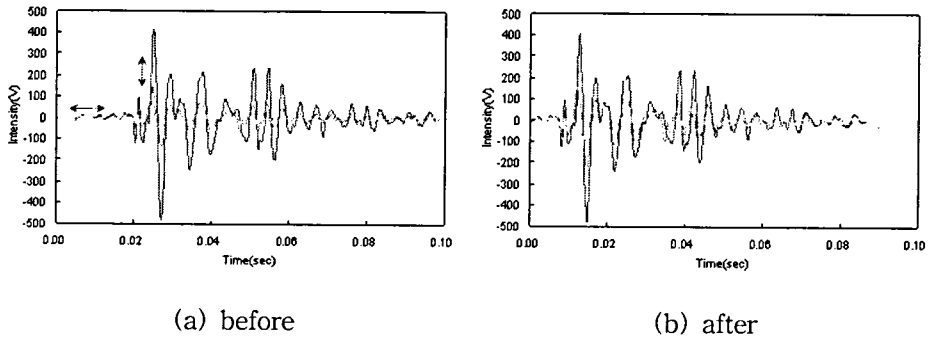
음파를 이용한 비파괴 품질평가에서 신호처리는 매우 중요한 과정 중에 하나이며, 특히 선별장과 같이 소음원이 많은 곳에서는 소음의 필터링이 필수적이다. 본 연구에서는 수박을 타격하여 얻은 음파 신호로부터 소음을 제거하기 위하여 주변 환경 소음들의 주파수 특성을 분석하였고 이를 바탕으로 1kHz의 차단 주파수를 가지는 저역통과 필터를 설계하였다. 그

결과 고주파 소음이 대부분 필터링 되었으며, 신호의 크기와 좌우 이동현상 등을 보정함으로써 신호를 원활하게 분석할 수 있었다.



(a) watermelon signal with noise (b) conveyer noise (c) fan noise  
(d) air-cylinder noise (e) solenoid noise (f) filtered watermelon signal

Fig. 5 Extraction of noise signal from watermelon acoustic signal, noise included



(a) before (b) after

Fig. 6 Adjustment of amplitude and shift of acoustic signal

## 5. 참고문헌

1. Choi, W., K. Lee, and K. Choi. 2004. International quality estimation of watermelon by multiple acoustic signal sensing. Proceedings of the KSAM 2004 winter conference Vol.9(1):472-475.
2. Lee, K., W. Choi, K. Choi, and S. Noh. 2004. Internal quality estimation of watermelon by multiple acoustic signal sensing(II). Proceedings of the KSAM 2004 summer conference. Vol.9(2):268-271.