

# 채터진동 보상 신호처리용 프로세스 및 임베디드 디바이스개발 Signal Process and Embedded Device for Chatter Vibration Compensation

\*#김동훈<sup>1</sup>, 송준엽<sup>1</sup>, 차석근<sup>2</sup>

\*#K. D. Kim<sup>1</sup>(kdh680@kimm.re.kr), J. Y. Song<sup>1</sup>, S. K. Cha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국기계연구원 초정밀기계시스템연구실, <sup>2</sup>(주)에이시에스 기술연구소

Key words : Machine Tools, Chatter Vibration, Detection, Compensation

## 1. 서론

채터진동은 공작기계를 이용한 가공 과정에서 소재와 공구사이에 나타나는 급격한 상대진동으로 이러한 진동은 가공 소재 품질에 심각한 영향을 미치는 요소일 뿐만 아니라 가공 툴(tool)과 기계에 손상을 유발시키는 원인으로 작용한다. 따라서 가공성과 안정성을 확보하기 위해서는 채터진동은 반드시 제거되어야 하여야 한다. 기존의 연구사례를 살펴보면 채터진동 조정 방법들이 실시간 보상의 개념이 아니어서 미리 가공전에 충분한 실험 데이터를 확보한 후 이 실험 데이터를 근거로 채터진동을 보상하여야 하므로 채터진동의 보상에 많은 시간과 노력이 소요되는 단점이 있었다. 따라서 본 연구에서는 향후 CNC연계 가능한 타입으로 공작기계의 이러한 채터진동을 보상하기 위하여 채터진동 감지 및 예측모델을 통한 보상을 위하여 실시간 신호처리용 프로세스를 개발하고 이를 임베디드 디바이스화 하고자 한다.

## 2. 채터진동 신호처리 프로세스

공작기계의 가공시 발생하는 채터 진동은 특정 절삭조건에서 발생하므로 이러한 절삭조건을 실험적으로 규명하기 위해 Fig. 1처럼 스피들 축의 x,y,z방향에 가속도 센서를 부착하여 실험 조건에 따른 특성을 파악하고자 한다. 절삭은 이송속도와 절입깊이, 스피들 회전수를 달리하면서 각 축의 가속도 신호를 측정한다.

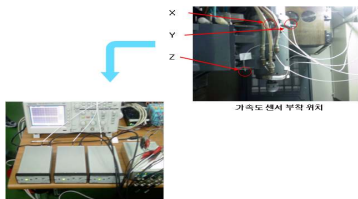


Fig. 1 Test environment of chatter vibration

절삭가공은 절입두께와 이송속도(Feed Rate) 그리고 스피들 회전수(Spindle Rate)를 변경하면서 가공을 수행하였고, 채터진동 신호의 측정은 가속도 센서를 대상 공작기계의 각 축에 마그네틱으로 부착하여 신호를 획득하였고, 획득시 샘플링 주파수는 20kHz로 하였다. 분석대상의 신호는 절삭조건 중 스피들 속도와 절입깊이는 일정할 때 이송속도의 변경에 따라 발생하는 과도한 채터진동 및 절삭력으로 인해 공구가 파손된 경우의 절삭조건에 해당하는 신호를 분석한다. 실험중 이송속도가 증가할수록 0~500, 430~460, 6000~7000사이 존재하는 주파수의 진폭이 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 그리고 이송속도가 3000mm/min에서 공구가 파손이 일어났다. 이송속도의 증가에 따른 채터 진동의 크기를 비교하기 위해 가공된 표면을 레이저 센서로 측정된 결과를 아래의 그림에 나타내었다.

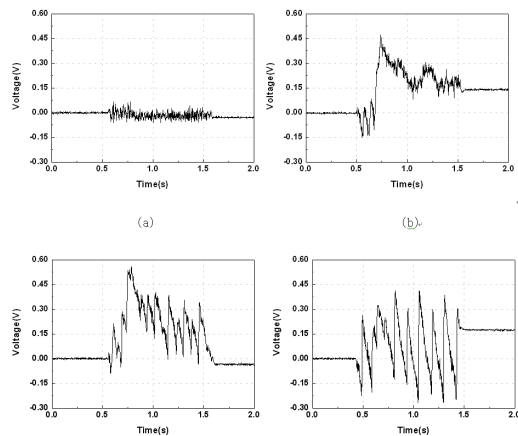


Fig. 2 (a) 1000rpm, 0.2mm, 500mm/min, (b) 1000rpm, 0.8mm, 500mm/min, (c) 1000rpm, 0.8mm, 1500mm/min, (d) 1000rpm, 0.8mm, 2500mm/min, The alteration of surface roughness related to machining conditions

Fig. 2 (a)는 절삭깊이가 0.2mm일 경우의 가공된 면의 표면 거칠기를 나타내고 있다. (b), (c), (d)는 회전수 1000rpm, 절입깊이 0.8mm의 동일한 가공 조건에서 이송속도를 3단계로 변화시켜 가공했을 시 나타나는 표면의 거칠기를 보여준다. 위의 결과에서 절입깊이가 깊을수록 채터진동으로 인한 표면거칠기가 증가함을 볼 수 있을 뿐만 아니라 동일한 절삭조건에서 이송속도가 증가할수록 채터진동이 증가함을 알 수 있다. 여기서 진동을 판별하기 좋은 주파수 대역은 6000Hz~7000Hz임을 확인하였다. 이러한 실험 결과를 바탕으로 DSP에서 실시간 데이터를 획득함에 있어서 선행되어야 하는 필터는 밴드패스 필터임을 알 수 있었다.

가속도 센서로부터 입력되는 신호로부터 채터진동을 실시간으로 판단하기 위해서는 채터진동 주파수 대역을 판단해야 한다. 따라서 본 연구에서는 채터진동과 관련된 주파수 대역을 Raw신호로부터 추출하기 위해 Chebyshev타입의 디지털 BandPass 필터를 사용한다. 설계된 연속시간 필터 전달함수  $G(s)$ 는 아래와 같다.

$$G(s) = \frac{4.61 \times 10^{11} s^3}{s^6 + 1.271 \times 10^5 s^5 + 5.23 \times 10^9 s^4 + 4.38 \times 10^{13} s^3 + 8.92 \times 10^{18} s^2 + 3.69 \times 10^{22} s + 4.962 \times 10^{27}} \quad (1)$$

테스트 결과 설계된 필터는 원 신호의 5000Hz이하의 신호와 8000Hz이상의 신호는 거의 완벽히 제거하는 성능을 나타내었고, 초기에 설정된 6000~7000Hz의 밴드 대역에서의 원래신호와 비교했을 시 약간의 오차를 나타내고 있는데 이는 필터의 타입을 Chebyshev로 하였기 때문이다.

### 3. 임베디드 디바이스

개발된 채터진동 감지 및 판단용 임베디드 디바이스 가로175, 세로 80의 크기를 가진다. 정면의 모습에서 보이는 Bluetooth는 CNC공작기계와 무선통신을 위해 사용되고, 실제 보상기 내부에서 채터진동이라 판단했을 경우 이를 보상하기 위한 새로운 지령이 Bluetooth를 통해 CNC공작기계로 전달되도록 하였다. 이러한 무선 통신의 이점은 여러대의 공작기계에서 발생하는 채터진동을 실시간 적으로 동시에 보상하고자 할 때나 실제 작업 현장의 열악한 환경속에서 보상기를 구축해야 할 경우 공작기계와 보상기를 연결하는 유선의 단선이나 피복의 파괴로 인해 항상 작업자의 주의를 요하는 사항이기도 하다. Fig. 3은 개발된 디바이스

와 CNC공작기계의 상호 작용도를 개략적으로 나타내고 있다.

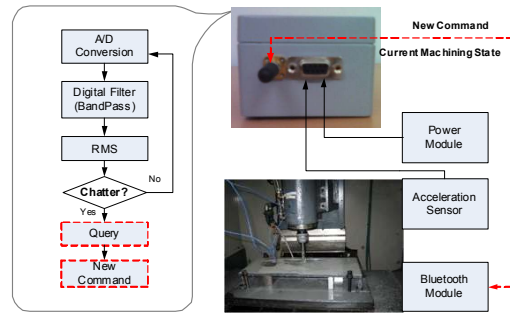


Fig. 3 The Interaction between the Embeddable Device and the Machine Tool

### 4. 결론

본 연구에서는 가공물과의 마찰 및 스펀들회전에 따른 채터진동에 기인한 가공품 표면거칠기 저하를 가공중 자율 제어하기 위한 것으로 다음과 같은 내용을 수행하였다. 실시간으로 가공상태의 신호를 획득한 후 채터진동의 유무를 결정하는 디지털 필터를 구현하였다. 디지털 필터의 설계 및 RMS를 통한 에너지레벨 측정을 통하여 가속도 신호를 기준으로 하기 때문에 샘플링 속도가 높고 또한 채터진동을 보상하기 위한 자동보상기가 마이크로(DSP)기반으로 되어 있는 환경하의 고속 샘플링 및 적은 샘플수와 같은 제약조건에서 채터진동 신호를 가공중 실시간으로 판단이 가능하였다. 이러한 내용은 하드웨어적으로 Firmware되어 임베디드 디바이스로 구현 적용되었으며, 이를 향후 기반으로 CNC에 인터페이스 프로그래밍함으로써 스펀들 속도, 공구이송 속도, 절입깊이 등이 가공중 실시간 자율 보상평가 예정이다.

### 참고문헌

1. D. H. Kim and J. Y. Song, Knowledge-Evolutionary Intelli-gent Machine-Tool - Part 1: Design of Dialogue Agent based on Standard Platform, Journal of Mechanical Science and Technology, 20 (11) (2006) 1863-1872.
2. R. Cheah, Design and Implementation of an MMS Environment on ISODE, Computer Communications, 20 (15) (1997) 1354-1364.