

# 내장형 DSP를 활용한 공구 상태 감시에 관한 연구

## A Study on Tool Condition Monitoring Using Internal DSP

\*이세윤<sup>1</sup>, 광용길<sup>1</sup>, 황경환<sup>1</sup>, 이효렬<sup>1</sup>, 조용식<sup>1</sup>, 이동수<sup>2</sup>, 김화영<sup>1</sup>, 안중환<sup>1</sup>

\*S. Y. Lee<sup>1</sup>, Y. K. Kwak<sup>1</sup>, K. H. Hwang<sup>1</sup>, H. R. Lee<sup>1</sup>, Y. S. Cho<sup>1</sup>, D. S. Lee<sup>2</sup>, H. Y. Kim<sup>1</sup>, J. H. Ahn(jhwahn@pusan.ac.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 부산대학교 기계공학과, <sup>2</sup> 두진사업

Key words : DSP, Tool Condition Monitoring, AE Measurement, Wireless system

### 1. 서론

일반적으로 다수의 센서로부터 검출된 신호를 컴퓨터로 읽어 들여 감시 진단 시스템을 구성하기 위해서는 미약한 센서 신호의 증폭, 노이즈 제거, 이산화, 디지털 신호처리에 의한 특징추출 등 여러 전 단계를 거쳐야하며 이 모든 것들이 신호선(케이블)으로 연결되기 때문에 시스템 구성에 많은 시간과 비용이 들게 된다.

기계의 경우 대부분의 부품들은 직선 또는 회전운동을 한다. 직선운동을 하는 기계부품들의 경우 센서를 통해 직접 마모나 파손 등의 검출이 가능하여 실시간 감시에 많이 사용되고 있다. 그러나 회전운동을 하는 부품들의 경우 유선으로 센서로부터 직접 신호를 검출하여 이상상태를 감시하는 것은 거의 불가능한 것이 현실이다. 특히, 기계가공에서 회전기구에 의한 가공, 즉, 밀링, 드릴링, 연마 등의 경우 가공물의 형상 및 정도에 가장 큰 영향을 미치는 회전공구의 파손, 마모 등의 이상상태를 검출하기 위해서 현재까지는 간접적인 방식에 의해 감시가 이루어지고 있다. 지능형 생산 시스템 및 지능형 기계 개발은 차세대 성장동력산업 육성을 위한 기본 기술로 이를 실현하기 위해서는 다중센서 신호를 이용한 감시 시스템 구성이 필수적이다. 현재 무선데이터 통신 기술을 이용한 감시 기술은 생산공정 감시, 기계상태 감시뿐 아니라 구조물 감시, 헬스케어 등 다양한 용도로 사용되고 있으며 무선인터넷 기술과 결합하여 그 활용 범위가 점차 넓어지고 있다.

본 연구에서 개발하고자 하는 공구 내장형 DSP(Digital Signal Process)를 활용한 공구 상태 감시 시스템으로 센서로부터 검출된 신호를 받아 장치내부의 DSP에서 신호 처리하여 컴퓨터에 고속 전송하는 장치부와 부품들의 크기를 최소화한 소형 공구 장착 기구부를 개발하여 대형 공작 기계 뿐만 아니라 소형 공작기계에 탈부착하고 복잡한 케이블 없이 감시 장치를 구성해 보고자 한다.[1]

### 2. DSP 신호처리부 개발 및 구성

#### 2.1 DSP 신호처리부 개발

Fig. 1은 내장형 DSP를 활용한 무선 공구감시 장치를 나타낸 것으로 센서로부터 검출된 신호를 받아 장치내부의 DSP에서 신호 처리하여 컴퓨터에 고속 전송하는 장치부와 부품들의 크기를 최소화한 소형 공구 장착 기구부를 개발하여 소형 드릴링 머신에 탈부착하고 케이블 없이 무선으로 감시 장치를 구성하였다.

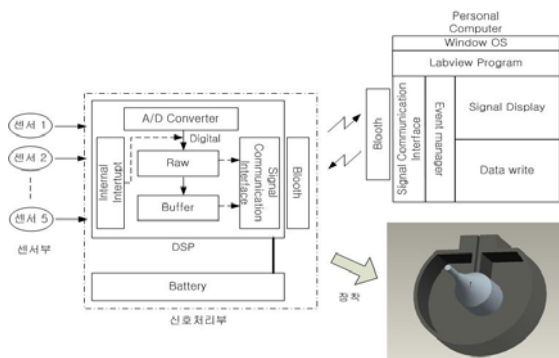


Fig. 1 Signal Processing Circuit of Internal DSP

#### 2.2 대역별 신호검출 모듈개발

DSP를 메인 프로세서로 하고 무선 데이터 통신 모듈을 갖추어 데이터 전송이 가능하도록 개발하기 위하여 아래 Fig. 2와 같이 측정 가능 센서 신호로 온도, 압력, 힘, 가속도, AE처럼 다양한 주파수 대역과 신호 특성을 갖는 센서 신호의 특성에 맞게 신호 처리 모듈로 설계하고 이를 통합할 수 있는 구조로 한다.

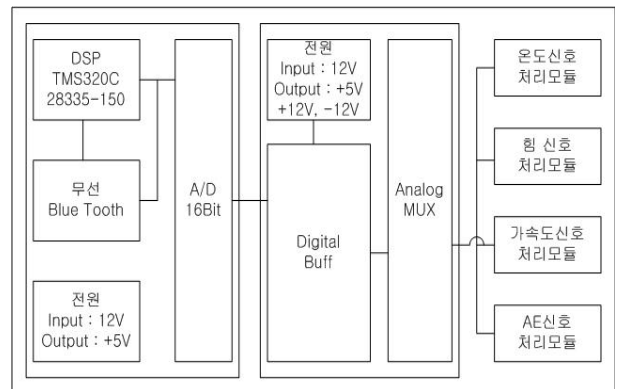


Fig. 2 Module of Multi Signal Detection

소형 신호 처리 장치의 설계를 위해 DSP는 Texas Instrument사의 TMS320F28335를 선정하였고, DSP(TMS320F28335)는 소형이면서 부동소수점 연산장치를 가지고 있으면 빠른 ADC장치 및 주변 장치를 내장하고 있으며 사양은 Table 1과 같다.

Table 1 Specification of TMS320F28335

CPU	C28X 32bit 부동소수점 Core
연산능력	150MHz/150MIPS/150MMAC
메모리	RAM : 36KByte / OTP-ROM : 2kByte / Flash : 256KByte
외부 메모리(EMIF)	4MByte
타이머	32-bit CPU 3개 / 32-bit GP 6개 / 16-bit GP 6개 / 워치독 1개
PWM	12 + 4 ch PWM (6 ch HiRes) / 10nsec (HiRes : 150psec)
CAP/QEP	4개 / 2개
ADC	12bit / 16ch / 최대 80-ns Conversion Rate
GPIO	35 개
통신	SCI 2개 / SPI 4개 / CAN 2개 / I2C 1개
부트 모드	FLASH, SPI, SCI, I2C, CAN, RAM, OTP, Parallel 8가지
전압	Core 전압 : 1.8V, IO 전압 : 3.3V
온도점위	A버전 : -40 ~ 85 °C, S버전 : -40 ~ 125 °C

AE 신호를 받기 위해서는 미소전류를 전압으로 바꾸는 전하 증폭기가 필요하며, 특히 증폭기 입력단의 임피던스는 높게, Input Bias Current는 낮게 설계하였다. 증폭기를 이용하여 입력 1채널, 게인 선택( $\times 1$ ,  $\times 10$ ,  $\times 100$ ), 50-500kHz 밴드패스 필터를 사용하여 무선 장치를 제작하였다.

공구 장착부는 소형화 하였고, 내부 공간을 최대한 크게 설계 하였다. Fig. 3은 공구 장착부 내부 모습과 회전축에 사용되므로 1채널 AE 앰프를 내장한 DSP의 내부 모습을 나타내었고, Fig. 4는 공구장착 기구부가 드릴링 Shaft에 장착된 모습이다.



Fig. 3 Photograph of Internal DSP



Fig. 4 Photograph of Drilling shaft

3. 신호수집 프로그램 개발 및 성능 평가

3.1 신호수집 프로그램 개발

Fig 5는 AE신호 데이터 수집을 위한 프로그램이다. 이를 통해 회전형 공작기계로부터 발생하는 AE신호를 RMS를 통하여 나타낸다.

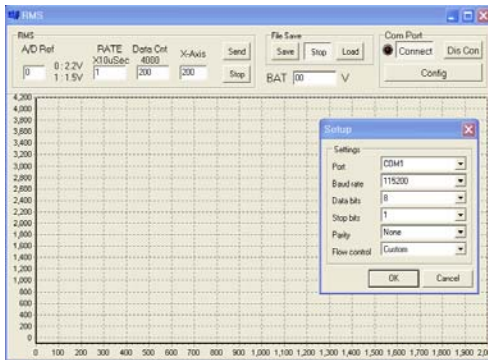


Fig. 5 AE Signal Monitoring Program

3.2 실험 및 성능평가

내장형 DSP를 활용한 공구상태 감시 실험에서 실제 가공 시 블루투스(Blue Tooth)를 통한 무선 데이터 수집을 위해 Fig. 6은 개발된 공구감시 시스템을 평가하기 위해 드릴링 머신에 공구장착 기구부를 설치한 실험장치이다.

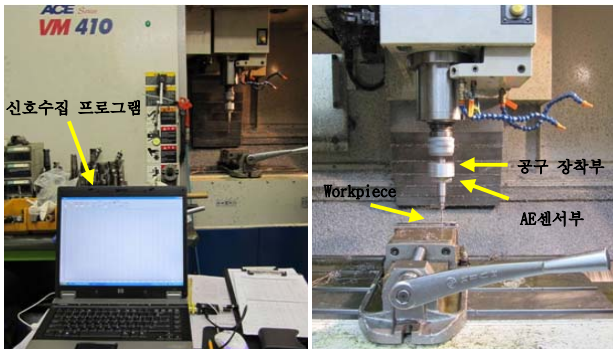
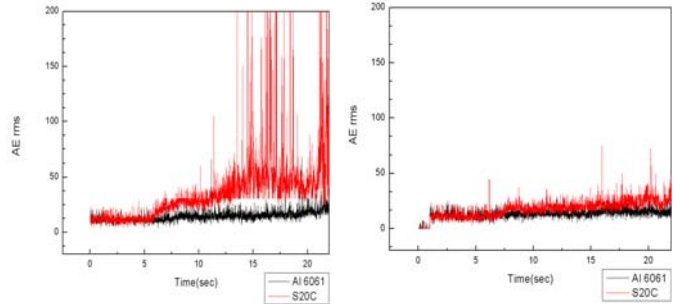


Fig. 6 Experimental Setup

Fig. 7(a)는 건식가공 시 획득한 AE신호이며 Fig. 7(b)는 습식가공 시 획득한 AE신호를 나타낸 것이고, 가공조건은 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Experimental Condition

시 편	Al6061, S20C
회 전 수	1000(rpm)
공 구 직 경	4(mm)
이 송 량	0.04(mm/rev)
절 입 깊 이	10mm
신 호 증 폭 비	100



(a) Dry Drilling (b) Wet Drilling

Fig. 7 Result of AERms Signal

실험 결과, 절삭유가 공급되지 않은 Dry Drilling이 Wet Drilling보다 신호검출이 높게 나왔고, 재료 물성의 강도에 따른 강(S20C)이 알루미늄(Al6061)보다 AERms가 높게 나왔다.

4. 결론 및 향후 연구

본 연구에서는 내장형 DSP를 활용한 공구상태 감시를 위해 DSP에서 신호 처리하여 컴퓨터에 고속 전송하는 장치부와 부품들의 크기를 최소화한 소형 공구 장착 기구부를 개발 하였고, 개발된 무선 데이터 수집 프로그램을 드릴링 머신으로부터 발생하는 AERms 신호를 확인하여 시스템 성능 평가 할수 있었다.

현재 개발된 시스템의 경량화를 위하여 RMS-to-DC 컨버터 등의 아날로그 회로를 제거하고 모든 신호처리를 DSP에서 하도록 한다. 또한, 소형 배터리를 무선 시스템에 장착하여 실제 회전하는 연마 스펀들에 장착하여 연마 공정을 감시할 계획이다.

현재는 단순히 AE 신호와 가속도 진동 신호의 RMS 에너지만을 감시하는데 그 연구가 그치고 있다. 따라서 앞으로는 회전설비의 상태를 평가하고 진단(Diagnosis) 하기 위하여 주파수 분석을 이용하려 한다. 지금까지 개발된 다양한 무선 기술을 (ZigBee, Wi-Fi, etc.) 검토한후, 보다 빠르며 안정적인 무선 기술을 채택하여 고속 신호 처리 시스템이 되도록 할 계획이다.[2]

후기

본 연구는 부산테크노파크에서 지원한 2009년도 산학공동기술혁신사업으로 수행된 연구결과임.

참고문헌

1. 2009년 산학공동기술혁신사업 “DSP 내장형 무선공구감시 장치개발” 최종보고서
2. 정홍정, 안중환, 김성렬, "회전설비 상태 감시를 위한 DSP 기반의 무선 신호 처리 시스템(I)", 한국정밀공학회 2009년도 춘계 학술대회 논문집, 531-532, 2009.