

금속파편감시를 위한 트리거 판단 알고리즘의 실시간 구현

\*황희정<sup>1</sup>, 손창호<sup>1</sup>, 류재규<sup>1</sup>, 백광렬<sup>2</sup>  
 삼창기업(주)<sup>1</sup>, 부산대학교 전자공학과<sup>2</sup>

Implementation of the real-time trigger detection for loose parts monitoring

\*Hwang Hee-Jung<sup>1</sup>, Sohn Chang-Ho<sup>1</sup>, Ryu Jae-Kyu<sup>1</sup>, Baek Kwang-Ryul<sup>2</sup>  
 Samchang enterprise co.<sup>1</sup>, Pusan national university<sup>2</sup>

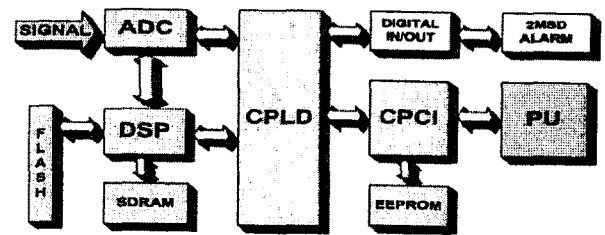
**Abstract** - 본 논문에서 개발한 시스템은 원자력 발전소의 금속파편감시계통(Loose parts monitoring system, LPMS)에서 충격신호의 탐지를 위해 사용되는 하드웨어와 관련이 있는 트리거 판단을 위한 보드이다. LPMS는 원자로 내부에서 발생하는 금속 파편이나 이물질의 존재 여부와 위치를 정확히 찾아내 원자력 발전소의 불필요한 가동 중단이나 예기치 않은 안전 사고를 예방 할 수 있는 시스템이다. 본 논문에서 개발한 DAM(Data acquisition module)보드는 LPMS의 하드웨어 중에서 입력된 신호를 디지털로 변환하여 충격신호의 트리거 여부를 판단하는 기능을 한다. DAM은 디지털 필터와 트리거 판단을 위한 알고리즘이 DSP에서 실시간으로 처리되어 LPMS의 기능을 업그레이드 하였다. 개발된 시스템은 기존 외국 장비에 비하여 하드웨어 성능이 대폭 향상되었으며 하드웨어의 완전 국산화 개발이라는 특징이 있다.

보드에는 고속 ADC(Analog to digital converter)와 고속 DSP(Digital signal processing), 디지털입출력(DIO)모듈, CPCI 모듈로 구성되어 있다. DAM 보드는 센서로부터 입력받은 신호를 ADC 변환하여 DSP에서 이벤트 트리거 검출을 위한 연산과 판단을 수행한다. DAM 보드에 있는 DSP는 데이터를 메모리에 임시 저장하고, DC offset 제거와 BPF를 수행한 후 이벤트 트리거 조건에 따라 판단하여 이벤트 트리거 발생시 그 결과를 PU(Processing unit)에 알리고 2MSD(2 minute storage device)의 트리거링을 한다. 또한, PU의 동작불능시 직접 경보를 발생시킨다. 제어봉 기동 시 이벤트트리거 금지에 관한 디지털 입력 기능이 있는데 디지털 입력은 매 샘플링마다 검사되어 그 값이 변경되었을 때는 즉각 동작에 반영된다.

그림1은 DAM보드의 구성도이다. DAM 보드는 센서로부터의 신호를 입력받아 샘플링 주파수가 200kHz이고, 분해능이 16bit인 ADC에 전달한다. DSP에서는 ADC에서 변환된 신호를 가지고 디지털 필터링과 트리거링 연산 등을 실시간으로 처리한다. DAM보드에서는 호스트 컴퓨터로 빠른 시간 내에 데이터를 전송하기 위하여 CPCI 버스를 이용한다. DAM 보드에 있는 CPLD는 DSP 버스제어, CPCI Local Bus 제어, ADC 제어, Digital Input/ Output 제어 등의 역할을 한다.

1. 서 론

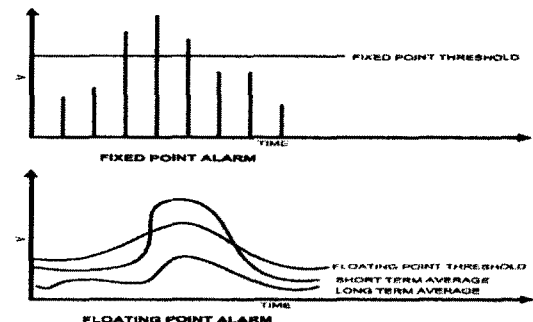
LPMS는 원자로 내부에서 발생하는 금속 파편이나 이물질의 존재 여부와 위치를 정확히 찾아내 원자력 발전소의 불필요한 가동 중단이나 예기치 않은 안전 사고를 예방하는 기능을 한다. 본 논문은 원자력 발전소의 금속파편 감시 계통에서 충격신호의 탐지를 위해 사용되는 시스템 개발에 필요한 하드웨어 구현에 관한 것이다. 현재 국내 발전소에 있는 LPMS는 대부분이 고가로 외국에서 수입하여 사용하고 있다. 기술적 측면에서 기존 LPMS는 경보 신호 발생시 분석 및 진단 기술이 부족하고, LPMS의 국산화로 기술자립도 필요하다. 산업 경제적 측면에서 원자로 계통의 구조적 결함을 조기에 발견하지 못할 경우에 원자력 발전소의 안전성에 영향을 미치게 되고 재가동을 위한 보수기간이 오래 걸리며, 운영손실등 경제성에 큰 손실을 미치게 된다. 원자로 계통의 구조적결함은 단 한번의 결함이라도 그 파급효과가 매우 크다.



<그림 1> DAM의 구성도

DAM보드에서는 트리거 이벤트 판단을 위하여 Fixed point Alarm과 Floating point Alarm을 이용한다.

본 논문에서 구현한 시스템은 5us마다 센서로부터 입력받는 신호를 고속의 DSP(Digital signal processing) 칩을 이용하여 LPMS에서 필요로 하는 연산 기능을 구현하였으며, 고속데이터 전송을 하기 위해서 CPCI (Compact peripheral component interconnect) 버스를 이용하였다. 본 논문에서 구현한 시스템은 디지털 필터와 트리거 판단을 위한 알고리즘이 DSP에서 실시간으로 처리되어 LPMS의 기능을 한층 업그레이드 하였다. 개발된 시스템은 기존 외국 장비에 비하여 하드웨어 성능이 대폭 향상되었으며 하드웨어의 완전 국산화 개발이라는 특징이 있다.



<그림 2> 트리거 검출 알고리즘

Fixed Point Alarm은 현재 입력된 신호의 크기(절대 값)가 Fixed

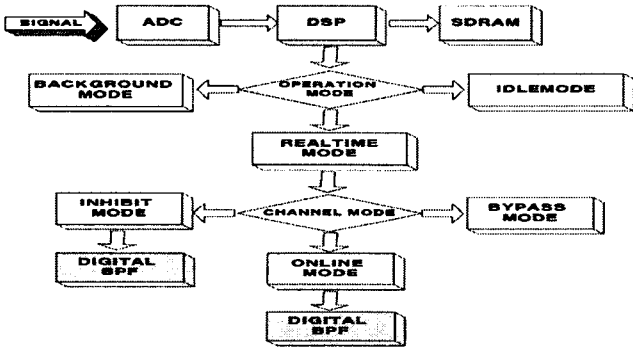
2. 본 론

본 논문에서 개발한 시스템은 LPMS의 하드웨어 중에서 입력된 신호를 디지털로 변환하여 충격신호의 트리거 여부를 판단하기 위한 DAM(Data acquisition module)보드이다. DAM 보드는 센서신호를 샘플링하여 매 샘플링마다 트리거링을 검출하고 이벤트 발생시 저장된 신호를 호스트 컴퓨터로 전송하는 기능을 가지고 있다. DAM 보드는 3U 사이즈의 CPCI 방식으로 구현되어 있다. DAM

Point Threshold 값을 초과할 때 알람을 발생한다. Floating Point Alarm은 Short Term Average의 값이 Floating Point Threshold를 초과할 때 알람을 발생한다.

$$\text{Floating Point Threshold} = \text{Long Term Average} + \text{Floating Point Offset} \quad (\text{식1})$$

그림3은 DAM 보드 펌웨어의 전체 플로우차트를 보여준다. 센서로부터 입력 받은 신호가 ADC를 거쳐서 DSP에 입력되면 DSP에서는 PU에서 선택한 운전 모드에 따라 프로그램을 수행된다.



<그림 3> FIRMWARE FLOWCHART

운전모드(OPERATION MODE)는 IDLEMODE, REALTIMEMODE, BACKGROUNDMODE 3가지로 구성되어 있다. 채널모드(CHANNEL MODE)는 운전모드가 REALTIMEMODE로 선택되었을 때 각 채널별 모드를 나타낸다. 채널모드는 ONLINEMODE, BYPASSMODE, INHIBITMODE의 3가지 모드로 구분되어진다. ONLINEMODE나 INHIBITMODE가 선택되었을 경우에는 디지털 밴드패스 필터(DIGITAL BPF)를 선택할 수 있다.

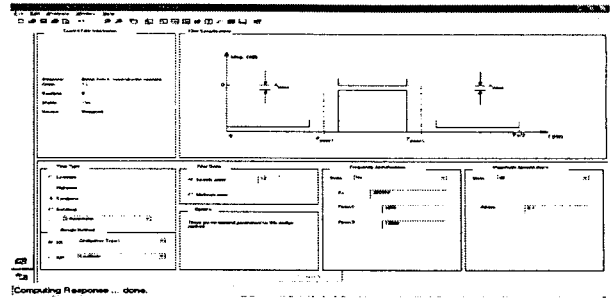
DSP에서는 디지털 밴드패스 필터(DIGITAL BPF)를 이용하여 신호를 처리하는데 필터의 상태는 크게 3가지로 구분된다. '상태1'은 필터처리를 하지 않는 것이고, '상태2'는 1.0kHz ~ 12.0kHz의 패스밴드를 가지는 밴드패스 필터를 선택하는 것이고, '상태3'은 0.5kHz ~ 15kHz의 패스밴드를 가지는 밴드패스 필터를 선택하는 것이다. 필터의 선택은 PU에서 사용자가 임의로 변경할 수 있다. 필터의 설계는 매트랩을 이용하였으며 아래의 표1은 필터의 설계 사양이다.

<표 1> 필터 설계 사양

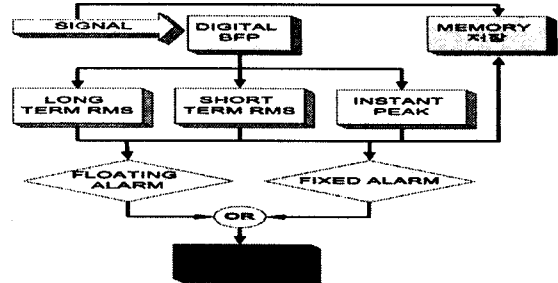
Tool	MATLAB 6.5
Filter Type	Bandpass
Design Method	IIR - Chebyshev Type
Order	12th
Passband Ripple	0.4dB
Sampling frequency	200kHz

표1에서 패스밴드의 리플이 0.4dB로 되어있기 때문에 패스밴드의 오차는 4.7%이내가 된다. ADC의 샘플링 주파수가 200kHz이기 때문에 필터의 샘플링 주파수도 200kHz이다. 설계한 디지털 필터는 옥타브당 60dB가 떨어지도록 설계되었다. 필터계수는 매트랩 6.5를 이용하여 구하였는데, 그림4는 매트랩에서 이용한 필터 설계 틀이다.

그림5는 DAM의 DSP에서 ONLINEMODE가 선택되었을 경우의 플로우차트이다. DAM에서는 고속의 DSP를 이용하여 5us마다 디지털 밴드패스 필터와 트리거 검출 연산 및 트리거 여부 판단을 실시간으로 처리한다. 그리고 실시간으로 트리거 검출에 관련된 파라미터들을 업데이트하여 메모리에 저장한다.



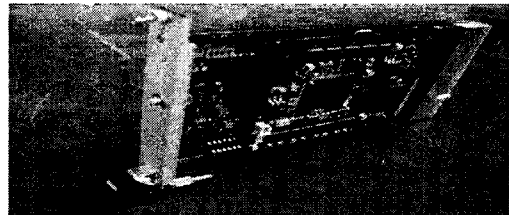
<그림 4> 매트랩의 필터 설계 틀



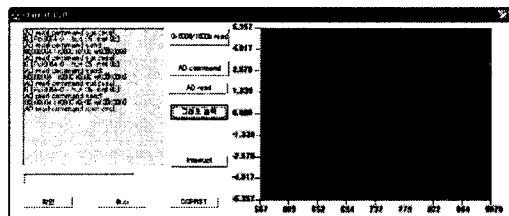
<그림 5> DAM의 소프트웨어 Flowchart

### 3. 결 론

그림6은 개발된 DAM 보드이다. DAM 보드는 3U 사이즈이고, CPCI방식으로 구현되어 있다. 그림7은 DAM 보드를 CPCI 랙에 장착하여 PC에서 CPCI 버스를 이용하여 모니터링하고 있는 화면이다. 그림 7의 모니터링 화면은 실시간으로 ADC로 입력되는 신호를 보여주고 있다. 모니터링 프로그램을 이용하여 ADC에서 입력받은 신호를 DSP에서 디지털 필터링하여 트리거 이벤트를 판단하기 위한 파라미터들과 이벤트 발생 유무 및 발생하였을 당시의 전후 데이터들을 확인할 수 있다.



<그림 6> DAM 보드



<그림 7> CPCI 버스를 이용한 PC에서의 제어화면

개발된 DAM 보드는 현재 금속파편감시 계통을 위한 시스템에 이용되고 있으며, 향후 다른 계측 장비에도 응용될 수 있을 것이다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 황희정, 손창호, 류재규, 백광렬, "DSP와 CPCI가반의 금속파편감시를 위한 DAM 보드 개발", 대한전자공학회, 하계종합학술대회, 2006
- [2] "원자력감시계통", 한국전력공사 원자력교육원, 2001
- [3] www.ti.com