

## 필드버스 시스템을 위한 IEEE 1451 기반 스마트 모듈의 개발

김현희, 오근택, 홍순명, 이석\*  
부산대 지능기계공학과 대학원, \*부산대 기계공학부

### Development of IEEE 1451 based Smart Module for Fieldbus Systems

Hyun Hee Kim, Oh Guen Taek, Sun Myung Hong, Suk Lee

Department of Mechanical and Intelligent Systems Engineering, Pusan National University

#### ABSTRACT

본 논문에서는 필드버스 시스템을 위하여 IEEE 1451을 적용한 스마트 모듈을 개발하였다. IEEE 1451은 공장 자동화 시스템에서 스마트 트랜스듀서의 개발을 위하여 제안된 프로토콜이다. 이러한 IEEE 1451이 필드버스 시스템을 위한 스마트 모듈에 적용되면, 네트워크 프로토콜에 독립적인 스마트 모듈의 개발이 가능하다.

#### 1. 서론

최근에는 마이크로 프로세스의 가격이 하락함에 따라, 필드버스에 사용되는 전자 부품에 신호 필터링이나 데이터 연산 및 전송 기능이 통합된 네트워크 기반 스마트 모듈(network based smart module)에 대한 연구와 개발이 증대되고 있다. 그러나, 스마트 모듈이 필드버스 시스템에서 보다 효율적으로 적용되기 위해서는 다음과 같은 두 가지 문제가 고려되어야 한다. 첫째, 스마트 모듈은 필드버스 시스템에서 사용되는 프로토콜의 종류에 관계없이 적용될 수 있어야 한다. 현재, 필드버스 프로토콜로는 CAN, Profibus, DeviceNet, LonWorks 등과 같은 다양한 프로토콜이 사용되고 있기 때문에, 스마트 모듈을 개발하려는 부품 업체는 여러 가지 프로토콜을 모두 지원할 수 있는 스마트 모듈을 만들어야 한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여, 본 논문에서는 필드버스 시스템을 위한 IEEE 1451 기반 스마트 모듈에 대하여 제안하고자 한다. IEEE 1451은 스마트 트랜스듀서(smart transducer)를 위하여 개발된 국제 표준으로서, 스마트 모듈의 센싱 및 신호 필터링 기능과 데이터 연산 및 통신 기능을 두 개의 모듈로 분리하도록 규정하고 있다. 따라서, 이러한 IEEE 1451이 필드버스 시스템을 위한 스마트 모듈에 적용되면, 네트워크 프로토콜에 독립적인 스마트 모듈의 개발이 가능해 질 것이다[1][2].

#### 2. 스마트 모듈 설계를 위한 표준:IEEE 1451

IEEE 1451은 공장 자동화 시스템에서 스마트 트랜스듀서의 개발을 위하여 제안되었다. 스마트 트랜스듀서를 구성하는 데 있어서 핵심적인 부분인 IEEE 1451은 그림 1에서 보는 바와 같이 STIM (Standard Transducer Independent Module)과 NCAP (Network Capable Application Processor)으로 구성되어 있다. 여기에서, STIM은 트랜스듀서와의 인터페이스, 신호 변환 그리고 신호 처리 기능을 수행한다. 즉, 그림에서 보는 바와 같이, STIM은 트랜스듀서(XDCR)로부터 아날로그 신호를 측정하고, 측정된 아날로그 신호를 A/D 변환기(ADC)를 이용하여 디지털 데이터로 변환하고, 이를 NCAP으로 전달한다. 그리고, NCAP으로부터 전달받은 디지털 데이터를 D/A 변환기(DAC)를 이용하여 아날로그 신호로 변환한 후 트랜스듀서에 전달하는 역할도 함께 수행한다.

반면, NCAP은 STIM에서 받은 데이터를 연산 처리한 후 네트워크를 통하여 디지털의 형태로 전송하는 기능을 수행한다. 여기에서, NCAP과 STIM은 그림 1에 표시한 바와 같이 데이터 전송을 위한 디지털 인터페이스를 정의한 TII(Transducer Independent Interface)를 이용하여 서로 통신을 수행한다. 특히, NCAP는 초기화될 때, STIM 내부에서 트랜스듀서의 종류나 보정 데이터와 같은 트랜스듀서에 관한 정보를 저장하고 있는 TEDS(Transducer Electronic

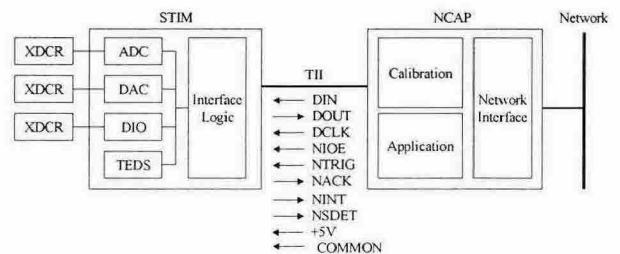


그림 1 IEEE 1451 스마트 모듈의 구조  
Fig. 1 Structure of IEEE 1451 based smart model

Data Sheet)를 통하여 트랜스듀서에 대한 정보를 얻어오게 된다. 이러한 방법에 의하여, IEEE 1451에서는 NCAP을 초기화하거나 STIM을 교체하더라도 NCAP은 TEDS로부터 트랜스듀서에 대한 정보를 읽게 됨으로써, 관리자의 특별한 보정없이도 즉시 스마트 모듈의 사용이 가능하게 된다.

### 3. IEEE 1451 기반 CAN 모듈의 설계

#### 3.1 STIM 모듈의 설계

STIM은 센서에서 받은 아날로그 데이터를 필터링하고, A/D 변환을 거쳐 디지털 데이터로 변경하는 기능을 수행하는 모듈로서, STIM의 동작 알고리즘을 나타내면 그림 2와 같다. 그림에서, STIM은 초기화 과정을 거친 후에, TII의 NIOE 신호선이 high 레벨(1의 값)인 경우, STIM은 데이터가 전송되고 있지 않다고 판단하고 트리거 명령을 수행하기 위하여 다음 단계로 진행한다. 그리고 나서, TII의 NTRIG 신호선이 low 레벨(0의 값)인 경우에는 트리거 명령을 수행하고, 그렇지 않은 경우에는 다시 NIOE의 값을 검사하기 위하여 앞 단계로 진행한다. 만약, NIOE 신호선이 low 레벨인 경우에는 데이터 전송이 이루어질 것임을 나타낸다. 마지막으로, STIM과 NCAP은 기능 주소(functional address)와 채널 주소(channel address)와 데이터를 차례대로 데이터를 교환한다.

STIM 기능을 구현하기 위하여, 본 논문에서는 회로도를 설계하였다. STIM 모듈에는 마이크로칩사의 PIC16F877 마이크로프로세서가 사용되었다. 여기에서, PIC16F 시리즈는 SPI 포트를 지원하고 플래시 메모리 타입의 프로그램 메모리를 가지고 있으며, 내부에 256바이트의 EEPROM을 가지고 있다. 회로도에서 포트 입력부에는 풀업 저항이 연결되어 있으며, 출력부에는 회로 손상을 방지하기 위하여 직렬 저항이 연결되어 있다. 또한, 트랜스듀서와의 연결 포트는 점퍼

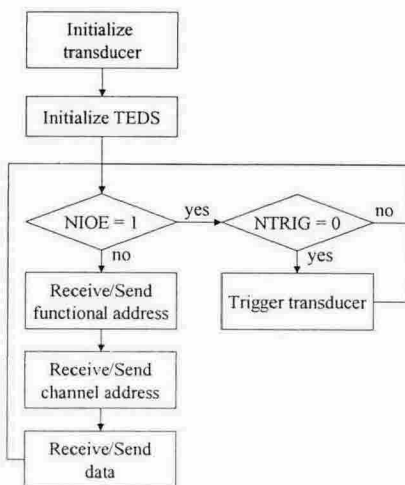


그림 2 STIM 알고리즘  
Fig. 2 Operation algorithm of STIM

2(JP2)에 의하여 연결되어 있으며, 센서의 경우에는 A/D 포트로 신호가 들어가고 액추에이터의 경우에는 PWM 포트로부터 출력 신호가 나가게 된다. 또한, TEDS는 읽기 쓰기가 가능한 EEPROM을 이용하여 설계하였다.

#### 3.2 NCAP 모듈 설계

NCAP은 스마트 모듈의 데이터 처리 기능과 데이터 전송 기능을 수행하는 모듈로서, NCAP의 동작 알고리즘을 나타내면 그림 4와 같다. 그림에서, NCAP은 I/O 포트와 CAN 포트를 초기화한 후에, STIM과 연결되어 있는지를 검사한다. 만약 NCAP과 STIM이 연결되어 있지 않은 경우에는 COMMON선과 연결되어 있는 TII의 NSDET선을 통하여 high 레벨의 신호가 들어오게 되므로, NCAP은 지속적으로 STIM과의 연결 상태를 검사한다. 반대로, NCAP과 STIM이 연결되어 있는 경우에는 NSDET선으로 low 레벨의 신호가 들어오게 되므로, NCAP은 STIM에 전원을 공급하고, TEDS가 안정화될 때까지 일정한 시간을 기다린다. 그리고 나서, NCAP은 TEDS를 읽기 위해 Read TEDS 메시지를 보내며, 이 신호를 받은 STIM은 내부 메모리에 저장되어 있는 TEDS 정보를 NCAP으로 보내게 된다. NCAP은 이렇게 받은 정보를 이용하여 STIM에 대한 초기화 과정을 거치게 되며, 현재 연결되어 있는 트랜스듀서의 종류나 보정값 등을 파악할 수 있게 된다. 마지막으로, NCAP은 STIM으로부터 트랜스듀스의 값을 얻기 위하여 주기적으로 데이터를 받아서 내부 메모리에 저장한 후 보정 함수를 수행하고 난 후, CAN 트랜시버를 이용하

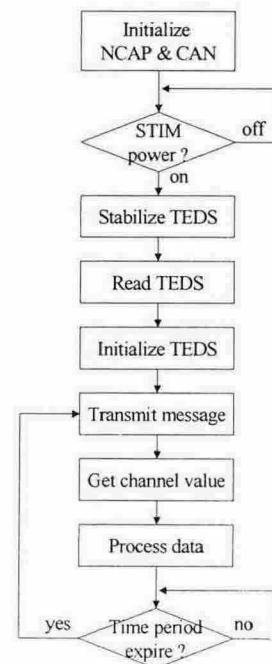


그림 3 NCAP 알고리즘  
Fig. 3 Operation algorithm of NCAP

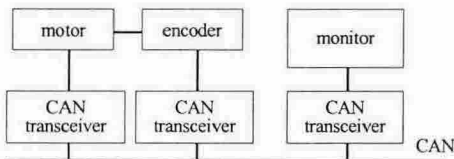
여 다른 노드로 전송한다.

NCAP 기능을 구현하기 위하여 회로도를 설계하였다. NCAP 모듈로는 CAN 통신 기능을 수행하는 msCAN 컨트롤러가 내장된 모토롤라사의 16비트 마이크로 컨트롤러인 MC68HC912D60이 사용되었다. 회로도에서 STIM과의 통신선인 TII는 MC68HC912D60 마이크로 컨트롤러의 9개의 디지털 I/O 포트에 구성된다. 또한, CAN 통신을 위하여 CANRX와 CANTX의 CAN 포트가 사용되었으며, CAN 트랜시버로는 필립스사의 PCA82C250이 사용되었다.

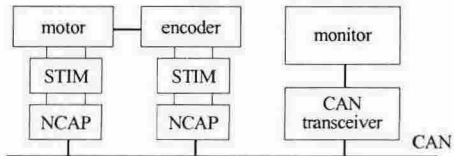
#### 4. IEEE 1451 기반 스마트 모듈의 성능평가

본 논문에서는 트랜스듀서에 IEEE 1451을 적용하는 경우에 발생할 수 있는 시간 지연의 영향을 평가하기 위하여 그림 4와 같은 실험 모델을 구성하였다.

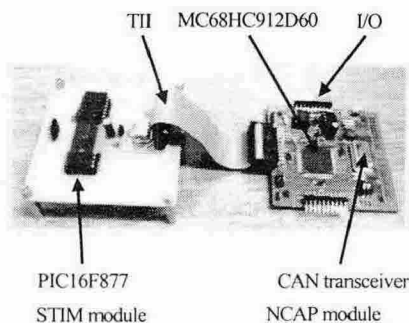
본 논문에서는 이러한 실험 모델을 이용하여, IEEE 1451을 도입하는 경우의 시간 지연을 평가하기 위하여 단위 계단 입력을 가진 전통적인 모터 노드와 스마트 모터 노드의 속도 변화를 관찰하였다. 먼저, 실험 모델에서, 모터의 속도는 무부하 상태에서 975rpm으로 정속 회전하다가 일정 시간이 지난 후에 모니터 노드에서 CAN 네트워크를 통하여 트리거 신호를 보내면, 모터가 2,400rpm으로 회전하도록 설정하였다. 또한, 엔코더 모듈은 4ms 주기로 모터의 속도를 측정하도록 하였다.



(a) experimental setup with conventional smart module



(b) experimental setup with IEEE 1451 based smart module



(c) STIM and NCAP module for experimental model

그림 4 IEEE 1451 스마트 모듈의 실험 모델  
Fig. 4 Experimental model for evaluating the time delay of IEEE 1451 based smart module

그림 5는 전통적인 노드와 스마트 노드의 모터 속도를 나타내고 있다. 전통적인 노드의 경우, 모터의 속도는 0.9876초에서 증가되기 시작하여 1.0163초에 2,400rpm으로 안정화되었다. 그러나, 스마트 노드의 경우에는 전통적인 노드에 비하여 8.2msec가 지연된 0.9958초에서 증가되기 시작하여 1.0285초에 안정화되었다. 즉, 본 실험에서 전통적인 노드에 IEEE 1451을 도입하는 경우, 모터 스텝 응답은 약 8msec, 즉, 2샘플링 타임의 지연이 발생함을 관찰할 수 있다. 이러한 지연은 IEEE 1451의 적용에 따라 발생하는 것으로서, TII 인터페이스를 통한 STIM 모듈과 NCAP 모듈간의 통신에 의한 지연과 하나의 스마트 모듈을 두 개의 모듈(STIM과 NCAP 모듈)로 분리하였기 때문에 발생된다.

이상과 같은 실험 결과로부터, IEEE 1451 기반 스마트 노드는 전통적인 CAN 노드에 비하여 성능 면에서 큰 차이가 없을 것이라고 할 수 있다.

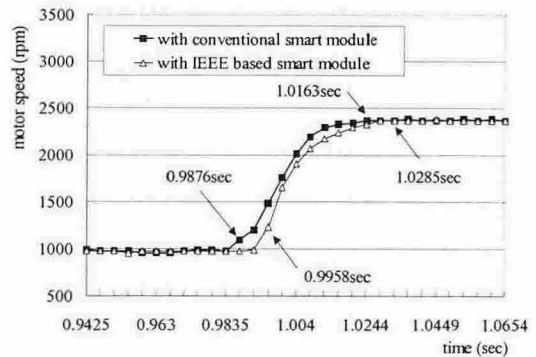


그림 5 모터의 Step 응답

Fig. 5 Step response of motor by conventional and smart node

#### 5. 결론

본 논문에서는 필드버스 시스템을 위한 IEEE 1451 기반 스마트 모듈의 설계 방법에 대하여 제시하였다. 본 논문에서는 CAN 네트워크에서 센서나 액추에이터에 IEEE 1451을 적용하기 위하여, STIM과 NCAP 모듈의 설계 방법에 대하여 제안하였다. 또한, 모터와 엔코더를 이용한 실험 모델을 구성하여 IEEE 1451 기반 스마트 모듈의 성능을 평가하였다.

#### 참고 문헌

- [1] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Transducer to Microprocessor Communication Protocols under Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Format, IEEE Std 1451.2, 1997.
- [2] IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Network Capable Application Processor Information Model, IEEE Std 1451.1, 1999.