

# 산업용 로봇을 위한 IEEE 1451.2 기반의 스마트 모듈 개발 Development of IEEE 1451.2 based smart module for industrial robot

\*김현희<sup>1</sup>, 배용경<sup>2</sup>, 이경창<sup>3</sup>, #이 석<sup>4</sup>

\*H. H. Kim<sup>1</sup>, Y. K. B<sup>2</sup>, K. C. Lee<sup>3</sup>, #S. Lee(slee@pnu.edu)<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 부산대학교 지능기계공학과, <sup>2</sup> 부산대학교 기계공학과, <sup>3</sup> 부경대학교 전기제어공학부, <sup>4</sup> 부산대학교 기계공학부

Key words : industrial robot, IEEE 1451.2, smart actuator, EtherCAT

## 1. 서론

초창기 제조 로봇은 대량생산체제를 갖춘 전자제품, 자동차 생산라인에서 단순 가공, 조립 공정 작업에 주로 사용되었으나, 최근에는 고속, 정밀화 및 지능화 기능을 갖춰 다양한 형태의 작업이 가능하게 되었다. 산업용 로봇이 지능화됨에 따라 로봇 내부의 센서, 액츄에이터의 수가 증가하게 되었다. 따라서 제한된 공간의 로봇 내부는 센서, 모터, 모터 구동기 그리고 로봇 제어기 등의 전기적인 연결로 인하여 매우 복잡해지며 이는 로봇의 설계에서부터 생산 그리고 유지 보수 측면에서 매우 불리한 요소로 작용하게 된다<sup>1</sup>. 또한, 공장자동화 네트워크와 동일하게 로봇 네트워크에서도 CAN, EtherCAT, Ethernet/IP 등의 다양한 네트워크가 사용되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 네트워크 독립적인 스마트 모듈 개발이 필요하다. 따라서, 본 논문은 산업용 로봇을 위한 EtherCAT 이 적용된 IEEE 1451.2 기반의 스마트 모듈 설계를 제안하고자 한다.

본 논문은 서론을 포함하여 4 장으로 구성되어 있다. 2 장에서는 IEEE 1451 표준에 대하여 서술하였고, 3 장에서는 IEEE 1451 을 이용한 스마트 모듈 설계 방법에 대하여 제안하였다. 마지막으로 4 장에서는 결론과 향후 과제를 제시하였다.

## 2. IEEE 1451 표준

IEEE 1451 표준은 공장 자동화 시스템에서 네트워크 독립적인 스마트 트랜스듀서(센서, 액츄에이터)의 개발을 위하여 국제 표준으로 제안되었다. 현재 IEEE 1451 프로젝트는 7 개의 서브 그룹으로 나뉘어져 있는데 그 서브 그룹마다 센서와 네트워크 연결을 위한 하드웨어와 소프트웨어의 표준화 방법들을 정의하고 있다. 트랜스듀서는 다양한 산업분야에서 여러 종류의 네트워크와 프로토콜에서 사용되고 있어 IEEE 1451.0, 1451.2, 1451.3, 1451.4, 1451.5, 1451.7 로 구분하여 각각 특성에 맞게 정의하고 있다.

IEEE 1451.0 은 IEEE 1451.1 이나 1451.2 이후 다른 표준들의 개발과정에서 표준들 간의 통일성을 유지하기 위하여 개발되었으며, 공통으로 지원하는 TEDS(Transducer Electronic Data Sheet)의 구조, 1451.1 과 각 1451.X 사이의 계층적 통신 프로토콜 및 트랜스듀서에 대한 기본적인 명령어 집합을 정의하고 있다. IEEE 1451.1 은 NCAP(Network Capability Application Processor)의 소프트웨어 모델을 정의하고 있으며, IEEE 1451.2 는 트랜스듀서와 NCAP 과의 하드웨

어 구조 TII(Transducer Independent Interface)와 point-to-point 구조에서의 TEDS 를 정의하고 있다. IEEE 1451.3 은 하나의 NCAP 에 여러 개의 TBIM(Transducer Bus Interface Module)를 갖는 다중접속 버스(multi-drop bus) 하드웨어 인터페이스 구조에 대하여 정의하고 있으며, IEEE 1451.4 는 아날로그 및 디지털 신호가 동일한 하드웨어를 공유하는 MMI(Mixed Mode Interface)를 정의한다. IEEE 1451.5 는 무선 트랜스듀서를 위한 NCAP 인터페이스 802.11(WiFi), 802.15.1(Bluetooth), 802.15.4(ZigBee)에 대한 표준화 작업이 준비 중이며, IEEE 1451.7 은 RFID 트랜스듀서를 위한 표준화 작업이 준비 중이다<sup>2</sup>.

본 논문에서는 산업용 로봇을 위한 IEEE 1451.2 기반의 스마트 모듈을 설계하고자 한다. IEEE 1451.2 은 그림 1 에서 보는 바와 같이 STIM (Standard Transducer Independent Module)과 NCAP 으로 구성되어 있다. 여기에서, STIM 은 트랜스듀서와의 인터페이스, 신호 변환 그리고 신호 처리 기능을 수행한다. 즉, 그림에서 보는 바와 같이, STIM 은 트랜스듀서(XDCR)로부터 아날로그 신호를 측정하고, 측정된 아날로그 신호를 A/D 변환기(ADC)를 이용하여 디지털 데이터로 변환하고, 이를 NCAP 으로 전달한다. 그리고, NCAP 으로부터 전달받은 디지털 데이터를 D/A 변환기(DAC)를 이용하여 아날로그 신호로 변환한 후 트랜스듀서에 전달하는 역할도 함께 수행한다.

반면, NCAP 은 STIM 에서 받은 데이터를 연산 처리한 후 네트워크를 통하여 디지털의 형태로 전송하는 기능을 수행한다. 여기에서, NCAP 과 STIM 은 그림 1 에 표시한 바와 같이 데이터 전송을 위한 디지털 인터페이스를 정의한 TII 를 이용하여 서로 통신을 수행한다. 특히, NCAP 는 초기화될 때, STIM 내부에서 트랜스듀서의 종류나 보정 데이터와 같은 트랜스듀서에 관한 정보를 저장하고 있는 TEDS 를 통하여 트랜스듀서에 대한 정보를 읽어오게 된다. 이러한 방법에 의하여, IEEE 1451.2 에서 NCAP 을 초기화하거나 STIM 을 교체하더라도 NCAP 은 TEDS 로부터 트랜스듀서에 대한 정보를 읽게 됨으로써, 관리자의 특별한 보정 없이도 즉시 스마트 모듈의 사용이 가능하게 된다.

## 3. 산업용 로봇을 위한 스마트 모듈 설계

산업용 로봇의 고속, 정밀 제어를 위하여 로봇 내부에는 수많은 센서와 액츄에이터가 장착된다. 이에 따라 로봇의 네트워크에서 제어의 실시간이 보장되면서 많은 데이터를 처리할 수 있는 프로토콜이 필요하며, 다축 로봇 제어를 위해서 모터와 모터 사이의 동기화가 가능해야 한다. EtherCAT 은 100Mbps 의 고속 네트워크로 산업용 로봇의 필요조건을 만족할 수 있으며, 분산 클럭(distributed clock)을 지원함으로써 독립적으로 모듈화 되어 있는 다축 로봇의 모터 제어에 적합하다고 할 수 있다. 일반적인 EtherCAT 프로토콜의 전송 성능을 표 1 에 나타내었다<sup>3</sup>.

일반적인 산업용 로봇의 모듈화된 모터는 감속기, 엔코더, 모터, 모터 구동기 등으로 구성된다. 그림 2 는 EtherCAT 적용된 IEEE 1451.2 기반의 스마트 모듈의 구조를

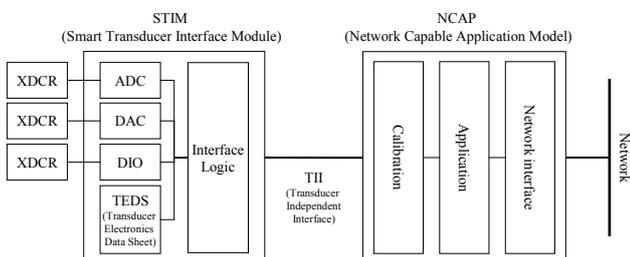


Fig 1. Schematic structure of IEEE 1451 based smart model

Table 1. Transmission performance of EtherCAT

Process Data	Update Time
256 distributed digital I/O	11 $\mu$ s = 0.01ms
1000 distributed digital I/O	30 $\mu$ s
200 analog I/O (16bit)	50 $\mu$ s
100 servo Axis, with 8 Bytes input and output data each	100 $\mu$ s
1 Fieldbus Master-Gateway (1486 Bytes input and outputs data)	150 $\mu$ s

나타내고 있다. 즉, IEEE 1451.2 표준을 적용함으로써 네트워크 독립적인 스마트 모듈이 가능하게 된다.

IEEE 1451 기반의 스마트 모듈의 개념도는 그림 3에 나타내고 있다. 그림 3(a)에서 보는 바와 같이, 전통적인 스마트 모듈에서는 트랜스듀서의 측정 기능과 A/D 나 D/A 와 같은 신호 변환 기능, 데이터 처리 및 전송 기능 등이 하나의 모듈에 통합되어 EtherCAT 네트워크에 접속되어 있음을 알 수 있다. 그러나, 그림 3(b)에서 보는 바와 같이, IEEE 1451 기반 스마트 모듈에서는 신호 측정과 변환 기능은 STIM 에, 데이터 처리 및 전송 기능은 NCAP 으로 분리되어 있으며, 두 개의 모듈은 TII 에 의하여 연결되어 있음을 알 수 있다. 이러한 방법에 의하여, STIM 을 포함하는 트랜스듀서는 NCAP 에 의하여 구현되는 네트워크 트랜시버에 관계없이 운영이 가능하다.

STIM 은 센서에서 받은 아날로그 데이터를 필터링하고, A/D 변환을 거쳐 디지털 데이터로 변경하는 기능을 수행하는 모듈로서, STIM 의 동작 알고리즘을 나타내면 그림 4(a)와 같다. 그림에서, STIM 은 초기화 과정을 거친 후에, TII 의 NIOE 신호선이 high 레벨인 경우, STIM 은 데이터가 전송되고 있지 않다고 판단하고 트리거 명령을 수행하기 위하여 다음 단계로 진행한다. 그리고 나서, TII 의 NTRIG 신호선이 low 레벨인 경우에는 트리거 명령을 수행하고, 그렇지 않은 경우에는 다시 NIOE 의 값을 검사하기 위하여 앞 단계로 진행한다. 만약, NIOE 신호선이 low 레벨인 경우에는 데이터 전송이 이루어질 것임을 나타낸다. 마지막으로, STIM 과 NCAP 은 기능 주소(functional address)와 채널 주소(channel address)와 데이터를 차례대로 데이터를 교환한다.

NCAP 은 스마트 모듈의 데이터 처리 기능과 데이터 전송 기능을 수행하는 모듈로서, NCAP 의 동작 알고리즘을 나타내면 그림 4(b)와 같다. 그림에서, NCAP 은 I/O 포트와 EtherCAT 포트를 초기화한 후에, STIM 과 연결되어 있는지를 검사한다. 만약 NCAP 과 STIM 이 연결되어 있지 않은 경우에는 COMMON 선과 연결되어 있는 TII 의 NSDET 선을 통하여 high 레벨의 신호가 들어오게 되므로, NCAP 은 지속적으로 STIM 과의 연결 상태를 검사한다. 반대로, NCAP 과 STIM 이 연결되어 있는 경우에는 NSDET 선으로 low 레벨의 신호가 들어오게 되므로, NCAP 은 STIM 에 전원을 공급하고, TEDS 가 안정화될 때까지 일정한 시간을 기다린다. 그리고 나서, NCAP 은 TEDS 를 읽기 위해 Read

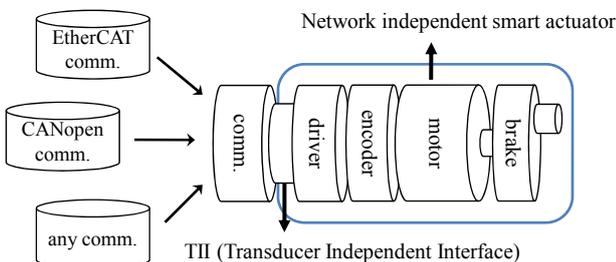


Fig 2. Structure of IEEE 1451.2 based smart actuator

TEDS 메시지를 보내며, 이 신호를 받은 STIM 는 내부 메모리에 저장되어 있는 TEDS 정보를 NCAP 으로 보내게 된다. NCAP 은 이렇게 받은 정보를 이용하여 STIM 에 대한 초기화 과정을 거치게 되며, 현재 연결되어 있는 트랜스듀서의 종류나 보정값 등을 파악할 수 있게 된다. 마지막으로, NCAP 은 STIM 으로부터 트랜스듀스의 값을 얻기 위하여 주기적으로 데이터를 받아서 내부 메모리에 저장한 후 보정 함수를 수행하고 난 후, EtherCAT 트랜시버를 이용하여 다른 노드로 전송한다.

4. 결론

본 논문에서는 산업용 로봇을 위하여 EtherCAT 이 적용된 IEEE 1451.2 기반의 스마트 모듈 설계를 제안하였으며, 이를 위한 STIM 과 NCAP 모듈 설계 방법에 대하여 제안하였다. 향후에는 EtherCAT 이 적용된 IEEE 1451 기반 스마트 모듈 구현 및 성능평가를 통한 추가 연구가 필요하다.

후기

본 연구는 교육과학기술부와 한국산업기술재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임

참고문헌

1. 경상남도 지역산업 기술로드맵 - 첨단 제조업용 로봇 산업, 2007.
2. NIST IEEE-P1451 Draft Standard Home page, <http://ieee1451.nist.gov>
3. Beckhoff GmbH, EtherCAT communication specification V 1.0", EtherCAT technology Group, 2004

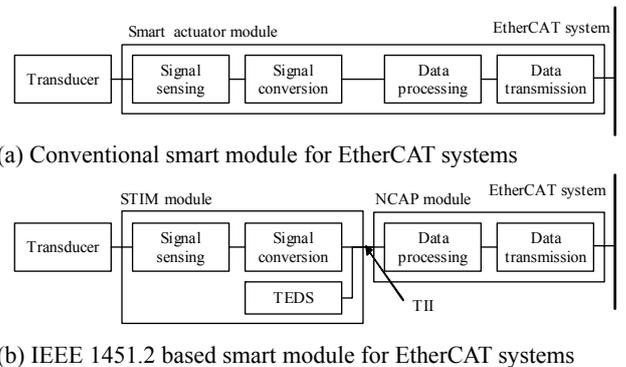


Fig. 3. Comparison on block diagram of conventional and IEEE 1451.2 based smart module

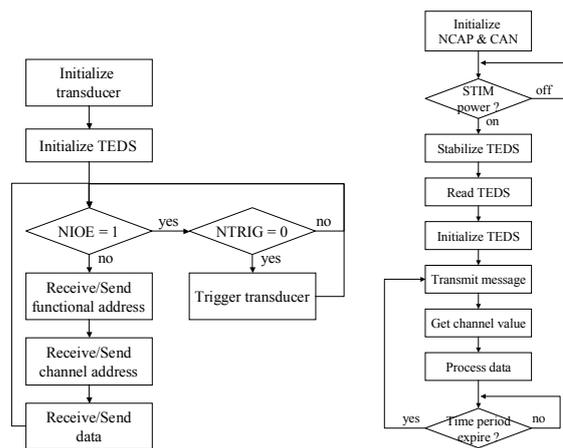


Fig 4. Operation algorithm of STIM and NCAP