

# 효과적인 계측시스템을 위한 IEEE 1451 적용에 관한 연구

## A Study on the application of IEEE 1451 for efficient measurement system

조항덕† · 박우일\* · 문세상\* · 김우식\*\*

HyangDuck Cho, Wooil Park, Sesang Moon and Wooshik Kim

**Key Words** : TEDS, STIM, NCAP, IEEE 1451.

### ABSTRACT

In this paper, we addressed the IEEE 1451.x that can organize a sensor network for efficient measurement system. IEEE 1451 provides standard interface, specification and Object model for example Network Capable Application Processor(NCAP), Transducer Electronic Data Sheet(TEDS), Smart Transducer Interface Module (STIM) and so on. Especially IEEE 1451.2 defines the TEDS Formats and STIM. The TEDS makes transducer to be used independently from device. NCAP makes the component of measurement system to be handled as an object. Therefore each function block constructs system by using Add-on. IEEE 1451.x can be expand the system with Add-on and Plug-and-Play by using smart sensor and connected with current network. We expect that this method can provide the efficiency and convenience when using the measurement system.

### 1. 서 론

센서 또는 액추에이터는 그 사용 분야의 요구에 따라 다양한 요구조건들을 수용하면서 개발되어지고 사용되어진다. 따라서 시장에는 많은 종류의 센서와 액추에이터 들이 있는데, 그 수가 많아서 계측기에서 이용하기 위하여 제품을 선정하고, 이용하는 것이 쉽지 않다.

계측기술은 센서와 계측기의 구성을 기반으로 한다. 그리고 최근 IT 기술의 발전으로 계측기 분야에서는 센서네트워크 기반의 시스템구성이 중요해지고 있다. 계측기는 센서 또는 액추에이터부터 계측 신호처리 그리고 내·외부 통신 또는 네트워킹 기능이 집적되고 상호 연동되는 구조로 진화되고 있다. 현재 센서네트워크의 표준 동향은 Ad-hoc 을 기반으로 센서 네트워크를 구축하는 표준이 주를 이루고 있다. 표준화 움직임은 IEEE을 중심으로 활동하고 있으며 Bluetooth, IEEE 802.15.4, Zigbee, 그리고 IEEE 1451.x 등이 주로 거론되어지고 있다. Bluetooth, IEEE 802.15.4 그리고 Zigbee 등은 기존의 무선 네트워킹관점에서 발생하였다. 그러나 IEEE 1451.x 는 처음부터 센서 네트워크를 위하여

고안되었다. IEEE 1451.x 는 현재 계측기의 진화를 주도하고 있는 중요한 기술 중 하나이다. 따라서 IEEE 1451.x 에 관한 이해가 필요하다.

IEEE 1451.x 는 센서 또는 액추에이터의 수용, 계측용 신호처리 그리고 계측기 내·외부 네트워킹을 포함하는 표준을 제시하고 있다. 우리는 효과적인 계측 시스템을 위하여 IEEE 1451.x 을 적용할 수 있도록 이 표준에 대하여 소개하고자 한다. 특히 트랜스듀서의 물리적, 전기·전자적인 이력을 시스템이 인지할 수 있는 IEEE 1451.2의 TEDS에 대하여 소개할 것이다. 이 기술은 유, 무선 네트워크 계측 환경에서 다양한 물리적 이력과 특성을 가지고 있는 각 객체들 예로 센서, 액추에이터, 신호처리모듈, 제어모듈 그리고 통신모듈들에 대하여 설계자 또는 사용자들은 단지 시스템에 접속하는 것만으로 시스템 구축을 완성할 수 있는 편리함과 유연함을 제공받을 수 있을 것이다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제 2 장에서 IEEE 1451.x 에 대하여 소개한다. 제 3장에서 IEEE 1451.2와 TEDS를 정의할 것이다. 제 4장에서 고찰 및 평가 그리고 마지막으로 5 장에서 결론을 짓는다.

† (주)오토시스

E-mail : hdcho@autosys.co.kr

Tel : (02)2026-8088, Fax : (02)2026-8084

\* (주)오토시스

\*\* 세종대학교

### 2. IEEE 1451.x 소개

IEEE 1451 표준의 명칭은 “A Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators” 이다. 1993년 처음으로 제정되

었고 이후 계속하여 출판 또는 작업 중에 있다. 현재 IEEE 1451.0 ~ IEEE 1451.6 까지 7 종류의 세부 표준이 진행 중 이거나 출판되었다. 이 표준에는 센서 또는 액추에이터 내부의 Transducer 간 통신과, Transducer와 Network Capable Application Processor(NCAP) 간의 통신을 위한 인터페이스 등이 있다. Ad-hoc 네트워크의 Point to Point 방식은 다수의 기기들이 연결되는 경우 각 프로토콜이 처리할 수 있는 용량에 한계성을 고려하여야 하며, 고장, 오동작 또는 오류 등의 처리 또한 고려하여야 한다. 표 1에 표준과 각 표준이 제공하는 기술에 대하여 정리되어 있다.

IEEE 1451.X	A Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators
IEEE 1451.0	호환성을 위한 TEDS 구조, 1451.1과 각 1451.X 의 Layered protocol stack. 트랜스듀서에 대한 기본 명령어 집합 정의
IEEE 1451.1	Network Capable Application Processor (NCAP) Information Model
IEEE 1451.2	Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet(TEDS) Formats
IEEE 1451.3	Transducer Electronic DataSheet(TEDS) format for distributed multi system
IEEE 1451.4	Mixed-mode communication protocol and TEDS format
IEEE 1451.5	Not yet (Wireless Sensor Interface Standard)
IEEE 1451.6	Not yet

표 1 IEEE 1451.x 의 세부 정의내용

트랜스듀서들은 시스템에서 읽고 처리할 수 있는 고유의 데이터 시스를 가지고 있다. 이를 Transducer Electronic Data Sheets (TEDS)라 부른다. 따라서 IEEE 1451 표준에서는 TEDS를 제공하거나 지원하는 센서들을 스마트 센서(Smart sensor)라 부르고 일반 센서와 구분하여 취급한다.

**- IEEE 1451.1**

IEEE 1451.1은 Network Capable Application Processor (NCAP)의 정보모델(Information Model)을 정의하고 있다. NCAP은 각각의 트랜스듀서와 네트워크 사이에 중개역할을 하며 응용 프로그램 모듈 또는 계측 신호처리 모듈을 구성하여 데이터의 처리 기능을 제공할 수 있다. IEEE 1451.1은 하드웨어에 무관한 정보모델 또는 인터페이스를 제공함으로써 소프트웨어 개발의 용이성, 재사용 가능성, 객체성을 높일 수 있다. 따라서 공통구조의 제어네트워크 정보를 객체 모델처럼 규정하고 있다. 각각의 모델들은 트랜스듀서 블록, 기능 블록(Function Block), 네트워크 블록으로 구분할 수 있다. 1999년에 제정되었다.

**- IEEE 1451.2**

IEEE 1451.2 는 트랜스듀서 및 Network Capable Application Processor (NCAP)간의 하드웨어레벨의 통신

채널에 대해 정의하였다. 하나의 NCAP에 하나의 Smart Transducer Interface Module (STIM)이 연결되는 구조이며 STIM과 NCAP 사이의 하드웨어 인터페이스는 Transducer Independent Interface (TII)라 부르는 10개의 라인으로 구성되어 있다. TII 는 제어신호, 데이터신호 및 전원라인 등을 포함하고 있으며 Serial Peripheral Interface (SPI)를 기반으로 동작한다. STIM에는 트랜스듀서가 최대 255개 까지 연결될 수 있고, STIM에 연결된 트랜스듀서 각각에 대해 TEDS를 읽어 STIM의 비휘발성 메모리영역에 기록해 둔다. IEEE 1451.2 는 현재 RS-232, USB 등의 인터페이스를 지원하기 위해 개정 작업 중에 있다. 이 표준은 1997년 제정되었다.

**- IEEE 1451.0**

IEEE 1451.0은 1451.1, 1451.2 이후에 표준들 간의 통일성 유지를 목표로 설계되었다. 공통으로 지원하는 TEDS의 구조, 1451.1 와 각 1451.X 사이의 계층적 통신 프로토콜 (Layered protocol stack) 그리고 트랜스듀서에 대한 기본 명령어 집합의 정의를 주 내용으로 하고 있다.

**- IEEE 1451.3**

IEEE 1451.3 은 트랜스듀서, NCAP들 사이에서 높은 통신 대역폭이 요구되는 경우를 위하여 설계되었다. NCAP은 Transducer Bus Interface Module (TBIM)을 처리할 수 있는데, 하나의 NCAP이 다수의 TBIM 을 가지고 있는 Multi Drop Bus(MDB) 시스템의 인터페이스를 지원할 수 있다. 버스는 다층 구조로 표현할 수 있는데 OSI 7 계층 모델에서 각 계층에 대응하는 계층별 통신 프로토콜의 스택을 정의하고 있다. 물리 계층은 2개의 라인을 사용하며, 데이터, 동기신호 등은 주파수 분할 등의 기술을 이용하여 다중화 할 수 있다. 그리고 시스템은 동작중인 상태에서 각각의 트랜스듀서, TBIM의 연결과 제거가 가능한 Hot Swapping 기능을 정의하고 있다. 2003년에 제정되었다.

**- IEEE 1451.4**

IEEE 1451.4 은 아날로그와 디지털 신호가 공동의 하드웨어에서 라인을 공유하는 Mixed Mode Communication Interface (MMI)를 기반으로 설계되었다. 각 신호의 극성에 따라 아날로그 신호와 디지털 통신으로 구분되는 Class 1 인터페이스와 별도의 디지털 통신라인을 사용하는 Class 2 인터페이스가 정의되어 있다. 하나의 NCAP은 다수의 트랜스듀서들을 버스 형태로 연결할 수 있고, 플러그 앤 플레이 (Plug-and-Play) 기능을 정의하고 있다. 2004년에 제정되었다.

**- IEEE 1451.5**

IEEE 1451.5 은 트랜스듀서와 NCAP 사이의 무선 인터페이스 연결을 위해 설계되고 있다. 현재 표준화 작업이 진행 중에 있다.

- IEEE 1451.6

IEEE 1451.6 은 물리 계층에 CAN open 버스를 사용할 수 있는 버스의 구조에 관한 인터페이스이다. 현재 표준화 작업이 진행 중에 있다.

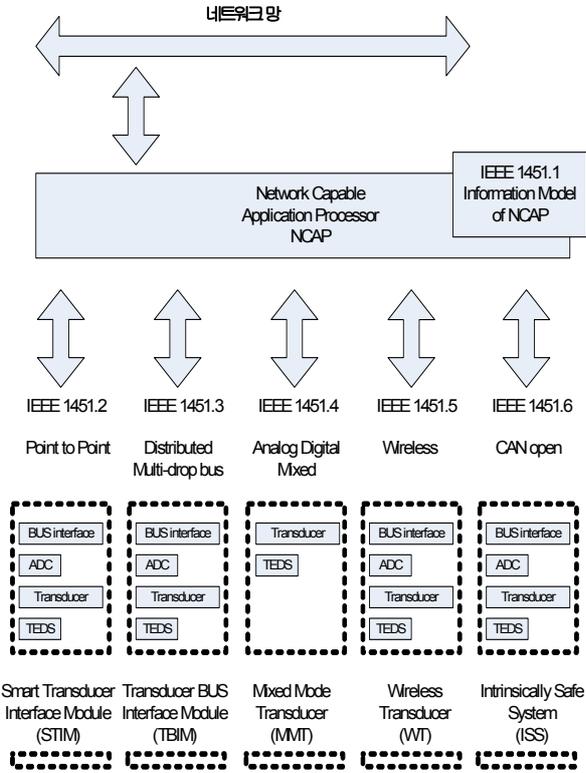


그림 1 IEEE 1451.x 의 구성 분류 및 개요

그림 1에 IEEE 1451.x 의 구성 개요가 보이고 있다. 1451 이 제공하고 있는 표준 인터페이스를 통하여 다양한 종류의 트랜스 듀서가 연결되어 있다. 시스템을 디자인 하는 관점에서 1451 표준 인터페이스를 사용하면 디자인 하는 기기가 사용 할 트랜스듀서에 대하여 고려할 필요가 없다. 트랜스 듀서 디자이너도 표준 인터페이스를 사용하면 해당 트랜스 듀서를 제외한 기타의 시스템에 관하여 고려할 필요가 없다. 마찬가지로 응용 프로그램, 제어, 신호처리, 통신, 네트워크 등도 각각의 해당 모듈에 대해서만 고려하면 된다. 이후 시스템은 각 모듈들이 채용한 공통의 인터페이스를 이용하여 각 모듈의 정보를 취득, 인지 후 시스템에서 통합된다. 그림 1에서 볼 수 있듯이 이 시스템이 수용할 수 있는 트랜스듀서는 유선, 무선, 아날로그, 디지털 그리고 이들의 혼성 어느 것도 가능하다. 그리고 단위 시스템 사이에서 망을 구성하는 경우에도 Ad-hoc, 다른 인프라를 이용하는 망 혼성 등이 가능하다. 이때 기존의 통신기술을 수용할 수도 있다.

3. IEEE 1451.2 와 TEDS 정의

IEEE 1451.2 는 NCAP, 트랜스듀서의 하드웨어 통신채널에

대하여 정의하고 있다. 1451.2 는 하나의 NCAP 과 하나의 STIM이 연결되는 구조를 다룬다. NCAP 과 STIM 은 TII 를 통하여 연결된다. 그림 2 에 IEEE 1451.2 의 구성을 보이고 있다.

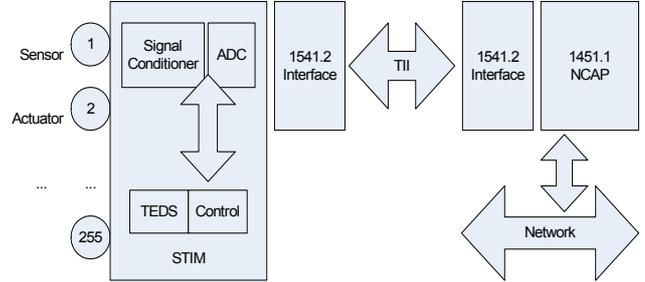


그림 2 IEEE 1451.2 구성도

Smart Transducer Interface Module (STIM)은 Signal Conditioner 를 이용하여 최대 255 개 까지 센서 또는 액추에이터를 연결할 수 있다. 이때 ADC는 아날로그 센서를 지원하게 된다. STIM 에 연결된 센서 또는 액추에이터의 물리, 전기, 전자적 특징은 전자 데이터시트 즉 Transducer Electronic Data Sheet (TEDS)에 기록되어 있다.

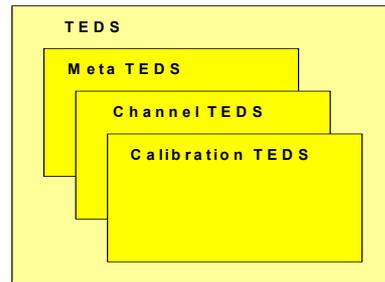


그림 3 TEDS 의 논리적 구성

그림 3은 TEDS 의 논리적 구성을 보이고 있다. TEDS 는 크게 메타, 채널 그리고 캘리브레이션 으로 구분할 수 있다. 메타 부분은 센서 또는 액추에이터의 신원확인을 위한 정보와 데이터구조 정보를 가지고 있다. 그 내용으로는 버전, 모델의 시리얼번호, 생성지역, 날짜, 프로덕트의 특징적 기술 등이 포함될 수 있다. 채널 부분은 프로덕트의 물리적 모델을 전기·전자적 모델로 추상화할 수 있는 정보가 포함된다. 그 내용으로는 프로덕트를 구동하기 위한 워업 지연시간, 최대 최소 액세스 시간, 전기적 신호 변환 후 액세스를 위한 채널의 데이터 구조, 채널의 액세스 시간, 클럭, 트리거 구성 등이 포함될 수 있다. 캘리브레이션 부분은 캘리브레이션에 사용되는 데이터의 무결성, 기준신호, 그리고 데이터의 구조 정보 등을 포함한다. 그 내용으로는 캘리브레이션을 위한 데이터 포맷, 길이, 이력관리, 오류나 고장을 위한 보정 및 수명정보, 캘리브레이션 TEDS 코드 등이 있다.

TEDS를 고려한 트랜스듀서는 “스마트” 라는 단어를 이용하여 기존의 장치와 구분한다. 따라서 스마트 센서는 자

신의 데이터시트를 하드웨어의 어딘가에 가지고 있다. 이것은 임의의 기기에 접속되더라도 그 기기에서 전기적으로 데이터시트를 읽을 수 있으면 즉시 이용할 수 있게 된다. 또한 원격 캘리브레이션을 제공할 수도 있다. 원격 캘리브레이션은 시스템이 스스로 사용하는 스마트 트랜스듀서의 상태를 최적으로 유지할 수 있도록 한다.

Line	Driven by	Function
DIN	NCAP	Address and data transport from NCAP to STIM
DOUT	STIM	Data transport from STIM to NCAP
DCLK	NCAP	Positive-going edge latches data on both DIN and DOUT
NIOE	NCAP	Signals that the data transport is active and delimits data transport framing.
NTRIG	NCAP	Performs triggering function
NACK	STIM	This signal serves two functions: 1. trigger acknowledge 2. data transport acknowledge
NINT	STIM	Used by the STIM to request service from the NCAP
NSDET	STIM	Used by the NCAP to detect the presence of a STIM
POWER	NCAP	Nominal 5 V power supply
COMMON	NCAP	Signal common or ground

그림 4 TII 라인의 신호정의

STIM 은 Transducer Independent Interface (TII)를 이용하여 NCAP 과 연결되어 있다. TII 는 전원, 신호 그리고 데이터를 포함하는 10 개의 선으로 구성된다. 그 구성이 그림 4 에 보이고 있다.

NCAP 은 NCAP 블록을 기반으로 다른 기능의 블록이 Add-on 되는 객체구조 기반의 구성을 가진다. 시스템 설계자는 응용 프로그램, 제어 기능 등을 기능 블록으로 구성하여 NCAP 에 Add-on 시켜서 시스템 구성을 완성할 수 있다. 1451.2 부분은 NCAP 관점에서 보면 트랜스듀서 블록으로 Add-on 되어 있다. 마찬가지로 외부 네트워크의 접속은 네트워크 블록의 지원을 받는다.

#### 4. 고찰 및 평가

IEEE 1451은 시스템 구조가 개방되어 있다. 따라서 표준을 따르는 장치들은 높은 호환성안에서 쉽게 조합될 수 있다. 이러한 방법은 상대적으로 적은 노력으로 기존의 시스템에 새로운 시스템을 확장하고 관리할 수 있게 한다. 각 장치들은 Plug and Play 접속을 지원한다. 따라서 아날로그와 디지털을 차별 또는 혼용하는 트랜스듀서, 유무선 기반의 내부 외부 통신망 지원으로 정보기술 기반의 시스템 구성에도 적합하다.

시스템의 규모가 커지고 복잡해질수록 1451이 제공하는 쉬운 구성과 확장, 그리고 각 장치별 독립성의 이점을 제공할 수 있는 반면 1451은 각 자원을 처리할 수 있는 용량의 한계, 제어신호의 증가, 진화하는 시스템에서 공통의 호환성유지를 위한 부담 또한 증가한다.

#### 5. 결론

IEEE 1451.x 는 계측시스템의 진화에 큰 영향을 미치고 있다. 특히 측정환경의 인프라를 형성하는데 큰 전환점을 제공할 수 있는데 유, 무선 환경에서 Plug and Play 기반의 시스템 구성, 아날로그기반의 물리적 구성과 전자정보가 통합되고 일체화되는 트랜스듀서, 그리고 망에서 원격으로 연동되는 제어, 데이터 전송, 캘리브레이션, 시스템 통합 및 관리 기능 등이 그 주요 원인이다. 특히 각 모듈의 객체기반 구성과 표준화는 복잡해지는 시스템에서 효과적인 통합을 위한 역할을 할 수 있다.

계측 시스템은 효과적인 기술을 수용하고 시장의 평가를 거쳐 단계적으로 진화 중에 있다. IEEE 1451.x 는 계측 시스템의 진화에 영향을 주고 있다. IEEE 1541은 특정 업체의 특허 권리에 관계없이 검증된 기술의 수용을 허용하고 있기 때문에 각 업체들의 자사기술을 표준에 포함시키기 위한 경쟁이 치열하다. 그러나 새로운 표준은 새로운 시장을 개척하는 동시에 기존 시장에서 진입장벽의 역할을 하는 두 측면을 가지고 있다. IEEE 1451의 이해는 계측 시스템의 발전과, 그 이용을 위한 측정환경 구성에 기여할 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌

- (1). IEEE Std 1451.1-1999 A SMART TRANSDUCER INTERFACE for Sensors and Actuators Network Capable Application Processor (NCAP) Information Model.
- (2). IEEE Std 1451.2-1997 A SMART TRANSDUCER INTERFACE for Sensors and Actuators - Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats.
- (3). IEEE 1451P Standard for Smart Transducer Interface section
- (4). IEEE Std 1451.3-2003 IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Digital Communication and Transducer Electronic Data Sheet(TEDS) Formats for Distributed Multidrop Systems
- (5). IEEE Std 1451.4-2004 A Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Mixed-Mode Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet(TEDS) Formats
- (6). IEEE 1451.5 Wireless Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet(TEDS) Formats section
- (7). HyangDuck Cho, Keumsang Lim, JaeHwan Kim, Wooshik Kim, "A Study on the Implementation of Measure Module using IEEE 1451.2", The Joint Meeting of International Workshop on E-health and 2nd International Conference on Ubiquitous Healthcare 2005 (WEICONU 2005) AIJU Univ. Fukushima, JAPAN. Dec, 2005.