

센서 네트워킹을 위한 변환표준 프로토콜 IEEE 1451.2 의 구현에 관한 연구

*조항덕 *임금상 *김재환 *김봉성 *허정일 *김우식
*세종대학교 정보통신학과

A study on the Implementation of Standard Transducer Protocol on IEEE 1451.2 for Sensor Networking

*HyngDuck Cho, *KeungSang Lim, *JaeHwan Kim, *Bong-Sung Kim
*Jung-il Hu *Wooshik Kim

*Department of Information and Communication Engineering, Sejong University.

Abstract

센서네트워크는 유비쿼터스를 적용하기 위한 통신환경중 하나다. 다양한 종류의 센서들이 서로 다른 하드웨어환경과 네트워크환경에서 공통의 데이터를 사용하기 위해서 계측과 데이터 표현을 위한 통신표준이 요구된다. IEEE 1451은 네트워크 기술과 독립적으로 계측 및 데이터 표현방법을 제공하기위한 통신표준이다. 특히 IEEE 1451.2는 다양한 종류의 센서로부터 데이터를 획득하고, 액추에이터로 데이터를 전송하는데 필요한 데이터 변환방법을 인터페이스 모듈로 정의한 것이다. 본 논문은 IEEE 1451.2에 대해서 소개하고 구현을 위한 1451.2의 Object를 구성한다. 그리고 프레임 전송을 위한 TII상태머신과 시뮬레이션을 보인다.

비쿼터스 컴퓨팅 환경의 진화를 가속화 시키고 있다.

센서 네트워크는 유비쿼터스 환경에서 다양한 물리적 특성과, 기술을 기반으로 하고 있는 배경과 독립적으로 원하는 센서로 부터 안정되고 신뢰성 있는 데이터를 계측할 수 있어야 한다. 그러나 기존의 센서활용은 다양한 독자기술을 배경으로 구현되어 있기 때문에 계측과 정보관리 및 운용에 호환성 문제가 있다. 따라서 표준 규격과 기술을 필요로 한다. 센서 네트워킹에서 표준을 고려한 무선통신기술로는 Zigbee, Bluetooth, UWB, 802.11등이 알려져 있다. 이동 네트워킹기술로는 USN, Mobile RFID, manet 등이 활발히 연구되고 있다. IEEE 1451.2는 센서변환 인터페이스 표준으로 전기적 데이터시트, 디지털 인터페이스 그리고 센서의 트리거링 동작등을 규정하고 있다.

본 논문은 변환표준 프로토콜인 IEEE 1451.2에 대해서 소개하고 IEEE 1451.2를 구현하기 위한 기능 명세를 구성한다. 본 논문은 본문인 2.1장에서 IEEE 1451에 관하여 소개하고 2.2장에서 1451.2 에 관하여 정의한다. 2.3장에서는 IEEE 1451.2를 구현하기 위한 Object를 블록으로 구성하고, TII Object에 대해서 상태머신을 설계한다. 마지막으로 3장에서 결론을 맺는다.

1. 서 론

정보기술을 기반으로 하는 다양한 인프라들의 구축이 인간의 활동영역을 대상으로 확산되어 가고 있다. 특히 디지털 기술의 발달은 컴퓨팅 성능과 크기를 점점 고성능화 소형화 되는 방향으로 진화시키고 있다. 그리고 통신기술, 정보기술 그리고 디지털 기술의 융합은 인간이 원하는 때 언제 어디서나 정보망에 접속하여 원하는 정보를 액세스하고, 처리할 수 있는 유

2. 본 론

2.1 IEEE 1451 family의 개요

IEEE 1451은 센서, 액츄에이터와 프로세서 간에 통신을 위한 인터페이스를 정의한 개방형 표준들의 집합이다. 이들 표준은 접속편의 위치, 신호들의 명세들로 구성되어 있다. 또한 센서와 액츄에이터를 네트워크에 접속하기 위한 풍부한 정보와 가이드라인을 제시하고 있다. 일반성을 고려한 인터페이스 표준은 모든 종류의 센서와 액츄에이터를 고려하여 개발되었다. 통신 환경은 네트워크와 프로세서가 큰 부하를 처리할 수 있는 능력을 필요로 한다. 그리고 네트워크와 접속하기 위한 센서와 액츄에이터의 개방형 표준은 미래와 호환성을 유지하기 위한 고려가 되어 있으며, 이것은 중요한 관심거리중 하나다.

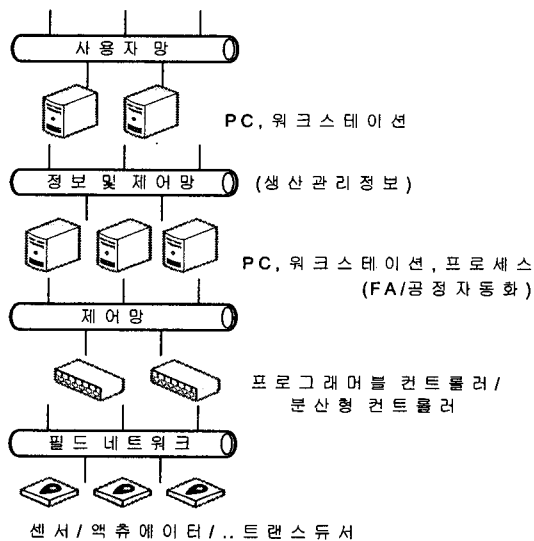


그림 1 일반적인 통신제어 시스템 구조

IEEE 1451의 특징은 다양한 물리적, 기술적, 제어속성을 가지고 있는 소자레벨의 센서와 액츄에이터들을 각각의 속성과 독립적으로 시스템에서 사용할 수 있다는 것이다. 통신에 있어서 기존에 사용되고 있는 다양한 통신 기술 또는 미래에 적용될 어떤 통신기술에 대해서도 각각의 통신기술과 독립적으로 제어망을 구축을 할 수 있다. 이러한 점은 센서, 제어시

스템, 통신기술 생산자와 사용자 입장에서 쉬운 접근과 적용성을 제공한다. 그림 1에 일반적인 통신제어 시스템 구조가 보이고 있다.

IEEE 1451.X	다루고 있는 표준기술
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	분산 멀티 시스템을 위한 Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) 포맷
IEEE 1451.4	혼합모드(Mixed-mode) 통신 프로토콜과 TEDS 포맷
IEEE 1451.0	- 진행중 -
IEEE 1451.5	- 진행중 -

표 1 IEEE 1451.X 의 표준기술

IEEE 1451이 제공하는 장점으로는, Wiring cost 감소, Plug-and-Play 제공으로 인한 쉬운 설치, 낮은 유지보수 비용, Point-to-Point에서 Multipoint-to-Multipoint를 고려한 유연한 topology 제공 등을 들 수 있다. 또한 Electric data sheet를 이용하여 다양한 특성을 가진 센서나 액츄에이터의 적용이 용이하고, 자기보정, 집적된 신호변환 및 프로세싱 등이 제공된다.

IEEE 1451.X는 지금까지 4종의 발표된 규격과, 제정되어지고 있는 2종의 규격이 있다.

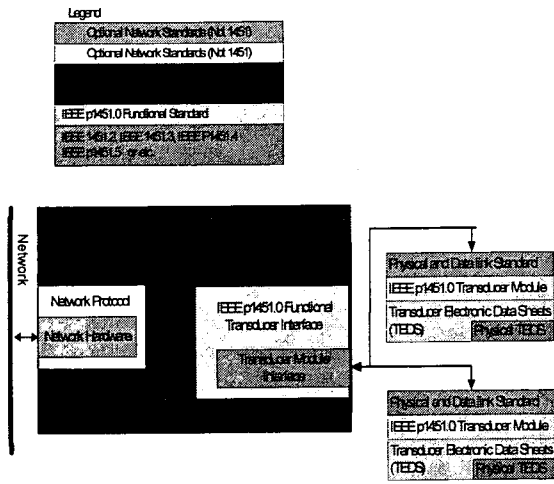


그림 2 IEEE 1451.X 구성을 표현한 블록 그림

IEEE 1451.1 ~ IEEE 1451.4 는 발표되었고, IEEE 1451.0과 IEEE 1451.5는 제정 중이다. 표준규격과 각각의 규격이 다루는 기술을 정리하면 표 1과 같다. IEEE 1451.2는 소자레벨에서 계측과 데이터 변환에 관련한 기술을 정의하고 있다. IEEE 1451.2의 표준에서 정의하고 있는 Transducer Electric Data Sheet(TEDS)는 소자레벨의 센서와 액추에이터 각각에 대해 물리적 특성과 표준기술의 기능적 정보를 제공한다.

IEEE 1451.1은 네트워크와 통신을 위한 정보모델로 NCAP으로 표현하기도 한다. IEEE 1451.2 Smart Transducer Interface Module(STIM)과 네트워크를 연결하는 표준기술을 정의하고 있다. 또한 사용자가 다양한 응용에 적용하기 위한 응용기능들을 유연하게 적용할 수 있다. 그림 2에 IEEE 1451의 구성을 기능별로 구분한 그림이 있다. 각 기능별로 IEEE 1451.X 의 세부 표준화기술이 서비스하는 블록을 찾아볼 수 있다. NCAP은 네트워크 프로토콜 스택과 응용 펌웨어를 적용할 수 있다. 이더넷과 TCP/IP를 적용하면 기존의 이더넷 네트워크 인프라와 적은 코스트로 연동 가능하다. NCAP이 제공하는 기능을 특징별로 살펴보면 다음과 같다.

-스마트하고 간편하며 정밀한 분산모델을 제공.

- 어플리케이션에 적용하기 위한 변환기 기능
- 노드들이 가지는 스마트 기능으로 쉬운 통합 기능
- 다양한 Third party 유틸리티, 및 툴 사용.
- 다양한 종류의 기술의 배경을 갖는 컴포넌트 들을 하나의 시스템으로 통합

NCAP은 STIM, network 그리고 사용자 응용부분을 Common Object 모델로 정의하고 각각의 Object간 통신방식과 각각의 Object간 관리방식을 정의하고 있다. 그림 3에서 NCAP의 Object model을 볼 수 있다.

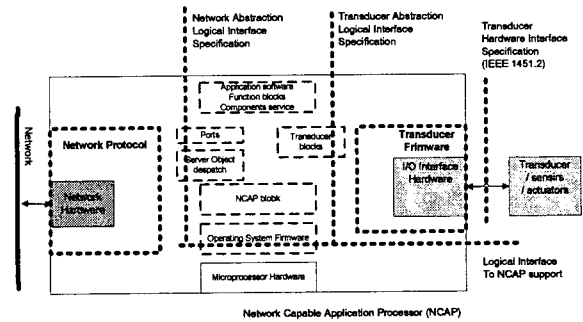


그림 3 NCAP의 Object model

2.2 IEEE 1451.2 정의

IEEE 1451.2는 마이크로 프로세서와 통신을 위한 전송프로토콜과 Transducer Electric Data Sheet(TEDS) 포맷에 대해 정의하고 있다. Smart Transducer Interface Module(STIM)이라고도 부른다. STIM의 특징을 정리하면 다음과 같다.

- STIM은 Electrical interface와 TEDS를 이용한 용이한 다중 네트워크 적용
- Self Identification을 이용한 시스템 통합
- 다양한 Triggred I/O 기능
- 다중 센서 및 액추에이터 타입 지원
- 255개의 독립채널과 인터페이스 지원
- 측정 및 보정기능

그림 4에 IEEE 1451.2의 구성이 보이고 있다.

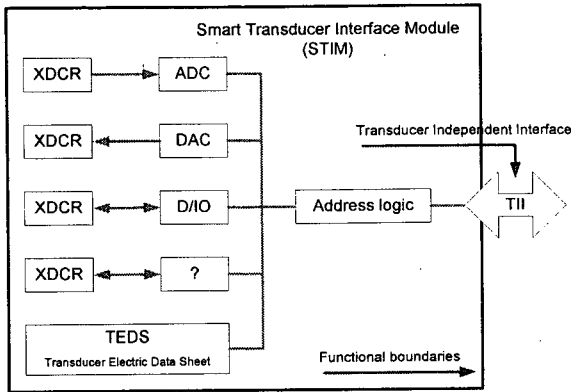


그림 4 IEEE 1451.2 의 Object model

STIM은 그림 4에서 볼 수 있듯이 TEDS, actual transducer, data converter, address logic, control logic 그리고 TII 로 구성된다.

TEDS	Spec
Meta TEDS	Contain the overall description of TEDS data Structure, worst case STIM timing parameters and Channel grouping information
Channel TEDS	Contains upper/lower ranger limits, physical unit, warm up time, presence of self-test, uncertainty, data model Calibration model, triggering parameter
Calibration TEDS	Contains the last calibration date, calibration interval and all the calibration parameter supporting the multi-segment model
Application Specific TEDS	For application specific user
Extension TEDS	Used to implement future and industry extension to P1451.2

표 2 Transducer Electric Data Sheet

STIM의 transducer 채널의 타입은 크게 7종 류로 구분된다. 각 타입은 다음과 같다.

- Sensor
- Actuator
- Buffered Sensor
- Data Sequence Sensor
- Buffered Data Sequence Sensor

- Event Sequence Sensor
- General transducer

STIM의 기능은 크게 10가지 정도로 구분할 수 있다. 주요 기능은 주소처리, 인터페이스 데이터 전송, META-TEDS, 전역 상태, 전역 제어, 트리거링, Hot-Swapping Capability, 인터럽트, 인터럽트 마스크 그리고 TII 프로토콜 등이다.

TEDS는 전자적으로 읽기 가능한 메모리 형태로 트랜스듀서 특성을 기술한 데이터 시트다. 자동 환경설정이 가능하고 에러 소스의 쉬운 제거가 가능하다. 상호 운영성 소자를 제조하는데 메커니즘과 정보의 표준을 제공할 수 있는 중요한 수단이 된다. META-TEDS와 Channel-TEDS는 필수적으로 적용되어야 한다. 기타의 TEDS 데이터 블록은 선택사항이다. TEDS의 기본 필드는 정의된 값들이 기록되어 있고 기타의 필드는 0으로 채워진다. 표 2에 STIM에서 고려하고 있는 TEDS가 보이고 있다. TEDS는 채널에 접근하기 위한 필요한 정보를 제공한다. 마찬가지로 앞에서 거론된 STIM의 기능에서도 사용된다. TEDS를 액세스 하는 대상으로 분류하면 Machine, Human, Application, 그리고 Future로 구분할 수 있다. 이러한 분류가 그림 5에 보이고 있다.

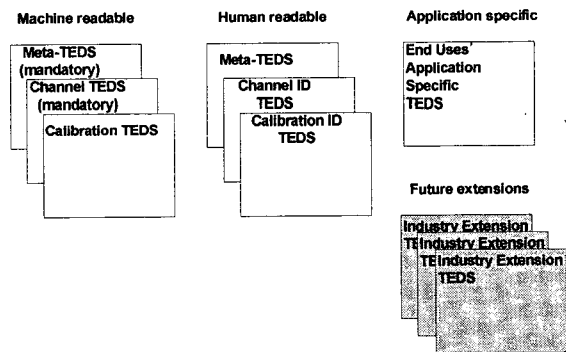


그림 5 TEDS 분류

2.3 IEEE 1451.2 설계

그림 6은 IEEE 1451.2를 구현하기 위하여 물리적 Object를 기능별로 구성한 블록도이다.

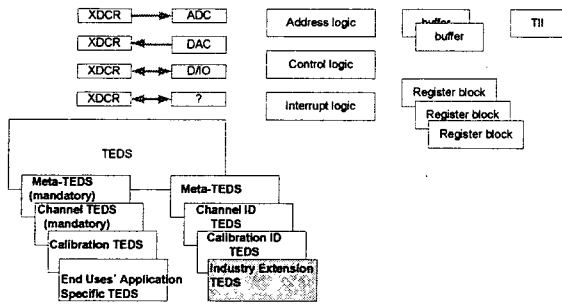


그림 6 구현을 위한 Object 블럭도

TII를 통하여 전송된 데이터는 1차적으로 버퍼에 저장된다. 버퍼의 데이터는 주소정보와 데이터 정보로 구분할 수 있다. 주소 부분은 address logic에 의하여 해석된 후 데이터부분의 역할이 정해진다. STIM에는 주소, 상태, 제어, 인터럽트 마스트 등을 관리하기 위한 전용의 레지스터를 두었다. 따라서 필요에 따라 버퍼의 데이터는 특정 레지스터로 전송되기도 하고 레지스터에서 버퍼로 전송되기도 한다. 주소는 채널 어드레스와 평선 어드레스로 구성되고 각 어드레스는 8비트 크기로 구성된다. 채널 어드레스가 제로인 경우 전송된 데이터는 명령어로 취급된다. 평선 어드레스는 최상위 비트는 읽기, 쓰기를 지시하는 비트로 사용된다. 따라서 나머지 7비트가 세부 기능을 지정하는데 사용된다. 모두 127종의 세부 기능을 지정할 수 있다.

2.3.1 TII 프로토콜

TII는 10핀을 사용하여 STIM과 NCAP간에 데이터전송을 한다. 각각의 핀 정의는 표 3과 같다.

Line	Logic	Driven by
DIN	Positive logic	NCAP
DOU	Positive logic	STIM
DCLK	Positive edge	NCAP
NIOE	Active low	NCAP
NTRIG	Negative edge	NCAP
NACK	Negative edge	STIM
NINT	Negative edge	STIM
NSDET	Active low	STIM
POWER	N/A	NCAP
COMMON	N/A	NCAP

표 3 interface signal line

TII는 프레임 단위로 읽기, 쓰기 프로토콜이 정의되어 있다. 각 프레임은 바이트 전송 프로토콜로 구성되고, 각 바이트 전송 프로토콜은 비트전송 프로토콜로 구성된다. 프레임 쓰기 전송의 경우 a에서 f까지 7단계가 순차로 정의되어 있다.

Write frame transfer protocol

- NCAP assert NIOE
- NCAP wait until the STIM asserts NACK
- NCAP writes the functional address using the byte write transfer protocol
- NCAP write the channel address using the byte write transfer protocol.
- NCAP read zero or more data byte using the byte read transfer protocol from the most significant byte through the least significant byte
- NCAP negate NIOE
- STIM negate NACK

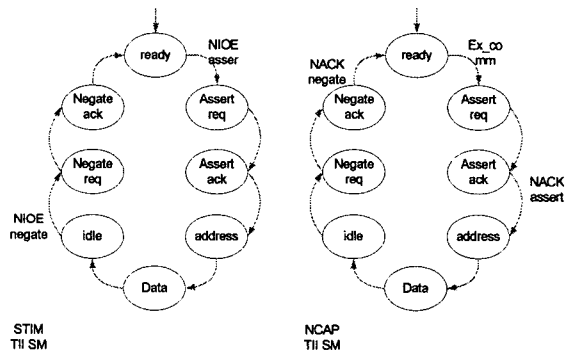


그림 8 프레임 전송을 위한 상태머신

표 3에서 알 수 있듯이 STIM과 NCAP은 각 핀에 대하여 전용의 입력과 출력 속성을 갖는다. 프레임 읽기와 쓰기는 NIOE 핀이 assert 되면서 시작하고 negate 되면서 종료한다. STIM과 NCAP은 그림 8과 같은 8개의 상태를 이용하여 프레임 전송 프로토콜을 수행할 수 있다. 그림 8의 상태머신을 이용하여 시뮬레이션한 결과가 그림 9에서 보여지고 있다. 각 단계별로 정의된 상태변화가 프레임

읽기, 쓰기의 전송 프로토콜 규칙을 만족하고 있다.

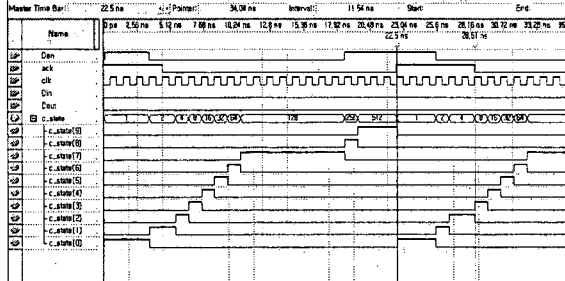


그림 9 상태머신을 이용한 시뮬레이션

- (2) IEEE Std 1451.2-1997 "IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats"
- (3) "Realizing i-Korea thru Network Convergence" The 13th Korean Internet Conference, KRNET 2005,6,
- (4) "2005 유비쿼터스 상황인지 컴퓨팅 기술 워크샵", 한국통신학회 2005, 1

3. 결 론

IEEE 1451.2를 구성하기 위한 물리적으로 구분 가능한 Object 들을 블록화 하여 구성하였다. 그리고 TII의 프레임 전송과 관련하여 상태머신을 설계하고 시뮬레이션을 하였다. 기타의 다른 Object 들과 마찬가지로 방법으로 상태머신으로 구성한다. 그리고 적용하고자 하는 하드웨어 명세가 결정되면 상태머신을 목적하는 하드웨어에 맞게 번역하고 포팅하여 구현될 수 있다. 센서와 액추에이터로 구성되는 소자레벨의 적용 환경이 분산화, 광역화, 복잡화되고 있고, 시스템에 적용할 통신기술, 네트워크 기술이 다양하고 복잡해지기 때문에 각각의 기능들이 다른 장치와 간섭 없이 안정적으로 동작해야 되는 요구사항에 대하여 IEEE 1451.X의 특징은 효과적인 대안이 될 것으로 기대된다. 특히 IEEE 1451이 제공하는 네트워크와 STIM의 용이한 접속 기능은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경과 센서 네트워크 환경에서 적용할 수 있는 효과적인 표준기술로 기대된다.

[참 고 문 헌]

- (1) IEEE Std 1451.1-1999 "IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Network Capable Application Processor (NCAP) Information Model"