

논문 2007-44CI-5-4

# IEEE 1451 기반의 Wireless Smart Sensor Node와 NCAP 시스템의 제안과 구현

(The Proposal and Implementation of Wireless Smart Sensor Node and  
NCAP System based on the IEEE 1451)

허 정 일\*, 임 수 영\*, 서 정 호\*, 김 우 식\*\*

(Jungil Heo, Suyoung Lim, Jungho Seo, and Wooshik Kim)

## 요 약

IEEE 1451 standard는 네트워크와 transducer간에 표준 interface를 정의한다. 본 논문에서는 IEEE 1451 Standard 기반의 data acquisition system과 무선 smart sensor node를 구성하기 위한 구조적인 모델을 제안한다. 제안된 Network Capable Application Processor(NCAP)은 data acquisition의 역할과 smart sensor node와 네트워크 사이에 가교 역할을 한다. 또한 무선 sensor node에게 영향을 주지 않으면서 재구성이 가능하고 DB를 이용하여 transducer의 정확한 정보를 얻는다. Smart sensor node는 그 자신에 관한 기본적인 정보를 디지털 형식으로 제공하는 능력을 가지고 있다. 이 디지털 형식은 Transducer Electronic Data Sheet(TEDS)라 하며 sensor node의 plug-and-play 기능을 가능하게 한다. IEEE 1451.4에서 정의하고 있는 TEDS와 Template를 무선 환경에서 적용하기 위해 형식을 간략화 하였으며 ad-hoc routing을 통해 전송이 이루어진다. 본 연구 시스템은 의료정보 서비스를 제공하기 위한 목적으로 체온과 ECG(Electrocardiogram) 센서를 사용하였다. Template 형식은 센서들의 data sheet를 통해 결정하였으며 센서의 특징을 정확히 표현하기 위해 재구성하였다. NCAP의 DB는 다양한 센서 개발에 따라 새로운 Template 및 하부 항목의 등록이 가능하도록 구현하였다.

## Abstract

IEEE 1451 standard defines an interface for network and transducer. In this paper, We propose an architectural model to configure data acquisition system and wireless smart sensor node based on IEEE 1451 standard. Proposed Network Capable Application Processor(NCAP) supports the task of data acquisition and communication for smart sensor node and network. The NCAP is able to reconfigure without interrupting the functionality of the wireless sensor node and receives the critical information of transducer using the DB. Smart sensor node is able to provide the basic information of sensor in digital format. This digital format is called Transducer Electronic Data Sheet(TEDS), is capable of plug-and-play capability of wireless sensor node and the NCAP. We simplify the format of TEDS and template to apply to wireless network environment. Information of TEDS and template is transmitted using ad-hoc routing. This study system uses body temperature sensor and ECG(Electrocardiogram) sensor to provide the medical information service. The format of template is selected by data sheet of the sensor and reconfigured to accurately describe the property of the sensor. DB of NCAP is possible to register new template and information of the property as developing new sensor.

**Keywords :** IEEE 1451, TEDS, Sensor Network, Smart Sensor, Ad hoc Network

## I. 서 론

\* 학생회원, \*\* 정회원, 세종대학교 정보통신공학과  
(Dept. of Information Communication Engineering  
Sejong University)  
※ 본 연구는 UBDC (Ubiquitous Biomedical System  
Development Center)의 지원으로 수행되었습니다  
접수일자: 2007년5월2일, 수정완료일: 2007년9월4일

유비쿼터스 시대의 도래와 함께 유비쿼터스 컴퓨팅  
인프라 구축의 기반기술로서 초소형 센서, 무선통신 및  
초소형 마이크로프로세서 기능을 통합한 센서네트워크

기술이 매우 광범위한 응용분야에서 활발히 연구되고 있다. 센서 네트워크는 소형 센서들을 장착한 수백, 수천 개의 분산형 시스템을 말하며, 이들은 근거리 무선 통신 장치를 이용하고 배터리로 동작하며 ad-hoc routing을 이용하여 데이터를 전달한다. 일반적인 센서는 주변의 환경을 감지하고, 감지된 정보를 신호로 변환하여 data acquisition system이나 monitoring system으로 연결된다. 이런 센서들은 여러 이벤트를 감지하며 산업, 농업, 차량, 가정, 의료 등의 분야에서 다양하게 사용되고 있다. 하지만 기존의 센서들은 지금까지 주로 sensing 작업 그 자체에 관점을 두고 개발되어 왔다. 즉 사용자가 센서를 확인하여 단순한 sensing 데이터만 받는 것이었다. 그러나 센서의 종류는 무한하고 각각의 센서는 고유의 특성과 서로 다른 연결 방식을 가지고 있기 때문에 사용자가 센서들을 일일이 확인한다는 것은 불가능할 것이며 많이 시간과 수고를 필요로 하게 된다. 이를 해결하기 위해 센서들의 연결을 위한 일반적인 표준이 필요했고 IEEE 1451 standard<sup>[1]</sup>가 제정되었다. 만약 센서들이 자신의 특성에 대한 정보를 저장하여 다른 시스템과 연결 시 저장된 정보를 바탕으로 상호 호환이 가능하게 된다면 매우 효율적이고 편리할 것이다.

IEEE community는 NIST(National Institute of Standards and Technology)와 공동으로 컴퓨터와 통신 기술의 발달로 측정이나 관리를 위한 많은 수의 transducer(센서나 actuator)들이 개발됨에 따라 발생하는 센서 데이터 처리, 측정 오류 및 에러의 문제를 해결하기 위해 IEEE 1451 standard를 제정하여 발표하였다. IEEE 1451는 transducer와 acquisition system 및 네트워크와의 연결을 용이하게 하여 plug-and-play 기능의 유연성과 편리한 유지보수의 제공을 목표로 하며 smart sensor의 개발과 data acquisition system의 관리를 위한 노력을 최소화한다. Plug-and-play 기능의 근간은 Transducer Electronic data Sheet(TEDS)<sup>[2]</sup>의 통일이다. TEDS는 센서로부터의 신호를 정확히 사용하고 센서를 구별하기 위해 acquisition system에서 요청되는 중요한 정보들을 포함한다. TEDS는 문서화된 data sheet를 디지털 방식으로 저장함으로써 센서 구성을 단순화 할 수 있는 장점을 가지고 있다. TEDS는 두 가지 방법으로 사용될 수 있으며 그 중 첫 번째는 TEDS를 EEPROM(Electrically Erasable and Programmable Read Only Memory) 메모리에 저장하는 방식이고 두 번째는 virtual TEDS라 불리는 파일 형태의 TEDS를

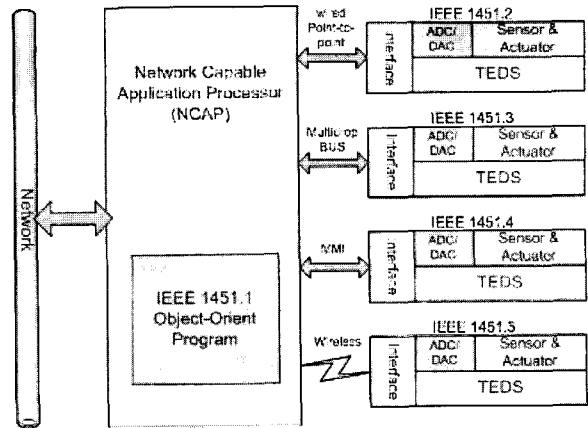


그림 1. IEEE 1451 표준의 transducer와 NCAP의 연결 구조

Fig. 1. Interface architecture between transducer and NCAP of IEEE 1451.

제공받는 방식이다. Virtual TEDS는 EEPROM이나 기타 다른 메모리를 이용할 수 없는 센서에게 TEDS를 제공할 수 있어 그 기능을 확장시킬 수 있다.

본 연구에서는 무선 smart 센서 노드를 이용하여 ad-hoc 환경에서 시스템을 구성하였으며 smart 센서 노드에게 IEEE 1451 TEDS를 적용하여 시스템의 효율적인 관리가 이루어지도록 하였다. 특히 센서 네트워크 기반의 시스템에서 시스템에 영향을 주지 않는 센서 확장 및 센서 노드의 효율적 관리에 초점을 두었다. 또한 무선 환경을 고려하여 센서의 EEPROM 메모리에 저장되는 TEDS의 형식을 그에 맞게 제한하였으며 virtual TEDS를 이용하기 위한 DB를 구현하였다. 센서의 하부 항목에 대한 구성을 가지는 Template은 DB를 구현하기 위한 바탕이 되며 본 시스템에서는 IEEE 1451.4를 바탕으로 새롭게 Template를 정의한다<sup>[3]</sup>.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 IEEE 1451 standard에 대해 설명을 하며 III장에서는 smart 센서 노드들의 구성에 대한 설명, IV장에서는 무선 환경을 고려한 Template의 형식과 NCAP 시스템에 대하여 제안을 하였다. V장에서는 시스템 구성에 대한 결과 및 성능에 대해 설명하고 VI장에서 결론을 맺는다.

## II. IEEE 1451 Standard

### 1. IEEE 1451 개요

IEEE 1451 표준은 1993년부터 표준화 작업이 시작되었으며 현재 IEEE 1451.0부터 IEEE 1451.6까지 표준안이 출판되었거나 작업 중에 있다. IEEE 1451은 네트

워크와 transducer(센서나 actuator)간에 표준 인터페이스를 규정하여 연결을 용이하게 한다. 센서나 actuator 업체는 연결될 네트워크의 종류나 연결 구조에 상관없이 표준 인터페이스만 제공하면 되고 네트워크 입장에서는 연결된 센서나 actuator에 상관없이 표준 인터페이스를 통해 편리하게 정보를 취득하고 제어할 수 있다. 그림 1은 IEEE 1451 표준의 전체적인 개요를 보여주고 있다. 각 표준마다 다른 특징의 연결 구조를 가지게 된다. IEEE 1451.1에서는 NCAP(network capable application processor)<sup>[4]</sup>의 모델을 정의하며 smart 센서 노드들의 시스템으로의 통합을 용이하게 한다. IEEE 1451.2<sup>[5]</sup>에서는 TII(Transducer Independent Interface)를 이용하여 transducer와 NCAP간의 하드웨어 통신 채널에 대해 정의한다. IEEE 1451.3<sup>[6]</sup>은 분산 멀티 시스템을 위한 TEDS format을 지원하고 버스 구조를 지원하기 위해 각 계층 별 통신 프로토콜을 정의하였다. IEEE 1451.4는 혼합모드 통신 프로토콜(MMI)과 보안된 TEDS 형식을 지원하여 plug-and-play의 장점을 부각시켰다. IEEE 1451.5<sup>[7]</sup>는 transducer와 NCAP 사이의 무선 interface 연결에 대해 정의하며 표준 작업이 진행 중이다.

2. IEEE 1451의 이용

IEEE 1451은 smart 센서나 actuator에 대하여 transducer라는 명칭을 사용하게 되는데 transducer는 주소와 TEDS를 가진 센서나 actuator라 할 수 있으며 노드라 할 수 있다. 본 논문에서는 이에 대한 명칭을 smart 센서 노드로 통합하며 이동성을 가진다. IEEE 1451에서 smart 센서 노드들은 전기적인 형태의 센서 고유의 데이터 시트인 TEDS를 가지고 있으며 이는 EEPROM에 저장되어 있다. 센서 노드에 저장된 TEDS는 제조사에서 제공하는 센서나 actuator에 대한 고유의 특성을 제공하여 센서 네트워크 구성을 단순화할 수 있다. 이러한 센서 노드들은 데이터 acquisition system이나 IEEE 1451.1의 NCAP(network capable application processor)에 연결되어 데이터를 전송하거나 수신하게 된다. IEEE 1451.1 표준에서는 NCAP의 모델과 응용 프로그램에서 데이터의 처리를 할 수 있는 변환기 기능에 대하여 정의한다. NCAP의 목적은 센서 노드와 네트워크 사이에 가교 역할을 하여 센서 네트워크 시스템 개발 및 통합을 용이하게 하는데 있다. 또한 NCAP 응용 프로그램에서는 데이터의 처리를 할 수 있는 연산 능력을 제공한다. NCAP은 객체 지향

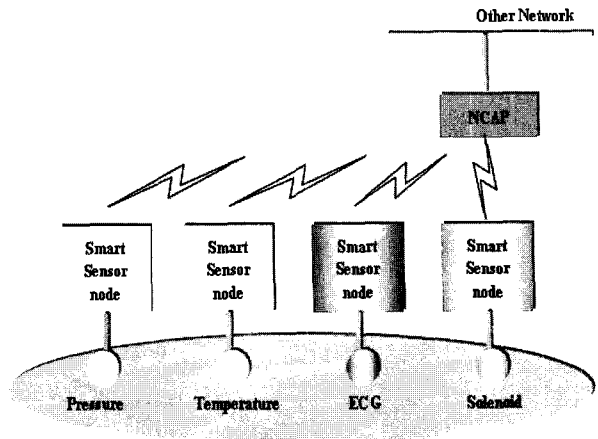


그림 2. Smart 센서 노드를 이용한 분산 측정 시스템과 제어 시스템  
 Fig. 2. Distributed Measurement System and Control System using Smart Sensor Node.

모델로 구현하였으며 크게 3개의 Block으로 구성된다. 그 구성은 smart 센서 노드와 연결되어 데이터를 받아 변환 및 처리하는 transducer block, 데이터에 대한 판단 및 제어를 위한 function block, network와의 연결을 위한 주소체계 설정 및 연결할 곳의 지정의 역할을 하게 되는 NCAP block으로 구성된다. 3가지의 block 객체 중 transducer block의 역할이 중요부분으로서 직접적으로 센서 노드와 통신을 하는 부분이다. smart 센서 노드와의 통신을 위해서는 센서에 대한 정보를 필요로 하게 되는데 이 정보는 IEEE 1451.4에서 정의한 Template 형식을 참조한다. Template는 센서나 actuator에 타입에 따라 필요한 항목들을 분류한 것으로서 Template ID에 따라 각기 다른 형식을 가진다. 이러한 Template은 시스템의 구성 및 제어를 위해 필요한 부분으로서 본 논문에서는 MS-ACCESS를 사용하여 나타내었다. NCAP안에 구현되어 있는 Transducer block 객체는 NCAP안에 구현된 Template DB와 연결되어 사용자를 위해 TEDS 데이터의 해석 역할을 하여 sensing 데이터 및 제어 데이터 등에 대한 처리를 돕는다.

그림 2는 smart 센서 노드를 활용한 분산 측정 시스템의 구성을 보여주고 있다<sup>[8]</sup>. Smart 센서 노드는 NCAP을 통해 다른 네트워크로 연결될 수 있으며 확장이 가능하다. 또한 NCAP에서는 smart 센서 노드들에 대한 효율적인 제어 및 관리가 이루어질 수 있다.

3. TEDS의 구성

TEDS의 내부 구성을 살펴보면, TEDS는 basic

TEDS, Standard Template TEDS, user data 영역으로 구성되어 있다. TEDS의 구조는 간결하며 유연성과 확장성을 가지므로 여러 센서들의 넓은 범위와 요구 등을 다룰 수 있다. Basic TEDS는 필수적인 확인 정보를 포함하고 있으며 포함 내용은 센서 Manufacture ID, Model number, Version number 등이 있다. Standard Template TEDS는 센서나 actuator의 중요 정보인 센서 타입, Template ID, ID number of bits등을 나타낸다. user data는 사용자에게 따라 선택적으로 사용되어 질 수 있다. Basic TEDS는 무선 환경을 감안하여 64bits를 유지하되 불필요한 항목은 삭제하여 재구성하였으며. Standard Template TEDS는 Template ID만을 표현하도록 하였다. 센서 노드가 센서 정보를 나타내기 위해서는 각기 다른 고유한 하부 항목들을 표현해야 할 필요가 있는데 Template ID는 이를 구별해 주는 역할을 한다. IEEE 1451.4는 센서의 일반적인 분류를 통해 Template ID를 정의하며 각 Template ID는 센서들의 신호 범위, 신호 단위, sensitivity, Reference frequency, Mapping 방법, 응답 시간, resolution 등을 센서 특성에 맞게 나타낸다.

### III. Wireless Smart Sensor Node의 구성

#### 1. Smart Sensor Node의 특성

Smart 센서 노드의 역할은 TEDS 데이터 및 sensing한 데이터를 목적지로 ad-hoc routing을 통해 전송하는 것이다. 무선 센서 노드는 마이크로컨트롤러를 내장한 시스템으로 sensing 처리와 각 센서 노드들 간 통신 등을 위해 실시간 운영체제인 Tiny-OS<sup>[9]</sup> 기반으로 구현되었으며 EEPROM에는 TEDS가 저장되어 있다. 본 연구에서 사용한 센서 노드에 사용한 Tiny-OS는 이벤트 발생에 의한 상태전이 방식 기반의 프로그래밍 개념을 사용한다. 제한된 메모리 공간의 효율적인 이용과 프로

세싱의 동시성을 지원해 주며 현재 미국을 중심으로 가장 널리 사용되고 있는 무선센서네트워크 운영체제 중 하나이다. 센서는 온도 센서와 ECG 센서를 사용하였다. 무선 센서 노드는 크게 TEDS를 포함하는 영역, 무선 interface 부분과 데이터 획득 부분으로 나뉘볼 수 있다. 무선 센서 노드는 IEEE 802.15.4를 적용한 장비로서 RISC(Reduced Instruction Set Computer)구조를 사용하는 Atmega128를 CPU로 탑재하고 있다. Atmega128은 내부에 128Kbyte의 플래시 메모리와 4kbyte의 EEPROM을 지원한다. 데이터 집중국의 역할을 하는 gateway node는 NCAP 시스템과 RS-232로 연결되어 있다. 센서 노드는 2.4~2.4835GHz의 통신 주파수 범위를 가지며 RF 송신 칩으로는 Chipcon사의 CC2420을 사용하며 250kbps의 전송 속도를 가진다. 센서 노드의 전송 거리는 약 30m로서 인식 거리 내에 있는 이웃 센서 노드와 통신할 수 있다. 그림 3은 본 연구에서 사용된 ECG 센서와 온도 센서를 가지는 smart 센서 노드를 나타낸다.

#### 2. Smart Sensor Node의 TEDS

Smart 센서 노드들은 basic TEDS와 Template ID를 저장하게 되는데 본 논문에서는 두 가지를 통틀어 TEDS라 정의한다. TEDS 데이터는 smart 센서 노드가 처음 네트워크에 연결 시 경로 요청 메시지에 의해 전송 경로가 설정이 된 후 전송하게 된다. 전송된 TEDS 데이터를 통해 NCAP 시스템에서는 smart 센서 노드에 대한 채널을 할당하고 센서의 Template ID 정보에 따라 지정된 형식으로 값을 표현하게 된다. 센서 노드가 가지는 온도 센서와 ECG 센서는 전위차 방식으로 작동되며 전위차 방식의 속성들을 표현하기 위해 IEEE 1451.4는 Template 39를 정의하였다. Template 39를 바탕으로 하여 온도 센서와 ECG 센서에 대한 Template

표 1. TEDS의 항목과 특성  
Table 1. The property and description of TEDS.

항목	크기	특성
Manufacture ID	2bytes	제조사 고유의 번호
Model number	2bytes	제조사에 의한 센서의 종류에 따른 분류
Version number	2bytes	종류별로 나뉜 센서의 버전을 표현
Serial number	2bytes	각 버전에 따라 센서 고유의 번호를 표현
Template ID	1bytes	Template 형식을 지정



그림 3. Smart Sensor Node와 ECG 센서  
Fig. 3. Smart Sensor Node and ECG Sensor.

표 2. Template 39의 항목과 특성

Table 2. The property and description of Template 39.

항목	특성
Sensitivity	센서의 감도를 표현
Sens@Ref	신호 단위
MapMeth	Calibration을 위해 사용되는 계산식
MinPhysVal	실제 측정 범위 안에서 최저값
MaxPhysVal	실제 측정 범위 안에서 최대값
MinElecVal	전기적인 측정 범위 안에서 최저값
MaxElecVal	전기적인 측정 범위 안에서 최대값

를 구성하였으며 표 1은 센서 노드가 포함하고 있는 TEDS에 대한 항목과 특성을 나타내고 표 2는 Template 39에 대한 세부 항목을 나타낸다. Template 39에 포함되는 세부 항목은 지정된 Template를 사용하는 모든 센서에게 같게 적용될 것이며 항목의 값은 TEDS 정보에 따라 달리 나타내어질 것이다. 센서 노드의 TEDS는 IEEE 1451.4가 정의한 TEDS를 이용하여 Manufacture ID, Model number, Version number, Serial number, Template ID의 5가지 항목으로 수정하여 저장하였다. 각 항목은 2bytes 또는 1byte의 크기를 가진다. Model number와 Serial number는 다른 Manufacture ID일 경우에는 같을 수 있고 같은 Manufacture ID안에서 Model number가 다를 경우에 같은 Serial number를 가질 수 있다.

Basic TEDS에 포함되는 Manufacture ID는 IEEE 협회에 의하여 정의되지만 본 논문에서는 시스템 구성을 위해 임의의 값으로 설정하여 구성하였다. 본 연구에서 사용된 smart 센서 노드에 저장된 TEDS는 NCAP 시스템에 등록된 Template DB와 매핑을 통하여 NCAP 시스템에 등록된다. TEDS를 전송한 smart 센서 노드는 NCAP 시스템으로부터 할당된 채널을 받고 sensing을 시작하며 sensing된 데이터를 설정된 경로와 할당 받은 채널로 전송한다.

#### IV. Template과 NCAP System의 제안

본 연구의 IEEE 1451 기반의 시스템 개발을 위한 시스템 프로그램은 크게 4가지 나누어진다. Smart 센서 노드에서 동작하는 Tiny-OS 기반의 프로그램, 신호를 받고 처리하고 모니터링을 제공하는 NCAP 프로그램, NCAP 안에서 Template를 관리하기 위해 구현된 DB 프로그램, NCAP과 TCP/IP로 연결되며 DB-Server로

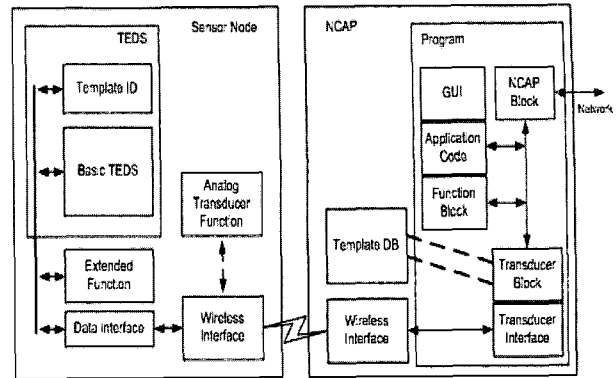


그림 4. NCAP과 Smart Sensor Node의 시스템 구조

Fig. 4. System architecture of NCAP and Smart Sensor Node.

서의 역할을 하는 Operator NCAP 프로그램으로 구성된다. NCAP은 각 센서 노드 및 네트워크 사이에 가교 역할을 하며 데이터를 처리할 수 있는 연산 능력을 제공하며 일반적으로 네트워크 환경 안에서 모니터링의 역할을 담당한다. NCAP의 장점은 재구성이 용이한 소프트웨어 모델을 제공하는 것이다. 이를 위해 NCAP 시스템은 네트워크 안에 구성된 smart 센서 노드에게 영향을 주지 않으면서 소프트웨어의 재구성이 가능하여야 한다. 본 논문에서 제안된 NCAP은 Operator NCAP을 통해 NCAP에 포함되어 있는 Template의 재구성과 추가가 가능하며 널리 사용되고 있는 RS-232 시리얼 방식으로 gateway node와 연결이 된다. 제안된 NCAP 시스템은 IEEE 1451.1 standard를 이용하여 객체 지향적이며 새롭게 네트워크에 참가하는 NCAP 시스템과의 호환이 가능하도록 구현하였다. 또한 debugging과 모니터링을 위하여 tablet PC 및 notebook pc기반에서 구현하였다. Tablet PC는 notebook PC의 휴대성과 PDA의 편의성을 겸비한 것으로 무선랜을 통해 어느 곳에서나 인터넷이 가능한 새로운 플랫폼의 mobile PC이다. Tablet PC의 성능은 실시간 데이터 처리가 가능하며 Tablet PC 외에도 PDA나 PC를 이용하여 구현이 가능하다. 그림 4는 본 연구에서 구현된 NCAP과 센서 노드의 시스템 구조를 보여준다. Template을 DB화하여 포함하며 Transducer Block과 연계한다.

##### 1. DB를 이용한 Template의 구현

IEEE 1451.4 TEDS에는 센서 구조 및 측정 회로의 종류에 따라 16개의 Transducer Type Template과 3개의 Calibration Template 가지고 있다. IEEE 1451에서는 Template의 표현을 TDL(Template Description

표 3. IEEE 1451.4 표준 TEDS  
Table 3. IEEE 1451.4 standard TEDS.

Basic TEDS(64bits)
Standard Template TEDS(ID 25~39)
Template ID(8bits)
Calibration TEDS Template(ID=40~42)
Transducer Type Template(ID=43)
User Data

Language)<sup>[10]</sup>을 사용하여 나타내게 된다. TDL의 중요한 특징은 smart 센서 노드의 확장된 기능을 적절히 나타낼 수 있다는 것이다. 이러한 19개의 표준 Template를 이용해 모든 센서들에게 적용시키기는 힘들며 본 연구의 핵심인 무선 환경에 적용하는 것도 한계가 따르므로 적절한 수정 및 개선이 필요하다. IEEE 1451.4 standard TEDS의 내용은 표 3과 같이 구성되며 Standard Template TEDS는 표 2와 같이 여러 종류의 하부 항목으로 구성된다. IEEE 1451.4 standard는 센서와 acquisition system이 유선으로 연결된 시스템으로서 무선 센서 네트워크 환경에서 20bytes가 넘는 IEEE 1451.4 standard TEDS를 전송한다는 것은 데이터 전송 실패의 확률을 높이며 많은 센서를 관리하는데도 어려움이 따른다. 이를 위해 basic TEDS와 Template ID를 따로 분리해 sensor 노드에 저장하며 sensor 노드는 9bytes의 TEDS 데이터만을 저장한다.

Standard Template TEDS는 IEEE 1451.4 standard Template 바탕위에 새로운 Template를 정의하였고 Template를 나타내기 위하여 다른 방법을 고려하였다. 그것은 Template에 대한 항목과 값들을 DB로 나타내는 방법으로 지속적으로 데이터 접근이 가능하며 간략하고 정확하게 Template를 표현할 수 있다. 그림 5는

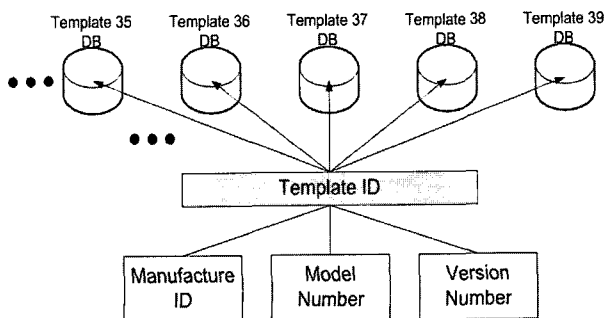


그림 5. DB의 구성과 접근 방식  
Fig. 5. Configuration and Access Method of DB.

DB의 구성과 접근 방식에 대하여 블록으로 나타내고 있다. Template ID를 중심으로 해당 DB에 접근하여 정보를 제공받는다. NCAP 안에 구현된 Template DB는 센서 노드 안의 TEDS와 관계된 세부 사항들을 data sheet를 통해 저장한다. 이를 위해 MS-ACCESS를 이용하여 센서 노드의 세부 사항들을 DB에 저장하였다. Template ID는 25~39까지 15가지의 종류를 가지며 Template ID에 따라서 15개의 DB를 가지고 있으며 세부 사항에 대한 항목들을 각 DB에 등록한다. DB 생성 시 파일 명의 형식은 Template\_<ID>.mdb(multimedia database)처럼 구성한다. 예를 들어 Template ID 39에 대한 파일명은 Template\_39.mdb와 같이 나타낸다. Smart 센서 노드에서 보내지는 Template ID에 의해 해당 DB로 접근을 하고 각 DB 항목의 상위에는 Manufacture ID, Model number, Version number, Serial number를 반드시 표현하여야 하며 그 아래로 세부 항목들이 표현된다. 상위 4개의 항목은 센서의 세부 정보들을 얻기 위해 사용된다. MS-ACCESS로 구현된 DB 파일은 tablet PC 기반의 NCAP이나 DB-Server로서의 역할을 하는 Operator NCAP에 저장된다.

그림 6의 왼쪽 그림은 sensor 노드와 NCAP, DB의 장치들이 연결된 모습이고 오른쪽 그림은 flowchart로 시스템의 동작 방법을 설명하였다. NCAP은 TEDS 정보를 인식하면 sensor 노드에게 채널 할당 정보 및 ACK를 전송하게 되며 DB와 매핑을 하여 어떠한 정보 인지를 판별하게 된다. NCAP은 이러한 정보를 통해 sensor 노드로부터 전송되는 데이터들을 처리하게 된다. 그 외 Template를 나타내기 위해 사용될 수 있는 방법으로는 XML(extended markup language)의 활용이 고려될 수 있다.

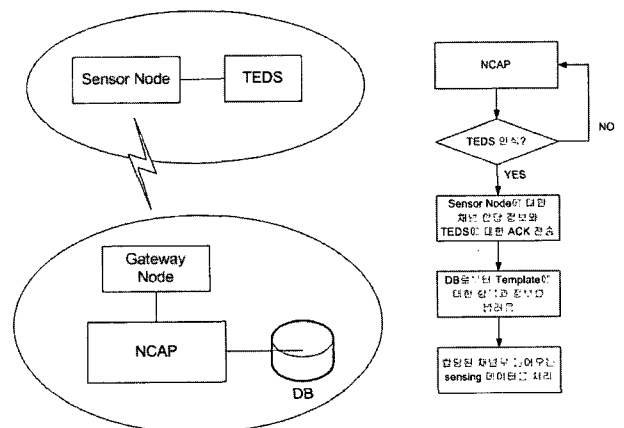


그림 6. NCAP의 TEDS 데이터 처리  
Fig. 6. TEDS data processing of NCAP.

2. NCAP에서의 데이터 처리

NCAP 시스템에서 모니터링이 되기까지의 과정을 살펴보면, 먼저 smart 센서 노드로부터 TEDS를 받아 채널을 할당하고 할당된 채널에 TEDS와 Template DB와의 매핑을 통한 결과를 저장하고 사용자의 선택에 따라 데이터 및 TEDS 정보를 화면에 표현할 수 있다. 매핑은 smart 센서 노드의 TEDS에 포함된 Template ID에 의해 선택된 DB의 상위 항목인 Manufacture ID, Model number, Version number를 TEDS의 Manufacture ID, Model number, Version number와 비교하여 일치하는 항목에 저장된 값들을 불러오으로써 이루어진다. 불러온 값들은 Template ID에 따라서 그에 맞는 형식으로 표현된다. 본 연구에서 사용된 전위차 센서는 Template 39의 형식으로 표현이 되며 7가지 하부 속성으로도 제어 및 calibration이 가능하므로 하부 항목 형식을 수정하였다. 수정된 Template 39는 표 2와 같이 7개의 하부 항목을 가지고 있는데 이 항목을 이용하여 실제 값을 찾게 된다. 이것을 calibration이라 하는데 calibration의 과정은 MapMeth의 값에 따라서 지정된 관계식을 찾고 MinElecVal, MaxElecVal, MinPhysVal, MaxPhysVal을 이용하여 지정된 관계식에 해당하는 값을 대입하여 실제 값을 찾아나간다. 만약 MapMeth 값이 0이라면 linear 성질의 센서로서  $m \cdot (\text{Electrical Value}) + b$ 의 계산식을 이용하여 실제 값을 찾아낸다. 표 4는 MapMeth에 따라서 나타나는 관계식을 나타낸다. 4가지의 관계식을 가지고 있으며 변형 및 새롭게 추가된 관계식이 있을 경우 그 내용을 추가시킬 수 있다. 해당 채널로 sensing 데이터가 들어오면 채널에 할당된 TEDS 정보를 통해 위와 같은 방법으로 데이터를 처리하고 실제 값을 표현한다. 사용자는 원하는 채널을 선택하여 현재까지 들어온 데이터를 확인할 수 있고 그래

표 4. MapMeth의 표현  
Table 4. Description of MapMeth.

MapMeth 값	계산식
0	Phys Value = $m \cdot (\text{Electrical Value}) + b$
1	Phys Value = $m / [(\text{Electrical Value}) + b]$
2	Phys Value = $b + m / (\text{Electrical Value})$
3	$(\text{Phys Value})^{-1} = b + m / (\text{Electrical Value})$
4	Reserved

※ m은 sensitivity로 Electrical range와 Physical range의 비(physical range/Electrical range)

※ b는 MinPhysVal

프로 표현하여 측정된 데이터의 연속 상황을 살펴볼 수 있다.

새로운 센서의 개발 및 업그레이드로 인해 발생하는 새로운 센서 정보는 제조사에서 주어지는 Template이나 data sheet를 통해 수정 및 업그레이드가 가능하고 NCAP은 DB-Server에 접속하여 추가된 센서의 정보를 받을 수 있다.

V. 시스템 구성 결과 및 성능

Smart 센서 노드, NCAP, Operator NCAP의 프로그램을 제안된 알고리즘에 따라 구현하여 TEDS를 가진 smart 센서 노드를 NCAP 시스템에 적용하여 보았다. 본 실험을 위해 tablet PC와 notebook PC 두 개의 기반에서 NCAP 시스템을 구현하였으며 센서 노드는 10개를 사용하였다. Tablet PC 기반의 NCAP 시스템에는 7개의 smart 센서 노드를 연결하고 notebook PC 기반의 NCAP 시스템에는 3개의 smart 센서 노드를 연결하였다. 그림 7은 Tablet PC 기반의 NCAP과 센서 노드가 통신하고 있는 모습이다. NCAP 시스템은 Operator NCAP과 연결되고 이를 통해 다른 NCAP과도 연결을 맺게 되어 센서와 관계된 정보를 수신할 수 있다. 본 NCAP 시스템은 그 안에 DB를 포함하고 있으며 새로운 센서의 추가에 대해서는 Operator NCAP을 이용하여 센서 정보를 받도록 되어있다.

그림 8은 NCAP 시스템의 초기 화면으로서 전체적인 network 환경의 개략도를 보여주고 있다. 보여 지는 화면에서 설정된 NCAP의 수나 무선 센서 노드의 수는 특별한 의미가 있는 것이 아니라 많은 수의 NCAP이나

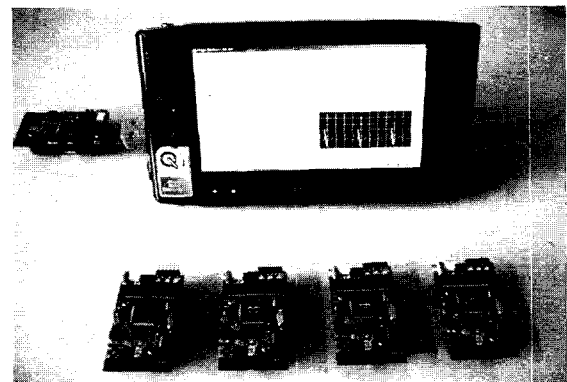


그림 7. Tablet PC 기반의 NCAP과 Smart Sensor Node의 통신 모습

Fig. 7. Communication of NCAP based on the Tablet PC and Smart Sensor Node.

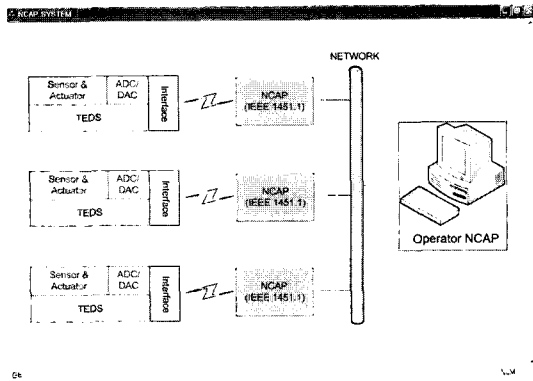


그림 8. NCAP System의 초기 화면  
Fig. 8. First Screen of NCAP System.

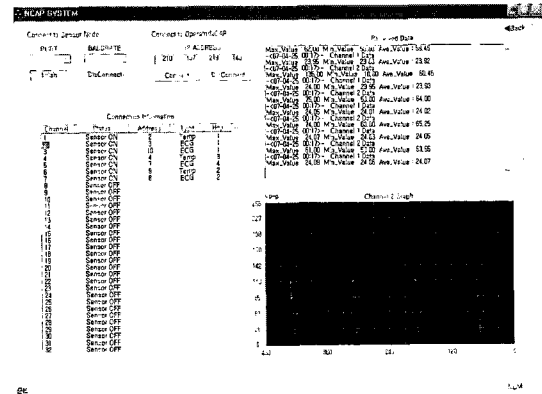


그림 10. NCAP System에서 데이터 처리와 모니터링  
Fig. 10. Data processing and Monitoring of NCAP System.

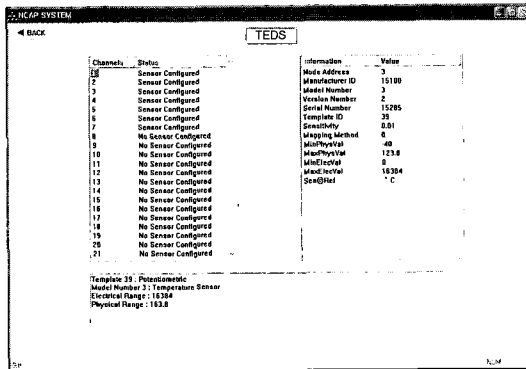


그림 9. NCAP System에서 TEDS에 의해 Sensor의 Template 정보를 표시  
Fig. 9. Template information Description of Sensor by TEDS in NCAP System.

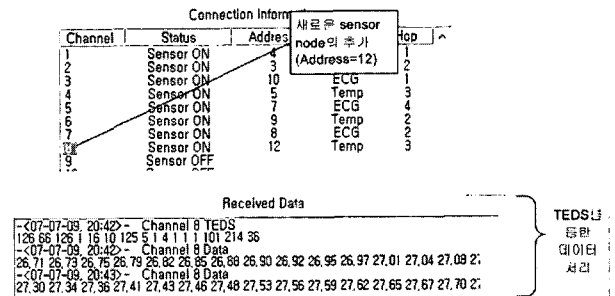


그림 11. 새로운 온도 센서의 추가  
Fig. 11. Addition of New Temperature Sensor.

센서 노드들이 모여 네트워크를 형성할 수 있다는 것을 의미한다. Smart 센서 노드, NCAP, Operator NCAP 중에서 원하는 부분을 선택함으로써 그에 대한 정보가 화면에 나타나도록 하였다. NCAP에 연결된 smart 센서 노드를 선택하면 NCAP에 접속된 smart 센서 노드들의 센서 정보를 확인할 수 있다. 그림 9는 무선 센서 노드를 선택했을 때 나타나는 화면으로서 각 채널 별로 센서가 할당되었는지를 보여주고 원하는 채널을 선택하면 Template ID에 따라 하부 항목들이 표현되고 그에 대한 값들이 표현된다. 사용자 편의를 위해 하부 항목들의 특징과 참조할 수 있는 내용은 아래의 Edit창에 나타난다. NCAP을 선택하게 되면 그림 10과 같은 화면이 나타나며 사용자는 이를 통해 모니터링 및 제어를 하게 된다. 현재 접속된 smart 센서 노드들의 접속 정보를 알 수 있으며 접속 정보는 크게 현재 상태, 노드 주소, 데이터를 전달하기 위해 거쳐 간 홉 수 등을 표현한다. 현재 총 7개의 무선 센서 노드가 동작되고 있음을 확인할 수 있다. 또한 NCAP은 sensing한 데이터의 모니터링을 위하여 채널 별로 수신 된 데이터를 Edit창

에 받은 시간을 첨부하여 나타내고 연결된 채널 선택 시 채널에 할당 된 센서 노드의 sensing 데이터를 그래프를 화면에 보여준다. 그래프의 측정 범위 및 측정 단위 표현은 TEDS 정보를 이용하여 결정된다. 현재 ECG 신호를 실시간으로 나타내고 있으며 데이터의 정확한 전달과 처리가 이루어짐을 알 수 있다. gateway node와의 연결 상태 및 serial 통신을 위한 포트설정, 속도 설정도 구성하였다. Operator NCAP을 선택하면 DB-Server와의 현재 연결 상태를 보여준다. DB-Server와의 연결은 TCP/IP를 통해 연결된다. NCAP은 smart 센서 노드로부터 받은 TEDS와의 매핑 결과가 없을 경우 새로운 센서가 추가되었다고 판단하여 연결된 DB-Sever에게 새로운 센서에 대한 정보를 요구한다. 추가 된 센서에 대한 정보를 받은 NCAP은 이를 DB에 등록시킨다. 그림 11은 새로운 온도 센서가 추가 되었을 때를 나타내는 화면이다. 위쪽 그림은 접속 정보를 나타내는 화면으로서, 새로운 센서가 네트워크에 추가되어 NCAP이 이를 인식하여 DB로부터 센서에 대한 Template 정보를 얻어오면 “Sensor ON“이라는 문구와 함께 채널에 대한 할당 정보를 보여준다. 아래쪽 그림은 NCAP이 센서에 대한 정보를 바탕으로 데이터



표 5. NCAP system과 acquisition system의 비교  
Table 5. Comparison of NCAP system and acquisition system.

a) acquisition system에서 새로운 온도 센서 추가 시 데이터 처리

data Payload										
96	102	107	110	114	115	117	121	124	125	...
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	...

b) NCAP system에서 새로운 온도 센서 추가 시 데이터 처리

data Payload										
26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	26.	...
65	71	76	79	82	84	86	89	92	93	
℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	℃	

를 처리한 결과를 보여준다. 표 5는 새로운 온도 센서 노드 추가 시 일반적인 acquisition system과 본 NCAP system을 비교한 것으로 a)는 acquisition system에서의 데이터 처리를 보여준다. 상위 데이터는 하위 8bits를, 하위 데이터는 상위 8bits를 나타내며 하위와 상위 비트의 순서가 역으로 처리된다. b)는 NCAP에서의 데이터 처리를 보여주며 새로운 센서 추가 시에도 TEDS를 이용해 정확하게 데이터를 처리하게 된다. 일반적으로 acquisition system에서는 사용자가 새로운 센서 노드를 이용하기 위해서는 프로그램 수정이 불가피하지만 NCAP system에서는 센서 개발자가 Template 형식에 따라 센서 정보를 DB에 등록시킴으로서 별도의 과정 없이 새로운 센서를 받아들일 수 있다.

실험을 통해서 전체적으로 TEDS와 Template를 이용해 새로운 smart 센서 노드의 추가에 대하여 plug-and-play 기능이 가능하며 정확하게 데이터를 처리할 수 있다는 것을 확인하였다. 이를 통해 NCAP은 효율적으로 smart 센서 노드들을 관리할 수 있다.

## VI. 결 론

유비쿼터스 센서 네트워크는 일반적으로 sensing의 정확성과 감지 영역의 확장성을 위해 대규모의 센서 노드들로 구성되며 이러한 대규모 네트워크 환경에서는 동적인 상황 변화에 적응할 수 있는 자가 구성 능력 및 자가 기술 능력이 중요시 된다. 또한 다양한 종류의 센서들에 의해 탐지된 sensing 데이터를 효율적으로 전달하기 위한 기술과 다양한 종류의 센서들을 관리하기 위

한 기술 연구의 중요성이 대두되고 있다. 본 논문에서는 무선 센서네트워크 환경에서 센서 노드들을 효율적으로 제어하고 관리하며 plug-and-play 기능을 구현하기 위해서 센서 노드를 IEEE 1451 TEDS를 이용하여 구현하였으며 무선 환경에 맞게 NCAP 시스템을 구현하였다. IEEE 1451은 일반적인 센서들에게 smart 센서로서 필요한 plug-and-play 기능에 대한 방법을 비교적 자세하게 정의하고 있다. 그러나 무선 환경인 점을 고려했을 때 IEEE 1451.4 TEDS를 무선 센서 노드에 적용시키기 위해서는 적합하지 않은 부분이 많다. 따라서 IEEE 1451.4 TEDS 기반 위에 새로운 TEDS를 제안하였다. 제안된 TEDS를 직접 무선 센서 노드에 구현하고 NCAP 시스템과 연결하여 정확한 데이터 획득과 효율적인 관리가 이루어지는 것을 확인하였다. 향후 TEDS의 내용을 더 보완하고 본 연구 시스템의 완성도 높은 구현을 위해 더 많은 센서들에 대한 연구가 필요할 것이다. 또한 의료 정보 전송 표준인 HL7<sup>[11]</sup>과 본 연구 시스템과의 연동을 위한 방법을 연구할 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] IEEE 1451 Standard working group homepage: <http://grouper.ieee.org/groups/1451/0/~>  
<http://grouper.ieee.org/group/1451/5>
- [2] National Instruments, Inc., "An overview of ieee 1451.4 transducer electronic data sheets(TEDS)", National Instruments, Inc., (<http://ni.com>)
- [3] IEEE Inc., "IEEE standard for a smart transducer interface for sensors and actuators-mixed-mode communication protocol and transducer electronic data sheet(TEDS) format", Institute of Electrical, Electronics Engineers Inc., 2004.
- [4] IEEE Inc., "IEEE standard for a smart transducer interface for sensors and actuators-Network Capable Application Processor(NCAP) information model", 1999.
- [5] IEEE Inc., "IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuator-Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet(TEDS) Format", 1997.
- [6] IEEE Inc., IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Digital Communication and Transducer Electronic Data Sheet(TEDS) Format for Distributed Multidrop Systems
- [7] IEEE 1451.5 Wireless Communication Protocol and Transducer Electronic Data Sheet(TEDS)

Formats section:([http://www.sensorsportal.com/HTML/standard\\_5.htm](http://www.sensorsportal.com/HTML/standard_5.htm))

- [8] 이상태, “계측기기를 위한 통신 프로토콜(IEEE 1451)의 구현”, 표준 측정, 제25권, 제1호, 2001.
- [9] P.Buonadonna, J. Hill, and D. Culler., “Active message communication for tiny networked sensors” from <http://www.cs.berkeley.edu/~jhill/cs294-8/ammpte.ps>
- [10] Jones, Charles H., “IEEE 1451.4 Smart Transducer Template Description Language.”, May 2004.
- [11] Eah-Wen Huang, Sheng-Hsiung Hsiao., “Design and implementation of a web-based HL7 message generation and validation system”, International Journal of Medical Informatics, 70, pp. 49-58,

저 자 소 개



허 정 일(학생회원)  
 2006년 세종대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.  
 2006년~세종대학교 정보통신 공학과 석사 과정  
 <주관심분야 : Sensor Network, 임베디드 시스템>



임 수 영(학생회원)  
 2006년 세종대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.  
 2006년~세종대학교 정보통신 공학과 석사 과정  
 <주관심분야 : Biomedical Engineering, 임베디드 시스템>



서 정 호(학생회원)  
 2007년 세종대학교 정보통신 공학과 학사 졸업.  
 2007년~세종대학교 정보통신 공학과 석사 과정  
 <주관심분야 : 운영 체제, 임베디드 시스템>



김 우 식(정회원)  
 1984년 서울대학교 전자공학과 학사 졸업.  
 1986년 서울대학교 전자공학과 석사 졸업.  
 1991년 G.I.T. 전자공학과 박사 졸업.  
 1993년~1996년 한국통신 연구개발원 선임연구원  
 1996년~1999년 명지대학교 정보통신공학과 조교수  
 1999년~현재 세종대학교 정보통신공학과 부교수  
 <주관심분야 : Digital Signal Processing, High speed Communication System, Biomedical Engineering, Wireless Communication>