

논문 2008-45SC-6-12

IEEE 1451 기반의 지능형 웹 센서 참조 모델과 가스 센서를 이용한 웹-서비스 방법

(The Reference Model for Smart Web Sensor Based on IEEE 1451 and Web-service Using Gas Sensor)

이 정 환*, 김 동 진**, 김 정 도***, 함 유 경*

(Jung-Hwan Lee, Dong-Jin Kim, Jeong-Do Kim, and Yu-Kyung Ham)

요 약

웹 센서는 원격지 사용자에게 측정된 센서 데이터와 관련된 정보를 전송하는데 목적이 있다. 웹 센서는 사용자가 원격지에 존재하기 때문에 센서의 정보를 신뢰 할 수 있어야 하고, 센서들의 진단이 쉽게 이루어져야 한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 센서를 스마트화시키는 IEEE 1451이 발표되었다. 본 연구에서는 스마트 웹 센서를 제안한다. 제안된 스마트 웹 센서는 IEEE 1451.0을 기반으로, 대부분의 센서 인터페이스에 사용이 가능하고, TEDS 정보를 이용하여 스마트 센서를 구현할 수 있다. 또한 XML을 이용하여 사용하기 쉬운 웹 서비스로 원격지 사용자가 센서의 모든 정보를 쉽게 다룰 수 있게 한다. 본 연구에서 스마트 웹 센서를 위한 참조 모델을 제시하고, 가스 센서를 이용한 웹서비스의 구현을 통해 유용함을 증명한다.

Abstract

The purpose of web-sensor is to transmit the measured sensor data and the related information to remote user. Since the user exists at remote place, the sensor information must be trustworthy, and the diagnosis for sensors should be easy to handle. To make sure of these issues, IEEE 1451 for smart sensor had been presented in the past. This research proposes the smart web sensor. The proposed smart web sensor is based on IEEE 1451.0, therefore most of the sensor interfaces are able to be used, and could realize the smart sensor by using TEDS information. Also it has the user-friendly web-service by using XML so that the remote user can handle easily the every possible information related to sensor. This research presents reference model for smart web sensor, and to prove how valuable it is, web-service using gas sensor is implemented.

Keywords : Smart web-sensor, IEEE 1451, TEDS, Web-service, XML, Gas sensor

I. 서 론

자동화 시스템에서의 웹 이용은 원격지의 사용자에게 효율성을 증가시켜 주었다. 특히, 웹을 통해 원격지에 있는 센서의 정보를 취득할 수 있는 웹-센서의 사용은 자동화에서 거리의 제한성을 극복하게 해 주었다.

웹-센서는 센서의 정보를 인터넷 프로토콜인 TCP/IP 와 HTTP (Hypertext Transfer Protocol)을 이용하여 정적인 HTML(Hypertext Markup Language) 웹 페이지를 보여주게 된다.^[1]

기존의 웹 센서는 몇 가지 단점을 갖고 있다. 센서는 제조업체에 따라 각각 인터페이스 및 어플리케이션 방법이 다르다. 따라서 센서를 이용하는 개발자 및 웹 센서 제조업체는 많은 시간과 비용을 사용한다. 또한 기존의 웹 센서는 센서의 정보와 측정 데이터를 HTML을 이용하여 제공하는데 이는 원격지 사용자가 센서에 대한 정보를 다루는데 수동적이다.

본 논문에서는 웹 센서를 IEEE 1451 기반으로 하는 표준 인터페이스로 구성하며, XML 웹 서비스를 통하여

* 학생회원, ** 정희원-교신저자, *** 정희원, 호서대학교 (Hoseo University)

※ 이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2007-331-D00350)

※ 이 논문은 2007년도 호서대학교 World Class 2030 프로젝트의 지원을 받아 수행된 연구임(20070365)
접수일자: 2008년6월11일, 수정완료일: 2008년10월21일

원격지 사용자에게 어플리케이션 작성에 있어 다양성을 제공하는 지능형 웹 센서 참조 모델을 제안한다.

기존에 연구된 웹 센서에 대한 논문들을 간단하게 소개 하겠다.

2003년 A.Flammìni는 저가의 마이크로컨트롤러를 이용하여 웹 센서를 구현하였다. 이 웹 센서는 저가의 마이크로 컨트롤러를 사용함에도 불구하고, 인터넷 프로토콜인 TCP/IP와 HTTP를 완벽하게 지원하며, HTML 페이지를 이용하여 사용자에게 센서 정보를 제공한다.^[2] 2004년 Castaldo는 스마트 웹-센서 기반의 분산계측시스템(The distributed measurement system)에 대한 논문을 발표하였으나, 센서에 대한 지능화가 아닌 분산 네트워크 입장에서의 지능화 개념을 제안하였다.^[3]

또한, 2005년에 G. Bucci는 XML을 이용한 웹-서비스 방법을 제안하여 다른 기종간의 호환성 문제를 해결하였을 뿐만 아니라, 사용자의 목적에 맞는 application component의 사용이 가능하도록 하였다.^[1] 2004년 Janecek은 웹-서비스를 할 때, embedded 시스템에서 효과적으로 SOAP(Simple Object Access Protocol)을 사용하는 방법을 제시하였다.^[4]

이처럼, 웹 센서를 위한 여러 방법들이 제안되고 구현되었지만, 대부분의 연구가 네트워킹 방법 및 웹-서비스 구현 방법에 대한 연구가 대부분이라 할 수 있다.

웹-센서는 그 유용성에도 불구하고, 센서라는 입장에서 보면 치명적인 단점을 가지고 있다. 센서의 입장에서만 보면 웹-서비스 자체가 중요한 것이 아니고, 센서의 정확도와 제원(specification)이 중요한 요인이라 할 수 있다. 많은 센서가 비선형적 요소를 가지고 있으며, 측정의 제한성 및 온도와 같은 각종 요인에 의해 특성 변화가 있기 때문에 정확한 제원이 제공되거나, calibration을 위한 정보 등이 제공되어야 한다. 센서에 이러한 지능적 정보를 갖게 한 표준이 최근에 제정되었는데, 이는 스마트 센서 표준인 IEEE 1451이다.^[5~11]

많은 논문에서 스마트 웹-센서라는 용어를 사용하였지만, 엄밀하게 스마트 웹-센서의 정의가 무엇인지는 정의되지 않았다. 많은 연구자들이 자기 연구의 목적에 따라 스마트 웹-센서라는 용어를 사용할 뿐이다.

먼저, 본 논문에서는 스마트 웹-센서를 새롭게 정의하고자 한다.

웹-센서는 원격지의 사용자에게 센서의 상태를 파악하고 데이터에 대한 신뢰성을 높일 수 있는 지능적 정보를 제공하여야 하며, 이 정보는 실 데이터와 함께 웹-페이지 형태로 제공되어야 한다. 또한 원격지 사용자

가 데이터를 사용자의 목적에 맞추어 가공할 수 있는 형태로 제공되어야 한다. 이를 스마트 웹-센서라 정의 한다.

이러한 정의에 따라, 먼저 IEEE 1451 기반의 웹-센서 참조 모델이 제안된다. 본 논문 이외에도 몇 명의 웹-센서 연구자들이 IEEE 1451을 기반으로 한 웹-센서를 제안하였으나, 대부분 IEEE 1451.2, IEEE 1451.3 및 IEEE 1451.4와 같은 방법으로 설계하였다.

본 연구에서는 IEEE 1451.0을 기반으로 설계하여 IEEE 1451.X를 수용할 수 있으며, 이에 따라 센서와의 인터페이스에 제한이 없도록 하였다. 또한, 웹-서비스의 방법으로 TEDS 정보는 웹-페이지의 형태로 전송하는 방법을 사용하였으며, 모든 정보와 데이터는 XML을 이용하여 전송된다.

본 논문에서 제안된 방법의 유용성을 입증하기 위하여, MOS(Metal Oxide Semiconductor) 형태의 가스 센서를 대상으로 웹-센서를 구현하였으며, 이를 이용한 웹-서비스를 실현하였다.

II. 기존 웹 센서와 웹 서비스

1. 기존 웹 센서의 구성

웹 센서는 센서의 측정 데이터만을 웹을 통해 원격지에 전송하는 것이 아니고, 센서 데이터 이외에 주석을 포함한 부가 정보 및 사용자 인터페이스를 같이 보내는 것이다.

이는 원격지의 사용자의 편리성을 증대시키기 위한 것으로, 원격지의 사용자는 단지 웹 브라우저만을 실행 시킴으로써, 웹-센서의 서버가 보내는 웹 페이지를 전송받을 수 있다.

그림 1은 웹 센서의 구성을 보여주고 있다.

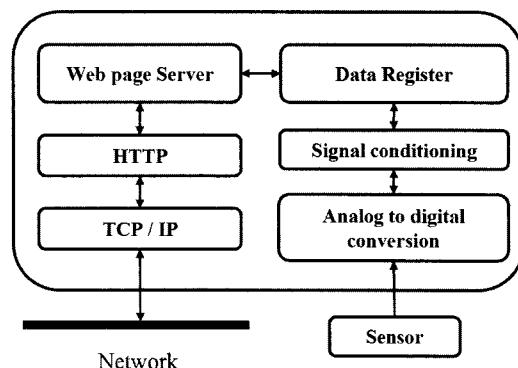


그림 1. 기존 웹 센서의 블록도

Fig. 1. The block diagram of existing web sensor.

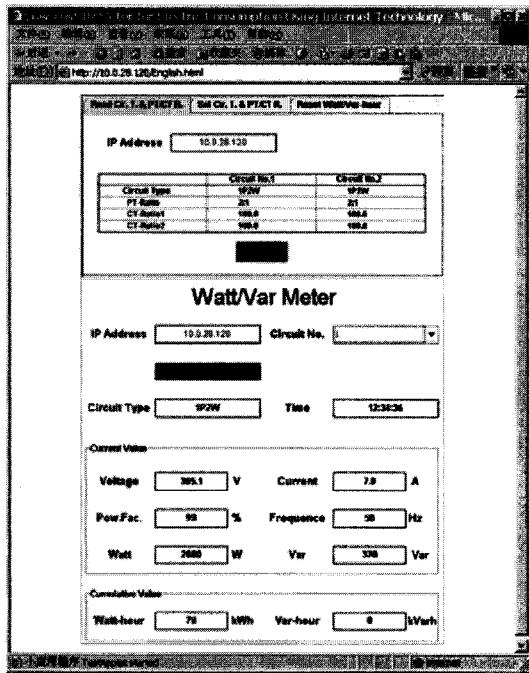


그림 2. 웹 페이지의 예

Fig. 2. An example of web page.

그림 2는 웹 센서를 통해 원격지에 보내진 웹 페이지의 예를 보여주고 있다.^[12]

웹 페이지를 원격지에 보내는 것은 원격지의 사용자에게 편리성을 줄 수 있지만, 실제 원격지의 사용자는 다시 센서 데이터를 자신의 목적에 맞게 가공해야 할 필요가 존재하는 경우가 많다. 사용자가 편리성을 증대시키기 위해, HTML을 사용하기 보다는 XML을 이용한 웹-서비스를 사용해야 한다.

2. 논문에서 사용된 XML 웹 서비스

XML 웹 서비스를 간단하게 소개한다. XML 웹 서비스는 분산 컴퓨팅 환경에서의 단점을 보완한 기술이다. XML 웹 서비스는 XML을 이용하기 때문에 확장성 높고, 플랫폼 독립적인 응용프로그램을 만들 수 있다. 텍스트기반의 XML을 이용한 웹 서비스는 기존의 웹 서비스와는 달리 컴포넌트를 매번 설치하는 일이 없고, 방화벽으로 인한 데이터 통신의 제약이 없는 기술이다. XML 웹 서비스는 응용프로그램들이 HTTP, XML, SOAP과 WSDL(Web Services Description Language)과 같은 표준 프로토콜을 사용해서 메시지를 교환 한다.^[13~14]

SOAP은 메시지 전송 표준을 제공한다. SOAP은 HTTP와 XML을 이용해서 데이터를 인코딩하여 전송하기 때문에, 모든 시스템들과 연결될 수 있고 운영 시

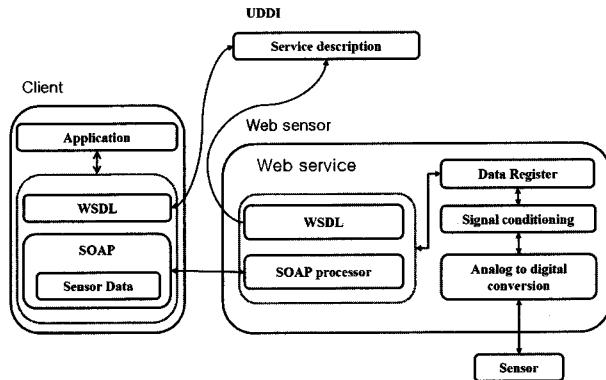


그림 3. XML을 이용한 웹 서비스 구조

Fig. 3. The structure of web service using XML.

스템이나 프로그래밍 언어에 관계없이 컴퓨터 사이의 정보를 교환한다.^[13, 15]

WSDL은 웹 서비스를 기술하는 XML문서이다. WSDL은 클라이언트가 웹 서버에게 서비스를 요청하기 전에 SOAP이 하는 기능이 무엇인지 알려 준다. 웹 서비스를 하는 서버 측에서는 반드시 WSDL을 제공해야만 하며, 클라이언트는 이 문서를 기반으로 웹 서비스의 사용방법을 알아낼 수 있다.^[14, 16]

원하는 종류의 서비스를 사용하려면, 무엇보다 사용하고자 하는 웹 서비스가 어디서 제공되는 가를 알아야 한다. UDDI(Universal Description, Discovery, and Integration)는 웹 서비스를 위한 검색 엔진이라 할 수 있다. 제작된 웹 서비스는 UDDI에 등록 하여 공개되고, 등록된 웹 서비스는 검색 될 수 있다.^[13, 17]

그림 3은 XML을 이용한 기존의 웹 서비스의 구조이다. XML 웹 서비스는 UDDI에 XML 웹 서비스를 등록을 한다. 클라이언트가 UDDI 서비스에 접속해서 XML 웹 서비스를 찾으면 UDDI는 XML 웹 서비스에 대한 URL을 반환한다. 클라이언트는 URL을 통해 서버에 접속하여 SOAP 프로세서를 통하여 XML 문서로서 센서 모듈의 데이터를 요청하고 서버는 센서 데이터를 포함하는 XML 문서를 클라이언트에 반환한다. 클라이언트는 XML 문서의 정보를 이용하여 어플리케이션에 제공한다.

III. 스마트 센서를 위한 IEEE 1451 표준

1. IEEE 1451의 소개

IEEE 1451 표준은 1993년부터 IEEE standards Association(IEEE-SA) Standards Board의 Technical Committee on Sensor Technology(TC-9)와 IEEE

Instrumentation and Measurement Society에서 개발되어 왔다. 표준의 제목은 “A Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators”이며, 센서 및 actuator와 구동소자간의 표준 인터페이스를 제공하고 또한 센서나 actuator가 가질 수 있는 각종 특성, 제원과 calibration 정보 등을 TEDS라는 이름으로 센서에 내장시켜 센서를 지능화 시킬 수 있도록 하였다.

먼저 표준 인터페이스의 제공은 다음과 같은 장점을 가질 수 있다.

센서나 구동소자 업체는 연결될 네트워크의 종류나 연결 구조에 상관없이 오직 표준 인터페이스만 제공하면 되고, 네트워크 입장에서는 연결된 transducer의 종류에 상관없이 공통 인터페이스를 통해 정보를 취득하고 제어할 수 있다.

TEDS 정보는 다음과 같은 장점을 가질 수 있다.

과거에는 측정시스템을 설치하고 구성할 때 소프트웨어에서 센서 데이터를 변환하고 해석할 수 있도록 측정의 범위, 감도 및 배율 인자와 같은 중요 센서 파라미터를 삽입해야 했으나 센서 자체가 내장하고 있는 TEDS 정보를 이용할 경우 시스템 구성 시 발생할 수 있는 오류를 최소화할 수 있으며, 내장된 calibration 정보를 이용하여 센서에 대한 보정작업을 가능하게 하여 신뢰성을 향상시켰다.

2. IEEE 1451의 기본 구조 및 구성

IEEE 1451 표준은 2006년까지 IEEE 1451.1~4가 표

준화 되었으며, 2007년에 IEEE 1451.0과 IEEE 1451.5가 추가로 표준화 되었다. 또한 현재 IEEE P1451.6과 7이 제안되어 있다.^[5~11]

IEEE 1451.0은 IEEE 1451.1, IEEE 1451.2,

표 1. IEEE 1451 패밀리의 특징과 표준화 현황
Table 1. Feature and standardization of IEEE 1451 family.

표준	특징	진행
1451.0	NCAP을 위한 표준 API 제공	2007년 표준화
1451.1	스마트 센서를 위한 NCAP의 모델을 정의	1999년 표준화
1451.2	TII (transducer independent interface) 이용하여 연결	1997년 표준화
	TEDS를 통한 변환기 정보 표현	
1451.3	멀티드롭 버스 (multidrop bus)를 이용하여 연결	2003년 표준화
	분산 멀티 시스템을 위한 TEDS 포맷 지원	
1451.4	MMI (mixed mode interface)를 이용하여 연결	2004년 표준화
	보완된 TEDS 포맷 지원	
1451.5	무선을 통한 센서 인터페이스 및 프로토콜	2007년 표준화
P1451.6	제어 제어기 통신망 (controller area network : CAN) 통신을 통한 센서 인터페이스 및 프로토콜	제안중
P1451.7	유니버설 시리얼 버스 (universal serial bus : USB)를 통한 센서 인터페이스 및 프로토콜	제안중

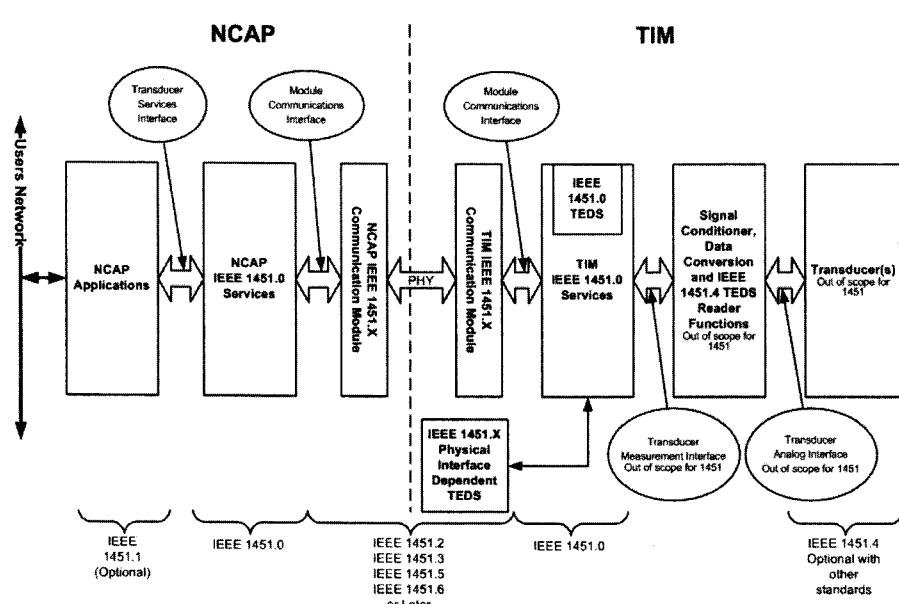


그림 4. IEEE 1451의 참조 모델

Fig. 4. The reference model of IEEE 1451.

IEEE 1451.3, IEEE 1451.4와 IEEE 1451.5 보다 나중에 표준으로 승인되었는데, IEEE 1451.0의 늦은 승인으로 인하여 이미 승인된 다른 표준의 몇 가지 개정이 필요한 실정이다. IEEE 1451.0은 기본적으로 서비스 기반 API를 제공하는 것을 목표로 하기 때문에 사용자에 있어서는 가장 중요한 표준이라 할 수 있을 것이다.

그림 4는 IEEE 1451의 참조 모델을 보여주고 있다.^[6] 그림을 통해 전체 IEEE 1451.0은 나머지 IEEE 1451.x 를 수용할 수 있음을 알 수 있다. 하지만, IEEE 1451.4의 경우 개별 센서만을 위한 표준이며, 다른 표준과는 다른 독립적인 인터페이스를 정의하고 있고, 또한 독립적인 고유의 TEDS를 사용하고 있기 때문에 직접적 연동이 어렵다. 만약 연동을 원할 경우에는 IEEE 1451.4 TEDS를 IEEE 1451.0의 기준에 맞도록 사용자가 변환하여야 한다.

표 1은 IEEE 1451 패밀리에 대해 간략한 소개를 보여주고 있다.

IV. IEEE 1451.0 기반의 스마트 웹 센서 설계

1. 스마트 웹 센서 참조 모델의 제안

웹-센서는 원격지의 사용자의 편리성을 증대시키기 위하여, 센서 데이터와 관련 자료를 웹-페이지의 형태로 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 웹-페이지는 사용자가 원격지에서 사용자의 목적에 맞추어 센서 데이터를 제공할 수 있도록 대부분 XML의 형태로 전송된다. 하지만, 2.2절에서 설명한 바와 같이, 실제 센서는 신뢰성 및 정확성과 센서의 진단 능력이 더 중요할 수 있다. 더욱이 원격지의 경우에는 센서를 직접 확인할 수 없기 때문에 센서 상태를 파악하고 센서 데이터를 신뢰할 수 있는 것이 가장 중요한 것일 것이다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 스마트 웹-센서의 개념을 새롭게 정의하고자 한다.

웹-센서는 원격지의 사용자에게 센서의 상태를 파악하고 데이터에 대한 신뢰성을 높일 수 있는 지능적 정보를 제공하여야 하며, 이 정보는 실 데이터와 함께 웹-페이지 형태로 제공되어야 한다. 또한 원격지 사용자가 데이터를 사용자의 목적에 맞추어 제공할 수 있는 형태로 제공되어야 한다. 이를 스마트 웹-센서라 정의한다.

새로운 스마트 웹-센서의 정의에 따라, 본 논문에서는 스마트 웹-센서의 참조모델을 제안하며, 이를 그림 5에 표현하였다. 이 참조 모델에서는 원격지의 사용자

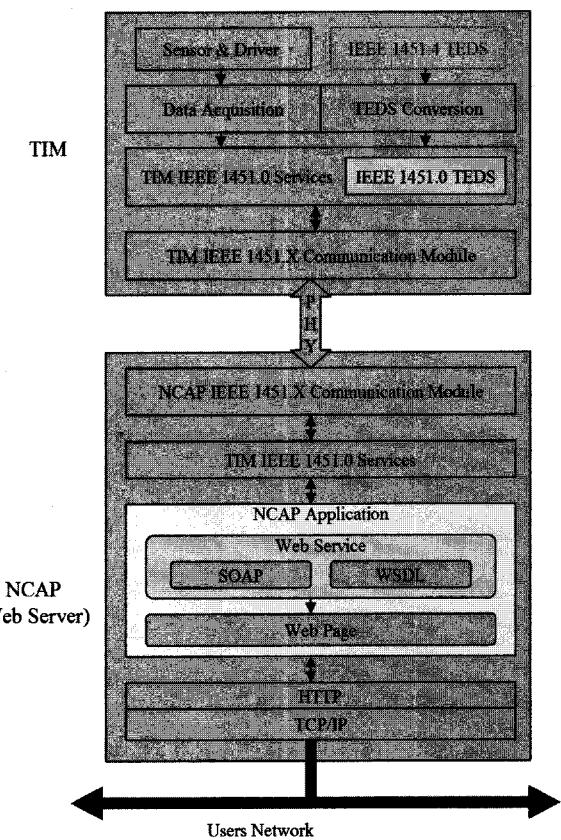


그림 5. 제안된 스마트 웹 센서 참조모델

Fig. 5. The proposed reference model for smart web sensor.

에게 센서의 상태에 대한 관련 정보와 calibration 정보 등을 TEDS를 이용한 표준 방법으로 제공하기 위해 IEEE 1451을 기반으로 설계하였다. 몇 명의 웹-센서 연구자들이 IEEE 1451을 기반으로 한 웹-센서를 제안하였으나, 대부분 IEEE 1451.2, IEEE 1451.3 및 IEEE 1451.4와 같은 방법으로 설계하였다.

본 논문에서는 웹-센서가 대부분의 통신 인터페이스를 지원하게 하기 위하여 IEEE 1451.0을 기반으로 설계하였으며, 이에 따라 센서와 서버간에 어떠한 형태의 인터페이스도 지원가능하다. 즉, 대부분의 IEEE 1451.X 패밀리가 대부분 지원될 수 있다는 것을 의미한다. 단, IEEE 1451.4의 경우, IEEE 1451.0에서 지원하지 않는다. 만약 IEEE 1451.4 TEDS를 사용하기를 원한다면 별도의 변환을 하거나 Manufacturer-defined TEDS를 이용하면 된다. 개별 센서에 대한 TEDS는 IEEE 1451.4에서 가장 잘 정의되었기 때문에, IEEE 1451.4 TEDS를 IEEE 1451.0의 Manufacturer-defined TEDS로 변환하여 사용하는 것이 센서에 대한 특성을 자세히 표현할 수 있다.

2. 스마트 웹 센서 참조 모델을 이용한 웹 서비스 방법의 제안

원격지의 사용자가 센서 정보를 받으면, 대부분 자신의 목적에 맞는 형태로 사용자 인터페이스와 데이터를 재 작성하게 된다. 목적에 맞게 재 작성될 센서 관련 프로그램을 왜 복잡한 웹-페이지의 형태로 전송해야 하는가 하는 의문이 생기게 된다.

하지만, 만약 그림 6과 같이 TEDS 정보를 웹-페이지 형태로 보낸다면 이러한 의문은 해결될 수 있다. TEDS 정보는 거의 변하지 않는 정보이면서, 사용자가 간접적으로 참조하는 형태의 정보이기 때문에 웹-페이지의 형태로 전송하는 것이 가장 바람직할 수 있다. 물론 전체 정보는 XML을 이용하여 전송한다.

XML을 이용하여 전송하는 방법은 II장에서 설명한 방법과 동일하게 구성하면 되기 때문에 이 절에서는 생략한다.

웹 페이지로 구현될 TEDS 정보는 IEEE 1451.0을 기반으로 하기 때문에, TIM은 IEEE 1451.0 TEDS 정보를 메모리에 포함하고 있어야 한다. 이 경우에 NCAP은 이를 웹-페이지 형태로 구성하여야 하는 복잡성이 존재한다.

다른 방법으로는 TIM에서 TEDS 정보를 가지는 것이 아니고, 일종의 virtual TEDS 형태로 NCAP에서 TEDS 정보를 웹-페이지의 형태로 포함하고 있는 것이다. 그러면 이 TEDS 웹-페이지와 측정 데이터를 XML 형태로 전송하면 되기 때문에 실제 제작시의 부하를 감소시킬 수 있다.

IEEE 1451.0 TEDS 구성은 그림 7과 같다. 그림 7의 (a)는 IEEE 1451.0 TEDS를 이용하여 센서의 특성을 나타낼 때 사용되는 구성이고, (b)는 IEEE 1451.4 TEDS를 사용할 때의 구성이다. 그림 7에서, User's

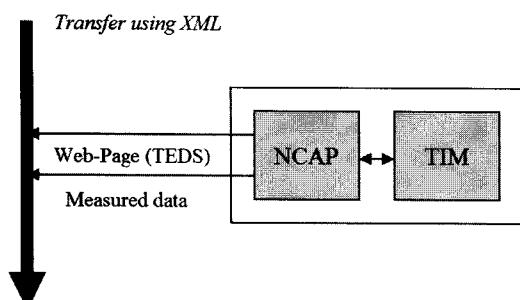
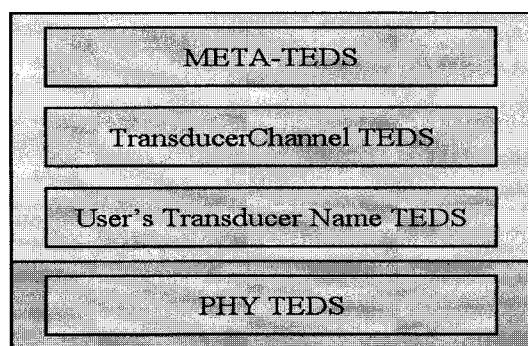
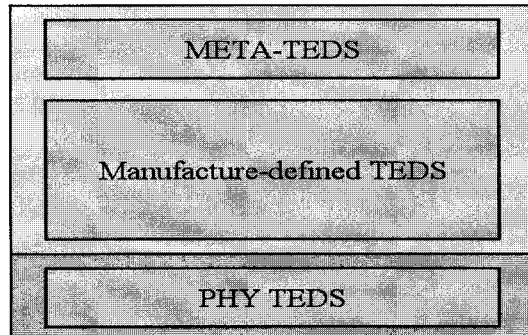


그림 6. TEDS 정보를 웹 페이지의 형태로 전송하는 웹 서비스

Fig. 6. Transmission for web service.



(a) Not using IEEE 1451.4 TEDS



(b) When IEEE 1451 TEDS is composed of
Manufacturer-defined TEDS

그림 7. IEEE 1451.0 TEDS의 구성

Fig. 7. The structure of IEEE 1451.0 TEDS.

Transducer Name TEDS와 PHY TEDS는 웹-페이지로 전송될 내용이 아니다.

가. 웹 서비스를 위한 META TEDS와 Transducer -Channel TEDS의 구성

표 2는 웹-페이지로 구현될 META TEDS의 내용을 보여주고 있다.

표 3과 4는 표 2의 META TEDS에서의 TEDS Identification Header와 Globally Unique Identifier의 내용을 보여주고 있다. 특히 웹-센서의 경우, 원격지에 센서가 존재하기 때문에 그 위치를 정확히 파악할 필요가 있다.

표 5는 웹-페이지에 포함될 TransducerChannel TEDS을 보여 주고 있다. 이 TEDS는 실제 센서에 대

표 3. TEDS Identification Header의 내용

Table 3. The contents of TEDS identification Header.

Field	Function
Family	IEEE 1451.0
Class	TEDS Access Code
Version	TEDS Version
Tuple Length	Number of octets

표 2. 웹 페이지로 표현될 META-TEDS의 내용

Table 2. The contents of the META-TEDS which will be designed as web page.

Field Type	Field Name	Description
3	TEDSID	TEDS Identification Header
4	UUID	Globally Unique Identifier
Timing-Related information		
10	OHoldOff	Operational Time-Out
12	TestTime	Self-Test Time
Number of implemented TransducerChannels		
13	Maxchan	Number of implemented TransducerChannels
17	Proxies	TransducerChannel Proxy Definition sub-block Types 22,23 and 21 define one TransducerChannel Proxy
22	ChanNum	TransducerChannel number of the TransducerChannel Proxy
23	Organiz	TransducerChannel Proxy data-set organization
21	MemList	TransducerChannel Proxy member list
25-127	-	open to manufacturers

표 4. Globally Unique Identifier의 내용

Table 4. The contents of Globally Unique Identification.

Field	Description	설명	Comment
1	Location Field	MSB : North(1) or south latitude(0)	
		The next 20 MSBs : the magnitude of the “latitude” as an integer number of arc seconds 참고 : 1 arc second는 약 30m	
		The next MSB : East(1) or West longitude(0)	
		The next 20 MSBs : the magnitude of the “longitude” as an integer number of arc seconds	
2	Manufacturer's Field	Reserved (센서 ID가 포함될 수 있음)	
3	Year Field	The year 0 to 4095 AD	
4	Time Field	초 단위로 표현	제조일자

표 5. 웹 페이지로 표현될 Transducer-Channel TEDS의 내용

Table 5. The contents of the Transducer-Channel TEDS which will be designed as web page.

Field	Field Name	Description
3	TEDSID	TEDS Length TEDS Identification
TransducerChannel related information		
10	Calkey	Calibration key
11	ChanType	TransducerChannel type key
12	PhyUnits	Physical Units
50	UnitType	Physical Units interpretation enumeration
13	LowLimit	Design operational lower range limit
14	HiLimit	Design operational upper range limit
15	OError	Worst-case uncertainty
16	SelfTest	Self-test key
Data Converter related information		
18	Sample	
40	DatModel	Data model
41	ModelLenth	Data model length
42	SignBits	Model significant bits
Timing-Related Information		
20	UpdateT	TransducerChannel update time (tu)
21	WSetupT	TransducerChannel write setup time (tws)
22	RSetupT	TransducerChannel read setup time (trs)
23	Speriod	TransducerChannel sampling period (tsp)
24	WarmUpT	TransducerChannel warm-up time
25	RDelayT	TransducerChannel read delay time (tch)
26	TestTime	TransducerChannel self-test time requirement
Attributes		
31	Sampling	Sampling attribute
48	SampMode	Sampling mode capability
49	SDefault	Default sampling mode
Sensitivity (Optional)		
37	Direction	Sensitivity direction
38	Dangles	Direction Angles

한 정보이며, 사용자에 의해 다양하게 사용될 수 있다.

한 가지 예로서, lower range limit와 upper range limit를 이용하여 이 범위를 초과하면 경보를 발생시키거나, 센서에 대한 진단을 실시하는 등의 기능을 수행할 수 있다.

IEEE 1451.0에서 TEDS 들은 각 필드마다 고유의 번호와 고정된 data type을 가진다. TEDS의 내용에 관한 자세한 내용은 IEEE 1451.0 표준 Document를 참조해야 한다. 하지만, 이것이 웹-페이지로 구성될 경우에는 사용자가 보기 편한 정수형, 실수형 및 문자열로 표시되어야 할 필요가 있다. 또한, 웹-페이지 상에 표시될 경우에 정의된 필수 필드 전체가 표시될 필요는 없다. 상황에 맞추어 사용자가 웹-페이지를 설계할 때 생략하면 된다.

나. 웹 서비스를 위한 Manufacturer-defined TEDS의 구성

개별 센서의 경우, TransducerChannel TEDS를 이용하여 센서의 정보를 지능화하는 것은 매우 어려울 수 있다. 각각의 센서에서 포함시켜야 하는 데이터시트 정보가 복잡할 경우, IEEE 1451.0의 transducerChannel TEDS는 그 정보를 다 수용하지 못한다. 예를 들어, MOS 가스 센서의 경우만 보더라도 IEEE 1451.0의 transducerChannel TEDS가 표현하지 못하는 다양한

specifications이 존재한다. 센서의 다양한 전기적, 물리적 특성을 사용자에게 제공하기 위해서는 IEEE 1451.4의 standard template TEDS를 이용하는 것이 좋다. IEEE 1451.4 TEDS는 다양한 센서에 적용가능하게 하기 위해 ID=30번부터 ID=39번까지의 표준 TEDS를 제공하고 있다. 사용자는 이 TEDS 중에서 사용하는 센서에 해당하는 TEDS를 선택하여 사용할 수 있다.

하지만, IEEE 1451.0을 사용할 경우에는 IEEE 1451.4 TEDS를 직접 사용할 수 없다. IEEE 1451.0에서는 다른 대부분의 IEEE 1451.x를 수용할 수 있지만, IEEE 1451.4에 대해서는 표준범위 밖(out of scope)에 있다.

사용자에게 센서의 정확한 제원을 제공하여 센서의 지능적인 면을 활성화시키기 위해서는 IEEE 1451.0에서도 IEEE 1451.4 TEDS를 적용시킬 수 있도록 하는 것이 필요하다. IEEE 1451.4 TEDS를 IEEE 1451.0 TEDS에 적용시킬 수 있는 방법이 표준으로 제시되지는 않았지만, IEEE 1451.0의 Manufacturer-defined TEDS를 이용하면 쉽게 적용이 가능하다. 표 6은 IEEE 1451.4에서 표준화되어 있는 template TEDS를 보여주고 있다. 표 7은 ID=39번의 template ID의 예를 보여주고 있으며, 사용하고자 하는 센서의 ID를 결정하여 이를 Manufacturer-defined TEDS로 변환하여 사용하면 된다. 단, IEEE 1451.4의 표준 template ID들은 각 function을 표현하기 위하여 정해진 data type과 bits를

표 6. IEEE 1451.4 템플릿 TEDS

Table 6. The template TEDS of IEEE 1451.

Type	Template ID	Name of Template
Transducer Type Template	25	Accelerometer & Force
	26	Charge Amplifier (w/ attached accelerometer)
	27	Charge Amplifier (w/ attached force transducer)
	28	Microphone with built-in preamplifier
	29	Microphones (capacitive)
	30	High-Level Voltage Output Sensors
	31	Current Loop Output Sensors
	32	Resistance Sensors
	33	Bridge Sensors
	34	AC Linear/Rotary Variable Differential Transformer Sensors (LVDT/RVDT)
	35	Strain Gage
	36	Thermocouple
	37	Resistance Temperature Detectors (RTDs)
	38	Thermistor
	39	Potentiometric Voltage Divider
Calibration TEDS Template	43	Charge amplifier (include attached force transducer)
	40	Calibration Table
	41	Calibration Curve (Polynomial)
	42	Frequency Response Table

표 7. ID = 39번의 IEEE 1451 표준 템플릿 TEDS
Table 7. IEEE 1451 standard template TEDS of ID=39.

Function	Select	Description
ID	-	Template ID
Measurement		Select Case--Physical Measurand
	Case 0~45	Minimum physical value
		Maximum physical value
Electrical signal output		Transducer Electrical Signal Type
		Select Case--Electrical Value Precision
	Case 0	Minimum electrical output
		Maximum electrical output
	Case 1	Minimum electrical output
		Maximum electrical output
	-	Mapping Method
	-	Sensor input impedance
	-	Sensor Response Time
Excitation voltage supply	-	Excitation level, nominal
	-	Excitation level, min
	-	Excitation level, max
	-	Power-supply type
Calibration information	-	Calibration Date
	-	Calibration initials
	-	Calibration period
Misc	-	Measurement location ID

사용하고 있는데, 이를 지킬 필요는 없으며 Manufacturer가 적절하게 data type을 결정하여 사용하면 된다.

단지 function과 function안의 description 내용이 포함되면 된다.

V. 스마트 웹 센서를 이용한 가스 센서 모니터링 웹 서비스

웹-센서는 원격지의 사용자에게 센서의 상태를 파악하고 데이터에 대한 신뢰성을 높일 수 있는 지능적 정보를 제공하여야 하며, 이 정보는 실 데이터와 함께 웹-페이지 형태로 제공되어야 한다. 웹-센서는 원격지의 사용자에게 정보를 전달하기 때문에, 원격지의 사용자는 센서정보를 신뢰할 수 있어야 한다. IEEE 1451.0을 이용하여 원격지의 사용자에게 TEDS 정보를 전달한다면, 원격지의 사용자는 이 TEDS 정보를 이용하여 센서에 대한 진단을 할 수 있으며, 또한 Calibration 작업도 가능하다.

본 연구에서는 Figaro gas sensor를 이용하여 IEEE 1451.0 기반 smart web gas sensor 시스템을 설계하였다. 가스센서 모듈은 485통신을 이용하여 유선으로 서

버와 연결되어 있으며, 서버는 원격의 클라이언트에게 웹-서비스를 제공하고 있다. 본 실험에서 서버는 단지 한 개의 가스센서모듈과 연결되어 있지만, 실제 적용의 경우에는 서버는 여러 개의 센서 모듈과 연결가능하며, 여러 개의 센서 정보와 웹-서비스를 제공할 수 있다.

그림 8은 웹-서비스를 이용하여 작성된 웹-페이지인 TEDS 정보를 보여 주고 있으며, 또한 센서의 모니터링 정보를 보여주고 있다.

그림 8에서 보여주고 있는 클라이언트의 웹-페이지는 서버에서 제공하는 XML로 작성된 WSDL 문서를 기반으로 작성되었다. 서버는 WSDL 문서를 통해 센서의 TEDS 정보와 실 데이터를 클라이언트의 웹-페이지에 제공하게 되는 것이다. 클라이언트의 웹-페이지는 필수적으로 TEDS 정보를 표시한다. 또한, 전달된 TEDS 정보와 실 데이터를 이용하여 사용자에게 편리한 여러 가지 정보를 웹-페이지에 나타낼 수 있다. 전달된 WSDL 문서는 XML을 기반으로 하고 있기 때문에 사용자의 요구에 맞는 다양한 형태의 웹-페이지 구성이 가능하다. 웹 서비스와 웹 페이지는 asp.net을 사용하여 구현하였다.

본 논문에서의 웹-페이지에서는 표준 번호, 제조자의 위치, 제조된 날짜, 센서채널에 관한 정보를 포함하는

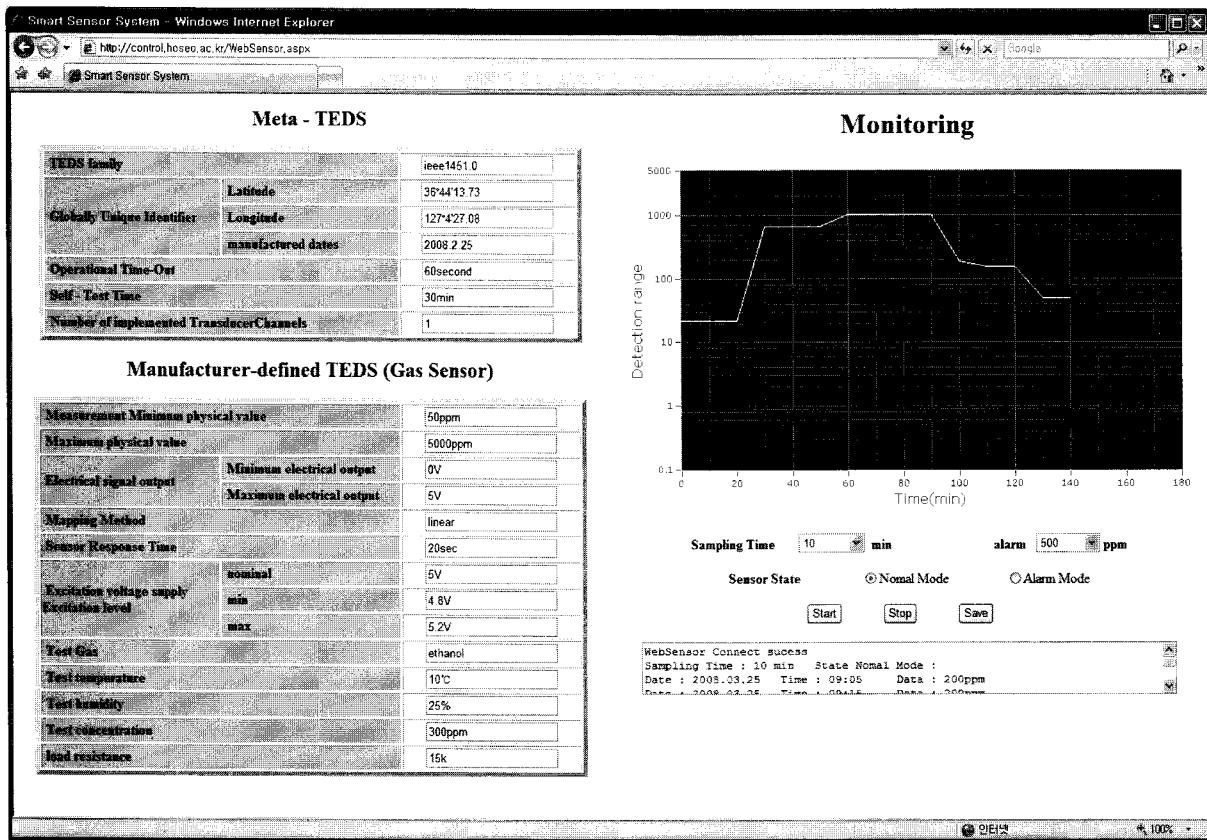


그림 8. 웹 서비스를 이용하여 작성된 실제 웹 페이지

Fig. 8. The web page for gas sensor using the proposed web service.

```

POST /Service.asmx HTTP/1.1
Host: control.hoseo.ac.kr
Content-Type: text/xml; charset=utf-8
Content-Length: length
SOAPAction: http://control.hoseo.ac.kr/readTeds

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<soap:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
    <soap:Body>
        <readTeds xmlns="http://control.hoseo.ac.kr/">
            <transCommId>unsignedShort</transCommId>
            <timeOut>int</timeOut>
            <tedsType>unsignedShort</tedsType>
        </readTeds>
    </soap:Body>
</soap:Envelope>

```

(a) Request message of client using SOAP

```

HTTP/1.1 200 OK
Content-Type: text/xml; charset=utf-8
Content-Length: length

<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<soap:Envelope xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
    xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
    xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
    <soap:Body>
        <readTedsResponse xmlns="http://control.hoseo.ac.kr/">
            <readTedsResult>
                <string>string</string>
                <string>string</string>
            </readTedsResult>
        </readTedsResponse>
    </soap:Body>
</soap:Envelope>

```

(b) Response message of server using SOAP

그림 9. readTeds method의 요청과 응답

Fig. 9. Request and response of readTeds method.

META-TEDS와 실제 센서의 Datasheet를 제공하는 Manufacturer-defined TEDS를 보여주고 있다. 본 연구에서는 IEEE 1451.0을 기반으로 하고 있기 때문에, IEEE 1451.4를 기반으로 하고 있는 개별 센서에 대한 Datasheet를 제공할 수 없다. 이 문제를 해결하기 위해 IEEE 1451.4 기반 가스 센서 Datasheet 정보는 IEEE 1451.0의 Manufacturer-defined TEDS를 이용하여 제공하고 있다.

또한, 본 논문의 웹-페이지에서는 TEDS 정보 이외

에 모니터링 정보를 제공하고 있다. 이러한 모니터링 정보는 이미 전달된 TEDS 정보를 참고하여 사용자의 목적에 맞게 설계 가능하다. 본 논문에서의 모니터링에서는 샘플링 주기를 조절 할 수 있게 하였고, 알람 모드를 사용하면 가스농도가 제한 농도 이상 측정되었을 때 알려줄 수 있도록 하였다. 그레프는 Normal Mode에서 10분마다 샘플링된 측정 데이터를 보여 준다.

사용자가 웹-페이지를 제작할 때, 가스 센서의 TEDS 정보와 측정 데이터를 제공받기 위해 서버에게

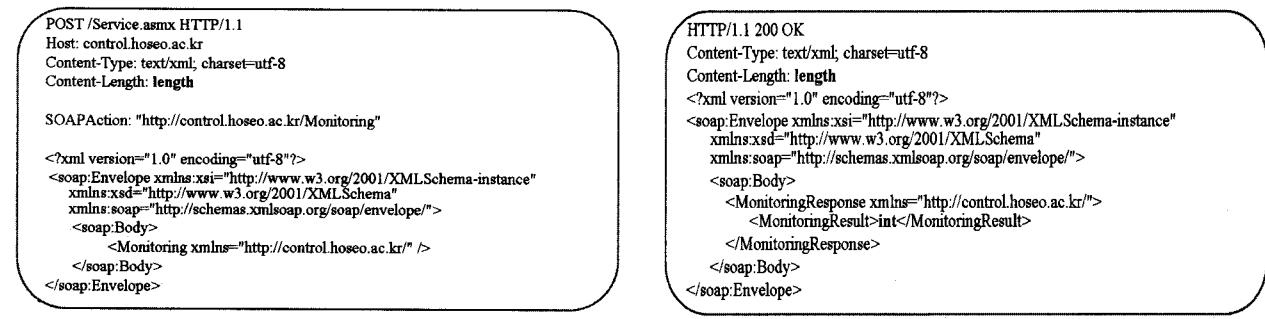


그림 10. Monitoring 메서드의 SOAP 요청과 응답
Fig. 10. Request and response of Monitoring method.

SOAP 메시지를 통해 정보를 요청하고 서버는 SOAP 메시지를 통하여 응답한다.

그림 9는 서버의 TEDS 정보를 제공하는 readTeds 메서드에 대한 SOAP의 요청과 응답을 보여주고 있다. host는 control.hoseo.ac.kr이며, 전송 프로토콜은 HTTP와 바인딩하여 제공된다.

그림 10은 서버의 측정 데이터 정보를 제공하는 모니터링 메서드에 대한 SOAP의 요청과 응답을 보여주고 있다. 모니터링 메서드에서는 기본적으로 측정 데이터가 제공된다. 만약 필요에 따라 다양한 정보의 제공은 가능하다.

VI. 결 론

본 연구에서는 스마트 웹-센서를 새롭게 정의하였다. 웹-센서는 원격지의 사용자에게 센서의 상태를 파악하고 데이터에 대한 신뢰성을 높일 수 있는 지능적 정보를 제공하여야 하며, 이 정보는 실 데이터와 함께 웹-페이지 형태로 제공되어야 한다. 또한 원격지 사용자가 데이터를 사용자의 목적에 맞추어 가공할 수 있는 형태로 제공되어야 한다. 이를 스마트 웹-센서라 정의한다.

이러한 정의에 따라, 먼저 IEEE 1451.0 기반의 웹-센서 참조 모델이 제안되었다. 제안된 참조모델은 IEEE 1451.0을 기반으로 설계되었기 때문에 IEEE 1451.X로 대표되는 대부분의 센서 인터페이스를 지원할 수 있다. 또한 센서의 지능화를 위해, 측정 데이터 정보뿐만 아니라 TEDS 정보를 원격의 사용자에게 웹-페이지 형태로 제공하고 있다. 이러한 정보는 XML을 기반으로 하는 WSDL과 SOAP을 이용하여 전송하고 있다. XML을 이용함에 따라 클라이언트의 platform에 제한이 없으며 보안 문제 등에 유리하다.

특히, 사람의 접근이 어렵거나 센서가 원격지에 위치하는 가스 센서, 풍향센서 및 BOD, COD 센서 등에 적절하게 사용될 수 있다. 특히, 가스센서와 같은 화학적 센서의 경우 센서의 신뢰성 및 진단을 위해 TEDS 정보는 반드시 필요하다고 할 수 있다.

본 연구에서는 제안된 스마트 웹-센서 시스템의 유용성을 보여주기 위해, 직접 가스 센서를 이용한 스마트 웹-센서를 설계하였으며, 성공적으로 적용되었다. 물론 본 연구에서 보여준 실험의 경우, 서버에 단 한 개의 센서만이 인터페이스 되었다. 하지만 실제의 경우 서버 하나에 다수의 센서를 인터페이스 하여 전송하는 것은 그리 어렵지 않다. 이러한 멀티 센서의 사용에 있어서는 더욱더 제안된 방법이 적절할 수 있다. 왜냐하면 다수의 센서를 사용할 경우, 센서마다 특성의 차이가 존재하거나 센서 제조사가 다를 수 있기 때문에 센서마다 TEDS정보를 포함하여 원격지의 사용자에게 전송하여야만 정확한 센서의 측정이 가능하며 신뢰성을 증가시킬 수 있다. 특히, 원격지에 센서를 둔 경우에는 센서에 대한 신뢰성을 증대시키는 것이 가장 중요할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] G. Bucci, F. Ciancetta, E. Fiorucci, Daniele Gallo, Carmine Landi, "A Low Cost Embedded Web Services for Measurements on Power System", VECIMS 2005, pp. 7-12, July 2005.
- [2] A. Flammini, P. Ferrari, E. Sisinni, D. Marioli, A. Taroni, "Sensor integration in industrial environment : from field bus to web sensors", Computer Standards & Interfaces 25, pp. 183 - 194, 2003.
- [3] Daniele Castaldo, Daniele Gallo, Carmine Landi,

- “Collaborative Multisensor Network Architecture Based On Smart Web Sensors For Power Quality Applications”, IMTC 2004, pp. 1361-1366, May 2004.
- [4] Jan Janecek, “Efficient SOAP processing in embedded systems”, IEEE International Conference and Workshop on the Engineering of Computer-Based Systems (ECBS'04), 2004.
- [5] National Institute of Standards and Technology, IEEE 1451 Website, <http://ieee1451.nist.gov/>.
- [6] Institute of Electrical, Electronics Engineers, “IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators—Common Functions, Communication Protocols, and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats”, IEEE Std 1451.0-2007.
- [7] Institute of Electrical, Electronics Engineers Inc., IEEE Std 1451.1-1999, IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators Network Capable Application Processor (NCAP) Information Model (New York : Institute of Electrical, Electronics Engineers Inc. 1999).
- [8] Institute of Electrical, Electronics Engineers Inc., 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 (Piscataway, NJ : Institute of Electrical, Electronics Engineers Inc. 1997).
- [9] Institute of Electrical, Electronics Engineers Inc., IEEE Std 1451.3-2004, IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators—Digital Communication and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats for Distributed Multidrop Systems (New York : Institute of Electrical, Electronics Engineers Inc. 2004).
- [10] Institute of Electrical, Electronics Engineers Inc., IEEE Std 1451.4-2004, IEEE Standard for A Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators Mixed-Mode Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats (New York : Institute of Electrical, Electronics Engineers Inc. 2004).
- [10] Han Ding, Bo Zhang, Ye Ding, Bo Taob, “On a novel low-cost web-based power sensor via the Internet”, Sensors and Actuators A: Physical Volume 136, Issue 1, pp. 456-466 ,May 2007.
- [11] 김정도, 김동진, 정영창, 정우석, 변형기, “전자코 시스템을 위한 IEEE 1451 TEDS의 새로운 표준화 방안”, 전자공학회 논문지, Vol. 43, No. 1, pp. 21-30, 2006.
- [12] Mark Birbeck, “Professional XML”, wrox
- [13] Microsoft, Developing XML Web Services and Server Components with Microsoft Visual Basic .NET and Microsoft C# .NET (Washington : Microsoft Press, 2003).
- [14] SOAP 1.2 Specification - June 2003 - <http://www.w3.org/TR/soap/>
- [15] WSDL 1.1 Specification - March 2001 - <http://www.w3.org/TR/wsdl>
- [16] UDDI Specification - OASIS Group - <http://www.uddi.org/>
- [17] FIGARO Gas sensor TGS 2620 datasheet <http://www.figarosensor.com>

저자 소개



이 정 환(학생회원)
 2007년 호서대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2008년 3월~현재 호서대학교
 전자공학과 박사과정
 <주관심분야 : 스마트인터페이스,
 웹 센서, 센서응용>



김 동 진(정회원)-교신저자
 1998년 호서대학교 제어계측
 공학과 학사 졸업.
 2000년 호서대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2007년 호서대학교 전자공학과
 박사 졸업.
 2000년 1월~2004년 6월 (주)제니스테크
 기술연구소 선임연구원
 2007년 3월~현재 호서대학교 전임강사
 <주관심분야 : 유비쿼터스, 스마트인터페이스, 센
 서응용>



김 정 도(정회원)
 1988년 성균관대학교 전자공학과
 학사 졸업.
 1990년 성균관대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 1994년 성균관대학교 전자공학과
 박사 졸업.
 1995년 3월~2004년 2월 삼척대학교 컴퓨터응용
 제어공학과 교수
 2004년 3월~현재 호서대학교 전자공학과 교수
 <주관심분야 : 오감정보, 센서응용, 시스템제어>



함 유 경(학생회원)
 2003년 삼척대학교 컴퓨터응용
 제어공학과 석사졸업
 2007년 호서대학교 전자공학과
 박사 수료
 <주관심분야 : 센서응용, 로보틱
 스>