

# 무선 센서 네트워크 환경에서의 메타데이터 관리 시스템 설계

유승학\*, 최종석, 이경화, 신용태

\*송실대학교 컴퓨터학과

{shryu\*, jschoi, khlee}@cherry.ssu.ac.kr, shin@ssu.ac.kr

## A Design of Metadata Management System in Wireless Sensor Network Environment

Seung-Hak Ryu\*, Jong-Seok Choi, Kyoung-Hwa Lee, Yong-Tae Shin

\*Dept of Computer, Soong-Sil University

### 요 약

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network) 환경에서의 작고 상이한 많은 센서들은 물리적 공간에서 서로 통신하며 끊임없이 데이터 스트림을 생성한다. 이런 센서는 측정 데이터와 센서를 표현하는 메타데이터로 구성되어 있다. 메타데이터는 센서의 측정 간격, 위치, 타입, 측정 단위 등의 중요한 정보를 내포하고 있다. 무선 센서는 메타데이터를 관리하기 위한 명확한 표준안의 제시 없이 독자적인 기준을 적용함으로써, 상이한 센서 간에 데이터 수집 및 통합에 어려움이 뒤따른다. 이런 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 상이한 센서 간 메타데이터를 효율적으로 통합, 관리하기 위해 OGC(Open Geospatial Consortium)에서 제시한 SensorML(Sensor Model Language)을 기반으로 상이한 메타데이터를 표준화된 형식으로 표현하고, 이를 토대로 메타데이터 관리 시스템을 설계한다.

### 1. 서론

무선 센서 네트워크(Wireless Sensor Network) 환경에서 작고 상이한 많은 센서들은 물리적 공간에서 서로 통신하면서 끊임없이 데이터 스트림을 생성한다. 무선 센서들은 온도, 조도, 소리, 압력 등과 같은 주변 환경 정보를 실시간으로 측정하여 서버로 전송한다. 이러한 정보는 자연 환경 감시, 재난 관리, 오염 관리, 건강 모니터링, 물류 시스템 등의 다양한 응용 서비스에 적용된다[1].

무선 센서들은 배터리의 하드웨어적인 제약을 가지고 있다. 센서는 주로 주변 환경에서 발생하는 데이터의 수집과 같이 단순한 작업을 처리하기 위해 자원을 할당하고, 그 밖의 데이터는 서버에서 관리하여 센서의 에너지 효율성을 향상시킨다. 서버에서 관리하는 데이터는 센서의 정적 속성을 표현하는 메타데이터를 의미하며 센서의 측정 간격, 위치, 타입, 측정 단위 등의 중요한 정보를 내포하고 있다.

현재 무선 센서는 응용 환경과 측정 대상별로 명확한 표준안의 제시 없이 독자적인 기준을 적용하여 개발되고 있다. 이러한 개발은 상이한 센서간에 데이터 수집 및 통합이 어렵고, 이를 통합하기 위해 많은 비용이 소요된다. 이런 문제를 해결하기 위하여 OGC(Open Geospatial

Consortium)에서는 센서 네트워크의 모든 상이한 센서들의 메타데이터를 표준화된 형식으로 표현하고 기능을 정의할 수 있는 SensorML(Sensor Model Language)을 제안하였다.

따라서 본 논문에서는 상이한 센서 간 메타데이터를 효율적으로 통합, 관리하기 위해 OGC에서 제시한 SensorML을 기반으로 메타데이터 관리 시스템 모델을 제안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 Sensor WEB 과 SensorML의 개념에 대해 살펴본다. 3장에서는 메타데이터의 구조와 설계에 대한 제안을 한다. 4장에서는 결론을 맺는다.

### 2. 관련연구

#### 2.1 SensorWEB

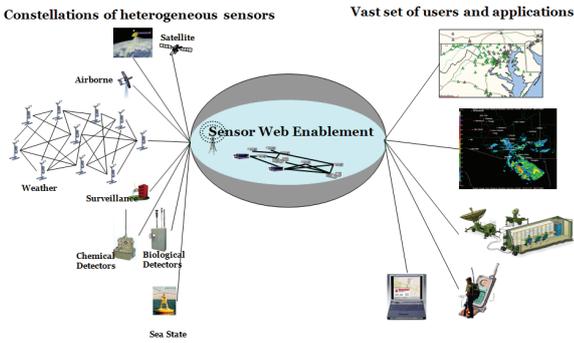
OGC(Open Geospatial Consortium)의 Sensor Web Enablement(SWE)[2]에서 정의한 SensorWEB은 World Wide Web을 거쳐 웹과 인터넷 접근 가능한 센서들, 도구들, 탐지 기기들을 어디에서라도 활용 및 제어하고, “plug-and-play” 웹 기반 센서 네트워크를 위한 표준 기반을 개발하는데 그 목표를 두고 있다.

SensorWEB이 제안하는 비전은 웹을 통해 센서데이터에 접근하여 센서의 관측 값들을 웹에서 실시간으로 쉽게

1) 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT성장동력기술개발사업의 일환으로 수행되었습니다.[2008-S-041-01, u-City용 센서네트워크 PHY/MAC 개발]

과약하고, 센서데이터 및 센서 관측 값을 접근하는 표준화된 웹 서비스를 제공하는 것이다. 이를 위해 SWE는 웹에서 센서의 특성, 위치, 인터페이스 등을 형식에 맞게 기술하기 위한 XML 기반의 스키마를 사용한다.

(그림 1)은 Sensor WEB의 개념을 요약하고 있다. Sensor WEB은 여러 센서 집합에서 수집된 센서 데이터를 네트워크를 통해 전송한다. WEB은 홍수 측정, 대기 오염 감시, 도로 및 다리의 손상도 탐지, 웹캠 등의 응용 영역에 서비스를 제공한다.

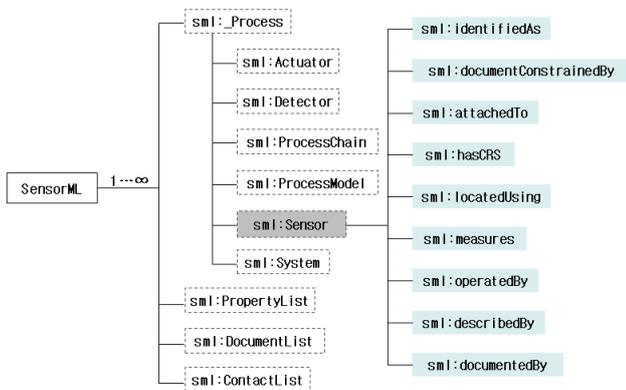


(그림 1) Sensor WEB 개념

## 2.2 SensorML

SensorML(Sensor Model Language)[3] 은 서로 다른 센서 네트워크 환경에서 기능을 일괄적으로 표현하기 위해 OGC(Open Geospatial Consortium)의 워킹그룹인 SWE (Sensor Web Enablement)에서 표준화를 추진 중인 기술이다. SensorML은 센서로부터 측정된 데이터뿐만 아니라 센서와 관련된 특정 정보를 얻을 수 있는 명령을 XML 인코딩 형태로 명세화한다. 다음 (그림 2)는 SensorML의 스키마를 표현한 것이다.

SensorML은 프로세스(Process)라는 명칭을 가진 엘리먼트(Element)를 사용하여 파라미터, 메타데이터, 입출력 및 메소드들을 정의하며, 프로세스를 통해 액추에이터(Actuator)와 디텍터(Detector) 등을 모델링한다. Sensor 엘리먼트에서는 식별자, 제약사항, 입/출력, 시스템 위치 등 센서를 위한 기능적인 모델을 제공함으로써 WSN에서 메타데이터 역할을 수행한다.



(그림 2) SensorML의 스키마

(그림 2)에서 보는 바와 같이 Sensor 엘리먼트는 다음과 같은 정보를 명세화한다[3][4]. 센서를 식별하는 identifiedAs 필드와 SensorML 문서의 데이터 유효시간범위를 명세할 수 있는 documentConstrainedBy 필드, 센서 관리에 대한 플랫폼을 기술한 attachedTo 필드, Coordinate의 정보를 담고 있는 hasCRS 필드, 센서 또는 Object의 위치를 담고 있는 locatedUsing 필드, 측정 가능한 객체의 측정값에 대한 measures 필드, 센서를 운영하는 운영체제와 서비스 업체 정보를 담고 있는 operatedBy 필드, 센서의 제조사 이름 및 모델명, Serial 번호 등을 담고 있는 describedBy 필드, sml 문서의 작성자 및 작성 일자 등을 담고 있는 documentedBy 필드가 있다.

앞에서 언급한 바와 같이 WSN에서 사용되는 센서나 이를 관리하는 WSN 플랫폼은 다양한 하드웨어나 소프트웨어를 이용해 구성될 수 있는 장점이 있지만 플랫폼의 다양성으로 인해 상호연동의 어려움을 가져온다.

SensorML은 이러한 이기종 센서 네트워크 간의 통신을 위한 공통된 메시지 형태를 제공함으로써 시스템간의 상호 연계가 가능하도록 한다.

## 3. 메타데이터 관리 시스템 설계

메타데이터 관리 시스템(Metadata Management System)이란 WSN 관리 시스템의 관리 대상이 되는 노드나 서비스의 소유자, 센싱유형, 설치 위치 등의 메타데이터에 대한 등록·조회·관리를 위한 시스템이다. 관리자는 메타데이터 관리 시스템을 통해 메타데이터, 외부에서 접근 가능한 메타데이터 관리 시스템 시스템의 URI 등을 등록한다. 등록된 메타데이터는 메타데이터 관리 시스템에 의해 관리되는 정보에 대한 공통 데이터 구조에 활용되고, 센싱데이터 시스템 URI는 WSN 검색 시스템에서 센싱정보 획득을 위한 외부 사용자 접근에 활용된다.

등록된 데이터들이 WSN 서비스 간의 상호 연동을 위해 사용되기 위해서는 우선, 입력되는 데이터들이 각 서비스에서 접근 가능한 메타데이터 저장소에 저장되어야 한다. 이러한 메타데이터 관리 시스템은 다음과 같은 요구사항을 만족해야 한다[5].

- 등록되는 메타데이터는 공통의 프로파일 형태로서 다양한 WSN 응용 서비스에 활용할 될 수 있어야 한다.
- 외부에서 접근 가능한 센싱데이터 시스템의 URI를 등록할 수 있어야 한다.
- 등록되는 데이터들은 각각의 데이터를 구분할 수 있는 공통된 식별 시스템을 반드시 포함해야 한다.

### 3.1. WSN 메타데이터 구조

메타데이터는 WSN 정보자원을 관리하기 위한 각종 데이터로써 WSN 서비스를 구성하는 각 자원에 대한 관리 정보와 센서에서 수집된 데이터 관리를 위한 정보를

포함한다. 이러한 메타데이터를 사용함으로써 얻을 수 있는 이점은 다음과 같다.

첫째, 다양한 WSN 응용 서비스 개발의 모델링에서 표준 데이터 형태의 가이드라인을 제공할 수 있으며, 자원 정보의 효율적 관리 및 공동 활용에 활용될 수 있다.

둘째, 데이터 생성자, 변경자, 속성 등의 체계적인 관리가 가능하다.

셋째, 수집되는 정보들이 표준화된 메타데이터 구조를 따름으로써 관리되는 정보에 대한 접근 및 검색의 효율성을 향상시킬 수 있다.

끝으로, 같은 메타데이터를 사용하는 단위 시스템 간의 데이터 교환을 통해 표준화된 데이터의 통합 관리가 가능하다.

WSN 메타데이터는 <표 1>과 같이 사용 형태에 따라 정적 메타데이터와 동적 메타데이터로 나뉜다[6]. 정적 메타데이터는 관리 대상이 되는 센서 자체에 관한 정보로서 센서노드 ID, 센서 네트워크를 구성하는 노드의 개수, 센서 네트워크 ID, 센싱 타입 ID 등과 같이 시간 흐름에 따라 변화가 없는 형태의 데이터이다. 이러한 정적 메타데이터의 데이터들은 초기 시스템 구축 시 관리자에 의해 메타데이터 관리 시스템에 등록되어져 손쉽게 관리될 수 있다. 동적 메타데이터는 센서로부터 취득되는 정보로서 온도, 습도, 진동 등의 센싱데이터 및 전원 잔량, 센싱일자정보를 서술하는 데이터 등과 같이 시간 흐름에 따라 변화가 발생하는 형태의 데이터이다.

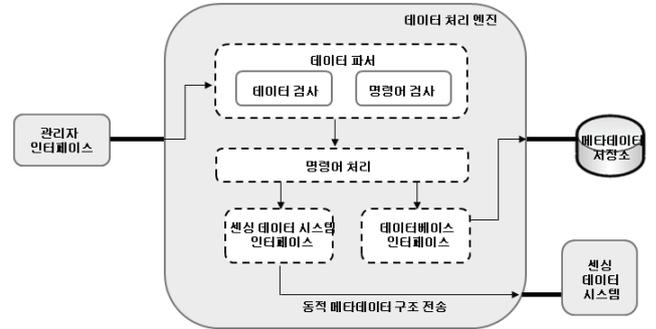
메타데이터 관리 시스템은 이러한 동적 메타데이터 구조를 정의하고 이를 센싱데이터 시스템으로 전송한다. 센싱데이터 시스템은 관리 대상 노드와 주기적인 통신을 통해 실시간으로 센싱정보를 수집하고 수집된 센싱정보는 동적 메타데이터 구조에 따라 필터링된 후 센싱데이터 저장소에 저장되어 사용될 수 있다.

<표 1> WSN 메타데이터 분류

구분	정적 메타데이터	동적 메타데이터
관리 대상	관리 대상 센서 자체에 관한 정보	센서로부터의 취득정보
정보 속성	시간 흐름에 따라 변화가 없는 데이터	시간 흐름에 따라 변화가 발생하는 데이터
등록 방법	메타데이터 관리 시스템 관리자 등록	메타데이터 관리 시스템과 관리 대상 객체 간의 주기적인 통신을 통한 실시간 등록
사용 예	센서 노드 ID, 센싱타입 ID, 센서 네트워크 ID 등	센싱데이터 및 전원잔량, 센싱 일자정보 등

### 3.2. 메타데이터 관리 시스템 구조

본 연구에서 설계한 메타데이터 관리 시스템 구조는 (그림 3)과 같이 관리자 인터페이스, 데이터 파서, 명령어 처리, 데이터베이스 인터페이스, 센싱데이터 시스템 인터페이스, 메타데이터 저장소로 구성되어 있다.



(그림 3) 메타데이터 관리 시스템 구조

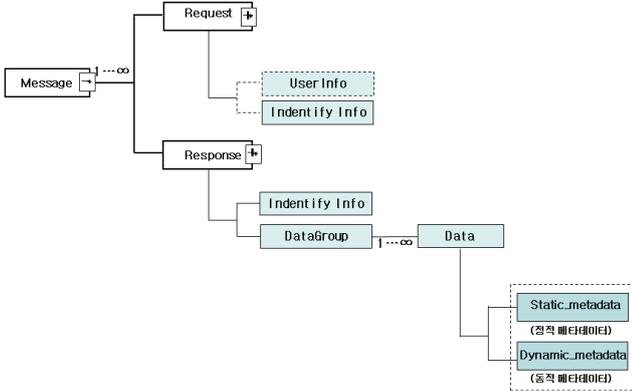
각각의 기능에 대해 살펴보면 다음과 같다. 관리자 인터페이스는 메타데이터를 입력할 수 있는 관리 화면을 제공한다. 데이터 파서기는 사용자 인터페이스를 통해 읽은 데이터나 명령에 대한 키워드 검사, 데이터 검사, 구조의 정확성 등의 문법 검사를 한 뒤 명령어 처리기에 넘겨주는 역할을 한다. 명령어 처리기는 데이터 파서기를 통해 들어온 데이터에 대한 해당 명령(입력·저장·조회)을 수행하는 역할을 한다. 데이터베이스 인터페이스는 데이터를 저장하고 있는 메타데이터 저장소에 접근 가능한 인터페이스를 제공하며 해당 시스템이 서비스를 수행하기 위한 질의 처리를 담당한다. 센싱데이터 시스템 인터페이스는 정의된 동적 메타데이터 구조를 센싱데이터 시스템에 전송하기 위해 센싱데이터 서버로접근하기 위한 인터페이스를 제공한다. 센싱데이터 시스템은 센싱 정보를 수집하고, 수집된 정보를 메타데이터 관리 시스템으로부터 전송된 메타데이터 포맷에 따라 필터링하여 저장하는 역할을 한다.

메타데이터 저장소는 메타데이터 관련 테이블, URI 관련 테이블 등으로 구성되어 있다. 메타데이터 관련 테이블은 WSN 정보자원을 관리하기 위한 각종 데이터로써 WSN 서비스를 구성하는 각 자원에 대한 관리 정보와 센서에서 수집된 데이터 관리를 위한 메타데이터 정보가 저장된다. URI 관련 테이블은 사용자가 입력한 메타데이터 관리 시스템에 접근 가능한 URI 정보가 저장된다. 따라서 저장되는 모든 정보들은 식별시스템 기본 키 값으로 사용하며 식별시스템을 이용해 각각의 정보를 구분할 수 있다.

### 3.3. 메시지 구조

다양한 WSN 응용 서비스에 활용되는 정보를 관리하기 위해서는 각 서비스에 사용되는 데이터들이 표준화된 형태를 갖춰야한다. 또한 이용자는 관련 센서 정보 요청 메시지를 표준에 맞춰 전송하고, 제공자 역시 요청에 대한 응답 메시지를 표준에 맞춰 제공해야 한다. (그림 4)는 메타

데이터 관리 시스템에서 센서 제공자와 이용자 사이에 통신을 위해 사용되는 메시지 스키마 구조를 정의한 것으로, 요청 메시지와 응답 메시지로 구성되어 있다. 요청 메시지는 서비스 이용자가 서비스 제공자에게 센서 측정데이터 값을 제공 받기 위한 목적으로 사용된다. 응답 메시지는 서비스 제공자가 서비스 이용자에게 요청한 센서 측정 데이터를 전달하기 위한 목적으로 사용된다. 센싱데이터 시스템에서 통신을 위한 메시지 구조는 (그림 4)와 같다.



(그림 4) 센싱데이터 시스템 메시지 스키마 구조

구성 필드 중 Identify Info는 사용자가 WSN 검색 시스템에 질의하는 WSN 식별시스템 정보를 담고 있다. 질의에 대한 응답은 Identify Info와 DataGroup으로 구성된다. DataGroup은 메타데이터 관리 시스템에서 정의한 메타데이터 포맷에 맞춰 데이터를 담고 있다. 센싱데이터 시스템의 URI나 센서ID값 등은 메타데이터 구조 중 정적 메타데이터에 해당되며, 센싱데이터 및 기타 장비 관련 정보는 동적 메타데이터에 해당된다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 상이한 센서 간 메타데이터를 효율적으로 통합, 관리하기 위해 OGC에서 제시한 SensorML을 기반으로 메타데이터 관리 시스템 모델을 제안하였다. 향후, 제안된 모델의 통합된 시스템 환경 구축과 웹 기반 응용 서비스로의 연구, 개발이 필요하다.

#### [참고문헌]

[1] I. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "A survey on sensor networks," IEEE Communications Magazine, Volume: 40 Issue: 8, pp.102-114, August 2002.

[2] Mike Botts, "OGC® Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture," Open GIS Consortium, 2006.

[3] "OpenGIS® Sensor Model Language(SensorML) Implementation Specification," <http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml>

[4] Tim Bray, Jean Paoli. et al., "Extensible Markup Language (XML) 1.0," W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/2008/REC-xml-20081126/>, November 2008.

[5] Mary Fernández, Ashok Malhotra. et al., "XQuery 1.0 and XPath 2.0 Data Model (XDM)," W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/xpath-datamodel/>, January 2007.

[6] Brickley, D., Guha, R.V.: "RDF vocabulary description language 1.0: RDF schema," W3C Recommendation, February 2004.