

IoT 환경을 위한 SRS 데이터 모델의 설계 및 구현

이석훈*, 정동원**†, 정현준*, 백두권*†

*고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과

**군산대학교 통계컴퓨터과학과

e-mail : leha82@korea.ac.kr, djeong@kunsan.ac.kr, {darkspen, baikdk}@korea.ac.kr

Design and Implementation of SRS Data Model for IoT Environment

Sukhoon Lee*, Dongwon Jeong**†, Hyunjun Jung*, Doo-Kwon Baik*†

*Dept. of Computer and Radio Communications, Korea University

**Dept. of Statistics and Computer Science, Kunsan National University

요 약

센서 레지스트리 시스템(Sensor Registry System, SRS)은 이기종 센서 네트워크 환경에서 센서 데이터의 일관성 있는 의미 해석을 위하여 센서 메타데이터를 등록하고 관리하는 시스템이다. 최근 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 패러다임이 대두됨에 따라 센서 네트워크의 개념 및 이용 목적 등이 변화되고 있으며, SRS 역시 이를 반영하여 센서와 연관된 데이터 모델의 개선 및 확장이 요구된다. 따라서 이 논문은 IoT 환경에서 기존 SRS를 개선하기 위하여 Semantic Sensor Network Ontology (SSNO) 기반의 SRS 데이터 모델을 제안한다. 이를 위하여 IoT 환경에서 SRS의 목적 및 요구사항을 분석하고 SSNO의 개념들 중 필요 요소와 불필요 요소를 반영하여 제안 모델을 설계한다. 또한 생성된 SRS 데이터 모델을 이용하여 관계형 데이터베이스로 구축하고 SRS를 웹 어플리케이션으로 구현한다. 제안하는 SRS 데이터 모델은 기존 모델들에 비해 SSNO 온톨로지를 가장 적합하게 표현하므로 풍부한 의미 처리가 가능하다.

1. 서론

센서 레지스트리 시스템(Sensor Registry System, SRS)은 센서 메타데이터를 등록하고 관리하는 시스템으로, 이기종 센서 네트워크 시스템에서 센서 데이터의 일관성 있는 의미 해석을 가능하게 한다[1]. 한편, 최근 사물인터넷(Internet of Things, IoT) 패러다임이 미래 기술의 핵심 키워드로 떠오르면서 센서 네트워크 영역에서도 큰 변화가 일어나고 있다[2]. 기존의 대규모 센서 네트워크에 비해 IoT 환경에서 개체(Thing) 내의 센서 네트워크 규모는 작아졌으며, 싱크노드(Sink Node), 센서노드(Sensor Node), 액추에이터(Actuator) 등과 같은 역할들의 구분은 희미해졌다. 반면, IoT에서의 디바이스 종류는 다양해졌으며, 이에 따른 플랫폼 및 데이터 종류와 의미 역시 풍부해졌다. 따라서 기존의 SRS는 IoT 환경에 적용할 수 있도록 개선할 필요가 있다.

이 논문은 기존의 SRS 데이터 모델을 개선하여 확장된 SRS 데이터 모델을 제안한다. IoT 환경을 위하여 W3C의 Semantic Sensor Network Ontology (SSNO)[3]를 반영하여 SRS 데이터 모델을 설계한다. 먼저, 이 논문은 SRS의 목적과 요구사항을 분석한다. 분석된 요구사항들을 기반으로 SSNO에서 반영할

요소와 제외할 요소를 결정하고, 이를 데이터베이스 테이블로 구축한다. 구축된 데이터베이스를 기반으로 실제 웹 어플리케이션을 구현한다. 마지막으로 SSNO와 예제 온톨로지들을 제안하는 SRS 데이터 모델로 적용해 봄으로 적합성 평가를 수행한다.

제안하는 SRS 데이터 모델은 IoT 환경에서 사용자가 사물, 즉 시스템에 접근하여 시스템이 지니는 데이터를 제공받고 그 의미를 이해하고자 할 때, 등록된 센서 메타데이터를 제공해줌으로 일관성 있는 의미 해석을 가능하게 한다.

2. 관련 연구

기존의 SRS 데이터 모델은 센서 메타모델의 의미처리 등을 위하여 센서, 위치 정보, 센서 타입, 측정 단위 등 의미 해석을 위한 최소한의 정보만을 관리한다[1]. 따라서 IoT 환경에서의 사용자가 센서에 접근하기 위한 시스템 및 통신 사양과 같은 정보는 포함되지 않는다.

SSNO는 센서, 관측, 시스템, 특징 및 속성 관점에서 센서 온톨로지를 정의한다[3]. 자극-센서-관측 패턴을 이용하여 기본 구성을 이루고 있다. 하지만 많은 개념을 한 모델에 담고자 하기 때문에 이중 상속과 같은 복잡한 구조와 중복 정의와 같은 애매모호한 개념을 지닌다.

[4]는 IoT 환경에서 스마트 공간(Smart Space)으로

이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2014R1A1A2058992).

† 공동교신저자 (co-corresponding authors)

센서와 액추에이터들을 분류하고 각 공간마다 이들을 관리하는 시스템을 제안한다. 하지만 공간별로 제한된 센서 정보만을 등록할 수 있어 다양한 의미와 센서들의 관계성을 충분히 고려하지 못한다.

3. SRS의 목적과 요구사항

SRS는 센서 메타데이터를 등록하고 관리하는 시스템으로 ISO/IEC 11179 메타데이터 레지스트리의 개념이 적용된다. 또한 기존의 SRS는 이기종 센서 네트워크 환경을 고려한다. 하나의 센서 네트워크 영역에는 다수의 센서노드들이 존재하고, 이 센서노드들은 각자의 위치에서 싱크노드 혹은 사용자의 모바일 디바이스로 직접 데이터를 전달한다. 이때, 사용자가 다른 지역의 센서 네트워크 영역으로 이동할 경우, 각 센서 네트워크 영역에서 발생하는 데이터의 이질성으로 인해 동일한 서비스를 제공받을 수 없다. 따라서 SRS는 센서노드의 메타데이터를 모바일 디바이스로 전달하여 각각의 영역에서도 의미처리가 가능해지도록 한다. 이처럼 기존의 SRS에서는 모바일 디바이스가 서로 다른 센서 네트워크 영역으로 이동하더라도 센서노드에서 보내는 센서 데이터에 대한 의미 처리가 끊김 없이(Seamless) 이루어지는 것을 목표로 한다.

하지만 IoT 패러다임이 부각되면서 센서 네트워크의 환경도 약간은 변화되었다. 모든 물체가 인터넷이 가능하게 되면서 기존의 센서 네트워크는 하나의 개체 단위로 소규모화되고 그 종류도 다양해졌다. 따라서 SRS도 IoT의 환경에 맞게 목적과 개발의 요구사항을 재정의해야 한다. 다음은 IoT 환경에서 SRS가 요구하는 기능 및 목적을 기술한다.

- **다양한 센서와 이기종 네트워크 환경을 위한 정보 공유 및 유통.** 소규모화되고 다양해진 센서와 시스템들에 대하여 정보 공유와 유통이 원활하게 진행되어야 함.
- **센서의 접근성 향상.** 센서로부터 센서 데이터를 제공받고자 할 때, 플랫폼, 통신 방식, 센서의 위치 등 정보를 미리 알고 있어야 함.
- **센서 데이터의 끊김 없는 의미 해석.** 기존 SRS가 지니는 특징으로 모바일 디바이스가 어떠한 센서 데이터를 제공받더라도 의미 해석 및 처리가 끊김 없이 진행되어야 함.
- **센서 메타데이터 등록과 관리.** 단순히 센서 메타데이터를 등록하고 공유하는 것뿐만 아니라 고품질의 정보 제공을 위하여 등록된 센서 메타데이터들을 정제하고 관리되어야 함.

첫 번째 목적을 위하여 SRS는 센서 메타데이터 등록을 위한 플랫폼 및 어플리케이션 형태로 개발되어야 한다. 특히 모바일 디바이스가 어디서나 SRS에 접속이 가능하도록 센서 웹과 같이 웹 어플리케이션으로 개발 한다. 이때, 등록된 센서 메타데이터의 일관성 유지와 빠른 성능의 정보 검색을 위하여 온톨로지 저장소 형태보다는 관계형

데이터베이스로 데이터 모델을 구축한다. 하지만 센서 온톨로지로의 확장 및 추론을 고려하여 URI와 같은 정보도 등록 가능하도록 개발한다.

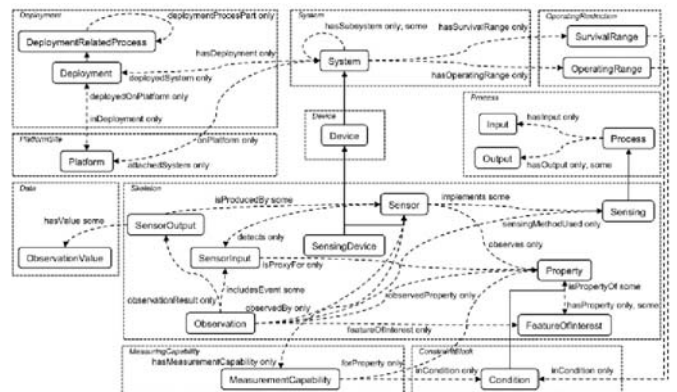
두 번째와 세 번째 목적을 위하여 기존에 잘 정의된 센서 모델을 활용하여 SRS의 데이터 모델을 개선한다. 센서의 접근성 향상을 위하여 시스템 및 센서 플랫폼이 잘 표현되어야 하며 센서 데이터에 대한 의미 정보를 충분히 담고 있어야 한다. SSNO는 이러한 내용이 잘 포함되어있으나 복잡한 구조로 인해 관계형 데이터베이스로 구축하기 어렵다. 따라서 SRS의 목적에 적합하도록 SSNO를 반영해야 한다. 이는 4장에서 자세하게 기술한다.

네 번째 목적을 위하여 각 센서 메타데이터들을 아이템화 하고 관리 정보를 부여해야 한다. 예를 들면, 아이템이 등록된 시간, 아이템 등록자 및 관리자 등과 같은 관리 정보가 포함되어야 한다. 덧붙여, 로그 및 출처(프로비던스)와 같은 정보들은 관리하는 아이템들의 신뢰성을 확보하기 위하여 함께 모델링 한다.

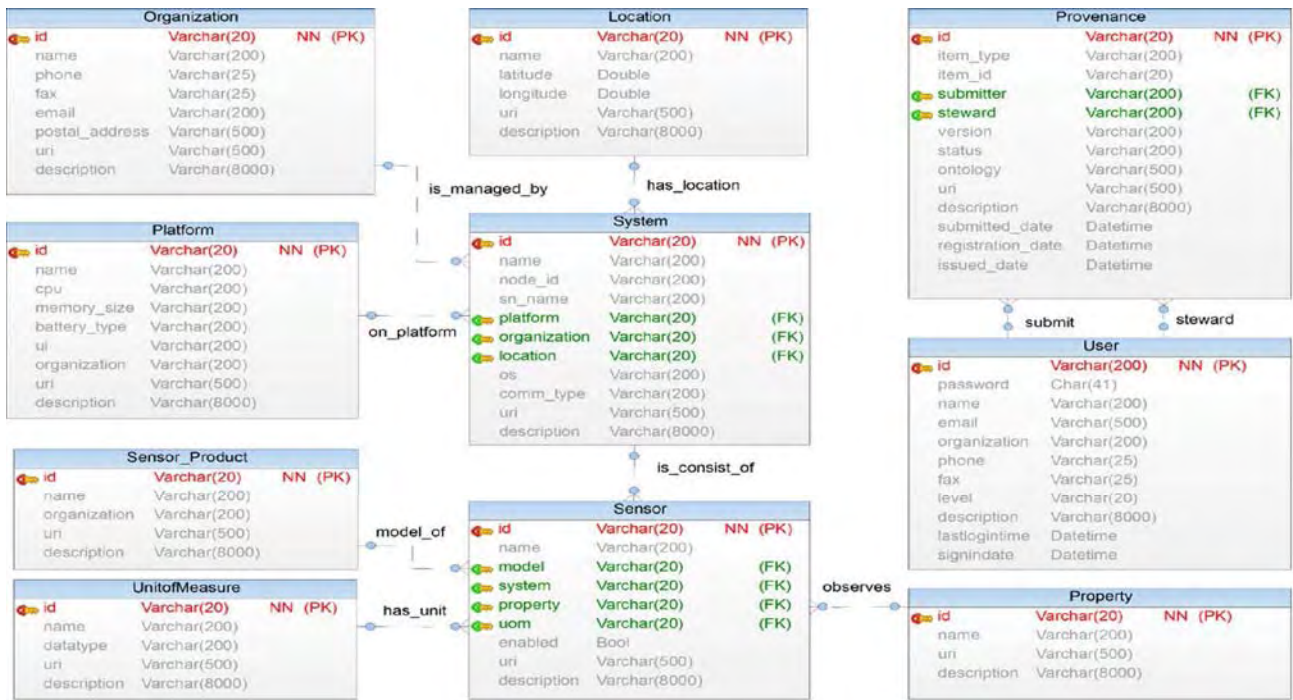
4. SRS 데이터 모델링

이 장은 SSNO에 기반한 SRS 데이터 모델을 정의한다. SSNO는 W3C에서 표준화를 위해 약 17여 종류의 센서 온톨로지들을 분석하고, 일반적이고 포괄적인 관점과 의미를 포함하도록 모델링 된 온톨로지이다. 하지만 SRS에 적용하기엔 너무 일반적이고 복잡한 구조를 지니므로 SSNO를 이용하여 SRS에 적합한 데이터 모델을 설계 하고자 한다.

그림 1은 W3C에서 정의한 SSNO의 개요로 주요 클래스들과 속성들을 보인다[3]. 먼저 두 번째 목적인 센서 접근성 향상을 위해 SSNO에서 이용할 수 있는 요소들을 정의한다. 실제 임의의 위치에 설치된 시스템 인스턴스를 나타내는 ‘System’과 플랫폼 정보를 나타내는 ‘Platform’은 SRS 데이터 모델에 센서 접근성을 위하여 필요한 요소들이다. ‘Deployment’는 시스템이 설치되는 과정, 방법 등과 연관이 있지만, 센서의 접근성과는 관계가 없으므로 제외한다. 하지만 설치된 시스템을 관리하는 업체와 시스템이 설치된 위치 SSNO 개요에 직접적으로 표현되지 않으므로 각각 새로 정의한다.



(그림 1) SSNO의 개요 - 주요 클래스와 속성들



(그림 2) 제안하는 SRS 데이터 모델

다음으로 세 번째 목적인 센서 데이터의 끊임 없는 의미 해석을 위한 요소들을 정의한다. ‘Sensor’는 어떤 특징과 속성을 관찰하는 요소로 추후 제공받을 센서 데이터의 주체가 된다. ‘Property’의 경우 어떠한 특징 및 속성을 관찰하는지를 나타내는 요소이다. 이 두 가지 요소는 센서가 무엇을 관측하며 그 값이 어떤 의미를 지니는지를 해석하는데 필수적인 요소이므로 SRS 데이터 모델에 필요하다.

‘Device’, ‘SensingDevice’의 경우 중복된 정의와 다중 상속으로 인해 복잡한 구조를 보인다. 이는 관계형 데이터베이스 구축 시 중복되는 구조가 발생할 수 있어 제외하고 ‘Sensor’를 ‘System’ 요소와 직접 연결되도록 한다. 또한 SRS는 센서 메타데이터를 제공할 뿐 실제 값이나 값이 수집되는 프로세스 등과는 연관이 없으므로 ‘Observation’이나 ‘Process’와 연관된 요소들은 모두 제외한다. 센서 데이터가 지니는 단위와 데이터 타입에 관련된 요소는 의미 해석에 필수적이므로 추가한다.

요소 별 기본 속성을 정의하기 위하여 먼저 각 요소들의 인스턴스를 하나의 아이템으로 정의한다. 따라서 각 요소들은 아이템 식별자(id), 이름(name), 설명(description)과 같은 속성들을 기본적으로 지닌다. 또한 온톨로지 확장을 위한 URI(uri)도 기본 속성으로 정의한다. 이러한 아이템들은 등록 및 관리 시 언어될 수 있는 부수적인 정보들을 프로비넌스 요소로서 저장한다. 추가적으로 사용자에 대한 요소도 모델링 한다.

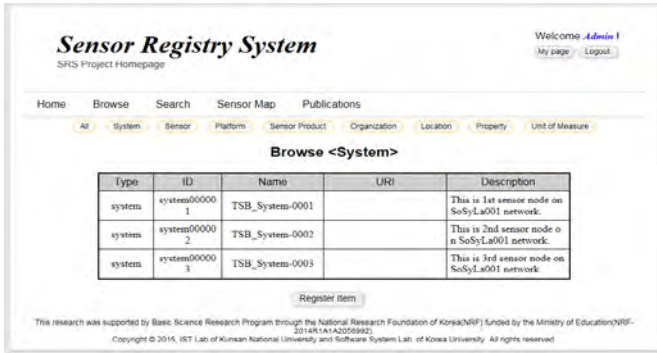
그림 2는 이러한 기준으로 모델링한 SRS 데이터 모델을 보인다. 관계형 데이터베이스의 테이블, 컬럼, 외래키(FK) 관계로 각 요소들을 모델링한다. 먼저 ‘System’ 테이블을 기준으로 ‘Platform’, ‘Organization’, ‘Location’ 등과 같은 테이블을 정의한다. 이 세

테이블들은 ‘System’ 테이블이 지니는 속성으로 외래키 관계로 구성된다. ‘Sensor’의 경우 기존의 이중 상속의 복잡한 구조를 벗어나 하나의 시스템이 여러 개의 센서를 지니도록 구성한다. 예를 들어, TelosB MOTE TPR2420CA의 경우 하나의 시스템에 조도, 습도, 온도와 같은 세가지 센서를 지니고 있다. 따라서 ‘Sensor’ 테이블은 ‘System’ 테이블을 외래키 관계로 연결한다. 또한 측정하는 대상의 특징 및 데이터의 의미 처리를 위하여 ‘UnitOfMeasure’와 ‘Property’ 테이블을 외래키 관계로 연결한다. 한편, ‘Sensor_Product’ 테이블은 센서 등록의 편의성을 위하여 단품으로 나온 센서 제품을 관리할 수 있도록 추가하였다. ‘Provenance’와 ‘User’ 테이블은 등록되는 아이템들에 대한 로그 및 출처 정보와 함께 사용자에 대한 정보를 저장한다.

5. 센서 레지스트리 시스템 구현

앞서 설계한 SRS 데이터 모델을 이용하여 실제 관계형 데이터베이스를 구축하고 웹 어플리케이션으로 SRS를 구현한다. Windows 7, Mysql 5.5, Apache Tomcat 7.0 환경에서 시스템을 구축하였으며 JSP와 HTML5를 이용하여 개발하였다.

그림 3은 구현 결과를 보인다. 그림 3(a)는 센서 레지스트리 시스템의 전체 화면과 등록된 시스템들의 간략한 리스트를 보인다. 그림 3(b)는 등록된 센서 중 하나에 대한 자세한 정보이며 ‘Model’, ‘System’, ‘Property’와 같이 해당 센서가 지니는 다른 테이블로 연결된 정보까지 요약해서 보여준다. 그림 3(c)는 그림 3(b)의 관리 정보를 보인다. 기존의 로그 이력과 등록자, 관리자 등을 알 수 있다. 그림 3(d)는 센서 맵을 구현한 것으로 시스템 및 센서가 장착된 장소 지도를 통하여 보여준다.



(a)

Sensor <Light_S1087>

| | |
|---|---|
| ID | sensor000001 |
| Name | Light_S1087 |
| Model | ID: s1087000002 |
| | Name: S1087 |
| | Organization: Hamamatsu |
| | URI: http://www.hamamatsu.com/evm/products/category/3100-4001/4108/S1087/index.html |
| | Description: |
| System | ID: system000001 |
| | Name: TSB_System-0001 |
| | Node ID: 1 |
| | Sensor network name: SoSy-La001 |
| | Platform: platform000001 |
| | Management Organization: organ000001 |
| | Location: location000001 |
| | OS: Tiny-OS |
| | Communication Type: IEEE 802.15.4 ZigBee |
| | URI: |
| Description: This is 1st sensor node on SoSy-La001 network. | |
| Property | ID: property000005 |
| | Name: Brightness |
| | URI: |
| Description: | measuring illumination by light sensor. |
| Unit of Measure | |
| Enabled | true |
| URI | |
| Description | light system |

(b)

Item Information

| | |
|-----------------|-----------------------|
| Item Type | sensor |
| Item ID | sensor000001 |
| Submitter | a |
| Steward | |
| Version | v000002 |
| Status | submitted |
| Ontology | |
| Submitted Date | 2015-07-03 01:17:42.0 |
| Registered Date | |
| Issued Date | 2015-07-13 16:48:59.0 |
| URI | |
| Description | |

(c)



(d)

(그림 3) SRS 구현 결과 스크린샷

6. 비교 평가

이 장은 제안하는 SRS 데이터 모델의 적합성을 검증한다. 기존의 SRS 데이터 모델(Jeong et al.)과 스마트 공간에서의 센서 모델(Choi et al.)을 비교 대상으로 하며 SSNO와 3가지 예제 온톨로지들[6]을 각각의 모델로 변환하였을 때 각 온톨로지의 클래스, 속성, 인스턴스들이 얼마나 각 모델로 표현될 수 있는지를 측정한다.

표 1은 온톨로지 변환 개수로 비교 평가 결과를 보인다. 온톨로지들은 총 157개의 클래스, 속성, 인스턴스 등을 지니며, 제안 모델은 총 62개의 요소가 변환되어 가장 많은 요소를 표현한다. 이는 제안 모델이 다른 모델들에 비해 시스템과 플랫폼의 표현이 가능하기 때문이다. 특히 Choi의 모델은 센서로부터 수집되는 값의 표현이 가능하나 각 요소 간 관계 표현이 불가능하다. 따라서 평가 결과 제안하는 SRS 데이터 모델은 다른 모델들 보다 더 풍부한 의미 표현이 가능함을 보인다.

<표 1> 온톨로지 변환 개수

| Ontology | Jeong [1] | Choi [4] | Proposal |
|-----------------|-----------|----------|----------|
| SSNO | 7 / 49 | 10 / 49 | 12 / 49 |
| Energy ontology | 16 / 29 | 13 / 29 | 20 / 29 |
| TSB ontology | 11 / 34 | 15 / 34 | 14 / 34 |
| WM30 ontology | 13 / 45 | 8 / 45 | 16 / 45 |
| Total | 47 / 157 | 46 / 157 | 62 / 157 |

7. 결론

이 논문은 IoT 환경에 적용 가능한 SSNO 기반 SRS 데이터 모델을 설계하였다. 제안 모델을 이용하여 웹 어플리케이션을 구현하였으며, 비교 평가를 통해 제안 모델이 풍부한 의미 표현으로 IoT 환경에 적합하게 모델링 되었음을 검증하였다.

추후 모바일 디바이스, SRS, 센서가 연계하여 사용자가 실시간으로 제공받을 수 있는 서비스를 개발하고 정량 평가를 통한 시스템 검증이 요구된다.

참고문헌

- [1] D. Jeong and J. Ji, "A Registration and Management System for Consistently Interpreting Semantics of Sensor Information in Heterogeneous Sensor Network Environments," Journal of KIISE : Databases, vol. 38, no. 5, pp. 289-302, 2011. (in Korean)
- [2] L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, "The Internet of Things: A survey," Computer Networks, vol. 54, pp. 2787-2805, 2010.
- [3] M. Compton et al., "The SSN ontology of the W3C semantic sensor network incubator group," Web Semantics: Science, Services and Agents on the World Wide Web, vol. 17, pp. 25-32, 2012.
- [4] Hoan-Suk Choi and Woo-Seop Rhee, "IoT-Based User-Driven Service Modeling Environment for a Smart Space Management System," Sensors, vol. 14, no. 11, pp.22039-22064, 2014.
- [5] D. Jeong, S. Lee, H. Jung, and D.-K. Baik, "Extending the Sensor Registry System for a Heterogeneous IoT Environment," in Proceedings of 2015 Fall Conference on Korean Association of Computer Education, vol. 19, no. 1, pp.185-188, 2015. (in Korean)
- [6] W3C Incubator Group, Semantic Sensor Network XG Final Report, <http://www.w3.org/2005/Incubator/ssn/ XGR-ssn-20110628/>