

# RFID/USN 인프라 구축을 지원하는 XML 기반 정보 관리 시스템

한기덕, 조이현, 권혁철  
부산대학교 컴퓨터공학과  
e-mail:{templer, navigator, hckwon}@pusan.ac.kr

## XML-based Information Management System Supporting RFID/USN Infrastructure Construction

Gi-deok Han, Yi-hyon Cho, Hyuk-chul Kwon  
Department of Computer Science and Engineering, Pusan National University

### 요 약

최근 들어 RFID(Radio Frequency IDentification) 및 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술개발과 응용에 대한 국내외의 관심이 고조되고 있으며, RFID 기술 및 USN기술은 미래 핵심기술로 새로운 시장을 창출할 수 있음은 물론, 모든 산업에 접목하여 새로운 정보화 혁명을 주도할 것으로 전망되고 있다. 본 논문은 RFID Middleware가 구축되었다는 가정 하에 RFID/USN 인프라를 어떻게 구축할 것인가에 대한 연구 및 RFID/USN 기술 중 RFID/USN 인프라 구축을 지원하는 정보 관리 시스템에 대한 소개, 역할 및 시스템의 구조를 설명한다.

### 1. 서론

최근 들어 RFID(Radio Frequency IDentification) 및 USN(Ubiquitous Sensor Network) 기술개발과 응용에 대한 국내외의 관심이 고조되고 있으며, RFID 기술 및 USN기술은 미래 핵심기술로 새로운 시장을 창출할 수 있음은 물론, 모든 산업에 접목하여 새로운 정보화 혁명을 주도할 것으로 전망되고 있다. RFID/USN 기술이 새로운 정보화 시대를 주도하는 기술이 될 것이라는 사실에 대해서는 이견이 없으나, 본격적인 도입은 3~10년 후가 될 것이라는 전망이 나오고 있다. RFID/USN 기술의 연구 분야는 RFID 칩, RFID 칩에 저장되는 정보인 EPC (Electronic Product Code), RFID Reader, RFID Middleware, EPC IS(EPC Information System), ONS(Object Naming Service), EPC IS DS(EPC IS Discovery Service) 등을 들 수 있으며, 이들 분야 중 본 논문에서 다루고 있는 핵심 분야는 EPC IS이다. EPC IS, ONS, EPC IS DS는 RFID/USN의 최상위 Layer에 존재하는 분야로써 RFID가 본격적으로 도입되는 3~10년 후를 대비하여 RFID Middleware가 구축되었다는 가정 하에 본 논문에서는 RFID/USN 인프라를 어떻게 구축할 것인가에 대한 연구 및 RFID/USN 인프라를 지원하는 정보 관리 시스템 (= EPC IS, ONS, EPC IS DS)에 대한 소개, 역할 및 시스템의 구조를 설명한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 RFID

RFID 기술은 상품을 빠르고 쉽게 판별하기 위해 무선 radio 통신을 사용한다. 이 방법은 가장 전망

있고, 급성장하고 있는 자동 정보 수집 기술이며, 상품생산, 유통, 판매 등의 비즈니스를 향상시키는 새로운 가능성을 열었다. 상품은 유일하게 식별되며, 스스로 정보를 교환할 수 있다. 게다가, RFID는 단순한 ID Code가 아니라, Write/Update를 통해 상품에 대한 동적인 정보를 제공할 수 있다.[3]

RFID system의 목적은 특정한 응용프로그램의 요구에 해당하는 정보를 적합한 기계를 사용하여 RFID 칩으로부터 읽어 전달하는 것이다. RFID 칩 으로부터 읽혀진 정보는 식별정보, 위치정보 또는 제품의 특정 속성 값(예: 가격, 색상) 등이다.

EPCglobal은 세계의 어떤 산업, 어떤 장소에서든지 회사의 supply chain 안에 있는 어떤 상품을 식별하는 RFID와 EPC 및 관련 시스템을 위한 국제 표준을 제안하는 활동을 수행하고 있다.[3,4]

#### 2.2 Semantic Web

현재 Web의 확장 형태인 Semantic Web은 정보를 잘 정의된 의미 있는 형태로 표현해서 가지고 있으며, 기계와 사람이 작업을 더욱 수월하게 할 수 있도록 지원한다.[1]

Semantic Web은 application, enterprise, community boundary간의 정보의 공유, 정보의 재사용을 제공하는 공통된 framework를 제공한다.[5] Semantic Web은 연구자와 산업 실무자 간의 협력을 바탕으로 한 W3C에 의한 통합을 위한 노력이며, XML을 syntax로 하고, URIs로 naming을 사용하는 다양한 응용프로그램을 통합할 수 있는 RDF(Resource Description Framework)를 기반으로 한다.

### 3. RFID/USN Infrastructure의 구축

RFID는 10년 안에 본격적으로 산업 전반에 도입 될 것이라는 것이 전문가들의 의견이며, RFID/USN 기술은 RFID 칩, RFID 칩에 저장되는 정보인 EPC (Electronic Product Code), RFID Reader, RFID Middleware, EPC IS(EPC Information System),

이 논문은 교육인적자원부 지방연구중심대학육성사업(차세대물류IT기술연구사업단)의 지원에 의하여 연구되었음

ONS(Object Naming Service), EPC IS DS(EPC IS Discovery Service)등으로 분류할 수 있다.

RFID/USN의 구조(그림 1 참조)에서 EPC IS, ONS, EPC IS DS는 최상위 Layer에 위치하며, 본 논문에서는 RFID MiddleWare Layer까지의 인프라가 구축되었다는 가정 하에 EPC IS, ONS, EPC IS DS의 Layer를 어떻게 구축해야 할 것인가에 대해 언급하고자 한다.

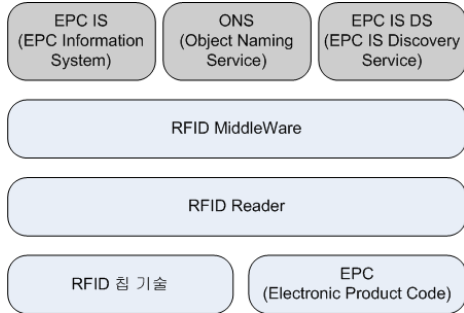


그림 1 RFID/USN Infrastructure의 구조

### 3.1 EPC IS, ONS, EPC IS DS Layer의 역할

EPC IS와 ONS, EPC IS DS Layer는 하위 Layer로부터 얻어진 정보를 저장, 관리 및 교환을 지원하는 Layer이다.

EPC IS는 EPC와 관련된 정보를 저장, 관리하여 정보를 필요로 하는 사용자에게 제공하는 시스템이며, ONS는 해당 EPC의 정보가 있는 EPC IS의 주소를 제공해주는 시스템이다. 이 두 시스템은 실제적으로 네트워크상에서 사용자에게 정보를 제공하기 위한 Layer로써, 쉬운 접근과 유용한 정보 제공이 가장 중요한 역할이다.

ONS는 기능과 구조적인 측면에서 통합된 표준이 나올 것으로 보이나, EPC IS의 경우에는 정보 표현이나 제공하는 기능이 서로 다른 다양한 시스템이 혼재할 것으로 예상된다. 따라서 EPC IS의 구현에 있어서의 중요한 이슈는 쉬운 접근성, 정보 표현 방법, 이기종간의 호환성 등이다.

### 3.2 Web Service 기술의 이용

Web Services는 표준 웹 프로토콜을 통해 웹 사용자에게 유용한 기능을 제공하는 서비스로써, 대부분의 경우 Soap 프로토콜이 사용된다. Web Services는 사용자와 대화할 수 있는 클라이언트 응용 프로그램을 만들 수 있는 인터페이스를 설명하는 방법을 제공하며, 일반적으로 설명은 Web Services 설명 언어(WSDL)문서라고 하는 XML 문서에 제공된다. 또한, Web Services는 잠재적인 사용자가 XML Web Services를 쉽게 찾을 수 있도록 UDDI에 등록된다.

Web Services 아키텍처의 주요 장점 중 하나는 별도의 플랫폼에 별도의 언어로 작성된 프로그램들이 표준 기반으로 서로 통신할 수 있다는 것과 표준 웹 프로토콜인 XML, HTTP 및 TCP/IP와 작동한다는 것이다.

EPC IS는 별도의 플랫폼에 별도의 언어로 작성된 모든 프로그램들에 의해 접근성을 제공해주어야 하며, 접근을 위해 소요되는 비용이 최소화되어야만 한다. 따라서 EPC IS의 통신 부분은 Web Service(Soap)를 이용하여 구현하는 것이 효율적인 방법이다.

### 3.3 효율적인 정보 관리 및 교환을 위한 XML/RDF 기술

XML로 표현된 정보는 의미 전달, 의미 분석 및 정보 활용 면에서 매우 효율적이고, 시스템이 다른 EPC IS간의 연동 문제는 XML/RDF를 이용하면 해결이 쉽다. 또한, 정보를 XML 형태로 관리하면 시스템 확장 및 관리가 용이하고, XML과 RDF는 국제 표준이므로 확장성과 연동성이 뛰어나다.

따라서, 효율적인 정보 관리 및 교환을 위한 수단으로써 XML은 매우 효율적인 방법이며, 속도 문제가 해결해야 할 과제로 남아있으나, 속도적인 단점을 극복할 만큼의 장점을 가진 정보 관리 및 교환을 위한 방법이다.

### 4. 정보 관리 시스템의 소개, 역할 및 구조

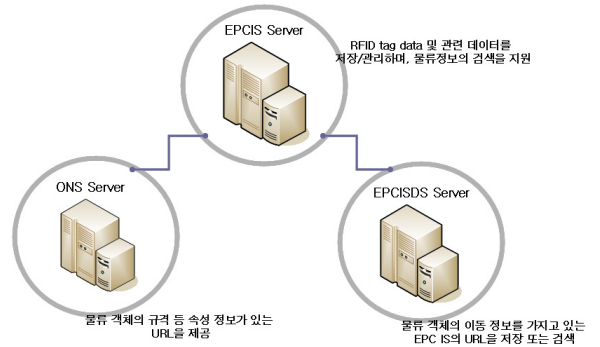


그림 2 EPC IS, ONS, EPCIS DS의 역할 및 관계

본 논문에서 설명하는 정보 관리 시스템은 EPC IS, EPC IS DS, ONS로 나누어지며, 각 시스템의 역할 및 관계는 그림 2와 같다.

### 4.1 EPC IS의 구조 및 모듈별 기능

EPC IS는 EPC Network에서 물류정보의 효율적인 이용을 위한 물류정보의 저장/관리 및 검색을 지원하는 시스템이다. 정보 관리 시스템은 RFID tag data 및 관련 데이터를 저장/관리하고, 물류정보의 검색을 지원한다.

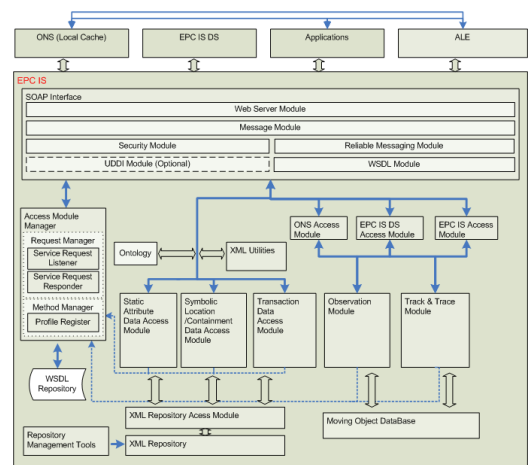


그림 3 EPC IS의 구조도

그림 3은 EPC IS의 구조도이다. 실제 사용자에게 기능을 제공하는 모듈은 5가지이며 각 모듈에 대한 설명은 다음과 같다.

- 1) Static Attribute Data Module  
EPC가 부착된 제품에 대한 Static 정보(제품명, 생산일자 등)를 처리하는 모듈이며, Static 정보는 제품명, 제조회사 등의 Class 정보와 생산일자, 제품일련번호 등의 Instance 정보로 나누어 관리된다.
- 2) Containment Data Module  
EPC들 간의 포함관계 정보(예: 컨테이너 EPC와 컨테이너에 포함된 제품의 EPC들, 포함된 시간 등)를 처리하는 모듈
- 3) Transaction Data Module  
Transaction 정보(예: 물건의 구입, 운송 등과 관련된 정보)를 처리하는 모듈
- 4) Observation Data Module  
RFID 칩으로부터 센싱된 EPC들의 정보를 처리하는 모듈. RFID 칩을 RFID Reader로부터 읽어 들인 후, RFID Middleware에서 처리된 정보가 EPC IS에 저장된다.
- 5) Track & Trace Data Module  
위치 정보 서비스를 제공하는 모듈. EPC에 해당하는 제품의 지나간 경로를 추적하거나, EPC가 존재하는 위치를 파악해서 사용자에게 제공한다.

#### 4.2 EPC IS DS의 기능

EPCISDS(EPCIS Discovery Service)는 특정 객체의 이동 정보를 가지고 있는 EPC IS의 위치(URL)를 제공하는 시스템이다. 이 시스템은 RFID Reader에 의해 인식된 객체의 RFID tag data를 가지고 있는 EPC IS의 위치(URL)를 저장하고 관리하며, 객체의 이동 경로 추적을 위하여 객체의 이동 정보를 가지고 있는 EPC IS의 위치(URL)정보를 제공한다.

#### 4.3 ONS의 기능

ONS는 객체의 크기, 재질 등의 객체의 상세정보가 있는 EPC IS 또는 웹 서비스 URL을 제공하는 시스템이다. 이 시스템은 물류객체에 대한 NameServer 역할을 수행하고, 특정 객체의 EPC와 객체의 상세 정보가 있는 EPC IS 또는 웹 서비스의 URL을 쌍으로 저장하고 관리하며, 객체의 상세 정보가 있는 EPC IS 또는 웹 서비스의 URL을 검색 결과로 제공한다.

### 5. 사용 기술

#### 5.1 XML Parser

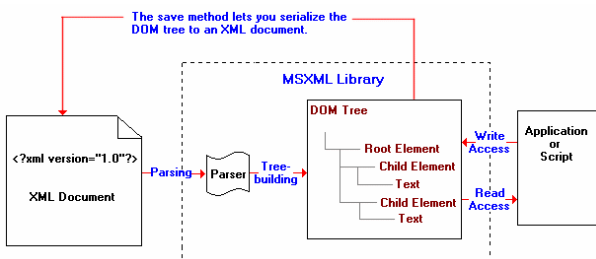


그림 4 MSXML의 DOM

XML Parser Access Module은 MSXML Library의 DOM을 이용하여 XML 문서를 처리하는 모듈로써, DOM의 역할은 다음과 같다.

- DOM은 어떤 XML 문서를 열고 XML 데이터를 처리할 수 있는 방법을 정의
- DOM을 이용하면 개발자는 XML 문서를 만들 수 있고, XML 문서 구조를 탐색할 수 있으며, 그 요소들을 추가/수정/삭제할 수 있음.
- DOM의 중요한 목적은 아주 다양한 환경과 애플리케이션에서 사용할 수 있는 표준적인 프로그래밍 인터페이스를 제공하는 것

#### 5.2 XML Repository

XML Repository는 Variable Length Data Base System과 B+Tree를 이용하여 구현하였다. XML Repository System은 Variable Length Data Base System에 XML 문서를 저장하고 B+tree에 "EPC"와 Variable Length Data Base의 해당 EPC나 검색에 사용되는 단어와 관련된 XML 정보에 접근하는 "Key"를 저장하여 검색/저장/삭제 기능을 제공하는 시스템이다.

#### 5.3 XML을 이용한 Indexing 기법

물류 정보 검색을 위한 Index를 XML 문서로 구성하면 Index의 추가/삭제가 용이하고, 데이터 저장 형태를 쉽게 변경이 가능하다. 이 기법은 물류 객체의 정보를 담고 있는 XML 문서 간의 링크 구조를 이용하여 Data Integration를 수행한다.

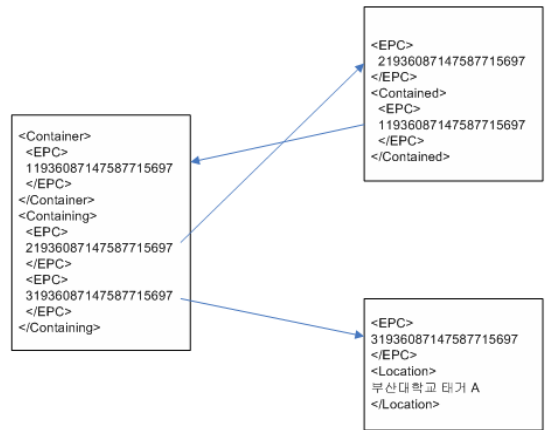


그림 5 XML을 이용한 Indexing 기법

#### 5.4 EPC 관련 Data의 XML/RDF 표현

효율적인 정보 관리 및 교환을 위하여 EPC 관련 Data를 XML/RDF로 표현한다. 정보 관리 시스템의 데이터 특징 및 데이터 타입을 표현한 PNU\_epcis\_shema/PNU\_epcis\_rdfns라는 XML/RDF Namespace를 작성하여 이용하였으며, Static Data의 경우에는 제품에 대한 설명을 위한 다양한 Schema를 지원한다.

### 5.4.1 Containment Data의 XML 표현

그림 6은 Containment Data의 XML 표현이며, 표 1은 Containment Data를 표현하는데 사용된 Tag들에 대한 설명을 기술한 표이다.

```
<?xml version="1.0" encoding="EUC-KR"?>
<ContainmentData xmlns="http://epcis.cs.pusan.ac.kr/epcis/PNU_epcis_schemas#"
  <EPC> 115646761196657 </EPC>
  <ContainerData>
    <History>
      <ContentEPC>215646761196657</ContentEPC>
      <InTime>
        1998-10-13T15:56:00
      </InTime>
      <OutTime>
        1998-10-14T15:56:00
      </OutTime>
      <ContentEPC>315646761196657</ContentEPC>
      <InTime>
        1998-10-14T15:56:00
      </InTime>
      <OutTime>
        </OutTime>
    </History>
    <Now>
      <ContentEPC>315646761196657</ContentEPC>
    </Now>
  </ContainerData>
  <ContentData>
    <History>
      <ContainerEPC>415646761196657</ContainerEPC>
      <InTime>
        1998-10-15T15:56:00
      </InTime>
      <OutTime>
        </OutTime>
    </History>
    <Now>
      <ContainerEPC>415646761196657</ContainerEPC>
    </Now>
  </ContentData>
</ContainmentData>
```

그림 6 Containment Data의 XML 표현

<표 1> Containment Data에 사용된 Tag들

Tag	설명
ContainmentData	Data about container, content and other information. Data is used in EPC IS(EPC Information System)
EPC	Electronic product code
ContainerData	Container data about EPC
History	History information about EPC
ContentEPC	Content data about EPC
InTime	Time that inserted content in container
OutTime	Time that took out content from container
Now	Present information about EPC
ContentData	Content data about EPC
ContainerEPC	Container data about EPC

### 6. 성능 평가

#### 테스트 설정

- 하나의 기능을 수행 시, 여러 번의 데이터 저장/검색/삭제가 발생
- 전송된 XML 데이터에서 필요한 데이터를 추출한 상태라고 가정
- 10,000개의 기능을 수행
- 순수한 저장/검색/삭제가 아니라 실제 함수 호출 시에 발생하는 Operation 수치를 체크
- 저장, 검색, 삭제 기능은 여러 개의 함수 중 택일하여 동작을 수행

#### 테스트 환경

- 시스템 사양 : Pentium(R) 4 CPU 2.93GHz, 1.00GB RAM

### 테스트 결과

<표 2> XML 저장/삭제/검색 성능 테스트 결과

동작	기능 10,000개의 처리 속도	기능 1개의 처리 속도	기능 1개의 Operation 개수	Operation 1개의 처리 속도
XML 데이터 저장	1256.9 sec	0.12569 sec	14번의 저장 Operation	0.0090 sec
XML 데이터 삭제	3.9 sec	0.00039 sec	1번의 삭제 Operation	0.0004 sec
XML 데이터 검색	488.6 sec	0.04886 sec	3번의 검색 Operation	0.0163 sec

웹 테스트 환경 : <http://epcis.cs.pusan.ac.kr/epcis>

### 7. 결론 및 향후 연구

EPC IS, ONS, EPC IS DS는 RFID/USN의 최상위 Layer에 존재하는 분야로서 본 논문에서는 RFID Middleware가 구축되었다는 가정 하에 RFID/USN 인프라를 어떻게 구축할 것인가에 대한 연구 및 RFID/USN 인프라를 지원하는 정보 관리 시스템에 대한 소개, 역할 및 시스템의 구조를 설명하였다. RFID/USN은 10년 안에 실용화될 것이며, 발전 가능성이 높은 분야이다. 하지만, 지금 현재는 RFID/USN 관련 기술들이 기술 표준화가 진행 중이거나 또는 기술을 실생활에 적용하기 위한 연구가 이제 막 진행 중이기 때문에, 앞으로의 RFID/USN 기술의 발전 방향은 불분명한 실정이다. 따라서 향후 연구는 최근 연구 추세를 빠르게 습득하여 RFID/USN 인프라 구축을 위해 유용하게 이용될 수 있는 기술 및 방법을 적용하여 연구를 진행할 계획이다.

### 8. 참고 문헌

- [1] Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O. "The Semantic Web", Scientific American, Vol. 284 (4). (2001) 34-43
- [2] A. Palival, N. Adam, C. Bornhovd, J. Sehaper "Semantic Discovery and Composition of Web Services for RFID Applications in Border Control", ISWC04, 2004
- [3] EPCglobal (<http://www.epcglobalinc.org>)
- [4] EPCglobal: The EPCglobal Network™: Overview of Design, Benefits, & Security, 2004
- [5] The World Wide Web Consortium (<http://w3c.org>)
- [6] Wei-shuo Lo, Tzung-Pei Hong, Shyue-Liang Wang, Yu-Hui Tao, "Semantic web and Multiple-agents in SCM", International Journal of Electronic Business Management, Vol. 2. (2004) 122-130
- [7] Inceon Paik, Wonhee Park, "Software Component Architecture for an Information Infrastructure to Support Innovative Product Design in a Supply Chain", Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce 15(2), (2005) 105-136
- [8] Michael N. Huhns, Larry M. Stephens, Nenad Ivezic, "Automating Supply-Chain Management", Proceedings of the First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems, (2002) 1017-1024
- [9] Albert Jones, Nenad Ivezic, Michael Gruninger, "Toward Self-Integrating Software for Supply Chain Management", Information Systems Frontiers 3:4, (2001) 403-412
- [10] Rahul Singh, Lakshmi Iyer, A.F. Salam, "Semantic eBusiness", Int'l Journal on Semantic Web & Information Systems, 1(1), (2005) 19-35
- [11] Chris Preist, "A Conceptual Architecture for Semantic Web Services", Proceeding of International Semantic Web Conference, 2004