

온톨로지를 이용한 효율적인 RFID 데이터 관리 및 활용에 관한 연구

공신조, 손종수, 윤여창, 정인정

고려대학교 과학기술대학 전산학과

충청남도 연기군 조치원읍 서창리 208 고려대학교 과학기술대학 202호

Tel: +82-41-860-1342, E-mail: {kongga01, mis026, kai83, chung}@korea.ac.kr

요약

최근 실시간으로 대량의 정보를 관리할 수 있는 RFID 시스템이 보급되고 있다. RFID 미들웨어는 RFID 시스템을 구성하는 요소 중 하나로서 불필요한 태그 데이터를 필터링하는 역할을 한다. 그러나 기존 미들웨어는 특정 태그 표준을 준수하는 것을 목적으로 하고 있어 상이한 태그의 표준 및 정책에 대해 대응하지 못하며 동일한 객체 정보를 일관성 없이 표현하는 문제를 발생한다.

본 논문에서는 필터링된 태그 데이터에 온톨로지를 적용하여 응용프로그램 및 RFID 시스템에 따라 태그 데이터 형태를 수시로 변환하는 불편함과 태그 정책에 따른 객체 정보의 불일치를 해결하는 방법을 제안한다. 제안한 방법을 통하여 이기종 응용프로그램에서 데이터 형태를 변환 없이 사용할 수 있으며 정보의 일관성을 보장함으로써 태그 데이터를 효율적으로 관리할 수 있다.

Keywords:

RFID system; Ontology; Ubiquitous; RFID middleware

1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅은 “언제, 어디서든 공유된 정보를 네트워크 상에서 실시간으로 제공 받을 수 있는 이상적인 컴퓨팅 환경” [1]을 말한다. 이러한 환경 속에서 RFID 시스템을 통해 실시간으로 객체 정보를 획득, 활용하는 연구가 진행되어 왔다. RFID 시스템은 RFID 태그 정보를 실시간으로 읽어 필요한 목적에 사용할 수 있도록 한다. RFID 시스템의 구성 컴포넌트인 RFID 미들웨어는 RFID 리더로부터 전송받은 태그 원시 데이터를 변형, 필터링하여 ERP와 같은 응용프로그램에서 사용할 수 있는 형태로 만들어주는 역할을 하고 있다. 그러나 현재 연구되는 RFID 미들웨어는 대량의 원시 데이터를 빠르게 처리하여 네트워크 트래픽을 감소시키거나, RFID 데이터의 보안 처리를 하는 형태로 연구가 진행되어 오고 있다. 원시 데이터를

처리하여 응용 프로그램에서 사용하기 알맞은 형태로 변형하기 위해서 EPC(Electronic Product Code) Global에서 제안하는 ALE(Application Level Event)[2]를 이용하고 있지만 특정 태그 표준을 목적으로 만들어져 있어 표준이 다른 태그 간 상호 연동이 불가능하다. 또한 태그 사용에 따라 태그 정보 정책을 달리하기 때문에 정책에 따라 정보의 형태를 수시로 변경해 주어야 한다.

본 논문에서는 기존 RFID 미들웨어에서 가공 필터링된 데이터에 온톨로지를 적용하여 태그 데이터가 같은 객체 정보를 다른 방식으로 표현할 때 발생하는 데이터 형태 변환 문제를 해결한다. RFID 태그 데이터를 위한 온톨로지 스키마를 제안하고 이를 이용한 객체 정보의 일관성을 보여준다. 이를 통해 이기종 태그 데이터를 여러 응용프로그램에서 데이터 형태의 변환 없이 사용하도록 한다. 즉, 태그 정책이나 표준에 맞게 응용 프로그램을 수정하지 않아도 정책이나 이기종 RFID 시스템 및 응용프로그램에서도 RFID 태그 데이터를 사용할 수 있게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 온톨로지와 RFID 미들웨어의 기능 및 역할에 대해 알아본다. 3장에서는 RFID 태그 데이터에 온톨로지를 적용하는 방법을 제시하고 4장에서 실제 구현된 RFID 태그 데이터 온톨로지 및 이를 이용하는 응용프로그램을 보여준다. 마지막으로 5장에서 태그 온톨로지 사용의 이점 및 향후 연구에 대해 알아본다.

2. 관련 연구

2.1 RFID 시스템

RFID 시스템은 라디오 주파수(Radio Frequency)를 이용한 비접촉 무선 식별 기술로 태그와 리더 및 데이터 처리를 위한 컴퓨터 시스템으로 구성되어 있다. 각 구성의 기능은 다음[3]과 같으며, 그림 1은 RFID 시스템의 각 구성요소를 보여준다.

- 태그: 고유 식별 정보를 스트링 데이터로 저장하고 있으며 리더의 요청에 따라 저장된 정보를 송신한다.

- 리더: 라디오 주파수를 이용하여 태그에 전원 공급 및 정보 요청을 하며 수신된 식별정보를 판독하는 역할을 한다.

- 컴퓨터 시스템: 리더가 읽은 데이터를 저장, 연산 및 식별정보 분석등 태그 정보를 처리하는 역할을 한다.

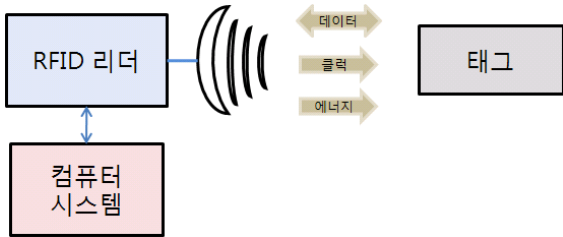


그림 1- RFID 시스템 주요 구성 요소

2.2 RFID 미들웨어

RFID 미들웨어는 이기종 RFID 시스템에서 발생하는 다량의 태그 데이터를 수집, 필터링하여 의미 있는 정보로 요약하거나 응용 시스템에 전달하는 시스템 소프트웨어이다[3]. RFID 미들웨어의 기능은 다음과 같다.

- 이기종 RFID 리더 시스템 지원 및 관리
RFID 미들웨어는 다수의 이기종 RFID 리더 시스템간의 이질성이 존재하는 환경하에서, RFID 하드웨어 시스템을 상위계층에서 일관되게 접근이 가능하도록 기능을 제공해야 한다.

- RFID 태그 데이터 처리
대량의 RFID 태그 데이터가 RFID 리더기로부터 반복적으로 유입된다. 따라서 RFID 미들웨어는 이러한 중복된 정보 및 응용 시스템 계층에 불필요한 정보들을 필터링하고 요약하는 기능을 제공해야 한다.

- 응용 시스템과의 연동
RFID 미들웨어는 정제, 요약된 태그데이터를 데이터 수요자인 기존 응용 시스템에 신뢰성 있게 전송할 수 있는 기능을 제공해야 한다.

그림 2는 기존 RFID 미들웨어를 통해 처리된 태그 데이터가 응용 프로그램에서 사용되기 위해 재처리되는 과정을 보여준다. 타겟 응용프로그램 1, 2, 3에 같은 객체에 대해 서로 다른 표현 방식을 갖는 태그 A와 B의 태그 데이터가 쓰일 경우, 각 응용프로그램에 알맞은 데이터 형태로 태그 데이터를 변환하는 단계를 거치게 된다. 즉, 그림 2의 데이터 처리 1, 2, 3을 통해 데이터 변환을 하게

된다. 데이터를 변환하는 단계를 거칠 경우, 태그 A와 B의 데이터 형태가 변환되어 데이터베이스와 같은 정보 관리 시스템에 따로 저장되며 매번 표현 방식이 다른 태그 데이터를 변환 및 저장해야 하는 번거로움이 발생한다.

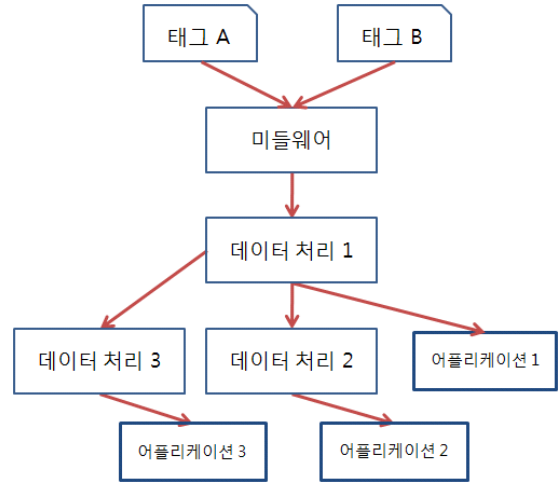


그림 2- 기존 RFID 미들웨어의 데이터 처리

2.3 Ontology와 OWL

온톨로지는 공유되는 데이터들을 개념화한 형식적이고 명백한 규정이다.[4] 즉, 특정 분야에서 사용되는 표준 어휘들의 모임이라고 할 수 있다. 에이전트의 수행을 위한 문장을 만들고, 질의어를 이용한 정보 검색을 위해서는 도메인의 개념화를 사용해야 한다. 여기서 도메인 개념화란 도메인 안에서 존재하는 엔티티와 엔티티들 사이의 관계를 명명하고 묘사하는 것이다. 그러므로, 개념화를 통해 도메인에 관한 지식을 표현하고 의사소통하기 위한 단어를 제공하게 된다. 또한, 도메인 개념화의 명백한 상세화라고 할 수 있는 온톨로지는 이기종간의 상호 운용성을 보장해 주는 역할을 한다.

본 논문에서는 온톨로지를 표현하기 위한 방법으로 OWL(Ontology Web Language)을 이용한다. OWL은 시맨틱 웹에서 정보를 표현하는 방법으로 2004년 W3C의 권고안으로 제정되었다. OWL은 XML, RDF, RDFS와 같은 지식 표현 언어보다 방대한 양의 어휘와 형식적 의미론을 포함하고 있다. OWL은 표현 범위에 따라 크게 OWL Lite, OWL DL, OWL Full로 구분된다. 그림 3은 OWL의 표현 범위에 의한 분류 관계를 나타낸 것으로 OWL Lite < OWL DL < OWL Full로 표현 범위가 결정된다. OWL을 이용하면 임의의 어휘를 구성하는 용어의 의미와 용어들 간의 관계를 명시적으로 표현할 수 있는 온톨로지를 구축할 수 있다.

OWL의 구문 구조는 XML 문서 선언문, 문서의 형태 선언문, Namespaces, 온톨로지 헤더, OWL구문 등의 순으로 이루어진다. OWL구문에서는 클래스, 속성, 클래스 사례(Instance), 사례들 간의 관계 등을 표현하는 구문이 포함된다.

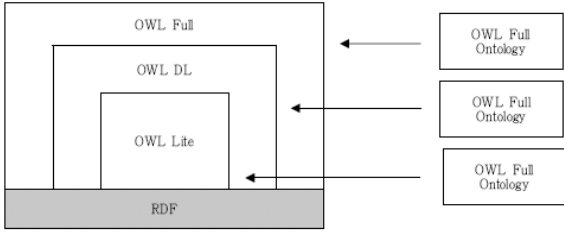


그림 3 - OWL의 분류 관계(8)

3. 온톨로지를 적용한 RFID 태그 데이터

기존 RFID 미들웨어에서는 태그 데이터를 수집 필터링하여 의미 있는 정보로 변환하는 역할을 한다. 그러나 사용자에게 따라 태그 정책과 같은 정보 표현 방식이 다르고 사용하는 응용프로그램에 따라 태그 데이터 형태를 재처리 하는 문제가 발생하게 된다. 본 장에서는 기존 RFID 미들웨어의 데이터 처리 방식의 문제점을 해결하기 위한 방법을 제안한다.

3.1 기존 미들웨어의 데이터 처리

기존 미들웨어는 이기종 RFID 시스템에서 발생하는 태그 데이터를 수집하여 중복 데이터 및 불필요한 데이터를 필터링하는 역할을 한다. 필터링된 데이터는 응용 프로그램에 따라 데이터 형태를 가공 처리하는 단계를 거쳐야 한다. 따라서 한 번 처리된 데이터를 재가공해야 하는 불편함이 존재한다. 또한 태그 사용 목적에 따라 태그 정책을 달리하여 사용할 경우, 같은 사물에 대해 다른 태그 정책이 적용되어 정보를 표현하는 방식이 달라져 데이터 재가공 단계를 거쳐야 한다.

3.2 제안 하는 방법

본 논문에서는 상기의 문제점을 해결하기 위하여 RFID 데이터에 온톨로지를 적용하는 방법을 제안한다. RFID 태그 데이터는 스트림 형태를 가지고 있으며 정보에 대한 영역을 나누어 표현한다. 따라서 사용자에게 따라 영역을 나누는 방법이 달라 정보 표현에 일관성이 없는 경우가 발생하게 된다. RFID 태그 데이터에 적합한 온톨로지 스키마를 생성하여 각 영역을 온톨로지로 표현할 경우, 각 영역 별 정보 표현 및 연관 관계를 일관성 있게 표현 할 수 있다. 이때, 생성되는 객체 정보 온톨로지는 실험을 위해 최소한의 의미만을 파악할 수 있도록 온톨로지를 생성한다.

3.2.1 온톨로지 스키마

온톨로지 스키마는 RFID 태그 데이터에서 공통되는 부분을 클래스로 정의하고 정의된 클래스 간의 연관 관계를 속성(property)으로 설정하여 이기종 태그 데이터 간의 연관성을 표현하도록 한다. 본

논문에서 문제점으로 제시한 RFID 태그를 다른 방식의 정책으로 사용하여 발생하는 동일 사물에 대한 다른 정보 표현 방식의 문제점을 해결하기 위하여 TagArea 클래스를 두어 태그 데이터 메모리 영역을 표시한다. TagArea 클래스의 하위 클래스로 각 영역별 정보를 의미하는 Object_Number, Serial_Number, Information 클래스를 설정하고, 태그 표준 정보(Standard_Name)과 작동 형태(Type)를 별도의 클래스로 두어 세부 정보를 표현한다. 표 1은 온톨로지 스키마 내부에 정의된 클래스의 명칭 및 의미를 나타낸 것이다.

표 1 - 태그 데이터를 위한 온톨로지 스키마

클래스 이름	의미
TagStandard	태그 표준 종류
TagArea	태그 정책 표시
Full_Number	태그 메모리 전체 크기
Object_Number	객체 식별 코드
Serial_Number	객체 순차 코드
Information	기타 정보 코드
Standard_Name	태그 표준 이름
Type	태그 타입(Active, Passive)

또한 태그 데이터 정보가 의미하는 사물 객체를 표현하기 위해 Object 클래스를 설정하여 태그 데이터 온톨로지에 대한 의미적 일치성을 보여줄 수 있도록 한다. 표 2는 객체 데이터를 위한 온톨로지 스키마이다. Classification 클래스는 객체를 생물, 무생물로 분류하기 위한 상위 클래스이고 Life 클래스와 Lifeless 클래스는 생물, 무생물 객체를 나타낸다. Object_Name은 객체의 이름을 나타내며 본 논문에서 태그 정보의 Object_Number가 의미하는 정보이다.

표 2 - 객체 데이터를 위한 온톨로지 스키마

클래스 이름	의미
Classification	객체 분류
Life	생물 객체
Lifeless	무생물 객체
Object_Name	객체 이름

3.2.2 온톨로지 맵핑

온톨로지 스키마를 필터링된 RFID 데이터에 적용시키고 차후 동일 객체 정보를 지는 태그 데이터에 대해서는 생성된 온톨로지를 이용하여 자동으로 객체 정보를 검색할 수 있도록 한다. 알고리즘 1은 위에서 제안하는 태그 데이터

온톨로지를 생성하는 방법을 설명한 것이다.

알고리즘 1 - 태그 데이터를 위한 온톨로지 생성
1. 리더로부터 태그 데이터를 수신
2. 수신된 데이터를 미들웨어에서 필터링된 태그 ID 를 생성
3. 태그 ID 를 통해 온톨로지 생성 여부를 판별
4-1. 온톨로지가 생성되어 있지 않을 경우, 태그가 나타내는 정보에 대한 온톨로지를 생성
4-2. 온톨로지가 생성되어 있을 경우, 생성된 온톨로지 데이터를 타겟 응용 프로그램에 전송하여 사용하도록 함

이때, 태그 A와 B의 정보가 같은 객체 정보에 대한 다른 표현 방식을 사용하여 다른 객체 정보로 인식할 수 있는 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 두 태그의 의미적 일관성을 온톨로지의 추론을 통해 해결할 수 있다. 그림 4는 서로 다른 태그 A와 B의 데이터를 온톨로지 생성하여 이기종 응용 프로그램에 공통적으로 사용할 수 있는 과정을 나타낸 것이다.

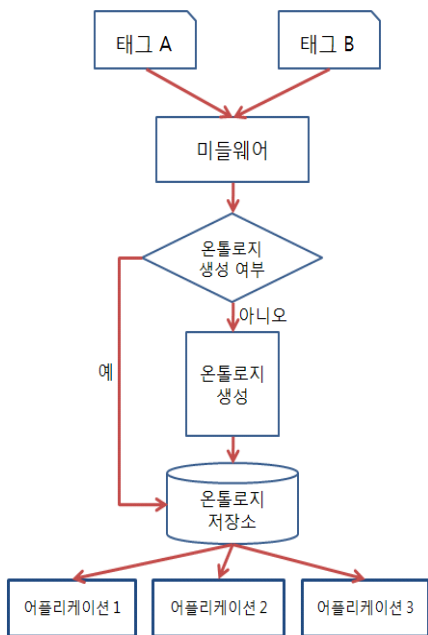


그림 4 - 태그 정보의 온톨로지 생성 과정

4. 실험 및 분석

본 논문에서는 온톨로지 편집기인 Protege4.0[9]을 사용하여 RFID 태그 데이터를 위한 온톨로지를 생성하였다. 또한 Pellet1.5 추론기[10]를 사용하여 다른 표현 방식을 갖는 태그가 같은 의미를 갖는지 여부를 실험하였다. Protege4.0은 미국 스탠포드

대학에서 개발한 Java 기반 온톨로지 생성 도구이다. Protege4.0은 텍스트 편집뿐만 아니라 Visual 환경에서 온톨로지를 생성 편집할 수 있고 온톨로지 추론기를 내장하고 있다. 또한 API를 공개하여 온톨로지 생성 및 편집, 추론, 시각화에 필요한 third-party component를 제공하고 있다.

4.1 시나리오 설명

본 논문에서는 같은 객체에 대해 다른 정책으로 정보를 표현하는 태그 데이터의 일괄된 의미를 갖을 수 있도록 온톨로지를 사용하여 실험을 한다. 그림 5는 EPC Class1 Gen2 표준을 사용하는 태그를 도식화 한 것으로 메모리 영역을 달리하여 서로 다른 태그 정책을 도식화한 것이다. 사물을 식별하는 정보인 OID(Object ID)의 사용 메모리 영역이 다르기 때문에 객체를 표현하는 방법도 다르다. 예를 들어, 6Bytes의 OID 영역을 가진 태그는 000001의 OID를 갖지만 4Bytes의 OID 영역을 가진 태그는 0004 OID를 갖기 때문에 같은 사물(사과)을 표현하더라도 사용하는 응용프로그램에 따라 다른 사물로 인식 될 수 있다.

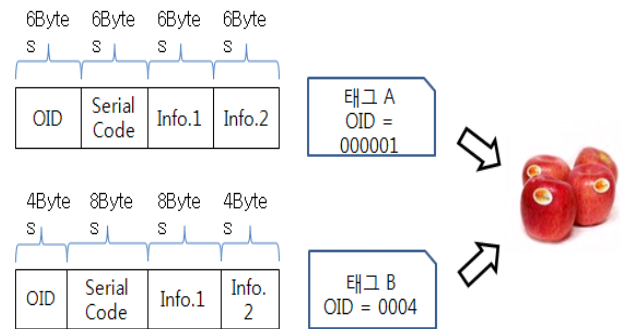


그림 5 - 정책이 다른 태그 데이터 사용의 예

4.2 온톨로지 스키마 작성

RFID 태그는 사물을 식별할 수 있는 고유 코드(Object_Number)와 동일 사물에 대한 식별을 위한 순차 코드(Serial_Number)를 기본적으로 포함하고 있다. 따라서 본 논문에서는 RFID 태그 데이터에 적합한 온톨로지 스키마를 작성하기 위해 Object_Number와 Serial_Number를 클래스로 생성하고 기타 정보를 표현하기 위해 Information 클래스를 생성한다. 또한 태그의 세부 정보를 표현하기 위해 상위 클래스인 TagStandard를 생성하고 Standard_Name과 Type을 하위 클래스로 두었다. 그림 6은 Protege 4.0을 사용하여 생성한 온톨로지 스키마이다.

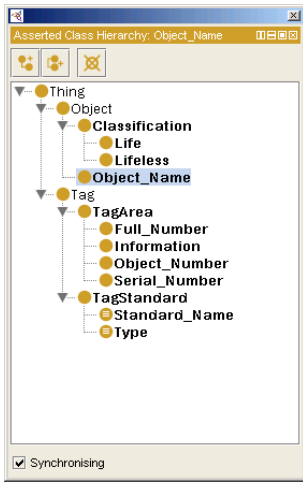


그림 -6 태그 온톨로지를 위한 클래스

생성된 온톨로지는 그림 7과 같은 형태의 클래스 다이어그램으로 나타내어진다.

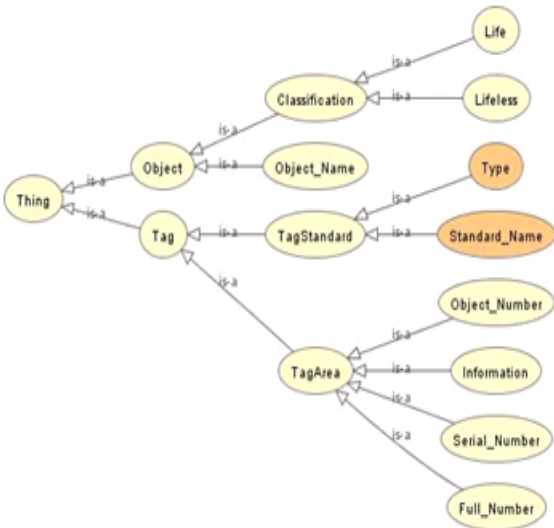


그림 7- 생성된 온톨로지의 클래스 다이어그램

생성된 온톨로지를 Pellet1.5 추론기를 이용하여 추론하게 되면 그림 8과 같은 형태의 클래스 다이어그램이 형성된다. Object_Number는 TagArea의 하위 클래스 중 하나이지만 추론을 통해 Object_Name의 하위 클래스가 된다. 즉 Object_Number ∈ Object_Name의 형태를 갖게 된다. 따라서 객체의 코드를 의미하는 Object_Number는 객체의 정보를 의미하는 Object_Name의 부분 집합의 의미를 갖게 되며 객체를 인식할 수 있는 최소한의 정보를 갖게 된다. 본 논문에서는 객체의 모든 정보를 표현하지 않고 객체를 인식할 수 있는 범위 내에서 객체 온톨로지를 생성하기 때문에 추가적인 객체 정보가 필요할 경우, 객체의 최상위 클래스인 Object에 온톨로지를 추가하여 정보를 표현할 수 있다.

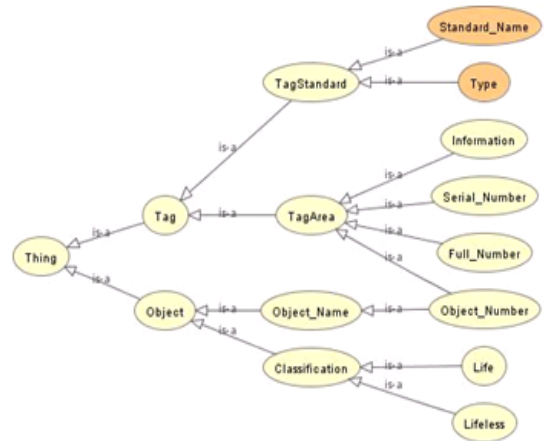


그림 8- 추론기를 통해 생성된 온톨로지 클래스 다이어그램

4.3 온톨로지 맵핑

RFID 리더로부터 읽힌 태그 정보를 이용하여 생성된 온톨로지에 맵핑을 시켜 태그 온톨로지 데이터를 생성한다

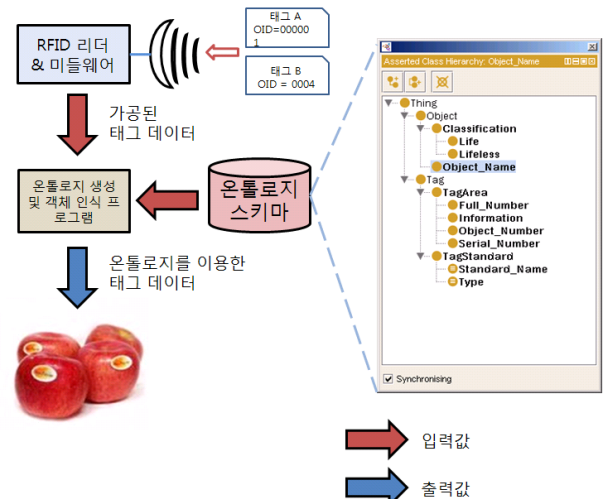


그림 9- 태그 온톨로지 데이터 생성 프로그램 구성도

4.4 구현 및 실험

본 논문에서는 RFID 태그 데이터를 위한 태그 온톨로지 스키마와 RFID 태그 데이터를 맵핑시켜 RFID 태그 온톨로지 데이터를 생성하는 프로그램을 구현하였다. 추가적으로 생성된 온톨로지 데이터를 이용하여 이기종 RFID 태그 데이터의 객체 정보 일관성을 파악할 수 있는 기능을 추가하였다. 본 프로그램은 VS .Net 2008 C#을 이용하였으며 900MHz 대역의 ER9501과 동대역의 수동형 RFID 태그를 사용하였다.

4.4.1 온톨로지 생성 프로그램

RFID 태그 데이터의 내용을 입력 받아 태그 온톨로지에 맵핑시킨다. 프로그램의 입력란에 태그의 표준, 작동 형태 정보와 실제 태그 코드 및 객체 번호, 시리얼 번호, 부가 정보를 입력하게 되면 OWL로 작성된 태그 온톨로지 스키마에 입력이 된다. 입력되는 태그 데이터는 인스턴스(Instance, or Individual) 형태로 저장이 된다. 그림 10은 온톨로지 생성 프로그램의 실행 화면으로써 태그의 세부 정보 및 태그가 표현하는 객체의 정보를 입력 받아 태그 온톨로지 스키마에 저장한다.

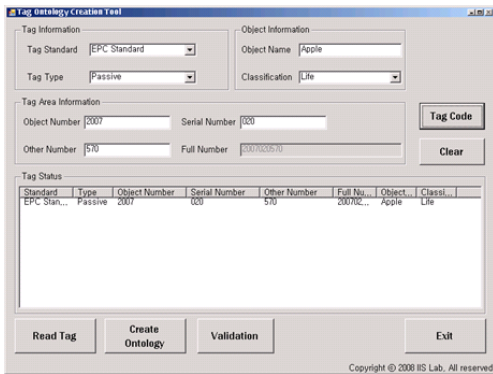


그림 10 - 온톨로지 생성 프로그램

생성이 완료된 태그 온톨로지 데이터는 XML 유효성 검사를 통해 문법적 오류(syntax error)가 없는지 확인한다.

4.4.2 객체 인식 프로그램

이기종 태그 간 정보의 일관성을 실험하기 위해 태그 온톨로지 데이터를 사용한 경우와 사용하지 않은 경우로 프로그램을 개발하였다. 그림 11은 객체 인식 프로그램의 실행 화면으로써 리더로부터 읽어 들인 태그 데이터를 화면에 출력한다. 태그 데이터 중 온톨로지가 생성되어 있을 경우, 화면 우측 중간의 Using Tag Ontology 부분에 태그 정보가 표현이 되며 같은 객체를 표현하는 다른 태그 정보가 화면 하단의 Matched Tag Information에 출력된다.

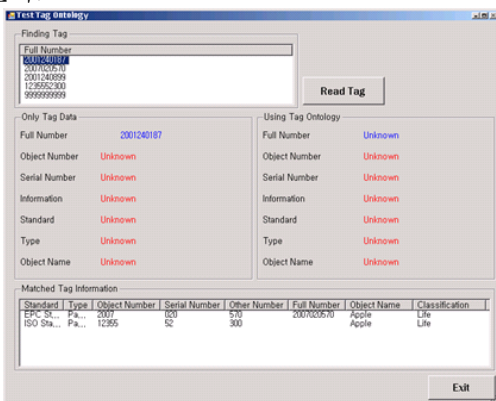


그림 11 - 객체 인식 프로그램

리더로부터 전송 받은 태그 데이터는 미들웨어를 거쳐 스트림 형태의 데이터를 생성한다. 객체 인식 프로그램에서 정책이 다른 태그 데이터를 사용하게 되면 객체 정보를 나타낼 수 없게 된다. 그림 12는 태그 온톨로지 사용 유무에 따른 정보의 출력 결과이다. 태그 온톨로지 데이터를 사용할 경우, 서로 다른 태그 데이터가 온톨로지로 표현된다. 그림 13는 리더로부터 읽힌 태그 데이터 외에 같은 객체에 대한 정보가 온톨로지로 표현이 되어 있을 경우, 이를 화면에 출력한다. 따라서 객체 온톨로지와 연관 관계를 나타냄으로써 태그 데이터 형태를 여러 번 바꾸지 않고도 여러 응용 프로그램에 사용할 수 있게 했고 이기종 태그, 정책, 응용 프로그램 간 발생하는 정보의 불일치 및 비호환성을 해결했다.

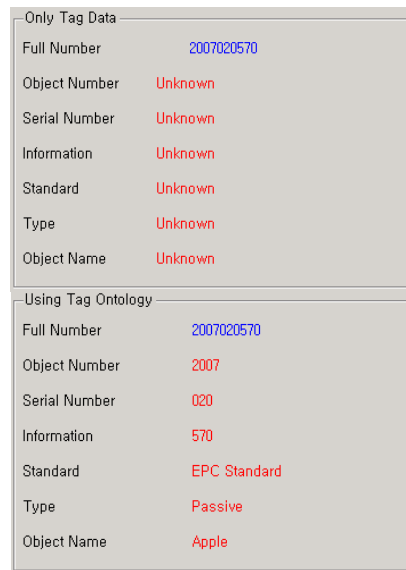


그림 12 - 태그 온톨로지 사용 유무에 따른 출력 정보

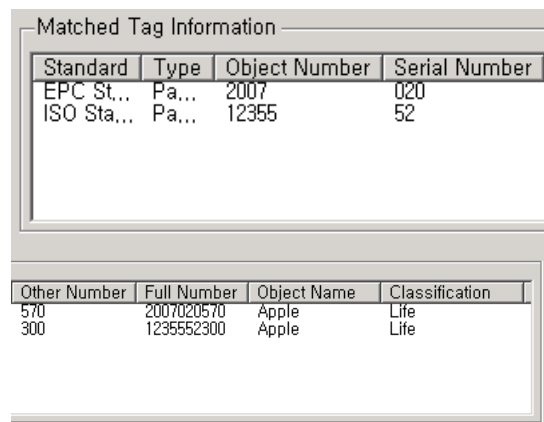


그림 13 - 객체 정보가 일치하는 서로 다른 태그 데이터

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 온톨로지를 이용하여 RFID 태그 데이터의 형태를 수시로 변환하는 문제를 해결하였다. 온톨로지로 변환된 태그 데이터는 데이터 형태의 재가공이나 데이터 형태에 맞게 응용 프로그램을 수정하는 불편함을 덜어주고 이기종 RFID 시스템 환경에서도 시스템의 변경이 없이 온톨로지 태그 데이터를 사용할 수 있다. 또한 태그 정보에 온톨로지를 맵핑하여 태그 온톨로지 데이터를 생성하는 프로그램과 생성된 태그 온톨로지 데이터를 이용하는 객체 인식 프로그램을 통해 태그 정보의 일관성을 확인할 수 있다. 이를 바탕으로 이기종 환경하에 작동하는 RFID 시스템 및 이를 사용하는 응용프로그램에서 상호 운용성이 보장된 태그 데이터를 사용할 수 있다. 예를 들어 서로 다른 상품을 생산하는 생산자와 상품을 판매하거나 소비하는 소비자에 이르기까지 동일한 RFID 시스템을 사용할 필요 없이 RFID 태그 정보를 이용할 수 있다. 태그 데이터에 온톨로지를 사용함으로써 태그 데이터 변환에 대한 부담을 감소 효과뿐만 아니라 특정 RFID 시스템을 사용하는 장소에서 RFID 시스템이나 응용프로그램을 교체하는 비용을 획기적으로 줄일 수 있게 된다. 또한 온톨로지로 작성된 태그 데이터를 웹 온톨로지와 연동하여 RFID 태그 데이터와 웹 상에 존재하는 관련 데이터를 연동시킬 수 있는 장점을 갖는다. 이를 이용하여 한정된 정보만을 제공하는 정보 시스템의 한계를 무한한 정보가 존재하는 웹으로 확장할 수 있는 발판을 마련하였다. 향후 작성된 태그 온톨로지를 이용하여 웹에 존재하는 온톨로지와 연동하여 RFID 온톨로지 태그 데이터를 이용한 정보시스템을 구축함으로써 의사 결정 및 사용자가 원하는 객체 정보를 추론할 수 있는 시스템으로 연구를 확장할 수 있다.

참고 문헌

- [1] Mark Weiser(1991). "The Computer for the Twentieth-First Century", Scientific American, 265(3), 1991.
- [2] <http://www.epcglobalinc.org/standards/ale>
- [3] K. Finkenzeller(1999), RFID Handbook, John Wiley and Sons
- [4] 김영일 외(2005). "RFID 미들웨어 기술 동향 및 응용 사례", 정보처리학회지, 제12권 제5호
- [5] M. Uschold(1996). "Ontologies:Principles, methods and applications," Knowledge Engineering Review, vol.11, no. 2
- [6] DongWon Jeong(2006). "Ontology-Based RFID System Model for Supporting Semantic Consistency in Ubiquitous Environment," Computational Intelligence and Security, 2006 International Conference on vol. 1, November 2006
- [7] 박병섭(2007), "대용량 데이터 처리를 위한 XML 기반의 RFID 미들웨어 시스템," 한국콘텐츠학회논문지 '07 vol. 7 no. 7
- [8] Taesu Cheong(2006). "REMS and RBPTS : ALE-complicant RFID Middleware Software Platform," Advanced Communication Technology, 2006. ICACT 2006. The 8th International Conference vol. 1 pp. 20-22 Feb. 2006
- [9] 서희(2006). "온톨로지 자동구축을 위한 OWL의 어휘와 구문 사용 방법에 대한 이론적 연구," 한국도서관 정보학회, 한국도서관 정보학회지 제 37권 제 2호, 2006. 6.
- [10] <http://protege.stanford.edu/>
- [11] <http://pellet.owldl.com/>
- [12] Vuayan Sugumaran(2002). "Ontologies for conceptual modeling : their creation, use, and management," Source, Data & Knowledge Engineering archive vol. 42, Issue 3.
- [13] Alexander Smirnov(2008), "RFID-Based Intelligent Logistics for Distributed Production Networks," First International Conference, LDIC 2007, Bremen, Germany