

RDF(Resource Description Framework) 기반 물류 정보 모델 구축 및 응용에 관한 연구

전홍배^{1*} · 서효원²

¹홍익대학교 정보산업공학과 / ²한국과학기술원 산업공학과

RDF Based Logistics Data Modeling and Applications in the Ubiquitous Environment

Hong-Bae Jun¹ · HyoWon Suh²

¹Dept. of Industrial and Information Engineering, Hongik University, Korea

²Department of Industrial Engineering, KAIST, Korea

Recently, due to emerging technologies such as radio frequency identification(RFID), global positioning system(GPS), and wireless mobile communication technologies, it is possible to build up the infrastructure for tracking and tracing product logistics data at any place and at any time. However, for implementing the infrastructure, it is necessary to develop a suitable management method for product logistics data. To this end, this study deals with a resource description framework(RDF) based modeling and application method for product logistics data in the ubiquitous environment. It will give us the capability to control product logistics data, which leads to streamline logistics operations.

Keyword: RDF, logistics, data model, tracking

1. 서론

일반적으로 제품이 만들어져서 폐기되기까지, 제품 전체 라이프 사이클 동안, 수많은 물류 관련 데이터들이 생성되어 진다. 이를 크게 BOL(Beginning of Life), MOL(Middle of Life), EOL(End of Life), 세 단계의 데이터들로 나누어 볼 수 있다. 예를 들어, BOL 단계에서는 제품 설계 및 생산과 관련된 데이터들이 생성되어 지고, MOL 단계에서는, 제품의 유통 및 고객의 사용, 그리고, 유지/보수 및 서비스 물류와 관련된 데이터들이 생성되어 진다. 그리고 EOL 단계에서는 수명이 다한 제품의 수집(Collection)에서부터, 해체(Disassembly), 재제조(Remufacturing) 과정을 거쳐, 리사이클링(Recycling), 재사용(Reuse) 및 폐기(Disposal)

되기까지의 역물류(reverse logistics) 관련 데이터들이 생성되어 진다.

지금까지의 물류 관리는 바코드를 이용한 SKU(Stock Keeping Unit) level의 데이터 관리가 BOL과 MOL단계를 중심으로 이루어져 왔다. 하지만, 지난 10여 년 동안, 인터넷, RFID(Radio Frequency Identification), GPS(Global Positioning System), GIS(Geographical Information System), 제품의 온도 및 박테리아 등을 감지할 수 있는 다양한 센서 기술 및 무선 통신을 기반으로 하는 첨단 기술들의 등장 이 제품 자동 인식에 대한 기술(product identification technology) 발달을 유도하면서, 물류 데이터 관리에 대해 가지고 있었던 우리의 고정 관념들을 변화시키고 있다. 이 제는 이러한 첨단 제품 인식 기술들 덕분에, 제품 생산을 위한

본 논문은 정석물류학술재단 지원에 의하여 연구되었음.

*연락처 : 전홍배 교수, 121-791 서울 마포구 상수동 72-1 홍익대학교 정보산업공학과, Fax : 02-336-1130,

E-mail : hongbae.jun@hongik.ac.kr

2007년 12월 접수, 1회 수정 후 2008년 02월 게재확정.

원자재 조달에서부터 수명이 다 한 제품의 재사용 및 폐기에 이르기까지, 제품 라이프 사이클 전체(BOL, MOL, EOL) 물류에 걸쳐서 장소와 시간의 제약없이, 제품 상태 데이터들을 SKU level이 아닌 item level에서 모니터링 및 추적 관리할 수 있는, 이른바 ‘유비쿼터스 물류 관리’ 시대를 맞이하고 있다. 유비쿼터스 물류 관리 환경하에서는 제품 자동 인식 기술들을 이용함으로써 인해서, 기존의 물류 관리가 다루지 못했던 세밀한 부분의 정보까지 파악할 수 있고, 이를 통해, 기존의 물류 관리가 지향했던 목표, 즉, 시스템의 왜곡 현상(Bullwhip effect)을 줄이고 고객의 요구에 신속한 대응이 진정으로 가능하도록 하게 만든다. 비록 이를 위해서 아직 해결해야 할 수많은 기술적인 문제들이 있기는 하지만, 이것이 향후의 물류 관리 방향이라는 것에 대해서는 누구도 부인하지 않는다.

하지만, 이러한 유비쿼터스 물류 환경하에서 item level의 물류정보 관리는 수많은 데이터의 생성을 야기시킨다. 예를 들어 하나의 제품 item에 부착되어 있는 RFID tag만 살펴보더라도 전체 물류의 흐름 동안, 물류 관련 데이터가 자동으로 수십 번 혹은 수백 번 기록되어지고, 이러한 데이터가 적절한 시점에 데이터 서버로 옮겨지기 때문에, 수많은 제품들을 다루는 실제 물류에 있어서는 다루어야 할 데이터의 양이 무지 방대하다 할 수 있겠다. 이는 곧 물류 메타 데이터 및 정보에 대한 효율적인 관리가 필요하게 되었음을 의미한다. 이를 위해서는 item level의 물류 메타 데이터 모델에 대한 디자인이 절실히 필요하다 할 수 있다. 또한, 이렇게 정의된 메타 데이터 모델을 활용하기 위해서는 손쉽게 물류 데이터들을 검색할 수 있어야 하며 축적된 물류 메타 데이터들을 통해 유용한 정보들을 추론할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 데이터 모델을 효율적으로 추적 및 추론할 수 있는 응용 방법에 대한 개발이 또한 필요하다 할 수 있다.

지금까지 물류 관련 연구들이 여러 부문에 걸쳐서 많이 수행되어져 왔다. 예를 들어, SKU level 및 item level 제품들의 효율적인 공급/분배 계획 및 스케줄링을 위한 수많은 연구들이 수행되어져 왔다. 하지만 많은 연구들이 필요로 하는 물류 관련 정보들은 주어진다 가정했으며, 어떻게 그러한 정보들이, 특히 item level의 데이터들이, 저장되어지고 추출되어지는지에 대한 연구는 미흡했다 할 수 있다. RFID 기술의 물류 응용에 관해서는, 주로 RFID tag와 Product ID schema에 대한 기술적인 프레임워크에 초점을 맞추어 왔으며, 이와 관련한 정보 모델링에 대한 연구는 아직 초기 단계라 할 수 있다. 또한, item level의 제품 데이터 인식을 위한 product ID schema에 대한 표준화 작업이 국제적으로 진행 중이며, EPC(Electronic Product Code)와 같은 *de facto* 표준이 자리를 잡아가고 있기는 하지만, 이런 RFID 기술 및 Product ID schema와 연계해 유비쿼터스 환경하에서 어떻게 item level의 물류 메타 데이터를 모델링하고 응용할 것인지에 대한 연구가 부족했다 할 수 있다.

본 연구에서는 이러한 기존 연구들의 제한점들을 해결하기 위해, semantic web 구축의 한 도구인 RDF(Resource Description

Framework) 언어를 응용하여, 동적으로 변화하는 물류 메타 데이터 정보들을 효율적으로 모델링 할 수 있는 RDF 참조 모델을 제시할 것이다. 이와 더불어 물류 데이터들을 추적(tracking and tracing) 및 추론(inference)할 수 있는 방법들을 RQL(RDF query language) 언어를 사용하여 제시할 것이다. 또한, 실 사례 연구로서 항공기 부품 보전 물류 모델을 바탕으로 본 연구의 내용을 적용해 볼 것이다.

2. 과거 문헌 연구

지금까지 유비쿼터스 환경하에서 물류 관련 데이터들을 효율적으로 처리하기 위한 많은 연구들이 수행되어져 왔다. 이를 크게, 물류 관련 유비쿼터스 기술, 물류 관리 관련 국제 표준 및 동향, 물류 정보 관리에 관한 기존 연구들로 나누어 살펴보기로 하자.

첫째로, 물류 관련 유비쿼터스 기술 중 핵심인 제품인식 기술 관련해서는 RFID, GIS/GPS, Product ID code 관련 기술 등에 대한 많은 연구들이 수행되어져 왔다. 예를 들어, Keskilammi와 2인(2003)은 자동화 된 생산 시스템과 로지스틱 운용에 적합한 RFID 시스템 디자인에 대한 연구를 수행하였다. Brewer *et al.*(1999)은 GPS, GIS, RFID 기술등을 이용해 어떻게 공급망 상에서 효율적인 제품 추적을 할 수 있는지에 대해서 논하였다. Saar and Thomas (2003)는 PLM에서 원자재 및 제품에 바코드와 RFID tag를 어떻게 접목시킬 수 있는지에 대해 논하였다. 특히, RFID 기술이 제품 생산과 판매 유통뿐 아니라 리사이클링, 재사용 등 EOL 관리를 효율화하는데 기여할 수 있다고 언급하였다. Hans *et al.*(2004)은 자동차 범퍼의 리사이클링에 RFID 기술을 응용하는 예를 들면서, 역물류에서의 RFID의 활용성에 대해 언급하였다. 최근 들어, Kim and Lee (2007)는 RFID 기술이 물류관리에 어떻게 영향을 미치는지를 파악하기 위한 ROI 분석모형을 제시하였다.

제품 인식 기술들에 대해서는 비단 하드웨어에 관한 기술뿐만 아니라, 소프트웨어 측면에서도 여러 연구들이 수행되어져 왔다. 주로, 어떻게 제품 ID와 제품관련 데이터들을 효율적으로 인지하고 얻을 수 있을 것인지에 대해 초점을 맞추었다. 예를 들어, Parlindak *et al.*(2003)은 EPC(Electronic Product Code), Savant, ONS(Object Name Service), PML(Physical Markup Language)로 구성된 AUTO-ID 개념을 제시하였다. 이를 좀 더 자세히 살펴보면, RFID tag에 어떻게 제품 ID를 효율적으로 부여하는지를 설명하기 위해 EPC를 제안했으며, 제품 ID와 연계된 제품 라이프 사이클 정보들을 사용자가 웹 상에서 볼 수 있게 하기 위해 인터넷 기술의 DNS(Domain Name Service)와 비슷한 역할을 하는 ONS를 제안하였고, RFID tag와 reader간에 발생하는 커뮤니케이션을 처리하기 위한 방법으로 middleware 역할을 하는 Savant를 제시하였다. 또한, XML(eXtensible Markup Language) 기반의 PML 언어를 제품 라이프 사이클 정보를 표현하기 위해 제안하

였다. 한편, 일본의 유비쿼터스 ID센터(www.uidcenter.org)에서는 바코드, RFID tag, 스마트 카드등과 같은 매체를 통해 제품 정보를 인식하기 위한 방법으로, 128비트 길이의 Ucode(Unique code)를 제안하였다. 또한, Huvio *et al.*(2002)은 웹 상에서 제품관련 정보를 참조하고 수정할 수 있는 middleware 시스템(일명 Dialog)을 개발하면서 제품에 고유 ID를 부여하고, 웹 상에서 물류 정보를 공유하기 위한 방법으로 ID@URI 개념을 제시하였다.

둘째로, 물류 관리 관련 국제 표준 및 동향을 살펴보면 다음과 같다. 물류 관리 관련해서는 이미 많은 부분에 걸쳐서 RFID specification의 표준화가 진행 중이다. RFID tag와 안테나 간의 에어 인터페이스 또는 프로토콜 등의 국제 표준이 추진 중에 있으며 SCM 응용 RFID tag의 표준은 이미 물류 분야와 판매 유통 분야에 대해서 표준이 제정되어져 있다(ISO 17363~17367)(KATS, 2006). 한편, 국제 표준을 주도하는 ISO와 IEC는 합동기술위원회(JTC1: Joint Technical Committee 1) 내에 31번째 SC(Sub-Committee)의 워킹그룹 중 WG4에서 RFID 표준화를 추진하고 있으며, SC31/WG4 내에 다시 4개의 서브그룹(SG)이 분야별 표준화를 진행하고 있다. RFID 시스템의 핵심인 주파수 대역별 통신규약(Air Interface) 표준화는 SG3에서 진행하고 있으며, 그 외 시스템간 인지할 수 있는 데이터 프로토콜 표준화는 SG1에서, RFID 태그의 유일식별을 위한 번호부여 방법 표준화는 SG2에서 각각 진행하고 있다. 또한 RFID 활용을 위한 요구사항을 명확히 하기 위해 별도의 ARP(Application Requirement Profile) 그룹이 있어 표준적 응용 조건도 논의되고 있다(ETRI, 2004). 이 밖에, 최근 들어서, RFID 기술들을 산업계 전반으로 확산시키기 위해, 전세계적으로 많은 산학 협동 연구 과제들이 수행되어지고 있다. 대표적인 프로젝트로는 미국 MIT의 AUTO-ID 센터와 국방성등이 1999년에 스마트 태그에 대한 연구개발을 추진하기 시작한 것이 계기가 되어, 현재는 미국의 MIT, 영국의 캠브리지, 일본의 게이오 대학, 스위스의 St. Gallen 대학등이 주도하고, 수많은 글로벌 기업이 참여하는 AUTO-ID 센터의 EPCglobal 프로젝트가 진행 중에 있다. 이 프로젝트를 통해, 위에서 언급한 AUTO-ID의 개념과 EPC 제품 인식 코드를 국제 표준화하는 것을 목표로 하고 있다. EPCglobal이 분류한 5가지의 RFID tag 클래스 중에서, 주로 class 1과 class 2와 같은 passive tag들이 물류 관련 RFID tag로 적합하다 할 수 있다.

마지막으로, 물류 정보관리에 관해서도 적지 않은 연구들이 그동안 수행되어져 왔다. 예를 들어, Ferguson and Browne (2001)은 자동차 recycling 산업을 대상으로 역물류에 필요한 정보들과 정보흐름에 대해서 다루었다. Choi *et al.*(2002)은 제품 service와 maintenance에 관련한 물류에 있어서 인터넷 기반 에이전트의 의사소통을 위한 정보 공유 및 교환 방법으로 RDF/XML 기반의 에이전트간 메시지 프로토콜을 갖는 아키텍처를 제시하였다. Främling *et al.*(2004)은 객체지향 프로그래밍 개념을 어떻게 product agent 기반 물류 정보관리 모델 구축에 활용할 수 있는지를 언급하였다. 그들은 다수의 공급자가 존재하는 공급망

관리를 위한, 분산 agent 기반의 정보 모델 구축에 객체지향 프로그래밍 개념이 적용될 수 있음을 보여주었다. 최근, Gan *et al.*(2006)은 RFID 기반의 item level 물류 정보의 추적 관리를 위한 시스템 아키텍처와 데이터 모델링의 필요성에 대해서 언급하였다. 그들은 모든 물류 아이템들에 RFID tag가 부착된 상황을 가정하고 item level의 정보들을 추적 관리하기 위해 필요한 RFID와 middleware의 요구사항들에 대해 개괄적으로 설명하였고, item record의 schematic view에 대해 짚막하게 언급하였다. Woo *et al.*(2006)은 공급망 상의 제품 이동을 계획하고, 제품이 계획에 따라 이동할 때 발생하는 정보를 실시간으로 모니터링하고 통제할 수 있는 제품 상태 기반의 물류 통제 시스템을 설계하고 개발하였다. 이를 위해 그들은 첫째, 공급망에서 발생하는 제품 상태의 정의와 상태 변화의 흐름을 state chart로 표현하고, 둘째, 공급망에서의 폐쇄형관리 패러다임을 통한 제품 통제(감시 및 예외처리)를 정의하였으며, 셋째, temporal data modeling을 통해 RFID 데이터 기반의 Database를 설계하고, 마지막으로, Publish/Subscribe 모델을 통해 효율적인 제품 상태 기반의 물류 통제 시스템 아키텍처를 설계하였다. 최근에 Chang and Lee (2007)는 항공수하물 프로세스의 전 과정에 RFID를 적용하였을 경우의 운영 프로세스를 소개하였으며, 시범테스트를 통해 나타난 이점과 문제점들을 기술하였다.

지금까지 살펴본 바와 같이 비록 이렇게 많은 물류 관련 연구가 여러 부문에 걸쳐서 수행되어져 왔지만, 유비쿼터스 환경하에서 어떻게 item level의 물류 정보들을 모델링하고 응용할 것인지에 대한 연구는 아직 부족한 실정이라 할 수 있다. 기존 문헌들에서 RFID 기술의 물류 응용에 대한 언급들은 있어 왔지만, 피상적이거나 체계적이지 못했으며, 특히 item level의 물류 정보 모델링 및 응용에 대한 연구가 부족했다고 할 수 있다. 이와 더불어, 비록 product ID schema에 대한 표준화 작업이 국제적으로 진행 중이며 EPC와 같은 de facto 표준이 있기는 하지만, 이와 연계해 물류 메타 정보를 모델링하고 응용하는 연구는 아직 초기 단계라 할 수 있겠다. 유비쿼터스 환경에서 item level의 물류 관리는 실시간 모니터링을 통한 피드백으로 수많은 계획과 통제를 수반할 것이다. 현실 물류 상황에서 계획과 통제는 시간 및 위치 정보 속성을 동반한다. 시간과 위치 정보에 따라 계획과 통제의 변수가 달라지기 때문에 시간 및 위치 정보 속성과 그에 종속될 여러 물류 객체 데이터들의 메타 데이터 관계의 표현을 고려하는 동적인 데이터 모델이 필요하다. 또한 이러한 데이터 모델은 인터넷 환경에서 쉽게 공유가 가능해야 한다. RDF 모델은 이러한 요건을 모두 충족시켜줄 수 있는 모델링 방법으로 차세대 Semantic Web 구축을 위한 주요 언어로서 주목을 받고 있다. 따라서 본 연구에서 제시하게 될 RDF를 이용한 item level의 동적인 물류 데이터 관리를 위한 참조 모델의 제시는 추후 수행되어질 수많은 item level 물류 개선 연구들을 위한 기반 연구가 될 수 있을 것이다. 또한, 이러한 RDF 모델을 바탕으로, RQL 및 데이터 마이닝 기법을 이용한 추적 및 추론 알고리즘들의 개발은, 물류 데이터의 특

성을 감안한 효율적인 검색을 위해서 반드시 필요하다 할 수 있다.

3. RDF 기반 물류 데이터 모델링 및 응용방안

3.1 RDF(Resource Description Framework)와 물류 데이터

수많은 item level의 물류 데이터들을 효율적으로 관리하기 위해서는, 무엇보다도 데이터들간의 메타 데이터 모델링이 선행되어야 한다. 메타 데이터란 데이터를 위한 데이터로, 데이터의 속성 및 데이터간의 관계를 설명하는 정보이다. 메타 데이터는 정보 자원의 통제 및 탐색 기능을 지원해 주는 역할을 하기 때문에 데이터 관리에 있어서 이의 중요성이 점점 커지고 있다. 수많은 item level의 물류 데이터들이 자동으로 생성되어지는 유비쿼터스 물류 환경하에서는, 동적으로 변화하는 물류 데이터의 효율적인 저장 및 검색을 위해서 메타 데이터에 대한 관리가 매우 중요한 역할을 할 것이다. RDF(Resource Description Framework)는 이러한 메타 데이터를 모델링하기 위해 W3C(World Wide Web Consortium)에서 제안한 모델링 언어로 XML(eXtensible Markup Language) 언어를 기반으로 한다(W3C 2004a; W3C 2004b; W3C 2004c).

RDF는 레코드를 하나의 기술 단위로 취급해 온 기존의 방식과는 달리, 자원(Resource), 속성(Property), 속성 값(Value)을 하나의 단위로 취급하는 Triple 개념이 핵심이라 할 수 있다. RDF에서는 각각의 자원 및 속성들이 URI(Uniform Resource Identifier)라는 고유 식별자를 가진다. 하나의 자원은 그 형태에 관계없이 URI로 식별 가능한 모든 객체를 의미하며, 하나의 자원은 여러 개의 속성 유형과 속성값을 가질 수 있다(W3C, 2004a; W3C, 2004b; W3C, 2004c; W3C, 2004d). 본 연구에서는 물류 관련 데이터(즉, 물류 item, RFID reader, 물류 처리 장비 등) 하나 하나가 자원이라고 할 수 있다. 속성이란 자원을 기술하기 위한 특질, 관점, 태도 및 관계 등을 나타내는 것으로 속성 그 자체가 다른 속성의 값이 되기도 하며, 또는 그 자신이 또 다른 속성을 가질 수 있다. 물류 데이터의 예를 들자면, 물류 item의 도착시간, 처리 자원의 ID, 다음 목적지 등이 물류 데이터의 속성이라고 할 수 있겠다. RDF에서는 동일 어의를 가진 여러 표현들간의 불명확성을 해결하기 위해 XML의 Namespace 기법을 사용한다. 즉, XML namespace에 미리 정의되어진 자원 및 속성들을 이용함으로써 상호간 의미 충돌을 막게 된다. RDF에서는 또한 RDF 기술문 내에서 사용되는 어휘들에 대한 정의를 제공하는 메타 데이터 스키마를 URI로 선언해 줌으로써 새롭게 작성된 메타데이터 어휘를 기계 해독이 가능하도록 처리해 준다(W3C, 2004a; W3C, 2004b; W3C, 2004d; W3C, 2004e).

본 연구에서는 다음과 같은 RDF의 장점들 때문에 물류 데이터 모델링에 RDF를 적용하고자 한다.

- 1) RDF 언어는 각 모델링 객체들이 고유의 ID를 갖는다는 가정 하에서 정의되어지기 때문에, 고유의 ID를 가지고 있는 RFID tag를 이용해 물류 item 및 장비들의 수행 데이터를 자동으로 얻을 수 있는 유비쿼터스 물류 환경에 가장 적합한 정보 모델링 방법이라 할 수 있다. 또한, 고유 ID와 매핑되는 모델링 객체들(예, 제품, 컨테이너, 작업자 등)에 대한 정보를 물류의 흐름 동안 웹상의 고유한 장소에서 관리하게 되면, 시스템, 사용자 환경에 구애받지 않고 물류 정보를 일관되게 수집, 저장 및 사용할 수 있다. 이는 여러 조직들이 필히 관여하게 되는 물류 정보 관리 환경을 고려할 때 interoperability 측면에서 큰 이점이라고 할 수 있다.
- 2) RDF는 XML언어에 비해 flexible하다. 자원에 대한 속성 표현을 세밀하게 할 수 있기 때문에 이로 인해 자원에 대한 정교한 기술이 가능해지고, 자원들 간의 관계 설정이 속성을 통해 무한으로 가능해지게 된다. 이는 시간의 흐름에 따라 혹은 필요에 의해, 수많은 데이터들이 생성되어질 수 있는 물류 데이터 관리에 적합하다 할 수 있다.
- 3) RDF에서는 동일한 내용은 항상 동일한 RDF 구문으로 표현되어진다. 이에 반하여 XML 모형은 동일 내용에 대해 다양한 표현들이 가능하기 때문에, 따라서 이를 논리적인 트리로 매핑하는 다양한 방법이 존재한다. 따라서 XML 트리에 대한 질의가 복잡하다 할 수 있다(Berners-Lee, 1998). 이는 물류 데이터의 이용에 있어서, 표준화 문제를 생각해 볼 때 XML에 비해 RDF가 갖는 큰 이점 중에 하나라고 할 수 있다. 즉, 새로운 물류 데이터들이 나중에 생성되더라도 RDF 모델하에서는 데이터 구조의 큰 변화없이 새로운 데이터들을 추가할 수 있으며, 나중에 이의 응용에 있어서도 기존의 응용 방법을 그대로 사용할 수 있다. 이러한 장점은 기존 AutoID 아키텍처에서 제안한 XML/PML(Physical Markup Language) 언어에 비해, 시간의 흐름에 따라 동적으로 변하는 물류 데이터 정보 모델링에 RDF가 왜보다 적합한 언어인지를 알게 해준다.

<Figure 1>은 RDF를 기반으로 어떻게 물류 정보 데이터를 모델링하고 응용할지에 대한 전체적인 프레임워크를 나타낸다.

제시한 프레임워크는 크게 다섯 개의 layer들로 구성되어 있다. 맨 밑에 layer는 일반적인 물류 데이터를 지칭하기 위한 layer이며, 그 위에 RDF를 이용해 물류 데이터를 모델링하기 위한 Meta data layer가 존재한다. 그리고 그 위에 물류 데이터의 RDF 모델을 좀더 일관되게 정의하기 위해 마련된 RDF 스키마 layer가 있다. RDF 스키마는 특정 메타 데이터에서 정의하고 있는 어휘들을 선언하기 위해서 사용되어지는 것으로, RDF 데이터 모형에서 제공하지 않는 속성 선언과 속성과 자원간의 관계를 정의하는 메커니즘을 제공하는 것이 RDF 스키마의 역할이다. 이를 통해 상이한 메타 데이터 형식들간의 어휘 확장과 재사용, 상호교환을 가능하게 해준다. W3C에서 이미 범용적인 RDF 스키마를 제시해 놓고 있으나, 이것만으로는 어플리케이션 특성을 반영할 수 있는 특정 메타 데이터 어휘들의 집합을

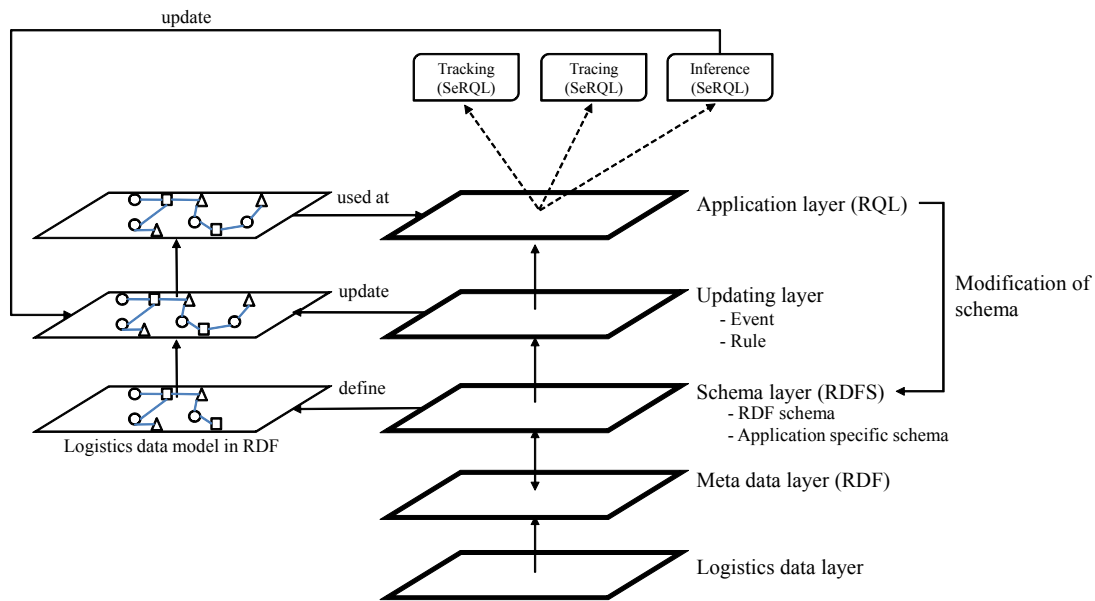


Figure 1. 연구 방법에 대한 전체적인 프레임워크

정의하기가 쉽지가 않다. 따라서 물류 관리를 위한 RDF 스키마의 정립이 필요하다고 할 수 있다. 이를 통해 RDF 데이터 모델에서는 물류 관리 관련해서 표현할 수 있는 어휘와 어휘들 간의 특성들을 참조할 수 있게 된다. 그리고 물류 네트워크상의 각 행위자들은 이러한 참조 모델을 바탕으로 데이터를 모델링하게 된다. 본 연구의 제 3.2장에서 RDF meta data layer와 스키마 layer에 대해서 보다 자세히 다루고자 한다.

수집되어진 물류 RFID 데이터들은 그 자체로서 많은 정보를 가지고 있지 못하다. 일련의 RFID 데이터들의 해석을 통해서 의미있는 정보를 얻어낼 수 있다. 이러한 정보들은 향후 이용을 위해서 기존의 데이터 모델에 추가되어야 한다. Updating layer가 바로 이러한 역할을 해준다. 위에서 언급한 RDF 모델과 RDF 스키마는 물류 관련 정보들을 체계적으로 표현만 할 수 있을 뿐이지 그 이상도 그 이하도 아니다. 따라서 이의 활용을 위해서는 활용 시나리오별로 물류 데이터에 대한 추적 및 추론 방법의 개발이 필요하다고 할 수 있다. 이를 위해 필요한 것이 Application layer이다. Updating layer와 Application layer 관련해서는 본 연구의 제 3.3장, 제 3.4장 및 제 3.5장에서 보다 자세히 다루기로 한다.

3.2 물류 데이터 관리를 위한 RDF 데이터 모델

<Table 1>은 물류관련 application에서 쓰이는 객체 및 속성들에 대한 예를 들어 놓은 것이다. <Table 1>에서 주요 구성 요소들은 RDF 구문에서의 Object 및 subject이 될 수 있으며, <Table 1>의 속성들은 RDF 구문에서의 Predicate과 매칭된다 할 수 있다.

실제 물류 작업에서는 다음과 같은 정보들이 기록되어질 것이다. “Tag ID321이 2007년 1월 8일 13시 24분 6초에 Reader

ID0321에 의해서 읽혀졌다.” “Reader ID0321은 factory site 01에 위치에 있다.” 실제 RFID tag 사용시, 특정 시점마다 위와 같은 수많은 RFID tagging 데이터들이 RFID tag와 RFID reader간의 communication을 통해 특정 데이터 서버에 기록되어 질 것이다. 본 연구에서는 이러한 데이터들을 간단하면서도 체계적으로 표현하기 위한 한 방안으로, 앞서 말했듯이, RDF 모델을 사용

Table 1. 물류 데이터를 위한 RDF모델의 주요 구성요소들과 그 속성들

주요 구성 요소들	속성들	
Object	Default	object_ID, object_description, object_status, located_at, maintenance_status, object_serial_number, customer_order_number, country_of_origin, modification_level, weight, hazard_material_code, etc.
	Plan	plan_ID, planning_date, plan_description
	Buy	dealer_ID, purchasing_date, customer_ID
	Make	manufacturer_ID, manufacturing_date, manufacturer_description
	Store	storage_ID
	Ship	shipping_ID, shipping_date, shipping_content
	Sell	seller_ID
	Return	return_ID, return_type
Reader	reader_ID, reader_description, reader_status, reader_type	
Time	timestamp_ID	
Location	location_ID, location_description	
Event	event_ID, event_type, event_description	

하고자 한다. 이 데이터 모델의 참조 모델역할을 하는 물류 데이터를 위한 RDF 스키마 모델(<Figure 2> 참조)은 다음과 같이 정의할 수 있다.

• Notations

- α RDF 스키마의 주요객체, $\alpha \in \{E, L, O, R, T\}$
- α_x 주요 객체의 속성 x
- $|\alpha_x|$ 주요 객체 속성 x 의 값
- E 이벤트
- L 위치
- O RFID tagging 객체
- R RFID 리더
- T 시간, $T = \{t_1, t_2, \dots\}$
- t_i 시점

• 정의의 RDF 스키마

물류데이터 표현을 위한 RDF 스키마는 directed labeled graph $G = (\Gamma, A)$ 으로 정의할 수 있다. 여기서 Γ 는 자원들 $\{\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_n\}$ 의 집합; A 는 directed arcs $\{a_1, a_2, \dots, a_m\}$ 의 집합을 의미하며, a_i 는 하나의 속성을 의미하며, directed arc위에 표기되어진다. Γ_k 와 a_i 는 다음을 만족해야 한다.

- (1) $\Gamma_k \in \{\alpha, \alpha_x\}$, $k \in \{1, 2, \dots, n\}$, $\alpha \in \{E, L, O, R, T\}$ 이어야 한다. 여기서 $a_l = (i, j)$, $l \in \{1, 2, \dots, m\}$ 는 $i \in \{\alpha, \alpha_x\}$, $j \in \{\alpha, \alpha_x, |\alpha_x|\}$, 그리고 $i \neq j$ 이어야 한다.
- (2) 만약 $(i \in R)$ 과 $(j \in L)$ 를 만족시키는 $a_l = (i, j)$ 가 특정 시점 t^* 에 대해 존재한다면, $(i \in O)$ 그리고 $(j \in L)$ 인 $a_l = (i, j)$ 도 특정 시점 t^* 에 대해 필히 존재해야 한다. 그리고 이 역에 대

한 경우도 항상 성립한다.

- (3) 만약 $(i \in R)$ 과 $(j \in T)$ 를 만족시키는 $a_l = (i, j)$ 가 존재한다면, $(i \in R)$ 과 $(j \in L)$ 인 $a_l = (i, j)$ 도 필히 존재해야 한다.

조건 (1)은 RDF 스키마에서 Γ_k 와 a_l 그리고 그들간의 관계에 대한 일반적인 제한 점을 기술한 것이며, 조건 (2)는 RFID tagging 객체와 RFID reader간의 관계 데이터를 RDF 구문에 필히 명시하기 위한 것이며, 조건 (3)은 RFID reader와 그 위치간의 관계를 RDF 구문에 반드시 명시하기 위해 필요한 것이다. 다음은 RFID tag와 RFID reader간의 communication에 의해서 데이터 서버에 저장되어질 RDF 데이터들에 대한 예이다.

```
<tag_ID321, is_read_at, 20070108.132406>,
<reader_ID0123, read_at, 20070108.132406>
<tag_ID321, located_at, factory site 01>
```

3.3 RDF 데이터의 processing과 update

RFID tag들과 reader들간의 communication에 의해서 수집되어지는 물류 데이터들은 적절한 필터링 방법을 통해 의미있는 데이터들로 다시 가공되어야 한다. 유비쿼터스 환경하에서 수없이 많이 발생할 수 있는 쓸모 없는 데이터들을 걸러내고, 물류 데이터의 추적 및 추론을 용이하게 하기 위해서라도 적절한 필터링 방법이 꼭 필요하다 할 수 있겠다. 여기서 필터링은 크게, 데이터의 중복 및 결여 여부를 체크하여, RDF 문법에 맞지 않거나 중복되는 데이터들을 제거해내는 1차 필터링과, 문법적으로는 맞지만, 수많은 단순 데이터로부터 의미있는 정보를 뽑아내는 2차 필터링으로 나누어 볼 수 있다. 본 연구에서

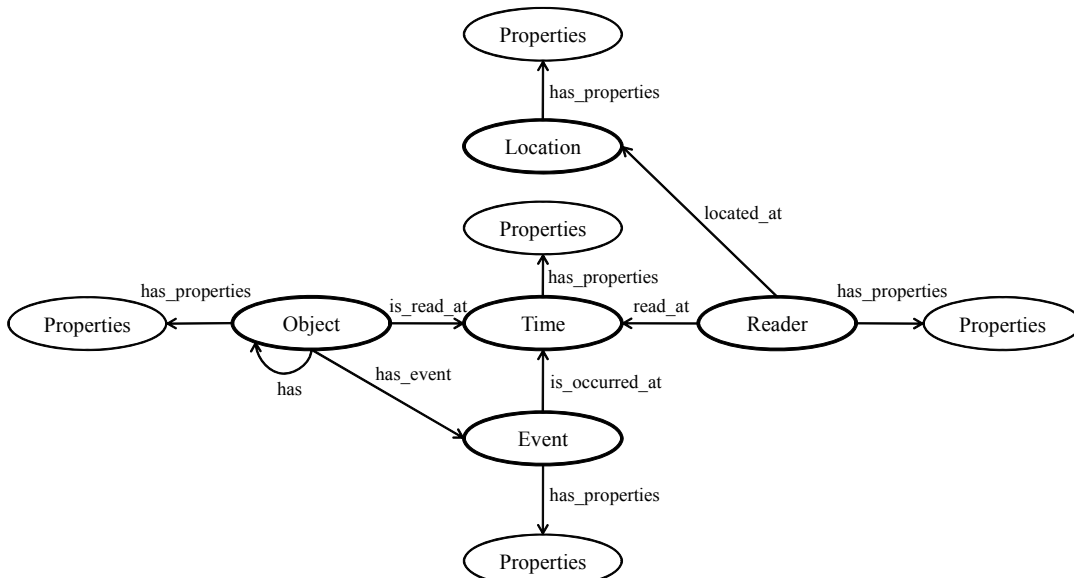


Figure 2. 물류 메타데이터를 위한 RDF 스키마

가정하는 물류 데이터들은 1차 필터링은 수행되어진 것으로 가정하고, 2차 필터링에 초점을 맞출 것이다. 이를 위해 본 연구에서는 event 및 event들 간의 관계를 표현할 수 있는 situation을 정의하고, RDF query(SeRQL)를 이용해, 목격된 RFID 데이터들이 의미있는 정보인지 아닌지를 판단할 것이다. 마지막으로, 이렇게 필터링 되어진 의미 있는 데이터들은 다시 추후 사용을 위해 데이터 모델에 다시 업데이트되어야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 찾아낸 의미 있는 정보들을 SeRQL의 CONSTRUCT를 이용해 RDF 모델에 새로운 정보로 추가할 것이다. 아래는 event 및 situation에 대한 정의와 event들 사이의 관계를 표현할 수 있는 situation 그래프에 대한 예이다. SeRQL의 CONSTRUCT에 대한 예, 즉, 의미있는 정보들에 대한 업데이트 사례는, 제 4장 사례 연구, 추론부문에서 살펴보기로 한다.

• 정의 Event

Event(E)는 특정시점에서 발생한 단순하지만 의미있는 사실이다. 이는 단순한 RDF 기술문으로 표현할 수 있다. Event의 발생여부는 Boolean 변수값으로 표현을 한다. 예를 들어, event가 일어났으면 Boolean 변수값이 H, 안 일어났으면 N의 값을 갖는다.

• 정의 Situation

Situation은 event보다는 복잡한 의미있는 상황(사실)을 나타내는 말로 Event들 간의 관계로 표현되어진다. 수학적으로는 directed acyclic graph $G(E, A, \theta)$ 로 정의되어질 수 있다. 여기서 E는 event들의 집합, $E=\{E_1, E_2, \dots, E_n\}$ 을, A는 directed arcs의 집합, $\{a_i\}$ 을, 그리고 θ 는 event들 간의 관계를 나타내는 집합으로 $\theta = \{AND, OR\}$ 이다. AND는 바로 직전의 event들이 모두 H값을 가졌을 때에만 H값을 가지며, OR은 바로 직전의 event들 중 어느 하나만이라도 H값을 가지면 H값을 갖는다.

본 연구에서는 situation의 표현을 위해서는 <Figure 3>에서와 같은 situation 그래프를 이용한다. <Figure 3>에서 E_5 직전의 event들(E_2 와 E_3)중 어느 하나라도 사실이라면, 즉, 어느 하나라도 H값을 가지면, situation E_5 가 일어났다고 추론한다.

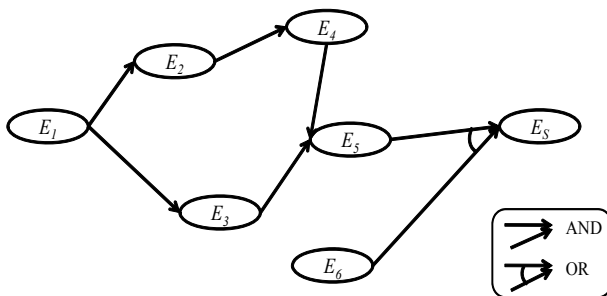


Figure 3. Situation graph

3.4 RDF 응용 프레임워크

지금까지 RDF 모델의 응용을 지원하기 위해 몇 가지의 RDF

응용 프레임워크들이 제시되어졌다. 예를 들어 Sesame, RDFsuite, JENA, SquishQL/Inkling, SquishQL/Ruby 등이 그것들이다. 이와 더불어 많은 RDF query 언어들이 제시되어졌다. 예를 들어, RQL, Sesame RDF query language(SeRQL), TRIPLE, RDQL, N3, 그리고 versa 등이 있다(Hasse et al., 2004). 본 연구에서는, 물류 RDF모델의 추적 및 추론을 위해 Sesame 프레임워크를 사용할 것이다. Sesame은 RDF 데이터 모델과 스키마 모델을 저장, 질의, 추론하기 위한 공개 자바 프레임워크로 RQL, RDQL, 그리고 SeRQL과 같은 세 개의 RDF 질의 언어들을 사용할 수 있다 (Šváb et al., 2004). 이 중에서 본 연구에서는 기존의 데이터를 검색하는 것뿐만 아니라 새로운 데이터를 기존 모델에 집어넣을 수 있는 ‘CONSTRUCT’쿼리가 가능한 SeRQL을 사용하고자 한다.

3.5 RDF 데이터 모델의 응용: 추적 및 추론 방안

물류 데이터의 응용은 크게 추적(Tracking과 Tracing) 및 추론(Inference)으로 나누어 생각할 수 있다. 추적은 크게 tracking과 tracing으로 나누어 볼 수 있다. Tracking은 특정 시간의 물류 관련 정보를 알고 싶을 때 수행되어진다. 따라서 시간 정보만 주어지면, 비교적 간단한 질의를 통해 원하는 물류 정보를 얻을 수 있다. 이에 반하여 tracing은 tracking과 같이 특정한 단일 시점의 물류 정보를 구하기보다는, 과거 특정 시간대들의 물류 데이터들을 검색하여 필요로 하는 정보를 구하는, 보다 복잡한 질의를 원할 때 사용되어질 수 있다. 예를 들어, 특정 조건을 만족시키는 물류 데이터들을 알아본다거나, 한 item에 대한 물류 history 정보를 알아 볼 때 사용되어질 수 있다. 이를 위해서는 보다 복잡한 물류 메타 데이터들의 연결 구조를 고려해야 하며, 이는 RDF 데이터 모델 및 스키마의 해석을 필요로 한다. 물류 데이터의 추론(inference)은 이미 축적되어진 물류 데이터들을 바탕으로 새로운 의미있는 물류 관련 정보를 만들어 내는 것이다. 새로운 정보는 event 혹은 일련의 event들(Situation)에 의해서 일어난다고 가정하고, 사용자가 먼저 event의 정의 및 event들간의 정보를 Situation graph로 표현한 후 추론을 행한다. 물류 작업에 있어서 Situation의 예로는 mishandling, containment relationship change, location change, object status change, abnormal status등을 들 수 있다. Abnormal status situation의 한 예로는, 특정 물류 구간의 운송시간이 일정 시간을 넘는 일이 자주 발생하면, 이의 원인 분석을 할 수 있도록, 특정 location에 대한 상태 정보를 normal에서 suspected로 자동으로 바꾸어 주도록 한다.

4. 사례 연구

본 장에서는 지금까지 언급한 방안들을 프랑스의 한 항공기 부품 MRO(Maintenance, Repair, Overhaul) 서비스 업체의 물류 프로세스에 적용시켜 볼 것이다. 이 회사는 MRO 서비스의 효율성을 증대시키기 위해, 항공기 부품에 기존 바코드를 사용하는

대신, RFID tag사용을 고려하고 있다. <Figure 4>는 MRO물류 프로세스의 한 부분에 대해, RFID 기술을 적용한다고 했을 때, 이를 Swimlane 도표로 표현한 것으로 그 내용은 다음과 같다.

항공기 보전 엔지니어는 주기적으로 항공기 부품을 점검한다. 점검시, RFID 리더기를 이용해, 해당 부품의 RFID tag 정보를 읽어 들인 후 tag 정보에 나와 있는 제품관련 상태 정보를 살펴본다. 예를 들어, 부품의 잔여수명이 기준치를 밑돌 경우, 보전 엔지니어는 해당 부품에 대해 관련 부품 조달회사에 조달을 의뢰한다. 부품 조달회사에서는 보전 엔지니어로부터 통보 받은 부품에 대해 회사내 재고를 확인한 후, 재고가 있으면 이를 바로 배송하고, 그렇지 않을 경우 제 2의 부품 조달회사에 발주를 요청해, 배송받을 수 있게 한다. 보전 엔지니어는 새로 조달받은 부품을 새로히 장착한 후, 새로운 정보들을 관련 부품들의 RFID tag에 갱신한다.

RFID tagging작업 중 일부 작업에 대한 RDF 그래프 모델을 보여준다. RDF 그래프 모델에 대한 RDF XML serialization은 편의상 생략하기로 한다(<Figure 6>에 일부 이에 대한 예가 나와 있다). <Figure 5>(1)과 <Figure 5>(2)는 RFID tagging 작업시, object의 이동이 있는 경우, 그에 대한 정보를 갱신해주는 것을 설명하고 있다. Object의 이동여부는 reader의 location정보와 object의 location정보를 비교하여 판단하게 되며, object의 이동이 일어났을 경우, 'transit' event정보와 object의 location정보를 갱신해주게 된다. <Figure 5>(3)과 <Figure 5>(4)는 사용 중인 object(예, 특정부품)가 예방보전의 결과로 교체되게 되었을 때의 데이터 모델을 보여준다. <Figure 5>(3)은 보전 엔지니어가 교체를 결정한 후 관련 event정보를 갱신하는 데이터 모델의 일부분을 나타내고 있으며, <Figure 5>(4)는 교체 후 데이터 모델의 예를 보여주고 있다.

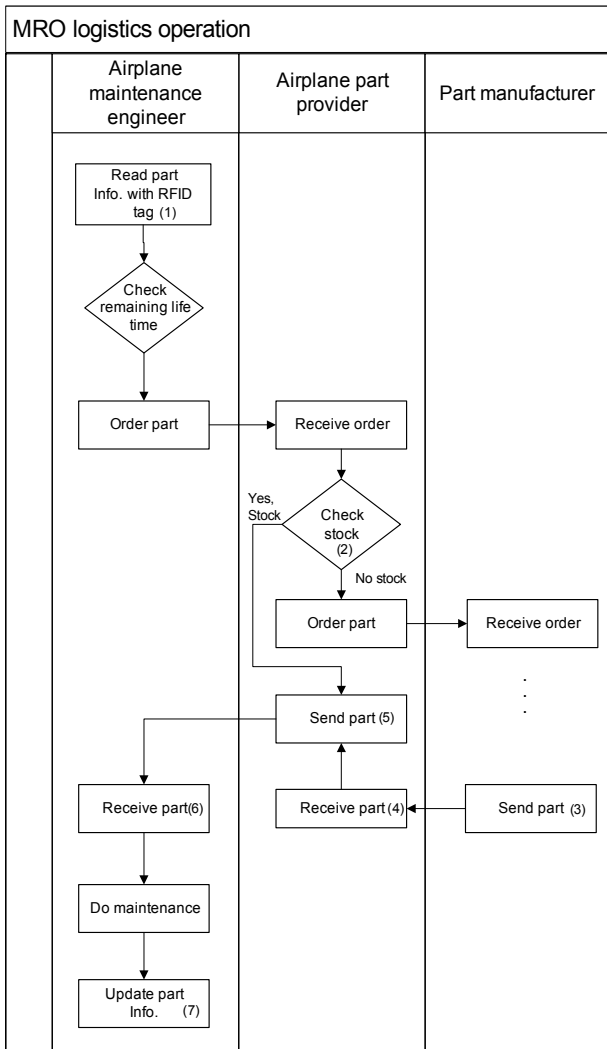


Figure 4. MRO 물류 operation에 대한 Swimlane 도표

<Figure 4>에서 숫자가 일부 들어가 있는 작업들은 RFID tagging 작업이 일어나는 곳들이다. <Figure 5>는 <Figure 4>의

물류 데이터의 추적 및 추론은 SeRQL을 이용해 다음과 같이 수행해 볼 수 있다.

- (1) 추적(Tracking) : Tracking은 특정 시점에서 원하는 정보를 구하는 행위이다. RDF모델에서 tracking의 의미는 특정 시점이 주어져 있다고 가정했을 때, RDF 데이터 모델에서 특정한 edge와 node를 찾는 행위이다. 위에서 정의한 물류 데이터를 위한 RDF 모델과 SeRQL를 이용하면 쉽게 tracking을 할 수 있다. 아래는 이에 대한 한 예이다.

예제 1 : 시점20070121.091241 (2007년1월 21일 9시 12분 41초)에서의 항공기부품 (ID : Tag-BT311)의 잔여수명은?

```
SELECT Hour
FROM {O} is_read_at {T} timestamp_ID {t1},
      {O} object_ID {ID};
      remaining_lifetime {Hour}
WHERE t1 LIKE "20070121.091241" AND
ID LIKE "Tag-BT311"
```

- (2) 추적(Tracing) : Tracing은 tracking보다 복잡한 행위로서, 어떤 특정한 조건이 주어진 상황하에서, RDF 데이터 모델을 탐색하여 원하는 정보를 얻는 행위이다. SeRQL의 Path expression 기능을 이용하면 RDF 모델들의 link structure를 탐색하여, 주어진 조건하에서 원하는 정보를 구할 수 있다. 다음은 이에 대한 구체적인 예이다.

예제 2 : 시점2006년 9월1일과 2007년1월 22일 사이에 항공기 부품(ID: tagID231)이 언제 교체가 되었는가?

```
SELECT t1
FROM {O} is_read_at {T} timestamp_ID {t1},
      {O} object_ID {ID};
      object_status {Status}
WHERE ID LIKE "Tag-BT311" AND Status LIKE "new" AND (t1
```

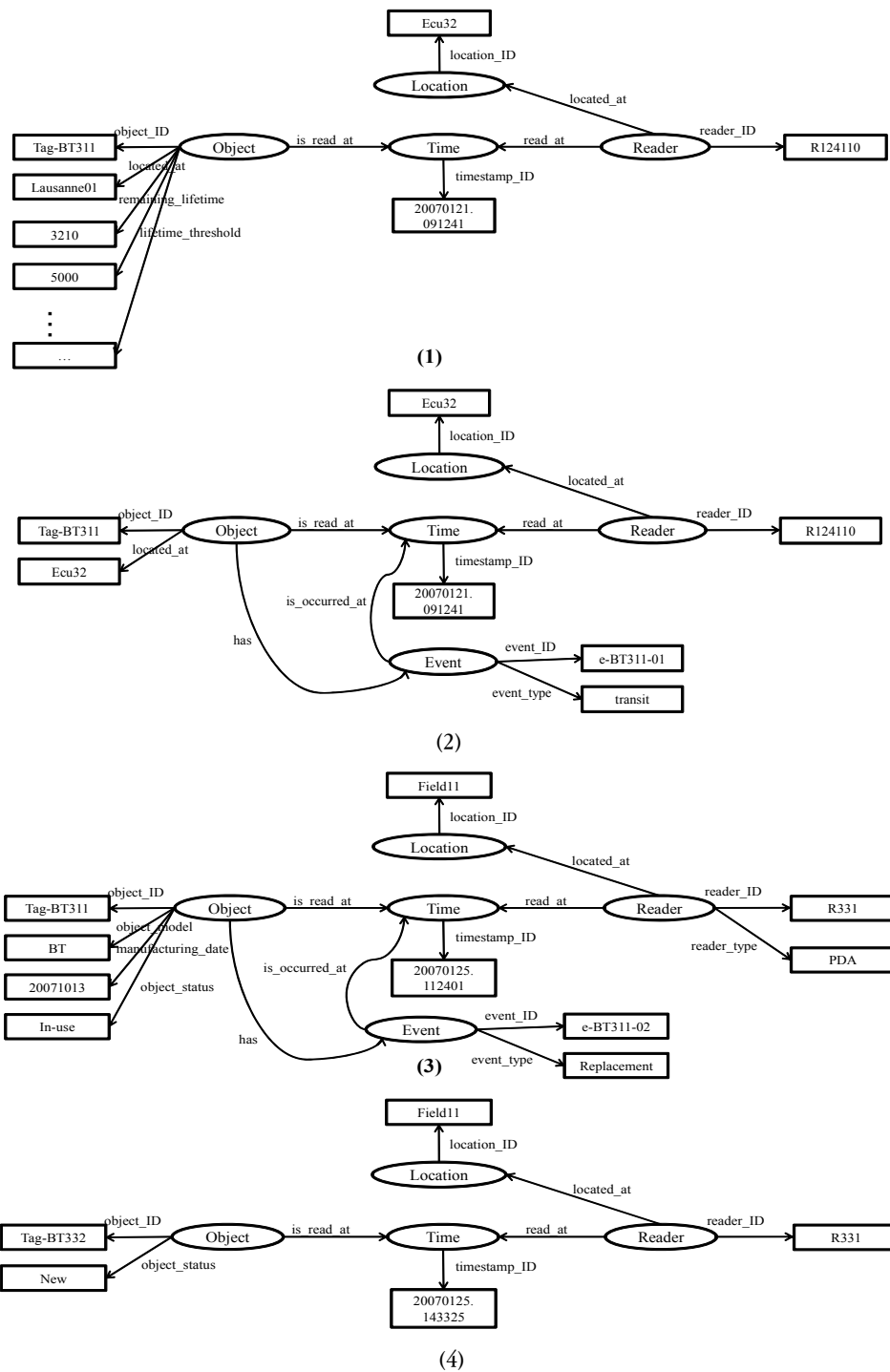



Figure 5. RDF 모델의 예

> 20060901.000000) AND (t2 < 20070122.000000)

(3) 추론(Inference): 추론은 event 및 situation 그래프의 정의들을 바탕으로 SeRQL의 CONSTRUCT를 이용해서 이루어 질 수 있다. 수집한 데이터를 바탕으로 적절한 query를 통해 event 와 situation이 발생하였는지를 추론한 후, 발생하였으면, CONSTRUCT를 이용해, 새로운 fact (event 혹은 situation 및

그 발생에 관한 정보)를 기존 RDF 모델에 추가할 수 있다. 다음은 SeRQL의 CONSTRUCT 사용에 대한 예이다.

예제 3: 특정 시구간에서 object의 위치가 바뀌는 event가 발생하면 object 상태를 transit로 만든다.

```
SELECT *
FROM {O} is_read_at {T} timestamp_ID {t1},
```

```

<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF xmlns:gss="http://www.w3.org/2001/11/IsaViz/graphstylesheets#"
xmlns:Event="http://www.epfl.ch/logistics_data/Event#"
xmlns:Time="http://www.epfl.ch/logistics_data/Time#"
xmlns:Reader="http://www.epfl.ch/logistics_data/Reader#"
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
xmlns:Location="http://www.epfl.ch/logistics_data/Location#"
xmlns:Object="http://www.epfl.ch/logistics_data/Object#"
xml:base="file:/C:/Circus/WWW/2001/10/IsaViz/export/ms_7.6_1_r.rdf">
<rdf:Description rdf:about="http://www.epfl.ch/logistics_data/Time#Time">
  <Time:timestamp_ID>20070121.091241+0100</Time:timestamp_ID>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="http://www.epfl.ch/logistics_data/Object#Object">
  <Object:remaining_lifetime>3210</Object:remaining_lifetime>
  <Object:object_ID>Tag-BT311</Object:object_ID>
  <Object:lifetime_threshold>5000</Object:lifetime_threshold>
  <Object:is_read_at rdf:resource="http://www.epfl.ch/logistics_data/Time#Time"/>
  <Object:located_at>Lausanne01</Object:located_at>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="http://www.epfl.ch/logistics_data/Location#Location">
  <Location:location_ID>Ecu32</Location:location_ID>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="http://www.epfl.ch/logistics_data/Reader#Reader">
  <Reader:Read_at rdf:resource="http://www.epfl.ch/logistics_data/Time#Time"/>
  <Reader:reader_ID>R124110</Reader:reader_ID>
  <Reader:located_at rdf:resource="http://www.epfl.ch/logistics_data/Location#Location"/>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>

```

Logged in: **Test User** [log out] Read actions: [SeRQL-S](#) [SeRQL-C](#) [RDQL](#) [Extract](#) [Explore](#)
Repository: **Main Memory RDF repository** [select other] Modify actions: [Add \(file\)](#) [Add \(www\)](#) [Add \(copy-paste\)](#) [Remove](#) [Clear](#)

Evaluate a SeRQL-select query

Your query: Clear

```

SELECT lifetime
FROM {O} Object:is_read_at {T} Time:timestamp_ID {t1},
      {O} Object:object_ID {ID}; Object:remaining_lifetime {lifetime}
WHERE t1 LIKE "20070121.091241+0100" AND ID LIKE "Tag-BT311"
using namespace
      Time = <http://www.epfl.ch/logistics_data/Time#>,

```

Response format: HTML Append namespaces Evaluate

RDF **SESAME** copyright © 2001-2005 Aduna BV

Query results:

lifetime
"3210"

1 results found in 15 ms.

Figure 6. SeRQL Sesame 적용 예

```
{O} located_at {L1},
{R} read_at {T} timestamp_ID {t2},
{R} located_at {L} location_ID {L2}
WHERE (L1 != L2) AND (t1=t2)
```

CONSTRUCT

```
{O} located_at {L2};
has {E} ,
{E} is_occurred_at {T} timestamp_ID {t1},
{E} event_ID {e-BT311-01};
event_type {transit}
```

<Figure 6>은 실제 namespace를 사용한 RDF 모델의 예와 Sesame SeRQL의 실제 적용 예를 보여주고 있다.

5. 결론

최근 들어서 주목 받고 있는 유비쿼터스 기술들은 급속히 대중화되고 있는 RFID 기술과 무선 통신 기술들의 발달로 인해 그 응용 범위가 산업계 전반으로 급격히 확대되고 있다. 이러한 추세에 발 맞추어 물류 부분의 경쟁력을 향상시키기 위해서 유비쿼터스 기술들을 물류에 어떻게 응용할 수 있는지에 대한 연구들이, 특히 RFID의 활용에 초점을 맞추어 국내외적으로 활발히 진행되어지고 있다. 하지만 이러한 연구 움직임에 반하여, 동적으로 변화하는 item level의 물류 데이터에 대한 효율적인 저장 및 응용에 대한 연구가 미흡했던 것이 사실이다. 이런 문제점을 해소하기 위해, 본 연구에서는 RDF를 이용하여 물류 메타 데이터들간의 관계를 효율적으로 표현할 수 있는 RDF 모델을 RDF 스키마와 함께 제시하였다. 또한, SeRQL을 이용하여 물류 데이터를 추적 및 추론할 수 있는 방안에 대해 다루었다.

비록, 본 연구에서 제안한 추적 및 추론 방법에 대한, 보다 많은 실사례 적용에 대한 연구와 그에 대한 성능 평가가 추후 연구들로서 더 이루어져야 하지만 이러한 제한점들에도 불구하고, 본 연구에서 제시한 방법을 이용하게 되면 실제적인 측면에서는 다음과 같은 기대효과가 있으리라 예상한다. 첫째, 물류 RDF 참조 모델의 개발 및 이의 공유를 통해 기업들 간의 물류 정보들을 체계적으로 관리 및 공유 할 수 있게 될 것이다. 또한, 세부 물류 데이터들 사이의 관계들을 추적해서 어떤 부분에 어떠한 문제가 있는지를 조기에 파악할 수 있을 것이다. 둘째로, RDF 모델이 가지고 있는 유연성은, 각 기업의 기존 시스템들에 종속됨이 없이, 적은 비용으로 쉽게 물류 데이터들간의 관계들을 수정 및 확장시킬 수 있는데 기여할 수 있다. 일반적으로 물류 정보 관리에는 단일 기업이 아닌, 복수 기업들이 관여가 되어 있기 때문에, 본 연구에서 다른 RDF 모델이 데이터 모델의 interoperability 문제와 확장성, consistency 문제등을

해결할 수 있는 하나의 솔루션이 될 수 있다고 생각한다. 또한 XML serialization을 지원하기 때문에, XML기반의 수많은 어플리케이션과도 호환이 된다 할 수 있다. 따라서 그 응용범위 또한, 특정 기업 상황에 종속되어지는 것이 아니라, 범용적으로 널리 쓰일 수 있으리라 생각한다.

다른 한편으로는, 학문적인 측면에서 다음과 같은 기여점들이 있다고 할 수 있겠다. 첫째, 지금까지 동적으로 변화하는 물류 메타 데이터를 모델링하고 활용하는 방법에 대해서 다루었던 연구들이 부족했었는데 본 연구가 향후 이런 연구들이 수행되어지는데 있어서 초석이 될 수 있을 것이다. 특히, 본 연구에서 제시한 RDF 물류 데이터 응용 참조 모델은, 향후 RFID tagging 데이터를 다룰 다른 응용 연구들의 데이터 모델링 방법론에 한 방향을 제시할 것이다. 이와 더불어 같이 제시한 물류 데이터의 추적 및 추론에 관한 방법들은 RDF 메타 데이터 정보를 이용한 검색 및 추론 방법에 대한 유용한 예를 제시할 수 있을 것이다. 둘째, 본 연구에서 제시한 물류관련 데이터에 대한 RDF 모델과 RDF 스키마 및 RQL을 이용한 응용 방법들은 물류 관련 ontology 연구의 기초가 될 것이며, 비단 물류 관련 데이터뿐만 아니라, 유비쿼터스 환경하에서 제품 라이프 사이클 정보 관리 및 ontology 구축에 활용될 수 있을 것이다. 마지막으로, 본 연구가 물류 데이터들의 저장 및 검색을 다룬다는 점에서 앞으로 진행 될 item level 물류 운용의 최적화를 위한 여러 연구들에 밑거름이 될 수 있으리라 생각한다.

참고문헌

- Berners-Lee, T. (1998), Semantic web road map, Technical report, W3C Design Issues.
- Brewer, A., Sloan, N., and Landers, T. L. (1999), Intelligent tracking in manufacturing, *Journal of Intelligent Manufacturing*, 10, 245-250.
- Chang, Y. and Lee, H. (2007), Study of RFID Enabled Air Baggage Handling Process, *IE Interfaces*, 20(3), 298-308.
- Choi, J., Kim, Y., Park, Y., and Kang, S. (2002), Agent-based product-support logistics system using XML and RDF, *International Journal of Systems Science*, 33(6), 467-484.
- ETRI (2004), Report on RFID trend and case study, Technical report.
- Ferguson, N. and Browne, J. (2001), Issues in end-of-life product recovery and reverse logistics, *Production Planning and Control*, 12(5), 534-547.
- Främling, K., Kärkkäinen, M., Ala-Risku, T., and Holmström, J. (2004), Managing Product Information in Supplier Networks by Object Oriented Programming Concepts, *Proceedings of IMS International Forum*, Cernobio, Italy, 1424-1431.
- Gan, O. P., Zhao, Y. Z., Luo, M., Zhang, J. B., and Zhou, J. H. (2006), System architecture and data design for RFID-based item level track and trace, *Proceedings of WCEAM 2006*, Gold coast, Australia.
- Hans, C., Schnatmeyer, M., Schumacher, S., and Thoben, K.-D. (2004), Using transponder technology to support the end-of-life phase in product life cycle management, *Proceedings of International IMS Forum 2004: Global Challenges in Manufacturing*, 2, 1448-1455.
- Hasse, P., Brokstra, J., Eberhart, A., and Volz, R. (2004), A comparison of RDF query language, *Proceedings of the Third International Semantic Web*

Conference.

- Huvio, E., Grönvall, J., and Främling, K. (2002), Tracking and tracing parcels using a distributed computing approach, *Proceedings of International Conference on NOFORMA 2002*.
- KATS (2006), Standard on RFID technologies and guide for implementing strategy, Technical report.
- Keskilammi, M., Sydänheimo, L., and Kivikoski, M. (2003), Radio Frequency Technology for Automated Manufacturing and Logistics Control. Part 1 : Passive RFID systems and the Effects of Antenna Parameters on Operational Distance, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21, 769-774.
- Kim, Y.-G. and Lee, Y.-H. (2007), ROI model for applying RFID technologies in the supply chain, *Proceedings of conference on Korean SCM 2007*.
- Parlikad, A. K., McFarlane, D., Fleisch, E., and Gross, S. (2003), The Role of Product Identity in End-of-Life Decision Making, White paper, Auto-ID center, Institute for manufacturing, Cambridge.
- PROMISE (2004), *FP6 IP 507100 : Annex 1-description of work*. Project report, PROMISE DoW version 1.0.
- Saar, S. and Thomas, V. (2003), Toward trash that thinks : Product tags for environmental management, *Journal of Industrial Ecology*, 6(2), 133-146.
- Šváb, O., Svátek, V., Kavalec, M., and Labský, M. (2004), Querying the RDF: Small case study in the bicycle sale domain, *Proceedings of workshop on databases, texts, specifications and objects (DATESO 2004)*.
- Woo, S., Choi, J., and Kim, C. (2006), Design of state based product flow control framework in RFID-enabled logistics network, *Proceedings of conference on korean industrial engineering and management science 2006*.
- W3C (2004a), Resource description framework (RDF) : Concepts and abstract syntax, Technical report, W3C, 10 February, <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts>.
- W3C (2004b), RDF Primer, Technical report, W3C, <http://www.w3.org/TR/rdf-primer>.
- W3C (2004c), RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF schema, W3C recommendation, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-schema-20040210/>.
- W3C (2004d), RDF Semantics, W3C recommendation, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-mt-20040210/>.
- W3C (2004e), RDF/XML Syntax Specification (Revised), W3C Recommendation, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-syntax-grammar-20040210/>.

**전홍배**

연세대학교 응용통계학과 학사
한국과학기술원 산업공학과 석사
한국과학기술원 산업공학과 박사
현재: 홍익대학교 정보산업공학과 조교수
관심분야: PLM, RFID, 온톨로지, Predictive maintenance

**서효원**

연세대학교 기계공학과 학사
한국과학기술원 기계공학과 석사
West Virginia University 산업공학과 박사
현재: 한국과학기술원 산업공학과 교수
관심분야: CE/PDM/PLM, Ontology-based Knowledge Engineering, Workflow Management/BPM