

규칙 기반 추론을 이용한 이기종 시스템간의 제품 정보 상호운용에 관한 연구

이상석¹ · 양태호¹ · 이덕희¹ · 오석찬² · 노상도^{3*}

¹POSCOICT 정보제어기술연구소 / ²GM Global R&D센터 / ³성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과

A Study on the Product Information Interoperability between Heterogeneous Systems using Rule-based Reasoning

Sang Seok Lee¹ · Tae Ho Yang¹ · Duk Hee Lee¹ · Seog-chan Oh² · Sang Do Noh³

¹Technical Research Laboratory, POSCOICT

²Manufacturing Systems Research Lab, GM Global R&D Center

³Department of Systems Management Engineering, Sungkyunkwan University

The amount of Meta-data to be managed increases with development of information technology. However, when trying to integrate and share product information of heterogeneous systems within or between companies, sharing of information is impossible if product information classification systems are different. Due to the situation mentioned above, engineers judge the product information classification system and maps corresponding Meta-data for document-based sharing. Judging exponentially increasing amount of data by engineers and sharing product information using documents create great amount of time delay and errors in data handling. Therefore, construction of a system for integrated management and interoperability between product information based on semantic information similar to engineer's judgment is required. This paper proposes a methodology and necessity of a system for interoperability of product information based on semantic web, and also designs a system to integrate heterogeneous systems with different product information using rule based reasoning. This paper also suggests a system base for interoperability and integration of product information between heterogeneous systems by integrating the product information classification system semantically.

Keyword: product information, rule-based reasoning, semantic mediation, interoperability

1. 서론

사회가 빠르게 정보화되면서 제품의 라이프 사이클이 극도로 짧아지고 글로벌 기업 간의 경쟁이 더욱 치열해짐에 따라, 고객의 다양한 요구를 수용하는 새로운 제품을 더 빨리 시장에

출시하기 위한 제품 개발 및 제조 기간 단축, 생산 비용 절감, 품질 향상, 다품종 소량/대량 맞춤 생산 등은 현재 제조업의 최우선 해결과제로 여겨지고 있다. 이러한 상황에서 기업의 경쟁력 확보와 생존을 위해 제조 기업들은 협업적 제품 개발과 거래 및 신속 제조를 위하여 많은 연구와 투자를 진행하고 있

본 연구는 Manufacturing Systems Research Lab, GM Global R&D Center의 지원으로 이루어졌습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

*연락처 : 노상도 교수, 440-746 경기도 수원시 장안구 천천동 300, 성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과,

Fax : 031-290-7610 E-mail : sdnoh@skku.edu

투고일(2010년 11월 02일), 심사일(1차 : 2011년 03월 01일, 2차 : 2011년 05월 31일), 게재확정일(2011년 06월 13일).

으며, 이의 실현을 위해서 제품, 공정, 제조시스템에 대한 각종 정보기술을 적극적으로 활용하는 것이 필요하다. 이런 각종 정보기술이 발전하는 만큼 관리되어야 하는 메타데이터의 양도 많아진다(Noh, 2003). 세계의 제조 기업들은 여러 종류의 정보 시스템을 사용하여, 제품의 라이프사이클 상에 존재하는 데이터와 정보의 통합을 이루기 위해 많은 투자를 하고 있다. 하지만, 각각의 시스템에서 관리되는 정보 및 지식을 공유하고 상호운용하기 위해서는 정보의 이질성(Heterogeneity) 문제가 해결되어야 한다. 일반적으로 정보의 이질성은 구문(Syntax) 수준, 구조(Structure) 수준, 그리고 의미(Semantics) 수준으로 분류되는데, 지능적이고 자동화된 정보의 공유 및 운영을 위해서는 의미 수준의 이질성이 극복되어야 한다(Kim. *et al.*, 1991). 의미 수준의 이질성을 극복한다는 것은 교환되는 정보의 의미를 다른 시스템에서 이해 및 해석을 할 수 있어야 한다는 것을 의미한다.

비영리 민간 경제 연구소로 600개 이상의 회원이 가입된 가우, 목재, 포장 및 관련 산업 기술연구소(AIMIDA) 구매 스키마와 전자 상거래에 참여하는 거래 당사자들의 이질적인 플랫폼, 제품, 비즈니스 프로세스 등을 극복하기 위한 범용 비즈니스 언어(UBL) 판매 스키마의 데이터 구조와 구문이 다르기 때문에 제품 정보의 상호운용이 어렵다. <Figure 1>은 AIDIMA와 UBL의 데이터 스키마를 비교한 것이다.

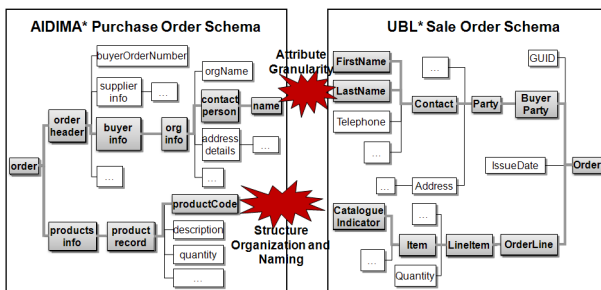


Figure 1. AIDIMA와 UBL 데이터 스키마 비교

위와 같은 상황 때문에 제품 정보 분류체계를 사람이 판단하여 수작업으로 해당 메타데이터를 맵핑한 후 제품 정보를 공유한다. 기하급수적으로 증가하는 정보의 양을 사람이 판단하여 제품 정보를 공유한다는 것은 데이터 처리 오류와 많은 시간 지연을 발생시킨다. 따라서 사람이 판단하는 의미론적 정보에 기초하여 제품 정보 간의 상호운용 및 통합을 위한 시스템 구축이 요구된다.

2. 이론적 배경

2.1 시맨틱 웹

시맨틱 웹(Semantic Web)은 현재의 인터넷과 같은 분산 환경에서 리소스(웹 문서, 각종 파일, 서비스 등)에 대한 정보와 자

원 사이의 관계-의미 정보를 기계(컴퓨터)가 처리할 수 있는 온톨로지 형태로 표현하고, 이를 자동화된 기계(컴퓨터)가 처리하도록 하는 프레임워크이자 기술이다. 웹의 창시자인 팀 버너스 리(Tim Berners-Lee)가 1998년 제안했고 현재 W3C에 의해 표준화 작업이 진행 중이다(Tim *et al.*, 2001).

시맨틱 웹은 XML에 기반 한 마크업 언어를 기반으로 한다. 가장 단순한 형태인 RDF는 <Subject, Predicate, Object>의 트리플 형태로 개념을 표현한다. 시맨틱 웹은 이러한 트리플 구조에 기반을 두어 그래프 형태로 의미정보인 온톨로지를 표현한다. <Figure 2>은 웹과 시맨틱 웹의 차이를 표현한 것이다.

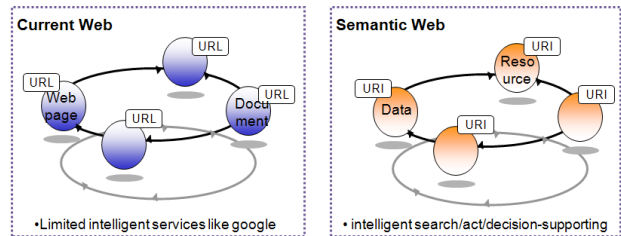


Figure 2. 웹과 시맨틱 웹의 차이

시맨틱 웹의 이상(Ideal)은 인터넷의 많은 양의 온톨로지가 산재하고, 이를 자동으로 해석하여 처리할 수 있는 에이전트 소프트웨어에 사람 또는 에이전트가 질의 하면, 컴퓨터가 자동으로 분산된 온톨로지를 탐색하고 추론하여 원하는 결과를 돌려주는 것이다. 궁극적으로 기계가 정보자원의 의미를 이해하고 이를 바탕으로 논리적 추론이 가능할 수 있게 됨으로써 기계들 사이에 커뮤니케이션이 가능하게 하는 것이다(Antoniou *et al.*, 2004).

온톨로지는 단어와 관계들로 구성된 일종의 사전으로서 생각할 수 있으며, 그 속에는 특정 도메인에 관련된 단어들에 체계적으로 표현되어 있고, 추가적으로 이를 확장할 수 있는 추론 규칙이 포함되어 있어, 웹 기반의 지식 처리나 응용 프로그램 사이의 지식 공유, 재사용 등이 가능토록 되어 있다. 하지만 도메인별로 정보와 지식이 다르기 때문에 모든 도메인의 특성을 반영한 온톨로지 모델을 만들기는 쉽지 않다(Gartner, 2003). 도메인별로 존재하는 온톨로지가 결합되어 조화를 이뤄야 지식의 공유 및 재사용이 가능함을 강조했다(Madnick, 1995). 온톨로지를 이용한 제품정보 교환 방법에 대해서 3가지 방법론을 제시한 연구가 있다(Hameed *et al.*, 2003). <Figure 3>은 그 방법론을 표현한 것이다.

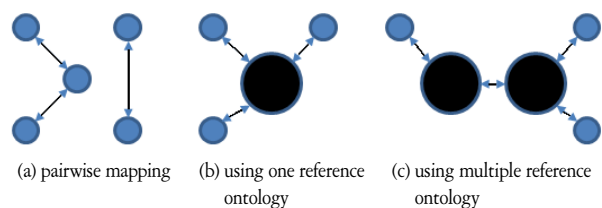


Figure 3. 다양한 온톨로지 정보교환 아키텍처

<Figure 3>(a)에 의한 방법은 쌍별 추론 방법으로 논리적 추론을 위하여 많은 추론 규칙이 필요하단 단점은 있지만 이 방법론은 구조의 유연성과 단순함이 특징이다. <Figure 3>(b)는 공통의 온톨로지 참조모델이 존재하고 각각의 온톨로지들이 참조모델을 기반으로 논리적으로 결합되는 방법론이다. 참조모델을 정의할 수만 있으면 첫 번째 방식과 같은 다양한 추론 규칙이 필요하지 않다. 하지만 모든 각각의 온톨로지들이 기 정의된 하나의 표준을 따라야 하기 때문에 구조의 유연성은 떨어진다. <Figure 3>(c)는 <Figure 2>(b)의 변종적인 방법론으로 온톨로지 참조모델들을 결합하여 확장성을 확보한 방법론이다. 이 논문에서는 첫 번째 방법론을 사용할 예정이며 참조모델을 이용한 방법론으로 연구의 방향을 확정해 나갈 예정이다.

2.2 RDF에 의한 제품 정보 상호운용

RDF는 웹상의 자원의 정보를 표현하기 위한 XML 규격으로 다른 메타데이터 간의 어의, 구문 및 구조에 대한 공통적인 규칙을 지원하는 기법으로 웹상에 존재하는 기계 해독형 정보를 교환하기 위하여 월드 와이드 웹 컨소시엄에서 제안한 것으로, 메타데이터 간의 효율적인 교환 및 상호호환을 목적으로 한다 (Frank et al., 2004). 앞에서 기술한대로 RDF는 트리플 형태를 가지며 메타데이터를 기술할 수 있다. <Figure 4>는 RDF 메타데이터 기술 예이다.

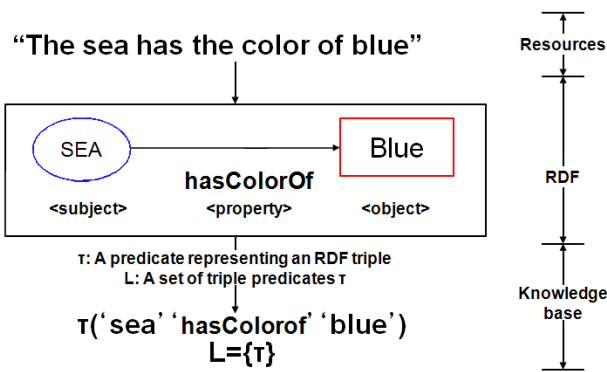


Figure 4. RDF 메타데이터 기술 예

RDF를 이용하여 기계가 의미를 이해할 수 있도록 데이터, 정보, 지식 등의 표현이 가능하다는 것은 서로 다른 도메인 간의 지식 교환이 가능하다는 것을 의미한다. RDF로 표현된 지식들이 의미론적인 정보에 기반을 두어 도메인에 맞게 변환(transformation)이 가능하다면 제품 정보 상호운용이 가능해진다. 제품 정보 상호운용을 위한 RDF 변환에 대한 국제표준은 존재하지 않지만 상호운용을 위한 다양한 방법론에 대한 연구가 진행 중이다. RDF transformation을 이용한 제품 정보 상호운용을 위한 방법론인 DAML+OIL, XSLT, KR-transformation, Logic programming approach에 대하여 각각의 특징을 조사하여 비교한 연구가 있다(Peer, 2003).

2.3 제품 정보 상호운용 및 통합에 관한 연구

인터넷 정보통신과 웹 기술을 기반으로 하는 최근의 정보기술이 보편화하고 성숙하여짐에 따라 새로운 정보기술이 출현하여 또 다른 진화 단계로 접어들고 있다. 현재의 웹은 저장된 정보만을 일방적으로 제공하는 정보 저장고로서 이용자의 참여를 통한 정보의 상호교환과 협력이 제공되지 않고 있다. 이용자의 참여와 상호작용을 통해서 정보의 개방과 공유, 협업적 정보 활동을 실현하고 나아가서 정보자원에 대한 집단지성(collective intelligence)의 실현, 시맨틱 웹과 SOA의 실현 등 웹 3.0이 새로운 웹 기술로 자리 매김 하고 있다. 하지만, 현재의 웹 기술은 분산 환경을 기반으로 하고 있으면서 분산된 정보자원 간의 의미적 상호운용을 실현하고 있지 못하고 있다. 컴퓨터 스스로 정보자원을 처리할 수 없는 인간 중심의 수동적인 웹 기술인 것이다. 현재 지식공학 분야에서는 온톨로지를 기반으로 의미 수준의 정보 이질성을 극복하여 다양한 정보 시스템이 포함하는 정보들을 공유하고 통합하는 연구들이 진행되고 있다.

미국의 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서는 제조 분야에 증가하는 복잡도와 다양한 소프트웨어 간의 효과적인 정보 교환을 위하여 제조 분야의 개념이나 용어에 대하여 공식적이고 정확한 정의를 내리고 체계적인 분류(Taxonomy)와 온톨로지에 대한 연구를 수행하였다. 서로 다른 기능을 하는 제조 분야에서는 같은 의미에 서로 다른 용어를 사용하거나 같은 용어를 서로 다른 의미로 사용할 수 있기 때문이다. 이 연구에서는 기존의 온톨로지 시스템들을 분석해서 어떤 것이 제조 분야에서의 용어의 개념을 모형화 하는데 적합한지 분석하였다(Schlenoff et al., 2001). 많은 지식이 산재해 있는 웹으로부터 온톨로지와 그래프 탐색을 자동화하여 온톨로지에 있는 규칙의 일반적 패턴을 기반으로 규칙 구성 요소들을 조합함으로써 웹 페이지로부터 자동으로 추론 규칙을 추출하는 시스템을 구축한 연구가 진행 되었다(Park et al., 2007). 또 다른 관점에서는 온톨로지를 분류하는 체계적인 프레임워크를 기반으로 메타 계층의 문법적인 측면의 분류를 통해 온톨로지 아키텍처 상에서 이중 온톨로지 언어 간의 상호운용을 가능하게 함으로써 구현 레벨의 온톨로지의 상호운용 및 통합을 가능하게 지원하는 연구가 있었다(Lee et al., 2006).

본 논문에서는 규칙 기반 추론에 기반을 두어 제품 정보 분류체계가 다른 이기종 시스템 간의 제품 정보 분류체계를 의미론적으로 통합하여 웹을 통해 제품 정보가 상호운용 가능한 기반 시스템을 설계 및 구현하였다. 그리고 국외의 한 자동차 공장 대상으로 제품 분류체계가 다른 컨테이너 정보의 상호운용 및 통합한 사례에 대해서 설명한다.

3. 규칙 기반 추론 시스템

3.1 규칙 기반 추론 시스템 개요

<Figure 5>는 규칙 기반 추론의 기본 사이클을 보여준다. 규

칙 기반 추론의 기법은 만족해야 하는 조건을 정하고 지정된 조건이 만족(Match)하는 규칙들을 찾아 최선의 규칙을 선택(Select 또는 Conflict resolving)하여 실행(Execute)하며 실행은 새로운 조건의 만족(Match)을 발생시킬 수 있다. 이러한 방식은 주어진 상황에 대해 적절한 서비스를 선정하는 상황 인지 기반 서비스의 구현에 적합한 형태를 보이고 있다. 이러한 특성 때문에 최근 연구에 규칙 기반 추론 기법이 사용되고 있다(Kim et al., 2008).

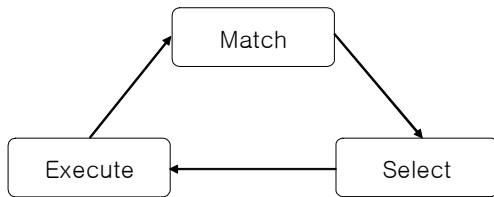


Figure 5. 규칙 기반 추론의 기본 사이클

규칙 기반 추론 시스템은 지식을 추론 규칙으로 표현하고 이 규칙을 이용하여 추론을 행하는 시스템이다. 의사결정의 상황이 복잡하여 데이터나 모델관리로만 해결되지 않을 경우에 규칙 기반 추론 시스템이 솔버(Solver) 역할을 수행한다고 볼 수 있다. <Figure 6>은 본 논문에서 제안한 규칙 기반 추론 시스템의 간략한 개념도이다. 기업 간 혹은 기업 내부에서 다른 애플리케이션을 사용하고 있다면 제품 정보 분류체계가 다르기 때문에 제품 정보의 상호운용 및 통합 할 수 없다. 하지만, 여기에 규칙 기반 추론 엔진을 이용하여 스키마 매핑이 가능하다면 RDF로 표현된 메타데이터의 상호운용이 가능하다.

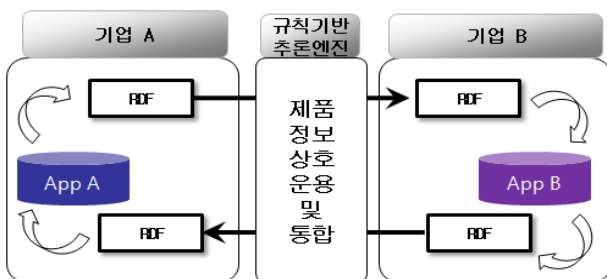


Figure 6. 규칙 기반 추론 시스템 개념도

본 논문에서 서로 다른 제품 정보 분류체계를 가진 애플리케이션의 메타데이터를 RDF로 기술되었다고 가정하고 그 RDF 문서를 기반으로 RDF 변환을 실행한다. 웹을 통한 RDF 문서의 교환은 이미 많은 연구가 진행되어 있고 쉽게 구현할 수 있는 부분이다. 따라서 웹을 통해서 이기종 시스템 간의 제품 정보 상호운용이 가능한 전체 시스템이 아닌 규칙 기반 추론 엔진을 이용하여 제품 정보 분류체계가 다른 RDF 문서의 변환이 가능한 기반 시스템 구축으로 한정할 것이다. 위에서 설명한 시스템을 구현하기 위해서 다음과 같은 3가지의 관련 기술이 요구된다. <Figure 7>은 규칙 기반 추론 시스템 구현을 위한 관련 기술 내용을 정의한 것이다.

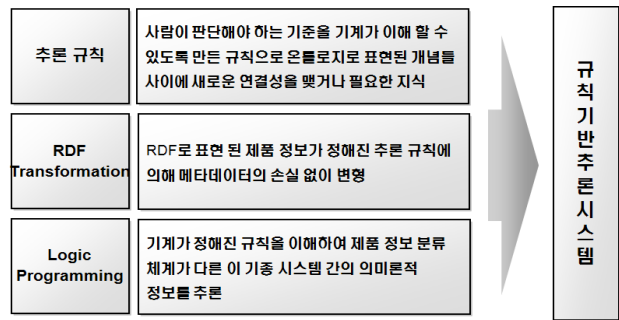


Figure 7. 규칙 기반 추론 시스템 구현을 위한 관련 기술 내용 정의

본 논문에서는 추론 규칙에 기반을 두어 RDF 변환을 수행하기 위하여 Logic Programming 방법을 이용한다. Logic Programming 방법은 명료하고 간단하며, 풍부한 추론 규칙을 생성할 수 있는 장점을 가지고 있다.

3.2 제품 정보 상호운용을 위한 추론 규칙

서로 다른 도메인 간의 제품 정보를 의미론적으로 통합하여 상호운용하기 위하여 다양한 추론 규칙을 정의하였다. 정의한 추론 규칙은 총 3가지이며 Logic Programming 방법을 사용하여 필요에 따라 좀 더 복잡하고 다양한 추론 규칙을 정의 및 생성할 수 있는 확정성을 가지고 있다.

현재는 총 3가지의 규칙을 정의하였지만 추가 추론 규칙이 필요할 경우 Logic Programming에 의해 새로운 추론 규칙을 정의하여 제 4.2절에서 소개할 Rule Generator에 추가 할 수 있다.

3.2.1 SameAs 1:1 translation 규칙

<Figure 8>은 SameAs 1 : 1 translation 규칙을 나타낸 것이다. City와 SupplierShipCity는 같은 데이터 값을 가지지만 분류체계 이름이 다르다. 이런 경우에 sameAs 1 : 1 translation 규칙을 사용하여 매핑한다.

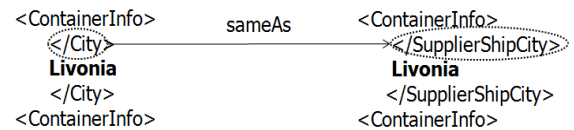


Figure 8. SameAs 1 : 1 translation 규칙

3.2.2 JoinTo Semantic Relation 규칙

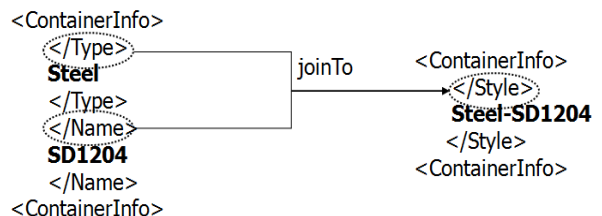


Figure 9. Join to Semantic Relation 규칙

<Figure 9>는 JoinTo semantic relation 규칙을 나타낸 것이다. Type와 Name의 데이터가 하이픈(-)으로 결합되어 Style 데이터로 맵핑된다. 이런 경우에 JoinTo semantic relation 규칙을 사용하여 맵핑한다.

3.2.3 CalculationTo semantic translation 규칙

CalculationTo semantic translation 규칙은 사칙연산을 수행할 때 사용되는 규칙이다. <Figure 10>은 CalculationTo semantic translation 규칙들 중에서 ProductTo semantic translation 규칙을 나타낸 것이다. Length와 Width의 데이터가 곱해지는 연산을 수행하여 Area 데이터로 맵핑된다. 이런 경우에 CalculationTo semantic relation 규칙을 사용하여 맵핑한다.

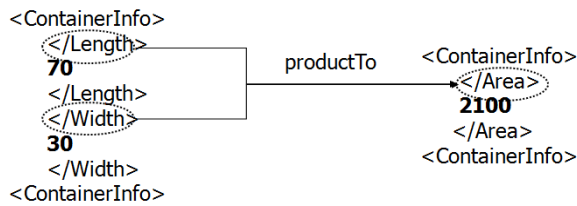


Figure 10. CalculationTo Semantic Relation 규칙

3.3 제품 정보 상호운용을 위한 추론 규칙

제품 정보 분류 체계가 다른 컨테이너 정보를 추론 규칙 기반으로 RDF 변환을 수행하기 위하여 사용한 Logic programming 방법에 대하여 기술한다.

<Figure 11>은 추론 규칙에 의한 RDF 그래프 변환 예이다. “The sea has the color blue”라는 문장은 RDF 트리플(‘sea’ ‘has Colorof’ ‘blue’)로 표현된다. subject ‘sea’는 “the sea”; property ‘has Colorof’는 “has the color”; object ‘blue’는 “blue”를 나타낸다. 하지만 ‘sea’가 항상 ‘blue’의 색만 가지는 것은 아니다. 다른 색을 가

진다는 것을 표현하고 싶다면 추론 규칙에 의해 속성을 변경할 수 있다. 추론 규칙에 의해 ‘hasColorof’는 ‘hasNotColorof’로 변경할 수 있다(Oh *et al.*, 2008).

만약 ‘hasColorof’를 ‘hasNotColorof’로 변경하는 추론 규칙(m)이 존재한다는 가정 하에 subject x , object y , property ‘hasColor of’는 트리플($?x$ ‘hasColorof’ $?y$)로 표현할 수 있다. 추론 규칙 m 은 기존 트리플($?x$ ‘hasColorof’ $?y$)를 검색하여 누락(drop) 시키고 새로운 트리플($?x$, ‘hasNotColorof’ $?y$)를 탑재(built-in) 시킨다. 맵핑 스키마 $M_{seaNotBlue}$ 를 정의하고 추론 규칙 m 에 의해서 L_{old} 를 L_{new} 로 RDF 그래프를 변환할 수 있다. m 을 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$m : S(L_1, \tau(?x \text{ 'hasColorof' } ?y)) \rightarrow S(L_1, \text{drop}(o)), S(L_1, \tau(?x \text{ 'hasNotColorof' } ?y))$$

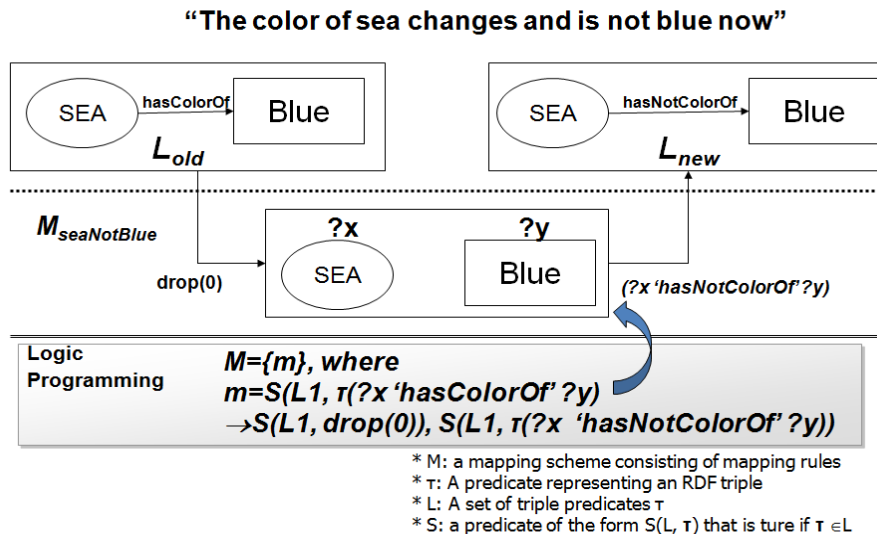
위와 같은 방법으로 1 : 1 또는 $n : m$ 방식으로 RDF 문서를 맵핑할 수 있다. 1 : 1 방식은 하나의 객체에 하나의 객체만 맵핑할 수 있기 때문에 추론 규칙의 생성이 제한적이다. $n : m$ 방식은 여러 개의 객체를 하나의 객체로 통합할 수도 있고 하나의 객체를 여러 개의 객체로 분리할 수도 있기 때문에 1 : 1 방식 보다 는 다양하고 복잡한 추론 규칙이 생성 가능한 $n : m$ 방식을 이용할 것이다.

4. 규칙 기반 추론 시스템 구현 및 적용

4.1 규칙 기반 추론 시스템 구현

4.1.1 사례의 정의

자동차 공장에서 사용되는 컨테이너는 기업의 주요 자산으로 관리된다. 일반적으로 하나의 자동차 생산에는 수 만개의



* M: a mapping scheme consisting of mapping rules
 * τ: A predicate representing an RDF triple
 * L: A set of triple predicates τ
 * S: a predicate of the form S(L, τ) that is true if τ ∈ L

Figure 11. 추론 규칙에 의한 RDF 그래프 변환 예

영체제의 Eclipse 환경에서 개발되었으며 프로그래밍 언어로는 Java를 사용하였다. 추론을 담당하는 추론 엔진(Reasoning Engine)에는 오픈 소스인 Jena를 사용하였고 시스템의 입출력 온톨로지 언어는 RDF로 변환된다.

Table 2. Convertor 시스템 개발 환경

OS	Window XP
Programming Language	Eclipse, Java
Ontology Language	RDF
Reasoning Engine	Jena

4.2 규칙 기반 추론 시스템 주요기능

본 연구에서 개발한 규칙 기반 추론 시스템의 Rule Generator와 Convertor의 주요기능은 다음과 같다.

4.2.1 Rule Generator의 주요기능

<Figure 16>은 Rule Generator의 사용자 인터페이스 화면이다. 두 개의 애플리케이션의 RDF 스키마를 트리 구조로 표현하는 스키마 구조 창, 사용자가 트리 구조에서 선택한 구성 요소가 표현되는 Mapping Schema 창, 규칙 옵션 창, 선택한 구성 요소를 맵핑하여 규칙을 생성한 결과를 보여주는 Progress 창으로 구성되어 있다.

Rule Generator를 실행하면 애플리케이션의 RDF 스키마 구조가 트리 구조로 표현되며, 맵핑하고 싶은 구성요소를 선택하고 맵핑 옵션을 설정하고 규칙을 생성할 수 있다. <Figure 17>은 애플리케이션 A의 Type과 Name 구성요소를 애플리케이션 B의 Style로 2 : 1로 Join(JoinTo semantic relation 규칙) 옵션을 선택하고 규칙을 생성한 것을 나타낸 것이다. 하단 Progress 창에 생

성 결과가 표시 된다. <Figure 18>은 본 논문에서 개발된 Rule Generator로 생성된 추론 규칙 텍스트 파일의 예를 보여 준다.

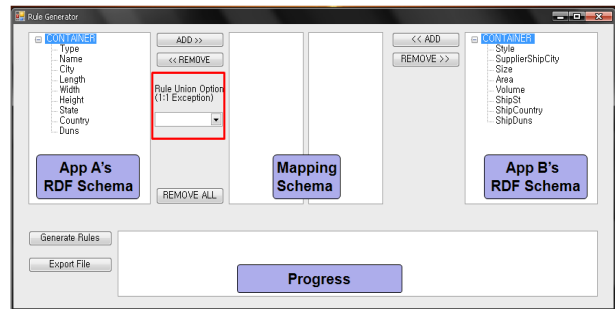


Figure 16. Rule Generator의 화면 구성

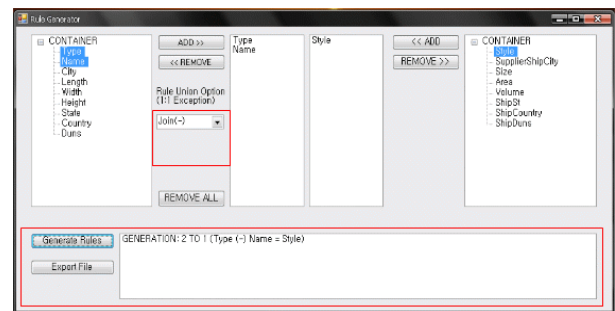


Figure 17. Join 옵션 스키마 맵핑 추론 규칙 생성

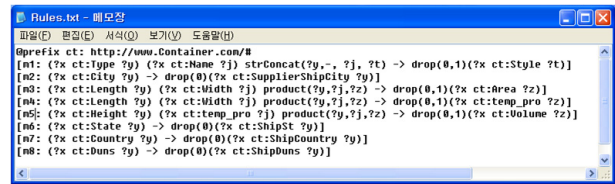


Figure 18. 추론 규칙 텍스트 파일 생성 예

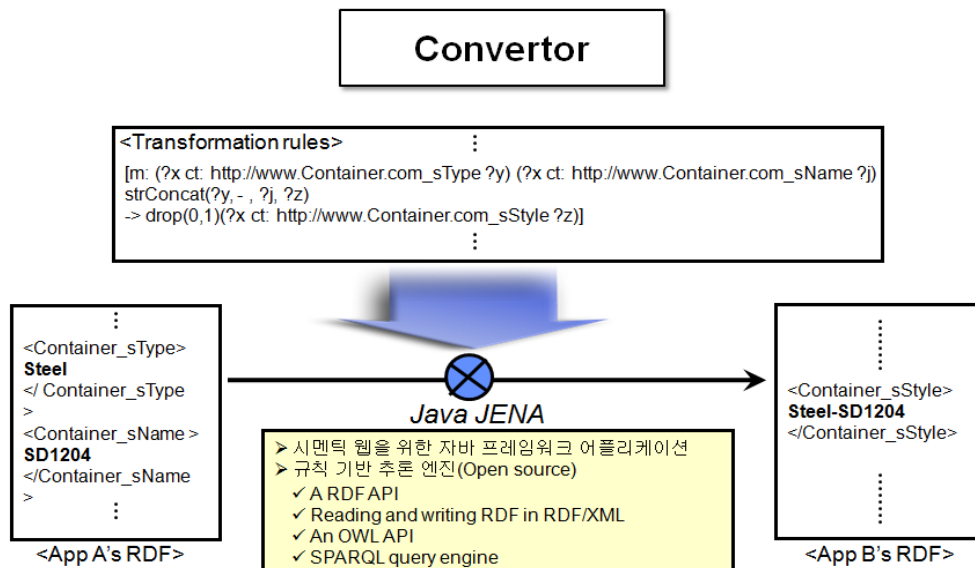


Figure 19. Convertor 구조와 RDF Transformation 실행 예

4.2.2 Converter의 주요기능

Converter는 Rule Generator에서 생성한 추론 규칙을 기반으로 메타데이터를 표현한 RDF 파일을 변환한다. Converter의 구조는 생성된 추론 규칙을 읽어 드리고 추론 엔진 Jena를 사용하여 RDF 파일을 변환한다. Jena는 HP 연구소에서 만들어진 시멘틱 웹 프레임워크로 RDF, RDF 스키마 및 OWL 등을 구현하기에 적당한 환경을 제공한다(Jena, 2008). 오픈 소스로 많은 사람이 몇 가지 원칙하에 자유롭게 소스의 수정 및 재배포가 가능하다. RDF 형태에 가장 강점을 보이고 OWL과 같은 온톨로지 언어에 대한 지원이 잘되고 현재 시멘틱 웹 추론 엔진 부분에서 가장 활발하게 업데이트되고 다양한 기능을 함께 제공하고 있으며 가장 많이 사용되고 있다. <Figure 19>는 Converter의 내부 구조와 RDF 변환 실행 예를 나타낸 것이다.

4.3 규칙 기반 추론 시스템 적용 결과

제 4.1.1절에서 기술한 설계 팀의 컨테이너 정보 물류 팀의 컨테이너 정보를 상호운용하기 위하여, <Figure 20>와 같이 Rule Generator를 이용하여 스키마를 맵핑하는 추론 규칙을 생성하였다. Rule Generator에서 생성한 추론 규칙을 기반으로 Converter를 이용하여 RDF 변환을 실행한다.

```

{m1 : (?x ct: Type ?y) (?x ct: Name ?j) strConcat(?y, -, ?j, ?t)
  → drop(0, 1)(?x ct: Style ?t)}
{m2 : (?x ct: City ?y) → drop(0)(?x ct: SupplierShipCity ?y)}
{m3 : (?x ct: Length ?y) (?x ct: Width ?j) (?x ct: Height ?b)
  strConcat(?y, -, ?j, -, ?b, ?t)
  → drop(0, 1, 2)(?x ct: Size ?t)}
{m4 : (?x ct: Length ?y) (?i ct: Width ?j) product(?y, ?j, ?z)
  → drop(0, 1)(?x ct: Area ?z)}
{m5 : (?x ct: Length ?y) (?i ct: Width ?j) product(?y, ?j, ?z)
  → drop(0, 1)(?x ct: temp_pro ?z)}
{m5-1 : (?x ct: Height ?y) (?i ct: temp_pro ?j) product(?y, ?j, ?z)
  → drop(0, 1)(?x ct: Volume ?z)}
{m6 : (?x ct: State ?y) → drop(0)(?x ct: ShipSt ?y)}
{m7 : (?x ct: Country ?y) → drop(0)(?x ct: ShipCountry ?y)}
{m8 : (?x ct: Duns ?y) → drop(0)(?x ct: ShipDuns ?y)}
    
```

Figure 20. Rule Generator에서 생성한 추론 규칙

<Figure 21>은 RDF 표현된 컨테이너 정보가 변환된 결과를 나타낸 것이며, 생성한 추론 규칙에 의해 사례에서 정의한 스키마 구조에 맞게 설계 팀의 RDF 문서가 물류 팀의 문서로 변환된 결과를 확인할 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 웹을 기반으로 이기종 시스템 간의 효율적인 제품 정보 상호운용을 위한 기반 구축에 관한 연구를 수행하였다. 제품 정보 분류체계가 다른 스키마 구조를 사용자의 지식

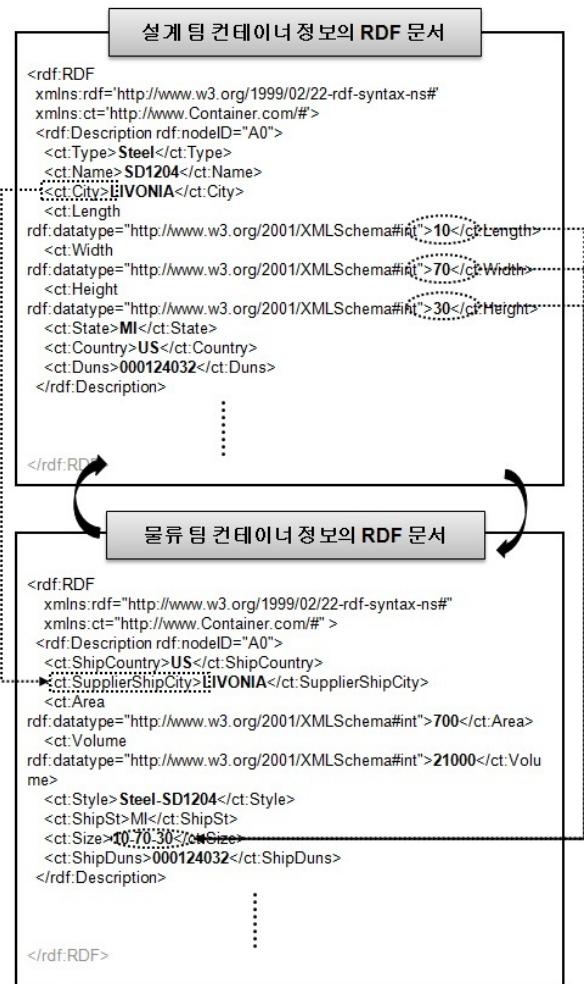


Figure 21. 컨테이너 정보 RDF 변환 예

에 기반 하여 의미론적으로 통합 할 수 있는 규칙 기반 추론 시스템을 구축하여 의미론적 정보를 기계가 이해하고 수행하게 하여 제품 정보 상호운용에 향상된 정확성과 신뢰성을 확보할 수 있었다. 또한, 실제 엔지니어링 업무에의 적용을 통해 시간과 비용 절감을 위한 제품 정보 상호운용 및 통합 할 수 있는 기반 환경을 마련하였다.

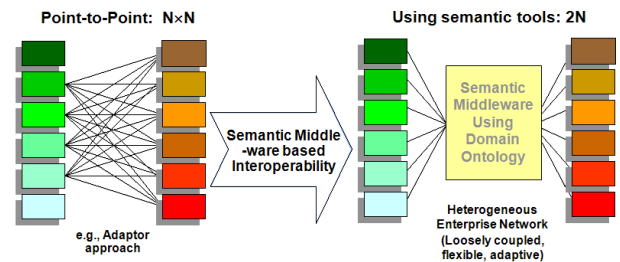


Figure 22. 시멘틱 미들웨어를 사용한 확장의 개념

본 논문에서는 제품 정보 상호운용을 위한 핵심 기반인 규칙 추론 시스템은 개발이 되었으나 웹을 통하여 실시간으로 제품 정보의 상호운용을 위한 웹 서비스 관련 기술의 추가적인 개

발이 필요하다. 개발한 추론 규칙 시스템은 $n:m$ 맵핑 방식 기반으로 정보를 상호운용한다. 추후 <Figure 22>와 같이 시맨틱 미들웨어를 사용하여 참조 온톨로지 모델을 사용하는 $2n$ 맵핑 방식으로 확장 연구가 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

- Noh, S. D. (2003), Digital Manufacturing-A Strategy for Engineering Collaboration, Proceedings of the International Workshop on Frontier Technology in Ship and Ocean Engineering, 292-401.
- Kim, W. and Seo, J. (1991), Classifying schematic and data heterogeneity in multidatabase systems, *IEEE Computer*, 24(12), 12-18.
- Tim Berners-Lee, James Hendler, and Ora Lassila, (2001), The Semantic Web, Scientific American.
- Antoniou, G. and Harmelen, F. (2004), A Semantic Web Primer, The MIT Press.
- Gartner (2002), Semantic web technologies take middleware to the next level, http://www.gartner.com/DisplayDocument?doc_cd=109295.
- Madnick, S. E. (1995), From VLDB to VMLDB : dealing with large-scale semantic heterogeneity, Proceedings of the 21st very large data base conference.
- Hemeed, A. Preece, A. and Sleeman, D. (2003), Ontology reconciliation Handbook on ontologies in information systems, Springer, Berlin Heidelberg New York, 231-250.
- Frank Manola and Eric Miller (2004), RDF Primer, W3C Recommendation.
- Peer, J. (2003), A logic programming approach to RDF document and query transformation, Proceedings of the workshop on knowledge transformation for the semantic web, The 15th European conference on artificial intelligence.
- W3C (2001), Semantic Web, <http://www.w3.org/2001/sw>.
- Schlenoff, C., Denno, P., Ivester, R., Szykman, S., and Libes, D. (1999), An Analysis Of Existing Ontological System For Application in Manufacturing, National institute of Standard and Technology.
- Park, S. U., Kang, J. Y., Kim, W. J. (2007), A Framework for Ontology Based Rule Acquisition from Web Documents, *Springerlink*, 4524, 229-238.
- Lee, J. S., Chae, H. K., Kim, K. S., and Kim, C. H. (2006), An Ontology Architecture for Integration of Ontologies, *Springerlink*, 4185, 205-211.
- Kim, T. H., Won, K. H., Lee, K. H., Sohn, Y. K. R. (2008), A rule-based Reasoning Engine supporting Hierarchical Taxonomy, *IEEK*, 45(5).
- Oh, S. C. and Yee, S. T. (2008), Manufacturing interoperability using a semantic mediation, *Springerlink*, 39(1-2), 199-210.
- Jena (2007), A semantic web framework, <http://www.hpl.hp.com/semweb/jena2.htm>, Accessed 20 August.



이상석

경기대학교 공과대학 첨단산업공학과 학사
성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과 석사

현재 : 포스코 ICT 정보기술연구소 SW 융합
기술팀

관심분야 : PLM, Interoperability, Simulation and
Modeling



양태호

성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과
학사

성균관대학교 공과대학 시스템경영공학과
석사

포스코 ICT 정보제어기술연구소

현재 : 삼성전자 생산기술연구소 선임연구원

관심분야 : PLM, Interoperability, Simulation &
Modeling



이덕희

경북대학교 자연과학대학 수학과 학사
포항공과대학교 정보통신대학원 정보통신
학과 석사

현재 : 포스코 ICT 정보제어기술연구소 소장

관심분야 : RFID/USN, Agile Engineering, CPS,
Service Science Engineering, Modeling
and Simulation



오석찬

동국대학교 산업공학과 학사, 석사
대우정보시스템 제조시스템 컨설팅
펜실베이니아주립대 산업공학 박사

현재 : GM Global R&D, Manufacturing Systems

Lab. Senior Researcher

관심분야 : Network Centric Manufacturing,
Wireless Manufacturing, Sustainable
Manufacturing



노상도

한국과학기술원 기계공학과 학사
서울대학교 기계설계학과 석사, 박사
고등기술연구원 생산기술센터 선임연구원
서울대학교 기계항공공학부 연구교수

Visiting researcher, Manufacturing Systems

Research Lab, GM Global R&D

현재 : 성균관대학교 공과대학
시스템경영공학과 부교수

관심분야 : Concurrent and Collaborative
Engineering, PLM, 디지털
가상생산, CAD/CAPP/CAM