

# 제조산업에서 공급기업 발굴을 위한 온톨로지

정기욱<sup>1</sup> · 이재훈<sup>1</sup> · 고인영<sup>1</sup> · 주재구<sup>2</sup> · 조현보<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>포항공과대학교 산업경영공학과 / <sup>2</sup>인제대학교 시스템경영공학과

## Ontology for Supplier Discovery in Manufacturing Domain

Kiwook Jung<sup>1</sup> · Jaehun Lee<sup>1</sup> · Inyoung Koh<sup>1</sup> · Jaekoo Joo<sup>2</sup> · Hyunbo Cho<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Technology

<sup>2</sup>Systems and Management Engineering, Inje University

Discovering the suppliers capable of manufacturing the parts that satisfy buyer requirements via current online market places remains difficult due to semantic differences between what the suppliers can produce and what the buyer wants to acquire. One of the promising approaches to overcome the semantic difference is to adopt an ontology to describe the suppliers' manufacturing capabilities and the buyer requirements that range widely from manufacturing costs to eco-friendly design. Such an ontology dedicated to supplier discovery has yet to be developed. MSDL(Manufacturing Service Description Language) provides the basis for defining terms and their relationships in the ontology. Thus, the objective of this paper is to extend MSDL into a new ontology suitable for supplier discovery in mold manufacturing industry. In addition, a new ontology development method for supplier discovery will be proposed. Finally prototype demonstrations are provided to show a feasibility of the proposed ontology in mold manufacturing domains.

**Keyword:** ontology, supplier discovery, MSDL(Manufacturing Service Description Language), ontology extension

### 1. 연구 개요

제품의 수명 주기가 짧아지고, 고객의 요구가 다양해지면서 제조업 분야에 글로벌 공급망 관리(global supply chain management)의 중요성이 대두하였다. 공급망 관리는 기업 간의 협업과 정보 공유를 통해 각자의 핵심역량에 집중할 뿐 아니라 불확실성에 대한 위험을 줄임으로써 새로운 이익 기회를 창출할 수 있다는 장점이 있다. 공급망 관리에서 수요기업의 요구조건에 따라 선정된 공급업체와의 장기적이고 전략적인 동반관계의 형성은 하나의 경쟁우위 요소가 될 수 있기 때문에 과거에는 생산지원부서의 단순 업무로만 간주하였던 공급기업 발

굴이 이제 기업의 핵심 전략으로 자리 잡게 되었다(Gustin *et al.*, 1997).

공급기업 발굴을 위하여, 수요기업은 전통적으로 전화번호부, 광고와 같은 매체나 전시회 참가 등을 통한 공급기업과의 직접적인 접촉을 통해 기업의 정보를 얻었다. 이러한 오프라인 기반의 방법은 물리적으로 가까운 거리에 있는 공급기업 발굴에는 유용하지만 오늘날과 같이 협업의 범위가 확대된 글로벌 제조 환경에서는 비효율적이다.

글로벌 패러다임으로의 전환과 전자상거래 기술의 발전은 제조업을 대상으로 한 온라인 공급기업 발굴 지원 시스템 출현의 계기가 되었으며, 그 대표적인 예로 mfg.com(<http://www.mfg.com>)

본 연구는 지식경제부에서 수행하는 지식경제 기술혁신사업의 일환인 "i-매뉴팩처링(한국형 제조혁신)사업"과 환경부의 에코디자인 특성화 대학원 전문인력 양성사업, 그리고 2004년도 인제대학교 학술연구조성비사업의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

\*연락처 : 조현보 교수, 790-784, 경북 포항시 남구 효자동 산31번지 포항공과대학교 산업경영공학과,

Fax : 054-279-2870, E-mail : hcho@postech.ac.kr

투고일(2011년 12월 13일), 심사일(1차 : 2012년 01월 20일), 게재확정일(2012년 02월 06일).

mfg.com), 알리바바(http://www.alibaba.com), EC21(http://www.ec21.com), 바이코리아(http://www.buykorea.org) 등을 들 수 있다. 이 같은 온라인 공급기업 발굴 지원 시스템은 수요기업으로 하여금 인터넷을 통하여 원거리에 있는 공급기업의 정보에 쉽게 접근할 수 있게 함으로써 글로벌 공급망 형성의 초석을 다졌다.

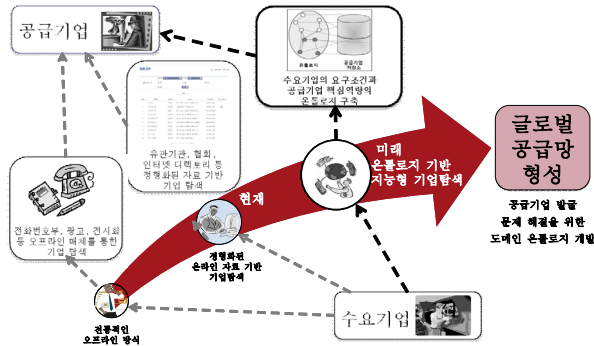


그림 1. 공급기업 발굴 방법의 패러다임 변화

디렉터리 서비스 형태, 혹은 키워드 검색 방식으로 운영되는 현재의 온라인 공급기업 발굴 지원 시스템은 다음과 같은 몇 가지 한계점을 갖고 있다. 첫째, 디렉터리 서비스, 혹은 키워드 검색 방식은 정보검색에서 공급기업과 수요기업이 같은 용어를 쓸 때에는 효과를 볼 수 있지만, 현실적으로 기업들이 사용하는 용어가 다르므로 공급망 형성에 어려움을 일으킨다(Song, 2010). 둘째, 이러한 방식으로는 공급기업의 제조능력을 비롯한 핵심역량이 적절히 표출(markup)되지 못하기 때문에 수요기업은 우수한 공급기업을 검색할 수 없다. 따라서 수요기업은 공급기업의 제조능력을 파악하기 위하여 직접 공급기업을 방문하는 번거로움을 피할 수 없게 된다. 셋째, 수요기업은 공급기업 발굴에서 제조능력과 더불어 친환경성에 대해 요구를 하기 시작했으나 기존의 시스템은 여기에 관한 공급기업의 핵심역량을 적절히 표출할 수 있도록 지원하지 않고 있다. 이러한 요소들은 글로벌 공급망 형성에 저해 요인으로 작용한다. 최근 경영 환경 변화로 기업의 지속가능성 및 환경 규제 준수 여부에 대한 수요기업의 요구가 생겼으며(Dyllick and Hockerts, 2002), 이 때문에 실제로 국내의 많은 공급 기업들은 우수한 기술력과 지속가능성에 부합하는 성격을 지니고 있음에도, 국외 수요기업들과 글로벌 공급망을 형성하는 데 어려움을 겪고 있다. 특히 대부분의 국내 금형 제작 기업들은 기술적으로는 우수하지만, 마케팅 방법의 부재로 글로벌 수요기업과의 폭넓은 협업기회를 찾지 못하고 있다.

온라인 공급기업 발굴 시스템의 이러한 문제를 해결하기 위하여 공급망 관리에 온톨로지 추론 기능을 이용하는 연구가 시도되고 있다(Chi, 2010). 이는 온톨로지를 이용해 검색하면 기존의 키워드 기반 검색보다 검색 품질이 뛰어나며, 핵심역량 표출을 통한 추론을 통해 수요기업의 다양한 요구에 대응할 수 있기 때문이다(McArthur and Ameri, 2010; Noh, 2011).

본 논문의 목적은 기존의 일반적인 방법들을 통합하고 보완하여 금형산업에서의 공급기업 발굴을 위한 애플리케이션 온톨로지와 그것을 지원하는 서비스 온톨로지의 개발 방법론을 제안한다. 이를 위하여, 본 논문의 목적과 유사한 제조분야의 기업 내 및 기업 간 상호 운용성과 연관된 기존의 온톨로지와 온톨로지 개발 방법론을 소개하고 그 한계점을 고찰한다. 또한, 국내 금형산업을 대상으로 공급기업 발굴을 위한 수요기업의 요구조건 시나리오를 제조기술 중심과 친환경 중심으로 구분한 후, 이를 바탕으로 프로토타입 온톨로지를 개발하고 추론기능을 시연한다.

이후 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 현존하는 온톨로지의 종류와 특성 그리고 한계점에 대해 기술한다. 제 3장에서는 다양한 온톨로지 개발 방법론들을 통합하고 보완하여 애플리케이션 온톨로지 개발 방법론을 제시한다. 제 4장에서는 금형산업 온톨로지 구축에 대해 사례분석을 하고 제 5장에서 결론 및 추후 연구 분야를 기술한다.

## 2. 이론적 배경

인터넷과 관련되어 주목을 받고 있는 시맨틱웹 기술은 기계가 웹상의 정보를 스스로 이해할 수 있도록 하는 기술이다(Guarino, 1995). 온라인을 통한 공급기업 발굴에서 현존하는 기술은 공급기업의 핵심역량과 수요기업의 요구조건이 아직 사람을 중심으로 이해되고 처리되고 있다. 특히, 제조 분야는 시스템 및 기업 간 협업이 발달하지 않았는데 그 이유는 제조분야의 복잡한 관계성과 보편적으로 사용 가능한 용어 및 어휘의 부재 등을 꼽고 있다(Schelenoff et al., 1999). 이에 대한 해결책으로 온톨로지를 이용한 시맨틱웹 기술을 들 수 있는데, 이는 용어나 어휘에 대한 전후 관계(context)를 전달함으로써 정확한 의미 전달을 가능하게 하기 때문이다(Uschold and Gruninger, 1996).

실제로 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)에서도 제조업의 분산된 환경에서 물리적으로 멀리 떨어진 공급기업과 수요기업들이 온톨로지에 기반을 둔 시맨틱웹 기술을 통해 쌍방의 요구조건과 핵심역량이 효과적으로 소통하는 것을 목표로 하는 연구를 수행하고 있다(Schlenoff et al., 1999). 더불어 제조 도메인에서 기업 간 상호운용성(interoperability)을 개선하기 위해 온톨로지를 적용한 사례와 온톨로지에 대한 개발방법론도 다수가 존재하며 진행 중인 연구 과제이다.

### 2.1 온톨로지의 종류

온톨로지는 다양한 정의가 있다. 실제로 카탈로그, 동의어 사전, 분류체계(taxonomy) 그리고 공리집 등 다양한 것들이 온톨로지라고 분류된다. Strassner와rubber등은 온톨로지를 지식을 공유하고 기계가 이해할 수 있도록(machine-readable) 용어와 어휘를 엄밀하게 형식화하고 명시를 하는 것으로 정의했다(Strassner

et al., 2007). 본 논문에서는 특정 문제를 해결하기 위한 온톨로지를 다룬다. 특정 문제에 대해 필요한 모든 지식을 하나의 온톨로지에 구현하기에는 구조적인 문제가 따른다. 이 때문에, 현상을 계층화(stratified)하여 각 계층에 알맞은 온톨로지를 구성한다. 이러한 측면에서 온톨로지는 계층구성에 따라 아래 <그림 2>와 같이 크게 네 종류로 나눌 수 있다.

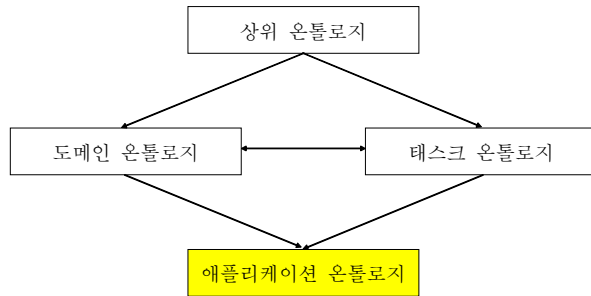


그림 2. 온톨로지의 종류

먼저, 상위 온톨로지는 지식 공유와 기계가 이해할 수 있는 형식화와 명시화의 기초를 마련한다. 대상의 지식이 특정 도메인이나 문제가 아닌 실수와 정수, 시간 그리고 공간 등 가장 기초적이고 일반적인 개념들에 대해서 다루게 된다.

도메인 온톨로지는 상위 온톨로지로부터 상속을 받아 특정 도메인에 대한 지식을 확장하여 기술하는 온톨로지로서 의료, 전자전기 혹은 금형 등 다양한 특정 도메인에 대해 다룰 수 있다. 태스크 온톨로지(혹은 문제 해결 온톨로지)도 도메인 온톨로지와 마찬가지로 상위 온톨로지로부터 상속받은 일반적인 활동들을 특정 문제나 온톨로지의 목적에 맞도록 기술하고 있는 온톨로지이다. Clancey는 계층적 분류(hierarchical classification), 가설 조합(abductive assembly), 가설평가(hypothesis assessment), 설계계획 선택 및 개선(design-plan selection refinement) 그리고 데이터 추상화(data abstraction) 등의 일반적인 태스크를 정의하여 이들의 조합으로 대부분의 구체적 문제 해결이 시도될 수 있다고 주장했다(Clancey, 1985).

Chandrasekaran et al.은 도메인 온톨로지와 태스크 온톨로지의 구성요소에 대한 차이를 다음과 같이 구분했다(Chandrasekaran et al., 1999). 온톨로지 기반의 지식 시스템의 구성요소로 해당 도메인을 표출하는 물리적 개체, 관계, 현상, 현황 등에 대한 지식이 도메인 온톨로지에 해당한다. 반면 온톨로지가 풀고자 하는 문제에 대한 지식은 태스크 온톨로지에 정리된다. 즉, 상위 온톨로지는 도메인 온톨로지와 태스크 온톨로지가 공유할 수 있는 형식화와 명시화에 대한 기초를 제공하고 도메인 온톨로지와 태스크 온톨로지는 각각 지식의 공유와 문제 해결 서비스의 재사용을 가능하게 한다.

애플리케이션 온톨로지는 도메인 온톨로지와 태스크 온톨로지를 병합(merge)하여 정의된 도메인의 문제에 대해 대응한다.

시스템 개발 측면에서 위의 종류와는 별개로 구분되어야 하는 온톨로지가 있다. 이것은 구성이 아닌 시스템 측면에서 온

톨로지에 기대되는 역할이 상이하기 때문이다. 이것을 서비스 온톨로지 혹은 인포메이션 온톨로지라고 칭한다(Li et al., 2003). 서비스 온톨로지는 온톨로지와 온톨로지를 기반으로 하는 시스템 간의 완충재와 같은 역할을 한다. 이것은 온톨로지 기반 시스템의 정의된 목적과 기능이 하나의 온톨로지에 의해 구현되기 어렵기 때문이다. 예를 들어, 공급자 발굴 문제에 대해 공급기업의 핵심역량과 수요기업의 요구조건을 표출하는 온톨로지가 개발된다 하여도 해당 온톨로지가 실제로 공급기업과 수요기업이 사용하는 시스템의 요구사항을 만족하지는 못한다. 다시 말해, 서비스 온톨로지란 시스템의 접점과 사용자 사이에서 발생하는 다양한 상호작용으로부터 발생하는 문제들에 대해 대응하는 온톨로지다.

## 2.2 온톨로지의 사례

본 논문에서는 공급기업 발굴문제라는 ‘태스크’를 금형 ‘도메인’에 적합한 애플리케이션 온톨로지와 해당 애플리케이션 온톨로지의 지원하는 서비스 온톨로지의 개발을 다루고 있다. 온톨로지의 주요 장점은 지식을 재사용(reusable) 할 수 있는데 있다. 온톨로지는 재사용될 수 있도록 모듈화되어 개발되며 이것은 기존 온톨로지부터의 상속이 수월해지는 것을 의미한다. 그리하여 본 논문과 유사한 목적인 기업 간 협업과 제조기업의 기업 내 및 기업 간 상호운용성과 연관된 기존의 온톨로지를 소개한다.

Enterprise Ontology(이하 EO)는 에딘버그 대학(University of Edinburgh)의 산학 프로젝트의 목적으로 개발된 온톨로지이며 엔터프라이즈 툴셋(Enterprise Toolset)의 한 부분을 담당한다. EO의 목적은 기업의 모델링과 조직 구성에서 지식베이스 시스템의 활용을 장려하는 것이다. 이에, 기업의 모델링과 조직 구성에 필요한 용어, 정의 그리고 관계 등이 정리가 되어있다. EO에는 크게 활동(activity), 조직(organization), 전략(strategy), 마케팅(marketing) 그리고 시간(time)에 대해 90개가 넘는 개념(class)과 약 60여 개의 개념 간 관계가 정의되어 있다. 다만, 제조도메인에 특화된 개념이나 관계는 정의되어 있지 않으며 추론기능도 지원하지 않는다. 그럼에도 EO의 많은 개념과 관계가 제조도메인의 온톨로지들이 상속받을 수 있는 개념들이기 때문에 제조도메인 및 기타 도메인에서 활용할 가치가 있는 자료이다(Uschold et al., 1998).

TOVE(Toronto Virtual Enterprise)는 기업 간 협업과 상호운용성을 목적으로 개발된 온톨로지이다. 기업통합과 관련된 연구를 수행하기 위해 가상의 기업을 구현하여 연구를 수행하였다. 카네기 멜론 대학의 LISP를 C++ 환경으로 변환하는 것으로 시작되었고 현재 활동(activity), 시간(time), 자원(resources), 재고(inventory), 주문 요구사항(order requirements)와 부품(part) 등에 대한 공리를 명시함으로써 다양한 이해관계자들이 서로 사용하고 이해 가능한 어휘집을 개발하였다. 더불어 각 용어에 대한 정확한 의미와 사용방법 등을 제공하며 도식이나 용어를

나타내는 기호론에 대해서도 정리를 하였다(Fox *et al.*, 1996).

DOLCE(the Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering)는 제조업 분야의 프레임워크로 활용되기 위해 개발된 상위 온톨로지이다(Gangemi *et al.*, 2003). DOLCE는 Wonder Web 프로젝트의 목적으로 개발되었으며, LOOM, DMAL+OIL, RDFS 그리고 OWL의 언어로 제공된다. WonderWeb 프로젝트의 목적은 다양한 협업 환경을 지원하는 상위 온톨로지 라이브러리를 구축하는 것이다. DOLCE도 위와 같은 목적의 상위 온톨로지로서 객체(object)와 운영(operation) 등 제조 분야의 가장 기초적인 용어들을 구분한다. DOLCE의 특이사항은 개념(concept) 혹은 보편(universal) 등으로 불리는 개체가 아닌 상세(particular)라고 하는 인스턴스를 가지지 않는 개체가 주를 이루는데 있다. 실제로 DOLCE의 상세 인스턴스는 추상적/물리적 대상, 이벤트 그리고 품질 등 상세한 부분을 중심으로 구성되어 있으며 보편 인스턴스는 상세 인스턴스들을 조직하기 위한 용도로만 쓰인다. 보편 인스턴스와 상세 인스턴스의 구분은 영속체(perdurant)와 내구체(endurants)로도 설명이 될 수 있다. 내구체는 시간과 관계없이 존재하는 것을 의미하고 영속체는 시간 속에 존재하는 것을 뜻한다(Gangemi *et al.*, 2003).

ADACOR(ADaptive holonic CONrol aRchitecture for distributed manufacturing systems)는 상위 온톨로지인 DOLCE를 바탕으로 확장한 스톱플로어(shop floor) 레벨의 온톨로지이다. 제조 요소(component)와 운영(operation) 등에 대한 개념화를 통해 스톱플로어에서 발생할 수 있는 각종 문제에 대한 분석과 형식화를 목적으로 한다(Leitão and Restivo, 2006).

도메인 온톨로지의 예로는 Texas State 대학의 Farhad Ameri 및 연구진이 제조 도메인에 대해 개발한 MSDL(Manufacturing Service Description Language)이 있다(Ameri and Patil, 2006). 비록 MSDL이 제조분야에서 공급기업의 역할을 표출하는 상위 온톨로지로서 소개되고 있지만, 제조 산업의 특성을 반영하고 있다는 점에서 도메인 온톨로지 중 재사용될 수 있는 온톨로지로서 보는 것이 적절하다(Ameri and Patil, 2010).

온톨로지의 완전성과 전문가의 지식을 구현하는 것과 지식 베이스 시스템 자체의 요구사항에 대응하는 것은 구분해야 하는 문제이다. 다음으로, 소개될 온톨로지의 개발방법론들 또한 대체로 도메인 온톨로지를 어떻게 개발할 것인가에 대한 논의에 초점이 맞춰져 있다.

### 2.3 온톨로지 개발 방법론

온톨로지 개발 방법론은 <그림 3>에 나타난 바와 같이 근본적으로 온톨로지 개발, 온톨로지 재공학(reengineering) 그리고 온톨로지 병합(merging)을 포괄적으로 담고 있다. 이것은 온톨로지의 주요 목적 중 하나가 지식의 재사용이기 때문이다.

Gruninger and Fox(이하 G&F)의 방법론은 앞서 소개된 TOVE의 개발 과정으로부터 도출된 개발방법론이다. 다음 <그림 4>에서 나타난 바와 같이 G&F의 방법론은 실제로 온톨로지가

활용될 애플리케이션 영역에서 제기된 시나리오를 통해 개발의 범위와 기준이 정의된다. 온톨로지의 여러 가지 활용 시나리오를 바탕으로 개발 온톨로지가 답할 수 있어야 하는 질문들, 즉 능력질문을 작성한다. 작성된 능력질문을 형태소(morpheme)단위 등으로 나열하여 가능한 온톨로지 언어로 표출하고 공리화 하는 작업 등을 거쳐 온톨로지의 명세가 작성된다. 마지막으로 명세상의 완전성을 검증함으로써 애플리케이션 영역을 반영하는 온톨로지를 개발할 수 있다(Gruninger and Fox, 1996).

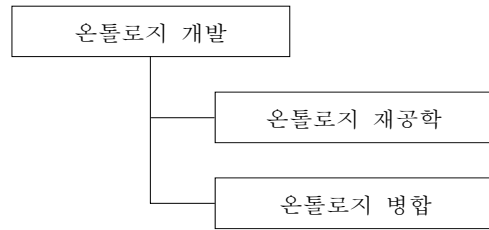


그림 3. 온톨로지 개발의 범위

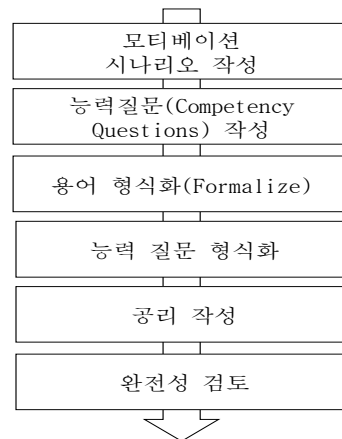


그림 4. G&F 온톨로지 개발 방법론

Uschold(이하 U)는 앞서 소개된 Enterprise Ontology의 개발에 사용된 방법론이다. U는 먼저 온톨로지를 개발하고자 하는 목표와 사용 목적에 대한 정의를 한다. 온톨로지 개발 단계는 세 단계로 이루어져 있다. 온톨로지 캡처링은 설정된 도메인의 범위에서의 핵심 개념과 관계 등을 추출한다. 코딩 단계에서 이것을 해당 온톨로지 언어를 통해 표출하고 온톨로지 통합 단계에서는 기존 온톨로지와의 병합 및 확장 차원의 재구성을 고려하게 된다. <그림 5>에 U온톨로지의 개발 방법론을 나타내었다.

위에서 살펴본 온톨로지 개발 방법론들은 대동소이함을 알 수 있다. 위의 개발 방법론들은 공통으로 Evolving Ontology Engineering 방법론(이하 EOE)과 같은 3단계로 요약될 수 있다: 1) 요구조건 분석 2)개념적 설계 3)구현. 즉, 먼저, 요구조건 분석 단계에서는 온톨로지로부터 요구되는 사항들에 대한 다양한 정보를 수집 및 분석한다. 이어서 수집된 요구조건을 바탕으로

로 핵심 개념과 개념 간의 관계에 대해 설계를 하고, 이를 응용 프로그램을 통해 구현하게 된다.

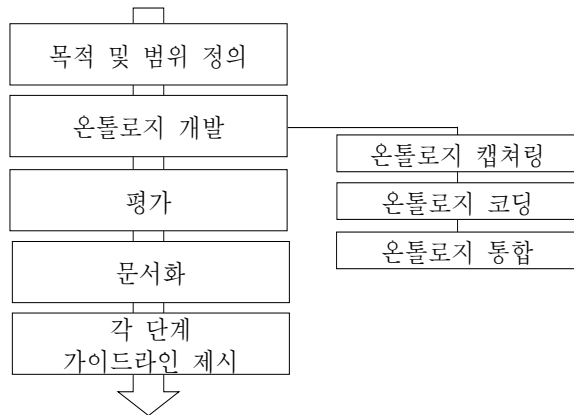


그림 5. U 온톨로지 개발 방법론

#### 2.4 한계점

이상에서 살펴본바 현존하는 대부분의 방법론은 이론과 개념적인 수준에 머물러 있으며 실질적으로 어떻게 지식의 획득과 개념화로 이어지는지를 보여주지 않고 있다. 또한, 온톨로지 구축을 위해 활용되는 응용 프로그램과 방법론 간의 긴밀한 관련성을 제시하지 않음으로 인해 각각의 응용 프로그램에서 온톨로지 구축을 위해 획득된 지식을 어떻게 처리해야 하는지에 대한 포괄적인 지침이 부족하다. 이처럼 대부분의 온톨로지가 실행단계에서 어려움을 겪는 이유는 요구조건 분석이 정교하게 이루어지지 않기 때문이다.

요구조건 분석은 사전지식 수집, 전문가 의견 청취, 각종 문헌 감초 등의 다양한 방법으로 이루어질 수 있다. 그러나 전문가 및 문헌 간의 합의가 이루어지지 않는 때도 있기 때문에 성공적인 온톨로지 개발을 위해서는 요구조건 분석이 더더욱 중요하다고 볼 수 있다. 더군다나 위와 같은 다양한 경로로 수집된 요구조건들을 어떻게 문서화할 것인가라는 문제는 아직 해결되지 않은 또 하나의 중요한 문제라고 할 수 있다. 더욱이 다방면, 다수, 다계층적 이해관계자가 참여하는 온톨로지 개발에서는 모두의 협의를 이끌어 낼 수 있는 요구조건 문서화 방법과 양식이 매우 필요하다. 물론, 위와 같은 문서화의 방법과 양식은 도메인과 독립적으로 적용될 수 있어야 한다.

온톨로지에 기반을 둔 지식 베이스 시스템이라도 하나의 도메인 온톨로지만으로는 충분한 기능을 구현하기에는 어려움이 있다. 그리고 온톨로지의 유지 보환(maintenance) 측면에서 서비스 온톨로지를 구축하는 것이 용이한 측면이 있다. 대만의 금속 도메인에 대한 온톨로지 기반의 KMS(knowledge management system)을 구축한 Li et al.의 경우에는 인포메이션 온톨로지라는 용어를 서비스 온톨로지의 역할에 부여했다(Li et al., 2003). 해당 온톨로지는 KMS의 시스템상 요구조건을 처리하기 위해 제목, 저자, 날짜, 키워드 등 지식 개체를 설명하는 정보를

담고 있다. 이와 같은 서비스 온톨로지의 성공적인 활용을 위해서는 해당 서비스 온톨로지의 범위와 개발방법론이 매우 요긴하지만, 그동안 충분히 다루어지지 않았다.

### 3. 애플리케이션 온톨로지 개발

이번 장에서는 앞서 소개한 다양한 온톨로지 개발 방법론들을 통합하고 보완하여 다음의 애플리케이션 온톨로지 개발 방법론을 제시한다. 제 2.3절에서 소개한 EOE의 3단계 개발 방법론에 기반을 두어 각 단계를 수정 보완하였다. 특히 요구조건 분석에서 1)다양한 이해관계자를 만족하게 하는 상호 검증방법 2) 서비스 온톨로지를 위한 요구조건 분석을 통해 더욱 정교하고 실용적인 온톨로지 개발 프로세스를 제시한다.

#### 3.1 온톨로지 개발을 위한 요구조건 문서화

요구조건 분석 단계에서 문서화는 매우 중요하다. 온톨로지의 개발은 다양한 이해관계자들이 참여하는 공학적 구조물이다. 이에, 다양한 이해관계자들의 요구조건을 모두 남김 없이 반영하는 것이 중요하다. 다수의 소스로부터 수집된 요구조건을 모델링 소프트웨어인 MotPlus를 통해 모델링하면 다양한 이해 관계자들이 편리하게 대안들을 검증할 수 있다. MotPlus를 통한 획득된 지식의 시각화가 가지는 장점 중 하나는 지식 획득(acquisition)을 수행하는 주체가 상위 온톨로지의 구조와 독립적으로 모델링이 가능하다는 점이다. 더불어, 온톨로지 기반 시스템의 유저인터페이스의 생성과 온톨로지 관리 및 유지에 소요되는 각종 스키마 생성에도 도움이 된다.

<그림 6>에 나타낸 바와 같이, MotPlus를 이용한 지식 획득과 문서화의 과정은 초점개념(Focal concept), 1차 객체(Tier 1 Entity), 2차 객체(Tier 2 Entity), 설명 객체(Descriptive Entity)라는 네 가지 종류의 객체를 통해 이루어진다.

초점개념은 해당 온톨로지가 달성하고자 하는 목적을 나타내는 추상적(abstract) 개념이며, 애플리케이션 온톨로지와 서비스 온톨로지 모두에 기술되어야 한다. 예를 들어, 공급자 발굴 문제 해결을 위한 온톨로지의 목적은 결국 수요기업의 요구조건과 공급기업의 핵심역량이 온톨로지를 통해 표출되는 것이다. 이에, 수요기업의 요구조건과 공급기업의 핵심역량이라는 두 개의 초점개념이 정의되어야 한다. 정의된 초점 개념을 바탕으로 1차 객체와 2차 객체에 획득된 지식이 정리된다.

먼저, 1차 객체는 초점 개념으로부터 인접한 객체이며 2차 객체와 초점개념 간의 관계를 표출하는 목적이 있다. 즉, 1차 객체는 초점개념과 Relation(R)의 관계이다. 1차 객체를 결정하기에 앞서 2차 객체에는 수집하고자 하는 계층화된 현실의 모든 용어를 입력한다. 가령, 수요기업의 요구조건이라는 추상적 초점개념을 정의하기 위해 수집된 수요기업의 RFQ의 'CATIA'라는 CAD 소프트웨어를 2차 객체에 기입하게 된다. 'CATIA'와

수요기업의 요구조건 관계는 1차 객체이며 상위 온톨로지인 MSDL의 hasSoftware 속성(property)으로 표출된다.

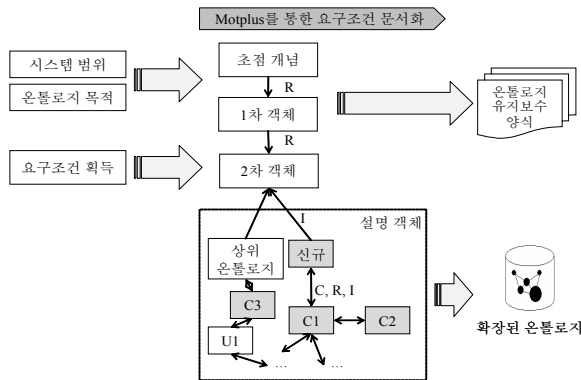


그림 6. MotPlus를 이용한 요구조건 문서화

2차 객체를 인스턴스로 보유한 모든 객체를 설명객체라고 한다. 2차 객체인 'CATIA'에 온톨로지를 통한 의미를 부여하기 위해 개발자는 기존 상위 온톨로지를 참고하여 해당 2차 객체와 관련된 개념이나 속성을 연결한다. 설명객체는 2차 객체가 기존 상위 온톨로지를 통해 표출될 수 없는 경우에는 새로운 개념이나 속성을 생성한다. 다양한 이해관계자와의 협업에서 개발자는 새롭게 추가된 모델에 대한 검증만을 진행하면 된다. 그리고 검증된 모델은 기존 상위 온톨로지와 동일성을 유지하며 온톨로지 구현에 활용된다.

마지막으로 1차 객체로 다루어진 개체들은 온톨로지의 유지보수를 위해 활용될 문서의 항목들을 도출할 수 있다. 1차 객체의 데이터값이 영속적인지를 분류하여 지속적인 업데이트가 필요한 항목들을 지정할 수 있다.

### 3.2 서비스 온톨로지의 요구조건 분석

제 2.1절에서 논의된 바와 같이 서비스 온톨로지는 개발 시스템의 목적을 달성하기 위해 생성되어야 한다. 서비스 온톨로지 개발의 요구조건 분석 프로세스의 산출물은 도메인 온톨로지 개발의 그것과는 상이하다.

기존의 요구조건 분석과 대비해 추가로 시행되어야 하는 것은 개발 온톨로지의 범위 및 목적과 전체 시스템의 범위 및 목적 간의 차이를 규명하는 것이다. 이것을 통해 각 요구조건 분석은 목적과 범위에 맞게 수행된다. 즉, 서비스 온톨로지의 목적은 개발된 온톨로지나 개발될 예정의 온톨로지가 시스템의 목적에 맞도록 보완하는 것이다. 아직 개발되지 않은 시스템에서 개발된 혹은 개발될 온톨로지가 시스템의 목적에 맞도록 기능을 정의해야 한다. 이것을 위해서는 시스템 사용자 측면에서의 요구사항을 도출해야 한다.

먼저, 서비스 온톨로지의 범위가 정의되어야 한다. 이를 위해 시스템상에서 온톨로지의 모든 접점(interface) 등이 확인되어야 한다. UML을 이용한 보편적인 시퀀스 다이어그램으로

사용자와 시스템 내부의 구성요소 간의 상호작용 등이 규명된다. 이것을 바탕으로 각 접점에서 발생할 수 있는 사용 시나리오를 도출한다. 다양한 이해관계자가 개발될 시스템의 시나리오를 자유롭게 기술한다.

표 1. 시스템 사용 시나리오 도출을 위한 양식

구분	설명
시나리오 1	[역할]
관련 사용자	[협업 사용자] [사용 시스템]
관련 지식	[용어] [업무 프로세스]
요구 사항	[요구사항 목록]
제약 사항	[제약사항 목록]

## 4. 사례분석 : 금형산업 온톨로지 구축

이번 장에서는 제 3장에서 제안한 온톨로지 개발 방법론을 기반으로 실 사례 분석을 통해 금형산업의 온톨로지를 구축하고자 한다. 특히, 제조기술 중심과 친환경 중심에 대한 수요기업의 요구조건 시나리오를 바탕으로 공급기업 발굴 문제에 적합한 각각의 온톨로지를 구축한다. 구축된 프로토타입 온톨로지를 바탕으로 공급기업 발굴 문제에 소요되는 추론기능을 시연한다.

### 4.1 제조 기술 중심 공급기업 발굴 시나리오

다음은 자동차 업체가 범퍼 제작을 위한 플라스틱 사출 성형 제조업체를 찾는데 제조능력에 주안점을 두는 시나리오이다. 수요기업은 한국에 있는 20년 이상 역사를 가지고 있고, 300명 이상의 종업원 수를 보유하여, 영어로 커뮤니케이션이 가능한 글로벌 공급 기업 중 SS41, SM50C 합금 기반의 사출성형 제작이 가능하고 5축 머시닝 센터 기기를 소유한 업체를 찾으려 한다.

실 사례 분석 결과 분석한 수요기업의 요구조건은 다음과 같다. 수요기업의 요구조건은 비기술적 정보(Non-technical information)와 기술적 정보(Technical information)로 나뉜다. 비기술적 정보는 기업의 지속년 수, 종업원 수, 위치, 주식 총수, 주 언어, 주요 고객 등이 있으며, 기술적 정보는 주요 산업군 및 제품군, 운영 IT 솔루션, 보유 장비 및 품질 보증, 허용오차, 요구 프로세스 및 소재, 환경 규제 준수 여부, 친환경 프로그램 시행 여부 등을 들 수 있다. 본 연구에서는 비기술적 정보는 키워드 기반 필터링으로 정보를 걸러내고, 기술적 정보는 온톨로지에 기반을 둔 추론을 통해 공급기업을 발굴하는 방법을 택했다.

위 시나리오 중 기술적 정보를 중점적으로 온톨로지화하기 위해 개념과 이들 간의 속성을 나타내었다. 필요 프로세스를



추론하기 위한 hasProcess, 주요 산업군을 위한 hasIndustryFocus, 주요 제품군과 제조 가능 부품을 나타내기 위한 hasProductFocus 와 hasPart, 보유 소프트웨어를 나타내기 위한 hasSoftware, 보유 기기를 나타내기 위한 hasMachine, 이 기기의 허용오차를 나타 내기 위한 hasMfgError 등의 속성으로 이루어져 있다. 또한, 이 속성을 잘 설명해 줄 수 있는 개념을 정의하였다. 이 개념의 예 시로 프로세스 개념, 소프트웨어 개념 등을 들 수 있다. 이 온톨 로지는 MSDL(Manufacturing Service Description Language)을 상위 온톨로지로 사용하여 제작한 온톨로지로서 MSDL에 존재하지 않는 개념과 속성을 추가하여 금형산업에 특화되어 제작된 것 이다. 추가한 개념으로 Mold, Software, Tryout process를 예로 들 수 있으며, 추가한 속성으로 hasSoftware, hasMfgError 등을 들 수 있다. 또한, 위 각 개념에 부합하는 Plastic injection mold, MOLD FLOW, Customer participation tryout process 등의 인스턴스를 추 가하였다.

수요기업의 요구조건에 부합하는 공급기업의 핵심역량은 다 음과 같다. 공급기업의 핵심역량은 설계 능력 및 서비스(mold design tool, manufacturing service), 보유기기(facility), 인증(certifica- tion), 고객사(customer portfolio) 등으로 이루어진 기술적 정보 (technical information)와 수요기업의 요구조건과 일치하는 비기 술적 정보(non-technical information)로 이루어진다. 본 예시는 자 동차 범퍼용 플라스틱 사출 성형용 주 업무로 하는 국내의 금 형 공급기업 정보를 포함한 것인데, 실제 사례에 기반을 두어 기술적 정보와 비기술적 정보를 기입하였다. 이 기업은 MOLD FLOW, CATIA 등의 설계 디자인 툴을 갖고 있으며, 3D 및 2D NC 밀링을 서비스할 수 있다. 또한, MP2618 외 기기를 보유하고 있으며, ISO 9001 인증을 획득했다. 그리고 다양한 고객사를 보유하고 있다.

이에 따른 온톨로지 구축은 기기보유를 나타내는 hasMachine, 보유 소프트웨어를 나타내는 hasSoftware, 구현 가능한 서비스

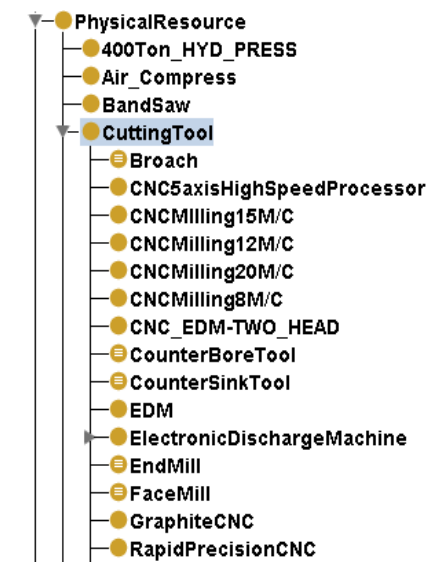


그림 7. Protégé를 이용한 온톨로지 구축 예시

를 나타내는 hasService 등의 속성을 지니고 있으며 이에 필요한 개념을 정의했다. 기존 MSDL 온톨로지에서 Software, Electronic Discharge Machine, Injection Molding Machine 등의 개념을 추가하 였으며 이에 필요한 회사이름, 고객사 이름, 기기 이름 등을 나 타내는 인스턴스를 정의했다. <그림 7>은 Protégé를 통해 기 존 MSDL 온톨로지를 확장한 예시이다.

위의 온톨로지를 통해 공급기업의 핵심역량과 수요기업의 요구조건을 표출하였다. 이를 통해 수요기업은 요구조건에 부 합하는 제조능력을 갖춘 공급기업을 발굴 가능하다.

#### 4.2 친환경 중심 공급기업 발굴 시나리오

본 시나리오는 제 4.1절에서 언급한 제조능력 우선 공급기업 발굴 시나리오와 같이 자동차 업체가 플라스틱 사출 성형 제 조업체를 찾는 예시이다. 하지만 이는 친환경성에 대해 주안 점을 가진 시나리오로 공급기업은 재생재료를 쓰며, 환경 프 로그램을 실시하고 환경 규제를 준수해야 한다는 요구조건을 가진다. 또한, 환경 관련 인증을 획득하고, 회수 물류(reverse lo- gistics)를 시행하는 업체를 찾으려 한다.

그리하여 위 시나리오 중 기술적 정보를 중점적으로 온톨로 지화하기 위해 위 제 4.1절 시나리오 이외에 친환경성 특성에 관련된 conformRegulation 관계와 ISO 14064 환경 인증, MAD AMS 환경 솔루션 등 관련 필요 개념을 추가했다.

수요기업의 요구조건에 부합하는 공급기업의 핵심역량은 <그림 8>과 같다. 제 4.1절의 공급기업의 핵심역량 외에 필요 부분을 추가하였다. 이를 통해 수요기업은 친환경 공급기업 발굴이 가능하다.

Facility	Certification
MP2618(5C)	ISO9001
MPH2642B	ISO14001
BP130 P40	ISO14000
Rotary Table R22	ISO14064
Rotary Table R16	EcoLoge
DMBC 1500CNC	
MHA800	
BR 2.5	
HL580	
DSDP 3020400	
DSRP 500	
2015J	
IS3000DF	
IT Solution	Regulation Conformance
SAPERP	Hazardous Materials : Motor vehicle brake friction materials
MADAMS	

그림 8. 공급기업 핵심역량 분석 결과 및 예시

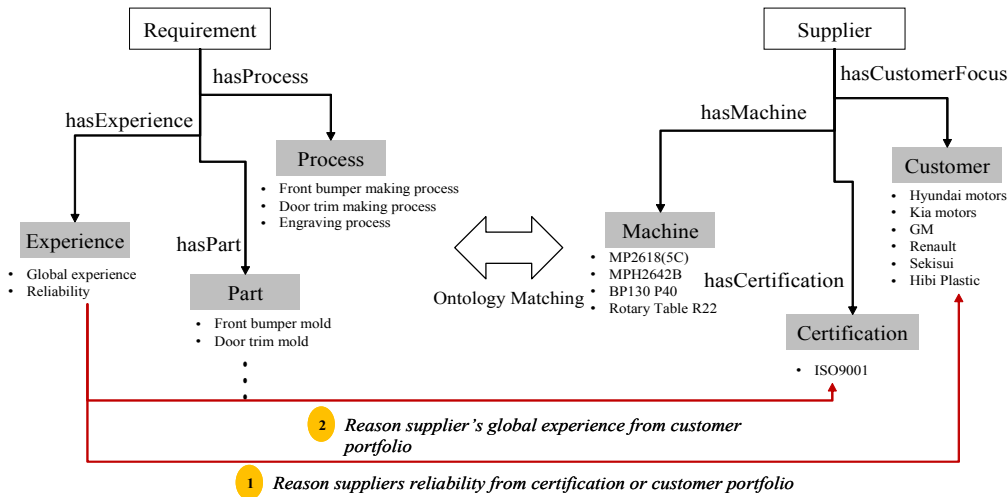


그림 9. 온톨로지를 이용한 공급기업 발굴 예시

4.3 추론

위에서 개발한 온톨로지를 이용하여 SWRL(Semantic Web Rule Language) 규칙을 기반으로 한 추론(reasoning)을 통해 공급기업 발굴이 가능하다(Ameri and Dutta, 2008). 예를 들어 수요기업 요구조건 중 하나인 신뢰성을 추론 규칙을 통해 표현하여 이를 만족하는 공급기업을 발굴할 수 있다. <그림 9>는 위에서 제작한 온톨로지를 기반으로 제작된 공급기업 발굴 예시를 나타내었으며 <그림 10>은 SWRL 형태로 표현된 추론 규칙이다. 수요기업이 신뢰할 수 있는 공급기업 발굴을 원하면 ‘포춘 글로벌 500’에 등재되었던 기업을 고객사로 두고 있는 공급기업을 검색하는 시나리오이다. 또한, 수요기업이 국외 수주 경험이 있는 공급기업을 원하면 공급기업의 고객사 포트폴리오를 분석해 국외 수주 경험이 있는지 추론 가능하다.

이러한 추론 과정을 통해 수요기업의 요구조건에 기민하게 공급기업을 발굴할 수 있다.

```
( ?c isa actor ) ( ?c hasCustomerFocus ?r ) ( ?r
isFortune500 true^^boolean ) -> ( ?c isReliableComply
true^^boolean )
( ?c isa actor ) ( ?c hasCertification ?cert ) ( ?cert isa
certification ) -> ( ?c isReliableCompany true^^boolean )
(Rule-1)
( ?c isa actor )( ?c hasBranch ?branch ) ( ?branch isOverseas
true^^boolean ) -> ( ?c hasOverseasBranch ?branch )
(Rule-2)
```

그림 10. SWRL을 통한 추론규칙 예시

5. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 글로벌 공급망 관리에서의 공급기업 발굴의 문제를 정의하고, 관련된 기존 방법들의 문제점과 한계점들이 의미기반 온톨로지 방법을 통해 해결될 수 있음을 보였다. 특히, 금형이라는 특수한 도메인에서 수요기업의 다양한 요구조

건과 공급기업의 핵심역량을 효과적으로 포괄할 수 있는 온톨로지 개발 방법론을 제안하였다. 제안된 방법론의 적용성을 논증하기 위하여, 제조기술 중심과 친환경 중심에 대한 수요기업의 요구조건 시나리오를 도입하여 온톨로지를 프로토타이핑하였다.

추후에는 온톨로지를 체계적으로 검증하고 평가하는 방법의 개발이 필요하다. 지식의 공유와 재사용을 가능하게 하는 온톨로지의 특성상 상위 온톨로지 혹은 도메인 온톨로지를 선택하여 특화하여야 성공적으로 시스템의 목적을 달성할 수 있다. 하지만, 현재 온톨로지의 검증방법으로는 전문가 시스템에 대비한 성능평가 등이 알려졌을 뿐이다. 이에 제조 정보를 포괄할 수 있는 능력과 더불어, 온톨로지 상에서 이미 포출된 제조 정보의 양과 추론 능력 등에 대해 체계적으로 검증하고 평가하는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

Ameri, F. and Patil, L. (2006), An upper ontology for manufacturing service description, 26<sup>th</sup> Computers and Information in Engineering Conference, Philadelphia, Pennsylvania, USA, September, 10-13.

Ameri, F. and Dutta, D. (2008), A matchmaking methodology for supply chain deployment in distributed manufacturing environments, Journal of Computing and Information Science in Engineering, 8(1), 011002-1-011002-9.

Ameri, F., McArthur, C., Asiabanpour, B., and Hayasi, M. (2011), A web-based framework for semantic supplier discovery for discrete part manufacturing, 39<sup>th</sup> Annual SME North American Manufacturing Research Conference, Corvallis, Oregon, USA, June, 13-17.

Ameri, F. and Patil, L. (2010), Digital manufacturing market : a semantic web-based framework for agile supply chain deployment, Journal of Intelligent Manufacturing, 1-16.

Chandrasekaran, B., Josephson, J. R., and Benjamins, V. R. (1999), Ontology of tasks and methods, IEEE Intelligent Systems, 14(1), 20-26.

Chi, Y.-L. (2010), Rule-based ontological knowledge base for monitoring partners across supply networks, Expert Systems with Applications, 37, 1400-1407.



Clancey, W. J. (1985), Heuristic Classification, *Artificial Intelligence*, 27, 289-350.

Dyllick, T. and Hockerts, T. (2002), Beyond the business case for corporate sustainability, *Business Strategy and the Environment*, 11, 130-141.

Fox, M. S., Barbuceanu, M., and Gruninger, M. (1996), An organisation ontology for enterprise modelling: preliminary concepts for linking structure and behaviour, *Computers in Industry*, 29, 123-134.

Gangemi, A., Guarino N., Masolo, C., and Oltramari, A. (2003), Sweetening WORDNET with DOLCE, *AI Magazine*, 24(3), 13-24.

Gustin, C. M., Daugherty, J. D., and Ellinger A. E. (1997), Supplier selection decisions in systems/software purchases, *Journal of Supply Chain Management*, 33 (4), 41-46.

Guarino, N. (1995), Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation, *International Journal of Human and Computer Studies*, 43(5/6), 625-640.

Gruninger, M. and Fox, M. S. (1996), The logic of enterprise modeling, *Modelling and Methodologies for Enterprise Integration*, 140-157.

Im, K., Lee J., Kim, B.-H., Peng, Y., and Cho, H. (2011), Conceptual framework of supplier discovery via ontology-driven semantic reasoning, *Proceedings of the 41st International Conference on Computers and Industrial Engineering, Los Angeles, California USA, October*, 23-25.

Lee, H. K. (2010), Ontology modeling for supply chain partnership, *Korean Journal of Logistics*, 18(1), 5-19.

Leitão P. and Restivo, F. (2006), ADACOR : A holonic architecture for agile and adaptive manufacturing control, *Computers in Industry*, 57(2), 121-130.

Li, S.-T., Hseih, H.-C., and Sun, I.-W. (2003), An ontology-based knowledge management system for the metal industry, *The 12<sup>th</sup> International World Wide Web Conference, Budapest, Hungary, May*, 20-24.

McArthur, C. and Ameri, F. (2011), Knowledge representation for supplier discovery in distributed manufacturing, *International Conference on Engineering Design(ICED11), Copenhagen, Denmark, August*, 15-18.

Noh, Y. (2011), A study on the performance evaluation of semantic retrieval engines, *Journal of the Korean Biblia Society for library and Information Science*, 22(2), 141-160.

Schlenoff, C., Ivester, R., Libes, D., Denno, P., and Szykman, S. (1999), *An analysis of existing ontological systems for applications in manufacturing and healthcare(NIS TIR 6301)*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, USA.

Strassner, J., O'Sullivan, D., Declan D., and Lewis, D. (2007), Ontologies in the engineering of management and autonomic systems : a reality check, *Journal of Network and Systems Management*, 15(1), 5-11.

Song, S. (2010), *Ontology to enable semantic matching for supplier discovery in mold industry*, Master's thesis, Pohang University of Science and Technology, Korea.

Uschold, M. and Gruninger, M. (1996), Ontologies : principles, methods and applications, *Knowledge Engineering Review*, 11(2), 93-136.

Uschold, M., King, M., Moralee S., and Zorgios Y. (1998), The enterprise ontology, *The Knowledge Engineering Review*, 13(1), 31-89.



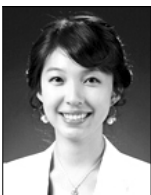
**정기욱**

뉴욕대학교(NYU) 정치학 학사  
 현재 : 포항공과대학교 산업경영공학과 석사과정 재학  
 관심분야 : Ontology, Formal Concept Analysis, Concept Lattice, Game Theory



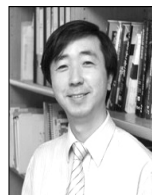
**이재훈**

포항공과대학교 산업경영공학과 학사  
 현재 : 포항공과대학교 산업경영공학과 통합과정 재학  
 관심분야 : SCM, 경영전략



**고인영**

포항공과대학교 물리학과 학사  
 현재 : 포항공과대학교 산업경영공학과 석사과정 재학  
 관심분야 : 온톨로지, CRM, 가치평가



**주재구**

서울대학교 산업공학과 학사  
 포항공과대학교 산업공학과 석사  
 포항공과대학교 산업공학과 박사  
 현재 : 인제대학교 시스템경영공학과 부교수  
 관심분야 : 제조협업, 온톨로지, 인간-환경시스템, 시뮬레이션



**조현보**

서울대학교 산업공학과 학사  
 서울대학교 산업공학과 석사  
 Texas A&M 산업공학과 박사  
 현재 : 포항공과대학교 산업경영공학과 교수  
 관심분야 : Supply Chain Integration and Management, Supply Chain Automation, Ontology