

부품 라이브러리 정보의 자동 통합을 위한 메타 온톨로지

조준면*, 한순홍**, 김 현***

A Meta-Ontology for Automated Information Integration of Parts Libraries

Cho, J.M.*, Han, S.H.** and Kim, H.***

ABSTRACT

Information integration of heterogeneous digital parts libraries or electronic parts catalogs is one of issues in B2B procurements. We need to provide an integrated view for multiple information sources. Utilization of ontologies as the metadata descriptions of the information sources can provide an integrated view. However, in order to integrate independently developed ontologies, the mismatches among them should be resolved. In this paper, we propose an ontology of meta-concepts, i.e. meta-ontology. The meta-concepts play the role of vocabulary to describe the parts library ontologies and provide well-established ontological semantics that helps the ontology modelers to consistently identify parts library concepts and systematically structure them. Consequently, the meta-ontology reduces the differences in the way the parts knowledge is interpreted and ensures the mismatches are confined to manageable mismatches, so that a software program can merge automatically. Modeling ontologies of mold and die parts libraries for B2B e-commerce is taken as an example to show how to use the meta-ontology. We also discuss how a parts library mediation system can automatically merge the well-structured parts library ontologies.

Key words : Parts Library, Ontology-based Information Integration, Knowledge Modeling, B2B e-procurement

1. 서 론

기업간 부품 구매/조달에 있어 부품 정보의 자동통합은 어려운 작업이다. 이 절에서는 문제 영역과 이 문제를 해결하는데 가장 큰 장애가 되는 온톨로지 불일치에 대해 살펴보고 본 논문에서 제안하는 '내용 중심적'인 부품 지식 모델링 방법의 필요성을 정리한다.

1.1 문제 영역

일반적으로 자동차와 같은 복합 제품은 여러 업체에서 공급하는 부품을 이용하여 설계되고 제조된다. 따라서, 제품 제조업체는 여러 부품 공급업체가 제공하는 대체 가능한 부품을 비교하여, 원하는 부품을 선택

고 빠르게 선택할 수 있기를 원한다. 최근 정보기술의 발전 특히, 인터넷과 웹 기술의 발전은 부품 공급업체들이 쉽고, 빠르고, 값싸게 부품 정보를 배포할 수 있게 하였고, 조립제품 제조업체들은 적합한 부품을 전 세계에 걸쳐 검색할 수 있게 하였다. 전자 카탈로그 또는 디지털 부품 라이브러리가 이러한 웹 기반 부품 조달의 기본 도구으로써, 부품 라이브러리는 부품의 사용 조건 및 특성과 같은 정보를 제공함으로써 부품 선택의 기준 역할을 한다^[1].

그러나 인터넷과 웹을 기반으로 한 전자적인 부품 조달의 이러한 잠재적인 가능성 특히, 전 세계적인 부품 검색은 각 부품 라이브러리가 요구하는 검색 방식 및 부품 정보 명세의 이질성 때문에 제약 받는다^[2]. 구매자는 여러 부품 라이브러리들에 접속하여 서로 다른 검색 질차를 거쳐, 서로 다른 형식과 용어로 기술된 부품 정보를 취득하고, 최종적으로 하나의 부품을 선택하기 위해 구매자에게 익숙한 형식과 용어로 취득된 부품 정보를 변환하여 비교해야 한다.

*교신저자, 한국과학기술원 기계공학과

**중신회원, 한국과학기술원 기계공학과

***중신회원, 한국전자통신연구원

- 논문투고일: 2005. 08. 16

- 심사완료일: 2006. 03. 27

전자적인 부품조달의 잠재적인 가능성을 현실화하기 위해서는, 이질적인 부품 라이브러리에 대한 통합된 단일 뷰를 제공할 수 있는 중개자가 구현되어야 한다^[3,4]. 단일 뷰의 제공은 여러 정보 소스 즉, 부품 라이브러리의 메타데이터 통합과 상호운용을 통해 달성될 수 있다^[5].

최근에 여러 연구자들이 정보 소스의 메타데이터에 대한 명세로 온톨로지를 이용할 것을 제안하고 있다^[6]. 온톨로지는 정보 소스의 지식, 특히 암묵적이거나 숨겨진 지식에 대한 명시적이고 엄밀한 표현이기 때문에 정보 요소의 의미를 명확히 함으로써, 정보 통합 문제를 해결하는데 도움을 줄 수 있다.

부품 지식 즉, 부품 라이브러리의 메타데이터는 일반적으로 다음과 같이 기술된다. 부품들은 보통 클래스로 표현되는 카테고리 분류된다. 이러한 부품 클래스들에는 부품의 특성을 표현하는 여러 속성이 부여되고, 이러한 속성이 상속되는 포함관계 계층구조로 구성된다. 부품 클래스에는 부품 특성뿐만 아니라 분류 코드, 도면, 서술적 설명 등의 정보도 표현되며, 속성에는 값 형식(data type), 값 범위, 측정 단위 등의 정보가 함께 표현된다^[2,3]. Fig. 1은 베어링 부품에 대한 지식의 기술 예를 보여준다^[2]. 사용된 그래픽 표기법은 EXPRESS-G^[7]로서, 실선 박스는 부품 클래스를 나타내며, 점선 박스는 데이터 타입을, 굵은 실선은 상속 관계를, 그리고 라벨이 붙은 실선은 부품 특성을 나타낸다.

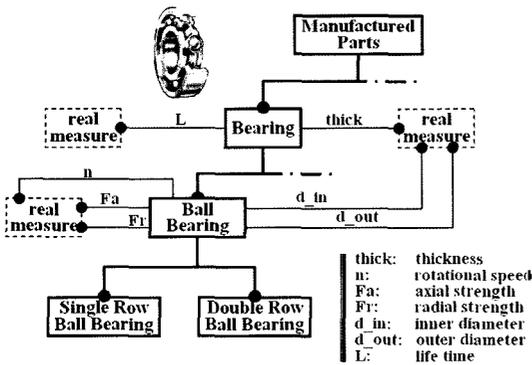


Fig. 1. 베어링 부품 지식의 명세 예^[2].

그런데 문제는, 정보 소스의 지식을 명시적으로 표현한 온톨로지 자체가 이질적일 수 있다는 것이다. 온톨로지가 서로 독립적으로 개발되며 온톨로지 개발 방식을 제어하는 단일한 표준을 제정하고 적용하기 힘들기 때문에, 비슷한 정보를 담고 있는 정보 소스에

대한 온톨로지들이 서로 다른 방식으로 명세될 수 있다. 이러한 차이가 ‘온톨로지 불일치’를 유발하고, 독립적으로 개발된 온톨로지를 통합하고 상호 운용하는데 장애가 된다.

1.2 온톨로지 불일치

온톨로지 불일치는 온톨로지 작성 단계에 따라 개념화 불일치(conceptualization mismatch)와 명세화 불일치(explication mismatch)로 구분할 수 있다. 온톨로지 작성은 대상 도메인의 지식을 해석하여 개념화하고, 개념화 결과를 명세하는 과정을 거치기 때문이다^[8,9].

개념화 단계에서는 대상 도메인을 해석하여 온톨로지 개념(클래스 및 속성), 인스턴스, 관계, 함수 그리고 공리(axiom)를 구별하고 식별하는데 많은 결정이 요구된다. 또한, 구별된 클래스를 포함관계 계층구조로 구성하고 각 클래스에 속성을 부여하는 데에도 많은 결정이 요구된다. 따라서, 개념화에 관련된 불일치는 식별된 정보 요소와 이들의 구조가 다른 경우에 발생한다.

개념화 결과는 지식표현 언어를 사용하여 온톨로지로 명세된다. 특정 지식표현 언어에 상관없이 일반적인 논리 표현식을 가정하면, 온톨로지를 구성하는 각 정의식은 정의항(definiens), 피정의항(definiendum), 그리고 피정의항이 표현하고자 하는 도메인 개념으로 구성된다. (이후 논의를 명료하게 하기 위해 피정의항을 식별자(term)로 지칭한다.) 예를 들어, ‘A vessel is taken to be something large and seagoing’라는 개념을 표현하는 정의식은, PROLOG^[10] 형식으로 명세한 경우, vessel(x) ← seagoing(x) ∧ largc(x)인데, 이때 vessel(x)이 식별자에 해당되고, seagoing(x) ∧ largc(x)가 정의항에 해당된다. 따라서 명세화에 관련된 불일치는 두 온톨로지가 식별자, 정의항, 개념 중 일부만 동일한, 서로 다른 정의식을 포함하는 경우 발생한다. Table 1에 온톨로지 작성의 두 단계에 관련된 불일치의 종류와 이들의 발생 원인 그리고 예를 정리하였다.

1.3 부품 라이브러리 지식의 체계화

온톨로지 불일치에 대한 위 논의에서, 모든 개념화 불일치는 어떤 형태로는 반드시 명세화 불일치로 나타난다는 사실을 주목해야 한다. 예를 들어, 범주화 불일치는 개념과 정의항 불일치 또는 정의항 불일치로 나타난다^[8,9]. 이러한 사실은 온톨로지 불일치의 근본 원인이, 개념화 결과를 명세하는 방식의 차이가

Table 1. 온톨로지 불일치의 구분 및 종류¹⁾

구분	불일치 종류	설명	예
개념화 불일치	분류화 불일치 (categorization mismatch)	두 개념화가 동일한 온톨로지 개념 (클래스)을 식별하였지만 이를 서로 다른 하위 개념으로 분류하는 경우 발생.	포유류, 조류 vs. 철수 동물, 무철수 동물
	집성화 수준 불일치 (aggregation-level mismatch)	동일한 온톨로지 개념 (클래스)을 서로 다른 추상화 수준에서 정의하는 경우 발생.	사람 vs. 남자, 여자
	관계 구조 불일치 (structure mismatch)	동일한 온톨로지 개념들을 서로 다른 관계를 통해 서로 다르게 구조화하는 경우에 발생	집 is-made-of 벽돌 vs. 집 has-component 벽돌
	속성 부여 불일치 (attribute-assignment mismatch)	클래스에 다른 속성을 부여하거나 속성 부여 방식이 다른 경우 발생.	자동차가 운송수단의 하위 클래스인 경우, 운송수단 (속성:색) vs. 자동차 (속성:색)
	속성 타입 불일치 (attribute-type mismatch)	동일한 속성의 인스턴스 타입을 서로 다르게 가정하는 경우 발생.	거리 (타입:mile) vs. 거리 (타입:Km)
명세화 불일치	개념과 식별자 불일치 (concept/term mismatch)	두 온톨로지가 동일한 정의항을 가지지만 표현하고자 하는 도메인 개념과 이를 표시 (상징)하는 식별자가 서로 다른 정의식을 포함하는 경우 발생.	vessel(x)←seagoing(x)∧large(x) vs. whale(x)← seagoing(x)∧large(x)
	개념과 정의항 불일치 (concept/definiens mismatch)	식별자는 동일하지만 도메인 개념과 정의항이 서로 다른 경우 발생.	miter(x)←head_dress_of_bishop(x) vs. miter(x)←right_angle_joint_of_wood(x)
	개념 불일치 (concept mismatch)	식별자와 정의항은 동일하지만 표현하고자 하는 도메인 개념이 서로 다른 경우 발생.	red_miter(x)←miter(x)∧red(x)
	식별자와 정의항 불일치 (term/definiens mismatch)	도메인 개념은 동일하지만 서로 다른 식별자와 정의항으로 표현하는 경우 발생.	vessel(x)←floating(x)∧big(x) vs. ship(x)←seagoing(x)∧large(x)
	식별자 불일치 (term mismatch)	동일한 도메인 개념을 동일한 정의항으로 표현하지만 식별자가 서로 다른 경우 발생.	vessel(x)←seagoing(x)∧large(x) vs. ship(x)←seagoing(x)∧large(x)
정의항 불일치 (definiens mismatch)	동일한 도메인 개념을 동일한 식별자로 표현하지만 정의항이 다른 경우 발생.	miter(x)←head_gear_of_bishop(x) vs. miter(x)←ecclesiastical_hat(x)∧deeply_cleft(x)	

아니라, 대상 도메인을 해석하는 방식의 차이라는 것을 의미한다. 명세화 불일치는 표현 내용을 기반으로 정의되기 보다는, 대상 내용을 표현한 형식을 기반으로 정의되며, 대상 도메인을 해석하는 방식의 차이가 서로 다른 표현 내용 즉, 온톨로지 개념과 관계를 결정한다.

위의 고찰로부터 부품 정보를 자동 통합하기 위해서는 우선, 부품 라이브러리의 지식을 일관된 방식으로 해석하여, 유사한 도메인 개념을 식별하고, 식별된 도메인 개념들을 유사한 관계로 구조화하는 방법, 즉, 부품 지식의 체계화 방법이 필요함을 알 수 있다¹¹⁾. 부품 지식 체계화 방법없이, 예를 들어, 볼 베어링 부품을, 한 공급업체는 볼의 운동을 제약하는 홈의 타입에 따라 단일 볼 베어링, 복열 볼 베어링 카테고리

로 분류하고, 다른 공급업체는 베어링 안지름의 크기에 따라 대구경 볼 베어링, 소구경 볼 베어링으로 분류하는 경우와 같이, 유사한 지식일지라도 다르게 기술하는 것을 방지할 수 없다.

기존에 대상 지식을 표현하고 활용하는데 있어 지식의 심볼릭 표현 방법(formalism), 지식 표현 언어, 심볼릭 표현 결과의 계산 및 처리 방법과 같은 형식 중심의 연구는 많은 연구자들에 의해 수행되었다. 하지만, 본 논문과 같이 내용 중심적인 연구 즉, 심볼을 이용하여 표현할 대상 내용을 어떻게 마련할지에 관련된 개념화 원리에 대한 연구는 부족한 실정이다¹¹⁻¹³⁾.

일차 술어 논리와 같은 지식 표현 형식론은 유효한 추론 방법 즉, 도구를 제공한다. 더 나아가 구현된 추론의 한계(soundness 특성과 completeness 특성)를

이론적인 방법으로 찾을 수 있도록 한다. 그러나 지식 표현 형식론은 지식을 어떻게 표현할 수 있는지에 대한 답은 제시하지만, 대상 지식을 어떻게 준비해야 하는지에 대한 답은 제시하지 못한다¹²⁾¹⁴⁾. 달리 말하면, 온톨로지 언어만으로는 일관되게 대상 개념을 식별하고 이들을 체계적으로 구조화하는 데 충분치 않다. 예를 들어, KL-ONE 계통의 지식 표현 언어를 사용하여 'A red ball exists'라는 지식을 표현할 때, 일반적으로는 ball을 클래스로, red를 color 롤의 제한자(filler)로 정의해서 ball ≡크color:red와 같이 표현할 수 있다. 그러나 다른 방식 즉, 전혀 롤을 정의하지 않고, 대신 ball과 red를 모두 클래스로 정의하여 표현하는 것을 방지할 수 없으며, 이 경우에도 표현식으로는 타당하다.

지식 체계화는, 위 예에서, 소구경 볼 베이링 클래스와 대구경 볼 베이링 클래스를 정의하는 것을 방지할 수 있도록, 무엇이 클래스인가?, 무엇이 롤인가? 하위 클래스를 어떻게 분류해야 하는가? 등과 같은 근본적인 질문에 해답을 제시할 수 있도록 잘 정비된 원리에 기반해야 한다. 두 도메인 개념(소구경 볼 베이링과 대구경 볼 베이링)은 분류 기준인 '안 지름의 크기'의 의미가 모호할 뿐만 아니라, 모든 베이링 부품에 본질적인 특성이 아니기 때문에 적절치 않다. 또한, 이로 인해 발생하는 부품 라이브러리 온톨로지 간의 불일치는, 온톨로지에 따라 해당 분류 기준을 다르게 적용하거나 아예 적용하지 않을 수 있기 때문에, 컴퓨터 시스템이 자동으로 해결하기 어렵다.

개념들에 대한 존재론적 가정 및 제약조건을 명시적으로 고려하여, 사람이 대상 도메인의 지식을 기술할 때 사용하는 메타 개념 즉, 온톨로지 모델링 용어(vocabulary)에, 소위 '사람의 인식에 기반한 의미(human-perceived meaning)'를 명확하게 부여하는 것이, 일관된 방식으로 대상 도메인을 해석하는 데 도움을 줄 수 있다¹²⁾¹⁶⁾.

본 논문은 존재론적 가정의 명시적 고려를 기반으로 한 부품 라이브러리 지식의 체계화 방법에 대해 논한다. 2절에서 유사 연구를 비교 분석한 후, 3절에서 온톨로지 모델링에 사용되는 메타 개념의 프레임워크를 제시한다. 우선, 3.1절에서 제안된 프레임워크의 이론적 기반을 제공하는, Guarino의 온톨로지 이론을 소개한다. 3.2절은 프레임워크의 핵심 구성 요소인 부품 라이브러리 도메인 온톨로지에 대해 설명한다. 4절에서는 제안된 프레임워크를, 기업간 전자거래를 위한 급형 부품 라이브러리의 자동 통합에 적용한 예를 소개한다.

2. 유사 연구 비교분석

그동안 다양한 온톨로지 기반 정보 통합 연구가 수행되었다. 기존의 연구들은 지식 모델링 방법, 온톨로지 활용 형태, 온톨로지 간 매핑 생성 방법 등에서 서로 차이를 보인다¹⁶⁾. 온톨로지 활용 형태에 관해서는 대부분의 연구가 '복합(hybrid) 방식'을 채택하고 있다¹⁷⁾. 복합 방식에서는 각 정보 소스가 자신의 소스 온톨로지를 가지는 한편, 모든 소스 온톨로지는 공통의 공유 온톨로지에 어떠한 방법으로도 연결되어, 소스 온톨로지들을 서로 비교하고 매핑하기 쉬도록 한다¹⁶⁾. 한편, 모든 정보 소스가 단일한 글로벌 온톨로지에 연결되는 행태를 '단일 온톨로지 방식'이라 하는데, 이 방식은 여러 정보 소스를 통합하기 쉽다는 장점에도 불구하고, 신규 정보 소스가 추가될 때마다 글로벌 온톨로지를 변경해야 하기 때문에, 직용성(scalability)에 문제가 있다는 단점을 가지고 있다. '다중 온톨로지 방식'에서는 정보 소스가 다른 정보 소스를 고려하지 않고 개발된 각자의 온톨로지를 가지는데, 소스 온톨로지들이 서로 다른 집성화(aggregation) 수준과 개념화 정도(granularity)로 개발되기 때문에, 통합하기 어렵다는 단점을 가진다.

이 절에서는 복합 방식의 대표적인 세가지 유사 연구를, 나머지 측면인 지식 모델링 방법과 온톨로지 간 매핑 생성 방법을 기준으로 분석하고 비교한다.

COIN 방식¹⁸⁾은 COINL(COIN Language)라는 자체 지식 표현 언어를 사용하여 대상 지식을 모델링하고 명세한다. 이 언어는 Frame Logic¹⁹⁾을 직접적으로 기반하여 개발되었기 때문에, 언어 요소의 존재론적 본성 즉, '인간이 인식하는 의미'가 매우 일반적이고 표현 대상 지식 내용에 독립적이다¹³⁾¹⁴⁾. 따라서, 1.3절에서 고찰한 것과 같이, 이 언어만으로는 도메인 개념을 일관되게 식별하고 식별된 개념을 체계적으로 구조화하기에 부족하다. 무엇이 클래스이고 무엇이 속성인지 더 나아가 대상 도메인에 어떤 것이 존재하는지를, 온톨로지 개발자가 잘 정비된 이론 없이 스스로 판단해야 한다. 결과적으로 온톨로지들이 서로 다른 개념화 결과를 바탕으로 작성되는 것을 방지할 수 없고, 온톨로지 불일치가 임의의 표현식 간에 발생하게 된다. COIN 방식에서는 매핑을 수작업으로 미리 명세하도록 한다. 또한 명세할 수 있는 매핑 관계도, 임의의 지식 표현식 간에 매핑을 자동으로 처리하기 힘들기 때문에, 공유 온톨로지에 정의된 공통 타입의 인스턴스로 정의되는 속성 값의 변환 규칙에 관련된 것들로 한정된다.

BUSTER 방식^[20]은 Description Logic^[21]을 기반으로 개발된 범용의 웹 온톨로지 언어인 OIL^[22]을 사용하여 지식을 모델링하고 명세한다. 이 언어의 요소도 의미가 일반적이고 내용 독립적이기 때문에, 이 언어만으로는 온톨로지들이 서로 다른 개념화 결과를 바탕으로 작성되고 매핑이 복잡해지는 것을 방지할 수 없다. BUSTER 방식은 이러한 문제점을 공유 온톨로지에 전적으로 의존하여 해결한다. 이 방식에서는 도메인 지식을 표현할 때 필요한 모든 속성 개념을 미리 공유 온톨로지에 마련해 놓고, 소스 온톨로지는 이 속성 개념을 취사선택하고 조합하여 도메인 클래스를 정의한다. 속성 간의 동일성은 이미 명확하게 판단할 수 있기 때문에, 이러한 속성의 조합으로 정의되는 도메인 클래스의 동일성도, 자동화된 포함관계 추론을 통해 쉽게 판단된다. 그러나 이 방식은 도메인 전문가가 필요한 모든 속성 개념을 미리 찾아 내고, 향후 사용 조건을 면밀히 고려하여 공유 온톨로지를 작성해 놓아야 하므로, 초기 시스템 개발 시간과 비용이 많이 드는 단점이 있다.

PLIB 방식^[17]은 위 두 방식과는 달리 로직 기반 지식 표현 언어를 사용하지 않고, 부품 지식 표현에 필요한 모델링 프리미티브를 별도의 메타 모델에 정의하여 사용한다. 온톨로지 개발자들은 이렇게 정의된 부품 지식 모델링 프리미티브를 이용하여 부품 라이브러리 지식을 모델링하고 명세한다. 그러나 이 방식은 적은 수의 프리미티브만을 정의하고 있어, 메타 모델에 의해 제공되는 부품 라이브러리의 지식 구조가 개략적이다. 더군다나 모델링 프리미티브는 존재론적 의미를 고려하지 않은 즉, 메타 모델 개발자들만이 동

의한 주관적이고 추상적인 의미를 가진다. 무엇이 부품 클래스이고 무엇이 부품 특성인지 등과 같은 판단은, 여전히 부품 라이브러리 온톨로지 개발자의 몫으로 남게 된다. 결과적으로 온톨로지 불일치가 임의의 개념 간에 발생하는 것을 방지할 수 없다. 예를 들어, 부품 클래스로 모델링된 개념과, 부품 특성으로 모델링된 개념 간의 매핑이 필요한 경우를 방지할 수 없다. PLIB 방식에서는 COIN 방식과 마찬가지로, 온톨로지 간 매핑을 전 세계적으로 유일하게 할당된 코드를 바탕으로 수작업으로 미리 명세한다. Table 2에 지금까지 논의한 기존 연구의 특징을 정리하고 비교하였다.

3. 메타 온톨로지 프레임워크

대상 도메인의 지식을 기술하기 위해서는 용어(vocabulary)의 역할을 하는 메타 개념이 필요하다. 예를 들어, Fig. 1의 부품 지식 명세 결과는 이미 '부품 클래스', '부품 특성'과 같은 메타 개념을 사용한 것이다. 본 논문의 목적은 사람이 대상 도메인의 지식을 기술할 때 사용하는 이러한 메타 개념 즉, 온톨로지 모델링 용어의 프레임워크를 제시하는 것이다.

본 논문이 논하는 내용이 온톨로지 개발 방법론에 해당되지만, 방법론에 대한 연구에서 일반적으로 제시하는 것과 같이, 절차 및 단계, 각 단계별 산출물, 그리고 불을 제시하는 것이 목적은 아니다. 본 논문은 오히려, 온톨로지 개발을 위한 모델과, 모델을 구성하는 각 요소의 논리적 수학적 의미를 제시한다. 이는 마치 전자 회로 설계를 논할 때, 순차적인 절차와 각

Table 2. 온톨로지 기반 정보 통합 방식의 비교

	본 논문의 방식	COIN 방식	BUSTER 방식	PLIB 방식
지식 모델링	상위 온톨로지 이론에 기반하여 정의된 프리미티브를 사용 (명확한 존재론적 의미를 가짐).	프레임 로직에 기반하여 개발된 자체언어(COIN)의 프리미티브를 사용 (일반적이고 추상적인 의미를 가짐).	디스크립션 로직에 기반하여 개발된 웹 온톨로지 언어 (OIL)의 프리미티브를 사용 (일반적이고 추상적인 의미를 가짐).	개념적 메타모델에 정의된 고유한 프리미티브를 사용 (주관적이고 추상적인 의미 가짐).
공유 온톨로지	공통의 기본 클래스와 속성을 정의.	공통 타입을 정의.	필요한 모든 속성을 정의.	도메인 클래스와 속성을 정의.
소스 온톨로지	공유 온톨로지의 의미적으로 유사한 클래스를 상속 받아 새로운 도메인 클래스를 정의.	속성 값 표현식의 집합. 속성은 공유 온톨로지에 정의된 공통 타입의 인스턴스.	공유 온톨로지에 미리 정의된 속성을 취사선택하고 결합하여 도메인 클래스를 정의.	공유 온톨로지의 의미적으로 유사한 클래스를 상속 받아 새로운 클래스를 정의하거나 그대로 이용.
온톨로지 간 매핑	제한된 불일치 형태를 기반으로 매핑 자동 생성.	수작업으로 명세 (속성 값 변환 관계로 한정됨).	미리 정의된 속성을 기반으로 매핑 자동 생성.	수작업으로 명세 (클래스와 복합 표현식 간의 매핑과 같이 복잡한 경우 발생).

단계별 산출물을 논하기 보다는 잘 정미된 모델, 예를 들어, 'Lumped Element Model'을 제시하고, 이를 이용하여 좋은 품질의 안정적인 그리고 오류 없는 회로 설계 방법을 설명하는 것과 같다.

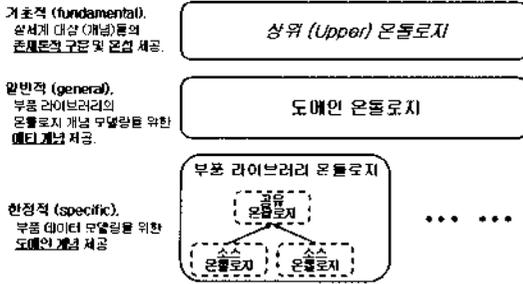


Fig. 2. 메타 온톨로지 프레임워크의 계층적 구조.

본 논문에서 제시하는 메타 개념의 프레임워크는 계층화된 온톨로지들로 요약될 수 있다. Fig. 2가 프레임워크의 구성 요소인 각 온톨로지들의 계층적 구조를 보여준다. 한 계층에 있는 온톨로지는 바로 아래 계층에 있는 온톨로지의 메타 온톨로지의 역할을 한다. 즉, 아래 계층에 속하는 온톨로지를 일관되고 체계적으로 구축하도록 잘 정미된 메타 개념 즉, 용어와 구조를 제공하는 모델의 역할을 한다.

상위(upper) 온톨로지는 다른 모든 온톨로지에 기반 (최상위 메타 개념과 구조)을 제공하기 때문에 최상위 계층에 위치한다. 다음 계층에 부품 라이브러리 도메인 온톨로지가 위치한다. 이 온톨로지가 부품 라이브러리 지식의 체계화에 핵심 역할을 한다. 실제 각 부품 라이브러리의 온톨로지 즉, Fig. 2의 부품 라이브러리 온톨로지가, 부품 라이브러리가 담고 있는 부품 정보를 기술하기 위해 필요한 용어, 구조 및 의미의 명시적 표현이라면, 도메인 온톨로지는 부품 라이브러리 온톨로지가 담고 있는 온톨로지 개념에 대한 용어, 구조 및 의미의 명시적 표현이다.

3.1 상위 온톨로지

본 논문의 주요 내용은 부품 지식의 체계화를 위한 부품 라이브러리 도메인 온톨로지에 대한 논의이지만, 이 온톨로지의 이론적 기반을 제공하는 소위 '상위 온톨로지'라 불리는 온톨로지 이론을 소개한다. 온톨로지 이론들은 무엇이 적절한 분류구조(taxonomy)인가, 무엇이 클래스이고 무엇이 속성인가, 무엇이 is-a 관계이고 무엇이 part-of 관계인가, 객체와 프로세스는 본질적으로 어떻게 다른가, 식별성(identity)은 무엇

이고 상속이란 무엇인가 등과 같은, 지식 모델링의 근본적 질문에 대한 논리적 고찰을 통해, 상위 메타 개념과 이들의 특성 및 제약 조건을 제시한다^[13]. 이러한 온톨로지 이론을 이용하면 지식 표현의 대상이 되는 실세계 개념들의 존재론적(ontological) 성질을 체계적으로 이해할 수 있다.

본 논문은 온톨로지 이론 중 Guarino의 이론^[23]을 프레임워크의 상위 온톨로지로 사용한다. Guarino의 상위 온톨로지 이론은 정보 시스템의 온톨로지 개발과 활용에 초점을 맞추고 있으며, 다른 온톨로지 이론과는 달리 온톨로지 개념의 존재론적 가정들을 명시적으로 제시하고 설명하고 있다. Guarino는 식별성(identity), 영속성(rigidity), 의존성(dependence)과 같은 존재론적 본성(ontological nature)을 이용하여, 실세계 개념을 TYPE, QUASI-TYPE, MATERIAL ROLE, PHASED SORTAL, CATEGORY, ATTRIBUTE 등의 종류(ontological distinction)로 구분하였다. Table 3에 존재론적 개념의 종류와 각각의 존재론적 본성을 정리하였다.

식별성은 개념이 식별조건(identity condition: IC)을 제공하는지에 관련된다. 식별조건은 한 개체(object)를 특정 개념의 인스턴스로 식별하고, 이들을 개별적으로 구분하며 모든 가능한 형태 및 시간에 상관없이 재식별할 수 있는 조건을 말한다. 예를 들어, 사람 개념은 지문이라는 조건을 제공한다. 지문 조건을 이용하여 특정 개체를 언제나 구분하고 재 식별할 수 있다. 그런데 식별조건을 스스로 공급(supply)하는 개념 (Table 3에서는 +O로 표기됨)과 다른 개념으로부터 상속받아 전달 (carry)하는 개념 (+I로 표기됨)을 구분할 필요가 있다. 학생과 같은 개념은 새로운 식별조건(예: 지문)을 공급하지 못하고 사람 개념으로부터 물려 받아 전달한다. 한편, 학생 개념도 학번과 같은 조건은 공급할 수 있지만, 이러한 조건은 특정 상황 또는 특정 시점에서만 유효하다. 따라서, 학번과 같은 조건을 지문과 같은 조건과 구분할 필요가 있다. 전자블 로컬 식별조건 후자를 글로벌 식별조건이라 한다.

영속성은 개념이 해당 개념의 모든 인스턴스에 본질적인지에 관련된다. 본질적이라는 일반 개념은 필수적이라는 일반 개념과 연결된다. 또한, 시간 또는 양태의 변화에도 관련된다. 예를 들어, 사람 개념은 일반적으로 영속적(+R로 표기됨)이라 판단할 수 있다. 어떤 개체가 사람의 인스턴스이면 모든 가능태(possible world)에서 반드시 사람의 인스턴스임이 자명하기 때문이다. 반대로 학생 개념의 경우 일반적으로 영속적이지 않다고 판단할 수 있다. 동일한 개체임

에도 불구하고 특정 시간 또는 특정 상황에서는 학생 임이 참이지만, 다른 시간 또는 상황에서는 거짓일 수 있기 때문이다. 영속적이지 않은 개념은 다시 반영속적 (anti-rigid, ~R로 표기됨)이거나 약영속적 (semi-rigid, ~R로 표기됨)일 수 있다. 반영속적인 개념은 학생, 식량과 같은 개념으로, 적어도 하나의 가능태에서는 모든 인스턴스가 참임을 보장할 수 있는 경우이다 (그러나, 다른 가능태에서는 거짓일 수 있다). 약영속적인 개념은 하나의 가능태에서조차 참일 수도 있고 거짓일 수도 있는 것들을 말한다. 예를 들어, 딱딱함이라는 개념은 스폰지라는 하나의 가능태에서도 스폰지가 물에 젖은 경우는 거짓이고 마른 경우는 참일 수 있다.

의존성은 개념의 인스턴스가 참이기 위해 다른 개념의 인스턴스가 존재해야 하는지에 관련된다. 예를 들어, 학생 인스턴스는 학교 인스턴스가 존재할 때만 참일 수 있다.

CATEGORY에 속하는 개념은 영속적이지만 식별 조건을 공급하지도 못하고 전달하지도 못하는 성질을 갖는다. CATEGORY 개념은, 사람이 실제 존재하는 개체와 상상속에만 존재하는 개체를 실개체, 추상개체와 같이 구분하여 개념화하는 것처럼, 일반적으로 대상 도메인을 유용한 구획(segment)으로 나누어 구분하는 역할을 한다. 따라서, 명확하게 한정된 멤버십 조건을 가질 수 없으며, 온톨로지의 개념 계층 구조에서 최상위 레벨에 나타난다.

TYPE 개념은 영속적이며 글로벌 식별조건을 스스로 공급하는 성질을 갖는다. 포함관계(subsumption

relation)를 통해 구성되는 계층구조(taxonomy)에서 핵심적인 역할을 한다. 특정 도메인에서 식별되는 TYPE 개념들이 모두 서로 다른 식별조건을 가진다고 가정하면, 반드시 트리 구조를 구성하며, 여러 종류의 개념들이 함께 계층 구조를 구성할 때 중간 레벨을 구성하기 때문이다. TYPE 개념이 다른 TYPE 개념을 상세화하는 경우, 상위 개념의 글로벌 식별조건을 상속 받고 추가적으로 자신만의 식별조건을 공급한다.

PHASED SORTAL 개념은 반영속적이고 비의존적인 성질을 갖는다. 새로운 글로벌 식별조건을 공급하지는 못하지만 로컬 식별조건을 공급한다. 즉, 시간이나 상황에 따라 변하는 식별조건을 가지는 개념에 해당된다. 예를 들어, 애벌레와 나비 개념은 동일한 개체가 시간에 따라 변태한 개념이다. 한 개체가 한 시점에서 애벌레였다가 다른 시점에서는 나비인 경우가 개체의 식별 조건 중 일부(로컬 식별조건)가 변한다. 그러나 상태는 변했지만 동일한 개체임으로 식별 조건 중 일부(글로벌 식별조건)는 변하지 않아야 한다. 따라서 글로벌 식별 조건을 상속받기 위해 반드시 TYPE 개념을 상위 개념으로 가진다.

QUASI-TYPE 개념은 영속적이며 식별조건을 전달하는 성질을 갖는다. 무척추동물, 초식동물과 같이 영속적이지만 자신만의 새로운 식별조건을 공급하지 못하는 개념에 해당된다. 일반적으로, 식별조건에 영향을 주지 않는 특성을 바탕으로 개체들의 그룹을 표현한다. MATERIAL ROLE 개념은 반영속적이고 식별 조건을 전달하며 어떤 상황에서도 의존적인 성질을 갖는다. 보통 개체 간의 관계로 나타나는 특정 이벤트

Table 3. Guarino 온톨로지 이론의 존재론적 구분과 이들의 존재론적 본성^[23]

존재론적 구분 (Ontological Distinctions)	예	존재론적 본성 (Ontological Natures)			
		식별성 (Identity)		영속성 (Rigidity) (R)	의존성 (Dependence) (D)
		공급 (O)	전달 (I)		
CATEGORY	실개체, 추상개체	-	-	+	+ -
TYPE	사람, 고양이	+	+	+	+ -
PHASED SORTAL	애벌레, 나비	-	+	~	-
QUASI-TYPE	무척추동물, 초식동물	-	+	+	+ -
MATERIAL ROLE	학생, 식량	-	+	~	+
ATTRIBUTION	색, 모양과 같은 특질의 값.	-	-	~ ¬	- + -

에 있어, 해당 개체에 의해 수행되는 역할 개념에 해당된다. 역할을 수행하는 실제 개체의 식별조건을 물려받아 전달한다. 예를 들어, 사람 개체가 학교 개체와의 관계 속에서 학생 역할을 수행하게 된다. 이때, 학생 개체는 사람 개체의 식별조건을 물려받아 전달한다. ATTRIBUTION 개념은 식별조건을 제공하지 않으며, 약영속적인 성질을 가질 수도 있고 반영속적인 성질을 가질 수도 있다. 본 논문에서는 반영속적이라 가정한다. 특질(quality, 예: 색, 모양)의 값(예: 붉은, 삼각형의)을 나타내는 개념에 해당된다.

3.2 부품 라이브러리 도메인 온톨로지

일관된 도메인 지식 모델링을 위해서는, 메타 개념이 잘 정비된 '사람의 인식에 기반한 의미(human-perceived meaning)'를 가질 필요가 있다. 즉, 지식 모델러가 어떤 것이 부품 클래스이고 무엇이 적절한 부품 특성인지를 일관되게 판단할 수 있어야 한다. 이를 위해 본 논문은 일곱 개의 메타 개념을 제시하고, 이들을 Guarino 이론의 존재론적 구분과 관련 지운다. 제시되는 메타 개념은, 따라서, 대응되는 존재론적 구분의 성질 즉, 존재론적 본성을 물려 받아 명시적으로 갖게된다.

본 논문은 제시된 메타 개념들의 체계를 Fig. 2에 나타낸 것처럼 부품 라이브러리 도메인 온톨로지라 하고, 메타 개념을 달리 부품 라이브러리 지식 모델링 프리미티브라 지칭한다. Fig. 3이 지식 모델링 프리미티브와 이들의 구조를 도식적으로 보여준다. 그림은 UML^[24] 그래픽 표기법을 따랐다. 부품 군 카테고리, 부품 군, 부품 모델 프리미티브를 이용하여, 모델링 되

는 도메인 개념들이 포함관계를 통해 주 계층구조를 구성한다. 포함관계에서 상위 개념의 속성은 하위 개념으로 상속된다. 속성 개념은 부품 군 개념과 부품 모델 개념에 연결되어, 해당 부품 클래스 개념의 멤버쉽 조건을 표현한다. 또한, 메타 속성 개념은 다른 개념에 연결되어 해당 개념의 특질(quality)을 표현한다.

부품 군 프리미티브는 비슷한 특성을 가지는 부품 즉, 같은 종류의 부품을 표현하는 클래스 개념을 모델링하는 데 사용된다. 부품 군 프리미티브는 Guarino 이론의 TYPE에 해당된다. 따라서 부품 군 개념은 영속적이고 자신만의 새로운 글로벌 식별조건을 공급할 수 있어야 한다. 달리 말하면, 부품 군 개념은 그 의미가 부품 공급자나 시간에 상관없이 변하지 않아야 하며, 인스턴스를 개별적으로 구분하고 식별할 수 있는 특성을 정의할 수 있어야 한다(특성의 정의에 대한 내용은 아래를 참조).

이러한 존재론적 의미는 부품 클래스에 대한 사람의 인식과 잘 일치한다. 사람은, 원하는 부품을 찾기 위해 검색 대상이 되는 부품 클래스를 선정할 때, 단순히 부품 클래스의 이름만을 보고 선정하는 것이 아니라, 부품 분류 계층 구조 상에서 해당 부품 클래스의 위치 및 분류 기준과 정의된 속성을 검토하여 선정한다. 특히 여러 부품 라이브러리에서 검색 대상 부품 클래스를 고를 때 위와 같은 판단 과정은 더욱 두드러진다. 따라서, 위에서 제시한 부품 군 개념의 존재론적 의미는, 지식 모델러가 적절한 부품 클래스를 정의하고 이들을 체계적으로 구조화하는 데 도움을 준다. 예를 들어, 볼 베어링 클래스를 소구경 볼 베어링과 대구경 볼 베어링으로 상세화하는 것은 적절치 못하다는 것이 명확해진다. 분류 기준이 부품 공급자에 따라 변할 수 있고, 결과적으로 인스턴스를 식별하기 위한 특성을 부품 공급자에 상관없이 정의하기 어렵기 때문이다.

Guarino의 이론에 따르면, TYPE 개념은 다음 식에서 Γ 로 정의되는 글로벌 식별조건을 공급할 수 있어야 한다. $\Phi(x) \wedge \Phi(y) \wedge x = y \leftrightarrow \Gamma(x, y)$, 여기서 Φ 는 TYPE 개념을 의미하고 x, y 는 인스턴스 개체를 의미한다^[23]. 따라서, 부품 군 개념은 TYPE 개념에 해당되기 때문에 글로벌 식별조건을 공급해야 한다. 부품 군 개념의 경우에는 부품의 특성 정보를 이용하여 식별조건 Γ 를 정의할 수 있다[25]. 예를 들어, 볼 베어링의 경우 다음과 같이 정의된다.

$$\Gamma(x, y) \equiv \text{axial strength}(x) = \text{axial strength}(y) \text{ and}$$

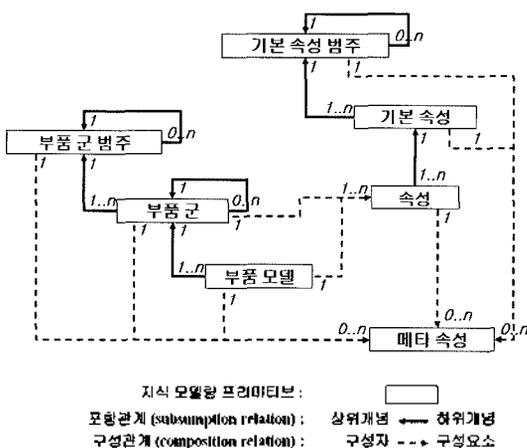


Fig. 3. 부품 라이브러리 도메인 온톨로지의 지식 모델링 프리미티브와 구조.

*radial strength (x) = radial strength (y) and
thickness (x) = thickness (y) and
inner diameter (x) = inner diameter (y) and
outer diameter (x) = outer diameter (y)*

그러나, 모든 부품 특성이 글로벌 식별조건에 해당되는 위 관계식의 구성 요소로 사용될 수 있는 것은 아니다. 식별 관계식의 요소로 사용될 수 있는 부품 특성은 적어도 반영속적이어야 하며 의존적이어야 한다.

우선, 시간과 공급자에 상관없이 언제나 인스턴스를 구분하고 개별적으로 식별할 수 있기 위해서, 식별 관계식에 사용된 부품 특성이 적어도 해당 부품 군에는 본질적이어야 한다. 만약 본질적이지 않다면 동일한 부품 군에 대해서도 한 부품 라이브러리는 해당 부품 특성을 정의하지만, 다른 부품 라이브러리는 정의하지 않을 수 있다. 이러한 경우, 하나의 부품을 선정하기 위해 여러 부품 라이브러리에서 검색된 여러 부품 인스턴스를 비교하여 구분하고 식별할 수 없다. 예를 들어, 색 특성이나 무게 특성은 볼 베어링 부품의 본질적 특성이 아니기 때문에, 일반적으로 이 특성을 비교하여 최종 부품을 선정하지는 않으며, 따라서 모든 부품 라이브러리에서 볼 베어링 부품 군에 이 특성이 정의되지는 않는다.

또한, 식별 관계식의 요소로 사용되는 부품 특성은 해당 부품 군 개념에 의존적이어야 한다. 만약, 의존적이지 않고 따라서 인스턴스가 해당 부품 특성의 어떠한 값도 가질 수 있다면, 인스턴스를 개별적으로 식별하는데 아무런 도움을 줄 수 없다. 예를 들어, 측정 단위 특성의 경우 볼 베어링 개념에 의존적이지 않고, 따라서 동일한 볼 베어링 부품일지라도 여러 측정 단위를 값으로 가질 수 있다. 이러한 경우, 인스턴스를 개별적으로 구분하고 식별하는데 사용할 수 없다. 본 논문에서는 식별 관계식의 요소로 사용될 수 있는 부품 특성을 속성 프리미티브를 이용하여 모델링한다. 속성 프리미티브는 Guarino 이론의 MATERIAL ROLE에 해당된다.

MATERIAL ROLE 개념은 위에서 속성 프리미티브를 설명하면서 언급한 것처럼, 반영속적이고 의존적인 뿐만 아니라 상위 개념으로부터 식별조건을 물려 받아 전달한다. 따라서 속성 개념은 상위 개념에서 식별조건을 물려 받아 전달해야 한다. 이러한 존재론적 의미는, 예를 들어, 사람이 결혼하면 남편이라는 개념에 새롭게 속하게 되고, 이때 남편 개념은 어떤 개체가 수행하는 역할 개념에 해당되며, 사람의 식별 조

건을 물려 받아 전달하는 것과 같다. 부품 라이브러리의 경우에도 이와 마찬가지로, 예를 들어, height 속성을 실제 속성인 length가 수행하는 역할에 해당된다고 볼 수 있다. depth, width, thickness 등도 length의 룰에 해당된다. 본 논문에서는 여러 부품 군 개념에서 속성 역할을 하는 원래의 개념을 기본 속성 프리미티브를 이용하여 모델링한다. 기본 속성 개념은 속성 개념이 물려 받을 식별조건을 공급하며, 속성을 통해 연결되는 여러 부품 군 개념에 본질적이어야 한다(즉, 속성 개념과는 달리 영속적이다. 반면, 속성 개념은 해당 부품 군 개념 내에서만 본질적이면 되기 때문에 반영속적이다). 따라서, 기본 속성 개념은 Guarino 이론의 QUASI-TYPE에 해당된다.

그러나, 실제 상황에서 특히, 부품 라이브러리에 있어서는 기본 속성의 식별조건을 명시적으로 정의하기 쉽지 않고 반드시 필요하지도 않다. length와 같은 개념은 일반적으로 이름과 값 형식 또는 측정 단위와 같은 메타 특성만으로 표현해도, 오해의 소지가 없는 직관적인 의미를 갖기 때문이다.

부품 군 개념의 글로벌 식별조건을 정의하기 위해 사용된 속성 즉, 글로벌 속성만으로는, 구매자가 실제로 최종 부품을 선택하기 위해 검토하는 모든 부품 특성을 기술하기에는 부족하다. 여러 공급자가 서로 교체 가능한 유사한 부품을 공급한다고 가정해 보자. 이러한 경우 유사한 부품들 중 어떤 것을 사용하더라도 최종 제품을 조립하여 생산할 수 있으며, 따라서 유사한 부품들은 주요 부품 특성에 해당되는 글로벌 속성에 대해 동일한 값을 가지게 된다. 그러나, 실제 상황에서 구매자는 최종 부품을 선정하기 위해, 글로벌 속성뿐만 아니라 좀 더 다양한 부품 특성을 함께 고려하기를 원한다. 또한, 공급자도 글로벌 속성 이외에 다른 공급자의 부품과 차별화될 수 있는 추가적인 부품 특성을 제시하여 자신의 부품을 부각시키기를 원한다. 예를 들어, 어떤 공급자는 자신의 볼 베어링 부품이 사용된 볼의 지름이 커서 축 방향 하중을 더 잘 지탱할 수 있다는 점을 부각시키기 위해, 볼 지름이나 볼 개수 특성을 추가적으로 제공할 수 있다.

제한된 프레임워크에서는 추가적인 부품 특성 지식을 기술하기 위해서 부품 모델 프리미티브를 사용한다. 이 프리미티브를 이용하여 모델링 되는 개념은, 추가적인 부품 특성을 자신의 속성으로 포함하여 제공한다. 부품 모델 개념이 부품 군 개념처럼 부품 클래스를 표현하지만, 부품 군 개념이 자신의 속성으로 새롭게 공급하는 속성이 부품 공급자에 상관없이 변하지 않는 의미 즉, 영속적인 의미를 가지는 것과는 달

리, 부품 모델 개념이 새롭게 공급하는 부품 특성은, 해당 부품 공급자 영역에서만 그 의미가 모호하지 않다는 차이점을 가진다(불 지름이나 불 개수 특성은 글로벌 속성에 해당되는 최대 축 하중 속성에 보충적인 역할을 하며, 따라서, 다른 부품 공급자는 명시적으로 정의하지 않을 수도 있다.). 따라서, 부품 모델 개념이 새롭게 자신의 속성으로 공급하는 부품 특성은 로컬 식별조건이라 볼 수 있고, 부품 모델 개념은 Guarino 이론의 PHASED SORTAL 개념에 해당된다.

부품 모델 개념은, 다른 부품 라이브러리로부터 검색된 두 인스턴스가, 로컬 속성이 다름에도 불구하고 서로 교체 가능한 동일한 부품임을 판단할 수 있도록, 동일한 글로벌 속성을 가져야 한다. 따라서, 상위 개념으로 반드시 부품 군 개념을 가지고 이 개념의 글로벌 속성을 상속받아야 한다. 실재적으로, 부품 모델 개체는, 에벌레나 나비가 선형적으로 존재하는 동일한 개체가, 특정 상황 또는 특정 시간에 물리적으로 서로 다르게 실현된 것을 나타내는 것처럼, 선형적인 부품 군 개념의 개체가 물리적으로 체현(materialize)된 부품들의 클래스를 표현한다. 달리 말하면, 시장에서 구매할 수 있는 실제 부품은 부품 모델 개념의 인스턴스이다.

부품 라이브러리 온톨로지에 기술되는 지식을 적절한 구획(segment)으로 구분하고, 이러한 구획 개념을 명시적으로 모델링하는 것이 필요하다. 구획 개념이 부품 라이브러리 온톨로지를 작성하는데 필수적이지는 않을지라도, 사람이 서로 지식을 교환할 때, 전달되는 지식의 대상 구획을 미리 명확히 한정하는 것이 도움을 주듯이, 부품 라이브러리 지식을 장황하지 않고 명료하게 기술하는데 도움을 준다. 예를 들어, 체결 부품과 같은 개념은 볼트, 너트, 와셔와 같은 부품 클래스 개념을 포함하는 유용한 구획 개념을 표현한다. Fig. 1의 manufactured parts 역시 이러한 구획 개념에 해당된다.

이러한 개념은 명시적인 멤버십 조건 즉, 식별조건을 정의할 수는 없지만, 어떤 부품이 해당 구획에 속하는지는 부품 공급자에 상관없이 언제나 쉽게 결정할 수 있기 때문에 영속적이다. 따라서, 이러한 구획 개념은 Guarino 이론의 CATEGORY 개념에 해당된다. Guarino의 이론에 따르면, 이러한 개념들은 부품 군 또는 부품 모델 개념과 같이, 식별조건을 제공하는 다른 영속적인 개념의 하위 개념이 될 수 없기 때문에, 개념 계층구조의 최상위 레벨에만 나타나며 속성을 가지지 않는다. 본 논문의 프레임워크에서는 부품 군 개념의 구획을 표현하는 개념은, 부품 군 카테고리

프리티티브를 이용하여 모델링 하고, 기본 속성 개념의 구획을 표현하는 개념은 기본 속성 카테고리 프리티티브를 이용하여 모델링하도록 한다.

마지막으로, 지금까지 제시한 메타 개념들로 모델링되는 도메인 개념의 메타 특성을 표현하기 위한 프리티티브가 필요하다. 메타 특성이란, 예를 들어, 분류 코드, 값 범위, 측정 단위 등과 같이 도메인 개념의 모든 인스턴스에 나타나며, 모든 인스턴스가 동일한 값을 가지는 특성을 말한다. 이러한 메타 특성의 특징 값은 해당 개념의 특정 특질을 표현한다. 제안된 프레임워크는 이러한 개념을 메타 속성 프리티티브를 이용하여 모델링한다. 메타 속성 개념은 Guarino 이론의 CONTRIBUTION 개념에 해당된다.

4. 적용 및 실험

이 절에서는 지금까지 논의한 부품 라이브러리 지식 체계화 방법을 실제 문제에 적용하여 자동 정보 통합에 있어 그 유용성을 확인한다. 기업간 전자 거래를 위한 실제 금형 부품 라이브러리^[26,27]의 온톨로지를 모델링하고, 이 과정에서 제안된 프레임워크가 어떻게 적용되는지를 설명한다. 또한, 본 논문에서 제안한 부품 라이브러리 메타 온톨로지를 기반으로, 기존에 상업적으로 사용되고 있는 금형 부품 라이브러리 온톨로지를 분석하여 문제점을 고찰한다. 마지막으로 웹 기반 부품 라이브러리 중개 시스템^[16,28,29]을 구현하여, 제안된 프레임워크를 기반으로 개발된 온톨로지들을, 컴퓨터 시스템이 어떻게 자동으로 통합하고 상호 운용할 수 있는지를 설명한다.

4.1 금형 부품 라이브러리 온톨로지의 모델링

실제로 거래되는 금형 부품 라이브러리를 선정하여 이들의 온톨로지를 개발하였다. Fig. 4가 개발된 온톨로지의 일부를 보여준다. 각 부품 라이브러리의 온톨로지(소스 온톨로지)를 모델링하기에 앞서, 먼저 공동의 공유 온톨로지를 작성한다. 즉, 본 논문은 제안된 부품 라이브러리 온톨로지 모델링 방법을 복합 방식에 적용한다.

복합 방식을 따르는 연구 중 BUSTER^[20](2절 참조)와 같은 연구는, 공유 온톨로지에 도메인 지식을 기술하는데 필요한 모든 개념을 미리 정의하고, 소스 온톨로지는 미리 정의된 개념만을 취사선택하고 조합하여 도메인 지식을 표현한다. 따라서, 공유 온톨로지 자체가 자동 통합과 상호운용을 보장한다. 그러나 본 논문에서는 각 소스 온톨로지가, 미리 정의된 도메인 개념

만을 이용하는 것이 아니라, 어떠한 도메인 개념도 세류게 정의될 수 있다고 가정한다.

공유 온톨로지와 소스 온톨로지는 모두 Fig. 2의 부품 라이브러리 메타 온톨로지 프레임워크에서 '부품 라이브러리 온톨로지'에 해당된다. 3절에서 설명하였듯이 Fig. 2의 상위 온톨로지와 도메인 온톨로지는 공유 온톨로지와 소스 온톨로지를 작성하는데 필요한 메타 개념 즉, 용어와 이들의 구조를 제공하는 역할을 한다.

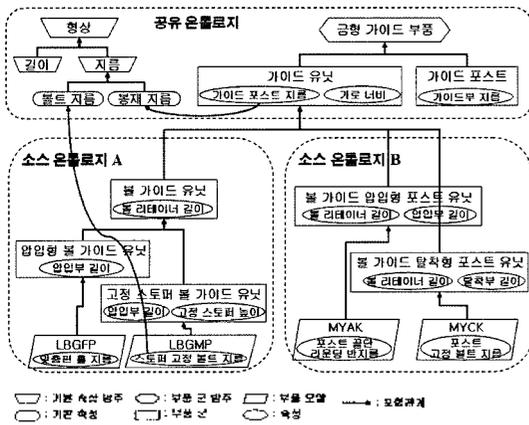


Fig. 4. 부품 라이브러리 온톨로지의 모델링 예(일부).

본 논문의 방식에서 공유 온톨로지는, 소스 온톨로지들이 유사한 집성화(aggregation) 수준과 개념화 정도(granularity)를 가지도록, 부품 군 카테고리 개념이나 기본 속성 카테고리 개념과 같은 구획(segment) 개념과, 부품 군 개념과 같은 상위 수준의 부품 클래스 개념을 제공한다.

예를 들어, 공유 온톨로지에는 금형 가이드용 부품 및 가이드 포스트 유닛 개념을 정의하였다. 금형 가이드용 부품 개념의 경우 유용한 부품 구획 지식을 제공하기 때문에, 하나의 온톨로지 개념으로 모델링할 필요가 있다. 명확한 멤버십 조건을 정의할 수는 없지만 그 의미가 영속적이기 때문에, 부품 군 카테고리 개념으로 모델링하였고, 계층구조의 최상위 레벨에 정의하였다. 일반적으로 금형 제조 업체는 가이드 부싱, 가이드 포스트 홀너, 가이드 포스트 등의 부품으로 구성되는 단위 모듈(가이드 포스트 유닛)을 구입하여 최종 금형을 제작하는데, 비록 여러 공급업체가 치수나 특성이 조금씩 다른 제품을 판매하지만, '금형을 지지하고 가이드하는 단위 모듈'이라는 일반적인 정의를 바탕으로 하나의 부품 클래스로 식별할 수 있다. 가이드

포스트 유닛 부품 클래스는 그 의미가 공급자나 시간에 상관없이 변하지 않고(즉, 영속적이고), 따라서 모든 인스턴스에 본질적인 특성(즉, 글로벌 속성)을 정의할 수 있기 때문에 부품 군 개념으로 모델링하였다. 예를 들어, 가이드 포스트 유닛 부품의 의미를 따르면, 금형을 가이드 하는 기능이 중요하네, 이 의미에 대응하는 가이드 포스트 길이 및 가이드 포스트 지름과 같은 특성을 쉽게 식별하여 글로벌 속성으로 정의할 수 있으며, 이때 이러한 특성은 모든 인스턴스에 본질적이다.

보통 부품 공급자의 부품 라이브러리는 엄밀한 상위 계층구조를 명시적으로 정의하지 않고, 한정적이고 상세한 수준의 부품 클래스(예: Fig. 4의 LBGMP, LBGFP, MYAK, MYCK 등)만을 이용하여 평면적으로 구축되는 경우가 많다. 그 이유는, 구매자로부터 주문을 받아 처리하기 수월하고, 내부적으로도 생산 계획이나 재재 조달 대상과 수량 등을 산출하고 관리하기 쉽기 때문이다.

제한된 프레임워크를 따르면 이러한 부품 클래스 개념들은, 계층구조의 최하위 레벨에 부품 군 개념을 상위 개념으로 가지는 부품 모델 개념으로 모델링되어야 한다. 이러한 부품 클래스는 해당 공급자만 정의하는, 그리고 해당 공급자의 편의를 위해 정의된, 맞춤형 홀 지름, 스톱퍼 고정 볼트 지름, 포스트 끝단 라운딩 반지름, 포스트 고정 볼트 지름 등과 같은 특성들을 포함하기 때문이다. 보통 이러한 특성들은 비주요 형상이나 미주요 기능에 해당되며, 따라서 모든 부품 인스턴스에 본질적이지 않다. 주요 형상이나 주요 기능에 관련된 특성들은 공급자에 상관없이 변하지 않는 의미를 가지며, 따라서 부품 군 개념의 글로벌 속성으로 정의되어 하위 부품 모델 개념으로 상속되도록 모델링 되어야 한다.

명시적으로 상위 계층구조를 정의하지 않는다는 것은, 많은 부품 지식이 숨겨져 있다는 것을 의미한다. 즉, 부품 클래스들의 분류 기준이 무엇인지, 부품 클래스들 간에 포함관계가 존재하는지, 포함관계를 통해 어떤 속성이 상속되었는지, 따라서 다른 부품 클래스에 정의된 두 속성의 의미가 같은 것인지 등의 지식이 암묵적이라는 것을 의미한다. 소스 온톨로지들을 통합하고 상호운용하기 위해서는, 이러한 암묵적이고 숨겨진 지식을 해석하고 모델링하여 명시적으로 표현해야 한다.

본 논문에서는 공유 온톨로지에 정의된 기본 개념을 상세화(specialize)하여 하위 개념들을 정의하고, 최종적으로는 위에서 설명한 최하위의 부품 모델 개념

과 연결하는 과정을 통해 암묵적인 지식이 해석되고 명시적으로 표현된다. 예를 들어, Fig. 4에서 온톨로지 A는 공유 온톨로지의 가이드 포스트 유닛 클래스를 상세화하여 볼 가이드 유닛 개념을 정의하고 있다. 가이드 포스트 유닛 개념이 부품 군 개념이고 LBGMP와 LBGFP 개념이 부품 모델 개념이기 때문에, 새롭게 정의된 볼 가이드 유닛 개념은 부품 군 개념이어야 한다. 즉, 새로운 개념으로의 상세화는, 상세화 결과로 정의되는 개념이 영속적이고 글로벌 식별조건을 제공할 수 있도록 수행되어야 한다. 온톨로지의 A의 경우는 금형을 가이드하는 방식에 따라 상세화가 수행되었다. '금형 가이드 방식'이라는 분류 기준은, 주요 기능과 사용 조건에 관련되기 때문에, 분류 결과로 도출되는 하위 개념이 공급자와 시간에 상관없이 변하지 않는 의미를 가진다. 또한 볼 리테이너 길이와 같은 볼 베어링의 가이드 능력에 관련되는, 따라서 모든 인스턴스에 필수적인, 글로벌 속성을 쉽게 정의할 수 있다. 한편, 온톨로지 B는 암묵적인 지식을 온톨로지 A와는 조금 다른 형태로 명시적 지식으로 표현하고 있다. 하지만 부품 군 프리미티브의 존재론적 본성을 따랐기 때문에, 유사한 결과에 도달한 것을 알 수 있다. 예를 들어, 온톨로지 B는 가이드 포스트 유닛 개념을 볼 가이드 압입형 포스트 유닛과 볼 가이드 탈착형 포스트 유닛으로 상세화하고 있지만, 마찬가지로 주요 상세화 기준으로 '금형 가이드 방식'을 사용하고 있다.

일단 상세화 대상이 되는 도메인 개념이 결정되면, 부품 군 개념의 존재론적 본성을 만족하기 때문에 적용 가능한 상세화 기준은 명확해진다. 결과적으로 볼 가이드 압입형 포스트 유닛 개념은 온톨로지 A의 압입형 가이드 핀 유닛 개념과 유사한 개념이고, 볼 가이드 탈착형 포스트 유닛 개념은 볼 가이드 유닛 개념의 하위 개념으로 오류 없이 매핑이 가능해진다.

지금까지 설명한 것과 같이 정교하게 부품 지식의 내용을 다룰 수 있는 방법 없이는, 좋은 품질의 부품 라이브러리 온톨로지를 얻기 힘들다^{12,13}. 서로 다른 부품 라이브러리의 자동 통합을 어렵게 하는, 임시 방편적(ad-hoc)인 부품 지식 명세 결과를 쉽게 찾을 수 있다¹⁴. 예를 들어, 한 인터넷 쇼핑몰(e-marketplace) 업체는 기업간 전자거래를 위해, 금형 부품 라이브러리¹⁵에 대한 온톨로지를 정의하여 사용하고 있다. 많은 부품 공급자들이 이 온톨로지에 따라 자신의 제품을 인터넷 쇼핑몰 업체에 등록하고, 많은 구매자들이 이 온톨로지에 따라 부품을 검색하여 특정 부품을 구매한다.

인터넷 쇼핑몰 업체는 금형을 재질에 따라 주철계

금형과 강재 금형으로 하위 부품 클래스를 정의하고 있다. 이러한 분류는 적절하지 않다. 왜냐하면, 재질 개념 자체는 하위 부품 클래스 개념에 새로운 식별조건을 공급하지 못하기 때문이다. 따라서, 하위 클래스 개념들은 정의된 속성의 차이를 바탕으로 구분될 수 없다. 따라서, 두 하위 부품 클래스 개념은 부품 군 개념이나 부품 모델 개념이 될 수 없다. 유사한 예로, 이 인터넷 쇼핑몰 업체는 정밀 이젝터 핀이라는 부품 클래스를 정의하고 있는데 이 또한 적절치 않다. 이 부품 클래스 또한 상위 개념인 이젝터 핀의 글로벌 속성 즉, 글로벌 식별조건에 추가하여, 자신만의 글로벌 속성을 새롭게 공급할 수 없기 때문이다. 이런 경우, 인터넷 쇼핑몰 업체가 제시하는 부품 클래스들 중에, 부품 공급자들의 부품 클래스와 일치하는 부품 클래스를, 컴퓨터 시스템이 자동으로 결정하기 어렵게 되고, 결과적으로 부품 클래스 간 매핑과 대응하는 속성 값의 바뀔을, 사람의 수작업을 통해 수행하여 부품을 등록할 수 밖에 없다.

또 다른 예로, 금형용 볼 가이드 포스트 셋 클래스에 부상 고정 형태라는 속성을 정의하고 있다. 금형용 볼 가이드 포스트 셋 클래스가 일반적으로 금형을 가이드하는 기능을 주요 특성으로 정의된다는 사실에 따르면, 부상의 고정 방법 또는 형태는 모든 인스턴스에 본질적이거나 필수적이지 않다. 결과적으로 어떤 공급자는 해당 속성을 명시적으로 정의하지 않고, 컴퓨터 시스템이 이 속성에 해당되는 정보를 쉽게 판단할 수 없게 된다.

지금까지의 결과를 다음과 같이 정리할 수 있다. 제안된 메타 개념의 존재론적 프레임워크가, 부품 라이브러리 소스 온톨로지 간에 가능한 모든 온톨로지 불일치를 제거하지는 못할지라도, 대상 부품 지식을 해석하는 방식의 차이를 줄임으로써, 불일치들을 처리 가능한 형태로 제한한다. 도메인 개념 즉, 부품 클래스 개념 및 부품 특성 개념을 식별하고 구조화하는데, 식별성, 영속성, 의존성과 같은 존재론적 본성을 바탕으로 엄밀한 제약조건을 제공함으로써, 주절제 금형, 강제 금형 예와 같은 '중대한' 오류를 사전에 방지하도록 도와준다. 소스 온톨로지가 독립적으로 개발되더라도 유사한 도메인 개념이 식별되고, 동일한 모델링 프리미티브로 표현되도록 한다. 또한, 식별된 도메인 개념들은 일관된 구조로 기술된다. 유사한 부품 클래스는 동일한 상위 개념의 하위 개념으로 정의되고, 유사한 속성이 유사한 부품 클래스에 부여된다.

반대로, 위의 인터넷 쇼핑몰 업체처럼 온톨로지를 임시방편적으로 개발하는 경우, 온톨로지 불일치가 임

의 표현식 간에 발생하게 되어, 온톨로지 간 매핑이 복잡하게 된다. 예를 들어, 클래스 표현식과 속성 간 매핑이 요구될 수도 있고, 여러 클래스의 인스턴스 중 특정 조건을 만족하는 것들을 재 조합하여, 생성되는 복합 클래스와의 매핑이 필요해 질 수도 있다.

4.2 금형 부품 라이브러리 온톨로지의 자동 병합

4.1절에서 개발한 소스 온톨로지를 자동 병합하는 웹 기반 부품 라이브러리 중개 시스템^{116,28,29)}을 구현하였다. Fig. 5가 시스템 구조를 보여 준다. 이 시스템은 하나의 중개자(mediator)와 각 부품 라이브러리별 랩퍼(wrapper), 그리고 데이터 소스와 등록 저장소(registry)로 구성된다. 중개자는 원격에서 등록 저장소에 저장된 접근 경로 정보를 이용하여 분산된 각 소스 온톨로지에 접근하고, 사용자의 요구가 있을 때 마다 소스 온톨로지들을 동적으로 병합한다. 동적으로 병합된 온톨로지를 이용하여, 시스템은 사용자에게 여러 부품 라이브러리에 대한 단일한 인터페이스를 제공한다. 랩퍼는 각 부품 라이브러리에 대한 검색 기능을, 웹 서비스(Web Services)³¹⁾를 이용하여 외부에 노출하는 역할을 한다.

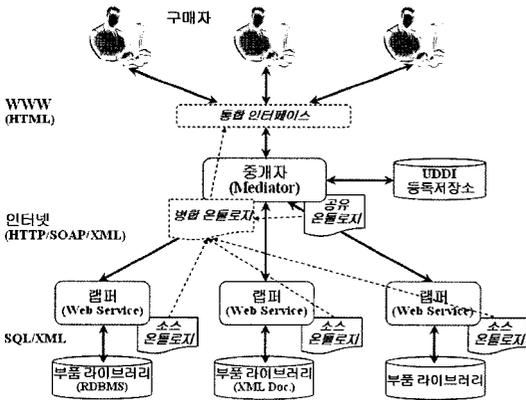


Fig. 5. 부품 라이브러리 중개 시스템의 구조.

중개자는 각 소스 온톨로지가 공유 온톨로지에 개별적으로 연결된 상태에서 소스 온톨로지 병합 프로세스를 시작한다. 본 논문에서는 온톨로지 병합 과정의 초기에, 이렇게 여러 온톨로지가 단순 연결되어 전체적으로 하나의 온톨로지를 구성한 상태를 초기 연결 온톨로지라 부른다. Fig. 4가 이러한 초기 온톨로지 구성 즉, 초기 연결 온톨로지를 잘 보여준다. 초기 연결 온톨로지는 각 개별 온톨로지 내에서 개념들이 포함관계를 통해 계층구조를 구성하는데, 공유 온톨

로지와 소스 온톨로지가 포함관계를 통해 연결되기 때문에, 전체적으로도 단일한 트리 구조를 가진다. 그러나 다른 소스 온톨로지에서도 정의된 동일한 부품 클래스가 트리의 여러 곳과 여러 레벨에 중복되어 존재할 수 있고, 부품 클래스 간에 의미적으로는 존재하는 포함관계가 아직 명시적으로 표현되지 않은 경우도 있다. 따라서 온톨로지 병합 프로세스는 동일한 부품 클래스를 하나의 부품 클래스로 병합하고, 누락된 포함관계를 명시적으로 설정하여, 결과적으로 계층구조를 재 구성한다. 이러한 프로세스는 초기 연결 온톨로지가 단일 트리 구조를 가지기 때문에, 잘 알려진 전위 트리 탐색 알고리즘으로 쉽게 구현된다.

제안된 존재론적 프레임워크를 이용하여 온톨로지를 개발하면, 유사한 부품 클래스가 식별되고 동일한 모델링 프리미티브로 표현되며, 유사한 부품 클래스는 동일한 상위 개념의 하위 개념으로 정의되고, 유사한 속성이 유사한 부품 클래스에 정의되기 때문에, 동일 부품 클래스와 누락된 포함관계는 쉽게 찾을 수 있다. 예를 들어, 동일 부품 클래스는 동일한 속성이 정의되었는지를 바탕으로 판단할 수 있다. Fig. 4의 예에서, 온톨로지 A의 압입형 가이드 핀 유닛은 온톨로지 B의 볼 가이드 압입형 포스트 유닛과 동일한 부품 클래스이다. 왜냐하면, 동일한 상위 개념을 가지며, 동일한 모델링 프리미티브로 표현되고, 무엇보다도 동일한 속성이 정의되어 있기 때문이다. 마찬가지로 온톨로지 B의 볼 가이드 압입형 포스트 유닛 부품 클래스는, 온톨로지 A의 볼 가이드 유닛 부품 클래스의 하위 개념이 됨을 판단할 수 있다. 왜냐하면, 전자의 부품 클래스가 후자의 부품 클래스가 가지는 모든 속성을 가지고, 추가적으로 다른 속성을 포함하기 때문이다.

중개 시스템은 두개의 웹 페이지 인터페이스로 구성된다. 하나는 온톨로지의 내용을 보여주기 위한 것이고, 다른 것은 검색된 부품 데이터를 보여주기 위한 것이다. 온톨로지용 페이지가 바로 여러 부품 라이브러리에 대한 통합된 단일(검색) 인터페이스에 해당된다. Fig. 6이 온톨로지용 페이지이며, 이 그림의 예는 Fig. 4의 초기 연결 온톨로지를, 위에서 설명한 자동 병합 방법을 적용하여 최종적으로 얻은, 병합 완료된 온톨로지의 내용을 보여 주고 있다. Fig. 4에 표시된 온톨로지 B의 볼 가이드 탈착형 포스트 유닛 부품 클래스와 볼 가이드 압입형 포스트 유닛 부품 클래스가, 온톨로지 A의 대응되는 부품 클래스와 병합되거나 하위 클래스로 재 구성된 것을 확인할 수 있다.

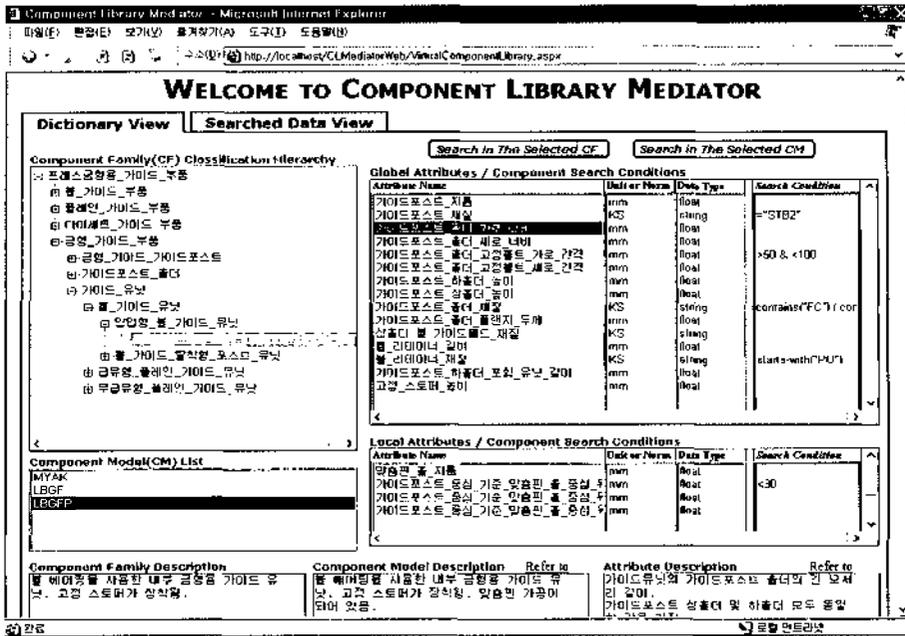


Fig. 6. 자동 병합된 온톨로지에 대한 부품 라이브러리 중개자의 온톨로지 뷰 화면^[28,29].

5. 결론 및 향후 과제

본 논문은 명확한 존재론적 의미를 가지는 메타 개념들의 프레임워크를 바탕으로 부품 라이브러리 지식을 체계화하는 방법에 대해 논의하였다. 부품 라이브러리 도메인 온톨로지가 제안된 프레임워크의 핵심 요소로 논의되었다. Guarino의 온톨로지 이론이 프레임워크의 또 다른 구성 요소로 소개되었고, 부품 라이브러리 도메인 온톨로지에 정의된 메타 개념 즉, 부품 라이브러리 지식 모델링 프리미티브에 명시적인 존재론적 의미를 부여하는 역할을 하였다. 제안된 메타 개념들은 부품 라이브러리 지식을 일관되게 해석하여 유사한 도메인 개념들이 식별되도록 도와주고, 식별된 개념들을 체계적으로 구조화할 수 있도록 도와준다. 결과적으로 온톨로지 불일치들이 자동 처리 가능한 것들로 한정된다. 본 논문은 연구 결과를 실제 금형 부품 라이브러리 온톨로지를 작성하고 이들을 자동 병합하는 웹 기반 시스템을 구현하는데 적용하여 그 유용성을 확인하였다.

본 논문의 방법만으로 부품 정보 자동 통합 문제들 모두 해결할 수 있는 것은 아니다. 실제 현장에 적용 가능한 시스템을 개발하기 위해서는, 구문 및 어휘 분석 기술(syntactic or lexical analysis)^[32]과 같은 식별자(term) 유사도 판단 기법을 함께 사용해야 한다. 비

록 유사한 의미의 개념이 식별되어 온톨로지에 표현된다고 하더라도, 이 개념들은 서로 다른 이름 즉, 기호(symbol)를 사용하여 표기될 수 있기 때문이다. 또한, 본 논문은 주로 개념 계층구조를 구성하는 포함관계만을 다루었다. 이는 기업간 전자거래를 위한 일반적인 부품 라이브러리에서는, 개념 계층구조와 같은 기본적인 구조적 지식으로 충분하기 때문이다. 하지만, 향후 부품 정보를 다양한 응용과 상황에서 보다 지능적으로 활용하기 위해서는, 비 계층구조 관계를 고려하여 프레임워크를 확장해야 할 것이다.

참고문헌

1. 박주성, 개별업체 특성화를 지원하는 전자카탈로그 시스템, 석사학위 논문, KAIST, 2004.
2. Eric Satdet, Guy Pierra, Hiroshi Murayama and Yamine Ait-ameur, "Simplified Representation of Parts Library: Model, Practice and Implementation", *Proceedings of the 10th Product Data Technology Europe*, QMS, Berkshire, UK, 2001.
3. Cui, Z., Shepherdson, J. W. and Li, Y., "An Ontology-based Approach to eCatalogue Management", *BT Technology Journal*, Vol. 21, No. 4, 2003.
4. Siegfried Handschuh, Beat F. Schmid and Katarina Stanoevska-Slabeva, "The Concept of a Mediating Electronic Product Catalog", *EM-Electronic Markets*,

- Vol. 7, No. 3, 1997.
5. Farshad Hakimpour and Adreas Geppert, "Resolving Semantic Heterogeneity in Schema Integration: An Ontology based Approach", *Proceedings of FOIS'01*, 2001.
 6. Wache, H., Vogele, T., Visser, U., Stuckenschmidt, H., Schuster, G., Neumann, H. and Hubner, S., "Ontology-based Integration of Information - A Survey of Existing Approaches", *Proceedings of the IJCAI-01 Workshop: Ontologies and Information Sharing*, Seattle, WA, 2001.
 7. ISO 10303-11:1994 Industrial Automation Systems and Integration - Product Data Representation and Exchange - Part 11: Description Methods: The EXPRESS Language Reference Manual. ISO/TC 184/SC4, 1994.
 8. Visser, P. R. S., Jones, D. M., Bench-Capon, T. J. M. and Shave, M. J. R., "An Analysis of Ontology Mismatches: Heterogeneity Versus Interoperability", *Working Notes of the AAAI 1997 Spring Symposium on Ontological Engineering*, Stanford University, California, USA, 1997.
 9. Michel Klein, "Combining and Relating Ontologies: an Analysis of Problems and Solutions", *Proceedings of the IJCAI-01 Workshop on Ontologies and Information Sharing*, Seattle, USA, 2001.
 10. Winston and Patrick Henry, *Artificial Intelligence*, 2nd. ed. Addison-Wesley, 1984.
 11. Cho, J. M., Han, S. H. and Kim, H., "Content-Oriented Knowledge Modeling for Automated Parts Library Ontology Merging", *Computer Supported Cooperative Work in Design II*, Lecture Notes in Computer Science Vol.3865, Springer Verlag, 2005.
 12. Igor Jurisica, John Mylopoulos and Eric Yu, "Ontologies for Knowledge Management: An Information Systems Perspective", *Knowledge and Information Systems*, Vol. 6, No. 4, 2004.
 13. Riichiro Mizoguchi, "A Step Towards Ontological Engineering", *Proceedings of The 12th National Conference on AI of JSAI*, 1998.
 14. Nicola Guarino, "Formal Ontology, Conceptual Analysis and Knowledge Representation", *International Journal of Human-Computer Studies*, Vol. 43, No. 5-6, 1995.
 15. 조준면, 한순홍, 김 현, "부품 라이브러리 정보통합을 위한 온톨로지의 비교 가능성과 균질성 확보", 한국정보처리학회 논문지, 제12-D권, 제3호, 2005.5.
 16. Cho, J. M., Han, S. H. and Kim, H., "Components Library Ontology Modeling Framework for Automated Information Integration", *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design*, Coventry, UK, 2005.
 17. Guy Pierra, "Context-explication in Conceptual Ontologies: The PLIB Approach", *Proceedings of CE'2003*, Special track on Data Integration in Engineering, Madeira, Portugal, 2003.
 18. Cheng Hian Goh, Stéphane Bressan, Stuart Madnick and Michael Siegel, "Context Interchange: New Features and Formalisms for the Intelligent Integration of Information", *ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 17, No. 3, 1999.
 19. Michael Kifer, Geord Lausen and James Wu, "Logical Foundations of Object-oriented and Frame-based Languages", *Journal of ACM*, Vol. 42, No. 4, 1995.
 20. H. Stuckenschmidt, T. Vogele, U. Visser, R. Meyer. "Intelligent Brokering of Environmental Information with the BUSTER System", *Proceedings of the 5th International Conference 'Wirtschaftsinformatik'*, Ulm, Germany, 2001.
 21. Franz Baader, Diego Calvanese, Deborah L. McGuinness, Daniele Nardi, Peter F. Patel-Schneider, editors. *The Description Logic Handbook*. Cambridge University Press, 2003.
 22. Dieter Fensel, Frank van Harmelen, Ian Horrocks, Deborah L. McGuinness and Peter F. Patel-Schneider, "OIL: An Ontology Infrastructure for the Semantic Web", *IEEE Intelligent Systems*, Vol. 16, No. 2, 2001.
 23. Nicola Guarino and Christopher Welty, "A Formal Ontology of Properties", *Proceedings of 12th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management*, Lecture Notes in Computer Science, Springer Verlag, 2000.
 24. Grady Booch, James Rumbaugh and Ivar Jacobson, *The Unified Modeling Language User Guide*, Addison-Wesley, 1999.
 25. Robert M. Colomb, "Use of Upper Ontologies for Interoperation of Information Systems: A Tutorial", Technical Report 20/02, ISIB-CNR, Padova, Italy, 2002.
 26. (주)루보 전자 카탈로그 웹 주소: http://www.luboinc.co.kr/english/product/product02_01.htm
 27. (주)신원 전자 카탈로그 웹 주소: http://www.shinweon.com/Fng/product/product_menu.htm
 28. 조준면, 한순홍, 김 현, "상위 온톨로지를 이용한 부품 라이브러리의 정보 통합", 한국전자거래학회 논문지, 제10권, 제3호, 2005. 9.
 29. 구현된 부품 라이브러리 중개 프로그램의 Web 주소: <http://129.254.164.61/CLMediatorWeb/default.htm>
 30. (주)허브넷 전자 카탈로그 웹 주소: <http://www.hub-m.com/default.asp>
 31. W3C, Web Service Portal: <http://www.w3.org/2002/ws>
 32. Nuno Silva and João Rocha, "Merging Ontologies Using a Bottom-up Lexical and Structural Approach", *Seventh International Society for Knowledge Organization Conference (7th ISKO)*, Granada (Espanha), 2002.

조 준 면



1993년 한국과학기술원 기계공학과 학사
1995년 한국과학기술원 자동화설계공학과 공학석사
2006년 한국과학기술원 기계공학과 공학박사
1995년~2001년 (주)북보건설기계코리아 기술연구소(구 삼성중공업 중앙연구소) 신입연구원

2003년~현재 한국전자통신연구원 연구원
관심분야: Enginccring Knowledge Management, Ontological Engineering, Intelligent System, Context-Awareness

한 순 홍



1990년 미국 Michigan대 (공학박사)
1979년~1992년 해사기술연구소 (현 해양연구원)
1993년~현재 키이스트 자동화설계공학과, 기계공학과 교수
2003년 전자거래학회(www.calsec.or.kr) 회장

2001년~2003년 스텝센터(www.kstep.or.kr) 회장
2001년~2003년 International Journal of CAD/CAM(www.ijcc.org) 편집장
관심분야: CAD모델표준 STEP, Intelligent CAD, VR 응용

김 현



1984년 한양대학교 기계설계학과 학사
1987년 한양대학교 기계설계학과 공학석사
1997년 한양대학교 기계설계학과 공학박사
1998년~1999년 한양대학교 산업공학과 겸임교수
1990년~현재 한국전자통신연구원 소프트웨어로봇연구팀장, 책임연구원

관심분야: Intelligent System, Distributed Computing, Context-Awareness, Engineering Knowledge Management