

# 워드넷의 의미 관계 집합을 이용한 온톨로지 매핑

## (Ontology Mapping using Semantic Relationship Set of the WordNet)

곽 정 애 <sup>†</sup>                      옹 환 승 <sup>\*\*</sup>  
(JungAe Kwak)                      (Hwan-Seung Yong)

**요 약** 다양한 온톨로지 개발로 온톨로지간에 정보공유와 재사용이 필요하게 되면서 온톨로지 매핑에 관련된 연구가 활발히 이루어지고 있다. 온톨로지 매핑 기법으로는 어휘 유사성, 구조 유사성, 인스턴스 유사성, 추론 유사성 검사 기법으로 나누어진다. 이 중 어휘 유사성 검사 기법은 대부분의 온톨로지 매핑 연구에서 사용하는 기법으로써 주로 워드넷에 정의되어 있는 동의어 집합만을 사용한다. 이에 본 연구에서는 워드넷에 정의되어 있는 동의어 집합 외에 상위어, 하위어, 전체어, 부분어 집합의 모든 단어들을 포함한 수퍼워드셋을 정의하고, 이것을 이용한 온톨로지 매핑 기법을 제안한다. 실험 결과에 의하면, 제안된 기법은 기존 온톨로지 매핑 기법보다 평균 12%까지 온톨로지 매칭율을 높인 것을 보여준다.

**키워드** : 온톨로지 매핑, 매핑된 개념, 매핑된 프로퍼티, 프로퍼티 제약 개념, 수퍼워드셋 유사성

**Abstract** Considerable research in the field of ontology mapping has been done when information sharing and reuse becomes necessary by a variety of ontology development. Ontology mapping method consists of the lexical, structural, instance, and logical inference similarity computing. Lexical similarity computing used in most ontology mapping methods performs an ontology mapping by using the synonym set defined in the WordNet. In this paper, we define the Super Word Set including the hyponym, hyponym, holonym, and meronym set and propose an ontology mapping method using the Super Word Set. The results of experiments show that our method improves the performance by up to 12%, compared with previous ontology mapping method.

**Key words** : Ontology Mapping, Mapped Concept, Mapped Property, Property Restriction Concept, Super Word Set Similarity

### 1. 서 론

온톨로지는 개념과 속성, 그리고 개념의 관계를 표현

하는 프로퍼티로 구성된다. 온톨로지에서 표현하는 프로퍼티에는 *is-a*, *has-a* 관계 외에도 사용자가 정의 한 의미를 갖고 있는 관계도 포함된다. 개념들간의 의미적인 관계를 정의 함으로써, 기계가 스스로 해석하고, 이해할 수 있는 시스템을 개발 할 수 있게 되었다. 이 같은 목적 하에 온톨로지는 여러 도메인에서 연구, 개발되고 있으며, 이에 따라 서로간의 정보 공유와 재사용이 필요하게 되었다[1].

온톨로지간의 정보 공유와 재사용이 이루어지면서 많은 문제점들이 발생하고 있다. 첫째, 동의어, 다의어 문제점으로, 같은 도메인에서 사용되는 동일한 의미의 단어가 다양하게 표현되거나, 한 단어가 여러 가지 의미로 사용됨으로써 온톨로지 매핑에 어려움을 주고 있다. 둘째, 단어 표현의 다형성으로 서로 동일한 의미로 개념을 정의했지만 동일한 개념으로 인식할 수 없는 경우가 있

· 본 연구는 한국 학술진흥재단 이공계 일반 연구자 지원 사업으로 수행된 연구임(2009-0077026)

<sup>†</sup> 학생회원 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과  
jakwak@ewhain.net

<sup>\*\*</sup> 종신회원 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과 교수  
hsyong@ewha.ac.kr

논문접수 : 2009년 4월 17일

심사완료 : 2009년 9월 14일

Copyright©2009 한국정보과학회: 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 데이터베이스 제36권 제6호(2009.12)

다. 예를 들면, 한 온톨로지는 명사형 명칭을 사용하고, 또 다른 온톨로지는 형용사형 명칭을 사용할 경우에 해당한다. 셋째, 온톨로지 개념에서 의미 표현 시 개수의 제한이 없기 때문에 한 의미를 전달하기 위해 여러 개의 개념을 사용할 수 있다. 예를 들면, 이름 개념을 표현시 "Name"이라는 하나의 개념을 이용하기도 하고, "FirstName"와 "LastName"의 두 개의 개념을 사용하기도 한다[2]. 마지막으로 의미 표현이 개념이나 프로퍼티 모두 가능하다는 것이다. 예를 들면, 한 온톨로지에서는 조연자를 "adviser"라는 개념으로 정의하고, 다른 온톨로지에서는 "advisedBy"라는 프로퍼티를 이용하여 정의할 수 있다[1]. 이러한 문제점들의 대두로 온톨로지의 매핑 기법이 중요한 이슈로 등장하게 되었다. 특히 응용 어플리케이션에서 정보와 지식의 의미를 자동적으로 교환할 수 있는 방법을 사용자는 원하고 있기 때문에 더욱더 온톨로지 매핑의 자동화는 중요하게 연구되고 있다.

온톨로지 매핑은 개념 유사성 검사 단계, 프로퍼티 유사성 검사 단계, 추론 유사성 검사 단계로 나누어진다. 온톨로지 매핑에서 사용되는 유사성은 크게 어휘 유사성, 구조 유사성, 인스턴스 유사성, 추론 유사성으로 나눈다. 이 중 어휘 유사성 검사는 대부분의 온톨로지 매핑 기법에서 사용하는 검사이다. 어휘 유사성 검사는 문자 비교 기법을 사용하지만 문자 비교는 단어의 의미와는 무관하게 단어에 포함되어 있는 문자와 나열 순서가 같으면 매핑 결과로 결정한다. 하지만 이 기법은 앞 절에서 설명한 동의어 다의어 문제점을 해결하지 못한다. 그래서 어휘 유사성 검사 시 워드넷의 동의어 집합을 같이 이용하여 온톨로지 매핑을 수행한다. 개념과 프로퍼티의 이름들이 워드넷의 동의어 집합에 같이 포함되어 있으면 매핑 결과를 결정한다.

본 연구에서는 슈퍼 워드셋(Super Word Set) 유사성 기법을 제안한다. 슈퍼 워드셋은 워드넷에 정의 되어 있는 상위어 집합, 하위어 집합, 전체어 집합, 부분어 집합들을 포함한 집합이다. 개념 이름과 그 단어의 동의어 집합에 속한 단어들어 슈퍼 워드셋에 포함되는 비율에 따라 새로운 개념 매핑을 수행한다. 새로운 개념 매핑을 찾기 위해 슈퍼 워드셋 유사성 검사는 개념 유사성 검사 단계와 프로퍼티 간 유사성 검사 단계에서 매핑된 개념과 프로퍼티들을 추출한다. 추출된 매핑된 개념과 매핑된 프로퍼티를 이용하여 개념 유사성 검사단계에서 매핑 안 된 개념들을 프로퍼티 제약 개념으로 추출한다. 슈퍼 워드셋 유사성 검사는 프로퍼티 제약 개념으로 추출된 개념 간에만 검사하여 새로운 개념 매핑을 찾음으로써 기존 온톨로지 매핑 기법보다 개념 매핑율을 높인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 온톨로지 매

핑 도구와 알고리즘, 워드넷을 이용한 연구 사례, 그리고 온톨로지 매핑에서 사용되는 유사성 검사 기법에 대해 설명한다. 3장에서 온톨로지 매핑 단계와 본 연구에서 사용되는 용어를 정의한다. 그리고 4장에서 슈퍼 워드셋 유사성에 대해 설명하고, 5장에서 실험 결과를 보여준다. 마지막으로 6장에서 결론과 향후 연구 과제를 제안한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 온톨로지 매핑 도구와 알고리즘

LSD(Learning Source Description)[2]는 다 전략 학습(Multi Strategy Learning) 기법을 사용한다. 이 기법은 트레이닝 단계에서 네임 러너(Name Learner), 콘텐츠 러너(Content Learner), XML 러너(XML Learner)에서 수행한 결과들 중에서 신용도가 가장 높은 러너를 선택한다. 그리고 매칭 단계에서는 트레이닝 단계에서 선택된 러너를 이용해서 온톨로지 매핑을 수행함으로써 매핑 정확율을 높게 한다.

MOMIS(Mediator Environment for Multiple Information Source)[3]는 워드넷을 이용하여 어휘 매트릭스(lexical matrix)를 생성하여 온톨로지 매핑을 수행하였다. 어휘 매트릭스는 단어의 형태를 저장하는 행과 의미를 저장하는 열로 구성된다. 어휘 매트릭스를 이용하여 단어들 간의 SYN(synonym), BT(broader terms), NT(narrower terms), 그리고 RT(related terms)의 관계를 설정한다.

GLUE[4]는 기계학습 기법을 사용하여 온톨로지 매핑을 반자동으로 수행하였다. GLUE는 이웃 노드과의 결합 확률 분포표를 다 전략 학습(multi strategy learning)을 이용하여 생성한다. 또한 명칭 완화(relaxation labeling)기법을 이용한 온톨로지 매핑 기법을 제안한다.

MAFRA(An Ontology Mapping Framework for the Semantic Web)[5]와 LOM(Lexicon-based Ontology Mapping)[6]은 워드넷을 이용한 어휘 유사성 검사를 통해 온톨로지 매핑을 수행하는 기법을 제안한다. LOM에 대해서는 2.3절에서 자세히 설명한다.

COMA++(Combining match algorithms)[7]는 그래픽 유저 인터페이스를 제공하는 대표적인 온톨로지 매핑 도구이다. COMA++는 관계형 스키마, W3C XSD와 OWL를 매핑하기 위해 다매치 전략(Multi Match Strategies)들을 구현한 도구이다. 다매치 전략들은 단편 기반 매칭(fragment-based matching)과 재사용 기반 매칭(reuse-oriented matching) 기법을 사용한다.

RiMOM(Risk Minimization based Ontology Mapping)[8]은 기존의 온톨로지 매핑 기법들이 1:1 매핑에 국한되어 연구된 반면 RiMOM은 1:1 뿐만 아니라 n:1,

1:null, null:1 매핑을 자동으로 처리할 수 있는 기법을 제안하였다. 또한 RiMOM은 매핑 과정에서 이름 충돌 문제를 시소러스와 통계적 기법을 이용하여 해결하였다.

ILIADS(Integrated Learning In Alignment of Data and Schema)[9]은 논리적 추론을 이용한 온톨로지 매핑 알고리즘을 제안하였다. ILIADS는 기존의 온톨로지 매핑 기법과 추론 유사성 검사가 결합하여 온톨로지 매핑을 수행하는 과정을 보여준다.

## 2.2 워드넷을 이용한 연구 사례

워드넷은 어휘들을 의미 집합으로 정의해 둔 시소러스이다. 의미가 같은 단어들을 묶어 놓은 것을 동의어 집합(synset)이라고 하며, 동의어 집합 식별자(synset-ID)를 부여하여 각 동의어 집합들을 구분한다. 또한 워드넷의 동의어 집합 사이에도 의미 관계로 서로 연결되어 있다. 예를 들면 워드넷의 명사는 상위어, 하위어, 등위어, 전체어,부분어등의 의미 관계로 연결되어 있으며, 동사는 상위어, 양태어, 수반, 등위어의 의미 관계로 연결되어 있다[10]. 워드넷을 이용한 온톨로지 매핑 기법 대부분은 워드넷의 동의어 집합을 이용하는 것이 보편적이다. 두 개념에 사용된 단어들 이 워드넷의 같은 동의어 집합에 포함되어 있다면 동치개념(*equivalent-Class*) 관계에 있다고 정의한다.

Lin은 워드넷을 이용하여 두 단어간의 코사인 계수를 계산함으로써 유사성을 검사하는 기법을 제안했다. 워드넷 전체 단어수와 비교 단어의 동의어 집합에 포함되어 있는 단어수의 비율로 유사성을 검사하였다[11].

Gouli는 워드넷을 이용하여 각 러너(learner)에게 매핑 결과에 대한 피드백을 제공하는 COMPASS를 제안하였다. 매핑 결과가 동의어 집합에 포함되는 단어의 하위어이거나 부분어일 경우 올바른 매핑으로 평가하지만, 그렇지 않을 경우 보다 일반적인 단어를 사용하라는 피드백을 제공한다[12].

## 2.3 온톨로지 매핑에서 사용되는 유사성 검사

온톨로지 매핑 결과는 개념이나 프로퍼티의 다양한 유사성을 검사한 후 각 유사성 검사 결과를 통합하여 나타낸다. 온톨로지 매핑에 사용되는 유사성은 어휘 유사성, 구조 유사성, 인스턴스 유사성, 추론 유사성으로 구분된다[8,9].

첫째, 어휘 유사성은 온톨로지 요소의 이름이나 설명에 사용된 단어간의 문자 비교 방법과, 워드넷을 사용하는 방법으로 구분 될 수 있다. 문자 비교 방법은 복합어이거나 특수문자와 공란이 포함된 단어일 경우 먼저 토 큰으로 나눈 뒤 문자 비교를 수행한다. 워드넷을 사용하는 방법은 워드넷에 정의되어 있는 동의어 집합(synset)을 이용하는 것이 가장 보편인 방법이다.

LOM[6]은 어휘 유사성 기법을 사용하여 온톨로지 매

핑을 수행하는 사용하는 대표적인 도구이다. 1단계는 전체 단어 매핑 단계로 전체 이름으로 문자열을 비교한다. 2단계는 단어 구성요소 매핑 단계로 복합어에 속해있는 관사, 전치사, 접속사를 제거하고, 복합어의 각 단어간에 문자열을 비교한다. 이 단계를 수행한 후 “meeting-place”와 “place-of-meeting”이 매핑된다. 3단계는 동의어 집합 매핑 단계로 워드넷의 동의어 집합에 같이 포함 될 경우에 매핑 시키는 기법으로 이 기법을 통해 “auto-care”와 “car-maintenance”가 매핑 될 수 있다. 마지막 4단계는 SUMO(the Suggested Upper Merged Ontology)와 MILO(the Mid-level Ontology)등의 글로 발 온톨로지를 이용한다.

둘째, 온톨로지의 개념은 텍소노미와 제약조건을 포함할 수 있다. 텍소노미는 부모 요소와 자식 요소 간의 관계를 정의한 것이다. 온톨로지 매핑에서는 각 온톨로지의 텍소노미와 개념에 선언되어 있는 여러 가지 제약조건들을 분석하여 개념 유사성을 계산한다. 이와 같이 두 온톨로지의 텍소노미와 개념간의 제약조건을 비교하는 방법을 구조 유사성 이라 한다.

셋째, 온톨로지 표현 언어에 속하는OWL은 개념의 인스턴스를 RDF로 선언한다. 인스턴스 유사성은 온톨로지 개념의 인스턴스를 비교하여 개념 유사성을 검사하는 방법이다.

넷째, OWL의 프로퍼티는 함수형(owl:Functional), 역함수형(owl:Inversefunctional), 대칭형(owl:Symmetric), 이행형(owl:Transitive), 역형(owl:InverseOf)으로 선언되는 특징 프로퍼티를 정의할 수 있다. 특징 프로퍼티를 이용하여 논리적 추론을 수행 할 수 있으며, 또한 추론 결과를 이용해서 새로운 개념 매핑을 찾을 수 있다. 이 방법을 추론 유사성 이라 한다[9].

LOM의 3단계처럼 COMA++의 분류매칭(taxonomy matcher)단계와 RiMOM의 이름 기반 결정(name based decision) 단계도 워드넷의 동의어 집합만을 이용한다. 결론적으로 어휘 유사성 검사를 수행하기 위해 대부분의 온톨로지 매핑 도구들은 워드넷의 동의어 집합만을 이용함을 알 수 있다. 하지만 워드넷의 동의어 집합만을 이용할 경우 “person”와 “director” 사이에 매핑이 이루어지지 않는 한계점을 갖고 있다. 왜냐하면 워드넷에서 “person”의 동의어 집합은 {person, individual, someone, somebody, mortal, soul}이고, “director”의 동의어 집합에는 {director, manager, managing director}이기 때문에 서로의 동의어 집합에 포함되지 않기 때문이다.

이에 본 연구에서는 워드넷의 의미 관계 집합 중 동의어 집합외에 상위어, 하위어, 전체어, 부분어 집합을 포함한 수퍼 워드셋을 이용한 어휘 유사성 검사 기법을 제안한다. “person”과 “director”의 경우 “person”의 수

퍼 워드셋에 “director”의 동의어 집합의 포함 비율을 계산하여 정해진 임계값 이상일 경우 매핑을 시켜준다. 이렇게 수퍼 워드셋을 이용함으로써 동의어 집합만을 이용했을 때 매핑이 안 되었던 개념이 매핑됨으로써 온톨로지 개념 매핑율을 높일 수 있다.

### 3. 온톨로지 매핑

#### 3.1 온톨로지 매핑 단계

그림 1에서 보여주듯이 온톨로지 매핑을 위해선 두 개의 온톨로지가 필요하며, 두 온톨로지를  $O_1$ ,  $O_2$ 로 표현한다. 온톨로지 매핑 도구는  $O_1$ ,  $O_2$  온톨로지를 입력 받아 개념 유사성을 계산하여 매핑을 수행한다. 다음으로 프로퍼티 매핑을 수행하기 위해서 프로퍼티 유사성을 검사한다. 개념 매핑과 프로퍼티 매핑 결과를 기반으로 논리적 추론을 통하여 새로운 개념 매핑 결과를 얻은 후, 정제 과정을 거쳐 최종 매핑 결과를 출력한다.

온톨로지 표현 언어 중 OWL은 프로퍼티를 데이터 타입 프로퍼티와 오브젝트 프로퍼티로 구분하여 표현한다. 데이터 타입 프로퍼티는 XML 스키마에 정의된 데이터 타입을 선언해 주는 프로퍼티이다. 오브젝트 프로퍼티는 두 개념 사이의 의미 관계를 선언해 주는 프로퍼티이다. 이 때 두 개념 중 하나는 도메인(domain) 개념이 되고, 또 다른 하나는 레인지(range) 개념이 된다

[14]. 본 연구에서는 오브젝트 프로퍼티를 주로 사용하며, 다음과 같이 표기한다.

온톨로지 이름. (도메인개념 이름.**프로퍼티** 이름.레인지개념 이름)

예를 들면 그림 2의 영화 온톨로지  $O_1$ .(Movie.director.Person) 프로퍼티는 Movie가 도메인 개념에 해당되고, Person이 레인지 개념에 해당된다.

그림 2는 두 개의 영화 온톨로지들을 입력 받아 그림 1의 매핑 단계를 수행 한 후 나온 최종 매핑 결과를 보여 주고 있다. 개념 유사성 검사 단계 수행 후  $O_1$ .Movie가  $O_2$ .Movie에 매핑 되었다. 프로퍼티 유사성 검사 단계에서  $O_1$ .(Movie.director.Person)와  $O_2$ .(Director.directs.Movie)의 프로퍼티 매핑을 포함한 5쌍의 프로퍼티들이 매핑된 것을 볼 수 있다. 표 1은 그림 2의 두 영화 온톨로지의 매핑 결과를 정리한 것이다.

$O_1$ .(Movie.director.Person)와  $O_2$ .(Director.directs.Movie) 프로퍼티의 개념들을 분석해 보면  $O_1$ .(Movie.director.Person) 프로퍼티의 도메인 개념인  $O_1$ .Movie와  $O_2$ .(Director.directs.Movie) 프로퍼티의 레인지 개념인  $O_2$ .Movie 개념이 개념 유사성 검사 단계에서 매핑된 것을 볼 수 있다.

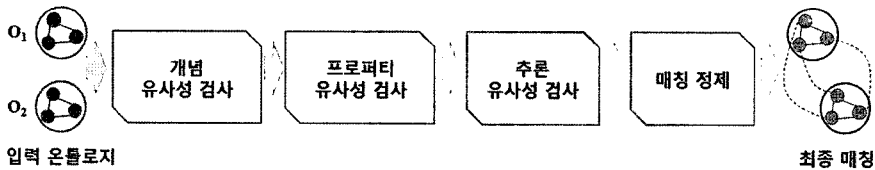


그림 1 온톨로지 매핑 단계

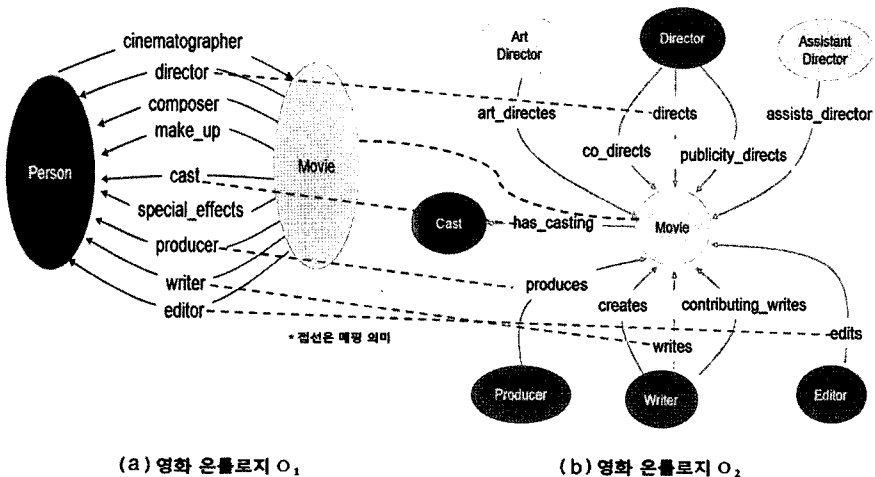


그림 2 영화 온톨로지  $O_1$ ,  $O_2$ 와 매핑 결과

표 1 영화 온톨로지 O<sub>1</sub>과 O<sub>2</sub>의 매핑 결과

| mapping          | Ontology O <sub>1</sub> | Ontology O <sub>2</sub> |
|------------------|-------------------------|-------------------------|
| Concept mapping  | Movie                   | Movie                   |
| Property mapping | director                | directs                 |
|                  | cast                    | has_casting             |
|                  | producer                | produces                |
|                  | writer                  | writes                  |
|                  | editor                  | edits                   |

개념 유사성 검사 단계에서 매핑되지 않은 O<sub>1</sub>(Movie.director.Person) 프로퍼티의 레인지 개념인 O<sub>1</sub>.Person과 O<sub>2</sub>(Director.directs.Movie) 프로퍼티의 도메인 개념인 O<sub>2</sub>.Director를 분석해 보면 다음과 같다. 워드넷에서 Person의 동의어 집합에는 {person, individual, someone, somebody, mortal, soul}이 포함되며, Director의 동의어 집합에는 {director, manager, managing director}가 포함된다. 그러므로 O<sub>1</sub>.Person과 O<sub>2</sub>.Director는 서로의 동의어 집합에 포함되지 않으므로 워드넷의 동의어 집합을 이용한 어휘 유사성 검사 시 매핑이 이루어지질 않는다. 이에 본 논문에서는 O<sub>1</sub>.Person과 O<sub>2</sub>.Director 사이에 어휘 유사성을 워드넷의 동의어 집합 외의 상위어, 하위어, 전체어, 부분어 집합을 이용해 봄으로써 새로운 개념 매핑을 찾는 기법을 제안한다.

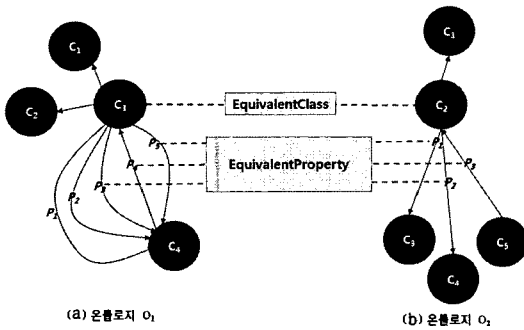


그림 3 온톨로지 매핑도

3.2 용어 정의

본 연구에서는 개념 유사성 검사 단계에서 매핑된 개념들을 매핑된 개념으로 정의하며 간단히 **O.Mc(C)**<sup>1)</sup>로 표기한다. 프로퍼티 유사성 검사 단계에서 매핑된 프로퍼티들을 매핑된 프로퍼티로 정의하며 간단히 **O.Mp(DC.p.RC)**<sup>2)</sup>로 표기한다. 단 매핑된 프로퍼티에는 매핑

된 개념을 의미 관계로 선언하는 오브젝트 프로퍼티만 해당된다. 그림 3에서 등치개념(*equivalentClass*) 관계로 매핑된 O<sub>1</sub>.C3과 O<sub>2</sub>.C2가 매핑된 개념에 해당하며, O<sub>1</sub>.Mc(C3)와 O<sub>2</sub>.Mc(C2)로 표시한다. 또한 등치 프로퍼티(*equivalentProperty*) 관계로 매핑된 O<sub>1</sub>.p5와 O<sub>2</sub>.p1, O<sub>1</sub>.p4과 O<sub>2</sub>.p3 그리고 O<sub>1</sub>.p3과 O<sub>2</sub>.p2프로퍼티들은 매핑된 프로퍼티에 해당하며, 그 중 O<sub>1</sub>.p5를 예를 들면, O<sub>1</sub>.Mp(C3.p5.C4)로 표기한다.

매핑된 프로퍼티의 도메인과 레인지 개념 중 매핑된 개념이 아닌 개념을 프로퍼티 제약 개념이라고 정의하며, 간단히 **O.pRc(C)**<sup>3)</sup>로 표기한다. 그림 3에서 O<sub>1</sub>.C4, O<sub>2</sub>.C3, O<sub>2</sub>.C4, O<sub>2</sub>.C5 개념들이 프로퍼티 제약 개념에 해당하며 O<sub>1</sub>.pRc(C4), O<sub>2</sub>.pRc(C3), O<sub>2</sub>.pRc(C4), O<sub>2</sub>.pRc(C5)로 표기한다.

워드넷은 단어를 동의어 집합으로 분류하고, 간단한 설명을 제공한다. 그림 4의(a)에서 보여주듯이 person 단어는 워드넷에서 세개의 동의어 집합으로 분류되어 있으며, 첫 번째 동의어 집합에는 person, individual, someone, somebody, mortal, soul 단어들 이 속하는 것을 알 수 있다. 또한 워드넷의 동의어 집합내의 단어들은 여러 개의 의미 관계로 연결되어 있다. 그림 4의 (b)에서 보여주듯이 워드넷의 명사형 단어는 상위어, 하위어, 등위어, 전체어, 부분어 등의 의미 관계로 연결되어 있다.

본 연구에서는 워드넷에 분류되어 있는 의미 관계에 속해 있는 모든 단어와 설명을 포함하는 슈퍼 워드셋(Super Word Set)을 정의한다. 단 워드넷의 동의어 집합은 개념 유사성 검사 단계에서 동의어 집합에 포함된 개념들은 매핑이 된 상태이므로 슈퍼 워드셋에서는 제외시킨다.

$$SWS(\text{Super Word Set}) = \{(\forall \omega | \omega \in \text{hyperset})\} \cup \{(\forall \omega | \omega \in \text{hyposet})\} \cup \{(\forall \omega | \omega \in \text{holoset})\} \cup \{(\forall \omega | \omega \in \text{meroset})\}$$

수식에서  $\forall$ 는 모두(for all)를,  $\omega$ 는 단어(word)를 의미한다. hyperset은 상위어 집합, hyposet은 하위어 집합, holoset은 전체어 집합, meroset은 부분어 집합을 각각 표현한다. 예를 들면  $(\forall \omega | \omega \in \text{hyperset})$ 는 상위어 집합의 모든 단어를 의미한다.

4. 슈퍼 워드셋(Super Word Set) 유사성

그림 5의 시스템 구조도에서 볼 수 있듯이 슈퍼 워드셋 유사성 검사는 크게 5개의 모듈로 구성된다. 매핑된 개념 추출 모듈과 매핑된 프로퍼티 추출 모듈에서 다른

1) O.Mc(C)는 Ontology.Mapping Concept(Concept\_name)의 약식 표기임  
 2) O.Mp(DC.p.RC)는 Ontology.Mapping Property(DomainConcept\_name, property\_name.RangeConcept\_name)의 약식 표기임

3) O.pRc(C)는 Ontology.Property Restriction Concept(concept\_name)의 약식 표기임

| 동의어 집합  | 설명   | 명사형 단어의 의미적 관계   | 설명                      |
|---|--|------------------|-------------------------|
| person, individual, someone, somebody, mortal, soul | a human being; "there was too much for one person to do"   | hypernyms        | person is a kind of.... |
| person  | a human body (usually including the clothing); "a weapon was hidden on his person"                   | hyponyms         | ... is a kind of person |
| person  | a grammatical category of pronouns and verb forms; "stop talking about yourself in the third person" | coordinate Terms |                         |
|   |  | holonyms         | person is a part of.... |
|   |  | meronyms         | part of person          |

(a) person 명사의 워드넷 동의어 집합

(b) 워드넷 명사형 단어의 의미적 관계 목록

그림 4 워드넷에서 명사형 단어의 동의어 집합과 의미 관계 목록

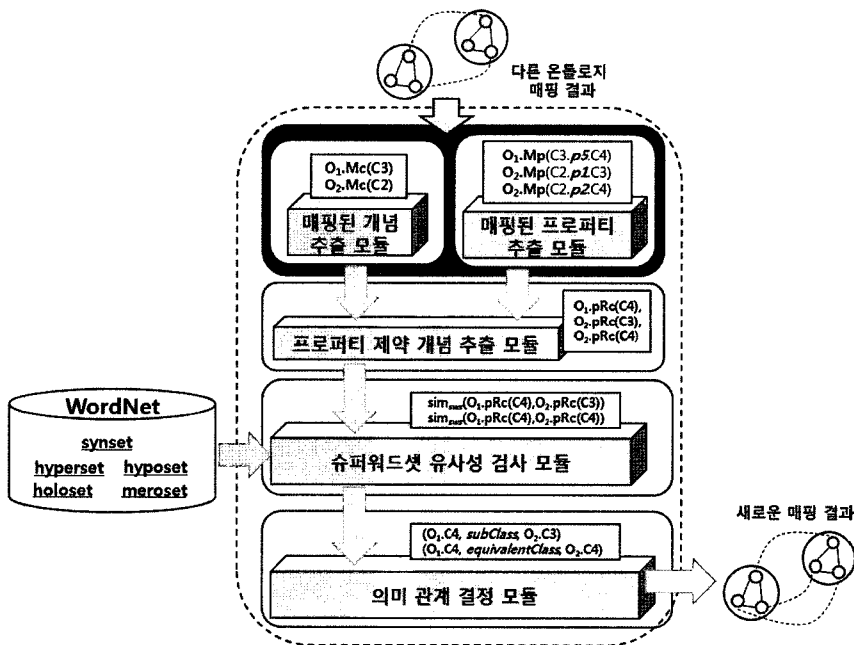


그림 5 슈퍼 워드넷 유사성 검사 시스템 구조도

온톨로지 매핑 도구의 매핑 결과를 입력 받는다. 프로퍼티 제약 개념 추출 모듈에서는 위의 두 모듈에서 추출된 매핑된 개념과 매핑된 프로퍼티를 입력 받아 프로퍼티 제약 개념을 추출하여 슈퍼 워드넷 유사성 검사 모듈에 넘겨 준다. 슈퍼 워드넷 유사성 검사를 통과한 개념들은 의미 관계 결정 모듈에서 최종 매핑될 의미 관계를 결정 받아 새로운 매핑으로 출력된다.

슈퍼 워드넷 유사성 검사 시스템은 이클립스 통합 개발 환경에서 자바(java)코드로 구현되어 있다. 워드넷 데이터베이스를 이용하기 위하여 이클립스에 워드넷 데이터 베이스 파일의 디렉토리 설정을 하고, JAWS(Java API for WordNet Searching)를 이용하여 워드넷 데이터베이스 파일과 연결하였다.

4.1 프로퍼티 제약 개념 추출

프로퍼티 제약 개념을 찾기 위해 먼저 매핑된 개념과

매핑된 프로퍼티를 결정해야 한다. 그림 2와 표 1의 영화 온톨로지의 매핑 결과에서 매핑된 개념에는  $O_1.Mc$  (Movie)과  $O_2.Mc$ (Movie)가 해당된다. 또한  $O_1.Mc$  (Movie)과  $O_2.Mc$ (Movie)의 오브젝트 프로퍼티 중 5쌍의 매핑된 프로퍼티가 존재한다.

5쌍의 매핑된 프로퍼티의 도메인 개념이나 레인지 개념 중 매핑된 개념에 속하지 않는 개념들을 프로퍼티 제약 개념의 후보로 정해둔다. 이 후보들 중 프로퍼티 제약 개념을 결정하기 위해 매핑된 개념의 전체 오브젝트 프로퍼티들의 수를 매핑된 프로퍼티의 수로 나눈 비율로 매핑된 개념의 프로퍼티 매핑 비율을 계산한다. 프로퍼티 매핑율이 실험을 통해 정해진 임계값  $\alpha \in [0, 100]$  이상일 경우 프로퍼티 제약 개념으로 결정한다.

그림 2의  $O_1. Mc$ (Movie)은 9개의 오브젝트 프로퍼티들 중 5개의 오브젝트 프로퍼티가 매핑된 프로퍼티에

해당하여  $5/9 \times 100 = 55\%$ 의 프로퍼티 매핑율을 보이고 있다. 또한  $O_2$ . **Mc(Movie)**은 11개의 오브젝트 프로퍼티 중 5개의 오브젝트 프로퍼티가 매핑된 프로퍼티에 해당하여  $5/11 \times 100 = 45\%$ 의 프로퍼티 매핑율을 보이고 있다. 임계값  $\alpha = 0.45$ 일 경우  $O_1$ .pRc(Person),  $O_2$ .pRc(Writer),  $O_2$ .pRc(Editor),  $O_2$ .pRc(Director),  $O_2$ .pRc(Producer),  $O_2$ .pRc(Cast)을 프로퍼티 제약 개념으로 결정한다.

4.2 슈퍼 워드셋 유사성

본 연구에서는  $O_1$ 과  $O_2$ 에서 추출된 프로퍼티 제약 개념 간에 새로운 개념 매핑을 위해 슈퍼 워드셋 유사성 검사 기법을 제안한다. 슈퍼 워드셋 유사성 검사를 위해 3.2 절에서 정의한 슈퍼 워드셋과 워드넷의 동의어 집합을 사용한다. 슈퍼 워드셋 유사성은  $O_i$  온톨로지의 프로퍼티 제약 개념의 슈퍼 워드셋에  $O_j$  온톨로지의 프로퍼티 제약 개념의 동의어 집합의 단어들이 포함되는 비율로 정의한다. 슈퍼 워드셋 유사성은  $O_i$  온톨로지서  $O_j$  온톨로지 또한  $O_j$  온톨로지서  $O_i$  온톨로지 양방향 모두 계산한다.

$$\text{sim}_{\text{sws}}(O_i.\text{pRc}(C), O_j.\text{pRc}(C)) = \frac{\sum(\text{SWS}(O_i.\text{pRc}(C)) \ni \text{synset}(O_j.\text{pRc}(C)))}{\text{SWS}(O_i.\text{pRc}(C))}$$

표 2 프로퍼티 제약 개념들의 슈퍼 워드셋 유사성 계산 결과표

| $O_1$ .pRc(C) | $O_2$ .pRc(C) | $O_1 \rightarrow O_2$ |         |                    | $O_2 \rightarrow O_1$ |         |                    |
|---------------|---------------|-----------------------|---------|--------------------|-----------------------|---------|--------------------|
|               |               | #SWS                  | #synset | sim <sub>sws</sub> | #SWS                  | #synset | sim <sub>sws</sub> |
| Person        | Writer        | 410                   | 3       | 0.4%               | 48                    | 8       | 33%                |
|               | Editor        | 410                   | 4       | 0.4%               | 18                    | 8       | 17%                |
|               | Director      | 410                   | 12      | 0%                 | 26                    | 8       | 23%                |
|               | Producer      | 410                   | 4       | 0%                 | 18                    | 8       | 44%                |
|               | Casting       | 410                   | 7       | 0.4%               | 120                   | 8       | 3%                 |

표 2는 그림 2의 영화 온톨로지들의 개념들 중 프로퍼티 제약 개념으로 추출된  $O_1$ .pRc(Person)과  $O_2$ .pRc(Writer),  $O_2$ .pRc(Editor),  $O_2$ .pRc(Director),  $O_2$ .pRc(Producer),  $O_2$ .pRc(Cast) 개념들간의 슈퍼 워드셋 유사성을 계산한 결과표이다.

표 2의 슈퍼 워드셋 유사성 결과표에서 프로퍼티 제약 개념의 슈퍼 워드셋 유사성이 0%에서 44%까지 폭 넓게 나타나고 있다. 이에 본 연구에서는 슈퍼 워드셋

유사성 임계값  $\beta \in [0, 100]$ 를 정의하고, 정의된 임계값 이상의 슈퍼 워드셋 유사성을 갖고 있는 프로퍼티 제약 개념들을 새로운 개념 매핑으로 결정한다. 슈퍼 워드셋 유사성 임계값은 실험을 통해  $\beta = 20\%$ 로 정의한다. 표 2의 10쌍의 프로퍼티 제약 개념의 슈퍼 워드셋 유사성 계산 결과 중에서  $\text{sim}_{\text{sws}}(O_2.\text{pRc}(\text{Writer}), O_1.\text{pRc}(\text{Person}))$ ,  $\text{sim}_{\text{sws}}(O_2.\text{pRc}(\text{Director}), O_1.\text{pRc}(\text{Person}))$ ,  $\text{sim}_{\text{sws}}(O_2.\text{pRc}(\text{Producer}), O_1.\text{pRc}(\text{Person}))$ 의 슈퍼 워드셋 유사성이 임계값  $\beta$  이상으로 계산된 것으로, 새로운 개념 매핑으로 결정 한다.

4.3 의미 관계 결정

다음은 슈퍼 워드셋 유사성 계산을 통해 새로운 개념 매핑이 결정된 프로퍼티 제약 개념들 간에 어떤 의미 관계로 매핑할 것인가를 결정해야 한다. 본 연구에서는 의미 관계를 결정하기 위한 임계값을  $\gamma$ 를 정의한다.

```

if simsws(Oi.pRc(C), Oj.pRc(C)) > γ then
    (Oi.pRc(C), equivalentClass, Oj.pRc(C))
else
    (Oi.pRc(C), subClass, Oj.pRc(C))
    
```

의미 관계 결정 임계값은 실험을 통해  $\gamma = 80\%$ 로 정의한다.

표 2의 프로퍼티 제약 개념들의 슈퍼 워드셋 유사성 계산 결과표의  $\text{sim}_{\text{sws}}(O_2.\text{pRc}(\text{Writer}), O_1.\text{pRc}(\text{Person}))$ 의 경우 33% 유사성으로 계산되었으므로 (Writer, subClass, Person)로 의미 관계를 결정할 수 있다.

그림 6은 온톨로지 매핑 단계에 슈퍼 워드셋 유사성 검사 단계가 추가된 것을 보여주고 있다. 슈퍼 워드셋 유사성 검사 단계는 프로퍼티 유사성 검사 단계와 추론 유사성 검사 단계 사이에 추가되었다. 또한 그림 7은 그림 6의 온톨로지 매핑 단계를 알고리즘으로 표현하였다.

5. 실험 평가

본 단원에서는 실험 평가를 위한 측정 단위를 설명하고, 영화, 음식, 출판에 해당하는 온톨로지를 이용하여, COMA++와 LOM 온톨로지 매핑 도구와의 성능을 비교 분석해 본다.

5.1 실험 평가 단위

본 연구에서는 실험 평가를 위해 정확율(precision)과 재현율(recall)를 사용한다.

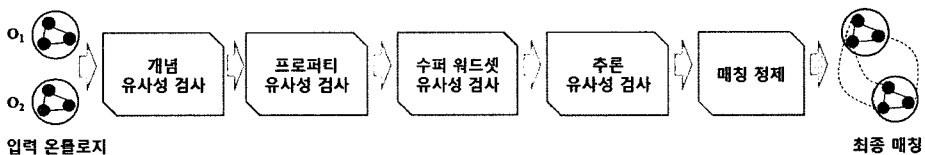


그림 6 슈퍼 워드셋 유사성 검사 단계를 포함한 온톨로지 매핑 단계

Input : 온톨로지  $O_1$  과  $O_2$   
 Output : 매핑된 온톨로지

```

/**
 * 개념 유사성 검사
 */
1. foreach  $O_1.C$ ;
2. foreach  $O_2.C$ ;
3.  $sim_{lex} \leftarrow lexicalSimilarity(O_1.C, O_2.C)$ ;
4.  $sim_{structure} \leftarrow structuralSimilarity(O_1.C, O_2.C)$ ;
5.  $sim_{inst} \leftarrow instanceSimilarity(O_1.C, O_2.C)$ ;
6.  $Sim(O_1.C, O_2.C) \leftarrow sim_{lex} + sim_{structure} + sim_{inst}$ ;
7. determine mapping concept based on  $Sim(O_1.C, O_2.C)$ ;

/**
 * 프로퍼티 유사성 검사
 */
8. foreach  $O_1.p$ ;
9. foreach  $O_2.p$ ;
10.  $sim_{prop}(O_1.p, O_2.p) \leftarrow lexicalSimilarity(O_1.p, O_2.p)$ 
11. determine mapping property based on  $Sim(O_1.p, O_2.p)$ 

/**
 * 슈퍼 워드셋 유사성 검사
 */
// 매핑된 개념과 매핑된 프로퍼티 결정
12. if (mapping concept) then set a pair of  $O.Mc(C)$ ;
13. if (mapping property) then set a pair of  $O.Mp(DC.p.RC)$ ;

// 프로퍼티 제약 개념 결정
14. foreach {a pair of  $O.Mc(C)$ };
15. if (( $O.Mp(DC.p.RC)$  / all properties of  $O.Mc(C)$ ) >  $\alpha$ ) and not  $O.Mc(C)$ 
    then set  $O.pRc(C)$ ;

// 새 개념 매핑과 관계 결정
16. foreach  $O_1.pRc(C)$ ;
17. foreach  $O_2.pRc(C)$ ;
18.  $SWS = Hyperset(O_2.pRc(C)) + Hyposet(O_2.pRc(C))$ 
    +  $Holiset(O_2.pRc(C)) + Meroset(O_2.pRc(C))$ 
19.  $sim_{swo} \leftarrow synset(O_1.pRc(C)) / SWS$ 
20. if  $sim_{swo} > \beta$  then determine new concept mapping
21. if  $sim_{swo} > \gamma$  then determine 'equivalentClass' relationship
    else determine 'subClass' relationship

22. 논리력 추론 유사성 검사;
23. 매핑 관계 수행;
24. return 매핑된 온톨로지;
    
```

그림 7 온톨로지 매핑 알고리즘

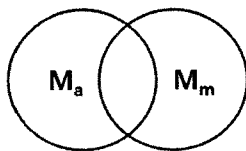


그림 8 정확율과 재현율

그림 8의  $M_a$ 는 COMA++, LOM 그리고 슈퍼 워드셋 유사성 계산을 통해 매핑된 개념과 프로퍼티 집합을 의미하며 자동 매핑이라고 정의한다.  $M_m$ 은 사용자가 개념과 프로퍼티 매핑집합을 직접 생성한 것을 의미하며 매뉴얼 매핑이라고 정의한다. 정확율과 재현율의 계산식은 아래와 같다.

정확율은 자동 매핑 집합 중 자동 매핑 집합과 매뉴얼 매핑 집합의 공통 부분이 포함 되는 비율로 정의한다.

$$\text{정확율(Precision)} = M_a \cap M_m / M_a$$

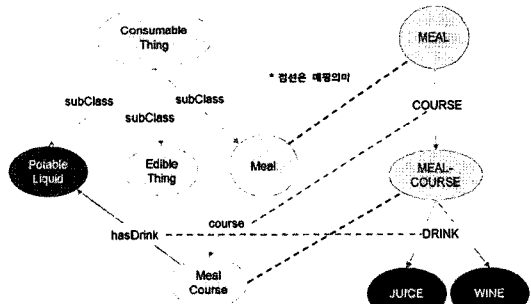
재현율은 매뉴얼 매핑 집합중 자동 매핑 집합과 매뉴얼 매핑 집합의 공통 부분이 포함되는 비율로 정의한다.

$$\text{재현율(Recall)} = M_a \cap M_m / M_m$$

5.2 실험 결과

본 연구에서는 슈퍼 워드셋 유사성을 계산하기 위해서 COMA++에서 매핑 된 결과를 받아서 매핑된 개념과 매핑된 프로퍼티를 추출하고, 이를 기반으로 프로퍼티 제약 개념을 추출한다. 추출된 프로퍼티 제약 개념을 기반으로 슈퍼 워드셋 유사성을 계산하여 새로운 개념 매핑을 수행한다.

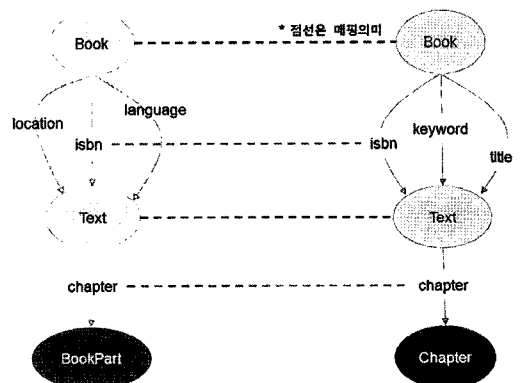
그림 8은 두 개의 음식 온톨로지들을 입력 받아 그림 1의 매핑 단계를 수행 한 후 나온 최종 매핑 결과를 보여 주고 있다. 그림 9의 음식 온톨로지 매핑에서는  $O_1.pRc$  (PotableLiquid),  $O_2.pRc$  (JUICE),  $O_2.pRc$  (WINE)이 프로퍼티 제약 개념으로 추출된 것을 알 수 있다. 또한 그림 10의 출판 온톨로지 매핑에서는  $O_1.pRc$  (BookPart),  $O_2.pRc$  (Chapter)가 프로퍼티 제약 개념으로 추출된 것을 알 수 있다. 표 3은 실험에 사용된 온톨로지의 개념, 프로퍼티 그리고 매뉴얼 매핑수를 나타내고 있다.



(a) 음식 온톨로지  $O_1$

(b) 음식 온톨로지  $O_2$

그림 9 음식 온톨로지  $O_1, O_2$ 와 매핑 결과



(a) 출판 온톨로지  $O_1$

(b) 출판 온톨로지  $O_2$

그림 10 출판 온톨로지  $O_1, O_2$ 와 매핑 결과



표 3 개념, 프로퍼티, 매뉴얼 매핑수

| Ontology             | Ontology O <sub>1</sub> |             | Ontology O <sub>2</sub> |             | n(manual mapping) |
|----------------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------|
|                      | n(Concept)              | n(Property) | n(Concept)              | n(Property) |                   |
| Movie Ontology       | 3                       | 25          | 332                     | 99          | 116               |
| Food Ontology        | 63                      | 4           | 166                     | 10          | 70                |
| Publication Ontology | 39                      | 49          | 33                      | 59          | 76                |

표 3에서 보는 것과 같이 영화 온톨로지 O<sub>1</sub>은 프로퍼티의 수가 개념의 수보다 8배정도 많은 것으로 보아 프로퍼티 중심으로 온톨로지를 구축한 것으로 볼 수 있다. 또한 영화 온톨로지 O<sub>2</sub>는 개념의 수가 프로퍼티의 수보다 3배 이상 많은 것으로 보아 개념 중심으로 온톨로지를 구축한 것으로 볼 수 있다. 그리고 음식 온톨로지 O<sub>1</sub>과 O<sub>2</sub>는 모두 개념 중심으로 온톨로지를 구축하였으나, O<sub>2</sub> 음식 온톨로지의 개념의 수가 O<sub>1</sub> 음식 온톨로지의 개념의 수보다 2배 이상 많은 것으로 보아, O<sub>2</sub> 음식 온톨로지가 O<sub>1</sub> 음식 온톨로지 보다 세부적으로 구축된 것으로 볼 수 있다.

본 연구에서는 기존에 연구된 온톨로지 매핑 도구 중 그래픽 유저 인터페이스를 제공하는 COMA++와 어휘 유사성 검사를 주로 사용하는 LOM과의 온톨로지 매핑 성능을 비교하였다. 그림 11은 각 온톨로지의 매핑 결과와 세 온톨로지의 평균 매핑 결과를 보여주 고 있다.

영화 온톨로지는 개념 중심으로 구축된 온톨로지와의 프로퍼티 중심으로 구축된 온톨로지를 매핑했기 때문에 매핑 결과가 60%를 넘지 못했다. 하지만 개념중심으로 구축된 음식 온톨로지 간의 매핑 결과는 70%를 넘는 결과를 보여 주고 있다.

수퍼 워드셋 유사성은 기존 온톨로지 매핑 도구의 매핑 결과를 받아 매핑된 개념, 매핑된 프로퍼티, 프로퍼티 제약 개념을 추출한 후 이를 중심으로 새로운 개념 매핑을 찾을 수 있는 장점이 있다. 그러므로 수퍼 워드셋 유사성은 기존 온톨로지 매핑 도구보다 매핑 성능이 높을 수 밖에 없다.

그림 11에서 영화 온톨로지의 매핑 성능이 COMA++보다 수퍼 워드셋 유사성 검사가 더 높게 나왔다. 이것은 COMA++의 매핑 결과에서 추출한 매핑된 개념과 매핑된 프로퍼티로 부터 프로퍼티 제약 개념들을 많이 추출 할 수 있었기 때문이다. 프로퍼티 제약 개념은 개념 중심으로 구축된 온톨로지와의 프로퍼티 중심으로 구축된 온톨로지가 매핑될 때 많이 검색될 수 있음을 알 수 있다. 그림 10의 음식 온톨로지처럼 개념 중심으로 구축된 온톨로지간의 매핑에서는 COMA++와 수퍼 워드셋 유사성 검사가 비슷한 매핑 결과를 보여주고 있다. 이것은 음식 온톨로지에서는 COMA++의 매핑 결과에서 추출한 매핑된 개념과 매핑된 프로퍼티로 부터 추출할 수 있는 프로퍼티 제약 개념이 적기 때문이다.

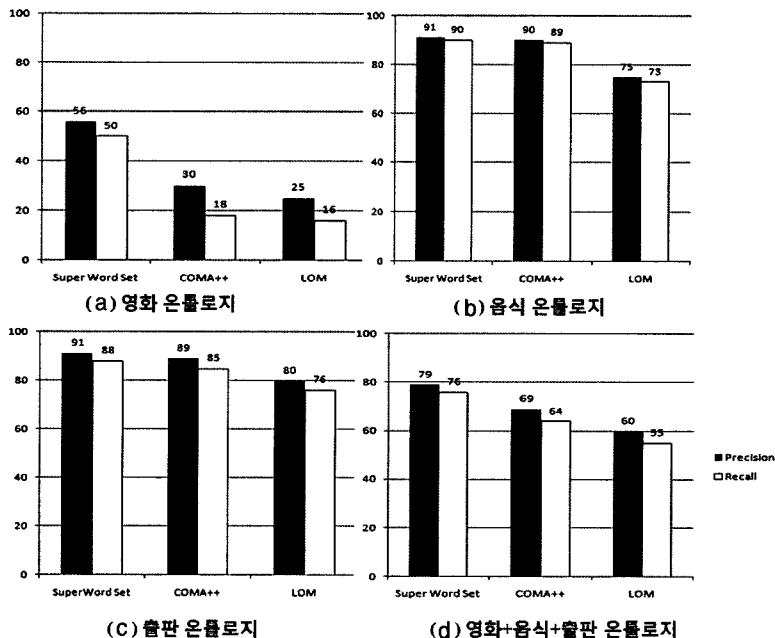


그림 11 실험 결과

### 6. 결과 및 향후 연구 과제

본 연구에서는 온톨로지 개념 매핑을 위해 워드넷을 이용한 수퍼 워드셋 유사성 기법을 제안하였다. 수퍼 워드셋 유사성 기법은 기존 온톨로지 매핑 도구에서 매핑 결과를 받아 새로운 개념 매핑을 찾는 기법으로 온톨로지 매핑율이 기존 온톨로지 매핑 도구 보다 높게 나왔다.

기존 온톨로지 매핑 도구들은 워드넷의 동의어 집합만 이용하였지만 본 연구는 워드넷의 있는 상위어, 하위어, 전체어, 부분어를 포함하는 수퍼 워드셋을 정의하였다. 그리고 수퍼 워드셋에 동의어 집합의 포함 비율에 따라 새로운 온톨로지 개념 매핑을 찾을 수 있었다.

본 연구에서는 개념의 이름이 한 단어로 이루어진 명사형일 경우만 수퍼 워드셋 유사성 검사를 수행하였다. 앞으로 복합어를 이루어진 명사형과 형용사, 동사형의 수퍼 워드셋을 생성하는 방법을 확장해야 한다. 즉 모든 형태 단어들의 수퍼 워드셋을 생성 하여 유사성 검사를 수행할 수 있는 연구가 필요하다.

### 참 고 문 헌

[1] N. Choi, I. Song, and H. Han, "A Survey on Ontology Mapping," *ACM SIGMOD Record*, vol.35, no.3, pp.34-41, Sep. 2006.

[2] A. Doan, P. Domingos, and A. Y. Halevy, "Learning to Match the Schemas of Data Sources: A Multistrategy Approach," *Machine Learning*, vol.50, no.3, pp.279-301, March 2003.

[3] D. Beneventano, S. Bergamaschi, F. Guerra, and M. Vincini, "Synthesizing an Integrated Ontology," *IEEE Internet Computing*, vol.7, no.5, pp.42-51, Sep. October 2003.

[4] A. Doan, J. Madhavan, R. Dhamankar, P. Domingos, and A. Y. Halevy, "Learning to match ontologies on the Semantic Web," *The VLDB Journal*, vol.12, no.4, pp.303-319, 2003.

[5] A. Maedche, B. Motik, N. Silva, and R. Volz, "MAFRA - A MAPPING FRAMeWORK for Distributed Ontologies in the semantic Web," *Proc. of the Workshop on Knowledge Transformation for the Semantic Web (KTSW 2002)*, pp.60-68, Lyon, France, 2002.

[6] J. Li, "LOM: A Lexicon-based Ontology Mapping Tool," *Proc. of the Performance Metrics for Intelligent Systems Workshop (PerMIS. '04)*, 2004.

[7] D. Aumueller, H. -H. Do, S. Massmann, and E. Rahm, "Schema and ontology matching with COMA+," *Proc. of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pp.906-908, June 2005.

[8] J. Tang, J.-Z. Li, B. Liang, X. Huang, Y. Li and K. Wang, "Using Bayesian decision for ontology mapping," *Journal of Web Semantics*, vol.4, no.4,

pp.243-262, 2006.

[9] O. Udrea, L. Getoor, and R. J. Miller, "Leveraging data and structure in ontology integration," *Proc. of the ACM SIGMOD International Conference on Management of Data*, pp.449-460, 2007.

[10] WordNet, <http://wordnet.princeton.edu/>.

[11] P. Pantel and D. Lin, "Discovering Word Senses from Text," *Proc. of the Eighth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, pp.613-619, July 2002.

[12] H. Kornilakis, M. Grigoriadou, K. A. Papanikolaou, and E. Gouli, "Using WordNet to Support Interactive Concept Map Construction," *Proc. of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'04)*, pp.600-604, 2004.

[13] G. Antoniou and F. V. Harmelen, *ASemantic Web Primer*, p.118, The MIT Press, Massachusetts, 2004.



곽 정 애

2003년 이화여자대학교 정보과학 석사  
2006년 숙명여자대학교 멀티미디어과학  
과 학사. 2006년~현재 이화여자대학교  
컴퓨터공학과 박사과정. 관심분야는 Onto-  
logy Matching, Ontology Modeling,  
Semantic Web, Logic and Inference



용 환 승

1983년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사  
1985년 서울대 대학원 컴퓨터공학과 공  
학석사. 1985년~1989년 한국전자통신연  
구소 연구원. 1994년 서울대 대학원 컴  
퓨터공학과 공학박사. 2002년 8월~2003  
년 2월 IBM T.J. Watson 연구소 객원  
연구원. 1995년~현재 이화여자대학교 컴퓨터공학과 교수  
관심분야는 객체-관계 데이터베이스 시스템, 멀티미디어 데  
이터베이스 OLAP 및 데이터 마이닝, 유비쿼터스 컴퓨팅