

# JADE를 이용한 에이전트 통신에 의한 온톨로지 어휘의 생성과 보기

백성진\*, 이명진\*, 이태경\*  
\*동국대학교 컴퓨터멀티미디어학부  
e-mail:eriman@dongguk.ac.kr

## Creation and View of Ontology Vocabulary by Agent Communication using JADE

Sung-Jin Baek\*, Myung-Jin Lee\*, Tae-Kyung Lee\*  
\*Dept of Computer Science and Multimedia, Dong-Guk University

### 요 약

온톨로지는 특정 영역에서 정보 공유를 필요로 하는 개발자를 위한 공통의 어휘를 정의하고, 그 영역에서의 기본 개념의 정의와 개념들 사이의 관계를 포함한다. 따라서 이런 온톨로지를 사용함으로써 소프트웨어 에이전트들 사이의 정보 구조의 이해를 공유할 수 있고 영역 지식의 재사용이 가능하다. 본 연구에서는 Protégé를 사용하여 유사한 에이전트 온톨로지들을 생성하고 이들을 이용하는 JADE 에이전트들을 구현한 다음에, 특정 어휘가 주어지면 다른 온톨로지들을 가진 에이전트들과 통신하여 어떤 온톨로지에 포함된 어휘를 결정하는가를 보이고, 온톨로지 저장소에 관한 연구를 서술하였다.

### 1. 서론

에이전트가 다른 에이전트와 통신할 때 에이전트 통신 언어(Agent Communication Language: ACL) 메시지에 의하여 정보가 전달된다. ACL 메시지의 정보는 적당한 내용 언어(content language)와 일관성이 있는 내용 식(content expression)으로 표현되고, 특정한 형식으로 암호화된다. 이때 모든 에이전트들은 정보를 표현하는 서로 다른 자신만의 방식을 가질 수 있다.

만약 에이전트들이 의미가 있는 통신을 원한다면, 그들은 같은 언어, 어휘 그리고 프로토콜을 공유하여야 한다. 따라서 에이전트들 사이에서 교환된 메시지의 내용에 대한 어휘와 의미론을 정의할 필요가 있으며 이것은 온톨로지를 정의하는 것을 의미한다. 특정 도메인 온톨로지는 ACL 메시지의 내용으로 사용될 수 있는 원소들을 서술하며 개념의 용어를 기술하는 어휘들과 개념들 사이의 관계들로 구성된다[7].

본 연구에서는 온톨로지 편집기인 Protégé 3.3을 사용하여 유사한 에이전트 온톨로지들을 생성하고[5] 이들을 이용하는 JADE 에이전트들을 구현한 다음에, 특정 어휘가 주어졌을 때 다른 온톨로지들을 가진 에이전트들과 통신하여 어떤 온톨로지에 포함된 어휘를 결정하는가를 보이고, 온톨로지 저장소에 관한 연구를 서술한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 온톨로지 개념과 표준

최근에 온톨로지의 개발 영역은 인공지능의 전문 연구

영역으로 확대되고 있다. 웹을 제안한 Tim Berners-Lee는 의미 표현을 위한 RDF/RDFS와 다른 환경에서 도메인의 지식을 공유하고 재사용하기 위한 온톨로지 그리고 자동적이고 지능적인 기능의 수행과 개인화를 위한 에이전트를 시맨틱 웹의 주요한 기술로써 제안하였다[1].

온톨로지는 도메인 내에서 공유되는 데이터를 개념화한 형식적이고 명백한 규정이며, 이는 특정 분야에서 사용되는 표준 어휘들의 모음이라 할 수 있다. 즉 온톨로지는 도메인 내의 지식을 개념화하고 이를 명세화한 것으로 정의될 수 있다. 또한 온톨로지는 어휘 사전의 역할 이외에 지식을 효과적으로 표현하기 위해 정보에 의미를 부여하고, 정보들 사이의 관계를 설정한다.

일반적으로 온톨로지는 다음과 같이 세 가지의 종류로 구분할 수 있다. 도메인 지향 온톨로지, 작업 지향 온톨로지, 일반적인 온톨로지이다. 따라서 온톨로지는 광범위한 도메인에 적용 가능토록 표준을 제시하여 웹 문서에 나타난 지식의 표현, 공유 및 재사용을 목적으로 하고 있다. 또한 시맨틱 웹의 목적인 의미에 따른 자동적인 실행과 추론을 위해서도 온톨로지는 중요한 기술로 사용되고 있다.

현재 여러 분야에서 정보를 공유하고 해석하는데 활용할 수 있는 표준 온톨로지를 개발하고 있는데, 그 예로 의학 분야의 SNOMED[6]와 국제 연합 개발 계획과 Dun과 Bradstreet가 협력하여 상품과 서비스에 사용하는 용어를 제공하는 UNSPSC[4]가 있다.

## 2.2 JADE

JADE는 멀티에이전트 시스템의 개발을 도와주는 미들웨어로써 JADE 실행 환경, 클래스들의 라이브러리, 그래픽 도구를 포함하고 있다. JADE 실행 환경의 각각의 실행 인스턴스를 컨테이너라고 부르며, 여기에 여러 에이전트들이 존재할 수 있다. JADE 에이전트는 유일한 이름에 의해 식별되고 서로의 이름을 알고 있다면 물리적인 위치와 관계없이 서로 통신할 수 있다[3].

활성화된 컨테이너들의 집합을 플랫폼이라 하는데, 메인 컨테이너는 항상 플랫폼에서 활성화되어 있어야 하며 다른 컨테이너들은 시작하면서 메인 컨테이너에 등록된다. 특히 메인 컨테이너는 세 개의 특별한 에이전트를 가지는데, 이것은 AMS(Agent Management System), DF(Directory Facilitator) 및 RMA(Remote Management Agent)이다. 위의 설명을 [그림 1]에서 간략하게 묘사하고 있다.

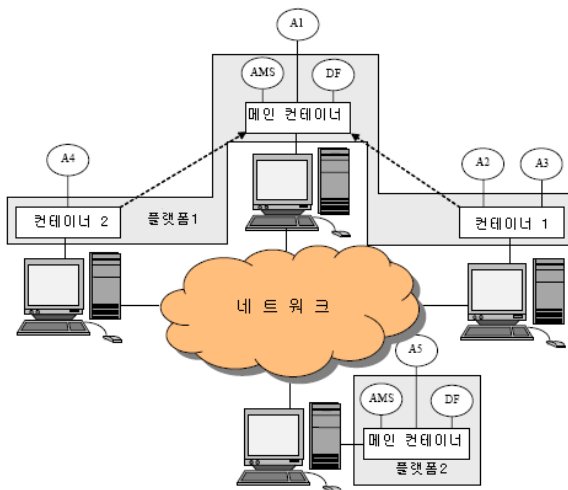


Figure 1 Containers and Platforms

[그림 1] 컨테이너와 플랫폼

여기서 AMS는 네이밍 서비스(에이전트의 이름이 유일한가의 여부), 플랫폼 내의 승인(원격 컨테이너에 있는 에이전트의 생성/소멸)등의 권한을 가진다. 한편 DF는 적당한 언어와 온톨로지를 사용하여 다른 에이전트와 ACL 메시지를 교환하여 상호 작용한다. JADE는 이러한 상호 작용을 위해 jade.domain.DFService 클래스를 제공한다. 다른 에이전트는 자신의 능력 및 서비스를 DFService.register() 메소드를 호출하여 DF에 등록하고, DFService.search() 메소드를 호출하여 다른 에이전트의 서비스를 검색한다.

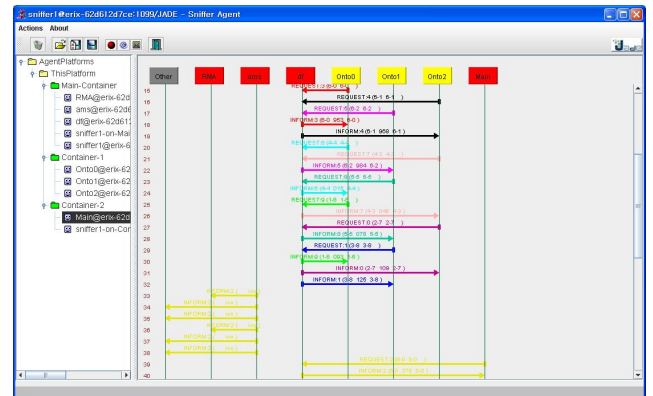
## 3. 설계 및 구현

본 논문에서의 온톨로지 서비스는 세 개의 에이전트 (Onto0, Onto1, Onto2)가 하나 이상의 서비스를 DF에 등록하면 메인 에이전트가 이를 찾을 수 있게 해준다[2, 8]. 하나 이상의 서비스를 DF에 등록하려는 에이전트는 상호

작용하는 다른 에이전트가 알 수 있도록 AID(Agent Identifier), 언어 리스트, 온톨로지, 서비스 리스트를 포함하는 서비스 디스크립션을 다음과 같이 DF에게 제공해야 한다.

```
public boolean DFRegister(String serviceName, String
serviceType, String serviceOntology) {
try {
DFAgentDescription dfd = new DFAgentDescription();
dfd.setName(getAID());
ServiceDescription sd = new ServiceDescription();
sd.setName(serviceName);
sd.setType(serviceType);
sd.addOntologies(serviceOntology);
sd.addLanguages(FIPANames.ContentLanguage.FIPA_SL);
dfd.addServices(sd);
DFService.register(this, dfd);
...
}
```

[그림 2]는 Sniffer 에이전트를 통하여 각각의 에이전트가 DF와 통신한 결과를 보여준다.



[그림 2] DF에 서비스 등록

이제 특정 어휘를 입력 받은 메인 에이전트는 serviceType 서비스를 제공하는 에이전트를 DF를 통하여 다음과 같이 검색할 수 있다.

```
public boolean DFSearch(String serviceType) {
Agent_List = new ArrayList();
try {
DFAgentDescription template = new DFAgentDescription();
ServiceDescription templateSd = new ServiceDescription();
templateSd.setType(serviceType);
template.addServices(templateSd);
SearchConstraints sc = new SearchConstraints();
sc.setMaxResults(new Long(10));
DFAgentDescription[] results=DFService.search(this,template,sc);
...
}
```

메인 에이전트는 검색된 에이전트들 중에서 특정 어휘를 포함하는 온톨로지를 가진 에이전트와 통신하여 그 에이전트의 온톨로지를 사용하게 된다.

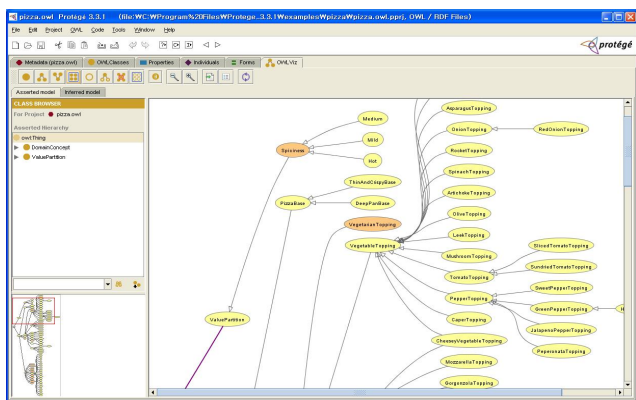
여기서의 시스템 구조는 서브-시스템인 검색 엔진과 온톨로지로 구분할 수 있는데, 온톨로지 저장소를 중심으

로 상위가 검색 엔진이며, 하위가 온톨로지 시스템이다. 검색 엔진은 사용자가 시맨틱 웹의 사용과 JADE 에이전트와 RDF, 온톨로지를 이용한 추론 엔진의 연동에 대한 서브-시스템 구조이며, 온톨로지 서브-시스템은 시맨틱 웹에서 온톨로지를 생성하고 유지 관리하기 위한 구조이다.

검색 엔진 서브-시스템은 온톨로지 저장 시스템을 중심으로 RDF 처리를 위한 RDF 질의 처리기, 온톨로지 크롤러, 그리고 지식 추론을 위한 추론 엔진으로 구성될 수 있다. 이러한 온톨로지는 단지 검색에만 유용하게 사용되는 것이 아니라 사용자가 온톨로지를 이용하여 페이지 구성을 할 수도 있다. 현재 시맨틱 웹을 위한 마크업 언어로 RDF/RDFS와 RDF를 기반으로 하는 DAML, OIL과 HTML에 온톨로지를 삽입한 SHOE, 그리고 OWL 등이 개발되었다. 이와 같은 검색 서브-시스템의 구성 요소는 시맨틱 웹 시스템의 흐름을 반영하고 있다. 또한 현재의 웹에서 사용자가 웹을 사용할 때의 각 시스템 흐름과도 유사한 시스템의 흐름을 지니고 있으며, W3C와 시맨틱 웹을 연구하는 기관의 프로토타입의 응용 사례에 적용할 수 있는 구조를 지니고 있다.

4. 실험

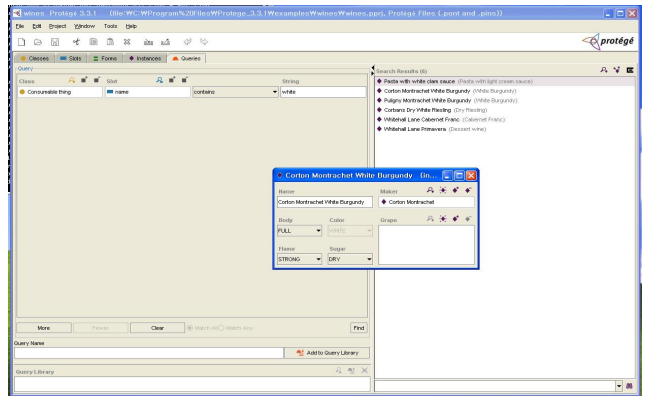
온톨로지는 메타-데이터와 유사한 형식과 속성을 지니고 있다. 하지만 온톨로지가 메타-데이터와 구분이 되는 것은 추론의 기능을 제공하며, 지식의 표현과 추출을 하고, 공통의 지식을 공유 및 재사용이 가능한 점이다. 또한 온톨로지는 시맨틱 웹 언어와 같은 지식 표현의 언어로써 작성이 되어 있으며, 파일의 형태로 표현이 가능하다. 이러한 부분을 [그림 3]과 같이 Protégé를 사용하여 구축하였다.



[그림 3] Protégé를 사용하는 온톨로지

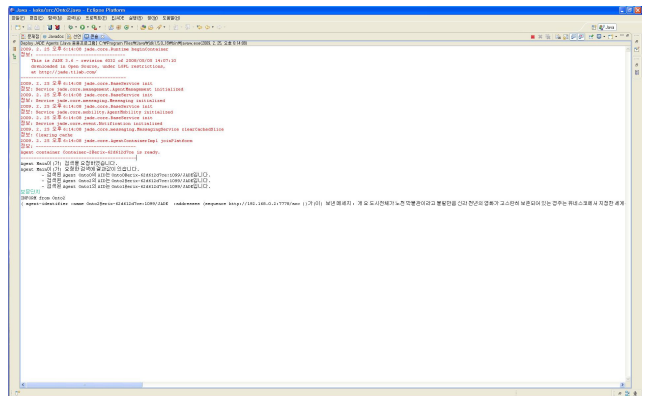
시맨틱 웹에서의 온톨로지는 추론 엔진에서 추론을 하기 위한 지식을 제공하며, 도메인 내의 지식을 공유하고, 다른 환경에서의 상호운영성을 보장하고 있다. 제안하는 온톨로지 서브-시스템 구조는 온톨로지의 저장, 생성 및 유지 보수를 통합적으로 할 수 있을 것이다. 이러한 추론

부분은 [그림 4]와 같이 Protégé의 질의문을 통하여 생성하였다.



[그림 4] Protégé의 질의문을 통한 결과

메인 에이전트는 검색된 에이전트들 중에서 특정 어휘를 포함하는 온톨로지를 가진 에이전트와 통신하여 그 에이전트의 온톨로지를 사용하게 되는데, 이에 대한 결과를 [그림 5]에서 보여준다.



Agent Main이(가) 검색을 요청하였습니다.  
 Agent Main이(가) 요청한 검색에 결과값이 있습니다.  
 - 검색된 Agent Onto2의 AID는  
 Onto2@erix-62d612d7ce:1099/JADE입니다.  
 - 검색된 Agent Onto0의 AID는  
 Onto0@erix-62d612d7ce:1099/JADE입니다.  
 - 검색된 Agent Onto1의 AID는  
 Onto1@erix-62d612d7ce:1099/JADE입니다.  
**보문단지**  
 INFORM from Onto1  
 ( agent-identifier :name  
 Onto1@erix-62d612d7ce:1099/JADE  
 :addresses (sequence

http://192.168.0.2:7778/acc ))가(이) 보낸  
 메세지 : 아시아 3대 유적으로 지정된  
 경주 (1979, 유네스코) 의 보문호 (普門湖) 를  
 중심으로 약 1,033 ha에 걸쳐 조성되어 있다.  
 세계은행의 2500만 달러 차관을 포함한 총 600억  
 원을 투입하여 1974년부터 개발에 착수, 1979년  
 4월에 1단계 공사를 마치고 개장되었다. 충분한  
 숙박과 다양한 위락시설을 제공함으로써 경주를  
 명실공히 종합적인 관광휴양지로 개발하는 데  
 중추적인 역할을 맡고 있다. 주요시설로는 각종  
 국내외 회의와 대규모 행사를 유치할 수 있는  
 국제회의장인 관광센터 (연면적 5,950m<sup>2</sup>. 지하 1층  
 지상 3층, 5개 국어 동시통역실 완비),  
 골프장 (18홀, 198ha), 각종토산물 및  
 관광기념품을 판매하는 종합상가, 특급호텔,  
 콘도미니엄, 놀이공원 등이 있다.

[그림 5] 최종 결과물의 출력

## 5. 결론 및 연구 과제

여기서는 Protégé를 사용하여 유사한 에이전트 온톨로지들을 생성하고 이들을 이용하는 JADE 에이전트들을 구현한 다음에, 특정 어휘가 주어졌을 때 다른 온톨로지들을 가진 에이전트들과 통신하여 어떤 온톨로지에 포함된 어휘를 결정하는가를 보이고, 온톨로지 저장소에 관하여 연구를 서술하였다.

특정 어휘를 입력 받은 에이전트는 그 어휘를 포함하는 온톨로지를 가진 에이전트를 DF를 통하여 검색하여, 이제 그 온톨로지에 기초하여 통신을 수행할 수 있다. 또한 Protégé를 사용한 온톨로지 상속, 저장소, 추론 기능을 JADE 에이전트에 적용하는 연구를 소개하였다.

향후 연구 과제는 다음과 같다. 단순히 온톨로지를 상속 받는 에이전트가 아니라 여러 온톨로지들을 검색 및 비교하는 학습 기능을 가진 에이전트 시스템이 요구된다. 마지막으로 FIPA-ACL 표준의 의미론에 기초하여 에이전트에게 전달된 메시지의 의미 해석을 자동화하는 JADE 확장을 따르는 시맨틱 에이전트를 구현할 필요가 있다[9].

## 참고문헌

- [1] B. Tim, J. Hendler and O. Lassila. "The Semantic Web". Scientific American Magazine, 2001.
- [2] G. Caire and D. Cabanillas. "Application-defined Content Languages and Ontologies". Telecom Italia, 2006.
- [3] G. Caire. "JADE Programming for Beginners".

Telecom Italia, 2007.

[4] <http://www.unspsc.org/>

[5] M. Horridge, H. Knublauch, A. Rector, R. Stevens and C. Wroe. "A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using The Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools Edition 1.0". Stanford University, 2004.

[6] M. Q. Stearns, C. Price, K. A. Spackman and A. Y. Wang. "SNOMED Clinical Terms: Overview of the Development Process and Project Status". In Proc. of AMIA Symp. 2001.

[7] N. F. Noy and D. L. McGuinness. "Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology". Stanford Knowledge Systems Laboratory, 2001.

[8] P. Cancedda and G. Caire. "Creating Ontologies by means of the BeanOntology". Telecom Italia, 2008.

[9] V. Louis and T. Martinez. "An Operational Model for the FIPA-ACL Semantics". In Proc. of International Workshops on Agent Communication, 2005.