

에이전트 지향 소프트웨어 공학을 위한 UML 기반 온톨로지 모델링에 관한 연구

김귀정*

*건양대학교 의공학과

e-mail:gjkim@konyang.ac.kr

A Study on UML-Based Ontology Modelling for Agent Oriented Software Engineering

Gui-Jug Kim*

*Dept. of Bio Medical Engineering, KonYang University

요 약

온톨로지는 에이전트가 지식 레벨 메시지 교환을 위해 사용하는 용어를 정의하는데 중요한 역할을 수행한다. 객체지향 모델링 중 특히 UML은 소프트웨어 공학 분야에서 많은 발전이 이루어져 왔으며, 대부분의 상업용 도구들에 의해 지원될 수 있다. 따라서, 에이전트 시스템에서 온톨로지 표현을 위해 UML을 사용한다면 에이전트 기반 시스템 개념의 이해를 돕는데 매우 효과적인 것이다. 본 연구는 온톨로지 모델링을 위해 UML 사용의 가능성을 제시하고자 한다.

1. 서론

온톨로지는 에이전트가 지식 레벨 메시지 교환을 위해 사용하는 용어를 정의하는데 중요한 역할을 수행한다. 그러므로 온톨로지 표현 언어의 선택은 멀티 에이전트 시스템을 설계하는데 중요한 부분을 차지한다. 전통적인 온톨로지 표현 방법은 인공지능 지식 표현 방법에서 발전해 왔다. 특히 KL-ONE[1] 시스템에 기초한 프레임 기반 언어를 많이 사용한다. 그러나, 이 방법은 확실적인 지식 표현을 위해 개발되었기 때문에 분산 멀티 에이전트 시스템의 특성과는 많은 차이가 있다.

멀티 에이전트 시스템의 중요한 장점 중 하나는 서로 다른 기술을 사용하여 구축된 에이전트는 하나의 에이전트를 이용하여 풀 수 없는 문제들을 여러 에이전트가 협력함으로써 문제 해결이 가능하다는 것이다. 그러므로 온톨로지 모델링 언어의 선택은 특정 런타임 추론을 얼마나 지원할 수 있는가 보다는 온톨로지의 초기 구축에 얼마나 적합지에 달려

있다. 더불어, 온톨로지 모델링을 어떻게 표현할 것인가를 선택할 때 고려해야 할 또 한가지 사항은 산업현장에서 널리 사용되고 있고, 사용자가 이해하기 쉬운 모델링 언어를 선택하는 것이 효과적이라는 것이다. 이러한 관점에서 객체지향 모델링 중 특히 UML은 소프트웨어 공학 분야에서 많은 발전이 이루어져 왔으며, 대부분의 상업용 도구들에 의해 지원될 수 있다. 따라서, 에이전트 시스템에서 온톨로지 표현을 위해 UML을 사용한다면 에이전트 기반 시스템 개념의 이해를 돕는데 매우 효과적인 것이다.

본 논문에서는 온톨로지 모델링을 위한 UML의 잠재성을 살펴보고, 전통적인 방법과 비교하여 UML 기반 기술을 적용함으로써 미래의 가능성을 논의하고자 한다.

2. 기존 연구

온톨로지 모델링을 위하여 가장 널리 사용되는 전

통적인 방법은 KIF(Knowledge Interchange Format)[2]과 디스크립션 로직이다.

KIF는 1차 술어 논리(first-order predicate logic)에 기반을 둔 언어이다. 1차 논리가 온톨로지를 표현하기 위한 저급 언어인 반면에, Ontolingua tool[3]은 사용자가 고급 레벨에서 KIF 온톨로지를 디자인할 수 있도록 해준다. 특히 프레임 온톨로지는 디스크립션 로직과 비슷한 레벨에서 온톨로지를 기술할 수 있다.

디스크립션 로직은 KL-ONE의 프레임 기반 지식 표현 시스템에 기초한 표현과 과정을 형식화한 것이다. 이 시스템은 개념을 정의하는데 있어서 단순히 이름을 부여하고, 존재하는 개념의 일반화·상세화의 계층관계 중 어느 곳에 적합한가를 기술함으로써 쉽게 이루어 질 수 있다. 새로운 개념은 개념 연결(concept conjunction)의 연산을 이용하여 존재하는 개념의 용어를 사용함으로써 정의될 수 있다. 다음의 예는 디스크립션 로직의 특징을 표현한 것이다. “Anything”은 모든 사물 클래스를 나타내기 위해 미리 정의되어져 있는 개념이며, “anyrelation”은 모든 관계 클래스를 나타내기 위해 정의되어져 있는 개념이다. 심볼 “=”는 개념 정의를 나타낸 것이고, “≤”는 개념 상세화를 나타낸다. 디스크립션 로직은 지식 베이스에 저장되어 있는 개념과 개념의 인스턴스, 그리고 역할에 대한 특정 추론 형식을 지원하기 위해 디자인된다.

```
Human ≤ Anything
Set ≤ Anything
Man ≤ Human
Woman ≤ Human
member ≤ anyrelation
Team = (and Set
        (all member Human)
        (at least 2 member))
```

3. 온톨로지 모델링을 위한 UML

3.1 UML의 지식 표현

UML은 객체지향 분석과 설계를 위한 그래픽 표현과 언어이다. 객체지향 모델링 패러다임은 소프트웨어 산업현장에서의 주요 기술이 되어 왔으며, 객체지향 모델링은 인간의 직관적인 모델을 가장 잘 표현할 수 있는 방법이라고 널리 인식되어져 오고 있다. UML은 OMG[4](Object Management Group)

에 의해 표준화되었으며, 많은 도구들이 UML을 사용하여 모델을 생성하고 편집할 수 있도록 지원하고 있다.

UML은 산업현장에서 널리 사용되고 있으며 또한 빠른 속도로 확산되고 있는 현실에 비추어 볼때, 온톨로지 모델링 언어로써 UML을 이용하는 것은 매우 타당한 이유라 하겠다. 그러나, UML은 온톨로지 모델링을 위해 전통적으로 사용되어 왔던 논리 기반 형식과 커다란 차이가 있다. UML은 서로 연관되어 질수 있는 관계와 사용자 모델에서 나타날 수 있는 구조의 형식을 정의하는 메타모델과 도형적 구문으로써 표현된다. 표준 XML 기반 형식인 XMI(XML Model Interchange format)는 모델이 UML 메타모델의 인스턴스로 인코딩 될 수 있도록 해준다. 전통적인 지식 표현 방법과 이러한 차이가 있음에도 불구하고 UML 모델이 선언적 지식 표현 패러다임이 될 수 있는 여러 가지 특징들이 있다.

- UML로 표현된 지식은 표준 그래픽 표현 방법을 이용하여 인간이 직접적으로 이해할 수 있다.
- UML로 표현된 지식은 객체지향 모델링의 특정한 모듈화로 구성되기 때문에 변경이 용이하다.
- 새로운 지식은 추론에 의해 UML 모델로부터 얻어질 수 있다. 특히, UML은 관계 제약어인 OCL(object Constraint Language)을 가지고 있는데, OCL은 새로운 모델 요소를 정의하고, 임의의 제약 조건을 가능한 모델 인스턴스에 부여하는 역할을 한다.

이러한 관점에서 UML은 지식을 표현하는데 있어서 적당한 방법이 될 수 있다. 특히, UML 클래스 다이어그램은 클래스와 속성 그리고 그들 사이의 관계를 정의하는데 풍부한 표현력을 제공한다. 그러므로 객체지향 관점에서 온톨로지를 정의하는데 UML이 사용될 수 있다.

그림 1은 사람과 조직체를 표현하는 클래스와 그들 사이의 관계를 클래스 다이어그램으로 나타낸 것이다. 「Organization」클래스는 「SportsClub」과 「ProfessionalBody」 두 개의 상세화된 클래스를 가지고 있다. UML 클래스 다이어그램의 그래픽 의미는 다음과 같다.

- 사각형은 클래스를 나타낸다.
 - 클래스 이름은 위쪽에 쓴다.(추상 클래스일 경우에는 이탤릭체를 사용한다)

- 속성은 아래 부분에 표현한다.
- 클래스 사이의 선은 연관관계를 나타낸다.
 - 관계는 “역할이름”을 가질 수 있다.
 - 얼마나 많은 객체들이 관계에 참여하는지를 나타내기 위해 숫자를 사용한다. “*”은 0또는 그 이상을 나타낸다.
- 화살표를 가진 선은 일반화를 나타낸다. 화살표 머리 부분의 클래스가 더 일반화된 개념임을 의미한다.

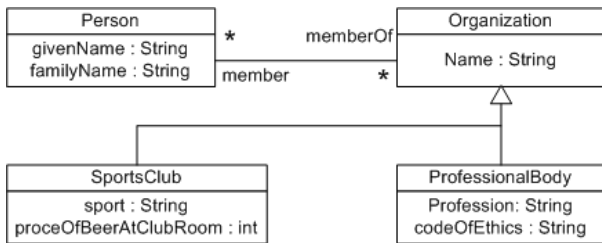


그림 1. UML 클래스 다이어그램

3.2 UML의 추론 표현력

지식 표현 시스템이 지원하는 추론의 방법에는 여러 가지가 있다. 이 절에서는 UML을 이용한 추론 방법에 대해 알아보기로 한다.

아래의 4가지는 지식 표현 시스템이 지원해야 하는 최소한의 특징을 나타낸다.

- 개념 충족가능성
개념 C는 적어도 하나 이상의 인스턴스를 가질 수 있는가?
- 포함관계
주어진 개념은 다른 개념보다 더 일반화되거나 상세화 되는가? 또는 어떤 관계도 맺지 않을 수 있는가? 이 질문은 개념이 자동 분류되어지는 DL 시스템의 능력에서 그 해답을 얻을 수 있다.
- 지식 기반 만족도
모델과 인스턴스 집합들은 각각 일관성을 가지고 있는가? 이 문제는 간단한 인스턴스 데이터를 이용하여 모델의 유효성을 입증하는데 사용될 수 있다.
- 인스턴스 체크
개념 C의 인스턴스는 지식 기반을 만족하는가? 이 문제는 바로 위의 지식 기반 만족도와 매우 연관있는 사항이며, 정보의 유효성과도 관련이 있다.

처음 두 질문은 온톨로지의 설계과정 동안 적용될 수 있는 문제인데, 디스크립트 로직에 의해 잘 지원된다. 반면에, UML은 이를 지원해 줄 수 있는 분석 능력이 제공되지 않는다. 그러나, 객체지향 모델링은 모델링 도구로써 잘 조직화되고 효율성이 입증된 방법이기 때문에 복잡한 모델을 설계하는 과정에서 이러한 추론능력은 크게 문제될 것이 없다. 후자의 2가지 질문에 대해 UML에서는 아주 정확한 해답을 가지고 있지는 않다. UML에서 객체는 항상 연관된 다른 객체를 가지고 있으며, 그 클래스의 구조적 정의를 충족시키는 형태로 구성된다. 그러나, 온톨로지 내에서 그 클래스와 연관된 OCL 제약조건을 위해서는 객체가 유효하다는 것을 확실시키기 위해 이러한 사항을 체크하는 것이 필요하다.

다음은 에이전트 시스템에서 중요시 해야 하는 사항을 추가한 것이다.

- 메타속성을 가진 추론
OIL[5]과 같은 지식 언어는 “메타속성”을 표현할 수 있도록 슬롯이나 역할, 또는 속성을 허용한다. 속성에 대한 선언은 에이전트가 추론을 위해 잠재적으로 사용될 수 있는 정보를 제공해 준다.
- 일반적인 규칙 기반 추론
KIF와 같은 저급 언어로 표현된 온톨로지는 일반적인 공리를 포함한다.
비록 UML이 전통적인 논리 기반 언어와는 차이가 있다 할지라도 최근의 연구들은 UML 메타모델의 그래픽 변형으로써 UML에서의 추론 규칙을 어떻게 표현할 것인가에 대해 논의하고 있다. 그림 2는 존재하는 지식과 온톨로지에 대한 정보를 결합함으로써 새로운 지식을 객체 다이어그램의 형태로 어떻게 생성할 수 있는가를 보여준다. 이 예에서 하나의 에이전트는 다른 에이전트와 관계를 맺고 있다. “name” 속성값으로 “Kim”을 가진 클래스 객체 “Man”이 있다. 또 다른 에이전트는 “Kim”이라는 이름을 가진 “Person” 객체가 “Bob”이라는 이름을 가진 “Person” 객체의 자식이라는 사실을 알고 있다. 이 도메인의 온톨로지는 “Man”은 “Person”의 상세화이며 2개의 OCL 제약조건을 포함하고 있다는 것을 알려준다. 첫 번째 제약조건은 ‘/’에 의해 기술된 역할 “son”이고, 두 번째 제약조건은 “name” 속성값으로 이 값은 클래스 객체 “Person”을 유일하게 식별할 수 있도록 해준다. 추론의 몇 단계를 거쳐 에

이전트는 다음과 같은 결론을 유도할 수 있다. “Kim”이라는 이름을 가진 두 객체는 동일하며, “Kim”은 남자 자식, 즉 아들이다. UML을 이용한 이러한 추론 방법은 향후 꾸준히 연구해야 할 분야로 자리매김 할 것이다.

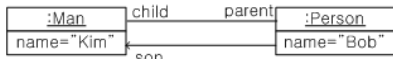
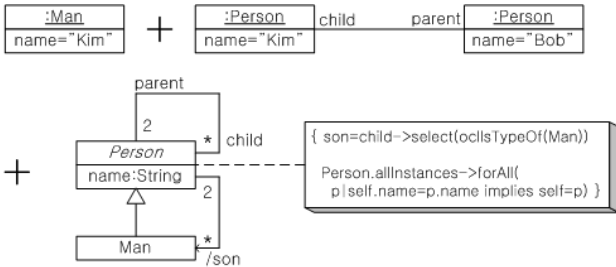


그림 2. UMI의 지식 추론 예

4. UML과 에이전트의 상호작용

분산 에이전트 시스템에서는 온톨로지와 더불어 에이전트는 서로 통신하기 위하여 구체적인 지식 교환 언어가 필요하다. 온톨로지 모델링을 위한 객체지향 온톨로지 언어의 사용은 지식이 하나의 에이전트에 저장되어 있어야 하고, 에이전트 간의 메시지를 인코딩해야 하는 문제에 대한 흥미로운 질문을 야기시켰다. 만약 에이전트 개발자가 객체지향 모델을 이용하고 있고 Java와 같은 객체지향 언어를 기반으로 한 에이전트 개발 툴킷을 사용하고 있다면, Java 객체를 사용하여 도메인 지식을 인코딩하고 메시지에 이들을 포함시키는 것이 가장 효율적인 방법이다.

UML 클래스 다이어그램을 이용하여 기술된 온톨로지의 도메인에 대한 지식은 온톨로지 내의 클래스 인스턴스로써 표현될 수 있다. 그러므로 이러한 지식은 UML 객체 다이어그램으로 형식화할 수 있다. 객체 다이어그램에서 사각형은 클래스와 속성값을 가진 객체를 나타낸다. 객체 사이의 선은 클래스 사이의 관계 인스턴스인 연결을 나타낸다. 그림3은 그림 1에서 정의한 클래스 인스턴스를 보여주기 위해 객체 다이어그램을 이용하였다. 이것은 지식의 구체적인 표현으로 볼 수 있다. “Robert Tom”과 “John Rora”라는 이름을 가진 “Person”객체가 있고, 이들은 “ACM”이라는 이름을 가진 “ProfessionalBody” 객체의 회원임을 나타내는 객체 다이어그램이다.

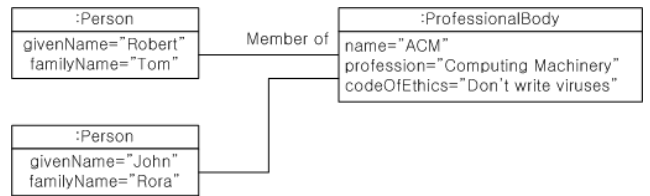


그림 3. UML 객체 다이어그램

5. 결론

본 논문은 에이전트 시스템을 위한 온톨로지 모델링에 UML을 적용하는 방법에 대한 연구이다. UML과 온톨로지 모델링을 위해 가장 널리 사용된 디스크립션 로직의 특징에 대해 각각 분석하고 비교하였다. 비록 UML이 추론을 위한 다양한 방법은 제공하지 못하고 있지만, 많은 산업분야에서 보여준 UML의 강점이 온톨로지 모델링에서도 효율적으로 작용할 수 있을 것이다. 특히 복잡한 시스템에서의 모델링 노력, 그리고 많은 다양한 비즈니스 기술과 협력할 수 있는 특징은 현재 사용하고 있는 다른 어떤 방법과 비교해 볼 때 UML의 적용 가능성을 높이 평가할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] R.J.Brachman and J.G.Schmolze, "An overview of the KL-ONE knowledge representation system," Cognitive Science, 9(2), pp.171-216, Apr. 1985.
- [2] <http://logic.stanford.edu/kif/dpans.html>, 1998.
- [3] A.Farquhar, R.Fikes, and J.Rice, "The Ontolingua Server: a tool for collaborative ontology construction," In Proceedings of the 10th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop(KAW'96), 1996.
- [4] <http://www.omg.org/>, 2001.
- [5] <http://www.ontoknowledge.org/oil>, 2000.