

## Ontology를 이용한 Meta-추론에 대한 연구

전산정보처리과

전임강사 박 경 우

### I. 서 론

전문가시스템에서는 인간전문가의 체계적이고 사실적인 지식을 전문가가 행하는 고도의 판단과 작업을 컴퓨터에 대체시키고자하는 노력이 필요하다. 따라서 효율적인 추론의 도구와 효과적인 지식의 표현방법이 필요하다.

최근에 이르러 지식기반시스템에 적용되는 응용분야의 범위가 증가함에 따라 지식베이스가 점점 대형화해가고 복잡해지면서 지식베이스 관리의 지속성과 효과적인 접근기능이 필요하다.

대규모 지식베이스시스템 연구의 목적은, 지식베이스의 한계를 넘기 위해 지식베이스를 구축할 때 필요로 하는 공통지식의 체계화, 공급, 획득하는 지식의 양을 삭감하는 지식의 공유, 재이용을 위한 Agent의 개념정의를 나타내고 있다. 또한 지식을 관리하는 관점은 보다 빠른 전달, 분산적인 지식의 관리에 있다고 하겠다.

일반적인 지식베이스의 구축방법에는 모든 지식에 포함되는 일반적인 지식을 포괄적으로 수집 하나의 대규모 지식베이스시스템을 구축하는 직접적인 방법과, 지식공유와 재사용을 골격으로 개발된 Agent들간에 상호작용을 이용한 방법이 있다. 본 연구에서는 이러한 전문가의 지식(사실과 know-how)을 체계적이고 빠른 추출의 도구로 ontology를 이용한 메타-지식의 표현으로 메타-추론을 제시하고 있다. "추론에 관한 추론" 즉 최상위의 추론이라 할 수 있으며, 어떤 현상의 추론에 있어서 연역적, 형식적, 귀납적 유추와 어느 추론을 이용하느냐에 대한 지식이다.

본 연구에서는 전문가시스템에서 효율적이고 빠른 추론을 위해서 동일지식의 Mapping화, 인간전문가의 사실적, 경험적 지식과, 동일관련지식의 통합, 지식의 기초가 되는 전문지식과, 배경지식을 포함한 ontology개념을 구축하였다.

## II. 에이전트 시스템

에이전트시스템은 USER가 처리해야하는 작업을 대신 처리함으로써 USER의 편의성 향상을 도모하며, 개인비서와 같은 역할을 위한 시스템이라 할 수 있다. 또한 시스템의 효율성을 향상시키기위해 기계학습을 통해 사용자의 작업의 감시, 새로운 데이터에 대한 학습능력을 갖추고 있다. 이러한 학습능력을 이용하여 사용자가 습득했던 모든 데이터에 대한 학습을 통하여 보존, 또는 새로운 기계학습을 통한 에이전트 시스템 개발의 요인이 되고 있다. 이와 같은 학습을 통해 시스템의 효율을 향상시키는 물론 사용자를 완벽하게 지원한다는 목적을 가지고 있다.

### 1. 대규모 지식 BASE SYSTEM

#### 1) 지식베이스 SYSTEM

전문가시스템에서, 인공지능시스템의 문제해결의 능력이란 일반적으로 문제해결능력에 의한 다기보다는 문제영역과 문제해결법에 대한 지식의 질과 양에 의존하는 지식원리라 할 수 있다. 이와 같은 지식원리의 표현을 위해 지식베이스 시스템이라는 소프트웨어 구조가 이용되고 있다. 이러한 지식베이스의 일반적인 구성은 지식표현언어에 의해 표현된 지식을 저장하는 지식베이스와, 그 내용을 해석, 실행하는 추론엔진으로 구성된다고 할 수 있다.<sup>1)</sup>

#### 2) 대규모지식베이스

지금까지의 일반적인 지식베이스 구축시에 발생된 지식 획득의 수단으로, 오로지 전문가와의 인터뷰를 통한 습득에 의존한 지식획득의 난점, 시스템 설계시에 고려하지 않았던 현상에 대한 인간전문가의 해결능력에 비해 해결능력이 떨어지는 지식의 협소성, 각각 다른 특성과 언어로 구축된 기존 시스템과의 통합의 어려움 등의 한계를 넘기 위해 대규모 지식베이스 시스템이 연구되어 왔으며 어느 영역에 있어서 지식베이스를 구축하는 경우에도 공통적 지식을 체계화하여 공급함으로써 새로이 획득해야하는 지식의 양을 삭감할 수 있도록 하였다.<sup>2)</sup>

대규모 지식베이스 시스템은 각각의 지식베이스 설계시 혹은 실행시 필요한 지식의 제공자로서의 역할이다. 대규모지식베이스의 일반적인 구축방법에는, 표현적인 지식표현언어와 모델링언어를 설정하므로 상징적 지식과 기초적 지식을 포괄적으로 수집하여 축적하는 직접지향접근방법과,

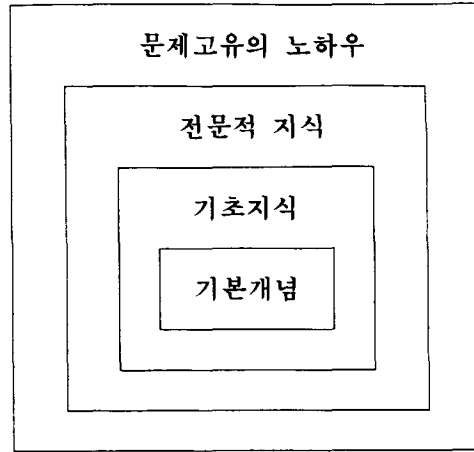


그림 1. 직접지향접근

각각 방법론과 개념화에 차별을 둔 지식베이스시스템과 소프트웨어시스템의 협조에 구축의 중점을 두는 공유, 재이용지향의 접근방법을 들 수 있다.

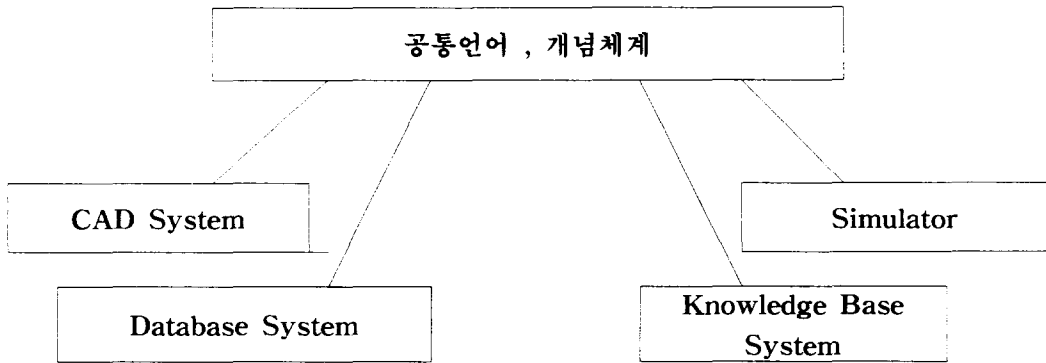


그림 2. 공유, 재이용 지향접근

본 연구에서도 지식베이스시스템 구축의 방법으로 후자에 관한 접근을 유도하고 있으며, 지식베이스의 지식표현에 있어서 META - Level 지식의 표현으로, Ontology의 표현에 있어 전문지식 ontology, 그 전문지식의 추론을 위한 META - Level의 지식으로 표현한 배경지식 ontology를 구축하였다. 한편 대규모 지식베이스 시스템은 넓은 범위의 방법론의 지식 외에 새로운 시스템구축을 위한 요소리스트도 제공하는 지식베이스시스템의 모체로서, 지식베이스시스템이 대규모인 것과는 구별된다고 할 수 있다.



(1)협조 촉진기(facilitator) : 메시지교환은 에이전트간에 직접적으로 이루어지지 않고 협조 촉진기의 개입을 통해 간접적으로 이루어진다. 다시 말하면, 에이전트들간의 저수준프로세서를 관리하는 특수한 에이전트이다.

(2)중재 에이전트 : 서비스를 요청하고 제공하는 에이전트들 사이의 교량역할을 하는 일종의 특수한 에이전트이다.

(3)보통 에이전트 : 문제해결에 의해 새로운 세계에 대한 사실제공과 새로운 정보를 유도한다.

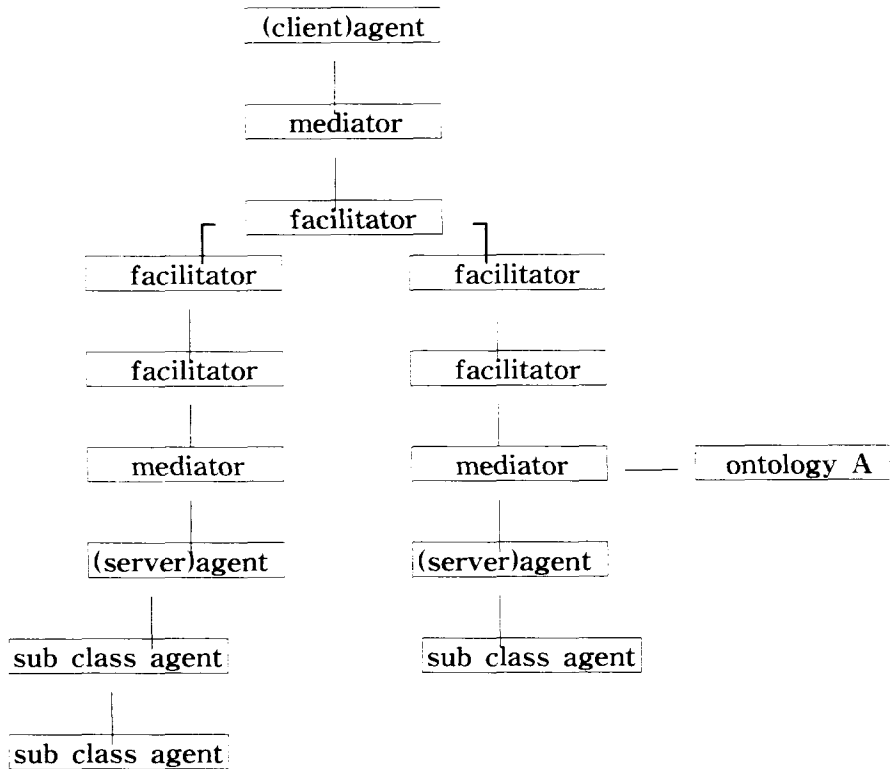


그림 4. 협조형 Agent의 구성

메세지교환은 에이전트간에 협조 촉진기를 통해 간접적으로 행한다. 협조 촉진기는 에이전트간의 상호작용을 위한 특수한 에이전트이고 메세지 통신의 제공, 메세지의 송신선 결정, 수신된 메세지의 번역, 각 에이전트의 초기화 및 모델링을 행하는 기능을 가지며, 이로 인해 각 에이전트는 자기 고유의 언어로의 추론이 가능해지며 자신 이외의 에이전트에게 정보를 요구, 협조 촉진기의 중재 하에 요구된 정보를 제공하기도 한다.

또한 분산형 구조의 에이전트에 있어 ontolingua라고 불리는 개념의 기술 언어를 이용 에이전트간에 교환되는 메세지도 참조되는 개념체계(ontology)의 형식적 정의를 공통화 하므로써 지식의 공유 수준으로의 진행을 도모할 수 있다.<sup>4)</sup>

## 2) 에이전트간의 공통언어와 규약

에이전트간의 상호작용의 신뢰성을 높이기 위한 약속된 공통언어로

- (1) KQML(Knowledge Query and Manipulation Language) : 에이전트간의 통신과 제어를 위한 공통언어.
- (2) KIF(Knowledge Interchange Format) : 에이전트간에 지식을 전달하기 위한 중간언어.
- (3) ontolingua : 다른 분야와의 지식을 공유하기 위한 개념체계를 기술하기 위한 언어를 사용하고 있다.

또한 에이전트들간의 상호작용을 위해서는 Agent간에 교환되는 메시지는 위의 규약에 근거를 두어야 한다.

에이전트간의 메시지는 메시지를 전달하기 위해 필요한 최소한의 통신에 관한 정보가 기술된 통신층과, 메시지에의한 행위를 에이전트규약언어를 이용 기술하는 메시지층과, 참조되는 처리대상을 기술하는 가장 안쪽 메시지 내용의 3계층으로 구분할 수 있다.

### Ⅲ. META - 추론을 위한 지식표현방법

지식에는 영역(domain)에 있어서의 기본조작에 관한 지식과, 그 지식의 사용법에 관한 지식(Meta-지식)이 있다. Meta-지식을 이용한 추론을 Meta-추론이라 하며 Rule 경합해소를 위한 추론, sub-goal을 설정하기 위한 추론, 전향추론과 후향추론을 교환하기 위한 추론, Focus-attention을 위한 추론, 과 그 외에 문제해결의 전략에 관한 추론 등으로의 각각의 형태가 있다. Meta-추론은 '추론에 관한 추론이다' 이는 추론계가 가지고 있는 추론의 지식구조에 대한 추론으로 주어진 현상의 추론을 행할 때 소속적, 형식적, 귀납적 유추에 어느 추론을 이용하느냐에 대한 지식이다. 또한 Meta-추론은, 추론에 쓰이는 지식의 집합을 한정하는 기능, 추론을 제어하는 기능, 추론에 쓰이는 지식의 계열을 아는 기능에 있어서 매우 유용한 프로그래밍 방식이다. Meta-추론은 최상의 추론을 의미하며, 발명, 발견, 등의 창조적인 지적활동의 원천이라 할 수 있다. 본 연구에서 행한 지식의 모델은 Frame-구조이다. 전문가의 지식은 크게 know-how(RULE) 과, 대상세계(data와 순서)로 분류할 수 있다. 주어진 대상세계는 know-how의 참조에 의해 결정되어지며 대상세계의 data와 대상세계의 순서에 의해 추론되어 진다고 할 수 있으며 이와 같은 지식의 체계화가 필수적이라 하겠다. 본 연구에서는 know-how의 구축에 참조되는 지식의 표현에 ontology의 개념을 도입, 표현하였다. 전문가의 지식을 체계화하는 방법으로, 먼저 Rule과 Frame을 명확히 분류 Rule과 Frame의 관계로서 추론하는 방법과, Rule과 Frame을 합성시켜 정리한 Frame으로써 표현하여 이 Frame간의 관련으로 지식을 표현하는 방법이다.

1. Meta-추론방법

문제해결의 방법을 크게 2가지로 분류할 수 있다. 주어진 데이터를 바탕으로 결론이 유추되는 경우와, 어느 결론에 대하여 그 결론이 옳은가 옳지 않음을 검증하는 경우이다. 전문가시스템에서는 전자에 대해 '전향추론'이라 하며 지식베이스와 작업메모리와의 구분을 명확히 하고 있다. 작업메모리는 추론을 하면서 생성된 사실들을 포함하는 장소이다. 후자에 대해서는 '후향추론'이라 하며 추론엔진은 주어진 goal에 적당한 규칙들만을 적용하므로써 탐색영역을 좁게 유지한다. 이러한 추론방법에 의해 사용자는 문제해결의 추론에 관한 추론방식인 Rule경합 해소를 위한 Meta-추론(적용순서와 규칙)이 가능하도록 하고 있다. Meta-추론의 처리개요를 그림 5와 같이 나타낸다.

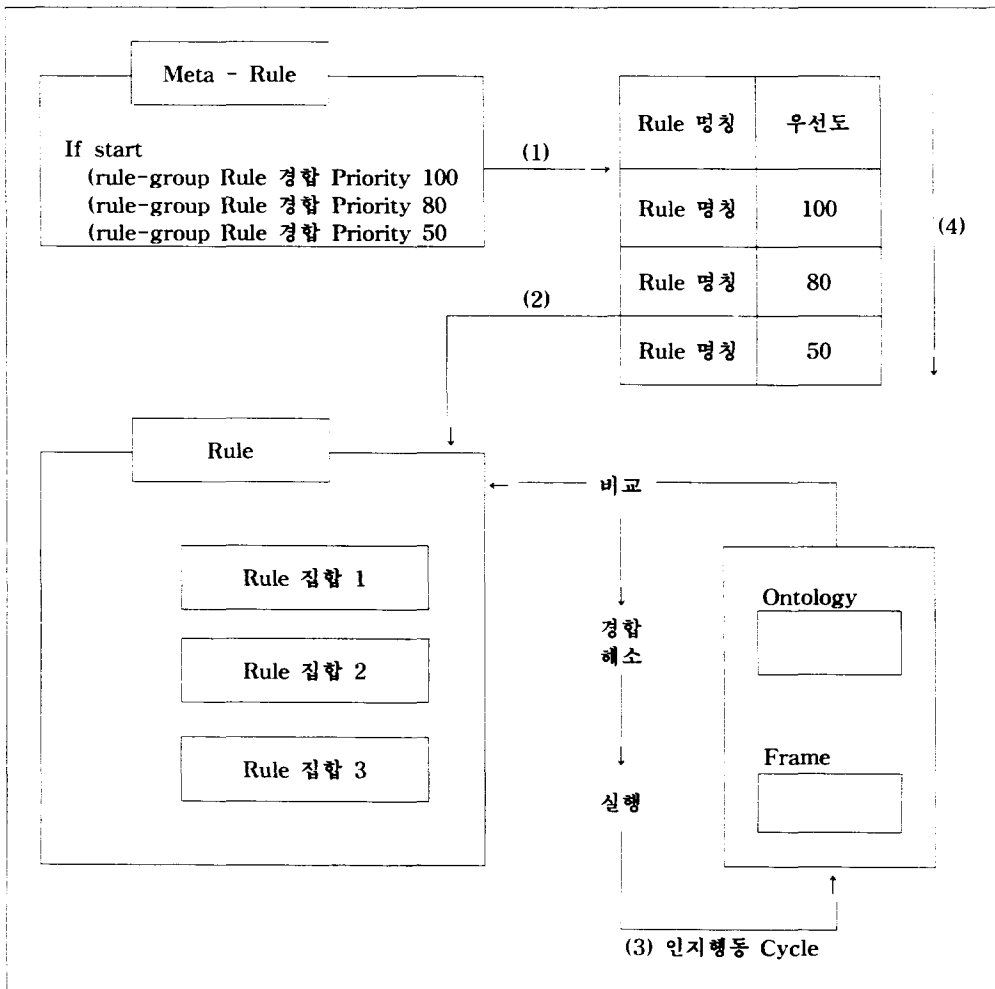


그림 5. Meta-추론 처리개요

## IV. Ontology를 이용한 지식의 표현

지식표현 형식의 문제는 지금까지 지식베이스가 각기 다른 지식표현언어를 이용하고 있어, 상호간 지식의 교환이 사실상 불가능한 문제였다. 이 문제점은 상호간에 지식표현을 변환하는 트랜스레이터를 개발하는 것에 의해 해결 가능하다. 지식내용에 관한 표현은 지식의 공유, 재이용에 있어서 직접적인 문제이다. 따라서 이용목적에 좌우되지 않는 지식의 표현방법이 필요하다. 본 연구에서도 추론시스템에 이용되고 있는 지식의 어휘를 체계화하는 ontology연구에 중점을 두고 있다.

### 1. 배경지식과 전문지식

특정분야의 지식에는 상식(배경지식)과 전문지식으로 나누어진다. 전문전공서에는 그 분야의 전문적인 지식에 대해서만 기술되어 있다, 이를 이해하기 위해서는 전문적인 지식의 기초가 되는 그 분야에 대한 배경지식(상식)이 필요하다.

전문분야에 대한 지식의 구성은 그림6과 같이 표현되어지며 전문지식은 전문문서편의 집합과 전문문서 ontology로 구성되고, 전문지식 ontology는 전문지식 ontology의 골격과 전문지식 ontology의 상세부분으로 구분되어 진다. 또한 배경지식에는 배경지식 ontology가 적용된다. 배경지식 ontology란 전문서에 표현되지 않은 상식과 경험 등의 일반적인 분야의 지식을 나타내고 대상되는 분야의 전문책과 어휘를 관련시키는 체계이다.

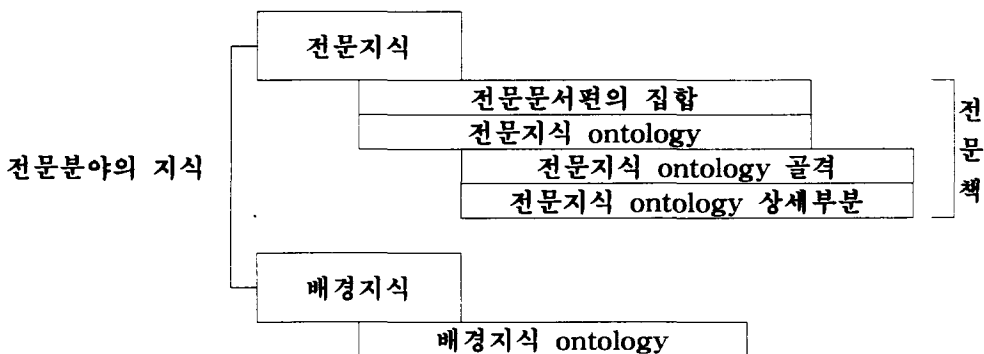


그림 6. 전문분야 지식의 구성

### 2. 배경지식 Ontology

전문서에 포함되어 있지 않은 지식, 즉 특정전문분야에 대한 상식적 지식의 체계



이다. 예를 들면 『주차시설의 지식』 분야에는 당연히 거론하고 있지 않은 『해당 동의 소득수준에 따른 차형구입』에 관한 지식이라 할 수 있다. 전문책에는 국소적인 구조나 시설에 관한 사항은 게재되어 있어도 『A동은 소득수준이 대단히 높고, 대형차를 선호한다』는 특정상식에 대한 지식은 명시되어 있지 않다. 여기에는 대상의 속성을 나타내는 개념, 실체가 없는 추상적인 것을 나타내는 개념, 속성을 나타내는 관계, 속성의 계승을 나타내는 관계 등의 표현이 고려되고 있다.

### 3. 전문지식 Ontology

전문문서편의 집합과 전문문서 ontology로 부터 이루어진다. 지식의 자세한, 세부적인 기술은 전문문서편에 의뢰하고, 전문 ontology는 각각 전문문서편이 포함된 전문지식이 상호간에 어떻게 연결되어 있는가를 나타내고 있다.

전문지식의 체계화는 개념 정의의 시점이 중요하다. 그 예로 『주차장내의 배치』에 관한 것은 배치에 대한 개념들의 정리가 필요하다. 실제 완벽한 전문서를 보면 각장, 절마다 주제가 정해져있고, 그것을 기준으로 하여 내용이 구성되어 진다. 전문지식 ontology의 표현형식은 배경지식 ontology와 같은 네트워크 구조로서 표현되어 진다.

## V. 메타-추론의 처리

지식의 재이용을 목적으로 개발된 전문가 모델은 개념모델로서 전문가의 문제해결방법을 추상적, 계층적으로 기술하며 개념모델은 구체적인 것으로부터 Domain층, 추론층, Task층, 전략층으로 나누어진다. 각 계층은 상위계층의 지식에 대한 Meta-수준의 추론도구로 이용된다. 각각의 계층은, 분야에 의존하는 지식의 Domain층, 추론의 종류를 기술한 지식의 추론층, 문제해결을 위한 추론지식의 조합가능성을 기술한 지식인 Task층, 전략층으로 분류된다. 특히 Domain층의 지식은 다른 Meta-수준으로부터 분리해야 하며, 추론층 이상의 지식의 재이용이 별도의 분야에서도 이용 가능하게 된다.<sup>5)</sup>

### 1. Ontology의 데이터표현형식

Ontology는 배경지식 ontology, 전문지식 ontology 모두 공통의 형식으로 표현한다. 표현형식은 개념을 프레임구조로, 관계를 슬롯(slot)으로 표현했다. 또한 슬롯값으로는 개념명을 지정하는 것 외에 개념간의 관계를 확실히 한다. 또 복수개의

슬롯으로 복수종류의 관계 또한 포함하도록 하고 있다.

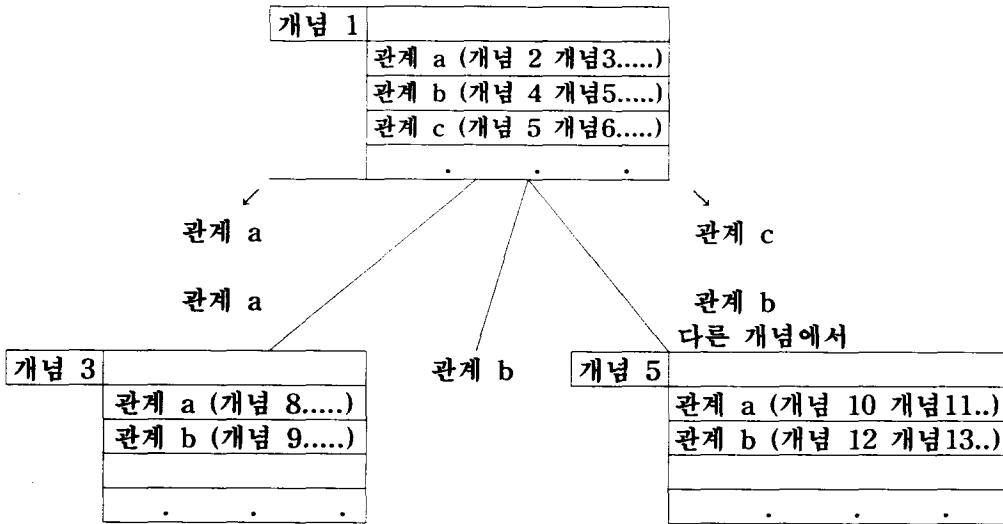


그림 7. The expression form of ontology

## 2. 배경지식 ontology와 전문지식 ontology의 연결

배경지식 ontology와 전문지식 ontology를 구성하는 개념상의 동일개념이 존재하면 그것을 연결의 접속점으로 한다. ontology는 에이전트에 의해 관리된다. 실제로는 배경지식 ontology와 전문지식 ontology는 담당 에이전트관리하에 있지만 배경지식 ontology의 각 개념에는 같은 개념의 전문지식 ontology를 가진 에이전트의 이름이 개념의 프레임구조의 슬롯값으로 지정된다.

## 3. Ontology구축

도입되는 ontology에는 배경지식 ontology 와 전문지식 ontology가 있다. 두 표현에 있어 개념과 관계의 종류는 동일하다 할 수 있으나 지식의 근원이 다르므로 그 구축에 있어 서로 다른 표현의 방법이 불가피하다.

### 1) 배경지식 ontology구축

전문책의 전문지식을 해결할 때 필요한 기초적인 지식에 이용되는 어휘를 체계화한다. 또한 복수의 서로 다른 전문지식 ontology의 집합으로 존재한다. 이와 같은 관점에서 배경지식 ontology구축 작업시 대상이 되는 분야에 관계하는 부분만을

분류하여 대상분야의 전문책으로 사용되고 있는 어휘를 추출한다. 구축작업시 예를 들면 『넓은 주차공간』이라고 표현할 경우, 『주차공간』이라는 단어는 물론이지만 『주차공간에는 「넓이」라는 속성이 있다』라는 것을 의식 『(주차공간)넓이』라는 것을 추출한다. 또한 전문지식 ontology를 먼저작성 배경지식 ontology에 포함된 어휘는 전문지식 ontology에서도 사용할 때 포함시키는 방법에 의해 전문책의 어휘추출이 표현되며, 추출한 어휘에 대해서는 개념으로 분류를 행한다. 만일 배경지식 ontology부분이 적은 경우는 각 전문지식 ontology를 정리하는 바인더와 같은 체계를 갖게된다.

## 2) 전문지식 ontology구축

각 전문문서편에 대응되는 개념을 도입하여 그것들을 어느 적절한 시점에서 정의하여 간다. 전문책 자신의 구성은 그 저자의 시점을 나타내는 목차에 의해 적당한 체계로 만들어져 가며 이러한 목차를 참고로 한 ontology의 구축과 또한 설명이 부족한 부분을 위해 전문책의 내용을 참고로 보충하는, 즉 전문문서내용 그 자체는 각 전문문서편에 기술되고 있으므로 대상에서 제외하고, 그 해석에 관계되는 지식에서 배경지식에 들어있지 않은 것을 표현하는 단계로 구축되어 진다.

## 4. 지식의 이용

배경지식 ontology를 어떻게 이용 할 것인가에 대해서는 그것들이 어떠한 관계를 가지고 인출되었는가를 나타내는 구조표시를 행할 필요가 있다. 그래서 질문의 정확한 파악과 ontology 의 일부를 질문에 맞추어 인출해오는 순서가 필요하며 예상되는 질문의 패턴에 의해 ontology를 인출해 오는 순서를 도입한다. 예상되는 질문의 분류에는

- 「...의 ~」
- 「~ 에 대해서」
- 「~ 과...의 관계」
- 「~ 이라는 관점에서 본다」
- 「...별로 ~」

등의 5종류의 질문패턴으로 분류할 수 있으며 질문의 표현의 변화에도 질문의도가 변화하지 않는다고 가정한다.

### • 주차장의 넓이는 적당한가

→ 『주차장의 넓이에 대해 알고 싶다』

(의도) 『주차장의 넓이에 관한 문서와 해당동의 차량성향에 관한 문서가 필요하다』

### • 조명이 이용되고 있는가

→ 『조명의 사용방법에 대해 알고 싶다』

- (의도) 『여러 가지 조명의 사용방법에 관한 문서가 필요하다』
- 도로와 주차장과의 관계는 좋은가
    - 『도로와 주차장과의 관계에 대해 알고 싶다』
  - (의도) 『도로와 주차장과의 관계에 대한 문서가 필요하다』
  - 업종에 맞는 조명방법이 선택되었는가
    - 『업종별 조명방법에 대해서 알고 싶다』
  - (의도) 『해당점포의 조명방법을 업종별로 알고 싶다』
  - 해당지역에 대해 수익성이 보장되는가
    - 『해당지역에서의 주차장에 대한 수익성을 알고 싶다』
  - (의도) 『해당동의 가구에 대한 주차시설 확보에 대한 관련 문서가 필요하다』

## VI. 결 론

전문지식의 ontology로서 모두 대상분야의 전문서를 보고 작성한다. 배경지식 ontology는 전문책에 나타난 어휘를 체계화시키고, 전문지식 ontology는 전문책 내의 목차를 중심으로한 정보로부터 가능한 것을 나타내고 있다. 또한 지적인 정보제공시스템으로 지식미디어의 개념을 채택하여 대상분야의 지식을 ontology로서 관리 이용하는 방법에 대한 효율성과 함께 충분한 규모의 배경지식 ontology를 작성하면 전문지식 ontology 및 전문문서를 문서 에이전트로 추가하여 취급하는 지식의 양을 증가시키는 것이 가능하다. 지식의 사용법에 관한 지식으로서의 지식의 의도를 제공하는 배경지식 ontology와 이 지식을 이용하는 Meta-추론을 이용한 추론의 고속화로 인한 효율성을 향상시켰다.

## 참고문헌

1. A. Barr/E.A. Feigenbaum, *The handbook of artificial intelligence*, William Kaufman, (1981).
2. Mark Stefik, *The next knowledge medium*, *AI Magazine*, Vol. 7. no 11, pp. 34-46, (1986).
3. Marvin Minsky, *Society of Minds*, Simon & Schuster, Inc.,(1985).
4. Edward A. Feigenbaum, "The Art of Artificial Intelligence : I. themes and case studies of Knowledge Engineering". In proceeding of

- 
- IJ.CAI-77, pp. 1014-1029, (1977).
5. Bundy.A, *Solving mechanics problems using meta-level inference*, proc.6th IJACI(1979).
  6. Mitchell T., Caruana, R., Freitag, D., McRermott, J., an Zabowski, D.(1994).
  7. Michael R. Grnesereth and Richard Fikes, *Knowledge Interchange Format version 3.0 reference manual, Technical Report Logic 90-4*, Computer science Department, Stanford University, (1990). *Experience with a Leading personal Assistant*, communications of the ACM, Vol 37. 81-91 (1990).
  8. Duvvuru Sriram etc., *"The MIT Dice Project*, "IEEE Computer, Vol. January (1993), pp. 64-65, (1993).
  9. E. Rich, *Artificial Intelligence*, McGRAW-hill, (1984).
  10. Mark R. Cutkosky etc., *"PACT : An experiment in integrating Concurrent Engineering Syster*, "IEEE Computer, pp. 28-38 Vol. January (1993).
  11. Robert Neches, etc., *"Enabling technology for knowledge sharing," AI Magazine*. Vol.12, No.3, pp. 36-56, (1991).
  12. Rebert E.kahn, etc., *"The digital library project, Vol.1 : The World of Knowbots(DRAFT)*. Technical Report, Corporation for National Research Initiative, (1988).
  13. 西田豊明 etc., *"智識 Community,"* pp. 176-189, 共立出版 (1993).
  14. 清口理一郎, *전문가시스템 I ~ III*, 조창 AI라이브러리, (1993).
  15. 元田浩, *"지식베이스 재이용에의 접근"*, 일본 인공지능학회, Vol.9, No.1, (1994).
  16. Peter Jackson, *Introduction to Expert system*. Addison Wesley (1990).
  17. Nicola Guarino, Massimiliano Carraram and Pierdaniele Giartta, *An ontolgy of meta-level Categories*, (1994).
  18. *Specification of the KQML agent-communication language*, Technical Report EIT TR 92-04, Enterprise Integration Technologies, (1993).
  19. 에이전트 개발용 Tool ~ proto, lisp version 1.0, 일본과학 기술원, (1995).

---

## A study on the Meta-Reasoning using Ontology

Park, Kyoung-woo

*Dept. of Computer and Information Processing*

*Kwangju Health college*

### > Abstract <

In an Expert-system, it is method to express an efficient and fast extraction implement for man-expert's systematic and factual knowledge and it efficiently.

In this study, I want to consider expression method about reuse of the knowledge which is related to the repetition, unification, editing of knowledge to carry out meta-reasoning, that is the highest reasoning.

I want to present expression method to join the part which is repeated and to improved management efficiency of reasoning reusing knowledge and using ontology.