

# 혼합형 온톨로지 구축방법론을 이용한 국방온톨로지 구축\*

나민영, 유동희, 노성천, 신진희, 한창희

육군사관학교 전자정보학과

e-mail:{myra, dhyoo, is695, suhacci, chhan}@kma.ac.kr

## National Defense Domain Ontology Development Using Mixed Ontology Building Methodology (MOBM)

Minyoung Ra, Donghee Yoo, Sungchun No, Jinhee Shin, and Changhee Han

Dept. of Electronics Engineering and Information Science, Korea Military Academy

### 요 약

본 연구에서는 혼합형 온톨로지 구축방법론을 이용하여 ATCIS 체계에 활용 가능한 국방온톨로지의 구축 과정을 보여주하고자 한다. 이를 위해, 실제 ATCIS의 데이터베이스 정보들을 활용하였고 해당 방법론이 ATCIS 체계에 적용될 때 추가적으로 고려해야 할 사항들을 함께 분석하였다. 이러한 연구 결과는 향후 보다 실용적인 국방온톨로지 구축을 위한 기반 자료로 활용될 것으로 기대된다.

### 1. 서론

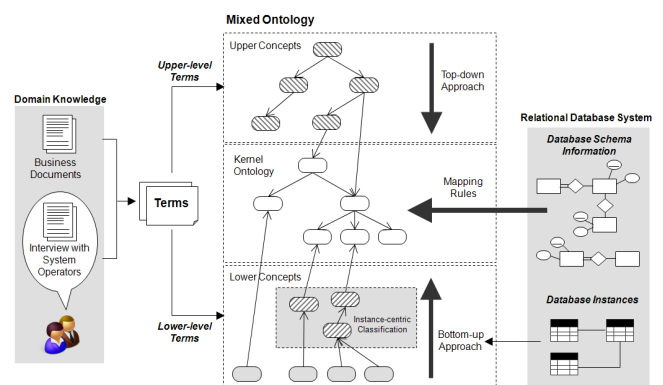
최근 시맨틱 웹과 지식관리에 있어 중요한 부분을 차지하고 있는 온톨로지의 수가 빠르게 증가하고 있으며, 온톨로지 개발의 중요성 또한 증가하고 있는 실정이다.

온톨로지 개발 방법론은 크게 두 가지로 구분해 볼 수 있다. 첫 번째는 온톨로지를 개념화(conceptualization)하는 방법에 따른 분류로 그 종류에는 상향식, 하향식 등의 접근 방법이 있다. 두 번째는 기존의 데이터베이스 스키마로부터 온톨로지를 생성하는 방법으로 구분해 볼 수 있다. 그러나 이러한 방법론 중 어느 한 가지 방법론만을 이용하여 조직의 복잡한 지식 정보를 표현하는 온톨로지를 구축하기에는 많은 제약사항이 발생한다. 이를 해결하기 위해서 최근 본 연구팀에서는 기존의 두 가지 방법론의 특징을 결합한 혼합형 방법론(Mixed Ontology Building Methodology: MOBM)[1]을 제안하였다. MOBM은 관계형 데이터베이스 스키마 등 각종 데이터베이스 정보를 최대한 이용하여 핵심이 되는 커널 온톨로지를 생성해낸 다음 상향식과 하향식 접근 방법을 각각 적용하여 추가적인 온톨로지의 부분을 완성하는 방법론이다. 본 논문에서는 MOBM 방법론을 국방 분야에 적용하여 현재 구축 중에 있는 국방온톨로지에 관한 내용을 다루고자 한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 MOBM의 개요를 살펴보고, 3장에서는 MOBM을 이용한 국방온톨로지의 구축에 대하여 설명하고, 4장에서는 결론을 맺는다.

### 2. 혼합형 온톨로지 구축 방법론 (MOBM)

<그림 1>은 MOBM의 개괄을 보여준다. 이 방법론은

목표 데이터베이스인 도메인 데이터베이스 스키마부터 매핑 규칙을 이용하여 온톨로지의 구성요소인 개념(concept)들과 관계(relation)들을 추출해낸다. 이렇게 추출된 핵심 구성요소들을 통해 만들어진 온톨로지를 커널 온톨로지라 한다. 이때 어플리케이션 도메인 상에서 수집된 용어들을 살펴보면 데이터베이스에 들어있지 않은 상위 개념 용어들도 존재한다. 이러한 상위 개념 용어들은 하향식 방법을 이용하여 분석되고 계층화되어진다. 또한 데이터베이스의 인스턴스와 데이터베이스에는 없는 어플리케이션 도메인 상에서 수집된 용어 중에서 클래스로 정의될 수 있는 인스턴스와 용어는 상향식 방법으로 식별되고 분류되어진다. 이렇게 생성된 두 가지의 클래스 계층은 데이터베이스 스키마로부터 추출된 커널 온톨로지에 연결된다.



(그림 1) MOBM 개요

제시된 방법론을 단계별로 자세히 기술하면 다음과 같은 8단계로 구성된다.

\* 본 연구는 국방과학연구소의 지원(계약번호: UD110058MD)으로 수행되었음.

**단계 1: 데이터베이스 스키마에서 커널 온톨로지 추출**

데이터베이스로부터 온톨로지를 추출하는 방법에 관한 알고리즘 연구는 비교적 많이 수행되어 왔다. 각 방법들이 사용하는 알고리즘의 핵심 내용은 유사한 부분이 많으며 응용 도메인에 따라 세부적인 내용들이 차이가 있음을 알 수 있다. MOBM에서는 기존의 연구들을 분석하여 온톨로지 구축에 필요한 데이터베이스 정보의 핵심 요소들을 파악하고, 이를 기반으로 핵심적인 온톨로지를 추출해내는 매핑 규칙을 제안하였다. 매핑 규칙에 참조된 주요 데이터베이스 정보에는 데이터베이스의 스키마 정보, 데이터베이스의 인스턴스 정보, 키 애트리뷰트 정보, 제약조건 정보 등이 있다. 이러한 데이터베이스 정보들을 현재 웹 표준으로 사용되는 온톨로지 언어인 OWL[2]의 구성요소(예: *Class*, *ObjectProperty*, *DatatypeProperty*)로 표현될 수 있게 매핑 규칙을 작성하였다. 이 단계에서는 매핑 규칙을 통해 추출된 온톨로지를 커널(Kernel) 온톨로지라 한다.

**단계 2 : 상위 개념의 클래스 계층화**

이 단계에서는 데이터베이스로부터 얻을 수 없는 개념들이 주로 운용자 인터뷰, 문서 정보 등과 같은 도메인 지식으로부터 획득된다. 획득된 도메인 지식에서 온톨로지에 사용될 용어들을 수집한 후 그 종류를 나열한다. 나열된 용어 중 앞서 추출된 커널 온톨로지에 포함된 용어들은 삭제한다. 남은 용어들 중 커널 온톨로지의 상위 개념으로 정의될 수 있는 용어들을 선별하고, 하향식 방법(top-down approach)을 사용하여 상위 개념에 대한 클래스 계층을 완성한다.

**단계 3 : 데이터베이스 인스턴스로부터 클래스 계층화**

이 단계에서는 커널 온톨로지의 하위 개념들을 구체화하는 단계로, 데이터베이스의 인스턴스 정보와 앞서 수집된 도메인 용어들을 이용하여 해당 부분을 완성한다. 이 용어들 중에서 클래스로 분류될 수 있는 용어를 식별하고 상향식 방법(bottom-up approach)을 사용하여 클래스 계층을 완성한다.

**단계 4: 커널 온톨로지 연결**

이 단계에서는 2단계에서 구축된 상위 온톨로지들과 3단계에서 구축된 하위 온톨로지들을 커널 온톨로지에 연결하여 하나의 온톨로지를 만드는 단계이다. 이렇게 구축된 온톨로지를 혼합형 온톨로지(mixed ontology)라 한다. 온톨로지의 연결은 클래스의 이름이 동일한 경우에는 같은 클래스로 인식하고, 클래스 이름이 다른 경우에는 기계 학습법을 기반으로 lexical 검사와 semantic 검사를 실시하여 반자동(semi-automation)로 연결하는 방법을 활용하였다.

**단계 5 : 용어간 시맨틱 부여**

용어간 시맨틱은 데이터베이스 스키마로부터 얻어지거

나 도메인 지식으로부터 용어를 수집할 때 획득된다. 앞서 1단계에서 데이터베이스 정보로부터 커널 온톨로지를 추출할 때 일부 용어간 시맨틱을 얻을 수 있었다. 따라서 이 단계에서는 주로 데이터베이스정보에 들어 있지 않는 용어들간의 시맨틱을 정의하는 단계이다. 이 단계는 클래스의 계층 구조를 강화하거나 클래스간의 새로운 관계를 정의하는 단계로 구분된다. 전자의 경우, 혼합형 온톨로지의 클래스 계층 구조인 *subClassOf* 관계 이외의 계층 구조를 정의하는 단계로 *disjoint-decomposition*, *exhaustive-decomposition*, *partition* 등의 관계가 정의된다. 후자의 경우 상위 온톨로지와 하위 온톨로지가 합쳐지면서 추가된 관계의 의미를 정의하는 단계이다. 이외 기타 누락된 데이터베이스 시맨틱도 파악하여 온톨로지에 추가한다.

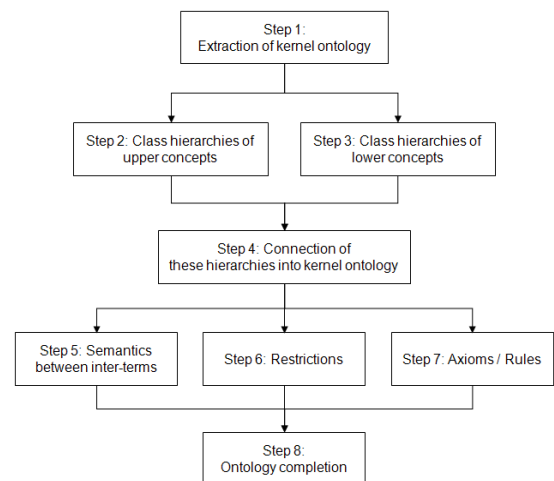
**단계 6과 단계 7 : 제약조건, 공리 및 규칙 첨가**

도메인 지식으로부터 획득된 제약조건, 공리(axiom), 또는 도메인 규칙들이 식별되어 진다. 이러한 공리나 도메인 규칙은 논리적 정확성의 검증과 추론에 아주 유용하게 사용된다.

**단계 8 : 온톨로지의 완성**

완성된 온톨로지는 온톨로지 언어인 OWL로서 작성되며, 이를 위한 저작 도구로 Protege[3]가 사용된다.

<그림 2>는 MOBM의 8단계가 어떻게 연관되어 수행되는지를 그림으로 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이, 동일한 층에 위치한 단계들(예: 2, 3 단계 또는 5, 6, 7 단계)은 순서에 상관없이 병렬적으로 수행될 수 있다.



(그림 2) MOBM에 따른 구축단계

**3. 국방온톨로지**

**3.1 국방온톨로지 구축 범위**

본 절에서는 앞서 설명한 MOBM에 따라 국방온톨로지가 구축되는 과정을 설명하고, 국방영역에 해당 방법론을

적용할 때 추가적으로 고려해야할 사항들을 분석하고자 한다. 방법론이 적용될 국방영역으로 ATCIS(육군전술지휘정보체계)를 선정하였으며, 현재 ATCIS에서 지원하는 핵심 서비스인 정보, 작전, 화력 분야에 대한 국방온톨로지를 구축 중에 있다. 현재까지 ATCIS의 데이터베이스 스키마, DTiMS의 시소러스, 전자 교범 등에서 관련 용어들을 수집하였고, 이 중 정제 과정을 거친 용어들을 이용하여 국방온톨로지를 구축하고 있다.

### 3.2 커널 온톨로지의 추출

MOBM의 핵심은 실용적으로 활용 가능한 온톨로지를 구축하기 위해 기존의 데이터베이스 스키마정보를 적극적으로 활용하는 것에 있다. 그 첫 단계로, MOBM에서 제시한 매핑 규칙[1]에 따라 데이터베이스 스키마로부터 핵심 용어들을 추출한 후 커널 온톨로지를 생성하였다. 여기에서 ATCIS의 데이터베이스 스키마의 규모가 광범위하기 때문에 정보, 작전, 화력 분야를 구분하여 커널 온톨로지를 추출하였다. 본 논문에서는 지면관계상 정보 부분을 중심으로 관련 내용을 기술하고자 하며, <그림 3>의 가운데 부분은 정보 분야에 관한 커널 온톨로지 중 개념들의 계층 구조의 예를 보여준다(여기에서 개념간의 관계는 생략한다). MOBM에서는 관계형 데이터베이스에 있는 테이블간에 상하 관계가 잘 정의되어 있을 경우, 개념간 계층 구조가 잘 표현됨을 언급하였다. 그러나 실제 ATCIS에서는 상하 관계로 정의된 테이블 구조가 많지 않기 때문에 커널 온톨로지 추출된 개념들간에는 계층화 정도가 비교적 낮게 표현됨을 알 수 있었다. 여기에서 MOBM 방법론과 비교하여 커널 온톨로지에 보다 풍부한 상위 개념들이 추가되어야 함이 분석되었다.

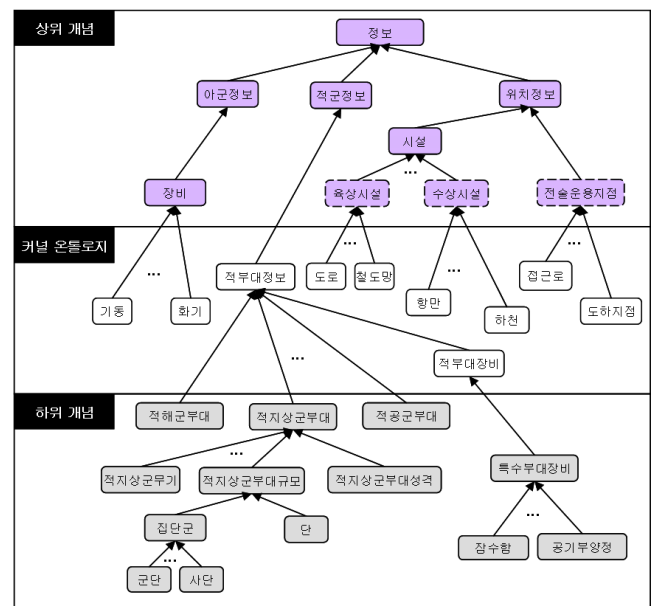
### 3.3 상위 개념의 계층화

두 번째 단계로, 커널 온톨로지의 상위 개념을 계층화하였다. 상위 개념으로 정의될 용어들은 주로 전자 교범과 DTiMS의 시소러스 용어에서 선별하였다. 선별된 용어들을 하향식 접근법을 사용하여 커널 온톨로지의 상위 개념으로 계층화 하였다. 이전 단계에서 추출된 커널 온톨로지에 존재하는 개념들이 주로 계층화되지 않은 형태로 정의되어 있기 때문에, 커널 온톨로지의 일부 개념들 중에서 선별된 상위 개념들과 직접적으로 계층화되지 않는 개념들이 존재하였다. 본 단계에서는 도메인 전문가가 정의한 개념을 활용하여 이와 같은 문제점을 완화하였다. <그림 3>의 윗부분은 계층화된 상위 개념들을 보여주고 있으며, 점선 타원은 전문가에 의해 정의된 개념을 나타낸다.

### 3.4 하위 개념의 구체화

세 번째 단계는 커널 온톨로지의 하위 개념들을 구체화하는 단계로, 이전 단계에서 참조한 용어 집합 이외에 추가적으로 데이터베이스의 인스턴스 정보를 활용하였다. ATCIS에서 활용되는 인스턴스는 시스템 운용에 필요한

인스턴스와 훈련 또는 실제 상황시 실시간으로 입력되는 인스턴스로 구분된다. 전자의 경우 사전에 시스템에 미리 정의되어 있으며 후자의 경우 그 반대이다. 본 단계에서는 시스템 운용에 관한 인스턴스를 중심으로 하위 개념을 구체화하였다. <그림 3>의 아랫부분과 같이 수집된 용어들을 상향식 접근법을 이용하여 개념화하였으며, MOBM에 따라 인스턴스 용어들과 커널 온톨로지의 개념들을 연결하기 위한 중간 단계의 개념들을 추가적으로 정의하였다. 여기에서 중간 단계의 개념들은 ATCIS의 데이터베이스 설계기술서에 명세된 주기 속성의 코드 정보를 활용하였으며, 이 용어들은 ATCIS에서 제공되는 기능별 계층 정보와 밀접한 관련이 있다. 예를 들어, 사용자는 시스템 화면에서 적부대장비 중 특수부대장비 기능으로 잠수함 및 공기부양정 등을 선택할 수 있는데 선택된 값들은 시스템 운용에 필요한 인스턴스 값으로 미리 정의되어 있다. 이와 같은 정보를 참조할 경우, '특수부대장비'를 커널 온톨로지에 있는 '적부대장비'와 인스턴스인 '잠수함'과 '공기부양정'을 연결하는 중간 단계의 개념으로 활용할 수 있다. 네 번째 단계에서는 <그림 3>과 같이 커널 온톨로지에 상위 개념들과 하위 개념들을 연결하여 혼합형 온톨로지를 생성한다.



(그림 3) 정보 분야에 대한 혼합형 온톨로지 예

### 3.5 의미 강화

다섯 번째 단계부터 일곱 번째 단계까지는 국방온톨로지의 의미를 강화하는 단계이다. MOBM의 각 단계에서 제시한 방법에 따라, 개념간의 계층관계를 강화하기 위해 subClassOf 관계 이외에 equivalentClass, disjointWith, intersectionOf 등의 관계를 정의하였다. 또한 추가적으로 제약사항, 공리 및 도메인 규칙을 정의하였다. <표 1>은 기술 논리(description logic)의 표현법을 이용하여 강화된 의미 정보를 표현한 예를 보여주고 있다.

<표 1> 강화된 국방온톨로지 의미의 예

종류	표현의 예
제약사항	사단 = $\forall isPartOf$ 군단 $\cap \exists isPartOf$ 군단 단 = $\forall command$ 집단군 $\cap \exists command$ 집단군
공리	아군정보 = 정보 $\cap \exists disjointWith$ 적군정보 육상시설 = 시설 $\cap \exists disjointWith$ 수상시설

3.6 국방온톨로지의 구축 및 활용

마지막 단계로, 지금까지 파악된 계층구조와 강화된 의미 정보가 표현된 혼합형 온톨로지를 Protégé를 이용하여 OWL 형식으로 구현하였다. Protégé를 통해 국방온톨로지의 개념과 그들간의 관계는 Class, ObjectProperty, DatatypeProperty, Individual, Restriction, Axiom 등의 요소들로 표현된다.

여기에서 구축된 국방온톨로지의 활용 가능성을 검증하기 위해서, <그림 4>와 같이 프로토타입으로 웹 기반 국방지식 탐색 시스템을 구현하였다. 국방지식에 대한 탐색은 시각화(visualization) 기능을 기반으로 운용되며, 정보를 탐색하는 행위는 사용자의 직관에 의해 진행된다. <그림 4>에서 국방온톨로지의 Class 또는 Individual 정보는 사각형으로 표현되어 있으며, 특정 개념에 연결된 새로운 개념들을 탐색하기 위해서는 해당 개념에 마우스 오른쪽 버튼을 선택함으로써 진행 가능하다. 시스템은 JSP를 기반으로 운용되며, 시각화 탐색 방법의 핵심 기능은 GrOWL[4]을 이용하여 구현하였다.

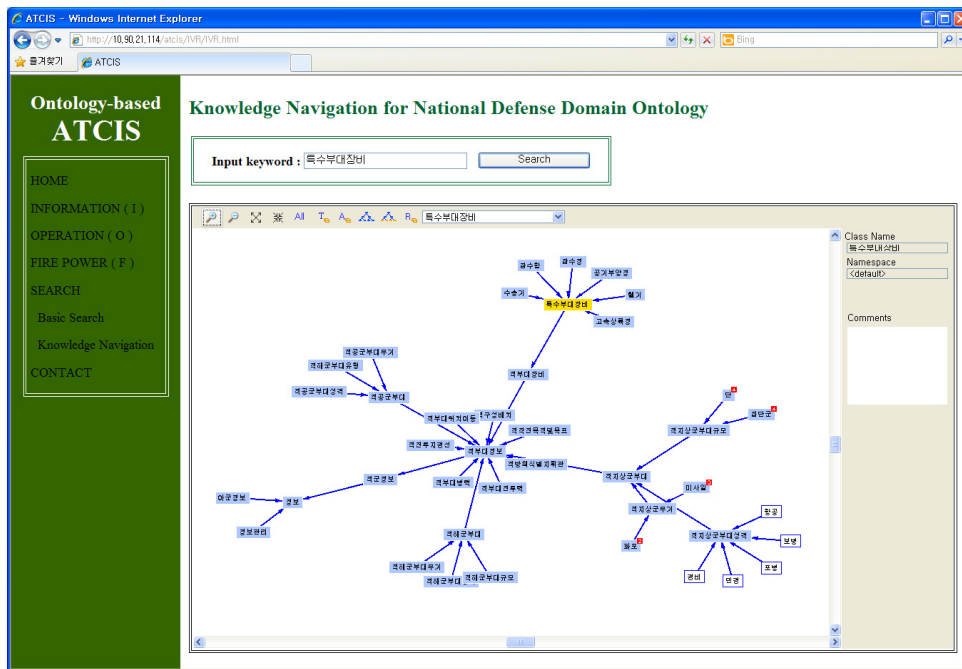
4. 구축 결과 및 결론

본 논문에서는 MOBM 방법론을 국방 분야에 적용하여 국방온톨로지를 구축해나가는 과정을 보이고 그에 따른

주요 내용들을 설명하였다. MOBM은 혼합형 온톨로지 구축방법론으로서 관계형 데이터베이스 스키마 등 각종 데이터베이스 정보를 최대한 이용하여 핵심이 되는 커널 온톨로지를 생성해낸 다음 상향식과 하향식 방법을 각각 적용하여 추가적인 온톨로지의 부분을 완성하는 방법론이다. 국방온톨로지 구축은 ATCIS 체계의 정보, 작전, 화력분야에 대한 온톨로지 작성을 그 대상으로 하였다. 국방 분야에 적용해 본 결과, MOBM을 이용한 국방온톨로지 생성에 있어서는 커널 온톨로지의 생성이 매우 중요하며, 커널 온톨로지가 생성된 후에는 상하위 개념 추가를 위해서 용어 정제 및 선정의 중요함을 알 수 있었다. 뿐만 아니라 효과적인 커널 온톨로지 생성을 위해서는 데이터베이스 자체내에 데이터베이스 설계 이론에 따라 ISA 계층구조가 많이 구축되어 있어야 더 효과적임을 알 수 있었다. 앞으로의 연구로서는 정보, 작전, 화력분야에 대한 각각의 온톨로지 작성을 완료하고 이들을 통합하여 하나의 ATCIS 체계 온톨로지로서 구축하는 것이다.

참고문헌

[1] M. Ra, D. Yoo, S. No, J. Shin, C. Han, "The Mixed Ontology Building Methodology Using Database Information," IAENG International Conference on Artificial Intelligence and Applications (ICAIA'12), Hong Kong, 14-16 March, 2012.  
 [2] <http://www.w3.org/TR/owl-features/>  
 [3] <http://protege.stanford.edu/>  
 [4] S. Krivov, R. Williams, F. Villa, "GrOWL: A tool for visualization and editing of OWL ontologies," Journal of Web Semantics, 5(2), 2007, pp. 54-57.



(그림 4) 웹 기반 국방지식 탐색 시스템