

# 무기체계 재구성을 위한 온톨로지 기반 컴포넌트 시맨틱 검색 시스템 구축 방법

서동진 · 서윤호\*

## A Method for build an Ontology-based Component Semantic Search System for Reconfiguration of Weapon System

Dong Jin Seo · Yoonho Seo\*

### ABSTRACT

Recently in the field of defense Modeling and Simulation (M&S), Component-Based Development technology is widely applying to save the cost and increase the reusability of weapon system development. Related with this, researches for rapid reconfiguration and simulation of the component-standardized weapon system is actively carrying out. To rapidly reconfigure the new weapon system, complex and various functions of component information has to be effectively searched. So, it requires differentiated search technique unlike existing Keyword-based Search method. Semantic Search System provides semantically related information among the extensive information. In this research, metadata of weapon system components and their representative functional words are built as an ontology. And it provides an ontology-based semantic search system.

**Key words** : Ontology, Metadata, Weapon system, Component, Semantic search

### 요 약

최근 국방 분야의 모델링 및 시뮬레이션(M&S)에서는 무기체계의 개발비용을 절감하고 재사용성을 높이기 위해 컴포넌트 기반 개발(Component Based Development) 기술을 사용한다. 이와 관련해서 무기체계를 컴포넌트로 표준화하여 신속히 재구성 및 시뮬레이션하기 위한 연구가 수행되고 있다. 복잡하고 다양한 기능의 컴포넌트 정보를 검색하여 신 무기체계로 신속히 재구성하기 위해서는 기존의 키워드 검색방식과는 차별화된 검색 기법이 요구된다. 이를 보완하기 위해 방대한 정보 사이에서 의미적으로 연관된 정보를 제공하는 시맨틱 검색 시스템(Semantic Search System) 구축이 필요하다. 본 연구에서는 무기체계 컴포넌트 메타데이터와 이들의 대표적인 기능속성을 표현하는 용어들을 온톨로지(Ontology)로 구축하고 이를 활용한 시맨틱 검색 시스템을 제안한다.

**주요어** : 온톨로지, 메타데이터, 무기체계, 컴포넌트, 시맨틱 검색

## 1. 서 론

국방 분야의 모델링 및 시뮬레이션(M&S)은 군의 전장

\* 본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다(UD140022PD).

Received: 12 January 2016, Revised: 3 March 2016,  
Accepted: 8 March 2016

\*Corresponding Author: Yoonho Seo

E-mail: yoonhoseo@korea.ac.kr

School of Industrial Management Engineering, Korea University

환경과 무기체계를 가상의 컴퓨터 환경에 재현하는 기술로 한정된 국방 자원을 보다 효율적으로 사용할 수 있다. 최근 무기체계의 규모가 커지고 다양해지면서 사용자가 요구하는 무기체계를 보다 빨리, 보다 저렴하게 개발하기 위해서 다양한 형태의 M&S가 활용되고 있다<sup>[12]</sup>.

기존 연구에서는 이러한 국방 분야의 M&S를 지원하고자 무기체계의 개발비용을 절감하고 재사용성을 높이기 위해 컴포넌트 기반 개발(CBD : Component Based Development) 기술을 적용하여 무기체계를 모의 컴포넌트화 및 표준화하고 이것을 재사용하고 재구성 할 수 있는 방

안을 연구하였다<sup>[13]</sup>. 신 무기체계를 재구성하기 위해서는 무기체계 컴포넌트를 검색하여 사용자의 요구사항에 부합하는 컴포넌트를 사용해야 한다. 이를 위한 검색 기술에 대한 연구가 필요하다.

시맨틱 웹(Semantic Web) 기술은 현재 인터넷 웹(Web)의 발전된 형태로 데이터와 데이터 간에 의미 관계를 인간과 기계가 모두 이해할 수 있는 환경 구축을 목표로 한다. 온톨로지(Ontology)는 이러한 시맨틱 웹 환경에서의 핵심 기술로 특정 도메인(Domain)을 계층적 구조와 의미 관계 등으로 구성하여 해당 도메인의 모든 정보를 표현한다<sup>[1]</sup>. 또한 온톨로지들의 상호 연결을 통한 추론과 통합의 기능도 가진다. 이러한 온톨로지의 특성을 활용한 시맨틱 웹 환경에서의 검색을 시맨틱 검색(Semantic Search)이라 한다.

현재의 일반적인 키워드 검색은 인터넷 웹(Web)의 데이터를 색인한 후 사용자가 입력한 질의어에 해당하는 모든 데이터들을 불러들이는 기술로 질의어와 관련 없는 정보들도 함께 제공한다. 그러므로 사용자가 원하는 정보를 찾기 위해 많은 시간과 노력이 드는 단점이 있다. 반면, 시맨틱 검색은 사용자가 입력한 질의어를 온톨로지에서의 의미적으로 연관된 정보를 찾아줌으로써 더 정확한 결과를 제공한다.

본 연구에서는 무기체계 컴포넌트의 속성 값인 무게, 속도, 제조사 등 무기체계와 관련된 정보를 메타데이터로 표현하고 이를 온톨로지 구조화하였다. 또한 무기체계 컴포넌트의 대표적인 기능속성을 표현하는 용어들을 어휘사전 형태로 구축하고 이를 기능 온톨로지 정의하였다. 이렇게 구축된 온톨로지들을 의미적 관계를 중심으로 통합하고 이를 사용한 시맨틱 검색 시스템을 개발하였다. 시맨틱 검색 시스템은 사용자의 요구사항과 부합하고 이와 연관된 폭 넓은 컴포넌트 정보를 함께 검색할 수 있도록 하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 기존 키워드 검색의 한계점과 시맨틱 검색 관련 연구에 대하여 간략히 설명한다. 3장에서는 본 연구에서 제안하는 온톨로지 기반 무기체계 컴포넌트 시맨틱 검색 시스템과 이에 대한 검색 알고리즘에 대해 설명하고 4장에서는 구현된 시맨틱 검색 시스템 prototype에 대하여, 5장에서는 결론 및 향후 연구에 대하여 기술한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 키워드 검색의 한계점과 시맨틱 검색

정보검색 시스템은 체계적으로 정리된 데이터베이스에서 사용자가 원하는 정보를 제공해주는 시스템으로 얼마나

정확하고 빠르게 결과를 제공할 수 있는가에 따라 시스템의 성능이 좌우된다. 다양한 시스템에서 생성되는 방대한 양의 데이터로부터 원하는 정보를 신속히 찾기 위해 정보 검색 기술은 키워드 기반 검색(Keyword-based search)을 다양하고 복잡한 알고리즘과 함께 사용하고 있다<sup>[5]</sup>. 사용자가 입력한 질의 키워드를 포함하는 모든 데이터를 반환하는 키워드 검색은 다량의 검색 결과를 제공한다. 하지만, 검색 의도와 관련 없는 정보 또한 함께 포함하므로, 검색 정확도가 떨어지는 단점이 있다. 키워드 기반 검색의 결과는 Fig. 1에서 확인 가능하다. 결과에서는 사용자가 최대출력 29,000 lb 정도의 전투기 엔진을 검색하기 위해 질의어로 [전투기 엔진], [29,000 lb]을 입력할 경우 검색 의도와 관련 없는 기어박스, 노즐 컴포넌트도 검색 결과로 반환하게 된다.

이러한 단점을 보완하기 위해 정보검색 기술은 시맨틱 검색(Semantic search) 기술을 사용하는 방향으로 발전하고 있다<sup>[16]</sup>. 시맨틱 검색은 방대한 개별 정보 사이에서 유사한 정보를 상호 연결, 검색 의도와 의미적으로 연관된 정보를 사용자에게 제공한다. Fig. 2는 시맨틱 검색 프로세스를

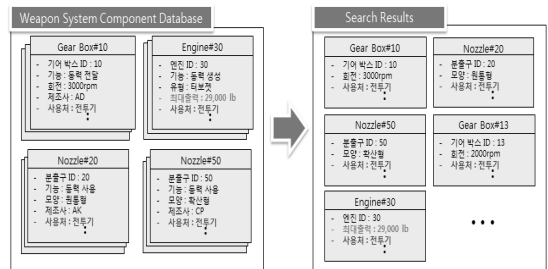


Fig. 1. Example of Keyword-based Search

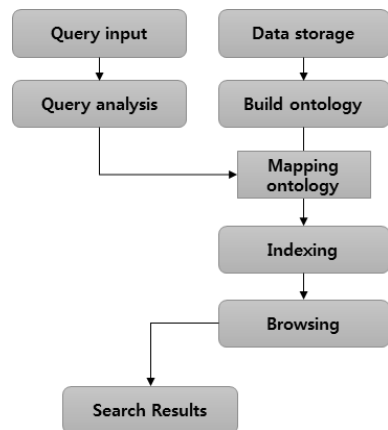


Fig. 2. Semantic Search Process

**Table 1.** Classification of Metadata

분 류	설 명
Descriptive	Detail information for retrieving resources <ul style="list-style-type: none"> <li>Component ID, Name, Use, Physical Property</li> </ul>
Administrative	Information for managing many resources as a group <ul style="list-style-type: none"> <li>Date, Manufacturer, Administrator</li> </ul>
Structural	Information about relationship between resources <ul style="list-style-type: none"> <li>Attached Part, Attached Component</li> </ul>

나타낸다.

Fig. 2와 같이 기존의 데이터 저장소는 온톨로지로 구조화되고 시맨틱 검색은 이를 활용하여 사용자에게 검색 결과를 제공한다.

### 2.2 온톨로지

온톨로지는 인공지능(Artificial Intelligence) 분야에서 연구되었던 지식 표현 방법 중 하나로 인간이 이해하는 개념을 기계 또한 이해할 수 있게 한다. 이를 위해 온톨로지는 기계가 이해할 수 있는 논리적인 형태의 표준 언어를 사용해야한다. 그 예로, W3C(World Wide Web Consortium)에서는 국제표준 온톨로지 언어인 OWL(Web Ontology Language)와 RDF(Resource Description Framework)를 제시하였다<sup>6)</sup>. OWL 언어는 온톨로지를 특정 영역의 개념(Concept)에 대한 정의와 관계(Relationship), 그리고 그 개념이 가지는 특수한 속성(Property)으로 표현한다<sup>3)</sup>. 이러한 언어로 표현되는 온톨로지를 구축하기 위해 메타데이터가 사용된다. 메타데이터는 해당 데이터에 대한 대표적인 속성 정보를 나타내며 데이터의 검색, 관리, 그리고 다른 데이터와 연계를 위해 사용되고 있다. Smith<sup>17)</sup>는 메타데이터를 Table 1과 같은 유형으로 구성하였다.

Table 1과 같이 구성된 메타데이터는 Fig. 3과 같이 표현된다. 이와 같이 표현된 메타데이터는 온톨로지로 구축된다.

### 2.3 기능 온톨로지

기능 온톨로지(Functional Ontology)는 특정대상 도메인의 기능적 개념들로 구성된 온톨로지이다<sup>4)</sup>. 본 연구에서는 무기체계 컴포넌트의 대표적인 기능속성을 표현하는 개념을 이와 연관된 용어(Term)들로 구성된 어휘사전 형태로 구축하고 이를 기능 온톨로지로 정의하였다. 예를 들어, 엔진의 기능을 동력 생성으로 정의하고 이와 연관된

Engine
<ul style="list-style-type: none"> <li>Engine ID : 1</li> <li>Engine Name : Engine T</li> <li>Function : Generating Power</li> <li>Type : Turbojet</li> <li>Max.Speed : 600 mph</li> <li>Weight : 9000 kg</li> <li>Producer : AD</li> <li>Administrator : KIM</li> <li>Date : 2015. 6. 21</li> <li>Location : Transporter</li> </ul>

**Fig. 3.** Component Metadata

용어인 연료, 출력, 회전 등의 용어들을 온톨로지로 구축하였다. 이렇게 구축된 기능 온톨로지는 시맨틱 검색의 핵심요소로 사용된다.

### 2.4 국내외 관련 연구

국내의 다양한 분야에서는 온톨로지 기반의 검색 엔진에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

한동일 등은<sup>14)</sup> 시맨틱 검색 시스템에 관한 포괄적인 개념적 모델을 제안하고 이를 반영한 시맨틱 검색 시스템 prototype을 구현하였다. 구현된 시스템은 개념적으로 다음과 같은 3계층의 아키텍처로 구성된다.

- 지식획득(Knowledge Acquisition) : 다양한 콘텐츠로부터 데이터를 수집하고 메타데이터를 생성하는 계층
- 지식표현(Knowledge Representation) : 생성된 메타데이터를 온톨로지로 구성하고 시맨틱 검색을 처리하는 계층
- 지식이용(Knowledge Utilization) : 검색 질의(Query)를 입력하고 검색 결과를 확인 할 수 있는 계층

김재영 등은<sup>15)</sup> 온톨로지 기반 영화 콘텐츠 검색 및 추천 시스템을 제안하였다. 이 시스템에서는 영화 메타데이터를 온톨로지로 구축하고, 확률 기법을 통한 메타데이터 간에 유사성을 분석하였다. 이를 통해 사용자가 원하는 영화를 검색하고 추천해주는 시스템을 구축하였다. Zhang 등은<sup>9)</sup> 인터넷 웹에서 온톨로지 검색이 가능한 OntoSearch를 제안하였다. 이 검색엔진에서는 검색된 온톨로지 정보 간에 유사도 점검을 위해 Google Web APIs의 시각화 기술을 활용하였다. 또한 Gao 등은<sup>10)</sup> 기 개발된 OntoSearch 검색엔진에 concepts weights vectors matching(CWVM) 알고리즘을 적용하여 검색 정확도를 향상시켰다. KIM(Knowledge and

Information Management) 시스템은<sup>[2]</sup> 지식정보 관리 및 검색 시스템이다. 각 문서를 대표하는 메타데이터들을 온톨로지와 연동하고 자동으로 시맨틱 주석(Semantic Annotation)화되게 하여 검색이 용이하게 하였다.

또한 온톨로지는 검색 엔진뿐만 아니라 제품개발에도 폭넓게 적용이 가능하며 관련된 다양한 연구가 진행되고 있다. Kim 등은<sup>[11]</sup> 효율적인 제품개발 진행을 위해 적절한 의사소통 체계가 필요하다고 언급하며, 이에 대한 해결책으로 assembly design(AsD) 온톨로지 사용을 제안하였다. AsD는 제품개발에 요구되는 정보를 체계적으로 구축하여 제품개발의 효율성을 제고하였다.

이와 같이 국내외 다양한 분야에서 온톨로지 관련 연구가 진행되고 있다. 한편, 국방 M&S에서는 새로운 무기체계를 보다 빠르고 저렴하게 개발하기 위한 시물레이션 모델의 컴포넌트화 및 재구성에 대한 연구는 꾸준히 진행되고 있으나, 이에 대한 제반 기술인 검색 기술에 관한 연구는 부족한 실정이다. 무기체계는 복잡하고 다양한 기능의 컴포넌트들로 구성되며, 이를 신 무기체계로 신속히 재구성하기 위한 적합한 검색 기술의 개발이 필요하다. 기존의 연구가 단편적인 검색 결과만을 제공하는 반면 본 연구에서는 무기체계의 재구성까지 염두에 둔 폭넓은 검색을 진행한다. 이를 위해 무기체계 컴포넌트 메타데이터와 이와 연관된 용어들을 기반으로 온톨로지를 구축하고 이들 간에 연관성을 활용한 시맨틱 검색 시스템을 제안하고자 한다.

### 3. 시맨틱 검색 시스템 설계

본 연구에서는 시맨틱 검색 시스템 아키텍처를 Fig. 4와 같이 구성하였다. 각 무기체계 데이터와 더불어 이에

대한 대표적인 기능속성을 표현하는 용어들은 온톨로지 구축도구인 Protégé로 구축된다. Protégé는 온톨로지 구축도구로 W3C에서 표준 온톨로지 언어로 권고한 OWL 기반 온톨로지 설계에 적합하다. 구축된 온톨로지는 C# 언어로 개발된 검색 시스템과 연동하여 사용자 질의처리를 수행한다.

#### 3.1 무기체계 컴포넌트 온톨로지 설계

온톨로지 구조를 가지는 무기체계 컴포넌트 메타데이터 설계를 위해 본 연구에서는 미 국방부 Military Standard Handbook(MIL-STD 881B)의 무기체계 WBS(Work Breakdown Structure)를 참고하였다<sup>[18]</sup>. 무기체계 WBS는 무기체계의 물리적 속성뿐만 아니라 서비스적인 요소를 하나의 고정된 체계로 구조화하여 컴포넌트들 간에 관계를 파악할 수 있다. Fig. 5는 Aircraft의 물리적인 속성을 WBS로 나타낸다.

위와 같이 표현된 비행기 무기체계 WBS를 참고하여

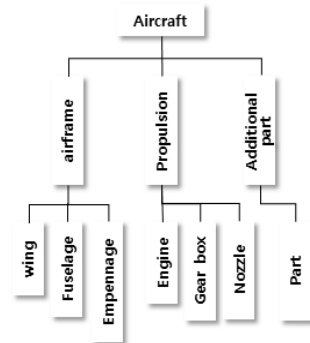


Fig. 5. Example of Aircraft WBS

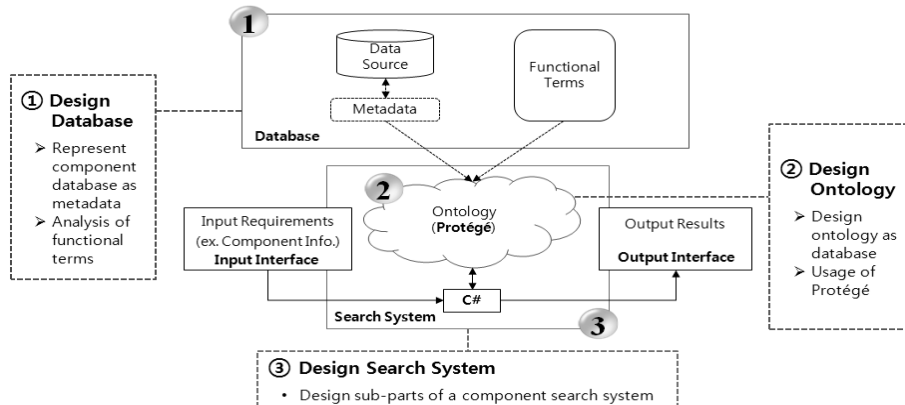


Fig. 4. Architecture of Semantic Search System

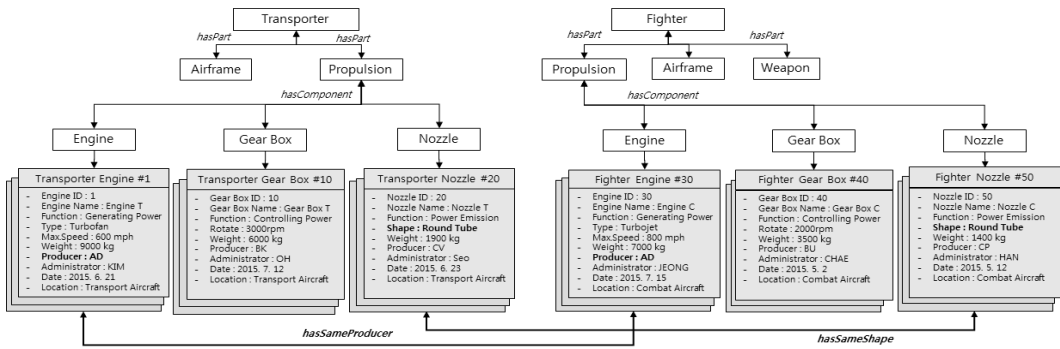


Fig. 6. Weapon System Component Ontology

무기체계 컴포넌트 온톨로지를 Fig. 6과 같이 설계하였다. 수송기와 전투기는 *hasPart* 관계에 의해 Airframe, Propulsion과 같은 비행기 파트와 연결된다. Propulsion 파트는 *hasComponent* 관계에 의해 엔진, 기어박스, 그리고 노즐 컴포넌트와 연결된다. 이렇게 연결된 개념들은 관계성을 가지는 온톨로지 형태의 구조를 갖게 된다. 또한, 컴포넌트들은 메타데이터로 표현되며 이들 간에 유사한 속성들은 의미적 관계를 중심으로 연결된다. 예를 들어, 수송기와 전투기 엔진의 제조사를 AD라고 가정할 때 *hasSame-Producer* 관계로 정의 및 연결된다. 이와 같은 관계를 통해 상이한 무기체계 온톨로지를 메타데이터 속성 간에 유사성을 바탕으로 통합한다. 시맨틱 검색 시스템은 이와 같이 온톨로지 구조화된 데이터베이스를 사용하여 검색을 진행한다.

### 3.2 기능 온톨로지 설계

기능 온톨로지 설계를 위해 본 연구에서는 비행기 무기체계 추진부(Propulsion Section) 컴포넌트들의 기능 분석을 통한 대표적인 기능속성을 도출하였다. MIL-STD 881B은 비행기 무기체계 추진부를 구성하는 다양한 컴포넌트들을 소개하며 본 연구에서는 이 컴포넌트들 중 일부를 사전<sup>[19]</sup>을 참고하여 정의하였다. 또한, 이 정의로부터 해당 컴포넌트들의 대표적인 기능속성을 도출하고 Table 2를 통해 정리하였다. 아래와 같이 도출된 기능속성은 Fig. 3과 같이 메타데이터로 저장된다.

도출된 비행기 추진부 컴포넌트들의 기능속성과 관련된 어휘를 구성하기 위해 이들의 세부적인 작동절차를 아래의 Table 3과 같이 분석하였다.

컴포넌트 작동절차의 분석을 통해 관련 어휘를 도출하고 아래의 Fig. 7과 같은 어휘사전 형태의 온톨로지를 설계

Table 2. Definition & Function for Propulsion Component of Fighter

Component	Description	Function
Engine	<ul style="list-style-type: none"> <li>A machine designed to convert one form of energy into mechanical energy</li> </ul>	Generating Power
Gearbox	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controls how much power from an engine goes to the moving parts of a machine</li> </ul>	Controlling Power
Nozzle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controls the liquid or air that comes out</li> </ul>	Power Emission

Table 3. Detailed working procedure for Propulsion component of Fighter

Component	Function	Operation Procedure
Engine	Generating Power	Air suction ⇒ Fuel Injection-Combustion ⇒ Energy Conversion
Gearbox	Controlling Power	Deliver Torque ⇒ Change Speed
Nozzle	Power Emission	Using Energy

하였다. 이를 통해 검색 이용자는 컴포넌트 기능속성과 관련된 좀 더 구체적이고 정확한 범위의 어휘를 질의어로 활용할 수 있다.

기능 온톨로지는 시맨틱 검색 시스템에서 다음과 같은 역할을 수행한다.

- 질의어 사용 다양성 확보

사용자가 원하는 컴포넌트를 검색 시 무기체계 컴포넌트 온톨로지를 구성하는 어휘뿐만 아니라 이와 연관된 기능속성을 표현하는 어휘도 질의어로 사용할 수

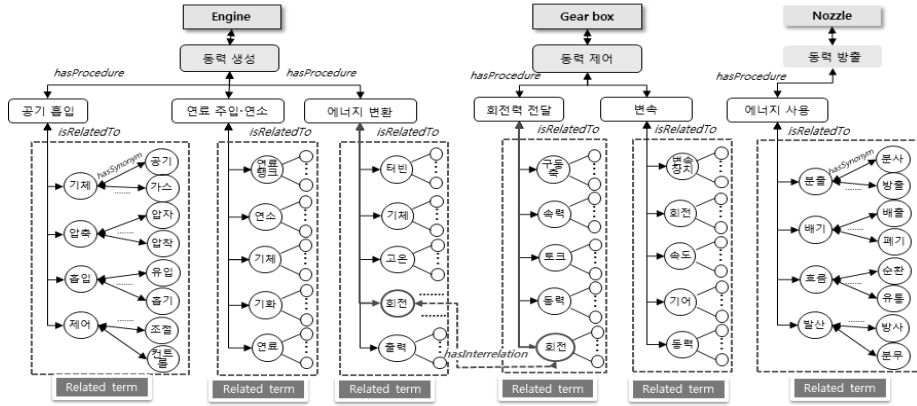


Fig. 7. Functional Ontology

있다. 또한 온톨로지에서 *hasSynonym* 관계에 의해 기능 어휘들의 동의어 및 유의어 처리도 가능하다.

■ 사용자의 질의어 무지에 대한 문제점 해결

무기체계 컴포넌트 온톨로지는 전문적인 어휘들로 구성된다. 이에 사용자가 원하는 검색 결과를 얻기 위해 어떠한 구체적인 질의어를 사용해야 하는지 모를 수 있다. 이러한 경우 기능 온톨로지의 어휘를 질의어로 대신 사용해도 같은 검색 결과를 반환하게 된다. 예를 들어, 사용자가 [엔진]이라는 단어를 모르는 경우 질의어로 [회전]을 입력하면 같은 검색 결과를 반환한다.

이처럼 구축된 기능 온톨로지는 무기체계 컴포넌트 온톨로지와 함께 Fig. 8과 같이 의미적 관계를 중심으로 통합된다. 메타데이터로 저장된 컴포넌트의 기능속성은

기능 온톨로지의 대표적인 개념과 *hasSimilarFunction* 관계에 의해 연결된다. 사용자 검색 질의어는 이와 같이 통합된 온톨로지 구성 요소와의 매핑 과정을 거쳐 시맨틱 검색을 진행하게 된다.

3.3 검색 알고리즘

컴포넌트 시맨틱 검색 시스템의 검색 알고리즘은 Fig. 9와 같으며, Fig. 10은 시맨틱 검색 알고리즘의 구체적인 예시를 나타낸다.

첫째, 사용자가 원하는 컴포넌트를 검색하기 위해 우선 검색 대상 무기체계 및 기능 속성 어휘를 검색 질의어로 입력한다. 시맨틱 검색 시스템에서는 입력된 질의어를 온톨로지와의 매핑 과정을 통해 해당하는 컴포넌트를 도출한다. 예를 들어, 사용자가 전투기의 엔진 컴포넌트를 검색하는 경우 질의어로 [회전], [전투기]를 입력한다. [회전] 질의어는 기능 온톨로지 구성 요소 간에 관계성에 의해 동력 생성과 동력 제어 기능을 하는 모든 무기체계의 엔진과 기어박스 컴포넌트를 도출한다. 또한 유사한 과정을 거쳐 [전투기] 질의어는 전투기의 엔진과 기어박스 컴포넌트로 검색 결과를 좁혀준다.

둘째, 추가적인 메타데이터 어휘를 입력하고 도출된 컴포넌트 중에서 이에 부합하는 메타데이터 속성 값을 가진 컴포넌트를 검색한다. 위 과정에서 도출된 전투기의 엔진과 기어박스 컴포넌트 중에서 사용자의 요구사항에 완전히 부합하는 컴포넌트를 검색하기 위해 추가로 [29,000lb]를 검색어로 입력한다. 이는 엔진의 최대출력에 해당하는 메타데이터 속성 값이다. 입력된 검색어를 통해 최대출력 29,000lb 정도의 전투기 엔진 컴포넌트를 최종 검색 결과로 반환하게 된다.

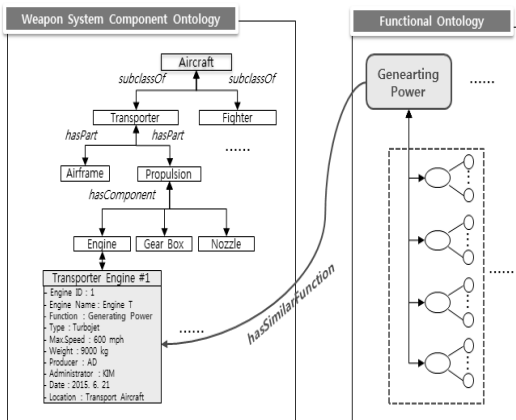


Fig. 8. Integration of Weapon System Ontology & Functional Ontology

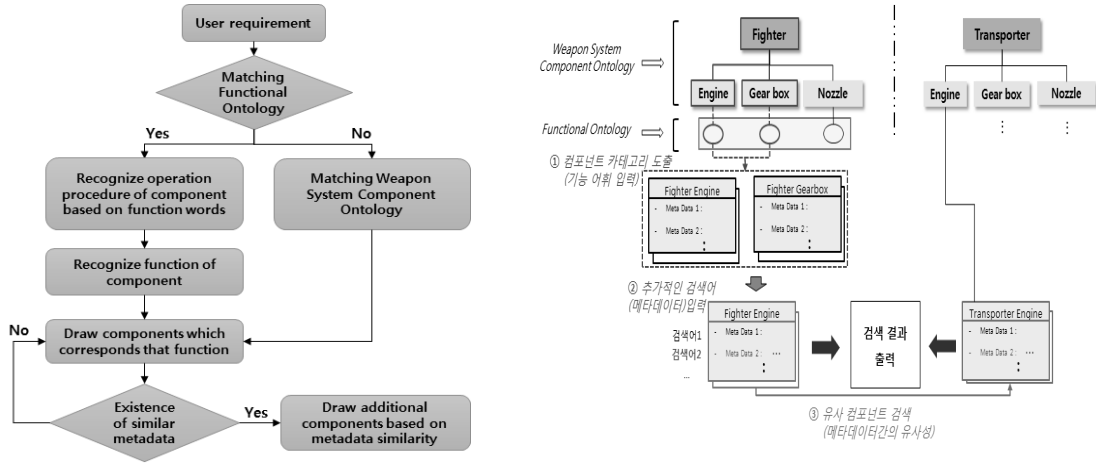


Fig. 9. Component Semantic Search Algorithm

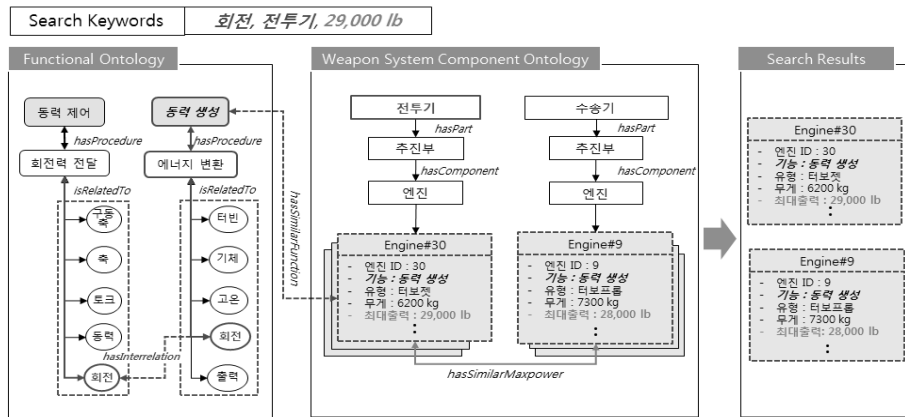


Fig. 10. Example of Semantic Search

셋째, 마지막으로 시맨틱 검색 시스템에서는 유사한 메타 데이터 값을 가진 다른 컴포넌트를 추가로 검색한다. 온톨로지에서의 메타데이터 간 유사관계를 바탕으로 위 조건을 만족하는 다른 무기체계의 엔진 컴포넌트도 추가로 검색한다.

이러한 과정을 거쳐 사용자는 요구사항에 부합하고, 이와 연관된 폭 넓은 컴포넌트를 검색할 수 있다. Fig. 1의 키워드 기반 검색과 Fig. 10의 시맨틱 검색 예시 비교를 통해 알 수 있듯이 시맨틱 검색이 키워드 기반 검색보다 더 정확한 검색 결과를 제공하는 것을 볼 수 있다.

#### 4. 시맨틱 검색 시스템 구현

3장의 시스템 설계를 바탕으로 Protégé를 통해 온톨로

지를 구축하고 C# 언어로 시맨틱 검색 시스템 prototype을 개발하였다. 그리고 개발된 검색 시스템과 온톨로지를 연동하여 검색이 진행되도록 하였다.

##### 4.1 온톨로지 구축

본 연구에서는 온톨로지 구축을 위해 Protégé를 활용하였다. Protégé는 Open Source 온톨로지 구축 소프트웨어로 온톨로지 설계를 위한 관계정보 관리, GUI(Graphic User Interface) 등 다양한 기능을 제공한다. 이러한 기능을 활용하여 무기체계의 class와 property, 그리고 이들 간에 관계성을 입력하고 컴포넌트 정보와 기능 어휘에 대한 온톨로지를 구축한다.

Fig. 11은 온톨로지 설계 화면의 일부이다. 좌측 클래스(Class) 탭에서는 [Fighter]의 하위개념으로 [Airframe],

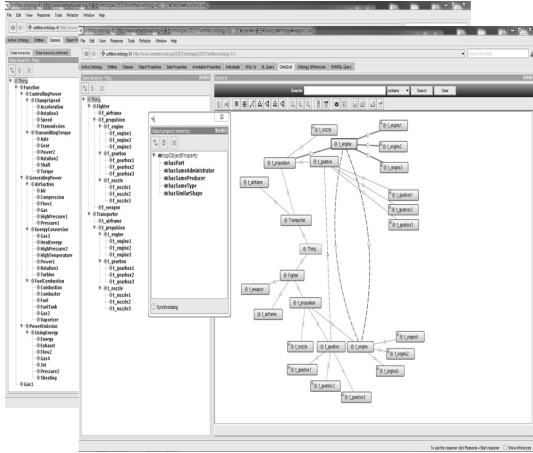


Fig. 11. A screen of Ontology using Protégé

[Propulsion], [Weapon] 항목을 정의하였다. 또한 Object Property 탭에서는 최대출력이 비슷한 컴포넌트를 *hasSimilarMaxpower* 관계로 정의하였다. 이와 같이 클래스(Class) 탭에서는 온톨로지를 상/하위 계층적 구조로 구성할 수 있으며, Object Property 탭에서는 이들 구성 요소 속성 간에 관계를 정의할 수 있다. Fig. 11의 우측 화면에서는 온톨로지를 그래프 형식의 시각화된 구조로 나타내었다. 이를 통해 복잡하게 얽힌 컴포넌트들의 관계를 쉽게 파악할 수 있다. Protégé 도구를 이용해 구축된 온톨로지는 Fig. 12 예시 구문 형식의 OWL 파일로 저장된다.

#### 4.2 컴포넌트 시맨틱 검색 시스템 구현

앞 절에서 구축된 무기체계 컴포넌트 & 기능 온톨로지는 C# 언어로 구현된 시맨틱 검색 시스템과의 연동을 통해 검색을 진행하게 된다. 사용자가 입력한 질의어에 해

```

<SubClassOf>
  <Class IRI="#f_Maxpower"/>
  <Class IRI="#f_engine"/>
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class IRI="#f_Maxpower"/>
  <ObjectSomeValuesFrom>
    <ObjectProperty IRI="#hasSimilarMaxpower"/>
    <Class IRI="#t_Maxpower"/>
  </ObjectSomeValuesFrom>
</SubClassOf>
    
```

Fig. 12. Example of OWL structure

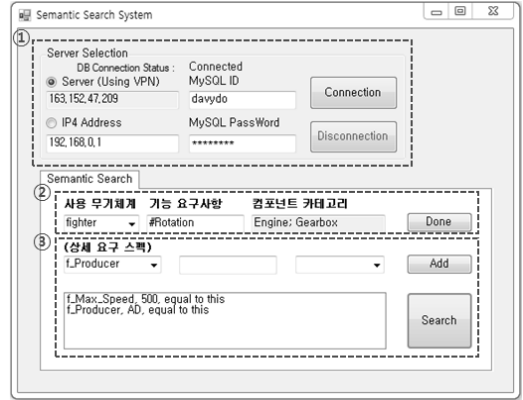


Fig. 13. A screen of Semantic Search System 1

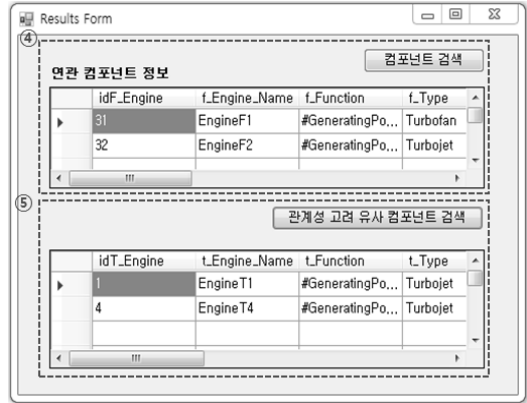


Fig. 14. A screen of Semantic Search System 2

당되는 컴포넌트 데이터는 OWL 언어 기반의 온톨로지서 불러들인다. Fig. 13과 Fig. 14는 구현된 시맨틱 검색 시스템 템플릿으로 검색 알고리즘에 부합하는 독립적인 모듈로 구성된다. 각 모듈이 수행하는 기능은 다음과 같다.

- ① 데이터베이스 접속
- ② 검색 대상 무기체계 설정 및 기능 속성 입력  
⇒ OWL 분석을 통한 컴포넌트 카테고리 결정
- ③ 추가적인 메타데이터 속성, 값 입력
- ④ 사용자 요구사항에 부합하는 컴포넌트 검색 결과 반환
- ⑤ 메타데이터 간 관계에 의한 유사한 컴포넌트 추가 검색

이와 같이 구현된 시맨틱 검색 시스템은 앞 절에서 설명한 검색 질의어 처리 과정과 같은 절차를 통해 최종적으로 전투기와 수송기의 엔진 컴포넌트 정보를 도출하였



다. 이처럼 사용자는 시맨틱 검색 시스템을 사용하여 효율적으로 검색을 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

## 5. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 국방 모델링 & 시뮬레이션(M&S)에서 사용되는 컴포넌트로 표준화된 무기체계의 신속한 재구성을 지원하기 위한 온톨로지 기반 시맨틱 검색 시스템 prototype을 제안하였다. 기존의 컴포넌트 검색으로 사용된 키워드 기반 검색은 사용자의 의도와 관련 없는 컴포넌트도 함께 검색 결과로 반환한다. 하지만 제안된 시맨틱 검색에서는 컴포넌트 간에 의미관계를 중심으로 사용자의 검색의도와 연관된 컴포넌트를 검색 결과로 반환하도록 하였다.

이 검색 시스템을 통해 무기체계 개발자는 사용자의 요구사항과 부합하고, 이와 연관된 폭 넓은 컴포넌트 검색이 가능하게 되어 시뮬레이션 모델 재구성시 다양한 대안을 신속하게 재구성 할 수 있을 것으로 기대된다.

그러나 논문에서는 개발된 시맨틱 검색 시스템이 구현 초기 단계이므로 기존 검색 모델과의 비교실험을 통한 객관적인 성능 검증까지는 진행하지 못하였다. 또한 설계한 온톨로지의 대상 범위가 비교적 좁아 수동으로 구축하였으나 국방 무기체계의 사용 범위는 방대하다. 그러므로 온톨로지 자동화 구축에 대한 연구가 필요하다.

향후 사용자 중심의 다양한 기능이 추가된 시맨틱 검색 시스템을 개발 완료하여 기존 검색 모델과 다른 시맨틱 검색 시스템과의 성능 비교실험을 진행할 계획이다. 또한, 자연어 처리(Natural Language Processing), 기계 학습 기법(Machine Learning Techniques) 등을 활용하여 온톨로지를 자동으로 구축하는 방안에 대해 연구하고자 한다.

## Reference

- Natalya, N., Deborah, M., "Ontology Development 101 : A Guide to Creating Your First Ontology," Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880, March 2001.
- Popov, B. et al. "KIM-Semantic Annotation Platform", The Semantic Web - ISWC 2003, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2870, pp. 834-849, 2003.
- Neches, R., Fikes, R., Finin, T., Gruber, T., Patil, R., Senator, T., AND Swartout, W. R., "Enabling technology for knowledge sharing", AI Mag, Vol. 12, No. 3, pp. 36-56, 1991.
- Yoshinobu, K., Riichiro, M., "Functional Ontology for Functional Understand", Pap Twelfth Int Workshop Qualitative Reasoning (QR-98), pp. 77-87, 1998.
- Ponnada, M., N. Sharada, "Model of a Semantic Web Search Engine for Multimedia Content Retrieval", In the proceeding of 6th IEEE/ACIS International Conference on Computer and Information Science, Melbourne. 2007.
- Bechhofer, S., van Harmelen, F., Hendler, J., Horrocks, I., McGuinness, D.L., Patel-Schneider, P.F., Stein, L.A., "OWL web ontology language reference", W3C recommendation, W3C, 2004.
- Formica, A., Missikoff, M., Pourabbas, E., AND Taglino, F., "Semantic Search for Matching User Requests with Profiled Enterprises", Computers in Industry, Vol. 64., No. 3., pp. 191-202, 2013.
- G. Madhu., A. Govardhan., AND T. Rajinikanth., "Intelligent Semantic Web Search Engines: A Brief Survey", International journal of Web & Semantic Technology, Vol. 2., No. 1, 2011.
- Y. Zhang, W. Vasconcelos AND D Sleeman. "Ontosearch: An ontology search engine", Research and Development in Intelligent Systems, Springer, Vol. 21., pp. 58-69, 2005.
- M. Gao., C. Liu. AND F. Chen., "An ontology search engine based on semantic analysis", Information Technology and Applications, Vol. 1., pp. 256-259, 2005.
- KY. Kim., DG. Monley. AND H. Yang., "Ontology-based assembly design and information sharing for collaborative product development", Computer-Aided Design, Vol 38, No. 12., pp. 1233-1250, 2006.
- 이종호, "효율적 국방경영 및 국방개혁 구현 수단으로서 국방 모델링 및 시뮬레이션(DM&S) 활용방안 제안", ie 매거진, 제19권, 제4호, pp. 21-35, 2012.
- 이재오, 이재진, 석지범, 서운호, "소프트웨어 프로덕트 라 인공학을 적용한 동적 재구성 컴포넌트 개발 : 유도무기체계", 한국시뮬레이션학회 논문지, 제19권, 제4호, pp. 179-188, 2010.
- 한동일, 권혁인, 정학진, "시맨틱 검색 시스템의 개념적 모형화와 그 구현에 대한 연구", 지능정보연구, 제14권, 제1호, pp. 67-84, 2008.
- 김재영, 이석원, "온톨로지 기반 영화 메타데이터간 연관성을 활용한 영화 추천 기법", 지능정보연구, 제19권, 제3호, pp. 25-44, 2013.
- 맹성현, "정보검색 기술의 현황과 발전방향", 정보과학회지, 제22권, 제4호, pp. 6-14, 2004.
- Smith, G., Tagging :people-powered metadata for the social web, New Riders, Berkeley, 2008.
- Department Of Defense Standard Practice. "Work Breakdown Structures for Defense Material Items", United States of America. 2011.
- http://dictionary.cambridge.org.



**서 동 진** (earth455@korea.ac.kr)

2012 호주 University of Newcastle 정보기술학과 학사  
2014~현재 고려대학교 산업경영공학과 석사 과정

관심분야 : 모델링 및 시뮬레이션, 온톨로지, 시맨틱 웹, 인공지능



**서 윤 호** (yoonhoseo@korea.ac.kr)

1984 고려대학교 산업공학과 학사  
1990 미국 Pennsylvania State University 산업공학과 석사  
1993 미국 Pennsylvania State University 산업공학과 박사  
1993~2003 울산대학교 산업공학과 교수  
2003~현재 고려대학교 산업경영공학과 교수

관심분야 : 제조, 조립 및 물류 시스템 설계 및 시뮬레이션