DOI: 10.3745/KIPSTB.2010.17B.4.317

군 병원을 위한 시맨틱 웹 기반 진료 의사결정지원 시스템

유 동 희[†] · 나 민 영[††]

요 약

군 병원에서는 장병들에 대한 진단과 처방 과정을 보다 효율적으로 지원하기 위해 진료 의사결정지원 시스템의 도입이 요구되고 있다. 본 논문에서는 시맨틱 웹 기술을 기반으로 구현된 군 병원을 위한 진료 의사결정지원 시스템을 제안하고자 한다. 이를 위해, 의료 지원에 사용되는 다양한 개념들과 지식들로 구성된 국방 의료 온톨로지와 국방 의료 규칙을 구축하였고, 구축된 온톨로지와 규칙이 환자 진료에 활용되는 것을 보여주기 위해 진료 의사결정지원 시스템을 구현하였다. 또한 진료 의사결정지원 시스템을 통해 작성된 진료 기록들을 활용하여 의미 기반 검색이 수행되는 과정을 설명하였다.

키워드 : 시맨틱 웹, 온톨로지, 진료 의사결정지원 시스템, 국방의료정보체계

Semantic Web-based Clinical Decision Support System for Armed Forces Hospitals

Yoo, Donghee[†] · Ra, Minyoung[††]

ABSTRACT

To improve the diagnosis and prescription for military personnel, it is required to adopt Clinical Decision Support System (CDSS) in armed forces hospitals. The objective of this paper is to suggest a CDSS for armed forces hospitals using semantic web technologies. To this end, we designed military medical ontologies and military medical rules which consist of the various concepts and rules for supporting medical activities. We developed a semantic web-based CDSS to demonstrate the use of the ontologies and rules for treating military patients. We also showed the process of semantic search for the medical records which are created from the semantic web-based CDSS.

Keywords : Semantic Web, Ontology, Clinical Decision Support System, DEMIS

1. 서 론

국방의료정보체계(DEMIS, DEfense Medical Information System)는 군 병원에서 사용되는 전자의무기록(Electronic Medical Record) 시스템으로 군의 의료 정보들을 체계적으로 관리하는 역할을 담당하고 있다. 즉 진료 중 발생한 환자의 모든 정보를 전산화함으로써 군의관이 수기로 작성하던 진료 작업을 없애고 진료 정보의 효율적 저장에서부터 환자 기록에 대한 용이한 접근 등 군 병원의 관리 능력을 향상시키고 있다. 이러한 DEMIS의 핵심 정보체계인 환자 진료 부분에 있어서는 군의관이 환자를 진단하거나 진단 내용을 토대로 처방을 할 때 의사 결정을 지원하는 기능의 중요성이 강조되고 있다[3]. 따라서 장병 진료에 있어서 환자의 진단과 처방을 돕는 전문 의료 지식이 제공된다면, 군의관의 과견, 당직 등 열악한 전방의 진료 환경에서도 보다 효율적인 환자 진료가 가능하게 될 것이다.

진료 의사결정 시스템을 구현하기 위해서는 먼저 해당 도메인상의 지식이 표현되고 저장되어야 하며 활용되어야 한다. 이에 본 논문에서는 시맨틱 웹 기술을 적용하여 그 도메인인 국방분야 지식을 표현하고 구조화하여 이를 진료의 사결정에 사용하였다. 여기에서 시맨틱 웹(Semantic Web)이란 웹 상의 정보를 컴퓨터가 이해할 수 있는 형태로 변환하여 인간 대신 컴퓨터가 자동으로 웹의 정보를 검색하고 처리하는 차세대 웹을 의미한다[8]. 시맨틱 웹 기술을 이용할 경우 컴퓨터가 환자의 정보를 이해하여 환자의 진단과 처방에 관련된 다양한 지식들을 군의관에게 제공하게 되며, 제공된 지식을 기반으로 보다 효율적인 의사결정이 가능하게 된다. 이와 같은 시맨틱 웹 환경에서의 진료 의사결정지원 시스템을 구현하기 위해서는 두 가지 요구사항이 필요하다[5]. 첫 번째는 환자의 의료 정보가 컴퓨터가 이해할 수

† 정 회 원 : 육군사관학교 전자정보학과 전임강사
†† 정 회 원 : 육군사관학교 전자정보학과 교수
논문접수 : 2010년 5월 14일
수 정 일 : 1차 2010년 6월 25일
심사완료 : 2010년 7월 12일

있는 표준화된 언어로 표현되어야 한다. 두 번째는 표현된 정보에서 사용된 다양한 개념들과 그들 관계의 의미(semantics)를 명확하게 정의한 온톨로지(Ontology)[10]가 필요하다. 여기에서 온톨로지를 이용하여 진단과 처방에 관한 의료 지식을 규칙(rule) 형태로 정의하면, 시스템에서는 정의된 규칙에 속하는 의료 정보를 추론하여 새로운 지식 정보를 생성하고 이를 진료 의사결정에 활용할 수 있다.

이에 본 논문에서는 시맨틱 웹 기술을 이용하여 군 병원을 위한 진료 의사결정지원 시스템을 개발하고, 장병들의 진료에 개발된 시스템의 활용 가능성을 보여주는 것을 그 목적으로 한다. 그 과정을 요약하면 다음과 같다. 첫 째, 시맨틱 웹 기술에 관한 설명과 시맨틱 웹 기술을 적용한 의료 정보 시스템에 관한 문헌 연구를 실시하였다. 둘 째, 군 병원을 위한 진료 의사결정지원 시스템에 대한 시스템 아키텍처를 제시하였고 이를 기반으로 구현된 시스템에 관하여 설명하였다. 셋 째, 진료 의사결정지원 시스템을 이용해 작성된 진료 기록이 의미 기반 검색에서 어떻게 활용되는가를 보여주었다. 마지막으로 연구 요약과 함께 시맨틱 웹 기술을 실제 국방의료정보체계에 적용할 때 고려해야 할 사항들을 언급하였다.

2. 관련 연구

2.1 시맨틱 웹 기술

W3C(World Wide Web Consortium)에서 제안하고 있는 시맨틱 웹 기술에는 RDF(Resource Description Framework), OWL(Web Ontology Language), SWRL(Semantic Web Rule Language) 등이 있다. RDF는 웹 상에서 자원들 사이의 관계성을 기계가 이해할 수 있는 형태로 기술하기 위해 사용되는 표준화된 서술 방식이다[15, 16]. RDF는 웹 상의 자원들의 관계를 트리플(triple) 구조로 표현한다. 트리플 구조는 *<주어부(subject)-서술부(predicate)-목적부(object)>*로 표현되며, 하나의 트리플 구조는 하나의 서술문을 나타낸다. 예를 들어, '홍길동의 계급은 이등병이며, 체온은 39도이다'라는 환자 정보는 두 개의 트리플 구조인 *<홍길동-계급을가지다-이등병>*과 *<홍길동-체온을가지다-39>*로 표현된다. 이러한 표현 방법을 이용하면 구체적으로 환자 정보를 나타낼 수 있으며, 그들의 관계 또한 명확하게 정의할 수 있게 된다.

앞서 언급한 바와 같이, 기계가 이해할 수 있는 형태로 웹의 정보가 표현되면 정보에서 사용된 다양한 개념들과 그들 관계의 의미를 명확하게 정의한 온톨로지가 필요하다. OWL은 클래스(class)와 속성(property)을 이용하여 온톨로지를 정의할 수 있다[7, 17]. 클래스란 동일 특성을 지닌 개체(individual)들의 그룹을 나타내며, 속성은 클래스간의 관계를 표현하는 오브젝트속성(ObjectProperty)과 특정 클래스에 속한 속성 값이 데이터형의 한 종류임을 표현하는 데이터형속성(DatatypeProperty)으로 구분된다. 앞의 예에서, *홍길동*이 *병사*의 개체이고 *이등병*이 *계급*의 개체라면, OWL에서는 *병사*와 *계급*은 클래스로 정의하고, 그들의 관계인 *계급을가지다*를 오브젝트속성으로 표현하게 된다. 또한 속성 값이 숫자형으로 정의된 *체온을가지다*의 경우 데이터형속성으로 정의된다. 이와 같은 제약 조건들과 추가적인 어휘들(대칭속성, 이행속성, 함수적속성 등)을 활용하면 OWL로 의료 분야 온톨로지를 작성할 수 있다.

여기에서 SWRL(Semantic Web Rule Language)을 사용하면 진료 의사결정지원을 도와주는 의료 지식을 규칙 형태로 정의할 수 있다. SWRL은 유사 Horn 규칙(Horn-like rules)을 수용할 수 있도록 OWL을 확장시킨 언어로서 OWL의 클래스와 속성을 이용하여 규칙을 정의한다[11, 12]. 여기에서 진료 규칙의 형태는 *전제(antecedent)* → *결과(consequent)*로 표현되며, *전제*는 의료 분야 온톨로지의 클래스와 속성으로 표현되는 하나 이상의 요소(atom)들의 논리곱으로 구성되며, *결과*는 하나의 요소로 구성된다. 예를 들어, '체온이 40도 이상이면 응급 환자다'라는 진료 규칙을 SWRL로 표현하면 다음과 같다.

Patient(?a) ∧ hasTemperature(?a, ?b) ∧ swrlb:greaterThanOrEqual(?b, 40)
→ EmergencyPatient(?a)

전제의 Patient(?a)는 변수 ?a의 클래스가 환자임을 나타낸다. hasTemperature(?a, ?b)는 환자 ?a의 체온이 변수 ?b임을 나타내고, swrlb:greaterThanOrEqual(?b, 40)은 ?b가 40 이상의 값을 가짐을 나타낸다. 결과의 EmergencyPatient(?a)는 앞서 정의된 조건들을 만족하는 환자 ?a가 있을 경우, 이 환자는 EmergencyPatient 클래스에 속하게 됨을 의미한다.

2.2 시맨틱 웹 기술을 적용한 의료 정보 시스템

현재 병원에서는 환자의 의료 정보를 컴퓨터로 입력하고 이를 데이터베이스화하여 관리하는 전자의무기록 방식이 널리 확산되고 있다. 이렇게 축적된 환자 정보를 이용하여 진단, 처방, 치료, 수술 등과 관련된 영역의 의료 활동들을 개선하고자 하는 노력들이 활발하게 진행되고 있다. 이와 관련하여 시맨틱 웹 기술을 의료 정보 시스템에 적용한 연구들을 살펴보면 다음과 같다.

Kashyap 등의 연구에서는 온톨로지를 이용하여 환자의 전자 진료 기록을 텍스트 형식이 아닌 구조화된 형식으로 관리하는 시스템을 개발하였다[14]. 구조화된 진료 기록은 OWL로 작성된 문서 온톨로지와 도메인 온톨로지를 기반으로 구현된다. 여기에서 문서 온톨로지는 문서 템플릿(template)에 관한 개념이 정의되어 있고, 도메인 온톨로지에는 문서 템플릿에 사용되는 의학 지식에 관한 개념이 정의되어 있다. 의학 지식은 표준화된 의학 용어, 그들의 관계, 제약 조건 등을 포함하고 있다. 여기에서 환자의 진료 기록이 구조화된 형태로 저장되어 있어 환자 정보에 관한 의미 기반 검색이 가능하다.

Sheth 등은 시맨틱 웹 기술을 이용하여 환자 진료에 도

움이 되는 의료 지식을 진료 문서에 제시하는 ASEMR(Active Semantic Electronic Medical Record) 시스템을 개발하였다[20]. ASEMR에서는 의사에게 환자 진료에 도움을 주는 의료 정보인 환자의 병력, 환자에게 과민(allergy) 반응을 유발시키는 약 정보, 약의 보험 적용 여부, 동일 질병 환자가 복용한 약의 통계 정보 등이 제공된다. 임상 온톨로지, 의약 온톨로지, 진단 절차 온톨로지를 OWL로 구축하여 활용하였고, 의료 정보를 제공하기 위한 질의어로 RDQL(RDF Data Query Language)[18]을 이용하였다.

Alexandrou 등의 연구에서는 OWL과 SWRL로 구현된 진료 지침(Clinical Pathways)을 활용하여, 환자의 치료 가이드라인을 실시간으로 제공하는 SEMPATH 시스템을 개발하였다[6]. 치료 가이드라인은 실시간으로 변화하는 환자 상태와 의료 지원 환경이 반영된 치료 단계를 제안해 준다. Colantonio 등의 연구에서는 OWL과 SWRL을 이용하여 심장 질환에 관한 진단 규칙을 정의하였다. 이를 활용하여 환자 상태를 관찰하거나 변경된 환자 상태의 치료를 돕는 새로운 진단 전략이 제안된다[9]. 이외에도 Hussain 등의 연구에서는 진료임상지침(Clinical Practice Guidelines)을 활용한 진료 의사결정시스템을 구축하였다[13].

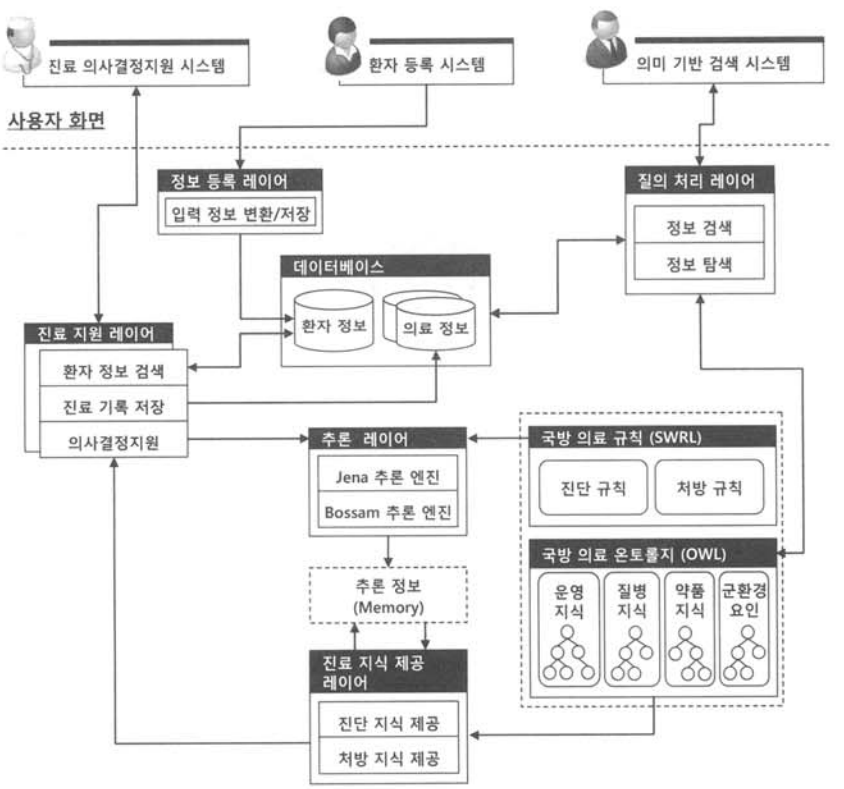
지금까지 살펴본 바와 같이, 시맨틱 웹 기술은 의료 정보 시스템에서의 진료 기록의 구조화, 진단 및 처방 지식 지원, 환자 치료 가이드라인 제안 등에 활용되고 있다. 그러나 우리 군 환경을 고려하여 장병들의 진료를 돕는 의사결정지원 시스템에 관한 연구는 아직까지 이루어지지 않고 있다. 이에 본 논문에서는 시맨틱 웹 기술을 이용하여 군 병원을 위한 진료 의사결정지원 시스템 구축에 관한 연구를 진행하였다.

3. 군 병원을 위한 진료 의사결정지원 시스템

3.1 시스템 아키텍처

본 절에서는 시맨틱 웹 기술을 기반으로 구현된 군 병원을 위한 진료 의사결정지원 시스템에 관한 시스템 아키텍처에 관하여 설명하고자 한다. (그림 1)에서 보는 바와 같이, 시스템 아키텍처는 1) 사용자 화면, 2) 국방 의료 온톨로지와 국방 의료 규칙, 3) 5개의 레이어인 정보 등록 레이어, 진료 지원 레이어, 추론 레이어, 진료 지식 제공 레이어, 질의 처리 레이어, 그리고 4) 데이터베이스로 구성된다. 각각의 주요 기능을 요약하면 다음과 같다.

- 사용자 화면 : 진료 의사결정지원 시스템, 환자 등록 시스템, 의미 기반 검색 시스템으로 구성되어 있다.
- 국방 의료 온톨로지 : 운영 지식, 질병 지식, 약품 지식, 그리고 군환경 요인에 관한 개념과 그들의 관계가 정의되어 있다.
- 국방 의료 규칙 : 군의관의 진단과 처방을 돕는 진료 지식이 규칙 형태로 정의되어 있다.
- 정보 등록 레이어 : 개별 장병의 정보가 입력되면 RDF 형식으로 정보를 변환한 후 데이터베이스에 저장한다.



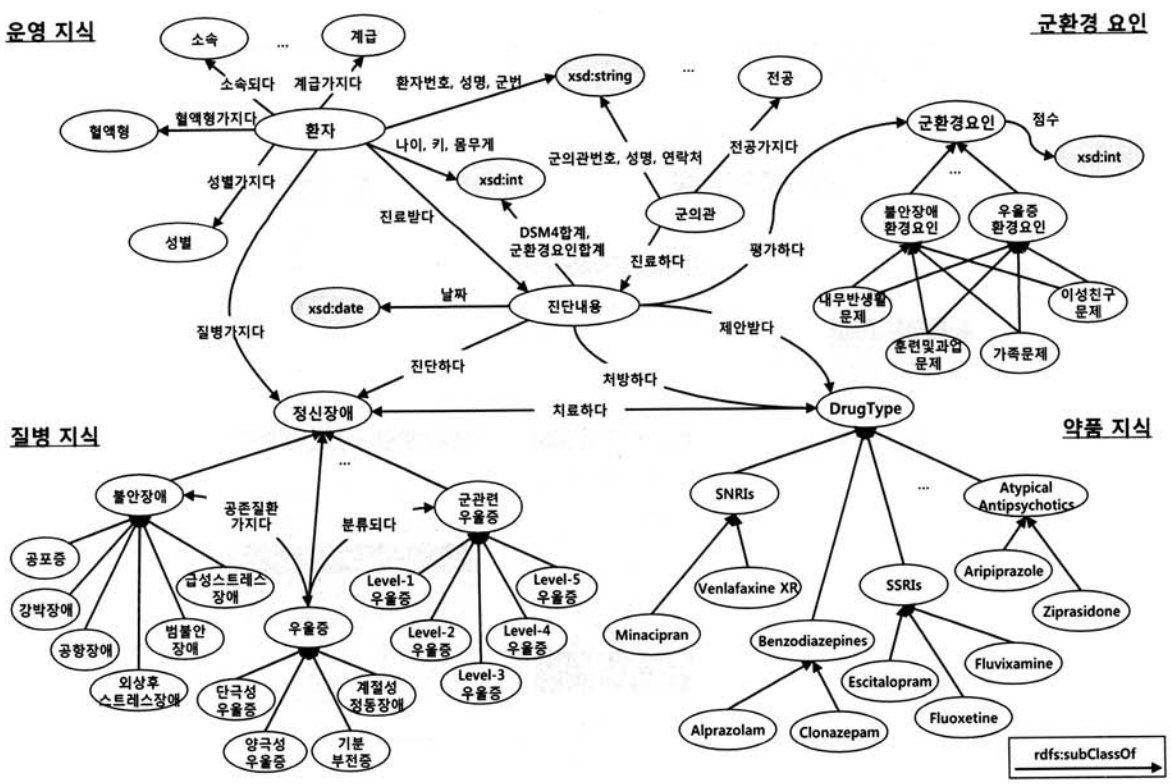
(그림 1) 시스템 아키텍처

- 진료 지원 레이어 : 데이터베이스로부터 환자 정보를 읽어오는 *환자 정보 검색* 기능, 실시간으로 진료 의사 결정과 관련된 지식을 제안하는 *의사결정지원* 기능, 작성된 진료 기록을 RDF 형태로 데이터베이스에 저장하는 *진료 기록 저장* 기능을 제공한다.
- 추론 레이어 : OWL과 SWRL로 작성된 지식 정보를 이용하여 실시간으로 입력된 환자 정보에 대한 추론을 실행하고, 새로운 정보가 추론될 경우 추론된 결과를 메모리에 기록한다.
- 진료 지식 제공 레이어 : 메모리에 있는 추론 정보를 검색하여 진단 지식 또는 처방 지식을 진료 지원 레이어에 전달한다.
- 질의 처리 레이어 : 데이터베이스 안에 있는 RDF 형식의 환자 및 의료 정보에 대한 검색 및 탐색 기능을 제공한다.
- 데이터베이스 : 환자 정보를 비롯한 의료 정보를 저장한 물리적 저장소를 의미한다.

3.2 국방 의료 온톨로지와 국방 의료 규칙

국방 의료 온톨로지는 진료 의사결정지원에 사용되는 다양한 개념들과 그들의 관계를 정의한 온톨로지를 뜻한다. 진료 시스템 운영에 필요한 개념들을 정의하기 위해 DEMIS의 정보 체계를 조사한 후 관련 메타데이터들을 추출하였다. 질병에 관한 개념들은 보건의료정보 표준화 위원회(http://medistds.or.kr/)에서 제공하는 보건의료표준용어(KOSTOM, KOrean Standard Terminology Of Medicine)를 참조하였다. 그리고 약품에 관한 개념들은 임상진료지침 정보센터(http://www.guideline.or.kr/)의 약품 정보를 활용하였다. 또한 질병과 관련된 군 환경적 요인들을 파악하여 개념화하기 위해 다양한 군 관련 연구 보고서들을 참조하였다. 이렇게 조사된 개념들을 바탕으로 국방 의료 온톨로지를 OWL로 구축하였으며, 구축에 사용된 방법론으로는 국방 온톨로지 추출에 활용된바 있는 6단계 상향식 방법론[2]을 사용하였다. 국방 의료 온톨로지는 역할에 따라 1) 운영 지식, 2) 질병 지식, 3) 약품 지식, 4) 군환경 요인으로 구분된다. 본 절에서는 병영 자살 관련 사고의 주 원인 중 하나인 우울증의 진료에 대한 국방 의료 온톨로지를 설명하고자 한다. (그림 2)는 이와 관련된 국방 의료 온톨로지의 일부를 보여준다.

운영 지식은 진료 의사결정지원 시스템의 운영에 필요한 개념인 환자, 군의관, 진단내용 등에 관한 메타데이터를 중심으로 구성된 온톨로지이다. 기존 DEMIS에서 사용된 정보들을 참조하여 메타데이터들을 추출하였는데, 이는 기존 시스템에서 사용된 용어에 익숙한 군의관들이 진료를 수행할 때 시스템으로부터 제공 받는 메타데이터의 의미를 쉽게 파악할 수 있게 하기 위함이다. (그림 2)에서 운영 지식의 주요 클래스로 *환자*, *소속*, *계급*, *성별*, *진단내용* 등이 있다. 오브젝트속성은 운영 지식에서 정의된 클래스 간의 관계를 나타내고 있다. 예를 들어, *진료받다* 속성은 *환자* 클래스와 *진단내용* 클래스 간의 관계를 설명한다. 데이터형속성의 값을



(그림 2) 우울증 진료에 관한 국방 의료 온톨로지

표현하기 위하여 XML 스키마에서 정의된 클래스인 *xsd:string*과 *xsd:int*를 이용하였다. *환자* 클래스의 *환자번호, 성명, 나이, 키* 등의 속성처럼 XML 스키마의 데이터형 클래스를 가리키는 속성이 데이터형 속성이다.

현재 병원 간 의료 기록을 표준화하기 위한 노력 중 하나로 국제적으로 인증된 질병과 증상 등의 용어들을 통일하는 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 질병 지식에 질병간의 계층 관계를 표현하기 위해 국내 의료 정책을 담당하는 보건의료정보 표준화 위원회에서 정립한 보건의료표준용어의 진단 용어를 참조하였다. (그림 2)에서는 정신장애의 종류인 불안장애와 우울증에 관한 계층 관계를 보여 주고 있으며, 클래스 간의 계층 관계는 rdf:subClassOf 속성으로 표현된다. 질병 지식에는 특정 질병에 속하는 환자들의 효율적 관리를 지원하기 위해 정의된 개념들도 포함되어 있다. *군관련우울증* 클래스와 하위 클래스들이 그 예이다.

질병을 치료할 때 사용되는 약품 지식은 임상진료지침 정보센터의 진료 가이드라인에 명시되어 있는 약품 정보를 활용하였다. 진료 가이드라인에는 임상 실험을 통해 그 효능이 검증된 약품 정보를 포함하고 있다. *DrugType* 클래스는 치료약의 종류에 따라 SNRIs(세로토닌-노르에피네프린 재흡수 억제제), SSRIs(선택적 세로토닌 재흡수 억제제), Benzodiazepines, Atypical Antipsychotics 등의 하위 클래스로 구분하였다.

군사 요인은 관리 질병군을 판단할 때 추가적으로 고려되는 군의 환경 요인들을 개념화한 것을 나타낸다. 여기에서 관리 질병군이라 함은 우울증, 전염병 등과 같이 질병이 악화되었을 때 군에 미치는 피해가 큰 질병들을 의미한다. 우울증을 판단할 때 함께 고려해야 할 군 환경적 요인에는 *내무반생활문제, 훈련및과업문제, 가족문제, 이성친구문제*가 포함된다[1, 4].

국방 의료 규칙은 환자 치료에 도움을 주는 전문화된 진료 지식을 SWRL로 표현한 것을 나타낸다. 본 논문에서는 진료 지식을 진단 규칙과 처방 규칙으로 구분하여 정의하였으며, 앞서 언급된 임상진료지침 정보센터의 진료 가이드라인을 참조하였다. 진료 가이드라인에는 질병 치료에 적합한 약품 정보 이외에 질병 해결에 관한 최적화된 의료 지식들이 포함되어 있다. 또한 군에서 관리해야 할 관리 질병군에 관한 진단 규칙들은 군 환경적 요인을 함께 고려하여 정의하였다.

<표 1>은 우울증 환자에 대한 진단 규칙의 예를 보여준다. 일반적으로 군의관들은 DSM4(Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders IV)에서 제시하는 9개의 판단 기준 중 5개 이상에 해당되는 환자를 우울증에 관한 삽화가 있는 환자로 판단한다. 본 연구에서는 이러한 DSM4 기준과 군 환경적 요인들을 함께 고려하여 우울증 환자를 Level 1부터 Level 5로 구분하여 규칙으로 정의하였으며 Level이 높을수록 중증 환자를 나타낸다. 예를 들어, <표 1>에 제시된 *Level_2_우울증*은 환자가 DSM4에서 제시하는 우울증 판단 기준 중 5개 이상에 속하며, 군 환경적 요인 점수의 합계가 2점 미만인 경우를 나타낸다. 여기에서, *Level_1_우울증*의 경우는 환자가 DSM4 기준에는 4개만 속해 우울증 삽화의 가능성이 낮지만 군 환경적 요인 점수의 합이 4점 이상이기 때문에, 우울증 발생 가능성이 있다고 판단하여 관리 대상에 속하는 Level 1 등급으로 설정하였다. 이렇게 등급을 구분하여 환자를 분류한 이유는 우울증 환자의 효율적 관리를 통해 우울증으로 인해 발생되는 군 관련 사고들을 최소화하기 위해서다.

다음으로 진료 가이드라인에 명시된 처방 규칙의 경우 특정 질병 치료에 유용한 약품들의 목록을 제시하고 있다. 예를 들어, 불안장애를 가지고 있던 환자가 우울증 진단을 받는 경우와 같이 공존 장애를 지닌 환자 치료에 사용될 약품에 관한 처방 규칙을 정의할 수 있다. 아래의 처방 규칙은 불안장애와 우울증을 동시에 지닌 환자에게는 1차적으로 Venlafaxine_XR을 처방하라는 것을 제안하고 있다.

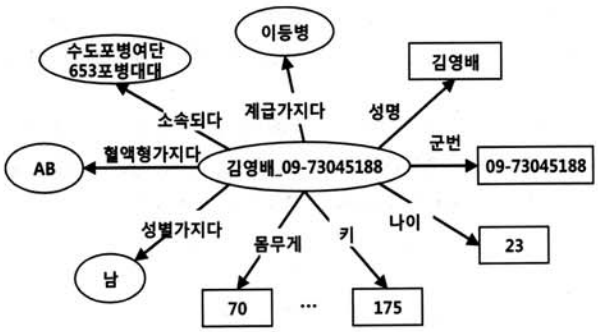
환자(?a) ∩ 질병가지다(?a, 불안장애) ∩ 진료받다(?a, ?b) ∩ 진단하다(?b, 우울증)
→ 제안받다(?b, Venlafaxine_XR)

3.3 환자 등록 시스템

시맨틱 웹 기술로 운용되는 진료 의사결정지원 시스템에서는 국방 의료 온톨로지를 기반으로 표현된 RDF 형태의

〈표 1〉 우울증에 관한 진단 규칙의 예

규칙	규칙 표현
Level_1_우울증	환자(?a) ∩ 진료받다(?a, ?b) ∩ DSM4합계(?b, 4) ∩ 군환경요인합계(?b, ?d) ∩ swrlb:greaterThanOrEqual(?d, 4) → 진단하다(?b, Level_1_우울증)
Level_2_우울증	환자(?a) ∩ 진료받다(?a, ?b) ∩ DSM4합계(?b, ?c) ∩ swrlb:greaterThanOrEqual(?c, 5) ∩ 군환경요인합계(?b, ?d) ∩ swrlb:lessThan(?d, 2) → 진단하다(?b, Level_2_우울증)
Level_3_우울증	환자(?a) ∩ 진료받다(?a, ?b) ∩ DSM4합계(?b, ?c) ∩ swrlb:greaterThanOrEqual(?c, 5) ∩ 군환경요인합계(?b, ?d) ∩ swrlb:greaterThanOrEqual(?d, 2) ∩ swrlb:lessThan(?d, 4) → 진단하다(?b, Level_3_우울증)
Level_4_우울증	환자(?a) ∩ 진료받다(?a, ?b) ∩ DSM4합계(?b, ?c) ∩ swrlb:greaterThanOrEqual(?c, 5) ∩ 군환경요인합계(?b, ?d) ∩ swrlb:greaterThanOrEqual(?d, 4) ∩ swrlb:lessThan(?d, 6) → 진단하다(?b, Level_4_우울증)
Level_5_우울증	환자(?a) ∩ 진료받다(?a, ?b) ∩ DSM4합계(?b, ?c) ∩ swrlb:greaterThanOrEqual(?c, 5) ∩ 군환경요인합계(?b, ?d) ∩ swrlb:greaterThanOrEqual(?d, 6) → 진단하다(?b, Level_5_우울증)



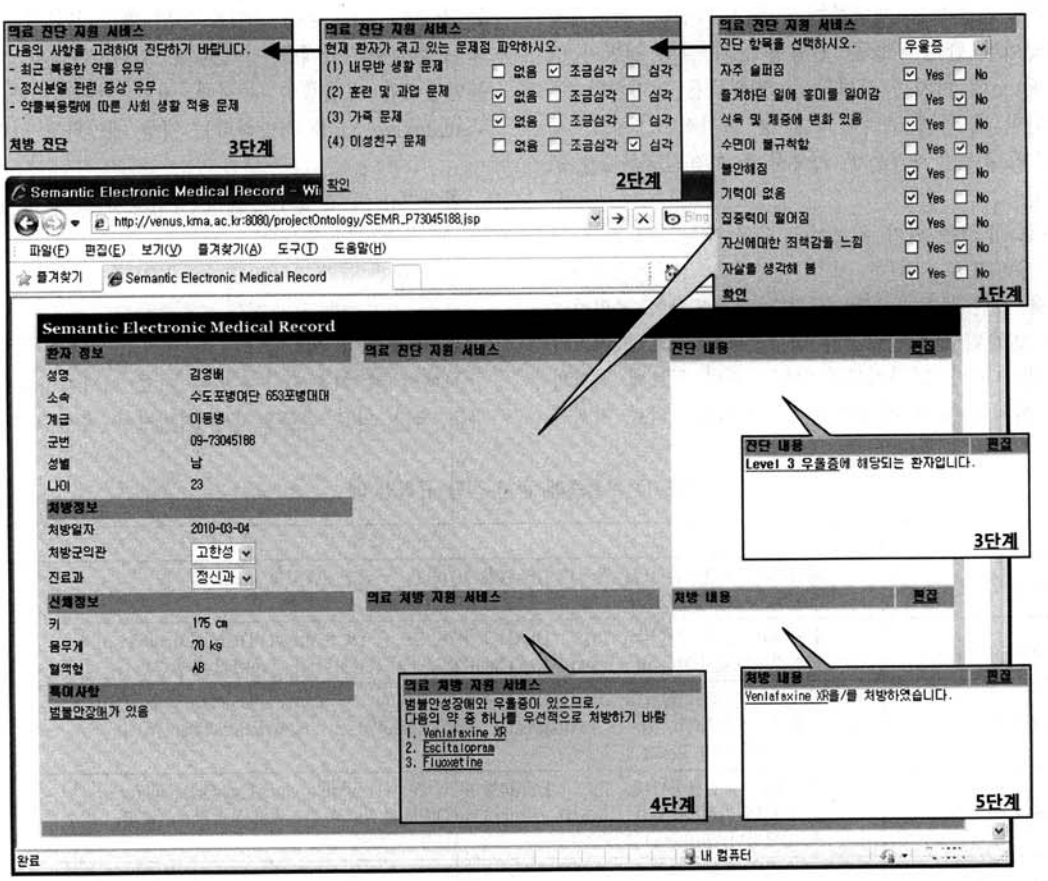
(그림 3) RDF로 변환된 환자 정보

환자 정보가 필요하다. 환자 등록 시스템을 통해 입력된 정보는 정보 등록 레이어로 보내지게 된다. 이때 환자 정보는 정보 등록 레이어에 미리 정의된 변환 규칙에 따라 RDF 형태로 변환된 뒤, 데이터베이스의 환자 정보 테이블에 저장된다. (그림 3)은 RDF 형태로 변환된 환자 정보의 예를 보여준다.

3.4 진료 의사결정지원 시스템

진료 의사결정지원 시스템은 군의관에게 환자의 진료 의사결정에 도움이 되는 진단 지식과 처방 지식을 제공한다. 여기에서 각각의 진료 지식들은 국방 의료 규칙으로부터 제공된다. (그림 4)는 범불안장애를 지닌 경험이 있는 김영배 환자에 대한 진료 의사결정지원이 진행되는 과정을 보여준다. 먼저 진료 지원 레이어에서는 *환자 정보 검색 기능*을 통해 관련 환자의 메타데이터를 데이터베이스로부터 검색하여 진료 의사결정지원 시스템에 제시한다. 이때, 이전 진단 사항을 함께 검색하여 범불안장애에 관한 정보를 환자의 특이사항으로 표시한다. 환자 진료를 담당하는 군의관이 자신의 이름과 진료과를 선택하면, 의료 진단 지원 서비스 영역에서 정신과의 질병 항목들을 제시한다. 군의관은 환자와의 일차 상담을 통하여 진단 가능성이 가장 큰 질병 항목을 가진단하게 되며, 가진단 항목이 우울증일 경우 군의관은 우울증을 선택한다(1단계). 이 때, 우울증을 판단하기 위하여 DSM4의 9가지 진단 기준이 자동으로 제시된다. 현재 군의관들이 우울증, 불안장애 등과 같은 진단 항목들을 판단하기 위해 DSM4에서 참조해야 할 진단 기준들이 서로 다르기 때문에, 특정 진단 항목과 관련된 진단 기준들을 시스템에서 자동으로 제공하는 기능은 보다 신속한 환자 진단을 가능하게 한다. 상담 결과 김영배 환자의 경우 우울증 진단 기준 9개 중 6개에 속해 있는 것으로 판단되었으며, 이를 점수로 수치화하면 6점에 해당 된다.

우울증의 경우 관리 질병군에 속하기 때문에, 군 환경적 요인을 고려한 진단 과정이 추가적으로 진행된다(2단계). 군의관은 4개의 영역에서 현재 환자가 겪고 있는 문제의 심각성 정도를 파악하여 화면에 그 내용을 기록한다. 각 영역에



(그림 4) 진료 의사결정지원 시스템

서 겪고 있는 문제점은 *없음, 조금심각, 심각* 중 하나로 평가하게 되는데 각각 평가되는 점수는 0, 1, 2점이다. 김영배 환자의 경우 군 환경적 요인 점수가 3점으로 평가되었다.

진료 지원 레이어에서는 환자의 DSM4의 평가 결과와 군 환경적 요인의 평가 결과를 추론 레이어로 전달하게 되며, 추론 레이어에서는 전달 받은 정보와 국방 의료 규칙을 활용하여 환자의 상태를 자동 진단한 결과와 군의관이 우울증 처방을 하기 전 고려해야 할 사항들을 시스템 화면에 알려준다(3단계). 김영배 환자의 경우 *Level_3_우울증* 환자로 자동 진단된 것을 확인할 수 있다.

진료 의사결정지원 시스템에서는 환자의 질병 치료에 도움이 되는 의료 처방 지원 서비스도 함께 제공된다. (그림 4)의 4단계는 불안장애와 우울증을 동시에 지닌 환자에게 1차적으로 추천하면 좋을 약들을 제안하고 있다. 추론 레이어에서는 국방 의료 온톨로지를 이용하여 범불안장애가 불안장애의 종류로 인식하고, 불안장애와 우울증이 동시에 발생할 경우 추천할 약을 처방 규칙을 참고하여 제안한다. 군의관은 추천된 약품들을 선택하여 약에 관한 세부 메타데이터 정보인 약의 하루 투여 허용량, 복용 시기, 부작용 등을 확인할 수 있으며, 이를 고려하여 환자에게 가장 적합한 약을 선택하여 처방할 수 있다(5단계).

진료 의사결정지원 시스템을 통해 기록된 환자 정보는 *진료 기록 저장* 기능에 의해 RDF 형태로 변형되어 의료 정보 데이터베이스에 저장된다. 환자의 진료 기록은 텍스트 형태가 아닌 구조화된 형태로 저장되기 때문에 의미 기반의 정보 검색과 탐색을 지원하는 기반 환경을 제공한다.

진료 의사결정지원 시스템에서의 진단 지원 및 처방 지원 서비스가 효율적으로 제공되기 위해서는 시스템 설계상 다음 사항이 고려되어야 한다. *의료결정지원* 기능을 통해 입력되는 다양한 정보들이 추론 레이어에 전달되었을 때, 입력된 정보와 관련된 진료 지식이 실시간으로 추론되는 기능이 필요하다. 실시간 추론 능력은 추론 엔진의 성능과 밀접한 관련이 있으며, 일반적으로 국방 의료 온톨로지와 국방 의료 규칙의 정보가 증가할수록 추론에 사용되는 시간도 함께 증가하게 된다. 이와 같이 특정 정보를 추론할 때 일정 시간이 소요되기 때문에 기존 시맨틱 웹 연구에서는 실시간 추론 방법 대신에 미리 추론된 정보를 이용하는 방법을 사용하고 있다. 기존 방법에서는 온톨로지나 규칙 정보가 새롭게 갱신되더라도 이와 관련된 지식들이 추론에 즉각 반영되지 않는 문제점이 있다. 본 연구에서는 효과적인 실시간 추론을 위해, 특정 정보와 관련된 국방 의료 규칙과 국방 의료 온톨로지를 사용목적별로 분류하여 추론시 선택하여 이용하는 방법을 적용하였다. 즉, 특정 정보와 관련 없는 부분의 추론이 진행되지 않기 때문에 보다 효율적인 실시간 추론이 가능하게 된다.

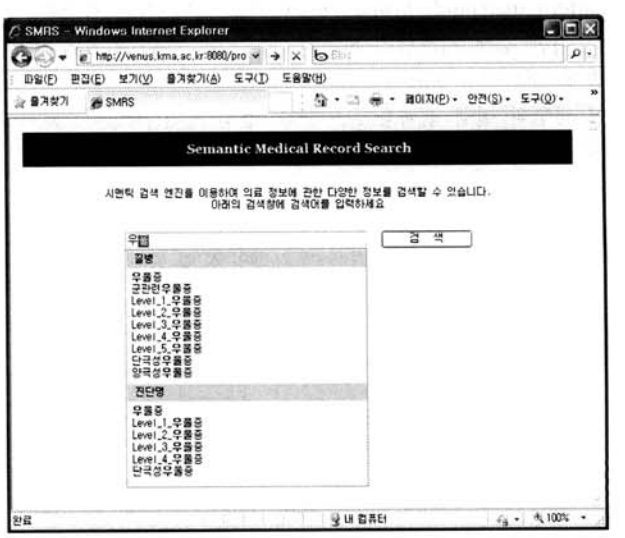
3.5 의미 기반 검색 시스템

의미 기반 검색 시스템에서는 환자 정보와 의료 정보간의 관계성을 이용한 정보 검색을 지원한다. 검색 화면에 특정 단어가 입력되면 질의 처리 레이어에서는 입력된 단어와 의미적으로 연관된 검색어를 추천한다. 사용자는 추천된 검색어 중 자신이 원하는 검색어를 선택하게 되며, 선택된 검색어는 SPARQL[19]로 변환되어 데이터베이스에 전달된다. 여기에서 SPARQL은 사용자가 찾고자 하는 의료 및 환자 정보에 관한 조건들을 트리플 구조로 질의할 수 있는 언어이다. 다시 말해, 데이터베이스에 저장된 의료 및 환자 정보가 트리플 구조로 저장되어 있기 때문에 SPARQL을 이용한 검색이 가능하다.

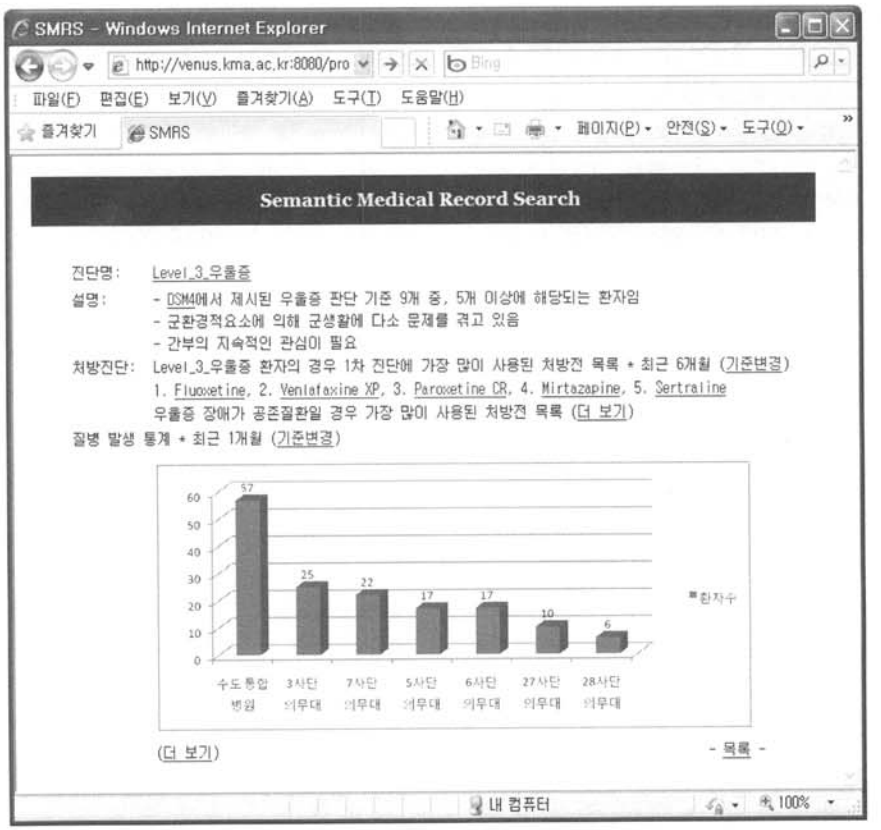
군의관이 의미 기반 검색 시스템을 이용하여 의료 정보를 검색하는 과정을 요약하면 다음과 같다. 먼저 군의관은 (그림 5)에서 보는 바와 같이 검색창에 '우울'이란 단어를 입력한다. 시스템에서는 온톨로지를 이용하여 입력된 검색어와 관련된 다양한 질의 정보를 실시간으로 추천한다. 여기에서 '우울'과 연관된 질의 정보는 질병과 진단명으로 구분되어 추천된다. 이와 같이 온톨로지를 이용한 자동 추천 기능을 통하여 군의관은 보다 편리하게 자신이 찾고자 하는 의료 정보를 검색할 수 있다.

(그림 6)은 군의관이 진단명에 있는 'Level_3_우울증'을 선택한 결과 화면을 보여준다. 군의관은 자신이 선택한 질병이 어떤 질병인지 '설명' 항목을 통해 확인할 수 있다. 그리고 최근 6개월 동안 해당 질병의 처방에 사용된 처방전 목록과 공존질환 치료와 관련된 처방전 목록에 대한 탐색이 가능하다. 또한 최근 1개월 동안 각 병원 및 의무대에서 발생된 해당 질병의 발생 건수의 확인이 가능하다.

의미 기반 검색 시스템의 효과를 검증하기 위해서 키워드 검색 방법과 의미 기반 검색 방법을 비교하는 실험을 실시하였다. 실험은 정신장애 환자 36명의 데이터를 각각 텍스트 형태와 RDF 형태로 데이터베이스에 저장한 뒤, 특정 검색어에 관한 정확률(precision)과 재현율(recall)을 평가하였다. 정확률은 검색된 결과 중 관련 정보의 포함 비율을 나타내며, 재현율은 전체 관련 정보 중 검색된 관련 정보의 비율을 의미한다. 키워드 검색은 문자열 패턴 매칭(string



(그림 5) 의미 기반 검색 시스템



(그림 6) Level_3_우울증에 관한 결과 화면

〈표 2〉 키워드 검색과 의미 기반 검색 비교

검색어	키워드 검색		의미 기반 검색	
	정확률	재현율	정확률	재현율
불안장애	100%	47.37%	100%	87.50%
정신장애	100%	13.88%	100%	86.11%
Fluvixamine	100%	64.29%	100%	93.75%
Benzodiazepines	0%	0%	100%	73.68%

pattern matching) 방법을 이용하였고 의미 기반 검색은 의미 기반 검색 시스템을 사용하였다. <표 2>는 검색어 *불안장애*, *정신장애*, *Fluvixamine*, *Benzodiazepine*에 대한 각 검색 방법의 실험 결과를 보여준다. 실험 결과 전반적으로 의미 기반 검색이 키워드 검색에 비해 재현율이 높게 측정되었다. 특히 검색어 *Benzodiazepines*와 같이 환자 데이터에는 정의되어 있지 않지만 온톨로지에 정의된 정보의 경우 의미 기반 검색 방법이 더욱 효과적임을 알 수 있다.

3.6 구현 및 구현 환경

지금까지 살펴본 군 병원을 위한 진료 의사결정지원 시스템은 현재 사용 가능한 시맨틱 웹 기술들과 오픈 소스 시스템들을 활용하여 그 프로토타입을 구현하였다. 여기서 국방 의료 온톨로지와 국방 의료 규칙은 Protégé(http://protege.stanford.edu/)로 구축하였고 환자 등록 시스템과 진료 의사결정지원 시스템은 HTML, JSP, Ajax, XSLT, Xalan-Java processor로 개발하였다. 그리고 의미 기반 검색 시스템의 일부 기능들은 구현 중에 있다. 각 레이어의 주요 기능들은 Java와 시맨틱 웹 개발 프레임워크인 Jena(http://jena.sourceforge.net/)를 활용하여 개발하였다. 추론 엔진으로는 Jena 추론 엔진과 Bossam 추론 엔진을 사용하였으며 웹 환경을 지원하기 위해 Apache Tomcat을 활용하였고 데이터베이스로는 MySQL을 이용하였다.

4. 결 론

본 논문에서는 시맨틱 웹 기술을 기반으로 한 군 병원에서의 진료 의사결정지원 시스템을 제안하였다. 이를 위해 먼저 국방 의료 온톨로지와 국방 의료 지식을 구축하는 방법을 설명하였고, 이들을 이용하여 진료 의사결정지원 시스템을 구현하였다. 또한 진료 의사결정지원 시스템을 통해 작성된 RDF 형태의 진료 기록들이 의미 기반 검색에서 어떻게 활용될 수 있는가를 보여주었다. 이를 통해, 시맨틱 웹 기술이 군 병원의 진료 시스템에 얼마나 유용하게 적용되는가를 확인할 수가 있었다.

이러한 시맨틱 웹의 적용 가능성에도 불과하고 현재 시맨틱 웹 기술을 국방의료정보체계에 전면적으로 적용하기 위해서는 다음 사항들이 고려되어야 한다. 첫 째, 기존의 국방 의료정보체계들은 서로 독립된 장소에서 운용되고 관리되었지만 시맨틱 웹 기술이 적용될 경우 웹 환경에서 각 병원들

의 진료 및 의료 정보가 통합 관리될 것으로 예상된다. 여기에서 기존의 관계형 데이터베이스 시스템에서 빠르고 안정적으로 국방의료정보들을 처리한 것처럼 웹 기반의 RDF 저장 시스템에서도 이를 지원할 수 있어야 한다. 둘 째, 시맨틱 웹 기술을 진료 체계 이외의 간호 체계, 원무 체계, 병원 관리 등으로 확장할 경우 이들 체계에서 사용되는 표준화된 용어들을 조사하여 현재 구축된 온톨로지에 확장하는 작업과 각 체계에서 사용되는 전문 지식들과 군관련 지식들도 온톨로지에 함께 추가되어야 한다. 셋 째, 추가된 전문 지식들을 지속적으로 개선하고 관리하는 방법이 연구되어야 한다.

향후 연구로는 효과적인 시맨틱 웹 적용을 위한 국방 통합 온톨로지 구축, 시맨틱 웹의 타 국방 정보체계에의 적용 방안, 도메인 규칙의 SWRL 규칙화 등에 관한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 권승재, "병영 스트레스가 군 범죄행동에 미치는 영향에 관한 연구", 동국대학교 행정대학원, 석사학위 청구 논문, 2001.

[2] 나민영, 양경용, "6단계 상향식 방법에 의한 국방 온톨로지 추출", 한국컴퓨터정보학회, 제14권 제6호, pp.17-26, 2009.

[3] 나민영, 유동희, "정보융합 및 관리개선을 위한 시맨틱 웹 적용 연구", 국방부 정책 연구, 2010.

[4] 신응섭, 김용주, 고재원, "사고예방을 위한 군 스트레스 진단도구 개발", 육군사관학교 화랑대연구소, 2007.

[5] 유동희, "시맨틱 웹 애플리케이션의 시스템 프레임워크 및 도전 과제에 관한 연구", 한국컴퓨터정보학회, 제14권 제12호, pp.255-266, 2009.

[6] Alexandrou, D., Xenikoudakis, F., Mentzas, G., "Adaptive Clinical Pathways with Semantic Web Rules," In Proceedings of the First International Conference on Health Informatics, pp.140-147, January 28-31, 2008.

[7] Antoniou, G., van Harmelen, F., "Web Ontology Language: OWL", In: S. Staab and R. Studer (eds.), Hand book on Ontologies, Springer Verlag, pp. 67-92, 2004.

[8] Berners-Lee, T., Hendler, J., Lassila, O., "The Semantic Web, Scientific American," Vol.284, No.5, pp.34-43, 2001.

[9] Colantonio, S., Martinelli, M., Moroni, D., Salvetti, O., Perticone, F., Sciacqua, A., Conforti, D., Gualtieri, A., "An Approach to Decision Support in Heart Failure," In Proceedings of the 4th Italian Semantic Web Workshop, December 18-20, 2007.

[10] Gruber, T. R., "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications," Knowledge Acquisition, Vol.5, No.2, pp.199-220, 1993.

[11] Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Bechhofer, S., Tsarkov, D., "OWL rules: A proposal and prototype implementation," Journal of Web Semantics, Vol.3, No.1, pp.23-40, 2005.

[12] Horrocks, I., Patel-Schneider, P. F., Boley, H., Tabet, S., Grosof, B., Dean, M., "SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML", W3C Member Submission 21 May 2004, http://www.w3.org/Submission/SWRL/

[13] Hussain, S., Abidi, S. R., Abidi, S. S. R., "Semantic Web Framework for Knowledge-Centric Clinical Decision Support Systems," In Proceedings of the 11th Conference on Artificial Intelligence in Medicine (LNCS 4594), pp.451-455, July 7-11, 2007.

[14] Kashyap, V., Morales, A., Hongsermeier, T., Li, Q., "Definitions Management: A Semantics-based Approach for Clinical Documentation in Healthcare Delivery," In Proceeding of the 4th International Semantic Web Conference (LNCS 3729), pp.887-901, November 6-10, 2005.

[15] Klyne, G., Carroll, J. J., "Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax", W3C Recommendation 10 February 2004, http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/

[16] McBride, B., "The Resource Description Framework (RDF) and its Vocabulary Description Language RDFS", In: S. Staab and R. Studer (eds.), Handbook on Ontologies, pp.51-66, 2004.

[17] McGuinness, D. L., Harmelen, F. V., "OWL Web Ontology Language Overview", W3C Recommendation 10 February 2004, http://www.w3.org/TR/owl-features/

[18] Miller, L., Seaborne, A., Reggiori, A., "Three Implementations of SquishQL, a Simple RDF Query Language," In Proceedings of the First International Semantic Web Conference on The Semantic Web (LNCS 2342), pp.423-435, June 9-12, 2002.

[19] Prud'hommeaux, E., Seaborne, A., "SPARQL Query Language for RDF", W3C Recommendation 15 January 2008, http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/

[20] Sheth, A., Agrawal, S., Lathem, J., Oldham, N., Wingate, H., Yadav, P., Gallagher, K., "Active Semantic Electronic Medical Record," In Proceedings of the 5th International Semantic Web Conference (LNCS 4273), pp.913-926, November 5-9, 2006.

유 동 희

e-mail : donghee.info@gmail.com

2002년 고려대학교 MIS 전공(경영학사)

2009년 고려대학교 MIS 전공(경영학박사)

2009년~현 재 육군사관학교 전자정보학과 전임강사

관심분야 : Semantic Web, Ontology, Enterprise Architecture, Decision Support System, Recommendation System 등

나 민 영

e-mail : myra@kma.ac.kr

1978년 육군사관학교 졸업

1983년 서울대학교 컴퓨터공학과

1986년 서울대학교 컴퓨터공학과(석사)

1990년 University of Florida, Dept. of Computer and Information Sciences (Ph. D.)

1995년 미 IBM Watson 연구소 객원연구원

2003년 Georgia Institute of Technology 교환교수

1986년~현 재 육군사관학교 전자정보학과 교수

관심분야 : Database Design, Distributed Database Systems, Semantic Web, Ontology, Bioinformatics Databases, Metadata Management, Data Integration 등