

온톨로지를 이용한 의약품 정보 지식의 구축 사례

손종수^o 김도형 정인정
고려대학교 컴퓨터정보학과

mis026@korea.ac.kr, gouske@korea.ac.kr, chung@korea.ac.kr

Representation of drug informations and their relations using ontology

Jongsoo Sohn^o Dohyung Kim and Injeong Chung
Dept. of computer and information science, Korea university

요 약

시맨틱 웹 및 온톨로지 기술은 인터넷에 존재하는 방대한 데이터를 자동적으로 처리하기 위한 대안으로써 다양한 분야에서 적용하기 위한 연구가 진행되고 있다. 이를 통해 각 분야에 대한 정보자원이 차츰 컴퓨터가 처리할 수 있는 형태의 웹으로 진화하고 있지만 국내의 의약품 관련 정보는 정보자원에 대한 의미적인 표현이 부족할 뿐만 아니라 주제별로 각기 다른 웹사이트들에 분산 되어, 필요한 정보들이 여러 사이트들에 중복되어 있다. 그리고 연관이 있는 정보간의 연결이 부족하여 일반 사용자뿐만 아니라 의약품 전문가들도 원하는 자료를 효율적으로 검색하고 활용하기가 쉽지 않다.

이에, 우리는 의약품 정보들의 관계를 표현하여 의약품 정보의 효율적인 검색 및 광범위한 활용이 가능하게 하기 위한 연구를 진행하였다. 본 논문에서는 한국식품의약품안전청에서 제공하고 있는 7개의 웹사이트에서 제공되는 23종의 의약품 관련 정보를 수집·분석한다. 그리고 온톨로지 기술을 활용하여 여러 웹사이트에 흩어져 있는 의약품 정보의 연결성을 분석하고 표현한다.

본 논문에서 보이는 의약품 정보 및 관계의 표현은 효율적인 의약품 관련 정보 검색에 활용이 가능하며 향후 분산된 의약품 관련 정보의 통합 및 운영에 있어 도움이 될 것으로 기대한다.

1. 서 론

2000년대 초반 이후의 인터넷의 폭발적인 성장은 오늘날 웹 2.0 서비스에 이르기 까지 다양한 종류의 미디어와 많은 양의 데이터가 존재하는 수준에 이르렀다 그리고 웹을 통해 사용자들이 활용할 수 있는 정보도 기하급수적으로 늘어났다. 그러나 상대적으로 웹 데이터와 서비스의 분류 및 검색기법은 전통적인 키워드 매칭 방법을 벗어나지 못하고 있어 늘어나는 자료에 비해 검색의 효율은 점점 떨어지고 있다 팀 버너스 리는 2001년에 정보자원을 컴퓨터가 스스로 처리할 수 있는 형태의 웹인 시맨틱 웹을 주창하였다[5]. 그 이후 시맨틱 웹은 지식표현 언어인 온톨로지와 함께 다양한 관련 연구가 이루어져왔다. 이에 따라 시맨틱 웹은 의료, 기업, 군사, 공공서비스에 이르기까지 다양한 분야에 접목되고 있다

한편, 의약품 및 의약품 관련 정보는 의사 약사, 의약품 전문가뿐만 아니라 일반인에게도 중요한 정보로 활용되고 있다. 그리고 개인에게 적합하게 맞춤형 의약 처방을 하는데 있어 생리학적으로 안전하고 효과적인 검색방법으로 의약품을 도출하는 것은 중요한 문제로 대두되고 있으며 소비자들에게도 건강의 측면에서 중요한 의약품 관련 정보는 중요하게 인식되고 있다[1].

이로 인하여 소비자들의 건강에 대한 관심에 부응하는 다양한 의약품 관련 정보가 제공되고 있으며 다양한 웹 사이트가 개발되고 있다[2]. 그리고 한국식품의약품안전

청에서도 의약품 종합 포털사이트 '이지드럭' 등 다양한 의약품 및 의약외품에 관련한 정보제공 사이트를 구축하여 운영하고 있다[7, 13, 14, 15, 16, 17]. 식품의약품안전청에서 운영하고 있는 의약품 관련 사이트들은 의약품 및 그 제조사에 대한 정보뿐만 아니라 제네릭의약품의 약품 안전성, 의약외품정보 등 의약품 회수 폐기 정보 등 의약품과 관련된 다양한 정보를 제공한다

그러나 현재 제공되고 있는 의약품 관련 사이트들은 분야별로 각기 다른 사이트에서 제공되고 있어 의약품 전문가 및 소비자들은 원하는 정보를 찾기 위하여 여러 웹 브라우저 창을 새로 열어가면서 확인해야하는 불편함이 있으며 정보의 분류별로 연관성을 확인하기 어려워 정보를 효과적으로 찾기가 쉽지 않다 그리고 비슷한 개념이 다양한 웹 사이트에서 중복적으로 사용되거나 같은 자료가 여러 웹 사이트에서 상이한 형태로 제공되어 이해의 혼란이 야기될 수 있으며 자료 공간의 낭비가 생길 소지가 있다. 또한 현재 운영되고 있는 의약품 관련 사이트들은 사용자들의 적극적인 참여가 어려운 형태로 개발되어 있어 사용자들의 참여 및 요구에 의해 동적으로 콘텐츠가 진화하기를 기대하기는 어려운 실정이다

한편, 의약품 및 생물학 관련 분야의 지식을 표현하고 처리하기 위하여 OBO(Open Biomedical Ontologies)[4]와 같은 온톨로지 언어가 개발되어 다양한 연구가 진행되고 있다. 그러나 이는 의약품 제조 기업에 대한 정보를 기술하기 어려운 면이 있으며 XML 기반의 표기체계를 갖추고 있지 않아 범용성 및 상호운용성이 상대적으로

로 부족하다.

이에 따라 본 논문에서는 1) 의약품 관련 정보의 체계적인 분류 및 연관성 확보 및 2) 의약품 관련 콘텐츠의 동적인 진화가 가능하도록 하고 3) 상호운용성을 확보하여 다양한 응용에서 활용할 수 있도록 XML기반의 W3C 표준 온톨로지 언어인 OWL(Web Ontology Language)을 이용한다. 본 논문에서 보이는 의약품 온톨로지의 생성 과정은 총 4개 단계로 이루어진다. 먼저 온톨로지의 범위를 설정하고 중요한 개념을 선정하여 핵심 개념을 확립하는 단계를 거친다. 그리고 핵심 개념들의 클래스-속성관계를 정립하여 온톨로지의 큰 틀을 작성하며 이들을 서로 연결하고 부족한 클래스와 어휘를 보충하여 최종적으로 완성된 온톨로지를 생성한다. 이 과정을 통해 만들어진 온톨로지는 의약품 및 의약외품 등에 관련된 객체와 속성을 OWL 온톨로지 기술로 도식화하여 보인다.

본 논문에서 보이는 OWL 온톨로지 기반의 의약품 관련 정보 분류와 속성의 연결을 이용하면 현재 여러 사이트로 분산되어있는 의약품 정보의 체계화에 활용이 가능하며 효율적인 의약품 관련 정보의 검색에 있어 효율성을 높일 수 있다. 그리고 온톨로지 기반의 지식 처리 및 추론기능을 활용하면 의약품 지식 정보의 자동화된 처리 및 점진적 확대에 기여하는 것이 가능하며 향후 의약품 및 그 관련 사이트들의 통합 및 개선에 활용이 가능하다.

2. 배경 및 관련연구

2.1. 의약품 관련 사이트에서의 정보 제공

현재 식품의약품안전청에서는 다양한 정보화사업을 통한 결과물로 의약품 및 그와 관련된 다양한 정보를 여러 사이트를 통해 제공하고 있다. 많은 정보가 한국식품의약품 안전청에서 제공하는 의약품 종합 포털사이트 '이 지드릭'[7]를 통해 제공되고 있지만 중복되거나 유사한 메뉴와 정보가 산재되어 있다. 또한 일반 사용자, 기업, 의약품 전문가 등과 같은 다양한 사용자들에게 정보를 제공하고 있으나 정보와 정보 사이의 연결성이 명확히 정의되어 있지 않아 여러 사이트를 돌아다니며 자료를 검색해야 하는 불편함이 있다. 또한 여러 의약품 관련 사이트들에서 정보를 제공하기 때문에 사용자가 원하는 정보를 찾기가 쉽지 않다.

따라서 본 논문에서는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 한국식품의약품안전청에서 제공하고 있는 7개의 웹 사이트[7, 13, 14, 15, 16, 17, 18]와 23종의 의약품 관련 정보들을 기반으로 의약품 및 기업정보, 화장품 정보, 생약정보를 체계적으로 정리하고 관계를 설정한다.

2.2. 시맨틱 웹 및 온톨로지

시맨틱 웹은 사용자가 원하는 정보를 웹 상의 많은 정보들 속에서 빠르고 정확하게 찾아 활용할 수 있도록 2001년 팀 버너스리(Tim Berners-Lee)가 제안한 시스템이다[5]. 시맨틱 웹은 컴퓨터가 스스로 정보의 의미를

판단하여 처리할 수 있도록 고안된 것이며 이러한 시맨틱 웹의 핵심 기술 중의 하나가 온톨로지이다.

온톨로지는 특정 분야의 정보를 개념화하기 위해 명시적으로 정형화한 명세[6]이며, 인터넷과 같이 이기종 분산환경에서 자료를 공유하고 재사용할 때 자료들 사이의 관계와 의미 정보를 기계가 이해하고 처리할 수 있도록 고안한 지식 표현 방법이다.

온톨로지를 구축하기 위한 마크업 언어들에는 여러 종류가 있지만 본 논문에서는 RDF/OWL을 사용하여 온톨로지를 구축하였다. OWL(Web Ontology Language)[6]은 현재 W3C에서 표준으로 지정된 XML기반의 온톨로지 언어이며 다양한 연구자와 기업에서 지식표현 언어로 활용되고 있어 범용성이 높다.

2.3. 관련 연구

의약품 및 의약 분야에서 시맨틱 웹 및 온톨로지 기술은 다양한 연구에서 활용되고 있으며 최근에 들어 바이오 정보기술, 의약 정보기술 분야에서 온톨로지를 이용한 역학관계 추론에 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 절에서는 온톨로지를 활용한 의약 관련 분야의 연구를 살펴보고 토의한다.

GO(Gene Ontology)[8]는 생물의 종(種)과 데이터베이스들의 전역에 걸친 유전자와 유전자 제품 속성의 표현을 표준화하는 것을 목표로 하는 생물 정보학 연구의 결과물이다. 이 프로젝트는 유전자 정보들에 접근하고 가공할 수 있는 도구뿐만 아니라 유전자 상품 특징을 설명하기 위한 어휘의 용어 관리와 GO 컨소시엄 구성원들이 작성해 놓은 유전자 상품 주식 데이터를 제공한다. 그러나 GO에서는 유전자 정보에 대한 온톨로지로서 의약품과 기업에 대한 관계 표현은 상대적으로 부족한 면이 있다.

OBO(Open Biological and Biomedical Ontologies)[7]는 생물학/의학 온톨로지들을 만들 수 있도록 제공되는 어휘집이다. OBO는 생물 의학 분야에서 공동으로 이용이 가능할 참조 온톨로지들을 만드는 것을 목적으로 한다. OBO의 어휘에는 생물학적 처리 해부, 생화학 등 여러 분야의 인플루엔자 온톨로지, 백신 온톨로지 등과 같이 다양한 온톨로지들이 제공된다.

뿐만 아니라 생물학 및 의학 분야에서 생물학적 정보나 명칭 정보들에 대한 다양한 온톨로지들이 만들어지고 공유되고 있다[9, 10, 11, 12]. 그러나 대부분의 관련 온톨로지들은 백신 및 유전자정보 등 생물학적 특성과 관련 약의 효능에 대하여 기술되어 있어 의약품의 제조 기업 및 허가정보, 회수폐기정보와 같이 기업 및 민원과 관련된 정보의 표현은 부족하다. 따라서 본 논문에서는 의약품 및 기업, 민원정보들을 대상으로 하여 의약품의 명칭 및 성분들에 관한 정보뿐만 아니라 기업에 관한 정보까지 포함하여 온톨로지를 생성한다.

3. 의약품 정보 및 관계의 표현

3.1. 온톨로지 생성의 범위

본 논문에서 보이는 의약품 관련 정보는 다음의 표1에서 보이는 바와 같이 현재 한국 식품의약품안전청에서 운영하고 있는 웹 사이트들에서 제공하고 있는 정보들이다. 우리는 이 의약품 관련 사이트들에서 제공하고 있는 데이터의 연관성을 추출하고 이를 기반으로 온톨로지를 생성한다.

표 1 의약품 정보 제공처 및 그 내용

의약품 정보 제공처	정보의 내용
http://ezdrug.kfda.go.kr	의약품 제품 정보
http://ezdrug.kfda.go.kr	업허가 번호
http://www.kfda.go.kr	행정처분업체정보
http://www.kfda.go.kr	행정처분품목정보
http://www.kfda.go.kr	안전성유효성 심사결과
http://addrug.kfda.go.kr	첨가제 정보
http://addrug.kfda.go.kr	첨가제 안전성 정보
http://addrug.kfda.go.kr	첨가제 국내 사용 현황
http://addrug.kfda.go.kr	첨가제 국외 사용 현황
http://ezdrug.kfda.go.kr	임상정보
http://ezdrug.kfda.go.kr	임상시험정보
http://ezdrug.kfda.go.kr	임상시험기관정보
http://ezdrug.kfda.go.kr	의약품 재심사 정보
http://betest.kfda.go.kr	생동성 시험 정보
http://ezdrug.kfda.go.kr	회수 폐기 의약품 정보
http://ezdrug.kfda.go.kr	제네릭 의약품 정보
http://opendrug.kfda.go.kr	의약외품 정보
http://opendrug.kfda.go.kr	의약외품 원료 규격
http://ezcos.kfda.go.kr	화장품 제품정보
http://ezcos.kfda.go.kr	화장품 업체정보
http://ezcos.kfda.go.kr	화장품 원료 기준 정보
http://ezcos.kfda.go.kr	화장품 보고제품 정보
http://herbmed.kfda.go.kr	생약 정보

3.2. 온톨로지의 설계 및 생성

본 논문에서는 의약품 및 의약품 민원 상태 의약품 제조 기업에 관한 지식을 효과적으로 기술하기 위하여 그림 1과 같이 네 단계의 과정을 거친다



그림 1 온톨로지 생성의 4단계

1단계 : 온톨로지의 범위 설정

본 논문에서 보이고자 하는 온톨로지는 의약품 정보 및 의약품 제조 기업 의약품 관련 민원 정보에 대한 온톨로지이다. 이에 따라 표 1에서 보인 바와 같이 7개의 웹 사이트에서 23종의 의약품 관련 정보를 수집하였다 그리고 수집한 의약품 정보에서 중복되는 정보를 통합하여 다음 표 2와 같이 분류하였다.

표 2에서 보이는 정보의 분류는 2차분류를 기준으로 각각 온톨로지에서 하나의 클래스로 표현하며 이들간의 공통분모를 모아 1차분류를 만들고 세부적인 정보를 3차분류로 표현한다. 1차분류에서 의약품 공통정보는 의약품 민원사항과 관련하여 공통적으로 지니는 항목을 보인다. 그리고 1차분류의 의약품은 약품, 의약외품, 화장품, 생약을 모두 포함한 개념의 의약품이며 1차분류 중 기업은 의약품 관련 제품을 생산하는 기업의 공통정보를 보인다.

표 2 의약품 정보의 분류

1차분류	2차분류	3차분류
의약품 공통정보	제조코드	
	허가번호	
	허가분류	
	분류번호	
	성상	
	허가날짜	
	보관방법	
	의약품	이름
기업	보험정보	단위 표준 보험액
	검사기간	
	합량	
	전문/일반정보	
	제조분류	
	재심사	
	제품분류	
	주의사항	
	신약	
	포장단위	
	재검사여부	
	효능효과	
	제네릭의약품	제네릭의약품 대조약
기업	기업명	
	기업분류	
	전화번호	
	주소	
	허가번호	
대표자명		

2단계 : 핵심개념 확립

2단계에서는 위 1단계에서 보인 의약품 정보의 분류를 기초로 가장 핵심적인 개념을 그래프로 나타내어 표현한다. 표 2에서 보이는 바와 같이 1차 분류에 해당하는 개

념에 대해 클래스 관계를 설정한다 그림 1은 1차분류 중에 의약품 공통정보에 해당하는 개념의 관계표현도 이다.

그리고 1차분류에서 의약품은 두 개의 3차분류를 가진 클래스가 있지만 이는 국/영문이름, 보험정보의 속성 등으로써 클래스 관계보다는 속성 관계이다 따라서 2단계 핵심개념 확립에서는 의약품에 대한 3차분류는 제외하며 이는 3단계에서 보인다. 그림 2와 3은 의약품에 대한 관계표현이며 그림 4는 기업에 대한 관계표현이다

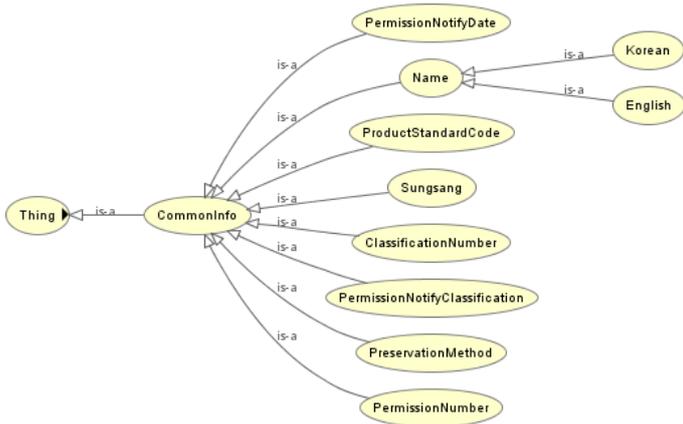


그림 2 의약품 일반 정보

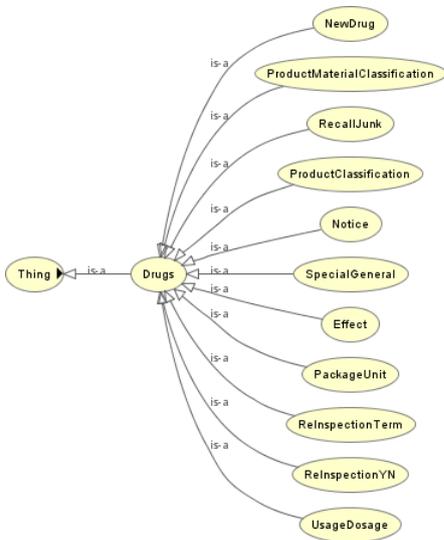


그림 3 의약품 정보

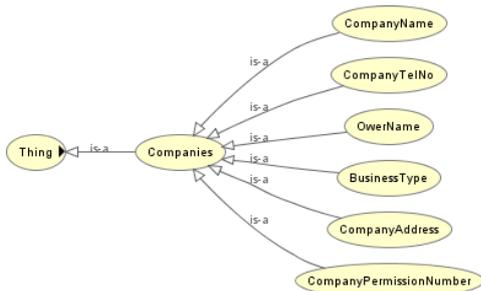


그림 4 기업 정보

3단계 : 클래스-속성 관계 설정

3단계에서는 위 2단계에서 보인 핵심 개념에서 보이지 않았던 클래스와 클래스 간의 속성 관계를 보인다. 아래 그림 4는 약품과 화장품의 속성 관계를 표현한 예제를 보인다. 화장품은 공통정보에서 정보를 이양받으며 약품은 성분정보와 보험정보를 각각 속성(hasAttribute)으로 갖고 있음을 보인다. 그리고 약품에는 대조약의 복제약인 제네릭 의약품, 대조약, 일반약품으로 분류될 수 있으므로 약품의 하위클래스(subClassOf)로 대조약과 제네릭의약품을 설정한 것을 보인다 마지막으로 그림 5의 좌측 하단부에서 기업 클래스는 화장품과 약품의 생산자이므로 'producedBy' 관계임을 보인다

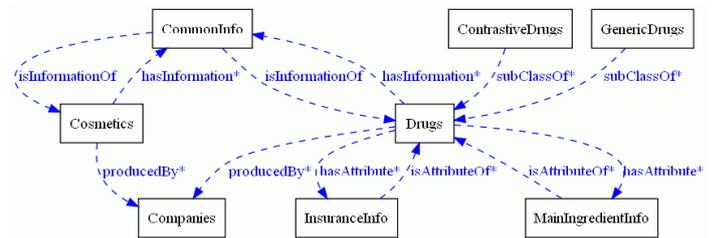


그림 5 속성관계의 표현

4단계 : 온톨로지의 생성 및 보완

4단계에서는 위 1에서 3단계까지의 결과물을 통합하고 보완한다. 이를 위하여 2단계에서 보인 핵심 개념들을 연결하며 3단계에서 보인 속성관계를 포함시킨다 그리고 핵심관계 외에 포함되지 않았던 보험 상세 정보 및 의약품의 국영문 명, 성분정보를 추가하여 완전한 형태의 온톨로지를 생성한다. 그림 6는 4단계에서 온톨로지 생성 및 보완을 통해 생성된 의약품 온톨로지의 전체 그래프이다.

4. 구현

본 논문에서 보인 의약품 온톨로지는 Protege 4.1을 이용하여 개발하였다. Protege는 미국 스탠포드대학교에서 개발한 온톨로지 제작 도구로써 온톨로지의 제작 뿐만 아니라 SparQL, DLQuery 등 다양한 온톨로지 질의언어를 제공하며 내장 추론기를 탑재하여 온톨로지 추론에 있어서도 좋은 성능을 보인다. 그림 7은 Protege를 이용한 의약품 온톨로지 생성의 예제를 보인다

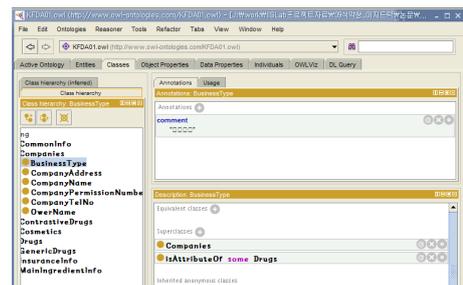


그림 7 Protege 4.1.

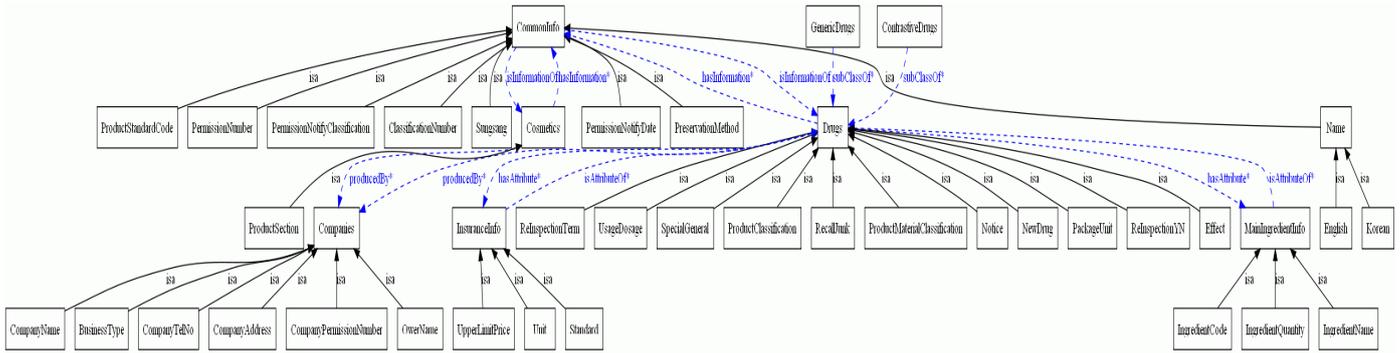


그림 6 의약품 온톨로지

본 논문에서 보인 온톨로지는 웹 사이트를 통해 제공 (<http://iis.korea.ac.kr/kfda/ontology/KFDA01.owl>) 하여 의약품과 관련된 다른 연구에서 활용할 수 있도록 하였다. 그리고 의약품 온톨로지의 클래스 및 속성 상세에 관한 상세 페이지(<http://iis.korea.ac.kr/kfda>)를 제공하여 누구나 온톨로지를 활용한 의약품 정보 연관성을 활용할 수 있도록 하였다. 다음 그림 8은 의약품 온톨로지의 상세문서이다.

여 의약품 온톨로지를 서로 중복이 되는 의약품 정보를 최소화시켰으며 정보자원간의 관계를 체계적으로 정립하였다. 그리고 개발된 의약품 온톨로지는 웹 사이트를 통해 누구나 활용할 수 있도록 하였으며 온톨로지의 클래스와 속성에 대한 상세에 관한 웹 사이트를 개발하여 다른 연구자 및 개발자들에게 효율적으로 사용될 수 있도록 하였다.

본 논문에서 보인 의약품 온톨로지는 XML 형식으로 기술되지 않은 GO와 그 관련 연구들과는 달리 XML 기반의 W3C 표준 온톨로지 언어인 OWL을 활용하여 의약품과 그 관련 정보를 기술하였다 그리고 다른 생물학, 의학 분야에서 개발된 온톨로지들과는 달리 의약품의 제조 기업에 대한 정보 및 그 민원처리에 대한 정보를 포함하여 일반인들의 건강한 생활에 도움을 줄 수 있도록 하였다.

XML 기반의 OWL 온톨로지 언어는 XML의 장점을 그대로 이양 받아 프로그래밍 언어에 관계없이 데이터를 활용할 수 있으며 시스템의 종류 및 버전에 관계없이 사용할 수 있는 장점을 지닌다 그리고 OWL은 클래스와 클래스 간의 관계와 속성표현을 명시적으로 나타낼 수 있는 도구를 제공하며 SparQL, DL Query 등과 같은 기술로직 기반의 질의 언어를 활용하여 지식을 추론 할 수 있는 기반을 제공한다 따라서 본 논문에서 보인 의약품 온톨로지를 활용하면 다양하고 복잡한 관계를 갖고 있는 의약품 관련 정보를 명확하게 나타낼 수 있으며 효율적인 정보검색이 가능하다 또한 향후 식품 의약품안전청의 정보시스템 통합 및 개선에 있어서 정보제공 방법의 가이드라인이 될 수 있으며 웹.0 기반의 사용자 참여형 서비스제공을 할 수 있는 토대로 활용이 가능하다.

본 논문에서 보인 온톨로지의 생성 과정과 그 결과물을 향후 온라인 온톨로지 공유 시스템 DBpedia[19]의 데이터와 연동시켜 더 풍부한 어휘를 갖는 온톨로지 발전에 시키기 위한 연구를 진행할 예정이다

참조 문헌

[1]Evans WE, Relling MV, Moving towards individualized medicine with pharmacogenomics, Nature, 2004;429-464
 [2]Tyson TR,Booth-ClibbornN,Oliver S. Consumer

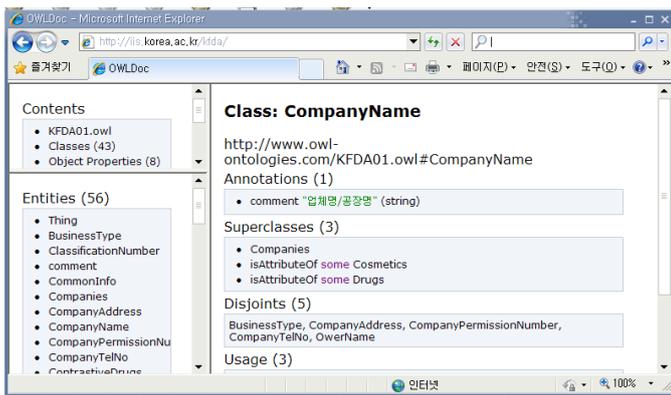


그림 8 의약품 온톨로지 상세 문서

5. 결 론

오늘날 의약품 및 의약품과 관련된 기업 보험 정보 등은 의약품 전문가나 관련 기업뿐만 아니라 일반인에게도 중요한 정보로 인식되고 있다 이에 따라 국내외의 많은 정부기관 및 민간단체에서는 의약품과 그 효능 및 성상에 대한 정보를 웹 사이트를 통해 공개하고 있는 추세이다. 그러나 국내에 제공되고 있는 의약품 정보 웹 사이트에서는 분야별로 별도의 홈페이지로 운영되고 있어 정보가 분산되고 중복되는 정보가 일괄적으로 관리되지 못한 채 운영되고 있는 실정이다 이에, 본 논문에서는 의약품과 그 관련된 정보들에 대한 정리를 보였으며 이를 토대로 의약품 온톨로지를 개발하였다

우리가 개발한 의약품 온톨로지는 온톨로지의 범위를 설정하는 것을 시작으로 핵심개념을 확립하고 클래스 속성 관계를 정립하여 온톨로지를 생성하는 네 개의 단계를 거쳐 생성되었다. 이 네 단계를 순차적으로 진행하

- health information needs to be rigorous, complete, and relevant. *BMJ* 2000;321(7255):240
- [3]Anderson, P. (2007, February). What is Web 2.0? Ideas, Technologies and Implications for Education.
- [4]Smith B, Ashburner M, Rosse C, et al. The OBO Foundry: coordinated evolution of ontologies to support biomedical data integration. *Nat Biotechnol* 2007;25:1251 - 5.
- [5]T.Berners-Lee, J.Hendler, and O.Lasilla "The Semantic Web", *Scientific American*, May 2001
- [6]Villanueva-Rosales N, Dumontier M. Describing chemical functional groups in OWL-DL for the classification of chemical compounds. *OWL Experiences and Design*. Austria: Innsbruck, 2007.
- [7]식품의약품안전청 의약품사이트
<http://ezdrug.kfda.go.kr/>.
- [8]The Gene Ontology (GO) project in 2006. *Nucleic Acids Res* 2006, 34:D322-326
- [9]Coulet A, Smail-Tabbone M, Napoli A, et al. Suggested ontology for pharmacogenomics (SO-Pharm): modular construction and preliminary testing. In: *OTM 2006 Proceedings*. Berlin/Heidelberg: Springer, 2006; 648 - 57
- [10]Coulet A, Smail-Tabbone M, Benlian P, et al. Ontology guided data preparation for discovering genotypephenotype relationships. *BMC Bioinformatics* 2008; 9(Suppl 4):S3.
- [11]Dumontier M, Faizan M, Obeng J, et al. Modeling the pharmacogenomics of depression. In: *Semantic Web for Health Care and Life Sciences Workshop*. Beijing: China, 2008.
- [12]Villanueva-Rosales N, Osbahr K, Dumontier M. Towards a semantic knowledge base for yeast biologists. In: *First International Workshop on Health Care and Life Sciences Data Integration for the Semantic Web (HCLS 2007)*. Alberta: Banff, 2007.
- [13]식품의약품안전청 첨가제정보
<http://addrug.kfda.go.kr>
- [14]식품의약품안전청 의약외품정보
<http://opendrug.kfda.go.kr>
- [15]식품의약품안전청 화장품정보 <http://ezcos.kfda.go.kr>
- [16]식품의약품안전청 생물학적동등성 평가
<http://betest.kfda.go.kr>
- [17]식품의약품안전청 생약정보
<http://herbmed.kfda.go.kr>
- [18]식품의약품안전청 <http://www.kfda.go.kr>
- [19]S. Auer, C. Bizer, G. Kobilarov, J. Lehmann, R. Cyganiak, and Z. Ives. *DBpedia: A Nucleus for a Web of Open Data*. 6th International Semantic Web Conference, November 2007.