의학분야의 온토로지 시스템 비교분석

Comparative Analysis of Medical Ontology System

이현실, 원광대학교 중앙도서관
이두영, 중앙대학교 문헌정보학과

Hyun-Sil Lee, WonKwang University Central Library
Too-Young Lee, ChungAng University Dept. of Library Science

미래의 정보시스템에서는 온토로지가 핵심적인 역할을 할 것이다. 최근 의학분야에서도 임상의 지식관리와 의학정보검색의 효율화를 위해 온토로지에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 본 연구는 의학 분야에서 개발된 온토로지를 비교 분석하여 특징을 파악하고 의학정보시스템의 활성화를 위한 온토로지 구축의 방향을 제시하고자 하였다.

1. 서론

정보량의 증가와 웹기술의 발달로 정보혁명의 시대를 맞이하였다. 그래서 많은 양의 정보에 쉽게 접근할 수 있고, 인터넷은 정보처리의 기반이 되고 있다. 그러나 지금까지의 웹은 정보표현능력은 뛰어나지만 지식표현 능력은 부족하여 정확한 정보의 검색이나 내포된 지식의 자동추론이 어렵다. 그래서 정보의 구조화와 의미 표현을 중시하는 의미웹(Semantic web)으로의 전환이 필요하고, 의미웹은 도메인 이론을 수반하여 의미에 기초한 자동화된 서비스를 제공하는 온토로지를 통해서 잘 실현된다.

특정분야에 대한 정보검색은 지금까지 통제어휘집인 시소러스나 분류표 등이 탑재된 정보시스템을 이용하여 주제에 접근하였다. 이러한 시스템은 특히 의학정보에서 많이 활용이 되었으나, 그 기능이 제한적이어서 효과적인 정보검색은 물론 지식관리를 위한 지식베이스의 구축이 어렵고, 웹의 발달로 쉽게 접근할 수 있는 다른 시스템들과의 호환에 문제가 있었다. 그런데 온토로지가 이러한 문제의 해결방안이 되어, 임상의 표준적인 지식관리와 효율적인 의학정보서비스를 제공하는 정보시스템으로 의학분야에서 다양하게 개발되고 있다. 그래서 온토로지는 문헌정보학에서 정보서비스에 관한 중요한 연구주제로 대두되었다. 따라서 본 연구는 의학분야에서 개발한 온토로지를 대표적인 시스템인 MeSH, UMLS, ON9, GALEN을 비교 분석함으로써 의학분야의 온토로지 특성을 파악하고, 의학에 관련된 분야의 지식관리와 정보서비스를 향상시키는 미래의 정보시스템으로 온토로지 구축의 방향을 제시하고자 한다.

2. 온토로지의 개요

정보시스템은 현실세계 시스템을 인공적으로 표현하고 있고, 세상의 기본적인 특질을 다루는 철학의 이론인 온토로지는 정보시스템 모델의 기초가 된다. 1990년대 초부터 인공지능 분야에서는 지식설계, 자연어처리 그리고 지식표현 등을 위해 온토로지를 본격적으로 연구하기 시작하였다. Neches(1991) 등은 온토로지를 "특정분야의 용어 그리고 그 용어들간의 관계 정의는 물론 용어의 조합규칙과 용어의 확장에 대하여 정의한다"고 하였고 Borst는 "공유된 개념의 형식 명세"라고 하였다. 온토로지의 목적은 특정 분야의 지식을 포착하고 공통적으로 합의된 이해를 제공하는 것이다.

인간과 컴퓨터 모두를 고려하여 만들어진 온토로지는 관련된 데이터베이스에서 의미관계를 획득함으로써 개념은 물론 키워드를 조직하는데 매우 효과적으로 사용될 수 있다. 그리고 인간전문가의 기술을 모델한 지식표현 기술인 의미웹을 이용하여 특정분야의 지식 공유와 공통적 이해를 포착하여 지식의 검색을 가능하게 한다. 그래서 온토로지는 지식의 관리와 이용자 중심의 서비스를 향상해야 하는 미래의 정보시스템에 적합하다.

현재의 정보시스템은 이용자 서비스의 향상을 위하여 변화되어야 한다. 키워드-기반의 검색은 원하는 내용에 대해서 동일한 의미를 가진 다른 용어를 가지고 정보를 찾기가 어렵고, 다른 의미로 사용된 관련 없는 정보를 추출한다. 또한 이용자가 검색에 대한 상세한 지식이 없이 목적에 맞는 질의를 잘 구성하기도 어렵다.

온토로지 개발은 문헌 검색에서 이와 같은 문 제를 해결한다. 온토로지는 키워드 질의 대신에, 개념을 가지고 다양한 질의를 생성하여 정보검색의 정확율과 재현율을 높여줄 뿐더러 검색작업을 병렬화하기 때문에 인터넷의 속성에 잘 어울린다.

지금까지 주제접근에 유용하게 사용되어온 시소러는 용어의 관계가 보통 동등, 계층, 연관관계로 단순하게 표현이 되며 관계에 대한 정의도 분명치 않다. 그래서 시소러스는 탐색의 확장이 어렵다. 또한 특정 데이터베이스에 한정되어 분산환경에서 호환성의 문제가 있다. 메타데이터로서 온토로지는 표준화한 개념을 이용하여 검색절차의 정제와 확장은 물론 시스템간의 상호운영성을 제공한다.

온토로지를 이용하는 장점은 첫째, 가치매핑의 제공이고 둘째, 그래픽표현에 어울리고, 셋째, 질의 형성에 적합하고, 넷째, 다양한 추상레벨을 보여주는 능력과 단계적으로 확대하는 능력이 있다는 것이다. 그래서 온토로지는 정보의 검색시스템에 많이 응용되고 있고, 새로운 지식의 추론과 이용자 중심의 상호성을 제공하므로 고도의 지식표현 언어와 추론메커니즘을 가진 지식관리 시스템에도 적합하다.

3 온토로지의 구성

온토로지는 특정분야에 대한 공통의 어휘를 제공하고 용어의 의미와 용어간의 관계를 다양한 수준의 형식성을 가지고 정의한다. 온토로지에서 지식은 주로 클래스, 관계, 함수, 공리, 인스턴스의 다섯 가지 요소를 이용하여 형식화되는데, 이 요소들은 다음과 같이 정의된다.

▶ 클래스(Class) : 개념이 클래스에 해당되는데, 클래스는 보통 분류로 조직화된다. 개념의 의미는 광범위하여 언급될 수 있는 것이라면 모두 묘사할 수 있다.

▶ 관계(relation) : 관계는 개념들 사이에 상호관계의 유형을 표현한다. 관계(R)는 n개 집합의 곱에서 부분집합으로 정의된다.

관계의 정의 R: C1 x C2 x ... x Cn

이진관계의 예로는 subclass-of 와 connected-to 가 있다.

▶ 함수(Functions) : 함수는 관계의 특별한 경

우로 관계가 값을 가질 때 성립한다.

함수의 정의 F: C1 x C2 x ... x Cn-1→Cn 함수의 예로 Mother-of와 Price-of-a-used-car가 있는데, Price-of-a-used-car(F)의 경우 중고차의 가격을 차모델(C1), 년식(C2), 주행거리(C3)에 따라서 계산할 수 있다.

▶공리(Axom) : 논리의 전개나 추론의 기저로 '참'이라고 인정되는 문장이다. 공리는 온토로지 요소의 의미정의, 속성값의 제한규정, 관계의 논항(argument) 등 여러 목적으로 활용되며, 온토로지에서 정의한 정보의 정확성을 검증하거나 새로운 정보를 추론하는데 이용된다.

▶ 인스턴스(Instance) : 인스턴스는 특정요소의 표현, 즉 요소의 실례를 나타내는데 사용된다.

반드시 이 다섯 가지 요소가 포함되어야 온토로지가 성립되는 것은 아니다. 단지 이러한 구성요소를 갖춤으로서 보다 형식적인 온토로지가 된다. 이 형식성은 온토로지가 지식을 설계하고 표현하는데 있어서 중요한 역할을 하는데, 정의된 방법으로 지식을 이용하고 추론하기 위해서는 지식을 표현하는 언어가 있어야 한다. 지식표현은 보통 서술논리와 프레임을 이용하는데 서술논리는 개념과 개념의 계층구조에 관한 지식을 표현을 잘 표현한다. 온토로지 구현언어는 이러한 기능을 지원할 수 있게 만들어진다.

온토로지의 구성요소를 갖춘 명백한 형식의 온토로지는 그 형식성의 정도에 의해 어휘가 만들어지고 규정된 의미는 다양하게 변화된다. 온토로지는 목적에 따라서 여러 종류로 개발될 수 있고 일반성의 수준 또는 형식화의 정도에 따라서 여러 유형으로 구분할 수 있는데 수행하는 작업의 성격에 따라 온토로지의 종류을 다음과 같이 나눌 수 있다.

▶ 상위-수준 온토로지(Top-level ontology) : 매우 일반적인 개념을 묘사하며, 다양한 커뮤니티를 위하여 통일된 상위-수준에서 온토로지에 대한 이론을 제공한다

▶ 도메인 온토로지(Domain ontology) : 특정분야에 대한 개념들을 제공하는데, 개념을 규정할 때 더욱 정제된 정의를 요구한다.

▶ 과제 온토로지(Task ontology) : 과제나 활동을 서술하는데 있어, 일반 또는 도메인 영역에서 사용하는 언어를 재사용하여 상위-수준 온토로지에 도입하여 사용한다.

▶ 응용 온토로지(Application ontology) : 특정 도메인과 과제 모두에 종속되는 개념을 묘사하는 온토로지의 특수화이다.

이외에도 형식화의 유형에 따라서 비형식적 온토로지 레포지터리(Informal ontological repositories), 공리화한 분류(Axiomatized taxonomy), 온토로지 라이브러리(Ontology Library), 표현온토로지(Representation ontologies), 일반온토로지(Generic ontologies), 중개온토로지(intermediate ontologies)로 더 구분할 수 있다. 비형식적 온토로지 레포지터리는 분류되지 않고 공리(axioms)가 없으며, 용어의 해석이 아닌 표준화한 용어의 목록으로 연구소의 보고서에 사용되는 용어의 예를 들 수 있다. 표현온토로지는 개념화를 규정하는데 지식표현 형식의 기초가 되며. 일반온토로지는 개념화의 일반적이고, 기초적인 측면과 관련된다. 중개온토로지는 도메인의 일반적인 개념과 관계를 가지고 도메인 온토로지와 일반 온토로지 사이에서 인터페이스로 사용된다.

4. 의학분야의 온토로지 시스템 분석

1990년대 후반, 국제의학정보협회인 WG6는 의료 정보시스템에서 개념과 지식 그리고 기술언어에 대한 권고가 있었는데, 내용은 의학지식을 공유하고, 현재의 용어에 대한 구문의 가능성을 개척하는 방법을 찾아야 한다는 것이다. 의학정보가 환자치료의 과정에서 의료인들에게서 얻어지는 정보가 핵심이 되어 미래의 치료를 위한 지식관리 시스템이나 다른 응용에

재사용 되어야 한다.

온토로지는 정보서비스의 향상은 물론 이와 같이 의학 지식관리 시스템에서 지식수집의 안내로서 사용되고 지식베이스의 일관성을 향상시킬 수 있는 한 방법으로 연구되고 있다. 따라서 의학분야의 온토로지에 대한 실제 사례를 조사하여 그 특징을 파악하는 것은 의학분야에서 개발되고 있는 온토로지에 대한 이해의 기반이 될 것이다. 그래서 앞에서 간략하게 기술한 온토로지의 이론에 입각하여 각 온토로지에 대한 개괄적인 소개와 핵심내용을 설명하고, 4개의 의학 온토로지의 비교하여 그 특징을 제시하고자 한다. 비교 기준점은 온토로지를 구성하는 중요한 사항들과 4개의 온토로지가 포함하고 있는 요소를 참고로 첫째, 온토로지 개발의 목적. 둘째, 사용하는 기본엔트리. 셋째, 사용하고 있는 개념의 수. 넷째, 핵심적인 관계. 다섯째, 공리의 사용 여부. 여섯째, 지식의 표현 여부와 방법. 일곱째, 온토로지를 구현하는 언어. 여덟째, 해당되는 온토로지의 유형이다.

4.1 MeSH

MeSH는 미국 국립의학도서관(NLM)의 통제어휘 시소러스이다. 시소러스는 "광의어(broader-than)," "협의어(narrower-than), 관련어(related)"에 의해 연결되는 용어의 집합을 구성한다. 이러한 연결은 관련된 용어간의 관계를 보여주고 협의에서 광의까지 상세하게 탐색할 수 있는 계층적인 구조를 제공한다.

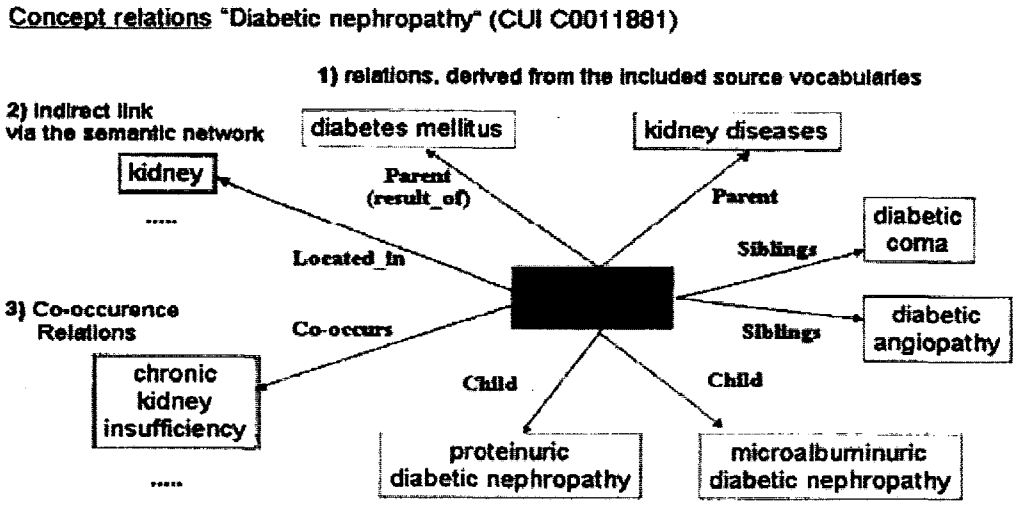
MeSH는 메타데이터로서 의미적인 용어를 표준화하기 위해 지식분야를 서술하는 개념, 용어와 용어의 관계를 수집한다. Medline의 문헌이 단순한 문헌 참조보다 많은 정보를 제공하는 것은 용어관련 필드가 문헌의 의미(Semantic Data)를 제공하기 때문이다. 18000 카테고리로 만들어진 의학 온토로지로서 MeSH의 계층구조는 복합적인 수목도(polytree)로 표시되는데, MeSH 객체는 다음과 같은 속성을 가지고 있다.

Name : 용어의 명칭
Definition : 의학적 정의
Relation Terms : 용어와 관련된 다른 용어
Subheading : 용어의 의미를 한정하고 보충하는 부표목
Position on the polytree : 용어의 위치에 관한 부모와 자식

MeSH의 가장 일반적 수준의 계층적 구조 최상위는 "Anatomy," "Organisms", "Diseases", "Chemicals and Drugs", "Psychiatry and Psychology"와 같은 일반적인 광의의 표목이 알파벳으로 식별자 값을 가지고 협의어인 특수한 표목으로 계층구조를 따라 전개된다. 그러나 트리구조는 복합적이고, 관계의 의미는 '협의어와 광의어'의 관계를 벗어나지 못한다. 그리고 일반화(Generalization : IsA)와 집단화(Aggregation : Part of)에 대한 구별없이 정의된 관계는 의미적으로 모호한 경우가 많다. 또한 온토로지의 형식논리 미흡으로 추론을 제공하지 못한다. 그래서 MeSH는 문헌의 검색과 색인에는 유용하지만 임상적인 요구에는 충족되지 못한다.

4.2 UMLS

UMLS(Unified Medical Language System)는 미국국립도서관(NLM)에서 의학개념의 통합을 위하여 1986년부터 개발하기 시작한 시스템이다. UMLS는 메타시소러스(Metathesaurus), 의미망(Semantic Network), 전문가 사전(Specialist lexicon)의 세 종류 지식소스로 구성된 온토로지 시스템이다. 메타시소러스는 생의학적 개념, 개념에 해당하는 다양한 명칭, 개념간의 관계에 대한 의미적 정보를 가지고 있다. 의미망은 메타시소러스에 지정된 모든 개념에 대한 일반적인 범주 혹은 의미적 유형의 네트웍이다. 전문가 사전은 메타시소러스에 있는 개념명을 구성하는 대다수의 생의학 용어에



<그림 1> UMLS의 개념관계 (Ingenerf)

대한 구문론적인 정보를 가지고 있다.

<그림 1>은 "Diabetic nephropathy"의 개념관계를 예시한 것이다. 1)은 일반화(IsA) 유형이다. 그래서 상위개념인 부모(Parent)관계와 하위개념인 자식(Child)관계, 같은 부모를 가진 형제(Siblings)관계를 보여준다 2)와3)은 연관(associated with)의 유형이다. 2)는 의미망을 통한 공간적인 위치의 연결을 3)은 역시 의미망을 통해 일시적으로 관련되는 共起(Co-occurence) 관계를 나타낸다.

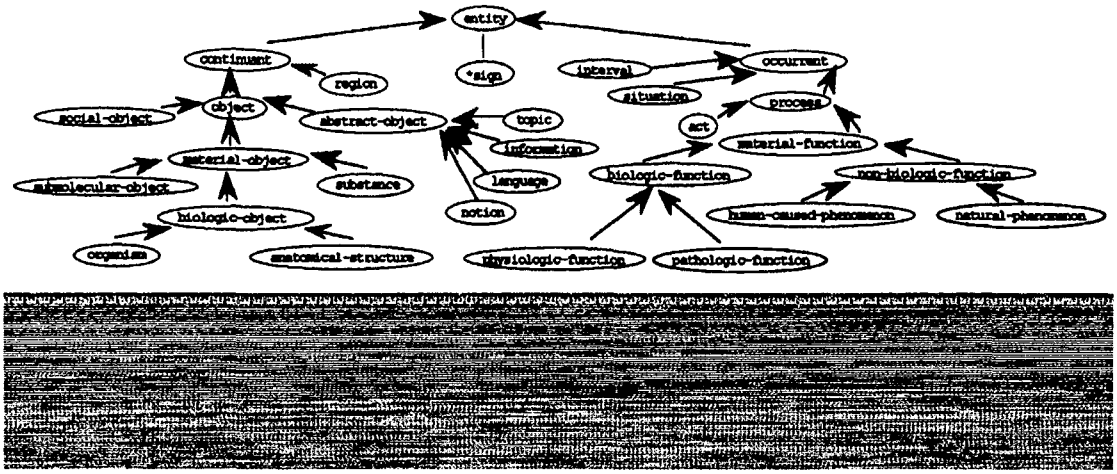
UMLS는 기존의 어휘를 추가된 값(Value)을 가지고 개념으로 통합하여 결합한다. 그래서 기본 엔트리를 단어나 용어가 아닌 개념을 이용한다. UMLS는 디스크립터 또는 통제어를 지정하지 않고 같은 의미에 속하는 용어를 서로 연결시킴으로써 이종의 시스템에서 용어의 차이에 관계없이 이용자는 동일한 개념으로 검색을 할 수 있다. 그러나 온토로지 형식성 결여로 인한 논리적 일관성이 부족하고 자동분류를 제공하지 못한다.

4.3 ON9

ON9은 UMLS와 같이 용어 시스템을 가지고 있는 의학 온토로지로, 의학용어의 통합을 위하여 온토로지를 적용한 ONIONS 프로젝트의 방법론으로 개발되었다. ON9은 슬롯(slot)과 필러(filler)로 지식을 표현하는 "프레임온토로지(frame-ontology)"인 Ontolingua에서 디폴트로 제공하는 표현온토로지를 이용한다.

기초적인 관념은 상위수준(top-level)과 일반 온토로지에 정의된다. 그리고 일반 온토로지 라이브러리를 표현 온토로지와 연결하기 위하여 정의한 철학적 이론들이 있는데 상위수준(top-level)개념, 형식온토로지(formal ontology)이론, 계층화(stratificational)이론, 개체화(Individuation)이론, 행위자(Actor)이론, 인식론(Epistemological)이론, 메타온토로지(metaontology), 도메인(domain)이론 등이다.

<그림 2>는 상위개념 "entity"에 포섭되는 "occurrent"와 "continuant", 그리고 이 두 클래스들이 하위 개념들을 포섭(화살표시)하는 관계를 보여준다. 이것들은 다시 철학적으로 정



<그림 2 > ON9의 상위수준 개념

의된 이론을 배경으로 그룹지어 격자(lattice)로 삽입되어 ON9 온토로지 도서관에서 서로 관계를 맺는다.

4.4 GALEN

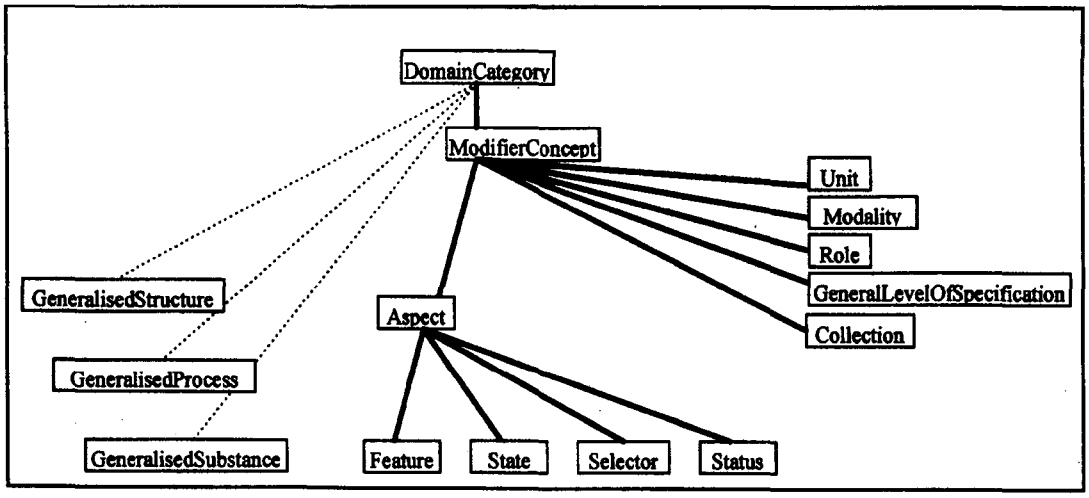
GALEN은 의학분야에서 다국 언어 응용을 위해 용어 서버를 개발하는 유럽지역의 프로젝트이다. GALEN의 핵심은 의학분야의 용어를 의미적으로 타당하게 모델을 만드는 것인데, 형식언어로 표현되어 있다. GALEN이 의학용어의 의미적 모델에 기초하여 코딩하는 참조모델은 기본적인 의학개념(예, 'fracture', 'bone', 'left', 'humerus, 등), 개념들이 결합되어야 할 방식을 통제하는 관계(예, 'fractures can occur in bones'), 그리고 복합적인 개념들(예, 'fracture of the left ones')로 구성되었다.

GALEN은 GRAIL(GALEN Representation and Integration Language) 개념모델링 언어를 이용하여 임상 용어의 표현모델을 제공한다. 의학개념들을 재사용할 수 있도록 지원하는 기술들은 1) 전자보건기록 2) 임상 인터페이스, 3) 분류와 코딩시스템 4) 결정 지원시스템 5) 지식관리시스템 6) 자연언어처리이다. GALEN은 부분과 전체(part-whole)의 관계 그리고 연관된 추론의 형태를 명백히 구분하여 논리적으로 성립된 온토로지 형식론의 가능성을 충분히 보여준다.

GALEN의 목적은 풍부하게 응용할 수 있는 모델을 만드는 것이다. 기본원칙은 모델에서 개념의 분류가 명백해야한다는 것과 개념이 여러 축으로 분류되어 충분한 응용이 가능해야 한다는 것이다. GALEN에서는 첫 개념분류를 '사물(thing)'과 '사물(thing)의 속성(properties)'으로 구분한다. 그리고 사물(thing)은

일반화한구조(GeneralisedStructures),
일반화한물질(GeneralisedSubstances),
일반화한절차(GeneralisedProcesses)의

세 가지 유형으로 나누어진다. 이 세 가지 범주에서 엔티티는 일반적으로 '구조적인 속성(Constructive Attribute)'으로 알려진 'is part of', 'has function', 'is consequence of' 등의 의미링크의 가족을 이용하여 서로 연결된다. 구조의 특질 등을 나타내는 속성(properties)을 표현하는 한정자개념(ModifierConcepts)은 '한정자 속성(Modifier Attributes)'으로 알려진 'hasShape','hasFrequency',hasLeftRightSelector'



<그림 3> GALEN의 제 1 상위수준 온토로지

등 링크의 가족(family of links)을 이용하여 다른 세 범주 중의 하나와 연결된다.

<그림 3>은 제 1의 상위수준 온토로지를 나타내는 분류이다. 한정자개념이 특정 한정자의 개념(Aspect, Unit 등) 추가를 통하여 확장됨을 보여준다.

<표 1>은 앞에서 제시한 사항으로 4개의 의학 온토로지를 비교한 표이다.

<표 1> 의학분야 온토로지의 구조 비교

비교항목	GALEN	ON9	UMLS	MeSH
목적	다국어 처리 의학용어모델	의학 온토로지통합	의학용어의 개념화	의학용어의 표준화
기본엔트리	개념	개념	개념	용어(개념)
개념의 수	1000&5000	1000&5000	5000 이상	5000이상
핵심관계	Part-Whole이론	Subsumed-by (Top-level)	isA, related to	BT NT
공리(Axiom)	포함	포함	비포함	비포함
지식표현	서술논리	Frame, 서술논리	비포함	비포함
온토로지 구현언어	GRAIL	Ontolingua, Loom	비포함	비포함
온토로지 유형	중개온토로지, 공리화한 분류	일반온토로지, 표현온토로지	도메인 온토로지	비형식, 도메인 온토로지

5. 결론

최근 의학정보기관들은 정보서비스의 향상을 목적으로 온토로지를 기초로 하여 용어의 표준화와 지식표현을 추진하고 있다. 그러나 복잡한 개념적 속성 표현과 추론의 형식은 아직까지는 한계가 있다. 의학분야에서 대표적인 4개의 온토로지를 조사한 결과 다음과 같은 특징이 있었다.

MeSH는 메타데이터로 의학용어의 의미를 표준화하였고 계층구조의 관계를 형성하는데, 단지 '협의어와 광의어'의 관계로 문헌의 검색과 색인에는 유용하지만 임상적인 요구에는 충족되지 못한다. UMLS의 용어는 의학분야의 전 영역을 포괄하는 개념기반의 강력한 용어시스템이지만 온토로지의 형식성의 결여로 논리적인 참조를 제공하지 못한다. ON9은 의학용어를 통합하고 구조화하는데, 이론적 기반을 제공하며, GALEN은 다국적 의학용어의 의미모델과 온토로지의 형식론적인 가능성을 잘 보여준다. 그러나 ON9과 GALEN은 용어에 대한 광범위한 정보는 UMLS에 비하여 부족하다. 그래서 이들 4개의 시스템에서 볼 수 있는 핵심적인 특징은 MeSH의 의학 용어의 표준화, UMLS의 용어의 개념화, ON9의 온토로지 통합의 모델과 이론화, GALEN의 다국어 응용과 온토로지 형식성으로 요약할 수 있다. 이 네 가지 특징들은 의학관련 분야에서 정보서비스 향상을 위한 온토로지의 개발과 응용에 중요한 요소가 될 것이다.

의학온토로지를 구성할 때 필수적인 세 가지 속성은 첫째, 실제세상의 표현에 적절한 지식이야 하고, 둘째, 검색환경에 맞는 용어의 집합이어야 하며, 셋째, 온토로지의 역할이 이용자에게 유용한 질의를 규정할 수 있는 이용자의 안내가 되어야 한다.

본고는 의학분야에서 핵심적인 4개 온토로지에 대한 개괄적 소개와 비교로 연구를 시작하였다. 각각의 시스템들은 오랜 시간을 통한 연구와 지속적인 개발을 추진하고 있다. 따라서 향후, 각각의 시스템에 대한 상세한 고찰과 검색시스템 등의 응용사례에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

Dessena, stefano ; Mori, Angelo Rossi ; Galeazzi, Elena. "Development of a cross-thesaurus with Internet-based refinement supported by UMLS." International Journal of Medical Informatics 54(1999). pp.29-41.

Gangemi, Aldo, Domenico M. Pisanelli and Geri Steve. "An overview of the ONIONS project: Applying ontologies to the integration of medical terminologies", Data & Knowledge Engineering 31 (1999). pp. 183-220.

Hahn, Udo ; Martin Romacker ; Stefan Schulz. "How knowledge drives understanding-matching medical ontologies with the needs of medical language processing. Artificial Intelligence Medicine 15 (1999). pp. 25-51.

Ingenerf, Josef ; Reiner, Jörg ; Seik, Bettina. "Standardized terminological services enabling semantic interoperability between distributed and heterogeneous system". International journal of medical informatics. 64(2001). pp. 223-240

Mahalingam, Kuhanandha ; Huhns, Michael N. (1999). "An ontology tool for query formulation in an agent-basedcontext"
<http://www.engr.sc.edu/research/CIT/CooplS/papers97/CooplS97-Kuha>

Rector A.L. et al. "A terminology Server for medical language and medical information systems". Proceedings of IMIA WG6. Geneva, May (1994)

Rector, A.L. "The GRAIL CONCEPT modeling language for medical terminology." Artificial Intelligence in Medicine9 (1997). pp. 139-171.

UMLS http://www.nlm.nih.gov/research/umls/

MeSH http://www.nlm.nih.gov/mesh/

ON9 http://saussure.irmkant.rm.cnr.it/

GALEN http://www.opengalen.org/