

동적상황서비스를 위한 온톨로지 모델

김수경*, 최호진*

*KAIST

e-mail:{ksk0314, hjchoi}@icu.ac.kr

A Ontology Model for Dynamic Context-Aware Service

Su-Kyoung Kim*, Ho-Jin Choi*

Dept of Information Communication Engineering, Korean Advanced Institute of Science and Technology

요 약

본 연구는 차세대 네트워크 환경에서 동적인 상황에 관련된 지식서비스를 제공하기 위해 서술논리와 SWRL 기반의 온톨로지 모델 프레임워크를 제공하여 추론과 상황 결정에 있어 온톨로지 기반의 지식 베이스가 유용함을 제시한다. 기존 대부분의 온톨로지 모델은 단일 온톨로지나 정적인 온톨로지를 중심으로 모델링되었으나 본 연구에서 제시하는 온톨로지 모델은 서비스를 중심으로 동적인 상황에 능동적으로 대처할 수 있는 온톨로지 구조와 사용자를 중심으로 다양하게 변화하는 지식을 동적으로 처리할 수 있는 지식표현 패턴을 제안하여 공간과 시간에 따른 동적인 상황서비스가 적합함을 보여주었다.

1. 서론

근래 컴퓨터 패러다임은 유비쿼터스 환경을 중심으로 하는 다양한 기술들의 개발과 더불어 사용자가 중심이 되는 서비스 제공 환경으로 변화하고 있다. 웹 2.0이나 시맨틱 웹, 웹 3.0과 같은 웹 환경의 기술 발달은 사용자의 성향을 중심으로 정보를 공유하고 확산할 수 있게 되었으며, 이동통신 환경의 급격한 발전은 사용자의 PCS 환경과 유비쿼터스 기술의 결합을 통해 다양한 지능형 서비스를 제공하는 차세대 네트워크 기술 개발 연구의 필요성이 높아지고 있는 상황이다.

PCS 기반의 모바일 인터넷 같은 서비스의 사용 제약점을 극복하기 위해 개인의 프로파일과 선호도, 상황에 따른 맞춤 정보를 제공한다면 모바일 기기가 갖는 화면 크기의 제약, 모바일 인터넷 사용료에 따른 문제점 등을 해결할 수 있음과 동시에 지능화된 서비스를 제공할 수 있다. 즉, 이동 통신사의 특정 콘텐츠나 서비스에 가입한 사용자가 제공하는 사용자의 개인 정보, 프로파일과 선호도 등을 중심으로 사용자가 동적으로 변화하는 상황에 가장 적합한 서비스를 제공하는 것이다.

이러한 상황 중심의 서비스를 제공하기 위해 개인에 대한 프로파일과 선호도 그리고 모바일 환경에 대한 지식베이스로 관계데이터베이스를 기반으로 데이터마이닝 기술을 이용하여 서비스를 제공하는 기존의 시스템의 경우 데이터 구조 영역을 구성하는 정보들 간의 유기적인 연결과 통합이 어려운 단점이 있다. 즉, 특정 도메인에 존재하는 데이터가 변경되더라도 이 데이터와 관련된 타 도메인의 데이터들이 이를 동적으로 반영하거나 연관짓는데 어려움이 발생된다. 특히 지능적 상황 서비스를 위한 네트워크 환경을 구성하는 정보는 디바이스, 네트워크와 같은 물리적인 정적 정보와 사용자와 관련되어 시간과 공간의 변화에 따라 적용되어야 할 동적인 정보로 구성되며 두 부분의 정보는 특정한 시간에 따른 상황과 사용자의 선호도와

프로파일에 의해 발생하는 동적인 정보 변화의 유기적이고 능동적인 적용이 필수적이다.

따라서 본 연구는 이러한 지능형의 상황서비스를 위한 데이터 구조적 특징을 만족할 수 있는 지식베이스 구성을 위해 서술논리(DL:Description Logic)의 TBox (Terminology Box), ABox (Assertion Box), RBox (Relation Box)와 SWRL(Semantic Web Rule Markup Language)를 이용한 지식 표현과 지식의 영역별 특징을 만족할 수 있는 온톨로지 프레임 모델을 제안한 후 특정 상황에 따른 적격질의에 대한 추론 모델과 규칙 적용을 통해 온톨로지를 기반으로 한 지식베이스가 기존의 지식 베이스 구조에 비해 도메인 영역내 구성된 정보의 유기적인 연결과 접목 기능에 의해 능동적인 상황의 추론과 결정에 더욱 유용함을 보여주었으며, 다양한 상황별 적격질의의 표준화와 일반화를 위해 UML과 알고리즘적 분석 과정을 제시함으로써 동적 상황들의 애플리케이션 적용을 위한 방법을 제안하는데 큰 의미가 있다.

2. 관련연구

현재 온톨로지를 기반으로 차세대 네트워크 환경의 지능형 서비스를 제공하는 기술 연구로 EU의 전폭적인 지원으로 개발중인 혁신적 통신 환경을 제공하기 위한 서비스 플랫폼 개발 프로젝트인 SPICE(Service Platform for Innovative Communication Environment)를 꼽을 수 있다. SPICE는 온톨로지를 크게 6개의 영역으로 구분하여 각 영역에 다시 서브 도메인 온톨로지 들을 5개의 Enabler를 통해 각각의 온톨로지들과 통신할 수 있도록 설계하였으며, 서브 도메인 온톨로지들을 이를 이용해 연결하는 점진적 확장 가능성을 고려하여 온톨로지 모델을 제시하여 기존 온톨로지 간의 상호 교환성과 온톨로지에 속성 관계를 모델링하는 실제적인 해법제시와 시맨틱 웹 표준과 도구의 재사용에 큰 목적이 있다[1].

MobiLif는 IST-FP6에 통합된 프로젝트로 3G 시스템의 능력을 발전시키는 것을 기반으로 새로운 애플리케이션과 서비스를 도입하고 채택하여 사용자들의 일상을 모바일 애플리케이션과 서비스에서 향상을 목적으로 한 연구이다. MobiLife 다른 최종 사용자 디바이스, 사용 가능한 통신 네트워크, 상호 작용 모드, 애플리케이션과 서비스에 관련되는 사용자 중심의 복잡한 여러 문제들을 처리하기 위해 사용자 중심, 실용적 애플리케이션과 서비스, 온톨로지 구조와 기술 그리고 평가에 중점을 둔다[2].

SOUPA(Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Application)는 UMBC(University of Maryland, Baltimore County)에서 개발하였으며, Ubiquitous Computing 환경을 지원하는 공통 ontology 들의 설계를 목표로 하며, 시맨틱 웹 환경과의 적용을 위해 OWL을 Ubiquitous Home Network에 활용한 것이 특징이다[3].

3. 동적 상황서비스 온톨로지 모델

3.1 온톨로지 모델 패턴

(1) 서비스 기능 중심화

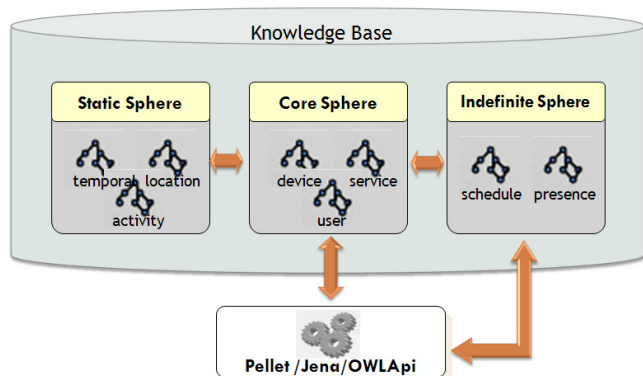
동적 상황서비스와 응용 중심의 온톨로지 구조는 지식의 확장과 이입 또는 연결이 용이해야만 하며[4]. 서비스 기능을 온전히 제공할 수 있어야 한다. 이를 위한 명시적 기준은 다음과 같으며 이를 기반으로 상세화가 진행된다.

① 설계될 온톨로지 모델의 표현 범위, 추론 영역과 기능의 결정

② 시맨틱 웹, 웹 서비스 기술, 융합 서비스의 지식베이스 표현 언어의 결정

(2) 영역별 분리 구조

온톨로지가 추구하는 재사용성, 공유성과 같은 목적을 달성하기 위해 먼저 데이터 변경도, 재사용 가능성, 공유 정도, 유사성과 인터페이스 등의 분석에 세 영역으로 분리한다. 이러한 영역 분리는 MVC(Model View Code) 패턴과도 부합하여 온톨로지 구축의 중복과 일관성 문제를 해결해 줄 수 있다. 이를 위해 본 연구에서 제시한 모델을 <그림 1>과 같으며 애플리케이션과의 인터페이스는 코어 영역과 동적영역을 구성하는 온톨로지 들이 담당하며 특히 동적영역의 온톨로지 들의 경우 정적 영역의 온톨로지 들과의 연결로 사용자의 상황을 결정짓는 지식을 제공한다.



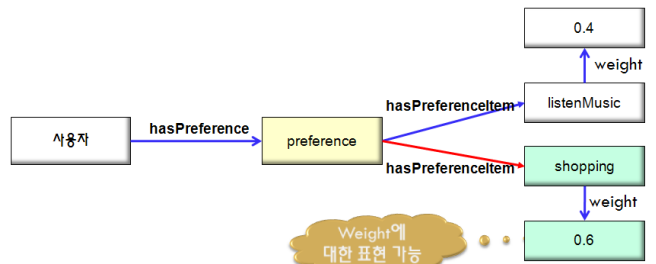
<그림 1> MVC 패턴을 적용한 지식베이스 구조

(3) 상황에 따른 모델 패턴

네트워크 지식서비스에서 발생할 수 있는 다양한 상황을 만족할 수 있는 모델의 제시를 위해 다음과 같은 모델 패턴의 특징으로 분류하였다.

① 순위에 따른 서비스 결정을 위해 개인의 선호도에 따른 의사 결정 모델

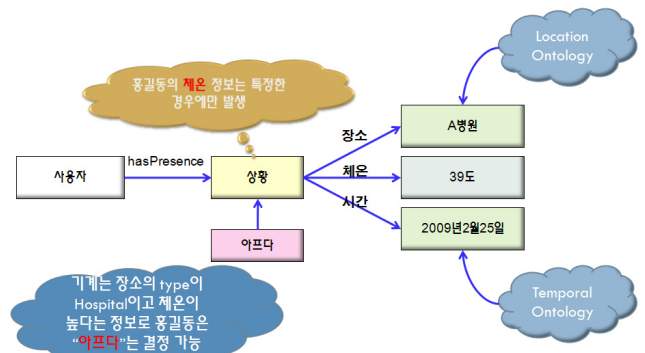
<그림 2>에서는 관계속성 hasPreference에 따라 클래스 'preference'이 연결되며, preference의 실질적 값은 hasPreferenceItem 속성과 연결된 클래스에 따라 선호도에 따라 의사가 결정될 수 있다.



<그림 2> 선호도에 따른 의사 결정 모델

② 복잡한 상황을 표현하기 위한 상황 표현 모델

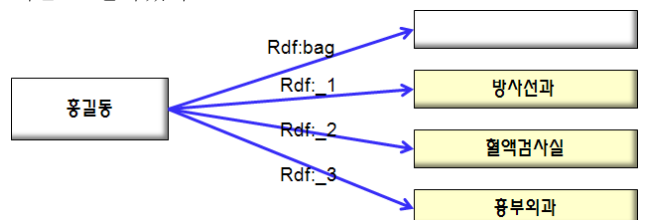
사용자는 특정한 시간과 공간에 따라 현재의 정보가 달라지게 되며 또한 상황의 표현이 달라지게 된다. 이를 표현할 수 있는 모델링 방법은 <그림 3>과 같다. 그림 3에서 감지된 장소 type은 Hospital이고 체온이 높다는 가정에 의해 “홍길동은 아프다”는 결정이 가능해 진다.



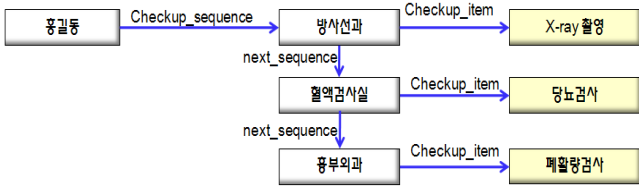
<그림 3> 개인의 특정 상황 표현 모델

③ 여행 순서, 면담 순서를 제시하는 일의 진행 순서 모델

온톨로지에서 순서를 표현하기 위한 패턴은 <그림 4>와 같은 rdf의 rdf:bag 속성을 이용하여 표현된다. 그러나 이 방법은 순서에 융통성을 부여하거나 순서가 어떤 의미를 갖는지 나타내지 못하는 단점이 있으므로 본 연구는 <그림 5>와 같은 방법을 통해 순서의 의미와 융통성 문제를 보완하였다.



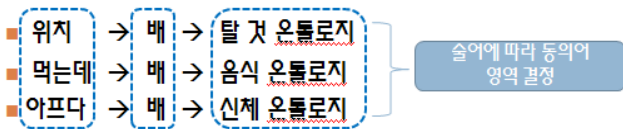
<그림 4> RDF의 rdf:bag 속성을 이용한 순서표현



<그림 5> 변형된 온톨로지내 순서 표현 모델

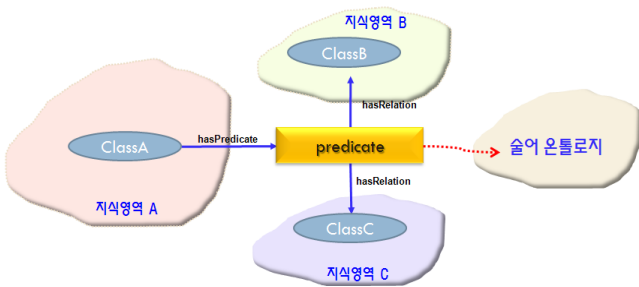
④ 다양한 지식 영역간 유기적 연결을 위한 상황별 도메인간 지식 연결 모델

온톨로지들 간의 지식 공유나 추출을 위해 온톨로지의 연결과 처리는 매우 중요하다. 이는 향후 온톨로지의 자동 정렬과 통합 등의 처리에 본 분류가 활용될 수 있으며 온톨로지 기반의 자연어 처리를 위한 영역에도 확대될 수 있다. 예를 들어 “사용자의 현재 위치는 배이며, 배를 먹고 배가 아프다”라는 상황은 <그림 6>과 같이 술어를 중심으로 문장에 위치한 “배”라는 용어가 각 어떤 지식 영역에 해당되는지 분류할 수 있다.



<그림 6> 문장의 술어에 따른 영역 분류

이는 “hasPredicate” 술어의 값에 따라 “hasRelation”의 도메인이 결정되어 지식 영역으로 분기됨을 <그림 7>에서 보여준다. 즉, 클래스 predicate의 값에 연결된 술어 온톨로지의 정보에 따라 관계될 지식영역의 클래스가 결정될 수 있다.



<그림 7> hasPredicate를 통한 지식영역별 연결

3.2 상황별 적격질의 온톨로지 모델링

본 연구는 상황별 시나리오에 제안한 모델을 기반으로 DL과 SWRL 규칙을 적용하여 동적으로 서비스가 가능함을 보여주기 위해 먼저 상황에 따른 적격질의를 설계하였고 본 절에서는 TBox, ABox, RBox 그리고 SWRL을 중심으로 상황이 추론되고 결정되는 과정을 제시한다.

(1) 상황별 적격질의 설정

위 4개의 적격질의 들은 먼저 TBox의 성질을 이용해 기본적인 용어들을 정의한 뒤, ABox를 통해 각 지식에 적합한 인스턴스를 추출하고 TBox와 관계속성을 이용하여 적격질의가 요구하는 지식을 추론하는 RBox의 과정을 보여주고 TBox나 클래스 그리고 관계속성에 SWRL 기반의

규칙을 적용하여 상황에 따라 동적으로 지식이 연결될 수 있음을 보여준다.

- ① The User uses service when do activity (doing something) at location on time with computing en (device/network).
- ② Which service/device/network is available (best) when the user is at location?
- ③ Which service is available (best) when the user is on time? (e.g. wake-up call)
- ④ Which service/device/network is available(best) when the user is doing something on time? (e.g. free time service)

(2) TBox와 ABox 기반의 지식 추론

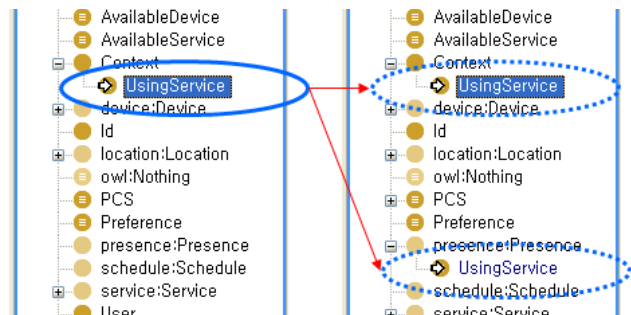
The User uses service when do activity (doing something) at location on time with computing en (device/network).

TBox 기반의 상황 지식으로 모델링하기 위해 먼저, 위 “UsingService”의 TBox 정의는 다음과 같다.

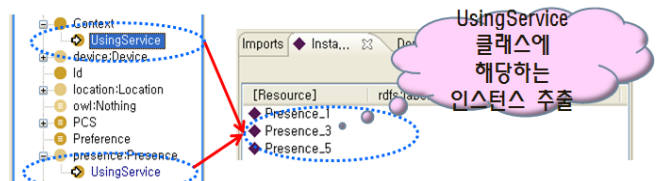
$$UsingService \equiv \exists sensedUser.User \cap \exists presence.isActivity.activity:Activity \cap \exists presence.isPlaceType.location:PlaceType$$

위 TBox 정의를 추론하면 먼저, 클래스 확장(Class Expansion)이 발생하여 Context클래스의 하위 클래스인 UsingService가 Presence의 하위 클래스로 확장되어 사용자의 현재 상황 지식을 확장하게 된다. 이의 결과는 <그림 8>과 같다.

다음은 위 상황 즉, UsingService에 해당하는 인스턴스들을 추론하기 위해 ABox 추론을 실행한 결과는 <그림 9>에서 보여준다. 현재 Presence 클래스에 동적으로 확장된 UsingService 클래스의 인스턴스들로 {Presence_1, Presence_3, Presence_5}가 추론되었으며, 이는 TBox 추론과 ABox 추론을 실시간(또는 주기적)으로 실행할 경우 동적으로 해당 인스턴스들을 추론할 수 있음을 보여주는 결과이다.



<그림 8> TBox 추론을 통해 확장된 클래스



<그림 9> ABox 추론을 통해 해당되는 인스턴스 추론

(3) RBox 기반의 지식 추론

온톨로지에 표현된 클래스들과 관계속성을 이용하여 RBox 추론 실행할 수 있다. RBox 추론은 SPARQL을 적

용하여 실행된다. 다음 정의는 TBox와 RBox 추론을 결합한 SPARQL 구문과 TBox 추론이 적용되지 않은 RBox 추론 SPARQL 구문의 정의이다. 정의에서 알 수 있듯이 TBox와 ABox를 기반으로 적절한 지식표현이 적용될 경우 RBox에서 발생하는 그래프 운항(graph travels)를 줄여 대량의 인스턴스를 추론할 경우 RBox 추론의 실행 시간을 줄일 수 있으며, 이 지식을 사용하는 응용에도 더욱 직관적으로 지식을 명시할 수 있다. <그림 10>은 TBox와 RBox를 결합한 SPARQL 추론 결과이다.

- TBox와 RBox를 결합한 SPARQL 정의

```
Select ?usingServiceUser
Where {?x rdf:type :UsingService.
      ?x :sensedUser ?usingServiceUser}
```

- RBox만을 이용한 SPARQL 정의

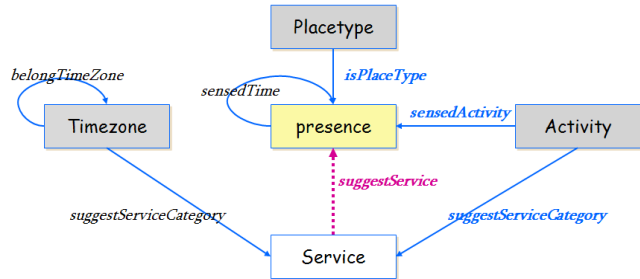
```
Select ?user
Where {?user :sensedUser ?uS.
      ?uS presence:isActivity ?pA.
      ?pA :activity:Activity ?aA.
      ?aA presence:isPlaceType ?pP.
      ?pP location:PlaceType ?lPr}
```

```
SELECT ?usingServiceUser
WHERE { ?x rdf:type :UsingService.
       ?x :sensedUser ?usingServiceUser}
[UsingServiceUser]
◆ User_1
◆ User_3
◆ User_5
```

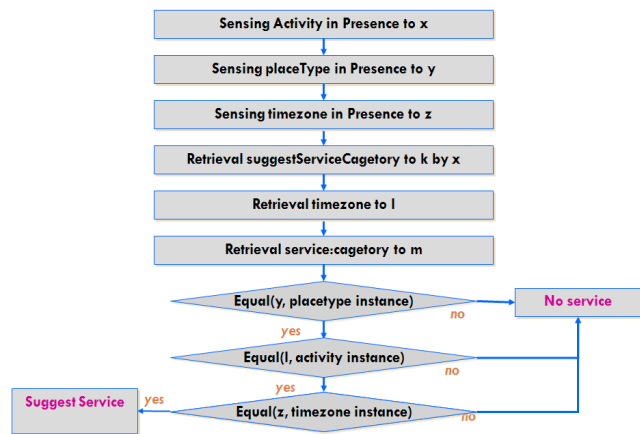
<그림 10> TBox와 RBox를 결합한 SPARQL 추론 결과

(4) SWRL을 적용한 지식 추론

<그림 11>은 (2)절의 TBox 정의를 규칙을 적용하기 위해 분석한 클래스들 간의 속성관계 분석도이고 <그림 12>는 SWRL 규칙 적용을 위한 서비스 흐름도이다.



<그림 11> 클래스들 간의 속성관계 분석

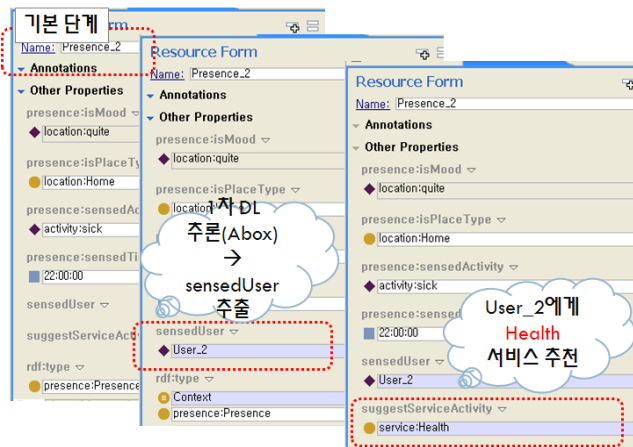


<그림 12> 규칙적용을 위한 서비스 흐름도

다음 <그림 13>은 <그림 11>과 <그림 12>를 기본으로 정의된 SWRL 구문과 그의 실행 결과이로서, 1차 추론의 결과 User_2가 현재 상황에 user로 감지되고 2차 추론 결과 User_2에게 적합한 서비스는 Health임을 결정한다.

- 상황에 따라 가장 적합한 서비스활동을 제공하기 위해 정의한 suggestServiceActivity 규칙

```
(?x presence:sensedActivity ?y) (?y temporal:suggestServiceCategory ?z) (?k presence:isPlaceType ?p) (?m presence:sensedTime ?n) (?n1 temporal:timeZone ?n2) (?n3 temporal:belongTimeZone ?n4)
equal(?n, ?n2) equal(?p, location:Home) equal(?n4, temporal:LeisureTime) equal(?y, activity:sick)
→ (?x suggestServiceActivity ?z)
```



<그림 13> SWRL 실행결과 동적 서비스 추천

4. 결론

본 연구는 지능형의 상황서비스를 위한 데이터 구조적 특징을 만족할 수 있는 지식베이스 구성을 위해 TBox, ABox, RBox와 SWRL을 도입하고, 완전한 서비스의 제공을 위해 지식의 영역별 특징을 만족할 수 있는 온톨로지 프레임 모델을 제안한 후 특정 상황에 따른 적격질의에 대한 추론 모델과 규칙 적용을 통해 온톨로지를 기반으로 한 지식베이스가 기존의 지식베이스 구조에 비해 도메인 영역내 구성된 정보의 유기적인 연결과 접목 기능에 의해 능동적인 상황의 추론과 결정에 더욱 유용함을 보여주었으며, 다양한 상황별 적격질의의 표준화와 일반화를 위해 UML과 알고리즘적 분석 과정을 제시함으로써 동적 상황들의 애플리케이션 적용을 위한 방법을 제안하는데 큰 의미가 있으며, 향후 응용서비스와의 접목을 통해 온톨로지 기반시스템의 효율성을 연구하고자 한다.

참고문헌

[1] P.Selvi, N.P.Gopalan, "The New Semantic Similarity Measure Using Ontology and Corpus", The Icfai Journal of Computer Sciences, Vol.2, No1., pp.29-37, Jan. 2008
 [2] Zahra Eidoon, Nasser Yazdani, Farhad Oroumchian, "Ontology Matching Using Vector Space", ECIR 2008, LNCS 4956, pp.472-481, 2008
 [3] Ce Zhang, Yu-Jing Wang, Bin Cui, Gao Cong,