

# Fuzzy OWL을 이용한 사용자 Context의 표현 및 추론

손종수, 정인정

고려대학교 과학기술대학 전산학과  
충청남도 연기군 조치원읍 서창리 208 고려대학교 과학기술대학 202호  
Tel: +82-41-860-1342, E-mail: {mis026, chung}@korea.ac.kr

## 요약

유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구축하기 위해서는 사용자 및 주변 상황에 관한 인지기술이 필수적이다. 이에 따라 이기종 분산형 시스템에서 언어와 기종에 영향을 받지 않고 사용자 Context를 인지하고 표현하는 문제는 해결해야 할 중요한 과제로 대두되었다.

이에 따라, 본 논문에서는 이 과제를 해결하기 위하여 시맨틱 웹 기술 및 퍼지 개념을 이용하여 사용자 Context를 기술하는 것을 제안한다. 온톨로지는 컴퓨터가 정보자원의 의미를 파악하고 자동적으로 처리할 수 있도록 고안된 지식표현 언어이므로 이기종 시스템 하에서의 사용자 Context를 표현하는데 적합하다. 한편, 사용자가 접할 실세계의 환경은 일반집합(Crisp Set)으로 표현하기 힘들기 때문에 본 논문에서는 퍼지 개념과 표준 웹 온톨로지 언어 OWL이 융합된 Fuzzy OWL 언어를 사용했다.

본 논문에서 제안하는 방법은 Context를 Fuzzy OWL로 표현하기 위하여 먼저 사용자가 접한 환경정보들을 수치로 표현한다. 그리고 이를 OWL로 기술하며 OWL로 표현된 사용자 Context를 Fuzzy OWL로 변환한다. 마지막으로 퍼지 개념이 포함된 사용자 Context를 이용하여 자동적인 상황인지가 가능한지 여부를 퍼지 추론 엔진인 FiRE를 사용하여 실험한다.

본 논문에서 제시한 방법을 사용하면 이기종 분산 시스템에서도 사용할 수 있는 형태로 Context를 기술할 수 있다. 그리고 기술된 Context를 기반으로 현재 사용자가 접한 환경의 상태를 추론할 수 있다. 또한 퍼지 기술 로직 언어(Fuzzy Description Logic) 기반 추론기인 FiRE를 이용하여 이를 검증한다.

## 키워드

Semantic web; Ontology; Ubiquitous; Context; Fuzzy

## 1. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅은 언제 어디서든 누구나 자료를 처리하고 정보를 취득할 수 있는 컴퓨팅 환경을 의미한다. 유비쿼터스 컴퓨팅을 실현시키기 위하여 자동차, 집, 사무실 등 사람이 존재하는 모든 곳에서 컴퓨팅을 할 수 있도록 많은 연구가 진행 중에 있다. 사용자의 주변 환경 및 행동을 항상 파악하고 적절한 서비스를 제공하는 것이 필요하기 때문에 보다 정확하고 실시간적인 상황인지 기술이 요구된다.

자동적으로 상황인지를 하기 위해서는 컴퓨터로 인지 가능한 모든 객체에 대한 상황을 기술하는 것이 우선적으로 고려되어야 한다. 이 때, 사람, 사물, 장소, 논리, 물리적 객체를 포함하는 객체의 상황에 대한 특징을 기술한 모든 정보를 Context라고 한다[1]. Context를 표현 할 때 존재의 유무 등의 표현은 기존에 사용하던 일반집합(Crisp Set)으로 표현이 가능하지만 위험의 정도나 속도의 정도 등의 Context는 일반집합(Crisp Set)으로 표현하기 곤란하다[2].

한편, 인터넷은 1990년대 중반 이후 급격히 보급되기 시작했는데 이로 인해 정보통신 기술의 발전을 크게 이룰 수 있었다. 인터넷의 보급으로 인해 사용자가 구할 수 있는 자료의 절대량은 방대해졌지만 여전히 수집된 자료를 정보로서 활용하기는 쉽지 않다. 사용자가 사용할 자료 중에 필요한 자료만을 선별하고 가공하는 일을 보다 더 쉽도록 하기위해 Tim Berners Lee는 시맨틱 웹을 주창하였다. 시맨틱 웹의 핵심은 기계가 정보자원을 이해하고 처리할 수 있는 형태로 자료를 표현하는 것인데 이를 구현하기 위하여 온톨로지 언어를 이용한다. 온톨로지는 자료와 자료 사이의 유사관계 및 포함 관계 등을 기술하여 정보를 추론할 수 있는 기반을 제공한다.

본 논문은 유비쿼터스 환경 하에서 자동적으로 상황인지를 하기 위하여 Context를 표현하고 표현된 Context를 이용하여 지능형 기기가 취해야 할 행동을 추론하는데 그 목적을 두고 있다. 사용자 Context 표현을 함에 있어 일반집합(Crisp Set)은

실제 세계에서 일어나는 문제와 상황에 대한 표현의 한계가 있기 때문에 우리는 이를 극복하기 위해 퍼지 집합의 개념을 도입하여 Context를 최대한 자연언어와 비슷한 수준으로 표현하였다. Context를 컴퓨터가 처리 가능한 형태로 표현하는 방법은 많은 연구를 통해 다양한 방법이 제시되었으나 우리는 OWL을 퍼지집합(Fuzzy Set)이 표현 가능하도록 확장시킨 Fuzzy OWL [3]을 사용하였다. 본 논문에서 사용한 Fuzzy OWL은 온톨로지 기술 언어 중 한가지인데 온톨로지는 XML을 기반으로 한 지식 표현 언어이므로 이기종 시스템 환경에서 언어와 기종에 상관없이 필요한 사용자 Context를 표현하는데 적합하며 일반집합뿐만 아니라 퍼지집합까지도 효과적으로 표현할 수 있는 기반을 제공하여 사용자 Context를 표현하기에 적합하다.

본 논문에서 제안하는 방법은 사용자 Context를 Fuzzy OWL로 표현하는 것인데 이를 위하여 먼저 사용자가 접한 환경정보들을 수치로 기술하며 이 수치들을 표준 웹 온톨로지 언어인 OWL로 기술한다. 그리고 OWL로 표현된 사용자 Context는 OWL 온톨로지를 Fuzzy 온톨로지로 변환하는 4가지의 규칙에 의거해 Fuzzy OWL로 변환한다[6]. 마지막으로 퍼지 개념이 포함된 형태로 표현된 사용자 Context를 이용하여 자동적인 상황인지가 가능한지 여부를 확인하기 위하여 퍼지 추론 엔진인 FiRE[11]를 사용하여 실험한다. 우리는 이 추론 실험을 통해 다양한 상황에 대해 지능형 기기가 취해야 할 행동이 추론 가능한지 검증한다.

본 논문에서 제시한 방법을 사용하면 XML기반의 온톨로지 언어를 이용해 사용자 Context를 표현하기 때문에 이기종 분산 시스템에서도 사용할 수 있는 형태로 사용자 Context를 기술할 수 있다. 그리고 본 논문에서 제시하는 방법은 일반집합으로 표현하기 힘든 실세계의 환경정보를 사람이 인식하는 것과 유사한 형태로 나타내고 추론의 기반을 제공하기 때문에 보다 효과적으로 사용자 Context를 기술할 수 있다.

본 논문의 구성은 2장에서 기반 개념 및 관련연구에 대해 짧게 서술하며 3장에서 우리가 제안하는 방법에 대해 설명한다. 그리고 4장에서 3장의 내용을 검증하며 5장 결론부분을 통해 향후 연구 과제 및 결과를 토의한다.

## 2. 기반 개념 및 관련 연구

### 2.1 OWL

본 논문에서는 여러 가지 생성언어 가운데 OWL(Web Ontology Language)를 확장하여 상황인지에 필요한 동사를 표현하였다. OWL은 XML 기반의 W3C 표준 온톨로지 생성언어로서 기계가 처리할 수 없는 정보를 단순 표현하는데 그치지 않고 정보의 내용을

기계는 직접 이해하고 처리할 수 있는 형태로 표현하도록 설계되었다[4].

OWL은 이전의 생성언어들보다 풍부한 어휘(Vocabulary)와 형식적 의미론(Formal semantics)을 포함하고 있기 때문에 기계 해석이 가능한 웹 자료를 작성하는데 뛰어나다. OWL은 표현력에 따라 OWL Lite, OWL DL, OWL Full 세 가지 형태로 나뉘어져 있다. 순서에 따라 후자는 전자의 어휘와 문법을 포함하는 관계를 가진다.

그러나 OWL은 온톨로지의 정의에서 내려진 범위 - 객체에 대한 기술 - 이상을 표현하지 않는다. 따라서 동사(verb)에 대한 표현 및 그를 통한 추론 기반이 부족하다.

### 2.2 Context

유비쿼터스 컴퓨팅 환경 하에서 상황인지를 위한 핵심적 키워드는 Context Awareness 이다. Context란 객체의 상황에 대한 특징을 기술한 모든 정보를 의미한다[5]. 여기서 객체는 사용자와 응용소프트웨어를 포함하며 사용자와 응용소프트웨어와의 상호작용도 포함한다. Context는 크게 컴퓨팅 Context, 사용자 Context, 물리적 Context로 나눌 수 있으며 개념적으로는 순서에 따라 논리적 공간에서의 Context, 사람에 대한 Context 그리고 물리적 공간에서의 Context로 분류할 수 있다.

언제 어디서든 누구나 정보기술을 활용할 수 있는 유비쿼터스 환경 하에서 Context는 컴퓨팅의 영역을 가상세계에서 현실세계까지 확대시키는 역할을 한다. 상황에 대한 특징을 담고 있기 때문에 그 정보들을 활용하여 현재 일어나고 있는 상황에 대한 추론이 가능한 기반을 제공한다고 할 수 있다.

대표적인 Context 인지 기술로서 GAIA프로젝트를 들 수 있는데 GAIA프로젝트는 온톨로지 서버를 이용하여 객체에 대한 정보를 수집하고 센서 네트워크를 이용하여 상황정보를 수집한다. 그리고 수집한 객체 정보 및 상황정보를 기반으로 추론하여 상위 Context(Higher level context)를 추출한다[5]. GAIA의 Context 모델은 주어 목적어 사이에 서술어 모델을 넣는 방식이지만 서술어 자체에 대한 정의 및 표현은 없기 때문에 의미적으로 완벽하게 상황인지를 한다고 보기는 어렵다.

### 2.3 Fuzzy 개념 및 Fuzzy OWL

Fuzzy OWL은 OWL에서 기본적으로 제공하지 못하는 퍼지 집합을 웹 온톨로지 표현하는데 목적을 둔 OWL의 확장 언어 중 하나이다[6][13]. Fuzzy OWL은 OWL로 기술된 온톨로지를 Fuzzy OWL로 변환하는 방법과 OWL로 기술할 수 없는 멤버십 함수를 기술하는 방법을 제공한다. OWL로 기술된 온톨로지를 Fuzzy OWL로 변환하는 4가지의 원칙은 표 1)과 같다[6].

|        |                                                                         |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|
| Rule1) | 모든 OWL의 클래스는 Fuzzy OWL에 매핑(Mapping)된다                                   |
| Rule2) | 모든 Subsumption과 Equivalent는 Fuzzy OWL에서 Fuzzy Subsumption과 Equivalent이다 |
| Rule3) | OWL에서의 모든 클래스는 Fuzzy OWL에서 Restriction value = 1로 매핑된다.                 |
| Rule4) | OWL에서의 속성은 Fuzzy OWL에서 Restriction value = 1로 매핑된다.                     |

표 1) Fuzzy OWL로 변환하는 4가지 원칙

Fuzzy OWL은 FDL이라는 이름의 네임스페이스를 정의하는데 FDL을 이용하여 이에 따른 퍼지 제약조건은 다음 그림 1)과 같다[6].

| Fuzzy constraints | Examples for FOWL                                                                                                                                                             |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $A(a) \geq n$     | <pre>&lt;fdl:individual fdl:name="a"&gt;   &lt;fdl:membershipOf rdf:resource="#A"/&gt;   &lt;fdl:moreOrEquivalent fdl:value=n/&gt; &lt;/fdl:individual&gt;</pre>              |
| $A(a) \leq n$     | <pre>&lt;fdl:individual fdl:name="a"&gt;   &lt;fdl:membershipOf rdf:resource="#A"/&gt;   &lt;fdl:lessOrEquivalent fdl:value=n/&gt; &lt;/fdl:individual&gt;</pre>              |
| $R(a, b) \geq n$  | <pre>&lt;fdl:individual fdl:name="a" fdl:name="b"&gt;   &lt;fdl:membershipOf rdf:resource="#R"/&gt;   &lt;fdl:moreOrEquivalent fdl:value=n/&gt; &lt;/fdl:individual&gt;</pre> |
| $A(a) > n$        | <pre>&lt;fdl:individual fdl:name="a"&gt;   &lt;fdl:membershipOf rdf:resource="#A"/&gt;   &lt;fdl:moreThan fdl:value=n/&gt; &lt;/fdl:individual&gt;</pre>                      |
| $A(a) < n$        | <pre>&lt;fdl:individual fdl:name="a"&gt;   &lt;fdl:membershipOf rdf:resource="#A"/&gt;   &lt;fdl:lessThan fdl:value=n/&gt; &lt;/fdl:individual&gt;</pre>                      |
| $R(a, b) \leq n$  | <pre>&lt;fdl:individual fdl:name="a" fdl:name="b"&gt;   &lt;fdl:membershipOf rdf:resource="#R"/&gt;   &lt;fdl:lessOrEquivalent fdl:value=n/&gt; &lt;/fdl:individual&gt;</pre> |
| $R(a, b) > n$     | <pre>&lt;fdl:individual fdl:name="a" fdl:name="b"&gt;   &lt;fdl:membershipOf rdf:resource="#R"/&gt;   &lt;fdl:moreThan fdl:value=n/&gt; &lt;/fdl:individual&gt;</pre>         |
| $R(a, b) < n$     | <pre>&lt;fdl:individual fdl:name="a" fdl:name="b"&gt;   &lt;fdl:membershipOf rdf:resource="#R"/&gt;   &lt;fdl:lessThan fdl:value=n/&gt; &lt;/fdl:individual&gt;</pre>         |

그림 1) 퍼지 제약조건

## 2.4 CoOL

CoOL[8]은 독일 Ludwig-Maximilians 대학교에서 진행 중인 Context 인지 프로젝트의 일환으로 연구되고 있는 언어이다. CoOL은 온톨로지 언어인 DAML-S와 객체 표현이 가능한 로직 언어인 F-Logic으로 이루어져 있으며 온톨로지 언어를 이용하여 객체에 대한 정보 및 상황을 기술하고

F-Logic을 이용하여 추론엔진에 질의어(Query)를 전달하는 방식을 채택하였다. 이 연구의 주요한 목적은 추론의 기반이 뛰어난 온톨로지 언어를 이용하여 상황정보를 기술하고 상대적으로 부족한 질의어 처리[9]를 F-Logic으로 대체하는 것이다.

CoOL에서 Context 정보를 처리하기 위하여 ASC (Aspect-Scale-Context) 모델을 사용하는데 ASC 모델은 객체에 대한 정보를 구분시켜 처리를 명확하게 해 준다. Context를 DAML-S로 표현하기 위하여 CoOL은 DAML-S에서 기본적으로 제공하는 3개의 서비스 기술(Service description - Service profile, Service model, Service grounding) 외에 Service context를 추가하여 ASC 모델 기반으로 하는 정규적인 기술(Description)을 제공한다.

CoOL은 온톨로지를 기반으로 관계 값들을 추론하는 방법이 표준화된 웹 온톨로지 언어와 크게 다르지 않으며 온톨로지 질의 언어 또한 표준화되고 있어 효용성 면에서 탁월하지는 않다.

## 3. Fuzzy OWL을 이용한 사용자 Context의 표현 방법

사람은 현실세계에서 일어나는 일들을 인지하고 취해야 할 행동을 추론하는 시스템을 갖추고 있다. 예를 들어 '불이 났다' 라는 상황 인식을 하는 과정을 통해 살펴보면, '불' 이 무엇인지 알고 있고 그 불의 크기가 얼마인지 어디에서 났는지 등을 파악하여 사람에게 위험하게 난 불 만을 '불이 났다' 라고 판단한다. 그리고 '불이 났다' 라는 정보를 접하게 되면 가장 효율적인 해결방법을 구하여 그에 맞춘 행동을 취한다. 즉, '불이 나다' 라는 개념은 불이란 객체에 대한 의미와 그를 둘러싼 상황정보의 집합관계로서 표현이 가능하며 표현된 '불이 났다' 와 그와 관계된 상황정보를 추론해 낼 수 있다.

### 3.1 가정

지능형 가정 안전 관리 제품인 A가 있다고 가정하자. A의 기능은 실시간으로 가정에서 생기는 일들을 파악하고 안전관리를 위해 설치된 장치들에 그에 따르는 명령을 내리는 것으로 한다.

지능형 가정 안전 관리 제품 A는 현관문 개폐여부, 가스렌지의 점화 상태, 가스렌지의 가스 유출 여부, TV의 ON/OFF 상태, 집안 온도의 정도, 공기의 오염 정도, 그리고 가족 구성원의 유무를 감지하여 자료를 저장할 수 있으며 집주인 K씨가 가스렌지를 실수로 켜놓고 외출을 나갔고 그로 인해 가정에 불이 났을 때 제품 A는 가정에 불이 난 것을 자동적으로 파악 해야 하고 또한 불을 끄는 장치를 자동적으로 가동 해야 한다.

이 때, A가 센서를 통해 받아들인 정보는 그림



2)와 같다고 가정한다.

```

home.mainWindow = closed
home.gasRange.gas = outFlow
home.gasRange.fire = on
home.TV = on
home.family.daughter = in
home.temperatureLevel = 8
home.air.pollutionLevel = 7
    
```

그림 2) 센서를 통해 받아들인 정보

그림 2)는 가정 내에 설치된 기기들의 상황정보를 표현해주고 있다. 이 때, 현관문은 개폐여부를 파악가능하며, 가스렌지는 가스의 유출 및 점화 여부, TV는 켜짐/꺼짐, 온도계는 덕내의 온도 및 공기 오염 정도를 파악하여 A에 전송하는 것으로 가정한다. 그림 2)에서 home.temperatureLevel과 home.air.pollutionLevel은 1~10의 레벨을 갖는 위험을 정도를 표현한다.

그림 2)를 종합해 볼 때 가스렌지에서 가스가 흘러나오고 있고 내부의 온도가 상당히 높으며 공기오염 정도가 크므로 사람은 불이 난 것으로 판단이 가능하다. 그러나 컴퓨터에서는 crisp set을 기본으로 하고 있으므로 상태의 정도를 나타내는데 유연하지 못하다. 따라서 본 논문에서는 상태나 속성을 나타내는데 있어 보다 유연한 퍼지의 개념을 이용하여 먼저 모든 상태와 위험함과의 관계된 정도를 0 ~ 1 사이의 실수로 표현하고 이를 다시 온톨로지로 표현한다.

### 3.2 사용자 Context의 표현 및 추론

제시된 상황정보들을 불이 난 것과 관계된 정도를 기준으로 0~1사이의 값으로 정규화시키면 그림 4)를 도출할 수 있다. 여기서 상황정보와 불이 난 것과의 관계된 정도는 휴리스틱 방법에 의거해 설정한다.

```

home.mainWindow          : 0.1
home.gasRange.gas        : 0.3
home.gasRange.fire       : 0.3
home.TV                   : 0
home.family.daughter     : 0
home.temperature         : 0.8
home.air.pollutionLevel : 0.9
    
```

그림 4) 0~1 사이의 값으로 표현

그림 4)에서 명시된 불이 난 것과 관계된 정도를 참조하여 불이 난 상황(Fired)을 Fuzzy OWL로 기술하는데 이는 그림 5)와 같이 표현이 가능하다. 여기서 Fuzzy OWL[10]을 이용해 상황정보를 기술하는 방법은 표 1)의 방법을 따른다.

그림 5)에서의 각 상황정보를 분류하면 가정용 전자제품, 환경정보, 가족정보, 위치 등으로 분류 할 수 있다. 예를 들어 환경정보에는 TemperatureLevel, AirPollutionLevel이 포함 될 수 있으며 위치정보에는 Home, Kitchen 등이 포함 될 수 있다. 표 2)는 분류 별로 원소를 구분한 것을 나타낸다.

```

....중략....
<fdl:individual fdl:name="fire">
  <fdl:membershipOf>
    <fdl:Restriction/>
    <fdl:ionProperty rdf:resource="#homeContext"/>
    <fdl:someValuesFrom>
      <fdl:class>
        <fdl:unionOf rdf:parseType="Collection">
          <fdl:Class rdf:about="#homeTemperature"/>
          <fdl:moreOrEquivalent fdl:value=0.8/>
          <fdl:Class rdf:about="#airPolluteLevel"/>
          <fdl:moreOrEquivalent fdl:value=0.9/>
          .....
        </fdl:intersectionOf>
      </fdl:Class>
    </fdl:someValuesFrom>
  </fdl:Restriction>
</fdl:membershipOf>
</fdl:individual>
....중략....
    
```

그림 5) Fuzzy OWL 을 이용한 표현

| Class          | Atoms                               |
|----------------|-------------------------------------|
| HomeAppliances | GasRange, MainWindow, TV            |
| Environment    | TemperatureLevel, AirPollutionLevel |
| Family         | Daughter                            |
| Places         | Home                                |

표 2) Class, Atoms

본 논문에서는 Fuzzy OWL로 표현된 상황정보들을 이용하여 불이 났는지의 여부 및 위험의 정도를 추론하는 실험을 하기 위해 표 3) 및 표 4)와 같이 추론 규칙을 정의하였다. 불이 난 상황을 추론 규칙으로 표현하면 표 3)과 같으며 위험의 정도를 추론하는 규칙을 표현하면 표 4)와 같다.

|              |                                                                                                                     |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fired</b> | $TemperatureLevel(?k) * 0.7 \wedge$<br>$AirPollutionLevel(?k) * 0.9 \wedge$<br>$GasRange(?k) \rightarrow Fired(?k)$ |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

표 3) Fired 추론 규칙

|               |                                                                       |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>Danger</b> | $Fired(?k) * 0.5 \wedge Home(?k, ?f)$<br>$\rightarrow Danger(?k, ?f)$ |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------|

표 4) Danger 추론 규칙

표 3)에서 댁내(?k)의 온도, 공기 오염 정도 및 가스렌지의 가동 여부에 각각 가중치를 줘서 Fired의 정도를 표현하며 표 4)에서는 표 3)에서 추론한 Fired에 0.5의 가중치를 주고 댁내에 가족(?f)의 유무를 이용해 위험의 정도를 표현한다.

#### 4. 검증 및 실험

우리는 3장에서 설명한 상황정보의 표현 및 추론 방법을 검증하기 위하여 Fuzzy 추론 엔진 FiRE[11]를 사용하였다. 추론엔진 FiRE는 Fuzzy Description Logic f-SHIN에 기반한 추론엔진으로서 공리의 선언 및 ABox 선언을 쉽고 효과적으로 할 수 있도록 설계되었으며 Description Logic을 표현하기 위한 충분한 문법을 제공한다[3][12].

FiRE에서는 추론을 하기 위해서 크게 3개 부분을 기술해야 하는데 본 논문에서 사용한 표현은 표 5), 표 6), 표 7)과 같다.

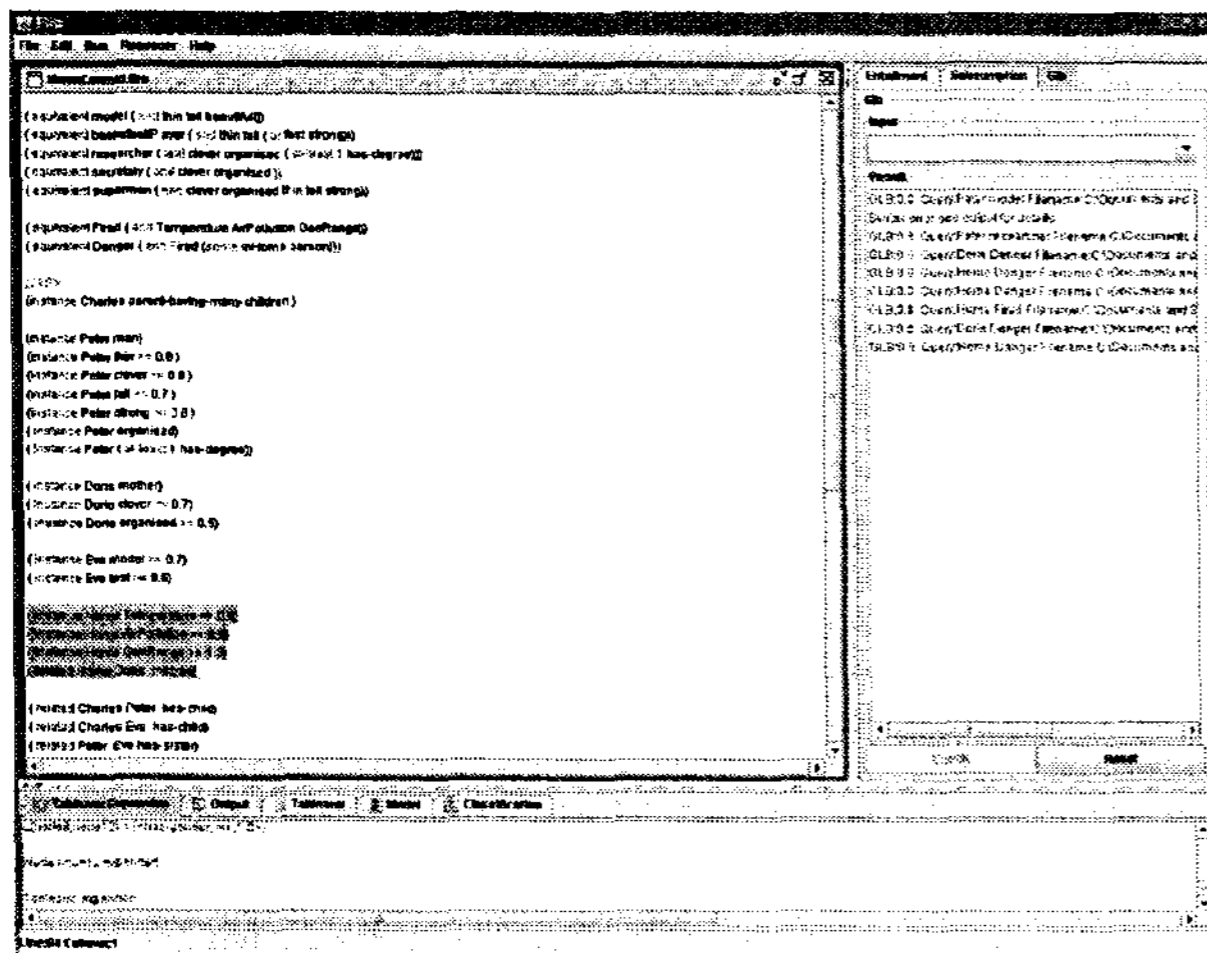


그림 6) Fuzzy 추론엔진 FiRE

|                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (signature<br>:atomic-concepts (person mother father daughter<br>Temperature AirPollution GasRange)<br>:roles ((has-gender :transitive t)<br>(has-descendant :transitive t)<br>(has-child :inverse has-descendant)<br>(has-sibling) (has-degree))<br>:individuals (Home)) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

표 5) Declaration of concepts Rules and Individuals

|                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Axioms</b><br>(implies person (and human (some has-gender (or female male))))<br>(equivalent daughter (and woman (some has-sibling person)))<br>(equivalent Fired (and Temperature AirPollution GasRange))<br>(equivalent Danger (and Fired (some inHome person))) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

표 6) Axioms

|                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ABox</b><br>(instance Home Temperature >= 0.8)<br>(instance Home AirPollution >= 0.9)<br>(instance Home GasRange >= 1.0)<br>(related Home daughter inHome) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

표 7) ABox

표 5), 표 6), 표 7)과 같이 개념 선언 및 추론 규칙을 선언한 후 댁내의 화재 여부 및 위험의 정도를 묻는 질의어를 입력 후 추론 결과는 그림 7) 그림 8)과 같다.

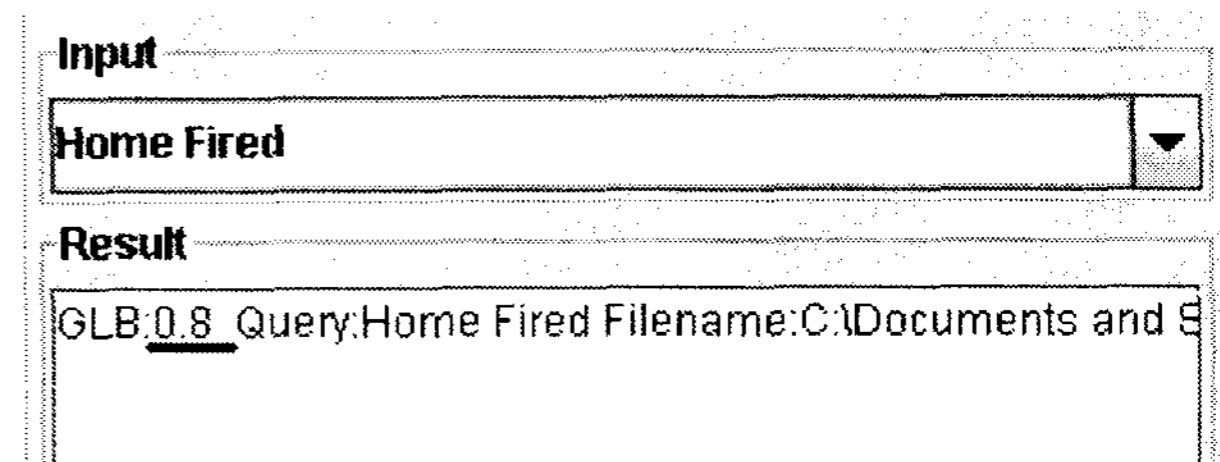


그림 7) Fired 추론 결과

### Declaration of Concepts, Rules and Individuals



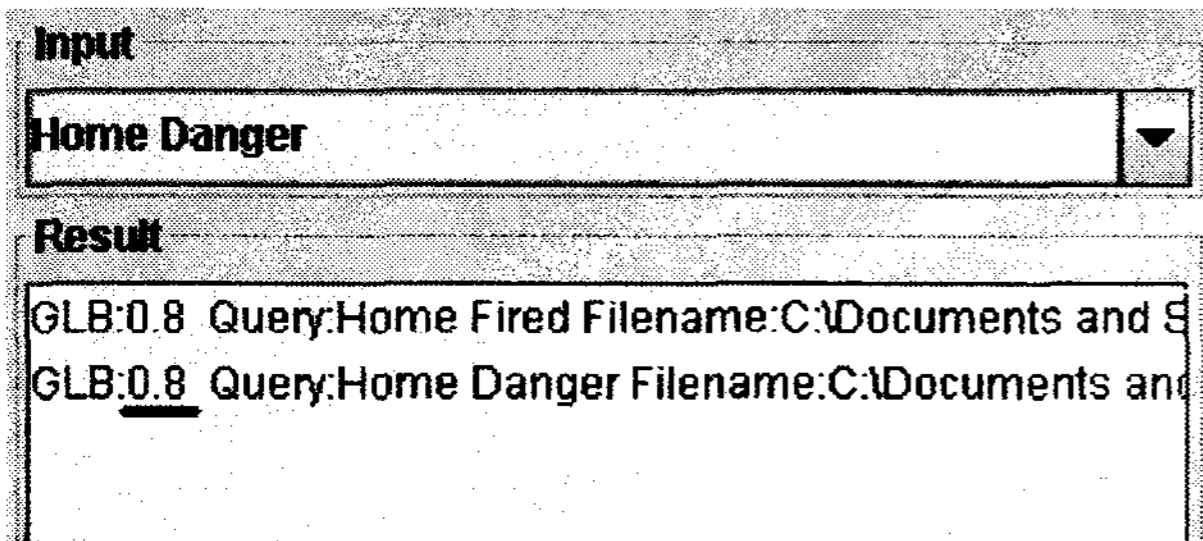


그림 8) Danger 추론 결과

## 5. 결론 및 향후 과제

유비쿼터스 컴퓨팅 환경이 점차 커져감에 따라서 Context 정보의 공급이 늘어나고 있다. 또한 서로 다른 언어와 기종간 호환성이 더더욱 중요해지고 있다. 이에 따라 웹 서비스의 보급 및 시맨틱 웹의 연구 및 보급이 중요한 문제로 대두되는 것이 사실이다. 그리고 그와 더불어 그를 기반으로 자동적으로 상황인지 및 처리하는 기술이 필요하다.

시맨틱 웹 및 온톨로지 기술은 객체에 대한 의미적인 정보를 컴퓨터가 직접적으로 처리할 수 있도록 고안되었다. 현재까지 제시된 온톨로지 언어는 객체에 대한 표현을 그 목적으로 하고 있다. 그러나 객체에 대한 표현만으로는 모든 지식을 컴퓨터를 이용해 처리하는데 부족한 면이 있다. 따라서 본 논문에서는 시맨틱 웹 기술 및 퍼지 개념을 이용하여 사용자 Context를 표현하는 것에 그 목표를 두었으며 일반집합으로 표현되지 않는 상황들을 퍼지집합 형태로 표현하여 컴퓨터를 이용한 지식 표현의 범위를 넓히는데 노력하였다.

본 논문에서는 OWL의 퍼지 확장언어인 Fuzzy OWL[3]을 이용하여 사용자 Context를 표현하였다. 사용자 Context에 퍼지 개념을 도입하여 0과 1로 표현하기 힘든 실제 세계의 문제 및 상황을 표현하고 그를 기반으로 추론할 수 있는 기반을 제공하였다.

표현된 사용자 Context를 이용한 상황인지 시스템을 구축하기 위해서는 지식저장고(Knowledge base)에 참조 규칙을 어떻게 적용하고 구현하느냐에 따라 그 결과가 많이 달라질 수 있다. 향후 작업에서는 실제로 적용 가능한 예제를 더 풍부하게 만들고 만들어진 온톨로지를 활용한 추론 시스템을 구현 할 것이다. 추론 시스템이 완성되면 서로 다른 언어와 서로 다른 기종의 시스템 환경에서 능동적이고 확장 가능한 상황인지 및 대처 시스템을 구축하는 것이 가능하다.

## References

- [1] Providing Architectural Support for Building Context Aware Applications. Anind K. Dey, GATECH, Nov. 2000.
- [2] Giorgos Stoilos, Giorgos Stamou, Nikos Simou, Stefanos Kollias. Uncertainty and the Semantic Web. IEEE Intelligent Systems, Volume 21, Issue 5, 84 - 87. 2006.
- [3] Giorgos Stoilos, Giorgos Stamou, Jeff Z.Pan. Fuzzy Reasoning Extentions. Knowledge Web Consortium. 2007
- [4] <http://www.w3c.org>
- [5] Daniel Salber, Anind K. Dey and Gregory D. Abowd. The Context Toolkit: Aiding the Development of Context-Enabled Applications. In the Proceedings of the 1999 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99), Pittsburgh, PA, May 15-20, 1999. pp. 434-441.
- [6] Mingxia Gao. Extending OWL by Fuzzy Description Logic. Proceeding of the 17th IEEE international conference on tools with artificial intelligent (ICTAI'05)
- [7] Gaia: A Middleware Infrastructure to Enable Active Spaces. Manuel Román, Christopher K. Hess, Renato Cerqueira, Anand Ranganathan, Roy H. Campbell, and Klara Nahrstedt, In IEEE Pervasive Computing, pp. 74-83, Oct-Dec 2002.
- [8] CoOL: A Context Ontology Language to Enable Contextual Interoperability. Thomas Strang, Claudia Linnhoff-Popien, and Korbinian Frank. German. Aerospace Center (DLR), Oberpfaffenhofen
- [9] Borgida, A : On the relative expressiveness of description logics and predicate logics. Artificial Intelligence 82 (1996) 353-367
- [10] Extending OWL by Fuzzy Description Logic Mingxia Gao, Chunnian Liu. Beijing Municipal Key Laboratory of Multimedia and Intelligent Software Technology. Beijing University of Technology
- [11] Fire. <http://image.ece.ntua.gr/~nsimou/>
- [12] Fuzzy Querying. Giorgos Stamou. National Technical University of Athens, Greece
- [13] Chun-Lung Huang a, Chi-Chun Lo a, Kuo-Ming Chao b, Muhammad Younas. Reaching consensus: A moderated fuzzy web services discovery method. Information and Software Technology xx (2006) 1- 14