

# Fuzzy OWL을 이용한 사용자 Context의 표현 및 추론\*

손종수  
고려대학교 전산학과  
(*mis026@korea.ac.kr*)

정인정  
고려대학교 컴퓨터정보학과  
(*chung@korea.ac.kr*)

.....

본 논문에서는 유비쿼터스 환경에서 사용자 Context를 표현하는 과제를 해결하기 위하여 시맨틱 웹 기술 및 퍼지 개념을 이용하여 사용자 Context를 언어와 기중에 독립적이면서 사람이 생각하는 것과 최대한 유사한 형태로 기술하는 것을 제안한다. 재래의 방법으로 사용되어온 일반 집합으로 Context를 표현하는 방법은 실세계의 환경을 표현하는데 한계가 있기 때문에 본 논문에서는 퍼지 개념과 표준 웹 온톨로지 언어 OWL이 융합된 Fuzzy OWL 언어를 사용하였다. 본 논문에서 제안하는 방법은 사용자가 접한 환경정보들을 수치로 표현하며 이를 OWL로 기술한다. 그리고 OWL로 변환된 Context를 Fuzzy OWL로 변환한다. 마지막으로 자동적인 상황인지가 가능한지 여부를 퍼지 추론 엔진인 FiRE를 사용하여 검증한다. 본 논문에서 제시하는 방법을 사용하면 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서도 사용할 수 있는 형태로 Context를 기술할 수 있으며 퍼지의 개념을 사용하여 Context를 표현하기 때문에 상태나 정도를 표현함에 있어 좀 더 효과적이다. 뿐만 아니라, 기술된 Context를 기반으로 현재 사용자가 접한 환경의 상태를 추론할 수 있으며 추론된 상태에 따라 시스템이 자동적으로 작동하게 하는 것이 가능하다.

.....

논문접수일 : 2007년 06월      게재확정일 : 2007년 12월      교신저자 : 정인정

## 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. 그리고 사용자의 주변 환경 및 행동을 항상 파악하고 적절한 서비스를 제공하는 것이 필요하기 때문에 보다 자동적이고 정확한 실시간

상황인지 기술이 연구되고 있다.

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 자동적으로 상황 인지를 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(Anind K. Dey, 2000). Context를 표현할 때 존재의 유무 등의 표현은 기존에 사용하던 일반집합(Crisp Set)으로 표현이 가능하지만 위험의 정도나 속도의 정도 등의 Context

\* 본 연구는 2007년도 고려대학교 교내 특별연구비 지원 사업의 지원을 받아 수행되었음.

는 일반집합으로 표현하기 곤란하다(Giorgos. et al., 2006).

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 일반집합은 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 일반집합으로 Context를 표현하는 방법은 실제세계의 환경을 표현하는데 한계가 있기 때문에 본 논문에서는 표준 웹 온톨로지 언어인 OWL과 퍼지집합이 표현 가능하도록 OWL을 확장시킨 Fuzzy OWL (Giorgos, Jeff Z. Pan, 2007)을 사용하였다. 본 논문에서 사용한 Fuzzy OWL은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 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 (Mingxia, 2005). 마지막으로 퍼지 개념이 포함된 형태로 표현된 사용자 Context를 이용하여 자동적인 상황인지가 가능한지 여부를 확인하기 위하여 퍼지 추론엔진인 FiRE(Fire, [\[s.ece.ntua.gr/~nsimou\]\(http://s.ece.ntua.gr/~nsimou\)\)를 사용 하여 실험한다. 우리는 이 추론 실험을 통해 다양한 상황에 대해 지능형 기기가 취해야 할 행동이 추론 가능한지 검증한다.](http://image-</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

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 실제세계의 환경정보를 사람이 인식하는 것과 유사한 형태로 나타내고 추론의 기반을 제공하기 때문에 보다 효과적으로 사용자 Context를 기술할 수 있다.

본 논문의 구성은 제 2장에서 기반 개념 및 관련 연구에 대해 짧게 서술하며 제 3장에서 우리가 제안 하는 방법에 대해 설명한다. 그리고 제 4장에서 제 3장의 내용을 검증하며 제 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 기계가 직접 이해하고 처리할 수 있는 형태로 표현하도록 설계되었다(<http://www.w3c.org>).

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 사용자 Context를 기술하고 그를 통한 추론하는데 있어 기반이 부족하다.

## 2.2 Context

유비쿼터스 컴퓨팅 환경 하에서 상황인지를 위한 핵심적 키워드는 Context Awareness이다. Context란 객체의 상황에 대한 특징을 기술한 모든 정보를 의미한다[5]. 여기서 객체는 사용자와 응용 소프트웨어를 포함하며 사용자와 응용 소프트웨어와의 상호작용도 포함한다. 그리고 유비쿼터스 환경 하에서 Context는 컴퓨팅의 영역을 가상세계에서 현실세계까지 확대시키는 역할을 한다.

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. 그리고 사용자 Context와 물리적 Context는 사용자와 주변 환경의 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 수집하고 상위 Context(Higher level context)를 추출한다(Daniel, et al., 1999). GAIA의 Context 모델은 주어 목적

어 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 온톨로지로 표현하는데 목적을 둔 OWL의 확장 언어 중 하나이다(Mingxia, 2005)(Chung-Lung, et al., 2006). Fuzzy OWL은 OWL로 기술된 온톨로지를 Fuzzy OWL로 변환하는 방법과 OWL로 기술할 수 없는 멤버십 함수를 기술 하는 방법을 제공한다. OWL로 기술된 온톨로지를 Fuzzy OWL로 변환하는 4가지의 원칙은 <표 1>과 같다(Minxia, 2005).

<표 1> Fuzzy OWL로 변환하는 4가지 원칙

Rule 1)	모든 OWL의 클래스는 Fuzzy OWL에 매핑(Mapping)된다
Rule 2)	모든 Subsumption과Equivalent는 Fuzzy OWL에서 Fuzzy Subsumption과 Equivalent이다
Rule 3)	OWL에서의 모든 클래스는 Fuzzy OWL에서 Restriction value = 1로 매핑된다.
Rule 4)	OWL에서의 속성은 Fuzzy OWL에서 Restriction value = 1로 매핑된다.

Fuzzy OWL은 FDL(Fuzzy Description Logic)이라는 이름의 네임스페이스를 정의하는데 FDL을 이용한 퍼지 제약조건을 (Minxia, 2005)에서 제시하고 있는데 이는 <그림 1>과 같다.

## 2.4 CoOL

CoOL(Thomas S, C.I.P, 2003)은 독일 Ludwig-Maximilians 대학교에서 진행 중인 Context 인지 프로젝트의 일환으로 연구되고 있는 언어이다

Fuzzy constraints	Examples for FOWL
$A(a) \geq n$	<code>&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;</code>
$A(a) \leq n$	<code>&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;</code>
$R(a, b) \geq n$	<code>&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;</code>
$A(a) > n$	<code>&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;</code>
$A(a) < n$	<code>&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;</code>
$R(a, b) \leq n$	<code>&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;</code>
$R(a, b) > n$	<code>&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;</code>
$R(a, b) < n$	<code>&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;</code>

<그림 1> 퍼지 제약조건

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(Borgida, 1996)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 위

하여 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 상황 정보의 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 개폐

여부, 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 집주인이 가스렌지를 실수로 켜놓고 외출을 나갔고 그로 인해 가정에 불이 났을 때 제품 A는 가정에 불이 난 것을 자동적으로 파악해야 하고 또한 불을 끄는 장치를 자동적으로 가동해야 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 댁내의 온도 및 공기 오염 정도를 파악하여 A에 전송하는 것으로 가정한다. <그림 2>에서 home.temperatureLevel 과home.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 일반집합을 기본으로 하고 있으므로 상태의 정도를 나타내는

데 유연하지 못하다. 따라서 본 논문에서는 상태나 속성을 나타내는데 있어 보다 유연한 퍼지의 개념을 이용하여 먼저 모든 상태와 위험함과의 관계된 정도를 0~1사이의 실수로 표현하고 이를 다시 온톨로지로 표현한다.

### 3.2 사용자 Context의 표현 및 추론

제시된 상황정보들을 불이 난 것과 관계된 정도를 기준으로 볼 때, 상황정보와 불이 난 것과의 관계된 정도를 휴리스틱 방법에 의거해 설정하여 0~1사이의 값으로 정규화시키면 <그림 3>를 도출할 수 있다. 여기서 0~1사이의 값으로 표현된 값들은 후에 퍼지 추론식에서 가중치로 사용이 된다. <그림 4>를 참조하여 살펴보면, 현관문(home.mainWindow)은 불이난 것과 0.1의 관계를 가지며 가스렌지(home.gasRange)의 가스 유출 여부 및 점화 여부는 각각 0.3의 관계를 갖는다. 그리고 공기오염정도(home.air.pollutionLevel)는 불이 난 것과의 0.9정도의 관계를 갖는다.

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 3> 0~1사이의 값으로 표현

<그림 3>에서 명시된 불이 난 것과 관계된 정도를 참조하여 불이 난 상황(Fired)을 Fuzzy OWL로 기술한다. Fuzzy OWL로 기술하는 방법은 먼

저 일반집합으로 표현 가능한 요소를 OWL 언어로 기술하며 그 후에 Fuzzy OWL (Mingxia G, C. Liu, 2005)에서 <표 1>과 같이 제시된 변환 룰을 이용하여 Fuzzy OWL로 변환한다. 먼저 Fuzzy OWL은 'fdl'이라는 네임스페이스를 사용하므로 Fuzzy OWL에서 제시하는 문법을 사용할 때는 'fdl'을 붙인 요소를 기술하며 일반집합으로 표현이 가능한 요소는 OWL에서 제공하는 문법에 따라 기술한다. 그리고 0~1사이의 값으로 가중치를 갖는 퍼지집합을 사용하는 경우에 <그림 4>의 중간 부분에 'fdl:value = 0.9'와 같이 가중치를 기술한다. 지금까지 설명한 방법에 따라 <그림 3>에서 보인 불이 난 것과의 관계된 정도를 Fuzzy OWL로 표현하면 <그림 4>와 같다.

Fuzzy OWL로 기술된 온톨로지를 이용해 '불이 났다'라는 것을 추론하기 위해서는 각 요소의

```

....중략....

<fdl:individual fdl:name="fire">
  <fdl:membershipOf>
    <fdl:Restriction/>
    <fdl:onProperty 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 4> Fuzzy OWL을 이용한 표현

성격에 따라 분류하고 추론 규칙을 정립하는 것이 필요하다. 이에 따라, 먼저 <그림 4>에서의 각 상황정보를 분류하였다. <그림 4>에서의 상황정보를 크게 4개의 클래스로 분류하는 것이 가능한데 이는 가정용 전자제품, 환경정보, 가족정보, 위치 등으로 분류하는 것이 가능하다.

<표 2> Class, Atoms

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

예를 들어 환경정보에는 TemperatureLevel, Air PollutionLevel이 포함될 수 있으며 위치 정보에는 Home, Kitchen 등이 포함될 수 있다. <표 2>는 분류 별로 원소를 구분한 것을 나타낸다.

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.

<표 3>의 Fired 추론규칙은 집안 온도의 레벨 - TemperatureLevel(?k) - 과 집안 공기 오염 레벨 - AirPollutionLevel(?k) - 에 각각 불이 난 것과의 관계된 정도인 0.7과 0.9의 가중치를 주고 가스 렌지의 가동여부를 모두 conjunction시켜 Fired를

<표 3> Fired 추론 규칙

Fired	TemperatureLevel(?k) * 0.7 ∧ AirPollutionLevel(?k) * 0.9 ∧ GasRange(?k) → Fired(?k)
-------	---

추론해내는 추론 규칙이다.

<표 3>에서 맥내(?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 맥내에 가족(?f)의 유무를 이용해 위험의 정도를 표현한다. '위험(Danger)'은 Fired(?k)에 가중치 0.5를 준 것과 집 안에 가족이 있음의 가부를 conjunction 하여 추론한다.

<표 4> Danger 추론 규칙

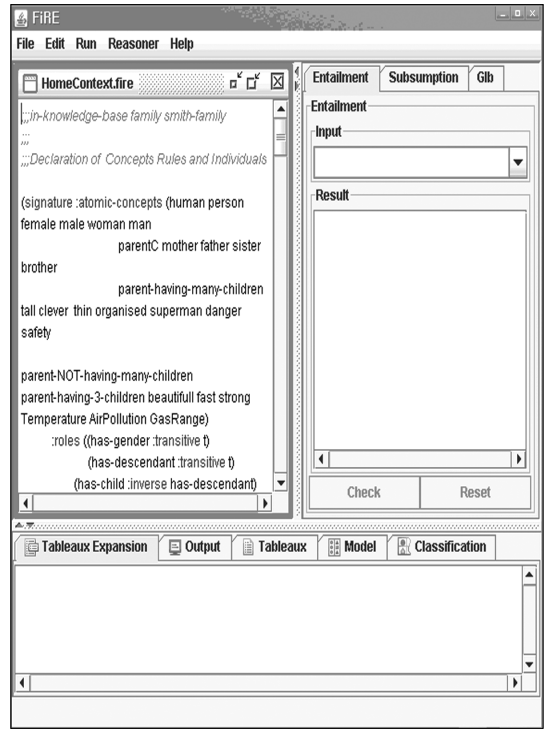
Danger	Fired(?k) * 0.5 $\wedge$ Home(?k, ?f) → Danger(?k, ?f)
--------	---

#### 4. 검증 및 실험

우리는 제 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(Giorgos S et al., 2007; Pan J. Z. et al., 2008).

Fuzzy 추론 엔진 FiRE의 구성은 다음과 같다. <그림 5>에서 좌측 상단의 메인 메뉴는 편집 화면이다. 편집화면에서 공리와 ABox 및 각 추론 규칙을 편집하며 \*.fire로 컴퓨터에 저장이 된다. <그림 5>의 우측 상단의 메뉴는 추론 결과 창이다. 편집창에서 세운 추론 규칙들을 적용하여 질의했을 때 질의에 대한 대답이 출력된다. 마지막으로 <그림 5>의 하단 창은 추론 과정을 보여주거나 각 요소간의 관계를 트리의 형태로 출력해준다.

FiRE에서는 추론을 하기 위해서 크게 3개 부분



<그림 5> Fuzzy 추론엔진 FiRE

을 기술해야 하는데 본 논문에서 사용한 표현은 <표 5>, <표 6>, <표 7>과 같으며 그 중 본 논문에서 사용한 atomic-concept의 선언 및 규칙의 선언은 <표 5>와 같으며 <표 5>에서 atomic-concept은 원소를 나열한 것이다. 그리고 roles는 individual과 individual 사이의 관계를 표현하는 부분으로서 has-gender는 성을 표현하며 has-child

<표 5> Declaration of concepts Rules and Individuals

Declaration of Concepts, Rules and Individuals
(signature :atomic-concepts (person mother father daughter Temperature AirPollution GasRange) :roles ((has-gender :transitive t) (has-descendant :transitive t) (has-child :inverse has-descendant) (has-sibling) (has-degree)) :individuals (Home))

는 자식 관계를 표현한다.

예를 들어 <표 5>의 roles에 표기된 has-gender : transitive t는 'A has-gender B'와 같이 사용될 수 있으며 이는 'A는 B의 성을 갖는다'라는 의미를 가진 이행속성(transitive)이라고 해석한다.

<표 6>은 공리의 선언부를 보여주고 있다. 첫 번째 줄의 person은 남자이거나 여자인 사람으로 해석된다. 본 논문에서 주요 문제로 다루는 Fired는 Temperature, AirPollution과 GasRange의 conjunction으로 표현하였으며 Danger는 누군가 집에 있을 때 집에 불이 난 경우로 표현하였다.

<표 6> Axioms

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

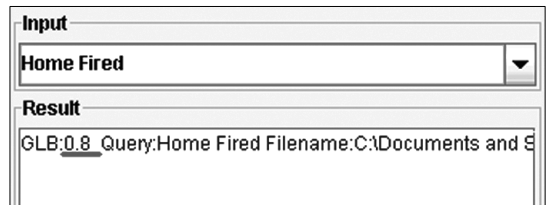
<표 6>에서 정의한 공리를 이용해 추론하기 위하여 <그림 3>의 불이 난 것과의 관계된 정도를 인용하여 <표 7>과 같이 ABox를 기술하였다. 집안의 온도(Temperature)는 0.8이상이며 공기의 오염 정도(AirPollution)는 0.9이상, 집에 있는 사람은 딸(daughter)로 설정하였으며 숫자로 표현되지 않은 표현은 일반집합을 의미한다.

<표 5>, <표 6>, <표 7>과 같이 개념 선언 및

<표 7> ABox

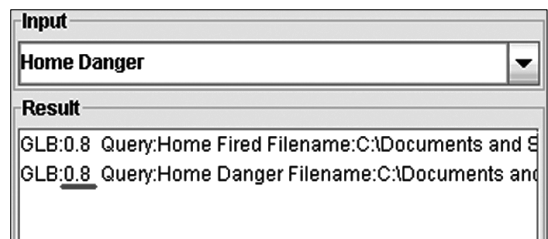
ABox
( instance Home Temperature >= 0.8)
( instance Home AirPollution >= 0.9)
( instance Home GasRange >= 1.0)
( related Home daughter inHome)

추론 규칙을 선언한 후 대내의 화재 여부 및 위험의 정도를 묻는 질의어를 입력 후 추론 결과는 <그림 6>, <그림 7>과 같은데 그 중, <그림 6>은 <표 5>, <표 6>, <표 7>과 같이 입력한 후 'Home Fired'라는 질의어를 입력하여 얻은 추론 결과이다. Home Fired라는 질의어는 '집에 불이 났는가?'는 뜻이고 결과 화면 부분에 0.8과 같이 출력되어 0.8정도 불이 난 것을 추론한 결과를 보여주고 있다.



<그림 6> Fired 추론 결과

한편, <그림 6>에서 추론해서 얻은 결과를 이용하여 얻은 Fired를 이용하여 <표 6>에서 선언한 Danger를 <그림 7>과 같이 추론하여 보았다. <그림 6>에서와 똑같이 질의어 'Home Danger'는 집(Home)의 위험(Danger)를 묻는 질문이다. 'Home danger'를 질의어 창에 넣고 추론을 시킨 결과 화면 부분에 Danger에 대하여 0.8이 출력되었다. 이는 <표 7>에서 딸(daughter)이 집에 있는 것으로 선언되어 있고 또한 <표 6>에서 Danger를 정의



<그림 7> Danger 추론 결과



한 바와 같이 누군가 집에 있고 불이 났을 경우 'Danger'이므로 0.8정도 위험한 정도를 추론한 것을 의미한다.

<그림 6>과 <그림 7>을 통해 보여주듯이 본 논문에서 제시한 온톨로지 표현 방법과 표현된 온톨로지를 이용해 추론의 가능성 여부를 검증해본 결과 정상적으로 추론이 성공했음을 증명할 수 있었다. 그러나 본 검증 과정에서 사용한 방법은 FiRE라는 퍼지 추론 엔진을 이용하는 방법이었는 데 이 방법은 수동으로 추론 규칙을 세워야 하는 단점이 있다. 앞으로 본 논문에서 제시한 방법을 실용화 하기 위해서는 시스템 내부에 추론엔진을 내장하여 자동적으로 추론하도록 구현 하는 것이 필요하다.

## 5. 결론 및 향후 과제

유비쿼터스 컴퓨팅 환경이 점차 커져감에 따라서 Context 정보의 공급이 늘어나고 있다. 또한 서로 다른 언어와 기종간 호환성이 더욱 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. Fuzzy OWL은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 필요한 사용자 Context를 표현하는데 적합하며 일반 집합뿐만 아니라 퍼지집합까지도 효과적으로 표현할 수 있는 기반을 제공하여 사용자 Context를 표현하기에 적합하다.

본 논문에서 제시한 방법은 온톨로지 언어를 이용하여 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 사용자 Context를 기종과 언어에 독립적으로 기술하는 방법으로서 퍼지 개념을 도입하여 0과 1로 표현하기 힘든 실제 세계의 문제 및 상황을 표현하고 그를 기반으로 추론할 수 있는 기반을 제공하는 것이다.

표현된 사용자 Context를 이용한 상황인지시스템을 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 서로다른 기종의 시스템 환경에서 능동적이고 확장 가능한 상황인지 및 대처 시스템을 구축하는 것이 가능하다.

## 참고문헌

- Anind K. Dey, "Providing Architectural Support for Building Context Aware Applications", *GATECH*, 2000.
- Borgida, "A : On the relative expressiveness of description logics and predicate logics", *Artificial Intelligence Vol.82(1996)*, 353~367
- Chun-Lung Huang a and C. L., K. Chao, M. Younas, "Reaching consensus : A modera-

- ted fuzzy web services discovery method”, *Information and Software Technology xx* (2006), 1~14.
- Daniel Salber, Anind K. Dey, and Gregory D. Abowd. “The Context Toolkit : Aiding the Development of Context-Enabled Applications”, *Proceedings of the 1999 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99)*, Pittsburgh, PA, May 15~20, 1999, 434~441.
- Fire. <http://image.ece.ntua.gr/~nsimou/>
- Giorgos Stoilos, G. Stamou, and Jeff Z.Pan, “Fuzzy Reasoning Extentions”, *Knowledge Web Consortium*, 2007.
- Giorgos Stoilos, G. Stamou, N. Simou, S. Kollias, “Uncertainty and the Semantic Web”, *IEEE Intelligent Systems*, Vol.21, No.5(2006), 84~87.
- <http://www.w3c.org>
- Manuel Román, Christopher K. Hess, R. Cerqueira, A. Ranganathan, Roy H. Campbell, and Klara Nahrstedt, “Gaia : A Middleware Infrastructure to Enable Active Spaces”, *In IEEE Pervasive Computing*, Oct-Dec (2002), 74~83.
- Mingxia Gao, “Extending OWL by Fuzzy Description Logic”, *Proceeding of the 17th IEEE international conference on tools with artificial intelligent*, 2005.
- Mingxia Gao, C. Liu, “Extending OWL by Fuzzy Description Logic”, *Tools with Artificial Intelligence*, 17th IEEE International Conference, 2005.
- Pan, J. Z., Stamou, G., Stoilos, G., and Thomas, E., “Fuzzy Querying over fuzzy-DL-Lite”, *17th International World-Wide-Web Conference*, Beijing, 2008.
- Thomas S., C. LP., and K. Frank, “CoOL : A Context Ontology Language to Enable Contextual Interoperability”, *International Conference on Distributed Applications and Interoperable Systems*, 2003.

Abstract

## Representation and Reasoning of User Context Using Fuzzy OWL

Jong-Soo Sohn\* · In-Jeong, Chung\*

In order to construct a ubiquitous computing environment, it is necessary to develop a technology that can recognize users and circumstances. In this regard, the question of recognizing and expressing user Context regardless of computer and language types has emerged as an important task under the heterogeneous distributed processing system. As a means to solve this task of representing user Context in the ubiquitous environment, this paper proposes to describe user Context as the most similar form of human thinking by using semantic web and fuzzy concept independent of language and computer types.

Because the conventional method of representing Context using an usual collection has some limitations in expressing the environment of the real world, this paper has chosen to use Fuzzy OWL language, a fusion of fuzzy concept and standard web ontology language OWL.

Accordingly, this paper suggests the following method. First we represent user contacted environmental information with a numerical value and states, and describe it with OWL. After that we transform the converted OWL Context into Fuzzy OWL. As a last step, we prove whether the automatic circumstances are possible in this procedure when we use fuzzy inference engine FiRE.

With use the suggested method in this paper, we can describe Context which can be used in the ubiquitous computing environment. This method is more effective in expressing degree and status of the Context due to using fuzzy concept. Moreover, on the basis of the stated Context we can also infer the user contacted status of the environment. It is also possible to enable this system to function automatically in compliance with the inferred state.

**Key Words** : Semantic Web, Ontology, Ubiquitous, Context, Fuzzy

---

\* Department of Computer and Information Science, Korea University