

U-문화재관리를 위한 온톨로지 기반의 지능형 솔루션: 화재조기탐지 시스템

The Ontology-Based Intelligent Solution for Managing U-Cultural Heritage: Early Fire Detection Systems

주 재 훈 (Jaehun Joo)

동국대학교 경영·관광대학 경상학부 교수, 교신저자

명 성 재 (Sungjae Myeong)

동국대학교 대학원 전자상거래협동과정 경영학석사

요 약

최근 유비쿼터스 센서 네트워크(Ubiquitous Sensor Network: USN)는 환경 모니터링을 비롯한 다양한 분야에 적용되어 왔다. 몇몇 연구는 재난 및 방재 분야, 특히 문화재관리 분야에 USN을 적용하기도 하였다. USN은 문화재의 훼손과 소실의 원인이 되는 화재를 조기탐지하기 위해 실시간 온라인으로 모니터링하는 유용한 기술이다. 특히, 인간이 접근하기 어렵거나, 외관이나 미관을 중시하는 문화재의 경우는 USN을 적용하여 이를 모니터링하는 것이 필수적이다. 그러나 인간이 화재 발생 현장을 컴퓨터 화면으로 직접 관찰하지 않고 USN으로부터 수집된 데이터만으로 화재 발생 여부를 자동으로 판별하는 데는 늘 오보의 한계점이 존재한다. 본 연구에서는 이러한 한계점을 해결하기 위해 온톨로지를 적용하는 방안을 제시하였고, 실험실 환경에서 USN으로부터 수집된 데이터를 기초로 화재 발생 여부를 조기에 더욱 정확하게 탐지할 수 있는 온톨로지와 추론규칙을 설계하여 실험하였다.

키워드 : 유비쿼터스 센서 네트워크, 온톨로지, 시맨틱 웹, 문화재보존, 화재조기탐지

I. 서 론

문화재, 특히 유형문화재는 긴 역사 속에서 훼손되거나 변형되고 있다. 그 훼손이나 변형은 문화재의 유형(석조 문화재, 목재 문화재, 금속 문화재, 지류·섬유류 문화재, 벽화, 도·토기 등)에 따라 다양하다(조유진, 2001). 문화재를 보

호하고 보존하기 위해서는 무엇보다도 그 훼손의 원인을 찾아 관리해야 한다. 이러한 문화재 훼손의 원인은 <그림 1>에서 나타낸 바와 같이 다양하다. <그림 1>은 문화재의 훼손 요인을 특성 요인도로 나타내 보이고 있다. 문화재 훼손의 주요 요인은 공기, 인재, 사고, 천재 등이며, 인재는 화재·도난·폭동전쟁 등이다. 화재는 가장 심각한 문화재 훼손과 소실의 원인이 된다. 특히, 우리나라의 경우, 많은 문화재가 화재에 취약한 위치에 있거나 목조 건물 내에 보존되어 있는 경우가 많기 때문에 더욱 그러하다. 예를

† 본 논문은 한국경영정보학회가 주최한 2010 춘계학술대회에서 최우수논문(응용부문)으로 선정되었습니다.

로그 센서나 USN의 센서 모두 설계시 사전에 발화점을 기초로 설정해 둔 임계치를 넘는 데이터가 센서에 입수되면 화재 이벤트가 발생된다. 이러한 데이터는 대개 화재 발생을 판단하는데 자료가 되는 온도나 연기 등을 개별적으로 고려하여 어느 하나가 임계치를 넘어서면 화재경보가 발생한다.

USN 환경에서 문화재의 상황 데이터를 실시간 온라인으로 수집하여 문화재를 모니터링하고, 그 변형이나 훼손의 정도를 분석할 수 있도록 해주는 지능형 솔루션을 개발할 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 U-문화재 관리의 핵심이 되는 화재조기탐지 영역에 초점을 맞추어 자동적인 화재조기탐지에 따른 오보의 가능성을 최소화할 수 있는 지능형 솔루션을 제안한다. 기존의 U-화재조기탐지 시스템의 한계점인 오보에 따른 문제를 해결하는 하나의 방안은 화재의 원인이 되는 다양한 데이터를 종합적으로 이용하고 화재관련 전문가의 지식을 활용할 수 있도록 하는 것이다. 따라서 본 연구에서는 국보급문화재 훼손의 심각한 원인이 되고 있는 화재를 조기에 탐지하여 정확하게 그 여부를 자동 판별할 수 있도록 해주는 온톨로지 기반의 지능형 솔루션을 개발하여 실험을 수행한다.

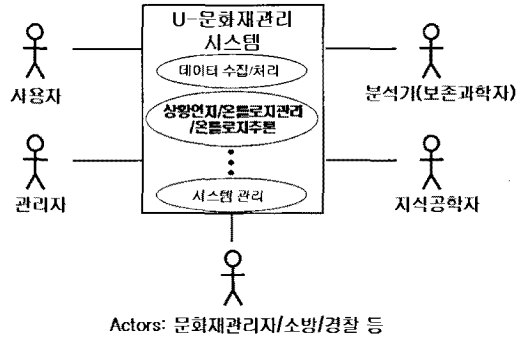
II. U-문화재 및 화재조기탐지 분석과 온톨로지 설계

2.1 U-문화관리 및 화재조기탐지 분석

<그림 2>에서는 나타난 U-문화재관리 시스템의 이해관계자들을 일반 사용자, 문화재 분석 전문가, 문화재 관리자, 지식공학자 등으로 표현하여 나타내었다. 화재조기탐지는 U-문화재관리의 한 하위 시스템으로써 기능을 하게 된다.

문화재 훼손의 원인이 다양하듯이 화재 발생 여부를 판단하는 데도 <표 1>과 같은 다양한 데이터가 이용된다. 일반적으로 화재 발생 시에는 온

도가 상승하고 습도는 하강한다. 또한 CO가 증가하고 O2는 감소하며, 연기와 불꽃이 감지된다.



<그림 2> U-문화재관리 시스템

<표 1> 센서별 측정 데이터

센서 종류	데이터 측정단위	데이터 측정범위
온도	℃	-40~123.8
습도	%	0~100
O2	%	0~1000
CO	ppm	0~500
연기감지	감지 여부	0, 1
불꽃	감지 여부	0, 1

기존 연구에서는 온도가 일정 수준 이상이거나 불꽃이 감지된 경우 등, 어느 하나의 데이터가 일정 수준 이상이면 화재 이벤트가 발생하는 것으로 시스템을 설계하였다. 또한 아날로그 방식의 화재 경보시스템의 경우도 그와 마찬가지로 방식을 사용하고 있다. 그런데 어떤 계절이나 환경에서는 온도가 일정 수준 이상이라 하더라도 불꽃이 감지되지 않은 경우는 화재가 발생되지 않을 수 있다. 따라서 화재 발생에 관한 데이터를 종합적으로 고려하고, 모니터 화면을 통해 화재 발생 현장을 관찰할 수 없는 경우에도 전문가의 판단과 유사한 수준에서 화재 발생 여부를 판단할 수 있는 온톨로지 기반의 지능형 시스템을 개발할 필요가 있다.

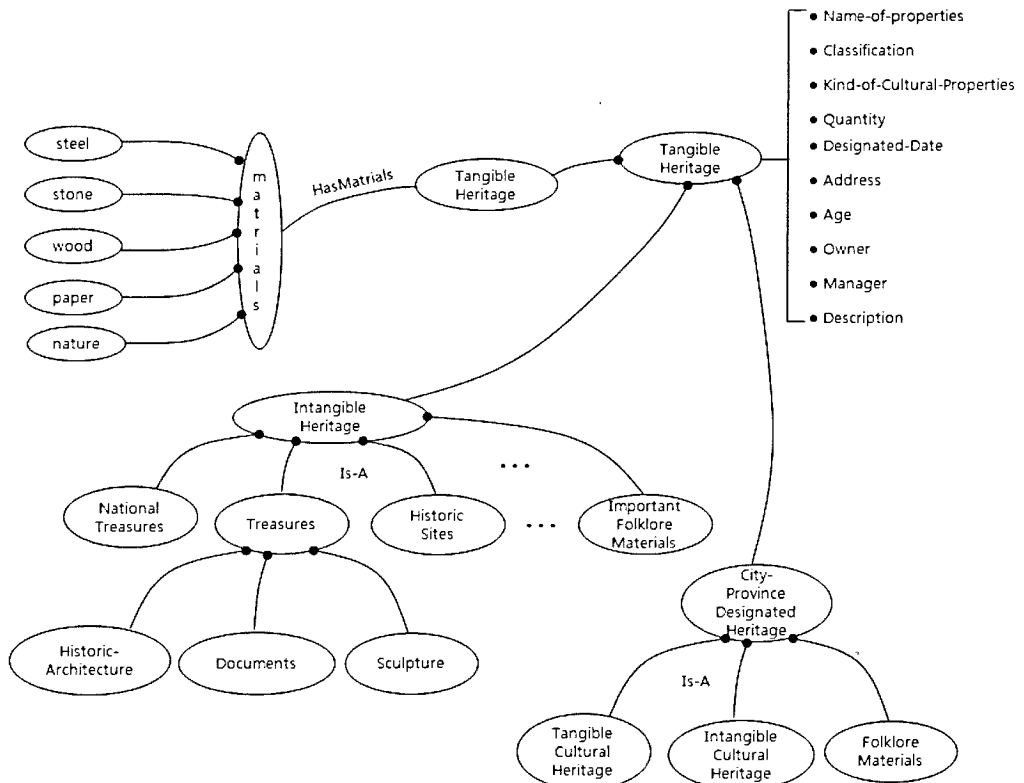
2.2 온톨로지 및 추론규칙 설계

문화재 훼손의 원인이 되는 화재를 조기탐지하여 화재 여부를 자동적으로 판단하기 위해서는 크게 세 종류의 온톨로지가 설계될 필요가 있다. 첫째는 문화재의 유형과 문화재의 재료와 관련된 온톨로지이다. <그림 3>에서는 문화 유형 및 재료와 관련된 온톨로지를 그래프 형식으로 표현하여 나타내었다. 문화재는 유형과 무형 문화재로 구분된다. 유형 문화재는 철, 돌, 나무, 종이 등으로 만들어져 있다. 문화재가 어떤 재료로 만들어져 있는가는 화재 발생을 판단하는 중요한 상황 정보가 된다.

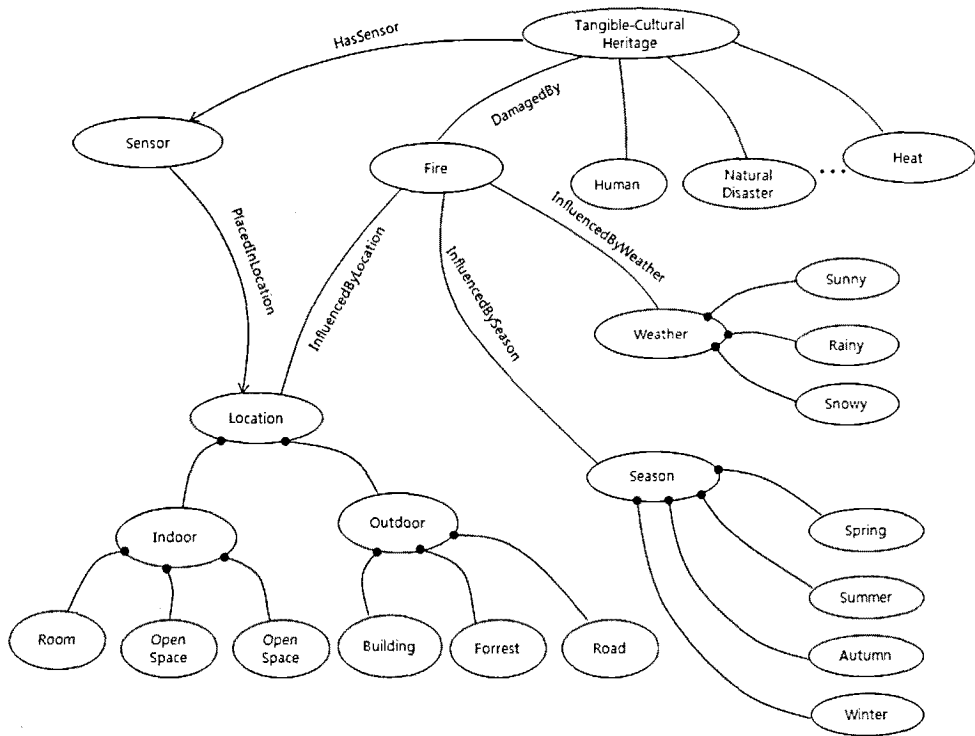
둘째는 문화재의 훼손 원인과 관련된 온톨로지이다. <그림 4>에 나타난 바와 같이 화재, 인간, 자연재앙, 열 등은 문화재 훼손의 원인이 된

다. 문화재가 위치해 있는 장소, 그때의 날씨, 계절 등의 상황에 따라 화재 발생의 판단 여부는 달라진다. 예를 들어, 온도 데이터로 화재 발생 여부를 판단할 때, 비가 오는 날씨에 실외에 산속에 있는 문화재와 그렇지 않는 경우의 적용 데이터 값이 달라져야 한다.

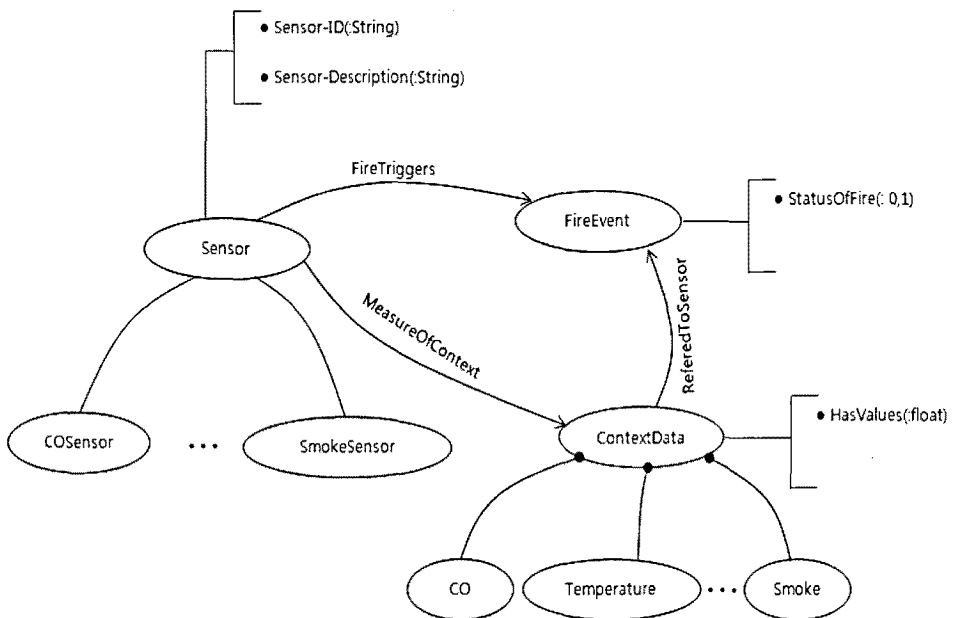
끝으로 화재 발생 여부를 판단하는 기본 데이터를 입수하는 센서의 종류는 다양하다. 센서로부터 수집된 데이터가 일정 수준 이상일 때 화재 발생 이벤트가 산출된다. <그림 5>에서는 센서의 종류, 센서로부터 수집된 데이터와 화재 이벤트 간의 관계를 온톨로지 표현하였다. <그림 5>의 온톨로지는 어떤 센서, 예를 들어 일산화탄소 센서에서 수집된 데이터가 일정 수준 이상일 때 화재 이벤트를 발생시키는 것과 관련된 온톨로지이다.



<그림 3> 문화재 온톨로지



〈그림 4〉 문화재 및 상황 온톨로지



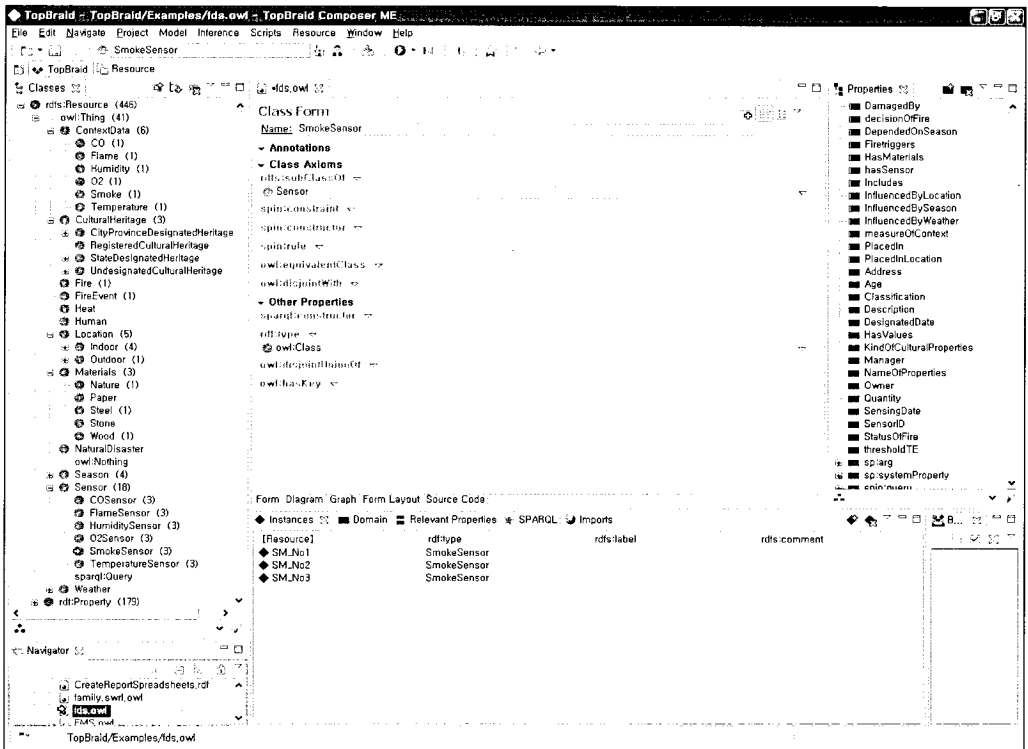
〈그림 5〉 센서 및 화재 이벤트 온톨로지

<그림 6>에서는 온톨로지 구축 도구인 Top Braid에서 화재조기탐지를 위한 온톨로지의 클래스와 클래스 간의 관계를 규정하는 프로퍼티 등을 나타내 보이고 있다. <그림 6>의 왼쪽은 클래스, 오른쪽은 프로퍼티, 아래는 센서 클래스의 인스턴스를 나타내고 있다.

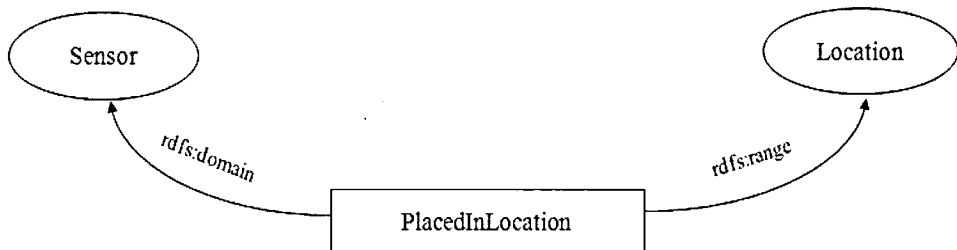
<그림 7>에서는 클래스 Sensor와 클래스 Location의 관계(relation)를 표현하고 있다. Sensor는

어떤 Location에 위치해 있기 때문에 <그림 7>과 같이 두 클래스는 PlacedInLocation이라는 프로퍼티로 연결된다.

<그림 7>의 관계를 OWL(Web Ontology Language)로 표현하면 다음과 같다. 여기서 관계를 정의하는 PlacedInLocation은 HasSensor와 역관계(owl:inverseOf)로 표현하였기 때문에 이에 대한 domain과 range를 별도로 정의하지 않아도 된다.



<그림 6> TopBraid에 표현된 클래스 관계



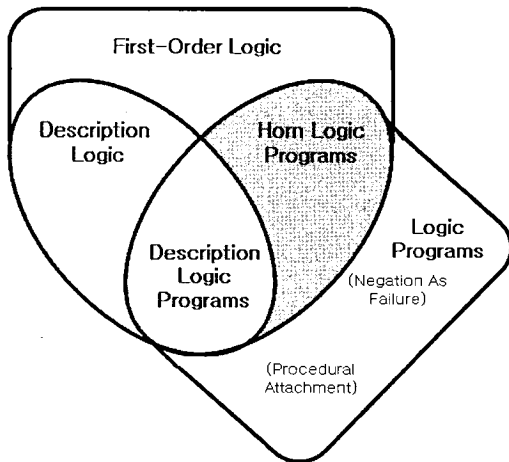
<그림 7> 관계를 정의하는 Property의 domain과 range

즉, PlacedInLocation의 domain과 range는 각각 Sensor와 Location이다.

```
<owl: ObjectProperty rdf: ID = "PlacedInLocation">
  <rdfs: domain rdf: resource = "#Sensor"/>
  <rdfs: range rdf: resource = "#Location"/>
  <owl: inverseOf rdf: resource = "#HasSensor"/>
</owl: ObjectProperty>
```

OWL과 같은 온톨로지 언어에는 기본적인 추론 기능이 지원되기도 하지만 더욱 복잡하고 다양한 추론을 지원하지 못한다. 온톨로지에서 지원하는 지식 추론에는 한계가 있기 때문이다. 따라서 더욱 복잡하고 현실성 있는 문제를 해결하기 위해서는 별도의 추론 언어를 사용할 필요가 있다. SWRL(Semantic Web Rule Language)은 그 대표적인 추론언어이다(김수경, 안기홍, 2008; Horrocks et al., 2004).

W3C에서는 OWL 온톨로지 언어에서 지원하는 추론의 한계를 지원하기 위해 SWRL를 제안하였다. SWRL은 OWL(OWL의 하위 언어인 OWL DL과 OWL Lite)과 규칙마크업 언어인 RuleML을 결합하여 OWL에 대한 규칙을 표현하는 언어이다.



<그림 8> 논리규칙의 표현 범위(Grosz et al., 2003)

SWRL은 <swrl: Imp> 태그를 이용하여 규칙을 선언한다. 이는 <swrl: head>와 <swrl: body>로 이용하여 구분되며 각각의 절은 <swrl: AtomList>로 묶여서 작동된다. 이러한 형태로 표현한 규칙과 추론엔진을 이용하여 온톨로지를 추론하는 데 활용할 수 있다. OWL DL은 description logic에 기반을 두고 있으며, SWRL은 horn clause logic에 기반을 두고 있다. <그림 8>에서 나타난 바와 같이 온톨로지 추론을 위한 로직의 표현 방법은 크게 LP(Logic Programs)와 FOL(First Order Logic)로 구분된다. Description Logic Program은 두 표현 방식의 공통영역에 있다. Description Logic Program을 확장하고자 하는 연구 결과의 하나가 SWRL이다.

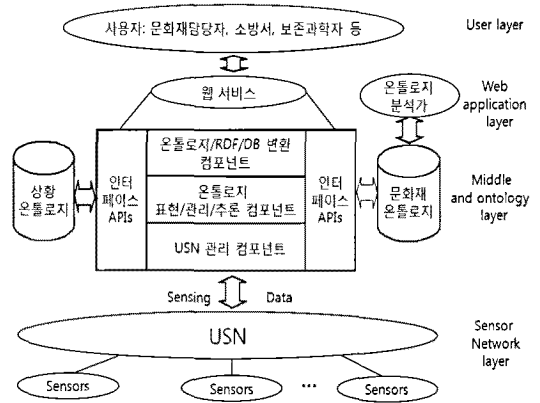
온도로 화재 발생여부를 판단하는 경우, 모든 상황에 동일하게 일정 온도(예를 들어 화씨 80도) 이상이면 화재 이벤트를 발생시키는 것이 아니라, 상황에 맞게 발화점을 조정하여 설정할 수 있어야 오보를 줄일 수 있다. <그림 3>과 <그림 4>의 온톨로지를 참조하여 문화재가 어디에 위치해 있고 어떤 재료로 구성되어 있는가, 즉 문화재의 상황을 고려하여 화재 발생 여부를 판단할 있는 규칙은 다음과 같이 작성된다.

```
CONSTRUCT {
  ?s1: Firetriggers ?sf.
}
WHERE {
  : SeoulSungnyemun: hasSensor ?s1.
  ?s1 a: TemperatureSensor.
  ?s1: PlacedInLocation ?p1.
  : SeoulSungnyemun: HasMaterials ?m1.
  ?m1 a: Wood.
  ?s1: measureOfContext ?cs.
  ?cs: HasValues ?d1.
  FILTER (?d1 > 80.0).
  ?cs: decisionOfFire ?df.
  ?df: StatusOfFire ?sf.
```

III. 시스템 구현 및 실험

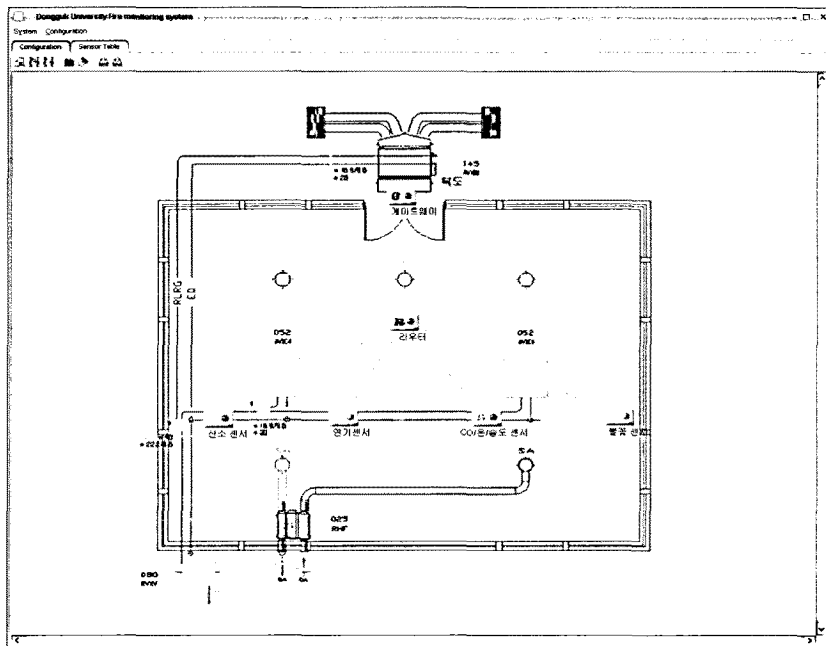
3.1 시스템 구조와 구현

온톨로지 기반의 U-문화재관리 시스템은 <그림 9>에서 나타낸 바와 같이 4개 계층으로 구성된다. 제일 하위 계층은 화재발생에 대한 데이터를 수집하는 센서 네트워크로 구성되어 있다. 센서 네트워크에서 수집된 데이터는 서버의 미들웨어 계층에서 데이터베이스에 저장되고 관리된다. 여러 센서로부터 수집된 데이터 중에서 화재 발생으로 간주될 수 있는 수준의 데이터가 발생하면, 온톨로지 기반의 컴포넌트에서 종합적으로 화재 발생 여부를 판단하게 된다. 웹 애플리케이션 계층에서는 데이터를 이용하여 각 사용자가 필요한 형식으로 데이터를 변환하여 제공하고, 화재 이벤트가 발생한 경우는 담당 기관에 인터넷을 통해 화재 발생 이벤트를 보내게 된다.



<그림 9> 온톨로지 기반 U-문화재관리 시스템의 구조도

<그림 10>은 실험 환경에서 USN의 구성도를 나타내고 있다. 산소, 연기, 온습도와 일산화탄소, 불꽃 센서로부터 입수된 각각의 데이터는 라우터를 거쳐 게이트웨이를 통해 서버의 미들웨어 계층으로 전달되고 미들웨어를 통해 관리된다.



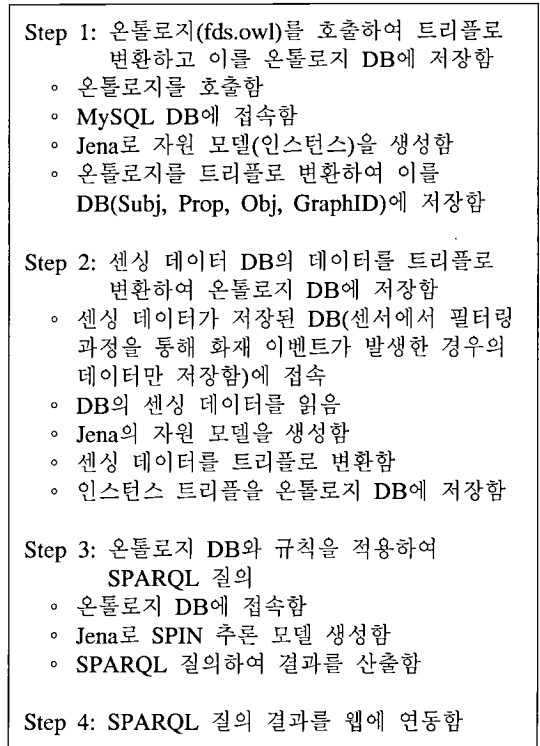
<그림 10> 실험 환경에서 USN의 구성

U-문화재관리를 위한 온톨로지, RDF(Resource Description Framework), DB 간의 변환 및 웹 연동 컴포넌트(transformer)의 개념적 구조는 <그림 11>과 같다. 변환 컴포넌트는 RDF를 MySQL로 변환하고, 그 역으로 MySQL 데이터를 RDF로 변환하며, 웹과 데이터베이스 간을 연동하는 기능을 수행한다. <그림 11>의 작동절차를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 사용자가 PC로 인터넷에 접속하여 필요한 기본적인 정보를 입력하면, 이는 MySQL의 데이터베이스에 저장된다. Transformer는 센서에서 수집된 화재 이벤트 데이터와 함께 관계형 데이터베이스의 데이터를 RDF로 변환한다. <그림 11>의 Ontology Management 시스템에서 RDF는 온톨로지와 함께 관리되고, SPARQL에 의한 질의가 가능하다. 또한 그 역으로 온톨로지를 트리플로 변환하여 데이터베이스에 저장하고 이를 웹에 연동하여 결과를 사용자에게 제공하게 된다.

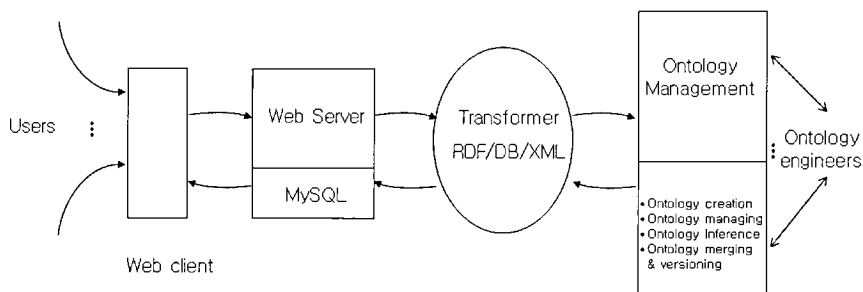
U-문화재관리 시스템의 개발환경은 다음과 같다. JDK(Java Development Kit) 1.6.0, eclipse SDK 3.5.1 win32, JDBC, MySQL 5.1, Apache Tomcat 5.5, TopBraidComposer ME 3.3. 온톨로지 관리와 추론을 위해서는 오픈 소스형 시맨틱 웹 응용 프레임워크인 Jena 2.6.2를 활용한다.

본 시스템의 가장 핵심이 되는 변환 컴포넌트를 개발하기 위한 기본적인 아이디어는 다음과 같다: 온톨로지와 데이터베이스(DB)의 데이터를 모두 트리플(triple) 형식으로 변환하여 트리플을

온톨로지 DB에 저장해 두고 SPARQL로 질의한다. <그림 12>에서 센서에서 수집한 자료를 RDF로 변환하고, 이를 온톨로지와 결합하여 화재발생 여부를 판단하여 트리플에서 SPARQL 질의로 그 결과를 웹에 연동해 주는 변환 컴포넌트의 절차를 표현하였다.



<그림 12> 온톨로지, RDF, DB, 웹 간의 변환 및 연동 알고리즘



<그림 11> 변환 컴포넌트의 개념적 구조

본 연구에서는 위의 알고리즘을 Java에서 Jena API를 이용하여 변환 시스템을 구현하였다.

된 건축물에 센서가 설치된 상황을 고려하여 화재 이벤트를 산출하라.

3.2 실험 결과

화재 발생의 근거가 되는 데이터(온도, 일산화탄소, 불꽃, 연기 등)를 종합적으로 판단하고 문화재가 위치한 상황과 문화재 자체의 상황을 고려하여 U-화재조기탐지 시스템이 제대로 작동되고 신뢰할 수 있는지 시나리오를 통해 실험한다. 문화재가 위치한 상황, 계절, 환경 요인, 문화재의 재료 등의 도메인 상황을 인스턴스로 설정하여 다양한 시나리오를 구성할 수 있다. 다음에서는 간단한 2개의 시나리오를 기초로 본 시스템을 실험한다:

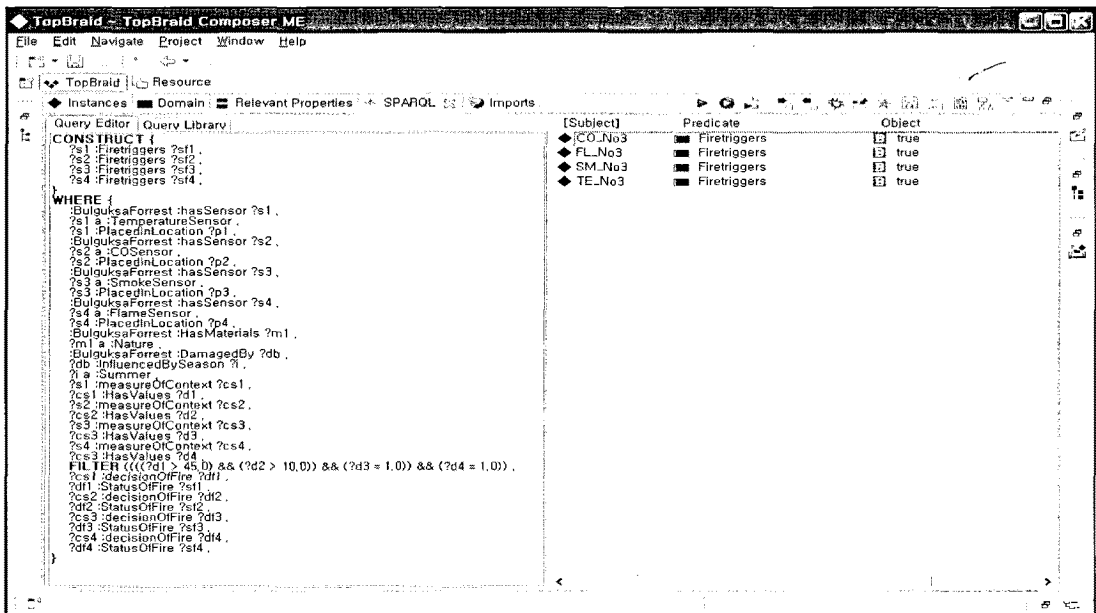
시나리오 1: 불국사와 같은 숲에 센서가 설치되어 있는 상황을 고려하여 화재 이벤트를 산출하라.

시나리오 2: 승례문과 같이 도심의 나무로 건축

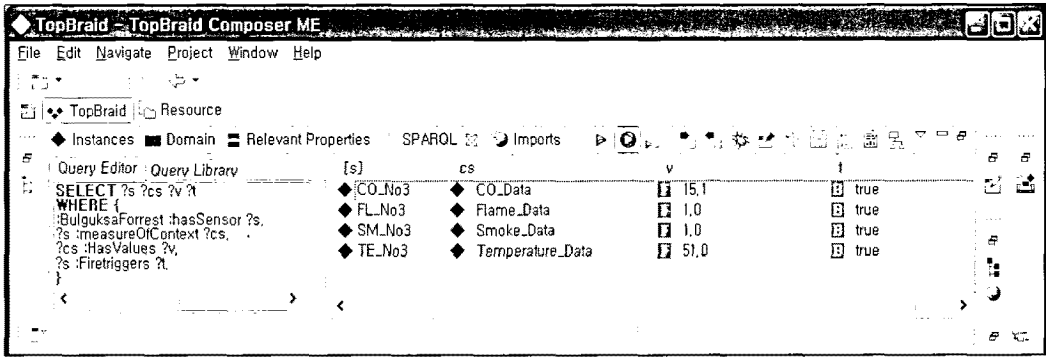
실험은 2단계로 수행되었다. 먼저 온톨로지가 잘 수행되는지를 검증하기 위해 TopBraid에서 SPIN CONSTRUCT를 활용하여 질의하였다. 다음으로 Jena APIs를 활용하여 웹에서 화재이벤트 발생을 알려주는 방식을 실험하였다. <그림 13>의 왼쪽은 SPIN CONSTRUCT에 기반한 규칙과 온톨로지를 검증하기 위한 것을 나타내고 있다. 3번 센서에서 상황과 일산화탄소, 불꽃, 연기, 온도를 종합적으로 고려하여 화재가 발생된 것으로 판단되었다.

<그림 14>에서는 화재 발생 센서노드, 센서별 수집된 데이터와 화재 발생 이벤트 발생 여부를 SPARQL 질의한 결과를 나타내고 있다. <그림 14>의 왼쪽은 SPARQL 질의문, 오른쪽은 그 질의 결과이다.

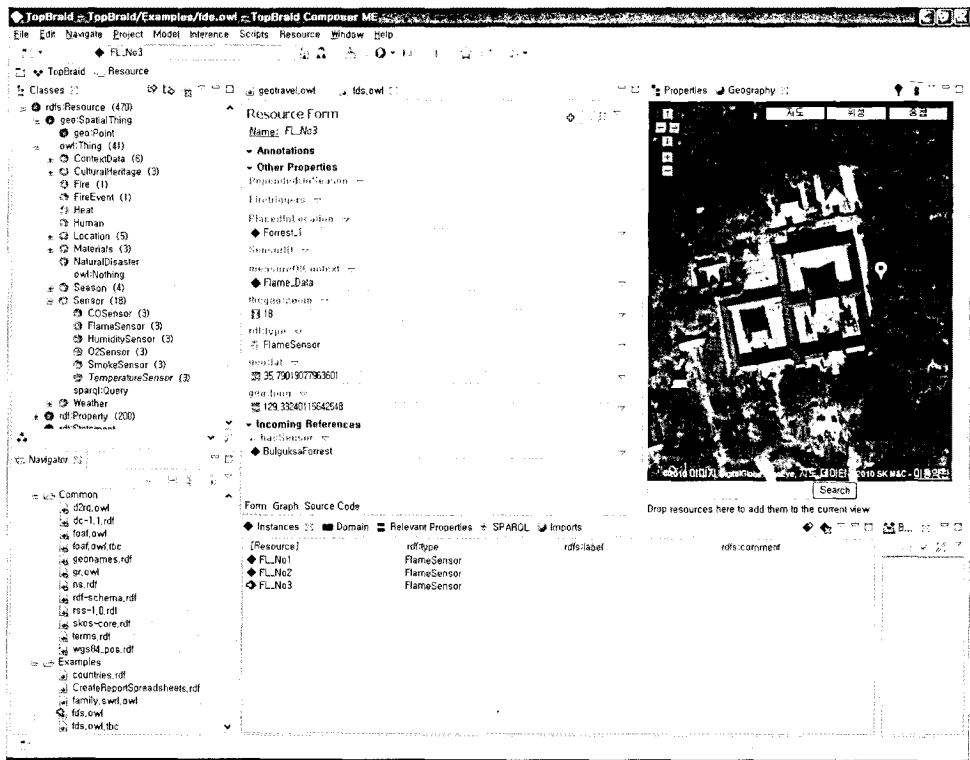
화재 발생 위치를 지도상에 표시해 주기 위해 W3C WGS84 lat/long 온톨로지(<http://www.w3.org>



<그림 13> 시나리오 1의 경우에 대한 TopBraid에서 출력 화면



〈그림 14〉 불국사 숲의 센서로부터 화재 이벤트에 대한 TopBraid에서 SPARQL 질의 결과



〈그림 15〉 불국사 숲에 위치한 센서로부터 화재 이벤트가 발생한 경우의 지리정보

/2003/01/geo/wgs84_pos#)를 연계하였다. <그림 15>에서는 화재발생 센서의 위치를 지도상에 표현해 주고 있다.

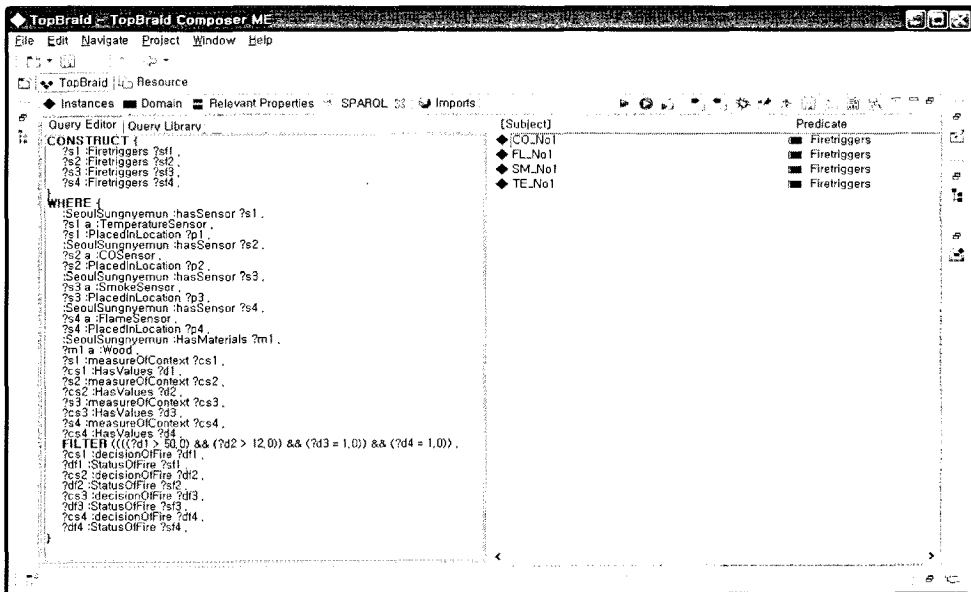
끝으로 본 연구에서는 TopBraid 상에서 검증한 온톨로지와 규칙을 적용하여 웹 서비스로 화

재탐지 결과를 통지할 수 있도록 하였다. <그림 16>은 인터넷 웹에서 화재 발생을 통지하는 화면이다.

<그림 17>~<그림 20>은 시나리오 2, 송례문의 경우를 실험한 결과이다.

센서	자료유형	데이터값	화재발생
TE_No3	Temperature_Data	51.0	true
FL_No3	Flame_Data	1.0	true
SM_No3	Smoke_Data	1.0	true
CO_No3	CO_Data	15.1	true

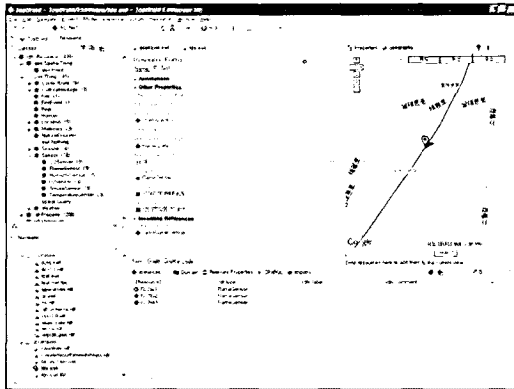
〈그림 16〉 불국사 숲의 센서로부터 화재가 탐지된 경우의 웹 서비스 결과 화면



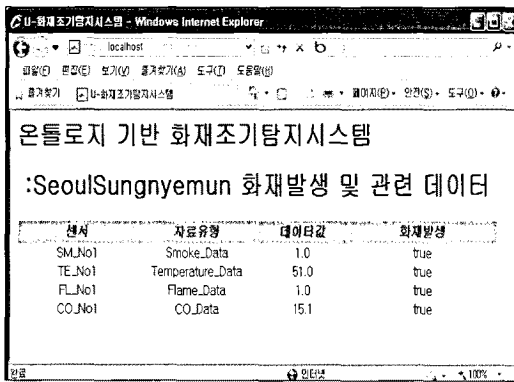
〈그림 17〉 시나리오 2의 경우에 대한 TopBraid에서 SPIN CONSTRUCT 출력 화면

[s]	cs	v	t
◆ CO_No1	◆ CO_Data	15.1	true
◆ FL_No1	◆ Flame_Data	1.0	true
◆ SM_No1	◆ Smoke_Data	1.0	true
◆ TE_No1	◆ Temperature_Data	51.0	true

〈그림 18〉 송례문의 센서로부터 화재 이벤트에 대한 TopBraid에서 SPARQL 질의 결과



〈그림 19〉 송례문에 위치한 센서로부터 화재 이벤트가 발생한 경우의 지리정보



〈그림 20〉 송례문의 센서로부터 화재가 탐지된 경우의 웹 서비스 결과 화면

IV. 결 론

본 연구에서는 U-문화재관리의 핵심이 되는 USN 기반의 지능형 화재조기탐지 시스템을 설계하고 개발하여 실험하였다. 화재조기탐지를 위해 USN을 적용한 사례가 있으나 오보의 가능성이 높다는 한계점이 존재하였다. 본 연구에서는 이러한 한계점을 해결하기 위해 온톨로지를 적용하여 USN에서 수집되는 화재 발생의 기초 데이터를 종합적으로 고려하여 더욱 정확하게 화재를 탐지할 수 있는 시스템을 제안하였다. 실험을 통해 본 연구의 알고리즘과 온톨로지 및

추론규칙이 잘 작동되는 것을 검증하였다. 본 연구는 화재 발생의 오보문제를 해결하기 위한 온톨로지 접근법을 처음으로 제시하였다는 의의와 더불어 다양한 산업 분야(문화재 보존, 소방방재 산업, USN 산업 등)의 발전에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

비록 화재조기탐지 영역에 실험을 수행하였지만, 본 제안 시스템은 도메인 온톨로지를 추가하여 문화재 훼손의 다른 원인을 실시간 온라인으로 모니터링하는 모든 영역에 확대 적용될 수 있다. 실험실 환경을 넘어서 실제 화재발생 상황과 유사한 실험 환경이 주어지면, 여러 화재발생 데이터(온도, 연기, 불꽃 등)의 발화점과 그 때의 센서에 측정된 값을 비교하여 각각의 임계치 값을 산출하고 실제 상황에 적용하여 많은 재난으로부터 피해를 극소화하는데 기여할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

권오병, 김지훈, 최근호, “U-City 요구분석을 위한 유비쿼터스 공간 서비스 인식 방법론 개발”, *Information Systems Review*, 제8권, 제1호, 2006, pp. 141-158.

김민수, 이용준, 박종현, “USN 미들웨어 기술개발 동향”, *전자통신동향분석*, 제22권, 제3호, 2007, pp. 67-79.

김수경, 안기홍, “기술논리와 SWRL 기반의 웹 온톨로지 모델링”, *정보관리학회지*, 제25권, 제1호, 2008, pp. 149-171.

박기현, 유상진, “대구지역에서의 유비쿼터스 헬스 시스템 구축 현황”, *Information Systems Review*, 제8권, 제2호, 2006, pp. 17-27.

조유진, 문화유산 보존·관리의 과학적 방안, 문화유산의 보존과 감사, 2001, pp. 36-41.

Akyildiz, I. F., T. Melodia, and K. R. Chowdhury, “A Survey on Wireless Multimedia Sensor Networks”, *Computer Networks*, Vol.51, 2007,

- pp. 921-960.
- Arampatzis, T. D., J. A. Lygeros, and S. A. Mansis, "A Survey of Applications of Wireless Sensors and Wireless Sensor Networks", *Proceedings of the 13th Mediterranean Conference on Control and Automation*, June 2005, pp. 719-724.
- Grosf, B., I. Horrocks, R. Volz, and S. Decker, "Description Logic Programs: Combining Logic Programs with Description Logic", *International World Wide Web Conference Proceeding of the 12th International Conference*, Budapest, Hungary, 2003, pp. 48-57.
- Horrocks, I., P. F. Patel-Schneider, H. Boley, S. Tabet, B. Grosf, and M. Dean, "SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML", W3C, Available at: <http://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-SWRL-20040521>, 2004.
- Jena2, A Semantic Web Framework, Available at: <http://jena.sourceforge.net>, 2007.
- Joo, J., J. Yim, and C. Lee, "Protecting Cultural Heritage Tourism Sites with the Ubiquitous Sensor Network", *Journal of Sustainable Tourism*, Vol.17, No.3, 2009, pp. 397-406.
- Tomioka, K. and K. Kondo, "Ubiquitous Sensor Network System", *NEC Technical Journal*, Vol.1, No.1, 2006, pp. 78-82.

Information Systems Review
Volume 12 Number 2
August 2010

The Ontology-Based Intelligent Solution for Managing U-Cultural Heritage: Early Fire Detection Systems

Jaehun Joo* · Sungjae Myeong**

Abstract

Recently, ubiquitous sensor network (USN) has been applied to many areas including environment monitoring. A few studies applied the USN to disaster prevention and emergency management, in particular, aiming to conserve cultural heritage. USN is an useful technology to do online real-time monitoring for the purpose of early detection of the fire which is a critical cause of damage and destruction of cultural heritages. It is necessary to online monitor the cultural heritages that human has a difficulty to access or their external appearance and beauty are important, by using the USN. However, there exists false warning from USN-based monitoring systems without human intervention. In this paper, we presented an alternative to resolve the problem by applying ontology. Our intelligent fire early detection systems for conserving cultural heritages are based on ontology and inference rules, and tested under laboratory environments.

Keywords: *Ubiquitous Sensor Network, Ontology, Semantic Web, Cultural Heritage Conservation, Early Fire Detection*

* Professor, Department of Information Management, Dongguk University

** Master of Business Administration, Cooperative Department of Electronic Commerce, Dongguk University

○ 저 자 소 개 ○



주 재 훈 (givej@dongguk.ac.kr)

현재 동국대학교(경주캠퍼스) 경영·관광대학 경상학부 교수로 재직 중이다. 부산대학교에서 경영학박사 학위를 취득하였다. University of Nebraska-Lincoln 교환교수, 한국정보시스템학회 편집위원장을 역임하였고, 현재 한국정보시스템학회 수석부회장(차기회장)을 맡고 있다. 주요 관심분야는 전자상거래와 e-비즈니스 전략/모형/개발방법론, 시맨틱 웹, 지식경영, 유비쿼터스 응용, 집단지성과 소셜 웹 등이다. 경영학연구, 경영정보학연구, 한국경영과학회지, 정보시스템연구, Journal of Sustainable Tourism, DSS, Information Systems Management, International Journal of Industrial Engineering, Expert Systems with Applications, Journal of Computer Information Systems 등에 다수의 논문을 게재하였다.



명 성 재 (piter333333@naver.com)

동국대학교에서 경영학사(전자상거래학전공), 경영학석사(전자상거래관리전공) 학위를 취득하였다. 주요 관심분야는 시맨틱 웹, 온톨로지, 인터넷 마케팅, 소셜 네트워크 등이다.