

유비쿼터스 지능 공간에서 자원 공유를 위한 온톨로지기반 추론

Ontology based reasoning for resource sharing in ubiquitous smart space

강선희, 박종현, 김영국, 강지훈
충남대학교 컴퓨터공학과

Sun-Hee Kang, Jong-Hyun Park, Young-Kuk Kim,
Ji-Hoon Kang
Dept. of Computer Engineering, ChungNam Univ.

요약

유비쿼터스 컴퓨팅의 주요 목적 가운데 하나는 지능 공간에 존재하는 다양한 자원들을 공유하고 최적의 자원을 추론하여 사용자를 위한 효과적인 서비스를 구성하는 것이다. 그러나 각 응용들은 서로 다른 표현 방법으로 자원과 서비스들을 기술하고 있으며 이러한 이질적인 정보 표현 형식은 공유와 추론을 어렵게 하는 요인이 된다. 그러므로 자원 공유를 위해 필요한 정보를 단일화하는 것이 필요하며 온톨로지는 이를 표현하기 위한 한 가지 방안이다. 본 논문에서는 유비쿼터스 지능 공간 내에서 제공 가능한 서비스들을 정의하고 이를 위한 온톨로지를 제안한다. 또한 서비스를 구성하기 위하여 주변의 자원을 공유하기 위한 자원 온톨로지를 정의한다. 이렇게 정의된 우리의 온톨로지들은 유비쿼터스 지능 공간에서 사용자에게 효과적인 서비스를 구성하기 위한 자원 집합을 추론하기 위해서 사용된다.

Abstract

One of the main goals of ubiquitous computing is to share a variety of resources existing to smart space and compose an efficient services by reasoning the most user-suitable resources. However, each applications describe the resources and services in different expression ways and these heterogeneous expression ways make it difficult for sharing and reasoning of the resources. Therefore, it is necessary to unify the information for resources sharing and ontology is one of the solution for the unification. In this paper, we define the possible services in the ubiquitous smart space and its ontology. Also, we propose a resource ontology to represent the usable resources in the space. our ontologies are used to reason resource set for composing user-suitable service in the ubiquitous smart space.

I. 서론

유비쿼터스 컴퓨팅(Ubiquitous Computing) 환경은 사물에 컴퓨팅 기능이 내장되어 언제, 어디서나 사용자의 장치를 이용하여 주변 환경으로부터 서비스를 제공받을 수 있는 환경이다.[1] 이때 특별히 사용자 중심의 지능적 서비스 제공 환경을 실현하기 위하여 서비스와 시스템 인프라가 유기적으로 연결되어 사용자를 위해 자율적으로 목표지향적인 협업을 수행하는 공간을 유비쿼터스 지능 공간(USS: Ubiquitous Smart Space)이라 한다.[2,3]

컴퓨팅 환경이 발전함에 따라서 사용자는 지능 공간 안에서 특별히 사용자의 요청이나 개입이 없더라도 사용자의 상황을 인지하고, 그에 적절한 서비스를 받기를 원한다. 그러나 지능 공간에는 수없이 많은 자원과 자원의 조합으로 이루어 질 수 있는 서비스가 존재하며, 지능화된 자율적 서비스를 수행하기 위해서는 우선 자원과 서비스를 인지할 수 있어야 한다. 또한

인지된 자원들은 지능 공간 안에서 다른 서비스와 사용자에게 의해서 공유될 수 있어야 한다.

지능 공간 내에서의 서비스는 인지된 자원을 이용한 추론을 통해 사용자에게 제공되며[4], 이를 위해서는 자원 정보를 추론에 적합하게 표현할 수 있어야 한다. 그러나 자원 정보를 표현하는 방법은 매우 다양하며, 다양한 방법으로 표현된 정보를 추론에 이용하는 것은 많은 시간과 컴퓨팅 자원이 필요한 작업이다. 또한 공유와 추론을 위해 이용되는 정보가 상호운용성이 보장될 경우 공유와 추론을 수행하는데 보다 효율적으로 이용할 수 있으며, 상호운용성이 보장되지 않는 정보 표현은 공유와 추론을 어렵게 하는 요인으로 작용하게 된다. 그러므로 상호운용성을 보장하기 위해서는 단일화된 표현 방법을 사용하는 것이 좋으며, 이를 위한 대표적인 해결 방안은 온톨로지를 이용하는 것이다.

온톨로지란 개념과 개념에 대한 관계 명세로, 특정 분야의 현실 세계를 모델링할 때 이와 관련된 개인이나 집단들이 합의하여 도출한 개념들을 명시적으로 정의할 뿐만 아니라 컴퓨터가 이해하고 처리할 수 있는 형태로 표현하여 나타낸 용어

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술사업의 08B3-01-30S 과제로 지원된 것임.

들의 집합이다. 그러므로 온톨로지를 이용하여 자원과 서비스에 관한 정보를 표현할 경우에는 구성원에 의해 합의된 지식을 단일화된 표현 방식을 사용하여 표현하게 되므로, 상호운용성이 보장 될 수 있다. 또한 이를 추론에 이용할 경우 보다 효율적인 추론이 가능하게 된다. 그러므로 본 논문에서는 유비쿼터스 지능 공간 내에서 제공 가능한 서비스들을 정의하고 이를 위한 온톨로지를 제안한다. 또한 서비스를 구성하기 위하여 주변의 자원을 공유하기 위한 자원 온톨로지를 정의한다. 이렇게 정의된 우리의 온톨로지들은 유비쿼터스 지능 공간에서 사용자에게 효과적인 서비스를 제공하기 위해서 효율적인 자원 집합을 구성하는데 큰 역할을 하게 된다.

본 논문은 2절에서는 유비쿼터스 환경에서 서비스를 제공하기 위하여 제안된 다른 시스템에서 어떻게 자원 및 서비스 정보를 표현하고 있는지에 대해 알아보고, 3절에서는 우리의 환경에 맞는 온톨로지 정의 및 구성에 대해 설명하고, 4절에서는 제안된 온톨로지를 어떻게 추론에 이용하였는지에 대해 설명하고, 마지막 5절에서는 결론을 기술하고자 한다.

II. 관련연구

유비쿼터스 컴퓨팅 환경이 대두되면서, 사용자의 활동은 최소화 하면서 지능적으로 서비스를 구성해주는 시스템에 대한 관심은 지속적으로 높아지고 있다. 이를 반영하는 많은 연구들은 자원 및 서비스와 같이 환경을 구성하는 요소들을 컨텍스트(context)로 정의하고, 이러한 컨텍스트(Context)를 표현, 추론하여 사용자 맞춤형 서비스를 제공하고 있다. 이때, 이러한 컨텍스트를 표현하는 방식을 많은 연구에서 OWL과 같은 온톨로지 기술 언어를 이용하여 표현하고, 이를 추론에 이용하여 상황을 인지한다. CoBrA, SOCAM, CONON과 같은 연구는 온톨로지를 이용하여 컨텍스트를 표현하고, 추론에 이용하는 대표적인 연구이다.

UMBC(University of Maryland, Baltimore Country)에서 개발된 CoBrA[5,6]는 유비쿼터스 환경에서 컨텍스트 정보의 생성, 관리, 배포를 위해 컨텍스트 공유모델을 관리한다. 이때 컨텍스트는 RDF와 OWL을 이용하여 온톨로지를 구성함으로써 지식에 대한 공유를 가능하게 하고, 이를 지식 기반(Knowledge Base)으로 구성하여 컨텍스트에 대한 기본적인 추론이 가능하도록 하였다. 이들이 제안한 온톨로지는 SOUPA[7] 온톨로지로서 이는 유비쿼터스 응용에서 기준이 되는 온톨로지의 역할을 하고 있다. SOUPA 온톨로지는 SOUPA Core와 SOUPA Extensions으로 구성되어 있다. Core에서는 일반적인 어휘를 정의하여 어떤 환경에서나 사용 가능한 어휘들로 온톨로지를 구성하였고, Extensions에서는

Core에서 각 도메인(domain)에 맞게 확장이 가능한 어휘들로 구성하였다.

CONON[8]은 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 컨텍스트의 모델링을 위해 온톨로지를 사용하고, 이를 추론하여 사용자의 상황에 대한 정보 및 환경 내부의 상황 정보를 추론한 대표적인 연구이다. CONON 연구에서 온톨로지는 상위(upper) 온톨로지와 하위(lower) 온톨로지로 구성되어 있으며, 상위 온톨로지는 보다 일반적이고, 범용적인 온톨로지로서 제안되어 있다. 이에 반해 하위 온톨로지는 응용과 도메인에 특화된 온톨로지로서 제안되어 있다. 그러나 CONON에서는 온톨로지 그대로를 추론에 이용하기 보다는 온톨로지내에 기술된 속성들을 이용하여 추론을 위한 룰(reasoning rules)을 정의하여 사용하고 있다.

위에서 설명한 연구들 환경 컨텍스트에 초점을 맞추어 현재 환경에서 벌어질 수 있는 상황에 대한 정보에 중점을 두고 설계 되었으며, 서비스(service)와 디바이스 같은 자원들은 개별 응용에 따라 정의되어야 하는 것으로 고려되고 있다.

제안된 온톨로지 구성 및 추론은 서비스와 자원 온톨로지를 앞의 연구들에서 보다 일반적으로 정의하였으며, 특히 자원 온톨로지의 경우 보다 구체적인 분류를 통해 온톨로지로서 구성하였다. 또한 이를 추론에 이용할 때, 자원 공유 시에 보다 효율적으로 자원 집합을 찾을 수 있도록 제안되었다.

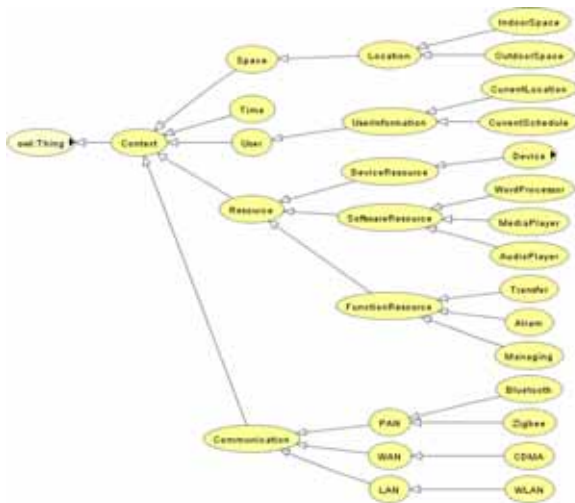
III. 온톨로지 정의 및 구성

유비쿼터스 지능 공간(USS)의 다양한 정보를 표현하고, 표현된 정보를 공유하고 추론하기 위해서는 공통된 표현으로 기술하는 것이 중요하다. 이를 위해서 Web Ontology Language인 OWL[9], 그 중에서도 가장 경량한 OWL-Lite를 이용하여 온톨로지를 정의하였으며, 컨텍스트(context), 자원(resource), 서비스(service)과 관련된 정보를 표현하는데 중점을 두고 온톨로지를 정의하였다.

1. Context Ontology

유비쿼터스 지능 공간에 존재하는 일반적인 구성요소들을 정형화하기 위해서 구성된 온톨로지이다. 온톨로지 상의 각 클래스(class)들은 USS의 구성요소로서, 상위로 갈수록 보다 추상적이고 포괄적인 범주를 갖는 구성요소이다.

그림 1에서 나타내고 있듯이, 기본적으로 컨텍스트로 고려될 수 있는 것은 시간, 사용자, 위치, 통신, 자원과 같은 요소들로 이들은 추론 과정을 통해 사용자의 상황정보를 알아낼 수 있는 가장 기본적인 요소들이다.

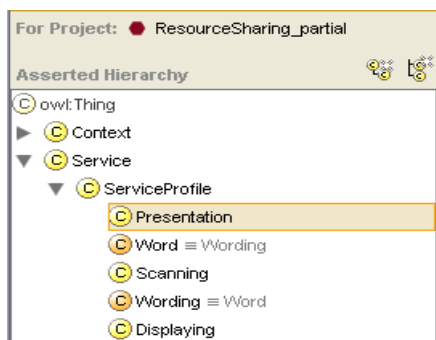


▶▶ 그림 1. 부분 Context Ontology Diagram

2. Service Ontology

유비쿼터스 환경에서 중요하게 대두되고 있는 것 중 하나가 지능적 사용자 맞춤 서비스를 제공하는 것이다. 이를 위해서는 컨텍스트 온톨로지에 정의된 정보뿐만 아니라, 환경정보와 함께 추론이 가능하도록 사용자에게 제공 가능한 서비스를 정의하는 일 또한 중요하다.

서비스 온톨로지는 사용자가 원할만하고, 컨텍스트 정보에 표현된 정보들에 의해 구성이 가능한 서비스들을 표현한 온톨로지이다. 그림 2는 서비스 온톨로지의 한 부분으로, 자원 공유시에 제공 가능한 서비스들을 보여주고 있다.



▶▶ 그림 2. 부분 Service Ontology Diagram

서비스 온톨로지를 구성하고 있는 기본 개념들은 사용자가 직접적으로 알 수 있는 개념들이다. 예를들어 사용자가 모니터 화면을 통해 무엇인가를 보여주고자 한다면 Displaying, 문서 편집 작업은 Wording과 같은 형태로 온톨로지에 반영하여 표현할 수 있다. 이렇게 사용자가 일상에서 많이 접하고, 필요로 하는 작업들을 기본 개념으로 사용하여 서비스 온톨로지를 구성함으로써, 자원 공유는 물론 다른 응용을 위해서 서비스 온톨로지를 추가할 때도 보다 편리하게 개념을 추가할 수 있다.

또한 이렇게 개별 서비스에 대한 온톨로지를 구성함으로써, 키워드(keyword)형태의 서비스 요청에도 온톨로지를 이용한 추론을 보다 효율적으로 적용할 수 있다.

3. Resource Ontology

자원 온톨로지는 USS내에 존재하는 자원들의 개념을 보다 체계적으로 분류하여 정형화한 온톨로지이다. 본 논문에 제한된 자원 온톨로지는 자원 중에서도 자원 공유를 위해 디바이스(device) 정보와 그 디바이스들을 각각의 역할에 맞추어 분류하는데 초점을 맞추어 정의되었다.

그림 3은 자원 온톨로지의 일부분을 보여주고 있으며, 자원 온톨로지는 컨텍스트 온톨로지의 서브 온톨로지의 형태를 하고 있다. 이것은 자원은 환경을 구성하는 일반적인 구성요소의 하나로 볼 수 있기 때문에 가능한 것이다.

현재 자원 온톨로지는 자원 공유를 고려한 디바이스 자원을 중심으로 정의된 온톨로지이다. 자원온톨로지를 구성하는 가장 말단의 개념들은 우리 주변에서 자주 보고, 사용하는 디바이스들 위주로 구성되어 있다. 그리고 상위로 갈수록 하위의 디바이스들의 공통적인 특징을 가진 개념으로 하위 디바이스들을 그룹화 하였다. 이렇게 디바이스들을 계층을 두어 분류함으로써 보다 일반적인 자원 온톨로지를 표현할 수 있게 되었다. 또한 자원들을 개별 특성에 맞도록 그룹화하고, 체계적이고 구체적으로 분류 하였으므로 확장 시에 자원의 특성에 맞추어 확장하는데 편리함을 얻을 수 있다. 이는 자원 공유 시에도 다양한 특징을 가진 디바이스들을 추론하여 사용자에게 가장 적합한 자원을 제공할 때에도 구체적인 특징을 가지고 디바이스 자원을 찾을 수 있으므로 상황에 가장 적절한 자원을 찾는 데 도움을 준다.



▶▶ 그림 3. 부분 Resource Ontology Diagram

4. 서비스에 따른 자원 집합을 위한 온톨로지 구성

자원 공유를 위해 자원 집합을 추론하기 위해서는 서비스와

자원 집합 사이에 관계가 있어야 한다. 그리고 온톨로지를 추론하는 과정에서 이 관계를 파악하여 서비스를 위한 기본적인 자원 집합을 추론할 수 있어야 한다. 그러므로 서비스와 자원 사이에 필요관계를 온톨로지에 명시해 둬으로써 해당 서비스에 대한 기본적인 자원집합을 추론할 수 있게 된다.

[표 1] 서비스 별 자원 집합 구성에 따른 관계성 부여의 예

서비스	서비스와 자원의 관계	자원집합
Wording	hasDeviceForWording	Mouse Keyboard Monitor
Presentation	hasDeviceForPresentation	Microphone Pointer Beamproject Monitor Speaker
Displaying	hasDeviceForDisplaying	Monitor Beamproject Speaker
Scanning	hasDeviceForScanning	Monitor Scanner

표 1에서 표현된 자원집합은 특정 서비스를 위해 필수적으로 있어야 하는 자원들을 모아놓은 것이다. 만약 사용자에게 문서편집 서비스를 제공하고자 한다면 모니터, 키보드, 마우스는 현재 USS에 꼭 있어야 하는 것이다. 표 1에서와 같은 관계는 OWL과 같은 언어에서는 기본적으로 주어지는 owl:ObjectProperty와 같은 Property를 이용하여 기술할 수 있다.

IV. 온톨로지를 이용한 추론

온톨로지 표 현된 지식은 온톨로지 추론을 거쳐 하위 수준의 데이터가 상위 수준의 의미 있는 데이터를 만드는데 이용된다. 그러나 키워드(keyword) 형태의 서비스 요청이 있을 때는 온톨로지 추론이 많은 데이터를 분석하여 상위 수준의 데이터로 가공되는 것과는 조금 다를 것이다. 온톨로지 추론을 위해서 JENA2[10]와 SPARQL[11]을 이용하여 온톨로지 추론을 수행하였다.

자원 공유 시, 자원 공유를 요청하는 서비스 입력이 키워드 형태인 경우, 온톨로지는 하위 데이터를 가공하지 않고, 키워드를 분석하여 서비스에 필요한 자원 집합을 구성하면 된다. 이때, 우리는 이미 온톨로지 상에 자원 공유에 필요한 자원 집합을 구성하기 위한 자원과 서비스 사이의 관계를 정의해 두었다. 그러므로 서비스가 입력될 때, 결과를 추론하는 것은 입력된 서비스명만으로도 가능하다.

[표 2] SPARQL 질의의 예

```
Prefix = "PREFIX :
<http://www.owl-ontologies.com/2007/9/Ontology1188919862.owl#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX xsd:<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs:<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>"+
PREFIX p1: <http://www.owl-ontologies.com/assert.owl#>
PREFIX base:
<http://www.owl-ontologies.com/2007/9/Ontology1188919862.owl#>;
TestQuery = Prefix +
"SELECT ?property ?domain ?range
WHERE { " ?property rdfs:domain ?domain .
FILTER regex(str(?domain), \"'+ServiceName+'$\" )
?property rdfs:range ?range . } " ;
```

표 2는 SPARQL 질의를 간략하게 보여준 것이다. 실제로 키워드로 입력된 서비스명을 받아 SPARQL에서 지원하는 FILTER 기능을 이용하여 서비스명에 해당하는 자원과의 관계만을 추출해 낼 수 있다.

property	domain	range
:hasDeviceForPresentation	:Presentation	:Presenter
:hasDeviceForPresentation	:Presentation	:Microphone
:hasDeviceForPresentation	:Presentation	:Speaker
:hasDeviceForPresentation	:Presentation	:Monitor
:hasDeviceForPresentation	:Presentation	:Beamproject

▶▶ 그림 4. 추론을 통한 "Presentation"을 위한 자원집합 구성의 예

그림 4는 SPARQL과 JENA2를 이용하여 자원집합을 구성한 예이다. 그러나 실제 추론을 할 경우에는 그림 4의 예와는 다른 추론 범위를 가진다. 그 이유는 추론을 이용해 자원 공유를 위해 필요한 자원 집합을 추론할 때, 추론을 통해 알아내야 하는 범위는 실제 디바이스 자원에 해당하는 최하위 수준의 클래스만이 아니라, 그 클래스보다 한 단계 높은 수준의 클래스까지 추론이 되어야 하기 때문이다. 이는 자원 공유 상황에서 뜻하지 않게 자원을 쓸 수 없게 되는 경우까지 고려하기 위한 것이다. 현재 필요한 수준보다 상위의 개념까지 추론을 통해 알고 있음으로써, 발생 가능한 재추론 상황을 대비 할 수 있다. 재추론 시 현재 어떠한 디바이스를 사용하고 있었으며, 이와 같은 특징을 가진 대체 디바이스는 어떤 것이 있는지를 보다 효과적으로 알아 낼 수 있게 된다.

V. 결 론

본 논문에서는 유비쿼터스 지능 공간에 존재하는 환경, 자원, 제공 가능한 서비스에 대한 온톨로지를 정의하였다. 또한 정의된 온톨로지를 바탕으로 서비스에 필요한 자원 집합을 찾을 수 있도록 서비스와 자원과의 관계를 온톨로지에 표현하였고, 이를 추론에 이용함으로써 자원 공유시 보다 효율적으로 자원 집합을 구성할 수 있도록 하였다. 또한 자원 온톨로지를 통해 자원에 대해 보다 구체적이고 상세한 분류를 하였으며, 이를 공유하고 추론에 이용함으로써 보다 적절한 자원을 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

향후에는 사용자와 관련된 부분을 강화시켜 사용자 프로파일, 선호도와 같은 정보도 온톨로지로 표현하고, 이를 추론에 이용할 수 있도록 하는 연구가 필요할 것이다. 또한 USS 내에서 온톨로지는 개별 사용자의 단말기에서 사용되어야하므로, 보다 경량하게 온톨로지를 표현할 수 있는 방법과 개인에 최적화된 개인 온톨로지를 구성하는 방법에 대한 연구도 함께 진행되어야 할 것이다.

■ 참고 문헌 ■

- [1] 강동훈, 안상철, 고희동, 권용무, 김형곤, 조위덕, "유비쿼터스 시스템 환경에서의 상황인지와 오토노믹 컴퓨팅," 정보과학회지, 제23권, 제9호, pp.42-49, 2005.
- [2] 권오병, 이남연, 김지훈, "유비쿼터스 지능 공간 개발 요구 분석을 위한 수정된 UML 제안," 한국지능정보시스템학회 2006 춘계학술대회논문집, pp.141-151, 2006.
- [3] 조위덕, "뉴 트렌드의 리딩: 유비쿼터스 지능 공간," 한국지능정보시스템학회 2006 춘계학술대회논문집, pp.3-17, 2006.
- [4] 최환수, 강선희, 이용대, 장서윤, 박원익, 박종현, 김영국, 강지훈, "유비쿼터스 환경에서의 상황 기반 디바이스 추천 시스템," 제 28회 한국정보처리학회 추계학술발표논문집, pp.903-906, 2007.
- [5] "About ContextBroker Architecture", <http://cobra.umbc.edu/about.html>.
- [6] H. Chen, T. Finin and A. Joshi, "An Ontology for Context-Aware Pervasive Computing Environments," IJCAI workshop on ontologies and distributed systems, Acapulco, Mexico, pp.197-207, 2003.
- [7] H. Chen, F. Perich, T. Finin, A. Joshi, "SOUPA: Standard Ontology for Ubiquitous and Pervasive Applications," First Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services (MobiQuitous'04), pp.258-267, 2004.
- [8] X. H. Wang, D. Q. Zhang, T. Gu, H. K. Pung, "Ontology Based Context Modeling and Reasoning using OWL". Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOMW'04), pp.18-22, 2004.
- [9] Web Ontology Language (OWL), <http://www.w3c.org/2004/owl>.
- [10] JENA2, <http://jena.sourceforge.net/>.
- [11] SPARQL, <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>.