

## 유비쿼터스 환경에서의 온톨로지 기반 시간 추론

최정화<sup>o</sup> 서일홍<sup>+</sup> 박영택

송실대학교 컴퓨터학과, 한양대학교 정보통신학과<sup>+</sup>

cjh79@ailab.ssu.ac.kr<sup>o</sup>, ihsuh@hanyang.ac.kr<sup>+</sup>, park@ssu.ac.kr

### Ontology-based Temporal Reasoning in Ubiquitous Environment

Junghwa Choi<sup>o</sup> IlHong Suh<sup>+</sup> Youngtack Park

School of Computing, Soongsil University

College of Information and Communications, Hanyang University<sup>+</sup>

#### 요 약

유비쿼터스 시스템은 개인화 서비스를 위한 사용자 모델링이 필요하다. 사용자 모델링은 더 정확한 컨텍스트 모델을 만들기 위한 중요한 단계이다. 본 논문에서는 컨텍스트 모델을 기반으로 사용자에게 적당한 서비스를 제공하기 위한 방법을 연구한다. 이를 위해서 우리는 개념 의존론(conceptual dependency)을 이용한 온톨로지 기반 컨텍스트 모델링 방법을 제안한다. 이 모델은 관찰된 사용자 행동을 모델링한다. 우리는 사용자 행동을 모델링하기 위해서 개념 의존 이론을 기반으로 컨텍스트 온톨로지를 설계한다. 컨텍스트 모델링은 사용자 행동을 모니터링하고 행동을 표현하기 위해 온톨로지 인스턴스를 생성한다. 더 정확한 행동 표현을 위해 본 연구에서는 시간 개념(temporal concept)을 기반으로 시간 추론을 사용하여 컨텍스트 모델을 구축한다. 생성된 시간 컨텍스트 모델은 온톨로지 추론을 이용하여 유비쿼터스 컴퓨팅을 위한 상위 컨텍스트의 추론이 가능하다.

#### 1. 서 론

컨텍스트 인식(context aware)은 유비쿼터스 시스템에서 중요한 역할을 한다. 가치 있는 컨텍스트들은 서비스 제공을 위하여 매우 중요하다. 컨텍스트는 유비쿼터스 환경에서의 사용자들에게 적합한 서비스를 제공하기 위한 관련 있는 정보이다. 그러므로 컨텍스트는 주어진 환경(즉 사람, 물체, 공간들의 관계 등)을 표현하기 위해 다양한 요소로 구성 되어야 한다. 컨텍스트 인식 시스템은 주어진 환경의 정보를 추출하고 처리하여, 컨텍스트 정보로 이용하기 위해 의미 있는 컨텍스트로 변환하는 작업이 요구된다. 본 논문에서는 컨텍스트를 표현하기 위해서 컨텍스트 온톨로지(ontology)를 이용한 방법을 제안한다. 컨텍스트 온톨로지는 관계된 컨텍스트 정보를 표현하기 위해서 계층구조(hierarchical)와 속성(property) 정보를 사용한다. 많은 컨텍스트 인식 시스템 연구에서 상위 레벨의 컨텍스트를 잘 표현하기 위해 컨텍스트 온톨로지를 사용해 왔다 [1].

유비쿼터스 환경에서는 정확한 사용자 행동 모델링이 필요하다 [2]. 이 목적을 위하여 우리는 사용자 행동을 위한 온톨로지 기반 모델링 방법을 제안한다. 온톨로지는 유비쿼터스 환경에서 사용자 행동을 표현하기 위해 사용된다. 본 논문에서는 개념 기반(conceptual dependency) 이론을 기반으로 온톨로지를 설계한다. 개념 기반 이론은 문장(sentence) 안에 구성된 의미를 표현하기 위해서 Schank [3]에 의해 개발되었다. 이 기술은 문장의 구조와 의미를 파악할 수 있으며, 문법이 복

잡하지 않은 문장 표현을 위해 유용한 방법이다. 본 연구는 유비쿼터스 환경에서 사용자 행동을 모델링하기 위하여 이 원리를 적용한다. 센서를 통해 관찰된 정보를 기반으로, 본 연구에서는 개념 의존 원리를 모델링 하기 위하여 OWL-DL [4, 5] 온톨로지 언어를 이용한 컨텍스트 온톨로지를 구축한다.

유비쿼터스 환경에서는 각 행위(action)는 다양한 센서를 통해서 관찰된다. 관찰된 행위는 미리 정의된 온톨로지 스키마(schema)를 사용하여 온톨로지 인스턴스(instance)로 변환 할 수 있다. 온톨로지 스키마는 특정 도메인을 위한 많은 배경 정보의 정의를 포함한다. 관찰된 온톨로지 인스턴스는 컨텍스트 온톨로지 스키마의 개념 구조와 관계로부터 상위 레벨의 컨텍스트 정보로 표현을 확장할 수 있다. 본 논문의 이 컨텍스트 온톨로지 인스턴스는 개인화된 컨텍스트 정보를 추론하기 위하여 온톨로지 추론 엔진이 사용된다. 이러한 목적을 위해서, 온톨로지 추론 엔진은 컨텍스트 이벤트들 사이의 포함관계를 추론한다. 또한 SWRL [6]을 이용한 휴리스틱(heuristic) 지식(knowledge)을 사용한 새로운 컨텍스트 정보를 추론한다.

#### 2. 온톨로지 기반 시간 추론 시스템 구조

본 논문은 관찰된 사용자 행동을 모델링하기 위해서 온톨로지를 사용한 프레임워크(framework)를 제안한다(그림 1). 이 프레임워크는 크게 온톨로지와 추론엔진으로 나누어 기능별로 세분화한다. 온톨로지는 컨텍스트 온톨로지, 시간 온톨로지, 그리고 SWRL 규칙 온톨로지

로 구분된다. 컨텍스트 온톨로지는 OWL-DL을 이용하여 개념 의존 이론을 표현한다. 이 온톨로지는 관찰된 사용자 행동을 모델로 만들기 위해서 사용한다. 유비쿼터스 환경에서는 사용자의 모든 행동은 시간적 특성을 가진다. 이 특징 표현을 위해서 본 연구는 시간 온톨로지를 제안한다. 이 온톨로지는 관찰된 사용자 행동의 시간 정보를 포함한다. 시간 정보는 사용자 행동에 대한 시간적 추론을 위한 유용한 정보이다. 사용자 행동의 더 좋은 모델을 위해서, 휴리스틱 규칙은 컨텍스트 온톨로지를 기반으로 상위 레벨의 사용자 행동의 추론을 위해 사용된다. 본 연구는 휴리스틱 정보의 표현을 위해 SWRL 규칙 온톨로지를 제안한다.

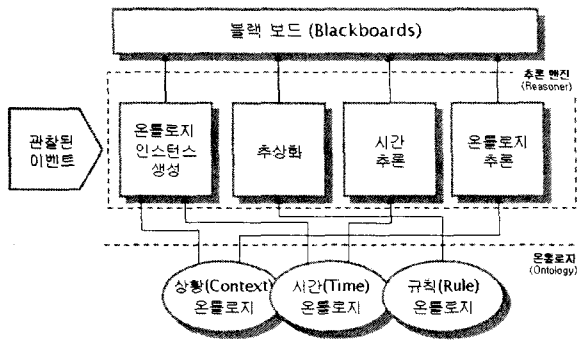


그림 1. 컨텍스트 모델링을 위한 온톨로지 기반 프레임워크

추론엔진 모듈 4가지는 컨텍스트 온톨로지, 시간 온톨로지, 그리고 SWRL 규칙 온톨로지에 의하여 사용자 행동을 모델링 하기 위해서 사용된다. 유비쿼터스 시스템은 사용자 행동을 감지했을 때, 행동은 온톨로지 인스턴스로 정의된다.

### 2.1 사용자 행동 모델을 위한 온톨로지

본 연구의 사용자 행동을 모델링하기 위한 온톨로지는 다음과 같은 특징을 갖는다.

#### 2.1.1 컨텍스트 온톨로지

사용자와 물체의 위치를 인지하기 위해 주어진 환경에 존재하는 모든 컨텍스트 정보를 표현한다. 컨텍스트 온톨로지는 Action(행동), Actor(행위자), Object(물체), Space(장소), Coordinate(좌표) 클래스로 분류한다.

- Action 클래스: 행위자에 의해 관찰할 수 있는 행동들을 행위자에 의해 움직이는 물체, 그리고 시간 개념을 포함하여 정의한다. Action 클래스의 Action들은 Roger Schank의 개념 의존 이론 [3]을 기반으로 정의하였다. 이 이론을 이용하여 사람과 물체의 움직임, 그리고 개체 간의 관계를 통하여 일반화된 사람의 행위를 추론 할 수 있다. Action 클래스의 인스턴스는 다른 컨텍스트 클래스, 즉 Actor, Object, Space, Coordinate 클래스의 인스턴스를 기반으로 정의되며, 이 지식은 추론엔진을 통해서 추론된다.

- Actor 클래스: 행위 주체의 특징을 정의한다. 예를

들어 Human(사람), Animal(동물), Agent(에이전트)의 행위의 주체가 될 수 있다.

- Object 클래스: 실세계에 존재할 수 있는 모든 물체를 정의한다. 예를 들어 전자제품, 문서/기록 파일, 통신, 소모품 등으로 주어진 공간의 물체를 분류하여 특징을 정의한다.

- Space 클래스: 공간적 정보를 표현한다. 특정 공간의 행위자와 물체의 움직임을 추론하는데 중요한 자료가 되므로, 최소한의 구역(zone) 단위로 분류하여 장소를 특성화한다.

- Coordinate 클래스: 행위자와 물체를 분류된 최소한의 공간에서의 위치 좌표를 명시한다. 물체간의 좌표는 사람이 생각하는 상위 수준의 지식으로 표현하는데 필요하다. 예를 들어 물컵과 밥그릇이 위치하는 좌표를 가지고 "물컵이 밥그릇 오른쪽에 있다"와 같은 컨텍스트를 추론 할 수 있다.

#### 2.1.2 시간 온톨로지

시간 정보는 사용자, 물체 그리고 장소와는 독립적으로 획득할 수 있는데, DAML-time 온톨로지 [7, 8]를 참조하여 시간 온톨로지를 정의하였다. DAML-time 온톨로지는 시간을 개념과 속성으로 표현하여 형식화한다. 이 온톨로지는 시간의 형식화를 위해 James Allen [9, 10]이 제안한 행동 간의 관계를 정의하기 위한 13개의 Interval 관계를 참조하였다 (그림 2).

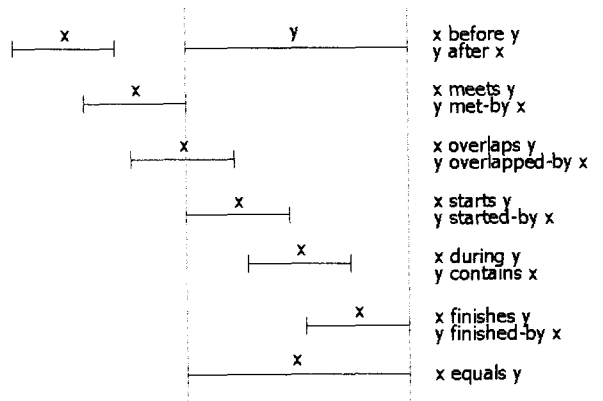


그림 2. Allen의 Interval 관계 정의

시간 온톨로지는 Allen이 정의한 Interval 관계를 사용하여 행동 간의 관계를 추론한다. 따라서 온톨로지에 정의되지 않은 지식 획득을 가능하게 한다.

#### 2.1.3 SWRL 규칙 온톨로지

논리적으로 타당한 컨텍스트 간의 관계로서 새로운 컨텍스트를 추론한다. 이 온톨로지는 컨텍스트 온톨로지와 시간 온톨로지에 정의된 개념들, 즉 클래스와 속성들의 관계로서 규칙을 정의하고 새로운 개념을 추론한다.

### 2.2 사용자 행동 모델을 위한 추론 엔진

본 시스템에서는 추론엔진을 추론 가능한 범위에 따라 크게 네 개로 구분한다. 온톨로지 인스턴스 생성, 추상화, 시간 추론, 그리고 온톨로지 추론 엔진이다.

- 온톨로지 인스턴스 생성 엔진 : 시간 정보는 사용자, 물체 그리고 위치와는 독립적으로 획득할 수 있으므로, 관찰된 이벤트를 인스턴스로 정의할 때 시간 정보를 추가한다 (즉 begins, ends). 예를 들어 한 행위자의 센서 정보가 입력된 시작 시간을 begins의 값으로 생성하고, 행위자의 좌표 값이 변하지 않으면 ends 값으로 행위자의 행위가 종료 시간을 저장한다. 이 때 행위간의 시간에 따른 관계는 제외한다.

- 추상화 엔진 : 온톨로지에 정의된 클래스, 속성들의 관계를 규칙으로 정의하여 새로운 클래스, 속성 그리고 인스턴스를 추론한다. 예를 들어 다음과 같은 규칙을 포함한다.

$$right(?x, ?y) \wedge left(?y, ?x) \wedge differentFrom(?x, ?y) \rightarrow beside(?x, ?y)$$

위의 규칙은 두 개념간의 right, left, 그리고 두 개체가 다르다는 컨텍스트 정보를 얻었을 때, "두 개체가 옆에 있다"는 새로운 지식을 추론할 수 있다.

- 시간 추론 엔진 : 시간 온톨로지의 속성들에 값을 추론한다. 즉 행위간의 시간에 따른 관계를 정의한다. 추상화 엔진을 통해 추출된 지식들은 시간 추론 엔진을 이용하여 Allen이 정의한 Interval 관계를 추론한다. 예를 들어 두 행위 중에 먼저 일어난 행위 ( $x$  before  $y$ ), 나중에 일어난 행위 ( $x$  after  $y$ ), 그리고 시작과 끝 시점이 겹치는 행위 ( $x$  overlaps  $y$ ) 등이 추론된다.

- 온톨로지 추론 엔진 : 온톨로지에서 제공하는 Axiom을 이용하여 새로운 지식을 추론한다. 예를 들어 "hasAction"이라는 속성의 도메인(domain)이 Actor 클래스이고, Human 클래스는 적어도 하나의 Action 클래스를 레인지(range)로 갖는 "hasAction" 속성을 가져야 한다고 정의하면, Human 클래스는 Actor 클래스에 포함되는 관계가 정의된다 ( $Human \sqsubseteq Actor$ ). 따라서 Human 클래스에 정의되는 인스턴스는 Actor임을 추론할 수 있다.

### 3. 시간 온톨로지 기반 컨텍스트 추론

본 논문에서 제안하는 시간 온톨로지를 기반으로 새로운 지식 추론이 가능하다. 즉 시간에 따른 행위자와 물체의 위치, 관계, 그리고 Object간의 관계를 통해서 주어진 컨텍스트에서 관찰된 행위를 추론할 수 있다.

#### 3.1 사용자 행위 모델을 위한 온톨로지

본 시스템의 온톨로지는 Action 클래스를 중심으로 관련된 인스턴스의 연관성을 통해 하나의 행위를 추론한다. 제안한 시스템에서 추론하고자 하는 최종 결과는 네 개의 추론엔진을 통해서 Action 클래스의 인스턴스로 생성된다.

Action 클래스는 Roger Schank의 개념의존 이론 [6]을 참조하여 ATRANS, GRASP, PROPEL, INGEST, 그리고 PTRANS 등으로 구분한다. 이와 같은 Action은 행위자, 물체, 장소, 시간 등의 컨텍스트 정보간의 관계를 통해서 추론된다. 즉 하나의 행위는 반드시 한 명의 행위자를 가지고 한 장소에서 이루어지며, 하나 이상의 물체 또는 행위자와 이루어지고 시작과 끝 시점을 갖는다. 이 제약은 Action 클래스의 제약조건으로 명시된다.

표 1. 개념의존 이론을 이용한 Axiom

행위(Action)	설명
ATrans	행위자 A가 물체 x를 행위자 B에게 주다
GRASP	행위자 A가 물체 x를 잡는다
PROPEL	행위자 A가 물체 x에 물리적 압력을 가한다
INGEST	행위자 A가 물체 x를 먹는다
PTRANS	행위자 또는 물체의 물리적 위치가 변한다

#### 3.2 사용자 행위 모델을 위한 환경 인지

표 2. Axiom 추론을 이용한 개체 간의 관계 정의

관계	설명 / Axiom
right	물체 x가 물체 y의 오른쪽에 있다
	$inverseOf(right, left)$
left	물체 y가 물체 x의 왼쪽에 있다
	$inverseOf(right, left)$
front	물체 x가 물체 y의 앞에 있다
	$inverseOf(front, rear)$
rear	물체 y가 물체 x의 뒤에 있다
	$inverseOf(front, rear)$
above	물체 x가 물체 y의 바로 위에 있다
	$inverseOf(above, below)$
below	물체 y가 물체 x의 바로 아래에 있다
	$inverseOf(above, below)$

표 3. 규칙을 이용한 개체 간의 관계 정의

관계	설명 / Axiom
on	물체 x가 물체 y의 위에 있다
	$above(?x, ?y) \wedge differentFrom(?x, ?y)$
	$\rightarrow on(?x, ?y)$
beside	물체 y가 물체 x의 옆에 있다
	$right(?x, ?y) \wedge left(?y, ?x)$
	$\wedge differentFrom(?x, ?y) \rightarrow beside(?x, ?y)$
encloses	물체 x가 물체 y를 둘러싸다
	$on(?x, ?y) \wedge differentFrom(?x, ?y)$
	$\vee beside(?x, ?y) \wedge differentFrom(?x, ?y)$
	$\rightarrow encloses(?x, ?y)$

사용자 중심의 지능적 서비스를 제공하기 위해서는 사용자 및 주어진 환경에 대한 정보를 분석하고 사용자의 행동에 내포된 정황을 파악하는 것이 중요하다. 즉

객체의 이동에 대해 사용자의 상태, 물리적인 환경, 기존 정보를 통한 분석 등의 컨텍스트 정보를 이용하여 사용자 행위를 인지하고 지능적 서비스를 제공할 수 있다.

본 연구에서는 컨텍스트 인지를 위해 9개의 관계를 정의한다 (표 2, 3). 이러한 관계는 Coordinate 클래스의 좌표를 이용하여 추론된다. 즉 right, left, front, rear, above, below 속성이다. 각 속성은 반대되는 관계의 속성을 *inverseOf* Axiom을 이용하여 정의한다 (표 2). 이 Axiom은 한 관계만 성립하더라도 반대 관계를 추론할 수 있다. 이 외의 나머지 on, beside, encloses 관계는 추상화 엔진을 이용하여 추론한다 (표 3). 제한한 표 2와 표3의 관계를 이용하여 물체가 존재하는 환경에 대한 기본적인 인지가 가능하다.

### 3.3 사용자 행위 모델을 위한 온톨로지

사용자와 물체 등의 컨텍스트를 이해하고, 해석된 문제를 해결하기 위해서는 지식기반의 해결안을 탐색해야 한다. 3.2절의 인지 정보에 시간 정보를 포함하면 행위자 혹은 물체의 이동을 감지 할 수 있다. 이 정보는 온톨로지의 Action 클래스의 인스턴스로 저장된다. 즉 하나의 컨텍스트 정보로서 누구나 동의하는 합의된 지식으로 표현된다. 이 추론된 지식은 온톨로지에 저장되어 공유되고 재사용 된다.

#### 3.3.1 PTRANS 지식 표현의 예

PTRANS는 사람 또는 물체가 이동했음을 표현한다. 예를 들어 사람 좌표가 "냉장고"가 있는 부분에서 "소파"가 있는 부분까지 움직였고, 음료수의 이동 범위 역시 동일하고, 사람과 물체가 움직인 시작과 종료 시간이 같다면 "사람이 이동했다 (PTRANS)", "사람은 음료수를 잡았다 (GRASP)", 그리고 이를 기반으로 "사람은 음료수를 잡고 이동했다 (PTRANS, GRASP)"를 새로운 지식으로 추론할 수 있다.

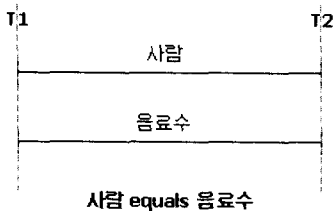


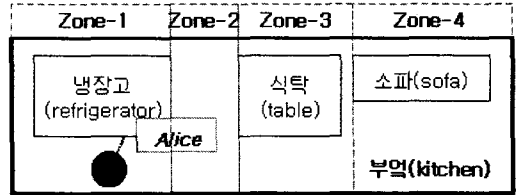
그림 3. 두 PTRANS Action의 시간에 따른 관계

## 4. 사용자 행위 모델링

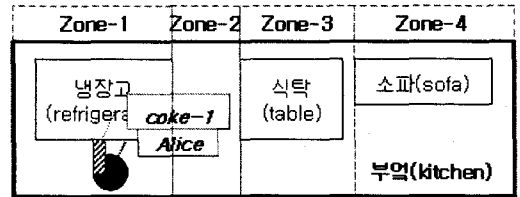
이 장에서는 컨텍스트를 인지하고 인지한 컨텍스트 정보를 시간 추론 시스템을 이용하여 새로운 컨텍스트를 도출하는 과정을 하나의 예를 통해 살펴본다. 먼저 시스템은 센서 정보를 복합하여 컨텍스트를 인지하고, 시간 추론 시스템을 통해서 주어진 컨텍스트에 존재하는 개체들이 행하는 행위를 추론한다.

### 4.1 시간 정보가 추가된 컨텍스트 정보

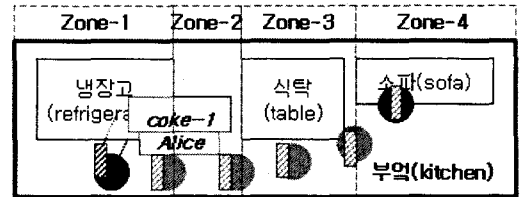
사람의 동작과 같은 비가시성(Invisibility)은 vision이나 음성 센서를 이용해서는 인지하지 못하는 것으로서, 온톨로지에 저장된 컨텍스트 정보에 시간 정보를 추가하여 상호작용 대상들의 관계를 인지한다. 그림 4의 부엌(kitchen) 안의 개체들의 움직임을 예제로 살펴보면, 서비스를 제공하기 위해서는 사람의 동작을 인지하는 일이 우선된다.



시나리오 (a)



시나리오 (b)



시나리오 (c)

그림 4. 시나리오

#### 4.1.1 컨텍스트 정보

한 공간, 즉 부엌 안에 사람이 들어오면, 사람의 이동과 함께 인스턴스가 계속 생성되고, 따라서 사람의 Coordinate 인스턴스 값도 계속 변하게 된다. 본 연구는 주어진 공간의 좌표 값에 따라 구역(zone)을 나누었다. 그림4의 컨텍스트 인지에 필요한 시나리오에 따른 컨텍스트 정보는 다음과 같다.

- 시나리오 (a)의 컨텍스트
  - space(Kitchen\_01). human(Alice).
  - hasZone(Kitchen\_01, Zone-1).
  - location(Alice, Zone-1).
  - Appliance(refrigerator\_01).
  - location(refrigerator\_01, Zone-1).
- 시나리오 (b)에서 추가된 컨텍스트
  - ConsumableObject(Coke-1).
  - location(Coke-1, Zone-1).
- 시나리오 (c)에서 추가된 컨텍스트

location(Alice, Zone-2).  
 location(Alice, Zone-3).  
 location(Alice, Zone-4).  
 location(Coke-1, Zone-2).  
 location(Coke-1, Zone-3).  
 location(Coke-1, Zone-4).

4.1.2 시간 정보가 추가된 컨텍스트

본 연구에서의 컨텍스트 인식은 실시간으로 생성된 컨텍스트 정보에 시간 정보를 추가하여 컨텍스트를 인지한다. 위와 같이 생성된 컨텍스트 정보에는 다음과 같은 시간 정보가 생성된다.

- 시나리오 (a)  
 CalendarClockDescription(T1).  
 time(Alice, T1).  
 - 시나리오 (b)  
 CalendarClockDescription(T2).  
 time(Alice, T2).  
 time(Coke-1, T2).  
 - 시나리오 (c)의 Alice가 Zone4에 있는 시점  
 CalendarClockDescription(T5).  
 time(Alice, T5).  
 time(Coke-1, T5).

속성 CalendarClockDescription은 시간 온톨로지에 정의된 클래스이다. 이 클래스의 인스턴스는 날짜, 시간, 요일 등의 정보를 포함한다. 예를 들어 시나리오 (a)의 인스턴스 T1이 "2006-8-22 18:00:00"로 정의 되었다면, Alice는 2006년 8월 22일 18시에 부엌의 냉장고 근처에 있었음을 컨텍스트 정보로 알 수 있다.

4.2 행동 표현을 위한 컨텍스트 인지

4.1절에서 생성한 컨텍스트 정보는 추론 엔진들을 통해 분석되어 컨텍스트로 인지된다. 즉 총 4개의 추론 엔진을 거쳐서 하나의 Action 인스턴스를 생성한다. 첫 번째로 온톨로지 인스턴스 생성 엔진을 통해 시간에 따라 생성된 인스턴스들의 연관되는 인스턴스 묶음을 구하고 시작과 끝 시점을 추론한다.

4.2.1 시간 추론 1단계

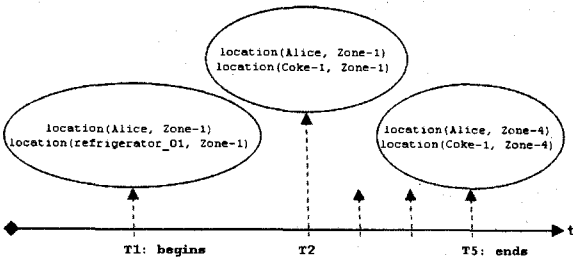


그림 5. 시간 추론 1단계

온톨로지 인스턴스 생성 엔진은 연속적으로 값이 들어 오다가 멈춘 시점까지를 하나의 Action으로 추론한다. 하나의 Action은 하나의 Actor를 가지며, Actor만큼의 Action이 생성 된다. 각 Action의 시작과 끝 시점이 계산되고 이 시점은 각 Action간의 선, 후, 혹은 포함관계 등을 파악하여 컨텍스트를 인지하는데 중요한 지식이 된다. 그림5는 4.1절의 컨텍스트 정보를 온톨로지 인스턴스 생성 엔진 통해 알아낸 지식을 도식화 한 것이다.

4.2.2 시간 추론 2단계

온톨로지 인스턴스 생성엔진을 통해서 하나의 Action으로 추론된 인스턴스들은 추상화 엔진을 이용하여 Action의 특징을 추출한다. 예를 들어 다음 규칙은 Action PTRANS의 from 관계를 추론한다. 시작과 끝 시점으로 추론된 인스턴스들이 Actor는 동일하지만 발생한 장소가 다른 경우 Actor가 움직였음을 추론하는 예이다. 이 예는 움직인 첫 번째 지점 (즉 from)을 추론하는 규칙이다.

$$\begin{aligned} & \text{time} (? x, ? t1) \wedge \text{location} (? x, ? l1) \wedge \text{begins} (? t1) \\ & \wedge \text{time} (? x, ? t2) \wedge \text{location} (? x, ? l2) \wedge \text{ends} (? t2) \\ & \wedge \text{differentFrom} (? l1, ? l2) \\ & \rightarrow \text{from} (? x, ? l1) \end{aligned}$$

4.2.3 시간 추론 3단계

세 번째로 시간 추론 엔진은 Action들의 순서와 포함 관계를 결정한다. 즉 Instant로 생성된 시간 정보들을 Interval로 표현하여 Action을 구분한다.

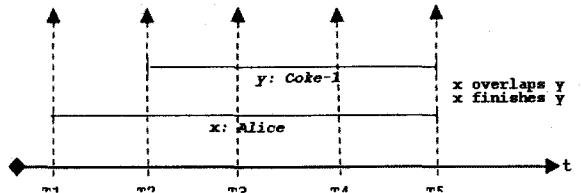


그림 6. 시간 추론 3단계

그림 6은 시간 추론 2단계까지를 통해서 분석된 두 개의 Interval이다. Interval x는 시간 T1에서 시작하여 T5에서 종료되었으며, Interval y와 overlaps 관계라는 것이 추론된다. 또한 x와 y는 같은 시점에 종료된 Action이라는 것을 추론할 수 있다.

4.2.4 시간 추론 4단계

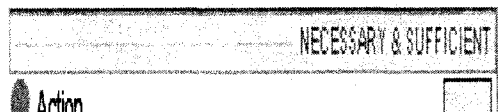


그림 7. 시간 추론 4단계

마지막으로 온톨로지 추론 엔진은 온톨로지의 제약 조건을 통해서 Action의 종류를 확정한다. 제약 조건은 도메인 클래스의 제약을 명시적으로 나타낸다. 이 조건은 필요 충분 조건과 필요 조건으로 구분된다. 아래의 화면은 온톨로지 편집기인 Protégé [11]에서 정의한 PTRANS 클래스의 필요 충분 조건의 화면이다.

그림7은 PTRANS 클래스의 필요 충분 조건이다. PTRANS 클래스의 정의되는 인스턴스들은 이 조건을 만족해야 한다. 또한 from과 to 관계를 갖는 인스턴스는 PTRANS로 추론된다. 그림 8은 이 제약 조건을 만족하는 인스턴스 AliceGO가 추론된 화면을 보여준다. 시간 추론 전 단계까지 실행한 결과 인스턴스 AliceGo는 Action 클래스의 인스턴스로 추론되어 있었고, 마지막 단계를 거치면서 PTRANS라는 Action을 추론한다. 이 정보는 로봇의 지식으로 사용되며, 온톨로지를 통해 생성된 지식이므로 공유 및 재사용이 가능하다.

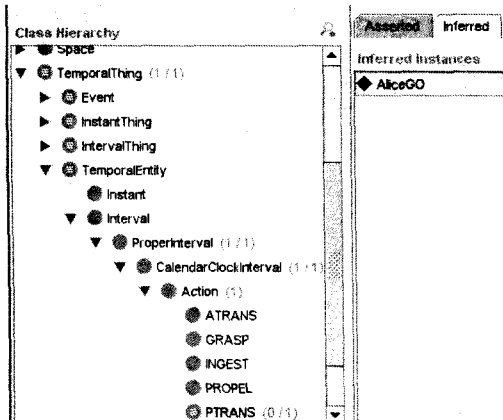


그림 8. 추론된 행위(Action) PTRANS

## 5. 결론 및 향후 연구

본 논문은 시간 개념(temporal concept)을 기반으로 시간 추론을 사용하여 컨텍스트 모델링 방법을 제안한다. 제안한 방법은 DAML-time 온톨로지를 참조하여 컨텍스트 정보에 시간 정보를 추가하고, 관찰된 사용자 행동을 모델링하기 위해서 온톨로지를 사용한 프레임워크 설계한다. 이렇게 제안된 시스템은 일반화된 지식 표현과 공유, 그리고 재사용의 가능성을 보였다.

지식 표현을 위한 시간 추론 시스템은 센서를 통해서 수집된 정보를 온톨로지를 기반으로 메타데이터로 저장하고, 저장된 메타데이터들의 생성 시간과의 관계를 통해 주어진 컨텍스트를 인지한다. 이 시스템은 주어진 컨텍스트 정보에서 일반적인 지식을 추론 하는데 효율적이다. 또한 유비쿼터스 시스템이 인지해야 할 가장 기본적인 요소를 충족시켜 줌으로서 인간이 생각하는 지식 체계를 구축하는데 중요한 기술이다. 본 연구는 몇 개의 Action만을 고려하여 실험하였다. 향후 연구로 이 시스

템을 다양한 Action 표현에 적합하도록 확장할 것이며, 실제 센서로 수집 가능한 하위 정보와의 연관성도 고려할 것이다.

## 참고문헌

- [1] Dey, A.K., Salber, D., and Abowd, G.D. A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications, *Human-Computer Interaction Journal*, 16(2-3), 2001.
- [2] Jason Hong AND James A. Landay. An Infrastructure Approach to Context-Aware Computing. *Human-Computer Interaction Journal*, 2001.
- [3] Schank, R. C. and Rieger, C. J. "Inference and the computer understanding of natural language," *Artificial Intelligence* 5(4):373-412.
- [4] Smith, M., Welty, C., Deborah, L. and McGuinness, D. 2004. OWL Web Ontology Language Guide. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/>
- [5] Fikes, R., Jenkins, J. and Zhou, Q., "Including Domain-Specific Reasoners with Reusable Ontologies," *Proceedings of the 2003 International Conference on Information and Knowledge Engineering*, 2003.
- [6] Martin J. O'Connor, Holger Knublauch, Samson W. Tu, Benjamin Groszof, Mike Dean, William E. Grosso, Mark A. Musen.: Supporting Rule System Interoperability on the Semantic Web with SWRL. ISWC, Galway, Ireland, 2005.
- [7] Allen, J.F. and Ferguson, G., "Actions and events in interval temporal logic," *In Spatial and Temporal Reasoning*, O. Stock, ed., Kluwer, Dordrecht, Netherlands. pp.205-245, 1997.
- [8] Allen, J. F. and Kautz, H. A., "A model of naïve temporal reasoning," *In Formal Theories of the Commonsense World*. J. R. Hobbs and R. C. Moore, eds., Ablex., pp.251-268, 1985.
- [9] Allen, J.F. and Ferguson, G., "Actions and events in interval temporal logic," *In Spatial and Temporal Reasoning*, O. Stock, ed., Kluwer, Dordrecht, Netherlands, pp.205-245, 1997.
- [10] Allen, J. F. and Kautz, H. A., "A model of naïve temporal reasoning," *In Formal Theories of the Commonsense World*. J. R. Hobbs and R. C. Moore, eds., Ablex., pp.251-268, 1985.
- [11] schlenoff, C., Washington, R., and Barbera, T., "Experiences in Developing an Intelligent Ground Vehicle (IGV) Ontology in Protégé," *Proceedings of the 7th International Protégé Conference*, Bethesda, MD, 2004.

## Acknowledgment

이 논문은 산업자문부 지원으로 수행하는 21세기 프론티어 연구개발사업(인간기능 생활지원 지능로봇 기술개발 사업)의 일환으로 수행되었습니다.