

# JRM-S : 공간 지식 추론을 위한 규칙 기반 추론 엔진<sup>1)</sup>

이건수\*, 이대환\*, 김민구\*\*  
\*아주대학교 정보통신전문대학원  
\*\*아주대학교 컴퓨터공학과  
e-mail:lks7256@ajou.ac.kr

## JRM-S : Rule based Inference Engine for Spatial Reasoning

Keonsoo Lee\*, Deahwan Lee\*, Minkoo Kim\*\*

\*Graduate School of Information and Communication, Ajou University

\*\*Collage of Information Technology, Ajou University

### 요 약

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 상황을 인지해 각 사용자에게 필요한 서비스를 자동으로 제공하거나, 사용자로부터 요청받은 서비스를 주어진 환경에서 성공적으로 수행하기 위해서는 그 서비스를 수행하는 각각의 장치들은 일정 수준 이상의 지능을 갖고 있어야 한다. 본 연구에서는 일차 술어 논리를 사용하는 규칙 기반 추론 엔진으로 JRM-S를 개발하였다. 본 엔진은 위치 기반 상황 모델 구축을 위해 공간 지식 처리 기능을 갖고 있으며, 유비쿼터스 환경에 존재하는 서비스 장치들에게 상황을 인식할 수 있는 지능을 부여하기 위한 지식 처리기로 사용될 수 있다.

### 1. 서론

지능형 서비스에 대한 요구가 증가하면서, 지능에 대한 연구 또한 다양한 방면에서 진행되고 있다. 일반적으로 시스템이 제공하는 서비스가 지능적이라고 말하는 것은 그 서비스가 동작하는 환경과 연계하여 작동함을 의미한다. 이를 위해서, 시스템은 자신의 동작 환경을 인지하고, 인지한 환경이 어떤 범주에 속하는지, 또 그 범주에 맞춰 어떤 동작을 수행하는 것이 좋은지, 자신이 수행한 동작이 환경에 어떤 영향을 미치는지에 대한 이해를 하고 있어야 한다. 이처럼 환경과 자신의 동작 사이의 관계를 이해하기 위해서는 지식이 필요하다. 지능을 사용하기 위해서는 다음의 3가지 질문에 답할 수 있어야 한다. 첫째, 무엇을 지능화 할 것인가? 둘째, 그 지능을 어떻게 표현할 것인가? 마지막으로 지능을 어떻게 확장할 것인가? 가 그 질문들이다.

지식을 사용함에 있어 도메인은 중요한 결정요소가 된다. 이는 일상생활에 필요한 모든 지식을 관리하는 것은 불가능에 가깝기 때문에 시스템이 수행하려는 목적에 맞는 지식을 선택하는 것이 우선적으로 결정되어야 한다. 일단 대상이 결정되었다면, 그 지식을 표현하는 방법을 정해야 한다. 지식 표현이 중요한 원인은 지식 표현이 복잡해 질수록 보다 자세한 지식을 사용할 수 있지만, 그만큼, 지식 처리를 위한 계산 복잡도는 증가하기 때문이다. 따라서, 사용하려는 지식에 알맞은 표현 범위를 정하고, 그 표

현 범위의 지식을 활용할 수 있는 알고리즘을 사용할 때, 지식 활용의 효율을 최대화 시킬 수 있다.

이렇게 표현된 지식을 활용하는 방법은 크게 추론과 학습으로 분류된다. 추론은 기존의 지식을 바탕으로 새로운 지식을 끌어내는 방법이다. 일반적으로 추론이라고 하면, 연역 추론을 의미하는데, 이는 연역 추론 방법이 보장하는 진리값의 보존 즉, “참인 명제에서 논리적으로 올바른 추론이 이루어진다면, 그 결과는 항상 참이다” 라는 특성 때문이다. 반면, 이 추론의 결과는 전체의 특수화이기 때문에 완전히 새로운 지식이 만들어지는 것은 아니다. 반면 학습은 귀납 추론 방법을 일컫는데, 기존의 축적한 자료를 바탕으로 새로운 사실을 유추하는 기법으로 기존의 지식에 대해 새로운 지식을 만들 수 있지만, 그것이 항상 참인지에 대한 확신을 할 수는 없다. 어떤 방법을 사용하여 지식을 확장할 것인가는 처음, 그 지식이 어떤 대상에 대한 것인지, 또 그 지식이 어떻게 표현되어 있는지에 따라 달라진다. 본 연구에서는 명제 논리를 기반으로 공간 지식을 추론하기 위한 규칙 기반 추론 엔진으로서 JRM-S(Java Rule Master for Spatial Reasoning)를 제안한다.

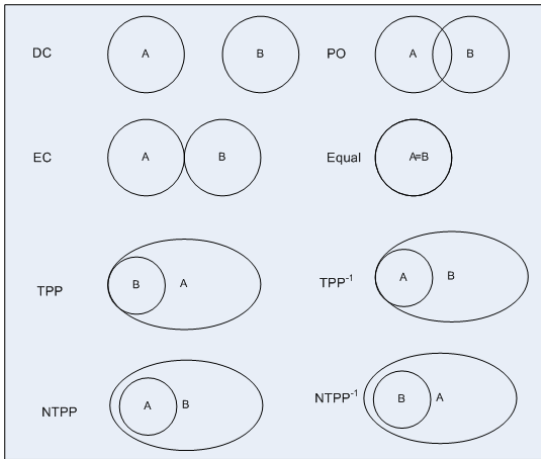
### 2. 관련 연구

유비쿼터스 컴퓨팅 공간에서는 사용자가 현재 처한 상황을 인지하고, 그 인지된 상황에서 가장 적절한 서비스를 수행할 수 있는 기능을 제공하는 것을 목표로 삼고 있다. 이는 곧, 시스템이 상황을 모델링하고, 생성된 모델 안에서 최선의 서비스를 추론해 낼 수 있는 지능을 갖고 있어

1) 본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 지식경제부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반기술개발사업의 08B3-S2-10M 과제로 지원된 것임

야 함을 의미한다.

환경 모델을 구성하기 위해 일반적으로 많이 사용되는 요소는 위치 정보이다. 사용자가 존재하는 공간에서 그 사용자의 위치 정보는 사용자가 어떤 장치를 사용하고자 하는 의도를 감지하거나, 원하는 서비스가 수행되어야 하는 목표 장소의 정보를 의미하기 때문이다. 이때, 사용자와 특정 장치 사이의 정량적 정보보다는 정성적인 위상 관계가 중요하다. 가령, 사용자가 위도 37분 5도 20초에 위치한다는 정보를 인지했을 때, 이 정보가 의미있기 위해서는 그 옆에 무엇이 있는가, 즉 사용자의 위치가 어느 곳이나에 따라 상황은 달라진다. 사용자가 지구상에 어디에 있는지, 텔레비전 앞에 있다면, 그 사용자는 텔레비전을 보기를 원할 것이라는 것을 유추해 낼 수 있다. 따라서, 공간에 기반한 환경 모델을 구축하기 위해서는 그 공간 안에 존재하는 대상들 사이의 위상 관계(Topological Relation)가 중요한 역할을 한다. RCC8은 이러한 위상 관계를 표현하기 위한 대표적인 공간 관계 표현 방법이다 [1].



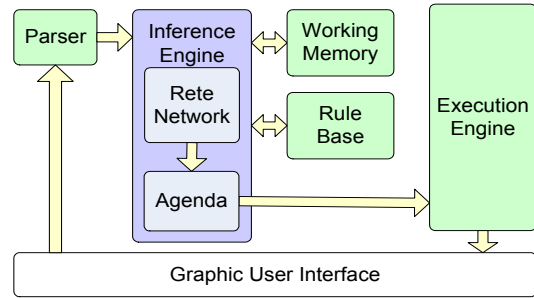
(그림 1) RCC8의 위상 관계

### 3. 제안 시스템

공간 지식은 일종의 정성적 추론 기법의 하나로, 대상들 사이의 실제 거리, 고도 등의 값으로 거리와 방향을 계산하는 것이 아니라, 방향과 위상을 바탕으로 대상들 사이의 위치 관계를 표현하기 위해 사용된다. 가령, 유비쿼터스 컴퓨팅 공간에서 상황을 인식해 적절한 서비스를 제공하려고 할 때, 사용자가 텔레비전 같은 특정기기 앞에 있음을 인지하여, 텔레비전을 동작시켜주는 위치 관계에 따른 지능형 서비스를 제공할 때 사용될 수 있다. 이 때, 텔레비전과 사용자가 몇 미터 안에 존재한다가 중요한 것이 아니라, 사용자가 컴퓨터와 공간적으로 연결되어 있다는 것이 중요하고 이런 관점에서 위치 관계를 인식하기 때문에 정성적 추론이라고 할 수 있다.

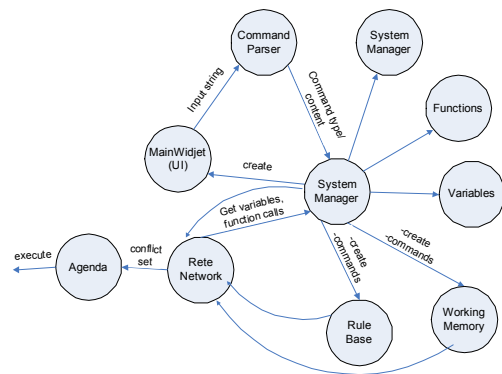
공간 지식을 활용하기 위해서는 개체들 사이의 공간 관계를 표현하고, 표현된 관계 속에서 새로운 관계를 추론해 낼 수 있어야 한다. 이에 본 연구에서는 공간 지식 추

론을 위한 규칙 기반 추론엔진으로 JRM-S(Java Rule Master for Spatial Reasoning)을 개발하였다.



(그림 2) JRM-S의 내부 구조

JRM-S의 구조는 (그림 2)에서와 같다. GUI를 통해 사용자로부터 받은 입력 값은 Parser를 통해 해석된다. 사용자의 입력은 크게 3가지로 분류되는데, 첫째, 사실(Fact)의 입력, 둘째 규칙(Rule)의 입력, 그리고 저장된 지식의 질의(Query)가 그것이다. 사실은 Working Memory에 저장되고, 규칙은 Rule Base에 따로 저장된다. 사용자가 입력한 사실들이 저장된 규칙의 조건을 만족시키면, 이 규칙은 Agenda로 옮겨와 우선순위에 따라 수행되는데, 이 과정은 Execution Engine에 의해 수행된다. Execution Engine은 Working Memory의 변화 및 Rule Base의 변환, 질의 결과를 GUI를 통해 사용자에게 전달해 주고 규칙에 의한 지식 베이스의 변화를 책임진다. 지식 베이스의 크기가 커질수록, 질의 수행 및 Working Memory, Rule Base의 탐색에 걸리는 작업량이 증가하게 되는데, 이런 탐색 과정의 효율을 높이기 위해 Rete Algorithm을 사용하였다. Rete Algorithm은 기존 탐색 결과를 저장함으로써 추후 발생하는 동일 탐색 작업을 건너뛰어서 탐색 효율을 높이는 방법이다 [2]. JRM-S의 작업의 흐름은 (그림 3)에서 보여지는 것과 같다.

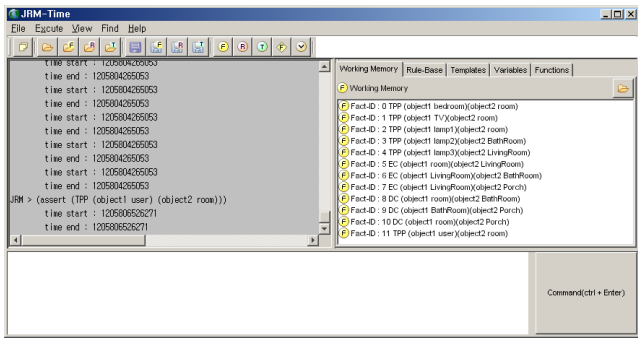


(그림 3) JRM-S Process Flow

JRM-S가 사용하는 지식 표현의 방법은 CLIPS 문법을 기반으로 명제 논리의 표현 범위를 갖고 있다. 추론 방법으로 전향추론(Forward Chaining)방법을 사용하고 있다. 또한 공간 지식 활용을 위해 RCC8에서 사용하고 있는 8

가지 위상 구조에 대한 관계를 예약어로 사용하고 있는데, 이들 예약어를 통해 표현된 공간 관계에 대해서는 자동으로 위상 관계를 추론해 주며, 사용자는 RCC8 관계를 정의하여 사용할 수 있도록 하였다.

JRM-S의 실행화면은 다음 (그림 4)와 같다. 파일로 작성된 내용을 읽어오거나 하단의 커맨드 창에서 직접 사용자로부터 입력을 받아들일 수 있다. 입력된 데이터는 내부 모듈에서 처리되고, 시스템이 사용하고 있는 템플릿, 사실, 규칙은 우측의 창에서 실시간으로 확인 가능하다. 좌측의 실행 결과 창은 사용자로부터의 입력을 처리한 내용을 보여준다.



(그림 4) JRM-S 실행화면

4. 실험 및 결과

JRM-S를 통한 공간 지식을 활용 실험을 위하여 다음의 공간을 가정하였다. 실험은 가상공간 안에서 사용자의 위치가 변함에 따라 그 위치에서 접근 가능한 장치들의 목록을 올바르게 찾아주는 것을 확인하였다. 가상공간에 대한 상세 내역은 <표 1>과 같다.

<표 1> 테스트를 위한 가상공간

Simulation Environment	
Space Instance	bedroom, livingroom, porch, toilet
Device Instance	bedroom(bed, tv, closet) livingroom(lamp1, table) toilet(lamp2, commode) porch(lamp3, cabinet)
Test facts	1. Enter(user, porch) 2. Enter(user, livingroom) 3. Enter(user, bedroom) 4. Enter(user, toilet)

<표 1>의 테스트 Fact를 삽입함에 따라 user의 위치에서 사용 가능한 장치들의 목록이 새로이 추가되고, 새로운 Fact의 삽입으로 사용자의 위치가 변화함에 따라 접근 가능한 장치들의 목록이 변화함을 확인하였다. 그러나 4번째 테스트 Fact에 의해 공간 관계의 충돌(bedroom과 toilet은 DC 관계이기 때문에 바로 공간을 이동할 수 없다)로 경고가 발생하였다. 공간 관계는 <표 2>에서와 같이 표기하였고, 각 공간의 위상 관계는 명시적인 규칙으로 추가하지 않았기 때문에 JRM-S가 갖고 있는 기본 위상 추론 규칙에 의해 계산되었음을 확인할 수 있었다.

<표 2> 실험을 위한 공간 관계

Topological Relation among Spaces
(assert (EC (space1 livingroom) (space2 porch)) )
(assert (EC (space1 livingroom) (space2 toilet)) )
(assert (EC (space1 livingroom) (space2 bedroom)) )
(assert (DC (space1 bedroom) (space2 porch)) )
(assert (DC (space1 bedroom) (space2 toilet)) )
(assert (DC (space1 toilet) (space2 porch)) )

5. 결론

공간 지식의 활용은 보다 정확한 환경 모델을 구축하고, 모델에서 상황을 인식하는 과정에서 중요한 정보로 사용될 수 있다. 이에 본 연구에서는 RCC8에 기반 한 공간 관계를 명제 논리를 사용하여 기술하고, 기술된 공간 지식을 통해 새로운 지식을 확장하기 위한 추론 엔진으로 JRM-S를 개발하였다. JRM-S는 규칙 기반 추론 시스템으로 명제 논리를 표현할 수 있고, 공간 지식 추론을 위한 공간 관계 술어 집합을 예약어로 갖고 있다. JRM-S는 공간 안에 존재하는 구성 요소들 간의 위상 관계를 보다 쉽고 빠르게 추론해 냄으로써, 효율적인 위치 기반 서비스를 제공할 수 있도록 도와줄 수 있다.

참고문헌

[1] D. Hernández. "Maintaining Qualitative Spatial Knowledge" Spatial Information Theory, European Conference COSIT '93, Marciana Marina, Elba Island, Italy, A. Frank and I. Campari, Eds., Lecture Notes in Computer Science, 716: 36-53.

[2] Charles L. Forgy. Rete: A Fast Algorithm for the Many Pattern/Many Object Pattern Match Problem, Artificial Intelligence, 1982, pp.17-37.

[3] Ronald J. Brachman, Hector J. Levesque, Knowledge Representation and Reasoning.

[4] Ernest Friedman-Hill, JESS in action.