

로봇환경에서의 월드 모델 기반 상황인지

김동욱^o 박영택

송실대학교 컴퓨터학과

venus78y@aillab.ssu.ac.kr^o, park@comp.ssu.ac.kr

Context Awareness based on World Model in Robot Environment

DongWook Kim^o, YoungTack Park

Dept. of Computer Science, Soongsil University

요 약

최근 로봇에 관한 연구가 꾸준히 진행 중인 가운데, 로봇이 현재 상황을 파악하고 적절한 서비스를 제공해 주기 위하여 위치 정보가 많이 활용되고 있다. 이러한 위치 정보는 월드 모델링(world modeling)을 통하여 로봇이 처한 환경에서 사용자(nomadic human)의 위치 경로와 공간에 구성되어 있는 객체들의 위치를 비교하거나 관계를 탐지하고 적절한 규칙을 사용해 추론함으로써 사용자의 서비스 요청을 수행하기 위해 쓰일 수 있다. 본 논문은 로봇 환경에서의 상황인지를 위한 월드 모델링을 제안한다. 제안된 월드 모델링은 로봇과 사람과의 관계와 사람과 사물(object)간의 관계를 정의하며 시간의 흐름에 따른 위치변화를 이용하여 각 대상간의 관계의 변화와 그에 따른 의미(semantic) 도출을 목적으로 한다. 본 시스템은 크게 네 개의 계층으로 구성되어 있다. 첫째, 센서 계층(sensor layer)은 센서로부터 객체의 위치정보를 얻어내어 센서 데이터를 구성한다. 둘째, 질적 관계 계층(qualitative layer)은 센서 데이터를 기반으로 하여 객체간의 상대적인 위치 관계를 탐지한다. 셋째, 시공간적 관계 계층(relational layer)은 시간에 따라 축적되는 질적 관계 계층의 데이터를 기반으로 하여 객체간의 시간적, 공간적인 위치 관계를 추론한다. 마지막으로 의미적 계층(semantic layer)에서는 객체간의 상황에 맞는 의미를 추론하는데 이런 계층들은 모두 월드 모델을 공유(share)함으로써 정보 도출이 가능하다.

1. 서 론

인간의 대체인력으로 떠오르는 로봇이 지능적인 동작을 위해 어떠한 정보가 필요한가? 또 그 정보는 어떠한 처리가 필요한가? 최근 통계자료에 따르면 인구의 고령화가 예상되면서 상대적으로 이들을 돌보아줄 인력이 부족하게 될 실정이다. 따라서 이문제의 대체인력으로써 로봇이 화두가 되고 있는 가운데 로봇이 사용자에게 서비스를 제공하기 위한 여러 가지 조건을 지적하지 않을 수 없다. 그 중 로봇 차원에서의 월드 모델링을 통한 상황인지는 필수 사항으로서 사용자의 위치정보에 따라 어떤 서비스가 가능한지 또 어떤 서비스를 해주어야 할지 결정된다. 사람이 어떤 목적을 두는 행동에는 그 행동이 취해지는 위치가 반드시 있기 때문에 그 위치를 통해서 사람이 무엇을 의도했는지를 파악 할 수 있다는 점에서 위치 정보는 중요하다. 본 논문에서는 자동화, 개인화된 서비스를 위해 위치 기반의 상황인지 시스템의 [1] 월드 모델링을 제안한다.

본 논문에서의 컨텍스트는 사용자에게 제공될 서비스에 맞게끔 상황에 대한 특징을 부여한 것이다. 로봇의 상황은 로봇 수행 환경의 일부분 정보로서 참조되며 일반적으로 위치, 사용자의 행동, 다른 객체들의 상대 정보를 포함한다[2]. 즉, 서비스가 이루어지는 특정 환경에서 서비스를 위해 필요한 모든 조건을 의미한다. 예를 들어, 아침에 TV가 켜지는 것을 감지하고 소파에서 일정 시간을 머무른다면 “사용자는 아침에 TV를 본다” 라는 상황에 대해 위치정보를 포함한 컨텍스트를 얻을 수 있게 된다. 그렇다면 왜 이와 같은 컨텍스트가 필요한 것일까? 로봇의 비전 센서로부터 얻어진 단순 위치정보로

는 정보의 명확성도 없었던더러 수치데이터 일뿐 어떤 의미도 가지고 있지 않기 때문이다. 그러므로 위치 정보를 가공하여 “아침에 TV를 본다”라는 컨텍스트를 얻음으로써 자동으로 아침 시간에 주로 보는 채널을 틀어 줄 수 있을 것이다. 다음으로 월드 모델링인데 이것은 한마디로, 어떤 상황으로부터 도출되어서 계산된 환경의 표현 [3]. 이 지식을 “월드 모델”이라 일컫는다. 그것의 목적은 컴퓨터가 자신이 처한 환경에서 현재 상황에 대한 반응에 사용하기 위한 상황적인 정보 생산이다 [3]. 로봇은 자신의 환경을 인지해야 하며 그것에 반응해야 하기 때문에 환경에 대한 지식은 중요한 요소이다. 이 월드 모델의 정보를 토대로 로봇은 사람이 눈으로 세상을 인지하고 판단 하듯이 비전(vision)을 통한 사물이나 사람의 위치(location), 방향(direction)등의 정보를 실시간으로 받음으로써 사물간의 관계(relation), 혹은 사물과 사람과의 관계 정보 도출이 가능하다.

2. 시스템 구조

최하위 계층인 센서 계층에서는, 로봇의 비전을 통해 사용자의 움직임을 실시간으로 감지한다. 정보는 위치의 절대 좌표 x, y 값, 사용자 아이디(ID), 사용자의 방향을 포함한다 [5]. 얻어진 정보는 질적 관계 계층으로 전달되며 전달된 정보를 토대로 객체간의 상대적 접근관계를 정의한다. 여기에 시간의 흐름을 고려하여 객체간의 관계를 표현 하는 층이 시공간적 계층이다. 이 계층에서 로봇은 사용자가 일정 시간 동안 어떤 객체와 같은 위치에 있었는지 알게 되며 다시 의미 계층으로 넘겨진 정보는 내장된 추론 엔진의 rule에 의해 상황에 대한 의미를

포함하는 컨텍스트를 생성한다. 그림 1은 앞서 언급한 시스템 구조도이다.

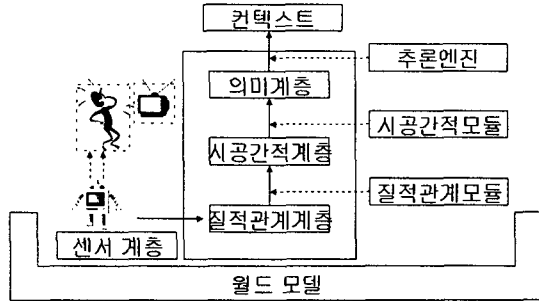


그림 1 위치기반 상황인지 시스템 구조도

2.1. 위치기반 상황인지를 위한 월드 모델링

본 논문에서 제안하는 월드 모델링 기반 상황인지 시스템은 여러 월드 모델링 중에서 지리(geometric)적인 월드 모델링[4]에 가깝다고 할 수 있으며 로봇의 비전 센서로부터 얻어진 데이터의 처리작업을 거침으로써 동작한다. 그림 2는 위치기반 상황인지 시스템을 계층에 따라 표현한 구조도이다.

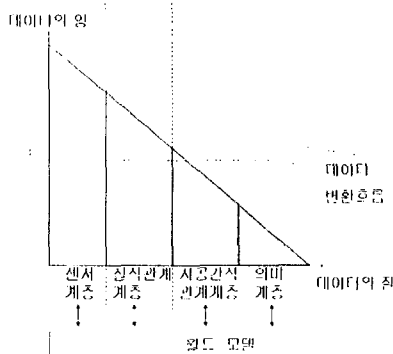


그림 2 데이터 구조

그림과 같이 각각의 계층은 월드 모델을 토대로 전달받은 정보를 처리하여 다음 계층에 넘기면서 데이터의 양은 줄고 질은 높아지고 있는 양상을 갖는다. 월드 모델에서 정의되어있는 객체는 정적 객체와 동적 객체로 나뉘어 정의 되어있으며 로봇이 가져야할 모든 객체의 위치정보, 크기정보, 반경정보, 객체고유의 정보(ID)를 포함하고 있으며 이것을 각 계층은 공유하게 된다.

2.2. 센서 계층

위치 정보 기반의 서비스를 하기 위해서는 로봇 센서로부터 얻게 되는 동적 객체들의 정확한 위치 정보가 무엇보다 중요하다. 센서 계층에서는 객체의 x좌표, y좌표 그리고 객체가 향하고 있는 방향을 감지하여 전송한다. 방향을 감지하는 이유는 사용자가 TV에 접근해서 같은 위치에 위치한 모든 경우가 TV를 본다 단정 지을수는

없는 일이기 때문이다. 또한 TV에 접근했지만 등을 돌리고 있다면 부적절한 컨텍스트가 만들어 질 수 있기 때문에 상황 인지의 정확성을 높이기 위해서는 방향정보가 필요하다. 방향을 감지하는 방법은 2가지로 하나는 사용자 몸에 부착된 센서가 주위 센서와 통신하며 방향을 감지하는 것이고 다른 하나는 로봇의 비전을 통해 사용자의 행동을 감지하는 것이다[6]. TV를 본다거나 밥을 먹는 등의 행동 패턴을 미리 가지고 있거나 학습으로 저장하고 있다가 사용자가 그와 매치되는 행동을 인식하여 판단하는 것이다. 행동과 얼굴이 향하는 방향등을 고려하여 TV를 보거나 커피를 마시는 등의 정보를 넘겨 준다.

2.3. 질적 관계 계층

질적 관계 계층에서는 월드 모델에 미리 공간 구성이 되어 있는 정적 객체의 위치와 센서 계층으로부터 얻은 센서 데이터를 이용하여 질적 관계 모델을 구성한다. 객체와 사람간의 관계를 접근(approach), 속함(reside), 이탈(leave)로 정의하고 데이터가 도출되는 동시에 시공간적 관계 계층으로 전달한다.

2.4. 시공간적 관계 계층

시공간적 관계 계층은 질적 관계 계층으로부터 전달받은 데이터를 토대로 시간을 적용 시킨다. 시간의 순차적 흐름에 따라 접근, 속함, 이탈의 순서를 보이며 최초의 속함이 발생한 시간부터 이탈에 이르기까지의 정보를 1개의 정보로 묶는다. 이때 사용자의 방향이 TV를 향했었는지를 적용하여 위치 정보의 신빙성을 높인다. 생성된 데이터는 의미적 계층으로 전달한다.

2.5. 의미적 계층

의미적 계층에서는 서비스 제공을 위하여 추론기를 통해 시공간적 관계의 데이터를 컨텍스트로 생성한다. 규칙 기반의 추론이 사용되며, 객체의 특성에 맞는 규칙을 생성하여 적용시킴으로써, 앞서 서론에서 언급한 “사용자는 오전 7시부터 7시30분까지 커피와 토스트를 먹는다.” 또는 “사용자는 로봇 옆에 6시부터 6시02분까지 서 있다” 와 같은 컨텍스트를 얻게 된다.

3. 실험

이제까지의 이론을 토대로 위치기반의 상황 인지 시스템의 실험을 위해서 시뮬레이터를 설계, 구현 하였다. 사용자의 움직임은 키보드를 통해 발생한다고 가정하였으며 전달받는 센서 값도 키보드 이벤트를 통해 받아 온다고 가정하였다. 사용자의 위치는 모니터상의 x, y 좌표 값으로 계산 되었다. 각각의 레이어는 제이드(jade) 기반 아래 독립된 에이전트로 구현 하였다. 그림 3은 시뮬레이터의 실행 화면을 보여주고 있으며 특정 공간에 오디오, 테이블, 컴퓨터를 구성하고, 사용자가 방향과 함께 움직이고 있다. 또한, 동적 객체인 사용자가 움직임에 따라 발생하는 질적 관계 모델과 시공간적 관계 모델을 화면상에 메시지로 표현하고 있음을 알 수 있다.

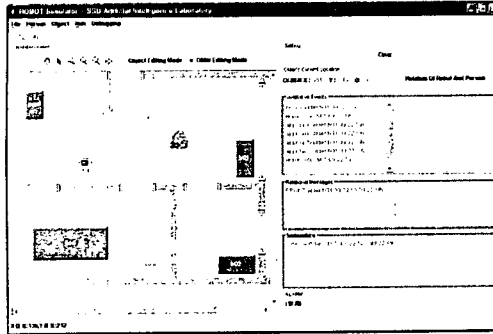


그림 3 시뮬레이터 실행 화면

시뮬레이션의 예는 그림 4 와 같이 사용자가 TV의 가시청 구역(service enable boundary)에 접근 하여 머물렀다가 일정 시간 뒤에 가시청 구역을 떠나게 된다면 시스템은 4개의 계층을 거쳐 하나의 결과가 도출 가능하다는 것을 보여준다.

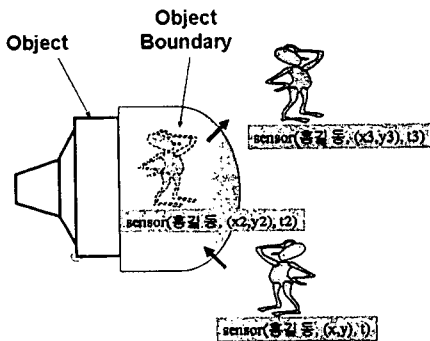


그림 4 사용자 시뮬레이션의 예

시간 t에 따른 차이를 비교해 볼 때 처음의 단순 위치 정보만을 센서를 통해서 받고 받은 데이터를 질적 계층의 에이전트를 통해서 정보의 의미가 한 단계 추상화 된다. 시공간적 관계 계층은 질적 계층이 만든 데이터를 토대로 시간 t부터 시간 t3까지 누가 어떤 객체에 어떤 방향으로 접근했는지 추상화 시킨다. 결국 시간 t1에서 t2를 통해 t3까지 흘러갔을 때 의미적 계층은 사용자가 시간 t1부터 t3까지 TV를 시청했음을 추론한다. 이러한 결론은 마치 사람이 사람과 TV의 관계를 “보다”라는 관계로 인식하는 것과 같이 로봇 역시 이런 관계를 인식함으로써 센서 데이터와 그 데이터를 로봇을 제어하는 시스템 사이의 인터페이스 역할을 한다[4]. 그림 5는 시뮬레이터의 프레임워크이다. jade 기반 프레임에서 이루어지며 로봇 비전데이터를 시작으로 ACL(Agent Communication Language)를 통해 해당 정보를 각각의 에이전트(각각의 계층)들에게 보내고 받으며 통신을 한다. 질적 계층에서는 자바 기반의 추론 엔진인 제스(jess 7.0a)를 사용하였다. 이 ACL 메시지는 센서 에이전트를 시작으로 해서 질적 에이전트, 시공간적 에이전트 그리고 마지막으로 의미 에이전트 순서로 전

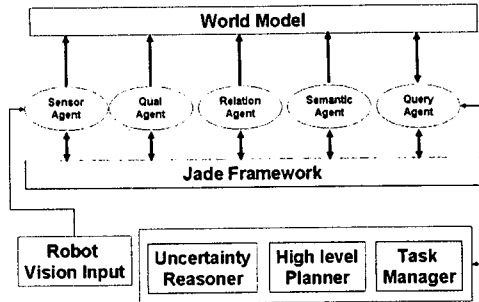


그림 5 위치기반 상황인지 실제 구현 루틴

달되는 흐름으로 진행된다. 향후에는 쿼리 에이전트를 두어 태스크 매니저가 “사용자가 6시부터 9시까지 무엇을 하였는가?” 와 같은 쿼리를 날리는 등 스스로 필요한 정보를 수집할 수 있게 구현할 예정이다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서 제안한 시스템은 위치정보에 기반을 두어 로봇이 사용자에게 적합한 서비스를 제공해 주는데 필요한 월드 모델링을 제안하였다. 시뮬레이터는 현재까지 제안한 시스템 진행 단계 중 쿼리 에이전트와 플래너(planner), 태스크 매니저(task manager), 그리고 리즈너(reasoner)를 제외한 시공간적 관계 계층까지가 구현되었다. 앞으로 월드 모델링과 시공간적 관계 모델의 더욱 다양화 되고 폭넓은 확장을 통해 다양한 서비스를 위한 컨텍스트를 획득하는데 주안점을 둘 것이다.

참고 문헌

- [1] Schilit, B., Adams, N., Want, R., "Context-Aware Computing Applications.", Proceedings of the Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Santa Cruz, CA, p. 85-90, 1994.12
- [2] Andrew M. Ladd, Kostas E. Bekris, Algis Rudys, Guillaume Marceau, Lydia E. Kavraki, Dan S. Wallach, "Robotics-Based Location Sensing using Wireless Ethernet" Proceedings of the 8th annual international conference on Mobile computing and networking, International Conference on Mobile Computing and Networking
- [3] R. K. Harle and A. Hopper. "Dynamic World Models from Ray-tracing. In Proceedings of the Second IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, Orlando, FL, USA (PerCom 2004), March 2004
- [4] Elli Angelopoulou, Tsai-Hong Hong, Angela Y. Wu "World Model Representations for Mobile Robots". Published by citeseer
- [5] Juha Röning, Jukka Rieki, "Context-Aware Mobile Robots: Part of Smart" HRI-workshop March 30 2001 at KTH "human-robot interaction"
- [6] www.ee.oulu.fi/research/imag/proact/proact.php