

자동 에이전트의 플랜인지에 의한 삽화지식의 획득

최미란⁰ 김상하
충남대학교 컴퓨터학과
(miranc, shkim)@cclab.cnu.ac.kr

Acquisition of Episodic Knowledge through Plan Recognition

Miran Choi⁰ Sang-ha Kim
Dept. of Computer Science, Chungnam National University

요 약

다양한 문제의 해결을 위하여 요구되는 각종 지식의 처리는 인공 지능 분야의 중요한 주제가 되어 왔다. 본 논문에서는 여러 종류의 지식중에서 많이 연구되어 있지 않은 삽화 지식의 획득과 저장에 관하여 논의하며, 삽화 지식은 플랜 인지의 과정을 통해 알아낸 목표의 연속체로서 자동 에이전트의 영구 기억에 저장되어야 한다고 제안한다.

1. 서론

이상적인 인공 지능 시스템은 축적된 다양한 지식(knowledge)을 이용하여 다양한 목표(goals)를 성취할 수 있는 구조를 갖춘 시스템이어야 한다. 그러므로, 어떤 인공 지능 시스템에 있어서 지식의 표현, 저장, 추출, 이용과 획득을 구현하고 있는 정도와 방법이 그 시스템을 평가하는 데 있어서 중요한 기준 요소라고 볼 수 있다. 지식은 일반적으로 세 가지 형태로 분류할 수 있는데, 그것은 에이전트의 행위에 관한 지식인 절차 지식, 에이전트의 과거에 일어난 사건에 관한 지식인 삽화 지식, 그리고, 사실에 관한 지식인 선언 지식이다. 현재 대부분의 인공 지능 시스템들에서 절차 지식은 부분적으로 지원되고 있는 것에 비해서 삽화 지식과 선언 지식은 많이 연구되어 있지 않다. 본 연구는 통합 인공 지능 시스템인 Soar 시스템에서의 삽화 지식의 획득, 저장 및 이용에 관한 것으로 Ground World 라는 실험 환경에서 Soar 에이전트가 상대방 에이전트의 일련의 행동을 관찰하고 그 에이전트의 행동 내용을 인지하여 그것을 삽화 지식으로 저장하는 과정을 제안하고 구현하였다.

2. 삽화 지식의 내용과 사용

삽화 지식은 어떤 물체(object), 행동(action), 그리고 일련의 행동들이 에이전트의 과거에 발생되었는가에 관한 지식이다. 삽화 지식을 획득한 후에는 상대방

의 행동을 보고, 과거에도 같은 행동을 했다는 것을 기억할 수 있기 때문에 발생 가능한 다음 상황에 대하여 대비할 수 있게 된다. 삽화 지식이 이용되는 또 다른 경우는 자동 에이전트가 과거의 자신의 행동에 대한 설명을 해야 될 때이다. 예를 들면, 경찰 임무를 띠고 나갔던 자동 에이전트가 상대 에이전트에게 미사일을 발사했을 때, 그 이유를 나중에 설명해야 하는데, 이 때 자동 에이전트는 삽화 지식을 이용하여, 그 당시에 상대방 에이전트가 위협적으로 접근했다는 이유로서 자신의 행동을 설명할 수 있다. 목표의 연속체는 영구 기억 속에 인지된 목표들이 체인으로 연결되어서 한 시점에서의 목표는 그 이전의 목표와 그 이후의 목표와 연결되어 있다는 의미이다. 이것은 마치 우리가 과거에 발생했던 사건을 기억할 때, 시간적으로 그 이전에 발생했던 사건과 그 이후에 발생했던 사건들이 체인처럼 연결되어 함께 기억을 더듬어 볼 수 있는 것과 같은 논리이다.

3. 삽화 지식의 획득 과정 및 저장

본 연구에서는 삽화 지식의 획득이란 에이전트가 세상을 이해하려는 의도적인 노력의 결과로 발생하는 것으로 보았다. 이것은 마치 자연 언어의 해독이 자동적인 절차에 의해 획득되는 것이라기 보다는 언어의 해독을 위한 특정 오퍼레이터의 적용에 의하여 이루어진다는 견해와 같은 맥락이다. 그러므로, 자동 에이전트는 삽화

지식을 습득하기 위하여 이해 오퍼레이터(understand operator)를 현 상황에 적용하여 그 결과로 나온 이해된 세상에 관한 지식을 영구 기억 장치에 저장한다. 좀더 구체적으로 보면, 자동 에이전트가 상대방 에이전트의 행동에 대한 삽화 지식을 영구 기억 장치에 저장한다는 것은 상대방 에이전트의 행동을 이해한 결과로 생긴 것이다. 이때 이해한 결과라는 것은 무엇인가? 우리는 자동 에이전트가 상대방의 동작 하나 하나를 기억하기 보다는, 그 동작 전체를 통괄하는 상대방의 목표를 이해하여 영구 기억 속에 저장한다고 제안한다.

자동 에이전트가 상대방 에이전트의 행동을 이해하는 과정을 살펴보면 상대방 에이전트는 그의 플랜을 수행하고 있는 것이므로 상대방 에이전트의 행동을 이해한다는 것은 그의 플랜을 인지하는 것이라고 볼 수 있다. 그러므로, 삽화 기억을 저장한다는 것은 상대방 에이전트의 플랜을 인지하여 그의 플랜, 즉, 목표, 또는 플랜/목표의 연속체를 영구 기억에 저장한다는 것을 의미한다는 결론이 나온다. 이때 저장되는 삽화 기억에는 목표 이외에도 목표가 수행되는 현상황의 다른 정보, 예를 들면, 시간, 장애물의 위치, 상대방 에이전트의 묘사 내용이 함께 포함되어 저장된다.

4. 플랜의 인지(plan recognition)

플랜의 인지는 상대 에이전트의 행동을 관찰하여 에이전트의 플랜을 추측하는 과정이다. 본 연구에서는 상대방 에이전트의 행동을 이해하는 데에 있어서 중추적인 역할을 하는 플랜의 인지를 위하여, 플랜 라이브러리에 저장된 플랜과 합치되는가의 여부를 보는 탐색에 의존하는 전통적인 평면적 플랜 인지 방법[2]에서 탈피하여, 역동적인 플랜 인지 방법인 에이전트 방법을 고안하였다. 이 방법은 내부 가상 행동을 통하여 행동을 미리 수행해볼 수 있는 Soar의 특성을 이용한 것으로, 외부의 에이전트가 수행하는 작업에 대한 내부의 모델이 주어지면, 이 내부 모델에서 에이전트의 동작을 추적함으로써 그의 동작을 이해할 수 있다는 것이다[6]. 그러므로, 에이전트 트랙킹은 외부의 에이전트의 인지 가능한 행동을 내부의 인지 모델에 의해 예상되는 행동에 합치되는지의 여부를 결정하는 방식에 의해 에이전트의 작업 수행을 추적하는 과정이다.

에이전트 트랙킹을 실현하는 과정에서 자동 에이전트는 상대방 에이전트의 스테이트를 IO를 통하여 파악한 후에 그 상태에 의거하여 가능한 플랜을 내부적으로 수행한다. 플랜을 수행한 결과로 생긴 스테이트를 상대방 에이전트의 다음 스테이트와 여러 차례에 걸쳐 비교를 하여 합치 여부를 판단하여 그것이 일치되면 플랜이 인지된 것이며, 그 다음의 플랜 인지를 시도한다. 만일 내부 플랜의 실행 후에 스테이트가 일치되지 않을 경우에는 다른 플랜을 다시 한 번 시도하게 된다. 일정 시간 동안의 플랜 인지 과정이 끝나면 Soar의 학습 시스템인 chunking 기능에 의하여 인지된 플랜들이 연속체로서 영구 기억에 저장되며, 각 플랜의 수행시에 있던 상황 정보가 상황 모델로서 함께 저장된다. 이 과정은 다음 장에서 논의된다.

5. 실험 및 결과

삽화 지식이 획득되고 저장되는 과정은 Ground World (그림 1)라는 실험 환경에서 실험되었고, 그 결과로 상대방 에이전트의 목표 연속체(goal sequence)가 상황 모델과 함께 Soar의 영구 기억에 저장된 것을 확인할 수 있었다. Ground World는 실험자가 이동 가능한 자동 에이전트를 조정하여 새로운 아이디어를 시도할 수 있는 실험 환경이다. Ground World에서는 에이전트가 2-D 사각 좌표 사이로 움직이며 다른 에이전트를 찾아내거나, 벽 뒤에 숨거나 장애물을 피하기도 한다. 여기에서 Soar 에이전트의 적인 붉은 로봇이 추적, 도망, 방향의 세 가지 플랜을 계속적으로 수행하고 있으며, Soar 에이전트는 이 로봇을 관찰할 수 있는 위치에서 작은 범위에서 독립적으로 움직이고 있다. Ground World에서는 실시간이 사용되며, 속도는 초당 유니트로 주어진다. 각 실험 단계에서 각각의 에이전트에 대한 센서 입력을 계산하여 움직임이 조정된다. Soar 에이전트는 자신의 스테이트와 붉은 로봇의 스테이트에 대한 정보를 갖는데 거기에는 X-Y 좌표에 의해 표시된 위치, 속도, 방향 등이 포함된다.

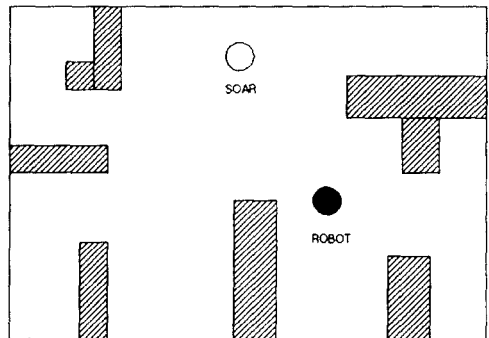


그림 1. Ground World의 Soar 에이전트와 로봇

그림 2에 전개된 여러 개의 문제 공간이 보여 주고 있듯이, 실험이 시작되면 제일 상위의 문제 공간(top problem space)에서 붉은 로봇의 행동을 이해하고자 하는 오퍼레이터(o: understand)가 제안되는데, 이때 현 상황에 대한 지식의 부족으로 이 오퍼레이터를 적용할 수 있는 스테이트가 아니기 때문에 임파스가 발생되며, 그 결과로 부목표가 자동적으로 생성되고 "관찰" 문제 공간이 생긴다. 여기에서 "주변 관찰" 오퍼레이터(o: look around)가 적용되어 현 상황을 IO를 통하여 인지하고 "상황 모델"을 만든 후에 플랜 인지 오퍼레이터가 제안되면서 플랜 인지 과정이 시작된다.

플랜 인지 문제 공간으로 들어 가면 부 행동 오퍼레이터에 의하여 가상적인 내부 행동을 하는데 Soar 에이전트는 위협이 큰 순서인 추적, 방향, 도망 순으로 에이전트 트랙킹을 시도한다. 예를 들어 "추적" 플랜이 선택되어 내부 행동을 수행한다면, 그 행동의 결과로 나온 스테이트를 붉은 로봇의 스테이트와 비교하여 합치 여부를 결정한다. 이 합치 여부를 결정하는 로봇의 동작과 내부 모델의 오퍼레이터인 이동 오퍼레이터(i: move)를 비교하고, 그 결과로 나온 스테이트들을 여러

차례에 걸쳐 비교한다. 그 결과로 합치되어서 "추적" 플랜이 인지되면 그것을 재확인하기 위하여 다시 한 번 에이전트 트래킹을 시도한다.

만일 합치되지 않을 경우에는 비합치 오퍼레이터 (o: mismatch)가 제안되며, 방향 문제 공간으로 들어가서 에이전트 트래킹이 다시 시작된다. 일정 시간 동안의 플랜 인지를 수행한 후에 기록 문제 공간(record problem space)에 들어가서 기록 오퍼레이터에 의해 목표를 스테이트에 기록한 후에 실험을 마친다. 이러한 실험의 결과로 Soar의 영구 기억에는 인지된 플랜, 즉 붉은 로봇의 현재 목표인 "추적"이 이전의 목표들과 연결된 연속체로서, 상황 모델에 기록된 다른 상황 요소들과 함께 영구 저장된 것을 확인할 수 있다. 아래에 나온 청크는 붉은 로봇에 관해 영구 저장된 삽화 지식을 보여 준다.

```

(sp chunk-26
:chunk
  (goal <g1> ^ operator <o1> ^ state <s1>)
  (<o1> ^ name understand)
  (<s1> ^ s-model <s2>
    ^ new-op chase-op ^ trace yes)
-->
  (<s1> ^ current-goal chasing
    ^ past-goal <p1> ))
    
```

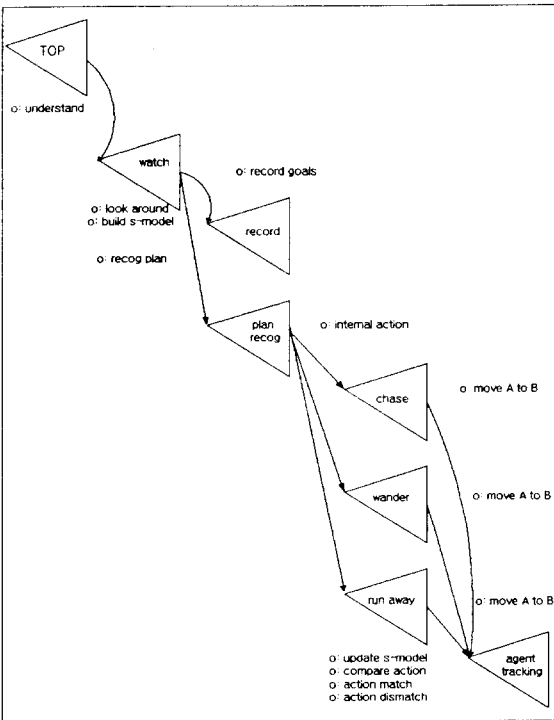


그림 2. 지식 획득을 위한 문제 공간 및 오퍼레이터

6. 결론

본 연구에서는 영구 기억의 형태로 저장되는 삽화 지식을 상대방 에이전트의 목표들의 연속체와 각 목표가 발생한 상황 요소들의 결합체로 간주하였으며 자동 에이전트인 Soar가 플랜 인지에 의하여 삽화 지식을 획득하는 과정을 구현하였다.

미래의 연구 과제로서 첫째, 복잡한 상황에서의 플랜 인지에 의한 삽화 지식의 저장에 관한 연구를 생각해 볼 수 있다. 여기에는 상대방 에이전트뿐만이 아닌 Soar 에이전트 자신의 행동에 대한 삽화 지식, 상대방 에이전트의 가능한 플랜의 수가 많을 경우, 이해되지 않은 플랜의 처리 등의 연구 과제가 포함될 수 있다. 둘째, 저장된 삽화 지식을 실제 상황에서 이용하는 문제를 들 수 있다. 앞에서 들었던 예에서와 같이 삽화 지식에 의해 상대방의 다음 행동을 예견하여 대비할 수 있는데, 이 때 삽화 지식을 절차 지식으로 연결시키는 문제가 연구 과제로 생각될 수 있다. 다른 예로 자동 에이전트가 과거에 일어난 자신의 행동을 설명할 때 삽화 지식에 의거하여 회상을 할 수 있는데, 그 과정에 관한 상세한 연구도 가능할 것이다. 셋째, 본 연구에서는 삽화 지식을 상대방 에이전트의 목표의 연속체로 간주하였는데, 영구 기억에 보존되는 삽화 지식의 상세함의 정도에 관해 심리학에서 연구되고 있는 내용과의 비교 연구도 가능할 것이다.

참고 문헌

- [1] Calistri-Yeh, R. J., An A Approach to Robust Plan Recognition for Intelligent Interfaces. Applications of Learning and Planning Methods. World Scientific Publishing Co. (1991)
- [2] Huff, K. E. and Lesser, V. R. Plan Recognition in Open Worlds. COINS Technical Report (1988)
- [3] Huffman, S. B. and Laird, J. E. Learning Procedures from Interactive Natural Language Instructions. Technical Report, University of Michigan (1993)
- [4] Johnson, W. L. Understanding and Debugging Novice Program. Artificial Intelligence 42 (1990)
- [5] Newell, A. Unified Theories of Cognition and the Role of Soar. In J.A. Michon and A.
- [6] Rosenbloom, P. S., Laird, J. E., & Newell, A. (1987). Knowledge level learning in Soar. Proceedings of AAAI-87, Seattle.
- [7] Rosenbloom, P. S., Newell, A. & Laird, J. E. Towards the Knowledge Level in Soar: The Role of the Architecture in the Use of Knowledge In VanLehn, K.(editor), Architectures for Intelligence. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey. (1989).