

혼합주도 협력을 위한 상호 스크립트 접근 방법

강동엽, 최호진
한국정보통신대학교 공학부
e-mail : {aconqueror, hjchoi}@icu.ac.kr

Joint Script Approach for Mixed-initiative Collaboration

Dong-Yeop Kang, Ho-Jin Choi
School of Engineering, Information and Communications University

요 약

노인 복지 환경에서 혼합주도 협력(mixed-initiative collaboration)이 가능한 로봇의 지능 개발이 본 연구의 궁극적인 목표이다. 본 논문에서는 다양한 담화(discourse)으로부터 협력 과정들을 분석하여 상호 주도 협력을 위한 이슈들을 찾아내고, 이러한 주요 요소를 바탕으로 상대 인지시스템의 사용자 모델(user model)을 포함할 수 있는 상호 스크립트 모형(joint script model)을 제안하고 이를 이용한 로봇 계획법(robot planning)의 방법론과 실험에 대한 접근법을 제시한다.

1. 서론*

최근 정부 및 기업에서 로봇 관련 연구가 활발하게 추진되고 있고, 예전의 산업용, 공업용 등 특정 목적에 기능화된 로봇들은 최근에는 정보 처리 능력의 발달로 인해 보다 인간 친화적인 가정용 로봇이 발달되고, 또 다른 곳에서는 GPS, 센서 등의 발달로 무인탐지 로봇, 무인자동차, 군사용 등으로 발전하고 있다.

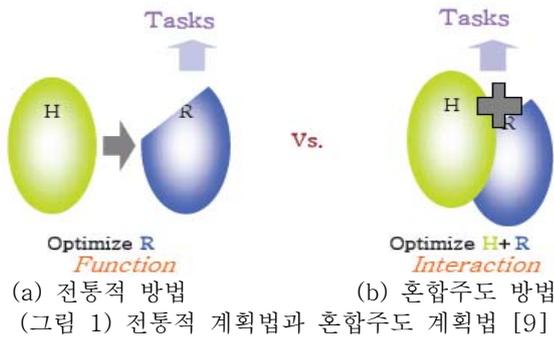
본 논문의 목적은 노인 주거 환경에서의 로봇의 인지능을 개발하는 것이다. 인간과 로봇이 공존하는 환경에서 주어진 일을 가장 효율적으로 해결하기 위해서는 양자간 상호작용 모듈[7]과 그것을 처리할 수 있는 로봇의 시스템이 필요하다. 전통적인 HRI(human-robot interaction) 방식에서는 로봇은 (그림 1)(a)와 같이 사람이 미리 제공하는 기본기능들을 가지고 상황에 따라 계획하는 전통적 계획법을 통해 로봇의 행동 계획을 만들어왔다. 하지만, 본 연구는 사람과 로봇을 모두 하나의 에이전트로 간주하고 쌍방의 협력으로 주어진 문제를 해결하는 혼합주도(mixed-

initiative) 방식에 의한 로봇 계획법의 개발을 목표로 한다[1].

혼합주도형 시스템은 인지시스템공학(cognitive system engineering; CSE)으로써 이에 대한 방법론이 몇몇 연구에서 제시되었다[2]. 이러한 CSE의 설계를 바탕으로, 최근의 혼합주도 협력 관련 연구는 토론 구조(dialog framework)를 기반으로 한 인지시스템 간의 상호작용을 한다. 그 예로, TRAINS-95[3], TRIPS[4], JAST[5] 등의 프로젝트들은 토론을 이용하여 상호 주도 계획이 가능한 모델을 제시하고, 이를 특정 도메인에 접목시켜 실험하여 모델의 우수성을 증명하였다. 또 다른 접근 방법으로 사람의 의사 결정과 로봇의 계획 간의 가장 큰 차이점인 불확실성을 극복하기 위해 Bayesian 접근법을 사용하여 기존 계획법의 한계를 극복하였다[6].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 절에서는 혼합주도 협력 과정 분석을 통해 단계적으로 필요한 과정들을 알아보고, 3 절에서 이러한 과정들의 요구를 수용하기 위해 제시된 상호 스크립트 모형 방법에 대해서 설명한다. 4 절에서는 제시된 모델의 부분적 구현에 대해서 설명하고, 5 절에서는 결론 및 향후 연구계획을 기술한다.

* This research was performed for the Intelligent Robotics Development Program, one of the 21st Century Frontier R&D Programs funded by the Ministry of Commerce, Industry and Energy of Korea.

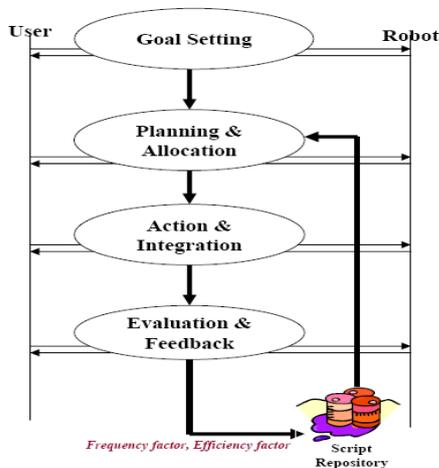


2. 혼합주도 협력 과정

혼합주도 협력 과정을 분석하기 위해서 (그림 2)와 같이 주어진 환경에서의 로봇-사람 간의 토론 내용들을 생성하고, 그것들이 (그림 3)과 같이 크게 4 가지의 과정으로 이루어짐을 분석할 수 있다: 목표설정(goal setting), 계획과 할당(planning & allocation), 수행 과 통합(action & integration), 그리고 평가와 피드백(evaluation & feedback). 각각의 과정은 유저와 로봇간의 토론 내용을 기반으로 한 상호작용으로 이루어진다. 제시된 일련의 과정은 본 연구의 집증을 위해 예외적 상황에 따른 계획의 취소, 변경 등의 인터럽트들은 허용하지 않고, 단일한 과정의 발생만을 전제로 한다.

Basic Script	Discourse 1	Discourse 2	Discourse 3
User: Request the object Robot: (Move to target) User: (Approve/Adjust) Robot: (Acquire the object) User: (Approve the object) Robot: (Acquire peripheral) Robot: (Return) Robot: (Hand over)	User: "Give me a coke" Robot: (Move to table) User: "Not that one" Robot: "Where is it, then?" User: "In the fridge" Robot: (Move to fridge; open) Robot: "I found an open can" User: "Give me that one" Robot: (Bring the can) User: (Take over)	User: "Give me a coke" Robot: "where to go?" User: "Go to fridge" Robot: (Moving) "There are can and pet" Human: "I want can" Robot: (Open fridge) Robot: (take out the coke) Robot: "Do you want cup?" Human: "Yes" Robot: (Bring cup)	User: "Give me a coke" Robot: "Is it in a fridge?" Human: "Yes" Robot: (Move to fridge) Human: "I want can" Robot: (Open fridge and take out the coke) Robot: (take out the cup) Robot: "I don't need cup" Human: "Yes" (put down cup) Robot: (Bring can) Human: (Take the can)

(그림 2) 기본 스크립트로부터 생성된 담화 내용



2.1. 목표설정

혼합주도 협력 과정에서 가장 중요한 부분은 상호

간의 공통된 목적을 정확히 규명하는 것이다. 이를 위해서는 로봇이 사용자와의 토론으로부터 의도 파악이 우선시 되어야 한다. 사용자 또한 로봇의 행동 및 활동에 대한 정확한 예측이 필요하다. 이러한 상호간의 의도를 파악하고, 상호작용을 통한 의도 확신을 통해 협력의 목적이 정해진다.

2.2. 계획과 할당

목적이 정확히 규명이 되면, 로봇과 인간은 목적을 달성하기 위한 계획을 세워야 한다. 계획은 미리 저장되어 있는 스크립트 저장소(script repository)에 있는 다양한 스크립트들로부터 계획을 한다. 그러나, 로봇의 계획된 스크립트와 사람의 계획된 스크립트는 서로 다르기에 여기서 우리는 서로의 계획의 비교와 할당이 필요로 하다. 즉, 로봇 자체의 계획들의 비교가 아닌 상호작용을 통해 사람의 계획과 비교하고 가장 효율적인 계획이 선택 된다.

비교를 통해 선택 된 계획 스크립트는 유저와 로봇에게 할당된다. 이때, 가장 중요한 문제는 상호작용을 통해서 어떠한 기준으로 부분 계획에 대한 주체를 설정 하는 가이다. 예를 들어, 노인 복지 환경에서는 유저의 움직임과 노동의 복잡성, 그리고 시간의 최소화가 될 것이다.

2.3. 수행과 통합

계획 스크립트가 만들어지고 주체에게 할당이 되면, 각자 해당 계획 스크립트들을 수행하고, 그러한 행동들의 결과는 수집되고 통합된다. 여기서, 결과란 계획과 할당의 기준인 시간과 복잡성, 움직임 등이 될 것이다. 특히나 로봇의 경우 움직임이나 노동의 복잡성 등을 얻기 위해서는 비전이나 센서 등을 이용한 계획인지(plan recognition)가 가능해야 한다. 이 부분 또한 상당한 기술적 요구를 필요로 하기에 본 과제에서는 상당수의 가정을 두었다.

2.4. 평가와 피드백

마지막 단계로서 통합된 정보들을 바탕으로 행하여진 계획들이 평가가 되고, 다음 계획과정 중 발전된 계획을 위해 그 결과는 계획 스크립트에 반영되어야 한다. 이는 사람이 경험을 통해 발전하는 것과 같이 로봇 또한 행해진 행동들과 피드백으로부터 스크립트들을 발전 시켜야 한다. (그림 3)에 표시한 바와 같이 피드백 작용은 효율인자(efficiency factor)와 빈도인자(frequency factor)를 기존 스크립트 저장소에 반영함으로써 차후의 계획법의 효율성을 증가시킨다.

3. 상호 스크립트 모델 (Joint Script Model; JSM)

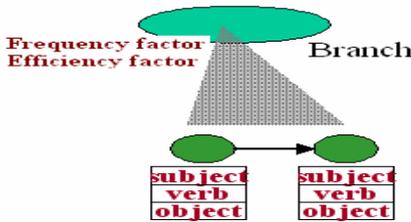
앞 절에서 언급한 4 가지 협력 과정을 통해 혼합주도 협력에게 필요한 3 가지 이슈들을 찾을 수 있다.

- 생성된 토론들로부터 의도파악과 의도예측
- 계획된 스크립트의 분할과 주체 선정
- 계획된 스크립트의 효율성 (시간, 동작 등)

이러한 이슈들은 충족 시키기 위해서는 기존에 계획법에 사용되었던 로봇 중심의 행동 스크립트 만으로는 한계가 있다. 이는 새로운 스크립트 모델의 필요성을 요구한다. 다음 섹션에서는 이러한 요구를 만족시킬 수 있는 새로운 스크립트 모델인 JSM 에 대해서 알아본다.

JSM 은 어떠한 시스템의 구조가 아닌 계획을 하기 위해 스크립트 저장소에 저장되어 있는 스크립트들의 구조와 특성을 나타내는 모델이고, 여기서 각각의 스크립트는 미리 저장되어 있는 특정 주체들의 행동 패턴이다.

3.1. 상호 스크립트의 구조



(그림 4) 상호 스크립트의 구조

(그림 4)는 상호 스크립트(joint script)의 구조를 보여준다. 여러 상호 행동의 조합으로 이루어진 상호 스크립트는 하나의 브랜치를 형성한다. 하나의 상호 행동은 주체(subject), 행동(verb), 대상(object)의 변수들 가지고 있고, 이는 각각 그 행동의 주체, 구체적 행동, 그 행동에 대한 대상을 의미한다. 이러한 3 가지 타입의 상호 행동 구조는 상당한 유연성을 갖게 해준다. 기존의 로봇은 자신의 행동만을 스크립트화하여 저장하고, 독립적으로 사용자에 대한 행동 모델을 만들어 서로 연동하는 방식으로 계획을 한다. 이는 계획법 시 유연성의 제약과 행동 모델로부터 사용자의 의도를 파악하는데 상당한 비용을 소모하게 한다. 하지만, JSM 의 상호 행동 구조는 사용자의 행동 모델 자체를 로봇 자신의 행동 모델과 함께 보관하고 사용함으로써 계획에서의 상당한 유연성과 다양한 스펙트럼의 결과를 낼 수 있다.

또 다른 이슈인 효율성에 위해서, 각각의 상호 스크립트는 고유의 변수 값을 가지고 있다. 이 변수 값들은 협력 과정에서 실행 후 평가와 피드백 과정에서 스크립트에 부여된다. 빈도 인자는 해당 스크립트 사용의 빈번함을 나타내준다. 이러한 빈번함에 관한 정보는 계획 시 경험을 통해 자주 학습된 행동의 경우보다 많이 선택되는 지능적 계획법을 가능케 한다. 효율 인자 또한 평가 시에 시간 및 움직임 등의 효율성을 측정할 수 있는 기준들이 측정되어 스크립트에 저장된다. 이러한 변수들은 로봇이 경험을 통해 계속해서 시간 및 움직임에서 효율적이고, 최근 활동에 좀더 중심을 맞추는 계획을 하는데 도움을 준다.

3.2. 상호 스크립트의 특징

JSM 의 가장 큰 특징은 상호 작용의 대상이 되는 인지 시스템의 행동 모델을 포함할 수 있다는 점이다. 이러한 상대 시스템에 관한 모델을 가지고 있다는 점은 의도파악, 나아가 예측을 할 수 있다는 면에서 상당한 장점을 지닌다.

또 한가지 특징은 상호 스크립트는 혼합 스크립트라는 것이다. 전통적으로 사람이 미리 모두 만들어 놓은 계층 구조의 스크립트들로부터 하향식(top-down)의 계획이 아닌 서로 다른 주체의, 서로 다른 크기의, 서로 다른 효율과 빈도의 다양한 스크립트들을 상향식(bottom-up)으로 계획할 수 있는 구조이다.

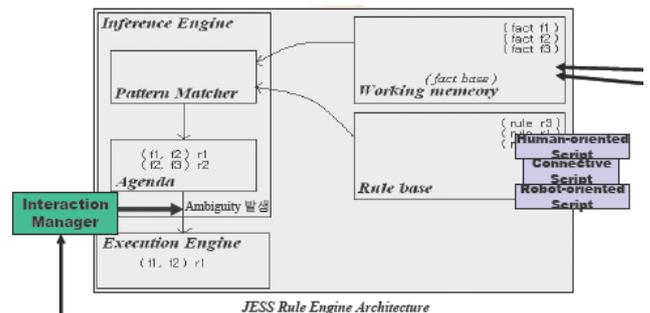
3.3. JSM 을 이용한 계획법

현재 JSM 을 기반으로 한 다양한 계획법들이 프로젝트 내에서 연구 중이다. 아직까지 확실하고 독특한 JSM 의 구조를 효율적으로 사용할 수 있는 방법이 제시된 것은 아니지만, 혼합 스크립트들을 처리할 수 있는 하향식 계획 방법과 그로부터 비롯된 다양한 스펙트럼의 결과를 처리하는 방법으로 Beysian 접근방법이 제안되었다. 불확실성을 처리하기 위해 E. Horvitz 는 확률적으로 계획 방법들을 선택하는 Beysian 방법을 제시하였다.[6]. 본 프로젝트는 JSM 과 같이 다양한 스펙트럼을 결과로 내놓는 계획의 처리를 위해 이러한 확률적 방법에 초점을 맞추어 연구를 하고 있다.

4. 구현 및 실험

우리는 JSM 과 그에 기반한 계획법의 성능을 실험하기 위해 앞서 얘기한 혼합주도 협력의 3 가지 이슈들을 기준으로 실험을 할 계획이다. 각 기준에 따른 실험들은 일정한 시나리오 안에서 계획 스크립트들의 다양성, 효율성, 예측성을 기준으로 측정할 것이다.

실험은 전문가 시스템 쉘인 JESS[7]를 가지고 실험을 하였고, (그림 5)는 실험을 위한 구현 구조를 나타낸다. 현재는 JESS 의 규칙엔진(rule engine)이 애매성이 발생하는 상황에서 상호작용을 발생시키게 하고, JSM 구조를 채택할 수 있는 규칙베이스(rule base)를 만들었다. 현재는 다양한 혼합 스크립트들로부터 다양한 스펙트럼의 결과가 나오고, 이로부터 유저의 의도 파악과 예측을 할 수 있는 단계이다.



(그림 5) JSM 실험을 위한 JESS 기반 시스템 구조

5. 결론

혼합주도 협력을 가능케 하기 위해서 여러 토론 내용들로부터 혼합주도 협력과정을 분석하였다. 목표설정, 계획과 할당, 수행 과 통합, 그리고 평가와 피드백의 각각의 과정으로부터 계획 스크립트의 의도파악, 주체선정, 그리고 효율성이 혼합주도 협력을 결정짓는 요소라는 것을 찾아냈다. 이러한 요소들을 바탕으로 JSM 을 제시하였고, 이제 JSM 에 기반한 계획법을 통해 생성된 계획의 다양성, 효율성, 예측성의 측면에서 평가할 것이다.

본 논문에 기술한 내용은 현재 진행 중인 프로젝트에 대한 것이므로 제시된 모델의 평가가 많이 미흡하다. 앞으로의 연구는 JSM 을 이용한 계획법의 개발에 초점을 맞출 것이고, 앞서 제시한 다섯 가지 협력 과정에 대해 각각의 구체적인 연구와 구현을 통해 궁극적인 목표인 혼합주도 협력이 가능한 계획을 수행할 수 있는 시스템을 개발할 것이다.

참고문헌

- [1] Hearst M. A, Allen J, Horvitz, E, Guinn C. "Mixedinitiative interaction". IEEE Intelligent Systems, Vol 14(5): pp.14-23, 1999.
- [2] Hollnagel, E, "Designing for joint cognitive systems", The IEE and MOD HFI DTC Symposium on (Ref. No. 2005/11078)
- [3] G. Ferguson, J. F. Allen and B. Milller. "TRAINS-95: Towards a Mixed-Initiative Planning Assistant". Proceedings of the Third Conference on Artificial Intelligence Planning Systems, 1996.
- [4] G. Ferguson and J. F. Allen. "TRIPS: An Intelligent Integrated Problem-solving Assistant". Proceedings of the Fifteenth National Conference on Artificial Intelligence, 1998.
- [5] Mary Ellen Foster, Tomas By, Markus Rickert, and Alois Knoll. "Human-Robot Dialogue for Joint Construction Tasks". Proceedings, Eighth International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI 2006), Banff, November 2006.
- [6] E. Horvitz, "Uncertainty, Action, and Interaction: In Pursuit of Mixed-Initiative Computing", IEEE Intelligent Systems, vol. 14, no. 5, pp. 17-20, 1999.
- [7] Kang Woo Lee; Hyong-Rock Kim; Wan Chul Yoon; Young-Sik Yoon; Dong-Soo Kwon, "Designing a human-robot interaction framework for home service robot", ROMAN-2005. IEEE International Workshop, pp. 286-293, 2005.
- [8] E. Friedman-Hill. "Jess, the java expert system shell". Technocal Report SAND98-8206, Sandia National Laboratories, 1997.
- [9] Wan Chul Yoon, Applying Cognitive Models to Human-(service) Robot Interaction", Progress report in Intelligent Robotics Development Program. 2006