

통합 작업 공간 이론과 활성화 전개 이론을 이용한 상호주도형 대화 에이전트의 시스템 주도형 대화 발현

System Initiative Dialogue of Mixed Initiative Conversational Agent
using Global Workspace Theory and Spreading Activation Theory

임성수, Sungsoo Lim*, 오근현, Keunhyun Oh**, 조성배, Sung-Bae Cho***

요약 대화 에이전트가 자연스러운 대화를 처리하기 위해서 상호주도형 대화는 중요한 역할을 한다. 기존의 상호주도형 대화에 대한 연구들은 정해진 방법론에 따라 대화가 진행되므로, 에이전트가 스스로 상황을 판단하여 동적인 대화를 진행하기 보다는 정적이고 단발적인 대화만이 진행된다. 본 논문에서는 대화 에이전트가 미리 정해진 형태의 상호주도형 대화 뿐만아니라 현재 대화와 연관된 대화 주제를 스스로 발현 할 수 있도록 하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 인지 구조 모델 중 하나인 통합 작업 공간 이론을 적용하여 현재 대화와 장기기억 속의 과거 처리되지 않은 대화와의 연관성에 따라 적절한 대화 주제의 변화를 가능하게 한다. 에이전트의 장기기억은 인지과학 분야에서 이야기 저장 매체로 많이 사용되는 시멘틱 네트워크 사용하여 표현되며, 시멘틱 네트워크에서 효과적인 추론 방법으로 알려진 활성화 전개 이론을 적용하여 현재 대화와의 연관성을 계산한다. 일정관리 대화 에이전트에 제안하는 방법을 적용하여 에이전트가 기억의 연상을 통해 자연스러운 대화 주제 변경을 수행하는 것을 확인하였다.

Abstract Mixed-initiative interaction (MII) plays an important role for the flexible dialogues in conversational agent. Since conventional research on MII process dialogues based on the predefined methodologies, they only provide simple and static dialogues rather than complicated and dynamic dialogues through context-aware themselves. In this paper, we proposed a conversational agent that provide MII using predefined methodologies and can change topics of conversation dynamically according to the relations of current dialogues. Based on the global workspace theory, one of the cognitive architecture models, proposed method can change the topic of conversation dynamically according to the long term memory which contains past conversation. We represent the long term memory using semantic network which is a popular representation for storing knowledge in the field of cognitive science, and retrieve the semantic network according to the spreading activation theory which has been proven to be efficient for inferencing in semantic networks. It is verified that the proposed method flexibly changes the topics of dialogues through some dialogue examples on the domain of schedule management.

핵심어: *Mixed-initiative interaction, global workspace theory, semantic network, spreading activation theory, conversational agent*

*주저자 : 연세대학교 컴퓨터과학과 박사 e-mail: lss@sclab.yonsei.ac.kr

*공동저자 : 연세대학교 컴퓨터과학과 석사 e-mail: ocworld@sclab.yonsei.ac.kr

***교신저자 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수; e-mail: sbcho@cs.yonsei.ac.kr

1. 서론

상호주도형 대화는 사용자와 시스템이 서로 주도권을 가지며 필요한 경우 서로간의 상호작용을 통하여 서로의 의도를 확인하면서 문제를 효율적으로 해결해가는 방식이다 [1,2]. Macintosh, Ellis와 Allen은 교통-여행정보시스템인 ATTAIN을 통해 시스템 기반 인터페이스와 상호 주도형 인터페이스를 적용해서 비교하여, 상호주도형 대화가 사용자에게 더욱 높은 만족도를 제공한다는 사실을 확인하였다[3].

상호주도형 대화 에이전트를 구현하기 위한 연구들이 진행되고 있다. Hong은 상호주도형 에이전트를 구현하기 위해서 계층적 베이지안 네트워크(Hierarchical Bayesian Network)를 사용하였다[1]. Bohus는 대화스택(Dialogue Stack)을 이용해서 상호주도형 대화 에이전트를 구현하였다 [4]. 그러나 이와 같은 방법들은 정해진 방법론에 따라서 상호주도형 대화가 발견되고 작동기억(Working Memory)에만 의존하게 되므로, 대화가 정적이고 단발적인 대화 처리만 가능하다.

본 논문에서는 대화 에이전트가 대화 주제 변경을 통해서 대화를 이끌어 나갈 수 있도록 하는 방법을 제안한다. 대화 주제의 변경은 현재 진행 중인 대화 및 사용자의 경험과 연관된다고 가정하여, 제안하는 방법에서는 사용자의 경험 및 대화에 필요한 도메인 정보를 인지과학 분야에서 이야기 저장 매체로 많이 사용되는 시맨틱 네트워크 사용하여 표현한다. 간단한 인지 구조인 글로벌 워크스페이스 이론(Global Workspace Theory)을 통해 인간이 대화에 필요한 정보를 회상하는 과정을 모델링하며, 시맨틱 네트워크에서 효과적인 추론 방법으로 알려진 활성화 전개 이론을 적용하여 현재 대화와의 연관성을 계산한다.

2. 대화에이전트의 시스템 주도형 대화 발견

글로벌 통합 작업 공간 이론(Global Workspace Theory)은 인간이 어떤 문제를 해결할 때 인지적으로 어떤 과정을 거치는가를 모델링하고 있다. 인간의 무의식의 공간에는 각각 독립적인 수많은 지식들이 존재하는데, 이 이론에서는 이러한 독립적인 지식을 프로세서(Processor)라고 정의한다. 인간은 어떤 문제를 접하게 되면 의식(Consciousness)을 통해서 필요한 프로세서들을 호출하게 되고 그 프로세서들의 결합을 통해서 얻어진 지식으로 문제를 해결하게 된다[4].

본 논문에서는 통합 작업 공간 이론을 기본 모형으로 하여 상호주도형 대화에이전트의 동적이고 자연스러운 대화 발견방법을 제안한다. 그림 1은 인간의 기억구조와 글로벌 워크스페이스 모델을 시스템에 적용한 제안하는 시스템의 개념을 보여준다.

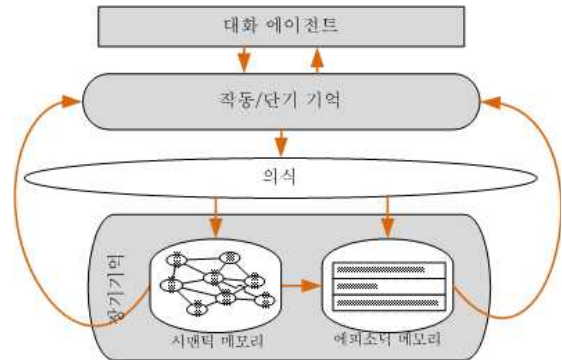


그림 1. 시스템 개념도

작동/단기 기억에는 현재 대화 진행에 필요한 정보들과 의식작용을 통해 선택된 다음 대화 후보 목록이 저장된다. 장기기억은 시맨틱 메모리와 에피소딕 메모리로 구성된다. 시맨틱 메모리는 대화에 등장한 키워드간의 연관관계를 표현하고, 에피소딕 메모리는 과거에 진행되었던 대화 중 처리되지 않은 대화를 표현한다. 제안하는 방법에서는 이러한 장기기억을 시맨틱 네트워크를 통해서 표현한다. 그림 2와 같이 시맨틱 메모리는 시맨틱 네트워크의 내부노드(internal node)에 저장되고, 에피소딕 메모리는 리프노드(leaf node)에 저장되며, 각 시맨틱 간의 연결에는 연결강도가 저장되어, 네트워크 탐색에 사용된다.

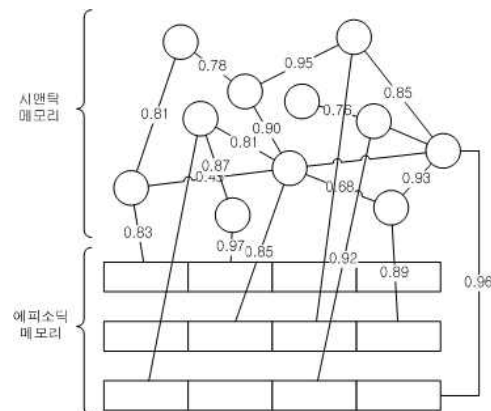


그림 2. 시맨틱 네트워크

시맨틱 네트워크 탐색은 활성화 전개 이론[5]을 적용하여 진행된다. 현재 대화에서 발생한 시맨틱들을 초기 입력으로 시작하여 활성화 전개 이론에 따라서 현재 대화(초기 입력)와 에피소딕 메모리 간의 연관도를 계산한다. 연관도 값이 임계치 이상의 값을 보이면 다음 대화의 후보로 선정되며, 본 논문에서는 두 가지 상황을 고려하여 두 종류의 임계치를 정의한다. 높은 임계값을 넘는 상황은 현재 대화진행 중인 대화보다 먼저 처리되어야 할 대화 주제를 의미하며, 낮은 임계값을 넘는 상황은 현재 대화가 모두 끝난 후에 진행되어도 괜찮은 경우이다. 그림 3은 본 논문에서 적용한 활성화 전개 방법의 의사코드이다.

```

procedure SpreadingActivation
input:  $C_s$  // Semantics in working memory
output:  $E$  // Episodic memory
begin
 $Q$ .clear() //  $Q$  = priority queue
for each  $c_x$  in  $C_s$ 
 $Q$ .push( $c_x$ )
end for
while  $Q$  is not Empty
 $c_x = Q$ .pop()
for each linked concept  $c_y$  with  $c_x$ 
 $c_y$ .value =  $c_x$ .value *  $W_r(c_x, c_y)$  *  $W_c(c_y)$ 
if  $c_y$ .value < threshold1
then continue
if isVisitedConcept( $c_y$ ) is false
then  $Q$ .push( $c_y$ )
if  $c_y$  is episodic memory
then  $E$ .insert( $c_y$ )
end for
end while
end proc

```

그림 3. 활성화 전개 방법의 의사코드

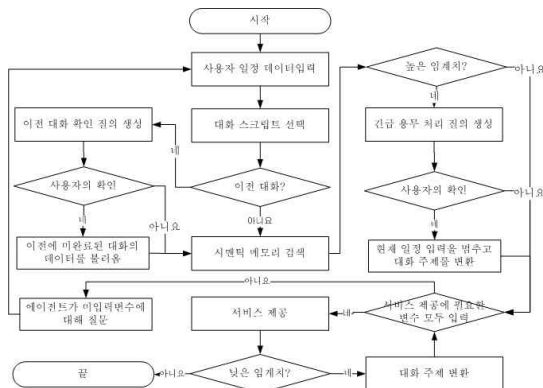


그림 4. 제안하는 대화 에이전트의 흐름도

그림 4는 제안하는 방법을 적용한 대화 에이전트의 흐름도이다. 사용자 입력이 들어오면 대화 에이전트는 해당 대화 처리를 위한 대화 스크립트를 선택한다. 선택된 스크립트에서 현재 주제를 확인하면, 해당 대화 주제가 과거에 진행되었던 대화인지를 확인한다. 대화 주제가 과거에 진행되었던 대화라면 해당 정보를 작업기억으로 불러오며, 그렇지 않으면 다음 단계로 넘어간다. 시맨틱 네트워크 탐색을 통해 높은 임계치를 넘는 미완료 대화가 있는지 확인한다. 높은 임계치를 넘는 미완료 대화가 있으면, 현재 대화를 잠시 미루고, 과거의 미완료 대화를 진행하며, 그렇지 않으면, 현재의 대화를 진행하게 된다. 현재 주제에 대한 대화가 완료되면, 작업기억에 있는 미완료 대화중에서 낮은 임계치를 넘는 대화가 있는지 확인한다. 낮은 임계치를 넘는 대화가 있다면, 대화 에이전트는 계속해서 대화 주제를 변경하며 대화를 진행하고, 그렇지 않다면, 대화를 종료한다.

3. 결론

상호주도형 대화 에이전트는 사용자에게 더 높은 만족도를 제공한다. 기존 상호주도형 대화 에이전트에 관련된 연구는 정해진 방법론에 따라 상호주도형 대화가 진행되므로 대화가 정적이며, 작동기억에만 의존하므로 단발적인 대화처리만 처리하게 된다. 본 논문에서는 통합 작업 공간 이론에 기반한 인지 모델을 적용하고, 시맨틱 네트워크를 통해 대화 에이전트의 장기기억을 모델링하며, 활성화 이론을 통한 시맨틱 네트워크 탐색을 통해서 대화 에이전트의 자연스러운 대화 주제 전환이 가능하도록 하였다.

향후에는 대화 에이전트와의 연동을 위한 에이전트의 스크립트의 확충이 필요하고 연동 후에 사용성 평가를 통해 유용성을 보일 예정이다. 또한, 에이전트에서의 입력을 통해 시맨틱 네트워크를 자동으로 구성하여 시스템의 확장성을 높이고, 시간에 따른 망각 기능을 추가하여 대화 에이전트의 대화 처리 능력 향상을 위한 연구가 향후 진행될 예정이다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-신기술융합형 성장동력사업(No. 2009-0093676)과 한국연구재단(No. R01-2008-000-20801-0)의 지원을 받아 수행된 연구임.

참고문헌

- [1] J.-H. Hong, Y.-S. Song, and S.-B. Cho, "Mixed-initiative human-robot interaction using hierarchical Bayesian networks," *IEEE Trans. Systems, Man and Cybernetics*, vol. 37, no. 6, pp. 1158-1164, 2007.
- [2] G. Tecuci, M. Boicu, and M. T. Cox, "Seven aspects of mixed-initiative reasoning: An introduction to this special issue on mixed-initiative assistants," *AI Magazine*, vol. 28, no. 2, pp. 11-18, 2007.
- [3] A. Macintosh, R. Ellis, and T. Allen, "Evaluation of a mixed-initiative dialogue multimodal interface," *the 24th SGAI International Conf. on Innovative Techniques and Applications of Artificial Intelligence*, pp. 265-278, 2005.
- [4] I. Moura, "A model of agent consciousness and its implementation," *Neurocomputing*, vol. 69, pp. 1984-1995, 2006.
- [5] Anderson, J.R., "A spreading activation theory of memory," *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, vol. 22, pp. 261-295, 1983.