

계층적 베이지안 네트워크를 이용한 대화형 에이전트의 문맥유지

홍진혁, 조성배
 연세대학교 컴퓨터과학과
 hjinh@candy.yonsei.ac.kr, sbcho@cs.yonsei.ac.kr

Context Management of Conversational Agent using Hierarchical Bayesian Network

Jinhyuk Hong Sung-Bae Cho
 Dept. of Computer Science, Yonsei University

요약

대화형 에이전트는 자연어를 기반으로 사용자질의에 대한 적절한 정보를 제공하고, 사용자와 지속적으로 대화를 진행해가는 시스템이다. 사용자의도를 파악하고 적절히 대답하기 위해서는 사용자질의에 대한 효과적인 분석이 필요하다. 또한 단발적인 대답뿐 아니라 지속적인 대화가 가능해야 한다. 본 논문에서는 사용자 모델링에 사용되는 베이지안 네트워크를 계층적으로 구성하여 사용자질의로부터 사용자의도를 추론하며, 이전 대화상태를 활용하여 지속적인 대화가 가능하도록 한다. 실제 웹 사이트를 안내하는 대화형 에이전트를 설계하며 적용해봄으로써 그 가능성을 확인해 볼 수 있었다.

1. 서론

정보화 사회가 진행됨에 따라서 많은 디지털 정보가 쏟아져 나오고 있다. 정보 사용자들은 이런 정보의 홍수 속에서 자신이 필요로 하는 정보를 효율적으로 얻기 위해서는 정보교환수단이 효과적이어야 한다. 여러 연구에서 정보를 교환하고 사용자의도를 파악하는 데에, 대화가 매우 효과적인 방법임이 밝혀져 있다. 이에 따라 최근 대화를 기반으로 하는 에이전트들의 연구가 이루어지고 있다[1,2]. 또한 대화에서 사용자의도를 파악하기 위해서 다양한 사용자 모델링 방법이 시도되고 있으며 그 한 방법이 베이지안 네트워크이다[3]. 베이지안 네트워크는 변수들 사이의 인과관계를 표현하기 때문에 사용자의 행동이나 특성들을 잘 서술한다[4]. 하지만 대상영역 설계가 매우 복잡하며, 많은 변수가 섞여서 사용될 경우 사용자의도 파악이 어려워진다.

본 논문에서는 베이지안 네트워크를 계층적으로 이용해 대화를 모델링함으로써, 네트워크 설계가 수월해지며 좀더 세부적인 사용자의도 파악을 수행하는 대화형 에이전트를 제안하고 실제 웹 사이트의 안내를 목적으로 대화형 에이전트를 개발함으로써 그 유용성을 검증하고자 한다.

2. 관련 연구

2.1 대화형 에이전트

대화형 에이전트는 사용자와 에이전트 사이에서 인간이 사용하는 자연어대화를 통해 정보를 주고받는 시스템이다[2]. 인간이 사용하는 자연어에 기반한 인간-컴퓨터 상호작용의 수단인 대화는 기존의 컴퓨터 제약적이거나 사용자 제약적인 시스템에서 제공하는 메뉴와 같은 정보전달방식과는 달리, 상호작용을 풍부하게 하고 단순히 하나의 단어나 사용자 입력을 통해서 전달하는 정보에 비해 훨씬 복잡한 정보를 포함할 수 있다. 따라서 대화형 에이전트는 더욱 복잡한 시스템에서 더욱 효과적인 사용자 인터페이스가 될 수 있다[1,3]. 표 1은 대화형 에이전트에 사용되는 기술을 보여준다.

표 1. 대화형 에이전트에 사용되는 기술

기술	수행작업 예	기술난이도	
단순패턴매칭	웹검색엔진	단순질의응답	단순함 ↑ ↓ 복잡함
제한대본기반모델	게임	단순한 선택을 통한 대화진행	
유한상태모델	장거리전화	상태전환을 통한 제한된 유연성	복잡함
프레임기반모델	열차정보검색	단순패턴매칭을 이용한 정보기입	
계획기반모델	부엌디자인도우미	동적주제변화	

표 1의 다양한 기법들을 기초로 대화형 에이전트는 웹페이지 소개도우미[2]나 프로그램 사용도우미[3], 상품구매도우미, 여행경로안내도우미 등으로 연구되고 있다.

2.2 베이지안 네트워크

실세계의 응용 애플리케이션에서 환경은 매우 불확실하며, 에이전트는 불완전하고 노이즈가 많은 정보를 가지고 불확실한 환경에서 행동을 결정해야만 한다. 그런 에이전트의 설계자는 이런 상황에서 어떤 행동을 할 것인지를 결정하는 에이전트를 갖기 위한 방법이 필요하다. 베이지안 확률추론은 지능형 에이전트나 시스템이 불충분한 지식을 가지고 표상하거나 추론하는 대표적인 방법이다[5].

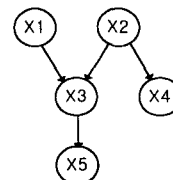


그림 1. 간단한 베이지안 네트워크 구조의 예

노드는 랜덤변수를, 아크는 각 변수들 간의 연관성을 나타낸다. 각 노드의 값과 부모가 확정되었을 때, 랜덤변수가 가지는 확률을 알려주는 조건부확률 테이블(CPT)을 가지고 베이지안 추론 알고리즘을 이용하면, 노드결합의 급중과 결합확률 분포의 계산에 따른 엄청난 계산량의 난점을 피할 수 있다. 그림 1의 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 는 주어진 도메인의 랜덤변수들이다. $P(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$ 는 그들의 결합확률 분포인데, 변수들의 독립성 가정과 체인룰을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다[4].

$$p(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = p(x_1)p(x_2)p(x_3|x_1, x_2)p(x_4|x_2)p(x_5|x_3)$$

3. 계층적 BN을 이용한 대화형 에이전트의 문맥유지

본 논문에서는 베이지안 네트워크를 계층적으로 이용해 대상 영역을 모델링하여, 네트워크 설계에 수월함을 제공하고 대화형 에이전트로 하여금 효과적으로 사용자의도를 파악하여 적절한 대답을 하게 한다.

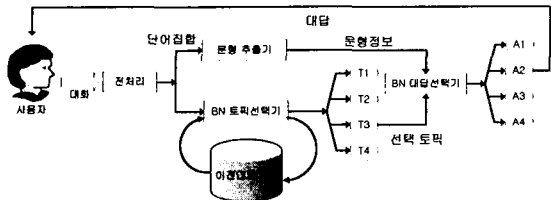


그림 2. 계층적 베이지안 네트워크 기반 대화형 에이전트 구조

제안하는 시스템은 그림 2와 같이 BN 토픽선택기와 BN 대답선택기를 단계적으로 구성하여 사용자의도를 파악한다. 먼저 대화주제를 분석하고, 입력문형에 따른 적절한 대답을 제공한다. 사용자로부터 입력된 문장을 전처리단계를 거쳐 순서를 가진 단어집합으로 구성한 뒤, 이 단어집합을 BN 토픽선택기와 문형정보의 입력으로 사용하고 각각 선택도막과 문형정보를 출력으로 낸다. 선택도막의 BN 대답선택기에서는 문형정보를 사용하여 입력문형에 가장 적절한 유형의 대답을 선택하여 사용자에게 제공한다. 대상영역이 다음과 같을 때,

- 상위주제집합 : $Top_Topic = \{t_1, \dots, t_n\}$
- 세부토픽집합 : $Sub_Topic = \{st_1, \dots, st_m\}$
- 키워드집합 : $Keyword = \{k_1, \dots, k_n\}$
- 문형정보집합 : $Speech_Act = \{sa_1, \dots, sa_p\}$
- 답변집합 : $Answer_i = \{a_{i1}, \dots, a_{iq}\}$

사용자 입력문장 $S = \{s_1, \dots, s_n\}$ 으로부터 BN 토픽선택기는 키워드집합에 존재하는 키워드를 추출하여 증거변수로 삼고 추론을 거쳐 각 토픽의 확률 $p(t_i|S), p(st_i|S)$ 를 구한다.

step 1: calculate top_Topic's condition probability

$$p(t_i | p(a(t_i))) = \prod p(t_i | s_k), \text{ where } i=1 \text{ to } l, s_k \text{ is the parent of } t_i,$$

step 2: find the highest probabilic sub_Topic

$$MAX\{p(st_i | p(a(st_i)))\} = \prod_{j=1}^m p(st_i | t_j), \text{ where } i=1 \text{ to } m, t_j \text{ is the parent of } st_i,$$

문형추출기를 통해 얻어진 문형정보를 증거변수로 BN_대답선택기는 각 대답의 확률을 추론한다.

step 1: find the highest probabilic answer

$$MAX\{p(a_i | p(a_i))\} = \prod_{j=1}^p p(a_i | sa_j), \text{ where } i=1 \text{ to } o, sa_j \text{ is the parent of } a_i,$$

3.1 BN 토픽선택기

BN 토픽선택기에서는 대상영역을 주제별로 구분한다. 그림 3과 같이 대상영역에 존재하는 주제들을 계층적으로 설계한다. 대상영역에 존재하는 개체를 상위계층의 노드로 구성하고 각 개체가 갖는 속성들을 중간계층의 노드로 구성한다. 특정 속성값을 갖는 개체를 표현하는 세부토픽이 하부계층을 이루며 각 세부토픽은 각각 다른 BN 대답선택기를 가진다. 이렇게 대상영역의 주제를 계층적으로 분류하여 모델링하면 사용자의도를 상세하게 몇 단계로 분석하여 사용자의도에 부합하는 세부적 내

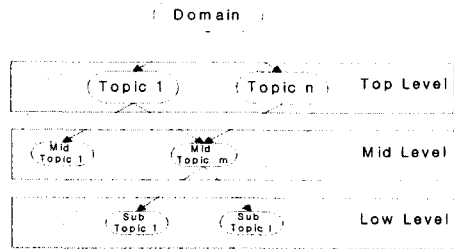


그림 3. BN 토픽선택기를 위한 계층적 주제 설계

용을 파악하도록 대화를 유도할 수 있다[6]. 사용자 입력질의로부터 얻어진 키워드를 증거변수로 사용하고 추론과정을 거쳐 각 계층의 노드, 즉 주제들의 확률값을 구한 후, 가장 값이 높은 주제를 사용자의도로 채택한다. 지속적인 대화가 가능하기 위해, BN 토픽선택기에서 현재 대화기록을 저장하여 다음 대화에서 사용자의도 추론시 사용한다. 베이지안 네트워크의 형태로 저장된 이전 대화내용을 다음 사용자 입력질의 분석의 증거변수로 사용한다. 이전 대화에서 각 주제별로 가지는 확률값과 네트워크의 연결방향을 통해 현재의 사용자 입력문장을 분석하여 사용자의도를 추론한다. 그림 4와 표 2는 "연구실웹사이트 소개"를 위한 대화형 에이전트를 실제 구현한 내용이다.

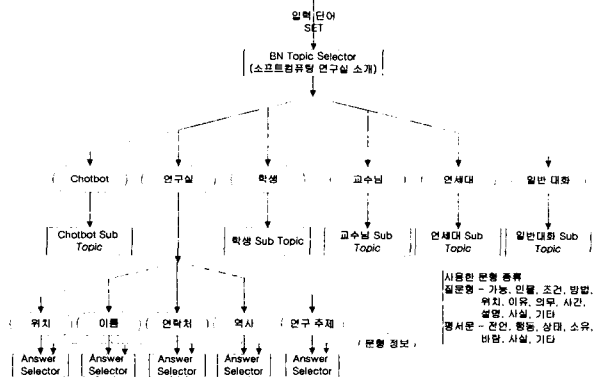


그림 4. "연구실웹사이트소개"를 위한 계층적 주제설계

표 2. "연구실웹사이트소개"의 계층적 주제설계에 사용된 변수들

상위노드	증거변수(키워드)	하위노드	증거변수(상위노드)
Chatbot	개체, 너, Chatbot	Chatbot이름	Chatbot, 이름
연구실	개체, 연구실	Chatbot나이	Chatbot, 나이
학생	개체, 학생	Chatbot업무	Chatbot, 업무
교수님	개체, 교수, 선생	Chatbot제작자	Chatbot, 제작자
연세대	개체, 연세대, 대학교	연구실위치	연구실, 위치
일반대학	개체, 안녕, 똑똑하다	연구실이름	연구실, 이름
이름	속성, 이름, 성명	연구실연락처	연구실, 연락처
위치	속성, 어디, 위치, 장소, 주소	연구실역사	연구실, 역사
나이	속성, 나이, 생일	연구실연구주제	연구실, 연구주제
연락처	속성, 연락처, 전화	학생이름	학생, 이름
업무	속성, 일, 업무, 작업, 역할	학생연락처	학생, 연락처
제작자	속성, 제작자, 만든다	교수님이름	교수님, 이름
연구주제	속성, 연구, 주제, 분야	교수님연락처	교수님, 연락처
역사	속성, 역사, 연혁	연세대이름	연세대, 이름
		연세대위치	연세대, 위치
		연세대연락처	연세대, 연락처

3.2 BN 대답선택기

BN 대답선택기는 BN 토픽선택기의 각 세부토픽에 대한 구체적인 대답영역으로 구성되며 문형추출기에서 얻어진 입력문장의 문형정보를 이용하여, 문형에 적합한 대답을 추론한다.

문형정보는 문제해결을 위한 방향정보를 제공하여 현재 대화와 사용자상태를 표현한다. 이 논문에서는 각 문형을 규정하는 일련의 키워드 리스트와 이들의 순서정보를 이용하여 오토메타를 구성함으로써 분류를 수행한다[2]. 그림 5는 세부토픽인 “연구실이름”에 대한 BN 대답선택기의 모습이고 표 3은 문형 분류기에서 분류되는 문형들이다.

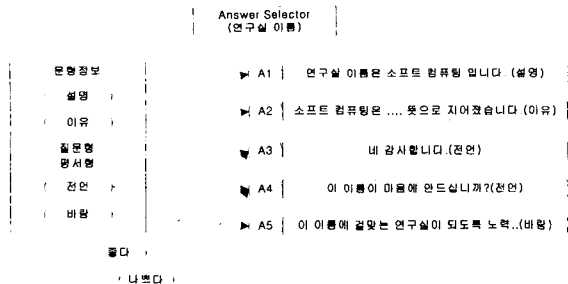


그림 5. 세부토픽인 “연구실이름”에 대한 BN 대답선택기

표 3. 문형 분류

질의 대분류	문형
질문형	Can, Who, Whatif, Method, Location, Reason, Should, Time, Description, Fact
평서문형	Message, Act. Is, Have, Want, Fact

4. 대화의 예

제안한 시스템의 가능성을 보기 위하여 홈페이지를 소개하는 내용의 대화를 시도하였다.

```

User(1) : 이름을 알고 싶는데요?
keyword      : 이름
문형 정보   : 질문형 (Description)
BN토픽선택기 : 속성(이름)
ChatBot(1) : 누구 말씀하시는 거죠?
User(2)   : 교수님요.
keyword   : 교수님
BN_log_file : 이름
문형 정보 : 질문형 (Description)
BN토픽선택기 : 세부토픽 (교수님 이름)
BN대답선택기 : 교수님 이름
Ambiguous Sentence Processing
ChatBot(2) : 소프트웨어 연구실의 교수님 성함은 조성배입니다.
User(3)   : 그럼 너의 이름은 무엇이니?
keyword   : 너, 이름
문형 정보 : 질문형 (설명)
BN토픽선택기 : 하위토픽(Chatbot 이름)
Context Maintain
ChatBot(3) : 개 이름은 소개되어입니다.
User(4)   : 그럼 생일은 언제니?
keyword   : 생일
BN_log_file : Chatbot, 이름
문형 정보 : 질문형 (시간)
BN토픽선택기 : 세부토픽(Chatbot 탄생)
BN대답선택기 : Chatbot 나이에 대한 질문
ChatBot(4) : 저는 2002년 6월 10일에 만들어졌는데요
User(5)   : 태어난 지 얼마 안 되었구나
keyword   : 태어나다
BN_log_file : Chatbot, 생일
문형 정보 : 평서형 (전언)
BN토픽선택기 : 세부토픽(Chatbot 탄생)
sub keyword : 얼마, 안, 되다
BN대답선택기 : Chatbot 생일에 평가
ChatBot(5) : 네, 비록 어리지만 똑똑하답니다
    
```

그림 6. 실제 대화 예

각 사용자질의는 본 논문에서 제안하는 대화형 에이전트가 대답가능한 유형을 나타낸다. 대화(1)은 사용자질의에 의도를 추론할 정보가 부족한 경우 사용자에게 추가정보를 요청한다. 대화(2)는 사용자로부터 추가정보가 들어왔을 때, 이전 대화내용을 바탕으로 재추론을 거쳐 적절한 대답을 제공한다. 대화(3)은 의도추론을 위한 정보가 사용자질의에 모두 포함되어 있는 경우이다. 대화(4)는 사용자가 생략 등의 기법으로 질의를 했을 경우, 이전 대화내용의 정보를 이용하여 효과적으로 추론한

경우이다. 대화(4,5)는 질의의 문형이 다른 경우 문형에 맞는 답변을 제공하는 예이다.

대화(3)에서 사용자질의에서 추출된 키워드인 ‘너’와 ‘이름’을 가지고 BN 토픽선택기의 추론을 거치면 $P(\text{이름}=\text{true}) = 0.85$, $P(\text{Chatbot}=\text{true}) = 0.85$, $P(\text{Chatbot이름}=\text{true}) = 0.82$ 가 된다. 추론 시 세부토픽 중 확률값이 임계치를 넘으며, 최고의 값을 갖는 것이 선택되며, 본 대화에서는 “Chatbot이름”이 선택된다. 물론 이 때 다른 세부토픽의 값들은 임계치를 넘지 않는다. 대화(1)의 경우, 임계치를 넘는 세부토픽이 존재하지 않으며 대신 속성값 중 임계치를 넘는 노드가 발생하여 추가정보를 요구하는 질의를 던진다. 그림 7은 “Chatbot이름”과 “Chatbot탄생”의 추론과정을 위한 베이저안 네트워크를 간단히 표현한 것이다.

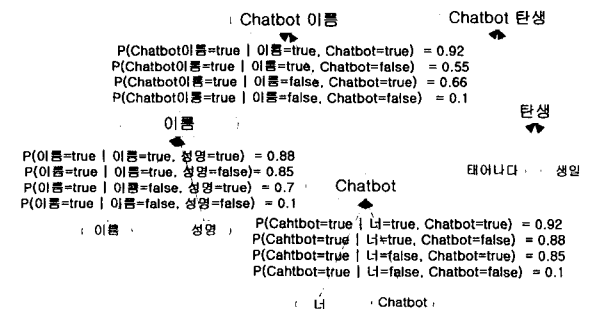


그림 7. “Chatbot이름,” “Chatbot탄생”이 결정되는 과정을 나타낸 베이저안 네트워크 구조

5. 결론

이 논문에서는 증거변수 분리를 통한 계층적인 대화형 에이전트를 설계함으로써, 사용자의도를 파악할 때 대화주제와 질의문형을 고려한 답변을 제공하였다. 또한 이전 대화내용을 BN 토픽선택기에서 저장하여 현재 대화내용 분석시에 이용함으로써 사용자가 앞서 말한 내용을 근거로 사용자의도를 파악하여 대화에서 발생하는 생략을 처리하였다. “웹페이지소개”라는 대상영역에 적용함으로써 본 시스템의 적용가능성을 검증하였다. 계층적으로 주제영역을 구성하였기 때문에 다른 영역에 적용될 때, 특정 세부토픽만을 추가 또는 수정하면 된다. 따라서 향후에는 이 세부토픽에 대한 네트워크를 자동으로 설계하는 방안에 대한 연구를 진행할 것이다.

6. 참고문헌

- [1] J. Allen, D. Byron, M. Dzikovska, G. Ferguson, L. Galescu, and A. Stent, "Towards conversational human-computer interaction," *AI Magazine*, 2001.
- [2] S.-I. Lee and S.-B. Cho, "An intelligent agent with structured pattern matching for a virtual representative," *Proceedings of Asia-Pacific Conference on Intelligent Agent Technology*, October 2001.
- [3] E. Horvitz, J. Breese, D. Heckerman, D. Hovel, and K. Rommelse, "The lumiere project: Bayesian user modeling for inferring the goals and needs of software users," *Proceedings of the Fourteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, p.256-265, 1998.
- [4] T. Stephenson, "An introduction to bayesian network theory and usage," *IDIAP-RR 00-03*, 2000.
- [5] F. Cantu, "Learning and using bayesian networks for diagnosis and user profiling," *Technical Report CIA-RI-043*, Center for Artificial Intelligence, ITESM. Invited talk at the Computing International Conference, CIC-IPN, November, 2000.
- [6] E. Horvitz, and T. Paek, "A computational architecture for conversation," *Proceedings of the Seventh International Conference on User Modeling*, 1999.