

# 시맨틱 베이지안 네트워크를 이용한 MII 기반 지능형 대화 에이전트

김경민<sup>0</sup>, 조성배

<sup>0</sup>연세대학교 대학원 인지과학 협동과정

연세대학교 컴퓨터과학과

{kminkim<sup>0</sup>}@sclab.yonsei.ac.kr, sbcho@cs.yonsei.ac.kr

## An Intelligent Conversational Agent based on MII using Semantic Bayesian Network

Kyoung-Min Kim<sup>0</sup> Sung-Bae Cho

<sup>0</sup>Graduate Program in Cognitive Science, Yonsei University

Dept. of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

최근 정보 제공에 도움을 주는 대화형 에이전트의 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 대부분의 대화형 에이전트는 사용자의 요구에 미리 준비된 정적인 답변을 제공하므로 친밀감을 주는 다양한 대화를 유지하지 못한다. 이런 한계점을 극복하기 위해 베이지안 네트워크 등의 인공지능 기법을 이용한 사용자 의도 추론을 통해 보다 세밀하고 유연한 대화처리 모델이 연구되고 있다. 본 논문에서는 기존의 정보검색을 위한 대화형 에이전트에서 사용자 의도 추론에 사용된 베이지안 네트워크의 효율을 높이기 위해 노드간의 의미 관계를 표현하는 정보를 결합한 시맨틱 베이지안 네트워크 모델을 제안함으로써 효과적인 사용자 의도 추론을 가능하게 한다. 또한 단발적인 질의 분석이 아닌 점증적 질의 분석 방법으로, 불충분한 정보로 적절한 답변을 추론하지 못할 경우에 MII(mixed-initiative interaction)를 이용하여 주어진 문제를 해결한다. 실제 모바일 검색 사이트를 대상으로 다양한 유형의 대화를 수행하여 유용성을 확인하였다.

### 1. 서론

최근 지능형 에이전트 기술의 효과적인 적용을 위해 인간과 컴퓨터의 상호작용을 통해 주어진 문제를 해결하려는 시도가 이루어지고 있다. 대표적인 사용자와의 상호작용을 위한 매체로 자연어 대화를 통해 자유로운 인터랙션을 가능하도록 하는 대화형 에이전트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대부분의 질의응답 에이전트는 질의와 답변의 쌍들로 구축된 지식을 기반으로 사용자 질의에 대해 설계자가 미리 준비한 답변 문장을 제시한다. 이런 경우 고정된 답변이 반복적으로 출력되어 친밀감이 없으며, 다양한 상황에 대한 융통성이 적어 사용자의 요구에 적절한 답변을 제공하지 못하는 경향이 있다. 이러한 한계점을 극복하기 위해 베이지안 네트워크 등의 인공지능 기법을 이용한 사용자 의도 추론을 통해 보다 세밀하고 유연한 대화처리 모델을 제시하고 있다.

본 논문에서는 기존의 정보검색을 위한 대화형 에이전트에서 사용자 의도 추론에 사용된 베이지안 네트워크의 효율을 높이기 위해 노드간의 의미 관계를 표현하는 정보를 결합한 시맨틱 베이지안 네트워크 모델을 제안함으로써 효과적인 사용자 의도 추론을 가능하게 한다. 또한 단발적인 질의 분석이 아닌 점증적 질의 분석 방법으로, 불충분한 정보로 적절한 답변을 추론하지 못할 경우에 MII(mixed-initiative interaction)를 이용하여 주어진 문제를 해결한다.

### 2. 관련 연구

#### 2.1 지능형 대화 에이전트

지능형 에이전트 분야는 연구와 개발 영역이 빠르게 확산되고 있으며, 보다 효율적인 인터페이스 설계에 초점을 맞추고 있다. 지능형 에이전트의 효과적인 상호작용 수단으로 자연어 대화를 통해 사용자와의 쌍방향 커뮤니케이션을 가능하게 하는 대화형 에이전트의 연구가 최근 관심을 받으며 지속적으로 진행되고 있다[1].

대화형 에이전트는 사용자가 원하는 정보를 단순한 키워드나

메뉴 등의 방식으로 습득하는 것이 아니라 자연어로 된 문장을 입력하게 함으로써, 사용자에게 좀 더 친숙한 인터페이스를 제공한다. 자연어를 통한 대화는 유연성(flexibility), 명료성(succinctness), 표현력(expressive power)면에서 뛰어난 장점을 가지고 있기 때문에 인간과 컴퓨터간의 의사소통 수단으로 사용하기에 적합하다. 따라서 자연어 대화를 통해서 사용자와 자연스럽게 의사소통할 수 있는 대화 시스템을 개발하는 것이 바람직하다. 이것은 복잡한 시스템에서 더욱 효과적인 사용자 인터페이스가 된다[2].

#### 2.2 정보검색을 위한 베이지안 네트워크

추론의 목적은 일반적으로 변수들의 부분 집합의 조건부 확률 분포, 다른 부분 집합에 대해 알려진 증거에 대한 조건부 확률 분포를 찾는 것이며, 그것으로 다른 변수와 통합하는 것이다. 따라서 베이지안 네트워크는 불충분한 정보를 내포한 환경을 표현하고 추론하는데 효율적인 메커니즘이다.

최근 정보검색 시스템에서의 추론 모델에서 베이지안 네트워크의 적용이 증가하고 있다. 정보검색 분야에서 베이지안 네트워크는 Turtle과 Croft에 의해 처음 소개되었다. 이 모델은 전통적인 확률 모델보다 보다 좋은 성능을 보인다. 또다른 모델은 Ribeiro-Neto와 Muntz[3]에 의해 제안되었다. 이것은 단지 모델에 대한 확률적 타당성만 정의하는 것이 아니라 과거 질의로부터의 증거 조합까지 설명한다. Acid[4]에 의해 소개된 최근 연구는 정확한 전파 알고리즘으로 정의된 토폴로지를 제공하기 때문에 확률 계산에 효율적으로 적용된다. 그 밖에도 베이지안 네트워크는 하이퍼텍스트의 자동 구성, 정보 필터링, 문서 클러스터링 및 분류 등의 다른 여러 정보검색 문제들에 적용되고 있다.

#### 3. 시맨틱 베이지안 네트워크 기반 MI 대화 처리

본 논문에서는 사용자 의도를 정확히 추론하여 사용자가 원하는 상품을 검색하기 위하여 베이지안 네트워크에 의미 정보

를 부여한 시맨틱 베이지안 네트워크를 제안한다. 제안하는 시맨틱 베이지안 네트워크는 상호주도성의 원칙에 따라 사용자의 의도를 단계적으로 추론한다. 그림 1은 시맨틱 베이지안 네트워크의 모습을 보여준다.

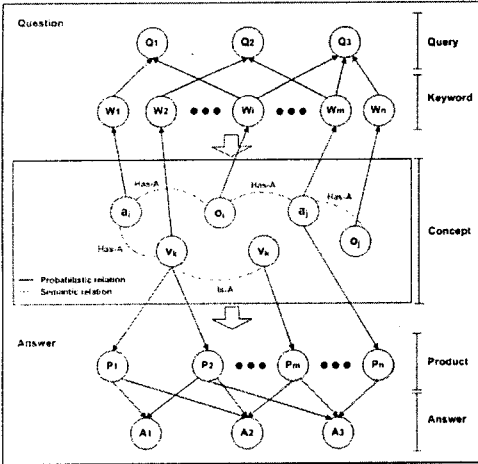


그림 1. 상호주도적 사용자 의도 추론을 위한 SeBN 구조

시맨틱 베이지안 네트워크는 기존 IR 모델에서 사용되는 베이지안 네트워크에 의미정보를 부여한 방법이며, 사용자 질의에 포함된 단어를 표현하는 키워드층, 제품들로 구성된 제품층과 키워드층과 제품층 사이에 존재하는 의미층으로 구성된다. 의미층은 대상 도메인에 존재하는 개념들로 구성되어 있으며, 개체(Object), 속성(Attribute)과 속성값(Value)으로 상세히 구분된다. 실선은 각 노드 사이의 확률적인 관계를 표현하며, 점선은 의미층 내의 노드들 사이의 의미적 관계를 표현한다.

3.1 확률적 추론

시맨틱 베이지안 네트워크에서 확률적인 관계는 기존의 IR(Information Retrieval) 모델에서와 같이 키워드층과 의미층, 의미층과 제품층 사이에 각각 존재한다. 키워드층과 의미층 사이의 확률적 추론은 다음과 같이 수행된다. 사용자 질의  $U=k_1, k_2, \dots, k_n$ 로부터 키워드층의 각 노드에 맵핑을 수행한다. 사용자 질의에 포함된 키워드를 대표하는 노드의 확률값은 '1'로 부여하고, 사용자 질의에서 관측되지 않은 키워드를 나타내는 노드의 확률값은 '0'으로 정한다.

$$P(w_i) = \begin{cases} 1, & w_i \in U \\ 0, & w_i \notin U \end{cases}$$

시맨틱 베이지안 네트워크의 확률적 추론을 위해 증거변수의 값이 결정되면, 키워드층과 제품층의 각 노드의 확률값을 추론하게 된다. 먼저 의미층 노드  $c$ 의 확률적 추론은 키워드층을 증거변수로 사용하며 다음의 수식을 바탕으로 계산한다.

$$\begin{aligned} P(c|W) &= P(c|w_1, w_2, \dots, w_n) \\ &= \frac{P(c) \times P(w_1, w_2, \dots, w_n | c)}{P(w_1, w_2, \dots, w_n)} \\ &\approx P(c) \times P(w_1, w_2, \dots, w_n | c) \\ &= P(c) \times P(w_1 | c) \times P(w_2 | c) \dots \times P(w_n | c) \\ &= P(c) \prod_{i=1}^n P(w_i | c) \end{aligned}$$

(단,  $M$ 은 키워드 집합의 노드 수,  $c \in OUAUV$  ( $\#$ : 키워드 집합,  $O$ : 개체 집합,  $A$ : 속성 집합,  $V$ : 속성값 집합))

의미층의 모든 노드의 확률값이 계산되면, 이를 증거변수로 사

용하여 제품층 노드  $p$ 의 확률값을 추론한다.

$$\begin{aligned} P(p|C) &= P(p|c_1, c_2, \dots, c_L) \\ &= \frac{P(p) \times P(c_1, c_2, \dots, c_L | p)}{P(c_1, c_2, \dots, c_L)} \\ &\approx P(p) \times P(c_1, c_2, \dots, c_L | p) \\ &= P(p) \times P(c_1 | p) \times P(c_2 | p) \dots \times P(c_L | p) \\ &= P(p) \prod_{i=1}^L P(c_i | p) \end{aligned}$$

(단  $L$ 은 개념 집합의 노드 수,  $C=OUAUV$  ( $C$ : 개념 집합,  $O$ : 개체 집합,  $A$ : 속성 집합,  $V$ : 속성값 집합))

의미층과 제품층의 추론을 동시에 표현하여 키워드층과 제품층의 유사도를 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$P(p|W) = \eta \sum_{i=1}^L P(p|c_i) P(W|c_i) P(c_i)$$

제품층의 모든 노드의 확률값이 계산되면 임계치를 넘는 노드를 검색한다. 적정 수의 노드가 검색되면 해당 제품의 정보를 사용자에게 제공한다. 본 논문에서는 하나의 제품만이 선택될 때 확률적 추론이 성공적이라고 수행되었다고 정의한다.

3.2 의미적 추론

시맨틱 베이지안 네트워크의 의미적 추론은 의미층에서 수행된다. 의미층은 시맨틱 네트워크의 형태로서 개념 노드들 사이의 의미적인 관계로 표현된다. 기본적으로 각 노드의 관계는 'Has-a'와 'Is-a'로 표현되지만 개체의 종류에 따라서 표 1과 같이 보다 구체적인 관계를 갖으며, 총 3가지 관계(O-A, A-V, Is-a)로 정의된다.

표 1. 의미적 관계(링크)

종류	세부 분류	관계명	예
Has-a	개체-속성	O-A	핸드폰-벨소리, MP3-가격
	속성-속성값	A-V	크기-대형, 가격-저가
Is-a	-	Is-a	크기-용량

표 2. SeBN의 의미적 추론 알고리즘

```

[Concept] Object : O = {o1, o2, o3, ..., on}
Attribute : A = {a1, a2, a3, ..., an}
Value : V = {v1, v2, v3, ..., vn}

i = find_high_probability_object();
//임계치를 넘는 확률의 개체 노드 o 검색
if(object(o) > alpha)
{
    j = find_OA_attribute(o);
    //노드 o와 O-A 관계를 갖는 임계치를 넘지 않는 속성 a 검색
    if(attribute(a) < beta)
        response(a, v);
    else
        reject;
}
else
{
    j = find_high_probability_attribute();
    // 임계치를 넘는 확률의 속성 노드 a 검색
    if(attribute(a) > alpha)
    {
        // 노드 a와 O-A 관계를 갖는 개체 노드 집합 O 검색
        i = find_OA_object(o);
        response(o);
    }
    else
        reject;
}
    
```

도메인 분석을 통해 시맨틱 베이지안 네트워크의 의미층을 의미적 관계를 이용하여 정의한 후, 확률적인 사용자 의도 추론이 어려울 경우에는 표 2에 설계된 의미적 사용자 의도 추론을 수행한다. 사용자가 원하는 제품을 검색하기 위해서는 제품

추론을 위한 충분한 정보가 수집되어야 하는데, 기존의 정보검색 시스템은 하나의 사용자 질의에 모든 정보를 포함해야 정확한 검색이 가능하였다. 단발적인 추론을 수행하는 기존의 방법과는 달리, 본 논문에서는 제품 검색을 위한 정보가 충분하지 않을 경우 의미적인 추론을 통하여 사용자에게 추가로 필요한 정보를 요청하여 사용자가 원하는 제품이 검색될 수 있도록 대화를 수행한다.

4. 실험 결과

제안하는 지능형 대화 에이전트의 유용성을 평가하기 위해 다양한 유형의 대화를 시도하였다.

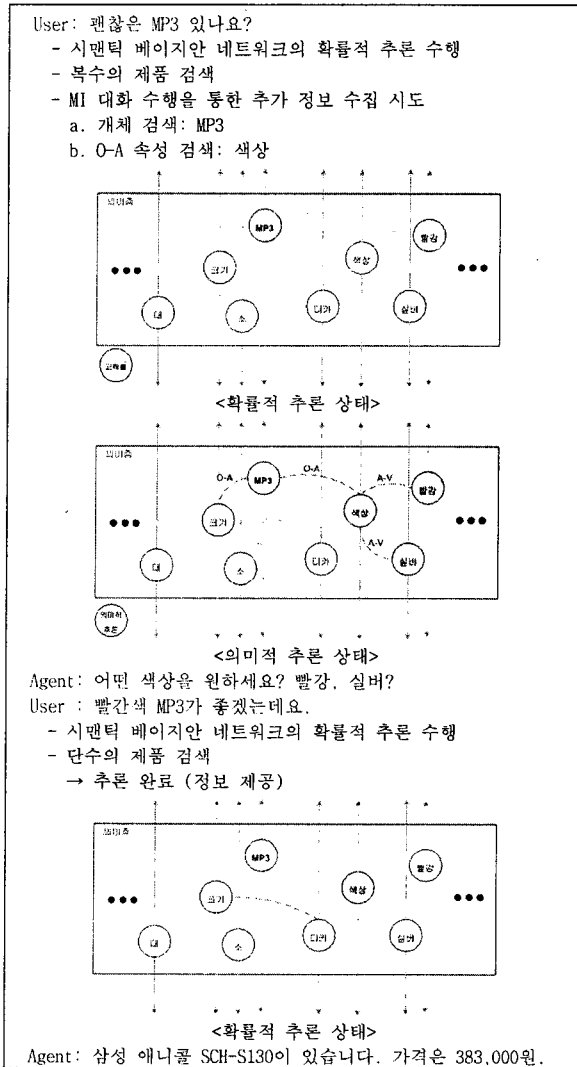


그림 2. 상호주도적 대화를 통한 제품검색 예

실험 도메인은 휴대폰, MP3, 디지털카메라의 3가지 모바일 제품을 소개 및 검색하는 웹 사이트를 대상으로 한다. 모든 데이터베이스는 3가지 도메인을 대상으로 5개의 웹 사이트(네이버 지식쇼핑, 삼성물, LG이슈, 디시인사이드, 에누리닷컴)로부터 추출된 1416개의 제품 정보로 설계되었다. 테스트 질의문의 로그는 유효하지 않기 때문에 메신저를 통해 인공적으로 로그

파일을 수집 및 분석하여 가능한 테스트 질의문을 설계하였다. 일반적인 대화형 에이전트에서 처리되지 못하는 질의에 대해서 시맨틱 베이지안 네트워크의 추론 모듈에서 의미적 추론을 수행하고, 이를 바탕으로 상호주도적 사용자 의도 추론 과정을 거쳐 사용자의 요구에 적합한 답변을 내보낸다. 그림 2에서 사용자는 원하는 제품을 검색하기 위해 자신의 의도에 관련된 부분적인 정보를 포함한 질의를 에이전트에게 던진다. 에이전트는 시맨틱 베이지안 네트워크의 확률적 추론을 통해 적절한 제품을 검색하지만, 이 경우 복수의 제품이 검색되어 정확한 의도 추론을 위해 추가적인 정보가 필요함을 확인하였다. 추가로 필요한 정보를 파악하기 위해서 의미적 추론을 수행하는데, 먼저 의미층에서 활성화된 개체를 검색하고, 이 개체와 O-A 관계를 갖는 가장 낮은 확률의 속성을 선택한다. 그림 2에서는 "색상"이 선택되고 이와 관련된 추가적인 정보를 요구하는 질의 "어떤 색상을 원하세요? 빨강, 실버?"가 사용자에게 출력된다. 사용자가 색상에 관련된 자신의 의도를 추가적으로 입력하면, 이를 함께 고려하여 시맨틱 베이지안 네트워크의 확률적 추론을 다시 수행한다. 수행 결과 복수의 제품이 검색되면 다시 의미적 추론을 통한 상호주도적 대화를 수행하고, 적절한 제품이 검색되면 추론을 완료하고 해당 제품의 정보를 사용자에게 제공한다.

5. 결론

본 논문에서는 다양한 유형의 대화를 처리하고 사용자의 의도를 능동적으로 추론하기 위해 시맨틱 베이지안 네트워크를 이용한 대화형 에이전트를 제안하였다. 사용자가 원하는 제품을 정확히 검색하기 위해서, 확률적 추론과 의미적 추론을 통해 상호주도적 대화를 수행하는 시맨틱 베이지안 네트워크 모델을 설계하였다. 제안하는 모델을 통해 대화형 에이전트의 대화 능력이 보다 유연해지고 에이전트가 사용자의 세부적인 의도를 능동적으로 파악하도록 추론한다. 또한 대상 영역의 개념들 사이의 관계를 의미적으로 모델링하여 보다 쉽게 네트워크를 설계하고 설계자가 직관적으로 대상 영역을 이해할 수 있도록 돕는다.

본 논문에서는 대화형 에이전트의 유연성과 능동성에 초점을 맞춰 시스템을 설계하였다. 보다 지능적인 대화 에이전트를 구현하기 위해서는 시맨틱 베이지안 네트워크를 지식 데이터베이스와 대화 로그로부터 자동으로 생성하는 연구가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-005-H00005).

참고문헌

[1] S. Macskassy, "A conversational agent," *Master Essay, Rutgers University*, 1996.  
 [2] P. Nugues, C. Godereaux, P.-O. El-Guedj, and F. Revolta, "A conversational agent to navigate in virtual worlds," *Proc. of the Eleventh Twente Workshop on Language Technology*, pp. 23-33, 1996.  
 [3] B. Ribeiro-Neto and R. Muntz, "A belief network model for IR," *Proc. of the 19th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval*, ACM Press, pp. 253-260, 1996.  
 [4] S. Acid, et al., "An information retrieval model based on simple Bayesian networks," *International Journal of Intelligent Systems*, vol. 18, no. 2, pp. 251-265, 2003.