

## 유비쿼터스 가정환경을 위한 상호주도형 대화 에이전트

### A mixed-initiative conversational agent for ubiquitous home environments

송인지 · 홍진혁 · 조성배

In-Jee Song, Jin-Hyuk Hong and Sung-Bae Cho

연세대학교 컴퓨터과학과

Department of Computer Science Yonsei University

#### 요 약

유비쿼터스 가정환경의 다양한 서비스들을 사용자에게 제공하기 위해서는, 사용자의 의도를 정확히 파악하여 적절한 서비스를 수행하는 지능형 에이전트가 필요하다. 기존에 서비스 선택을 위해 사용되던 명령어 기반 사용자 인터페이스와는 달리, 대화 시스템은 인간과 시스템 사이의 유연하고 풍부한 의사소통에 유용하지만 기존의 사용자나 시스템 주도 대화 시스템은 사용자의 배경지식이나 대화의 문맥에 기인한 다양한 표현을 다루기 어렵다. 본 논문에서는 '상호주도형' 의사소통을 위한 계층적 베이지안 네트워크를 이용하여 사용자와 에이전트 사이에 발생하는 대화의 모호성을 해결한다. 서비스 추론 시 정보가 부족할 경우에는 계층적 베이지안 네트워크를 이용하여 추가로 필요한 정보를 분석하고 사용자로부터 수집한다. 제안하는 방법을 유비쿼터스 가정환경에 적용하고 시뮬레이션 환경을 구축하여 그 유용성을 확인하였다.

#### Abstract

When a great variety of services become available to user through the broadband convergence network in the ubiquitous home environment, an intelligent agent is required to deal with the complexity of services and perceive intension of a user. Different from the old-fashioned command-based user interface for selecting services, conversation enables flexible and rich interactions between human and agents, but diverse expressions of the user's background and context make conversation hard to implement by using either user-initiative or system-initiative methods. To deal with the ambiguity of diverse expressions between user and agents, we have to apply hierarchial bayesian networks for the mixed initiative conversation. Missing information from user's query is analyzed by hierarchial bayesian networks to inference the user's intension so that can be collected through the agent's query. We have implemented this approach in ubiquitous home environment by implementing simulation program.

**Key Words** : 인공집사, 계층적 베이지안 네트워크, 상호주도 방식, 유비쿼터스 가정환경

#### 1. 서 론

최근 가정에 인터넷이 보급되고, 개인용 피시, 게임기, 텔레비전 등이 네트워크에 연결되어 이를 통합하는 새로운 서비스가 시도되고 있다. 가까운 미래에는 이러한 추세가 더욱 진행되어 유비쿼터스 컴퓨팅 환경이 가정에 구축되고[1], 제공 가능한 서비스 양은 더욱 증가할 것이다. 유비쿼터스 홈 환경에서 서비스를 직접 제어하는 기존의 사용자 인터페이스[2]는 다양한 서비스를 효과적으로 제공하기 어려운 한계점을 갖는다. 이런 문제는 많은 서비스 중에서 사용자의 의도와 환경에 맞는 서비스를 적절히 선택하고, 수행하는 인터페이스 에이전트를 통해 해결할 수 있다. 에이전트가 사용자의 관심과 취향을 잘 파악한다면 더욱 효율적으로 서비스를 제공할 수 있다[3].

사용자의 관심과 취향을 파악하고, 사용자와 정보를 교환하는 데 대화가 효과적이다[4]. 사용자가 원하는 정보를 키워드나 메뉴 등이 아닌 자연어 문장으로 입력하여 보다 친숙한 인터페이스를 제공한다[5]. 하지만 실제 대화에는 화자 사이에 암묵적으로 미리 정의되고 유지되는 문맥이 존재하여, 대화 내용 중 몇 단어가 생략되어도 의사소통이 가능하다[6,7]. 대화 에이전트가 사용자와 자연스럽게 정보를 주고받기 위해서는 문맥상의 모호함과 불확실성을 다루어야 하며 이를 위해 상호주도적인 방법이 연구되고 있다[8]. 상호주도적인 방법은 사람과 시스템이 지속적인 의사소통을 통해 점진적으로 문제를 해결해 가며 에이전트가 모든 상황을 추론하기 보다는 사용자와 상호작용을 통해 불확실성을 해결한다[9].

본 논문에서는 계층적 베이지안 네트워크를 이용한 상호주도형 대화를 통해 복잡한 가정환경을 관리 및 제어하고, 그 결과를 3D 가상 환경 및 아바타를 통해 시뮬레이션 하는 인공집사 시스템을 구현하여 그 유용성을 확인한다.

접수일자 : 2005년 10월 21일

완료일자 : 2005년 12월 5일

감사의 글 : 이 연구는 산업자원부가 지원한 뇌과학 연구 프로그램에 의해 지원받았음.

## 2. 관련 연구

### 2.1 가정환경 에이전트

P. Debaty는 Cooltown 프로젝트의 일환으로 가정환경 내의 사물, 사람, 장소 등을 위한 웹 페이지를 각각 만들고, 그 목록을 관리하는 WPM(Web presence manager) 소프트웨어 아키텍처의 구현을 통해 각 개체가 웹으로 관리 가능하도록 하였고[10], 사용자가 PDA를 들고 이동하면 개인 장치에서 접근 가능한 주변의 미디어 목록을 웹 인터페이스로 표시하였다.

B. Carolis는 Multi-Agent System 기반의 C@sa를 가정 환경을 모델링하고 그림 1과 같이 시뮬레이션 하는 용도로 개발하였다[11]. C@sa는 물리적 위치 기준이 아닌 서비스 종류별로 서비스 에이전트를 묶어 Influence Spheres로 정의하고, 각 에이전트가 하나의 Influence Sphere를 관리하였다. 각각의 관리 에이전트는 사용자의 만족도를 향상시키고, 행동 결과의 비용을 최소화하는 서비스를 선택하기 위해서 베이지안 네트워크를 사용하였다. 일례로 사용자의 편안함을 관리하는 에이전트는 온도와 습도에 관련된 서비스들을 하나의 Influence Sphere로 묶어서 관리한다.

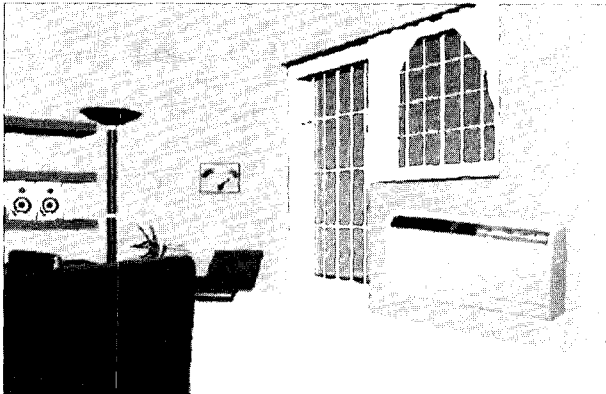


그림 1. C@sa 시뮬레이터 실행 화면  
Fig. 1. C@sa simulator screenshot

### 2.2 상호주도형 의사소통

대화형 에이전트는 가정환경의 다양한 서비스를 사용자와 직접 대화로 제어하기 위해 사용된다. 이때, 의사소통에서 모호함이 발생하는데, 상호주도 방식의 대화는 인간과 에이전트 사이에 주도권의 주고받음(Turn taking)을 자동적으로 처리하여 불확실한 상황을 능동적으로 해결한다[12]. 사용자와 에이전트가 서로 문제에 대한 관점을 공유하여, 가장 적합한 방식으로 문제를 풀도록 돕는다. 사용자와 에이전트의 협력을 위해서는 에이전트가 사용자에게 관한 정보를 수집하고, 이를 바탕으로 사용자의 의도나 동기 등을 추론하여 결과적으로 적합한 서비스를 추천해야 한다.

상호주도 방식을 이용한 연구로 Microsoft에서 개발한 Lookout이 있다[13]. 이 에이전트는 사용자가 이메일 메시지를 확인할 때와 달력을 통해 스케줄을 확인할 때를 관찰한다. 이메일 메시지의 내용을 통해 사용자가 달력을 열고 확인을 할 날, 주, 달의 스케줄을 추천하고 정확도가 높다고 판단될 경우 사용자에게 해당 스케줄을 볼 것인지 물어본다. 추론이 정확하지 않은 경우에는 사용자에게 불분명한 부분을 묻는 과정을 통해 추론을 정교하게 한다. 이 과정에서 추론은 메시지의 제목과 내용을 패턴 매칭을 통해 미리 정의된 패턴들을 검색하여 이루어진다.

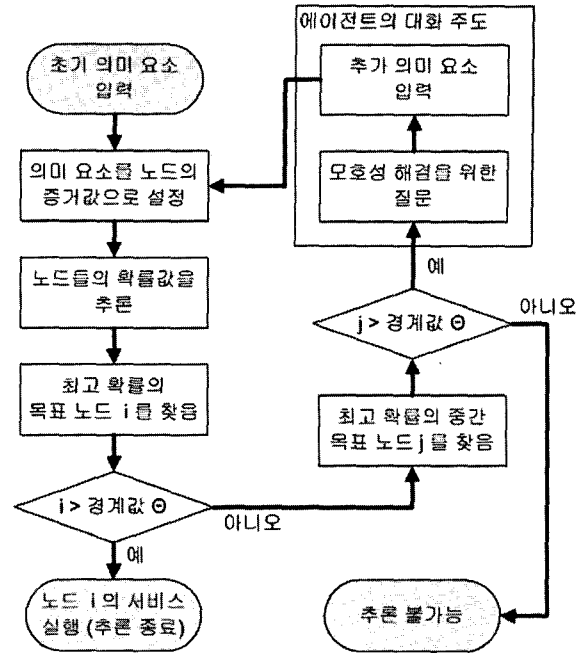


그림 2. 상호주도 대화 처리 과정  
Fig. 2. Process of the mixed-initiative conversation

대화의 문맥을 모델링하고 모호한 자연어 처리를 위해 계층적 베이지안 네트워크가 제안되었다[14]. 상호주도형 의사소통을 위해 사용된 계층적 베이지안 네트워크는 의미 요소 노드, 목표 노드, 중간 목표 노드로 구성된다. 목표는 의미 요소로부터 직접 추론되지 않고 상호주도 방식을 위해 중간 목표 층을 거쳐 추론된다. 만약 서비스 목표가 결정되기에 충분한 단서를 얻지 못했다면 그림 2와 같이 중간 목표들 중에서 가장 큰 값을 가지는 노드를 찾고 이를 통해 목표가 될 수 있는 노드의 범위를 한정하고, 사용자에게 추가정보를 요청하는 상호주도 방식으로 모호성을 해결한다.

## 3. 상호주도형 대화 기반의 인공지능사

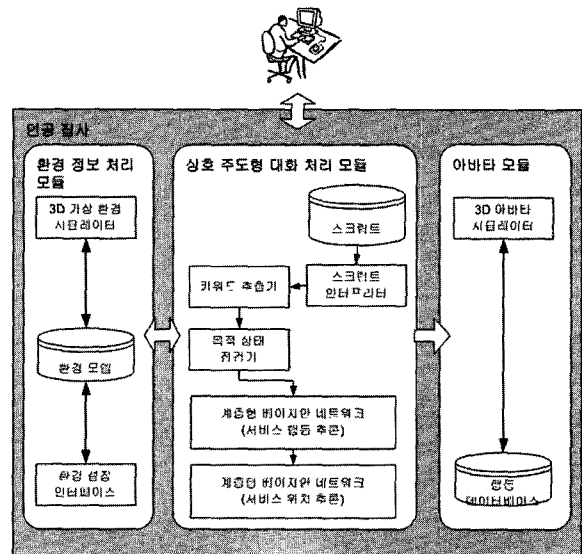


그림 3. 제안하는 인공지능사 구조  
Fig. 3. Home agent structure

인공집사는 가정환경의 복잡하고 다양한 서비스를 사용자와 에이전트의 상호 작용을 통하여 관리하는 에이전트이다. 인공집사는 그림 3과 같이 환경 정보를 다루는 부분, 상호주도형 대화를 처리하는 부분, 그리고 아바타의 행동을 보여주는 세 부분으로 구성된다. 환경 정보와 사용자의 질의가 상호주도형 대화 처리에 사용되고, 그 결과는 환경 정보와 아바타의 변화로 표현된다.

표 1. 유비쿼터스 가정환경에서 서비스 선택을 위해 발화 가능한 대화

Table 1. Statements to select services in ubiquitous home environments

가능한 질의	비고
“1번 방에 불 좀 켜라”	명시적 질의, 처리 수월
“불 좀 켜 줄래?”	불명확한 사용자의 의도 (추가 정보 획득 필요)
“방이 좀 어둡네”	

인공집사에서 처리 가능한 서비스 환경을 정의하기 위해서 유비쿼터스 가정환경에서 에이전트와 사용자 사이에 가능한 대화를 분석하였다. 사용자의 질의에서 에이전트가 서비스 선택을 위해 사용자로부터 얻어야 할 정보에는 여러 종류가 있겠지만, 본 논문에서는 서비스의 종류와 서비스의 위치로 한정하였다. 사용자가 현재위치인 1번방에서 조명을 점등하려는 경우, 서비스 종류와 서비스 위치라는 정보 수집을 목표로 하면, 표 1에서 제시된 대화들과 같이 명시적인 질의와 불명확한 질의들이 가능하다. 사용자 질의에 따른 가정환경의 다양한 서비스 실행을 시뮬레이션하기 위해 표 2와 같이 서비스 실행 환경을 서비스 종류와 서비스 위치로 분류하여 정의하였다.

표 2. 서비스 모델  
Table 2. Service description

서비스 종류	서비스 대상
불 켜기	1번 방, 2번 방, 3번 방, 4번 방, 5번 방, 6번 방, 7번 방
불 끄기	1번 방, 2번 방, 3번 방, 4번 방, 5번 방, 6번 방, 7번 방
창문 열기	1번 방, 2번 방, 3번 방, 4번 방, 5번 방, 6번 방, 7번 방
창문 닫기	1번 방, 2번 방, 3번 방, 4번 방, 5번 방, 6번 방, 7번 방
오디오 켜기	1번 방, 3번 방, 6번 방
오디오 끄기	1번 방, 3번 방, 6번 방
TV 켜기	4번 방, 6번 방, 7번 방
TV 끄기	4번 방, 6번 방, 7번 방
에어컨 켜기	6번 방
에어컨 끄기	6번 방

### 3.1 환경 정보처리 모듈

환경 정보처리 모듈은 사용자와 대화처리를 위해 환경정보를 확인하고 설정한다. 환경모델은 집안의 온도, 소음정도, 조도와 사용자의 현재 위치와 창문이나 조명, 가전제품의 상태(열림/닫힘, 켜짐/꺼짐)등의 환경 정보를 정의한다. 환경 정보는 환경조작 인터페이스, 환경 시뮬레이터, 대화처리 시스템을 통하여 조작이 가능하다.

### 3.2 상호주도적 대화처리 모듈

상호주도적 대화처리는 우선 대화를 미리 작성된 스크립트 구조를 이용하여, 분석해서 명사, 동사의 어근을 핵심 단어로 추출하고, 사전에 정의된 규칙을 기반으로 목적 상태를 검증한다. 목적 상태 검증을 통과한 핵심 단어들은 계층적 베이지안 네트워크 기반 상호주도형 대화를 통해 실행할 서비스를 선택하는데 사용된다. 본 논문에서는 서비스 실행을 위해 사용자로부터 수집해야 할 정보를 서비스 종류와 서비스 위치의 두 가지로 한정하였기 때문에, 베이지안 네트워크를 이용한 추론은 두 단계로 이루어진다. 첫 번째 베이지안 네트워크는 핵심 단어와 환경 정보를 이용하여 서비스 종류를 결정하고, 두 번째 베이지안 네트워크는 서비스가 행해질 위치를 결정한다.

그림 4는 서비스 종류 추론을 위한 계층적 베이지안 네트워크의 한 부분이다. key와 env로 시작되는 노드들은 핵심 단어와 환경 정보로 증거 값이 설정되는 의미요소 노드이고, mid로 시작되는 노드들은 모호한 의미 처리를 위한 중간 목표 노드이다. 나머지 노드들은 서비스 종류의 선택을 위한 목표 노드이다. 의미 요소 노드 중 하단에 위치한 key\_audio, key\_tv, key\_noise, env\_noise\_dis 등은 중간목표 노드를 목표노드 이전에 삽입하여 모호함을 제거하였고, 상단에 위치한 env\_tv\_all\_off, env\_tv\_all\_on과 같이 명확한 의미처리가 가능한 부분은 직접 목표노드와 연결하였다. 이 과정에서 정보가 부족하여 추론이 정확하게 이루어지지 않으면, 그림 1에서와 같은 과정을 거쳐 추가적인 질문을 던지고 필요한 정보를 얻는다.

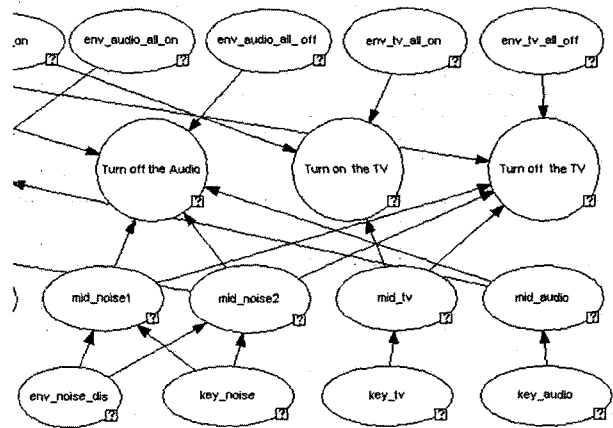


그림 4. 서비스 종류 추론을 위한 계층적 베이지안 네트워크  
Fig. 4. Hierarchical Bayesian networks to infer the type of service requests

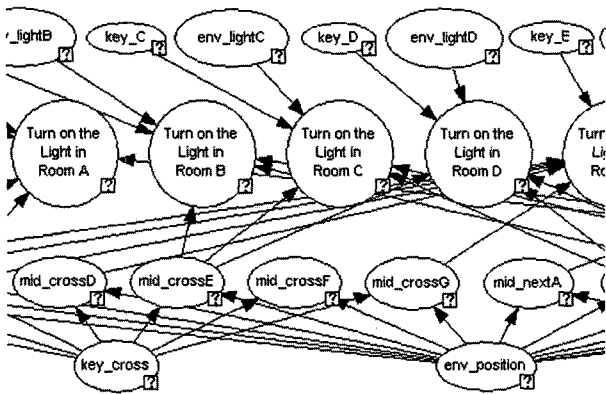


그림 5. 서비스 위치 추론을 위한 계층적 베이저안 네트워크  
Fig. 5. Hierarchical Bayesian networks to infer the location of service requests

그림 4의 베이저안 네트워크를 통해 사용자의 질의에서 서비스 종류를 결정한 후, 그림 5와 같은 계층적 베이저안 네트워크를 사용하여, 서비스가 실행된 위치를 결정한다. 그림 5는 조명을 켜기로 결정한 후, 어느 방의 조명을 켜지를 결정하는 베이저안 네트워크의 일부이다. 여기서 사용자의 현재 위치를 표현하는 env\_position과 사용자의 질의 중 '건너'를 의미하는 단어가 포함되어 있는지를 표현하는 key\_cross등이 의미 요소 노드로 사용되었다. 이 정보만으로 서비스 실행 위치가 모호한 경우, 그림 1에서와 같이 mid로 시작하는 중간 노드 중 하나에서 추론이 그치면서, 사용자에게 추가 질의를 실행한다. 서비스 위치 결정을 위한 충분한 근거가 수집된 경우, Turn on the light으로 시작하는 목표노드 중 하나가 실행된다.

### 3.3 아바타 모듈

인공집사에서 아바타는 사용자와의 친밀감을 향상시키고, 의사소통의 효과를 강화하기 위해 사용된다. 오류 메시지나 서비스 실행 등의 순간에 이미 정의된 행동 중 한 가지를 행하여, 사용자에게 보다 정확한 표현이 가능하다.

## 4. 실험 결과

### 4. 1 실험 환경

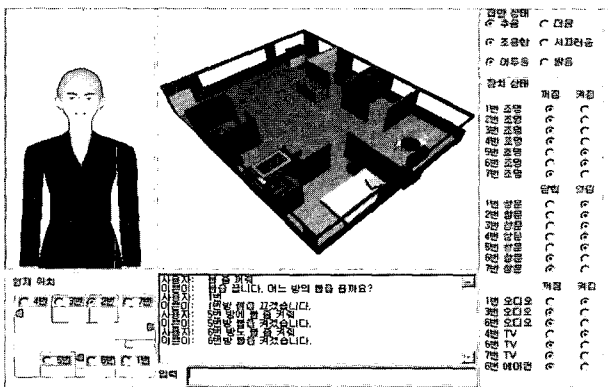


그림 6. 인공집사 실험 화면  
Fig. 6. Screenshot of the home agent

Microsoft Foundation Class과 QAvatar, EonX 컨트롤을 이용한 윈도우 프로그램으로 그림 6과 같은 인공집사 실험 환경을 구현하였다. 환경의 제어는 좌우에 위치한 라디오 버튼과 중앙의 대화 입력창을 통하여 실행하였다. 3D 환경의 시뮬레이션은 Eon Studio를 이용하여 상호작용이 가능도록 구축되었다. 이를 통해 3D 가상 환경 상에서 환경 정보를 쉽게 확인할 수 있을 뿐 아니라, 조명이나 가전제품의 직접적인 클릭을 통해 환경 정보의 조작이 가능하다.

### 4.2 서비스 질의에 대한 처리

사용자:	1번방에 불 좀 켜줘~
인공집사:	1번방에는 이미 불이 켜져 있습니다. 핵심단어(1번방, 불, 켜) 환경모델(1번방, 불, 켜짐) (오류 메시지 발생)

대화 1. 목적 상태에 이미 도달한 대화

Script 1. Conversation when goal status is already achieved

대화 1은 질의의 목적 상태가 이미 완료되어 있는 경우의 대화이다. 이미 1번방의 불이 켜져 있기 때문에 사용자의 질의는 실행되지 못한다. 이 경우 인공집사는 질의가 실행될 수 없다는 오류 메시지를 출력한다.

사용자:	오늘 날씨가 덥네.
인공집사:	바깥이 시원한데 에어컨을 켜까요? 창문을 열까요? 핵심단어(덥다) 환경모델(온도, 밖이 시원함) (중간 노드가 표현하는 추가 단서 요청)
사용자:	에어컨을 켜줘
인공집사:	6번방 에어컨을 켜겠습니다. 핵심단어(에어컨, 켜라) 환경모델(6번방, 에어컨, 켜짐) (서비스 실행: 6번방 에어컨 켜기)

대화 2. 서비스 종류가 모호한 대화

Script 2. Conversation when the type of service is ambiguous

대화 2는 모호한 질의를 상호주도형 대화를 통해 해결하는 경우를 보여준다. 처음 사용자의 질의만으로는 목표 노드 중 80%이상의 확률 값을 갖는 노드가 발견되지 않아 서비스 실행을 위한 서비스 종류의 추론이 불가능하다. 에이전트는 서비스 종류 추론에 부족한 정보가 무엇인지 추론하기 위해 그림 7에서처럼 계층적 베이저안 네트워크를 사용한다. 추론을 통해 사용자에게 중간 노드 중 확률 값이 가장 높은 'mid\_hot1' 노드에 해당하는 질문을 던지고, 필요한 정보를 추가로 수집한다. 사용자에게 서비스 종류를 명시적으로 지칭하는 '에어컨'이라는 단서를 추가로 수집하면, 그림 8과 같은 추론 결과를 보여준다. 목표 노드 중 'Turn on the AC' 노드가 목표 노드 중 가장 큰 확률 값을 갖고, 또한 임계치인

80% 이상의 확률 값을 갖기에 에이전트는 에어컨을 작동을 결정하게 된다. 서비스 실행의 다음 단계인 서비스 위치 추론 단계에서는 에어컨이 6번방에만 위치하기 때문에, 사용자에게 추가적인 질문을 하지 않고 바로 6번방의 에어컨을 작동하게 된다.

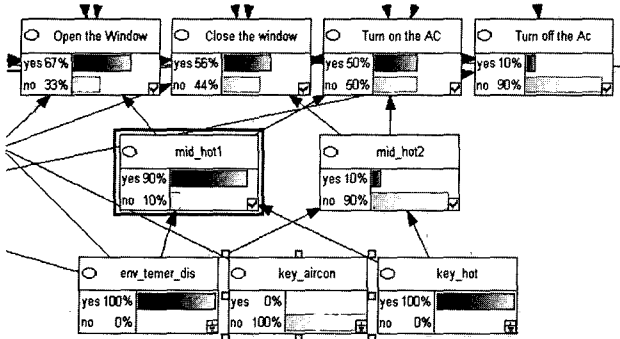


그림 7. 서비스 종류가 모호한 경우의 계층적 베이저안 네트워크

Fig. 7. Hierarchical Bayesian network to infer the type of service

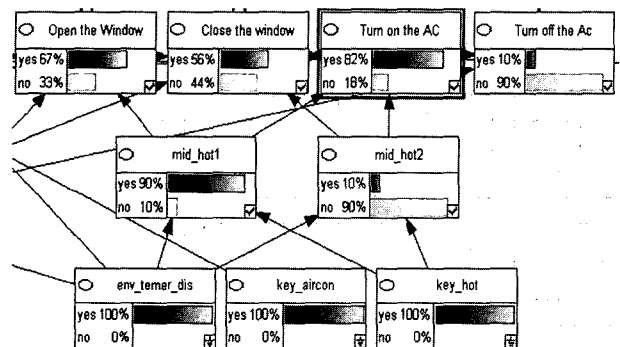


그림 8. 추가 정보 획득 후의 계층적 베이저안 네트워크  
Fig. 8. Hierarchical Bayesian network after acquiring missing information

### 5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 계층적 베이저안 네트워크를 이용한 상호 주도형 대화를 통해 사용자를 대신하여 서비스의 복잡함과 다양함을 다루는 인공 집사를 제안하였다. 사용자의 질의가 애매하여, 의도를 파악하기 힘들어도 질문이나 오류 메시지를 통해 대화 속의 불확실성을 제거하고 정확한 서비스의 선택을 유도하였다.

제시된 방법으로는 서비스 종류를 추론한 후에 서비스 위치를 추론하는 순으로 추론하지 않거나, 추론 시 두 개 이상의 명령이 동시에 들어오는 경우 처리가 불가능하다. 이를 해결하기 위해서는 추론 단계를 확장하기 위한 오토마타의 설계나, 계층적 베이저안 네트워크의 구조 변경을 통한 개선이 필요하다.

### 참고 문헌

- [1] M. Weiser, "The Computer for the 21st Century," *Scientific American*, September 1991.
- [2] B. Schneiderman, "Direct manipulation: A step beyond programming languages," *IEEE Trans. Computers*, vol. 16, no. 8, August 1988.
- [3] P. Maes, "Agents that reduce work and information overload," *Communications of ACM*, vol. 37, no. 7, pp. 31, 1994.
- [4] J. Allen, D. Byron, M. Dzikovska, G. Ferguson, L. Galescu and A. Stent, "Towards conversational human-computer interaction," *AI Magazine*, 2001.
- [5] M. Budzikowska et al., "A conversational interface for online shopping," *Human Language Technology Conf.*, 2001.
- [6] H. Meng, et al., "The use of belief networks for mixed-initiative dialog modeling," *IEEE Trans. Speech and Audio Processing*, vol. 11, no. 6, pp. 757-773, 2003.
- [7] C. Sammut, "Managing context in a conversational agent," *Electronic Trans. Artificial Intelligence*, vol. 5, pp. 189-202, 2001.
- [8] J. Allen, "Mixed initiative interaction," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 15, no. 4, pp. 14-23, 1999.
- [9] E. Horvitz, "Uncertainty, action, and interaction: In pursuit of mixed-initiative computing," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 14, no. 5, pp. 17-20, 1999.
- [10] P. Debaty et al., "Integrating the physical world with the web to enhance context-enhanced services," *HP Technical Report*, 2003.
- [11] B. D. Carolis et al., "Agent-based home simulation and control," *ISMIS 2005, Lecture Note in Artificial Intelligence*, vol. 3488, pp. 404-412, 2005.
- [12] M. A. Walker and S. Whittaker, "Mixed initiative in dialogue: An investigation into discourse," *Proc. the 28th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics*, 1990.
- [13] E. Horvitz, "Principles of mixed-initiative user interfaces," *Proc. ACM SIGCHI Conf. Human Factors in Computing Systems*, ACM press, New York, pp. 159-166, 1999.
- [14] J.-H. Hong and S.-B. Cho, "A two-stage Bayesian network for effective development of conversational agent," *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2690, pp. 1-9, 2003.

저 자 소 개



**송인지(In-Jee Song)**

2005년 : 연세대학교 기계전자공학부 정보 산업전공 졸업.  
2005년~현재 : 연세대학교 대학원 컴퓨터 과학과 석사과정.

관심분야 : 지능형 에이전트, 유비쿼터스 가정환경

Phone : 02) 2123-3877

Fax : 02) 365-2579

E-mail : schunya@sclab.yonsei.ac.kr



**조성배(Sung-Bae Cho)**

1988년 : 연세대학교 전산학과(학사)  
1990년 : 한국과학기술원 전산학과(석사)  
1993년 : 한국과학기술원 전산학과(박사)  
1993년~1995년 : 일본 ATR 인간정보통신연구소 객원연구원.

1998년 : 호주 Univ. of New South Wales 초청연구원.

1995년~현재 : 연세대학교 컴퓨터과학과 정교수. 관심분야는 신경망, 패턴인식, 지능정보처리

Phone : 02) 2123-2720

Fax : 02) 365-2579

E-mail : sbcho@cs.yonsei.ac.kr



**홍진혁(Jin-Hyuk Hong)**

2002년 : 연세대학교 기계전자공학부 정보 산업전공 졸업  
2002년~2004년 : 연세대학교 대학원 컴퓨터과학과 석사.

2004년~현재 : 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정.