

확률기반 지능형 서비스 모델링

고영철, 손주찬
한국전자통신연구원 지능형로봇연구단
e-mail : gycmh@etri.re.kr

Intelligent Service Modeling based Probabilistic Approach

Young Cheol Go, Joo-Chan Sohn
Intelligent Robot Research Division, ETRI

요 약

주변상황 정보를 이용하여 지능형 서비스를 제공하려는 많은 연구들이 진행되고 있다. 본 논문은 이러한 연구중의 하나로서, 베이지안 네트워크를 이용하여 서비스를 모델링하고 이를 기반으로 서비스의 능동적(proactive) 제공에 대한 방법을 제시한다. 상황인지는 유비쿼터스 환경에서 다양한 응용영역에서 이용되고 있으며, 이와 관련된 많은 연구들이 진행되고 있다. 그러나, 관측 대상의 상황정보의 부재 혹은 불확실한 상황에서는 상황정보만으로 사용자에게 지능적인 서비스를 제공하기에는 한계가 있다. 본 연구에서는 베이지안 네트워크를 이용하여 확률기반으로 서비스를 모델링 한다. 모델링 결과를 이용하여 상황에 따라 적절한 서비스 제공을 예시한다.

1. 서론

로봇분야를 연구하는 많은 사람들은 로봇이 언젠가는 실생활에서 인간과 함께 공존할 수 있다는 신념을 가지고 연구하고 있다. 그러나, 최종 목표 달성을 위해서는 많은 어려움이 있다. 이러한 어려움 중 하나는 로봇에 대한 일반인의 관념이다. 많은 사람들이 공상과학 소설, SF 영화 혹은 만화 등을 통해 인간처럼 생각하고 행동하는, 심지어는 인간을 능가하는 로봇을 경험했다. 그러나, 현실 세계의 로봇은 지능적이지도, 사람을 능가하는 행동을 하지 못한다. 지능적인 로봇에 익숙한 사람들은 현실 세계의 로봇을 보면 처음에는 호기심과 신기함으로 접근하나, 접하는 시간이 길어지면 쉽게 실증을 느끼며 관심을 잃게 된다. 따라서, 로봇 분야의 가정 강력한 라이벌은 사람들 마음속에 있는 만능 로봇이라고 할 수 있다. 또 다른 하나는, 현재까지 사용자의 관심을 오래도록 유지할만한 충분한 서비스가 없다는 것이다. 로봇이 제공하는 서비스의 종류는 많지만 호기심이 아닌 현실 세계에서 지속적으로 사용될만한 서비스는 아직 제공되고 있지 않다.

상기의 문제점을 해결하기 위해서, 사용자를 만족시킬 만한 서비스 및 로봇의 행동과 현실 로봇과 사람

의 관념 속의 만능 로봇간의 차이점을 줄일 수 있는 방법에 대해 생각해 볼 필요가 있다. 본 연구에서는 이러한 방법 중 하나로 지능형 서비스 모델링을 통한 지능형 서비스 제공 방법에 제시한다.

‘지능형(intelligent)’이라는 단어는 여러 분야에 널리 쓰이고 있어 쉽게 접할 수 있지만, 지능형 시스템 및 서비스 등을 구축 혹은 만드는 것은 친숙은 도움이 되지 않는다.

먼저 서비스를 제공 받는 사용자 관점에서 서비스의 지능화에 대해 정의를 하면, ‘서비스가 필요한 상황을 이해 혹은 예측하여 적절한 서비스 대상에게 능동적으로 제공되는 서비스’라고 할 수 있다.

본 논문에서 지능형 서비스의 특징으로 지능형 서비스는 사용자의 명확한 요청이 없이도 제공되어야 하며, 서비스 제공에 대한 모든 상황이 명확하지 않은 상태(uncertain condition)에서도 제공되어야 한다고 정의한다. 이러한 정의를 만족시키기 위해, 사용자 명령이 없이도 서비스를 능동적인 제공 방법에 의해 제공될 수 있도록 하며 서비스 모델은 불확실한 상황에서 확률적인 추론 결과를 제공하는 베이지안 네트워크를 이용하여 모델링 된다.

서비스를 사용자의 명령 없이 능동적으로 제공하기 위해서는 여러 처리 과정이 필요하다. 먼저, 서비스

실행에 대한 동기가 상황에 의해 자동으로 발생하는 것이 필요하며, 발생된 동기에 해당하는 서비스 모델을 통해 현재 서비스 제공이 가능한 상황인지 판단과 현재 서비스 제공이 가능한 상황일 경우에만 서비스를 제공하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 서비스 모델을 중심으로 서비스 동기가 발생했을 때, 상황에 맞는 서비스를 추론하는 과정에 중점을 둔다.

본 연구의 적용분야는 다양할 수 있지만 그 적용분야를 지능형 URC(Ubiquitous Robotic Companion) 서비스로 한정한다. URC는 IT 기반의 지능형 서비스 로봇이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 모델링에 사용된 베이지안 네트워크에 대한 간단하게 정리하며, 3 장에서는 베이지안 네트워크를 이용한 서비스 모델링에 대해 기술한다. 4 장에서 모델링 결과를 이용한 서비스 제공에 대해서, 5 장에서는 결론과 향후 연구과제에 대해 언급한다.

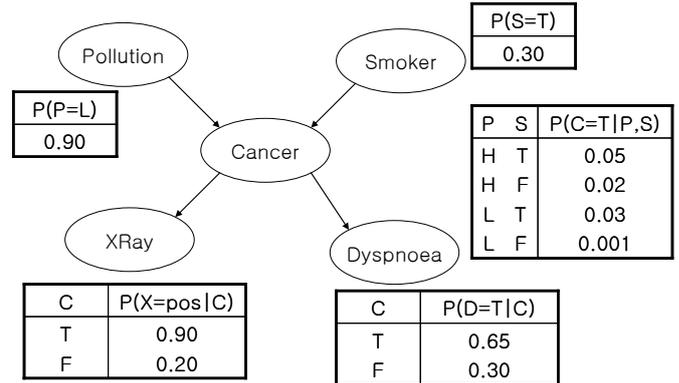
2. Bayesian Networks

베이지안 네트워크는 AI에서 확률과 불확실성을 표현하는 수단으로 많이 사용되고 있는[5] 확률기반 추론을 제공하는 방법 중 하나이다. 이러한 특징으로 베이지안 네트워크는 불확실한 상황에서 통계적 추론을 이용한 의사결정에서 좋은 결과를 내고 있다[6]. 그 적용 분야로는 확률기반 전문가 시스템, 의약분야에서 진단, 언어 이해 분야, 비전 분야, 휴리스틱 검색 등이 있다[5].

베이지안 네트워크의 특징은 다음과 같다. 베이지안 네트워크는 비방향 비순환 그래프(directed acyclic graph, DAG)로서, 네트워크를 구성하는 각 노드는 확률변수를 나타낸다. 각 노드의 다수의 상태를 가질 수 있으며, 한 노드에서 각 상태에 대한 확률 값의 합은 1이 된다. 노드와 노드를 연결하는 아크(arc)는 각 노드간의 관계, 즉 인과관계를 나타낸다. 이러한 특징으로 베이지안 네트워크를 인과 네트워크(causal network)라고도 하며, 인과 관계가 있는 상황의 모델링에 알맞다. 노드 X의 부모(상위) 노드들을 *parents(X)*로, 자식(하위) 노드들을 *children(X)*라고 하면, 각 부모 노드의 초기 확률은 *P(Parent Node)*로 나타낼 수 있으며, 자식 노드의 확률은 조건부 확률인 *P(Child|Parents)*로 나타낼 수 있다. 네트워크가 조건부 독립이라는 가정을 하면, 네트워크를 구성하는 각 노드에 대한 결합 확률, $P(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$, 은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) = \prod P(x_i | Parents(X_i))$$

그림1은 폐암에 대해 원인과 결과를 베이지안 네트워크로 모델링 한 것이다[7]. 각 노드는 확률변수로서 해당 변수에서 일어날 수 있는 사건에 대해, 아크는 노드간의 인과관계를 나타내고 있다.



(Figure1) A Bayesian Network For The Lung Cancer Problem

3. 서비스 모델링

스스로 사고하는 인간과 달리 로봇, 에이전트 등을 통해 지능적인 서비스를 제공하기 위해서는 사전에 서비스 제공을 위한 상황이 모델링 되어야 한다. 본 논문에서는 베이지안 네트워크를 이용하여 서비스를 모델링 한다. 작성된 모델의 조건부 확률은 데이터로부터의 학습을 통한 결정이 아니라, 서비스 조건 및 상황을 고려하여 모델링 시에 모델 작성자에 의해 결정되며, 실험을 통해 수정하여 원하는 결과가 나오도록 한다. 이러한 과정은 시간과 비용을 많이 필요로 하지만, 모델이 완성된 후에는 비슷한 영역의 문제에 쉽게 적용할 수 있다. 베이지안 네트워크 모델링은 여타 다른 모델링 방법과는 달리 널리 알려진 정형화된 모델링 방법이 제시되지 않고 있다. 본 연구에서는 아래의 방법에 따라 베이지안 모델을 작성하였다.

먼저, 해당 문제에 대해 가능한 자세하게 서비스 시나리오를 작성한다. 이 시나리오에는 서비스 원인 및 모든 가능한 서비스 상황, 이에 대한 서비스 목표 등이 포함된다. 그러나, 시나리오에 기술된 모든 상황을 모델링 하여 모델을 만드는 것은 많은 시간과 노력이 필요하다. 따라서, 우선순위를 두어 필요에 따라 선택적으로 모델링을 진행하고 향후 필요한 시점에 모델을 추가하여 모델의 공간을 넓히는 방법을 사용한다.

2 단계에서는 하나의 모델로 제시된 모든 상황을 모델링 할 수 있더라도 기술된 상황을 가능한 작은 단위로 나눈다. 이러한 세분화는 모델의 일관성을 깨지 않는 범위에서 일어나며, 상황 별로 모델을 만든다. 모델링 된 개별 상황간의 관계는 온톨로지를 통해 나타낸다. 이 온톨로지에는 모델의 노드, 각 노드의 상태, 서비스 동기, 모델간의 관계 등에 정보가 기술된다. 이러한 모델 세분화로 상황에 대한 모델링을 용이하게 할 수 있으며, 모델링된 결과를 쉽게 이해할 수 있으며, 하나의 모델에 비해 계산량을 줄일 수 있다. 그러나, 모델간의 관계를 나타내기 위한 온톨로지 작성 등의 추가적인 작업이 필요하다.

3 단계에서는, 2 단계에서 언급했던 온톨로지를 작성하고 유지관리 한다. 이 온톨로지는 언제 모델이 선택되며, 모델 서로간에는 어떤 관계가 있으며, 모델이 기술하고 있는 정보 등을 포함하고 있어서 서비스를 제공할 때에 유용하게 사용될 수 있다. 온톨로지의 추

론 및 해석을 위해서는 추론엔진이 필요하다.

4 단계는 구체적인 모델링에 대한 것으로, 모델링은 두 가지 관점에서 진행된다. 첫 번째는 서비스의 목표에 중점을 두고 모델링을 진행하는 것이며, 다른 관점은 모델의 입력에 중점을 두고 모델링을 진행하는 것이다. 서비스 목표 관점에서는 최종 목표를 노드로 설정하고 이로부터 최종 목표 달성을 위해 필요한 요인들(중간 목표, sub-goals)을 도출한다. 도출된 요인들로부터 다시 이 요인을 달성하기 위한 하위 요인들(sub-sub-goal)을 도출한다. 이렇게 도출된 요인을 노드로 하여 이들간의 연관 관계를 표현한다. 모델의 입력 관점에서는 현재 이용 가능한 상화정보(context)를 원인으로 하여 이로부터 도출될 수 있는 결과를 찾아 이들간의 연관 관계를 모델링 한다. 새로 도출된 결과는 중간 목표(sub-goal)가 될 수 있다. 두 과정을 통해 도출된 결과를 하나의 모델로 통합하여 모델이 완성되게 된다. 상기 과정의 장점으로는 목표 중심 관점을 통해 입력만으로 도출하기 힘든, 사람의 생각하는 것과 비슷한 중간 목표를 도출할 수 있으며, 입력 관점을 통해서 실제 모델을 구체화할 수 있어 모델링을 쉽게 할 수 있다는 점이다.

마지막 5 단계는 4 단계의 구체화 단계이다. 각 서비스 모델은 입력 노드(input node), 중간 목표 노드(sub-goal node), 목표 노드(goal node)를 가진다. 모든 노드는 고유의 상태를 가지며, 특정 시점에서 하나의 상태를 가질 수 있다. 입력 노드는 상위 부모 노드를 가지지 않는 말단 노드로서 복잡한 상황 묘사에 필요한 하나의 원인이 된다. 입력 노드의 상태는 측정 가능한 센서, 웹, 온톨로지 등으로부터 얻을 수 있는 구체적인 정보로서 저 수준의 상황정보를 나타낸다. 중간 목표 노드는 입력과 최종 결과간의 중간 노드로서, 다수의 입력 노드, 다수의 중간 노드, 혹은 이들간의 조합으로 나타낼 수 있다. 이 단계의 노드 또한 상태 정보를 나타낼 수 있지만, 입력 노드 단의 상태정보보다는 좀더 구체적이고 복잡한 정보를 나타낼 수 있다. 따라서, 이들 노드는 문제가 적용되는 분야에 따라 바뀔 수 있다. 목표 노드는 서비스의 목표가 되는 노드로서, 1 단계의 서비스 시나리오 작성 단계에서 도출될 수 된다. 이 노드 또한 다수의 상태를 가질 수 있으며, 각 노드의 상태는 서서비스 상황 중 하나를 나타낼 수 있다. 하나의 모델은 최소 하나의 서비스에 대해 모델링될 수 있으며, 각 모델의 목표 노드가 서비스의 목표가 된다.

4. Intelligent Services

앞의 모델링 과정을 통해 모델링된 서비스 모델을 이용하여 “인사하기”에 대한 서비스는 다음과 같다. 서비스 모델을 이용한 서비스 제공을 위해서는 많은 컴포넌트와 기능들이 필요하지만, 본 논문에서는 서비스 모델을 통해 서비스 결과가 어떻게 제시되는가를 중점을 두고 설명한다.

인사하기 서비스는 로봇이 사람을 집안 혹은 사무실에서 봤을 때 인사하는 서비스이다. 장소는 다르지

만 집안에서 인사와 사무실에서 인사는 그 처리 과정은 비슷하다. 두 인사 상황 처리의 공통점은 다음과 같다. 먼저, 로봇이 인사 대상인 사람을 봤을 때 인사 서비스 제공에 대한 동기를 발생하고, 발생된 서비스 동기에 대해 현재 상황이 인사할 수 있는 상황인지 판단한 후, 인사할 수 있는 상황이면 현재 상황에 맞는 인사를 하게 된다.

인사하기 서비스의 서비스 동기는 로봇이 사람을 볼 때마다 생성되지만, 전에 했던 인사 및 현재 상황 등을 고려하여 동기에 따른 인사 여부가 결정된다. 일단 서비스 동기가 생성되면, 먼저 현재 로봇이 있는 공간이 집인지 사무실인지 판단한다. 현재 로봇이 작동중인 공간이 정해지면, 모델링된 인사 상황 모델에서 현재 인사 동기에 맞는 인사 상황을 분석하여, 현재 상황에 맞는 인사가 선택된다. 집안과 사무실에서 인사 상황에 대한 처리 과정은 다음과 같다.

4.1 집안에서 인사하기

사람이 집안에서 인사하는 경우는 다양하며, 다음과 같이 정리할 수 있다.

1. 아침에 기상인사
2. 저녁에 취침인사
3. 집에서 나가는 경우 인사
 - A. 출근 인사
 - B. 등교 인사
 - C. 쇼핑 등을 위한 외출시의 인사
4. 집으로 들어오는 경우 인사
 - A. 퇴근 인사
 - B. 하교 인사
 - C. 외출에 대한 귀가 인사
5. 좋은 날씨, 눈 내림, 생일, 기념일 등에 따른 인사
6. 방문객의 방문 및 떠날 때 인사

이상과 같이 기술된 상황은 실제 일어날 수 있는 인사 상황에 대한 것이다. 사람의 관점에서 보면, 위에서 제시된 상황은 명확하게 구분할 수 있으며, 또한 상황에 맞는 적절한 인사를 할 수 있다. 그러나, 로봇, 에이전트 등은 각각의 인사상황을 구분하는 것은 어려움이 있다. 따라서, 각 인사 상황에 대한 명확한 모델링이 필요하다. 예를 들면, 로봇이 현관에 있는 사람을 봤을 때, 오늘은 근무하는 날이며, 인사 대상이 직업이 있고 현재 시각이 오전 8시이므로 현관 앞에 있는 사람은 출근을 하려는 상황이라고 추론할 수 있다. 그러나, 비슷한 상황이라도 실제로는 인사를 하지 않아도 되는 경우가 있다. 예를 들면, 현관에 사람이 있다고 해도, 현관의 정리 혹은 청소를 하고 있거나, 우편물 혹은 차에 물건을 가지러 잠시 나가려고 하는 경우에는 인사를 하지 않아도 된다. 사람은 이러한 상황을 명확하게 구분할 수 있지만, 로봇에게는 이러한 개별 상황을 구별하는 것에는 어려움이 있다. 따라서, 양질의 인사 서비스를 위해서는 인사를 해야 하는 상황과 인사를 하지 않아도 되는 상황이 함께 모델링 되어야 한다. 서비스

모델의 각 최종 노드(결과 노드)는 하나의 인사에 대한 결과를 나타내고 있다.

집안에서 인사하기의 구체적인 예는 다음과 같다. 먼저, 로봇이 현관에 있는 사람을 봤을 때 인사하기에 대한 동기가 발생한다. 인사하기 동기가 발생하면, 현재 상황정보를 입력으로 하여 베이지안 모델을 통해 현재 상황에 맞는 가능한 인사를 찾는다. 이 상황에서 상황정보의 예를 ‘사람이 현관에 있다’, ‘사람의 직업이 학생이다’, ‘오늘은 근무/학교 가는 날이다’, ‘현재 시간은 오전 8시’, ‘최근 인사는 기상인사’라고 하면, 현재 상황에 맞는 인사는 ‘등교 인사’가 된다. 만약, 위에서 제시된 상황정보 중 ‘사람의 직업’이 ‘학생에서 직업 없음’으로 바뀌면, 인사 결과는 ‘외출 인사’가 된다.

4.2. 사무실에서 인사하기 서비스

집에서 인사와 같이, 사무실에서 인사도 많은 상황이 있다. 사무실에서 인사는 집안보다 많은 사람들이 있으며 모르는 사람을 만날 수 있는 빈도가 훨씬 높으므로 집안보다 더욱 복잡하다. 따라서, 하나의 인사 상황에 대해 아는 사람과 모르는 사람에 대한 인사가 필요한 경우가 있다. 사무실에서 일어날 수 있는 모델링에 고려되는 인사 상황은 다음과 같다.

1. 하루의 시작 인사
2. 하루의 끝 인사
3. 한 주의 시작 인사
4. 한 주의 끝 인사
5. 일찍 출근한 사람에 대한 인사
6. 야근 하는 사람에 대한 인사
7. 휴일에 근무하는 사람에 대한 인사
8. 점심식사 전에 인사(아는 사람에게만)
9. 점심식사 후에 인사(아는 사람에게만)

위에서 제시된 인사는 사무실에서 실제 일어날 수 있는 인사 상황의 일부이다. 실제로는 제시된 인사보다도 더욱 많은 인사가 있을 수 있다.

사무실 인사도 집안에서 인사와 비슷한 과정으로 처리된다. 그러나, 사용되는 서비스 모델과 각 처리 과정의 결과는 차이가 난다.

사무실에서 인사하기의 구체적인 예는 다음과 같다. 먼저, 로봇이 사무실에서 사람을 봤을 때 인사하기 동기가 생성된다. 인사하기 동기가 생성되면, 현재의 상황정보를 입력으로 하여 베이지안 모델을 통해 현재 상황에 맞는 인사를 추론한다. 예를 들어 현재 상황정보가 ‘현재 시간 오전 10시’, ‘요일은 월요일’, ‘오늘 처음 봤음’이라면, 상황에 맞는 인사는 ‘한 주의 시작 인사’가 된다. 만약, 요일이 ‘월요일에서 화요일’도 바뀌면, 다른 상황정보가 같은 상황에서 인사는 ‘하루의 시작 인사’가 된다.

이상과 같이 제시된 모델은 현재 상황정보에 따라 사람의 요구가 없는 상황에서 알맞은 인사서비스를 제공할 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 논문에서는 베이지안 네트워크를 이용하여 지능적인 서비스 모델링 방법과 이를 이용한 서비스를 보였다. 베이지안 네트워크의 장점을 이용하여 불확실한 입력정보에 대한 서비스 제공이 가능하다. 그러나, 추론 결과로 제시된 확률 값으로 결과를 판단하므로, 어떤 확률 값을 선택하느냐에 따라 서비스 결과가 달라질 수 있다.

베이지안 네트워크를 이용하여 서비스 모델을 만들었으나, 모델의 입력으로 현재 시간에서의 상태정보만을 고려하고 있다. 즉, 동적으로 변화하는 시간의 흐름은 고려하고 있지 않다. 좀더 정확한 서비스 결과를 제시를 위해서는 동적으로 변화하는 시간의 흐름의 고려가 필요하다.

또한, 본 연구에서는 사람의 선호도(preference)와 감정(emotion) 등은 고려되고 있지 않다. 그러나, 좀더 양질의 지능화된 서비스 제공을 위해서는 개별 사람의 선호도 및 감성 등을 고려가 필요하다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research is operated by “the project of URC (Ubiquitous Robotics Companion) technology development” as a national project by the Ministry of Information and Communication Republic of Korea

REFERENCES

- [1] Anind K. Dey (2001). “Understanding and Using Context,” *Personal and Ubiquitous Computing, Special issue on Situation Interaction and Ubiquitous Computing*, Vol.5, No.1
- [2] Anand Ranganathan, Roy H. Campbell (2004), "A Middleware for Context-Aware Agents in Ubiquitous Computing Environments.", *In ACM/IFIP/USENIX International Middleware Conference, 2004, Rio de Janeiro, Brazil, June 16-20*
- [3] Bill N. Schilit, M. Theimer (1994). “Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts,” *IEEE Network*, 8(5).
- [4] Bill N. Schilit, Norman Adams, and Roy Wan (1994). “Context-Aware Computing Applications,” *IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, Oct. 8-9
- [5] Eugene Charniak (1991). “Bayesian Networks without tears”, *American Association for Artificial Intelligence*, p50-63
- [6] F. V. Jensen (1996). *Introduction to Bayesian Networks*. New York: Springer Verlag
- [7] Kevin B. Korb, Ann E. Nicholson (2004). *Bayesian Artificial Intelligence*. London: Chapman & Hall/CRC
- [8] Korkea-aho, M., "Context-Aware Applications Survey," <http://users.tkk.fi/~mkorkea/doc/context-aware.htm>