

# 상황 정보 기반 사용자 요구 서비스 추론 모델

## Context based User Required Services Reasoning Model

고 광 은, 심 귀 보\*

(Kwang-Enu Ko and Kwee-Bo Sim)

**Abstract :** It was already realized at a current technological level of home network systems that the systems recognizes a user's simple order and carry out the order in the ubiquitous computing environment. However home is not a simple environment consisting into a large number of family members, so various order and situation would be needed accordingly. From now on we need to reach the technological level to infer that how is the user's behavior patterns and what kinds of service is the fittest to user who belong to the ubiquitous computing environment by using the result of the context interpreter. In this regards, active inferred-model needs to be suggested upgrading user's command into one step more higher level than the simple one adapting diversified feature. This study would like to suggest this active model recognizing context, which is user's environmental information applying basic network and inferring Context-based Service that user wants through the recognized result This study proposes a new method that can infer the user's desire in ubiquitous computing environment. First of all, we define a context as user's information of ubiquitous computing environment situation that user belongs to and we classify the context into 4W1H(Where, Who, When, What) formats. We construct Bayesian network and put the factor of context use as Bayesian network nodes. As a result, we can infer the user's behavior pattern and most proper service for user in the intelligent space from the probabilistic result of Bayesian network.

**Keywords :** context, context awareness, bayesian network, service reasoning

### I. 서론

지능형 홈네트워크 시스템의 보급이 점차 확대되어감에 따라 기존의 단순한 웹패드형 인터페이스를 통해 사용자의 단순 명령만을 인지하는 정도에서 한층 더 발전하여 사용자와 컴퓨터, 사물 간의 정보 교류 및 통신 및 상황 적응형 미들웨어 기술이 요구되어지고 있다. 가정이라는 환경에서 인간은 점차 다양한 서비스를 유연하게 요구하고 있으며, 가정 내의 모든 장치들은 능동적인 서비스 제공이 필요하다.

또한, 가정 내에서 거주하는 사용자가 단독인 경우보다 다수의 가족 구성원으로 이루어져 있는 경우가 더 많으므로 각 구성원에 대해 개별화된 환경 조건 및 요구 사항을 반영할 수 있는 맞춤형 서비스 제공 기술 또한 필요하다[1].

이것을 구현하기 위해 현재의 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 자동화된 서비스를 제공하기 위한 상황 인지 시스템의 프레임워크에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 가정환경에서 발생하는 모든 상황 정보를 context로 정의하고 사용자의 환경으로부터 상황 정보를 획득하는 것을 상황 인지(context-awareness)로 정의한다. 상황 정보는 “시간이 흐름에 따라 사용자의 위치나 행동이 변화하였을 때에 이에 따른 사용자의 행위나 장치의 동작으로 인해, 대상이 되는 사

물의 변화가 수반되었을 경우, 그 특징적인 변화를 표현하는 정보”로 정의한다.

현재 진행 중인 context awareness 연구 중 대표적인 것으로 GATECH에서는 센서 정보를 수집, 분석, 해석하여 어플리케이션에 전달하는 ContextToolkit을 개발하였고, TecO에서는 센서와 응용 서비스를 통합하는 미들웨어로써 TEA-System을 제안하였다. 또한 CMU에서는 대상 객체 및 객체 간의 관계를 지속적으로 관리함으로써 사용자에게 서비스를 제공할 수 있는 contextual service framework에 대한 연구가 진행되고 있다[1].

본 논문에서는 context를 인지하고, 인지된 context에 따른 적절한 서비스를 유추해 내는 모델을 제안하고자 한다. 가정환경이라는 제한적인 공간에서 5W1H에 해당되는 요소 중 Who(서비스 제공 대상), Where(서비스 제공 장소), When(서비스 제공 시간), What(서비스 제공 장치)의 정보를 토대로 사용자가 특정 공간 안에서 특정 시간대에 어떤 장치를 이용 중인가에 대해 인식하고, 적당한 서비스를 추론해 낼 수 있도록 5W1H요소를 Node 변수로 삼은 Bayesian network를 구성해보고자 한다. 베이저안 네트워크를 이용한 접근 방법은 확률적인 모델을 효과적으로 구성하고 효율적인 추론 및 학습이 가능한 방법으로서 인간의 인과적인 판단 및 추론 과정을 모델링하기에 유리한 도구이다[2]. 복잡한 실세계 존재하는 상태 정보들을 모두 확률로 표현하기는 불가능에 가깝기 때문에 인과성이 높은 관계만을 네트워크로 표현하고, 표현되지 않은 인과관계에 관해서는 상호 독립성을 가정하며 직접적인 인과관계에서의 조건부 확률만을 정의하여 확률 분포를 표현하는 베이저안 네트워크 구조를 이용하는 것이 효과적이다[2]. 베이저안 네트워크는 직관적인

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 9. 29., 채택확정 : 2007. 10. 26.

고광은, 심귀보 : 중앙대학교 전자전기공학부

(kke@wm.cau.ac.kr/kbsim@cau.ac.kr)

※ 본 논문은 2007년 삼성전자 정보통신트랙 산학협력의 연구비지원에 의해 수행되었으며, 연구비지원에 감사드립니다.

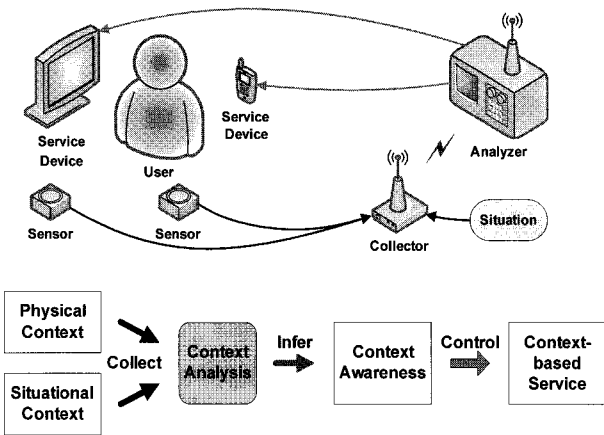


그림 1. Context awareness 과정.  
Fig. 1. The process of context awareness.

그래픽 모델로써 효율적인 추론 알고리즘 및 학습 알고리즘을 가지고 있어 context를 인식하고, 추론하는 문제 외에도 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다.

**II. Context 인식 환경**

유비쿼터스 컴퓨팅 환경으로 구성된 가정은 유무선 네트워크 장비들의 상호 데이터 통신을 통해서 하나로 통합된 유기적인 네트워크를 구성한다. 이러한 지능형 공간에서는 사용자에게 맞춤 서비스를 제공하기 위해서 사용자의 의도를 능동적으로 파악하고 가능한 범위 내에서 최대한 욕구를 충족 시켜줄 수 있는 서비스를 제공해야 한다. 본 연구는 MICAz와 Telos 같은 TinyOS의 플랫폼을 기반으로 가정 내에서의 무선 센서 네트워크를 통해 인프라를 구축함을 가정하고 context 정보를 수집하고자 한다. 관련 무선 센서 네트워크 구성은 본 연구실에서 연구해오던 것으로 TinyOS와 그 플랫폼을 이용해서 가정 내에서 context 인식을 위한 센서 네트워크를 구성 가능하다[3].

센서 노드 주위의 물리적인 환경을 가리키는 physical context와 센서로부터 직접적으로 데이터를 얻어내지 않고 센서의 위치나 시간과 같은 상황을 가리키는 situational context로 구분된다. 다양한 센서를 통해 physical context를 얻을 수 있지만, 시각 정보와 청각 정보에 관한 것을 visual context, auditory context라고 구분한다. 인프라가 구축된 유비쿼터스 환경 내에서 다양한 센서를 통해 사용자의 상태나 주변 환경을 인식하고 이를 통해 사용자의 요구 사항을 추론하는 과정을 context awareness라고 할 수 있다. 또한 센서 정보를 복합하여 미리 설정된 상황정보를 귀납적으로 추론하는 논리적 연산과 그 결과라고도 볼 수 있다[7]. 본 논문에서 추론하고자 하는 방식은 후자에 가깝다. 이러한 상황(context) 인식 과정이 끝난 다음 인식된 context를 기반으로 사용자의 요구 사항에 따라 능동적인 서비스를 제공해 주어야 한다. 이것을 context-based service라고 한다[3].

**III. 사용자 요구 서비스 추론 모델**

유비쿼터스 환경에서 사용자의 행동이나 주변 환경은 지

속적으로 변화하는 특성을 갖고 있다. 따라서 이러한 가변적인 속성을 갖는 상황 정보를 추출하여 사용자에게 개별화된 서비스 제공을 위해서는 베이저안 네트워크를 적용하는 것이 효과적이다. 베이저안 네트워크를 이용한 추론은 불확실한 상황을 확률 값으로 표시하고, 복잡한 추론 과정을 정량화된 노드 간의 관계로 단순화 시켜, 유비쿼터스 환경 내에 사용자의 의도를 판단하는 방법으로 적합하다. 또한 시스템의 확장이나 변화를 단순히 노드의 추가나 제거, 노드 간의 구조 변경만으로 해결 할 수 있다[1].

**1. 베이저안 네트워크(Bayesian network)**

베이저안 네트워크는 노드의 연결 관계를 표현하는 방향성 비 순환 그래프(DAG: directed Acyclic Graph) 형태를 가지고 있으며, 이 구조에 따라 정의된 조건부확률테이블(CPT : Conditional Probability Table)에 의해 적은 비용으로 많은 확률 관계를 효율적으로 표현한다[1].

다음은 조건부 확률을 나타내기 위한 방정식이다.

$$P(H, E) = \frac{P(H|E)}{P(E)} \tag{1}$$

카테고리 사이의 연관성의 크기는 이 조건부확률에 의해 나타내어진다.  $P_a$ 를 부모 노드,  $P_c$ 를 자식 노드라고 정의하고 다시 정리하면, 다음과 같다.

$$P(P_a, P_c) = \frac{P(P_a|P_c)}{P(P_c)} \tag{2}$$

베이저안 네트워크에서의 부모/자식 노드는 실제 환경 변수를 의미하고 노드 사이를 연결하는 호는 각 변수간의 의존성이다. 네트워크를 구축하기 위해서는 구조를 설계하고 각 노드에 맞는 확률 분포를 정해 주어야 하는데, 보통 구조는 전문가에 의해 설계되고, 확률 분포는 전문가가 계산하거나, 주어진 데이터에 의해 계산된다. 네트워크를 학습한 후 어떤 상황에 대한 증거가 관찰되면 그 증거를 바탕으로 각 노드의 조건부 확률 테이블과 독립 조건을 이용, 베이저안 추론 알고리즘을 통해 각 노드의 상태에 대한 확률이 계산된다.

$$P(B, \theta) = P(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n P(x_i|P_a(x_i)) \tag{3}$$

위 수식은 베이저안 네트워크를 표현한 것으로  $(B, \theta)$ 는 베이저안 네트워크의 구조  $B$ 와 확률변수  $\theta$ 를 나타내고  $P(B, \theta)$ 는 네트워크의 모든 변수 간의 결합확률분포를 나타낸다. 방향성 비순환 그래프인 베이저안 네트워크 구조를  $B(V, E)$ 라고 하면  $V = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 는 실제 환경 변수인 노드를 의미하고,  $E$ 는 노드 사이의 호의 집합으로 각 변수의 의존 관계를 나타낸다. 각 변수  $x_i \in V$ 에 대해, 조건부 확률 분포는  $P(x_i|P_a(x_i))$ 로 나타낼 수 있다.  $P_a(x_i)$ 는 변수  $x_i$ 의 부모 집합이다[4].

SI 단위를 기본 단위로 사용하고 필요하다면 CGS 단위나 다른 단위를 사용할 수도 있다. 하지만 SI 단위와 다른 단위를 혼용해서는 안된다. 예를 들어 전류는 암페어 단위로 자리장은 oersted 단위로 하는 것은 허용되지 않는다.

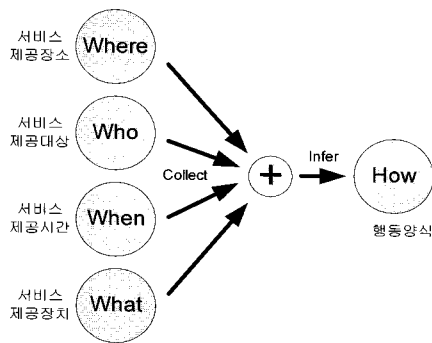


그림 2. 사용자 행동양식 추론 과정.  
Fig. 2. The process of user's behavior reasoning.

2. 베이지안 네트워크를 이용한 사용자 행동양식인식

Context를 인식하기 위하여 무선 센서 네트워크를 통해 수집되는 정보를 환경 변수로 하여 베이지안 네트워크의 각 노드로 정의하고, 계층적으로 분류하고자 한다. 가정이라는 제한된 공간에서의 context의 인식은 어느 정도 한계가 있으므로 베이지안 네트워크의 전체 구조를 공간(Where) 노드, 대상(Who) 노드, 시간(When) 노드, 장치(What) 노드, 행동(How) 노드로 구성한다. 행동 노드는 5WIH의 How에 해당되는 요소로 context를 인식한다는 것은 결국 특정 사용자가 언제 어디서 무엇을 어떻게 했다는 사용자의 행동양식(How)을 인식하는 것과 마찬가지로이다. Where, When, Who, What 요소는 홈네트워크 상의 센서 네트워크를 통해 쉽게 인식 가능하지만 How에 해당되는 사용자 행동양식을 인지하기 위해서는 단순한 센서가 아닌 카메라를 통한 사용자 인식 정도의 복잡한 기술이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 How를 제외한 나머지 요소, Where, When, Who, What을 통해 사용자의 행동양식을 인식하고자 한다.

이를 위하여 개별적으로 각 요소를 추출하기 위한 노드별 정의가 필요하다.

베이지안 네트워크를 구성 노드의 변수들은 그 값들이 단순한 crisp한 형태만을 가지지 않는다. 실 세계에서 발생하는 모든 사건에 대한 상태 정보는 불확실성과 변동성, 복잡성을 지닌다. 따라서 각 요소는 개별적으로 정해진 정의에 의해 수집 되어져야 한다.

2.1 서비스 제공 사용자(Who) 노드 수집 정보

Context를 인식하기 위하여 고려해야 할 5WIH의 요소 중 Who에 해당되는 정보는 단순한 사용자의 존재 유/무나 이름이라기보다 사용자의 해당 시간과 공간에서의 생체 신호정보 및 인적 정보를 포함하고 있어야 한다. 이러한 생체 정보에 해당되는 맥박, 체온, 바이오리듬 등을 퍼지 집합을 이용하여 그 상태를 표현할 수 있으며, 베이지안 네트워크에서 Who 노드의 확률 변수로 설정된다.

2.2 서비스 제공 장소(Where) 노드 수집 정보

실제 가정 공간은 크게 거실, 주방, 침실 등으로 분류되지만 사용자가 서비스를 제공할 수 있는 agent가 존재하는 위치는 분류된 공간 내에서도 세부적으로 나눌 수 있다. Agent의 각 위치에서 제공받을 수 있는 서비스가 더 다양하고 정확하므로 본 연구에서는 가정 공간 별 agent의 존재 위치를

표 1. 서비스 제공 사용자(Who) 노드 해당 정보.  
Table 1. The information of service offer user(Who) node.

사용자 인적정보		사용자 생체정보			
나이	25세	맥박	빠름	정상	노립
성별	남	체온	높음	정상	낮음
직업	학생	혈압	높음	정상	낮음
이름	000	바이오리듬	고조	중간	저조
가족위치	자녀	감정	고조	중간	우울
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

표 2. 서비스 제공 장소(Where) 노드 해당 정보.  
Table 2. The information of service offer place(Where) node.

거실	주방	침실	공부방	...
소파	싱크대	침대	책상	...
TV	식탁	화장대	컴퓨터	...
Audio	냉장고	옷장	Radio	...
AirCon	오븐	바닥	Heater	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

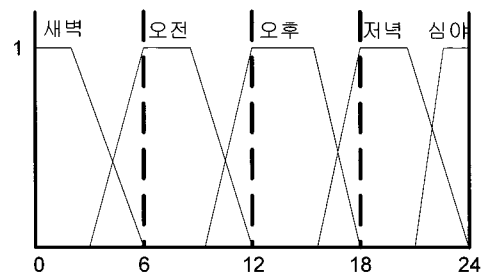


그림 3. 서비스 제공 시간 퍼지 set.  
Fig. 3. Fuzzy set of service offer time information.

표 3. 서비스 제공 장치(What) 노드 해당 정보.  
Table 3. The information of service offer device(What) node.

거실	주방		공부방		...	
TV	On/Off	오븐	On/Off	스탠드	On/Off	...
Audio	On/Off	전자렌지	On/Off	컴퓨터	On/Off	...
AirCon	On/Off	전동	On/Off	오디오	On/Off	...
Blind	On/Off	세척기	On/Off	Heater	On/Off	...
전동	On/Off	토스터	On/Off	전동	On/Off	...
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

기준으로 세부 분류하여 context를 인식하고자 한다.

2.3 서비스 제공 시간(When) 노드 수집 정보

Context가 인식되는 시점을 정확한 시, 분, 초 단위로 구별하는 것보다 새벽, 오전, 오후, 저녁, 심야로 fuzzy set으로 구분지음으로써 더 유연하고, 효율적인 context 인지가 가능하다.

2.4 서비스 제공 장치(What) 노드 수집 정보

각 공간 별로 사용자에게 서비스 제공 가능한 장치(Device)들은 제한적이고 중복될 가능성이 있다. 실제 가정

에서 사용자가 서비스 제공 장치를 통해 무언가 행동을 하는 것을 인식하는 것이 context 인식의 목표이므로 무선 센서 네트워크를 통해 수집되는 정보로써의 장치 정보는 해당 공간상의 장치의 On/Off 상태만을 구분 짓는 것으로 정의한다.

이렇게 인식된 context의 각 요소를 기반으로 행동 양식을 추론하고자 한다. 이를 위하여 Where, When, Who, What 요소를 노드로 하는 베이지안 네트워크의 구조 학습이 선행되어야 한다. 구조 학습이란 변수 사이의 상관관계를 의미하는 호(arc)를 데이터로부터 직접 학습하는 것이다. 제한적인 가정 내에서의 데이터에 대한 사전 지식은 그다지 많은 편은 아니지만, 가변적인 요소의 존재(Who, What)로 인해 데이터에 대한 완벽한 사전 지식을 가지고 있다고 보기는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 베이지안 네트워크 구조 학습 방법으로 K2-algorithm을 사용한다[5].

2.5 K2-algorithm[5]

베이지안 네트워크 구조 학습은 주어진 데이터에 대해 최적의 베이지안 네트워크 구조를 찾는 것과 같다. 이 때, 최적의 모델을 찾아야 하는 이유는 다음과 같다.

- ① 부정확한 네트워크 구조는 인과성과 잘못된 가정을 내포할 수 있다.
- ② 불필요한 호(arc)가 추가된 경우 모델 복잡도가 증가, 효율성이 떨어진다.
- ③ 필요한 호(arc)가 없는 경우 정확한 결과 값을 얻을 수 없다.

이와 같은 이유로 베이지안 네트워크 구조 학습에 대표적인 알고리즘이 K2-알고리즘이다.

K2-알고리즘은 베이지안 네트워크의 결합 확률(G)과 데이터(D)를 이용해 평가한 베이지안 점수 metric을 사용하는데 이것을 K2-metric이라고 한다. 가장 잘 알려진 베이지안 네트워크 평가 함수로 수식은 다음과 같다.

$$P(G, D) = P(G) \prod_{i=1}^n \prod_{j=1}^{q_i} \frac{(r_i - 1)!}{(N_{ij} + r_i - 1)!} \prod_{k=1}^{r_i} N_{ijk}! \quad (4)$$

$\pi_i$ 는 변수  $x_i$ 의 부모 노드의 집합이고,  $r_i$ 는 변수  $x_i$ 의 가능한 값의 수를 나타내고,  $q_i$ 는  $\pi_i$ 에 포함된 변수에 의해 조합 가능한 상태의 수를 나타낸다.  $N_{ijk}$ 는  $\pi_i$ 가  $j$ 번째 조합 상태이고,  $x_i$ 가 그의  $k$ 번째 값을 가질 경우의 수를 만족하는 데이터  $D$ 에서의 경우의 수를 의미한다. 그리고

$N_{ij} = \sum_{k=1}^{r_i} N_{ijk}!$ 을 의미한다. K2알고리즘의 원리는 모든 베이지안 네트워크의 노드를 일렬로 배열한 뒤, 앞선 노드가 뒤따르는 노드의 부모가 될 수 있도록 제약하고, 노드 연결을 시도하며 점수 metric을 최대를 하는 네트워크 구조를 찾아가는 탐욕적(greedy), 경험적(heuristic) 알고리즘이다.

구조학습 단계에서 각 노드의 점수 계산을 위해 사용된 metric 함수  $g$ 는 아래와 같으며, 위 식의 노드별 점수를 의미한다.

$$g(x_i, P_a(x_i)) = \prod_{j=1}^{q_i} \frac{r_i - 1}{(N_{ij} + r_i - 1)!} \prod_{k=1}^{r_i} N_{ijk}! \quad (5)$$

표 4. K2 알고리즘.

Table 4. K2 algorithm.

```

for i = 1 to n do;
     $\pi_i = \emptyset$ 
     $Score[i] = g(x_i, \pi_i)$ 
    Cont = true
    repeat
         $Z = \text{argmax}_j g(x_i, \pi_i \cup \{x_j\})$  and
             $j < i$  and  $x_j \notin \pi_i$ 
         $Score'[i] = g(x_i, \pi_i \cup \{x_z\})$ 
        if  $Score'[i] > Score[i]$  then
             $Score[i] = Score'[i]$ ,
             $\pi_i = \pi_i \cup \{x_z\}$ 
        else Cont = false
    until  $|\pi_i| < MaxParentNum, Cont = true$ 
    
```

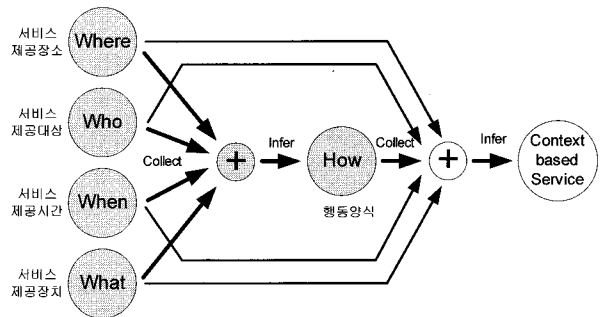


그림 4. 사용자 요구 서비스 추론 과정.

Fig. 4. The process of user required service reasoning.

K2-알고리즘은 다음 그림과 같다. 이렇게 K2-알고리즘 구조 학습 방법을 통해 사용자 행동 양식의 인지를 위한 베이지안 네트워크를 구성하여, 사용자 행동 양식을 추론해 낼 수 있다.

3. 베이지안 네트워크에 의한 사용자 요구 서비스 추론

베이지안 네트워크를 통해 사용자의 행동 양식(How)을 인식한 결과를 다시 베이지안 네트워크의 노드로 적용하여 사용자 요구 서비스를 추론해내고자 한다. 이것이 본 논문에서 최종적으로 구하고자 하는 바로써 가정에서 사용자의 상태 정보(context)를 인식한 후 사용자에게 어떠한 서비스를 제공해야 좋을지 지능적인 탐색이 이루어 질 수 있다

베이지안 네트워크의 구성을 위해 앞서 언급한 구조 학습 절차를 거쳐 다시 베이지안 네트워크를 구성하여 사용자 요구 서비스를 추론해 낼 수 있다.

IV. 거실에서의 사용자 요구 서비스 추론

본 논문에서는 가정에서 무선 센서 네트워크가 구축된 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 가정이라는 공간을 가정하고, 그곳에서 거실이라는 공간을 예로 들어서 사용자 요구 서비스 추론 과정을 설명하고자 한다.

서비스 추론을 위한 베이지안 네트워크를 구성하기에 앞

표 5. 거실에서의 사용자 행동양식 정의.

Table 5. The definition of user's behavior in living room.

분류	세부 내용
TV 시청	영화 감상, 뉴스, 드라마 시청 ...
라디오 청취	주파수 채널 설정 ...
음악 감상	음원선택, 선곡, 음악 감상 ...
비디오 게임	게임 종류 ...
운동	체조, 웨이트 트레이닝, 요가 ...
독서	신문, 책 ...
수면	낮잠, 숙면
대화	구성원과 대화, 다툼, 답소 ...

표 6. 거실에서의 사용자요구 서비스 정의.

Table 6. The definition of user's required service in living room.

분류	세부 내용
None	사용자 명령, 서비스 요청 대기
서빙	음료, 간식 서빙
환기	통풍 관리, 공기 청정
조명	실내 온도 조절
기온	실내 온도 조절
소음	실내 소음도 조절
블라인드 커튼	실내 태양광 조절

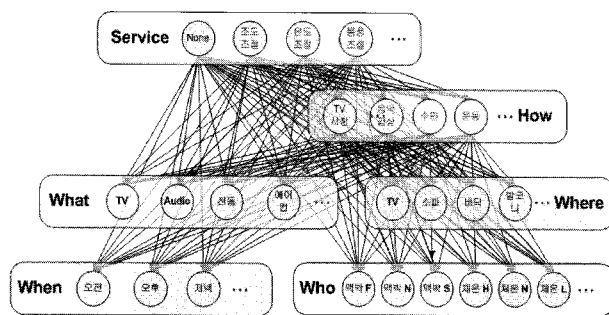


그림 5. 사용자 요구 서비스 추론 베이지안 네트워크.  
Fig. 5. User required service reasoning bayesian network.

서 우선적으로 거실에서의 사용자 행동양식과 사용자에게 제공 가능한 서비스에 대한 정의가 필요하다. 표 5와 표 6에서 세부 내용을 분류, 정의하였다.

정의된 행동양식과 서비스 List에 의거하여 거실이라는 가정에서 발생 가능한 context 요소를 통해 베이지안 네트워크를 구축하면 다음과 같다.

제한된 가정 공간 내에서의 베이지안 네트워크 구조는 경험적인 방법으로 인해 이미 알려져 있으므로 사용자의 경험적 판단에 의해 거실에서 발생 가능한 행동 양식과 의 발생 조건부 확률에 대한 정의가 있는 후에 사용자 요구 서비스에 대한 추론이 가능하다. 제안한 방법의 실현 가능성 확인을 위하여 다음 장에서 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 검증해보았다.

V. 시뮬레이션 및 결과 고찰

1. Netica를 이용한 Bayesian Network

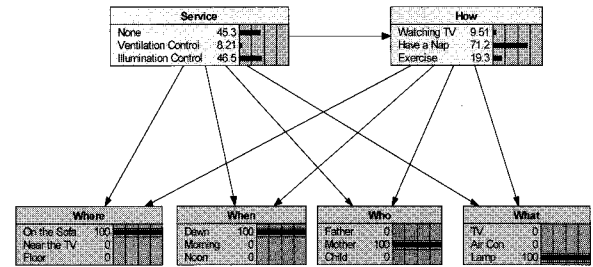


그림 6. Netica software를 이용한 사용자 행동 양식 추론.  
Fig. 6. User behavior reasoning using Netica software.

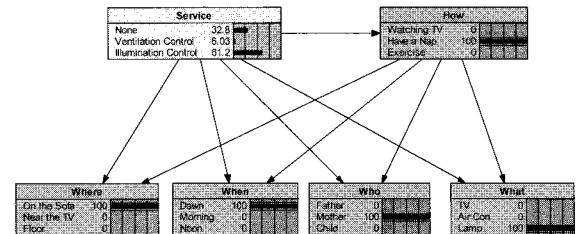


그림 7. Netica software를 이용한 사용자 요구 서비스 추론 모델.  
Fig. 7. User service reasoning model using Netica software.

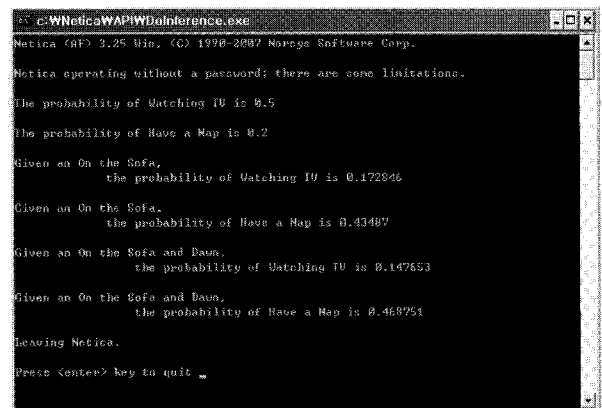


그림 8. Bayesian network에 의한 확률 추론 결과.  
Fig. 8. Probability reasoning result using bayesian network.

BN을 구성하고 확률 값을 부여하여 확률적 추론을 하기에 노드 수가 증가할수록 계산도는 복잡해진다. 본 논문에서는 BN 구조와 CPT 표현이 용이하도록 Norsys社의 Netica 소프트웨어 Limitation Mode를 사용하였다.

그림 6, 7에서 Netica Software를 이용하여 추론 모델을 구성하였다. 추론 모델의 각 BN의 노드에 CPT가 표기되고, 각 노드를 연결하는 호로 노드 간의 인과관계가 표시하며, 설정된 CPT는 Gauge Bar형태로 표시된다. 하단 4개의 노드는 Where, When, Who, What, 상단 2개의 노드는 How, Service 노드로 각각 3가지의 확률변수를 지정하였다. 각 노드의 CPT는 임의의 직관적인 확률로 정하였다.

직관적인 판단에 의해 정해진 CPT에 의해 구성된 베이지안 네트워크를 컴파일한 결과, 하단 노드들을 각각 'On the Sofa', 'Dawn', 'Mother', 'Lamp'로 증거를 설정하였을 때의, 해당 증거에 가장 적합한 How 노드의 확률 변수 값

이 증가하는 것은 'Have a Nap'으로 나타났다. 그림 7에서 상단의 How 노드를 증거노드로 하여 추론한 결과 Service 노드의 'Illumination Control' 확률 변수 값이 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그림 8에서는 사용자 행동양식의 구체적 확률 값을 출력하는 프로그램으로 해당 증거 노드일 때의 베이지안 네트워크의 결과 노드가 어떤 확률 값을 가지는가를 보이고 있다.

## 2. 결과 고찰

그림 6, 7, 8의 결과를 통하여 추론 모델을 구성하여 증거 노드로 설정한 노드의 확률 변수 값에 따라 결과적으로 구하고자하는 행동 양식과 서비스의 확률 값이 변화됨을 확인 할 수 있었다. 베이지안 네트워크의 CPT값을 사용자의 의도 및 상황에 적합하게 설정할 경우 적절한 행동양식 및 사용자 요구 서비스의 추론이 가능함이 확인되었다.

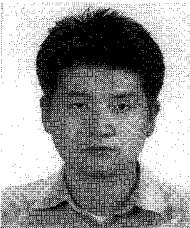
## VI. 결론

본 논문에서는 사용자 주변 환경정보를 context로 정의하고, context를 기반으로 사용자의 행동양식을 인식하고, 그에 따른 서비스를 추론하는 모델을 제안하였다. 추론 모델을 구성하기 위해 베이지안 네트워크를 사용하였고 각 노드를 context의 SWIH요소로 정하고 netica software를 이용하여 시뮬레이터를 구성, 실험을 하였다. 실험 결과, 각 노드의 증거에 의해 행동양식 및 서비스의 추론 결과가 확률 값으로 증가되는 항목 통해 추론 모델의 가능성을 확인할 수 있었다. 향후, 베이지안 네트워크의 CPT를 구축하고, 네트워크의 구조 학습에 있어, 제한된 resource에서 추론에 필

요한 context요소만을 추론할 수 있도록 연구가 진행될 예정이다.

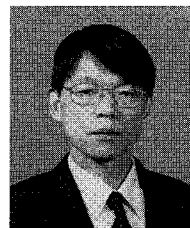
## 참고문헌

- [1] 박지형, "유비쿼터스 환경에서의 상황 인지 시스템-연구 활동 소개 도우미," 한국정밀공학학회지, 제 21 권, 제 11 호 pp. 31-37, 2004. 11.
- [2] 황금성, 조성배, "불확실한 장면의 효과적인 인식을 위한 베이지안 네트워크의 온톨로지 기반 제한 학습 방법," 정보과학회논문지, 제 34 권, 제 6 호, pp. 549-561, 2007. 6.
- [3] 황세희, 심귀보, "지능형 홈을 위한 무선 센서 네트워크 구성" 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, vol. 15, no. 6, pp. 695-700, 2005. 11.
- [4] 임성수, 조성배, "대화형 에이전트의 주제 추론을 위한 계층적 베이지안 네트워크의 자동 생성," 정보과학회논문지, 제 33 권, 제 10 호, pp. 877-885, 2006. 10.
- [5] 황금성, 조성배, "베이지안 네트워크의 학습," 로봇공학회지 제 3 권, 제 4 호, pp. 15-27, 2006. 10.
- [6] 조위덕, "유비쿼터스 시스템 환경에서의 상황인지와 오토노믹 컴퓨팅," 정보과학회지 제 23 권, 제 9 호, pp. 42-49, 2005. 10.
- [7] 송윤석, 홍진혁, 조성배, "계층적 베이지안 네트워크를 사용한 서비스 로봇과 인간의 상호 주도방식 의사소통," 정보과학회논문지, 제 33 권, 제 3 호, 2006. 3.



## 고 광 은

2007년 중앙대학교 전자전기공학부 졸업. 2007년~현재 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 석사과정 재학중. 관심분야는 Context Awareness, Smart Home, 지능형 서비스 로봇.



## 심 귀 보

1956년 9월 20일생. 1984년 중앙대학교 전자공학과(공학사). 1986년 중앙대학교 대학원 전자공학과 (공학석사). 1990년 동경대학교 대학원 전자공학과 (공학박사). 1991년~현재 중앙대학교 전자전기공학부 교수. 2002년~현재 중앙대학교 산학연컨소시엄센터 센터장 및 기술이전센터 소장. 2006년~현재 한국퍼지 및지능시스템학회 회장. 2005년 제어·자동화·시스템공학회 Fellow 회원. 관심분야는 인공지능, 지능로봇, 지능시스템, 다개체시스템, 학습 및 적응알고리즘, 소프트 컴퓨팅(신경망, 퍼지, 진화연산), 인공면역시스템, 침입탐지시스템, 진화하드웨어, 인공두뇌, 지능형 홈 및 홈네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅 등.