

# 스마트 TV에서의 상황인지를 위한 모듈형 베이지안 네트워크

## (Modular Bayesian Networks for Context-Awareness in Smart TV)

양 건 모 <sup>†</sup>                      조 성 배 <sup>\*\*</sup>  
(Kyon-Mo Yang)              (Sung-Bae Cho)

**요 약** 최근 다양한 센서와, 인터넷 연결을 이용한 서비스와 기능을 제공하는 스마트 TV의 보급률이 증가하고 있다. 하지만 지금까지 TV에서의 상황인지 연구는 콘텐츠 서비스에 중심을 두었기 때문에 사용자가 스마트TV의 기능을 사용하기 위해서 각 기능의 역할에 대해 학습해야 하는 문제가 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 사용자의 현재 상황을 인식하고, 상황에 맞는 적절한 기능 조정 서비스를 제공해야 할 필요가 있다. 본 논문에서는 스마트 TV에서의 상황인식을 위해 도메인 지식을 활용한 모듈형 베이지안 네트워크를 제안한다. 상황인지를 위해서 널리 사용되는 베이지안 네트워크는 불완전한 상황에서 유연하게 대처하고, 충분한 양의 데이터가 없을 경우 도메인 지식을 바탕으로 네트워크를 설계될 수 있는 장점이 있다. 또한 서비스와 기능적으로 독립인 모듈형 네트워크 설계를 통하여 네트워크의 계산량을 줄이고, 설계한 네트워크를 재사용 할 수 있다. 제안하는 방법의 성능을 분석하기 위해 혼동행렬을 작성하고 정확률, 재현률, 정확도를 계산하여 이를 규칙기반 시스템과 비교한 결과해 각각 최소 16% 20% 10%가 높았으며, t-검증을 통하여 제안하는 방법이 불완전한 상황이 발생할 수 있는 스마트 TV의 상황인지에 우수함을 95%의 유의수준에서 입증하였다. 또한 시나리오를 통하여 제안한 모델의 유용성을 확인하였다.

**키워드** : 스마트 TV, 상황인지 서비스, 베이지안 네트워크

**Abstract** Recently, the smart TV which offers functions and services using a variety of sensors and internet connection is proliferated. However, because so far the research of a context-awareness in TV has been focused on content services, it have problem that user learn a role of each function that is offered the smart TV to use the functions. We aware a current user situation and offer function control services considering the situation to solve the problem. This paper proposes modular Bayesian networks using domain knowledge for context-aware of the smart TV. Bayesian networks, which can respond flexibly in uncertain situations and can be designed by domain knowledge when the data is not enough, has emerged as a powerful technique for context-aware services. And the network modeling through a modular method that is independent services and functions is possible to reduce a time complexity and can reuse the designed networks. The precision, recall and accuracy of networks which are constructed by the proposed method are at least 16%, 20% and 10% higher than the rule based system respectively. And the t-test confirms that the proposed method outperforms the rule-based system in uncertain situations at significance level of 95%.

**Key words** : Smart TV, Context-aware service, Bayesian network

· 본 연구는 방송통신위원회 "UX기반 스마트TV 환경인지 기술개발" 과제의 지원을 통해 수행되었습니다.

<sup>†</sup> 학생회원 : 연세대학교 컴퓨터과학  
kmyang@sclab.yonsei.ac.kr  
<sup>\*\*</sup> 종신회원 : 연세대학교 컴퓨터과학 교수  
sbcho@yonsei.ac.kr  
(Corresponding author)

논문접수 : 2012년 8월 17일  
심사완료 : 2012년 11월 13일

Copyright©2013 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제40권 제2호(2013.2)

## 1. 서론

최근 스마트 TV의 보급률이 증가하면서 다수의 사용자를 대상으로 제공해주던 단방향, 단순 통합형 서비스에서 개인의 성향과 환경에 맞는 서비스를 제공하려는 움직임이 있다[1]. 이러한 서비스를 제공하기 위해선 사용자의 현재 상황(Context)을 추론해야 한다. 상황은 어떤 개체를 특징짓는 정보로, 사용자와 응용프로그램 사이의 인터랙션과 관련 있는 정보를 포함한다[2]. 상황인지 서비스는 사용자와 주변의 다양한 환경정보를 인식하여 사용자에게 맞는 서비스를 제공하는 것을 목표로 한다. 하지만 이전 TV 도메인에서의 연구는 사용자의 현재 상황을 추론하지 않고, 미리 입력받은 정보를 통해 상황을 파악하여 사용자의 변화하는 현재 상황에 대응하지 못하는 문제가 있다. 또한 콘텐츠 서비스를 중심으로 연구하였기 때문에 스마트 TV에서의 기능이 늘어나면서 사용자가 기능들을 숙지해야 하는 문제가 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 스마트 TV에서의 기능 조정을 위한 상황인지 서비스를 제안한다.

상황인지 방법 중 베이지안 네트워크(Bayesian network)는 불완전한 정보로도 상황을 추론할 수 있는 확률모델이다. 따라서 실세계의 불완전한 상황에서의 상황인지 문제에 많이 사용되어 왔다[3]. 또한 실세계의 데이터가 부족할 경우, 도메인 지식(Domain knowledge)을 사용하여 네트워크를 설계할 수 있는 장점이 있다. Park과 Cho는 홈 환경에서의 로봇 서비스를 위하여 사용자와 환경의 정보를 로봇의 센서를 통해 입력받아 상황을 추론하는 모듈형 베이지안 네트워크를 설계하였다[4]. 또한 Onisko는 베이지안 네트워크와 규칙기반 시스템을 비교하여 불완전한 상황에서의 베이지안 네트워크의 유용성을 입증하였다[5]. Norbistrath 등은 집안환경에서 상황인지를 하기 위한 상황 정보를 사용자, 환경, 집안 환경내의 장치들로 정리하였다[6]. 본 논문에서는 Park이 제안한 모듈러 방법을 토대로 스마트 TV에서의 상황정보를 사용자, 환경 정보뿐만 아니라 변화하는 스마트 TV의 장치의 상태를 위한 네트워크를 도메인 지식을 사용하여 설계한다. 베이지안 네트워크는 이산화된 값만을 입력값으로 사용하기 때문에 연속된 입력값을 전처리한다. 네트워크를 설계시 네트워크의 재사용성과 복잡도를 고려하여 모듈형으로 설계하여 각 서비스를 위한 추론의 계산량을 줄인다. 각 모듈은 서비스와 기능에 따라 독립적으로 설계하여 하나의 모듈로 단독적인 상황인지 서비스를 제공하고, 필요시 추론결과를 통합하여 복합적인 상황인지 서비스를 제공한다.

설계한 모듈의 성능을 분석하기 위해 혼동행렬을 작성하였고, 정확률(Precision), 재현률(Recall), 정확도(Accu-

racy)를 계산하였다. 또한 불완전한 상황에서의 스마트 TV 도메인에서 베이지안 네트워크의 우수성을 입증하기 위해 규칙기반 시스템과 비교하였다. 시스템의 유용성을 보이코자 GeNIe 툴을 사용하여 네트워크를 설계하고 사용자의 현재 상황을 추론하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 스마트 TV 서비스

스마트 TV 보급률이 증가하고, 성능이 향상되면서 다양한 기능과 서비스를 제공하려는 동향이 있다[1]. 기존 TV의 서비스는 뉴스나 날씨 등의 단순 정보 서비스나, 영상과 인터넷 검색을 통합하는 콘텐츠 통합형 서비스와 같이 특정 상황과 사용자를 고려하지 않는 서비스를 제공하였다. 하지만 이러한 서비스는 사용자에게 큰 만족을 주기 힘들다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 사용자 개인의 성향을 반영한 서비스를 제공하려는 연구가 있었다.

Bjelica는 사용자의 프로파일을 입력받고, 사용자가 이전에 시청했던 프로그램과 유사한 장르의 방송을 추천해주는 콘텐츠 추천방식을 제안하였다[7]. Shin 등은 다수의 사용자에게 각각 선호도를 입력받고 그룹의 유사도를 측정하여 최적의 장르에 해당하는 방송목록을 제공한다[8]. Santos Jr 등은 TV와 집안환경에서 사용자와의 상호관계를 위해 사용자의 프로파일과 TV 프로그램 환경을 UML(Unified Modeling Language)로 설계하는 방법을 제안하였다[9]. Kwon은 스마트 TV의 개인화된 방송 추천 서비스를 위하여 협력 필터링 방식(Collaborative filtering)을 제안하였다[10]. Thawani 등은 사용자에게 적합한 광고를 선택하고 제공해주기 위해 사용자 프로파일을 이용한 상황인지를 사용하였다[11]. 하지만 이전 연구들은 미리 입력받은 사용자의 프로파일만을 사용하여 상황을 인식하였기 때문에 환경과 장치의 변화는 고려하지 못하였고, TV프로그램의 선호 채널이나 사용자에게 맞는 광고를 제공해주는 콘텐츠 중심적인 상황 인지 서비스 연구만 수행되었다. 따라서 스마트 TV의 다양한 기능을 사용하기 위하여 사용자가 별도로 학습이 필요한 문제가 있다.

본 논문에서는 스마트 TV 다양한 센서를 이용하여 사용자의 현재 상황정보를 획득하고, 상황을 인지하여 사용자의 상황에 맞는 기능 조정 서비스를 제공한다. 표 1은 스마트 TV에서의 입력과 센서 정보이다[12].

### 2.2 상황인지 서비스

상황은 개체의 주변 환경을 특징짓는 정보이다. 사용자와 어플리케이션의 상호작용을 위한 사람, 장소, 물체 등의 정보를 말한다[2]. 상황인지 서비스는 이러한 정보를 인식하여 사용자 상황을 추론하고, 상황에 맞는 서비

표 1 스마트 TV의 입력과 센서

구분	범주	설명
입력	Accelerometer	3차원 가속도 입력
	Gyroscope	3차원 회전속도 입력
	Digital Compass	디지털 나침반 입력
	Bio Input	화자인식
		얼굴인식
		움직임인식
		뇌파입력
	Data	문자열 입력
		이미지 입력
		오디오 입력
		비디오 입력
		파일 입력
센서	Proximity	근접센서
	Light	조도센서
	Temperature	온도센서
	Pressure	압력센서

스를 제공하여 사용자의 편의성을 높인다. 표 2는 상황인지 서비스를 사용한 이전 연구들이다.

상황인지 서비스는 다양한 도메인에서 연구되었다. 로봇을 사용한 상황인지 서비스는 로봇의 센서를 통해 입력받는 정보를 사용한다. 집안환경에서의 로봇 서비스를 위하여 Park 등은 모듈형 베이지안 네트워크를 설계하여 상황을 인지하였다[13]. 사용자의 상황을 추론하기 위하여 사용자, 환경, 물체의 상황정보를 이용하는 모듈형 베이지안 네트워크를 설계하였다. 설계한 네트워크와 사용자 프로파일을 이용하여 시나리오 데이터베이스를 통한 서비스를 제공한다.

Lacey 등은 베이지안 네트워크를 통하여 상황을 인지하고 로봇의 이동방향을 결정하는 시각 장애인을 위한

서비스를 제안하였다[14]. 센서로부터 들어온 정보에서 특징을 찾고 베이지안 네트워크를 통하여 통로의 형태를 추론한다. 추론한 통로의 형태에 따라 로봇이 안내하는데 필요한 행동을 선택하여 사용자를 안내한다.

스마트 폰 도메인은 센서와 스마트 폰의 정보를 이용하여 사용자의 개인적인 정보를 얻기 쉽다. 따라서 이를 이용한 사용자별 성향과 현재 환경에 맞는 서비스를 제공하는 연구가 수행되고 있다. Yu 등은 스마트 폰 상에서 상황을 인지하여 미디어를 추천하는 서비스를 제안하였다[15]. 미디어 서비스의 수가 많아지면서, 사용자에게 필요한 미디어를 추천해야할 필요가 있다. 사용자의 상황을 인지하기 위해 나이트 베이즈 분류기를 사용하고, 스마트 폰의 상태를 규칙기반 시스템으로 판단하여 상황에 적합한 미디어를 추천한다.

Danninger 등은 사용자의 상황에 따라 회의실 이용의 편의를 제공하는 서비스를 제안하였다[16]. 사용자의 현재 위치나 상황, 사람들 간의 관계를 스마트폰으로 파악하여 부적절한 상황일 때 전화 연결을 제한하고, 회의의 일정을 조정한다.

스마트 환경에서는 사용자의 상황을 환경에 설치된 장치를 통해 인지하여 사용자의 문제를 해결한다. 이전 연구에서는 온톨로지와 XML을 정의하고 규칙기반 시스템을 통하여 상황인지를 한다. 집안 내에서 노인요양을 위해 Paganelli는 상황인지를 통한 서비스를 제안하였다[17]. 환자의 개인정보, 집안정보, 비상상황 알람 등을 온톨로지를 기반으로 정의하였다. 정의한 온톨로지와 규칙기반 시스템을 이용하여 환자가 집안에서 처한 상황을 추론하여 서비스한다. Gu 등은 온톨로지를 기반으로 건물에서의 상황인지 서비스 모델을 제안하였다[18]. Sabagh 등은 교실환경에서 발표자의 편의를 위한 서비

표 2 이전 상황인지 서비스

저자	도메인	상황인지 방법	서비스
H.-S. Park et al. (2012)[13]	로봇	모듈형 베이지안 네트워크	집안환경에서의 로봇 서비스
G. Lacey et al. (2000)[14]	로봇	베이지안 네트워크	시각장애인을 위한 로봇 서비스
Z. Yu et al. (2006) [15]	스마트 폰	베이지안 분류기, 규칙기반 시스템	미디어 추천 서비스
M. Danninger et al. (2005) [16]	스마트 환경	규칙기반 시스템	회의실 관리 및 스케줄 서비스
F. Paganelli (2011) [17]	스마트 환경	온톨로지, 규칙기반 시스템	노인 요양을 위한 서비스
T. Gu et al. (2006) [18]	스마트 환경	온톨로지, 규칙기반 시스템	건물 내에서의 사용자 추론 및 서비스 모델
A. A. Sabagh et al. (2011) [19]	스마트 환경	XML, 규칙기반 시스템	발표 환경 최적화 서비스
Q. Fu et al. (2011) [20]	스마트 환경	XML, 규칙기반 시스템	집안환경에서의 사용자 위치에 따른 환경 조정 서비스

스를 제공하였다. 상황인지를 위해 XML형태로 정보를 정의하고 규칙기반 시스템을 사용하였다[19]. 이를 이용하여 강의의 종류와 교실환경에 따라 강의실의 환경을 설정해주는 서비스를 제공한다. Fu는 사용자의 위치변화에 따라서 집안의 기계 상태를 변화시키는 서비스를 XML과 규칙기반 시스템으로 제안하였다[20].

온톨로지와 XML을 정의하여 상황을 추론하는 방법은 규칙기반 시스템을 사용하기 때문에 입력이 불완전한 상황에 대응하기 힘들고, 많은 양의 규칙이 필요하다. 또한 서비스를 생성하는데 있어 사용자의 상태가 입력받은 정보를 통해 단순히 반영되는 문제가 있다. 따라서 불완전한 입력 정보를 가질 수 있는 스마트 TV환경에서는 사용자, 환경, 장치에 대한 정보를 통해 추론하는 베이지안 네트워크를 모듈형으로 설계해 상황인지 서비스를 제공한다.

### 2.3 베이지안 네트워크

베이지안 네트워크는 불확실한 상황에서 추론을 하기 위한 대표적인 모델로 방향성 비순환 그래프(Directed Acyclic Graph)이다. 그래프는 노드와 아크로 구성되며 부모노드와 자식노드 사이에서의 인과관계를 통한 확률기반 추론기법을 사용한다[3]. 베이지안 네트워크에서 각각의 노드들은 서로 독립적이라 가정한다.

베이지안 네트워크에서 주어진 증거값  $E$ 에 대해  $A$ 의 신뢰값  $Bel(A)$ 를 식 (1)과 같이 계산한다.

$$Bel(A) = P(A|E) = \frac{P(E|A)P(A)}{P(E)} \quad (1)$$

노드  $A$ 의 부모노드인  $pa(A)$ 에서 조건부 확률 테이블(Conditional Probability Table)  $P(A|pa(A))$ 를 구한다. 베이지안 네트워크의 노드들을  $U = A_1, A_2, \dots, A_n$ 라고 할 때,  $U$ 의 조건부 확률 테이블을 체인룰(Chain Rule)을 통해 구한다.

$$\begin{aligned} P(U) &= P(A_1, A_2, \dots, A_n) \\ &= P(A_1)P(A_2|A_1)P(A_3|A_1, A_2) \dots P(A_n|A_1, A_2, \dots, A_{n-1}) \\ &= \prod_{i=1}^n P(A_i|pa(A_i)) \end{aligned} \quad (2)$$

베이지안 네트워크의 구조 및 파라미터를 결정하는 방법은 크게 두 가지이다. 첫 번째 방법은 측정된 실제 데이터로부터 학습을 통한 것이다. 학습은 구조 학습을 위한 K2 알고리즘이나 파라미터 학습을 위한 Maximum Likelihood Estimation(MLE) 등의 방법을 사용한다. Petzold 등은 구조학습 방법을 이용하여 사용자의 집안 내에서의 움직임을 추론하였다[21]. 구조학습은 시스템에 대한 이해가 부족하더라도 네트워크를 설계할 수 있는 유용한 방법이다. 학습을 통해 구조 및 파라미터를 결정하기 위해선 해결할 문제에 대한 많은 데이터가 필요하다. 하지만 실세계의 문제를 해결할 때 도메인

에 대한 충분한 데이터를 얻는 것은 쉽지 않다.

두 번째 방법은 도메인 지식을 바탕으로 전문가에 의해 구조와 파라미터를 결정하는 것이다. 특히 베이지안 네트워크의 구조 및 파라미터를 결정할 때, 도메인 지식을 사용하면 충분한 데이터가 존재하지 않는 문제도 해결할 수 있다. 도메인 지식을 사용한 베이지안 네트워크는 다양한 문제를 해결하기 위해 사용되었다. Rawe 등은 상황에 따른 자연스러운 대화문장 서술을 위해 도메인 지식을 바탕으로 동적 베이지안 네트워크를 설계하였다[22]. Chen 등은 환경문제에서의 베이지안 네트워크 설계 방법을 정리하였다[23]. Ashcroft는 기업의 고용과 고용인 유지문제를 해결하기 위해 전문가의 지식을 이용하여 네트워크를 설계하였다[24]. Yi등은 베이지안 네트워크를 사용하여 스마트폰의 GPS를 조정하여 배터리 효율을 높이는 방법을 제안하였다[25]. 이처럼 도메인 지식을 바탕으로 설계된 베이지안 네트워크는 입력값에 따라서 목표한 시나리오를 수행했는지 평가한다[26].

베이지안 네트워크를 설계할 때 네트워크의 복잡도는 각 노드의 조건부 확률 테이블(CPT)의 크기에 따라 정해진다. CPT는 부모노드의 수  $P_i$ 와 그 노드의 상태수  $S$ 에 의해 식 (3)과 같이 구한다.

$$size(CPT) = S \prod_{i=1}^n P_i \quad (3)$$

또한 각 네트워크의 시간 복잡도는 LS알고리즘을 통하여 식 (4)와 같이 계산한다.

$$CMPX = O(k^3 n^k + wn^2 + (wr^w + r^w)n) \quad (4)$$

이때  $n$ 은 노드의 수,  $k$ 는 최대 부모 노드의 수,  $r$ 은 각 노드의 값(value)의 수,  $w$ 는 최대 클리크(Clique)의 수를 나타낸다.

## 3. 제안하는 방법

이전 TV도메인에서의 콘텐츠 중심의 상황인지 서비스에서는 사용자의 상황을 입력받은 정보만을 사용하여 추론하였다. 따라서 변화하는 상황에 따라 서비스를 제공하지 못하고, 사용자가 스마트 TV의 기능을 학습해야 하는 문제가 있다. 본 논문에서는 스마트 TV, 사용자, 환경에 대한 센서의 입력값으로 현재의 상황을 인지하여 스마트 TV의 기능을 조정하는 상황인지 서비스 모델을 제안한다. 스마트 TV에서 불확실한 상황이 발생하여도 추론이 가능하도록 베이지안 네트워크를 도메인 지식을 기반으로 설계한다. 네트워크를 각 서비스 별로 모듈화하여 필요한 서비스 외의 다른 서비스에 대한 계산량을 줄이고, 모듈을 재사용할 수 있다.

### 3.1 시스템의 구조

그림 1은 제안하는 스마트TV의 상황인지 서비스를 위한 전체 시스템의 구조이다. 스마트 TV에서의 상황은

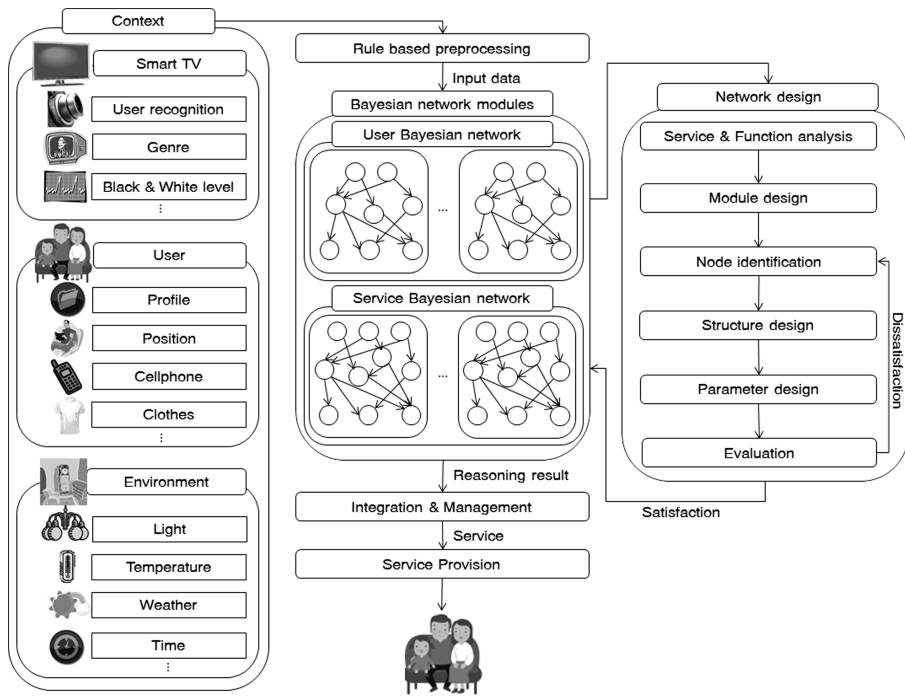


그림 1 전체 시스템의 구조

스마트 TV 장치, 사용자, 환경의 도메인으로 구분하고, 각각의 도메인별 입력값을 상황인식 모듈로 전송한다. 상황 인식을 위한 베이지안 네트워크는 특성상 이산화된 입력값을 요구하기 때문에, 연속값으로 입력되는 모든 입력값은 적절한 규칙에 의해 이산화되어야 한다[23]. 이산화하는 방법에는 연속된 입력값을 같은 범위로 나누는 방법과 통계적 분포에 따라서 나누는 방법이 있다. 예를 들어, 시간은 9~12, 12~15, 15~18시와 같이 3시간 단위로 동등하게 나눌 수 있다. 또한 온도는 22~28도를 보통으로, 28도 이상을 높음, 22도 이상을 낮음으로 나눌 수 있다. 이때 같은 입력값도 네트워크의 모델에 따라서 나누어진 명칭이 다를 수 있다.

이와 같이 이산화된 입력값을 베이지안 네트워크 추론 모듈의 입력값으로 사용한다. 베이지안 네트워크 추론 모듈은 사용자의 상태를 추론하는 네트워크 모듈과 사용자의 상태에 따라 서비스를 하기 위한 서비스 모듈로 구성된다. 표 3은 상황에 맞는 서비스를 선택하기 위한 알고리즘이다. 사용자의 요구  $R$ 이 있을 경우, 사용자의 요구에 맞는 서비스 추론 네트워크  $S$ 를 사용하여 서비스를 제공한다. 사용자의 특정 요구가 없는 경우에도, 사용자의 상황을 추론하여 서비스 시작 조건과 일치할 경우 서비스를 제공한다. 또한 사용자의 상황의 변화를 파악하여 서비스의 중복을 피한다. 각각의 모듈에 의해

표 3 서비스 선택을 위한 알고리즘

```

 $R$  = User requirement
 $U$  = User BN
 $S$  = Service BN
 $C$  = Start condition of the service

if  $R == True$ 
    return BayesianInference( $S, R$ )
else
    if CompareUserState( $U_{t-1}, U_t$ ) == True
        if ChangeContext == False
            return No need to provide services
        else ChangeContext == True
            return BayesianInference( $S, C$ )
    else
        return BayesianInference( $S, C$ )

```

서 추론된 정보를 추론 통합모듈에서 결합하여 현재 사용자 상황에 적합한 서비스를 제공한다.

### 3.2 모듈형 베이지안 네트워크 설계

네트워크의 재사용성과 계산 복잡도를 고려하여 모듈형으로 설계하기 위하여 서비스를 분석하고 네트워크 모듈을 설계를 한다. 각 서비스에 대한 설계는 3.2.1에서, 모델에서 사용할 노드와 모델의 구조 및 파라미터 설계에 대한 설명은 3.2.2에서 설명한다. 모델에 대한 평

가는 시나리오를 기반으로 수집된 입력값에 따라 설계한 모델을 실행하여 원하는 결과가 추론되었는지 평가한다.

### 3.2.1 서비스 설계

베이지안 네트워크를 스마트 TV에서의 서비스를 기준으로 모듈화하기 위해 도메인 지식을 이용하여 모듈의 기능을 선택한다. 스마트 TV에서 제공 가능한 기능들은 다양하지만 이중에서 TV 밝기 및 명암 조정, 온도 조정, 소리 조정의 세 가지 서비스를 기반으로 설계하였다. 각 서비스에서 사용자의 상황을 인지하여 적절한 서비스를 제공한다. 사용자의 움직임, 현재 대화량, 옷의 상태 등의 사용자 정보와 전등과 시간 등의 환경정보를 사용하여 현재 사용자의 상황을 추론한다. TV 기능 조정 서비스는 이벤트가 발생할 때 수행하는 서비스로 사용자가 TV전원을 키거나 채널이 변경되었을 때 서비스를 제공한다. 온도 조정과 소리조정 서비스는 사용자의 상태변화에 따른 서비스로 사용자의 상태를 주

기적으로 인지하여 서비스를 제공한다. 표 4는 서비스의 종류와 시작조건, 서비스에 필요한 베이지안 네트워크이다. 그림 2는 서비스별 상황인지에 필요한 베이지안 네트워크이다. 네트워크의 추론 결과를 통합하여 서비스를 생성한다.

### 3.2.2 네트워크 설계

본 논문에서는 도메인 지식을 이용하여 베이지안 네트워크를 설계한다. 표 5는 네트워크의 설계 단계이다. 베이지안 네트워크 모델의 향후 재사용성과 추론과정의 효율성을 위해 3.2.1에서 정의한 서비스를 기준으로 독립적인 모듈화 방식을 사용한다.

첫째, 각 모듈에서 사용하는 입력값을 정의한다. 스마트 TV 환경에서의 입력값은 사용자와 스마트 TV 그리고 스마트 TV가 설치되어 있는 환경으로 정의할 수 있다. 사용자의 입력값은 사용자의 선호도와 현재 상태를 파악하기 위한 정보로 이전에 입력한 프로파일의 정보와 사용자의 현재 상황을 파악할 수 있는 대화량, 옷, 움직임 등을 스마트TV의 센서를 통하여 받는다. 스마트 TV의 입력값은 현재 방영되고 있는 채널의 장르와 현재 스마트 TV의 설정의 상태 정보인 밝기, 명암등의 정보를 사용하여 현재 장치의 상황정보를 받는다. 스마트 TV와 사용자에게 영향을 주는 환경은 온도, 날씨, 전등 등의 정보를 입력값으로 사용한다. 표 6은 각 네트워크의 모듈에서 사용하는 입력값이다.

둘째, 각 모듈에서의 노드는 계층형으로 설계한다. 모듈에서 추론대상을 상위 노드로 둔다. 하위 노드는 모듈

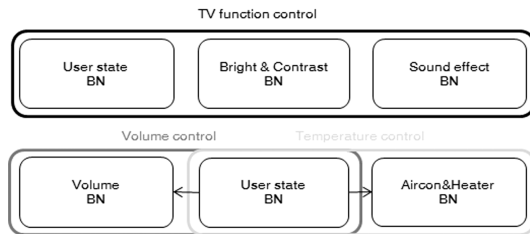


그림 2 서비스별 상황인지 BN

표 4 서비스의 시작 조건과 추론 BN

서비스	시작 조건	추론 BN	내용
TV 기능 조정	TV전원을 켜, 채널 변경	사용자 상황추론	TV 기능 조정을 위해 현재 사용자의 상황을 추론한다.
		밝기/명암 조정추론	사용자가 시청하는 영상, 환경, 민감도를 통하여 밝기 및 명암조정을 추론한다.
		음향효과 추론	시청 영상의 장르를 이용하여 최적의 음향 효과를 추론한다.
온도 조정	사용자의 상황이 운동, 수면	사용자 상황추론	사용자가 온도 조정이 필요한 상황인지를 알기 위해 사용자의 상황을 추론한다.
		온도조정 추론	사용자 상황에 적합한 온도를 제공하기 위해 온도조정을 추론한다.
소리 조정	사용자의 상황이 수면, 전화통화, TV시청	사용자 상황추론	사용자 상황에 맞게 소리 크기를 조정하기 위해 사용자의 상황을 추론한다.
		소리 크기 조정추론	사용자 상황에 적합한 소리의 크기를 추론한다.

표 5 네트워크 설계 단계

단계	내용	세부사항
1	입력값 정의	각 모듈의 기능별 입력값을 정의
2	노드의 계층형 설계	모델에서 추론할 노드를 상위노드로 정의
		연관성이 높은 노드를 중간노드로 연결
		입력값에 대한 증거값이 들어가는 하위노드로 정의
3	구조와 파라미터 설계	도메인 지식을 사용하여 노드들 간의 방향성을 정의
		도메인 지식을 사용하여 노드들 간의 파라미터를 설정
4	설계한 네트워크 평가	설계한 모델을 평가하여 구조 및 파라미터를 수정

표 6 베이지안 네트워크 설계를 위한 입력값

BN 종류	입력 구분	입력 변수	상태	내용
사용자 상황추론 BN	사용자	사용자 동작	서기, 앉기, 눕기	상황에서 취할 수 있는 사용자의 동작 상태
		사용자 옷 종류	운동복, 외출복, 실내복, 잠옷	사용자의 착용한 옷에 따라 사용자의 상황
		사용자 핸드폰 상태	켜짐, 꺼짐	핸드폰의 상태에 따라 사용자의 전화통화 여부
		사용자 움직임	많음, 보통, 적음	사용자의 움직임 여부로 사용자의 상황 추론
		사용자 대화량	많음, 보통, 적음	사용자의 대화량으로 TV에 대한 집중도 추론
	환경	전등 상태	켜짐, 꺼짐	전등의 상태로 밝기와 명암 추론에 영향
		요일	주중, 주말	주중과 주말에 따라 사용자의 변화 고려
밝기 및 명암 조정 BN	스마트 TV	화이트 레벨	매우 높음, 높음, 보통, 낮음, 매우 낮음	영상의 화이트 레벨 수치
		블랙 레벨	매우 높음, 높음, 보통, 낮음, 매우 낮음	영상의 블랙 레벨 수치
	사용자	밝기 민감도	높음, 보통, 낮음	밝기에 대한 민감도를 고려하여 조정
	환경	시간대	새벽, 오전, 오후, 늦은 오후, 저녁, 밤	시간에 따른 실외에서 들어오는 빛의 양 고려
		날씨	맑음, 흐림, 안개, 눈, 비	날씨에 따른 실내의 밝기 고려
		조명	켜짐, 꺼짐	조명의 상태에 따른 실내의 밝기 고려
음향효과 및 음량조정 BN	스마트 TV	방송 장르	스포츠, 예능, 음악, 뉴스, 드라마, 시사/교양	방송의 장르에 따라 사용할 음향을 결정
	사용자	나이	높음, 보통, 어림	사용자의 나이가 청각에 미치는 영향 고려
		이어폰 사용량	많음, 보통, 적음	이어폰 사용량이 청각에 미치는 영향 고려
		귀 질병 유무	있음, 없음	귀 질병이 청각에 미치는 영향 고려
	환경	외부소음	많음, 적음	외부 소음에 따른 상대적인 TV의 음량 고려
		사용자 움직임	많음, 보통, 적음	사용자의 움직임에 따른 TV 음량 고려
		사용자 대화량	많음, 보통, 적음	TV에 대한 집중도 고려
냉·난방 조정 BN	사용자	늦은 시간	예, 아니오	늦은 시간에 음량의 크기 고려
		냉방 선호도	높음, 보통, 적음	사용자의 냉방 선호도에 따른 냉방기사용 고려
		난방 선호도	높음, 보통, 적음	사용자의 난방 선호도에 따른 난방기사용 고려
	환경	실내온도	매우 더움, 더움, 보통, 추움, 매우 추움	실내 온도에 따른 냉·난방기 조정
		계절	봄, 여름, 가을, 겨울	계절에 따른 냉·난방기 사용 선택
		사용자 움직임	많음, 보통, 적음	사용자 움직임에 따라 상대적인 실내온도 고려
		날씨	흐림, 눈, 비, 맑음	날씨에 따른 실내온도 영향 고려
		시간	시, 분, 초	시간에 따른 실내온도 영향 고려

표 7 각 네트워크의 중간 노드

BN 구분	변수	상태	관련 입력 변수
사용자 상태추론	수면가능성	많음, 보통, 적음	사용자 움직임, 사용자 동작, 사용자 옷 종류
	전화통화 가능성	많음, 보통, 적음	사용자 대화량
	운동 가능성	많음, 보통, 적음	사용자 옷종류
밝기 및 명암 조정	날씨	맑음, 흐림, 안개, 눈, 비	맑음, 흐림, 안개, 눈, 비
	집안밝기	밝음, 보통, 어두움	날씨, 전등, 시간대
	사용자_밝기민감도	민감, 보통, 둔함	아빠, 엄마, 자식 밝기민감도
음향효과 및 음량조정	배경을 중시	예, 아니오	스포츠, 음악
	말중시	예, 아니오	뉴스, 드라마
	아빠의 소리 민감도	높음, 보통, 낮음	아빠 나이, 이어폰 사용량, 귀질병 유무
	엄마의 소리 민감도	높음, 보통, 낮음	엄마 나이, 이어폰 사용량, 귀질병 유무
	자식의 소리 민감도	높음, 보통, 낮음	자식 나이, 이어폰 사용량, 귀질병 유무
	소리 민감도	높음, 보통, 낮음	아빠, 엄마, 자식의 소리민감도
	사용자 TV 관심도	많음, 적음	사용자 대화량, 사용자 움직임
냉·난방 조정	실내 더움	예, 아니오	사용자 움직임, 시간, 맑음
	실내 추움	예, 아니오	사용자 움직임, 시간, 눈, 비, 흐림
	냉방 선호도	높음, 보통, 낮음	아빠, 엄마, 자식의 냉방 선호도
	난방 선호도	높음, 보통, 낮음	아빠, 엄마, 자식의 난방 선호도
	냉방기 사용	예, 아니오	계절, 냉방 선호도
	난방기 사용	예, 아니오	계절, 난방 선호도

의 추론에 필요한 입력값이다. 하나의 노드에 3개 이상의 부모노드를 가지면 자식노드의 조건부 확률 테이블의 크기가 커지기 때문에 네트워크의 복잡도를 줄이기 위해 피한다[23]. 따라서 연관성이 높은 노드들 간에 중간노드를 만들어 네트워크의 복잡도를 식 (5)와 같이 줄인다. 식 (5)는 위의 식 (4)에서 부모노드의 수를 2개로 제한하기 때문에  $k$ 에 2를 대입한다. 또한  $w$ 의 수는 최대 부모노드의 수를 넘지 못한다. 최대 노드의 수인  $n$ 은 네트워크의 모듈의 수인  $d$ 로 나눈다. 표 7은 네트워크 설계시 각 네트워크의 중간노드이다.

$$CMPX' \cong O(2^3 \frac{n^2}{d^2} + 2 \frac{n^2}{d^2} + 2^2(r+1) \frac{n}{d}) \quad (5)$$

사용자 상태 추론 베이지안 네트워크는 TV앞에서 사용자가 취할 수 있는 상황을 추론한다. Gauntlett 등은 일상과 TV의 관계를 조사하였다[27]. 이 조사에서 나타난 사용자가 TV앞에서 취하는 행동중 수면, 전화통화, 운동, 공부, 식사, TV시청으로 추론 대상을 구분하고 입력받은 입력값을 통해 사용자의 상황을 추론한다. 밝기 및 명암조정 모듈은 스마트 TV의 밝기 및 명암조정 기능을 상황에 맞게 자동으로 제공하기 위한 네트워크이다. 음향효과 및 음량조정 모듈은 TV의 방송 장르에

따라 사용자가 직접 음향을 설정하는 것이 아닌 상황인지를 통해 음향효과와 음량 조정을 제공한다. 냉·난방 조정 모듈에서는 스마트 TV에서 제공해주는 기기연동 기능을 활용하기 위한 네트워크로써 사용자의 상황에 맞추어 연동된 냉·난방기를 조정하여 온도를 조정한다. 표 8은 각 네트워크의 추론대상을 정리한 것이고, 그림 3는 위에 제안한 사용자 네트워크이다. 회색의 입력 노드, 회색 중간 노드, 검정색의 상위노드를 GeNIe를 이용하여 구성하였다.

셋째, 도메인 지식을 사용하여 네트워크의 구조와 파라미터를 설계한다. 일반적인 베이지안 네트워크에서의 노드들 간의 방향은 '원인 → 결과'이다. 하지만 설계시의 편의성과 실제 들어오는 입력값이 원인이 되어 추론되는 서비스 조정을 위한 결과이므로 '결과 → 원인' 방향으로 설계한다. 단 하나의 모듈 내에서는 노드들간의 방향성에 일관성을 유지한다.

## 4. 실험 및 결과

### 4.1 실험 방법

본 논문에서는 스마트TV에서의 상황인지 서비스를 위해 모듈형 베이지안 네트워크를 설계하였다. 설계된

표 8 각 네트워크별 추론 대상

네트워크	추론 대상
사용자 상태 추론	수면, 전화통화, 운동, 공부, 식사, TV시청
밝기 및 명암조정	밝기 올림, 밝기 내림, 명암 내림, 명암 올림
음향효과 및 음량조정	서라운드 음향설정, 목소리 강조 설정, 이퀄라이저 설정, 음량 올림, 음량 줄임
냉·난방 조정	냉방기 온도 올림, 냉방기 온도 내림, 난방기 온도 올림, 난방기 온도 내림

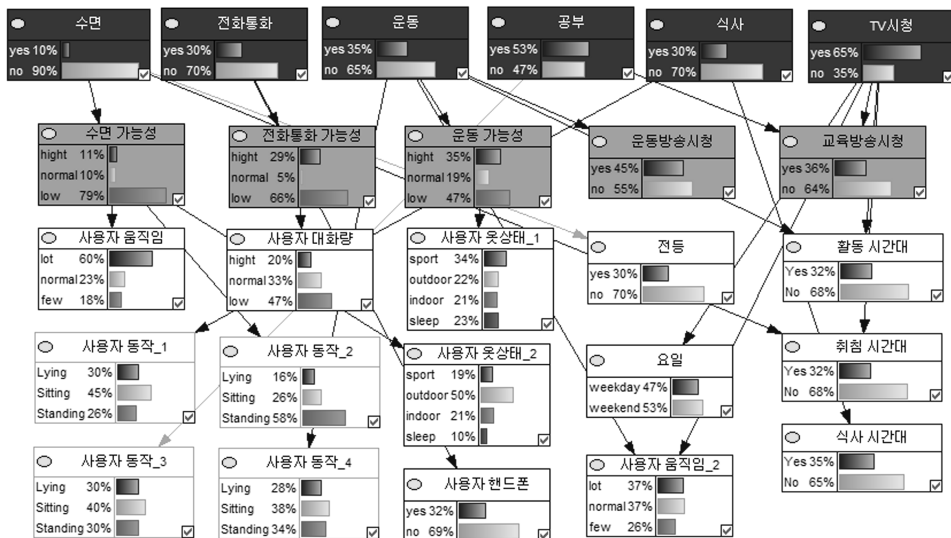


그림 3 사용자 상태 추론 BN



베이지안 네트워크로 상황을 추론하여 적합한 서비스를 제공한다. 설계한 베이지안 네트워크 모듈의 추론 성능을 평가하기 위하여 TV기능 조정, 온도 조정, 소리 조정이 발생할 수 있는 시나리오를 설계한 후, 각 시나리오에서 수집된 입력값으로 실험하였다. 예를 들어 TV기능 조정이 발생할 수 있는 시나리오를 다음과 같이 정의한다. 사용자가 아침 7시에 일어나 잠옷을 입은 상태로 TV를 켜다. 이때 TV 장르는 음악 방송이다. 이때의 발생한 입력값은 시간, 사용자의 옷, TV장르이다.

#### 4.2 네트워크 평가

제한하는 모듈형 방법의 계산량이 줄어듦을 확인하기 위하여 중간노드를 사용한 모듈형 네트워크(MHBN), 모듈형 네트워크(MBN), 중간노드를 사용한 일반 네트워크(OHBN), 일반 네트워크(OBN)의 시간 복잡도를 LS알고리즘을 이용하여 표 9와 같이 계산하였다.

중간노드를 사용하지 않았을 때의 최대 부모 노드의 수를 3으로 계산하였으며, 4개의 모듈, 20개의 상위노드,

표 9 추론 시간 복잡도

	MHBN	MBN	OHBN	OBN
시간복잡도	7,072	252,042	111,510	5,358,192

21개의 중간노드, 64개의 입력노드를 가진 구현한 네트워크 모델로 계산하였다. 표 10과 같이 중간 노드를 사용하여 부모 노드의 수를 2개로 제한하고 모듈형으로 구성하는 제한하는 방법의 계산량이 가장 적다.

또한 각 네트워크의 성능을 평가하기 위하여 선행 테스트를 하고, 혼동행렬을 작성하였다. 혼동 행렬에서 측정치의 오차 정도를 나타내는 정확률(Precision), 실제 정답 중 실험에서 맞춘 정답의 수를 나타내는 재현률(Recall), 시스템의 결과 중 얼마나 맞았는지를 측정하는 정확도(Accuracy)를 계산하였다. 또한 불확실한 데이터가 많은 상황에서의 베이지안 네트워크 모듈의 유용성을 보이기 위해 규칙기반 방법과 비교하였다. 표 10은 사용자 상황추론 베이지안 네트워크에서의 혼동행렬이고, 표 11은 규칙기반 시스템의 혼동행렬이다. Buchanan 등이 제안한 규칙기반 시스템은 if 조건문 then 행동으로 정의하며, 이러한 규칙들의 집합으로 전문가의 도메인지식을 표현하는 모델이다[28]. 따라서 각 서비스에서 발생할 수 있는 입력값을 조건으로, 그 입력값에 따라 예상되는 추론상황을 행동으로 도메인 지식을 사용하여 정의하였다. 0은 사용자가 수면중, 1은 전화통화중. 2는 운동중, 3은 공부중. 4는 식사중, 5는 TV시청중을 나타

표 10 사용자 상황추론 BN의 혼동행렬(0은 사용자가 수면중, 1은 전화통화중. 2는 운동중, 3은 공부중. 4는 식사중, 5는 TV시청중)

	0	1	2	3	4	5	정확률	재현률	정확도
0	320	0	0	53	0	27	100.00	80.00	96.67
1	0	328	10	13	0	50	99.70	81.75	96.92
2	0	1	366	8	0	25	88.62	91.50	96.63
3	0	0	0	400	0	0	75.19	100.00	94.50
4	0	0	4	61	330	5	100.00	83.25	97.21
5	0	0	33	0	0	367	77.43	91.75	94.17

표 11 규칙기반 사용자 상황추론의 혼동행렬(0은 사용자가 수면중, 1은 전화통화중. 2는 운동중, 3은 공부중. 4는 식사중, 5는 TV시청중)

	0	1	2	3	4	5	정확률	재현률	정확도
0	206	0	55	53	0	86	54.64	51.50	76.21
1	59	235	39	20	0	47	99.58	58.75	93.08
2	10	0	372	2	0	16	61.18	93.00	89.00
3	9	1	67	285	0	38	69.68	71.25	90.04
4	36	0	66	49	221	28	100.00	55.25	92.54
5	57	0	9	0	0	334	60.84	83.50	88.29

표 12 각 베이지안 네트워크의 평균 정확률, 재현률, 정확도(%)

BN 구분	베이지안 네트워크			규칙기반 시스템		
	정확률	재현률	정확도	정확률	재현률	정확도
사용자 상황추론	90.15	88.04	96.01	74.32	68.88	88.19
명암 및 밝기 추론	90.07	90.00	95.00	70.68	70.63	85.31
에어컨 조정추론	90.83	90.31	95.16	64.88	64.44	82.22
음량 조정추론	95.38	95.33	96.89	54.56	53.25	68.83

낸다. 표 12는 각 베이지안 네트워크별 평균 정확률, 재현률, 정확도를 보여준다. 혼동행렬의 열은 시나리오에서 행동한 행동을 나타내고, 행은 네트워크의 추론 결과를 나타낸다. 즉 수면중인 행동이 나타나는 입력값들 중 네트워크가 320개를 맞추었다.

그림 4는 평균 정확률과 재현률, 정확도를 그래프로 표시한 것이다. 각 그래프를 비교해 보면 규칙기반 시스템보다 베이지안 네트워크의 평균 정확률이 최소 16%, 재현률은 최소 20%, 정확도는 최소 10%정도 높다. 이는 모든 불완전한 상황을 전문가가 설계할 수 없는 규칙기반 시스템보다 베이지안 네트워크가 불완전한 상황이 발생할 수 있는 스마트 TV의 상황인지에 더 적합하다고 할 수 있다.

제안하는 방법과 규칙기반 시스템의 성능차이가 유의미함을 확인하기 위해 평균 정확도를 대상으로 각 모듈별로 독립표본 t-검정을 하였다. 유의확률(p-value)은 귀무가설이 맞을 경우, 표본에서 얻은 표본 평균보다 대립가설 쪽의 값이 나올 확률을 나타낸 값이다. 실험에서의 유의수준을 일반적인 값인 0.05로 했고, 다음과 같이 귀무가설과 대립가설을 설정하였다.

- $H_0$ (귀무가설): 베이지안 네트워크와 규칙기반 시스템간의 성능차이는 없다.
- $H_1$ (대립가설): 베이지안 네트워크와 규칙기반 시스템간의 성능차이는 있다.

t-검정 결과, 표 13과 같이 각 모듈의 유의확률이 유의수준보다 작기 때문에 귀무가설을 버린다. 즉 제안하는 방법은 규칙기반 시스템에 비해 유의미한 수준에서 우수한 성능을 낸다.

#### 4.3 시나리오에 따른 시스템 유용성

설계한 시스템의 유용성을 파악하기 위해 시나리오를 설계하였다. 대표적인 상황 시나리오는 다음과 같다. 스마트 TV는 거실에 놓여있다. 가족 구성원은 아빠, 엄마,

표 13 독립표본 t-검정 결과

	사용자 상황	밝기 및 명암	냉·난방기 조정	음량 조정
p-value	0.029	0.005	0.001	0.023

아들이다. 일요일 오전 11시, 아버지는 일어나서 잠옷을 갈아입고 거실 소파에 앉는다. 켜져 있던 전등을 끄고 아버지가 혼자서 TV를 켜다. 아버지는 음악예능 프로그램을 시청하고 있고, 오늘의 날씨는 맑다. 이때 획득한 입력값은 시간, 사용자의 옷, 사용자가 앉아있음, 시청 프로그램의 장르는 예능프로, 날씨이다. 아들은 12시부터 교육방송을 보면서 TV 앞에 앉아 공부를 한다. 이 상황에서의 입력값은 시간, 프로그램 장르, 사용자의 자세는 앉아있음, 사용자의 움직임이 적음을 획득한다. 오후 1시 식사를 마친 아버지는 TV를 시청한다. 시청중 전화가 와서 통화를 하며 방으로 들어간다. 다음 상황에서는 아버지의 핸드폰의 상태가 켜짐으로 바뀐것을 스마트 TV가 인식하고, 아버지의 자세가 서있고 대화량이 많아지는 입력값을 획득한다. 2시쯤 설거지를 마친 엄마는 운동복을 입고 TV앞에서 운동을 시작한다. 사용자의 옷이 운동복이고 사용자가 운동을 하고 있어 움직임이 많고 TV장르는 운동인 입력값을 획득한다. 그림 5는 시나리오에 따른 사용자 상황추론 결과이다. Y축은 베이지안 네트워크 노드의 "Yes" 상태일 확률이고, X축은 시간의 흐름에 따른 사용자의 추론 결과이다.

그림 6은 오전 11시 아버지가 TV를 켰을 때 아버지의 사용자 상황을 추론한 베이지안 네트워크 결과이다. 사용자의 상황이 TV시청일 확률이 96%로 서비스의 시작 조건인 TV가 켜짐에 따라 TV조정 서비스를 시작한다. TV조정 서비스를 위해 현재 상태에서 명암 및 밝기 조정에 대해 추론한다. 그림 7과 같이 추론한 네트워크의 결과는 명암을 올리는 확률을 52%, 밝기를 내릴

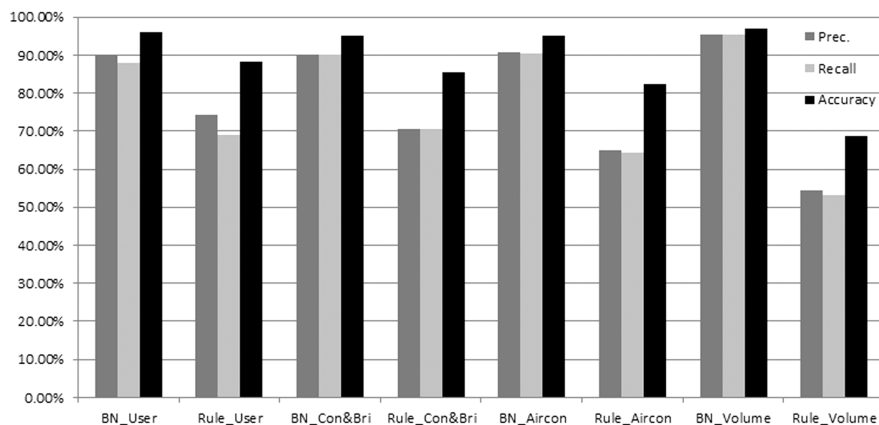


그림 4 각 BN과 규칙기반 시스템의 평균 정확률, 재현률, 정확도 비교

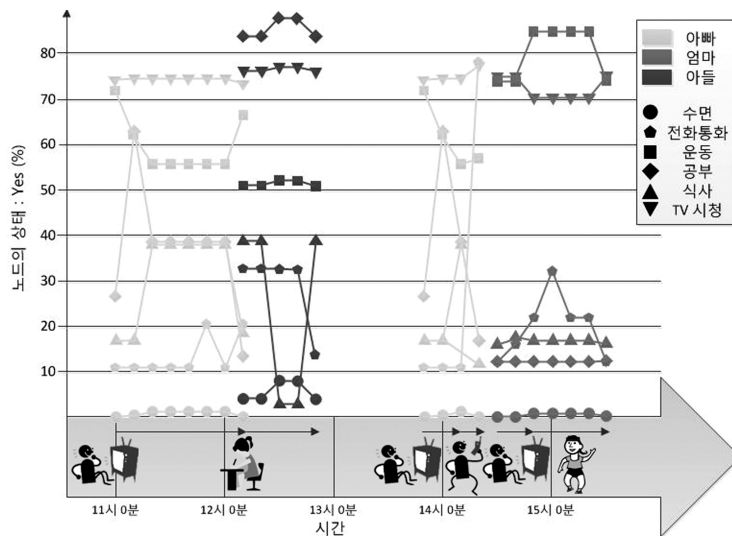


그림 5 시나리오에 따른 사용자 상황 추론

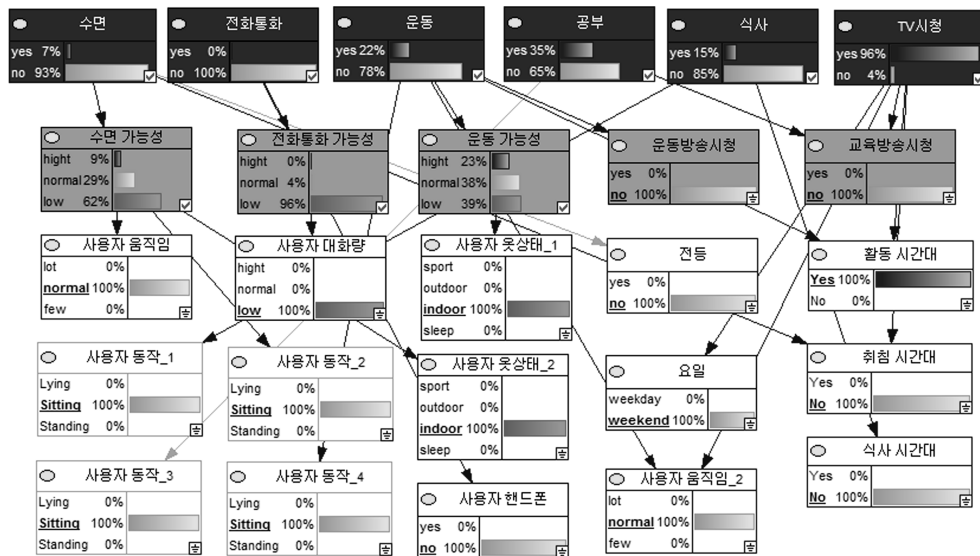


그림 6 오전 11시 아빠 상황추론 결과

확률이 58%로 결과가 나왔다. 또한 그림 8처럼 시청하는 프로그램이 음악 예능 프로그램이므로 음악 기능 설정 추론의 결과에 따라 서라운드 음향과 이퀄라이저 음향 효과를 준다. TV조정 서비스를 위하여 세 개의 베이지안 네트워크 모듈을 사용한 상황인지 서비스를 제공한다.

## 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 스마트 TV에서 기능 조정을 위한 상황인지 서비스를 위해 도메인지식 기반 베이지안 네트

워크를 설계하였다. 네트워크의 재사용과 계산량을 낮추기 위해 모듈별로 설계하였다. 각 모듈의 입력값을 현실의 입력값을 원인으로 하여 서비스의 추론하는 역방향으로 설계하였다. 사용자의 상황에 따라 제공될 수 있는 서비스를 시작하고, 전처리를 거친 입력값으로 필요한 네트워크의 추론을 거쳐 서비스를 제공한다. 각 네트워크 모델을 평가하기 위해 서비스의 시작조건이 발생 가능한 시나리오를 기반으로 수집된 입력값을 사용하였다. 혼동행렬을 작성하여 정확률, 재현률, 정확도를 계산하

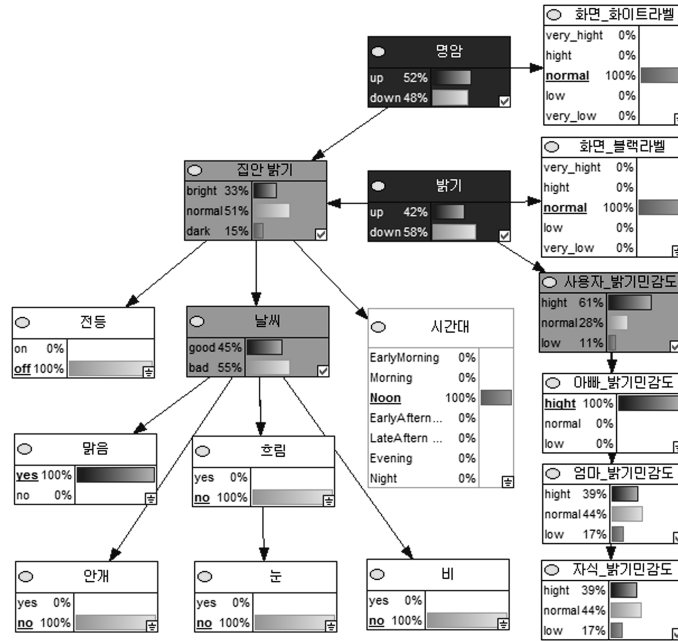


그림 7 오전 11시 명암 및 밝기 조정추론 결과

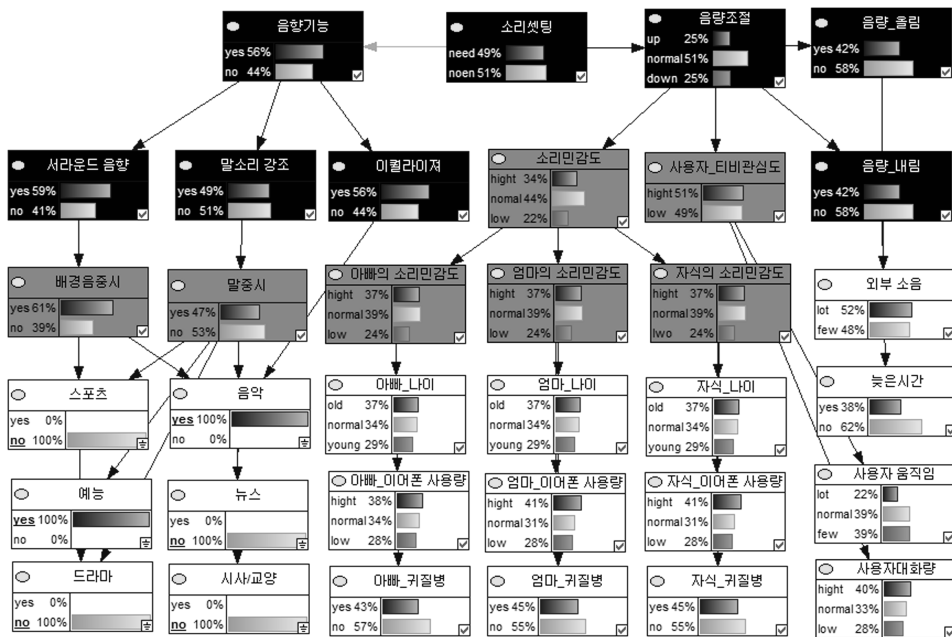


그림 8 오전 11시 음향기능 설정추론 결과

고, 제한한 방법의 성능비교를 위해 규칙기반 시스템과 비교하였다. 비교한 방법의 성능차이가 있음을 t-검정을 통해 입증하였고, 시나리오를 작성하여 상황인지 서비스의 제공 방법의 유용성을 확인하였다.

향후에는 다양한 스마트 TV의 센서들을 이용하여 많은 서비스를 제공하기 위한 베이지안 네트워크 모듈을 확장한다. 스마트 TV가 제공할 수 있는 서비스는 사용자의 상태에 따른 알람, 사용자에게 따른 시청제한, 경

고, 자동절전 등 많은 상황인지 서비스를 제공할 수 있다. 따라서 이러한 상황을 추론하기 위한 베이지안 네트워크 모듈을 추가로 설계해야 한다. 또한 실세계의 데이터 부족으로 도메인 지식을 활용하여 설계한 네트워크에 데이터를 축적시켜 학습을 통하여 네트워크를 구조 학습하여 보강한다면 더 좋은 추론성능을 보일 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] K. S. Cho, H. W. Lee, and W. Ryu, "Service trends and prospect on smart TV," *Electronics and Telecommunications Trends*, vol.26, no.4, pp.1-13, 2011.
- [2] A. K. Dey, "Understanding and using context," *Personal and Ubiquitous Computing*, vol.5, no.1, pp.4-7, 2001.
- [3] G. D. Kleiter, "Propagating imprecise probabilities in Bayesian networks," *Artificial Intelligence*, vol.88, no.1-2, pp.143-161, 1996.
- [4] H.-S. Park and S.-B. Cho, "Context-aware service of home robot using domain knowledge-based Bayesian network modeling," *Proc. of 37th KIISE Fall Conference*, vol.37, no.2(C), pp.309-312, 2010.
- [5] A. Onisko, P. Lucas, M. J. Druzdzel, "Comparison of rule-based and Bayesian network approaches in medical diagnostic systems," *Conference of AI in Medicine in Europe*, vol.2101, pp.283-292, 2001.
- [6] U. Norbistrath, I. Armac, D. Retkowitz, P. Salumaa, "Modeling ehome system," *Proceedings of the 4th International Workshop on Middleware for Pervasive and Ad-Hoc Computing*, vol.182 pp.1-6, 2006.
- [7] M. Bjelica, "Toward TV recommender system: Experiment with user modeling," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol.56, no.3, pp.1763-1769, 2010.
- [8] C. Shin, W. Woo, "Socially aware TV program recommender for multiple viewers," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol.55, no.2, pp.927-932, 2009.
- [9] J. B. dos Santos Jr, R. Goularte, G. B. Faria, E. dos S. Moreira, "Modeling of user interaction in context-aware interactive television application on distributed environments," *1st Workshop on Personalization in Future TV*, 2001.
- [10] H.-J. Kwon, "Personalized smart TV program recommender based on collaborative filtering and a novel similarity method," *IEEE Transaction on Consumer Electronics*, vol.57, no.3, pp.1416-1423, 2011.
- [11] A. Thawani, S. Gopalan, V. Sridhr, "Context aware personalized ad interactive TV environment," in *2004 Workshop on Personalization in Future TV*, pp.239-245, 2004.
- [12] J. W. Lee, K. H. Kim, D.-I. Chang, and D.-G. Kim, "Multi-functional UI/UX based on multi-I/O interface for smart TV," *Telecommunications Review*, vol.22, no.2, pp.244-257, 2012.
- [13] H.-S. Park, S.-B. Cho, "A modular design of Bayesian networks using expert knowledge: Context-aware home service robot," *Expert Systems with Applications*, vol.39, no.3, pp.2629-2642, 2012.
- [14] G. L. Lacey, S. MacNamara, "Context-aware shared control of a robot mobility aid for the elderly blind," *The International Journal of Robotics Research*, vol.19, no.11, pp.1054-1065, 2000.
- [15] X. Yu, X. Zhou, D. Zhang, C.-Y. Chin, X. Wang, J. Men, "Supporting context-aware media recommendations for smart phones," *IEEE Pervasive Computing*, vol.5, no.3, pp.68-75, 2006.
- [16] M. Dnaninger, G. Flaherty, K. Bernardin, H. K. Ekenel, T. Kohler, R. Malkin, R. Stiefelhaven, A. Waibel, "The connector: Facilitating context-aware communication," *ICMI '05 Proceeding of The 7th International Conference on Multimodal Interfaces*, pp.69-75, 2005.
- [17] F. Paganelli, D. Giuli, "An ontology-based system for context-aware and configurable services to support home-based continuous care," *IEEE Transactions on Information Technology In Biomedicine*, vol.15, no.2, pp.354-333, 2011.
- [18] T. Gu, X. H. Wang, H. K. Pung, D. Q. Zhang, "An ontology-based context model in intelligent environments," *Proceedings of Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conference*, 2004.
- [19] A. A. Sabagh, A. Al-Yasiri, "An extensible framework for context-aware smart environments," *Lecture Notes in Computer Science*, vol.6566, pp.98-109, 2011.
- [20] Q. Fu, P. Li, C. Chen, L. Qi, Y. Lu, C. Yu, "A configurable context-aware simulator for smart home systems," *Pervasive Computing and Applications*, pp.39-44, 2011.
- [21] J. Petzold, A. Pietzowski, F. Bagei, W. Trumler, T. Ungerer, "Prediction of Indoor movements using Bayesian networks," *First International Workshop on Location- and Context-Awareness*, vol.3479 pp.211-222, 2005.
- [22] J. P. Rowe, J. C. Lester, "Modeling user knowledge with dynamic Bayesian networks in interactive narrative environments," *Proceeding on 6th Annual AI and Interactive Digital Entertainment Conference*, pp.57-62, 2010.
- [23] S. H. Chen, C. A. Pollino, "Good practice in Bayesian network modelling," *Environmental Modelling and Software*, vol.37, pp.134-145, 2012.
- [24] M. Ashcroft, "Bayesian networks in business analytics," *Proceedings of the Federated Conference on Computer Science and Information systems*, pp.955-961, 2012.
- [25] S. H. Yi and S. B. Cho, "A battery-aware energy-

- efficient android phone with Bayesian networks," *2012 9th International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing and 9th International Conference on Autonomic and Trusted Computing*, pp.204-209, 2012.
- [26] A. J. Jakeman, R. A. Letcher, J. P. Norton, "Ten iterative steps in development and evaluation of environmental models," *Environmental Modelling and Software*, vol.21, no.5, pp.602-614, 2006.
- [27] D. Gauntlett, A. Hill, "Chapter 2: Television and everyday life," *TV living: television, culture, and everyday life*, pp.21-50, 1999.
- [28] B. G. Buchanan, E. H. Shortliffe, "Rule-based expert systems: the mycin experiments of the stanford heuristic programming project," Addison-Wesley, Reading, MA, 1984.



양 건 모

2011년 세종대학교 디지털콘텐츠학과 졸업(학사). 2012년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 석사과정. 관심분야는 인공지능, 상황인지



조 성 배

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. 2005년~2006년 캐나다 Univ. of British Columbia 방문교수. 관심분야는 신경망, 패턴인식, 지능정보처리