

스마트폰을 위한 베이지안 네트워크 기반 지능형 에이전트

(Intelligent Agent based on Bayesian Network for Smartphone)

한 상 준 [†] 조 성 배 ^{**}
(Sang-Jun Han) (Sung-Bae Cho)

요 약 최근 이동전화가 사람 사이의 커뮤니케이션에 있어서 필수적인 수단으로 자리 잡고 있다. 사용자가 늘어감에 따라 이동전화망을 이용한 각종 부가 서비스들이 개발되고 고성능의 단말기들이 등장하고 있다. 또한 유비쿼터스 컴퓨팅 개념의 발전과 더불어 스마트폰에서 여러 가지 새롭고 편리한 서비스를 제공하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 스마트폰에서의 개인화된 지능형 서비스를 위하여 베이지안 네트워크를 이용한 사용자 모델링과 규칙기반 서비스 선택기능을 갖춘 지능형 에이전트를 제안한다. 이 에이전트는 베이지안 네트워크를 사용하여 개인정보와 통신기록 자료로부터 사용자의 감정, 바쁨의 정도, 상대방과의 친밀도를 추론한 후 얻어진 정보를 사용하여 적절한 행동유를 제시한다. 몇 가지 상황에 적용하여 제안한 지능형 에이전트의 유용성을 보인다.

키워드 : 지능형 에이전트, 베이지안 네트워크, 스마트폰

Abstract Today, mobile phones have become an essential item for man-to-man communication. As more people use mobile phones, various services based on mobile phone networks and high-end devices have been developed. In addition, with the growth of the concept of ubiquitous computing, there are many ongoing studies on novel and useful services in smartphone. In this paper, for personalized service in smartphone we propose an intelligent agent that uses user modeling based on bayesian network and rule based service selection mechanism. It infers the user's status such as his current affect, how he is busy, and how someone is familiar with him from personal information and communication history using bayesian network and provides appropriate services on the basis of the inferred information. We apply it to some realistic situation to confirm the usefulness our proposed agent.

Key words : intelligent agents, bayesian network, smartphone

1. 서 론

최근 이동전화와 사람과 사람 사이의 커뮤니케이션에 필수적인 수단이 되고 있다. 실제로 정보통신부의 보고에 따르면 그림 1에서 보이는 바와 같이 우리나라의 이동전화 가입자 수는 1998년에 1,398만 명이던 것이 2002년 말에는 3,252만 명으로 증가하여 인구대비 보급률 68.3%를 기록하였고, 그중 최대 2.4Mbps의 전송속

도를 제공하는 CDMA 1x EV DO서비스 가입자가 전체의 51.1%를 차지하였다[1]. 이렇게 사용자가 늘어나고 통신 속도가 빨라짐에 따라 이동전화망을 이용한 각종 부가 서비스들이 개발되고 고성능의 단말기들이 등장하고 있다. 그중 PDA(personal digital assistant)와 이동전화의 기능이 결합된 스마트폰은 음성전화, 무선 데이터 통신, 개인정보 관리 등의 다양한 기능을 하나의 기기에서 제공하여 단순한 음성통신 기능을 벗어나, 기업용 업무기기 및 오락의 매체로서 주목 받고 있다.

많은 기업들이 그림 2와 같은 스마트폰들을 경쟁적으로 출시하고 있으며 시장조사기관의 보고에 따르면 2003년 1/4분기의 스마트폰 출하 대수는 171만대였는데, 이는 작년 같은 기간에 비해 438.3%나 증가했으며, 2002

· 본 연구는 프론티어 연구사업의 지원에 의한 것이다

[†] 학생회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과
sjhan@cs.yonsei.ac.kr

^{**} 종신회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수
sbcho@cs.yonsei.ac.kr

논문접수 : 2003년 12월 17일

심사완료 : 2004년 9월 15일

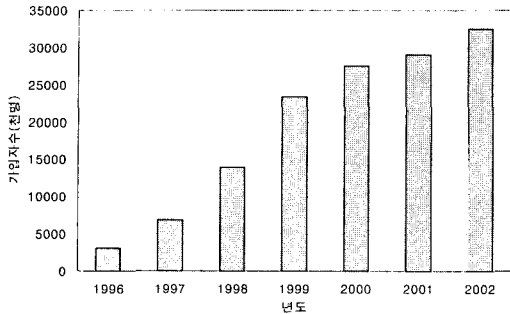


그림 1 우리나라의 이동전화 가입자 증가 추세

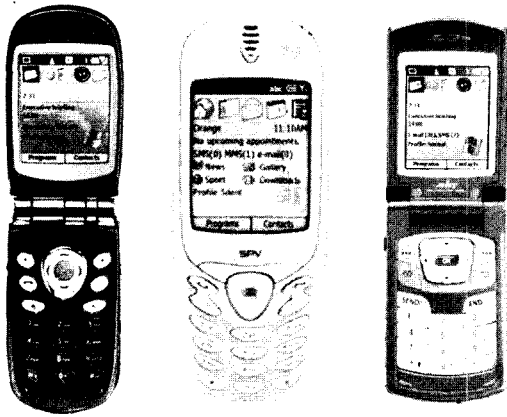


그림 2 현재 출시되고 있는 스마트폰

년 4/4분기보다 37.6% 늘어난 것이었다고 한다[2]. 현재의 스마트폰은 단순히 고성능 이동전화로서의 기능만을 하고 있지만 앞으로의 응용에 따라 활용가능성은 매우 크다고 할 수 있다. 특히 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 구현에 적합한 기기로 떠오르면서 스마트폰에서 개인화된 지능형 서비스의 필요성이 점점 커지고 있다. 하지만 그 특성상 계산 능력과 저장용량, 사람과 상호작용 할 수 있는 방법 등의 제약이 있으므로 이를 극복하고 좀 더 유용한 서비스를 제공하기 위한 기술 개발이 필수적이다.

개인화된 서비스를 제공하기 위해서는 사용자의 상태를 추론해 내는 기법과 그에 따른 적절한 서비스를 선택하는 방법의 개발이 필요하다. 하지만 아직 스마트폰에서의 지능형 서비스를 위한 연구는 매우 미흡한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 스마트폰에서 지능형 서비스의 도입을 위한 새로운 사용자 상태 추론 기법과 서비스 선택 기법을 제안하고 이를 이용한 어플리케이션의 프로토타입을 구현하였다.

본 논문에서는 먼저 스마트폰에서 사용자 모델링을 위하여 쓰일 수 있는 여러 종류의 정보들을 조사하고 이 중 사용자 상태 추론에 유용한 정보원을 선택한다. 선

택된 정보원에서 추출된 사용자 정보와 베이지안 네트워크를 사용하여 사용자의 현재 상태를 추론한다. 이렇게 추론된 정보를 사용하여 미리 정의된 규칙에 따라 각 상황에 따른 적절한 행동을 사용자에게 제공한다. 이와 같은 방법은 변수들 간의 불확실성을 확률 값으로 표현함으로써 비교적 적은 자원을 사용하면서도 단순 규칙기반 방법과 비교해 좀 더 좋은 유연성과 확장성을 제공할 수 있다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. 2장은 스마트폰에서 얻을 수 있는 데이터와 이를 이용한 사용자 모델링에 대해 소개하고, 3장은 제안하는 시스템의 구성과 사용자 모델링 및 서비스 선택 방법에 대해 설명한다. 4장은 실제상황에 따른 에이전트의 동작과정을 살펴보고, 5장은 논문의 결론과 향후연구에 대해 언급한다.

2. 관련 연구

현재 연구되고 있는 지능형 에이전트의 목표로는 사용자의 작업에 대한 안내, 또는 대리인으로서의 작업 수행, 오락, 유용한 정보제시 등이 있다[3]. 이러한 지능형 서비스를 제공하기 위한 사전단계로서 사용자의 상태나 의도 등을 파악하는 일이 필수적이다. 스마트폰에서 이 같은 서비스를 위하여 활용가능한 정보로는 표 1과 같이 크게 개인정보, 통신기록, 프로그램 사용 패턴, 위치 정보 등이 있다. 스마트폰 상에서 위와 같은 정보들의 활용방법에 대한 연구는 행해진 적이 없지만 각기 다른 분야에서 개인화, 지능화된 서비스의 제공을 위하여 이 같은 정보를 활용하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다.

표 1 스마트폰에서 얻을 수 있는 정보

종류	구성요소
주소록	이름, 분류 그룹, 휴대전화번호, 자택전화번호, 전자 메일, 주소, 홈페이지
일정	제목, 장소, 시작시간, 종료시간, 참석자, 중요도, 분류 그룹, 반복시작일, 반복종료일, 메모
통신기록	상대방 이름, 전화번호, 통화시작시간, 통화지속시간, 문자 메시지 내용
위치	위도, 경도, 고도, 속도

대부분의 PDA 및 스마트폰은 기본적으로 주소록, 일정, 메모 등의 개인정보를 입력, 저장, 검색할 수 있게 해주는 개인정보관리시스템(personal information management system)을 갖추고 있어 사용자의 다양한 개인정보를 사용할 수 있다. 일정정보는 사용자를 대신하여 일정관리를 자동적으로 수행하여 주는 지능형 에이전트의 구현을 위해 주로 사용되어 왔는데 관련 연구로는 다음과 같은 것들이 있다. T. Mitchell 등은 개인화된

일정관리 보조 프로그램을 위해 기계학습 기법을 도입하여 일정데이터를 학습하는 기법을 제안하였다[4]. 의사결정트리를 이용해 사용자가 이미 입력한 일정데이터를 학습하고 새로 입력할 일정의 장소, 시간, 요일, 시간을 예측하였다. 두 명의 사용자의 일정데이터를 사용한 실험에서 의사결정트리에 의해 생성된 규칙이 최근 가장 많이 입력했던 값을 추천하는 단순 규칙 방법보다 좋은 성능을 보여 기계학습기법으로 사용자의 일정 입력 성향을 학습할 수 있음을 보였다. Schiaffino 등은 개인화된 일정관리 에이전트를 위해 필요한 소프트웨어 구조를 제안하고 사용자 성향 학습방법으로 베이지안 네트워크와 사례기반 학습방법을 제시하였다[5].

스마트폰은 무선 음성통신 뿐만 아니라 데이터통신도 지원하여 음성통화, 단문전송서비스(short message service), 전자메일 등 다양한 방식의 커뮤니케이션을 가능하게 한다. 이러한 개인 통신기록을 사용하여 사용자의 사회적 관계를 추측하거나 전자메일 프로그램 사용을 돕는 등의 서비스를 구현할 수 있다. Boone은 전자메일에 대한 삭제, 답신, 정렬 등의 작업을 자동으로 처리하는 에이전트를 구현하기 위하여 신경망과 최근접 이웃 분류기를 사용하는 방법을 제안하였다[6]. 1,210개의 실제 전자메일 데이터로 각 폴더의 전자메일을 학습하고 적합한 폴더로 새로운 전자메일을 자동으로 분류하는 문제에 대하여 실험한 결과 최고 97.7%의 정확률을 보여 그 가능성을 입증하였다. Danah 등은 전자메일 데이터로부터 다른 사람과의 친분관계를 추측하여 사용자의 사회적 대인관계를 시각화하는 어플리케이션을 제안하였다[7]. 사용자의 전자메일 보낸 시간과 날짜, 보낸 사람, 받는 사람 정보를 사용하여 추론된 친분관계를 그래프로 시각화하였다. 사용자는 이 그래프를 사용하여 인지하지 못하고 있던 관계나 사회적 상황에 맞는 행동을 선택할 수 있다.

프로그램 사용 패턴은 사용자의 작업을 돕기 위하여 기존의 데스크탑 컴퓨터에서도 많이 사용되어온 정보이다. 사용자의 사용 패턴을 학습하거나 의도를 추론하여 작업을 대신 수행해 주거나 적절한 가이드를 제시하는데 유용하게 사용되어 왔다. 대표적인 연구로는 Lumiere 프로젝트가 있다[8]. 이 프로젝트에서는 마이크로소프트의 오피스 어플리케이션 사용자에게 적절한 도움말을 자동으로 제시해 주는 에이전트를 구현하기 위해 사용 패턴을 관찰한 후 이를 베이지안 네트워크를 사용해 모델링하여 사용자의 목표를 추론한 후 그에 적절한 도움말을 추천해주는 방법을 제안하였다. Liu 등은 프로그램의 사용성과 생산성을 높이기 위해 프로그램 사용 시 일어나는 이벤트의 시퀀스를 학습하여 사용자의 의도를 파악한 후 이에 따라 다음 작업을 제시해 주는 방법을

제안하였다[9].

최근 기술의 발전으로 스마트폰에도 사용자의 지리적인 위치정보를 알 수 있게 해주는 GPS(global positioning system) 등의 장치가 탑재되고 있다. Flavia는 지능형 서비스를 위해 위치정보를 활용하였다[10]. 박물관에서 사용자의 성향에 맞는 서비스를 제공하기 위해 사용자의 위치 변화와 각 위치에서 머무는 시간을 베이지안 네트워크로 모델링하여 사용자의 관람 성향을 추론하였다. 실제 박물관에서 관광객이 움직인 경로를 추적한 데이터로 실험한 결과 잡음이 섞인 센서데이터에 대해서도 적합한 사용자 성향을 추론해내 베이지안 네트워크기반 사용자 모델링이 불확실하고 잡음이 많은 환경에서의 추론에 적합함을 보였다. 그밖의 연구로는 주로 여행객의 원활한 관광을 돕기 위한 서비스 개발에 관한 것들이 있다[11].

본 논문에서는 스마트폰에서 개인화된 지능형 서비스를 구현하기 위하여 개인정보, 통신기록을 사용하는 방법을 제안한다. 개인정보 및 통신기록은 사용자의 상태에 대해서 많은 정보를 담고 있으면서도 대부분의 스마트폰에서 추가적인 하드웨어나 소프트웨어의 설치가 없이도 사용하기 때문이다. 이러한 정보로부터 사용자의 감정, 바쁨의 정도 등의 상태정보를 베이지안 네트워크를 사용하여 추론한 후 그에 따른 적절한 서비스를 제시하는 에이전트를 설계하고 구현하였다.

3. 스마트폰용 지능형 에이전트

본 논문에서 제안하는 에이전트는 그림 3과 같이 크게 증거수집, 추론, 행동선택의 세 가지 모듈로 구성된다. 증거수집 모듈은 개인정보, 통신내역 등의 자료들로부터 상태 추론모듈의 베이지안 네트워크 내의 변수의 상태 값을 알아내는 역할을 한다. 상태추론 모듈은 수집된 정보를 바탕으로 감정, 바쁨의 정도 등의 사용자의 상태를 추론한다. 행동 선택 모듈은 추론된 상태에 가장 적합한 행동을 미리 정해진 규칙을 사용하여 사용자에게 제시한다.

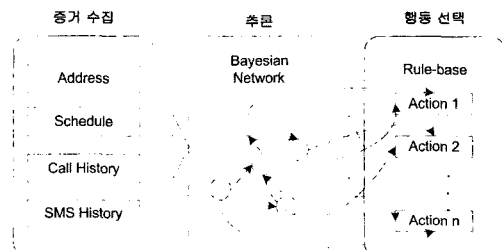


그림 3 제안하는 에이전트의 구조

3.1 사용자 모델링

사용자의 상태를 알아내기 위하여 직접적인 입력을 요구하는 것은 매우 고가의 일이다. 때문에 지능형 에이전트는 사용자가 남기는 암시적인 정보로부터 의미 있는 정보를 수집하고 상태를 추론하는 작업이 요구되는데 이 작업에는 매우 많은 불확실성이 존재한다[8]. 베이저안 확률 추론은 불충분한 정보를 가진 환경을 표현하고 추론하는 대표적인 기법들 중 하나이다. 그것은 어떤 사실이 관측되었을 경우 환경을 적절하게 표현하는 가설이 어떤 것인지 추론하며, 베이저안 네트워크는 환경을 표현하는 데 사용된다. 네트워크의 노드는 랜덤 변수를 표현하며 아크는 변수들간의 의존성을 표현한다[12,13].

베이저안 네트워크의 추론을 사용하기 위해서, 네트워크의 구조가 먼저 설계되어야 하며, 각 노드의 결합확률분포도 결정되어야 한다. 보통 네트워크의 구조는 전문가에 의해서 설계되며, 확률분포는 전문가에 의해서 결정되거나 수집된 데이터로부터 얻어진다. 증거 변수들이 관측되면 각 노드의 확률값은 결합확률테이블과 독립성 가정에 기초한 베이저안 추론 알고리즘에 의해서 과도한 연산과정 없이 계산된다. 그림 4의 x1, x2, x3, x4, x5는 주어진 도메인의 랜덤변수들이다. 결합확률분포 P(x1, x2, x3, x4, x5)는 변수들의 독립성 가정과 체인룰을 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다[13].

$$P(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5) = P(x_1)P(x_2)P(x_3|x_1, x_2)P(x_4|x_2)P(x_5|x_3)$$

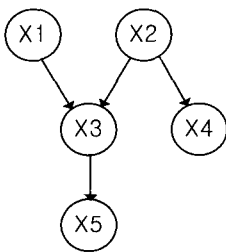


그림 4 간단한 베이저안 네트워크 구조의 예

베이저안 네트워크를 사용한 사용자 모델링은 신경망, 규칙 학습 등의 데이터기반 방법에 비해 설계자의 사전 지식을 활용하기 쉬운 장점이 있다. 네트워크 노드간의 연결 관계와 확률 값을 결정하는 데 있어서 사전지식을 충분히 활용하여 기대치만큼의 성능을 쉽게 이끌어 낼 수 있다. 또한 스마트폰의 경우에는 저장용량이 비교적 작아 많은 데이터를 사용할 수 없고 계산 능력도 떨어지기 때문에 학습알고리즘 수행에 필요한 많은 계산을 수행하기가 힘들어 데이터기반 방법은 적합하지 않다. 또한 규칙기반 방법에 비해서는 확장성면에서 이점을

가진다. 기존의 네트워크에 새로운 노드를 추가하고 관련된 노드에 아크를 추가하는 것으로 새로운 기능을 쉽게 추가할 수 있다. 반면 규칙기반 방법의 경우에는 사용자 모델링에 수많은 규칙이 필요하게 되며 새로운 규칙을 추가하기 위해서는 여러 규칙을 갱신해야 하기 때문에 베이저안 네트워크 방법보다 많은 노력이 필요하다.

3.2 사용자 상태의 추론

본 논문에서는 여러 가지 사용자의 상태 중 감정, 바쁨의 정도, 상대방과의 친밀도를 사용하였고 추론 방법으로는 베이저안 네트워크를 사용하였다. 먼저 개인정보와 통신기록으로부터 사용자간의 관계를 베이저안 네트워크로 모델링한 후 현재 관찰된 변수들의 상태를 네트워크에 증거변수로 입력하여 다른 변수들의 확률 값을 얻는다. 효과적인 베이저안 네트워크를 이용한 사용자 모델링은 적절한 변수와 변수의 상태 값을 어떻게 정의하는가에 달려 있다[8].

베이저안 네트워크의 설계과정은 다음과 같다. 먼저 추론하고자 하는 변수, 관련된 있는 변수 및 그 상태들을 정의한다. 그리고 변수의 상태별 발생조건을 정의한다. 예를 들면 사용자의 바쁨의 정도를 추론하기 위하여 “부재중 전화의 수”라는 변수를 사용하기로 하고 이 변수의 상태를 “많음”, “적음”의 2가지로 정했다면 부재중 전화가 5통화 이상일 때는 많음, 2통화 이하일 때는 적음이라는 식으로 구체적인 상태의 발생 조건을 정의한다.

변수 정의가 끝나면 변수들 간의 의존 관계를 정의하여 베이저안 네트워크의 구조를 설계한다. 이 작업은 베이저안 네트워크내의 변수들 간의 연결 관계와 조건부 확률을 정하는 작업인데 설계방법에는 설계자의 지식을 이용한 방법과 데이터로부터 자동으로 학습하는 방법이 있다. 많은 양의 개인정보데이터를 구하기가 쉽지 않기 때문에 본 논문에서는 설계자가 수작업으로 정의하는 방법을 사용하였다. 베이저안 네트워크의 설계과정을 도식화하면 그림 5와 같다.

이렇게 정의된 베이저안 네트워크는 신기록 및 개인 정보를 참조하여 변수의 상태 값을 얻어낼 수 있는 31개의 관측 가능한 변수(증거변수)를 가지며 이 증거 변수들로부터 추론되는 관측 불가능한 변수는 17개로 총 48개의 변수를 가지며 모든 변수는 2개의 상태를 가진다. 또한 변수들 사이에는 총 65개의 연결관계가 정의되어 있다.

3.2.1 감정

사용자의 감정 상태를 추론하기 위하여 Valence-Arousal (V-A) 공간을 도입하였다. V-A공간은 감정을 2차원 공간에서 나타내는 간단한 모델로서 기존 감성인

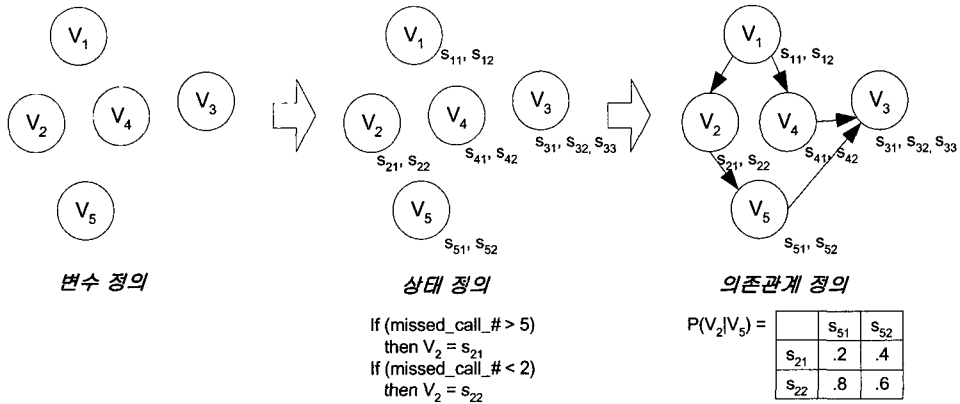


그림 5 베이지안 네트워크의 설계과정

식 연구에서 감정 모델링을 위해 많이 쓰이고 있는 유용한 방법이다[14]. Valence축은 감정의 성격, Arousal 축은 감정의 강도를 나타내며 두 축의 값으로 여러 가지 감정 상태를 나타낼 수 있다는 장점이 있다. 예를 들면 “즐겁다”라는 감정은 높은 강도에서 긍정적인 성격을 가지므로 높은 Valence값과 Arousal값을 가진다. “화났다”라는 감정은 높은 강도에서 부정적인 성격을 가지므로 높은 Arousal값과 낮은 Valence를 가진다. 사용자 감정의 V A공간상의 위치를 추론하기 위해 두 축의 값에 대한 베이지안 네트워크를 각각 설계하고 추론된 Valence와 Arousal값을 V A공간상에 대입하여 사용자의 감정을 결정하였다. V A공간은 연속적인 성격을 띄지만 본 논문에서는 각 축의 값을 높음과 낮음의 두 가지 경우로 단순화시켜 “즐겁다”, “화났다”, “슬프다”, “편하다”의 총 4가지의 감정을 추론하도록 하였다. 4가지 감정의 V A공간상의 위치를 도식화 하면 그림 6과 같다.

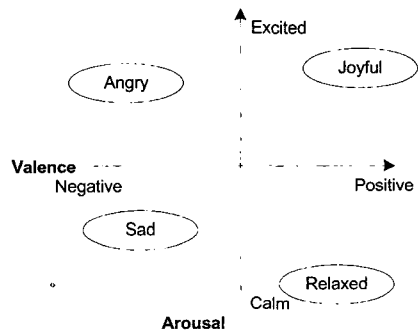


그림 6 Valence Arousal 공간

추론에 사용되는 변수들 사이의 관계는 사람의 일반

적인 감정변화의 원인들을 고려하여 정의 하였다. 예를 들면 사무적인 일정이 많은 날은 감정이 부정적인 확률이 높고 문자메시지에 긍정적인 감정을 나타내는 단어나 이모티콘(emoticon)이 많을 경우 감정이 긍정적인 확률이 높다. 표 2와 그림 7은 감정 상태 추론에 사용되는 변수들과 베이지안 네트워크로 표현된 변수간의 관

표 2 감정상태 추론을 위한 변수들의 예

이름	설명	상태	종류
Past Business Schedule #	지나간 업무 일정의 수	Many/Few	관측가능
Type of Current Schedule	현재 일정의 성격	Good/Bad	관측불가
Today's Schedule #	오늘의 총 일정의 수	Many/Few	관측가능
Business Schedule #	오늘의 업무 일정의 수	Many/Few	관측가능
No Schedule	현재 시간에 지정된 일정이 있음	Yes/No	관측가능
With Familiar People	현재 일정에 관계된 사람들의 친밀도	High/Low	관측가능
Birthday	주소록에 오늘이 생일인 사람이 있음	Yes/No	관측가능
Sent SMS Emoticon #	보낸 문자메시지에 사용된 이모티콘의 수	Many/Few	관측가능
Frequent Call Making	최근 자주 전화를 걸었음	Yes/No	관측가능
Heavy Schedule	과도한 업무 일정	Yes/No	관측불가
Call From Familiar People #	친한 사람으로부터의 전화의 수	Many/Few	관측가능

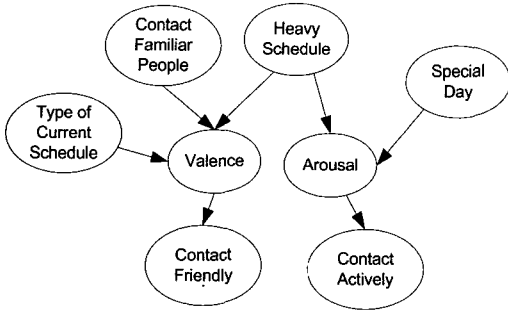


그림 7 감정상태 추론을 위한 베이지안 네트워크의 한 부분

계를 나타낸다.

3.2.2 바쁨의 정도

현재 사용자가 얼마나 바쁘게 움직이고 있는가를 추론하기 위하여 활용될 수 있는 정보로는 입력된 일정의 양, 휴일의 여부, 전화나 문자메시지의 사용량 등이 있다. 이런 점들을 고려하여 표 3과 같이 변수를 설계하였다.

변수들 사이의 관계설정에 있어서는 업무 일정의 빈도와 현재 하고 있는 일정이 많을 경우는 바쁨 가능성이 크고 특별한 일이 없거나 저녁시간이어서 쉬고 있을 확률이 높을 경우 가능성이 낮을 것이다. 또한 사용자가 바쁨 경우에는 평소보다 자주 통화를 하거나 평소보다 신경을 쓰지 못해 부재중전화나 답장하지 못한 문자 메시지가 많을 것이다. 그림 8은 바쁨의 정도를 추론하기 위한 변수들 사이의 관계를 나타낸다.

3.2.3 친밀도

주소록에 등록된 사람과 사용자간의 친밀도를 추론하

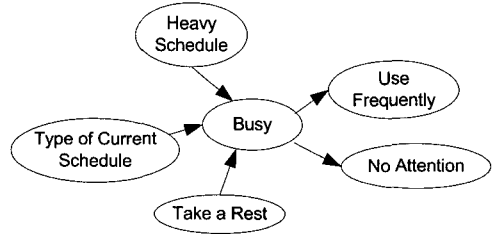


그림 8 바쁨의 정도 추론을 위한 베이지안 네트워크의 한 부분

기 위하여 상대방과의 통신 기록과 일정 기록을 사용하였다. 주로 사용된 정보는 음성통화 기록과 문자메시지의 내용, 주소록에 등록된 그룹의 종류 등이다. 이 같은 정보를 의미하는 변수들을 정의하였는데 그 내용은 표 4와 같다.

변수들 사이의 관계는 실제로 친한 사람 사이에 일어날 수 있는 상황을 고려하여 설정하였다. 예를 들면 자주 연락하는 사람이나 친구 그룹에 등록된 사람인 경우 친밀도가 높을 가능성이 크고 오랫동안 연락이 없는 사람의 경우 친밀도가 낮을 가능성이 크다. 그림 9는 친밀도를 추론하기 위한 변수들 사이의 관계를 나타낸다.

친밀도는 주소록에 등록된 모든 사람을 대상으로 추론되며 주기적으로 갱신된다. 결과 값은 직접적으로 행동 선택에 사용되기 보다는 다른 변수의 값을 추론하기 위해서 사용된다. 예를 들면 감정추론에 사용되는 친한 사람으로부터 걸려온 전화의 수를 나타내는 "Call From Familiar People #"이라는 변수의 상태는 통화기록과 친밀도 값을 고려해 결정된다.

표 3 바쁨의 정도를 위한 변수들의 예

이름	설명	상태	종류
Office Hour	업무 시간	Yes/No	관측가능
Weekend or Holiday	주말이나 휴일	Yes/No	관측가능
Missed Call #	부재중 전화의 수	Many/Few	관측가능
Use Frequently	자주 사용함	Yes/No	관측가능
No Attention	스마트폰에 신경을 쓰지 않음	Yes/No	관측불가
Take a Rest	쉬고 있음	Yes/No	관측불가
Busy	바쁨의 정도	High/Low	관측불가

표 4 친밀도 추론을 위한 변수들의 예

이름	설명	상태	종류
Related Schedule #	관련된 일정의 수	Many/Few	관측가능
Long Time No See	오랫동안 연락이 없음	Yes/No	관측불가
Recent Call #	최근에 한 통화의 수	Many/Few	관측가능
Long Conversation	평균 통화시간이 김	Yes/No	관측가능
Family	가족	Yes/No	관측가능
Close Relationship	가까운 관계에 있음	Yes/No	관측불가
Amity	친밀도	High/Low	관측불가

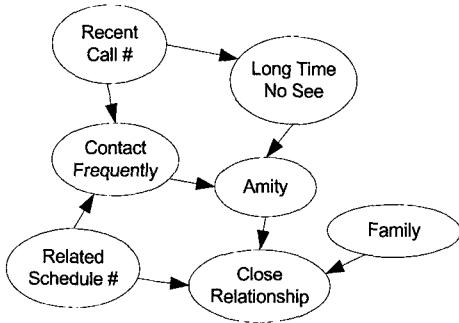


그림 9 친밀도 추론을 위한 베이지안 네트워크의 한 부분

3.3 행동선택

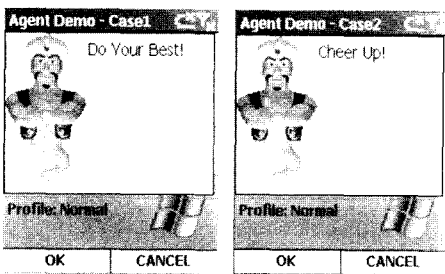
베이지안 네트워크로부터 추론된 사용자의 현재 상태를 종합하여 현재 사용자에게 가장 적합한 행동을 미리 정해진 규칙으로 선택한다. 먼저 제시 가능한 행동모듈을 정의한 후 각 행동들이 일어날 조건을 규칙으로 표현하였다. 본 논문에서는 총 4가지의 행동 모듈을 정의하였고 그 내용 및 행동의 결과는 표 5와 그림 10과 같다.

규칙들의 조건부에는 베이지안 네트워크의 변수들의 상태 값이 사용되며 결과부에는 실행할 행동 모듈이 위치한다. 조건부에 사용되는 변수는 감정상태와 친밀도 등의 관측 불가능한 변수 뿐 아니라 모든 변수들이 사용될 수 있다. 각 행동의 실행을 결정하는 규칙은 다음과 같다.

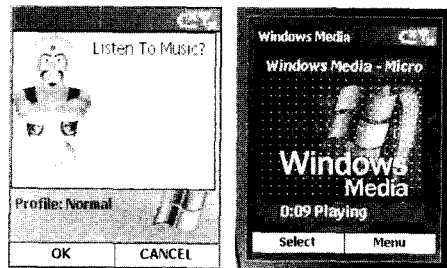
표 5 정의된 행동 모듈

이름	설명
메시지 띄우기	사용자를 격려하는 메시지를 담은 창을 띄움
프로그램 추천	인터넷 사이트나 음악 재생기를 추천
홈스크린의 배경 바꾸기	현재 상태에 맞는 배경화면으로 바꿈
대화상대 추천	현재 상태에서 대화할만한 상대를 추천

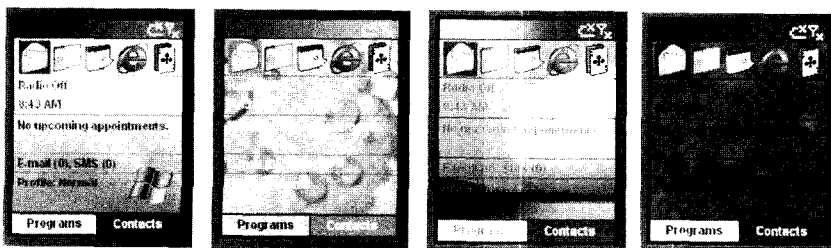
- If (Arousal = Calm & Valence = Negative & Type of Current Schedule = Bad & Past Business Schedule # = Few)
OpenMsgWin "Do Your Best!"
 - If (Arousal = Calm & Valence = Negative & Busy = Yes & Heavy Schedule = Yes)
OpenMsgWin "Cheer Up!"
 - If (Valence = Positive & Type of Current Schedule = Good & Busy = No)
ChangeBkgnd "Bright"
 - If (Arousal = Calm & Valence = Positive & Take a Rest = Yes)
Execute "MusicPlayer"
 - If (Arousal = Calm & Valence = Negative & After Last Schedule = Yes & Take a Rest = Yes)
RecommendContact
- 메시지 띄우기는 사용자의 상태에 맞추어 격려 메시지를 제시한다. 사용자의 기분이 좋지 않다고 판단되거나 업무로 바쁜 경우 위로하는 메시지를 화면에 출력한다. 프로그램 추천은 사용자가 쉬고 있고 편안하다고 판



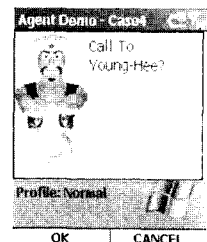
(a) 메시지 띄우기



(b) 프로그램 추천



(c) 배경화면 바꾸기



(d) 대화상대 추천

그림 10 행동모듈의 실행 결과

단될 경우 음악재생 프로그램을 추천한다. 배경 바꾸기는 스마트폰의 홈 스크린 배경과 윈도우의 배색을 사용자의 상태에 맞추어 바꾸어 준다. 현재 일정이 사용자가 좋아하는 것이고 감정상태가 긍정적인 편일 경우 밝은 느낌의 배경화면으로 전환한다. 대화상대 추천은 일과 시간 후 안부전화를 많이 하므로 사용자가 일이 끝나고 쉬고 있다고 판단될 경우 친밀도가 높은 사람들 중에서 랜덤하게 한명을 선택하여 연락할 것을 추천한다.

4. 실제작동 예

제안하는 지능형 에이전트를 구현하기 위한 개발도구로서 마이크로소프트의 Smartphone SDK 2002와 Smartphone 에뮬레이터를 사용하였다[15]. 에뮬레이터는 그림 11과 같이 실제 스마트폰과 같은 환경의 개인정보관리 시스템과 음성 통화, 웹브라우저, 멀티미디어파일 재생기 등의 기능을 제공한다. Smartphone SDK는 Windows Mobile 운영체제 기반의 스마트폰에서 응용프로그램을 작성할 수 있는 개발환경과 개인정보 및 통화내역 데이터베이스에 접근할 수 있는 함수들을 제공한다.

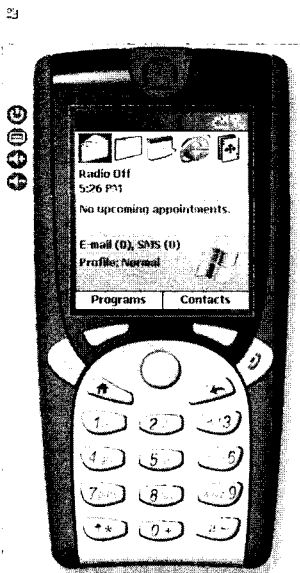


그림 11 스마트폰 에뮬레이터

본 논문에서는 제안한 에이전트의 유용성을 보이기 위해 간단한 가상의 시나리오를 만들고 그 위에서의 에이전트 추론과정 및 행동 제시결과를 살펴보았다. 시나리오는 개인정보관리에 스마트폰을 적극적으로 활용하는 30세의 남자 회사원이라는 가정 아래 일정, 주소록, 통화내역, 문자메시지 내역을 정의하였다. 설정된 시나

표 6 사용자의 일정

시간	내용	비고	시간	내용	비고
09:00	팀 회의	일정 1	16:00		
09:30			16:30		
10:00	거래처 방문 (홍길동)	일정 2	17:00		
10:30			17:30		
11:00			18:00		
11:30			18:30		
12:00			19:00		
12:30	친구와 점심 (김철수)	일정 3	19:30		
13:00			20:00	여자친구와 영화보기	일정 5
13:30		20:30			
14:00	프로젝트 중간발표	일정 4	21:00		
14:30			21:30		
15:00			22:00		
15:30			22:30		

표 7 사용자의 주소록

그룹	이름	전화번호
직장	김부장	011-123-4567
	이과장	011-987-6543
	박대리	016-111-2222
친구	김철수	011-333-4444
	송영수	011-999-9999
	박영철	011-555-5555
거래처	홍길동	019-222-2222
	박문수	016-333-3333
여자친구	이영희	011-111-1111

표 8 사용자의 통화 내역

시간	이름	In/Out	통화여부	통화시간
08:55:23	김부장	In	No	0:00
08:59:00	김부장	In	No	0:00
09:02:10	이과장	In	No	0:00
09:50:02	홍길동	Out	Yes	1:44
10:00:09	홍길동	In	Yes	0:50
10:30:19	박문수	In	Yes	0:42
11:09:22	박대리	Out	Yes	1:01
13:25:00	박대리	In	Yes	0:22
23:03:00	이영희	Out	Yes	38:59

리오는 표 6, 7, 8, 9와 같다.

설정된 시나리오에는 총 5개의 일정이 존재하고 에이전트는 각 일정이 끝나거나 시작되는 시점에서 작동한다. 개인정보 및 통신내역의 변경 사항을 감지하여 변수들의 상태 값을 결정한 후 추론과정을 수행하여 각 변수의 확률 값을 갱신한다. 갱신된 확률 값을 행동 선택 규칙에 적용하여 맞는 규칙이 있을 경우 해당되는 행동을 제시하며 그렇지 않을 경우 아무행동도 제시하지 않는다. 주소록에 등록된 사람들과의 친밀도는 설정된 사

표 9 사용자의 문자 메시지 내역

시간	이름	In/Out	내용
12:25:00	김철수	Out	12시 반에 만나느거 안있었지?
12:27:40	김철수	In	다 와간다 _
12:37:33	송영수	Out	잘 지내냐? 못본지 오래된거같구나
12:39:00	송영수	In	너도 잘 지내지?언제 함봐야지^^
12:42:01	송영수	Out	그래:)자주 연락하자구~!
19:20:00	이영희	Out	내가 표 예매해 놓을까?
19:22:50	이영희	In	괜찮아 같이 가서 사자^^;
19:24:00	이영희	Out	그래 그럼 이따 영화관에서 봐~~^^

람들의 성격에 따라 미리 계산되어 다른 변수의 추론에 쓰인다. 그림 12은 시간에 따른 에이전트의 행동을 보여 준다.

첫 번째 일정인 "팀회의"가 시작 될 때 사용자는 출근시간에 늦어 빠르게 회사로 가는 중이라 전화가 온 것을 알지 못했다. 때문에 부재중 전화는 3건이 되며 이 시점에서 에이전트는 활성화 되어 사용자 상태 추론 및 행동 선택을 실행한다. 에이전트는 먼저 통화기록과 개인정보의 내용과 현재시간 등의 정보를 이용하여 추론에 사용하기 위한 증거자료를 수집한다. 그 결과 "Missed Call #"은 Many, "Office Hour"는 Yes, "No Schedule"는 No, "Today's Schedule #"는 Many, "Business Schedule #"는Many, "Past Business Schedule #"는 Many로 상태를 설정한다. 추론 과정을 거친 결과 Arousal은 Low상태(0.57의 확률), Valence는 Negative상태(0.7), Busy는 Yes 상태(0.58), Type of Current Schedule은 Bad상태(0.63)로 추론되고 이 상태를 만족하는 행동 규칙 1이 실행되어 에이전트는

화면에 "Do your best!" 메시지를 출력한다.

이때 에이전트는 비록 사용자가 출근시간에 늦었다거나 회의에 지각했다는 명시적인 사실은 모르지만 많은 부재중 전화, 현재 일정의 성격, 오늘의 남은 일정이 많음 등의 암시적인 정보를 이용하여 사용자는 앞으로 할 일이 많은데 시작이 좋지 않아 사용자의 감정이 부정적이고 침체되어 있을 것이라 추론하고 그에 적절한 행동을 제시했다.

사용자는 오늘의 두 번째 일정인 "거래처 방문"을 위해 출장을 간다. 하지만 처음 가는 곳이라 길을 몰라 방문할 곳에 길을 묻는 전화를 2번 한다. 또 거래처에서 회의 중에 회사사람과 다른 거래처 사람과 각각 한 번 씩 전화를 한다. 출장은 예정대로 11시 30분에 끝나고 다시 회사로 출발한다. 에이전트는 입력된 일정이 끝나기로 되어있을 때 다시 활성화된다. 현재시간의 일정, 통화의 수, 통화한 사람 등의 정보를 이용해 사용자는 바쁘고, 기분이 좋지 않으며 업무량이 많은 상황에 있다고 추론한다. 이를 만족시키는 행동 선택 규칙은 규칙 2가 되어 에이전트는 다시 한번 "Cheer up!"이라는 메시지를 출력해 준다.

다음 일정은 친구와의 점심식사이다. 사용자는 그의 친구와 약속 시간 확인을 위해 문자메시지를 주고받는다. 사용자가 장소에 조금 늦자 친구는 또 빨리 오라는 문자메시지를 보낸다. 점심식사가 끝나 친구와 헤어진 후 입력된 일정이 끝나는 시간이 되어 에이전트가 활성화 된다. 문자메시지를 주고받은 상대의 친밀도가 높고, 메시지의 이모티콘 수가 많으며, 현재 점심식사 시간이고 입력된 일정이 없다는 것 등을 고려해 에이전트는

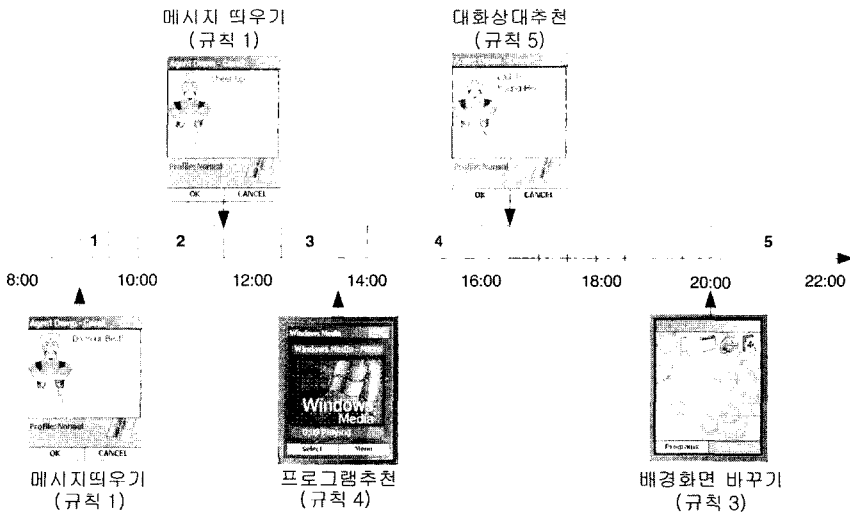


그림 12 시간에 따른 에이전트의 행동

사용자의 감정이 편안하고 일정이 끝나고 쉬는 중이라고 판단한다. 이 결과는 규칙 4를 만족시켜 에이전트는 음악재생기를 실행시켜준다. 사용자는 에이전트가 추천한 프로그램으로 음악을 들으며 휴식을 취한다.

사용자의 마지막 업무 일정은 프로젝트 발표이다. 이 일정은 두 시간 반 동안 계속되었으며 사용자는 어려운 발표를 마친 상태이다. 에이전트는 마지막 업무 일정이 끝났고 오늘 전체적으로 일정이 많았으며 최근의 일정 지속시간이 길었다는 것을 고려해 기분은 좋지 않지만 쉬고 있는 상태로 추론한다. 추론 결과로 인해 규칙 3이 실행되며 에이전트는 친밀도가 높은 사람 중의 한사람을 임의로 선택하여 사용자의 여자친구와 대화하는 것을 추천한다. 사용자는 여자친구에게 전화해 오늘 있었던 일들을 이야기하며 휴식을 취한다.

하루 일과가 끝난 후 사용자는 여자친구와 영화를 관람하기로 되어있다. 퇴근하면서 문자메시지를 통해 만남 장소를 정한다. 일정이 시작되는 시간에 에이전트는 만나는 상대의 친밀도가 높으며, 저녁시간의 약속이고, 약속 상대와의 친밀도가 높은 것을 고려해 현재의 일정 성격이 사용자에게 좋다고 판단한다. 또한 최근 문자메시지를 주고받은 상대와의 친밀도가 높고 이모티콘이 많다는 것 등으로부터 현재 사용자의 감정이 긍정적이고 바쁘지 않다고 판단한다. 이에 맞는 규칙인 규칙 5를 실행시켜 배경화면을 밝은 색으로 바꾸어준다.

5. 결론

본 논문에서는 스마트폰에서 지능형 서비스를 구현하기 위한 방법으로 베이지안 네트워크와 개인정보, 통신 기록을 사용한 사용자 모델링과 규칙기반의 행동선택 방법을 제안하였다. 사용자의 감정, 바쁨의 정도, 상대방과의 친밀도를 추론하기 위하여 베이지안 네트워크를 사람의 지식을 사용하여 설계하고 추론된 결과를 이용하여 각 상태에 맞는 서비스를 제공하는 규칙을 만들어 적절한 서비스를 제시하도록 하였다. 제안한 에이전트의 유용성을 보이기 위해 가상의 시나리오를 설정하고 그에 따른 에이전트의 행동을 관찰하여 보았다. 하지만 에이전트의 성능에 대한 객관적인 평가에까지는 수행하지 못하였는데 향후 연구로 제안된 에이전트를 실제 사용자에게 적용하고 제공하는 서비스에 대한 사용자의 반응을 조사하여 제안한 방법의 유용성을 평가하고 한계점 및 개선점을 파악하여 다음 연구에 반영하는 작업이 필요하다.

본 논문에서 사용된 베이지안 네트워크는 일반적인 사용자를 대상으로 하고 설계된 것으로 각각 개인의 차이는 반영하지 못하는 단점이 있다. 때문에 사용자에게 따른 개인화과정이 필요한데 향후 베이지안 네트워크 학

습알고리즘을 도입하는 연구가 필요하다. 그리고 규칙기반의 행동 선택방법은 기대치만큼의 성능을 쉽게 구현할 수 있다는 장점이 있지만 고정된 행동 양식만을 보여주기 때문에 시간이 지나면 사용자가 쉽게 에이전트의 행동을 예측할 수 있게 되어 만족도가 떨어지게 되는 단점이 있다. 향후연구로는 행동네트워크 방법 등의 좀 더 유연한 행동선택 방법을 도입하여 개선할 필요가 있다. 또한 사용가능한 데이터 및 증거확보방법을 개발하여 사용자 모델링의 정확도를 높이는 작업이 계속되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 정보통신부, "전기통신에 관한 연차 보고서", <http://www.mic.go.kr>, 2003.
- [2] International Data Corporation, "Worldwide Mobile Phone QView," 2003.
- [3] Pattie Maes, "Agents that Reduce Work and Information Overload," *Communications of the ACM*, vol. 37, no. 7, 1994.
- [4] T.M. Mitchell, R. Caruana, D. Freitag, J. McDermott and D. Zabowski, "Experience With a Learning Personal Assistant," *Communications of the ACM*, vol. 37, no. 7, pp. 80-91, 1994.
- [5] S. Schiaffino and A. Amadi, "On the Design of a Software Secretary," *In Proceedings of the Argentine Symposium on Artificial Intelligence*, pp. 218-230, 2002.
- [6] G. Boone, "Concept Features in Re:Agent, an Intelligent Email Agent," *In Proceedings of the 2nd International Conference on Autonomous Agents*, pp. 141-148, 1998.
- [7] D. Boyd and J. Potter, "Social Network Fragments: An Interactive Tool for Exploring Digital Social Connections," *In Proceedings of SIGGRAPH*, pp. 27-41, San Diego, CA, July 2003.
- [8] E. Horvitz, J. Breese, D. Heckerman, D. Hovel and K. Rommelse. "The Lumiere project: Bayesian User Modeling for Inferring The Goals and Needs of Software Users," *In Proceedings of the Fourteenth Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, pp. 256-265, Madison, WI, 1998.
- [9] J. Liu, C.K. Wong and K.K. Hui, "An Adaptive User Interface Based on Personalized Learning," *IEEE Intelligent Systems*, vol. 18, no. 2, pp. 52-84, 2003.
- [10] F. Sparacino, "Sto(ry)chastics: a Bayesian Network Architecture for User Modeling and Computational Storytelling for Interactive Spaces," *In Proceedings of the 5th International Conference on Ubiquitous Computing*, pp. 54-72, Seattle, WA, October 2003.
- [11] A. Zipf, "User-Adaptive Maps for Location Based Services for Tourism," *In Proceedings of 9th*

International Conference on Information and Communication Technologies in Tourism, 2002.

- [12] E. Charniak, "Bayesian networks without tears," *AI Magazine*, vol. 12, no. 4, pp. 50-63, 1991.
- [13] T. Stephenson, "An introduction to Bayesian network theory and usage," IDIAP-RR00-03, 2000.
- [14] R. Picard, "Affective Computing," *Media Laboratory Perceptual Computing TR 321*, MIT Media Laboratory, 1995.
- [15] Microsoft, Windows Mobile Software for Smartphone <http://www.microsoft.com/windowsmobile/products/smartphone/default.mspx>, 2003.



한 상 준

2002년 8월 연세대학교 컴퓨터과학과(학사). 2004년 8월 연세대학교 컴퓨터과학과(석사). 현재 삼성전자주식회사 재직중 관심분야는 인공지능, 지능형 에이전트, 유비쿼터스 컴퓨팅



조 성 배

1988년 연세대학교 전산학과(학사)
 1990년 한국과학기술원 전산학과(석사)
 1993년 한국과학기술원 전산학과(박사)
 1993년~1995년 일본 ATR 인간정보통신연구소 객원 연구원. 1998년 호주 Univ. of New South Wales 초청연구원. 1995년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 정교수. 관심분야는 신경망, 패턴인식, 지능정보처리