

# 모바일 환경에서의 지능형 서비스를 위한 베이지안 추론과 컨텍스트 트리 매칭방법

## (Bayesian Inference and Context-Tree Matching Method for Intelligent Services in a Mobile Environment)

김희택<sup>†</sup>      민준기<sup>†</sup>      조성배<sup>\*\*</sup>  
(Hee-Taek Kim)      (Jun-Ki Min)      (Sung-Bae Cho)

**요약** 모바일 환경에서 지능형 서비스를 제공하기 위해서는 사용자의 성향이나 행동패턴 등의 컨텍스트 정보를 효과적으로 분석하여 사용자의 의도나 요구사항을 예측할 필요가 있다. 본 논문에서는 모바일 디바이스에 축적된 불확실한 로그 정보에서 컨텍스트 정보를 추론하고, 이를 효과적으로 서비스와 매칭해 주기 위한 컨텍스트 트리 기반 사용자 행동 추론 방법을 제안한다. 이 때 불확실한 컨텍스트 정보를 효과적으로 추론하기 위해 베이지안 확률 접근 방법을 채택하였으며, 컨텍스트 트리는 수학적 방법만으로는 다룰 수 없는 비 수치적인 컨텍스트를 효과적으로 활용하기 위해 선택한 구조이다. 그리고 제안하는 방법을 지능형 전화상대 추천 서비스에 적용하여 유용성을 검증하였다.

**키워드** : 모바일 서비스, 사용자 컨텍스트, 베이지안 네트워크, 컨텍스트 트리 매칭, 지능형 서비스

**Abstract** To provide intelligent service in mobile environment, it needs to estimate user's intention or requirement, through analyzing context information of end-users such as preference or behavior patterns. In this paper, we infer context information from uncertain log stored in mobile device. And we propose the inference method of end-user's behavior to match context information with service, and the proposed method is based on context-tree. We adopt bayesian probabilistic method to infer uncertain context information effectively, and the context-tree is constructed to utilize non-numerical context which is hard to handled with mathematical method. And we verify utility of proposed method by applying the method to intelligent phone book service.

**Key words** : Mobile service, User context, Bayesian network, Context tree matching, Intelligent service

### 1. 서론

사용자의 개인화된 정보를 바탕으로 각 사용자에게

최적화된 서비스를 자동으로 제공하려는 연구가 최근 몇 년간 활발하게 진행 중이다. 지능화, 개인화된 서비스는 컴퓨팅 오버헤드, 개인정보 보호 등의 측면에서 손실이 있는 반면, 사용자의 서비스 접근성과 이용성, 편의성 등을 큰 폭으로 향상시킬 수 있다는 것이 장점이다[1]. 국내에서 실제 적용된 예로는 이동통신사인 SK 텔레콤이 실시했던 1mm 서비스를 들 수 있는데, 이는 사용자에게 대한 정보가 축적됨에 따라 사용자의 관심 대상에 적합한 모바일 서비스를 자동으로 제공하는 기능을 갖고 있다. 그리고 동영상 UCC 사이트인 맥스피디는 '아이봇'이라는 인공지능 콘텐츠 에이전트를 선보였다. 아이봇은 사용자가 동영상을 조회한 내역을 자체적으로 분석하여 평소에 즐겨보는 동영상의 특성을 파악한다. 그리고 사용자가 동영상 스트리밍 서비스를 원할 시 사용자에게 동영상 콘텐츠를 추천해준다[2]. 이와 같이 사용자 상황정보나 개인정보를 기반으로 각 사용자

· 이 논문은 2008 한국컴퓨터종합학술대회에서 '모바일 환경에서의 지능형 서비스를 위한 베이지안 추론과 컨텍스트 트리 매칭방법'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

· 본 논문은 한국과학재단(R01-2008-000-20801-0)과 ㈜삼성전자의 지원에 의한 것임

<sup>†</sup> 학생회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과  
elsein@sclab.yonsei.ac.kr  
loomlike@sclab.yonsei.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 종신회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수  
sbcho@cs.yonsei.ac.kr

논문접수 : 2008년 8월 25일  
심사완료 : 2008년 12월 17일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이때, 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 제36권 제2호(2009.2)

에게 최적화된 서비스를 제공하는 사용자 적응형 서비스를 컨텍스트 인지기반 서비스, 혹은 컨텍스트 인지기반 컴퓨팅이라 한다[3,4].

컨텍스트 인지기반 서비스에 대해 연구를 진행한 과거의 많은 논문들은 주로 장소를 기반으로 한 서비스 제공을 제안하였다[5,6]. 하지만 최근에는 장소 외에 가급적 다양한 종류의 컨텍스트(① 네트워크 상황, 하드웨어 정보와 같은 컴퓨팅 컨텍스트, ② 사용자 프로파일, 장소, 스케줄, 주변인물과 같은 사용자 컨텍스트, ③ 광고, 소음, 온도, 날씨와 같은 물리,환경적 컨텍스트, ④ 시간, 월, 요일과 같은 시간 컨텍스트) 사용하여 서비스를 제공하고자 하는 추세이다[4,5,7]. 본 논문 역시 이러한 추세에 맞춰 가능한 많은 종류의 컨텍스트를 사용하며, 여러 컨텍스트 중 특히 사용자 컨텍스트와 시간 컨텍스트를 중점적으로 다룬다. 본 논문에서는 지능형 서비스를 위한 플랫폼으로 사용자 접근성과 로그 수집의 용이함을 고려하여 스마트폰 모바일 환경을 채택하였으며[8], 사용자 컨텍스트를 도출하기 위해 모바일 디바이스 상에 축적되어 있는 로그를 사용한다. 그리고 상기 컨텍스트 인지기반 서비스의 정의에서 언급했듯이, 사용자 적응형 서비스를 구현하기 위해 컨텍스트 히스토리와 현재의 컨텍스트를 비교하여 사용자의 현재 요구 사항을 추론하는 방법을 채택하였다.

그리고 본 논문에서는 위 4가지 카테고리의 컨텍스트 외에, 사용자의 추상적 정보를 다루는 고수준 사용자 컨텍스트를 추가적으로 도입하였다. 하지만 고수준 사용자 컨텍스트는 일반적인 사용자 컨텍스트와는 달리 디바이스 로그만으로는 획득할 수 없으며, 따라서 고수준 사용자 컨텍스트를 효과적으로 추론해내기 위한 베이지안(Bayesian) 확률 모델[9] 방법을 본 논문에서 제안한다. 추가적으로, 수치적 방법만으로는 제대로 활용할 수 없는 비 수치적인 컨텍스트를 효율적으로 분석하기 위해 컨텍스트의 상하위 포함관계를 반영한 컨텍스트의 계층적 매칭 방법을 제안한다. 해당 제안하는 방법은 스케줄이나 장소, 주변인물과 같이 정보가 매우 다양할 수 있는 컨텍스트에 대해 계층적 매칭 방법을 사용함으로써 보다 상위 개념의 컨텍스트와도 유사도를 측정할 수 있다는 특성이 있으며, 이는 컨텍스트 분석과정에 컨텍스트의 의미를 반영한다는 것을 뜻한다.

마지막으로, 제안하는 방법을 실제 서비스에 적용한 예로 지능형 전화상대 추천 서비스를 제시한다. 지능형 전화상대 추천 서비스는 통화를 원하는 상대를 찾기 위해 전화번호나 상대의 이름을 직접 입력하거나 그룹을 통해 순차적으로 접근해야 하는 기존 모바일 폰 북의 불편함을 극복하기 위해 설계되었다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 모바일 컨텍스트 기반 서비스

컨텍스트의 수집과 생성을 위한 연구를 Lee등이 스마트폰 플랫폼에서 진행하였다[10]. 이 연구에서는 스마트폰에서 GPS 위치 정보, 전화 통화 기록, SMS 정보, 날씨 정보, MP3음악 듣기 정보, 사진 정보, 충전 상태에 관한 정보를 수집하고 통계적 분석, 임팩트 분석을 통하여 수집된 정보로부터 저수준 컨텍스트를 추출하였으며, 이를 이용해 고수준 컨텍스트에 대한 추론이 가능함을 보였다. 추론한 고수준 컨텍스트는 추론 모델이나 서비스 제공을 위한 입력값으로 사용될 수 있다.

Han등은 스마트폰 환경에서 지능형 에이전트 캐릭터를 통한 지능형 서비스 제공 방법을 제안하였다[11]. 에이전트 캐릭터는 현재의 컨텍스트 정보를 직관적인 행동이나 색상을 통해 표현하여, 사용자와 친숙하고 긴밀하게 상호작용을 할 수 있도록 돕는다. 불확실한 컨텍스트를 효과적으로 추론하기 위해 베이지안 네트워크를 사용하였으며, 행동선택 네트워크를 활용하여 다양하고 예측하기 힘든 환경에서 에이전트 캐릭터가 유연한 행동을 할 수 있도록 하였다. 그리고 사용성 평가 실험을 통해, 지능형 서비스가 사용의 편의성, 정보제공의 효율성 및 정보 전달의 정확성, 그리고 학습의 용이성에 대해 긍정적인 요인으로 작용함을 보여, 지능형 서비스의 유용함을 입증하였다.

### 2.2 베이지안 네트워크를 이용한 고수준 컨텍스트 추론

본 논문에서는 모바일 환경에서 사용자의 컨텍스트를 추론함에 있어서, 불확실한 정보를 효과적으로 다루기 위해 베이지안 네트워크를 사용한다. 이와 관련한 연구로, Cho등이 스마트폰을 이용하여 2007년에 진행한 연구가 있다. Cho등은 638개의 노드를 포함하는 39개의 베이지안 네트워크와 스마트폰 상에서 수집된 로그 데이터를 이용해 사용자의 행동, 감정, 이벤트 등의 고수준 컨텍스트를 추론하며, 추론된 정보를 이용해 카본 형식으로 다이어리를 자동 생성하는 시스템을 구축하였다[12]. 위 연구에서는 보다 현실적인 실험을 위해 30일 분량의 실제 로그 데이터를 스마트폰을 이용해 수집하였으며, 수집된 데이터로 베이지안 네트워크를 이용한 사용자 컨텍스트 추론의 정확성을 측정하였다. 실험은 대부분 80% 이상의 정확도를 보였다. 표 1은 실험 결과를 보여준다.

### 2.3 컨텍스트의 계층적 매칭 방법

컨텍스트의 계층적 매칭 방법은 그래놀러 컴퓨팅 방법과도 연관된다[13]. 그래놀러 방법을 이용한 컨텍스트 매칭과 관련된 연구로, Kocaball 등은 주관적이고 퍼지 성격을 띤 컨텍스트를 다루기 위하여 그래놀러 베스트

표 1 30일 분량의 실제 모바일 로그와 페이지안 네트워크를 이용한 사용자 컨텍스트 추론의 정확도 측정 결과[12]

종류	로그데이터분량 (일)	추론 대상의 개수	TP 에러율 (%)	FP 에러율 (%)	FN 에러율 (%)	정확도
일상/한가	30	60	46	14	14	0.767
비일상/한가	30	58	43	10	15	0.811
일상/바쁨	30	55	41	2	14	0.953
비일상/바쁨	30	60	46	8	14	0.852
계	120	233	176	34	57	0.838

매칭 알고리즘을 고안하였다[14]. 알고리즘을 적용하는 대상 컨텍스트로는 시간, 장소, 주변인, 활성화 정도를 제시하고 있으며, CAPRA 에이전트 구현을 통해 해당 알고리즘이 사용자의 의도를 더 잘 반영할 수 있음을 보였다. 하지만 그래놀러 베스트 매칭 알고리즘은 컨텍스트별로 적용하는 방법이 조금씩 다르다. 따라서, 본 논문에서는 특히 비 수치적인 컨텍스트에 대해 사용자의 히스토리를 반영하여 유사도를 측정하는 보다 일반화된 방법을 제안하고자 한다.

**3. 사용자 컨텍스트의 추론과 매칭 방법**

서론에서 밝혔듯이, 일반적으로 컨텍스트는 크게 4가지 카테고리로 나뉘며, 본 논문에서는 특히 사용자 컨텍스트와 시간 컨텍스트를 중점적으로 다룬다. 이후부터는, 시간 컨텍스트와 사용자 컨텍스트를 통합하여 '사용자 컨텍스트'라 칭한다. 본 장의 3.1에서는 로그 파일을 이용한 사용자 정보수집과 사용자 컨텍스트에 관한 상세한 사항을 논의한다. 3.2에서는 고수준 컨텍스트를 추론하기 위한 페이지안 네트워크 기반 방법에 대해 설명한다. 마지막으로, 수치 정보가 없기 때문에 수학적 접근만으로는 활용할 수 없는 컨텍스트를 계층적 트리 구조를 이용해 분석하고, 이를 통해 사용자의 요구사항이나 행동을 추론하는 방법에 대해 3.3에서 논의한다.

**3.1 모바일 로그와 주변장치를 이용한 사용자 정보 수집과 저수준 컨텍스트 획득 방법**

본 논문에서는 사용자 컨텍스트를 '사용자의 상황, 혹은 주변 상황을 반영할 수 있는 모든 종류의 정보 자원'으로 정의한다[15]. 따라서 사용자의 컨텍스트를 가능한

정확하게 획득하기 위해서는 최대한 많은 정보를 모바일 디바이스 상에서 수집해야 한다. 그리고 수집한 정보 중에서 사용자의 상황을 반영할 수 있는 정보들을 선별, 취합하는 과정이 필요하다. 본 논문에서는 모바일 디바이스 상에서 사용자에게 대한 정보를 수집하기 위해 모바일 로그와 주변장치를 이용했다. 모바일 로그는 모바일 디바이스 상에 축적되는 로그파일로, 사용자의 행동을 기록한다. 그리고 주변장치는 모바일 디바이스에 내장되어 있거나 혹은 내장 할 수 있는 하드웨어 기기를 말하며 GPS나 블루투스 장치를 예로 들 수 있다. 주변장치는 로그파일에서 얻을 수 있는 정보 외에 추가적인 정보를 얻기 위해서 이용한다. 위와 같은 모바일 로그와 주변장치를 본 논문에서는 '정보제공자'라 명명한다. 표 2는 본 논문에서 사용되는 모바일 로그와 주변장치의 종류 그리고 해당 정보제공자에서 얻을 수 있는 정보이다.

표 2와 같이 수집된 정보는 사용자의 컨텍스트를 획득하는데 사용한다. 사용자 컨텍스트의 종류는 크게 저수준 컨텍스트와 고수준 컨텍스트로 나뉜다. 모바일 기기 상에 축적되어 있는 로그 정보에서 추가적인 처리 작업 없이 직접적으로 추출 할 수 있는 컨텍스트 정보를 저수준 컨텍스트라 정의한다. 그리고 저수준 컨텍스트와 로그 정보를 바탕으로 취합, 추론 과정을 거쳐 획득할 수 있는 컨텍스트를 고수준 컨텍스트라 정의한다. 고수준 컨텍스트에 관해서는 3.2에서 상세하게 다룰 것이다. 표 3은 본 논문에서 다루는 저수준 모바일 컨텍스트의 종류와 해당 컨텍스트를 알아내기 위해 사용한 정보제공자, 그리고 저수준 컨텍스트의 실제 값의 예시이다.

표 2 사용자 컨텍스트 획득에 사용되는 모바일 로그와 주변장치

로그를 통한 사용자 정보 수집	로그 종류	얻을 수 있는 정보
	통화 로그	통화 시작시간, 통화 종료시간, 상대방 이름, 상대방 전화번호, 수신/발신/부재중
	문자 로그	문자시간, 상대방 이름, 상대방 전화번호, 수신/발신
	일정 로그	일정 시작시간, 일정 종료시간, 일정 수행장소, 일정 이름, 유형, 관련된 이름
	폰 북 로그	상대방 전화번호, 상대방 이름, 상대방이 속한 그룹 이름
모바일 주변장치를 통한 사용자 정보 수집	주변장치 종류	얻을 수 있는 정보
	타이머	연, 월, 일, 시, 분, 초, 요일
	블루투스	주변 모바일 기기 ID
	GPS	위도/경도(시, 분, 초), 이동속도, 진행방향

표 3 제안하는 방법에서 사용한 저수준 사용자 컨텍스트의 종류와 실제값, 저수준 사용자 컨텍스트를 획득하는데 이용된 정보제공자

저수준 컨텍스트	정보제공자	실제 값의 예
시간대	타이머	아침, 정오, 오후, 저녁, 밤, 새벽
요일		월, 화, 수, 목, 금, 토, 일
위치	GPS	신촌, 서대문구, 연세대, ...
일정	일정 로그	토익스터디, 컴과세미나, 오토마타수업, ...
주변인물	블루투스	홍길동, 김길동, 이길동, ...

저수준 컨텍스트 중 요일과 일정 컨텍스트는 정보제공자에서 제공하는 정보를 선별하는 것 만으로도 간단히 얻을 수 있다. 하지만 ‘시간대’와 ‘위치’ 컨텍스트의 경우는 추가적인 처리가 필요하다. 특히 GPS의 경우, 위도와 경도 값 만으로는 의미상의 실질적인 현재 위치를 얻을 수 없기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 위치와 시간대 컨텍스트를 얻기 위해 레이블링을 활용했다. ‘시간대’ 컨텍스트는 하루24시간을 4시간으로 균등하게 분할하였으며, ‘위치’는 도, 분, 초에 따라 레이블링된 맵을 이용하여 위도/경도 정보를 위치 정보로 변환하였다. ‘주변인물’ 컨텍스트는 사용자의 폰 북에 등록되어 있는 사람 중 현재 주변에 있는 사람들의 목록을 뜻하며, 특정 인물과 모바일 기기의 ID를 매핑한 테이블을 사용하여 주변에 어떠한 사람들이 있는지 알아내었다.

**3.2 베이지안 네트워크 기반 고수준 사용자 컨텍스트 추론**

현재시간이나 일정과 같은 저수준 컨텍스트 정보는 정보제공자가 제공하는 정보에서 직접적으로 추출해 낼 수 있다. 하지만 사용자의 감정, 바쁨 정도와 같은 추상적인 컨텍스트는 저수준 컨텍스트와 같은 방법을 사용해서 알아낼 수 없으며, 이러한 컨텍스트를 고수준 컨텍스트라 정의했다. 따라서 고수준 컨텍스트를 획득하기 위해서는 정보제공자가 제공하는 다양한 정보와 저수준 컨텍스트를 취합하여 추론 과정을 거칠 필요가 있다. 모바일 환경에서는 다양한 불확실성(① 실생활의 불규칙성, ② 사용자 의도 및 감정의 불확실성, ③ 센서의 불확실성, ④ 인과관계의 불확실성)이 존재한다[16]. 이러한 불확실성을 효율적으로 관리하고, 수집된 모바일 로그 정보를 효과적으로 분석하여 고수준의 컨텍스트를 추론하기 위해 본 논문에서는 고수준 컨텍스트 추론 방법으로 베이지안 확률 모델을 채택하였다. 표 4는 본 논문에서 사용한 고수준 모바일 컨텍스트의 종류와 속성,

그리고 해당 컨텍스트의 추론에 이용되는 정보제공자와 저수준 컨텍스트의 종류를 보여준다.

모바일 디바이스에 축적된 로그를 이용하여 고수준 컨텍스트를 얻어내는데 필요한 정보를 추출한다. 추출된 정보와 저수준 컨텍스트 정보를 이용하여 베이지안 네트워크의 추론 엔진을 통해 고수준의 컨텍스트를 획득한다. 본 논문에서 추론하는 고수준의 컨텍스트는 표 4에서 나타내는 바와 같이 감정, 바쁨, 친밀도 3가지가 있다. 하나의 고수준 컨텍스트를 추론하기 위해 하나의 베이지안 네트워크를 사용하므로, 고수준 컨텍스트를 추론하기 위해 총 3개의 베이지안 네트워크를 사용했다. 그림 1은 각 고수준 컨텍스트 추론을 위해 제안하는 베이지안 네트워크의 구조이다.

**3.3 비 수치적인 컨텍스트의 트리 기반 매칭**

사용자는 특정한 컨텍스트 하에서 특정한 행동을 한다. 사용자가 어떠한 행동을 했을 당시의 컨텍스트와 시행한 행동을 조합하여 <컨텍스트, 행동>의 히스토리 정보를 남긴다. 히스토리 정보를 분석하여 사용자의 행동 패턴을 추론한다면, 특정 컨텍스트 하에서 사용자의 요구사항을 추측할 수 있다. 이 때, 일반적으로 사용할 수 있는 방법이 현재 컨텍스트와 컨텍스트 히스토리 사이의 유사도를 계산하는 것이다. 하지만, 스케줄이나 장소와 같이 수치 정보가 없는 컨텍스트의 경우, 수학적 접근만으로는 유사도를 계산해 낼 수 없다. 본 장에서는 이와 같이 수치 정보가 없는 컨텍스트 히스토리를 트리 구조로 확장한 후, 컨텍스트 트리와 현재 컨텍스트와의 유사도 측정을 통해 사용자의 현재 요구사항이나 행동을 추론하는 방법을 제안한다.

수치 정보가 없는 컨텍스트를 구조화하기 위해 온톨로지 성격을 가진 계층적 컨텍스트 트리[13,14,17]를 사용하는 방법을 채택하였다. 현재 컨텍스트와 정확히 일치하는 컨텍스트 뿐만 아니라, 보다 상위 개념의 컨텍스

표 4 제안하는 방법에서 사용한 고수준 사용자 컨텍스트

고수준 컨텍스트	실제 값	정보제공자	저수준 컨텍스트
감정	슬픔, 평온, 기쁨, 화남	일정 로그, 통화 로그	일정
바쁨정도	바쁨, 한가함	통화 로그, 문자로그, 일정 로그	일정, 요일, 시간대
친밀도	친밀함, 서먹함	통화 로그, 문자 로그, 일정 로그, 폰 북 로그	일정, 주변 인물

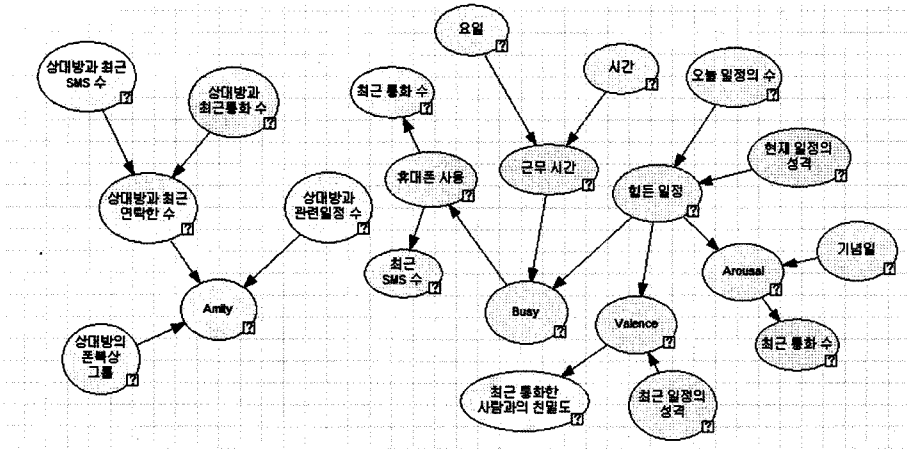


그림 1 제안하는 방법에서 설계된 베이저안 네트워크

트와도 유사도를 측정할 수 있다는 것이 컨텍스트 트리 구조를 선택한 주된 이유이다[18,19]. 컨텍스트 트리는 사용자가 취할 수 있는 모든 행동에 대해 1:1로 매핑된다. 즉, 하나의 컨텍스트 트리는 특정한 하나의 행동만을 기록 대상으로 삼는다. 따라서 사용자가 취하는 모든 행동을 기록하기 위해서는 각 행동에 대해 컨텍스트 트리가 모두 존재해야 한다. 예를 들어, 사용자가 취할 수 있는 행동이 <음악듣기, 전화걸기, 문자보내기> 3종류라면 총 3개의 컨텍스트 트리가 필요하다.

컨텍스트 트리는 상위 레벨과 하위 레벨로 나뉘며, 상위 레벨의 노드들은 하위 노드에 비해 더 포괄적인 개념을 갖는다. 상위 레벨의 노드가 하위 레벨의 노드와 의미적으로 직접적인 연관성을 가지고 레벨 차이가 1이하라면 링크로 연결한다. 이 경우, 상위 노드는 링크로 연결된 하위 노드의 부모 노드가 된다. 그리고 사용자의 히스토리 정보를 반영하기 위하여, 각 노드마다 빈도(frequency) 값을 할당하였다. 빈도 값의 정의는 컨텍스트 트리가 기록 대상으로 삼는 어떤 특정한 행동을 사용자가 해당 노드에서 지금까지 행한 횟수이다. 그리고 부모 노드의 빈도는 자식 노드들의 빈도의 합과 같다.

그림 2는 사용자가 수행하는 스케줄 컨텍스트를 대상으로 한 컨텍스트 트리의 예시이다. 그림 2에서 각 노드는 사용자가 수행하는 스케줄을 나타낸다. 예를 들어 '운동' 노드는 '인라인 스케이트' 노드, '축구' 노드의 부모 노드이며, 자식 노드의 개념을 직접적으로 포괄한다. 그리고 사용자는 지금까지 축구를 하면서 특정 행동을 3번 수행하였다.

다음은 컨텍스트 트리와 현재의 사용자 컨텍스트와의 유사도 측정방법을 스케줄 컨텍스트의 예로 설명하고, 스케줄 컨텍스트 트리를 이용해 축구 스케줄을 수행할 시 사용자의 행동을 예측하는 방법을 보인다. 어떠한 행

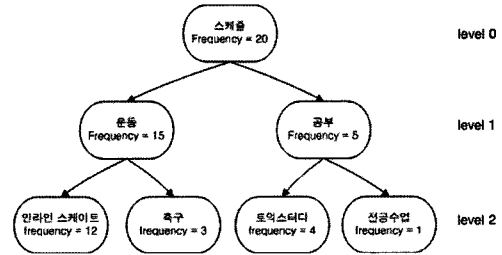


그림 2 스케줄 정보에 대한 컨텍스트 트리의 예

동 V에 대한 스케줄 컨텍스트 트리가 있고, 각 노드에 대해 빈도 값이 모두 책정되어 있다고 가정 하자. 그리고 만약 사용자가 현재 스케줄 S를 수행 중이라면, 스케줄 S 수행 중에 사용자가 행동 V를 행할 가능성 P(S, V)를 구하는 방법을 식 (1)~(4)로 정의하였다.

$$Score(Node_k) = \sqrt{Freq(Node_k) * Level(Node_k)} \quad (1)$$

$$P(S, V) = \frac{Score(Node_s) + P(parent(S), V)}{\sqrt{Node_s}} \quad (2)$$

(while Node\_s ≠ √Node)

$$P(contexts, V) = \sum_{context = s, e, l, \dots} P(context, V) \quad (3)$$

$$Action = \max(P(contexts, V_1) \dots P(contexts, V_n)) \quad (4)$$

each of V ∈ 통화, 음악감상, 문자전송...

식 (1)에서 정의하는 Score값은 모든 노드에 대해서 구한다. Score를 구하는 수식에서 Node\_k는 스케줄 k를 나타내는 노드임을 의미한다. Score 값 책정에는 레벨과 빈도를 긍정 인자로 이용했다. 레벨의 경우 보다 하위 개념의 컨텍스트와 매칭이 될 시 가중치를 주기 위한 목적이며, 빈도는 사용자가 많은 행동을 보인 노드에 대해 높은 Score를 주기 위해 사용하였다. 그리고 Score 값에 임계값 개념을 부여하기 위해 루트를 적용하였다.

식 (2)의 정의에 따라, P(S,V)값은 기본적으로 단말

노드에서부터 루트 노드까지 재귀적으로 Score값을 합해서 구하는 방식을 취한다. 이 방식을 취했을 시, 식 (5)는 모든 P값에 대해 반드시 참이 된다.

$$P(S, V_1) > P(S, V_2) \text{ iff} \quad (5)$$

$$Level(V_1) > Level(V_2) \text{ and } V_2 \text{ is ancestor of } V_1$$

식 (5)는 V1과 V2가 컨텍스트 트리의 동일한 경로상에 있다면, 하위 개념의 컨텍스트와 매칭될 시 항상 더 많은 P값을 획득할 수 있다는 것을 의미한다. 그림 3은 P(축구, V) 값을 구하는 과정을 보여 주고 있다.

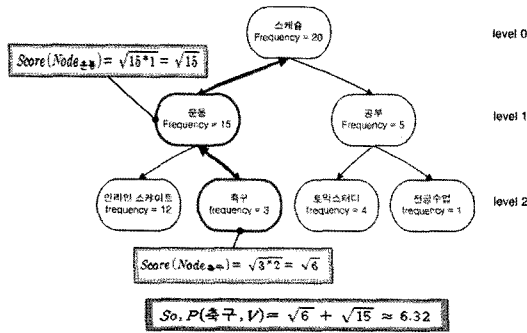


그림 3 P(축구, V)를 구하는 과정

본 논문에서 다루는 컨텍스트의 종류에는 스케줄 외에 장소, 시간, (특정 상대방과의) 친밀도, 감정, 바쁨 정도, 주변 인물 등 다양하다. 따라서 사용하는 모든 컨텍스트에 대해 행동 가능성 P값을 계산할 필요가 있다. 최종적인 P(contexts, V) 값은 식 (3)과 같이 정의한다. P값을 모든 컨텍스트 트리에 대하여 계산하면 각 행동별 P(contexts, V) 값을 구할 수 있다. 최종적으로 사용자가 다음에 행할 가능성이 가장 높은 행동 Action은 식 (4)와 같이 결정한다.

#### 4. 제안하는 방법의 응용

기존의 폰 북은 통화를 원하는 상대를 찾기 위해 전화번호나 상대의 이름을 직접 입력하거나 그룹을 통해 순차적으로 접근해야 하는 불편함이 있다. 기존 모바일 폰 북의 이러한 어려움을 극복하기 위한 지능형 통화상

대 추천 서비스를 제시한다. 컨텍스트의 계층적 매칭 방법을 사용하여 모바일 사용자의 통화 패턴을 추천하고, 이를 이용하여 현재 사용자 컨텍스트 하에서 가장 통화할 가능성이 높은 대상부터 차례대로 정렬하여 추천한다. 표 5는 지능형 통화상대 추천 서비스에서 사용하는 컨텍스트의 종류를 나타낸다.

사용자 로그 정보로부터 현재 사용자의 저수준 컨텍스트를 도출해낼 수 있다. 고수준 컨텍스트인 감정, 바쁨, 친밀도 정보는 저수준 사용자 컨텍스트와 모바일 로그 정보로부터 그림 1의 페이지안 네트워크를 이용하여 추천한다. 특정 대상 X에 대하여 통화 이벤트가 발생할 때마다 이벤트 발생 시의 사용자 컨텍스트를 이용하여 대상 X에 대한 컨텍스트 트리를 구축한다. 이제 구축된 컨텍스트 트리과 현재의 컨텍스트 정보를 이용하여, 사용자가 전화 통화를 원한다면 폰 북 상의 어떤 대상과 통화하기를 원하는지 추천하여 사용자에게 추천한다. 컨텍스트 트리에 저장된 정보의 양이 많을수록 보다 정확한 통화 상대 추측이 가능하다. 그림 4는 실제로 구축된 컨텍스트 트리의 일부분을 보여 주며, 그림 5는 지능형 통화상대 추천 서비스의 전체 모듈 계층도이며, 그림 6은 실제 시연을 보여주는 사진이다.

지능형 폰 북 애플리케이션을 이용한 실험은 실제 사용자의 통화 로그를 이용하여 진행하였다. 실험 데이터는 12일에 걸친 총 65건의 통화 건(미확인 대상 제외)이며 폰 북에 등록된 통화 상대는 28명이다. 사용자의 실제 통화 상대가 지능형 통화상대 추천 서비스의 추천 통화 대상 목록에서 몇 위로 나타났는지 비교해 보는 방식으로 실험을 진행하였다. 추가적으로, 각 컨텍스트별 사용자의 실제 통화 비율을 집계하여 사용자의 통화 패턴을 알 수 있게 했으며, 컨텍스트별 추천 정확도 역시 분석하였다. 그림 6은 지능형 통화상대 추천 서비스의 실험 결과이다. 약 53%의 통화 상대가 총 28명 중 추천 순위 3위 안에 드는 결과를 보임으로써 방법의 유용함을 입증하였다.

#### 5. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 사용자의 요구사항을 미리 예측하고,

표 5 지능형 통화상대 추천 서비스에서 사용하는 컨텍스트

컨텍스트	설명	실제 값의 예시
Time period	시간대	아침, 정오, 오후, 저녁, 밤, 새벽
Day of week	요일	월, 화, 수, 목, 금, 토, 일
Schedule	일정	토익스터디, 컴과세미나, 수업...
Location	장소	신촌, 종로, 연세대...
Emotion	감정	화남, 슬픔, 기쁨, 평온...
Busy	바쁨 정도	바쁨, 보통, 한가함
Amity	상대방과의 친밀도	친함, 서먹함

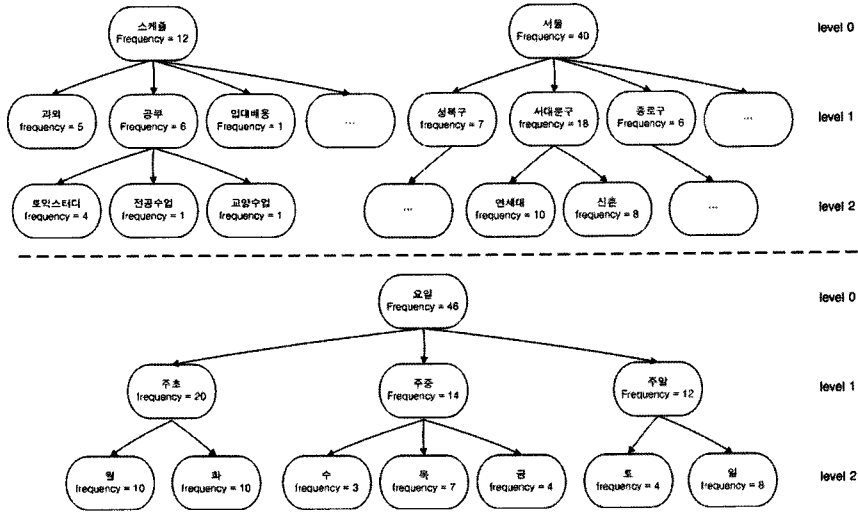


그림 4 지능형 통화상대 추천 서비스에서 사용된 컨텍스트 트리의 일부분  
2월 27일~3월 9일까지 수집된 사용자 로그정보를 이용하여 구축

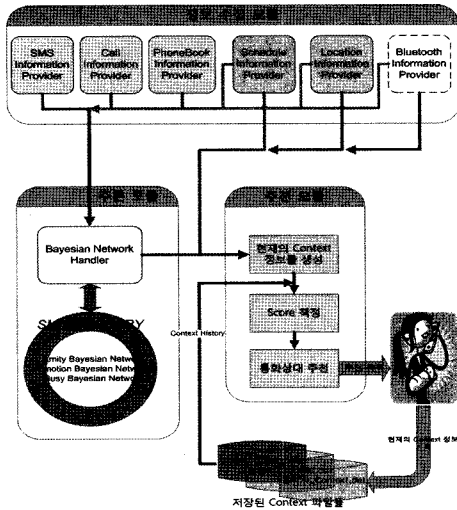


그림 5 지능형 통화상대 추천 서비스 구현 모델 계층도

사용자에게 최적화된 서비스를 제공하기 위한 컨텍스트 인지 기반의 방법을 제시하였다. 특히, 감정, 바쁨, 친밀도와 같은 고수준의 컨텍스트를 추론해내기 위하여 베이저안 네트워크 확률 접근 방법을 제시하였으며, 현재 컨텍스트와 서비스를 매칭하기 위한 비 수치적인 컨텍스트의 유사도를 측정하는 방법을 제안하였다. 제안하는 방법을 실제 서비스에 적용한 예로 지능형 폰 북 애플리케이션을 제시하였으며, 사용성 평가 실험을 통해 방법의 유용함을 입증하였다.

본 논문에서는 보다 현실적인 실험을 위해 사용자들이 실제로 수집한 모바일 로그를 이용하였다. 하지만 사용자가 직접 고수준 컨텍스트를 레이블링 해 놓지는 않았기 때문에, 본 논문에서 추론한 컨텍스트가 사용자의 실제 컨텍스트와 정확히 일치하는지의 여부는 알 수 없다. 따라서, 향후에는 보다 정확한 컨텍스트 추론을 위해, 사용자가 직접 레이블링한 데이터를 기반으로 베이

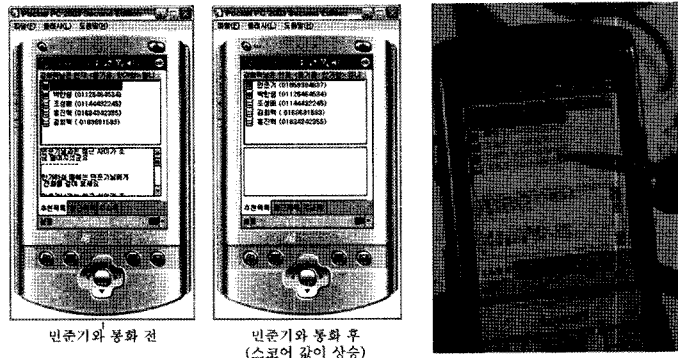


그림 6 지능형 통화상대 추천 서비스의 실제 시연

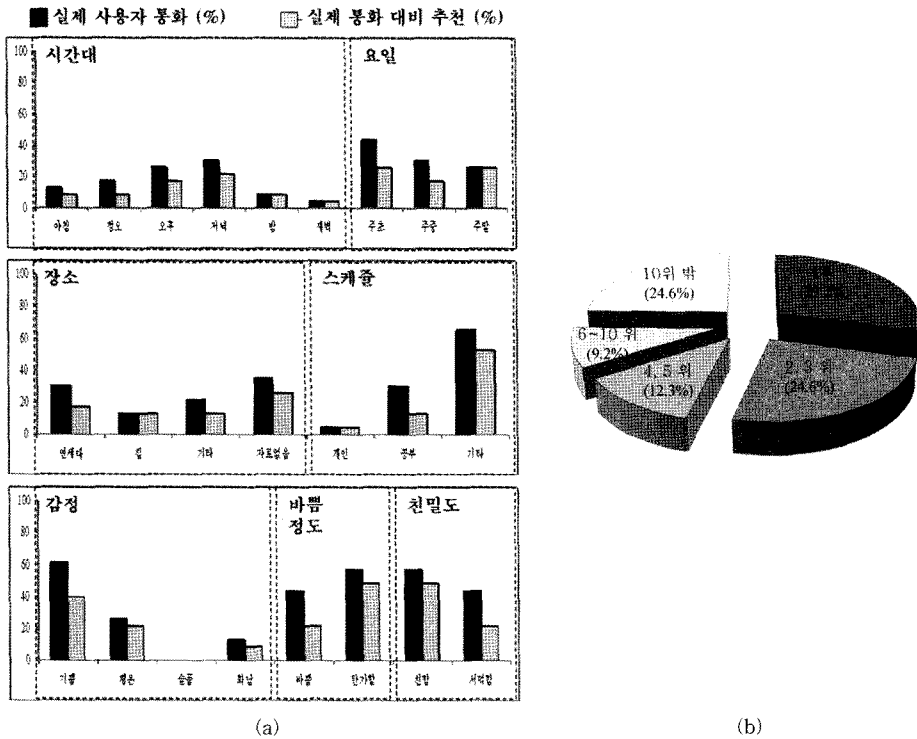


그림 7 지능형 대화상대 추천 서비스 사용성 평가 실험 결과 사용자의 컨텍스트 별 실제 통화 대비 추천 정확도 분석(a)과 대화 상대 추천 목록 상에서 실제 통화상대의 순위(b)

지만 네트워크를 학습시키는 등의 연구가 필요하다.

또한, 추가적인 센서 정보나 다양한 상황정보 등을 사용하는 확장된 베이지안 네트워크에 관한 연구가 추가적으로 진행되어야 하며, 사용자가 어떠한 컨텍스트에 보다 많은 영향을 받는지에 대한 연구 역시 필요하다. 예를 들어 지능형 폰 북 애플리케이션에서는 위치 컨텍스트를 사용하지만, 통화 상대 선정과 사용자의 위치는 실제 전혀 상관이 없을 가능성도 배제할 수 없다. 따라서 행동 종류에 따라 컨텍스트별로 가중치를 줄 수 있는 방법이 요구되며, 이 방법을 사용하여 모든 컨텍스트를 통합하여 관리할 수 있는 있는 방법에 관한 연구도 추가적으로 필요하다.

지능형 통화상대 추천 서비스 외에, 싸이월드나 각종 블로그, 세컨드 라이프와 같은 소셜 네트워크 서비스(SNS)에서 본 논문에서 제안하는 방법을 활용할 수 있을 것이다. 예를 들어, 특정 상대의 미니홈피 방문 추천과 같은 방법을 통해 인맥관리에 활용할 수 있을 것이며, 현재 나의 상황정보를 친구들에게 알림으로써, 보다 유기적인 네트워크를 형성할 수 있을 것이다. 특히, 이러한 지능화된 SNS 서비스가 사용자의 정보를 수집하기에 용이한 모바일 환경과 결합될 경우, 앞으로의 SNS 분야에

서 큰 파급력을 미칠 수 있을 것으로 예상된다.

### 참고 문헌

- [1] H.V. Kranenburg, M.S. Bargh, S. Jacob, and A. Peddemors, "A Context Management Framework for Supporting Context-Aware Distributed Applications," Communications Magazine IEEE, Vol.44, No.8, pp. 67-74, 2006.
- [2] ET NEWS 전자신문 <http://www.etnews.co.kr/news/>
- [3] G.D. Abowd, A.K. Dey, P.J. Brown, N. Davies, M. Smith, and P. Steggles, "Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness," Lecture Notes in Computer Science, Vol.1707, pp. 304-307, 1999.
- [4] G. Chen and D. Kotz, A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research, tech. report TR2000-381, Dept. of Computer Science, Dartmouth College, Hanover, 2000.
- [5] S. Kouadri, and B. Hirsbrunner, "Towards a Context Based Service Composition Framework," Proc. of the 1st International Conference on Web Services (ICWS), 2003.
- [6] S. Jbara, T. Kuflik, P. Soffer, and O. Stock, "Context Aware Communication Services in "Active Museums," IEEE International Conference on



- SwSTE, pp. 127-135, 2007.
- [17] A. Krause, A. Smalagic, and D.P. Siewiorek, "Context-Aware Mobile Computing: Learning Context-Dependent Personal Preferences from a Wearable Sensor Array," *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Vol.5, No.2, pp. 113-127, 2006.
- [8] M. Raento, A. Oulasvirta, R. Petit, and H. Toivonen, "ContextPhone: A prototyping platform for context-aware mobile applications," *IEEE Pervasive Computing*, Vol.4, No.2, pp. 51-59, 2005.
- [9] K.B. Korb, and A.E. Nicholson, "Bayesian Artificial Intelligence," Chapman & Hall/CRC, 2003.
- [10] Y.-S. Lee, M.-C. Jung, and S.-B. Cho, "Collection and construction of user's context in smart phone," *Proc. of KCC*, Vol.33, No.1(B), pp. 115- 117, 2006.
- [11] S.-J. Han, and S.-B. Cho, "Synthetic character with Bayesian network and behavior network for intelligent smartphone," LNCS KES, 2005.
- [12] S.-B. Cho, K.-J. Kim, K.-S. Hwang, and I.-J. Song, "AniDiary: Daily Cartoon-Style Diary Exploits Bayesian Networks," *IEEE Pervasive Computing*, pp. 66-75, 2007.
- [13] Y.Y. Yao, "The Rise of Granular Computing," *Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications (Natural Science Edition)*, to appear, 2008.
- [14] A.B. Kocaball, and A. Kocyigit, "Granular best match algorithm for context-aware computing systems," *The Journal of Systems and Software*, Vol.80, No.12, pp. 2015-2024, 2007.
- [15] A.K. Dey, "Understanding and Using Context," *Journal of Personal and Ubiquitous Computing*, Vol.5, No.1, pp. 4-7, 2001.
- [16] K.-S. Hwang, S.-B. Cho, and J.-H Lee, "A Bayesian inference model for landmarks detection on mobile devices," *Journal of Korea Information Science Society: Computing Practices*, Vol.13, No. 1, pp. 35-45, 2007.
- [17] A. Doan, J. Madhavan, P. Domingos, and A. Halevy, *Ontology Matching: A Machine Learning Approach*, Handbook on Ontologies in Information Systems, 2004.
- [18] E. Blanchard, M. Harzallah, H. Briand, and P. Kuntz, "A typology of ontology-based semantic measures," *Open Interop Workshop on Enterprise Modelling and Ontologies*, 2005.
- [19] W. Koh, and L. Mui, "An Information Theoretic Approach to Ontology-based Interest Matching," *Proc. Workshop on Ontology Learning*, 2001.



김희택

2008년 연세대학교 컴퓨터산업공학부(학사). 2008년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 석사과정. 관심분야는 지능형 서비스, 진화연산, 멀티에이전트 기반 시뮬레이션



민준기

2004년 연세대학교 기계전자공학부(학사). 2006년 연세대학교 컴퓨터과학과(석사). 2006년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정. 관심분야는 상황인지, 패턴인식



조성배

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