

일상생활 시각화와 검색을 위한 확률망과 의미망 기반 라이프 브라우저

(A Life Browser based on Probabilistic and Semantic
Networks for Visualization and Retrieval of Everyday-Life)

이 영 설 [†] 황 금 성 ^{**} 김 경 중 ^{***} 조 성 배 ^{****}
(Young-Seol Lee) (Keum-Sung Hwang) (Kyung-Joong Kim) (Sung-Bae Cho)

요 약 최근 휴대폰, 스마트폰, PDA와 같은 모바일 기기로 위치, 전화기록, SMS, 사진, 동영상 등 사용자에게 관한 다양한 정보를 지속적으로 수집할 수 있게 되었다. 이에 모바일 기기로부터 수집된 정보를 토대로 개인의 일상을 검색 및 요약하는 서비스에 대한 연구가 활발하다. 본 논문에서는 이전 연구에서 개발된 라이프 브라우저를 소개하고, 이전 연구에서 확장된 내용으로 LPS 서버와 GPS 위치 보정을 추가로 설명하며, LPS 성능 평가 및 키워드 확장 검색에 대한 평가 실험 결과를 보인다. 라이프 브라우저는 모바일 기기에서 수집된 개인 정보를 효과적으로 검색할 수 있도록 해주고, 개념 네트워크를 이용하여 일반 상식으로부터 단편적인 키워드에 관련된 정보를 검색하는 기능을 지원한다. 사전 지식을 통해 설계된 베이저안 네트워크를 이용하여 확률적으로 연관성이 있는 장소를 검색할 수 있는 기능도 지원한다. 실험에서는 실제 사용자를 대상으로 수집한 정보를 라이프 브라우저를 통해 시각화 하였으며, LPS 서버를 사용할 경우에 더 정확한 결과를 보일 수 있다는 점과 사용자 질의어의 개념을 개념 네트워크와 베이저안 네트워크로 확장하여 검색한 경우 더 유용한 결과를 보임을 확인하였다.

키워드 : 생활로그, 시각화, 의미망, 일상생활

Abstract Recently, diverse information which are location, call history, SMS history, photographs, and video can be collected constantly from mobile devices such as cellular phone, smart phone, and PDA. There are many researchers who study services for searching and abstraction of personal daily life with contextual information in mobile environment. In this paper, we introduce MyLifeBrowser which is developed in our previous work. Also, we explain LPS and correction of GPS coordinates as extensions of previous work and show LPS performance test and evaluate the performance of expanded keywords. MyLifeBrowser which provides searching personal information in mobile device and support of detecting related information according to a fragmentary keyword and common knowledge in ConceptNet. It supports the functionality of searching related locations using Bayesian network that is designed by the authors. In our experiment, we visualize real data through MyLifeBrowser and show the feasibility of LPS server and expanded keywords using both Bayesian network and ConceptNet.

Key words : lifelog, visualization, semantic networks, everyday life

· 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2009-0093676)

논문접수 : 2009년 3월 9일
심사완료 : 2009년 11월 20일

[†] 학생회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과
tiras@sclab.yonsei.ac.kr

^{**} 정 회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과
yellowg@sclab.yonsei.ac.kr

^{***} 정 회원 : 세종대학교 컴퓨터공학과 교수
kimki@sejong.ac.kr

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

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이나 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: 컴퓨팅의 실제 및 레터 제16권 제3호(2010.3)

1. 서론

개인화 장비의 기술이 발전하면서 다양한 사용자 정보 수집이 가능해지고 있다. 최근에는 모바일 환경에서 수집한 개인의 라이프 로그를 분석하여 일상생활을 기록으로 남기려는 연구가 활발하다[1-3]. GPS 위치 수신기, 카메라 및 다양한 센서를 활용하여 개인의 일상을 기록으로 저장하고 검색하며 해석하는 기능을 제공하기 위해 여러 가지 시도를 하고 있으며, 복잡한 일상을 기억하고 관리할 수 있는 기억 보조 도구로서의 활용 가능성이 높다.

개인의 모든 일상을 제대로 저장하려면 이동성을 갖춘 많은 센서와 용량이 큰 메모리가 필요하다. 하지만 비용, 기술, 사용자의 저항 등의 문제가 있기 때문에 모든 정보를 남기는 것은 어렵다. 따라서 필요한 정보만 선택해서 저장하고, 잘 요약해서 보여주는 기술이 요구된다. 스마트폰, PDA, PMP, MP3 플레이어와 같은 소형 모바일 기기는 편리한 기능성 덕분에 많은 사람들이 소지하고 다니기 때문에 개인정보 수집의 좋은 도구로 활용될 여지가 있다. 그 중에서도 스마트폰은 이미 자체적으로 많은 정보를 다루고 있기 때문에 상대적으로 저렴한 가격과 적은 노력으로 개인의 일상정보를 수집할 수 있다[4].

이에 모바일 디바이스로부터 수집된 정보를 데이터베이스화하고 이를 분석하여 사용자의 일상을 요약한 뒤 효율적으로 시각화하기 위한 라이프 브라우저를 개발하였다[5]. 본 논문은 이를 바탕으로 네이버맵 API나 구글맵 API와 같은 오픈 소스 API의 매쉬업을 통해 사용

자 인터페이스를 향상시키고, 검색을 위해 질의어 개념을 확장하는 새로운 알고리즘, 그리고 Location Positioning Server(LPS)를 개발한다. 특히, 개념 네트워크와 베이지안 네트워크를 이용한 확장 검색 기능을 통해서 개인의 일상을 보다 효과적으로 관리할 수 있으며, 일상 로그를 활용한 다양한 부가 서비스를 손쉽게 개발할 수 있을 것이다.

그림 1은 라이프 브라우저의 기본 동작 흐름을 보여준다. 모바일 기기에서 수집된 정보는 저수준이기 때문에 다양한 응용 서비스 개발을 위해 상위 수준의 기호정보로 변환해 줄 필요가 있다. 이전 연구 [6]에서 개발된 라이프 브라우저는 단순 검색과 확장 검색을 모두 지원하며, 확장 검색은 개념 네트워크와 베이지안 네트워크를 통하여 구현되었다. 본 논문에서는 GPS 수신기로부터 수집된 위도, 경도 좌표를 장소 정보로 변환해주는 LPS를 추가로 구축하였으며 사용자가 위치좌표에 대한 의미 레이블을 달아줄 수 있는 인터페이스를 개발하였다. 또한 GPS 위치 보정을 위한 알고리즘을 추가하여 보다 정확한 생활 패턴 추적이 가능하도록 하였다.

라이프 브라우저는 기본적인 로그의 검색과 시각화뿐만 아니라 개념 네트워크와 확률 추론 모델을 이용한 개념검색 기능을 지원한다. 저수준의 로그 정보를 LPS를 이용하여 기호정보로 바꾸어 주고 상식 DB인 개념 네트워크를 활용하여 연관된 정보를 검색하도록 한다. 상식 DB는 “도서관은 공부하는 곳”과 같은 다양한 상식을 인터넷 사용자를 통해 구축한 것이다.

라이프 브라우저를 통해 “공부”와 같은 개념 질의어를 던지고 이와 관련된 장소와 관련된 컨텍스트를 추출

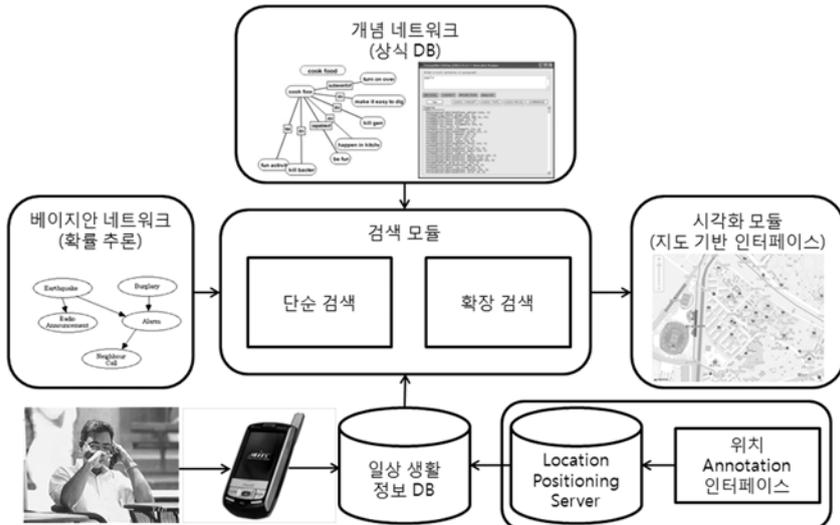


그림 1 라이프 브라우저의 기본 동작

할 수 있다. 개념 네트워크와 LPS를 활용하여 저수준의 정보를 상위 수준의 의미 정보로 변환하여 개념 질의, 자연어 검색, 자동 일기 생성, 자동 요약 등의 작업을 보다 손쉽게 수행할 수 있다. 본 논문에서는 실제 대학생들을 대상으로 수집한 로그 정보를 토대로 LPS 서버의 성능과 개념 네트워크를 이용한 확장 검색의 성능을 평가하는 실험을 수행하여 그 유용성을 보인다.

2. 관련연구

2.1 로그 수집

모바일 기기는 이동성이 있기 때문에 사용자와 주변 환경에 대한 유용한 정보를 얻을 수 있다. 수집할 수 있는 정보의 종류는 위치, 온도, 습도, 조도, 전화 사용량, SMS, 사진, 동영상, 주변에 위치한 기기의 종류, 배터리 양, 현재 사용하고 있는 응용 프로그램 등이 있다. 위치의 경우 GPS 수신기를 내장하고 있거나 외부 수신기를 갖춘 경우에 수집이 가능하다. 온도, 습도, 조도와 같은 정보는 부가적인 센서를 추가해야 한다.

헬싱키 대학에서는 노키아 60시리즈 스마트폰으로 위치, 배터리 수준, 미디어(사진), SMS, 전화 기록, 응용 프로그램 사용내역 등을 수집할 수 있는 소프트웨어를 개발하여 공개하였다[4]. 하지만 이 소프트웨어는 노키아 폰에서만 작동하여 다른 기종의 폰에서는 작동하지 않는 문제가 있다. 모바일 기기의 카메라로 찍은 사진으로부터 얼굴을 인식하여 사진속의 사람이 누구이고 몇 명이 있는지를 파악하려는 연구도 있다[7,8]. MIT 현실 마이닝 그룹에서는 블루투스 장비를 사용하여 주변에 위치한 사람이 누구인지를 파악하는 연구를 수행하였다[9]. 마이크로소프트 연구소의 MyLifeBits 프로젝트를 위해 개발된 SenseCam은 조도와 온도를 지속적으로 수집하면서 급격한 변화가 생겼을 때 주변을 사진으로 찍어 기록에 남기는 장비다[10]. 최근에는 유비쿼터스 환경에서 사용자 경험을 로그로 남기는 연구도 진행되고 있다[2]. 하지만 모바일 기기만큼 손쉽게 활용이 가능하지 않고 큰 비용이 필요하다.

2.2 라이프 브라우저

라이프 브라우저는 마이크로소프트 연구소의 E. Horvitz가 처음으로 사용한 용어로서 당시에는 개인과 관련한 정보를 효과적으로 검색할 수 있도록 지원하는 도구를 지칭하였다[11]. E. Horvitz는 개인의 데스크탑에 저장되어 있는 사진, 문서, 스케줄, 미팅 기록 등을 대상으로 연구를 수행하였다. 베이지안 네트워크를 사용하여 기억에 도움이 될 만한 중요하고 흔치 않은 사건을 추론하는 방법을 제안하였고, 이를 토대로 계층적인 구조로 사용자의 과거 기억을 정리해 보여주는 방법을 제안하였다.

MIT 현실 마이닝 그룹에서 제안한 LifeLog는 헬싱

키 대학에서 개발한 로그 수집 소프트웨어를 이용하여 얻은 정보를 시각적으로 보여주는 도구이다. 단순한 형태의 일기를 목표로 개발된 도구로서 현재 개발 단계이다[9]. Nokia의 Lifeblog는 휴대폰의 SMS, 사진, 동영상 등의 정보를 시간 순으로 날짜별로 정렬해 주는 것으로 단순한 형태의 정리만 제공하고 있다[12]. 마이크로소프트 연구소의 SenseCam을 사용하여 사진정보를 토대로 개인의 일상을 요약하려는 연구가 진행되었지만 사진 정보에만 의존하고 있다[13].

2.3 ConceptNet

MIT 미디어 연구실에서 개발한 ConceptNet은 상식을 자연어 형식으로 가공한 Toolkit으로서, 각종 의미관계를 바탕으로 다양한 추론기능을 제공하는 의미망이다[14]. ConceptNet에는 OMCS(Open Mind Common Sense) 프로젝트의 70만 문장으로부터 휴리스틱한 규칙을 바탕으로 추출된 160만개의 지식요소가 존재하며, 이들은 일상생활과 관련된 장소 관계, 물리적 관계, 사회적 관계, 시간적 관계, 심리적 관계 등으로 연결되어 있다. 범용적 시스템 구축에 유용한 정보를 포함하고 있어, 자연어 기반 지능시스템이나 대화에이전트 등에서 사용되고 있다.

2.4 베이지안 네트워크

베이지안 네트워크는 노드의 연결 관계를 표현하는 방향성 비순환 그래프(DAG: directed acyclic graph)이며, 이 구조에 따라 정의된 조건부 확률 테이블(CPT: conditional probability table)에 의해 적은 비용으로 다양한 확률관계를 효과적으로 표현 및 계산할 수 있는 모델이다. 실세계와 사람의 의도를 이해하고 상황을 추론하는 문제는 많은 불확실성을 내포하고 있기 때문에 베이지안 네트워크와 같은 확률 모델이 유리하다고 알려져 있다[5]. 본 논문에서도 사용자의 생활을 이해하고 의미 정보를 추출하기 위해 베이지안 네트워크를 활용하였다.

3. 모바일 라이프 브라우저

라이프 브라우저[6]는 모바일 환경에서 수집된 로그의 검색, 로그의 시각화, 개념 네트워크를 이용한 개념검색의 지원, 일상생활 정보의 요약 기능 등을 지원한다. 특히 원활한 검색을 위하여 위치정보의 경우 저수준의 GPS 좌표 정보를 위치정보 분석 시스템을 이용하여 장소 정보로 바꾸어 주고 검색 키워드와 연관된 장소나 정보를 검색하기 위하여 상식 DB인 개념 네트워크를 활용한다. 상식 DB는 “도서관은 공부하는 곳” 혹은 “도서관은 독서와 관련된 장소”와 같은 다양한 일반 상식을 네트워크 형태로 구축한 것이다[14]. 그림 2는 본 논문에서 소개하는 라이프 브라우저를 이용한 검색 시스

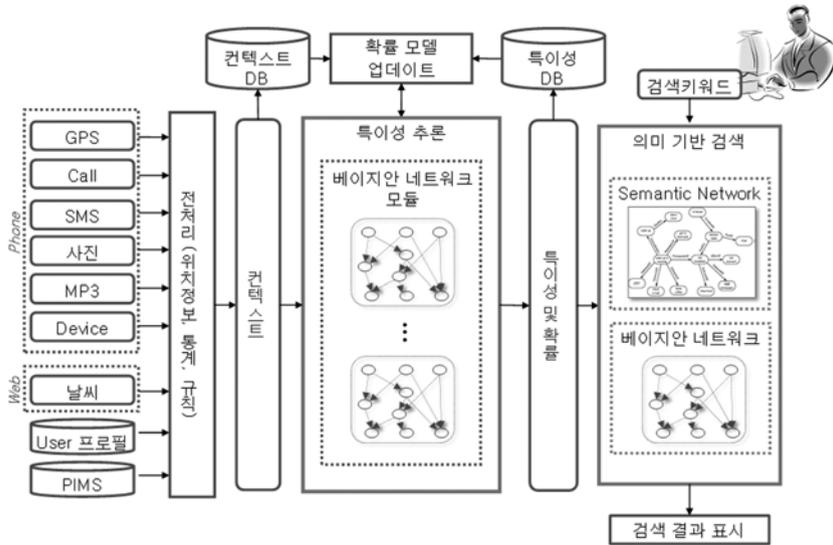


그림 2 라이프 브라우저의 개념 검색 시스템 구조도



그림 3 라이프 브라우저 구현을 위한 정보 흐름

템의 개요를 보여준다.

모바일 디바이스에서 수집된 로그 데이터는 전처리, 확률 추론, 검색 과정을 거쳐 라이프 브라우저 시각화 모듈을 통해 화면에 표시된다. 라이프 브라우저 시각화 모듈을 구현하기 위한 내부 시스템은 그림 3과 같다. 웹 환경에서 작동하도록 하기 위해 이를 지원하는 서버기능 및 오픈소스 API가 사용되었다.

3.1 라이프 로그 수집

휴대폰은 사용자가 항상 휴대하고 다니기 때문에 사용자에 대한 각종 정보를 손쉽게 수집할 수 있는 도구이다. 휴대폰으로 수집할 수 있는 정보는 사용자의 위치, 전화 통화 내역, SMS 송/수신 내역, SMS 내용, 응

용 프로그램 사용내역, 인터넷을 통해 수집 가능한 정보, 사진 정보 등이다. 본 논문에서는 사용자의 위치 정보는 GPS 모듈을 통해 수집하였다. 수집된 정보는 위도와 경도의 수치 값으로 해석된 후 기호 정보로 변환된다. GPS 수신 모듈은 사용자가 건물 안에 있는 경우 신호가 잡히지 않는 문제가 발생하지만 망기반의 위치 인식 기법에 비해 높은 정확도를 제공한다. Cell ID를 이용하는 방식의 위치 추적 방식은 중계기가 적은 장소에서는 상대적으로 낮은 정확도를 보인다. 이전 연구 [6]에서는 GPS 데이터를 이용할 때 오류를 처리하거나 결손 데이터를 보정하는 알고리즘을 추가하지 않아 사용자의 이동 궤적을 추적하기 어려운 경우가 있었다. 여

기서는 GPS 신호를 다음과 같은 데이터 처리를 통해 보정한다.

- GPS 오류(Outlier) 처리: GPS 데이터가 갑자기 정상 범위를 벗어난 경우를 제거하기 위해 다음과 같은 규칙을 적용하였다. 이때 t_{cur} , t_{prev} , t_{next} 는 현재와 이전, 이후에 관측된 GPS 좌표의 시각을 나타내며, $d_{a,b}$ 는 t_a 와 t_b 사이의 좌표간 거리를, \vec{p}_a 는 시간 t_a 의 GPS 좌표를 나타낸다.

IF $t_{next} - t_{cur} > 1sec$ OR $t_{cur} - t_{prev} > 1sec$ OR $d_{prev,cur} > 1km$ OR $d_{cur,next} > 1km$ THEN *Disregard*(\vec{p}_{cur})

- 결손(Missing) 데이터 보정: GPS 데이터가 빠진 경우 이를 근사적으로 계산한다.

$$\vec{p}_{cur} = \vec{p}_{prev} + \frac{t_{next} - t_{cur}}{t_{next} - t_{prev}} (\vec{p}_{next} - \vec{p}_{prev})$$

전화통화 내역 및 SMS 관련 정보는 휴대폰이 사용하는 운영체제의 지원 함수를 통해 직접 정보를 가져온다. SMS 내용의 경우 해당 단말기마다 서로 다른 방식의 저장 포맷을 사용하기 때문에 단말기 제조업체의 도움이 필요한 경우도 있다. 응용 프로그램 사용내역은 해당 응용 프로그램이 사용된 시각 및 횟수를 기록하며, 해당 프로그램을 일부 수정하여 획득한다. 본 논문에서는 MP3 음악 플레이어의 사용 여부를 수집하였으며 이를 위하여 공개되어 있는 프로그램을 수정하여 사용하였다. 인터넷으로부터 수집 가능한 정보는 매우 다양한데 여기서는 대표적으로 날씨 정보를 수집하였다. 사용자의 현재위치와 시간정보를 토대로 기상청 홈페이지 (<http://www.kma.go.kr>)에서 날씨 정보를 획득하여 저장하였다.

사용자가 찍은 사진은 JPEG 포맷으로 저장되며 헤더 정보를 통해 사진을 찍은 시간을 알 수 있다. 공개된 사진 보기 프로그램을 수정하여 사용자가 사진을 본 횟수와 시간을 기록한다. 마지막으로 휴대폰의 배터리 수준 및 배터리 충전 여부와 같은 시스템 정보를 운영체제 함수를 통해 획득한다. 본 논문에서는 윈도우즈 CE 운영체제를 대상으로 로그 수집 프로그램을 설계하였으며 사전에 설정한 샘플링 비율에 따라 해당 정보를 지속적으로 저장한다.

3.2 Location Positioning Server

위치정보는 새로운 정보 자원으로서 다양한 부가 서비스를 창출할 수 있다. 대표적인 사례로 각 포털의 지도 서비스를 들 수 있으며, 구글의 로컬 맵 서비스와 구글 어쓰 서비스를 들 수 있다. 사용자는 자신이 사는 지역의 지도를 웹을 통해 손쉽게 확인할 수 있으며 위성 사진도 쉽게 접근할 수 있다. 구글 로컬의 경우 특정 건물 주변의 상가 정보를 표기하는 기능도 제공하고 있다.

마이크로 소프트의 경우 유럽과 북미지역을 대상으로 지도 정보를 판매하고 있다(<http://www.microsoft.com/mappoint/default.mspx>).

위치정보를 단순히 지도와 매핑시키는 정도가 아니라 보다 다양한 부가 서비스와 연동시키기 위해서는 현재 사용자의 위치가 나타내는 의미를 알 수 있어야 한다. 즉 물리적인 위도, 경도 좌표를 의미정보로 변환해야 한다. 각 지역별 의미정보는 대표적인 건물의 이름처럼 공통적일 수도 있지만 “우리 집”과 같이 개인적인 의미를 포함할 수 있다. 이전 연구 [6]에서는 자동 레이블링을 이용하거나, 데이터가 수집된 이후에 기억에 의존한 자동 레이블링을 사용하였기 때문에 개인적인 장소 정보를 위한 레이블링이 어려웠다. 현재 가장 대표적으로 사용되고 있는 자동 위치변환 방식은 특정 건물의 중앙점이나 임의의 점을 이용하는 방식이다. 즉 건물 내부의 하나의 점으로 건물 전체를 나타내는 것이다. 이 경우 건물의 범위를 정확하게 파악할 수 없기 때문에 건물의 형태에 관계없이 일정 범위 이내의 좌표는 모두 건물에 속하는 것으로 파악할 수밖에 없다.

본 논문에서는 IP를 도메인 이름으로 바꾸어 주는 DNS와 유사한 개념의 LPS를 구축한다. LPS는 위도와 경도를 문의하면 이에 해당하는 장소 정보를 반환한다. 최근에는 야후나 네이버를 통해서 공통적인 건물의 정보를 얻을 수 있는 방법이 제공되고 있으나 개인적인 의미를 가지는 위치에 대한 정보를 등록하거나 얻을 수는 없다. 따라서 LPS 테이블의 데이터는 사용자가 직접 입력할 수 있는 인터페이스를 제공하여 위치의 의미를 사용자별로 부여할 수 있도록 하였다. LPS 테이블의 관리를 효과적으로 하기 위해 1초×1초(서울 근방 지역에서 1초는 25m~30m) 영역을 기본 단위로 하여 의미를 부여하도록 하였다. 블록기반 방식은 완벽한 건물의 형태를 저장하는 대신에 건물이 속한 블록(1초×1초)에 건물 이름을 지정해서 근사적으로 건물을 표현하는 방식이다.

그림 4는 수유역에 대한 위치정보 레이블링 장면을 보여준다. 인터페이스는 입력 위도, 경도 좌표지점을 지도상에서 표시해 주고 사용자가 직접 입력할 수 있도록 해 준다. 추천 장소명은 네이버 웹 서비스를 통해 얻어낸 정보로 주변에 가장 가까운 건물명을 제공해 준다. 사용자는 이 정보를 통해 보다 손쉽게 위치 정보를 입력할 수 있다. 네이버 웹 서비스를 활용하여 모든 GPS 좌표를 변환하는 것도 가능하지만 현재 네이버 웹 서비스의 해당 기능은 공개적으로 제공되고 있지 않고 제한적으로 사용이 가능하며 앞에서 언급한 중심점 기반의 건물 표현 방식이기 때문에 틀리는 경우가 발생하고 상세한 표현이 불가능한 경우도 발생한다. 그림 4는 위도



그림 4 수유역에 대한 장소 레이블링 화면

37° 38' 19" 경도 127° 1' 35" 에 위치한 수유역에 대해 LPS를 이용하여 장소를 레이블링하는 화면이다.

3.3 시각화

본 논문에서 개발된 로그 관찰 도구 GUI는 MyLife-Browser라는 가치를 가지고 개발되었으며, 모바일 디바이스 사용자에게 의해 수집된 데이터를 관찰 및 검색할 수 있는 도구이다. 그림 5는 개발된 MyLifeBrowser가 웹상에서 동작하는 모습을 나타낸다. MyLifeBrowser는 크게 (1) 질의 및 검색, (2) 특이성 표시, (3) 시간 흐름 표시, (4) 멀티미디어 표시의 네 부분으로 나뉘며 각각 다양한 기능을 수행한다[6].

3.4 개념 확장 검색

라이프 브라우저는 ConceptNet에서 제공하는 추론 함수와 특이성 추론을 위한 베이지안 확률 모델의 분석을 통해 사용자 질의어와 라이프 로그 사이의 상관성을 분석하여 검색 결과를 제시한다[6]. 사용자에게 의해 주어진 검색 키워드는 개념 확장 과정을 통해 더 많은 질의어로 확장되는데 이때 다음 3단계를 거치게 된다. 첫 번째 단계는 확률 모델에 의한 개념 확장이다[6]. 베이지안 네트워크에 주어진 키워드가 존재하는 경우, 베이지안 네트워크 구조 분석을 통해 해당 키워드와 연관된 다른 키워드를 검색한다. 이때, 베이지안 네트워크는 특이성 추론을 위해 사용된 베이지안 네트워크가 재사용된다. 연관 여부를 결정하는 방법은 확률 모델에서 원인이나

결과 노드로 연결되어 있는 키워드를 찾은 뒤 연결 관계의 강인함을 계산한다. 이렇게 계산된 강인함은 [-1~1]의 범위를 가지며, 0을 넘는 경우 연관성이 있고 값이 클수록 연관성이 높은 것이다. 일반적으로 CPT에서 p_i 값을 사용할 경우, 매우 제한적인 조건부 확률만을 고려할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 Smile 1.0(<http://genie.sis.pitt.edu>)의 CPT 변환 함수를 사용하여 NoisyOR 형태로 변환한 다음에 p_i 값을 사용하였다. Smile 1.0은 BN을 쉽게 사용할 수 있도록 지원하는 라이브러리로서 일반 CPT를 NoisyOR CPT로 변환하는 함수를 지원한다. 두 번째 단계로 사용자 로그로부터 사용자 질의어와 관련이 높은 개념을 검색하기 위해서, ConceptNet Tool-kit[14]의 기능을 이용하여 사용자 질의 $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ 에 대한 확장 키워드 $CQ = \{QA, QC, QD, QS\}$ 를 찾는다[6]. QA, QC, QD, QS는 다음과 같다.

- QA (project_affective): 입력 개념과 감성적 유사성이 높은 개념들의 집합
 - QC (project_consequences): 입력 개념과 동시적/순차적으로 발생하는 개념들의 집합
 - QD (project_details): 입력 개념과 유사한 특성, 하위 이벤트 개념 집합
 - QS (project_spatial): 입력 개념과 관련된 장소 개념 집합
- CQ에서 얻어진 개념들과 라이프 로그 $\{L_1, L_2, \dots,$

L_m (m 은 로그수)과 비교하여 Q 와 L_i 사이의 상관도 R 을 계산하여 상관도가 큰 단어를 이용한다.

최종적으로 앞서 베이지안 네트워크와 ConceptNet을 이용해 개념 확장된 검색 키워드를 바탕으로 라이프 로그와 특이성을 검색한다. 이때, 키워드의 가중치에 의해 검색 채택 여부가 결정되는데, 베이지안 네트워크의 연결 강도와 ConceptNet에서의 연관성 값을 기준으로 한다. 이때, ConceptNet의 반환값이 일반적으로 매우 낮은 값을 가지기 때문에 키워드 선택의 기준은 각각 별도로 적용하였다. 본 논문에서는 값이 높은 순으로 각각 5위까지의 확장 키워드를 선택하여 검색에 사용하였다.

4. 실험 및 결과

제안하는 방법의 유용성을 보이기 위하여 3명의 사용자로부터 데이터를 수집하였다. 데이터베이스 서버의 OS는 Redhat 9.0이고, 데이터베이스는 MySQL이며, 서버의 웹페이지는 PHP와 JavaScript로 작성되었다.

그림 5는 개발된 모바일 라이프 브라우저를 이용하여 사용자의 데이터를 시각화한 결과이다. 그림 5에서 열린 색과 짙은 색 점으로 표시된 부분은 GPS 장치에 의해 감지된 사용자의 위치이다.

4.1 LPS 성능 평가

제안하는 시스템의 LPS(Location Positioning Server)를 평가하기 위해 대학원생 8명을 대상으로 평가를 실시하였다. 평가에 사용한 데이터는 하루 동안 한 명의 대학생이 휴대폰을 사용한 정보를 이용하였다. 단순히 사용자의 위치와(GPS 좌표상) 가장 가까운 장소 이름을 선택하는 장소 변환 방법의 정확성을 알아보기 위해 임의로 하루 방문 장소 중 10 곳을 선택하고 레이블링된 장소명의 정확도를 평가하도록 하였다. 그림 6은 각각 연세대학교, 혜화동 성당 그리고 중앙 도서관을 추천한 상황을 보여주고 있다. 화면 가운데 붉은 원 안에 있는 'A'마크가 현재 사용자의 위치를 보여주고 화면 오른쪽에 현재 위치의 장소명을 보여준다. 이와 같은 화면을 보고 사용자는 총 10곳의 장소에 대한 레이블링의 정확도를 1에서 5사이의 값으로 평가하였다.

그림 7은 10곳의 장소에 대한 정확도 평가의 평균과 표준편차를 보여준다. “연세대학교,” “혜화동 성당,” “중앙도서관” 등을 제외하고 나머지 7곳은 4점 이상의 높은 점수를 얻었다. 반면 연세대학교 구내의 두 지점은 점수가 낮았고 혜화동 성당으로 표시된 지점은 특히 낮은 점수를 보여준다. 연세대학교 구내의 지점에 대한 점수가 낮은 이유는 해당 실험에 참여한 대학원생 모두

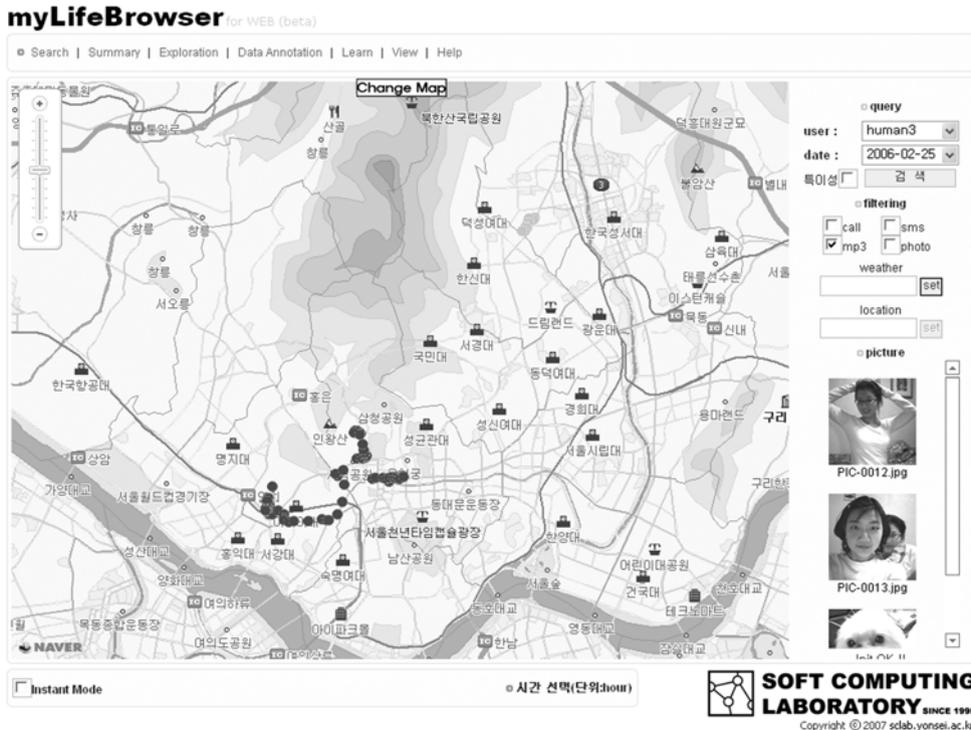
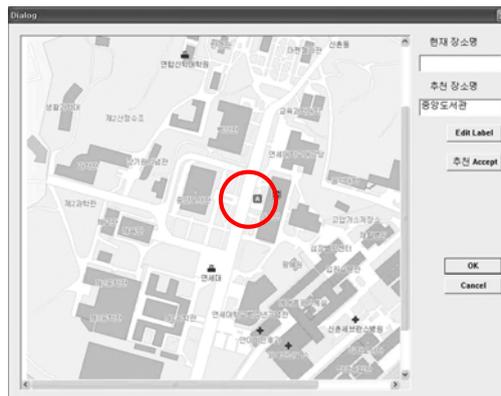


그림 5 MP3 청취 시간대를 시각화한 화면



(a) 연세대학교

(b) 혜화동 성당



(c) 중앙 도서관

그림 6 장소 추천 사례

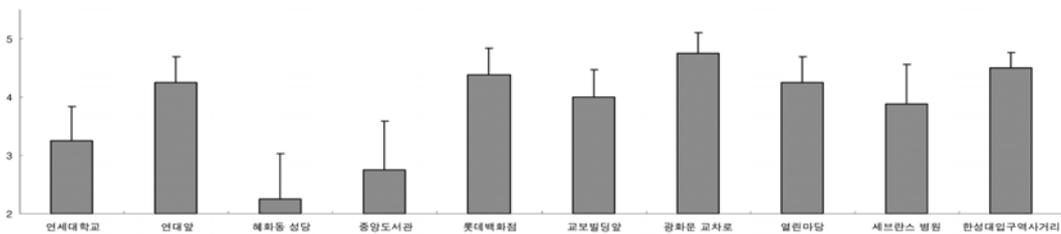


그림 7 GPS 좌표에 가까운 건물로 레이블링된 장소의 정확도

연세대학교 재학생이므로 연세대학교 구내에 대한 정보의 정확도에 민감하기 때문에 해당 지역에 대한 레이블링이 부정확하다고 평가한 것으로 생각된다. 따라서 연세대학교 구내를 GPS 좌표상 가까운 위치로 변환하기 보다는 블록단위로 상세히 기록하여 레이블링의 정확성을 보완할 필요가 있다. 또 혜화동 성당의 경우, 실제로는 근처 도로를 버스를 타고 이동하고 있으나 가까운 건물로 맵핑하는 과정에서 장소 레이블링에 오류가 발

생하였다. 이 경우에는 단순히 “도로”라는 장소명이 적합하고 따라서 도로의 경우에는 GPS 좌표를 블록단위로 표현한 데이터베이스에 의존하여 장소를 판단하는 것이 더 정확한 장소 레이블링을 제공할 수 있다.

주요 건물을 중심으로 해당 건물의 중심점(GPS 좌표)을 DB화하고 이를 토대로 장소의 이름을 규정하는 방식은 10곳 중 7곳에서 좋은 결과를 얻었다. 하지만 사용자가 상세한 지역 정보를 가지고 있는 경우나 도로와 같은

공간에서는 좋지 않은 결과를 보였다. 따라서 현재의 근거리기반 장소 레이블링 방식과 블록기반의 상세 지정 방식을 혼합하여 사용하여 정확도를 높일 필요가 있다. 제안하는 LPS는 기본적으로 GPS 좌표에 가까운 건물로 레이블링된 장소를 추천하며, 그렇지 않을 경우에는 수동으로 특정 블록의 GPS 좌표에 장소명을 입력할 수 있다. 그림 6의 오른쪽 상단의 '현재 장소명'에 수동으로 장소명을 입력하여 데이터베이스를 업데이트 할 수 있다. 반대로 기본적으로 가까운 건물의 명칭으로 장소명을 업데이트할 경우에는 '추천 Accept' 버튼을 통해서 기본 레이블링 장소명을 데이터베이스에 저장할 수 있다.

4.2 개념기반 확장검색 기능

개념 기반 확장 검색의 사례를 보이기 위하여 human1으로 명시된 사용자의 2월 25일 로그 데이터를 대상으로 '공부'라는 키워드로 특이성 검색을 실시하였다. 여기서 특이성은 사용자의 특별한 행동이나 감정을 의미하며, 이전 연구[15]에서 베이지안 네트워크를 이용하여 모바일 기기에서 수집된 데이터로부터 추론되었다. 그림 8은 '식사'로 검색한 결과를 보여주고 있다. 특이성 검색은 설계된 확률 모델에서 '식사'라는 행동에 관련된 특이성인 '외식', '고급식당', '레스토랑', '식사(한식)' 등에 관련된 장소를 지도상에 표시한다. 반면, 그림 8의 오른쪽은 '식사'라는 키워드에 대해서 확장 검색을 한 결과를 보여준다. 일반적인 특이성 검색에서는 식사에 관련된 행동만 표시하기 때문에 연세대학교 내부에서의 제한된 추출된 것에 비해, 개념 확장 검색 결과에서는 연세대학교 외부, 신촌 거리에서의 활동 궤적이 추가된 것을 알 수 있다. 이런 결과가 발생한 이유는 확장 검색은 단순히 공부에 관련된 행동이나 감정이 발생한 장소뿐만 아니라 공부에 관련된 장소나 사물, 혹은 행동을 상식 데이터베이스인 ConceptNet으로부터 검색하여 거기에 관련된 정보도 함께 활용하기 때문이다.



그림 8 '식사'라는 키워드에 대한 특이성 검색 결과

표 1 '식사' 키워드에 관련된 BN 노드(연결강도가 높은 순서대로 선택)

BN명	노드	관련노드	연결강도	순위
외식.BN	식사	외식	0.89	-
외식.BN	식사	식사(한식)	0.33	-
외식.BN	식사	간편식사	0.29	-
외식.BN	식사	식사(양식)	0.29	-
외식.BN	식사	패스트푸드점	0.12	1
외식.BN	식사	한식당	0.12	1
외식.BN	식사	레스토랑	0.12	1
외식.BN	식사	고급식당	0.01	4
외식.BN	식사	커피점	0.01	4

표 2 'meal' 키워드에서 컨셉넷으로 확장된 키워드 (상위 6개)

검색 키워드	확장 키워드	연관도
meal	restaurant	0.12
meal	home	0.07
meal	dining area	0.02
meal	park	0.01
meal	fast-food restaurant	0.01
meal	school	0.00

확장 검색 과정에서 사용된 상세한 키워드는 다음과 같다. 먼저, 표 1은 베이지안 네트워크로 설계된 확률 모델에서 '식사'에 연결된 노드를 연결 강도별로 나열한 결과이다. 표 1에서 상위 3개의 단어는 '패스트푸드점', '한식당', '레스토랑' 등이다. 표 2는 ConceptNet을 활용하여 'meal'에 관련된 개념이 검색된 결과의 일부를 나타낸다. 그 결과, 'restaurant', 'home', 'dining area' 등의 키워드가 추가된다. 이때, ConceptNet은 영어만 지원하기에 테이블 맵핑에 의해 검색 키워드를 'meal'로 바꾸어서 사용하였다. 표 2에서 ConceptNet으로 선택된 단어들을 선택하면 표 1에서 순위는 '식사 지역', '레스토랑', '집', '공원', '패스트푸드점' 등이 상위 4위까지의 관련성을 가진 단어로 선택된다. 따라서 ConceptNet을 이용하여 키워드를 확장하면 보다 효과적으로 행동이나 감정을 검색할 수 있다. 그림 8은 특이성 검색 결과를 보여주고 있다. 그림 8의 왼쪽 그림은 일반 검색, 오른쪽 그림은 개념 확장 기반 검색 결과이다. 개념확장 검색 결과, 확장 검색 이전에는 단순히 학교 근처의 식당과 관련된 장소만 표시되었으나, 확장된 이후에는 신촌역 근처의 음식점에 관련된 장소도 함께 검색되는 것을 볼 수 있다.

표 3과 표 4는 BN 노드에서의 연결 강도와 개념 네트워크에서의 연관도를 보여주고 있다.

4.3 질의어 확장기반 검색기능 평가

이전 연구[6]에서는 확장 검색 기능에 대해서 소개하

표 3 영어/한글 개념 연결 테이블

영어 단어 및 절	한글 관련 개념	영어 단어 및 절	한글 관련 개념
date	데이트	take bus	버스
study	공부	cook dinner	요리
travel	여행	hunger	배고픔
meal	식사	smile	즐거움, 기쁨, 반가움
reading	독서, 도서관	drink	차마시기, 찻집, 커피숍
lunch	점심	eat in restaurant	레스토랑
watch movie	관람	cook	요리
cook meal	요리	go on internet	웹서핑
bathe	세면	learn	학습
be hungry	배고픔	education	수업, 교육
take course	수업	headache	두통, 이쁨
take exam	시험	laugh	즐거움, 기쁨
in part of house	집	study for subject	공부, 과외
in school	학교, 대학	take bus	버스
in airplane	공항	cafe	카페, 커피숍, 식사, 차마시기, 찻집
go on vacation	휴가, 방학	hunger	배고픔
boredom	심심, 한가	eat hamburger	패스트푸드
fear	공포, 두려움	at school	학교

표 4 개념 확장 검색 방법에 의해 확장된 키워드

입력	확장된 키워드
데이트	즐거움 통화 즐거움 사진 찍기 자유시간 외식 도입 관람 요리 설거지 음식 찍기 세면 식사(한식) 식사
공부	수업 지역 수업 중 수업 시간 혼자 공부 공부 지역 공부 중 음악 들으며 공부 늦게 까지 공부 조는 장소
여행	교통 수단 이용 풍경 지역 풍경 찍기 귀찮음 한가 한시간 즐거움 교통 체중
식사	식사 가능 장소 외식 식사(한식) 식사 요리 설거지
독서	혼자 공부 공부 지역 공부 중 음악 들으며 공부 늦게 까지 공부 수업 시간 수업 지역 수업 중
점심식사	차마시기 식사 가능 장소 외식 식사(한식) 식사

였으나, 확장 기능의 유용성을 평가하는 실험을 진행하지는 않았다. 여기서는 질의어 확장기반 검색기능의 유용성을 평가하기 위해 일반 검색기능과 비교하였다. 이를 위해 실험자 3명으로부터 수집한 32일치(실험자1 13일, 실험자2 6일, 실험자3 13일)의 데이터를 사용하였으며, 이들의 보고서를 바탕으로 6개의 키워드(date, study, travel, meal, reading, lunch)를 사용하여 검색 결과를 비교하였다. 이때, ConceptNet을 통해 확장된 영문 키워드를 추출된 한글 특이성과 매칭시키기 위해 사용된 한영 변환 테이블은 표 3과 같다. 추출된 특이성과 영문 개념이 잘 연결될 수 있도록 하나의 영문 개념이 여러 개의 한글 개념과 연결되는 것을 허용하였다. 표 3에서 실험에 이용된 키워드는 밑줄로 강조하였다.

이때 제안하는 개념 확장 검색 방법에 의해 확장된 키워드는 표 4와 같으며, 실험 데이터에서 모든 날짜에 대해 6개의 키워드(date, study, travel, meal, reading, lunch)를 가지고 검색 실험한 결과는 표 5와 같다. 표 5는 각 실험에 사용된 날짜별로 개념확장 검색결과가 달라지는 것을 보여준다. 이런 변화가 유의미한(검색 결과

의 변화가 있고 실제로 관련된 사건이 있음) 경우에는 ‘-’로 표시하였으며, 변화가 없는 경우에는 ‘X’로, 그리고 변화가 있으나 무의미한(실제 사건이 없었음) 경우에는 ‘.’로 표시하였다. 또한 데이트의 경우에는 이성뿐만 아니라 동성 친구와의 약속도 포함시켰으며, 여행의 경우에는 평소 자주 가는 지역이 아닌 경우에는 유의미한 것으로 인정하였다. 표 5의 분석 결과를 살펴보면, 많은 경우에 확장 검색의 결과가 확장하지 않은 검색의 결과와 다르며, 확장된 키워드에 의해 검색된 결과가 긍정적인 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 전체 192번의 검색 결과에서 성능이 향상된 경우는 81건, 감소된 경우는 19건으로 약 42%의 검색 결과에서 향상이 있었다. 표 6은 표 5의 결과에서 변화가 있었던 검색 결과에 대해 향상 여부를 항목별로 분석한 결과이다. 의미 확장 결과 전체를 보면, 100번의 향상된 검색 결과에서 81건이 향상되어 약 81%의 검색 성능 향상이 있었던 것을 알 수 있다. 특히 ‘식사’, ‘공부’, ‘독서’의 경우 크게 향상되었는데, 이는 실험자가 자주 수행한 내용이기도 하고, 이 두 가지 행동과 관련된 사건이나 특이성이 많기 때문으로 보인다.

표 5 질의어 확장 검색 결과 날짜별 분석표

사람	날짜	테이트	공부	여행	식사	독서	점심	향상된 경우의 수
h1	2/24	X	-	X	X	X	X	0
	2/27	X	+	X	X	X	X	1
	2/28	X	+	X	X	X	X	1
	3/01	+	X	X	X	X	X	1
	3/02	+	+	X	+	+	+	5
	3/04	+	X	X	+	X	+	3
	3/05	X	X	+	X	X	X	1
	3/06	-	+	-	+	+	+	4
	3/08	-	+	-	X	+	+	3
	3/09	-	-	X	+	-	+	2
	3/15	-	+	-	+	+	+	3
	3/17	X	+	X	X	X	X	1
	3/21	-	+	X	X	+	+	3
	h2	2/24	-	X	X	X	X	+
2/25		+	-	+	+	-	+	4
2/28		X	X	X	X	X	X	0
3/05		X	X	X	X	X	X	0
3/06		X	X	X	X	X	X	0
3/07		X	+	X	X	X	X	1
h3	2/25	+	+	+	+	+	+	6
	2/26	X	+	X	X	X	X	1
	2/28	X	-	X	X	X	X	0
	3/01	+	X	+	X	X	X	2
	3/02	+	+	+	X	+	+	5
	3/03	+	-	+	X	X	X	2
	3/04	+	+	X	+	X	+	4
	3/05	+	+	+	+	+	+	6
	3/06	-	+	+	+	+	+	5
	3/07	-	+	+	+	+	+	5
3/08	-	+	-	+	+	+	4	
3/09	-	+	X	+	+	+	4	
3/10	+	+	-	X	+	X	3	

표 6 질의어 확장기반 검색결과

	테이트	공부	여행	식사	독서	점심식사	전체
HIT	11/21	19/24	9/14	13/13	13/15	17/17	81/100
Rate	0.524	0.792	0.643	1.000	0.867	1.00	0.810

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 모바일 디바이스로부터 수집한 사용자의 정보를 시각화하고 검색할 수 있는 도구로서 라이프 브라우저를 개발하였다. 개발된 라이프 브라우저는 페이지안 네트워크를 활용하여 얻은 라이프 로그 의미 정보를 바탕으로 사용자의 삶을 요약하고 오픈소스 API를 기반으로 하는 GUI를 통해 표시하는 기능을 제공한다. 또한 사용자의 위치 정보를 정확히 분석하기 위해 자동 레이블링과 수동 레이블링을 병행하는 LPS를 개발하였으며, 검색 키워드의 확장 검색방법을 제시하였다. 제안하는 확장검색 방법은 모바일 사용자의 의미정보 추출용

으로 개발된 페이지안 네트워크와 일반적인 의미정보 연결관계 분석 도구인 ConceptNet Toolkit을 활용하여 사용자의 검색 개념을 확장하였으며 실험을 통해 사용자가 원하는 검색 결과를 찾는데 유리함을 알 수 있었다.

그러나 개발된 시스템에서 사용된 LPS는 한글 기반 인데 비해, ConceptNet Toolkit은 영어 기반이어서, 매핑 테이블에 의한 영한/한영 변환 과정이 필요해 쉽게 사용하기 어려웠다. 따라서 향후에는 영문화된 LPS를 개발하거나, ConceptNet Toolkit을 대체할 한글기반 개념 네트워크를 이용할 필요가 있다. 제안된 시스템을 검증하기 위해서는 좀 더 장기간 수집된 많은 데이터를

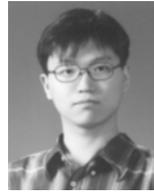
이용한 연구가 필요하다. 장시간 수집된 사용자 경험 데이터 분석을 통해 사용자가 원하는 수준의 개념 확장 검색 범위를 조정하고 적용시키는 것이 가능할 것이다.

참고 문헌

- [1] J. Gemmell, G. Bell, and R. Lueder, "MyLifeBits: A personal database for everything," *Communications of the ACM*, vol.49, no.1, pp.88-95, 2006.
- [2] Y. Sumi, I. Sadanori, T. Matsuguchi, S. Fels, and K. Mase, "Collaborative capturing and interpretation of interactions," *Pervasive 2004 Workshop on Memory and Sharing of Experiences*, pp.1-7, 2004.
- [3] T. Hori, and K. Aizawa, "Context-based video retrieval system for the life-log applications," *5th ACM SIGMM International Workshop on Multimedia Information Retrieval*, pp.31-38, 2003.
- [4] 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.
- [5] K.-J. Kim, Y.-S. Lee, K.-S. Hwang, J.-H. Hong, and S.-B. Cho, "Development of mobile life browser based on concept network," *Proc. of The 33rd KISS Fall Conference*, vol.33, no.2, pp.71-76, 2006.
- [6] K.-S. Hwang and S.-B. Cho, "Life log management based on machine learning technique," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems (MFI'08)*, pp.691-696, 2008.
- [7] F. Monaghan, D. O'Sullivan, "Automating photo annotation using services and ontologies," *Proceedings of 7th International Conference on Mobile Data Management*, pp.79, 2006.
- [8] M. Davis, M. Smith, J. Canny, N. Good, S. King and R. Janakiraman, "Towards context-aware face recognition," *Proceedings of 13th Annual ACM International Conference on Multimedia*, pp. 483-486, 2005.
- [9] N. Eagle, Machine Perception and Learning of Complex Social Systems, Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, 2005.
- [10] J. Gemmell, L. Williams, K. Wood, R. Lueder, and G. Bell, "Passive capture and ensuing issues for a personal lifetime store," *Proceedings of the 1st ACM Workshop on Continuous Archival and Retrieval of Personal Experiences*, pp.48-55, 2004.
- [11] E. Horvitz, S. Dumais, and P. Koch. "Learning predictive models of memory landmarks," *CogSci 2004: 26th Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, pp.1-6, 2004.
- [12] NOKIA Lifeblog, <http://www.nokia.com/lifeblog>.
- [13] A. F. Smeaton, "Content vs. context for multimedia semantics: The case of SenseCam image structuring," *Lecture Notes in Computer Science*,

vol.4306, pp.1-10, 2006.

- [14] H. Liu and P. Singh, "ConceptNet - A practical commonsense reasoning tool-kit," *BT technology journal*, vol.22, no.4, pp.211-226, 2004.
- [15] K.-S. Hwang, S.-B. Cho, and J.-H. Lea, "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.



이 영 설

2006년 2월 연세대학교 컴퓨터과학과(학사). 2008년 2월 연세대학교 컴퓨터과학과(석사). 2008년~현재 연세대학교 컴퓨터과학과 박사과정. 관심분야는 스마트폰, 모바일 상황 인식, 스토리 생성, 확률 추론



황 금 성

2001년 2월 연세대학교 컴퓨터과학과 졸업(학사). 2003년 2월 연세대학교 컴퓨터과학과 졸업(석사). 2009년 2월 연세대학교 컴퓨터과학과 졸업(박사). 관심분야는 진화 알고리즘, 지능형 에이전트, 베이지안 네트워크



김 경 중

2000년 연세대학교 컴퓨터과학과 졸업(학사). 2002년 연세대학교 컴퓨터과학과 졸업(석사). 2007년 연세대학교 컴퓨터과학과 졸업(박사). 2007년~2009년 미국 Cornell 대학교 Postdoctoral 연구원. 2009년~현재 세종대학교 컴퓨터공학과 전임강사. 관심분야는 로봇지능, 게임지능, Bioinformatics



조 성 배

1988년 연세대학교 전산과학과(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. 관심분야는 신경망, 패턴인식, 지능정보처리