실내 및 실외 위치 기반 사용자 상황인식과 시각화를 위한 사용자 인터페이스 개발

User Context Recognition Based on Indoor and Outdoor Location and Development of User Interface for Visualization

노현용, Hyun-Yong Noh*, 오세원, Sae-Won Oh**, 이진형, Jin-Hyung Lee**,
박창현, Chang-Hyun Park**, 황금성, Keum-Sung Hwang**, 조성배, Sung-Bae Cho***

요약 핸드폰, PMP, MP3 플레이어 등으로 대표되는 개인 모바일 장치는 빠르게 발전하고 있다. 이런 모바일 환경의 발전은 사용자의 일상을 이해하고자 하는 라이프로그 연구를 활성화하고 있다. 즉, 모바일 장치의 다양한 센서들을 활용하여 개인의 일상을 기록한 라이프로그는 복잡한 일상에 대한 기억 보조 도구로 사용가능하기에 현재 활발히 연구되고 있다. 본 논문에서는 GPS에 의한 실외 위치뿐만 아니라 무선랜에 의한 실내 위치를 고려하여 상황을 추론하고 시각화하는 방법을 제시한다. 실내에서 GPS가 제대로 동작하지 않더라도 무선랜을 기반으로 한 실내 위치 추정을 통해 위치 정보를 획득하고 상황 인식 성능을 향상시켰다. 또한, 지도 인터페이스 및 블로그를 기반으로 하는 시각화 방법을 개발하였다. 실험에서는 모바일 장비를 가지고 실제 데이터를 수집한 뒤 제안하는 방법을 통해 상황을 인식하고 시각화 서비스를 제공하는 성능을 평가하였다.

Abstract Personal mobile devices such as mobile phone, PMP and MP3 player have advanced incredibly. Such advance in mobile technology ignites the research related to the life-log to understand the daily life of an user. Since life-log collected by mobile sensors can aid memory of the user, many researches have been conducted. This paper suggests a methodology for user-context recognition and visualization based on the outdoor location by GPS as well as indoor location by wireless-lan. When the GPS sensor does not work well in an indoor location, wireless-lan plays a major role in recognizing the location of an user so that the recognition of user-context become more accurate. In this paper, we have also developed the method for visualization of the life-log based on map and blog interfaces. In the experiments, subjects have collected real data with mobile devices and we have evaluated the performance of the proposed visualization and context recognition method based on the data.

핵심어: Lifelog analysis and visualization, Context awareness, Bayesian networks.

본 논문은 2008년 연세대학교 학술 연구비 지원에 의하여 연구되었음.
*주저자 : 연세대학교 컴퓨터과학과
**공동저자 : 연세대학교 컴퓨터과학과
***교신저자 : 연세대학교 컴퓨터과학과 소프트컴퓨팅 연구실; e-mail: sbcho@cs.yonsei.ac.kr

1. 서론

초기의 모바일 장치는 단순히 이동전화의 의미를 가지고 있었지만, 최근 기술의 발전과 디지털 컨버전스와 함께 모바일 장치는 다양한 기능을 수행할 수 있게 되었다. 특히, GPS (Global Positioning System) 수신기, 카메라, MP3등 여러 기능이 모바일 장치에 탑재됨에 따라 사용자의 다양한 라이프로그 수집이 가능해졌다. 그리고 이러한 개인의 라이프로그 정보를 분석하여 일상생활을 기록하고 관리할 수 있는 방법론에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, GPS수신기를 통한 위치정보는 사용자의 상황을 추론하는데 많은 도움이 되고 있다. 즉, GPS 수신기를 이용하여 사용자가 위치한 건물을 파악할 수 있게 되었고, 그 건물의 성격에 따라 사용자가 어떠한 행동을 하고 있을 것인지 추론할 수 있게 되었다. 하지만 GPS 정보는 실외에서만 이용이 가능하여, 정확한 사용자의 위치파악이 어렵다는 단점이 있다. 예를 들어, 복합단지 건물 내에는 다양한 성격의 장소가 존재한다. 따라서 단순히 복합단지 내에 있다는 사실만으로는 정확한 사용자상황 유추는 어려울 것이다.

본 논문에서 제안하는 개발 내용은 모바일 장치에 저장된 GPS 로그 및 라이프로그를 토대로 사용자의 상황을 추론하고 서비스를 제공하기 위한 기존 연구를 토대로 진행되었다. 추론 된 사용자의 상황 정보를 바탕으로 제공되는 서비스 및 인터페이스를 개선하였으며, 실외에서만 동작하는 GPS 수신기의 한계를 극복하기 위하여 실내 지역에서는 무선랜(Wireless Lan) 신호를 이용하여 사용자의 실내위치를 파악하는 방법을 제안하여 구현하였다. 이를 통해 모바일 사용자의 정확한 위치 정보를 파악할 수 있을 뿐만 아니라, 사용자의 상황 추론 정확도를 향상시킬 수 있었다. 모바일 사용자의 상황 추론은 기존 연구[1]에서 수행했듯이 베이지안 네트워크를 이용한 확률 기반 추론 방법을 확장하여 실내 위치 정보도 추론의 증거로 활용하였다.

실험에서는 베이지안 네트워크를 이용한 사용자상태분석의 정확도 그리고 사용성에 관한 설문을 통해 시스템을 평가하였다. 사용자상태분석의 정확도는 베이지안 네트워크를 이용해 위치기반의 사용자상태추론의 정확도를 실험했다. 즉, GPS를 통해 실외 위치를 파악하고, 실내의 경우에는 무선랜(Wireless Lan)을 통해 얻은 무선 공유기 식별번호와 신호감도를 이용하여 실내위치를 추론한 후, 이 정보를 토대로 베이지안 네트워크의 성능을 평가하였다. 사용성평가는 John Brooke의 SUS(System Usability Scale)를 이용해 사용성과 사용자 만족도를 평가하였다.

2. 관련연구

사용자의 다양한 정보를 토대로, 장소의 성격 혹은 사용자의 상황 등 수집되지 않은 또 다른 정보를 추론하는 방법과, 이를 바탕으로 사용자에게 제공될 수 있는 서비스에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있다.

AniDiary 는 글과 만화를 통해 사용자의 일상을 기록할 수 있도록 도와주는 시스템으로, 사용자에게 중요한 라이프 기억 정보인 '메모리 랜드마크'를 만화 형태의 그림으로 보여줌으로써 사용자의 전체 기억을 연상 가능하도록 연구되었다[2]. 전처리 과정과 통계학적 접근을 통해 베이지안 네트워크의 증거를 얻고 이를 도메인 별로 설계된 여러 베이지안 네트워크에 입력하여 사용자의 상황을 추론하였다.

Whereabouts Diary는 사용자의 장소 정보에 근간을 둔 서비스로 이를 이용하여 사용자의 위치 및 행동을 간단하게 추론하는 어플리케이션이다[3]. GPS 장착 디바이스의 정보를 통해 위도와 경도를 얻고, 이를 기존에 미리 데이터베이스화 되어있는 "yellow-and white-pages" 같은 웹서비스를 통해 의미 있는 정보인 주소나 상호명으로 변경한 다음, 정확한 위치나 그 위치에서의 행동을 추론하였다. 이때 위치 및 상황 추론 성능을 높이기 위해 기존에 방문한 지역에 대한 정보를 베이지안 네트워크를 통해 구축하고 활용하였다.

라이프로그를 모듈형 베이지안 네트워크를 기반으로 분석 및 추론하여 상황을 인식하고자 한 연구도 있었다[4]. 이 연구에서는 모바일장치에서 일정주기마다 수집된 정보를 확률 증거로 이용하여 사용자의 행동을 추론하고, 해당 위치에서의 사용자 지속 시간과 그 위치를 찾는 빈도 그리고 집중도를 나타내는 임팩트 수치를 이용하여 결과의 신뢰도를 높이는 방법을 연구하였다. 통계적, 위치적 임팩트 분석을 통해 수집된 모바일 로그의 특이성을 추출하는 것이 목표로, 전처리기를 통한 베이지안 네트워크의 증거 제공과 베이지안 네트워크를 통한 특이성 추론을 통해 모바일 로그에서 의미 있는 정보를 추출하고 있다.

3. 실내 및 실외 위치 기반 상황 인식

본 논문에서 제안하는 시스템은 실내위치분석기, 사용자상황분석기 그리고 시각화모듈로 나뉜다. 실내 위치는 각 장소에서 수집된 무선랜의 신호를 바탕으로 분석되었다. 이 방법은 RADAR 프로젝트에서 처음으로 제안되었으며[5], 주변에 위치한 무선랜 AP (Access Point)에 대한 신호감도를 통해 위치를 인식할 수 있다. 즉, 건물 내 위치에 따라 접근할 수 있는 AP 식별 번호(Service Set ID), 신호의 세기(Signal Strength), 신호대비잡음비율

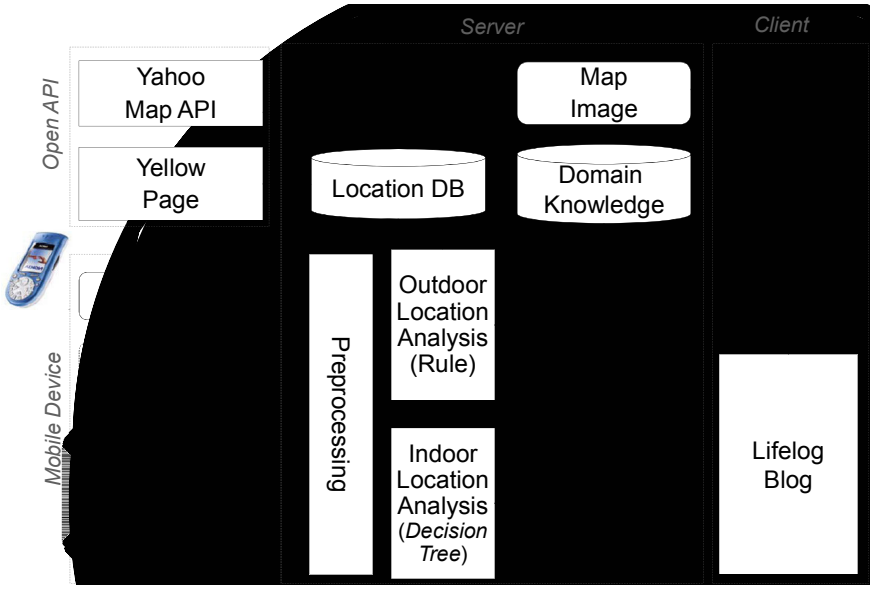

그림 1 시스템 구조도

(Signal-To-Noise Ratio)을 바탕으로 한다. 즉, 건물 내 의미 있는 장소가 다수 존재할 수 있고, 사용자가 정확히 어떠한 장소에 위치하는지를 파악하게 된다.

사용자 상황 분석기는 사용자가 실외에 있을 때는 GPS정보를 건물 내로 들어갔을 때는, 실내위치분석기를 이용하여 추론된 사용자의 장소를 바탕으로, 상황을 파악하는 모듈이다. 시각화모듈은 사용자 상황 분석기를 통해 추론된 상황 정보를 이용하여, 사용자의 일상생활을 관리하고, 블로그를 자동으로 꾸며주는 역할을 한다. 이 들 세 모듈 간의 관계는 그림 1로 표현될 수 있다.

3.1 실내위치분석기

실내위치분석기는 AP식별번호(SSID)와 신호세기(SS)를 이용하여 장소를 추정하는 역할을 한다. 본 논문에서는 의사결정트리(Decision Making Tree)를 이용하였으며, 결정트리의 생성을 위해서 WEKA라는 도구를 활용하였다[6].

WEKA는 다양한 데이터 마이닝 기능이 구현되어 있는 툴로서 데이터를 기반으로 결정 트리 기술을 학습하기 위한 알고리즘을 탑재하고 있다. 본 논문에서는 SSID 와 SS 정보를 바탕으로 실내 장소를 추정하는 결정 트리를 생성하고 이를 바탕으로 실제 위치를 추론하는 알고리즘을 구현하여 사용하였다.

또 한, 추론의 정확도를 높이기 위해 데이터를 슬라이드 단위로 나누고, 각 슬라이드 내 데이터 중 일정한 임계치 이상의 빈도를 보이는 장소를 선택하도록 하였다. 즉 데이터를 슬라이드수 θ ($\theta > 0$)만큼 나눈 후, 슬라이드 단위로 위치 추론을 수행하게 된다. 그리고 슬라이드 내 추론된 결과 중 임계치($\Delta x\theta$)를 초과하는 장소가 최종 장소로 선정된다.

3.2 사용자 상황 분석기

사용자 상황 분석기는 실외위치정보 즉 GPS정보를 이용하여 사용자의 상황을 분석하는 모듈과 3.1절의 실내위치분석기를 이용해 얻어진 사용자의 위치정보를 토대로 상황을 추론하는 모듈 두 부분으로 구성된다. 이 때, 사용자의 상황 분석은 확률모델 중 하나인 베이지안 네트워크(Bayesian network)를 통해 이루어진다[7].

베이지안 네트워크를 통한 사용자상황 추론에 있어 장소정보는 중요한 증거로 적용된다. 이 때, 실외의 경우는 GPS 로그를 open API 혹은 장소 데이터베이스의 장소정보와 비교하여, 해당 GPS좌표에 존재하는 건물에 대한 정보를 파악한다.

반면, 실내의 경우, 무선 AP의 ID(SSID)와 신호세기(SS)를 측정한 후, 이를 실내위치분석기에 적용하여 구체적인 장소를 파악하게 된다. 이렇게 파악 된 실내, 실외 정보를 베이지안 네트워크에 적용하여 사용자의 상황을 추론하게 된다.

3.2.1 실외위치 정보기반 사용자 상황 인식

실외정보를 이용한 사용자 상황 분석 베이지안 네트워크는 시간, 요일, 건물의 종류, 건물로 들어간 후 경과시간을 이용하여 사용자의 상황을 파악하게 된다. 그림 3은 이를 위해 설계된 베이지안 네트워크를 보여준다.

베이지안 네트워크의 입력이 되는 증거 값은 전술한

것과 같이 시간, 요일, 건물의 종류, 건물로 들어간 후 경과시간이다. 건물로 들어간 후 경과시간은 GPS신호의 오차로 인해 사용자가 건물에 들어가 있지 않음에도, 그렇다고 인식이 되는 경우가 있다. 이를 위해, GPS신호가 단절된 후로부터 경과된 시간을 파악하게 된다. 즉, GPS 수신기를 가지고 있는 사용자가 건물로 들어가게 되면 GPS 신호가 끊기게 된다. 그리고 GPS 신호와 단절된 후, 일정 시간이 지나게 되었을 때 사용자가 건물에 들어가 있는 것으로 판단하게 된다.

GPS 좌표를 이용한 건물명 파악을 위해 Open API (Yahoo)와 이를 바탕으로 구축된 데이터베이스가 활용되었다. Open API를 활용하는 경우, 건물의 종류를 파악하기가 힘들다. 즉, 상호명을 얻어올 수는 있지만, 해당 건물이 음식점, 도서관, 교실과 같은 카테고리 중 어떤 종류에 해당하는 지를 파악할 수 없다. 따라서 이를 해결하기 위해 GPS좌표와 건물명 그리고 건물의 종류에 관한 정보를 DB화하여 사용자가 위치한 건물의 종류를 파악하는데 사용하였다.

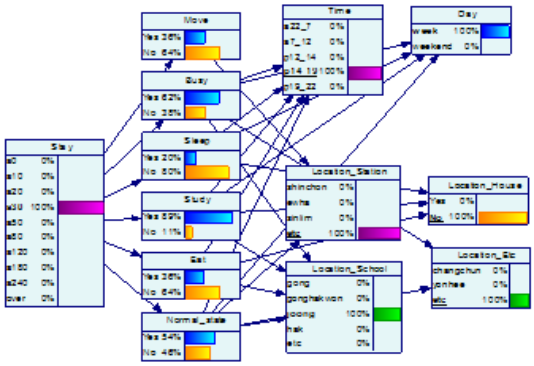

그림 2. GPS 기반 사용자 상황 인식 베이지안 네트워크

베이지안 네트워크를 통해 추론될 수 있는 사용자의 상황은 총 6가지로 이동, 취침, 공부, 식사, 바쁨, 보통이 있다. 이동은 지하철이나 버스 등의 대중교통을 이용하여 이동하는 경우이며, 취침은 집에서 쉬는 경우, 공부는 도서관이나 강의실에 공부를 하는 상황을 의미한다. 그리고 바쁨은 취미활동이나 기타 행동을 하는 경우를, 보통은 위 5가지 행동을 제외한 나머지 상황을 말한다.

3.2.2 실내위치 정보기반 사용자 상황 분석

그림 3은 사용자가 실내에 위치하고 있을 때 상황을 인식하기 위한 베이지안 네트워크이다. 총 4개의 결과 노드로 이루어져 있으며, 결과노드로부터 추론할 수 있는 사용자의 상황은 표 1과 같다. 실외위치 정보기반 베이지안 네트워크와 유사한 방법으로 노드를 구성하였으며, 네 가지 실내 행동 추론을 위한 베이지안 네트워크를 설계하였다. 하지만 실내위치 정보기반 베이지안 네트워크는 건물에 들어간 후 경과시간 증거가 한 장소에 머문 시간으로 대체된다. 또 한, 건물의 종류 대신 건물 내 장소가 증거로 적용이 되게 된다. 이 외에, 요일과 시간은 실외위치정보기반 베이지안 네트워크와 동일하게 활용되었다.

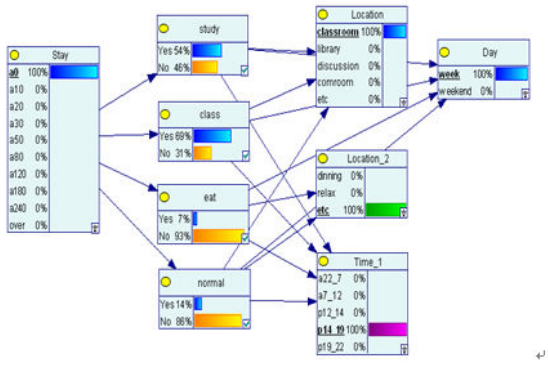

그림 3. 사용자의 상황 인식을 위한 실내 베이지안 네트워크 모듈

표 1. 실내 베이지안 네트워크 결과 노드

상황	설명
Study	사용자가 도서관 또는 열람실 등에서 공부하고 있는 경우를 나타낸다.
Eat	식사중일 것이라 판단되었을 경우를 나타낸다.
Class	강의실이나 기타장소에서 수업을 듣고 있을 것이라 유추되었을 때
Normal	휴식을 취하거나 위 3가지 행동을 제외한 행동을 하는 경우를 나타낸다.

3.3 라이프로그 시각화 인터페이스

라이프로그의 시각화는 사용자의 위치 정보와 상황 등 기타 스마트폰에서 얻을 수 있는 정보를 로그 형태로 저장하여 일기, 혹은 여행을 하면서 남긴 기록을 정리할 수 있는 기능을 제공한다. 시각화 방법에는 두 가지 방법을 제공하며, 첫 째는 Map과 저장된 사진을 함께 시간 순서로 보여주는 방식이고(그림 4), 두 번째는 사진과 위치, 모바일 사용자가 생성한 코멘트 등이 블로그 형태로 보여주는 방식이다(그림 5).

지도기반 라이프로그 시각화모듈은 Map, Indoor location, Current time, Photo, User status, Picture list의 6개의 창으로 나뉘어져 있다. Map창은 사용자가 하루 중 어떠한 경로로 이동하였는지를 보여주는 창이다. 본 시스템에서 사용된 지도와 사용자위치표시는 Open API(Yahoo)를 활용하였다. Indoor location 창은 실내위치정보와 건물의

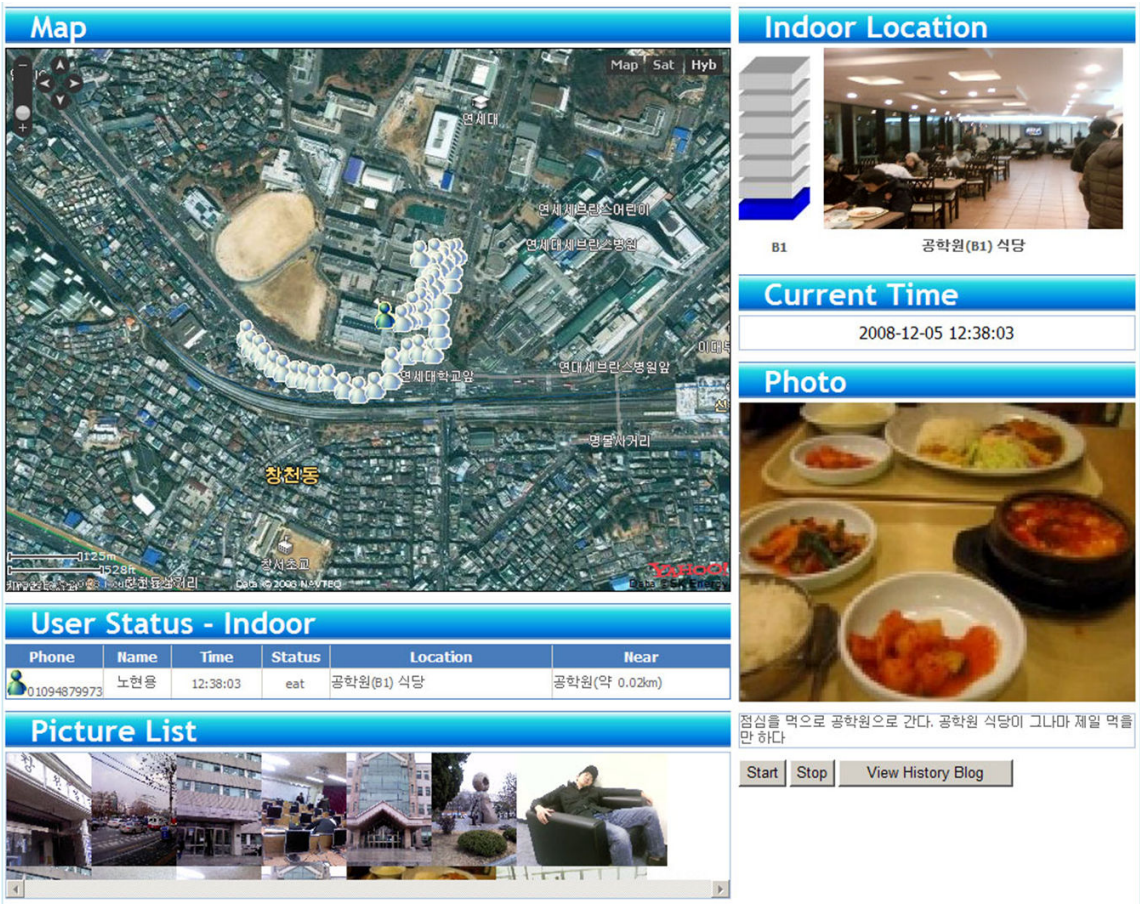

그림 4. 개발된 지도기반 라이프로그 시각화 인터페이스

어떠한 층에 위치해 있는지를 보여주고 있다. 이 때, 실내위치정보는 실험에 시뮬레이션에 이용 된 연세대학교 내 22개 장소에 대해 사진과 층에 대한 정보를 데이터베이스화하여 활용하였다.

그림 5. 블로그기반 라이프로그 시각화

Current Time과 Photo 창은 수집된 로그를 바탕으로 하루일과가 Map창에 출력될 때, 해당하는 시간과 그 시간에 찍은 사진을 보여주는 역할을 한다. User Status창은 사용자 상황 분석기를 통해 추론된 사용자의 상황과 위치 사용자의 정보를 보여주고 있다.

마지막으로, Picture list창에는 하루 중 찍은 모든 사진이 나열되어 있어, 원하는 사진을 직접 선택하여 볼 수 있다. 뿐만 아니라, 시각화모듈은 하루의 일과를 정리해서 자동으로 블로그화하는 기능을 가지고 있다. 블로그는 시간경과 순으로 사용자가 위치한 장소 및 추론된 상황, 사진들을 이용하여 구성된다.

3. 실험 및 평가

실험은 베이지안 네트워크의 성능평가와 사용성 평가로 구성되어 있다. 그리고 AP의 신호세기 수집을 위해서 Network Stumbler 버전0.4.0이 사용되었으며, 실험을 위해 연세대학교 내 22개의 장소가 선정되었다.

3.1 실내위치기반 사용자상황 추론 성능 평가

실내위치분석기를 통해 추론된 장소정보를 이용하여

사용자의 상황을 추론해 보았다. 표 2는 제안하는 방법으로 얻은 실내 베이지안 네트워크의 컨텍스트 추론 결과를 나타낸다. 4가지 사용자의 상황을 TP, TN, FP, FN 네 가지로 분류하여 나타냈다.

대부분의 상황별 추론분석 결과 적중률과 재현율이 상당히 높게 나오지만, 정확률을 상대적으로 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이는 실내위치기가 이동 중 위치정보가 분석된 장소를 지나치거나 그 근처에서 머물러 관련 장소 주변의 AP정보를 수신하여 상기 장소로 인식하였기 때문이다.

표2. 추론 상황별 성능분석 결과 (TP: True Positive, TN: True Negative, FP: False Positive, FN: False Negative, 적중률: (TP+TN)/(TP+PN+FP+FN))

	TP	TN	FP	FN	적중률
Study	41	111	34	0	81.72%
Eat	8	169	9	0	95.16%
Class	16	167	0	3	98.39%
Normal	77	65	1	43	76.34%
Total	142	512	44	46	87.90%

3.2 사용성 평가

제안하는 어플리케이션에 대한 불특정 다수에게 사용자 설문 평가를 실시하여 만족도를 평가하였다. 이 사용자 설문 평가 결과를 분석하여 제안하는 어플리케이션이 가지는 장점, 단점을 도출하고 이를 확인하도록 한다. 어플리케이션 설문 평가 방법은 어플리케이션의 동장 동영상 및 사진과 글을 통하여 제안하는 인터페이스를 설문 대상자에게 설명하였다. 설문 평가는 20대 남, 여 대학생 20명을 대상으로 총 10개 문항 5점 척도로 John Brooke 의 System Usability Scale (SUS)를 이용하여 어플리케이션 사용에 대한 유용성, 효용성, 기능의 통합성, 통일성, 전문성 등 주관적인 사용자의 평가를 실시하였다[8]. 그 결과 전문성, 기능의 통일성, 학습성 항목에서는 높은 사용자 평가 결과가 나왔고, 편리성, 효용성에서 비교적 낮은 점수의 사용자 평가가 이루어졌다. 사용자 설문 평가의 결과와 이에 따른 분석된 결과는 그림 6과 같다.

4. 결론

본 논문에서는 모바일장치에 저장되는 사용자의 라이프로그를 이용하여 사용자 상황을 파악하고 활용한 어플리케이션을 개발하기 위한 기술을 제안하였다. 특히 GPS가 동작하지 않는 실내에서의 위치 인식 방법을 제안하고 이를 바탕으로 사용자 상황을 추론하기 위한 확률 모델을 개발하였다. 실험에서는 실제 라이프로그를 바탕으로 상황 추론 정확도와 사용성 평가를 하였으며, 유용한 어플리케이션임을 확인할 수 있었다. 하지만 아직까지 인식되는 상황이 제한되어 있고 서비스 내용도 다양하지 않다. 따라서 향후에는 더 다양한 상황을 인식하고 이를 바탕으로 다양한 서비스를 제공할 수 있는 어플리케이션 개발에 대한 연구가 필요할 것이다.

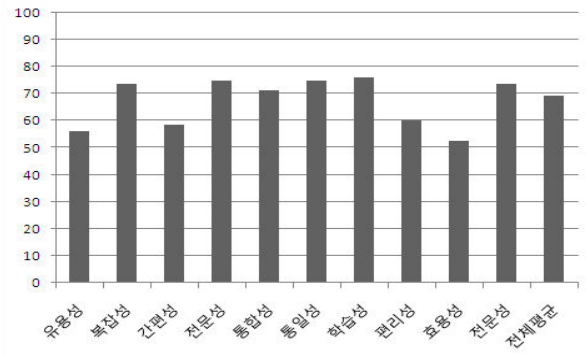

그림 6 . System Usability Scale 평가 결과

참고문헌

[1] J.H. Lee, H.Y. Noh, S.W. Oh, "Development of User Interface and Blog based on Probabilistic Model for Lifelog Sharing and Management", *KIISE*, Vol.35, No.2 pp.75-76, 2008.

[2] S.-B. Cho, K.-J. Kim, K. S. Hwang, and I.-J. Song, "AniDiary: Daily cartoon-style diary exploits Bayesian networks," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 6, no. 3, pp.66-75, 2007.

[3] G. Castelli, M. Mamei, and A. Rosi, "The whereabouts diary," *Proc. LoCA 2007*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 175-192, 2007.

[4] K.-S. Hwang and S.-B. Cho, "Bayesian inference model for landmark detection on mobile device," *Proc. of Korea Computer Congress*, vol. 33, no. 1(B), pp. 127-129, 2006.

[5] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan "RADAR:An In-building RF-based user location and tracking system", *Proc. of IEEE INFOCOM*, 2000.

[6] The university of Waikato, "WEKA", www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka.

[7] 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.

[8] J. Brooke, "SUS: a "quick and dirty" usability scale," *in P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. (eds.) Weerdmeester and A. L. McClelland, Usability Evaluation in Industry*, 1996.