

# 개념 네트워크 기반 모바일 라이프 브라우저의 개발

김경중, 이영설, 황금성, 홍진혁, 조성배  
연세대학교 컴퓨터과학과

kjkim@cs.yonsei.ac.kr, {tiras, yellow}@sclab.yonsei.ac.kr, {hjinh, sbcho}@cs.yonsei.ac.kr

## Development of Mobile Life Browser based on Concept Network

Kyung-Joong Kim, Young-Seol Lee, Keum-Sung Hwang, Jin-Hyuk Hong, Sung-Bae Cho  
Dept. of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

핸드폰, 스마트폰, PDA와 같은 모바일 디바이스는 위치, 전화기록, SMS, 사진, 동영상 등 사용자에게 관한 다양한 정보를 지속적으로 수집하는데 유용하다. 최근, 모바일 디바이스로부터 수집된 정보를 토대로 개인의 일상을 요약하거나 상위 수준의 행동을 추론하는 등의 서비스를 제공하려는 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 모바일 디바이스에서 수집된 정보를 검색, 요약, 시각화하기 위한 플랫폼인 라이프 브라우저를 제안한다. 라이프 브라우저는 디바이스에 저장된 개인 정보를 효과적으로 검색할 수 있도록 해 주고, 개념 네트워크를 활용하여 개념 검색을 지원하며, 키그래프 기반 정보 요약 기능을 제공한다. 위치 정보의 레이블링을 위해 블록 기반의 Location Positioning Server가 구축되었다. 실제 3명의 사용자를 대상으로 수집한 정보를 라이프 브라우저를 통해 회상해 보는 과정을 분석해 보았고 저수준의 로그 정보를 직접 다루는 것보다 개념 네트워크 기반 라이프 브라우저를 사용하는 것이 유용함을 확인할 수 있었다.

### 1. 서론

최근, 개인의 일상생활을 기록으로 남기려는 연구가 활발히 진행되고 있다[1][2][3]. 비디오 카메라, 위치 수신기, 로봇, 센서 등을 활용하여 개인의 일상을 기록으로 저장하고 검색하며 해석하는 기능을 제공하려는 것이 연구의 목적이다. 기술의 발전과 사회의 복잡성이 맞물리면서 사람들의 복잡한 일상을 기억하고 잘 관리할 수 있는 기억 보조 도구로서 개인 일상 관리 소프트웨어들이 관심의 대상이 되고 있다.

개인의 일상을 완벽하게 저장하려면 매우 많은 센서와 이동성을 갖춘 장비들이 필요하다. 하지만 이러한 비전을 현실화하기에는 비용과 사용자의 저항 등 많은 장벽이 남아 있다. 스마트폰, PDA, 핸드폰과 같은 소형의 모바일 디바이스는 편리한 기능성 덕분에 많은 사람들이 소지하고 다니고 있다. 특히 이동성을 갖추고 있어 정보 수집의 좋은 도구로 활용될 여지를 가지고 있다. 최근 스마트폰을 통해 정보를 수집하려는 시도가 이루어지고 있으며 저렴한 가격에 적은 노력으로 개인의 일상정보를 수집할 수 있는 가능성을 열어주고 있다[4].

본 논문에서는 모바일 디바이스로부터 수집된 정보를 데이터베이스화하고 사용자가 효과적으로 검색, 요약, 시각화할 수 있는 라이프 브라우저를 설계한다. 라이프 브라우저는 개인의 일상을 보다 효과적으로 관리할 수 있도록 하는 것이 목적인 기본 플랫폼으로 일상 로그를 활용한 다양한 부가 서비스들을 손쉽게 개발할 수 있도록 해준다.

그림 1은 라이프 브라우저의 전체 구조를 보여준다. 모바일 디바이스에서 수집된 정보는 저수준의 정보이기 때문에 다양한 응용 서비스 개발을 위해 상위 수준의 기호정보로 변환해 줄 필요가 있다. GPS 수신기로부터 수집된 위도, 경도 좌표를 기호 위치로 변환해 주는 LPS(Location Positioning Server)가 구축되었으며 사용자가 위치좌표에 대한 의미 레이블을 달아줄 수 있는 인터페이스를 개발하였다.

라이프 브라우저는 기본적인 로그의 검색, 로그의 시각화, 개념 네트워크를 이용한 개념검색의 지원, 키 그래프를 이용한 정보의 요약 기능 등을 지원한다. 저수준의 로그 정보를 LPS를 이용하여 기호정보로 바꾸어 주고 상식 DB인 개념 네트워크를 활용하여 연관된 정보를 검색하도록 지원한다. 상식 DB는 “도서관은 공부하는 곳”과 같은 다양한 상식을 인터넷 사용자를 통해 구축한 것이다[5]. 키 그래프는 하루의 일과를 요약할 수 있는 키가 될 수 있는 사건을 찾아주는 역할을 한다. 키 그래프는 문서요약을 위해 사용되는 알고리즘이다[6].

라이프 브라우저를 통해 “공부”와 같은 개념 질의어를 던지고 이와 관련된 장소와 관련 컨텍스트를 뽑아 볼 수 있다. 개념 네트워크와 LPS를 활용하여 저수준의 정보를 상위 수준의 정보로 변환하면 개념 질의, 자연어 검색, 자동 일기 생성, 자동 요약 등의 일을 보다 손쉽게 진행할 수 있는 기초를 제공해 준다. 3명의 대학생을 대상으로 수집한

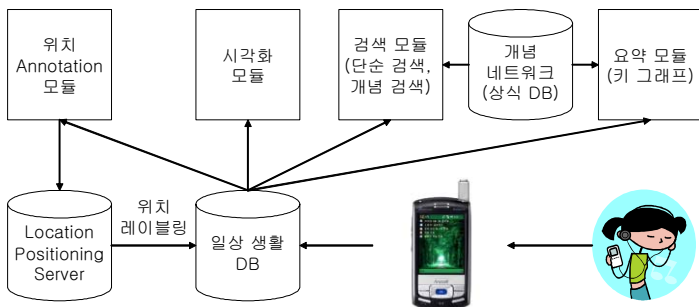


그림 1. 라이프 브라우저의 구조

로그 정보를 토대로 라이프 브라우저의 유용성을 평가해 보았다.

2. 관련연구

2.1 로그 수집

모바일 디바이스는 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 디바이스의 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 가능하다.

헬싱키 대학에서는 노키아 60시리즈 스마트폰을 대상으로 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 디바이스의 카메라로 찍은 사진으로부터 얼굴을 인식하여 사진속의 사람이 누구이고 몇 명이 있는지를 파악하려는 연구가 진행되고 있다[7][8]. MIT reality mining 그룹에서는 블루투스장비를 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 하드웨어이다[10].

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. MIT reality mining group에서 제안한 LifeLog는 헬싱키 대학에서 개발한 로그 수집 소프트웨어를 이용하여 얻은 정보들을 시각적으로 보여주는 도구이다. 단순한 형태의 일기를 목표로 개발된 도구로서 현재 개발 단계이다[9].

2.3 ConceptNet

MIT Media 연구실에서 개발한 ConceptNet은 상식을 자연어 형식으로 가공한 Toolkit으로서, 각종 의미 관계를 바탕으로 다양한 추론기능을 제공하는 시맨틱 네트워크이다. ConceptNet에는 OMCS (Open mind common sense) 프로젝트의 70만 문장으로부터 휴리스틱한 규칙을 바탕으로 추출된 160만 개의 지식요소가 존재하며, 이들은 그림 2와 같이 일상생활과 관련된 장소 관계, 물

리적 관계, 사회적 관계, 시간적 관계, 심리적 관계 등으로 연결되어 있다. 범용적 시스템 구축에 유용한 정보를 포함하고 있어, 자연어 기반 지능형 시스템이나 대화형 에이전트 등에서 사용되고 있다.

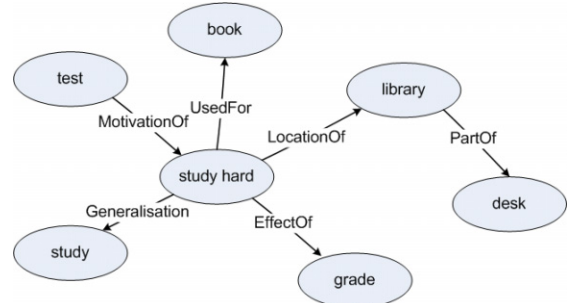


그림 2. ConceptNet의 예

3. 모바일 라이프 브라우저

3.1 시각화

본 논문에서 개발된 로그 관찰 도구 GUI는 MyLifeBrowser 라는 가치를 가지고 개발되었다. 이름에서 알 수 있듯이 모바일 디바이스 사용자에게 의해 수집된 데이터를 관찰 및 검색할 수 있는 도구이다. 그림 3은 개발된 MyLifeBrowser 가 작동되고 있는 모습을 나타낸다. MyLifeBrowser는 크게 세 부분으로 나뉘며 각각 다양한 기능을 수행한다.

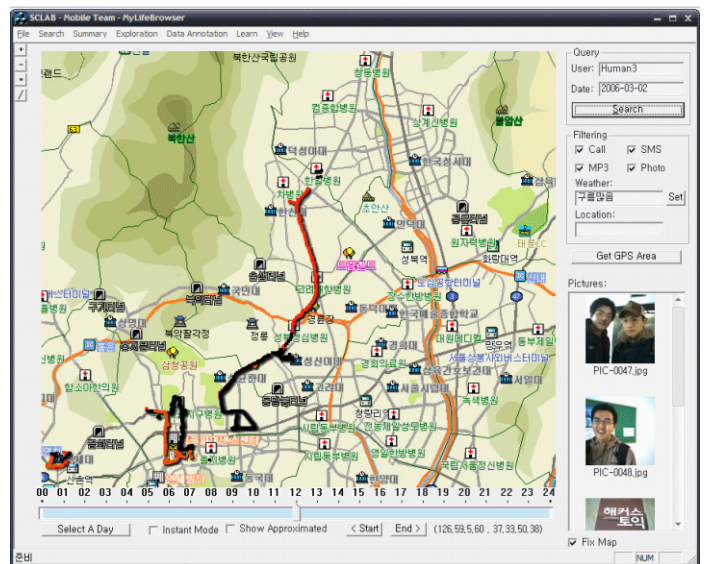


그림 3. MyLifeBrowser가 실행된 모습

1) 맵 관찰 영역

GPS 이동 경로 및 맵을 표시하는 부분이다. 사용자의 이동 경로를 점으로 표시하며, 마우스를 가져가면 해당 위치에서 발생된 로그 정보를 표시한다. 맵 아래에 위치한 Time Line 그래프는 화면에 보일 시간대를 선택하는 기능을 한다. 'Instant Mode'가 활성화된 경우에는 현재

커서가 위치한 시간대(±30분)의 GPS 좌표만 보여주기 때문에 커서를 움직이며 동적으로 관찰이 가능하도록 하였다. 'Show Approximated'가 활성화되면 GPS가 끊긴 시점의 좌표도 추정치로 표시가 된다. 이때 추정된 위치는 회색의 점으로 표현이 된다.

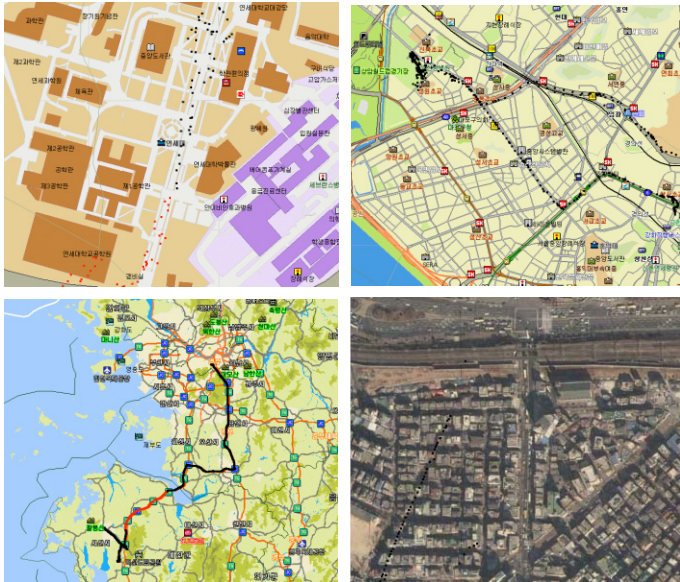


그림 4. 다양한 지역이 표시된 예. 서울 및 경기도를 중심으로 다양한 스케일의 지도가 사용되었으며, 일반 맵 형식과 위성사진 형식의 맵이 모두 표현 가능하다. (지도 이미지 출처: 지도형식은 알맵, 위성 사진은 구글어스)

본 논문에서 라이프 브라우저를 위해 사용한 데이터 처리 방법은 다음과 같다.

- 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,  $p_a$ 는  $t_a$ 의 GPS 좌표를 나타낸다.

$$\text{IF } t_{next} - t_{cur} > 1\text{sec} \text{ OR } t_{cur} - t_{prev} > 1\text{sec} \text{ OR } d_{prev,cur} > 1\text{km} \text{ OR } d_{cur,next} > 1\text{km} \text{ THEN } \text{Disregard}(p_{cur})$$

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

$$\beta_{cur} = \beta_{prev} + \frac{t_{next} - t_{cur}}{t_{next} - t_{prev}} (\beta_{next} - \beta_{prev})$$

- 지도 데이터 수집: 지도 데이터는 알맵과 구글 맵에서 수집되었으며, GPS 좌표 범위 정보를 가진 이미지 리스트를 사용하였다. 알맵에서 31개, 구글어스에서 31개 총 62개의 지도가 사용되었다 (그림 4).
- GPS 지도상에 표현: 다음과 같은 규칙을 사용하였다.

- 좌표계: 기본 GPS당 픽셀 벡터( $\vec{v}_{nppg}$ : Pixel per GPS)와 스케일 벡터( $\vec{v}_{ns}$ )를 정의하여 모든 이미지와 사용자 좌표를 표시하였다.
- 사용자별 추천 지도 선택: 사용자와 날짜별 추천 지도 이미지를 선택하고, 해당 맵 이미지의 GPS당 픽셀 벡터를  $\vec{v}_{nppg}$ 로 설정한 뒤,  $\vec{v}_{ns}$ 를 (1,1)로 정의한다.
- 지도 자동 선택 모드: 스케일과 좌표가 바뀌면 맵 이미지가 자동으로 바뀌는 모드이다. 이때 맵이 선택되는 방법은 다음과 같다. 여기에서  $I_i$ 는  $i$ 번째 맵 이미지,  $P_i$ 는  $I_i$ 에 포함된 좌표 집합을 의미한다.

$$C = \{ \forall I_i | P_i \supset P_{current\ screen} \}$$

$$I_{selected} = \arg \min_{I_i \in C} \text{areaisize}(I_i)$$

## 2) 질의 수행 영역

검색 및 필터링 옵션을 정의하여 사용자의 로그 데이터를 제한한다. 사용자 및 날짜 질의는 DB에서 불러올 데이터의 범위를 정의한다. 필터링 옵션은 맵 상에 Call, SMS, MP3, Photo, 특정 날씨 로그가 발생된 부분을 별도로 표시할지 여부를 결정한다. 활성화된 경우 해당 좌표가 붉은 색으로 표시된다 (그림 5).

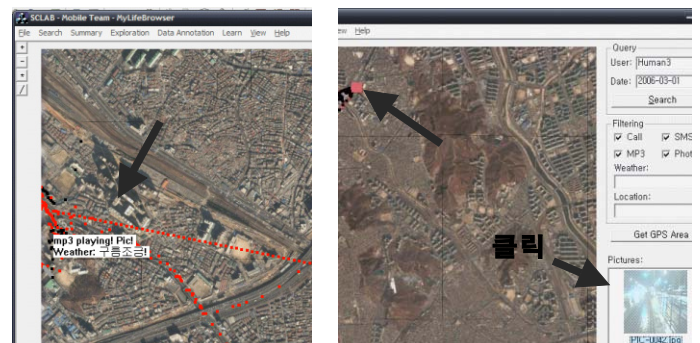


그림 5. 마우스를 가져가면 해당 로그의 정보가 표시된다(왼쪽). 이미지를 선택하면 해당 지점이 반짝 거린다. (오른쪽) 본 그림은 구글어스 지도를 배경으로 한 경우의 표현이다.

## 3.2 개념 검색

본 논문에서는 ConceptNet에서 제공하는 다음과 같은 4가지 기본 추론 함수를 사용하여 사용자 질의와 사용자 로그에 나타난 개념 사이의 상관성을 분석한다.

- project\_affective: 입력 개념과 감성적 유사성이 높은 개념들의 집합  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i\}$ 를 추출한다.
- project\_consequences: 입력 개념과 동시에 발생하거나 순차적으로 발생하는 개념들의 집합  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_j\}$ 를 찾는다.
- project\_details: 입력 개념과 유사한 특성을 가지거나 집합관계, 하위 이벤트 등의 개념들의 집합  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ 를 구한다.

- project\_spatial: 입력 개념과 관련된 장소 개념들의 집합  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_l\}$ 를 찾는다.

사용자 로그로부터 사용자 질의와 관련이 높은 개념을 검색하기 위해서, 먼저 ConceptNet을 이용하여 사용자 질의  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$ 에 대한  $CQ = \{QA, QC, QD, QS\}$ 를 계산한다.  $CQ$ 에서 얻어진 개념들과 사용자 로그에 존재하는 각 개념들  $\{L_1, L_2, \dots, L_m\}$  ( $m$ 은 로그에 존재하는 개념 수)과 비교를 하여 다음과 같이  $Q$ 와  $L_t$ 사이의 상관도  $R$ 을 계산한다.

```
for (int a = 0; a < m; a++)
{
     $R_a = 0;$ 
     $R_a += w_a \times \text{Calculate\_relationship}(QA, L_a);$ 
     $R_a += w_c \times \text{Calculate\_relationship}(QC, L_a);$ 
     $R_a += w_d \times \text{Calculate\_relationship}(QD, L_a);$ 
     $R_a += w_s \times \text{Calculate\_relationship}(QS, L_a);$ 
}
```

```
float Calculate_relationship( $CQ, L_a$ )
{
    float Value = 0.0f;
    for each( $i \in CQ$ )
        for each( $j \in L_a$ )
            if ( $cq_i == l_j^a$ )
                Value +=  $cq_i$ ;
    return Value;
}
```

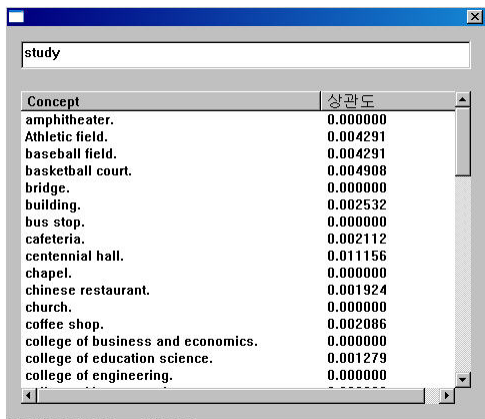


그림 6. 질의와 로그 모델 상관도 분석 예

입력된 질의는  $L_t$  (단,  $a$ 는  $1 \sim m$ ) 중 임계치 이상의  $R_a$ 를 얻은 개념으로 확장되어, 사용자 로그 검색 시 이들 개념과 상관도를 그림 6과 같이 출력한다. 사용자가 로그에 관련된 특수한 장소 개념을 검색하기 위해서는 직접 로그 범위를 한정지어야 하는 어려움이 있는 반면, 제안한 방법을 통해서 직관적으로 구성된 사용자 질의를

확장하여 질의의 내용과 관련된 장소 개념을 검색하여 출력 로그의 범위를 한정짓는다.

### 3.3 요약

사용자의 하루를 요약하는 개념을 찾아주기 위해서 키그래프와 개념 네트워크를 이용한다. 키그래프와 개념 네트워크에 사용되는 사용자 데이터는 스마트폰에 연결된 GPS 장치로부터 수집한다. 사용자가 방문한 장소명을 개념 네트워크에 입력하고 개념 네트워크에서 얻은 개념들로 생성한 문서에 키그래프를 적용하여 핵심 개념을 추출한다.

사용자의 위도, 경도 좌표 값을 가지고 레이블링된 데이터를 이용하여 방문한 장소명을 알아내고 장소명을 개념 네트워크에 입력하여 관련된 개념을 얻는다. 개념 네트워크에서 장소명에 대해서 반환되는 개념들을 가지고 키그래프에서 이용될 문서를 생성한다. 개념 네트워크에서 반환되는 개념의 개수가 많기 때문에 키그래프를 구성하는 개념의 개수를 적절한 수준으로 한정하기 위해서 반환된 개념들 중 연관도가 0.01 이상인 단어들만 문장을 구성하는 데 이용한다. 방문 장소명에 따라 반환되는 모든 개념을 하나의 문장으로 만든다.

표시	의미
$ x _s$	문장(Sentence) $S$ 에서 특정 단어 $x$ 가 나타나는 빈도
$assoc(w_i, w_j)$	문장(Sentence) $S$ 에서 특정 단어 $w_i$ 와 $w_j$ 가 함께 나타나는 빈도의 합

$$assoc(w_i, w_j) = \sum_{s \in D} \min(|w_i|_s, |w_j|_s) \quad (1)$$

키그래프를 적용하기 위해서 발생빈도가 높은 개념과  $assoc$  (연결강도)가 높은 관계를 추출한다.

비록 빈도수는 낮더라도 문서에서 중요한 개념들이 존재한다. 로그의 개념들에 대해 각 개념과 클러스터 사이의 관계를 계산하여 클러스터들과의 연관관계가 높은 단어들을 추출한다.

표시	의미
$based(w, g)$	특정 개념 $w$ 가 클러스터 $g$ 와 가지는 관계의 연결 강도
$neighbors(g)$	로그에 있는 모든 개념과 클러스터 $g$ 가 가지는 연결 강도의 합

$$based(w, g) = \sum_{s \in D} |w|_s |g - w|_s \quad (2)$$

$$neighbors(g) = \sum_{s \in D} \sum_{w \in s} |w_s| |g - w_s| \quad (3)$$

$$|g - w_s| = \begin{cases} |g_s| - |w_s| & \text{if } w \in g \\ |g_s| & \text{if } w \notin g \end{cases} \quad (4)$$

$$key(w) = 1 - \prod_{g \in G} (1 - \frac{based(w, g)}{neighbors(g)}) \quad (5)$$

*key* 값이 큰 개념일수록 클러스터들을 연결하는 단어일 가능성이 높다.

발생 빈도가 높은 개념 리스트(High Frequency Term)와 클러스터를 연결하는 확률이 높은 단어 리스트(Key Term)를 통하여 문서를 요약하는 키워드를 추출한다.

추출하는 방법은 앞서 추출된 개념 리스트에 다음 공식을 적용하여 큰 값을 가지는 단어들을 추출한다.

$w_i$  : *key* 값이 큰 단어(High Frequency Term)

$w_j$  : 발생 빈도가 높은 단어(Key Term)

$$column(w_i, w_j) = \sum_D \min(|w_{i,j}|, |w_{j,i}|) \quad (6)$$

*column* 값이 높은 개념들이 로그를 요약하는 키워드가 된다.

#### 4. 실험 및 결과

##### 4.1 GPS 레이블링 및 영문 장소명 맵핑

사용자의 위도, 경도 좌표를 텍스트 정보로 이루어진 장소명으로 변환하기 위하여 레이블링을 수행하였다. 사용자가 이동했던 모든 장소를 레이블링 하는 것은 물리적으로 불가능하기 때문에 사용자가 가장 자주 이동한 장소 105곳을 레이블링하여 사용하였다.

##### 4.2 개념 검색

제안하는 방법의 유용성을 확인하기 위해, 대표적인 사용자 질의 입력에 대해 질의 확장을 수행하였다. 장소에 기반하여 대부분의 사용자 로그가 수집되었기 때문에 S에 높은 가중치를 두어 ( $w_a=0.1, w_c=0.1, w_d=0.1, w_s=1.0$ ) 과 같이 설정하였다. 그림 7은 'work'와 'play'에 대한 질의 확장 결과를 보여준다. 각각 일상 생활에서 많이 관련이 되어있는 장소 개념들이 뽑혔다.

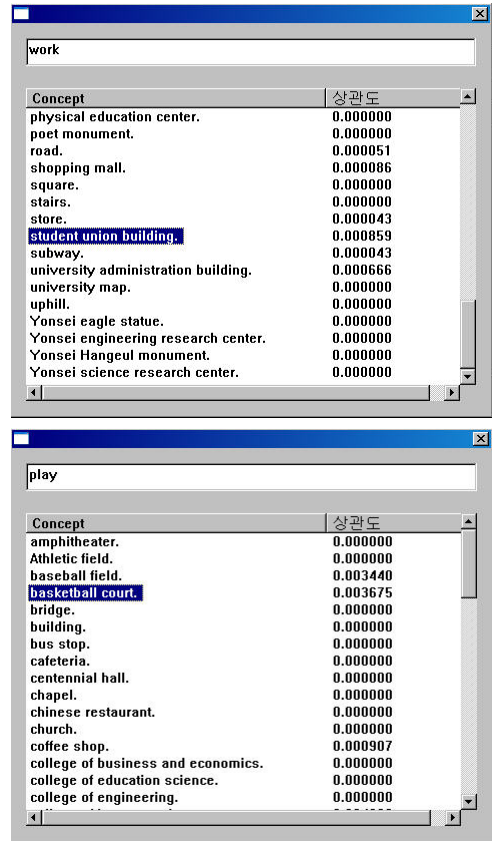


그림 7. 질의 확장 결과

#### 4.3 요약

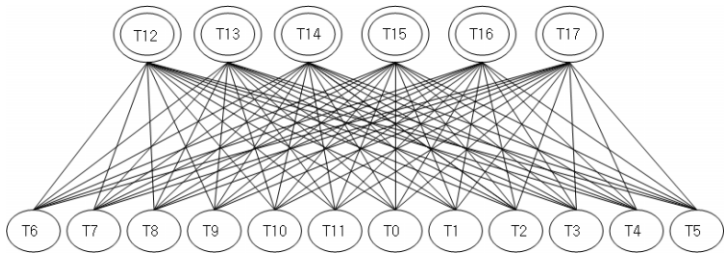
본 논문에서는 키그래프를 통하여 하루 분량의 데이터에서 6개의 핵심개념을 추출하였다.

표 1은 3월 4일에 사용자의 스케줄을 나타내고 있다. 표에서 보는 바와 같이 사용자는 그날 약속으로 인한 이동이 잦았으며, 특히 서산의 고향집에 내려가기 위해서 자동차로 오랜 시간 이동했음을 알 수 있다. 따라서 3월 4일에 대해서 키그래프를 적용하여 핵심 개념으로 뽑힌 curb, automobile, highway 등은 도로를 이용한 이동이 많았던 날의 중요한 키워드가 될 수 있다.

표 1. 3월 4일의 사용자 스케줄

시간	분	장소	감정	행동
16	30	버스 정류장	신남	인사동으로
17	10	인사동	신남	도착. 맛집에서 식사
18	30	버스 정류장	신남	대학로로 이동
19	00	대학로		고속터미널로 이동
22	20	서산	피곤	도착
23	00	집(서산)	피곤	도착. 취침

그림 8은 3월 4일에 대해서 생성된 키그래프를 그래프 형태로 나타낸 것이다. 각 노드 ID에 해당되는 개념은 아래에 나타나 있다. 두 개의 테두리를 가진 원으로 표현된 개념들이 추출된 핵심 개념들이며, 표에서는 음영으로 표시되어 있다.



ID	단어	ID	단어
T0	road	T9	cross
T1	freeway	T10	asphalt
T2	tread	T11	traffic
T3	red station wagon	T12	curb
T4	intersection	T13	automobile
T5	carry	T14	highway
T6	shrubbery	T15	alley
T7	national interstate highway	T16	cable
T8	overpass	T17	concrete

그림 8. 3월 4일에 대해 생성된 키그래프

### 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 모바일 장치로부터 수집한 사용자의 로그 정보를 검색, 요약, 시각화해 볼 수 있는 도구를 개발하였다. 개념 네트워크의 활용을 통해 저 수준의 로그 정보를 효과적으로 검색하고 요약할 수 있는 방법을 제시하였다.

향후 연구로 사용자가 필요로 하는 부가 서비스를 정의하고 사용자가 현재 기술로 획득하기 어려운 상위 수준의 정보를 직접 입력할 수 있는 주석 도구의 개발을 통해 현재 시스템의 유용성을 높이는 작업이 필요하다.

### 참고문헌

[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] P. Singh, B. Barry and H. Liu, "Teaching machines about everyday life," *BT Technology Journal*, vol. 22, no. 4, pp. 227-240, 2004.

[6] Y. Ohsawa, N. E. Benson, and M. Yachida,

"KeyGraph: Automatic indexing by co-occurrence graph based on building construction metaphor," *Proceedings of Advanced Digital Library Conference*, pp. 12-18, 1998.

[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] S. Ross, "Models of human memory," *Microsoft Research News & Highlights*, <http://research.microsoft.com/displayArticle.aspx?id=687>.