

# 시공간 위치 예측을 위한 사용자 이동 경로의 선택과 요약 방법

## Path Selection and Summarization of User's Moving Path for Spatio-Temporal Location Prediction

윤태복, Taebok Yoon\*, 이동훈, Donghoon Lee\*\*,  
정제희, Je-Hee Jung\*\*, 이지형, Jee-Hyong Lee\*\*\*

**요약** 사용자의 과거 이동 경로 자료는 사용자의 현재 이동 위치를 예측하고 이와 관련된 서비스를 제공하는데 유용하게 사용될 수 있다. 본 논문에서는 사용자의 과거 이동 경로의 분석을 통하여 이동 중인 사용자의 시공간 위치에 측 기술을 제안한다. 환경으로부터 발생한 사용자의 이동 경로를 수집하고, 수집된 데이터에서 이동 경로 요약(Path Summarization)과 이동 경로 선택(Path Selection) 방법을 제안한다. 이동 경로 요약 방법은 환경으로부터 수집한 사용자의 이동 경로를 군집 분류하고, 이동 경로 선택 방법은 이동 중에 발생한 경로의 거리, 시간, 방향의 요소와 동적 정합법을 사용하여 유사성(Similarity)을 측정하며 유사성이 가장 높은 경로를 선택한다. 선택된 경로는 시간에 따른 공간 정보 및 위치에 따른 시간 예측 서비스를 위하여 사용가능 하며, 실험을 통하여 유사성이 높은 이동 경로를 선택하는 모습을 확인하였다.

**Abstract** User adaptive services have been important features in many applications. To provide such services, various techniques with various kinds of data are being used. In this paper, we propose a method to analyze user's past moving paths for predicting the goal position and the path to the goal by observing the user's current moving path. We develop a spatio-temporal similarity measure between paths. We choose a past path which is the most similar to the current path using the similarity. Based on the chosen path, user's spatio-temporal position is estimated. Through experiments we confirm this method is useful and effective.

**핵심어:** Location Based Service, Path Selection, Location Prediction, Path Summarization

### 1. 서론

사용자에게 적용된 서비스를 제공하기 위하여 많은 연구가 진행 중이다. 일반적으로 적용된 서비스를 제공하기 위해서 사용자와 관련된 데이터를 수집하고 그 수집된 데이터를 분석하게 되는데, 분석된 결과는 단순한 수집 데이터에서 유용한 정보로서의 가치를 가지게 된다. 수집하여 분석한 정보는 다양한 예측 기술에 이용하여 사용자에게 적용된 서비스를 하기 위하여 사용되는 것이 일반적인 접근 방법이다.

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발 사업의 일환으로 추진되고 있는 유비쿼터스컴퓨팅 및 네트워크원천기술개발사업의 지원을 받았습니다.

\*주저자 : 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학부 박사과정

e-mail: tbyoon@skku.edu

\*\*공동저자 : 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학부 석사과정

e-mail: idoun@skku.edu

\*\*공동저자 : 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학부 석사과정

e-mail: gulingi@skku.edu

\*\*\*교신저자 : 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수

e-mail: jhlee@ece.skku.ac.kr

예를 들어 유비쿼터스 환경에서 사용자의 감정 상태에 따라 적절한 환경을 연출해 주는 것이나 온도나 습도, 사용자의 기호에 따라 에어컨을 자동으로 설정하는 기술들이 모두 사용자로부터 수집된 데이터를 분석하고 예측한 결과 값을 이용한 것이다. 이와 마찬가지로 사용자의 이동 경로를 수집하여 분석하고 예측하는 기술 또한 사용자에게 적용된 서비스를 제공하기 위해 유용하게 사용 될 수 있다. 예를 들면 “오전 9시에 집을 출발한 A씨는 지금 어디를 향해 가고 있는가? 가는 도중 어느 지점을 경유할 것인가? 지금으로부터 30분 후에 어디에 있을 것인가?” 등의 질문에 대하여 대답할 수 있다면, 이와 관련된 여러 가지 유용한 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 본 논문에서는 사용자의 이동 경로 데이터에 기반을 둔 이동 공간 위치 예측 기법을 제안한다. 제안하는 방법은 동적 정합법을 이용하여 경로간의 유사도를 측정하였으며, 경로간의 유사도를 이용하여 저장된 이동 경로 데이터 중에서 현재 이동 중인 경로와 유사한 경로를 선택한 후, 그 경로를 기반으로 예측하게 된다. 또한, 수집된 데이터는 경로 데이터라는 특성상 저장 관리하기에 어려운 점

을 가지고 있다. 이동 경로 요약 방법을 이용하여 수집된 데이터를 군집화 하여 분류하고, 분류된 경로 그룹별로 요약 정보를 선별한다. 선별된 이동 경로 요약 정보는 경로의 예측에 사용되는 이동 경로 선택 방법에 시간적, 공간적 이점을 제공한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 위치기반 서비스와 관련된 연구에 대하여 소개하고, 3장에서는 위치 예측을 위한 이동 경로의 수집과 분석에 대해서 설명한다. 4장에서는 실험 환경에 대하여 설명하고, 마지막으로 5장에서는 결론과 향후 연구 과제에 대하여 논한다.

## 2. 사용자 위치 서비스를 위한 연구 사례

위치 기반 서비스를 위해 사용되는 기술은 위치 인식 기술과 위치 예측 기술로 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 위치 인식 기술은 센서 및 GPS 장비 기술에 의존적인 기술이라 하겠다. 위치 예측 기술은 사용자 위치 인식 장비로부터 수집된 정보를 이용하여 사용자에게 적용되고 지능적인 서비스를 위한 기술이다. 위치 예측 기술의 연구 사례를 보면 Ashbrook 등은 GPS 데이터를 클러스터링(Clustering)하여 사용자가 오래 머무르는 유효한 위치를 찾아내고 이 위치간의 이동을 모델링 하였다[1]. 한상준 등은 RSOM 및 마르코프 모델을 사용하여 사용자의 위치 이동 패턴을 학습하여 다음 이동할 위치를 예측하고 그에 맞는 서비스를 제공하는 기법을 제안하였다[3]. Patterson은 GPS(Global Positioning System)신호를 이용, 이동 수단을 예측하는 방법을 제안하였다. 또한 Ester, Kriegel와 Sander은 지리공간 데이터 마이닝을 위한 방법을 포괄적으로 연구하였으며[4], Ng와 Han은 미리 정의된 공간에 대한 군집화 결과에 기반한 서술적 공간 데이터 분석방법을 제안했다[5]. 이외에도 위치 기반 서비스를 위한 다양한 방법이 연구 되고 있다[6][7]. 그러나 기존의 연구는 이동 경로 데이터를 분석하기 보다는 주로 인식하는 기술과 공간 데이터 베이스 측면의 연구가 진행되었으며, 수집된 데이터를 분석하여 예측하는 기술은 찾아보기 힘들다. 본 논문에서는 사용자의 이동 경로 데이터에 기반한 이동 공간 위치 예측 기법과 사용자 이동 경로의 효과적 관리를 위한 방법을 제안한다. 제안하는 방법은 동적 정합법을 이용하여 경로간의 유사도를 측정하였으며, 경로간의 유사도를 이용하여 저장된 이동 경로 데이터 중에서 현재 이동중인 경로와 유사한 경로를 선택한 후, 그 경로를 기반으로 예측하게 된다.

## 3. 위치 예측을 위한 이동 경로의 수집과 분석

제안하는 방법은 사용자의 과거 이동 경로에 대한 데이터를 수집하여 저장하며, 저장된 이동 경로 데이터는 시간, 방

향, 위치의 경로 특성을 이용하여 클러스터링(Clustering)하고, 그룹화된 경로들에 대한 요약 경로를 선별한다. 선별된 요약 경로는 현재 이동중인 사용자의 경로와 비교 분석에 사용한다. 이 분석을 통해 현재 이동 중인 사용자의 목적지와 사용자가 선택할 경로를 예측하고, 특정 시간에 어느 위치에 있을 것인지, 특정 위치에는 어느 시간에 도달할지 등을 분석하는 기법을 제시한다. 또한 이를 위해서 각 경로 사이의 유사성을 측정할 수 있도록 이동 경로에서 각 지점의 위치와 그곳에 사용자가 도달한 시간과 이동 방향을 고려하는 유사도 함수를 정의하고 동적 정합법을 이용하여 경로간의 유사도를 측정하였다. 현재 이동 중인 사용자의 이동 특성을 분석하기 위하여 현재까지의 이동 경로와 기존에 수집된 이동 경로 데이터와의 유사도를 측정하여 각각의 유사도를 얻고 이를 바탕으로 이동 경로의 특성을 분석한다. 아래 그림은 사용자 이동 경로의 수집과 경로 예측 서비스를 위한 전체 작업 흐름도이다.

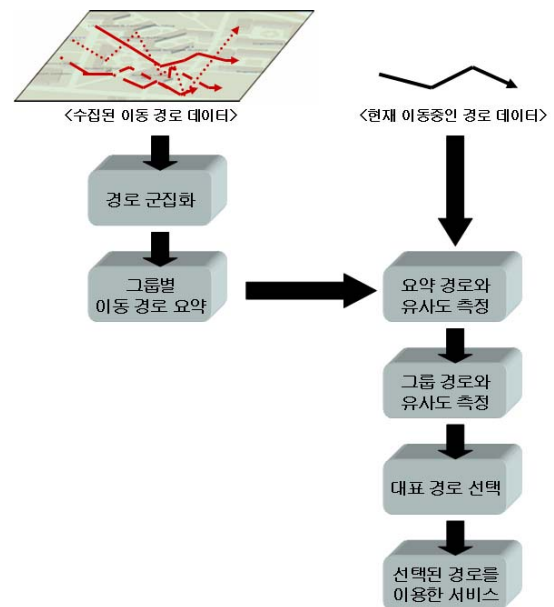


그림 1. 사용자 위치 예측 서비스를 위한 경로 수집과 분석의 작업 흐름도

### 3.1 경로의 유사도

본 논문에서 제안하는 방식은 기본적으로 두 경로의 유사도(Similarity)를 바탕으로 한다. 한 경로는 경로 안에 있는 지점의 위치와 그곳을 통과한 시각의 쌍의 집합으로 정의한다. 예를 들면 사용자가  $p_0$  지점을 시간 0에 출발하여  $p_1$ 을 시간 30에 지났고  $p_2$ 를 40에,  $p_3$ 를 65에 통과하여  $p_4$ 에 80에 도달했다면 이 경로 P는

$$P = \{(p_0, 0)(p_1, 30)(p_2, 40)(p_3, 65)(p_4, 80)\}$$

으로 나타낼 수 있으며, 마찬가지로 임의의 다른 경로 Q는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$Q = \{(q_0, 0)(q_1, 20)(q_2, 50)(q_3, 70)(q_4, 75)(q_5, 90)\}$$

또한, P와 Q의 지점에 대한 위치를 각각 점으로 표시하여 그림1과 같이 나타낼 수 있다.

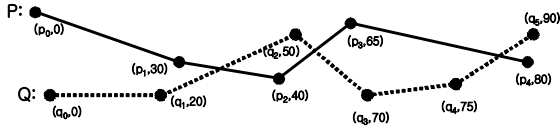


그림 2. 이동 경로의 표현

이때 두 경로 P와 Q는 상호간에 얼마나 유사하다고 해야 할 것인가? 이를 위해서 P의 임의의 지점과 Q의 임의의 지점간의 유사도를 정의했는데, 그 이유는 경로의 유사도란 두 경로에 얼마나 유사한 지점들이 포함되어 있는가를 이용하여 정의 할 수 있기 때문이다. 예를 들어 P의 한 지점( $p_i, t_i$ )와 Q의 한 지점( $q_j, t_j$ )의 유사도는 아래와 같이 정의된다.

$$nodeSim(p_i, q_j) = C_1^D \left[ \cos \frac{\theta}{2} \right]^{C_2} C_3^T$$

본 논문에서는 경로간의 유사도 측정을 위해 두 경로간의 거리, 방향, 시간 요소를 반영하여 계산한다.  $nodeSim(p_i, q_j)$ 는 0에서 1사이의 결과 값을 가지며, 비교되는 두 요소가 유사할수록 1의 값에 근접한 결과를 얻는다.  $C_1$ 은 거리에 대한 상수이고,  $C_3$ 는 시간에 대한 상수로 0과 1사이의 값을 가진다.  $D$ 는 두 지점의 물리적인 거리이고,  $T$ 는 두 지점의 시간 차이 즉  $|t_i - t_j|$ 이고,  $C_2$ 는 방향 수식을 위한 상수이며  $\theta$ 는 두 지점에서의 이동 사잇각으로 아래와 같이 정의 된다. 여기서 상수  $C_1, C_2, C_3$ 는 거리, 방향, 시간에 대한 가중치를 부여 할 수 있으며, 이는 사용자에게 의해서 결정된다. 그림 3는 두 이동 경로에 대한 사잇각을 구하기 위하여  $p_i$ 와  $p_{i-1}$ 를 평행 이동한 모습이다.

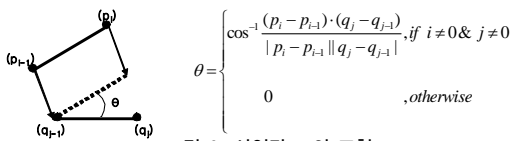


그림 3. 사잇각  $\theta$ 의 표현

두 지점의 유사도는 위치와 시간, 이전 지점에서 온 방향이 모두 일치해야만 1의 값을 가지게 된다. 이를 바탕으로 경로 P와 Q의 유사도는 다음과 같이 정의하였다.  $\theta$ 는 두 벡터  $(p_i - p_{i-1})$ 과  $(q_j - q_{j-1})$ 의 사잇각으로  $i$ 나  $j$ 중 어느 하나가 0이면  $\theta = 0$ 이다. 그림 3는  $\theta$ 에 대한 정의를 보여준다. 예를 들어  $p_i, q_j$ 가 그림 4와 같이 주어졌다. 경로 P는  $p_{i-1}$ 에서  $p_i$ 까지 이동했고 시간은 1에서 3으로 2만큼 소요되었으며, 두 번째 경로 Q는  $q_{j-1}$ 에서  $q_j$ 으로 이동했고 시간은 3에서 4로 1만큼 소요되었다. 제한하는 방법의 계산을 위해 상수값  $C_1=0.7, C_2=2, C_3=0.7$ 이라고 가정 할 경우

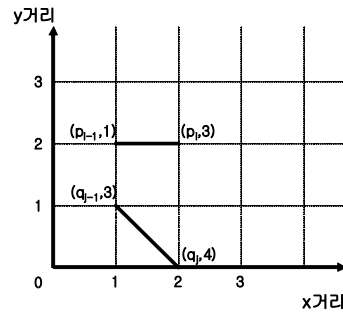


그림 4. 경로 P와 Q의 유사도 측정

$$D = 2, T = 1, \theta = \frac{\pi}{4} \text{ 이므로}$$

$$nodeSim(p_i, q_j) = 0.7^2 \cdot \left( \cos \frac{\pi}{8} \right)^2 \cdot 0.7^1 = 0.29 \text{ 값을 가}$$

지게 되며, 두 지점의 유사도는 위치와 시간, 이전 지점에서 온 방향이 모두 일치해야만 1의 값을 가지게 된다.

이를 바탕으로 경로 P와 Q의 유사도는 다음과 같이 정의하였다.

$$PathSim(P, Q) = \max \sum_{i=0, j=0}^{m, n} nodeSim(p_i, q_j)$$

즉, P의 모든 지점과 Q의 모든 지점을 서로 중복 허락하여 시간순으로 쌍을 만든 후, 모든 쌍의 유사도가 최대가 되는 그러한 쌍들의 유사도 합을 두 경로 P와 Q의 유사도로 정의 하였는데, 그것은 경로에 속한 각 지점간에 적절한 매칭이 이루어지는 것을 확인하기 위해서 이다. 예를 들어  $P = \{(p_0, 0)(p_1, 1)(p_2, 2)(p_3, 3)\}$ 과  $Q = \{(q_0, 0)(q_1, 3)\}$  두 경로가 있을 때 위의 조건에 맞도록 이것들의 각 지점에 쌍을 만드는 방법은 그림 5과 같이 3가지 방법이 있다.

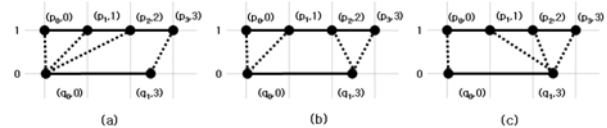


그림 5. 경로 P와 Q의 노드 매칭

이때 각각의 경우의 경로 유사도를 구해보면 (a)의 경우  $Sim(p_0, q_0) + Sim(p_1, q_1) + Sim(p_2, q_0) + Sim(p_3, q_3) = 2.013$ , (b)의 경우  $Sim(p_0, q_0) + Sim(p_1, q_0) + Sim(p_2, q_3) + Sim(p_3, q_3) = 2.262$ , (c)의 경우  $Sim(p_0, q_0) + Sim(p_1, q_3) + Sim(p_2, q_3) + Sim(p_3, q_3) = 1.394$  이므로 이 두 경로 P, Q는  $\max(2.013, 2.262, 1.394) = 2.262$ 가 된다. 따라서 (a), (b), (c)의 경로간 노드 매칭 중에서 (b)가 선택된다. 그리고  $P = \{(p_0, 0)(p_1, 1) \dots (p_i, t_i)\}, Q = \{(q_0, 0)(q_1, 1) \dots (q_i, t_i)\}$ 일 때

$$PathSim(P, Q) = g(p_i, q_j)$$

이다.  $g(i, j)$ 는 아래와 같이 재귀적 수식으로 정의 할 수 있다.

$$g(p_i, q_j) = \begin{cases} \max \begin{cases} nodeSim(p_i, q_j) + g(p_i - 1, q_j) \\ nodeSim(p_i, q_j) + g(p_i, q_j - 1) \\ nodeSim(p_i, q_j) + g(p_i - 1, q_j - 1) \end{cases} & , \text{ if } i \geq 0 \& j \geq 0 \\ 0 & , \text{ otherwise} \end{cases}$$

이것은 동적 정합법(Dynamic Time Warping)과 유사한 방법으로, 위의 수식은 동적 프로그래밍 (Dynamic Programming) 기법으로 해결 할 수 있다. 동적 정합법을 이용하여, 두 경로에 속한 각 지점에 대해 이동 순서를 고려하여 매칭을 실시한다.

### 3.2 경로의 요약

앞에서 설명한 바와 같이 이동 경로 요약(Path Summarization)은 분석에 사용될 사용자의 수집된 이동 경로 데이터를 분류하여 저장/관리하기 위한 기술이다. 수집된 경로데이터에서 위치 요소(시작 위치, 도착 위치), 시간 요소(출발 시간, 도착 시간, 소요시간), 방향 요소(단위 시간별 이동한 8방향)에 대한 요소 값을 추출하여 클러스터링 한다.

클러스터링 방법을 이용하여 연관성 있는 경로들간에 그룹을 형성하고, 형성된 그룹의 경로들간에 유사도를 측정하여 가장 의미가 높은 경로를 선별하여 요약 경로로 선별한다. 그림 6은 한 그룹으로 분류된 세 개의 경로에서 요약 경로를 선별하는 과정을 보여주고 있다. 분류된 경로중에 2개의 경로를 선별하여 유사도를 측정한다. 측정된 유사도 수치는 각 경로의 가중치로 사용된다. 모든 경로에 대하여 쌍으로 유사도를 측정하고 가중치의 합을 이용하여 경로 요약 선별에 사용한다. 예를 들어 클러스터링 과정을 통하여 분류된 그룹내에서 Path<sub>A</sub>, Path<sub>B</sub>, Path<sub>C</sub>의 경로가 분류되었다고 가정하자.

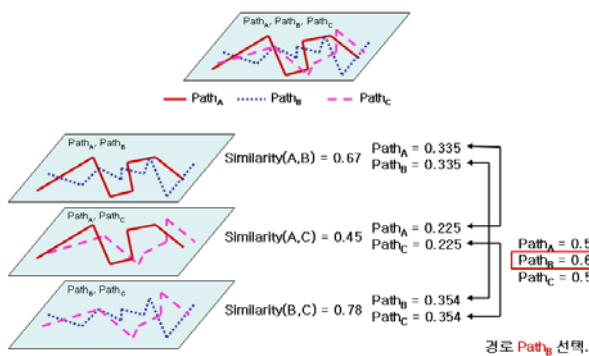


그림 6. 경로간의 유사도 측정을 이용한 경로 요약 선별

Path<sub>A</sub>, Path<sub>B</sub>, Path<sub>C</sub>의 경로에서 Path<sub>A</sub> 와 Path<sub>B</sub> 는 0.67, Path<sub>A</sub> 와 Path<sub>C</sub> 는 0.45, Path<sub>B</sub> 와 Path<sub>C</sub> 는 0.78의 유사도가 측정되었다고 하면 각각의 수치는 이분하여 각 경로에 가중치로 사용한다. Path<sub>A</sub>는 0.560, Path<sub>B</sub>는 0.689, Path<sub>C</sub>는 0.579의 가중치를 가지게 되며 가장 수치가 높은 Path<sub>B</sub>가 요약 경로로 선별된다.

선별된 요약 경로는 분류된 그룹경로들의 대표 경로로써 이동 경로 선택을 위한 방법에 사용된다. 그림 7에서 “① 수집된 경로 데이터” 를 클러스터링 하여 분류하고 유사도 측정 통하여 대표 경로를 선별한다. “② 경로 요약” 은 선별된 대표 경로를 나타내며 사용자의 “③ 현재 이동 경로” 정보와 비교 분석하여 가장 유사한 경로 그룹을 선택하고, 선택된 그룹의 세부 경로들과 비교하여 위치 예측에 사용될 경로를 선택하게 된다. 만약 경로의 요약 정보가 없다면, “③ 현재 이동 경로” 정보와 “① 수집된 경로 데이터” 를 모두 비교 분석하므로 시간적 공간적 손실이 매우 클 것이다.

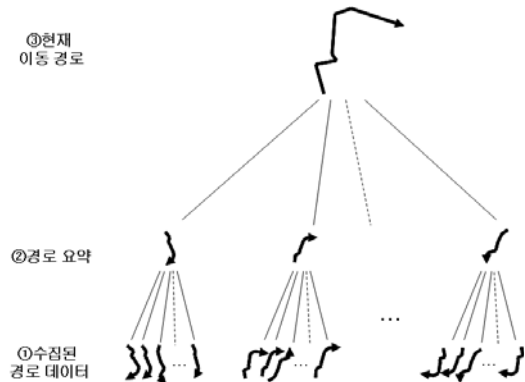


그림 7. 수집된 경로의 요약 선별과 현재 경로와의 비교

### 3.3 경로의 선택

경로선택은 과거의 경로  $P_1, P_2, \dots, P_i$ 이 주어지고 현재 사용자가 이동하며 Q라는 경로를 생성하고 있을 때, 과거 경로를 기반으로 사용자의 최종 목적지가 어디인지, 그 목적지까지 어떤 지점을 거쳐서 갈 것인지 예측하는 것이다.

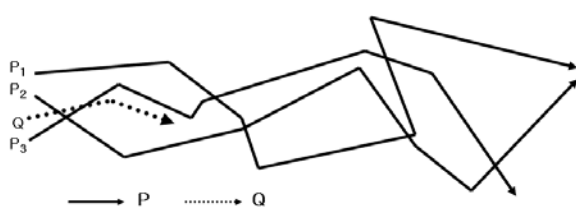


그림 8. 수집된 이동경로 P와 이동중인 경로Q

즉, 그림 8과 같이 과거의 데이터  $P_1, P_2, P_3$ 가 수집되었고, 현재 사용자는 이동하며 Q와 같은 경로를 생성하고 있을 때, 수집된 경로 데이터를 기반으로 최종 목적지와 진행

경로를 예측할 수 있다.

제안하는 방법은 과거 경로 데이터 중에서 현재 이동 중인 사용자의 경로와 유사한 것들을 찾아서 그 경로들로부터 필요한 정보를 수집한다. 그러나 일반적으로 경로의 특성상 서로 다른 여러 경로를 함께 고려하여 여러 경로를 대표할 수 있는 평균적인 경로를 생성한다 해도 그것에 현실적인



그림 9. 경로의 평균

의미를 부여하기 어렵다. 예를 들어 그림 9와 같이 a가 목적지인 경로 P<sub>1</sub>과 b가 목적지인 경로 P<sub>2</sub>가 있을 때 이 두 경로를 대표할 수 있는 대표 경로와 대표 목적지를 구하기 위해 단순히 이 두 경로의 평균인 Q와 같은 경로를 사용하기는 곤란할 것이다. 그 이유는 경로Q가 지나가는 지점이 현실적으로 의미 있는 지점이 아닐 수도 있으며 경로의 평균이라는 것 역시 정의하기 매우 곤란한 특성을 가지고 있기 때문이다. 이러한 이유로 본 논문에서는 현 사용자의 이동 경로와 유사한 경로들을 선택한 후 그 중에서 그 경로들을 대표할 수 있는 경로를 선택하는 방식을 취하였다.

이동 경로의 분석은 정적인 개체 보다는 이동 중인 동적인 개체에 더 많이 사용될 수 있다. 이동 중인 개체의 경로를 예측하기 위하여 수집된 과거의 경로 P와 현재 이동 중인 경로 Q의 유사도를 측정하고, P경로들 중에서 유사도를 만족하는 경로를 선택하여 서비스에 사용하게 된다.

수집된 이동 경로와 현재 이동 중인 경로의 비교 분석에서, 현재 이동 중인 경로의 길이가 얼마 되지 않을 경우, 그 경로의 길이만을 기준으로 기수집된 다른 경로와의 유사성을 평가한다면 선택된 경로의 신뢰도가 크게 떨어질 수 있다. 예를 들어 수집된 경로 P가 100m를 이동했고, 현재 이동 경로 Q는 10m를 이동 중이라고 할 때 10m 이동 중인 Q를 이용하여 100m를 이동한 P와 비교 분석하고 경로를 결정한다면 선택된 경로의 신뢰성을 보장하기 힘들 것이다. 본 논문에서는 이동 경로의 선택을 위해 현재 이동 중인 경로의 길이만큼 그 비율에 따라 가중치로 사용한다.

그림 10은 수집된 경로 P 그리고 현재 이동 중인 경로 Q를 표현한 그림이다. P의 전체 이동 경로는 100m이며 Q가 10m 이동 했을 때의 위치를 L<sub>1</sub>, 20m는 L<sub>2</sub>, 30m는 L<sub>3</sub>, 50m는 L<sub>4</sub>로 가정한다. 만약 Q의 현재 위치가 L<sub>1</sub>이라고 가정하고 유사도를 구하면, 현재까지 이동한 Q의 거리를 이용하여 기수집된 경로P와의 유사도를 평가하게 되는데 10m만큼 이동하였으므로 전체 이동 경로 길이 100m에 대한 비율 0.1만큼 유사도 수치를 반영한다. 마찬가지로 경로Q가 L<sub>4</sub>에 위

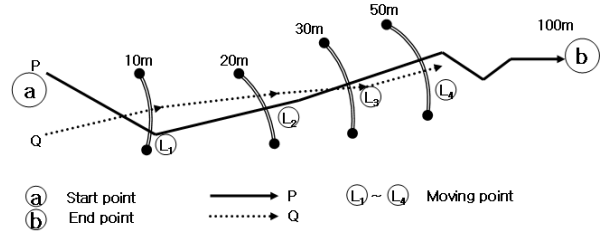


그림 10. 수집된 경로 P와 이동 중인 경로 Q의 구간별 유사도

치해 있다고 가정할 경우 산출된 유사도 수치의 0.4만큼 반영되어 유사경로를 선택한다.

위와 같은 방법으로 선택된 이동 경로는 목적지 또는 특정 위치에 대한 시간 정보를 얻어 낼 수 있으며, 이동 중인 사용자의 목적지 예측, 사용자가 선택할 경로, 현재 이동 중 특정시간에 어디에 있을 것인지, 특정 위치에는 언제 도달할 지 등에 대해 예측할 수 있다.

#### 4. 실험

사용자의 이동 경로를 GPS 수신기를 이용하여 수집하고, 앞에서 실험한 시뮬레이션과 같은 분석 방법을 적용하여 이동 중인 사용자의 이동 경로 선택 방법을 실험하였다. 그리고 앞에서 설명한 바와 같이 경로 선택 방법은 기존에 사용자로부터 수집된 이동 경로 데이터를 기반으로 한다. 제안하는 방법의 서비스를 위해서는 경로가 수집되어 있어야 한다. 기수집된 데이터가 없다면 비교 분석에 사용되는 데이터가 없어서 제안하는 방법을 적용할 수 없으므로, 사용자 이동 경로 데이터 수집과정이 선행되어야 할 것이다. 실험에 사용한 GPS 수신기는 SysOnChip사의 SysOn GPS CF plusII 모델이며, 위 시뮬레이션에서 사용된 프로그램과 연결하여 사용하였다.

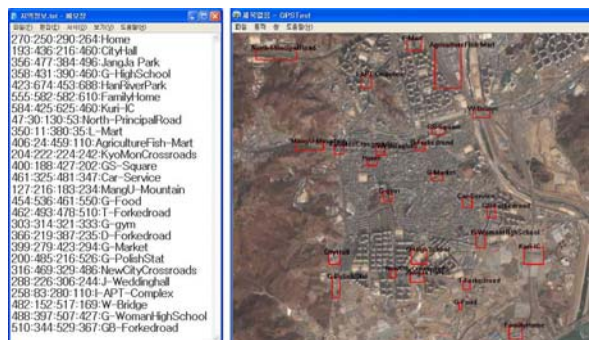


그림 11. (좌) 실험에 사용된 지형의 위치에 따른 명칭, (우) 지형 맵 상에 표기된 영역별 위치 정보

그림 11은 실험에 사용한 지형 이미지와 지형 내에서 특정 위치의 지명에 대한 명칭을 표시한 파일의 내용이다.

GPS 수신 시간은 10초에 한번씩 이동중인 사용자의 위치를 수집하였다. 실험 지역은 경기도 G시에서 실시하였고, 사용된 맵은 Google Earth[8]의 정보를 캡처하여 사용하였다. 그림 12는 단위 시간동안 이동한 경로를 시간정보와 함께 지형에 나타내었다.

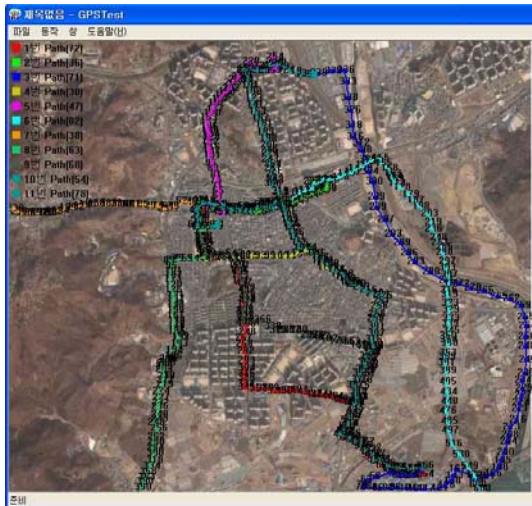


그림 12. GPS수신기를 이용한 사용자 이동 경로 데이터의 수집과 분석

표 1은 실험에서 수집된 이동 경로 데이터를 나타낸 것이며, 20회의 실험중에서 과거 이동 경로 데이터가 없는 경우 과 유사한 경로 데이터를 가지는 경우를 제외한 12회의 경우에 도착지점을 예측하는 모습을 보였다.

표 1. 실험에서 수집된 경로 정보

경로	시작지점	도착지점	소요시간(초)
	이동 경로		
Path 1	Home	FamilyHome	756
	Home-Ggym-NewCityCrossroads-JangJa Park-TForkedroad-GFood-FamilyHome		
Path 2	Home	Kuri-IC	565
	Home-JWeddinghall-D-Forkedroad-GSSquare-WBridge-KuriIC		
Path 3	Home	L-Mart	782
	Home-JWeddinghall-IAPTComplex-LMart		
. . .			
Path 20	Home	FamilyHome	871
	Home-Ggym-NewCityCrossroads-JangJa Park-TForkedroad-GFood-FamilyHome		

## 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 사용자의 이동 경로 데이터를 수집하고 분석하여, 위치 기반 서비스에 유용하게 사용 할 수 있는 기술을 제안하였다. 이동 경로 분석에는 거리와 시간 그리고 방향의 요소를 이용하였으며, 동적 정합법(Dynamic Time Warping)을 이용하여 경로의 노드간 매칭에 적합성과 신뢰성을 높였다. 또한 제안하는 방법의 검증을 위해 GPS장비를 이용하여 수신 데이터를 얻어 공간 좌표상에 표현하였으며, 사용자의 경로를 분석하고 예측하는 방법을 소개하였다. GPS를 이용한 실험에서 적절한 경로 예측 결과를 확인 할 수 있었으며, 시간에 따른 공간 정보 및 공간에 따른 시간 정보 예측 기술에 유용하게 사용 될 수 있다. 향후 연구로는 실시간 교통 정보 등과 같은 현실 세계에서 발생하는 다양한 경로 문제와 결합하여 사용자에게 유용한 서비스를 위한 응용 소프트웨어를 개발하는 것이 요구 된다.

## 참고문헌

- [1] D. Ashbrook, T. Starner, "Learning Significant Locations and Predicting User Movement with GPS," 6th IEEE International Symposium on Wearable Computers, pp.77-83, Oct. 2002.
- [2] J. Hightower, G. Borriello, "Location systems for ubiquitous computing," IEEE Computing, Vol 34, pp.57-66, Aug. 2001.
- [3] 한상준, 강현지, 조성배, "지능형 에이전트의 위치기반 서비스를 위한 사용자의 위치이동패턴 학습," 한국지능정보처리학회 춘계학술대회, pp.562-564, 2004.
- [4] M.Ester, H. -P. Kriegel, and J. Sander, "Spatial data mining : A database approach." In Proc. Int. Symp. Large Spatial Database (SSD' 97), pp47-66, July, 1997.
- [5] R. Ng and J. Han, "Efficient and effective clustering method for spatial data mining", In Proc. Int. Conf. Very Large Data Base (VLDB' 94), pp144-155, Sept. 1994.
- [6] 라혁주, 최우경, 전홍태, "위치 기반 서비스에서 사생활 침해 문제 해결을 위한 사용자 위치 추적 방법," 한국 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, pp.865-870, Vol.14, No.7, 2004.
- [7] 양영구, "위치기반 서비스 기술 현황 및 전망," 정보처리학회지, pp.4-6, Vol.8, No.6, 2001.
- [8] <http://earth.google.com>, 구글 어스 웹페이지