

이동 경로 데이터에 기반한 이동 객체의 시공간 위치 예측 기법

A Spatiotemporal Location Prediction Method of Moving Objects Based on Path Data

윤태복, 박교현, 이지형

Tae Bok Yoon, Kyo Hyun Park
and Jee Hyong Lee

성균관대학교 컴퓨터공학과

Email: {tbyoon, megagame}@skku.edu,
jhlee@ece.skku.ac.kr

요 약

사용자에게 적용된 서비스를 제공하기 위하여 환경으로부터 얻어지는 다양한 형태의 데이터를 이용한 다양한 방법이 연구되고 있다. 그 중 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 위치예측 기술을 제안한다. 환경으로부터 발생한 사용자의 이동 경로를 수집하고, 수집된 데이터에서 이동 경로 선택(Path Selection) 방법을 이용한다. 이동 경로 선택 방법은 이동 중에 발생한 경로의 거리, 시간, 방향의 요소와 동적정합법을 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.

키워드 : 사용자 적응형 서비스, 위치 기반 서비스, 이동 경로 선택, 위치 예측

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 and predict the goal position and the path to the goal by observing the user's current moving path. We develop a spatiotemporal 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 spatiotemporal position is estimated. Through experiments we confirm this method is useful and effective.

Key words : User adaptive service, Location Based Service, Path Selection, Location Prediction

1. 서 론

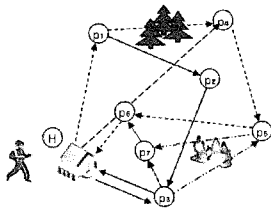
사용자에게 적용된 서비스를 제공하기 위하여 현재 많은 연구가 진행 중이다. 일반적으로 적용된 서비스를 제공하기 위해서 사용자와 관련된 데이터(시간, 온도, 습도, 위치 등 수집 가능한 사용자와 관련된 모든 데이터)를 수집하고 그 수집된 데이터를 분석하게 되는데, 분석된 결과는 단순한 수집 데이터에서 유용한 정보로서의 가치를 가지게 된다. 수집하여 분석한 정보는 다양한 예측 기술에 이용하여 사용자에게 적용된 서비스를 하기 위하여 사용되는 것이 일반적인 접근 방법이다.

예를 들면 날씨에 따라 테니스를 할 것 인지 대한 여부를 예측하는 것이나, 게임에서 플레이어의 게임 운영 성향에 따라 적절히 대응하는 NPC(Non-Player Characters)를 만들어 주는 것, 또는 사용자의 감정 상태에 따라 적절한 환경을 연출해 주는 것들이 모두 사용자로부터 수집된 데이터를 분석하고 예측한 결과값을 이용한 것이다. 이와 마찬가지로 사용자의 이동 경로를 수집하여 분석하고 예측하는 기술 또한 사용자에게 적용된 서비스를 제공하기 위해 유용하게 사용될 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 여러가지 유용한 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 다음은 좀 더 구체적인 예이다. A씨는 일요일에 운동을 위해서 주로 산책을 한다. 최근 A씨가 산책한 경로와 시간에 대한 데이터는 아래와 같았다고 하자. H는 A씨의 집을 의미하며, p_n 는 산책하며 지나간 지점을 의미한다. 각 지점과 함께 적힌 숫자는 출발부터(H) 그 지점까지 걸린 시간이다. A씨가 산책을 위해서 집

접수일자 : 2006년 5월 15일

완료일자 : 2006년 10월 9일

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



- (H,0) → (p₁,30) → (p₂,60) → (p₃,70) → (H,80)
- (H,0) → (p₁,25) → (p₂,50) → (p₃,65) → (H,75)
- (H,0) → (p₁,10) → (p₄,20) → (p₅,120) → (p₆,160) → (H,170)
- (H,0) → (p₃,15) → (p₇,30) → (p₆,45) → (H,60)
- (H,0) → (p₃,10) → (p₅,130) → (p₇,130) → (p₆,200) → (H,210)

그림 1. A씨의 산책 경로 수집 데이터
Fig 1. Mr. A's walk path collection data

을 출발한 후 A씨는 몇 분 후에 다시 집으로 돌아올 것인가? 현재 p₃이고 여기까지 13분 걸렸다면 p₇을 통과 할 때의 시간은 어떻게 되는가? 등에 대한 질문에 대답할 수 있다면 A씨에게 좀 더 다양한 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 예를 들면 A씨가 집에 도착할 시간에 맞추어 목욕물을 준비하거나, A씨가 p₇지점을 거쳐 간다고 예상되면 p₃에서 p₇까지 가는 경로의 정보나 p₇에서 A씨가 하는 일을 준비할 수 있을 것이다. 이러한 기술은 사용자 서비스뿐만 아니라 게임에서 플레이어의 움직임을 예측하는 지능적 NPC(Non-Player Characters) 개발에 유용하게 사용될 수 있으며, 물류, 생활 편의 서비스, 원하는 상품에 대한 위치 예측 기능, 위치 기반 마케팅/광고 등의 서비스에도 적용될 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 위치기반 서비스와 관련된 연구에 대하여 소개하고, 3장에서는 이동 객체의 위치 예측을 설명하고, 이동 경로의 유사도에 대해서 정의한다. 4장에서는 유사도를 이용한 경로의 선택과 예측에 대해 설명하고, 5장에서는 실험을 통하여 적절한 결과를 확인한다. 마지막으로 6장에서는 결론과 향후 연구 과제에 대하여 논한다.

2. 위치기반 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 CDMA와 GSM/GPRS과 같은 이동 통신 사업망을 이용한 방법과 GPS와 같은 인공위성을 이용한 방법, 그리고 적외선, 초음파, RF 신호, 영상인식 등의 센서 장비를 이용한 방법에 이르기 까지 다양하게 연구되고 있다. 위치 인식으로 수집된 데이터를 분석하는 위치 예측 기술의 연구 또한 다음과 같이 활발하게 이루어지고 있다. 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 정의

된 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 진행 되었으며, 수집된 데이터를 분석하여 예측하는 기술은 찾아 보기 힘들다. 본 논문에서는 사용자의 이동 경로 데이터에 기반한 이동 공간 위치 예측 기법을 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. 이동 객체의 위치 예측과 경로의 유사도

제안하는 방법은 그림 1과 같이 사용자의 과거 이동 경로에 대한 데이터가 주어졌다고 가정한다. 이를 분석하여 현재 이동 중인 사용자의 목적지와 사용자가 선택할 경로를 예측하고, 특정 시간에 어느 위치에 있을 것인지, 특정 위치에는 어느 시간에 도달할지 등을 분석하는 기법을 제시한다.

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 경로 간의 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(그림 2).

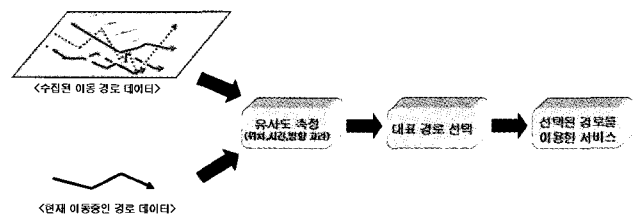


그림 2. 이동 경로 선택 과정
Fig 2. Transfer path selection process

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 p₀지점을 시간 0에 출발하여 p₁을 시간 30에 지났고 p₂를 40에, p₃를 65에 통과하여 p₄에 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 그림3과 같이 나타낼 수 있다.

이때 두 경로 P와 Q는 상하간에 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

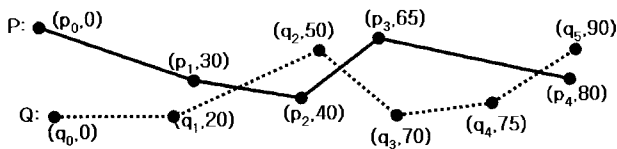


그림 3. 이동 경로의 표현
Fig 3. Expression of transfer path

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.

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

C_1, C_2, C_3 : 상수 $T : |t_i - t_j|$
 D : 두 지점 p_i, q_j 간의 거리 θ : p_i 와 q_j 의 사잇각

본 논문에서는 경로간의 유사도 측정을 위해 두 경로간의 거리, 방향, 시간 요소를 반영하여 계산한다. $nodeSim(p_i, q_j)$ 는 0에서 1사이의 결과값을 가지며, 비교 되는 두 요소가 유사할수록 1의 값에 근접한 결과를 얻는다. C_1 은 거리에 대한 상수이고, C_3 는 시간에 대한 상수로 0과 1 사이의 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 θ 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 결정 된다. 그림 4는 두 이동 경로에 대한 사잇각을 구하기 위하여 p_i 와 p_{i-1} 를 평행 이동한 모습이다.

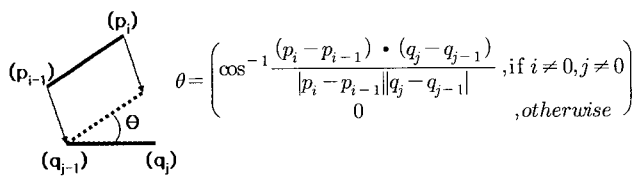


그림 4. 경로 p와 q의 사잇각
Fig 4. Angle between path p and q

θ 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 4는 θ 에 대한 정의를 보여준다. 예를 들어 p_i, q_j 가 그림 5와 같이 주어졌다. 경로 P는 p_{i-1} 에서 p_i 까지 이동했고 시간은 1에서 3으로 2만큼 소요되었으며, 두 번째 경로 Q는 q_{i-1} 에서 q_i 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

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

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

을 가지게 되며 두 지점의 유사도는 위치와 시간, 이전 지점에서 온 방향이 모두 일치해야만 1의 값을 가지게 된다. 이를 바탕으로 경로 P와 Q의 유사도는 다음과 같이 정의한다.

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

즉, P의 모든 지점과 Q의 모든 지점을 서로 중복 허락하

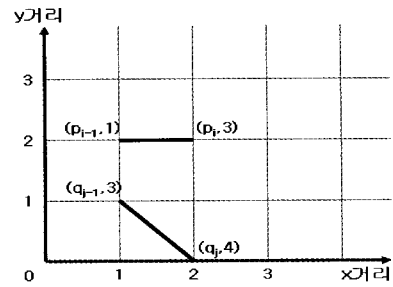


그림 5. 경로 P와 Q의 유사도
Fig 5. Similarity of path P and Q

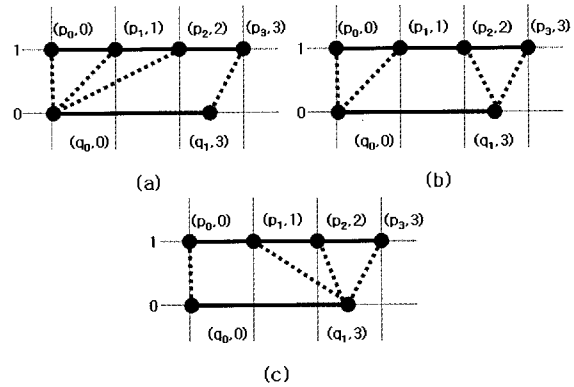


그림 6. 경로 P와 Q의 노드 매칭
Fig 6. Node matching of path P and Q

여 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 6과 같이 3가지 방법이 있다. 이때 각각의 경우의 경로 유사도를 구해보면 (a)의 경우 $Sim(p_0, q_0) + Sim(p_1, q_0) + Sim(p_2, q_0) + Sim(p_3, q_3) = 2.013$, (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 $P=\{(p_0,0)(p_1,1)\dots(p_i, t_i)\}$, $Q=\{(q_0,0)(q_1, 1)\dots(q_j, t_j)\}$ 일 때 $PathSim(P, Q) = g(p_i, q_j)$ 이다. $g(i, j)$ 는 아래와 같이 재귀적 수식으로 정의 할 수 있다.

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

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.

4. 유사도를 이용한 경로 선택 및 예측

이 절에서는 앞에서 설명한 경로 유사도를 바탕으로 현재 이동 경로와 관련된 정보의 예측에 관해서 기술한다. 과거의 이동 경로 데이터가 주어지고 현재 사용자가 이동하며 Q라는 경로를 생성하고 있을 때, 이 사용자의 목표지점은 어디인가, 어떤 경로로 이동할 것인가, 특정 지점에는 언제 도달할 것인가, 특정 시간에는 어느 위치에 있을 것인가? 등을 예측하기 위해 사용될 대표 경로의 선택방법과 이를 이용한 예측에 대해서 기술한다.

4.1 경로선택

경로선택은 과거의 경로 P_1, P_2, \dots, P_i 가 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.

즉, 그림 7과 같이 과거의 데이터 P_1, P_2, P_3 가 수집되었고,

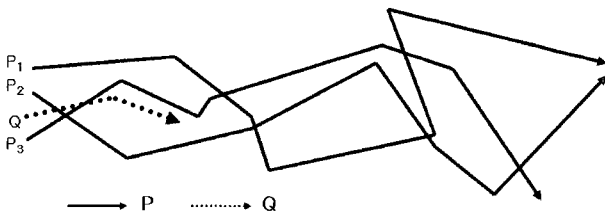


그림 7. 수집된 이동경로 P와 이동중인 경로Q
Fig 7. Collected path P and moving path Q

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 의미를 부여하기 어렵다. 예를 들어 아래와 같이 a가 목적지인



그림 8. 경로의 평균
Fig 8. Average of path

경로 P_1 과 b가 목적지인 경로 P_2 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 때문 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.

4.2 이동 경로 예측기법과 적용

이동 경로의 분석은 정적인 개체 보다는 이동 중인 동적인 개체에 더 많이 사용될 수 있다. 이동중인 개체의 경로를 예측하기 위하여 수집된 과거의 경로 P와 현재 이동중인 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.

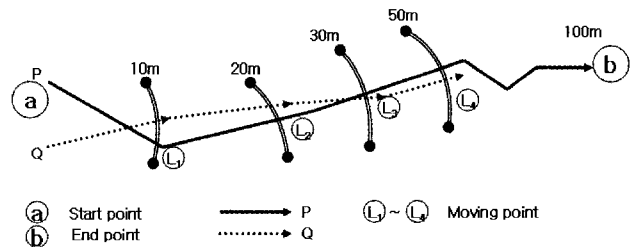


그림 9. 수집된 경로 P와 이동 중인 경로 Q의 구간별 유사도

Fig 9. Part similarity of collected path p and moving path Q

그림 9는 수집된 경로 P 그리고 현재 이동 중인 경로 Q를 표현한 그림이다. P의 전체 이동 경로는 100m이며 Q가 10m 이동 했을 때의 위치를 L_1 , 20m는 L_2 , 30m는 L_3 , 50m는 L_4 로 가정한다. 만약 Q의 현재 위치가 L_1 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_4 에 위치해 있다고 가정할 경우 산출된 유사도 수치의 0.4만큼 반영되어 유사경로를 선택한다.

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

5. 실험

제안하는 방법의 실험을 위해 수집된 이동 경로의 유사도를 측정하여 하나의 대표 경로를 선택하는 모습을 시뮬레이션하였다. 이 시뮬레이션은 앞서 설명한 시간, 거리, 방향의 세 가지 요소와 동적정합법을 이용하여 경로들간에 노드가 매칭되는 모습을 확인 할 수 있도록 하였다. 또한, GPS 수신기를 이용하여 사용자의 이동중인 데이터를 수집하고 기존의 수집된 이동 경로 데이터와 분석을 통해 시간에 따른 경우

지역 표현과 목적지를 예측할 수 있도록 하였다.

5.1 이동 경로 선택 시뮬레이션

거리와 시간 그리고 방향에 대하여 유사도를 평가는 모습을 확인하기 위하여 아래와 같이 각 요소를 구분하여 실험하였다. 제안하는 방법은 세가지 요소를 조합하여 설명하였지만, 이해를 돕기 위해 각 요소를 나누어 실험하였다. 먼저 첫 번째 그림 10(a)는 이동 경로들 중에서 임의 생성된 3개의 이동 경로중에서 거리상으로 가장 근접한 경로에 대하여 높은 유사도를 나타내는 모습을 보여주고 있다. 3개의 경로를 입력 받았는데 첫 번째(Path1) 경로는 11개의 노드로 구성되

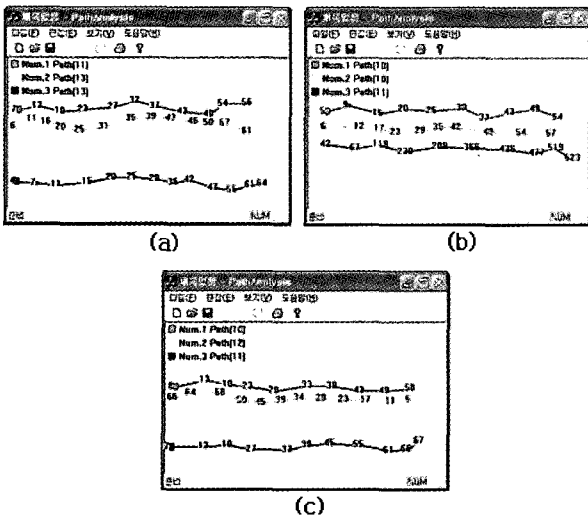


그림 10. (a)거리 유사도 측정 (b)시간 유사도 측정 (c)방향 유사도 측정

Fig 10. (a) Distance similarity measurement (b) Time similarity measurement (c) Direction similarity measurement

어 있으며 전체 이동 시간은 56초이다. 두 번째(Path2) 경로는 13개의 노드로 구성되어 있고 61초 동안 이동하였다. 세 번째(Path3) 경로는 13개의 노드로 구성되어 있고 64초 동안 이동했는데, 두 개의 다른 경로들 보다 거리상으로 많이 떨어져 있다. 유사도 측정에서 Path1:Path2는 0.942733, Path1:Path3는 0.772305, Path2:Path3는 0.806001의 결과를 얻었다. 그림에서 보면 알 수 있듯이 세 번째(Path3) 경로가 거리상으로 많이 떨어져 있는데, 측정 결과에서도 차이가 나는 것을 확인 할 수 있다.그림 10(b)는 경로간의 시간 차이에 따른 유사도 결과를 표현한 것이다. 첫 번째와 두 번째 경로의 경우 각각 54초, 57초로 이동한 시간의 차이가 유사하지만, 세 번째 경로는 523초로 다른 두 경로보다 이동에 소요된 시간이 길다. 분석한 결과를 보면 Path1과 Path2의 유사도는 0.971317이지만 나머지 Path1과 Path3, Path2와 Path3의 경우는 각각 0.689359, 0.705432으로 차이가 많이 나는 것을 확인 할 수 있다. 그림 10(c)는 경로간의 방향에 따른 유사도 결과를 표현한 것이다. 첫 번째와 두 번째의 경로가 거리상으로는 근접해 있지만 시간의 흐름은 반대이다. 첫 번째와 세 번째 경로는 좌에서 우로 이동했지만, 두 번째 경로는 우에서 좌로 이동하여 역주행한 모습을 보이고 있다. 이때 Path1과 Path2의 유사도는 0.607352, Path1:Path3는

0.733091, Path2:Path3는 0.592614으로 첫 번째와 세 번째 경로가 거리상으로는 두 번째 경로보다 멀리 떨어져 있지만 방향이 정반대인 두 번째 경로의 측정 결과 보다 유사성이 높게 나왔다.

위의 세가지 실험을 통하여 거리, 시간, 방향에 대하여 각각 적절할 결과를 보이는 모습을 확인하였다. 세가지 요소를 모두 이용하여 유사도를 얻고자 하는 경우 가장 중요도가 높다고 생각되는 요소를 선택하여 상수값을 조절함으로써 가중치를 부여할 수 있다. 위의 실험에서는 세가지 요소에 대하여 동일한 가중치를 부여하였지만, 만약 분석자의 입장에서 거리에 대한 의미가 다른 시간이나 방향의 의미보다 중요하다면 거리에 대한 상수값을 조절하여 가중치를 높여 줄 수 있다.

5.2 GPS 수신기를 이용한 이동중인 경로의 분석과 응용

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 사전에 준비된 지형 이미지(그림 11의 (우))에 표현하고, 노트북에 연결하여 사용하였다. 수신 시간은 10초에 한번씩 이동 중인 사용자의 위치를 수집하였으며, 서비스의 응용을 위하여 아래 그림 11 (중)과 같이 서비스 지역을 사전에 정의 하였다. 사전에 정의된 지역의 위도와 경도 좌표(그림 11 (좌))를 미리 입력하였다.

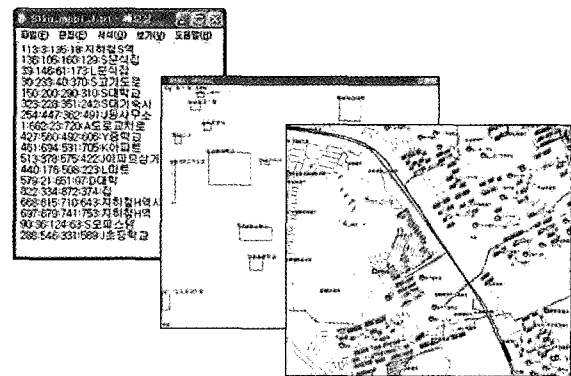


그림 11. 서비스 지역에 대한 정의와 실험에 사용된 지도

Fig 11. defined for service area and map used an experiment

실험에서는 S대학교를 출발하여 10회의 이동 경로를 수집하였으며, 그림 12는 시작지점에서 목적지까지 이동한 경로들을 시간 정보와 함께 표현하였다. 첫 번째 경로(Path 1)의 경우 S대학교를 출발하여 200초 후에는 S고가도로를 지났고 300초 후에는 L분식점, 480초 후에는 S오피스텔을 지나 490초 후에는 지하철S역, 그리고 920초 후에는 목적지인 D대학

에 도착하였다. 이와 마찬가지로 Path 2에서부터 Path 10도 시작지점에서 목적지까지의 시간과 위치 정보를 얻었다. 그림 13은 GPS를 이용하여 얻은 사용자의 시간에 따른 이동 경로 정보와 예측 정보를 표현하였다. 초기 경로의 수집과정에는 기수집된 경로 데이터가 많지 않기 때문에 예측 결과가 좋지 못하다. 이는 분석에 사용되는 데이터의 수가 얼마 없기 때문에 당연한 결과라 할 수 있다(Path 1, 2, 3, 4, 5). 또한 Path 7, 8과 같이, 기수집된 경로 데이터가 다수 존재한다고 하더라도 현재 이동 중인 경로의 목적지가 처음 이동하는 경로라면 예측하기 곤란하다. Path 6의 경우 Path 4와 같은 목적지를 가지고 있지만 이동 과정의 시간에 차이로 인하여 다른 목적지를 예측하였다. Path 9와 10의 경우, 처음에는 잘 못된 예측 정보를 나타내지만 점차 올바른 정보를 예측하는 것을 확인할 수 있다.

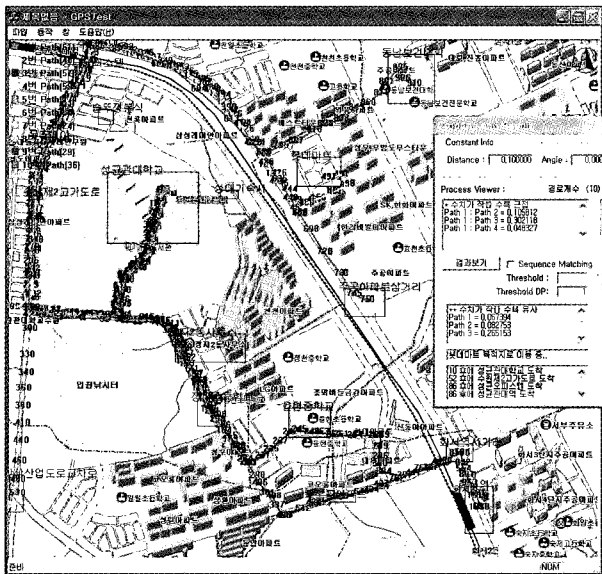


그림 12. GPS수신기를 이용하여 얻은 사용자 이동 경로 데이터
Fig 12. User's transfer path data using GPS receiver

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 사용자의 이동 경로 데이터를 수집하고 분석하여, 위치 기반 서비스에 유용하게 사용할 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 검증용 위해 두 가지를 실험하였다. 첫 번째는 앞서 설명한 시간, 방향, 거리 세 가지 요소와 동적 정합법을 이용하여 실시하였으며, 각 요소의 특성을 고려하여 경로의 노드가 적절히 매칭되는 것을 확인할 수 있는 있었다. 또한 두 번째 실험은 Visual C++ 6.0을 이용하여 GPS 수신 데이터를 얻어 공간 좌표상에 표현하였으며, 제안하는 방법의 사용성과 실용성을 고려하여 GPS를 이용하여 실제 환경에서 이동 중인 사용자의 경로를 분석하고 예측하는 방법을 소개하였다. GPS를 이용한 실험에서 적절한 경로 예측 결과를 확인할 수 있었으며, 시간에 따른 공

이동 경로	이동 중 현재 위치와 시간(초)
Path 1. 목적지 : D대학	현재 위치 : S대학교 (0) S고가로도 (200) L본식집 (300) S오미스탈 (480) 지하철S역 (490) D대학 (920) 목적지 예측 : 비교대상 없음 비교대상 없음 비교대상 없음 비교대상 없음 비교대상 없음
Path 2. 목적지 : 지하철S역	현재 위치 : S대학교 (0) S고가로도 (210) L본식집 (320) S오미스탈 (480) 지하철S역 (490) 목적지 예측 : D대학 D대학 D대학 D대학
Path 3. 목적지 : 지하철H역 사거리	현재 위치 : S대학교 (0) S동사무소 (130) S중등학교 (200) Y중학교 (240) 지하철H역사거리 (390) 목적지 예측 : D대학 D대학 D대학 D대학
Path 4. 목적지 : L마트	현재 위치 : S대학교 (0) S고가로도 (220) L본식집 (390) S오미스탈 (520) 지하철S역 (530) L마트 (1050) 목적지 예측 : 지하철S역 지하철S역 지하철S역 지하철S역
Path 5. 목적지 : S중등학교	현재 위치 : S대학교 (0) S동사무소 (150) S중등학교 (180) 목적지 예측 : 지하철H역사거리 지하철H역사거리
Path 6. 목적지 : L마트	현재 위치 : S대학교 (0) S고가로도 (200) L본식집 (480) S오미스탈 (510) 지하철S역 (580) L마트 (980) 목적지 예측 : D대학 D대학 D대학
Path 7. 목적지 : A도교차로	현재 위치 : S대학교 (0) A도교차로 (550) 목적지 예측 : L마트
Path 8. 목적지 : 지하철H역	현재 위치 : S대학교 (0) S동사무소 (150) S중등학교 (200) Y중학교 (240) 지하철H역사거리 (390) 지하철H역 (400) 목적지 예측 : S중등학교 S중등학교 지하철H역사거리 지하철H역사거리 지하철H역사거리
Path 9. 목적지 : 지하철H역	현재 위치 : S대학교 (0) S동사무소 (150) S중등학교 (230) Y중학교 (240) 지하철H역사거리 (370) 지하철H역 (390) 목적지 예측 : S중등학교 S중등학교 지하철H역사거리 지하철H역사거리 지하철H역사거리
Path 10. 목적지 : L마트	현재 위치 : S대학교 (0) S고가로도 (210) L본식집 (310) S오미스탈 (510) 지하철S역 (520) L마트 (980) 목적지 예측 : 지하철S역 L마트 L마트 L마트 L마트

그림 13. 이동 경로 선택 방법을 이용한 목적지 예측
Fig 13. Destination inference used Path-Selection method

간 정보 및 공간에 따른 시간 정보 예측 기술에 유용하게 사용될 수 있다.

향후 연구로는 수집된 과거 사용자의 이동 경로 데이터가 증가하게 되면 경로 분석을 위해 사용되는 시간 및 시스템 자원이 처음 보다 많이 필요하게 될 것이다. 이는 시스템의 부하를 초래할 수 있는데 이를 개선하기 위해서는 기수집된 사용자의 이동 경로에 대하여 사전에 요약(Summarization) 과정을 거쳐 데이터베이스에 저장하고 분석에 사용되는 경로는 요약된 경로를 이용함으로써 분석의 효율성을 높일 수 있을 것이다. 이 이동 경로 요약(Path Summarization)기술은 이동 경로 선택(Path Selection)기술의 전처리(Preprocess) 과정으로 사용되어 분석 과정에 소요되는 시간과 시스템의 자원을 절약 할 것으로 기대 된다.

참고 문헌

- [1] D. Ashbrook, T. Stamer, "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 위치 기반 서비스를 위한 사용자의 위치이동패턴 학습," 한국지능 정보처리학회 춘계학술대회, pp.562-564, 2004.
- [4] M. Ester, H. -P. Kriegel, J. Sander, "Spatial data mining : A database approach," In Proc. Int. Symp. Large Spatial Database (SSD' 97), pp47-66, Jul. 1997.
- [5] R. Ng, 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, 전홍대, “위치 기반 서비스에서 생활 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] 윤호범, “위치정보를 이용한 위치기반 멀티미디어 서비스의 구현”, 원광대학교 대학원, 석사학위 논문, 2003.
- [9] A. Zipf, K. Woeber, A. Frew, M. Hitz, “User-Adaptive Maps for Location-Based Services (LBS) for Tourism,” Proc. of the 9th Int. Conf. for Information and Communication Technologies in Tourism, ENTER 2002.



박교현(KyoHyun Park)

2006년 : 광운대학교 컴퓨터공학(학사)
2006년~현재 : 성균관대학교 컴퓨터공학 석사과정

관심분야 : 게임AI, 멀티에이전트
Phone : +82-31-290-7987
E-mail : megagame@skku.edu



이지형(JeeHyong Lee)

1993년 : 한국과학기술원 전산학과 (학사)
1995년 : 한국과학기술원 전산학과 (석사)
1999년 : 한국과학기술원 전산학과 (박사)

2000년 : 미국 SRI International, International Fellow
2002년~현재 : 성균관대학교 정보통신공학부 조교수

관심분야 : 지능시스템, 기계학습, 온톨로지
Phone : +82-31-290-7154
E-mail : jhlee@ece.skku.ac.kr

저 자 소 개



윤태복(TaeBok Yoon)

2001년 : 공주대학교 전자계산학과(학사)
2005년 : 성균관대학교 컴퓨터공학(석사)
2005년~현재 : 성균관대학교 컴퓨터공학 박사과정

2001~2003 : (주)디지털솔루션

관심분야 : 게임AI, ITS(Intelligent Tutoring System), User Modeling
Phone : +82-31-290-7987
E-mail : tbyoon@skku.edu