

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2015.1.1.79>

JCCT 2015-2-8

## 교차점 기반 구역 인덱싱을 이용한 모바일 장치 사용자 이동 궤적 분석 및 경로 추천 방법

### Mobile Device User Trajectory Analysis and Route Recommendation Method based on Intersection Region Indexing

곽광진\*, 김정준\*\*

**Kwak Kwangjin\*, Kim Jeongjoon\*\***

#### 요 약

최근 모바일 장치를 이용한 개인용 GPS 사용이 늘어나면서 모바일 장치로부터 수집한 GPS 데이터를 정제, 가공하여 사용자에게 위치추적, 공공안전, 위치기반정보 등을 제공해 주는 위치 기반 서비스 사업이 증가하고 있다. 하지만 위성 신호의 특성 상 반사·굴절이 잘 되는 고층 건물이나 실내에서는 사용이 거의 불가능기 때문에 GPS 오차를 보정해 줄 필요가 있다. 본 논문은 교차점 기반 구역 인덱싱을 이용해 사용자의 GPS 정보를 보정하여 정제된 궤적을 생성하는 방법을 제시한다. 이를 이용하여 모바일 장치를 이용한 사용자 이동 궤적을 분석하고, 다수의 사용자로부터 입력받은 궤적의 유사성 식별을 통해 선호 경로를 추천하는 방법을 제안한다.

**주요어 :** GPS, LBS, 교차점, 궤적 분석, 맵 매칭, 경로 추천

**Abstract** According to the growing use of the personal GPS in the mobile device recently, the LBS (Local bases service), which processes and refines the GPS information, such as a position-tracking service, a public safety service, a local based information service, has increased steadily. Due to the refraction or reflection of GPS, however, it is impossible to use GPS around or in buildings. Therefore, it is necessary to correct the errors of GPS. We propose the method which corrects the errors of GPS and creates the refined trajectory using intersection region indexing. After analyzing the trajectory, receiving trajectories from many people and identifying the similarity between of trajectories, we will recommend the favorite route and useful information such as restaurant, convenience store, bus station and emergency call service.

**Key Words :** GPS, LBS, Intersection Region, Trajectory analysis, Map matching, Route Recommendation

## 1. 서 론

최근 모바일 장치를 이용한 개인용 GPS 사용이 늘어나면서 모바일 장치로부터 수집한 GPS 데이터를 정제

및 가공하여 사용자에게 유용한 정보를 제공하는 위치 기반 서비스(LIB: Location bases service)의 사용이 증가하고 있다. 위치기반 정보 서비스는 모바일 장치 속에 GPS와 연결되는 칩을 부탁해 위치추적 서비스, 공공안

\*정회원, 건국대학교 컴퓨터공학과

\*\*정회원, 건국대학교 컴퓨터공학과(교신저자)

접수일자: 2014년 8월 22일, 수정완료일자: 2015년 1월 7일  
게재확정일자: 2015년 1월 20일

Received: 22 August 2014 / Revised: 7 January 2015

Accepted: 20 January 2015

\*\*Corresponding Author: jkim9@db.konkuk.ac.kr

Dept.: Computer science and engineering, Konkuk Univ.

전 서비스, 위치기반정보 서비스 등 위치와 관련된 각종 정보를 제공하는 서비스를 일컫는다. 즉 유선·무선 통신망을 통해 얻은 위치정보를 바탕으로 여러 가지 서비스를 제공하는 것이 위치기반 서비스이다 [1].

그러나 GPS는 위성 신호의 특성으로 인해 반사·굴절이 잘 되는 고층 건물이나 실내에서는 사용이 거의 불가능하기 때문에 GPS 오차를 보정할 필요가 있다. 현재까지 다양한 방법의 GPS 오차 보정 알고리즘이 제시되어 왔다. 하지만 이런 보정 알고리즘의 대부분은 GPS가 남긴 지도상의 좌표를 유효한 길로 사상시키는 맵 매칭(map matching) 알고리즘이다. 하지만 이런 맵 매칭 알고리즘을 이용해 경로를 보정할 경우, 실제 사용자가 남긴 경로가 왜곡될 수 있다. 특히 자동차가 아닌 보행자나 자전거를 이용할 경우 GPS 신호의 수신율이 낮아지는 경우가 심하기 때문에 왜곡은 더욱 심해진다. 따라서 보행자나 자전거를 위해 왜곡이 덜한 보정이 필요하다. 또한, 다양한 사용자로부터 수집된 궤적을 축적하여 사용할 경우 데이터의 양이 크게 늘어나고 데이터 관리가 어려워지는 단점이 있다.

본 논문은 교차점 기반 구역 설정과 구역 인덱싱을 통한 사용자 궤적 및 궤적을 관리하는 방법을 제시한다. 구역 기반의 사용자 궤적 관리와 구역에 대한 인덱싱 과정은 보정의 관점에서 유리한 장점을 가지고 있다. 예를 들어, 구역의 면과 면이 닿지 않는다면 GPS 오차로 취급하여 인덱싱이 순차적이지 않다면 손실된 구역으로 취급 등 장점이 존재한다. 또한, 구역을 통한 관리는 기존 단편적인 길에 대한 식별을 넘어 길에 대한 추가적인 정보 삽입이 가능한 장점을 가진다. 예를 들면 해당 길이 버스정류장을 가지고 있는 길인지 긴급 통화 전화를 가지고 있는 길인지 등과 같은 것을 제공할 수 있다.

위와 같은 작업을 바탕으로 우리는 사용자의 궤적을 분석하고 새로운 사용자에게 축적된 궤적을 바탕으로 선호 경로를 추천해 주는 방법을 제시한다. 본 논문에서 제시하는 방법을 통해 지름길 제공, 다수 사용자의 선호 경로와 같은 정보를 제공할 수 있으며 주변 백화점 정보, 의료기관, 극장, 음식점, 편의점, 버스 정류장, 긴급 통화 시설 등 생활 정보 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성 된다. 2 장에서는 과거 경로 보정 알고리즘에 대해 설명한다. 3 장에서는 교차점 기반으로 구역을 생성하는 방법을 소개한다. 4 장에서는 3 장에서 생성한 구역에 사용자 GPS를 사상하는

방법을 소개한다. 5장에서는 4장에서 생성된 사용자 궤적을 바탕으로 경로를 추천해주는 방법을 소개한다. 6장에서는 결론에 대해 정리 한다.

## II. 관련 연구

### 1. 맵 매칭 알고리즘

2000년 5월 1일 이후 SA(Selective Availability)가 없어지면서, GPS의 오차는 100m수준에서 30m수준으로 떨어졌기 때문에 과거의 복잡한 기술로 개발된 맵 매칭 기술을 적용하지 않고 보다 간단하고 쉬운 기법의 맵 매칭 기술을 적용하여 맵 매칭이 가능할 것으로 판단된다 [2]. 기본 경로 보정 맵 매칭 알고리즘은 크게 Point-to-Point, Point-to-Curve, Curve-to-Curve로 나뉘볼 수 있다.

Point-to-Point는 맵 매칭 방법 중 가장 간단한 방식으로 GPS 지점을 맵의 가장 가까운 노드에 매칭 시키는 방법이다. 가장 가까운 노드는 유클리디안 거리(Euclidean distance)가 가장 짧은 노드를 의미한다. Point-to-Curve는 GPS 지점을 가장 가까운 링크에 매칭 시키는 방법으로써, 가장 가까운 링크는 정사투영(Orthogonal projection)을 이용하여 노드 또는 노드와 노드 사이의 라인 위에 매칭 시킨다. Curve-to-Curve는 시간  $t$ 와  $t+n$  사이의 GPS 지점값들을 이용해 가장 가까운 링크에  $t$ 와  $t+n$  사이의 GPS 지점을 매칭시키는 방법이다. 가장 가까운 링크를 찾기 위해 링크들 간의 평균 거리를 측정해 매칭 시킨다. Point-to-Curve는 Point-to-Point의 단점을 보완하기 위해 개발된 기법이고, Curve-to-Curve는 Point-to-Curve의 약점을 보완하기 위해 개발된 기법이다. 단순 노드 정보에 기반한 맵 매칭 기법뿐만 아니라 다양한 방식의 기법이 제안되었다.

[3]은 교차로 부근에서 차량의 회전을 감지함으로써 센서 및 수치지도자료에 기인하는 위치오류를 보정할 수 있는 새로운 맵 매칭 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 데드 레코닝(Dead Recoring) 방법으로 차량의 자체 센서만 이용해 위치를 구하고 맵 매칭 알고리즘으로 이를 보정하는 방법을 취한다. 하지만 GPS와 같은 실시간 위치추정방식을 사용하지 않는다는 단점이 있다. [4]는 지리정보시스템 (GIS; Geographic Information

System) 이용한 GPS 데이터 오차를 Voting based Map Matching algorithm을 이용해 보정한다. 보다 높은 정확도를 위해 복잡한 알고리즘 사용한다. 하지만 SA의 철폐로 이와 같은 복잡한 알고리즘은 연산 속도와 매칭의 상대적인 결과 사이에 무엇을 우선순위로 두어야 하는지에 대해 약간의 딜레마에 빠져있는 상황이라고 볼 수 있다.

## 2. 경로 추천 시스템

[5]는 스마트폰 사용자의 대용량 GPS와 아울러 WiFi 데이터의 시간 관계와 그들 간의 위치 관련성을 고려하여 하나의 순차 모델로 표현하는 방법을 제안한다. WiFi 맵에 의한 GPS 클러스터링 알고리즘을 이용하여 오차를 가지는 GPS를 실제 사용자가 존재한 위치로 보정을 한다. 이를 통해 사용자 관심 지점 (POI: point of interest)을 발견하고 이를 기반으로 서비스하기 위해 사용자 궤적을 분석한다. 사용자 관심 지점의 제공은 경로 추천뿐만 아니라 박물관이나 유적지등 코스를 제공하는 등 많은 이점을 가지고 있는 연구이다. 하지만 WiFi가 존재하지 않는 개활지의 유적지나 산악등에는 제약이 있다.

[6]은 모바일기기에 탑재된 GPS기능을 이용하여 사용자의 위치를 추적하여 이동경로를 파악하는 시스템과 축적된 사용자의 이동경로를 이용하여 이동경로를 추천하는 방법을 제안한다. 하지만 이 방법은 최단 거리 경로와 의미 있는 경로와의 경계에 시간적인 제약만 존재하고 추가적인 정보가 부족한 점이 있다.

[7]은 놀이공원에서 GPS와 무선인터넷을 통하여 놀이시설간의 이동거리와 대기시간에 기반한 효과적인 경로탐색 시스템을 설계 및 구현하였다. 무선인터넷으로 데이터베이스 연동을 통해 대기시간 정보를 참조 및 사용자의 GPS 위치정보를 고려하여 경로를 동적으로 추천한다. 하지만 WiFi에 의존하고 있어 다수의 사용자가 제한적인 WiFi를 사용하게 되는 놀이공원의 특성상 부하가 걸릴 수 있기 때문에 추가적인 장비 설치가 필요할 수 있다는 점이 있다.

## III. 구역에 기반을 둔 궤적 생성

### 1. 교차점 기반 구역 생성 방법

사용자의 GPS 데이터는 많은 오차를 가지고 있기 때문에 GPS 데이터를 보정해줄 필요가 있다. 보정을 위해 과거 많은 보정 알고리즘이 제시되었다. 하지만 대부분 알고리즘은 측정된 GPS 포인트를 지도상의 길에 매칭시키는 맵 매칭(Map matching) 기법이다. 이런 맵 매칭 알고리즘은 GPS 포인트를 지도상의 길 위로 정확히 보정한다는 장점이 있지만, 실제 사용자의 움직임은 왜곡할 수 있는 단점을 가지고 있다. 따라서 우리는 지도상의 길을 보다 넓은 의미인 구역으로 확장하여 GPS 데이터의 직접적인 보정 없이 사용자의 궤적을 식별하는 방법을 제시한다. 길을 구역으로 확장함으로써 보정 알고리즘의 추가적인 연산 없이 사용자의 GPS 정보만 가지고 사용자의 궤적을 식별 할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 일반적으로 GPS는 지구에서 멀리 떨어진 위성으로부터 신호를 수신하기 때문에 오차가 발생하고, 건물이나 높은 조형물 등에 의해 손실이 발생하게 되는데, 구역에 의한 사용자 궤적 식별을 이용하면 이와 같은 오차나 손실된 궤적에 대한 보정을 쉽게 제공할 수 있다는 장점이 있다. 우리는 길의 교차점을 기반으로 구역을 생성한다. 생성된 그림은 그림 1과 같다.

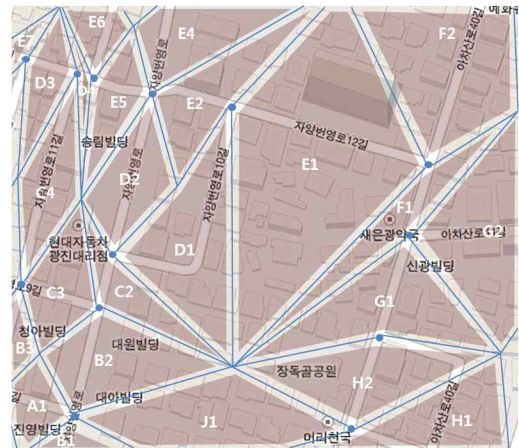


그림 1. 지도상 생성된 구역의 예  
 Fig 1. Example of the generated area on the map

구역을 생성하기 위한 알고리즘은 다음과 같고 그림 2를 통해 확인할 수 있다.

Step 1: 지도상의 교차로 식별

Step 2: 지도상의 각 폴리곤의 무게 중심점 도출

Step 3: 도출된 무게 중심점으로부터 각각의 교차로 연결

Step 4: 생성된 구역에 인덱스 할당

첫째, 교차로는 지도상에 도로가 세 갈래길 이상으로 나누어지는 부분을 교차로로 식별한다. 둘째, 무게 중심은 다각형의 무게중심 구하는 공식을 이용하여 구한다. 셋째, 생성된 무게 중심과 교차로를 직선으로 연결한다. 넷째, 모든 무게 중심과 교차로의 연결이 끝나면 하나의 길에 하나의 구역이 설정 되게 되는데, 설정된 구역을 식별하기 위해 우리는 인덱스를 할당한다. 인덱스는 알파벳과 숫자를 조합해 할당하는데, 출발지로부터 이동 가능한 길에 알파벳순으로 할당 한다. 예를 들어 하나의 구역에 'A1'라는 인덱스를 할당했다면 A라는 구역으로부터 이동 가능한 지역에 'B1'라는 인덱스를 할당한다. 추가로 이동 가능한 구역이 존재한다면 'B2', 'B3'... 를 차례로 할당한다. 만약 알파벳이 'Z'를 넘어간다면 다시 'A'를 할당한다.

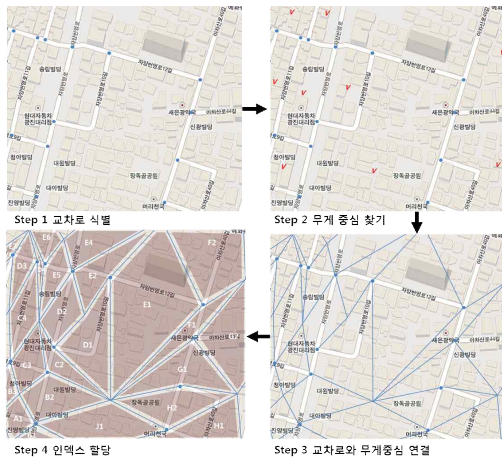


그림 2. 구역을 생성하는 알고리즘  
Fig 2. Algorithm that generates the area

2. 구역 사상 (Region Mapping)

구역이 생성되면 사용자 GPS 정보를 해당 구역에 사상한다. 사용자의 GPS가 구역에 사상되면 사상된 구역들의 집합을 얻을 수 있고, 이를 이용하면 사용자의 궤적을 쉽게 유추 할 수 있다. 그림 3은 생성한 구역에 사용자 GPS 정보를 사상한 모습을 볼 수 있다. 식별된 궤

적의 인덱스는 다음과 같다.

사용자 궤적: <A1, B2, C2, D2, E2, E1, F2>

물론 이와 같이 단순 사상에 의한 사용자 궤적 유추는 몇 가지 문제점을 가지고 있다. 첫째로 GPS의 오차로 인해 정상적이지 않은 구역으로의 사상될 가능성이 있다. 둘째, 사상이 이루어지지 않은 손실된 구역의 생성이다. 기본적으로 GPS는 오차를 가지고 있기 때문에 이런 문제점이 생성되게 된다. 따라서 이런 부분에 대해서는 보정을 해줄 필요가 있다. 하지만 우리가 수행한 구역 할당과 인덱스를 이용하면 위와 같은 문제를 쉽게 해결 할 수 있다.

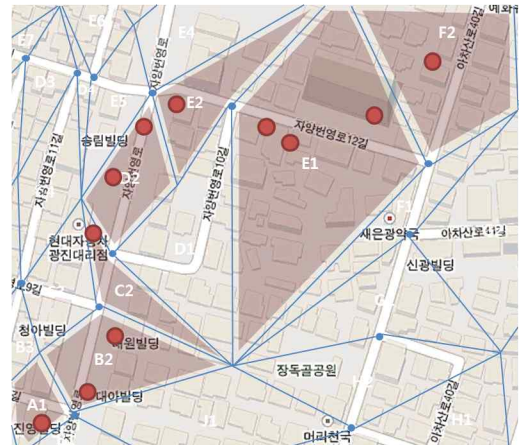


그림 3. 설정한 구역에 사상된 사용자 GPS 정보  
Fig 3. User's GPS Information that was mapping into the setting area

3. 비정상 구역 사상 보정

사용자 GPS에 의해 사상된 구역이 모두 정상적으로 이루어진 것은 아니다. 기본적으로 GPS는 오차를 가지고 있기 때문이다. 그림 4의 (a)와 같은 경우가 GPS 오차로 인해 정상적이지 않은 구역으로 사상이 된 결과이다.

우리는 정상적이지 않은 사상을 다음과 같이 정의 한다. "생성된 구역의 면과 면이 닿지 않을 경우" 그림 4의 (a)의 C2 구역과 D2 구역은 면과 면이 닿지 않는 모습을 볼 수 있다. 우리의 정의에 의하면 이 경우는 GPS의 오류로 식별 할 수 있다. 그림 4의 (b)는 그림 4의 (a)의

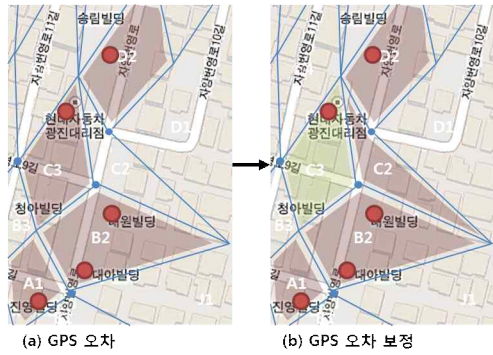


그림 4. GPS 오차에 의한 비정상 구역으로의 사상  
 Fig 4. Mapping to the abnormal area by GPS error

GPS 오차를 보정하여 정상 구역으로 이동 시킨 모습을 보여준다.

#### 4. 손실 구역 연결하기

구역의 집합을 살펴보면 중간에 손실된 구역이 생긴다는 것을 알 수 있다. 이는 GPS의 측정이 위성과의 거리 때문에, 또는 건물이나 지하도, 높은 조형물 등에 의해 방해를 받아 정확한 결과를 제공하지 않는다는 것을 나타낸다. 따라서 우리는 이런 손실된 구역에 대한 보정을 통해 정상 궤적을 만들 필요가 있다. 우리는 구역을 할당할 때 하나의 구역에서 이동 가능한 지역을 알파벳순으로 할당했다. 이를 이용해 손실된 지역에 대한 식별을 지도상에서 분석이 아니라 텍스트 문제로 해결할 수 있다는 장점이 있다. 그림 3의 예제를 다시 보면 생성된 궤적이 알파벳순인 것을 식별할 수 있다. (궤적: A1, B2, C2, D2, E2, E1, F2) 만약 생성된 궤적이 하나 이상의 알파벳을 건너뛴 경우 우리는 이를 GPS 오차로 인해 손실된 구역의 생성이라고 식별 가능할 것이다.

그림 5는 GPS 오차로 인해 손실된 구역을 나타낸다. 우리는 손실 구역에 대한 보정을 위해 정상 구역 사이의 손실된 구역을 최단 거리로 연결할 수 있는 구역을 생성하여 사용자 궤적을 보정하는 방법을 제시한다.

그림 5에 생성된 궤적은 A1, B2, E2, E1, F2 이다. B2 구역 다음 C, D 구역을 거치지 않고 E2 구역으로 사용자의 궤적이 생성된 것을 확인할 수 있다. 이 경우 우리는 손실이 이루어졌다고 쉽게 유추할 수 있다. 이는 지도상 비교가 아니라 단순 텍스트 문제로 쉽게 식별이 가능하다. 이를 보정하기 위해서 우리는 손실된 부분을 최단 거리로 연결할 수 있는 구역을 사용자 궤적에 추가

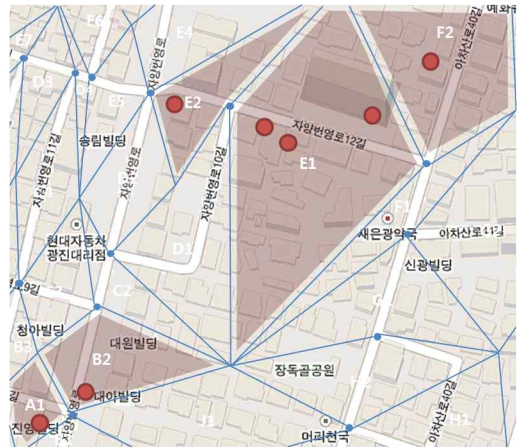


그림 5. 손실된 구역의 예  
 Fig 5. Example of the lost area

한다. 그림 6은 생성된 최단 거리의 모습을 볼 수 있다.

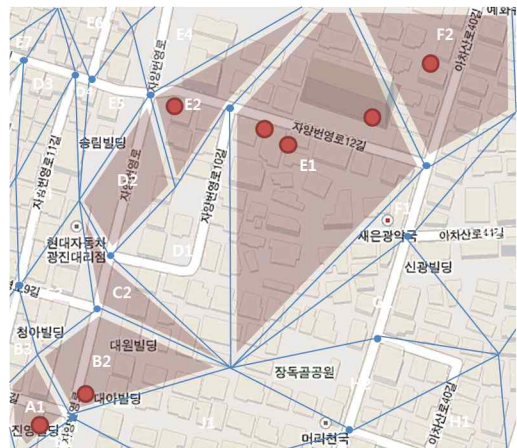


그림 6. 손실된 구역에 대한 최단 거리 보정  
 Fig 6. The shortest distance correction for the lost area

생성된 궤적은 A1, B2, C2, D2, E2, E1, F2 가 되는 것을 확인할 수 있다.

## IV. 경로 추천

### 1. 경로 비교

3장에서 구역을 생성하였고 사용자의 GPS를 해당 구역에 사상하고 비정상 구역의 보정과 손실된 구역에 대한 보정을 하여 정상 궤적을 획득할 수 있다. 다수의 사

용자로부터 수집된 GPS 데이터를 이용해 각 사용자에 대한 궤적을 생성하고, 궤적을 비교하여 선호 경로를 유추해 새로운 사용자에게 경로를 추천해 준다. 선호 경로의 식별을 위해 먼저 궤적과 궤적을 비교하여 해당 궤적이 얼마나 일치하는지 확인할 필요가 있다.

궤적의 유사성을 판단하기 위한 알고리즘은 그림 7과 같다. 경로의 일치도 계산식은 수식 1과 같다.

$$\frac{\text{일치궤적} \times 2}{\text{기준궤적} + \text{비교궤적}} \times 100 \quad (1)$$

궤적의 비교를 수행하기 전에 먼저 출발지와 목적지를 사용자에게 입력 받는다. 모든 궤적에 대해 유사도 판단 알고리즘을 수행하고 나면 각각의 궤적에 대해 가중치 알 수 있다.

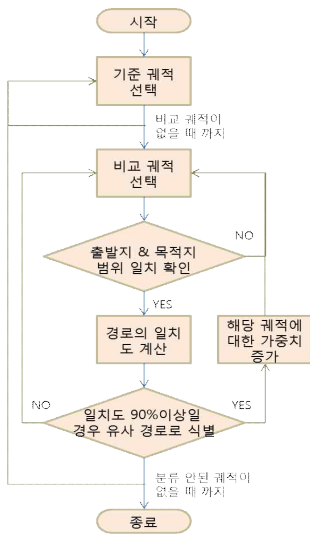


그림 7. 유사도 판단 알고리즘  
Fig 7. Determining similarity algorithm

그림 8은 두 사용자의 GPS 데이터(적색점, 녹색점)를 이용해 생성한 궤적이다. 궤적의 인덱싱은 다음과 같다.

적색: A1, B2, C2, D2, E2, E1, F2

녹색: A1, B2, C2, D1, E1, F2

유사도 계산을 해보면 75%일치로 두 경로는 유사도

상 낮은 수치는 보이는 것으로 나타난다. 궤적이 클수록 보다 신뢰성 있는 결과를 기대할 수 있다.

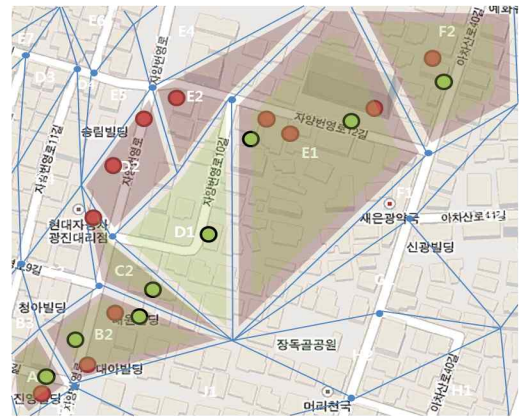


그림 8. 두 사용자 궤적의 예  
Fig 8. Example of the two user's trajectory

## 2. 경로 순위 결정 및 추천 경로 제시

다수의 사용자로부터 획득한 경로를 비교해 경로간 유사도를 구할 수 있었다. 두 궤적 간의 유사도가 높을수록 일치하는 구역이 많다는 것을 뜻하며 이는 두 사용자가 유사한 경로를 통해 출발지부터 목적지까지 도달했음을 의미한다. 또한 유사도 판단 알고리즘을 통해 각각의 궤적에 대해 가중치 알 수 있었다. 이를 이용해 경로의 순위를 매길 수 있고, 높은 순위부터 사용자에게 추천을 해 줄 수 있다. 추가적으로 선호 경로 추천 시 우리는 길이 아닌 구역을 통해 궤적을 제공하기 때문에 단 순 길 정보 보다 많은 정보를 추가로 제공할 수 있다는 장점이 있다. 예를 들면 해당 구역의 편의점 수나, 약국, 버스 정류소등과 같은 정보를 제공함으로써 단편적인 사용자 선호 경로 추천을 넘어 사용자가 원하는 정보를 중심의 경로를 제공할 수 있을 것으로 기대 할 수 있다.

## V. 결론 및 향후연구

우리는 교차점 기반 구역 인덱싱을 이용한 모바일 장치 사용자의 이동 궤적 분석 및 경로 추천 방법을 제시했다. 교차점 기반 구역 인덱싱은 다음과 같은 장점을 가지고 있다. 구역의 면과 면을 통한 비정상 GPS 데이터 식별과 인덱싱을 이용한 손실된 구역의 텍스트 판정

의 식별이 가능하다. 이를 이용하여 GPS 오차의 식별과 보정을 쉽게 수행 할 수 있다. 또한, 우리는 경로 추천을 위해 사용자 선호 경로를 식별하기 위한 유사도 판단 알고리즘과 일치도 계산식을 제공했다. 이를 이용해 새로운 사용자에게 선호 경로를 추천 해 줄 수 있다.

본 연구에서는 2차원 공간의 지도만을 고려한 구역 생성만 다루었으나 고가도로 및 지하도로 등에 대한 고려도 해야 한다. 이를 보완하기 위하여 위상정보를 이용한 구역 생성 방법을 개발할 계획을 가지고 있다.

System for Amusement Park based on GPS.  
Journal of the Korea Society of Computer and Information. 2010;15(8);99-105.

※ 이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2013R1A1A1076014)

## References

- [1] Naver Encyclopedia.  
<http://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1232842&cid=200000000&categoryId=200003057>.
- [2] Chung YS, Yoon HM, Choi KC. Classification of Map-matching Techniques and A Development. Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System. 2000;8(1);73-84.
- [3] Lee JH, Kang TH, Kim JS, Lee WY, Chae KS, Kim YG. Map Matching Algorithm for Self-Contained Positioning. Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System. 1995;3(2);213-220.
- [4] Yuan, J., Zheng, Y., Zhang, C., Xie, X. An Interactive-voting based Map Matching Algorithm. Proc. of the 11th MDM International Conference. 2010;43-52
- [5] Choi JH, Lee HJ, Park YT. Representation of User Preferred Route Model for Large-scale GPS Data Analysis. Journal of the Korean Institute of Information Scientists and Engineers. 2012;39(4);315-327.
- [6] Kim SY, Park BJ, Jung JJ. User Route analysis of using GPS on a Mobile Device and Moving Route Recommendation System. Journal of the Korea Contents Association. 2011;11(2);135-141.
- [7] Yu SJ. A Customized Mobile Tour Guide