# GPS 편차를 이용한 도로네트워크 지도의 정확성 검증 기법의 설계[1)]

이정훈
제주대학교 전산통계학과
e-mail:jhlee@jejunu.ac.kr

# Design of a verification scheme for the road network map based on GPS deviation

Junghoon Lee
Dept of Computer Science and Statistics
Jeju National University

요 약

본 논문에서는 GPS 편차 정보를 이용하여 도로 네트워크 지도 제작시 불가피하게 발생하는 오차를 탐지하는 기법을 제안한다. 제안된 기법은 수십에서 수백 킬로미터 범위에 위치한 노드들이 공통적인 GPS오차를 겪는다는 점에 착안하고 있으며 각 도로 네트워크의 차량들이 동시간에 보고하는 위치 좌표를 이용하여 맵 매칭을 수행한 후 해당 시간스탬프의 오차를 계산한다. 이 오차를 이용하여 각 위치 좌표들를 보정한 후 다시 맵 매칭을 수행하여 맵 매칭의 오류가 한계치 이하라면 보고된 위치에 해당하는 도로들은 정확하게 플롯되어 있음을 알 수 있다. 이와 같은 통계들이 오랜 시간동안 쌓인다면 별도의 장비나 통신채널을 사용하지 않고 소프트웨어만으로 도로망 지도의 정확성을 검증할 수 있다.

## 1. 서론

차량형 텔레매틱스(vehicular telematics) 기술의 활성화와 장치의 보급은 단순히 길안내, 단방향 교통정보 제공 등의 단순한 위치기반 서비스에서 실시간 교통정보 제공, 데이터의 업로드, 주변 관광지 및 개인화된 정보의 제공 등 다양한 서비스로 발전해 나아가고 있다. 이러한 위치 정보 서비스에서 가장 기본이 되는 것은 정확한 도로 네트워크이며 다수의 위치기반 서비스 사업자들은 지도를 제작, 관리, 업데이트하는데 많은 비용과 시간을 투입하고 있다. 특히 도로 네트워크의 경우는 차량의 정확한 도로상에서의 위치를 파악하는데 필수적인 요소가 되며 교통정보 처리, 특히 사고 정보의 전파 등에서 높은 정확성이 요구된다. 그러나 도로 네트워크 지도 제작시에 수작업의 부정확성, 좌표체계의 불일치 등으로 인하여 불가피하게 지도의 오차가 발생하게 되며 경우에 따라 특히 곡선도로의 경우 수십 미터까지도 확대되기도 한다[1].

지도의 오차뿐만 아니라 GPS 수신기 등에서도 오차가 발생하며 맵 매칭 기법들은 이러한 오차를 극복하는데 많은 휴리스틱들을 포함하고 있다. 그러나 무엇보다도 측위오차를 줄이는 것이 맵 매칭의 정확성을 증가시키게 된다. 측위오차를 줄이는 방법은 DGPS(Differential GPS) 등 다양한 기법들이 개발되어 있지만 도로 네트워크의 정확성을 체계적으로 검증하는 기법은 크게 연구된 바가 없다. 물론, 위치측위기술이 오차가 전혀 없다면 이를 이용하여 지도의 정확성을 검증할 수 있다. 그러나 현재의 측위기술은 오차를 포함하기 때문에 지도의 정확성과 측위기술의 오차는 같이 고려되어야 한다.

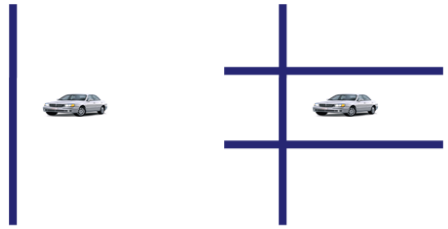
본 논문에서는 현재 운영중인 실시간 차량 위치 트래킹 시스템의 위치이력 데이터를 이용하여 도로 네트워크 지도의 정확성을 검증하는 기법을 기능적으로 설계하고자 한다. 위치이력 데이터에는 다수의 차량으로부터 같은 시간스탬프를 갖는 위치 정보가 보고되고 있으며 같은 동일한 시간에는 대부분 동일한 GPS 오차를 갖는다[2]. 이는 DGPS의 원리이기도 하다. 또, 이동하는 차량은 절대공간상으로 임의의 위치에 있을 수 없으며 반드시 도로 네트워크상에 존재하게 된다. 즉, 지도의 오차가 없다면 맵 매칭에서 매칭되는 도로 세그먼트가 하나 존재하게 된다. 이러한 GPS 오차 특성과 차량 움직임의 제약조건을 이용한다면 도로 네트워크 지도의 정확성을 검증할 수 있다.

## 2. 지도 정확성 검증 기법의 설계

특정 시간에 차량들은 도로 밀도가 높은 지역과 낮은 지역에 위치하고 있게 된다. (그림 1)에서 차량이 도로 세그먼트상에 있지 않은 이유는 지도 오차 혹은 GPS 측정 오차에 기인한다. (그림1(a))에서 보는 바와 같이 도로 밀도가 낮은 지역을 운행하고 있다면 지도나 GPS 수신기에서의 오차가 있다고 하더라도 매칭될 도로 세그먼트를 쉽게

1) 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2009-C1090-0902-0040)

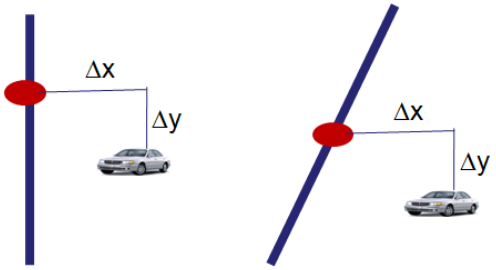
결정할 수 있다. 반면 (그림 1(b))에서처럼 고밀도 지역을 운행하고 있다면 약간의 오차가 발생하여도 어떤 도로에 위치하고 있는지 정확하게 알기 어렵다. 저밀도 지역의 차량인 경우 측정 오차를 극복할 수 있을 뿐 아니라 오차의 크기까지도 추정할 수 있다.



(a) 저밀도지역 (b) 고밀도지역

(그림 1) 차량의 운행과 오차

(그림 2)에서 두 차량이 모두 저밀도 지역에 위치하고 있어서 각기 특정 도로 세그먼트에 확실히 위치한다고 한다면 이들이 겪는 오차의 양, 즉 (Δx, Δy)는 공통적인 해를 갖게 된다. 각 도로 세그먼트는 선형 방정식을 갖게 되며 굽은 도로의 경우는 피할 수 없는 오차를 포함하면서 연속된 선형 세그먼트로 표현된다. 결국 도로 세그먼트는 y = a*x + b와 같은 형태로 주어지게 된다. 따라서 현재 보고되는 위치의 좌표가 (x1, y1)이라면 도로 오차가 없고 오직 GPS 오차 (Δx, Δy)만 있다고 가정했을 때 y1+Δy= a*(x1+Δx) +b를 만족시키게 된다. 따라서 Δx, Δy 두 개의 미지수를 구하기 위해서는 두 개의 관계식이 필요하게 되며 이는 저밀도 지역에 위치한 두 대의 차량 정보가 있으면 계산이 가능하다. 물론 한 차량이 건물이나 특이한 오차 요인이 있어서 다른 오차값을 갖는 경우와 지도의 오류가 있는 경우는 이상의 특성이 만족되지 않을 수도 있다. 그러나 저밀도 지역에 위치한 차량의 수가 많다면 다양한 조합으로 공통적인 오차를 계산할 수 있는 연립방정식을 찾는 것이 가능하다.




(그림 2) GPS 오차와 도로 세그먼트

이상에서는 도로 세그먼트가 하나의 선분으로 구성되었다고 가정하였다. 그러나 저밀도 지역의 도로라 하더라도 도로 내에서 여러 세그먼트가 매칭 대상으로 고려될 수 있다. 이때 F라는 도로가 $F_1$, $F_2$, ..., $F_n$의 세그먼트로 이루어져 있다면 차량의 현재 위치는 이중 하나의 세그먼트에 속하게 되며 이 경우는 (x1+Δx, y1+Δy)는 $F_1$, $F_2$, ..., $F_n$ 중 하나의 선형 관계식을 만족시킨다[3]. 또다른 도로 세그먼트가 $G_1$, $G_2$, ..., $G_n$의 세그먼트로 이루어져 있다면 (x2+Δx, y2+Δy)는 $G_1$, $G_2$, ..., $G_n$ 중 하나의 선형 관계식을 만족시킨다. 이때는 F 중 하나 G 중 하나에서 답을 찾아야 하므로 하나의 저밀도 지역 차량의 좌표가 더 필요하게 되며 부정방정식에 의해 가장 좋은 해를 찾게 된다.

결국, 동일 시간대에 저밀도 지역의 차량 3 대가 있으면 해당 시간의 위치측정 오차를 추정할 수 있게 된다. 이 오차를 반영하여 F(x1+Δx, y1+Δy), G(x2+Δx, y2+Δy), H(x3+Δx, y3+Δy)가 오차가 없다면 F, G, H 도로세그먼트는 정확하게 플롯되었다고 판단할 수 있다. 이때 또다른 세그먼트 I 가 있어서 오차를 구한 다음 F(x1+Δx, y1+Δy), G(x2+Δx, y2+Δy), I(x3+Δx, y3+Δy)의 값이 0이 모두 아니라면 I 세그먼트는 플롯상의 오류가 있다고 판단한다. 이 경우는 I 세그먼트가 도로 오차를 파급시켜 정확한 보정치, (Δx, Δy)를 계산하지 못했기 때문이다. 물론 하나의 세그먼트라 할지라도 일부분은 정확하지만 다른 부분은 정확하지 않을 수 있다. 이때 그 세그먼트는 정확, 부정확을 반복하여 산출하게 되며 결과적으로는 부정확한 것으로 판명된다.

## 3. 결언

본 논문에서는 GPS 오차를 이용하여 도로 네트워크 지도의 정확성을 검증하는 기법을 설계하였다. 제안된 기법은 맵 매칭에 기반하여 특정 시간대의 GPS 오차를 보정한 후 오차 보정에 참여한 도로 세그먼트들에 오차 보정의 결과가 맞는지를 판단하여 도로의 정확성을 검증한다. 제안된 기법은 동일한 타임스탬프를 갖는 차량 위치 데이터를 필요로 한다. 이는 현재 제주 택시 텔레매틱스 시스템과 같은 차량 트래킹 시스템으로부터 구할 수 있으며 추후 VANET과 같은 차량형 네트워크의 보급시 그룹 통신 방식에 의해 주변 차량의 위치 좌표를 얻을 수 있다.

결국 본 논문에서 제안된 지도오류 판단 기법은 지도 제작, 업데이트, 정확성 검증에 많은 인력과 비용을 투여하고 있는 위치기반 서비스 사업에 있어서 위치 측정 데이터들만으로 자동화되고 체계적인 지도 오차 발견 작업을 가능하게 한다. 특히 많은 양의 위치이력데이터가 있는 경우는 DGPS와 같은 부가적인 채널이나 회로를 사용하지 않고 오직 소프트웨어만으로 지도의 정확성을 검증할 수 있다는 장점이 있다.

## 참고문헌

[1].J. Yang, S. Kang, K, Chon, “The map matching algorithm of GPS data with relatively long polling time intervals,” Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, pp.2561-2573, 2005.

[2] J. Lee, G., Park, H., Kim, Y., Yang, P., Kim, P., and S. Kim, "A telematics service system based on the Linux cluster," LNCS, Vol. 4490, pp. 660-667, 2007.

[3] J. Lee, G. Park, S. Kim, C. Sung, "A group management scheme for an efficient location-based services," ACM SAC, pp.1705-1709, Mar. 2008.