

스마트폰에서 운전자 이동패턴을 이용한 맵매칭 설계 및 구현

Design and Implementation of Driving Pattern based Map Matching on Smart Phone

황재윤* · 최세휴**

Jae-Yun Hwang · Se-Hyu Choi

요약 최근 스마트폰 내비게이션의 그룹주행, 위치공유 등 다양한 최신 기능을 사용하기 위해서 스마트폰 내비게이션을 이용하는 사람들이 많이 증가하였다. 하지만, 스마트폰에는 다양한 목적을 가진 많은 앱이 설치되기 때문에 하나의 앱이 사용할 수 있는 저장 공간이 한정적이다. 그래서 내비게이션 전용기기에서 맵매칭을 수행하기 위해 사용되는 용량이 큰 도로네트워크 데이터를 스마트폰에 저장할 수 없기 때문에 맵매칭을 할 수 없다. 또한, 외부 GPS 장치를 사용하지 않는 스마트폰의 경우 내비게이션 전용기기에 비해 GPS 위치측위가 부정확하다. 이러한 문제점으로 스마트폰 내비게이션은 정확한 위치 안내를 하지 못하고 있다. 이에 본 연구의 목적은 스마트폰 내비게이션에서 정확한 위치 안내를 위해 내비게이션 전용기기에서 사용되는 도로네트워크 정보를 새로운 도로네트워크 포맷 설계 및 변환으로 용량을 감소시키고 운전자의 운전 패턴 데이터를 데이터베이스화하여 기존 내비게이션 전용기기 맵매칭 보다 정확한 맵매칭을 하는 것이다. 결과적으로 맵매칭이 어려운 여러 도로가 만나는 교차로, 고속도로에 인접한 좁은 도로, GPS 오차가 많이 발생하는 빌딩 숲 등에서 내비게이션 전용기기와 비교분석을 통해 스마트폰에서 기존 내비게이션 전용기기보다 80% 이상의 작은 저장 공간의 사용으로 보다 정확한 맵매칭이 가능했으며 향후 내비게이션뿐만 아니라 GPS 위치측위와 지도를 사용하는 다양한 앱에서 더욱 정확한 위치기반 서비스가 가능할 것으로 판단된다.

키워드 : 내비게이션, 맵매칭, 지도, GPS, 스마트폰, 데이터베이스

Abstract Recently, there has been an increase in the number of people who use the smart-phone navigation for using various latest functions such as group driving and location sharing. But smart-phone has a limited storage space for one application, since a lot of applications with different purposes are installed in the smart-phone. For this reason, road network data with a large space of memory used for map matching in the device for navigation cannot be stored in the smart-phone for this reason map matching is impossible. Besides, smart-phone which doesn't use the external GPS device, provides inaccurate GPS information, compared to the device for navigation. This is why the smart-phone navigation is hard to provide accurate location determination. Therefore, this study aims to help map matching that is more accurate than the existing device for navigation, by reducing the capacity of road network data used in the device for navigation through format design of a new road network and conversion and using a database of driver's driving patterns. In conclusion, more accurate map matching was possible in the smart-phone by using a storage space more than 80% less than existing device at the intersection where many roads cross, the building forest that a lot of GPS errors occur, the narrow roads close to the highway. It is considered that more accurate location-based service would be available not only in the navigation but also in various applications using GPS information and map in the future Navigation.

Keywords : Navigation, Map Matching, Map, GPS, Smart Phone, Database

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 스마트폰의 다양한 장점으로 내비게이션 전용

기기가 아닌 스마트폰 내비게이션을 이용하여 원하는 목적지를 찾아가는 운전자들이 많이 증가하고 있다. 스마트폰 내비게이션은 내비게이션 전용기기와 달리 통신이 되는 장점이 있어 실시간 교통정보를 반영한

† This research was supported a grant from geospatial information workforce development program funded by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean Government(2014-01-02).

* Jae-Yun Hwang, Master's Student, Dept. of Spatial Information, Kyungpook National University. hjy7942@gmail.com

** Se-Hyu Choi, Professor, Dept. of Civil Engineering, Kyungpook National University. shchoi@knu.ac.kr (Corresponding Author)

빠른 길을 안내받는 것이 가능하며, 실시간 교통정보, 그룹주행, 위치공유 등 기존 내비게이션에서 할 수 없었던 기능을 운전자에게 제공하고 있다. 하지만 스마트폰에는 다양한 목적을 가진 많은 앱이 설치되기 때문에 하나의 앱이 사용할 수 있는 저장 공간이 한정적이다. 그래서 스마트폰 내비게이션에서는 내비게이션 전용기기에서 사용하는 큰 용량의 도로네트워크 정보를 담을 수 없기 때문에 GPS 위치를 도로에 매칭할 수 없다. 또한 외부 GPS 장치가 아닌 스마트폰에 내장되어 있는 GPS 장치를 사용하기 때문에 내비게이션 전용기기와 비교해서 GPS 위치측위가 부정확하다. 이러한 이유로 현재 스마트폰 내비게이션은 정확한 맵매칭 서비스를 제공하지 못하고 있는 상태이다. 이러한 문제점은 곧 내비게이션에서 운전자가 실제로 위치하고 있는 지점이 아닌 잘못된 위치정보를 표출하게 되고, 내비게이션 안내를 받고 있는 운전자가 잘못된 길로 이동하게 되는 상황이 발생하게 된다. 이는 현재 출시되어 있는 스마트폰 내비게이션(티맵, 올레내비, 김기사 등)을 사용하면 실제 차량이 위치해있는 도로가 아닌 옆 도로에 있거나, 차량이 위치할 수 없는 강이나 건물에 현재 위치가 표시되는 것을 보면 알 수 있다.

이러한 문제점에도 불구하고 스마트폰 내비게이션에서 운전자의 위치를 정확하게 도로에 매칭하는 기법이나 관련한 선행연구는 다소 부족한 실정이다. 본 연구와 관련된 선행연구로는 스마트폰의 센서를 이용한 위치정확도 개선에 대한 연구로서(이동훈, 2012) 자이로, 나침반, 가속도 센서를 이용하여 GPS 위치측위를 개선하였다[12]. 하지만, 다양한 센서 사용으로 인한 배터리 사용증가로 배터리 사용량이 중요한 내비게이션에는 활용하기 어려우며, 이 연구는 GPS 위치측위를 개선하여 GPS 오차를 줄이기 위한 방법으로 GPS 위치를 도로에 매칭하지 못하는 연구였다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 기존 내비게이션 전용기기에서 사용하는 용량이 큰 도로네트워크 데이터를 본 연구 과제로 만들게 되는 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 위한 Lite 도로네트워크 포맷을 설계 및 변환하여 스마트폰에 저장 가능하게 하고, GPS의 오차가 발생하거나 GPS 측위 위치 주위에 많은 도로가 있어 도로 매칭이 어려운 상황에서는 운전자의 과거 이동패턴 데이터를 이용하는 방법으로 맵매칭의 정확도를 개선하였다.

본 연구의 목적은 Lite 도로네트워크를 사용하고 운전자의 과거 운전 경험 데이터 활용으로 내비게이션 전용기기의 맵매칭 보다 정확하고 가벼운 새로운 경

험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 개발하는 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 현대엠엔소프트의 PND 내비게이션인 맵피에서 사용되고 있는 지도 데이터와 맵매칭 엔진을 베이스로 연구를 진행하였으며, 지도 데이터의 도로네트워크를 본 연구로 만들게 되는 새로운 포맷인 Lite 도로네트워크로 변환하고, 기존 맵매칭 엔진에서 운전자의 이동패턴 데이터를 추가로 이용하여 도로에 매칭을 하는 경험론적 패턴기반의 맵매칭을 개발하였다.

연구 흐름도 및 진행과정은 다음 Figure 1과 같이 진행하며 Lite 도로네트워크 변환 프로그램 및 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진 개발을 위한 개발 환경은 가볍고 빠른 성능을 위해 Visual Studio 2008에서 C언어를 사용하여 개발을 진행하였다. 또한, Lite 도로네트워크 및 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진 검증에 위한 프로그램은 C++의 MFC를 이용하여 개발하였

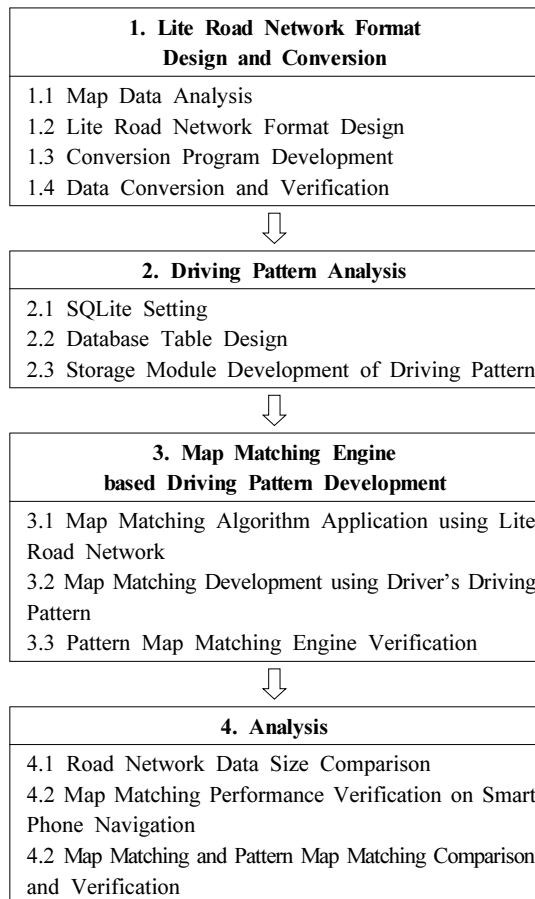


Figure 1. Research Flowchart & Process

다. 이렇게 만들어진 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 현대엠엔소프트의 안드로이드 내비게이션인 맵피 워드 다음에 적용하여 스마트폰에서 맵매칭이 되는 것을 확인 하고, 내비게이션 전용기기의 맵매칭 엔진과 비교분석을 통해 기존 맵매칭 보다 향상된 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 확인하였다.

2. 맵매칭

2.1 내비게이션 맵매칭

기존 내비게이션 전용기기에서 이뤄지는 맵매칭 서비스는 Figure 2와 같은 방법으로 이루어진다[15]. 우선, GPS 위치에서 지정된 거리 내에 있는 모든 링크와 노드를 찾는다. 다음으로 GPS 위치, 방향, 속도, 정확도 등의 정보와 운전자가 이동하면서 만들어지는 GPS 궤적, 그리고 운전자가 지나온 링크 열을 비교분석해서 차량이 위치 할 수 없는 링크나 노드를 후보에서 제외 하게 된다. 마지막으로 도로네트워크에 포함되어 있는 도로종별(고속도로, 도시고속도로, 일반도로 등), 링크종별(본선, IC, JCT 등)에 각각의 가중치를



Figure 2. Navigation Map Matching

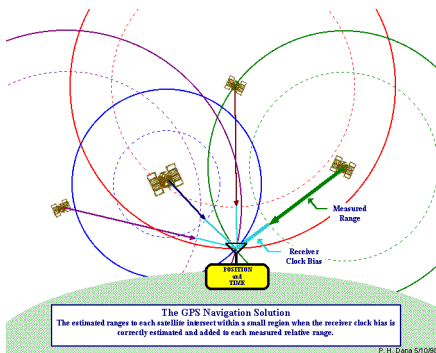


Figure 3. GPS Location Determination

정하고, 노드정보(직진연결, U턴, 교차로 등), GPS 측위 위치에서 링크, 노드까지의 거리를 이용하여 운전자가 위치 할 수 있는 가장 가능성이 큰 링크에 매칭을 하게 된다.

2.2 GPS 모듈 및 NMEA 포맷

GPS(Global Positioning System)는 GPS 위성에서 보내는 신호를 수신하여 사용자의 현재 위치를 계산하는 위성항법 시스템이다. 항공기, 선박, 자동차 등의 내비게이션 장치에서 주로 쓰이고 있으며, 최근에는 스마트폰, 태블릿 PC 등에서도 많이 활용되고 있다.

GPS 위치측위는 GPS 위성과 GPS 수신기의 거리를 계산해 좌표 값을 구한다. 만일 우리가 GPS 위성의 위치와 거리를 정확하게 알 수 있다면 3개의 GPS 위성만으로도 정확한 위치를 알 수 있다. 하지만 이것만으로는 실제 거리를 정확하게 계산할 수 없다. GPS 위성과 GPS 수신기의 거리는 위성에서 보내는 전파의 도달 시간을 바탕으로 계산하게 되는데, 위성에 장착된 시계와 수신기에 장착된 시계가 일치하지 않아 오차가 발생하게 된다. 따라서 4개 이상의 GPS 위성에서 전파를 수신해야 정확한 위치를 파악 할 수 있게 된다. 최근 출시되는 GPS 수신기는 20개의 위성으로부터 신호를 받을 수 있기 때문에 정확하게 위치 계산이 가능하다[4]. 다음 Figure 3은 GPS 위치측위 방법을 보여주고 있다.

GPS는 구조적인 요인에 의해 위치측위 오차가 발생하며, 이유는 Table 1에서 확인 가능하다. 이러한 오차는 DGPS나 RTK등의 상대측량 방식으로 오차를 줄이는 것이 가능하며, 현재는 10m 내외의 오차로 GPS 위치측위가 가능하다.

본 연구의 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 개발하기 위해서는 GPS의 NMEA(National Marine Electronics Association) 규격을 사용하게 되며, NMEA는 시간,

Table 1. GPS Location Determination Error

	Cause of Error
1	Ionosphere and Troposphere Delays
2	Signal Multipath
3	Receiver Clock Errors
4	Orbital Errors
5	Number of Satellites Visible
6	Satellite Geometry/Shading
7	Intentional Degradation of The Satellite Signal

```
$GPRMC,114455.532,A,3735.0079,N,12701.6446,E,0.00
0000,121.61,110706,,*0A
```

Figure 4. NMEA GPRMC Data

Table 2. NMEA GPRMC Format

Field	Description
\$GPRMC	Recommended minimum specific GPS/Transit data
114455.532	Time of fix 11:44:55 UTC
A	Navigation receiver warning A = OK, V = warning
3735.0079	Latitude 37 deg. 35.0079 min
N	North
12701.6446	Longitude 127 deg. 1.6446 min
E	East
0.000000	Speed over ground, Knots
121.61	Course Made Good, True
110706	Date of fix 11 July 2006
	Magnetic variation
*0A	mandatory checksum

위치, 방위 등의 정보를 전송하기 위한 규격이다. 데이터 형식은 \$로 시작해서 NMEA 코드이름, 그리고 데이터의 마지막에는 *와 데이터 유효성 검증을 위한 Checksum으로 끝난다.

Figure 4는 NMEA 데이터 중에 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진에서 사용될 GPRMC(Recommended Minimum Data) 데이터 포맷으로 최근 GPS기기에서 가장 많이 사용하는 기록 방식이다[11].

GPRMC에서 얻을 수 없는 고도에 대한 정보는 GPGGA에서 얻을 수 있으며, 대부분의 정보는 GPRMC에서 확인 가능하다. Table 2는 Figure 4에서 보여준 GPRMC 데이터에서 각 필드가 의미하는 뜻을 설명하고, 어떤 값을 가질 수 있는지 설명하고 있는 자료이다.

2.3 SQLite를 이용한 데이터베이스

SQLite는 SQL을 Embedded환경에서 사용할 수 있도록 최적화시킨 버전으로서 Embedded System이 요구하는 적은 자원을 활용하면서 최고의 성능을 발휘할 수 있도록 하였으며, Embedded System이 요구하는 건을 만족시킬 수 있었기 때문에 많은 업체들이 SQLite를 Embedded 제품의 Database Solution으로 사용하고 있다. SQLite는 Mobile Device/Platform에서도 많이 사용되고 있으며, Mobile device 제조 대표업

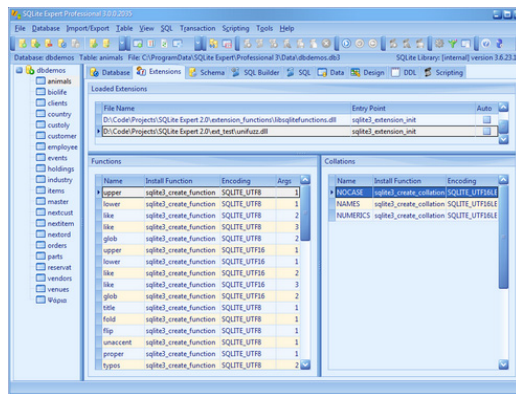


Figure 5. SQLite Tool

체인 심비안(Symbian)으로부터 지원을 받고 있다. 그리고 파이어폭스(Firefox)로 유명한 모질라(Mozilla)로부터도 지원을 받고 있는 데이터베이스 시스템이다[9].

다음 Figure 5는 본 연구에서 SQLite 데이터베이스를 다루기 위해 사용한 SQLite 프로그램이며, 이 도구를 사용하게 되면 데이터베이스에서 Table Insert, Delete, Update Query를 사용하지 않고 간단한 방법으로 데이터베이스 작업이 가능한 프로그램이다, 연구 중 운전자 이동패턴 데이터 확인 및 검증을 위해 사용하였다.

3. 맵매칭 엔진 설계 및 구현

3.1 Lite 도로네트워크 포맷 설계 및 변환

내비게이션 전용기기에서 사용되고 있는 도로네트워크 데이터에는 맵매칭을 하는데 필요하지 않는 많은 정보를 담고 있기 때문에 용량이 크다. 그래서 본 연구는 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진에서 사용하게 될 맵매칭을 하기위한 최소한의 정보만을 가진 Lite 도로네트워크 포맷을 설계하였다. 기본 도로네트워크 데이터는 현대엠엔소프트 내비게이션인 맵피에서 사용하고 있는 도로네트워크 데이터를 사용하였다. 전국의 링크와 노드, 국가표준링크 등을 담고 있으며 용량은 1.3GB정도로 스마트폰에 담기에는 어려운 용량의 데이터이다.

Table 3은 내비게이션 전용기기에서 사용하고 있는 도로네트워크와 Lite 도로네트워크 비교한 자료이다. 맵매칭을 수행하기 위해서 링크와 노드 정보가 필수적으로 있어야 한다. 하지만 노드 정보의 경우 링크 정보를 이용한 알고리즘으로 직진 방향의 링크 ID, 유턴 가능한 지점을 판단하였기 때문에 링크 정보만

Table 3. Road Network Comparison

	Road Network	Lite Road Network
Link	O	O
Node	O	X
National Link	O	X
Section	O	X
Contour	O	X
Railway	O	X
Camera	O	X
Safety	O	X

Table 4. Link Information Comparison

	Link	Lite Link
Link Pass	O	O
Lane	O	O
Road Type	O	O
Link Type	O	O
Vertex Count	O	O
Vertex	O	O
Section Code	O	X
Road Number	O	X
Link ID	O	O
Limit Speed	O	X
Time Varying Regulations	O	X

```
Offset(h) 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F
0017A8B0 02 02 42 F6 04 00 00 00 8A F0 A3 13 E8 0F 89 02 ..Bo....S&L.e.t.
0017A8C0 FC F6 04 00 00 00 80 E0 11 0D F3 0F 96 02 6F 9D U0...eA..6.-.o.
0017A8D0 00 00 00 00 8A F0 AB 0A B0 13 46 03 5D F6 04 00 ...S&w.k.F.]o.
0017A8E0 00 00 8A F0 56 0C 27 14 65 02 64 F6 04 00 00 ...S&7..e.d0....
0017A8F0 8A F0 C5 0D 28 14 0C 03 66 F6 04 00 00 8A F4 S&A.(...S0...S0
0017A900 AF 0A 90 14 75 02 61 F6 04 00 00 00 8A F0 E5 12 ...u.ad....S&A.
0017A910 BD 14 45 02 69 F6 04 00 00 00 8A F4 48 0A C1 14 4.E.i0....S&H.A.
0017A920 7B 02 5F F6 04 00 00 00 8A F0 DA 13 02 15 FB 02 (.o....S&0...0.
0017A930 67 F6 04 00 00 8A F0 64 09 AB 15 95 02 A0 CD 90...S&A.e.. I
0017A940 06 00 00 00 8A F0 D9 08 85 16 FE 03 FA F6 04 00 ...S&0...N.U0..
0017A950 00 00 8A F0 3F 07 DC 18 90 02 A6 8C 07 00 00 00 ...S&7.D...|E...
0017A960 8A F0 03 06 5B 19 91 02 A5 8C 07 00 00 00 80 E0 S&0(.N.YE...eA
0017A970 F6 00 B8 1A 2B 06 48 E0 00 00 00 00 84 E0 87 05 0...+..H&A.....S&.
0017A980 EC 1A 45 03 74 9D 00 00 00 00 84 E0 03 02 A3 1B 1.E.t.....S&.E.
0017A990 2B 02 75 9D 00 00 00 00 8A F0 A9 04 F2 1B 44 03 +.u.....S&0.B.D.
```

Figure 6. Lite Road Network Binary Data

남겨두고 모든 정보를 제외하여 포맷을 설계하였다.

Table 4는 도로네트워크 정보 중에서 링크정보를 비교한 자료이다. 링크정보는 Table 4에 있는 정보 외에도 많은 정보를 담고 있으며 Lite 도로네트워크의 링크정보는 맵매칭에 필요한 정보만 담을 수 있도록 설계하였다.

다음 Figure 6는 앞서 설계한 Lite 도로네트워크 데이터를 Native 환경에서 빠르게 접근하여 사용할 수



Figure 7. Road Network Viewer

있도록 Binary를 이용하여 포맷을 만들었다. Binary는 컴퓨터가 읽을 수 있는 Low 데이터로 XML이나, JSON과 같은 Text기반의 포맷보다 빠르게 다룰 수 있는 데이터 포맷이다. Figure 6는 Hex Editor를 이용하여 Lite 도로네트워크를 확인한 화면이다.

다음 Figure 7은 Binary로 만들어진 Lite 도로네트워크의 링크정보와 링크를 눈으로 확인할 수 있는 도로네트워크 Viewer 화면이다. Viewer를 이용하여 Lite 도로네트워크 데이터가 정상적인 데이터인지 검증이 가능하며 쉽게 링크정보와 링크구조 확인이 가능하다.

위와 같이 기존의 도로네트워크 데이터를 Lite 도로네트워크로 변환하기 위해 Visual Studio 도구와 C언어를 이용하여 변환 프로그램을 개발 했으며 이 프로그램은 기존의 도로네트워크 데이터에서 의미 있는 정보를 가져오기 위해 Parsing을 하고 앞서 설명한 필요한 정보를 추출한 뒤 Lite 도로네트워크 포맷에 맞게 데이터를 저장하였다.

3.2 운전자 이동패턴 분석 및 데이터베이스 설계

운전자의 이동패턴 데이터를 저장하기 위해 SQLite를 이용하였다. SQLite는 대부분의 스마트폰에서 사용할 수 있는 데이터베이스이며 어렵지 않게 정보를 저장하거나 읽을 수 있도록 도와준다.

Table 5는 운전자의 이동패턴을 저장하게 되는 데이터베이스 Table Schema이다. 운전자가 주행 중 여러 링크가 교차하는 지점을 이동할 때 이 Table에 데이터를 저장하게 되며, 교차하는 지점을 진입하는 링크ID, 진출하는 링크 ID를 저장한다. 이는 추후에 운전자가 해당 지점에서 맵매칭을 할 때 사용하게 된다. 그리고 진입시간을 저장하여 평일 출퇴근, 주말 나들이와 같이 상황에 맞게 활용 하게 되며 마지막으로 특정 진입 링크ID로 진입해서 특정 링크ID로 진출한 횟수를 저

Table 5. Drive Pattern Table Schema

ID	Description	Type	Note
In Link	In Link ID at an Intersection	int	
Out Link	Out Link ID at an Intersection	int	
In Link Time	In Time	time	
Out Link Time	Out Time	time	
Entering Direction	Enter Link Direction	byte	
Entering Count	Count	int	

RecNo	ID	LinkID	PreLinkID	NextLinkID	Time	Count
Click here to define a filter						
1	1	10005	10004	10006	2014-11-11 23:20:49.000	12
2	2	10005	10004	10007	2014-11-11 23:21:58.000	2
3	3	10005	10004	10008	2014-11-11 23:26:22.000	0
4	4	10005	10004	10009	2014-11-11 23:26:36.000	0

Figure 8. Driving Pattern Table

장하여 횡수가 높은 패턴에 높은 가중치를 주어 추후 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 개발할 때 사용하게 된다.

Figure 8은 실제 주행을 하면서 운전자의 이동패턴 데이터가 데이터베이스에 적재 되고 있는 화면이다. 이런 데이터가 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진에서 의미 있는 데이터로 간주되는 이유는 대부분의 운전자는 새로운 길을 가기보다 항상 다니는 길을 이용하게 된다. 그리고 같은 지점이라도 날씨, 빌딩에 의한 GPS 반사 등 다양한 외부적인 환경에 의해 GPS오차가 발생한다. 또한 기존 맵매칭 알고리즘은 도로종별에 대한 가중치와 도로의 특성에 따라 특정 도로에 우선적으로 매칭을 하는 방법을 사용하기 때문에 실제의 위치와 다른 도로에 매칭되는 경우가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 운전자의 이동패턴을 이용하여 자주 다니는 도로에 매칭을 해줌으로써 GPS의 신뢰성을 높일 수 있다.

3.3 Lite 도로네트워크를 이용한 경험론적 패턴 맵매칭 엔진 개발

경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 개발과 추후 비교분석을 쉽게 진행하기 위해 현대엠엔소프트의 맵

피 내비게이션 맵매칭 엔진을 베이스로 개발을 진행하였다. 본 연구 최종 과제인 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진은 앞서 만든 Lite 도로네트워크 정보와 운전자의 이동패턴 데이터베이스를 이용하여 아래와 같은 순서로 진행 된다.

Figure 9는 GPS 위치측위가 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진에 의해 도로에 매칭되는 과정을 설명하기 위해 가상의 도로네트워크를 만든 그림이다. 현재 운전자는 Link 2에 있으며 아래 과정을 통해 다음에 위치하게 될 링크를 찾게 된다.

가. Figure 10은 현재 운전자가 위치하고 있는 링크에서 직진방향의 링크를 찾기 위해 Link Spawning 알고리즘(링크의 연결각도, 차선수를 고려해서 직진으로 연결되는 링크를 찾는 방법)을 이용하여 진행 방향의 링크를 구하는 화면이다. Link 2에서 45°내에 있는 링크는 Link 5, Link 7이다. 진입 링크인 Link 2가 차선 도로로 Link 5가 4차선도로로 지정된 각내에 포함이 되면서 차선이 같은 링크이기 때문에 직진 방향에 있는 링크로 판단 한다. 직진 방향에 있는 링크는 다음에 위치할 가능성이 큰 링크가 되기 때문에 미리 찾아서 높은 가중치를 부여한다.

나. Figure 11은 GPS 위치측위에서 수선의 발을 내려

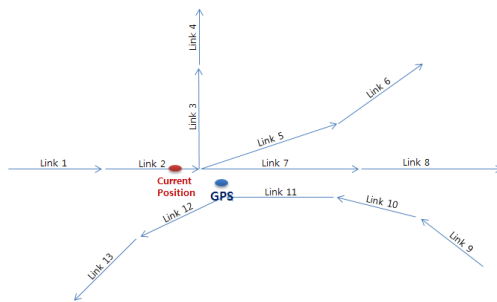


Figure 9. Map Matching(1)

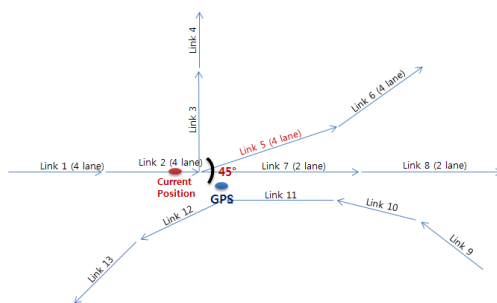


Figure 10. Map Matching(2)

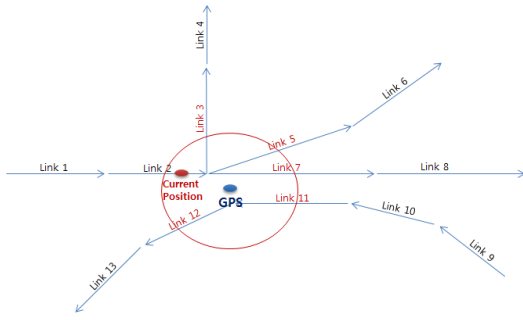


Figure 11. Map Matching(3)

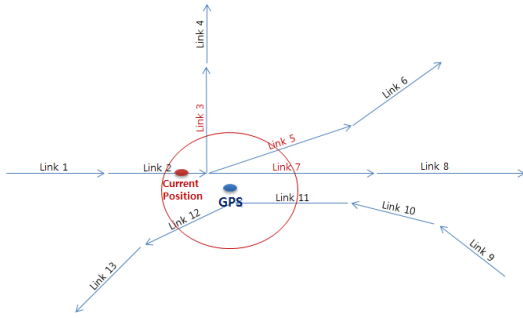


Figure 12. Map Matching(4)

30m 내에 있는 모든 링크를 찾아 다음에 이동하게 될 링크를 찾는 화면이다. 이는 다음에 운전자가 위치하게 될 링크의 후보가 된다.

- 다. 후보가 되는 링크에서 차량의 이동방향과 반대 방향의 링크는 후보에서 제외시킨다. (각 Link에는 정, 역방향에 대한 정보를 담고 있어 유턴지점이 아닌 위치에서 반대 방향 Link의 매칭은 의미가 없다.)
- 라. Figure 12는 앞의 과정으로 만들어진 후보 링크 Link 3, Link 5, Link 7, Link 11, Link 12 중에서 현재 위치하고 있는 Link 2와 연결이 되지 않는 링크인 Link 11, Link 12를 후보링크에서 제외한 화면이다.
- 마. GPS NMEA에 포함되어 있는 정보인 방향, 고도와 GPS 측위 위치와의 수선의 거리를 이용하여 후보 링크에 점수를 부여한다.
- 바. Lite 도로네트워크 데이터에 포함되어 있는 도로 종별(고속도로, 도시고속도로, 일반도로 등), 링크 종별(본선, IC, JC 등) 등의 정보를 이용하여 각각의 링크에 점수를 부여한다.
- 사. 앞서 과정을 통해 찾은 후보 중에 유사한 점수로 도로 매칭 경합이 발생하게 되면 운전자의 이동패

Table 6. Driving Pattern Data

	In Link ID	Out Link ID	Time	Count
1	Link 2	Link 5	09:24	6
2	Link 2	Link 7	15:32	1
3	Link 42	Link 43	13:23	2
4	Link 13	Link 14	18:23	3
5	Link19	Link 23	09:52	2

```
typedef struct _aMHPos
{
    aPosition pos; // Current Location
    aDouble fLon;
    aDouble fLat;
    aDouble height;
    aDword dist; // Shortest Distance to Route
    aMapId map_id; // Map ID
    aLinkId link_id; // Link ID
    aAbsId abs_id; // Absolute ID
    aDword link_len; // Link Distance
    aWord link_pos; // Moved Distance
};
```

Figure 13. Map Matching Struct



Figure 14. Map Matching Tool

턴 데이터베이스의 정보를 이용하여 과거 같은 지점을 이동한 데이터를 찾게 된다. 비슷한 시간패턴(출/퇴근, 주말)과 동일 지점을 지나간 과거의 패턴을 찾게 되면 해당 상황에서 진출 했던 링크에 매칭을 하게 된다. Table 6는 운전자의 이동패턴 데이터이다. 이 자료에서 과거 Link 2에 진입했을 때 Link 5로 진출한 이동패턴을 알 수 있으며 이 정보에 의해 후보 링크 Link 3, Link 5, Link 7 중에 최종적으로 Link 5의 위치에 매칭 하게 된다. 위 과정으로 GPS 위치측위를 받아서 운전자가 다음에 이동하게 될 링크에 매칭을 하게 되며, 매칭을 하게 되면 Figure 13과 같이 Lite 도로네트워크에 있는 링크 ID, 링크 내에서 이동한 거리, 좌표 등 정보가 맵매칭 자료구조에 담기게 된다. 이 정보는 내비게이션을 이용하여 지도상에서 현 위치와 다양한 정보를 표시하게 된다.

다음 Figure 14는 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 테스트하기 위한 프로그램이다. 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 개발하기 위해서는 실외에서 GPS

정보를 받으면서 개발 및 테스트를 해야 하는 번거로움이 있다. 이를 해결하기위해 실내에서 실외에서 GPS 정보를 받는 똑같은 환경을 만들기 위해 Visual Studio에서 C++ MFC를 사용해서 테스트 프로그램을 만들었으며 이 프로그램은 GPS NMEA 데이터를 읽어서 실외에서 GPS를 받는 것과 똑같은 환경을 만들어 준다.

기존 맵매칭 엔진은 GPS 위치측위, 도로네트워크 데이터에 의존하여 맵매칭을 하고 있지만, 경험론적 패턴기반 맵매칭 엔진은 GPS 위치측위, 도로네트워크 외에 운전자의 이동패턴 데이터가 추가로 사용됨에 따라 운전자가 과거 맵매칭 오류 범했던 장소(교차로, 빌딩숲 등)나 이동했던 도로에서 정확한 맵매칭하는 것이 가능하게 된다.

4. 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진 검증

4.1 도로네트워크 데이터 크기 비교

기존 내비게이션 전용기기에서 사용하고 있는 거대한 데이터와 새로운 Lite 도로네트워크 데이터 포맷을 비교한 결과 1207.25MB에서 237.02MB로 감소하면서 기존 대비 80%이상 용량이 감소가 된 것을 확인할 수 있다. 237.02MB 용량은 스마트폰에서 하나의 앱이 사용할 수 있는 충분한 용량이며 새로운 포맷을 적용하여 기존 도로네트워크보다 필요한 정보를 빠르게 접근하는 것이 가능하였다.

4.2 내비게이션 전용기기와 맵매칭 비교 및 분석

내비게이션 전용기기 맵매칭과의 비교를 위해서 부정확한 GPS 정보가 담겨있는 NMEA 데이터를 수집하고, 수집된 NMEA 데이터는 UDP 통신을 이용하여 실시간으로 각 내비게이션으로 송신한다. 각 내비게이션은 UDP로 받은 NMEA를 GPS가 들어오는 것처럼 처리를 하여 실제 주행하는 것과 같은 가상의 환경을 만든다. 이렇게 동일한 환경을 만든 후 두 내비게이션의 비교하여 맵매칭의 정확도를 비교분석 하였다.

NMEA 데이터 수집은 GPS가 부정확하거나 맵매칭이 어려운 구간(여러 도로가 만나는 교차로, GPS 반사에 의한 부정확한 위치 수신이 되는 빌딩숲, 고속도로 옆을 지나가는 좁은 도로)을 조사하여 해당 구간을 직접 주행하면서 GPS가 정확하지 않는 상황에서 데이터를 Figure 15와 같이 NMEA 포맷으로 저장하였다.

그리고 두 비교 화면에서 흰색 점은 실제로 받은

```
$GPGGA,055017.0,3736.048176,N,12649.751472,E,1.06,1.2,18.3,M,18.0,M,,+68
$POXFI,055017.0,3736.048176,N,12649.751472,E,18.3,11.91,8.50,2.66+63
$PWTG,327.6,T,327.5,M,40.8,N,75.9,K,A+28
$GPRMC,055017.0,A,3736.048176,N,12649.751472,E,40.8,327.6,070513.0.0.E,A+38
$GPGSA,A,2,14,16,20,29,31,32,,,,,,,,,1.5,1.2,0.9+35
$GPGGA,055018.0,3736.057302,N,12649.743264,E,1.06,1.2,19.7,M,18.0,M,,+6C
$POXFI,055018.0,3736.057302,N,12649.743264,E,19.7,12.43,8.80,3.28+6E
$PWTG,327.5,T,327.5,M,40.8,N,75.1,K,A+22
$GPRMC,055018.0,A,3736.057302,N,12649.743264,E,40.6,327.5,070513.0.0.E,A+37
$GPGSA,A,2,14,16,20,29,31,32,,,,,,,,,1.5,1.2,0.9+35
$GPGGA,055019.0,3736.067239,N,12649.735537,E,1.06,1.2,19.4,M,18.0,M,,+64
$POXFI,055019.0,3736.067239,N,12649.735537,E,19.4,14.04,10.00,4.31+5D
$PWTG,329.4,T,328.4,M,40.9,N,75.7,K,A+28
$GPRMC,055019.0,A,3736.067239,N,12649.735537,E,40.9,328.4,070513.0.0.E,A+30
$GPGSA,A,2,14,16,20,29,31,32,,,,,,,,,1.5,1.2,0.9+35
$GPGGA,055020.0,3736.076185,N,12649.727336,E,1.06,1.2,19.3,M,18.0,M,,+69
$POXFI,055020.0,3736.076185,N,12649.727336,E,19.3,14.74,11.28,3.70+5E
$PWTG,327.2,T,327.2,M,41.0,N,75.8,K,A+2C
$GPRMC,055020.0,A,3736.076185,N,12649.727336,E,41.0,327.2,070513.0.0.E,A+36
$GPGSA,A,2,14,16,20,29,31,32,,,,,,,,,1.5,1.2,0.9+35
$GPGGA,055021.0,3736.086717,N,12649.718536,E,1.06,1.2,20.1,M,18.0,M,,+68
$POXFI,055021.0,3736.086717,N,12649.718536,E,20.1,15.43,11.94,4.49+53
$PWTG,326.5,T,326.5,M,42.5,N,78.7,K,A+28
```

Figure 15. GPS NMEA

GPS 측위 위치를 표시 했으며 검정색 점은 맵매칭 위치를 표시 했으며, 빨간색 선은 실제로 주행한 도로이다. 그리고 왼쪽 화면은 현대엠엔소프트 내비게이션 맵피의 화면이고, 오른쪽 화면은 본 연구로 만들어진 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 이용한 내비게이션 화면이다.

가. 교차로 비교

Figure 16는 여러 도로가 만나게 되는 교차로에서 두 맵매칭을 적용하여 내비게이션을 비교한 화면이다. 교차로 같은 경우에는 많은 링크와 노드가 좁은 공간에 존재하기 때문에 GPS의 위치측위가 정확하지 않으면 현재 위치를 지도에 정확하게 매칭하기 어렵다. Figure 16에서 흰색 점이 실제로 받은 GPS의 위치이며, 이 위치가 교차로에 부근에서 오른쪽으로 튀고 있는 상황이다. 이런 상황에서 맵매칭이 된 검정색 점을 보면 기존엔진을 적용한 내비게이션(왼쪽 그림)은 GPS가 튀고 있는 위치에 링크나 노드가 존재 하여 그 위치에 매칭을 시키지만 본 엔진을 적용한 내비게

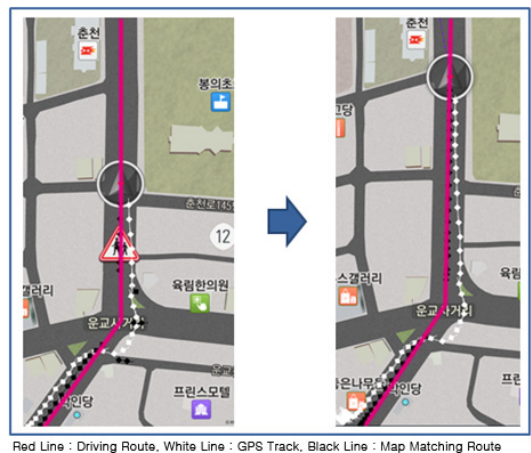


Figure 16. Intersection

이션에(오른쪽 그림)서는 차량이 진행하는 방향으로 정확하게 매칭하였다.

나. 고속도로와 인접한 좁은 도로 비교

Figure 17은 고속도로 옆 작은 좁은 도로에 진입 하는 상황에서 두 엔진이 적용된 각각 내비게이션을 비교한 화면이다. 고속도로를 주행 중에 옆 작은 좁은 도로로 빠지는 경우에는 GPS 위치측위만으로는 매칭이 쉽지 않다. 보통 대부분의 운전자는 좁은 도로에 빠지지 않기 때문에 기존의 맵매칭 엔진은 많은 운전자가 다니는 큰 도로에 더 큰 가중치를 주어 큰 도로 주위의 작은 도로에 자차가 옮겨가는 것을 방지함으로써, 실제 좁은 도로에 옮겨 타게 되더라도 매칭이 제대로 되지 않는다. 하지만 본 연구로 만들어진 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진은 각각의 운전자의 이동패턴을 분석하기 때문에 특정 운전자는 특정 지점에서 매번 고속도로를 빠지는 경험이 있다는 것을 판단해서 좁은 도로에 매칭을 시켜 준다. Figure 17에서 왼쪽 화면은 운전자가 좁은 도로로 빠져나왔지만 계속 고속도로에 매칭되고 있는 반면, 본 연구로 만들어진 맵매칭이 적용된 오른쪽 그림은 좁은 도로에 매칭이 되는 것을 확인하였다.

기존 맵매칭 엔진이 수행하기 어려운 위 2가지 상황에서 새로운 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진과 비교를 통해 기존에 할 수 없었던 상황에서 정확하게 맵매칭이 된 것을 확인하였다. 이 외에도 빌딩숲, 날씨 등 다양한 악조건 상황에서도 정확한 맵매칭 서비스를 운전자에게 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

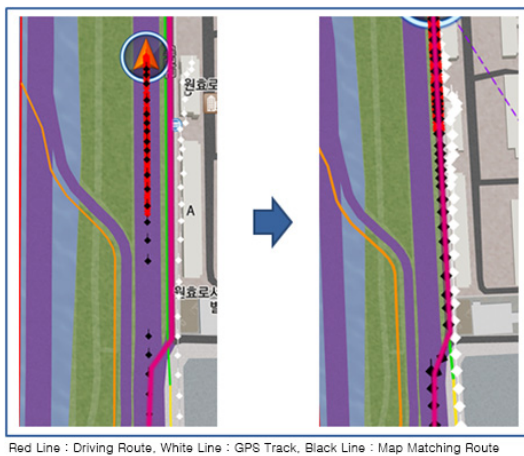


Figure 17. Adjacent Roads

5. 결 론

본 연구는 스마트폰 내비게이션의 저장 공간의 부족으로 도로네트워크 데이터를 사용할 수 없어 맵매칭을 수행할 수 없는 문제점과 내장 GPS 장치를 사용하고 실내에 거치함에 따라 부정확한 GPS 위치측위가 되는 문제점을 극복하기 위한 방안으로 스마트폰을 위한 Lite 도로네트워크 설계와 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진 개발 방법을 제시하였다. 이를 통해 만들어진 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 스마트폰 내비게이션에 적용하여 기존 내비게이션 전용기기의 데이터 대비 80.37%의 도로네트워크 데이터 용량 감소를 확인 했으며, 기존 내비게이션 전용기기에서 맵매칭을 수행하기 어려운 많은 도로가 만나는 교차로 및 빌딩 숲과 같이 GPS 반사에 의해 오차가 발생하는 도로에서 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 적용한 내비게이션이 보다 정확하게 운전자가 위치하고 있는 도로에 매칭되는 것을 확인함으로써 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진의 우수함을 증명하였다. 하지만, 본 연구는 GPS 위치측위 기반으로 맵매칭을 수행하기 때문에 GPS 오차가 큰 경우에는 맵매칭 수행에 어려움이 있었으며, 또한 운전자가 처음 이동한 도로에서는 수집된 운전자의 이동패턴 데이터가 없기 때문에 기존 맵매칭 엔진과 큰 차이가 없었다. 이 문제점 해결을 위한 향후 연구방향으로는 위치측위에 도움을 줄 수 있는 다른 장치를 이용한 GPS 위치측위 알고리즘을 연구하여 보다 정밀한 GPS 위치측위를 이용할 필요가 있다고 판단된다.

이를 통해 운전자가 스마트폰 내비게이션을 이용하게 되면 내비게이션 전용기기 보다 정확한 위치를 운전자에게 안내하는 것이 가능하게 되며, 정확한 위치 안내는 정확한 경로안내 및 경로이탈 없는 주행을 가능하게 해준다. 따라서 많은 운전자들이 경험론적 패턴기반의 맵매칭 엔진을 적용한 스마트폰 내비게이션을 이용하게 되면 운전자의 운전시간을 줄여 교통체증을 감소시킬 수 있으며, 교통체증에 의한 각종 환경적·사회적·경제적 비용 감소 효과의 가능성을 도출하였다.

References

- [1] ERIC, A; DAVID, P. 1999, Land-Vehicle Navigation Using GPS, Proceedings of the IEEE, 87(1):145-146.
- [2] Francisco, C. P; Hugo, C; Nuno, M. P. 2009, An

off-line map-matching algorithm for incomplete map databases, Springer. Retrieved 2015-5-12 from http://www.academia.edu/1869728/An_off-line_map-matching_algorithm_for_incomplete_map_databases.

- [3] <https://sqlite.org/>
- [4] <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>
- [5] http://en.wikipedia.org/wiki/Map_matching
- [6] <http://ko.wikipedia.org/wiki/SQLite>
- [7] <https://github.com/graphhopper/map-matching>
- [8] http://navercast.naver.com/contents.nhn?rid=122&contents_id=5025
- [9] <http://www.colorado.edu/gegaphy/gcraft/notes/gps/gps.html>
- [10] Kim, H. J. 2009, Improving Positional Accuracy of Car Navigation by Prediction of GPS Signal, Master's Degree Thesis, Seoul National University.
- [11] Koo, J. M. 2005, Implementation of map information and matching algorithm for GPS system application, Master's Degree Thesis, Kookmin University.
- [12] Lee, D. H. 2012, Suggestion for the improvement of the location accuracy through sensor of smart phone in navigation, Master's Degree Thesis, Hanyang University.
- [13] Schuessler, N; Axhausen, K. W. 2009, Map-matching of GPS traces on high-resolution navigation networks using the Multiple Hypothesis Technique (MHT), Working paper 568. IVT, ETH Zürich, Zürich.
- [14] Yin, L; Chengyang, Z; Yu, Z; Xing, X; Wei, W; Yan, H. 2009, Map-Matching for Low-Sampling-Rate GPS Trajectories, in Proceedings of the 17th ACMSIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems.
- [15] Yongy, Z; Bo, S; Jin, L. 2007, A Map Matching Algorithm in GPS-based Car Navigation System, Third International Conference on International Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIH-MSP 2007), 1-4.

Received : 2015.03.19

Revised : 2015.07.30

Accepted : 2015.07.31