

## 차량 주행 특성을 이용한 지도 매칭에 대한 연구

### Study on Map Matching Using Characteristics of Vehicular Movements

이 세 환	Lee, Se-Hwan	웨이브엠 교통정보팀 차장 (E-mail : silveris23@gmail.com)
이 철 기	Lee, Choul-Ki	아주대학교 공과대학 교통시스템공학과 교수 · 교신저자 (E-mail : cklee@ajou.ac.kr)
윤 일 수	Yun, Ilsoo	정회원 · 아주대학교 공과대학 교통시스템공학과 부교수 (E-mail : ilsooyun@ajou.ac.kr)
김 남 선	Kim, Nam-Sun	국립경찰대학 치안정책연구소 책임연구원 (E-mail : nsk@chol.com)
강 다 미	Kang, Da-Mi	정회원 · 아주대학교 건설교통공학과 박사과정 (E-mail : kdami@ajou.ac.kr)

#### ABSTRACT

**PURPOSES :** In link matching using vehicular trajectory in a car navigation system, it is technically difficult to match the location of the subject vehicle with a link on an electronic map in the vehicle on a grade separation highway segment consisting of an elevated highway and at-grade highway, because of the overlap of geometric lines of the two highways. This study was initiated to propose a link matching algorithm using the characteristics of vehicular movement of the subject vehicle.

**METHODS :** The selected test site is the highway segment between Jeong-reung IC and Gil-eum IC where the Inner Circulation Road and Jeong-reung-ro run together. To evaluate the proposed algorithm, this study collected the raw packet data of vehicles that drove on the test site. In a simulation environment, link matching was performed using an existing algorithm as well as the proposed algorithm.

**RESULTS :** It was clearly found that the characteristics of vehicular movements are different on the two highways.

**CONCLUSIONS :** The proposed algorithm outperformed the existing algorithm.

#### Keywords

*Vehicular Movement Characteristics, Highway Grade Separation, Link Matching, GPS, ITS, Car Navigation System*

Corresponding Author : Lee, Choul-Ki, Full Professor  
Department of Transportation System Engineering, Ajou University,  
San 5, Woncheon-dong, Yeongtong-gu, Suwon-si, 16499, Korea  
Tel : +82.31.219.2536 Fax : +82.31.215.7604  
E-mail : cklee@ajou.ac.kr

International Journal of Highway Engineering

<http://www.ksre.or.kr/>

ISSN 1738-7159 (print)

ISSN 2287-3678 (Online)

Received Jul. 02, 2015 Revised Jul. 03, 2015 Accepted Oct. 02, 2015

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

경제 성장 및 도시화에 따른 폭발적인 교통 수요의 증가로 인하여 도로 등 교통시설의 공급이 한계에 달하였다. 교통 수요와 공급의 불균형으로 인하여 발생한 교통 혼잡은 에너지 낭비, 물류비용 증가 등 여러 가지 사회 문제를 발생시키고 있다.

이러한 교통혼잡에 대처하기 위하여 현재 차량 경로 안내 장치(Car Navigation System)가 널리 이용되고 있다. 차량 경로 안내 장치는 대상 지역의 도로망, 교차로, 주요시설 등에 대한 세부적인 전자지도가 들어있는 저장장치, 위/경도의 정보를 수신하여 현재 위치를 수집하는 Global Positioning System(GPS) 모듈, 수집된 현재 위치와 차량궤적을 이용하여 전자지도에서 현재 위치를 파악하는 링크 매칭(link matching) 모듈,

현재 위치의 링크 매칭된 전자지도를 화면으로 보여주는 표시 장치, 그리고 각종 안내 메시지를 출력하는 음성 출력 장치 등으로 구성되어 있다.

현재 차량 경로 안내 장치는 경로 안내를 위하여 수집된 GPS 위치자료와 전자지도를 결합시켜 정확한 현재 위치를 전자지도 상에 표시하는 지도 매칭(맵 매칭, map matching)을 수행하고 있다. 특히 차량 경로 안내 장치에서는 차량을 도로구간(link)에 매칭하기 때문에 링크 매칭(link matching)이라고 불린다. 하지만, 링크 매칭의 기술적 한계로 인하여 상당량의 자료를 활용하지 못하고 있다(Cheon and Kim, 2013). 예를 들어, 일반적으로 상부에 고가도로가 존재하는 구간을 주행하는 경우, 차량에서 GPS를 통해 수집되는 차량궤적(GPS 위치자료)을 전자지도와 결합시키는 링크 매칭 시 전자지도 상에서 고가도로와 하부도로의 선형이 중복됨에 따라 GPS를 통해 산출된 위치와 가장 근접한 링크에 매칭하는 기존 알고리즘만으로는 고가도로와 하부도로를 구분하여 정확한 링크 매칭을 수행하는데 어려움이 있다(Lee et al., 2013).

상기와 같은 문제점을 해결하기 위해, 본 연구는 입체 구간을 주행하는 차량궤적의 링크 매칭 시 수집된 차량 궤적의 주행 특성을 이용하여 고가도로와 하부도로의 링크 매칭을 보다 정확하게 생성하는 알고리즘에 대한 연구를 진행하고자 한다.

## 1.2. 연구의 범위 및 방법

연구의 시간적 범위로는 2014년 8월 3일부터 9일까지 일주일 동안 H사 교통정보센터에서 수집된 차량 경로 안내 자료를 활용하여 연구를 수행하였다.

연구의 공간적 범위로는 서울특별시의 대표적인 입체 구간인 내부순환도로(도시고속화도로)와 정릉로(일반국도)의 정릉IC부터 길음IC까지의 구간을 선정하였다. 해당구간은 상호배타적인 구간으로서 두 도로 간의 교차 주행이 불가능하여 본 연구에서 제안하는 알고리즘의 적용성과 오류율을 산출하기에 용이한 것으로 판단된다.

연구의 방법으로는 두 도로구간이 교차 주행이 불가능한 점을 이용하여 2~5분 동안의 GPS 기반 주행좌표 패키지(packet) 집합 중 고가도로와 하부도로가 함께 매칭된 패키지를 오류로 판별하였다. 본 연구에서는 이러한 과정을 정합성 판단이라고 한다. 정합성 판단을 통과한 패키지 중에서 수집 차량의 주행 중 정지 여부를 확인하여 차량이 하부도로의 신호등 등으로 인하여 정지한 경우 인데도 불구하고 고가도로 링크에 매칭된 패키지를 최종

적인 오류로 판정하고 오류율을 계산한다. 여기서 오류율은 전체 링크 매칭 중 오류로 판정된 매칭의 비율을 말한다.

또한 기존 링크 매칭 알고리즘의 오류율을 구한 다음, 본 연구에서 제안한 수집 차량의 주행 특성을 판단하는 알고리즘을 적용하여 링크 매칭을 수행한 후 오류율을 산출하였다. 이렇게 산출된 기존 알고리즘과 본 연구에서 제안하는 알고리즘의 오류율을 비교하여 링크 매칭 알고리즘이 개선되었는지를 검증하였다.

## 2. 관련 이론 및 기존 연구 고찰

### 2.1. 링크 매칭 알고리즘

차량 경로 안내를 하기 위해서는 GPS 정보를 이용하여 이동하는 차량의 실시간 위치가 확인되면 차량의 위/경도 정보를 전자지도의 노드나 링크에 정확하게 매칭하는 링크 매칭(또는 지도 매칭) 알고리즘이 필요하다(Quddus et al., 2003; Ochieng et al., 2003).

링크 매칭의 유형은 크게 기하학적 정보 기반 방법, 지형 구조 기반 방법, 위상 구조 기반 방법의 세 가지로 나눌 수 있으며, 기하학적인 정보만을 이용하는 경우와 기하학적 정보와 위상정보를 동시에 사용하는 경우로 나뉜다(Ochieng et al., 2003).

기하학적인 정보와 위상정보를 동시에 사용하는 방식은 기하학적인 정보만을 이용할 경우 발생하는 문제점을 해결하기 위해 제시된 방식이다.

기하학적 정보 기반 방법은 지점과 지점을 매칭시키는 “point-to-point” 매칭, 지점과 라인을 매칭시키는 “point-to-curve” 매칭, 라인과 라인을 매칭시키는 “curve-to-curve” 매칭 등이 있으나 정확도가 떨어지는 단점이 있어 지형 구조와 위상구조를 적절히 혼합하여 정확도를 향상시키고 있다(Andersson and Fjellström, 2004).

최근에는 퍼지이론이나 패턴 인식에 사용되는 신경망 이론을 적용한 매칭 알고리즘도 사용되고 있다(Kim and Woo, 2013; Lee and Kim, 2010).

### 2.2. 네트워크 데이터 매칭

서로 다른 두 네트워크의 데이터를 매칭하는 과정은 크게 노드 매칭(node matching)과 링크 매칭의 두 단계로 나누어지며 노드의 위치 및 형상 비교를 통하여 두 데이터의 노드들을 먼저 매칭한 다음 노드 매칭 결과를

바탕으로 링크들을 서로 매칭한다(Bang et al., 2009).

노드 매칭은 노드 사이의 거리가 일정한 임계값 안에 들어오는 노드의 쌍을 찾아내는 위치 기준 매칭과 주변 노드들의 각도분포 그래프의 형상을 비교하는 노드 형상 기준 매칭의 두 단계로 이루어진다. 이후에 이루어지는 링크 매칭은 하우스도르프 거리 알고리즘이 대표적으로 좌표값을 갖는 점들의 배열로 표현되는 공간 객체 A와 B가 주어졌을 때, A와 B 사이의 하우스도르프 거리  $H(A, B)$ 는 다음과 같이 정의된다(Min et al., 2007).

$$H(A, B) = \max\{h(A, B), h(B, A)\} \quad (1)$$

$$h(A, B) = \max_{p_a \in A} \{\min_{p_b \in B} \{d(p_a, p_b)\}\} \quad (2)$$

$$h(B, A) = \max_{p_b \in B} \{\min_{p_a \in A} \{d(p_a, p_b)\}\} \quad (3)$$

Eq. (1)은 먼저 A의 각 점으로부터 B까지의 최단 거리를 찾은 다음, 그 최단 거리들 가운데서 가장 큰 것을  $h(A, B)$ 의 값으로 선택하는 과정을 나타낸다. 직관적으로  $h(A, B)=d$ 라면, A의 각 점들은 B의 점들 중 하나로부터 d만큼의 거리 이내에 있게 되고, A의 점들 중에서 B의 가장 가까운 점으로부터 정확히 d만큼 떨어져 있는 점이 하나 이상 존재해야 한다. Eq. (2)는 거리  $h(B, A)$ 에 대하여 위와 같은 내용을 나타낸다. 즉, Eq. (3)과 같이  $h(A, B)$ 와  $h(B, A)$  중에서 더 큰 쪽을 하우스도르프 거리  $H(A, B)$ 로 결정한다(Min et al., 2007; Hud et al., 2013).

### 2.3. 입체구간에서의 링크 매칭 문제

Fig. 1과 같이 고가도로와 하부도로가 같이 진행되는 입체구간의 경우 두 도로의 선형이 겹치게 된다. 즉, 기존 링크 매칭 알고리즘은 링크의 보간점이 (위도, 경도)의 좌표로 표현되기 때문에 입체구간의 경우 두 도로의 선형이 겹치므로 수집된 GPS 주행좌표를 근접 링크에 매칭하는 과정에서 실제 주행하지 않은 링크에 매칭될 확률이 높다.

이를 보정하기 위해 한 수집 주기 전체 차량궤적 데이터를 보고 각 매칭 링크간의 연결성을 확인하는 방법이 있다. 하지만 이 방법은 이전 주행좌표가 적합한 링크에 매칭되었다는 가정 하에서 이후 좌표의 매칭 정합성을 판단하는 방법이다. 만약 이전 좌표가 잘못된 링크에 매칭되었을 경우 적합한 매칭 링크까지 오류로 판정하고, 해당 좌표를 버려버리는 문제가 생긴다.



Fig. 1 Jeongneung-ro / Naebu Ringway Geometry

### 2.4. 기존 연구 고찰

Jeong(2003)은 차량 경로 안내 장치에서 발생하는 차량의 위치 오차를 줄이기 위해 GPS 기반 차량의 위치 좌표와 차량의 실제 좌표간의 오차를 보정할 수 있는 맵 매칭방법을 제시한 바 있다.

Bang et al.(2009)는 링크 형상 비교를 통하여 도로 네트워크의 노드 매칭 연구를 수행하여 서로 다른 특성을 가진 두 네트워크의 노드 사이의 매칭 관계를 찾아내기 위한 알고리즘을 제안하였다. 연구를 통해 노드의 위치와 노드에 연결된 링크의 형상 정보를 이용하여 상응하는 노드 쌍을 파악하였다.

Kim(2014)은 버스정보시스템에서 정확한 정보를 제공하기 위해 사용되는 알고리즘 중 하나인 맵 매칭 알고리즘을 분석하고 하드웨어 장비의 부하를 줄이기 위한 대안을 검토하였다. 상기 연구에서는 안드로이드 OS 기반의 차량용 단말기를 개발하여 개발된 알고리즘을 검사하였고 그 결과를 직관적으로 확인하여 긍정적인 효과가 있음을 보였다.

## 3. 운동 상태 특성을 이용한 알고리즘

### 3.1. 자료 분석

수집차량의 단말기에서 전송한 패킷은 Table 1에서 제시된 구조를 갖는 '패킷 수집 테이블'에 저장된다. 패킷자료(packet data)는 헤더(header)와 바디(body)로 구성되며 헤더에는 GPS좌표, 부호, 수집주기 등의 부가정보가 저장되는데 이를 파싱(parsing)하여 수집차량의 주행좌표 집합을 생성하고 바디에는 수집된 위치 데이터가 저장된다.

'패킷 수집 테이블'에서 추출한 수집차량의 주행좌표와 링크를 매칭시켜 매칭된 링크와 속도를 Table 2에서 보인 형태의 '패킷-링크 속도 매칭 테이블'에 저장하고, 링크와 시간을 기준으로 하는 속도를 생성하여 이를

차량 경로 안내를 위한 교통정보로 사용한다.

Table 1. Attributes of Collected Packet Table

No.	Column names	Types	Explanations
1	Packet ID	Char	Unique ID of the packet
2	Vehicle ID	Char	Unique ID of the collection vehicles
3	Collection time	Date	Packet collection time
4	Vehicle type	Int	Collecting vehicle type
5	Packet data	Binary	Raw data (Packet)

Table 2. Attributes of Packet-Link Matching Table

No.	Column names	Types	Explanations
1	Packet ID	Char	Unique ID of the packet
2	Link ID	Char	National standard link ID
3	Collection time	Date	Packet Collection Time
4	Seq no.	Int	Link order of the matching coordinates (Sequential increase, 0~14)
5	Matching speed	Int	The speed of matching link
6	Moving distance	Int	The total travel distance, and calculates the matched link speed
7	Vehicle type	Int	Collecting car type
8	Vehicle ID	Binary	Unique ID of the collection vehicles
9	Link seq no.	Int	The order of the matching links
10	Making time	Date	5 minute intervals speed processing time
11	Time index	Int	5 minute interval time index
12	Road no.	Int	Road number

한 패킷의 궤적데이터가 해당 구간을 주행할 경우, 내부순환도로나 정릉로 어느 한쪽에만 링크가 매칭되어야 하지만 기존 시스템의 경우 양쪽에 동시에 매칭되는 경우가 많다. Fig. 2의 수집된 일별 패킷자료의 정합성 분석 결과 내부순환도로와 정릉로 양쪽에 모두 매칭되는 패킷은 전 기간에 걸쳐 50% 정도로 나타나 현재 사용되고 있는 링크 매칭 알고리즘의 한계를 나타내고 있다.

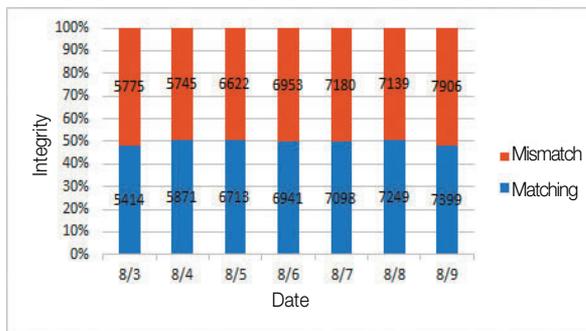


Fig. 2 Integrity of Collected Packets

### 3.2. 알고리즘 개발방향

고가도로인 내부순환도로는 도시고속화도로로서 IC(interchange)를 제외하고 차량이 유입되지 않으며 JC(junction)를 만나기 전에는 차량의 분기 또한 이루어지지 않는다. 또한 다른 도로와 만나는 합류지점에서도 램프와 같은 전용 연결로로 연결되기 때문에 신호등이 존재하지 않아 하부도로인 정릉로와 비교하여 차별화된 주행특징을 보이게 된다.

내부순환도로를 주행하는 차량의 가장 큰 특징은 정지할 시기가 많지 않다는 점이다. 소통상황이 10km/h 이하인 지체상태(UTIS 시내도로 소통상황 판정 기준)가 발생하면 정지하는 경우가 생기겠지만 보통은 저속으로라도 계속 이동한다.

반면 정릉로는 소통상황이 원활하더라도 신호등 때문에 차량이 정지하게 되므로 수집 차량의 급격한 감속과 가속 상태를 볼 수 있다. 그러므로 수집차량의 주행 특성을 살펴보면 수집차량이 주행하는 도로를 알 수 있게 된다.

### 3.3. 알고리즘 프로세스

본 연구에서는 패킷의 데이터의 신뢰성이 보장된다는 전제 하에 입체구간에서 링크 매칭 알고리즘을 Fig. 3 과 같이 제안하였다.

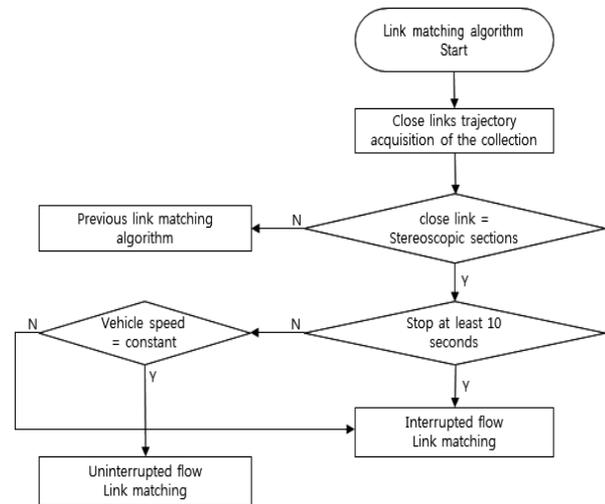


Fig. 3 Flowchart for Link Matching Algorithm

수집된 궤적의 근접 링크를 획득하고 해당 링크가 입체구간의 링크인지를 판단하여, 입체구간 링크가 아니면 기존 방식대로 링크 매칭한다.

입체구간인 경우 수집된 차량궤적 각각의 이동거리를 계산하여 설정된 최소 이동거리(5m) 이하의 경우 운동상태를 '정지'로 판단하고, 정지상태가 10초 이상인 경

우 단속류에 링크 매칭하고, 10초 이상 정지하지 않고 정속주행을 하면 연속류에 링크 매칭한다. 여기서, 5m는 승용차의 길이에 해당하는 거리이다. 또한 정지상태 판단에 사용하는 10초는 정릉로 상의 신호교차로에서 사용되고 있는 가장 작은 최소녹색시간을 고려하여 선정하였다. 예를 들어, 교통경찰에 의해 차량신호가 수동으로 운영된다고 하더라도, 최소녹색시간은 항상 보장되므로 차량 입장에서 가장 작은 적색시간은 10초보다 작을 수 없다.

## 4. 성능 평가

### 4.1. 평가도구

본 연구에서 개발한 링크 매칭 알고리즘을 검증하기 위해 패킷 원시데이터를 가공하고 기존 알고리즘과 개선 알고리즘의 적용 결과를 비교하기 위해 시뮬레이션 환경을 구성하였다.

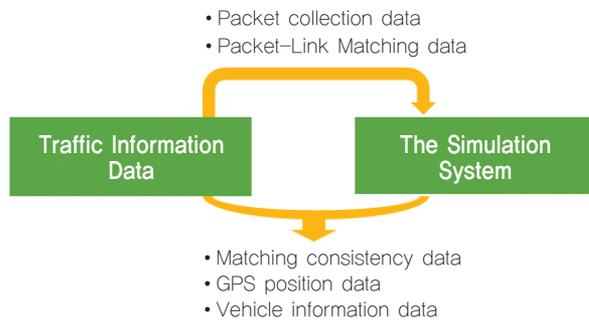


Fig. 4 Simulation Environment

### 4.2. 평가방법

수집된 Table 2의 패킷-링크 매칭 테이블의 데이터를 이용하여 패킷별 정합성을 판단한 후 Table 1의 2~5분 수집된 패킷 수집 테이블의 데이터를 이용해 주행좌표간의 이동거리 및 속도를 계산한다.

패킷별로 평균속도, 최소속도, 최대속도, 정지 여부, 정속주행 여부 등의 패킷주행정보를 계산한 후 본 연구에서 제안한 입체구간 링크 매칭 알고리즘(Fig. 3)에 적용하여 분석하였으며 분석절차는 아래와 같다.

#### [Step 1] 이상치 제거

If Average speed > 150km/h

or Average speed < 5km/h then removal

#### [Step 2] 정합성 판단

If close link exist both Jeongneung-ro  
and Naebu Ringway then Consistency error

#### [Step 3] 정지 오류 판단

If packet status = stop

and link exist Naebu Ringway then stop error

#### [Step 4] 상황별 패킷 평균속도 분포 분석

##### [Step 4-1] 정지상태 패킷의 속도 분포 계산

If packet status = stop

then calculate distribution of average speed

##### [Step 4-2] 정지상태 패킷이 없고 정속 주행시 속도 분포 계산

If packet status ≠ stop and

vehicle speed = constant

then calculate distribution of average speed

##### [Step 4-3] 정지상태 패킷이 없고 정속 주행하지 않을 경우 속도 분포 계산

If packet status ≠ stop and

vehicle speed ≠ constant

then calculate distribution of average speed

### 4.3. 평가 결과

#### 4.3.1. 오류 비교

일주일 동안 수집된 91,293개의 패킷에서 1,766개의 이상치를 제거한 나머지 89,527개의 패킷으로 분석을 실시하였다. 이상치 데이터는 오후 5시~8시 사이에 많이 발생하였는데, 이는 퇴근시간대 승차대기로 장시간 도로변 또는 택시 승강장에 정차해 있는 택시의 영향으로 보인다.

먼저 두 가지 알고리즘으로 링크 매칭된 결과에 대하여 정합성 판단을 실시하였다. 앞서 설명한 바와 같이 정합성 판단은 두 도로구간이 교차 주행이 불가능한 점을 이용하여 2~5분 동안의 GPS 기반 주행좌표 패킷(packet) 집합 중 고가도로와 하부도로가 함께 매칭된 패킷을 오류로 판별하는 과정이다.

89,527개의 패킷을 대상으로 정합성 판단 결과, Fig. 5에서 보여지는 것처럼 기존 알고리즘을 적용했을 때 매칭 오류가 78%인 69,831개로 확인되었으나, 개선 알고리즘 적용 시 2.3%인 2,066개만이 매칭 오류로 판단되어 효과적인 개선이 이루어진 것으로 나타났다.

이는 개선 알고리즘에서 정지여부와 정속주행 여부를

체크하여 연속류인 내부순환도로 또는 단속류인 정릉로 중 하나에만 매칭되기 때문에 양쪽 도로에 모두 매칭되는 경우가 줄어들기 때문이다.

개선 알고리즘 적용 후에도 정합성 오류로 판단되는 경우는 한 패킷인 2~5분 주행좌표가 정지한 상태가 아니고 정속으로 주행하지 않고 내부순환로와 정릉로 양쪽 도로에 모두 궤적이 매칭된 경우이다.

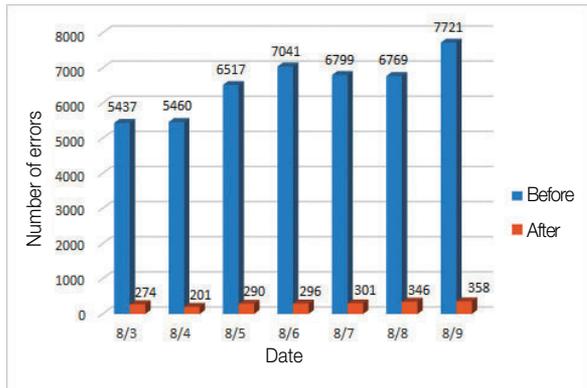


Fig. 5 Comparison of Consistency Results

정합성 오류 판단에서 통과한 패킷은 연속류 또는 단속류 한쪽에 매칭된 상태로 Fig. 3의 알고리즘 흐름도에서 보여지는 것처럼 정지상태 판단이 알고리즘에 포함되어 있기 때문에 Fig. 6의 정지 오류 비교에 보여지는 것처럼 개선 알고리즘 적용으로 정지 오류에 걸리지 않아 정지오류 또한 효과적으로 개선된 것으로 나타났다.

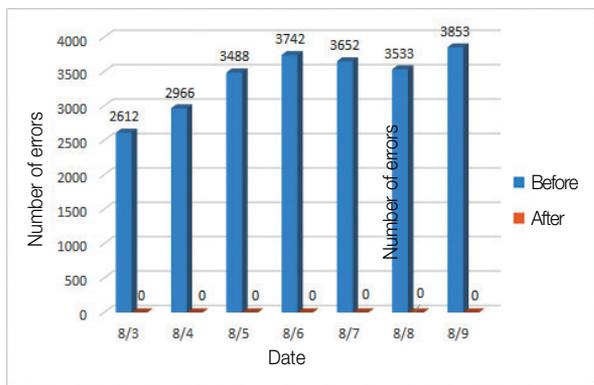


Fig. 6 Comparison of Stop Error

#### 4.3.2. 패킷 평균속도 분포

Table 3은 8월 4일 24시간 동안 수집된 11,009개 패킷의 평균속도를 개선 알고리즘에 적용하여 판단기준에 따라 개수를 측정하는 것으로 정지 상태 패킷이 존재할 때 (Case 1), 정지상태 패킷이 없고 정속 주행할 때(Case 2), 정지상태 패킷이 없고 정속 주행하지 않을 때(Case

3)의 3가지 상황으로 평균속도 분포를 분석하였다.

Table 3. Number of Packets per Cases

Status		No.of packets	Case no.
Packet status = stop		8,681	Case 1
Packet status ≠ stop	Vehicle speed = constant	2,024	Case 2
	Vehicle speed ≠ constant	304	Case 3
Total		11,009	

##### (1) Case 1

Fig. 7은 위의 Table 3의 정지상태가 존재하는 패킷의 평균속도분포로 개선 알고리즘에서 하부도로인 정릉로에 매칭되는 패킷이다.

패킷에 정지상태가 존재함에도 불구하고 평균속도가 100km/h가 넘는 이상치가 나타났으나 대부분의 경우 60km/h의 속도를 넘지 않아 단속류 도로의 특성이 잘 나타나고 있다.

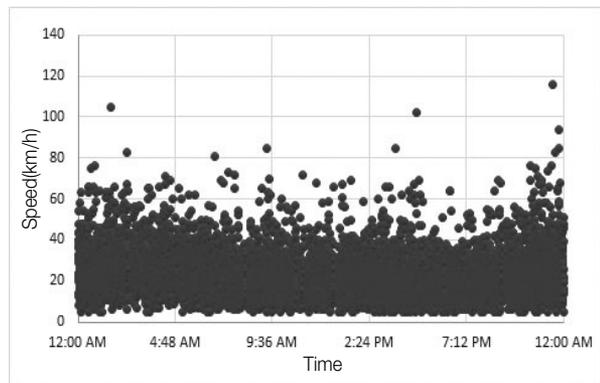


Fig. 7 Average Velocity Distribution of Case 1

##### (2) Case 2

Fig. 8은 정지상태가 존재하지 않고 정속 주행한 패

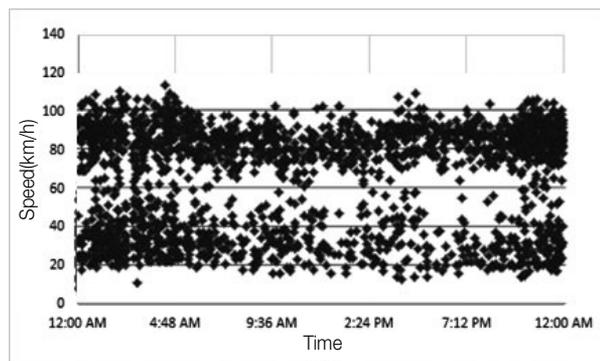


Fig. 8 Average Velocity Distribution of Case 2

킷의 속도분포로 개선 알고리즘에서 고가도로인 내부순환도로에 매칭되는 패킷이다.

주로 새벽시간대에 평균속도가 100km/h가 넘는 경우가 나타났으나 70~100km/h의 상부구간과 20~60km/h의 하부구간으로 나누어짐을 관찰할 수 있다.

이를 상부구간과 하부구간으로 나누어 패킷데이터를 지도에 매칭시켜 알고리즘의 적용 결과를 시각화해보면 Fig. 9에서 보여지는 것처럼 상부구간의 패킷의 궤적은 고가도로인 내부순환도로만을 통과하였다.



Fig. 9 Vehicular Trajectories of Packet Data Showing High Average Speeds

또한 하부구간의 패킷의 궤적은 Fig. 10에서 보여지는 것처럼 정릉로에 매칭되었다.

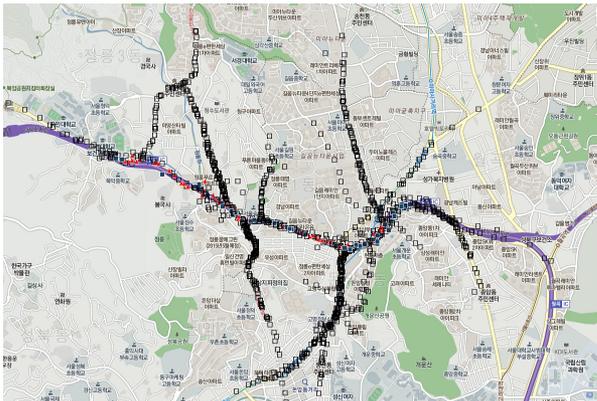


Fig. 10 Vehicular Trajectories of Packet Data Showing Low Average Speeds

### (3) Case 3

Fig. 11은 정지상태도 존재하지 않고 정속주행을 하지 않으며 짧은 시간 내에 속도편차를 보이는 차량의 패킷 속도분포로 30~60km/h 사이에 대부분 분포하고 있다. 이는 개선 알고리즘에서 하부구간인 정릉로에 해당하며 100km/h가 넘는 이상치가 나타났으나 전반적인

속도분포가 현실과 부합하는 모습을 나타냈다.

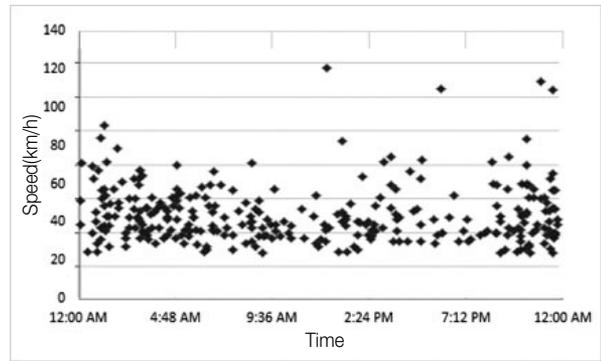


Fig. 11 Average Velocity Distribution of Case 3

## 5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 입체구간에서 고가도로와 하부도로에 대한 차량 위치 정보를 보다 신뢰도있게 가공하기 위한 목적으로 수행되었다. 실제 일주일간의 GPS 기반 차량 궤적좌표를 가공하여 분석하였으며 개선 알고리즘을 적용한 링크 매칭 결과 해당 구간의 교통특성이 상부구간과 하부구간으로 나뉘는 것을 관찰할 수 있었다.

또한 해당 구간의 기존 링크 매칭 알고리즘과 제안한 알고리즘을 사용하여 오류율을 비교한 결과 78%에서 2.3%로 오류율이 개선된 것을 입증하였다.

본 연구에서는 고가도로와 하부도로로 중복이 되는 입체구간을 분석대상으로 삼았지만 서로 다른 통행 특성을 보이는 근접한 두 도로로의 적용도 가능할 것으로 판단된다.

예를 들어, 경부고속도로와 청계산길 같은 경우도 서로 다른 교통특성이 분명히 드러나므로 본 연구에서 제안한 알고리즘을 응용하여 확장할 수 있을 것이다.

본 연구는 대표적인 입체구간인 내부순환도로와 정릉로의 정릉IC부터 길음IC까지의 구간을 대상으로 개발된 알고리즘을 평가하였다. 향후 지속적인 연구를 통해 보다 다양한 기하구조 조건을 갖고 있는 입체구간에 대하여 적용해 봄으로써 알고리즘을 지속적으로 개선할 필요가 있다고 판단된다.

### 감사의 글

본 연구는 2010년도 교육과학기술부의 재원(NRF-2010-0028693) 및 2013년도 미래창조과학부의 재원(2013K1A1A2A02078326)으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 글로벌연구실사업 연구입니다.

## REFERENCE

- D. Andersson and J. Fjällstöm, Vehicle positioning with map matching using integration of a dead reckoning system and GPS. Linköping, Sweden : Linköpings universitet/Institutionen för systemteknik, 2004.
- D. Min, L. Zhilin, and C. Xiaoyang, "Extended Hausdorff Distance for Spatial Objects in GIS", *International Journal of Geographical Information Science*, Vol. 21, No. 4, pp. 459-475, 2007.
- J. H. Lee and J. W. Kim, "Recognition of a new car plate using color information and error back-propagation neural network algorithms", *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 5, no. 5, pp. 471-476, Oct. 2010.
- K. B. Kim and Y. W. Woo, "An enhanced max-min neural network using a fuzzy control method", *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Vol. 8, No. 8, pp. 1195-1200, Aug. 2013.
- M. A. Quddus, W. Y. Ochieng, L. Zhao, and R. B. Noland, "A general map matching algorithm for transport telematics applications", *Springer-Verlag GPS Solutions*, Vol. 7, No. 3, pp. 157-167, September, 2003.
- S. Jeong, The study of CNS(Car Navigation System) focusing on map matching method, *Proceeding of the Korea Institute of Information Scientists and Engineers*, 2003.
- S. H. Cheon, H. M. Kim, "Use of car navigation data for traffic section", *KOTI, Monthly Traffic*, Vol. 183, pp. 54-59, 2013.
- Y. Huh, W. M. Son, J. B. Lee, "Road network data matching using the network division technique", *Journal of Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, vol. 31, no. 4, pp. 285-292, 2013.
- Y. Kim, "Map Matching Algorithm in BIS", *Master Thesis, Chung-ang University*, 2014.
- Y. Li, Q. Huang, M. Kerber, L. Zhang, L. Guibas, "Large-Scale Joint Map Matching of GPS Traces", *Proceedings of the 21st ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems*, pp. 214-223, November, 2013.
- Y. S. Bang, J. B. Lee, Y. Huh, K. Y. Yu, "Node Matching of Road Network Data by Comparing link shape", *Journal of Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography*, pp. 23-25, 2009.
- W. Y. Ochieng, M. A. Quddus, and R. B. Noland, "Map-matching in complex urban road networks", *J. of Cartography*, Vol. 55, No. 2, pp. 1-14, 2003.