

사업용 차량의 프로브 활용 가능성 평가를 위한 디지털운행기록계 위치정보 정확도 분석

Analysis on Accuracy of GPS installed in Digital Tachograph of Commercial vehicles

심현정* · 채찬들** · 강민주*** · 이종훈****

* 주저자 : 한국교통연구원 도로교통연구본부 연구원
 ** 교신저자 : 한국교통연구원 도로교통연구본부 연구위원
 *** 공저자 : 한국교통연구원 도로교통연구본부 연구원
 **** 공저자 : 한국교통연구원 도로교통연구본부 부연구위원

HyeonJeong Sim* · Chandle Chae** · Minju Kang*** · Jonghoon Lee****

* Dept. of Road Transport, The Korea Transport Institute
 ** Dept. of Road Transport, The Korea Transport Institute
 *** Dept. of Road Transport, The Korea Transport Institute
 **** Dept. of Road Transport, The Korea Transport Institute
 † Corresponding author : Chandle Chae, culfield@koti.re.kr

Vol.18 No.6(2019)

December, 2019

pp.164~175

pISSN 1738-0774

eISSN 2384-1729

[https://doi.org/10.12815/kits.](https://doi.org/10.12815/kits.2019.18.6.164)

2019.18.6.164

Received 16 October 2019

Revised 28 October 2019

Accepted 15 November 2019

© 2019. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

요약

사업용 차량은 교통안전법상 난폭운전 및 사고 방지를 위해 운행기록계, 블랙박스, ADAS를 의무적으로 장착하여야 한다. 한편 도로 위 위험요소들로 인한 피해는 2013년 대비 2016년에 1.5배로 증가하고 있으며 이에 국토교통부는 도로위험정보를 수집할 수 있는 센서를 개발하고 사업용 차량에 장착하여 프로브 차량으로 활용할 수 있는 기술을 개발 중에 있다. 본 연구는 이러한 기술개발을 대비하여 주행속도에 따른 GPS 오차 편차 발생 여부를 확인하고 이벤트 지점을 통합·분리할 적정 통합 범위(m)를 도출하는 분석을 수행하였다. 그 결과 주행속도가 100km/h일 때 평균오차는 9.72m로 주행속도가 40km/h일 때 평균오차 4.69m에 비해 오차가 약 2.1배 커지는 것으로 나타났다. 이벤트 지점 적정 통합·분리 범위(m)는 주행속도와 관계없이 동일지점 인식률 90% 이상인 20m로 분석되었다. 본 연구결과는 사업용 차량이 수집할 위치기반 정보 정확도 향상 및 정책개발의 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심어 : GPS 오차, 운행기록계, 주행속도, 프로브 차량

ABSTRACT

Installation of digital tachograph, black box, and ADAS have been enforced to commercial vehicles for preventing violent driving and accidents by the Traffic Safety Act in Korea. Nevertheless, the damage caused by road hazards has increased 1.5 times in 2016 compared to 2013. So, developing new technologies that can identify road hazard using the sensors installed in commercial vehicles are conducting by the Ministry of Land, Infrastructure and Transport. As a part of the technologies, this research analyze the error range of GPS installed in commercial vehicles that vary according to the driving speed. As a result, the average error was 9.72m at the driving speed of 100km/h, and the error was 2.1 times larger than the average error of 4.69m at the driving speed of 40km/h. The event point proper integration/separation range(m) was analyzed to be 20m with a recognition rate of 90% or more at the same point regardless of driving speed. The results of this research can be used as basic data for improving the accuracy of location-based data would be collected using commercial vehicles.

Key words : GPS error, Digital tachograph, Driving Speed, Probe Car

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

2017년 7월 삼성교통안전문화연구소가 발표한 「도로 위 포트홀 실태와 안전대책」에 따르면 최근 4년간(2013~2016년) 삼성화재 자동차보험 자기차량손해 사고접수 중 포트홀로 인한 사고접수 건은 총 465건이고 5.4억 원의 보험금이 지급된 것으로 나타났다. 또한 지자체 도로시설물 배상책임보험 포트홀 사고 건수의 경우 2016년에 800건으로 2013년 550건 대비 약 1.5배 수준인 것으로 나타났다. 이와 같이 도로 위 위험요소들로 인한 피해는 증가하는 추세에 있으며, 이러한 요소들로부터 운전자들을 보호하기 위해서는 실시간 도로 위험 정보를 수집하여 운전자에게 제공해줌으로써 사고를 예방할 수 있는 서비스 개발이 필요하다.

국토교통부는 사업용 차량 운전자의 난폭운전과 졸음운전 등으로 인한 교통사고를 예방하기 위한 목적으로 운수 차량에 블랙박스, 디지털 운행기록계, ADAS(ADAS; Advanced Driver Assistance System)를 의무적으로 장착하도록 교통안전법에 명시하였다. 또한, 이러한 사업용 차량 내 장치가 수집하는 정보를 활용하여 도로위험정보를 수집하고 제공할 수 있는 기술개발을 진행하고 있다. Chae et al.(2018)은 이러한 기술개발이 완료될 것을 대비하여 도로위험정보 데이터 수집 처리 알고리즘(이벤트 지점 통합·분리)을 개발한 바 있으며 그 내용은 블랙박스와 디지털 운행기록계 센서로 수집한 동일한 위험(포트홀, 안개, 결빙 등) 정보를 다수의 차량이 검지했을 경우에 이 정보를 통합 분석하여 실제 이벤트 지점을 특정하는 것이다.

서로 다른 지점 좌표로 수집된 이벤트 정보가 동일 이벤트 지점에 대한 것인지 판단하기 위해서는 GPS 오차를 고려하여 해당 범위 내에 존재하는 좌표는 동일 이벤트 지점이라고 통합 또는 분리하도록 결정하는 과정이 필요하다. 기존에 수행된 GPS 오차에 관련된 연구는 주로 오차를 최소화 하기 위한 맵매칭 알고리즘 개발과 도심부와 지방부의 GPS 오차 범위에 대한 것이 이루어졌으며 주행속도에 대한 오차를 확인하는 연구는 없는 것으로 나타났다.

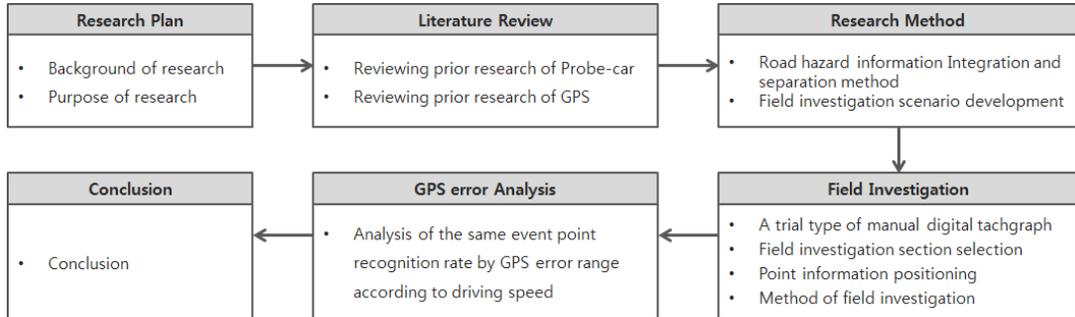
향후 프로브 차량으로 활용될 수 있는 사업용 차량이 수집할 데이터의 형식은 도로위험정보 검지 센서로 감지한 도로위험정보와 디지털 운행기록계가 수집한 GPS 위치 값으로 예상할 수 있다. 이에 본 연구는 사업용 차량이 블랙박스 및 디지털 운행기록계를 활용하여 도로파손, 안개, 결빙 등의 도로위험 이벤트 정보를 생성할 때, 다수의 차량이 동일한 이벤트 지점 정보에 대하여 서로 다른 위치정보를 전송하는 경우 이를 하나의 지점으로 통합하기 위한 운행기록계의 GPS 오차 범위(동일지점 판단 범위)를 산출하는 것을 목적으로 하였고, 이를 위하여 사업용 차량의 주행속도, 도로위계에 따른 주행 시나리오를 설정하고 각 시나리오별 GPS 위치정보 오차를 검증하는 실험주행을 수행하여 그 결과로부터 지점 통합 알고리즘에 필요한 GPS 오차 범위를 산출하였다.

2. 연구의 방법

본 연구는 총 6단계로 진행하였다. 먼저 연구계획을 수립하고 GPS 오차와 관련된 선행연구들을 검토한 후 시나리오를 설정하였다. 그 다음 데이터 수집을 위한 현장조사 방법을 개발, 속도변화에 따른 GPS 오차 변화 분석을 수행하고 마지막으로 결론을 작성하였다.

연구계획 수립 단계에서는 연구의 배경과 목적을 설정하고, 선행연구 검토 단계에서는 GPS 오차와 오차 측정방법에 대한 문헌조사를 수행하였다. 시나리오 설정단계에서는 GPS오차 분석을 위한 시나리오를 개발하고, 현장조사 단계에서는 GPS 데이터를 수집하기 위한 운행기록계 시제품 제작 및 조사 구간 설정과 도로 상의 가

상 이벤트 지점 위치를 지정한 후에 실험을 위한 시나리오별 주행방법을 개발하였다. 속도변화에 따른 GPS 오차 분석에서는 차량 주행속도와 GPS 오차 범위에 따른 동일지점 인식률 변화에 대한 분석을 수행하였다.



<Fig. 1> Research process

II. 연구사례 검토

1. 위치정보 맵매칭 연구

Ochieng et al.(2003)은 GPS를 포함하는 GNSS(GNSS; Global Navigation Satellite Systems)에 적용할 수 있는 확률적 맵매칭 알고리즘을 개발하였는데, 차량의 위치를 기준으로 타원 또는 삼각형 형태의 신뢰영역(confidence region)을 설정하고 신뢰영역에 포함되는 노드 또는 링크에 1차 매칭(IMP; Intial Matching Process) 후, 차량의 과거 궤적, 속도에 따라 신뢰영역 포함 확률을 통한 최종 매칭(SMP; Subsequent Matching Process)의 단계적 방법론을 적용하였다. Jeong(2003)은 CNS(CNS; Car Navigation System) 안의 디지털 지도와 GPS 위성으로부터 계산된 데이터와의 위치 오차를 최소화하기 위해 대체 좌표를 구하는 맵매칭 보정 방법을 개발하였다. Lee et al.(2015) 고가도로와 하부도로에 대한 차량 위치 정보의 신뢰성을 높이기 위해 주행 차량 궤적 및 정지 시간을 이용한 링크 매칭 알고리즘을 제안하였으며 오류율 비교결과 기존 맵매칭 오류율 78%에서 80.3%로 향상되는 것을 확인하였다. Kang(2016)은 높은 빌딩이 많은 도심구간에서의 높은 GPS 오차를 최소화하기 위해 MATLAB을 활용하여 모의실험을 진행하였으며, ICP 알고리즘 기반 맵매칭 기법을 제시하였다.

2. GPS 오차 연구

Jagadeesh et al.(2004)은 GPS 맵매칭 연구 알고리즘을 개발하기 위해 SiRF GPS 수신기를 탑재한 차량으로 데이터를 수집하고 GPS 오류를 분석한 결과 저층 빌딩과 규칙적인 도로망을 주행했을 때 평균 GPS 오류 범위는 0~15m 수준임을 파악하였다. Kim et al.(2008)은 프로브 차량 단말기의 장소에 따른 GPS 오차를 분석한 결과 고가도로, 터널 진입 또는 진출 부근과 고층빌딩이 있는 도심지역에서는 평균 8~62m, 터널부근에서는 평균 8~13m, GPS 신호수신 불량지점에서는 10~90m 정도의 오차가 발생하는 것을 확인하였다. Ahn et al.(2010)은 위치별 GPS 단말기 오차를 측정된 결과 모델 KBE168의 경우 ‘건물에 의해 시야가 가려진 공간’ 28m, ‘건물 옥상’ 8m, ‘숲과 건물 사이에 있는 도로’ 7m, ‘나무로 하늘이 가려진 도로’ 5m의 오차가 발생했으므로 물리적 장애물에 의해 GPS가 반사되거나 손실된다는 것을 파악하였다.

Choe et al.(2016)은 지도 정보 DB의 중앙선 위치 정보를 활용하여 저사양 GPS 위치 정보 정확도를 향상시키는 방법을 개발하였으며 주행궤적에 대해 고정밀 항법장치와 항법정보를 참값으로 가정하고 저사양 GPS의 위치정보가 제안된 방법에 의해 평균 약 37.55% 개선되는 것을 입증하였다. Lee et al.(2017)은 BeiDou 항법시스템을 이용하여 육상 교통 및 자율 주행 기술에 필요한 위치 정확도 확보가능성에 대한 연구를 수행하였으며 이를 위해 GNSS 기준국에서 관측한 데이터를 활용하여 BeiDou 항법시스템의 위치정확도에 대한 분석을 한 결과 BeiDou 항법시스템을 GPS와 동시에 사용하는 경우, GPS만 이용했을 때에 비해 위치정확도가 20%정도 향상되는 것을 파악하였다. Yoon et al.(2018)은 영상처리를 활용하여 주변 환경의 공간상의 배치를 파악하고 이를 GPS측위에서 가중치 산정의 척도로 활용하여 측위 정확도를 향상시키는 알고리즘을 개발한 결과 수평방향 RMSE(RMSE; Root Mean Square Error)의 경우 2.29m, 수직방향 RMSE의 경우 15.62m 오차가 절감된 것을 확인하였다.

검토결과 GPS 오차에 관한 연구는 주로 GPS 단말기가 위치한 장소 즉, 도심/부도심과 같은 GPS 수신 오차가 나타나는 지역적 특징에 따른 오차 확인과 오차를 보정하기 위한 알고리즘 개발에 대한 연구가 주로 이루어 졌으며 통행속도에 따른 오차 변화에 대한 연구는 없는 것으로 나타났다.

III. 연구방법론 개발

1. 도로위험정보 통합 및 판단 알고리즘

특정 지점에 발생된 포트홀, 결빙 등의 도로위험정보를 다수의 프로브가 서로 다른 GPS 좌표로 검지한 결과로부터 이를 동일지점인지 판단하는 것에 대한 연구는 Chae et al.(2018)가 개발한 도로위험정보 데이터 수집 처리 알고리즘(이벤트 지점 통합·분리)이 있다. 이 알고리즘은 수집된 이벤트의 동일지점 여부를 4단계 절차를 통해 판단하였다.

먼저 1단계로 임의의 프로브 $id=a$ 가 시간 t 의 지점 G_t^a 에서 도로위험정보 D_t^a 를 최초로 검지하여 시스템에 전송하면, 2단계는 위험지점의 좌표 G_t^a 가 국가표준노드링크 상에 맵매칭되는 지점 N_t^a 을 탐색한다. 그 다음 3단계로 G_t^a 과 N_t^a 의 거리가 50m 이하인 경우, N_t^a 를 시간 t 에 특정된 l 번째 이벤트 지점 e_t^l 로 판단(시간 t 이전에 검지된 SID 상의 이벤트 개수를 $l-1$ 개로 가정)한다. 마지막 4단계는 이벤트 지점 e_t^l 을 기준으로 반경 50m의 가상의 원을 설정하고, 시간 $t+1$ 부터 검지되는 프로브 위치가 해당 원 안에 포함되면(e_t^l 과의 거리 50m 이내) 해당 도로위험정보를 동일 지점에 대한 정보로 판단한다.

id : 도로위험정보를 수집하는 프로브 차량의 고유번호

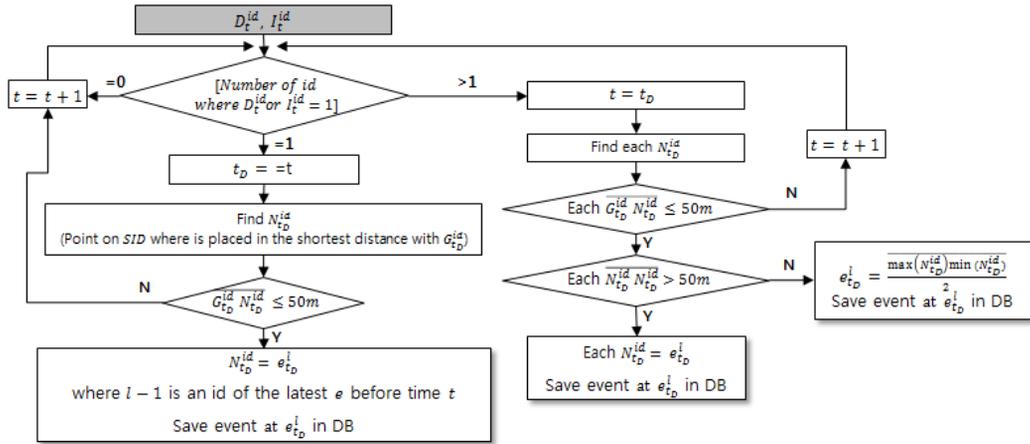
G_t^{id} : 시간 t 에서 임의의 차량 id 의 위치값(GPS 좌표)

N_t^{id} : G_t^{id} 와 최단거리로 매칭되는 국가표준노드링크 상의 위치값(GPS 좌표)

SID : G_t^{id} 와 최단거리로 매칭되는 국가표준노드링크의 아이디

D_t^{id} : 시간 t 에서 임의의 차량 id 가 검지한 도로위험정보 (이벤트 있음=1, 없음=0)

e_t^l : 시간 t 에서 국가표준노드링크 상의 l 번째 이벤트 지점의 위치값(GPS 좌표)



<Fig. 2> Algorithm Processing Flow (Chae et al., 2018)

GPS 오차를 보정하여 특정 이벤트가 발생한 영역 이내에 좌표값을 가진 프로브 차량을 특정하는 연구는 Chae(2018)의 연구 외에는 없는 것으로 나타났으며, 해당 연구의 경우 선행연구 검토를 통해 도출한 오차들의 최댓값의 합인 50m를 동일지점 판단 기준으로 활용하였다. 본 연구에서는 가상의 오차 범위가 아닌 실제 차량을 통해 수집한 데이터를 통해 동일지점 인식률이 90%가 넘는 적정 오차 범위를 찾고자 한다.

2. 시나리오 개발

본 연구의 목적은 다수의 차량이 수집한 동일 이벤트 지점에 대한 각기 다른 위치정보를 하나의 지점으로 통합 또는 분리할지 결정하기 위한 주행속도별 GPS 오차 범위(동일지점 판단 범위)를 산출하는 것이므로 현장조사 시나리오는 크게 ①GPS 오차 범위, ②주행속도에 따라 구분하여 총 40개를 개발하였다.

<Table 1> Recognition rate of same event point by GPS error range and driving speed

GPS range of error(m)	Speed 40km/h	Speed 60km/h	Speed 80km/h	Speed 100km/h
50	S1-1	S1-2	S1-3	S1-4
45	S2-1	S2-2	S2-3	S2-4
40	S3-1	S3-2	S3-3	S3-4
35	S4-1	S4-2	S4-3	S4-4
30	S5-1	S5-2	S5-3	S5-4
25	S6-1	S6-2	S6-3	S6-4
20	S7-1	S7-2	S7-3	S7-4
15	S8-1	S8-2	S8-3	S8-4
10	S9-1	S9-2	S9-3	S9-4
5	S10-1	S10-2	S10-3	S10-4

IV. 현장조사

1. 실험용 운행기록계 제작

디지털 운행기록계(DTG; Digital tachograph)는 차량운행기록을 실시간으로 저장하는 기기로 차량의 GPS 위치, 주행속도, 분당엔진수(RPM), 자동차상태, 브레이크 신호, 방위각, 가속도 등을 기록하는 장치이다(Cho et al.(2017)). 현재 사업용 차량이 수집하는 도로위험정보(이하 이벤트 정보)는 운행기록계의 GPS 위치정보와 함께 전송되도록 개발이 진행 중이기 때문에 시판 중인 운행기록계를 실험대상으로 선정하였고, 이때 도로위험정보 검지 센서가 아직 개발 중인 관계로 운행기록계에 이벤트 정보를 수동적으로 입력할 수 있는 기능을 별도로 추가한 시작품을 제작하여 실험에 이용하였다. 해당 기기는 운행기록계 제작 업체((주)엔탑전자)에 의뢰하여 제작하였으며 운행기록계에 적용된 GPS 모듈은 Telit사의 'M2122SMT3'으로 기술적 사양은 아래의 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Technical specifications of DTG

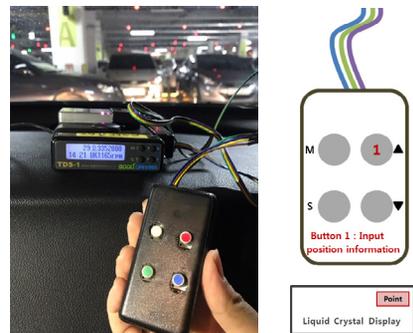
	Frequency	GPS L1, 1575.42 Mhz CLONASS L1, 1598.0625~1609.3125Mhz
	C/A code	1.023 MHz chip rate
	Acquisition Engine	99 Channel
	Tracking Engine	33 Channel
	Position	2.5m CEP / 2.0m SBAS
	Velocity	0.1m/s
	Time	1PPS

이벤트 정보 입력을 위해서는 특정 지점을 선정하고 해당 지점을 실험 차량이 통과할 때 검지 정보를 입력할 수 있는 버튼을 제작하였다. 이벤트 버튼을 한 번 누르면 LCD 화면에 데이터 값이 '1'로 출력되고, 출력된 값이 지속되지 않도록 1초 뒤 자동으로 '0'값으로 자동 전환되도록 설정 하였으며 최종적으로 실험용 운행기록계가 수집하는 데이터 형태는 아래 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Format of DTG data

Vehicle number	Data collected time	GPS_X	GPS_Y	Speed	Event
D987773	2019023163350	36.494914	127.302457	033	0
(7 digits)	(14 digits)	(10 digits)	(10 digits)	(3 digits)	(1 digits)

본 연구의 목적은 주행속도별 각 프로브 차량이 수집한 이벤트 지점 위치 정보들로부터 실제 이벤트 지점 특정 범위(GPS 오차 범위)에 따른 동일지점 검지 정확도 변화를 파악하는 것이므로, 실험용 운행기록계를 현장조사차량에 설치하고 조사 구간을 주행함으로써 차량 주행속도와 GPS 좌표, 이벤트 정보를 동시에 수집하도록 하였다. 다만, 저장주기가 1초 단위인 관계로 실제 버튼을 누른 시각과 저장시각이 다를 수 있고 운행기록계를 누르는 사람마다 버튼을 누르는 시점이 다를 수 있다는 한계점이 존재하며 본 연구에서는 이러한 오차는 존재하지 않는다고 가정하고 현장조사를 수행하였다.



<Fig. 3> A trial type of manual DTG

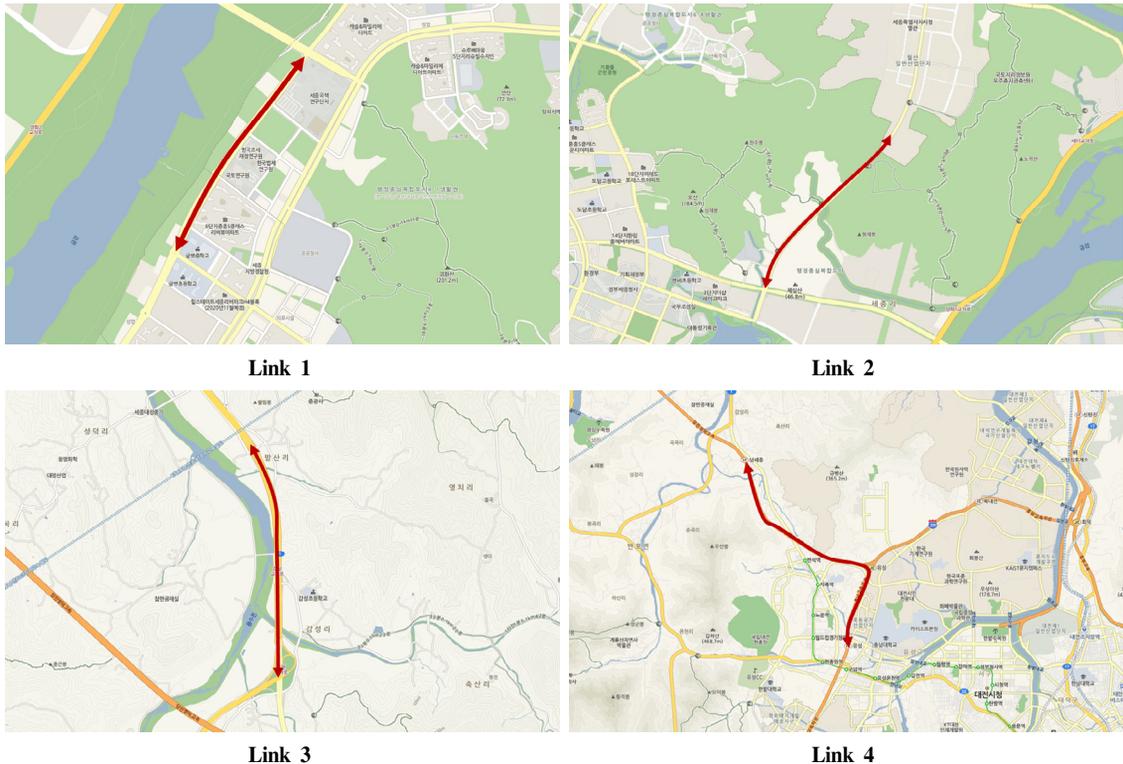
2. 현장조사 구간 선정

현장조사 구간은 주행속도 특성별 GPS 오차 존재 여부를 파악할 수 있도록 도로 위계가 각각 다른 곳을 설정하는 것이 필요하며, 조사차량이 일정한 속도로 주행해야하기 때문에 교통량이 적고 사고 위험이 적어야 하는 조건을 충족해야한다.

따라서 교통량이 적되, 현장조사자에게 접근성이 용이한 세종특별자치시 인근의 고속국도, 간선도로, 일반 도로에 각각 현장조사 구간을 설정하여 총 4개의 구간을 선정하였다. 각 구간의 최대주행속도는 100km/h, 80km/h, 60km/h, 40km/h이다.

<Table 4> Field investigation link

Link	Road type	Location	One way Length(km)	Speed(km/h)
1	City streets	Sejong national research complex↔Geulbeot middle school	1.1km	40
2	Arterial highway	Lake Park intersection↔Yongma Industry Tunnel Entrance	1.6km	60
3		Balsan-ri intersection↔Sandong intersection	3.2km	80
4	Highway	S. Sejong IC↔Yuseong IC	4.5km	100



<Fig. 4> Field investigation link location

3. 현장실험 방법

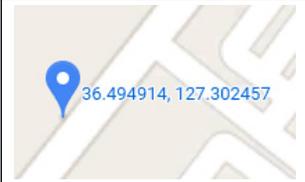
1) 지점 위치 설정

현장조사에 앞서 이벤트 정보를 수동으로 기록하는 특정 지점을 사전에 지정하여야 차량이 해당 구간을 지나갈 때 현장조사자가 운행기록계의 입력 버튼을 눌러 지점정보를 생성하는 것이 가능하다. 도로 상 이벤트가 존재하는 위치를 정하는 방안으로 교통표지판 및 가로등과 같은 시설을 활용하였으며 그 이유는 조사자가 주행 중에 찾기 수월하고 위치가 고정되어 있기 때문이다.



<Fig. 5> Example of road signs as a event point

조사차량이 수집하는 데이터는 동일 지점이라도 각기 다른 GPS 좌표를 수집하기 때문에 이벤트별 고정 기준 좌표를 설정하여 수집되는 좌표와 거리차이를 비교분석 해야 한다. 이를 위해 각 구간별 이벤트별로 기준 좌표 값을 구글 맵스 등을 활용하여 설정하였다.

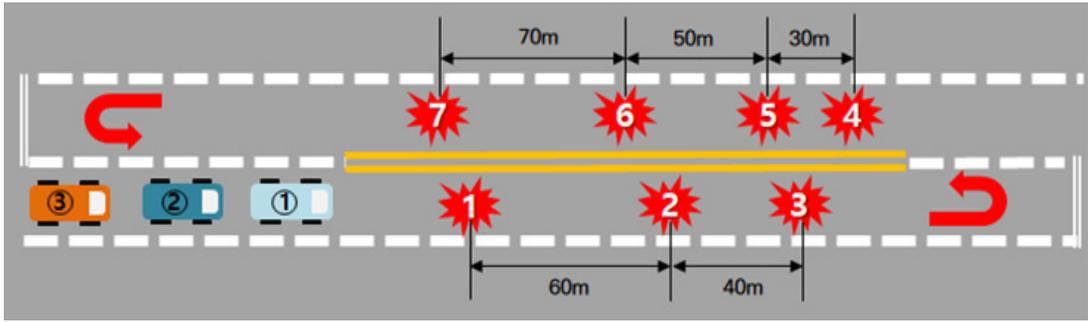
	Event number	Longitude	Latitude
	1	127.303723	36.496169
	2	127.302646	36.495146
	3	127.301844	36.494346
	4	127.300603	36.493036

<Fig. 6> Example of event point coordinates for link 1

2) 조사 방법

운행기록계를 활용한 이벤트 정보 GPS 데이터 수집 방안은 조사차량 운전자가 각 구간별 정해진 일정한 속도로 조사구간을 반복적으로 주행할 때, 지점 정보를 입력하는 조사원이 각 구간별 정해진 이벤트 지점을 지나가면 운행기록계 버튼을 눌러 이벤트 정보를 입력하는 방식으로 진행하였다.

현장조사는 2019년 4월 1일~5월 24일 동안 수행되었으며 사고 위험 가능성을 낮추기 위해 교통량이 적은 오전 9시에서 오후 5시 사이에 이루어졌다.



<Fig. 7> Field investigation driving method

V. GPS 오차 분석

1. GPS 오차 분석 방법

각 구간별 이벤트 지점의 기준 좌표와 현장조사를 통해 수집한 이벤트 지점에 대한 좌표와의 거리 차(m)를 계산하여 속도별로 오차 폭이 달라지는지 비교 분석하였다.

2. 분석 결과

1) 주행속도별 GPS 오차

분석을 위한 데이터를 수집한 결과 총 2,585개의 표본을 획득하였다. <Table 5>와 같이 ‘구간 2’와 ‘구간 4’의 표본 수는 ‘구간 1’과 ‘구간 3’에 비해 상대적으로 적게 수집되었는데 ‘구간 2’의 경우 조사 구간에 터널이 존재하여 운행기록계가 일시적으로 작동하지 않은 경우가 발생하였고, ‘구간 4’의 경우 고속도로 특성상 IC와 IC 사이의 길이가 길어 차량을 회차 하고자 할 때 요금소 밖으로 나가서 우회해야 하기 때문에 조사 소요 시간이 다른 구간에 비해 시간 소요가 큰 것이 원인으로 판단된다.

주행속도 GPS 오차를 분석한 결과 평균 GPS 오차는 9.72m(주행속도 100km/h) > 6.65m(주행속도 80km/h) > 6.07m(주행속도 60km/h) > 4.69m(주행속도 40km/h) 순으로 나타나 주행속도가 빠를수록 GPS 평균오차가 커지는 것을 확인할 수 있었다.

<Table 5> Number of data collected per link and average GPS error

Link 1(Speed 40km/h)		Link 2(Speed 60km/h)		Link 3(Speed 80km/h)		Link 4(Speed 100km/h)	
Num of dataset	Average GPS error(m)	Num of dataset	Average GPS error(m)	Num of dataset	Average GPS error(m)	Num of dataset	Average GPS error(m)
1,512	4.69	220	6.07	660	6.65	193	9.72

2) 주행속도별 동일지점 인식률 분석

GPS는 지구 밖 우주 공간에서부터 신호를 전송하고 지상에서 수신하는 과정에서 여러 가지 오차를 수반하게 되고 이러한 오차는 관측데이터의 정확도에 영향을 미치게 된다(Jeon et al., 2008). 이는 동일한 차량이

동일한 운행기록계를 장착하고 같은 구간의 지점 정보를 수집하더라도, GPS 좌표가 동일하지 않다는 것을 의미한다. 이에 GPS 오차 범위(동일지점 판단 범위)에 따라 주행속도별로 동일지점 인식률이 어떻게 변화하는지 분석하였다.

분석 결과, GPS 오차 범위가 50m일 경우 주행속도와 관계없이 동일지점 인식률은 99.8% 이상인 것으로 나타났다. 이를 통해 차량이 고속으로 주행하더라도 오차 범위가 50m보다는 작다는 것을 확인할 수 있었으며 GPS 오차 범위를 크게 줄인 5m로 설정했을 경우에는 주행속도 100km/h일 때 동일지점 인식률이 16.23%로, 40km/h일 때 동일지점 인식률 63.28% 대비 1/4 수준으로 떨어지는 것으로 나타났다. 따라서 오차 범위는 5m 이상 50m 이하로 설정하는 것이 적절한 것을 알 수 있었으며 5m 단위로 인식률을 분석한 결과 속도 변화와 관계없이 인식률이 90% 이상을 유지하는 GPS 오차 범위는 20m로, 주행속도가 40km/h일 때 동일지점 인식률 99.94%, 60km/h일 때 100.00%, 80km/h일 때 99.67%, 100km/h 95.05%로 나타났다.

<Table 6> Recognition rate of same event point by GPS error range and driving speed

GPS range of error(m)	Speed 40km/h Same point recognition rate(%)	Speed 60km/h Same point recognition rate(%)	Speed 80km/h Same point recognition rate(%)	Speed 100km/h Same point recognition rate(%)
50	99.94	100.00	99.83	100.00
45	99.94	100.00	99.83	100.00
40	99.94	100.00	99.83	100.00
35	99.94	100.00	99.67	99.52
30	99.94	100.00	99.67	99.52
25	99.94	100.00	99.67	99.52
20	99.94	100.00	99.67	95.05
15	99.94	98.17	99.19	84.43
10	98.34	90.83	88.69	57.27
5	63.28	38.25	36.03	16.23

VI. 결 론

본 연구에서는 다양한 주행속도 상황을 설정하여 실제 차량에 사업용 차량이 장착하는 운행기록계를 설치하고 주행하여 데이터를 수집하고 속도변화에 따른 GPS 오차 범위 변화와 동일지점 인식률을 분석하였다. 이를 위해 도로위험정보를 수동으로 입력할 수 있는 실험용 운행기록계를 제작하였으며, 도로위계를 달리하는 조사구간을 설정하여 주행속도별 현장조사를 수행하였다. 조사결과 총 2,585개의 표본을 수집하였으며, 평균 GPS 오차는 주행속도 100km/h(9.72m) > 80km/h(6.651m) > 60km/h(6.07m) > 40km/h(4.69m) 순으로 큰 것으로 나타나 속도가 빠를수록 GPS 오차 범위가 증가하는 것을 알 수 있었다. GPS 오차 범위에 따른 동일지점 인식률을 검토한 결과로는, 주행속도가 100km/h이고 오차 범위가 50m일 때 인식률 100.00%, 오차 범위 5m일 때 인식률 16.23%로 오차범위가 좁을수록 동일지점 인식률이 낮아진다는 것을 알 수 있었다. 차량의 속도가 변화하더라도 동일지점 인식률이 90%가 넘는 GPS 오차 범위는 20m로 향후 사업용 차량이 도로위험 정보를 수집하는 프로브 차량으로 활용되어 이벤트 정보를 수집했을 때 각 GPS 좌표 간 거리가 20m 내에 분포하는 경우 해당 이벤트는 하나의 이벤트로 판단하면 적절할 것으로 판단된다.

본 연구의 한계점으로는 운행기록계 데이터 저장 주기로 인한 정밀한 자료 수집이 이루어지지 못한 부분이 존재한다. 운행기록계의 데이터는 초 단위로 저장되는데 이는 곧 주행속도가 빠르면 동일한 1초라도 차량은 더 멀리 나아가기 때문에 주행속도가 빠른 곳의 GPS 좌표 값간 거리가 더 커지는 것을 의미한다. 때문에 향후 연구에서는 데이터 저장 주기가 더 짧은 운행기록계를 활용하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 또한 도시부와 지방부를 구분하는 등 좀 더 다양한 장소에서 주행속도별 현장조사를 수행하고 그에 따른 영향을 알아 볼 필요가 있다. 본 연구결과는 프로브 차량으로 활용되는 사업용 차량이 수집하는 위치기반 정보의 정확도 향상 및 정책개발의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 2019년도 정부(국토교통부)의 재원으로 국토교통과학기술진흥원의 연구과제(No. 19TLRP-B148886-02, 사업용 차량을 이용한 도로교통 정보 수집 및 활용기술 개발) 지원으로 수행하였습니다.

REFERENCES

- Ahn G. H., Kim H. C., Lee D. W., Kwon J. W. and Kim H. S.(2010), "Information And Control Symposium," *The Korean Institute of Electrical Engineers*, pp.235-236.
- Chae C. D., Sim H. J. and Lee J. H.(2018), "Integration and Decision Algorithm for Location-Based Road Hazardous Data Collected by Probe Vehicles," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transportation Systems*, vol. 17, no. 6, pp.173-184.
- Cho J. S., Lee H. S., Lee J. Y. and Kim D. N.(2017), "The Hazardous Expressway Sections for Drowsy Driving Using Digital Tachograph in Truck," *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 35, no. 2, pp.160-168.
- Choe T. S., Kang J. M., Kim H. S. and Park J. B.(2016), "Low-end GPS Position Accuracy Enhancement Method by using Map Information," *The Korean Institute of Electrical Engineers*, vol 65, no. 4, pp.659-665.
- Jagadeesh G. R., Srikanthan T. and Zhang X. D.(2004), "A Map Matching Method for GPS Based Real-Time Vehicle Location," *The Journal of Navigation*, vol. 57, no. 3, pp.429-440.
- Jeon J. H., Kwon J. H. and Lee J. S.(2008), "Analysis of the GPS Error Effect through Simulation," *Korea Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography*, vol. 26, no. 4, pp.397-405.
- Jeong S. W.(2003), "The Study of CNS(Car Navigation System) focusing on Map matching method," *Journal of The Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 30, no. 2, pp.397-399.
- Kang J. M.(2016), *The Real-time Localization in Urban Area Based on Map Matching Method*, Master thesis, Electrical and Electronic Engineering of Yonsei Univ., Seoul, pp.5-21.
- Kim D. H., Han W. S., Lee H. W., Hyun C. S., Joo D. H. and Lee C. K.(2008), "Evaluation of the Estimate Algorithms for Link Travel Time from GPS Probe Data," *The Journal of Korean*

Institute of Intelligent Transport Systems, vol. 7, no. 5, pp.13-25.

- Lee J. M., Park K. D. and Jeong W. S.(2017), "Analysis of Positioning Accuracy for DGNSS-based Land Navigation Using GPS/BDS Navigation Satellite System," *Transactions of KSAE*, vol. 25, no. 4, pp.422-429.
- Lee S. H., Lee C. K., Yun I. S., Kim N. S. and Kang D. M.(2015), "Study on Map Matching Using Characteristics of Vehicular Movements," *International Journal of Highway Engineering*, vol. 17, no. 5, pp.75-82.
- Ochieng W. Y., Quddus M. A. and Noland R. B.(2003), "Map-matching in complex urban road networks," *J. of Cartography*, vol. 55, no. 2, pp.1-14.
- Samsung Traffic Safety Research InstiTUTE, <http://sts.samsungfire.com/>, 2019.11.1.
- Yoon S. J. and Kim T. J.(2018), "Development of GPS Multipath Error Reduction Method Based on Image Processing in Urban Area," *Korea Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry, and Cartography*, vol. 36, no. 2, pp.105-112.