

고속도로 위험 교통류 구간 추출 방안 연구

A Study on Extraction Method of Hazard Traffic Flow Segment

정 규 수*

* 주저자 및 교신저자 : 한국건설기술연구원 미래스마트건설연구본부 연구위원

Kyusoo Chong*

* Dept. of Future & Smart Construction Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

† Corresponding author : Kyusoo Chong, ksc@kict.re.kr

Vol.20 No.6(2021)

December, 2021
pp.47~54

pISSN 1738-0774
eISSN 2384-1729
<https://doi.org/10.12815/kits.2021.20.6.47>

Received 25 October 2021
Revised 1 November 2021
Accepted 8 November 2021

© 2021. The Korea Institute of
Intelligent Transport Systems. All
rights reserved.

요 약

국내 고속도로 교통사고 건수는 2020년 기준 약 4천건으로, 비반복적 정체와 높은 주행속도로 인해 다른 도로 대비 교통사고 발생 건수 당 사망자 수는 약3.7배에 달한다. 고속도로의 사고 유형은 측면충돌 및 추돌사고가 대부분을 차지하며, 주요 요인 중 하나는 분·합류부, 사고 등으로 야기되는 위험 교통류라고 할 수 있다. 따라서, 고속도로와 같은 연속류에서 나타나는 위험 교통류는 운전자에게 사고 방지를 위한 중요한 정보라고 할 수 있다. 본 연구에서는 개별 차량 정보를 이용하여 속도의 변화 지점과 차로별 속도 차이가 발생하는 구간 등 위험 교통류를 분류하고자 하였다. 지오해시 기반으로 공간을 분리하였으며, 동일 구간 내에서 개별 차량의 속도 차이를 나타낼 수 있는 공간평균속도와 차량간 속도 편차를 이용하여 속도의 동질 구간을 분류하였다. 그 결과 고속도로 위험 구간 정보를 제공할 수 있는 분류부 영향권 구간과 위험 교통류 구간을 추출하였다.

핵심어 : 교통사고, 교통정보, 공간평균속도, 차량간 속도편차, 위험 교통류

ABSTRACT

The number of freeway traffic accidents in Korea is about 4,000 as of 2020, and deaths per traffic accident is about 3.7 times higher than other roads due to non-recurring congestion and high driving speed. Most of the accident types on freeways are side and rear-end collisions, and one of the main factors is hazard traffic flow caused by merge, diverge and accidents. Therefore, the hazard traffic flow, which appears in a continuous flow such as a freeway, can be said to be important information for the driver to prevent accidents. This study tried to classify hazard traffic flows, such as the speed change point and the section where the speed difference by lane, using individual vehicle information. The homogeneous segment of speed was classified using spatial separation based on geohash and space mean speed that can indicate the speed difference of individual vehicles within the same section and the speed deviation between vehicles. As a result, I could extract the diverging influence segment and the hazard traffic flow segment that can provide dangerous segments information of freeways.

Key words : Traffic accident, Traffic information, Space mean speed, Vehicle speed deviation, Hazard traffic flow

I. 서 론

국내 교통사고 건수는 2020년 기준 전체 209,654건, 사망자수는 3,081명이며 고속도로는 4,039건, 223명으로 다른 도로 대비 교통사고 발생 건수 당 사망자 수가 약 3.7배에 달한다(KoROAD, 2021). 고속도로의 차대차 사고 기준으로 정면충돌은 40건, 측면충돌은 1,207건 추돌은 1,698건으로 중앙분리대가 설치된 고속도로 특성 상 측면충돌과 추돌사고가 대부분을 차지한다. 고속도로 분·합류부에서 비혼잡 상태일 때 교통류에서의 일시적 변동이 사고 위험도를 높이며, 혼잡 상태일 때 혼잡도에 변화가 생김에 따라 사고 위험도가 높아진다(Kwak, 2013). 즉 사고의 주요 요인 중 하나는 교통량이 증가함에 따라 속도 값이 급격히 감소하는 지점으로서 통행을 방해하는 요소들인 분·합류부, 사고 등으로 야기되는 위험 교통류라 할 수 있다. 따라서, 고속도로와 같은 연속류에서 일반적으로 나타나는 위험 교통류는 교통사고의 요인이 될 수 있으며, 교통류 기준으로 도로 구간을 세분한 정보의 제공이 필요하다.

현재 교통정보 제공을 위한 구간은 도로의 중심선을 이용한 노드, 링크를 기준으로 제공하고 있다. 노드, 링크는 도로 교차점, 시·중점, 교통 통제점, 구조 변화점, 행정구역 변환점, 도로운영 변화점, 교통 진출입점 등에 생성된다. 이러한 정적 링크로 인해 실제 속도 변화 구간과 일치하지 않거나 속도 특성을 나타내지 못한다. 즉 동일 구간 내에서도 속도 차이가 세분화되거나 하나의 정보로 서비스되고 있다.

고속도로와 일반도로의 교통류를 연결시키기 위해 설치하는 접속부는 두 개 교통수요의 경쟁적 상충이 발생하여 차량이 합류 및 분류하는 지점이다. 특히, 이 구간에서는 고속도로 본선보다 많은 차로 변경이 발생하여 전체적으로 위험 교통류를 형성하여 그로 인한 혼잡 또는 사고발생이 큰 구간이다. 분·합류 형태는 가장 일반적인 연결로 접속부 형태로 도로의 선형, 차로수 등에 따라 영향권을 산정하며 교통량에 따라 서비스 수준을 제시할 수 있다(MOCT, 2013). 차량 속도 배열의 누적이동평균을 활용한 혼잡예측모형(Lee et al., 2010)에서는 VMS 및 밀도를 이용한 불안정 교통류 개선하고자 하였고, 혼잡 교통류 특성을 반영한 동적 O-D 예측 모형 개발(Kim et al., 2006)에서는 VDS 데이터를 이용한 차량 궤적모형을 적용하여 혼잡류 특성을 분석하였다. 시공간적 분석을 통한 차로간 충격량 전파모형 개발(Kim et al., 2011)에서는 차로간의 상호관계를 설명할 수 있는 요인을 파악하고 분석구간과 차로에 따라 다중회귀분석을 수행하여 충격량을 결정하는 차로간 충격량 전파모형을 개발하였다. 속도-밀도 확률 모델을 이용한 연구(Zheng et al., 2020)에서는 합류부에서의 거시적 영향 분석을 하였고, 랜덤 로지스틱 확률함수를 이용한 시뮬레이션 모델 연구(Tian et al., 2016)에서는 독일의 1차로 직선 도로에서의 속도 감소에 따른 표준편차의 변화 정도를 제시하였다. 기존 연구에서는 분·합류부 등 접속부의 검지기 데이터를 이용하여 대상 지점의 교통류를 분석하고 거시적 모형을 적용하는 등 정확한 위험 교통류의 시점을 찾기는 어렵다.

교통류 내의 각 차량은 서로 다른 속도로 움직이므로 교통류의 속도를 하나의 대푯값으로 나타내기 위해서는 속도의 분포를 알아야 하며, 일반적으로 정규분포로 나타난다. 속도의 평균값은 시간평균속도(time mean speed ; TMS)와 공간평균속도(space mean speed ; SMS)로 구분된다. 시간평균속도는 어느 시간 동안 도로상의 어느 점 또는 짧은 구간을 통과하는 모든 차량들의 속도를 산술평균한 속도이며, 공간평균속도는 어느 시간 동안 도로 구간을 통과한 모든 차량들이 주행한 거리를 걸린 시간으로 나눈 속도이다(Do, 2009). 이에 따라 일정한 구간 내의 차량들 속도는 시간평균속도와 공간평균속도의 관계식으로 표현되며 각 차량 간의 일정한 속도 편차를 벗어날 때 위험 교통류가 된다고 할 수 있는 것이다.

본 연구에서는 개별 차량 정보를 이용하여 속도의 변화 지점과 차로별 속도 차이가 발생하는 구간 등 위험 교통류를 분류 기준을 제시하고자 하였다. 동일 구간 내에서 개별 차량의 속도 차이를 나타낼 수 있는 공간평균속도와 차량간 속도 편차를 이용하여 속도의 분포가 불균등한 구간을 분리 할 수 있는 기준을

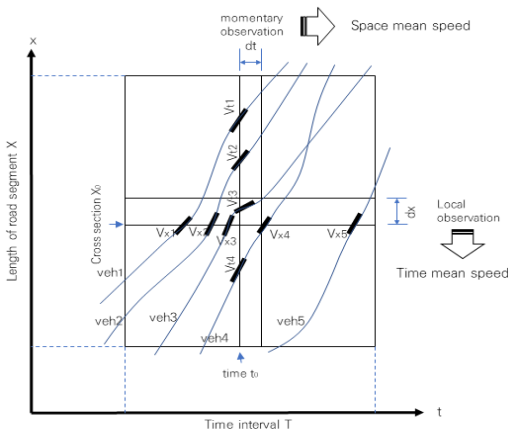
제시하고, 차로별 속도 차이가 발생하는 위험 교통류 구간 분류하여 세분된 교통정보를 제공할 수 있도록 하였다.

II. 위험 교통류 구간 추출 방법

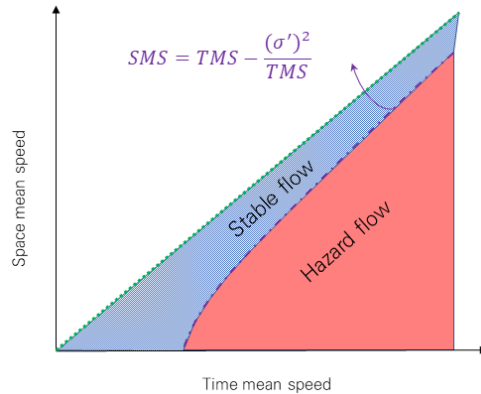
동일 공간 내의 모든 차량의 속도가 동일하다고 가정할 때 공간평균속도(SMS)와 시간평균속도(TMS)는 같으며, 개별 차량의 속도 차이가 발생할 경우의 두 평균속도를 <Fig. 1>과 같이 설명할 수 있으며, 관계는 식 1과 같다(Garber et al., 2002). 두 평균속도의 차이는 시간평균속도의 속도 표준편차의 제곱과 시간평균속도의 비로 나타낼 수 있다. 여기서, 임의 구간 내에서 급격한 속도 변화가 없을 때의 차량 간 속도 편차는 평균속도가 낮을수록 크며, 이때 속도 편차를 σ' 로 하면, 속도별 안정 교통류의 범위는 두 평균속도가 동일한 함수와 식 2의 사이로, <Fig. 2>와 같이 나타낼 수 있다.

$$SMS = TMS - \frac{\sigma'^2_{TMS}}{TMS} \dots\dots\dots (1)$$

$$SMS = TMS - \frac{\sigma'^2}{TMS} \dots\dots\dots (2)$$

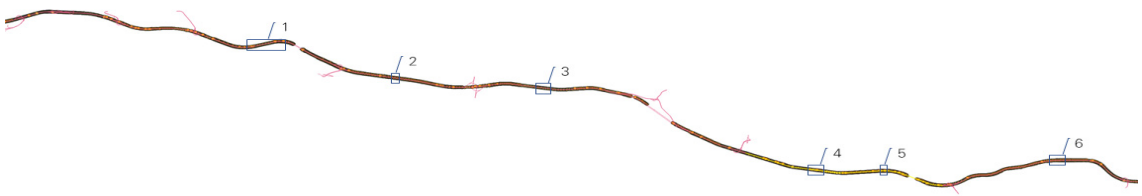


<Fig. 1> TMS and SMS



<Fig. 2> A concept of hazard traffic flow segment separation

주행속도가 갑자기 감소하면서 뒤따르는 차량에 영향을 주는 위험 교통류는 짧은 구간에서 차량간 속도 편차가 크다. 이에 따른 편차의 경계점이 식 2의 표준편차이며 이 값은 위험 교통류를 판단하는 기준이 되는 것으로서, <Fig. 2>의 위험 교통류와 안정 교통류를 결정하는 기준 표준편차가 되는 것이다. 기준 표준편차를 찾기 위해 대상 고속도로 내에서 분·합류부나 사고, 정체 등의 영향이 없는 짧은 구간을 찾아 구간 내 표준편차를 구하였다. <Fig. 3>은 영동고속도로의 DTG 데이터 중 좌측방향인 하행 데이터만 추출하였고, 링크 데이터 기준으로 분·합류부 등의 영향이 없는 직선 또는 곡선구간 6개를 추출하여 속도의 표준편차를 구하였으며 <Table 1>과 같다. 6개 구간의 샘플 표준편차는 8.015kph 였으며, 본 연구에서 표준편차 기준으로 8kph를 적용하였다.



<Fig. 3> A sampling of Standard deviation of stable flow

<Table 1> The standard deviation limit of stable flow

Segment	1	2	3	4	5	6	Average
Vehicle count	912	28	286	274	93	318	-
Average speed	76.9	81.5	82.92	88.5	91.5	80.7	83.67
SD(population)	8.12	8.33	8.25	8.28	7.92	6.97	7.978
SD(sample)	8.12	8.48	8.26	8.29	7.96	6.98	8.015
Minimum speed	61	70	71	77	78	63	70
Maximum speed	100	89	100	100	100	100	98.17

공간 분할은 기본적으로 지오헤시 알고리즘(Vukovic, 2016)을 따르며, 단계 간 기본 개수는 4진법을 따른다. 우리나라의 본토는 경도 126°와 130° 사이, 위도 34°와 38° 사이에 걸쳐 있다. 분할 단계의 차이를 최소화하기 위해 4진법 사용하여 우리나라 형태에 맞는 정사각형에 가까운 공간 분할을 적용하고, 경·위도를 동일하게 분할한다. 공간 분할 개수는 분할 범위의 세분화와 관계가 있으므로, 도로의 폭을 고려하여 최대 분할 횟수는 13회로 한다. 구간 분할의 방법은 다음과 같다.

- ① 4진법 기준의 지오헤시 기반으로 그리드를 생성 13회까지 분할하고 코드를 부여
- ② DTG 경위도 좌표를 평면직각좌표로 변환, 해당 그리드 코드에 맵핑
- ③ 경위도 동일한 2개의 공간으로 분할하며, 동일 공간에 속도 편차가 8이하이면 분할 중단
- ④ 링크 자료를 기준으로 DTG를 포함하는 그리드와 중첩하여 링크를 분할

분할된 링크는 단위 그리드의 대푯값으로 나타낼 수 있으며, 개별 차량 데이터 값을 공유하므로 해당 링크는 개별 차량의 평균속도, 편차 등 다양한 대푯값을 계산할 수 있다.

Ⅲ. 분석결과 및 해석

1. 데이터 수집 및 전처리

개별 차량 정보는 고속도로에서 수집 가능한 영동고속도로 경기지역의 화물차 DTG 자료를 활용하였다. 수집된 DTG 데이터 중 교통량이 가장 많은 시간을 적용하는 것이 속도 동질공간 간의 차이가 크게 나타날 수 있다. 화물차 교통량은 요일별 평균 통행시간 중 화요일이 평균통행시간 339.5분, 통행거리 165.1km로 가장 높게 나타났다. 따라서 화물차 주중 침두시간인 오전 8시에서 10시 사이인 9시30분, 화요일 데이터를 사용하였다. 화물차 DTG의 원시자료 필드 중 암호화되어 제공되는 트립키와 차대번호는 오류 데이터의 발견

시 일괄 제거하기 위한 목적으로 사용하였으며, 차량속도, 차량위치, GIS방위각 필드는 본 연구의 주 적용 데이터로 사용하였고, 적용 시간 필터를 위하여 ‘TIME’ 필드를 사용하였다. 데이터는 안전공단에서 제공한 ASCII 파일의 형태를 테이블로 분리하여 필요한 필드만 추출하였으며, 적용 자료는 <Table 2>와 같다. 또한 WGS84 좌표계인 경위도는 중부원점(N38, E127) TM 좌표계로 변환하여 사용하였다.

<Table 2> DTG data table

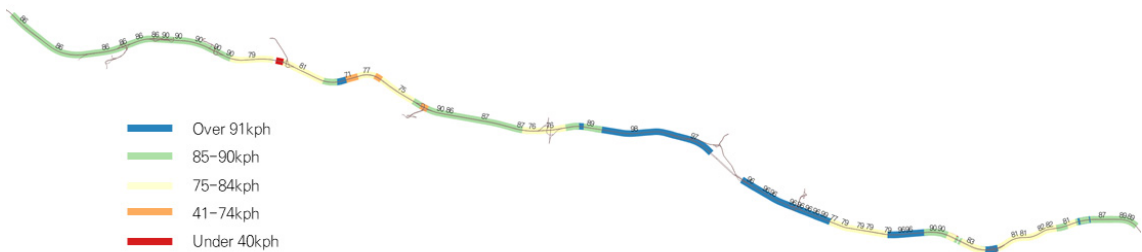
No.	Field name	Attribute	Note
1	T_KEY	Trip key	Encoding
2	CARNUM	Car number	Encoding
3	SPEED	Vehicle speed	km/h
4	WGS84_X	Vehicle location X	latitude coordinate(WGS84)
5	WGS84_Y	Vehicle location Y	longitude coordinate(WGS84)
6	AZIM	GIS azimuth	Degree
7	TIME	Time	18042809074000

2. 분석결과

영동고속도로 경기지역 DTG 자료의 지오해시를 이용한 분할 결과는 <Fig. 4>와 같고 링크를 그리드와 중첩 구간으로 분할하면 <Fig. 5>와 같이, 전체 구간 121개, 최소평균속도 25.25kph, 최대평균속도 99.2kph, 모집단 표준편차 10.04kph로 나타났다.



<Fig. 4> The analysis result of spacial separation



<Fig. 5> The analysis result of time mean speed

분할된 121개 구간에 대해 13회까지 분할한 그리드 기준으로 기준 표준편차를 벗어나는 구간을 위험 교통류라고 하고 해당하는 구간을 분류하면 <Fig. 6>과 같으며, 위험 교통류로 분리되는 13회 구간 분할 결과는 <Table 3>과 같다.



<Fig. 6> The analysis result of hazard traffic flow

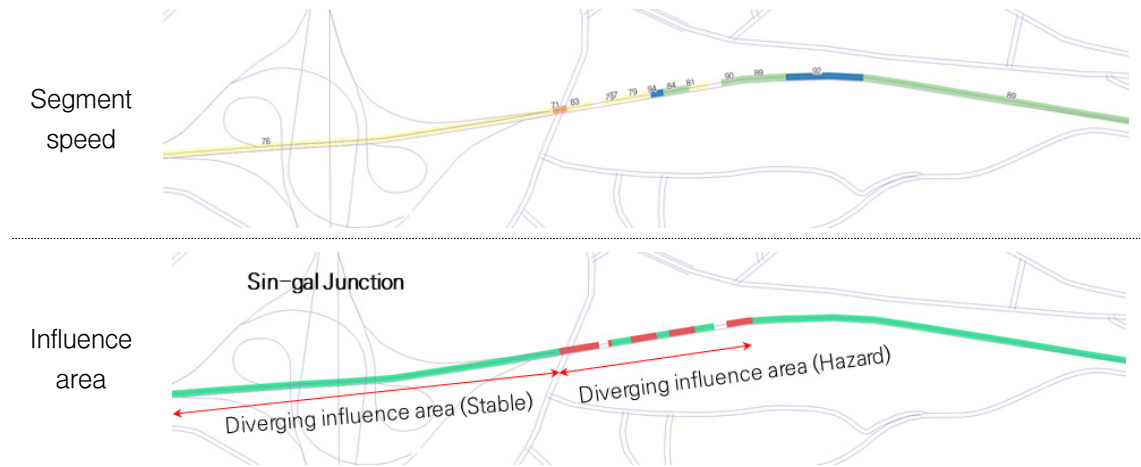
<Table 3> The analysis result of hazard flow in minimum segment

LEVEL	Segment ID	TMS	SMS	σ_{TMS}	Flow	Segment ID	TMS	SMS	σ_{TMS}	Flow
13	2121232322312	94.00	92.94	9.98	hazard	2120220001012	76.75	75.94	7.88	Stable
13	2121232322303	89.75	88.58	10.25	hazard	2120231302123	93.50	93.50	0.00	Stable
13	2121232322313	93.00	91.86	10.30	hazard	2120231302133	81.33	80.68	7.27	Stable
13	2120231302200	70.73	68.56	12.39	hazard	2120231302023	77.25	76.41	8.06	hazard
13	2120231302201	82.50	81.41	9.48	hazard	2120231302033	76.80	76.05	7.59	Stable
13	2031313321002	25.25	23.55	6.55	Stable	2120231302122	79.17	78.12	9.12	hazard
13	2120220011033	99.00	99.00	0.00	Stable	2123001021210	71.50	71.08	5.48	Stable
13	2120220001001	78.30	77.13	9.57	hazard	2120220010310	88.33	87.73	7.28	Stable
13	2123010010023	82.33	81.50	8.27	hazard	2123001021201	78.33	77.12	9.74	hazard
13	2120220001000	82.00	80.20	12.15	hazard	2120221122131	60.00	59.99	0.77	Stable
13	2120220001010	74.00	74.00	0.00	Stable	2123001021212	77.60	75.84	11.69	hazard
13	2120231302131	85.50	84.65	8.52	hazard	2120221122130	64.33	62.04	12.14	hazard
13	2123010010122	87.75	87.05	7.84	Stable	2120220010123	79.00	79.00	0.00	Stable
13	2120220001013	79.78	78.51	10.07	hazard	2123001021213	77.17	75.86	10.05	hazard
13	2120231302032	79.33	78.25	9.26	hazard	2120220010122	88.29	87.34	9.16	hazard

3. 결과의 해석

앞 절의 결과에서 도출된 위험 교통류 구간과 속도 표준편차 8kph 이하 구간의 시간평균속도를 산출하여 신갈분기점에서의 위험 교통류 및 분류부 영향권에 대해 해석하였다. <Fig. 7>의 구간 속도는 표준편차 8kph 이하일 때 나누어진 구간의 시간평균속도로 나타내었으며, 영향권은 13회 구간 분할 시 기준표준편차를 초

과할 경우를 붉은색으로 표시하였다. 신갈분기점의 분류가 시작되는 지점은 짧은 구간 시간평균속도가 71kph, 이후 76kph 이었다. 위험 교통류로 나타나는 구간은 시간평균속도가 90kph 이상에서 갑자기 감소하는 분류부에서 463.7m부터 일정 속도로 유지되는 분류지점까지로, 분류부 영향권이며 위험 교통류라 할 수 있으며 분류부 이후 지속되는 속도 감소 구간은 분류부 영향권이며 안정 교통류라고 할 수 있다.



<Fig. 7> The analysis of diverging influence area

IV. 결 론

본 연구에서는 개별 차량 정보를 이용하여 속도의 변화 지점과 차로별 속도 차이가 발생하는 구간 등 위험 교통류 분류 방법을 제시하고자 하였다. 동일 구간 내에서 개별 차량의 속도 차이를 나타낼 수 있는 공간 평균속도와 시간평균속도의 관계에서 차량간 속도 편차를 이용하여 속도의 분포가 불균등한 구간을 분리 할 수 있는 기준을 제시하였다. 구간의 분리는 지오희시를 기반으로 하여 차량간 속도 편차 기준을 산출하고 기준 표준편차로 정하여 구간의 분할 여부를 결정하였다. 차로별 속도 차이가 발생하는 위험 교통류 구간 분류하여 세분된 교통정보를 제공할 수 있도록 하였다.

영동고속도로 경기지역을 대상으로 화물차 DTG 자료의 차량 ID, 좌표, 방위각 및 속도정보를 이용하여 본 연구에 적용한 결과 121개의 구간으로 분할되었다. 최종 분할된 구간에서 기준 표준편차 범위에 포함되지 않은 구간을 위험 교통류 구간으로 결정하였다. 신갈분기점의 경우 분류부로부터 약 460m 지점까지 속도 저하 및 위험 교통류로 나타났으며, 분류부 이후에는 속도 저하만 나타났다.

본 연구에서는 속도 저하가 발생하면서 짧은 구간 또는 차로별 속도 편차가 발생하는 구간을 추출할 수 있었으며, 이는 분류부 또는 합류부의 영향권 내에서 위험 교통류 구간을 세분화할 수 있음을 알 수 있었다. 이는 고속도로에서 추돌 및 측면충돌 사고의 직접적 영향을 미치는 급격한 속도 저하 구간이나 차로 정보를 줄 수 있는 것으로써, 기존의 VDS 데이터를 이용한 링크 기반의 서비스에서는 제공할 수 없는 세분화된 위험 교통류 구간을 찾아낼 수 있었다. 그 결과 교통사고 방지를 위한 효과적인 정보로 운전자에게 제공될 수 있을 것으로 판단된다. 향후, 도로별, 차로별, 차종별, 도로 선형별 등에 따른 안정 교통류의 차량별 속도 편

차 기준에 대한 연구를 통해 자율주행차 등 확장된 자료를 적용하고 정밀 도로지도를 적용한 차선별 속도 정보의 연구가 필요하다.

REFERENCES

- Do C.(2009), *The Principles of Transportation Engineering* (3rd ed.), Seoul: Chong-Mun-Kak, pp.53-59.
- Garber N. J. et al.(2002), *Traffic & Highway Engineering* (3rd ed.), Cengage Learning, p.175.
- Kim S. and Ryu J.(2011), “Development of Impulse Propagation Model between Lanes through Temporal-Spatial Analysis,” *Journal of Korean Society of Transportation*, vol. 29, no. 3, pp.123-137.
- Kim Y. and Lee S.(2006), “Dynamic O-D Trip estimation Using Real-Time Traffic Data in congestion,” *The Journal of the Korea Institute of Intelligent Transportation System*, vol. 5, no. 1, pp.1-12.
- KoROAD(2021), *Traffic Accident Analysis System*, <http://taas.koroad.or.kr/>
- Kwak H. C.(2013), *Real-Time Prediction of Crash Risk by Freeway Segment Types and Traffic Flow State*, Doctoral Dissertation, The Graduate School Seoul National University, Korea.
- Lee S., Ahn W. and Kang H.(2010), “A Study on Forecasting Traffic Congestion Using IMA (Integrated Moving Average) of Speed Sequence Array,” *Journal of Civil and Environmental Engineering Research*, vol. 30, no. 2D, pp.113-118.
- MOCT(2013), *Highway Capacity Manual*, pp.78-91.
- Tian J., Jiang R., Li G., Treiber M., Jia N. and Ma S.(2016), “Cellular automaton model simulating spatiotemporal patterns, phase transitions and concave growth pattern of oscillations in traffic flow,” *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 93, pp.560-575.
- Vukovic T.(2016), *Hilbert-Geohash-Hashing Geographical Point Data Using the Hilbert Space-Filling Curve*, Master's Thesis, NTNU, Trondheim, Norway.
- Zheng S., Jiang R., Jia B., Tian J. and Gao Z.(2020), “Impact of Stochasticity on Traffic Flow Dynamics in Macroscopic Continuum Models Show less,” *Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2674, no. 10, pp.690-704.