



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

도시계획학 석사학위논문

신호위반 무인단속 카메라의 설치
효과 분석

Effect Analysis of Red-Light Camera
Installation

2016년 8월

서울대학교 환경대학원
환경계획학과 교통학전공
김혜원

국문초록

교차로 내 혹은 부근에서 발생하는 교통사고는 차량 피해 외에 심각한 인명피해를 가져올 수 있다. 교차로에서 발생하는 사고의 원인으로는 속도위반과 신호위반이 큰 부분을 차지하고 있다. 이에 교차로의 사고 감소와 인명피해 감소를 목표로 신호위반 무인단속 카메라를 설치하여 운영하고 있다.

본 연구에서는 교차로의 신호위반 무인단속 카메라의 설치 효과를 분석하기 위해 여러 가지 지표를 선정한다. 기존 연구에서 사용하였던 사고건수, 사망률 등의 지표 대신 속도위반 무인단속 카메라의 설치 효과 지표로 사용되는 속도 및 감가속도와 함께 차량의 통행 특성을 반영하는 딜레마존을 지표로 선정한다. 또한, 딜레마존 지표의 경우 기존에 사용하던 산정식이 아닌 조금 더 현실의 통행 특성을 반영 할 수 있도록 딜레마존 시작점과 끝점에 각각 다른 통행 속도를 이용하는 산정식을 적용한다.

자료 조사를 위해서 서울시 내의 신호위반 무인단속 카메라가 설치된 교차로 중 도로선형, 종단구배 등 도로의 기하구조가 조사에 영향을 미칠 수 있는 곳을 제외하고, Landscape View기법 촬영이 용이한 교차로 6개(난곡사거리, 봉천로사거리, 양평동사거리, 문래동사거리, 서울대입구역사거리, 원당초교입구사거리)를 선정하였다. 조사 시간은 각 차량에 대해 선행 차량의 영향이 없어야 하므로 교통량이 적은 새벽시간대로 진행하였다.

속도 지표의 경우 6개의 교차로 모두 미단속지점에 비해 신호위반 무인단속 카메라가 설치된 단속지점에서 더 낮은 값으로 나타났고, 속도의 표준편차 지표는 6개의 교차로 중 4개의 교차로에서 미단속지점에 비해

단속지점이 낮게 나타났다. 단속지점의 전체 차량 통행 속도의 감소와 표준편차가 낮게 나타난 것은 신호위반 무인단속 카메라 설치의 효과가 나타난 것으로 해석된다. 딜레마존 지표는 모든 교차로에 대해 단속지점에서의 딜레마존 길이가 미단속지점에서의 딜레마존 길이보다 짧게 나타났다으며, 딜레마존의 위치 또한 정지선에 가깝게 나타났다. 딜레마존의 길이가 감소할수록 교차로를 불안전하게 통과하는 구간이 짧아지는 것이므로 사고 감소의 효과가 있다.

속도 지표, 딜레마존 지표 분석 결과 모두 신호위반 무인단속 카메라의 설치의 효과가 나타나는 것으로 분석되었다.

주요어 : 신호위반 무인단속 카메라, 효과 분석 지표, 속도지표, 딜레마존
학 번 : 2014-24087

<목 차>

I. 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 범위	2
3. 연구의 방법 및 흐름도	2
II. 선행 연구의 고찰	4
1. 신호위반 무인단속 카메라	4
1) 신호위반 무인단속 카메라 개요	4
2) 신호위반 검지기능	4
3) 신호위반 단속기능	4
4) 신호위반 무인단속 카메라 효과 분석 관련 연구	5
2. 속도위반 무인단속 카메라	6
3. 딜레마존	7
4. 선행연구의 한계점 및 본 연구와의 차별성	9
III. 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과 분석 지표	11
1. 속도 지표	11
1) 평균 속도	11
2) 속도 분산 및 표준편차	11
3) 평균 감가속도	12
2. 딜레마존 지표	13

1) 정의 및 가설 설정	13
2) 딜레마존의 시작점	14
3) 딜레마존의 끝점	14
4) 기존 딜레마존 산정식과의 비교	15
IV. 분석 지표 적용	16
1. 적용 방법	16
1) 자료수집	16
2) 자료 추출 및 적용	22
2. 분석 방법	24
1) 교차로 속도 지표 비교 분석	24
2) 차량 통행 특성 분석	31
3) 기존 딜레마존 산정식과 적용식 비교분석	35
4) 신호위반 무인단속 카메라 유무 지점 비교 분석	40
5) 소결	46
V. 결론	48
1. 결론	48
2. 연구의 한계 및 향후과제	50
참고문헌	51
Abstract	53

〈표 차례〉

[표 1] 기존 딜레마존 산정식과 적용식의 비교	15
[표 2] 조사대상구간(무인단속카메라 설치지점/참조지점)	17
[표 3] 조사대상구간 현황	19
[표 4] 접근속도에 따른 조사범위 상위경계	22
[표 5] 접근속도 산출 표본	23
[표 6] 미단속지점과 단속지점의 속도분포	25
[표 7] 미단속지점과 단속지점의 속도분포	26
[표 8] 미단속지점과 단속지점의 속도분포	27
[표 9] 미단속지점과 단속지점의 속도분포	28
[표 10] 미단속지점과 단속지점의 속도분포	29
[표 11] 미단속지점과 단속지점의 속도분포	30
[표 12] 난곡사거리 통행 특성	32
[표 13] 봉천로사거리 통행 특성	32
[표 14] 양평동사거리 통행 특성	33
[표 15] 문래동사거리 통행 특성	34
[표 16] 서울대입구역사거리 통행 특성	34
[표 17] 원당초교입구사거리 통행 특성	35
[표 18] 난곡사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	36
[표 19] 봉천로사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	37
[표 20] 양평동사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	37
[표 21] 문래동사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	38
[표 22] 서울대입구역사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	39
[표 23] 원당초교입구사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	40

[표 24] 난곡사거리 단속/미단속 딜레마존 특성	41
[표 25] 봉천로사거리 단속/미단속 딜레마존 특성	42
[표 26] 양평동사거리 단속/미단속 딜레마존 특성	43
[표 27] 문래동사거리 단속/미단속 딜레마존 특성	44
[표 28] 서울대입구역사거리 단속/미단속 딜레마존 특성	45
[표 29] 원당초교입구사거리 단속/미단속 딜레마존 특성	46

<그림 차례>

<그림 1> 연구 흐름도	3
<그림 2> 딜레마구간 및 옵션구간 개념도	8
<그림 3> 평균 속도 개념도	11
<그림 4> 속도 분포 및 표준편차 개념도	12
<그림 5> 딜레마존 개념도	13
<그림 6> Landscape View촬영기법	21
<그림 7> 비디오카메라 자료 추출과정	22
<그림 8> 지도를 이용한 조사대상 범위 측정	23
<그림 9> 난곡사거리 속도분포	25
<그림 10> 봉천동사거리 속도분포	26
<그림 11> 양평동사거리 속도분포	27
<그림 12> 문래동사거리 속도분포	28
<그림 13> 서울대입구역사거리 속도분포	29
<그림 14> 원당초교사거리 속도분포	30
<그림 15> 난곡사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	36
<그림 16> 봉천로사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	37
<그림 17> 양평동사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	38
<그림 18> 문래동사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	39
<그림 19> 서울대입구역사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	39
<그림 20> 원당초교입구사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성	40
<그림 21> 난곡사거리 딜레마존 특성	41
<그림 22> 봉천로사거리 딜레마존 특성	42
<그림 23> 양평동사거리 딜레마존 특성	43

<그림 24> 문래동사거리 딜레마존 특성	44
<그림 25> 서울대입구역사거리 딜레마존 특성	45
<그림 26> 원당초교입구사거리 딜레마존 특성	46

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

2014년 발생한 약 112만 건에 달하는 교통사고 중 약 13%가 교차로 내 혹은 교차로 부근에서 발생한 사고이다. 특히 횡단보도를 포함한 교차로의 경우 사고 발생 시 차량 피해 외에도 심각한 인명피해가 발생한다. 교차로 사고 원인으로는 단순 과속이나 운전 부주의 외에도 신호위반이 큰 부분을 차지하고 있다. 이러한 교차로 내 혹은 부근 사고를 줄이기 위한 방안으로 적정 황색신호를 운영하거나 전방신호기 설치, 무인단속카메라 설치 등이 있다. 현재 국내에서는 교차로 주행 특성과 환경의 고려 없이 대부분의 교차로가 3초(황색신호시간 최소값)로 운영되고 있는 반면, 동일한 도로 환경에서 미국은 황색신호시간이 약 5~6초로 운영되고 있다. 이처럼 비 적정 황색신호로 운영을 하게 되면 사고위험성이 증가 한다. 신호위반 무인단속카메라 설치를 통해서도 교차로 주행 특성 변화로 교통사고의 주요인인 신호위반, 과속 등을 방지할 수 있다.

본 연구에서는 신호위반 무인단속 카메라 설치에 따른 효과를 분석하기 위한 지표를 설정하는데 단속지점과 미단속지점 교차로 내의 통행 차량의 속도 지표와 딜레마존 길이를 지표로 이용한다. 교차로에 설치되어 있는 신호등을 통해 운전자는 녹색신호 시 진행, 적색신호 시 정지 등의 교차로 진입여부를 판단하게 된다. 차량이 교차로로 접근할 때 황색신호가 들어온다면 운전자는 진행과 직진을 결정해야 하고 이 과정에서 딜레마존이 발생한다. 이 딜레마존 길이에 따라 교차로 신호 운영시스템이 변화되고 교통사고 발생에도 영향을 미친다. 따라서, 신호위반 무인단속 카메라 설치의 효과를 분석하기에 적당한 지표가 될 것이다. 이때 딜레

마존 길이 산정은 기존식에서 신호위반 무인단속 카메라의 유무와 상관 없이 차량의 접근속도를 일정한 값으로 사용한 것과 달리 본 연구에서는 신호위반 무인단속카메라 유무에 따라 다른 접근속도를 이용하는 딜레마 존 산정식을 적용한다.

2. 연구의 범위

본 연구에서는 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과를 분석하기 위한 지표를 설정해야 하므로 서울시내에 있는 교차로 중 무인단속카메라가 설치되어 있는 곳을 중심으로 선정하였다. 그 중 무인단속카메라 설치지점과 지점별 사고 증감자료를 검토하여, 무인단속카메라 설치 이후 사고 증감에 따라 연구대상 교차로를 선정하였고 비교 대상으로는 선정된 교차로와 인접한 지역 중 무인단속카메라가 설치되지 않은 구간을 선정하였다. 또한 차량의 실제 접근 속도를 분석하기 위한 촬영장비 설치가 용이한 6개의 교차로(난곡사거리, 봉천로사거리, 양평동사거리, 문래동사거리, 서울대입구역사거리, 원당초교입구사거리)를 최종적으로 선정하였다.

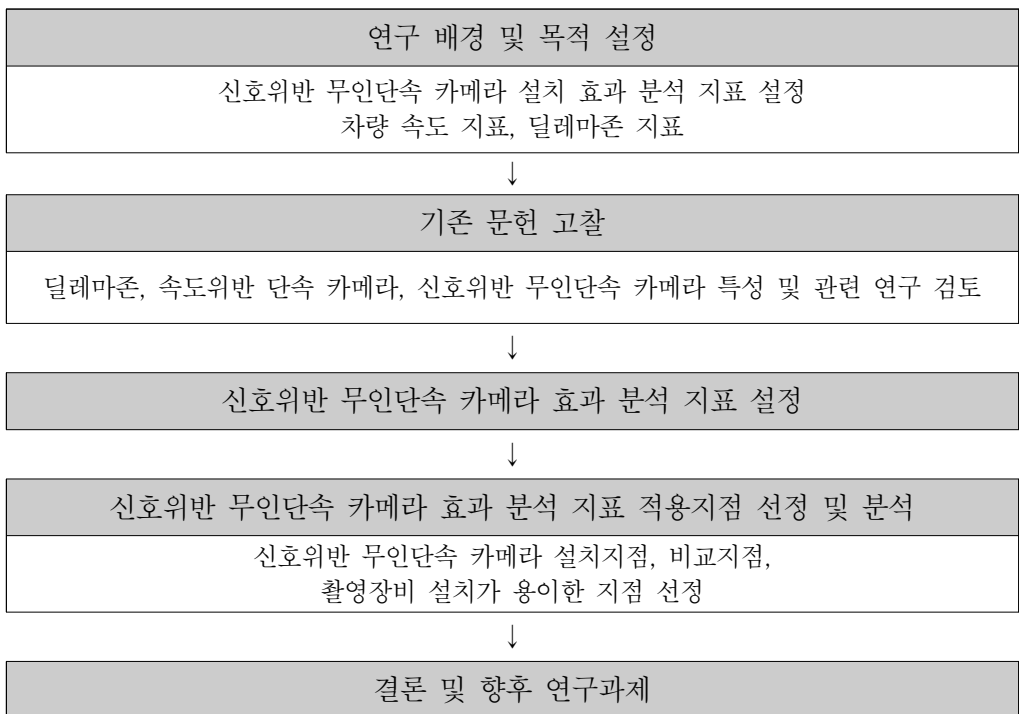
자료 조사는 2014년 10월 평일에 진행되었으며, 차량의 개별적인 통행특성을 분석하기 위해 차량의 흐름이 원활하여 앞 차량의 방해받지 않은 상태로 교차로에 진입할 수 있는 새벽시간대(오전 5:00~7:00)로 선정하였다.

3. 연구의 방법 및 흐름도

본 연구는 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과 분석을 위한 지표 개발을 위해 기존의 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과 분석 관련 문헌

들과 속도위반 무인단속 카메라 설치 효과 분석 관련 자료들을 조사하였다. 또한, 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과 분석 지표로 이용하는 딜레마존에 대해 실제 차량 통행 특성에 적합한 딜레마존 산정식을 적용하기 위해 기존의 딜레마존 산정식들과 관련 연구들을 분석하였다. 기존 문헌들을 토대로 딜레마존 시작점과 끝점에 각각 정지차량의 속도와 통과차량의 속도를 이용한 딜레마존 산정식을 적용한다.

신호위반 무인단속 카메라 설치 효과 분석 지표 적용을 위해 실제 신호위반 무인단속 카메라가 설치되어 있는 지점에서 비디오 촬영을 통해 자료 조사를 시행하였다. 추출된 자료를 지표에 적용하여 단속지점, 미단속지점 비교 분석을 통해 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과를 분석해본다.



<그림 1> 연구 흐름도

II. 선행 연구 고찰

1. 신호위반 무인단속 카메라

1) 신호위반 무인단속 카메라 개요

신호위반 무인단속카메라는 신호교차로에서 신호위반차량을 단속하는 장비로, 정지선 부근에 설치되는 검지장치를 통하여 위반차량을 적발한 후, 위반차량의 영상(위반사향, 시간, 영상 등)을 수집하여 위반정보를 센터 표준서버로 전송하는 기능을 수행한다.

2) 신호위반 검지기능

신호등 센서로부터 신호등이 정상이라고 판단되는 경우에만 단속을 수행하며, 신호등이 비정상적으로 동작할 때는 속도위반만을 단속, 이 정보는 단속 영상정보와 함께 중앙 센터로 전송된다. 적색 신호가 시작되고 설정 값(1~10초) 이후 정지선을 통과한 차량을 단속하며, 측정된 속도 값을 이용하여 보조 카메라의 영상수를 조정한다. 검지기는 교차로 정지선을 기준으로 설치되어야 하며, 차로 폭이 3.5m를 초과하는 차로 및 최우측 차로는 단속대상에서 제외 한다.

3) 신호위반 단속기능

중앙제어장치는 신호위반 차량, 속도 위반차량 등의 위반차량 정보를 처리하는 기능을 수행한다. 이를 위해 검지장치에서 전송되는 위반 차량의 속도 정보, 신호등 상태 정보와 영상 취득부에서 전송되어 오는 위반 차량의 취득영상을 처리하는 기능을 수행한다.

신호위반 단속 기능으로는 일정 속도 이상(10km/h)을 주행하면서 신호위반을 하는 차량을 단속 할 수 있어야 하고 적색신호 시에는 신호위반을 단속하고, 유효녹색 신호시에는 속도위반 단속을 수행해야 하는 등 다양한 기능이 있다.

4) 신호위반 무인단속 카메라 효과 분석 관련 연구

도로교통공단(2004)에서는 신호위반단속장비 설치 전-후 교통사고를 분석한 결과, 조사대상 20개 지점에서 장비 설치 후에 교통사고건수는 21.7%, 사망사고는 28.6% 감소한 것으로 분석했다.

김태영·박병호(2010)은 무인신호위반 단속장비의 설치 후 3년간 연도별 교통사고 자료를 토대로 분석을 했다. 경험적 베이즈 방법을 이용하여 3년간의 교통사고를 분석한 결과, 교통사고 감소 효과는 설치 후 1년은 2.73 ~38.75%, 2년은 6.85~47.36%, 3년은 6.04~39.31% 정도 나타났다.

이상혁 외(2012)는 미국 시카고시의 2004~2010년까지의 교차로 지형정보, 교통사고정보, 교차로 신호정보 등을 이용하여 교차로 신호위반 단속카메라의 설치 전·후의 교통사고에 대한 효과를 EB방법을 이용하여 분석하였다. 분석 결과, 사망사고는 약 26% 감소하고 교통사고 발생빈도는 5.49% 증가하는 것으로 나타났다. 신호위반 단속카메라가 교차로의 전체 교통사고 빈도는 증가시키지만 사고의 심각도 측면에서는 사망사고를 감소시키는 것으로 분석되어 교통안전에 대한 효과는 있는 것으로 나타났다.

Retting et al(2003)에서는 신호위반 단속 카메라의 효과를 분석하기 위해 국제적인 연구 자료들을 분석하였다. 단속 카메라는 보통 약 40~50%의 감소 효과를 나타낼 것으로 예상되었다. 대부분의 연구에서

는 교차로 사고, 특히 우측직각추돌사고가 크게 감소한 것으로 나타났다. 또한, 많은 연구에서 카메라 설치로 인한 후방 추돌 사고의 증가도 나타났다. 결과적으로 모든 사고에 대해 약 25~30%의 감소 효과를 갖는 것으로 나타났다.

Fitzsimmons(2007)은 2001년부터 2006년까지의 Iowa주 Bluffs와 Davenport를 대상으로 단속카메라설치로 인한 사고 영향을 단순 통계학 기법과 Bayesian 기법을 이용하여 분석하였다. Bluffs시의 경우 전체 교통사고와 후방추돌 변화율이 감소하는 것으로 나타났으며 Davenport의 경우는 총 교통사고가 약 20%가 감소하는 것으로 나타났다.

2. 속도위반 무인단속 카메라

속도위반 무인단속 카메라는 통행 속도 단속을 통행 운전자의 통행 행태 변화를 유도하여 교통사고 발생을 감소시키는 역할을 위해 설치된다. 이러한 속도위반 무인단속 카메라의 설치 효과를 분석하기 위해서 대부분 설치 전후 각 1년간을 기준으로 사고건수, 사망자수 등을 비교 분석한다.

도로교통안전관리공단(2004)에서 실시한 무인교통단속장비 성과지표 개발에 관한 연구에서는 32개의 지점에 대해 지점과속단속장비 설치 전후에 대해 효과 분석 지표로 교통사고건수, 사망자수, 평균속도, 속도분산을 선정하였다. 교통사고건수는 설치 후 약 28%가 감소, 사망자수는 60% 감소, 평균속도는 14% 감소하는 효과를 보였다.

이호원 외(2013)의 연구에서는 구간속도위반 단속장비의 설치 효과를 분석하기 위해 평균 구간통행속도와 월간 교통사고 건수를 분석하였다.

평균 구간통행속도는 단속장비 설치 후 약 21.4%~31.0% 감소효과가 나타났고, 월간 교통사고 건수는 45.9%가 감소한 것으로 나타났다.

Thomas L.J. et al(2008)은 16개국에서 진행 된 90개의 연구에 대해 전체적인 연구결과를 분석하였다. 그 결과 자동 속도 단속 프로그램의 시행으로 인해 사고 감소는 약 20~25%가 나타나는 것으로 예측 되었다.

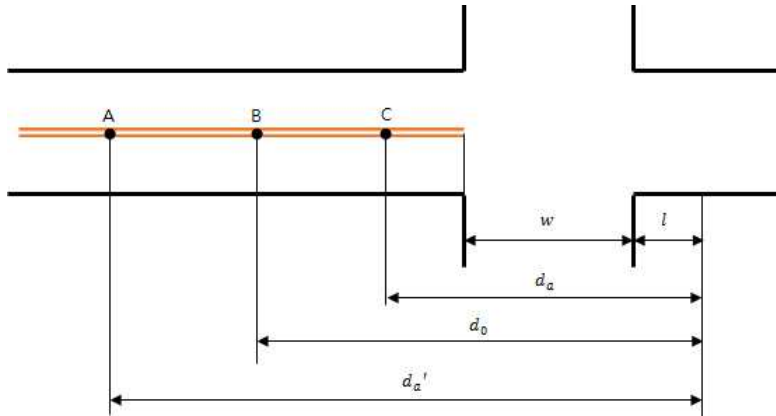
3. 딜레마존

딜레마존에 대해 Sheffi and Mahmassani(1981)은 교통신호가 녹색에서 황색으로 바뀌는 시간에 운전자가 교차로를 통과 혹은 정지하기를 결정하기 어려운 구간으로 정의하였고, Gazis(1960)와 Martin and Kalyani(2003)는 황색신호가 바뀌기 전에 운전자가 교차로를 충분히 통과하거나 정지선에 정지 할 수 있는 구간이라고 정의하였다.

국내에서는 류창남(2008)이 신호가 황색으로 바뀌는 시점에서 운전자가 교차로를 통과 혹은 정지하기를 결정하기 어려운 구간이라고 일반적인 정의를 내렸다.

따라서 딜레마존은 황색신호를 확인 후 정지선 이전에 멈추지도 못하고 교차로를 빠져나가지도 못하는 구간이며, <그림 1>에서 차량이 적정 황색신호시간동안 달리는 거리 d_0 에서 실제 황색신호시간동안 달리는 거리 d_a 사이인 B~C가 된다. 반면, 실제 황색시간이 적정 황색신호시간보다 길 경우에는 A~B에 해당하는 옵션구간이 발생한다. 옵션구간 내에 있는 차량은 황색신호가 켜졌을 때 그래도 진행하여도 교차로를 통과할 수 있으며, 임계감속도로를 감속하지 않아도 정지선 이전에 정차할 수 있다. 즉, 딜레마존은 운전자가 교차로를 향해 주행하는 중에 황색신

호를 보고 정지 혹은 통과를 쉽게 판단할 수 없는 구간을 의미한다. 딜레마존은 차량의 속도, 운전자의 특성, 차량 특성, 교차로의 형태, 정지선으로부터의 거리 등에 의해 결정되는데 특히, 차량의 속도는 딜레마존 길이를 결정하는 중요한 요소이다.



<그림 2> 딜레마구간 및 옵션구간 개념도

딜레마존 시작점 : 정지선에서부터 후방으로; $(t + \frac{v}{2a}) \times v$

딜레마존 끝점 : 정지선에서부터 후방으로; $Y \times v - (w + l)$

딜레마존 길이 : $(t + \frac{v}{2a} + \frac{w+l}{v} - Y) \times v$

t = 인지반응시간(sec)

v = 차량의 접근속도(m/s)

a = 임계감속도(m/s²)

Y = 실제 황색신호시간(sec)

w = 교차로의 폭(m)

l = 차량의 길이(m)

이승규 외(2014)에서는 딜레마구간 길이를 산정하는 식 외에도 최소

정지거리(Stopping Distance)와 통과가능 최대거리(Clearing Distance)에 대한 연구도 하였다. 최소정지거리(Stopping Distance, d_0)는 접근속도 v 인 직진차량이 교차로 내에 진입하지 않고 정지선에 정지할 수 있는 거리로 계산식을 산정하였다. 또한, 통과가능 최대거리(Clearing Distance, d_c)는 직진차량이 직진황색시간 동안 교차로를 통과할 수 있을 때 정지선부터의 거리를 계산하였고 이를 이용하여 딜레마 구간을 산정하였다.

김순영(2011)의 「지점속도를 이용한 딜레마 구간의 설정 방법론 개발」에서는 교차로의 딜레마 구간 설정 식에 사용하는 설계속도, 교차로 이전 일정 구간의 평균속도 대신 운전자의 운행특성을 고려한 지점속도를 적용하는 방법론을 개발하였다.

해외 연구 사례의 경우 Sheffi and Mahmassani (1981)의 연구에서 35mph이상의 속도에서 운전자 행태모형을 개발하여 황색신호시간과 통행속도와의 관계를 통해 딜레마존을 산정하는 것을 확인할 수 있다.

4. 선행 연구의 한계점 및 본 연구와의 차별성

기존 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과를 분석하는 방법으로 주로 교차로 내의 교통사고건수의 증감 여부를 이용하였다. 단순 교통사고건수 감소와 교통사고로 인한 사망자수 감소 등은 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과를 보여주기도 하지만 차량의 급정거, 급가속으로 인한 후방추돌 사고 등과 같이 특정 사고건수가 증가하는 경우도 있다. 따라서, 본 연구에서는 차량의 운행 특성 자체에 초점을 맞춰 속도위반 무인단속 카메라의 설치 효과를 분석하는 지표로도 사용되는 속도 분포 지표와 교차로의 안전 평가 지표로 사용되는 딜레마존을 지표를 이용하여 신호위

반 무인단속 카메라 설치 효과를 분석해 본다.

또한, 기존의 딜레마존을 산정 연구에서는 시작점과 끝점에 도로의 설계속도, 제한속도 등과 같이 동일한 속도 값을 사용하였다. 하지만 차량 운전자의 개개인의 특성과 운전행태가 모두 다르기 때문에 일정한 값을 사용한다는 것은 현실 적용에 있어서 문제가 있다. 임계가속도 역시 기존에 사용하는 값이 현실을 반영하기에는 무리가 있다. 특히, 무인단속 카메라가 설치될 경우 우선적으로 차량들의 접근속도가 감소하고 교차로를 통과하는 차량들의 속도 역시 기존과 차이가 날 것이다.

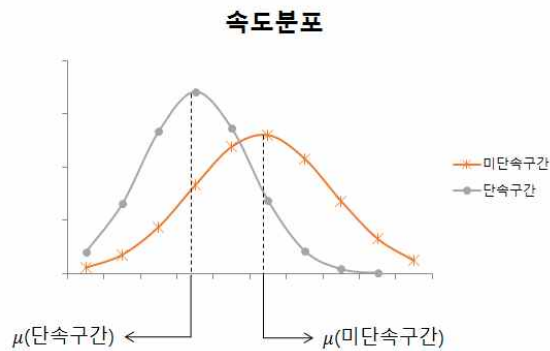
본 연구에서는 기존에 하나의 값으로 사용하던 속도를 딜레마존의 정의에 따라 시작점과 끝점에 다르게 적용하고, 각 식에 사용되는 임계가속도 또한 무인단속카메라 교차로에서의 운전자 특성을 고려하여 적용한다.

Ⅲ. 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과 분석 지표

1. 속도 지표

1) 평균 속도 지표

교차로에 접근하는 모든 차량에 대해 평균 속도를 측정하여 단속지점과 미단속지점의 평균 속도 차이를 분석한다. 신호위반 무인단속 카메라가 설치된 단속지점의 경우 미단속지점에 비해 운전자의 평균 통행 속도가 낮게 나타날 것이다.



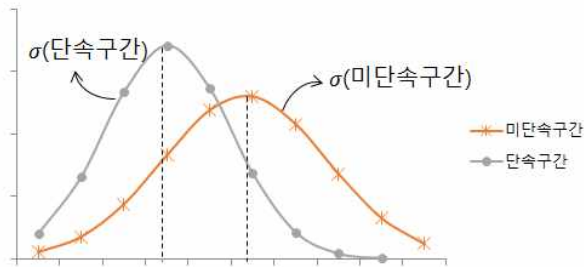
<그림 3> 평균 속도 개념도

2) 속도 분산, 표준편차 지표

교차로에 접근하는 차량들의 평균 속도 외에도 속도의 분산 및 표준편차 지표를 적용한다. 신호위반 무인단속 카메라의 설치로 인해 차량의 속도의 감소 외에도 각 차량의 들의 속도 분포에도 변화가 나타날 것이다. 단속지점에서의 속도 분산과 표준편차는 미단속지점에서의 분산과

표준편차에 비해 낮은 값을 가질 것이다. 즉, 단속지점의 차량들이 미단속지점에의 차량들에 비해 비슷한 속도로 운행을 할 것이다.

속도분포



<그림 4> 속도 분포 및 표준편차 개념도

3) 평균 감가속도 지표

평균 감가속도는 교차로에 접근하는 차량 중 단속지점과 미단속지점에 대해 황색신호 시 정지한 차량의 감속도와 통과한 차량의 가속도를 분석하여 신호위반 무인단속 카메라의 효과 분석 지표로 적용한다. 정지 차량의 감속도의 경우는 단속지점의 교차로 접근속도가 미단속지점의 교차로 접근속도 보다 낮기 때문에 감속도도 낮게 나타날 것이다. 즉, 단속지점에서는 차량이 미리 저속으로 주행을 하여 정지선에 정지하지만 미단속지점에서는 고속으로 주행하던 차량이 급정거 하는 경우가 발생하는 것이다. 또한, 통과 차량의 가속도는 단속지점에는 제한속도가 있기 때문에 미단속지점의 가속도 값이 더 높게 나타날 것이다.

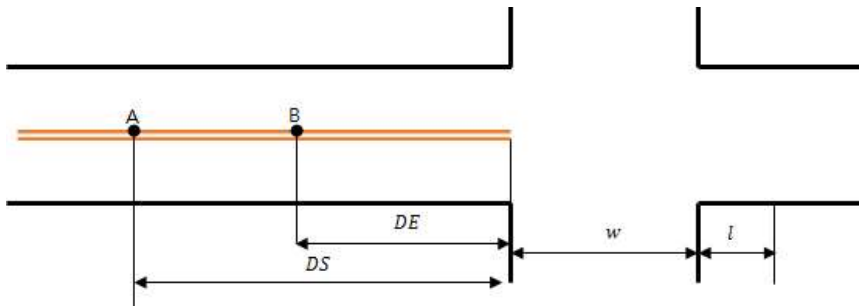
2. 딜레마존 지표

1) 정의 및 가설 설정

본 연구에서는 딜레마존의 정의 중 딜레마존에 차량이 있을 경우 임계 감속도로 정지를 해도 정지선 이전에 정지 할 수 없고, 가속을 하여 교차로를 빠져나가지도 못하는 구간으로 정의 한다.

따라서, 황색신호를 보고 정지한 차량은 딜레마존의 시작점 이전에 있던 차량이므로 딜레마존의 시작점 산정식에는 정지차량의 황색신호 시 통행속도를 사용하고, 교차로를 통과한 차량은 딜레마존의 끝점과 정지선 사이에 있던 차량이므로 딜레마존의 끝점 산정식에는 통과차량의 황색신호 시 통행속도를 사용한다. 또한, 딜레마존 시작점에서 사용하는 기존의 임계감속도 대신 현장 조사에서 추출한 감속도를 이용하여 현실 반영 효율을 높인다.

기존 딜레마존의 개념도 <그림5>에서 딜레마존의 시작점과 끝점은 각각 A, B 이고 딜레마존의 길이는 A-B가 된다. A, B 지점의 거리 DS(Dilemma zone Start)와 DE(Dilemma zone End)는 각각 속도-거리 식을 이용하여 정지선에서부터의 거리를 측정한다.



<그림 5> 딜레마존 개념도

2) 딜레마존의 시작점

<그림 5>에서 딜레마존의 A~B 구간 안에 있는 차량이 아닌 A 지점 이전에 위치해 있는 차량이라면 임계감속도로 정지를 하면 정지선 이전에 정차 할 수 있다. 이 차량이 정지선 이전에 정차하기 위해서는 황색신호를 확인하고 그때부터 임계감속도로 속도를 줄여 정지하는 것이다. 이때, 기존 딜레마존 산정식과 달리 식의 실제 적용 효율성을 높이기 위해 실제 정지한 차량의 황색신호 시 속도(v_s)를 사용한다. 이러한 운행태를 식(1)으로 표현하면 다음과 같다.

$$DS = \left(t + \frac{v_s}{2a_s}\right)v_s \quad \dots(1)$$

DS = 정지선에서부터 딜레마존 시작점까지의 거리

v_s = 정지차량의 황색신호 시 속도

a_s = 정지차량의 감속도

t = 인지반응시간

3) 딜레마존의 끝점

한편 <그림 5>에서 딜레마존 구간의 B 지점 이후에 위치해 있는 차량은 충분히 황색신호 시간동안 교차로를 통과 할 수 있다. 이 딜레마존 끝점부터 교차로를 통과하기까지의 구간에서는 운전자가 황색신호를 인지한 후 황색신호시간 안에 교차로를 통과하기 위해 속도를 높여 운행할 것을 반영한 딜레마존 끝점 산정식은 식(2)와 같다. 딜레마존의 끝점 산정식에도 마찬가지로 <그림 5>의 B지점 이후에 위치해 있던 차량은 교차로를 통과하기 때문에 차량의 속도는 교차로를 통과한 차량의 황색신

호 시 속도(v_p)를 적용하여 산정한다.

$$DE = v_p Y + \frac{1}{2} a_p (Y - t)^2 - (w + l) \quad \dots(2)$$

DE = 정지선에서부터 딜레마존 끝점까지의 거리

v_p = 통과차량의 황색신호 시 속도

a_p = 통과차량의 가속도

Y = 실제황색신호시간

t = 인지반응시간

w = 교차로의 폭

l = 차량의 길이

4) 기존 딜레마존 산정식과의 비교

본 연구에서 적용하는 딜레마존 산정식과 기존에 이용하던 딜레마존 산정식 각각의 딜레마존 시작점, 끝점 식을 이용하여 딜레마존 길이에 대한 식을 비교하면 [표 1]과 같이 나타난다.

[표 1] 기존 딜레마존 산정식과 적용식의 비교

	기존식	적용식
딜레마존 시작점	$(t + \frac{v}{2a}) \times v$	$(t + \frac{v_s}{2a_s})v_s$
딜레마존 끝점	$Y \times v - (w + l)$	$v_p Y + \frac{1}{2} a_p (Y - t)^2 - (w + l)$
딜레마존 길이	$(t + \frac{v}{2a} + \frac{w + l}{v} - Y) \times v$	$(t + \frac{v_s}{2a_s})v_s - v_p Y - \frac{1}{2} a_p (Y - t)^2 + (w + l)$

IV. 분석 지표 적용

1. 적용 방법

1) 자료 수집

(1) 조사지점 설정

조사범위는 서울시 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구, 서초구에 2010 ~ 2012년 3년동안 설치된 신호위반 무인단속 카메라 대상으로 조사지점을 설정하였다. 조사범위 내 신호위반 무인단속 카메라 설치지점의 특성을 검토하여 교차로 외(지하차도 입구, 삼거리, 단일로 등)에 설치된 장비는 본 연구대상에서 제외하였다. 딜레마존의 특성을 분석하기 위한 자료이므로 도로선형, 종단구배 등 도로의 기하구조 중 딜레마존에 영향을 줄 수 있는 요소를 제외하였다. 도로의 기하구조의 선정 기준은 도로용량편람, 이수범 외(2001)의 「인적요인이 도로설계에 미치는 요인」을 기반으로 다음과 같이 설정하였다.

- ① 차로폭 3.0m이상인 곳
- ② 구배 3.0%미만
- ③ 교차로 정지선에서 75m이내에 버스정류장이 없을 것
- ④ 교차로 정지선에서 75m이내에 차량의 주정차 및 건물로의 진출입로가 없을 것 또는 이들로 인해 주이동류가 영향을 받지 않을 것
- ⑤ 주이동류가 직진일 것
- ⑥ 가로등이 충분히 있어 야간 주행에 영향이 없는 곳
- ⑦ 4지교차로이고, 접근부가 직선부일 것

마지막으로 비디오 촬영 장비를 설치하고 자료를 수집이 가능한 지점으로 선정하였다.

위의 8가지 조건을 만족하며 100m 이내에 도로 기하구조 변화가 없고 무인단속카메라가 설치되어 있는 6개의 지점을 조사대상으로 선정하였다. 또한, 무인단속카메라 유무에 따른 차량 통행 특성 및 딜레마존 길이 비교 분석을 위해 기하구조와 교통량이 비슷한 지점을 참조 지점으로 선정하였다.

[표 2] 조사대상구간(무인단속카메라 설치지점/참조지점)

단속 구간 (위치,방향)	미단속 구간 (참조지점) (위치,방향)
난곡사거리 (사당역→김포공항)	난곡사거리 (김포공항→사당역)
봉천로사거리 (현대시장입구→원당초교)	현대시장입구사거리 (봉천로사거리→은천길입구)
양평동사거리 (경인고속입구→양화대교)	양평동사거리 (양화대교→경인고속입구)
문래동사거리 (영등포역→신도림역)	문래동사거리 (신도림역→영등포역)
서울대입구역사거리 (사당역→신림역)	서울대입구역사거리 (신림역→사당역)
원당초교입구사거리 (서울대입구역→낙성대역)	원당초교입구사거리 (낙성대역→서울대입구역)

난곡사거리 조사지점은 교차로 폭은 28m이고 편도 5차로 중 1차로는 좌회전 전용, 2~4차로는 직진 전용, 5차로는 직진 및 우회전, 버스전용차로로 지정되어 있으며 황색신호는 3초로 운영되고 있다. 참조 지점은 같은 조건으로 운영되고 있는 동일교차로의 반대 방향으로 선정하였다.

봉천로사거리는 편도 4차로로 운영되고 있으며 1차로는 좌회전 전용, 2,3차로는 직진 전용 4차로는 직진 및 우회전으로 지정되어 있다. 교차로 폭은 25m이며 황색신호 시간은 3초로 운영되고 있다. 봉천사거리의

경우 참조 지점으로는 동일한 교차로의 반대방향이 조사하기 부적합 하여 인접 교차로인 현대시장입구사거리로 선정하였다. 두 교차로의 폭은 5m정도 차이가 나지만 황색신호는 3초로 동일하게 운영되고 있으며 차로는 편도 3차로로 운영되고 있다.

양평동사거리 현황은 편도 5차로 중 1차로가 U턴 전용으로 운영되고 있는 지점이고, 교차로 폭은 25m, 황색신호는 3초로 운영되고 있다. 참조 지점은 동일 교차로 반대방향이며 차로수는 편도 7차로로 운영되고 있다.

문래동사거리는 편도 4차로로 운영되며 1차로에 버스전용차로가 운영되고 있으며, 2차로는 좌회전 전용, 3차로는 직진 전용, 4차로는 직진 및 우회전 차로로 운영되고 있다. 교차로의 폭은 30m로 넓은 편에 속하며 황색신호는 4초로 운영되고 있다.. 참조 지점 역시 동일한 교차로의 반대 방향으로 편도 5차로로 운영되고 있다.

서울대입구역사거리는 폭 22m에 황색신호는 3초로 운영되고 있다. 차로는 편도 5차로로 운영되고 있으며 1~2차로는 좌회전 전용, 3~4차로는 직진 전용, 5차로는 직진 및 우회전 차량으로 운영되고 있고, 참조 지점은 5차로에 버스전용차로도 함께 운영되고 있다.

원당초교입구사거리는 편도 5차로로 1차로에는 U턴 전용, 5차로에 버스전용차로가 함께 운영되고 있고 교차로 폭은 30m, 황색신호는 4초로 운영되고 있다. 참조 지점 역시 동일교차로의 반대 방향으로 편도 5차로이며 주이동류는 직진으로 나타난다.

[표 3] 조사대상구간 현황

대상	무인 단속 장비	방향	기하구조			신호 운영 황색 신호	제한 속도
			차로수	차로운영	폭		
난곡사 거리	유	사당역 → 김포공항	편도 5차로	1차로 좌회전 전용	28m	3초	60km/h
				2~4차로 직진 전용			
	무	김포공항 → 사당역	편도 5차로	5차로 직진 및 우회전, 버스전용차로	28m	3초	
				1차로 좌회전 전용			
봉천로 사거리	유	현대시장입구 → 원당초교	편도 4차로	2~4차로 직진 전용	25m	3초	60km/h
				1차로 좌회전 전용			
	무	봉천로사거리 → 은천길입구	편도 3차로	4차로 직진 및 우회전	20m	3초	
				1~2차로 직진 전용			
양평동 사거리	유	경인고속입구 → 양화대교	편도5 차로	2~4차로 직진 전용	25m	3초	60km/h
				1차로 U턴전용			
	무	양화대교 → 경인고속입구	편도7 차로	5차로 직진 및 우회전	25m	3초	
				1~2차로 좌회전 전용			
				3~6차로 직진 전용			
				7차로 직진 및 우회전			

[표 계속]

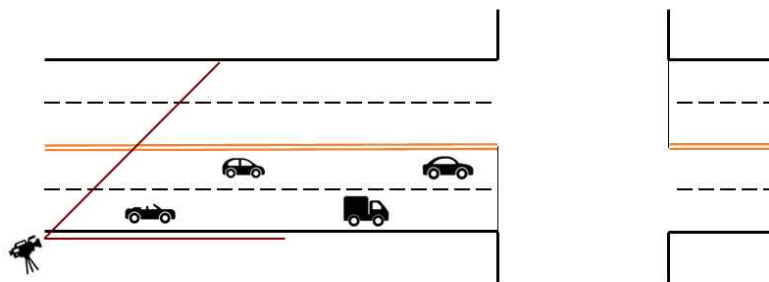
문래동 사거리	유	영등포역 → 신도림역	편도4 차로	1차로 버스전용차로 2차로 좌회전 전용 3차로 직진 전용 4차로 직진 및 우회전	30m	4초	60km/h
	무	신도림역 → 영등포역	편도5 차로	1차로 버스전용차로 2차로 좌회전 전용 3차로 직진 전용 4차로 직진 및 우회전	30m	4초	
서울대 입구역 사거리	유	사당역 → 신림역	편도5 차로	1~2차로 좌회전 전용 3~4차로 직진 전용 5차로 직진 및 우회전	22m	3초	60km/h
	무	신림역 → 사당역	편도5 차로	1~2차로 좌회전 전용 3~4차로 직진 전용 5차로 버스전용차로	22m	3초	
원당초 교입구 사거리	유	서울대입구역 → 낙성대역	편도5 차로	1차로 U턴 전용 2~4차로 직진 전용 5차로 직진 및 우회전, 버스전용차로	30m	4초	60km/h
	무	낙성대역 → 서울대입구역	편도5 차로	1차로 U턴 전용 2~4차로 직진 전용 5차로 직진 및 우회전	30m	4초	

(2) 조사시간 설정

딜레마존을 산정하기 위해서는 선행 차량의 방해 없이 신호등의 영향만 받아 정지 또는 통과하는 차량의 자료를 사용해야한다. 따라서, 본 연구에서는 선행차량의 영향을 배제하기 위해 교통량이 적은 새벽시간대(5:00 ~ 7:00)로 조사시간을 설정하였다.

(3) 촬영기법 및 범위 설정

비디오 촬영은 일반적으로 Landscape View기법, Station View기법, Approaching View기법, Departing View기법, Overhead View기법 등으로 분류되어 있다. 황색신호에 반응하는 운전자의 행태를 분석하고, 교차로 접근속도를 조사하기 위해 촬영구간은 차량의 진행방향 상류부에서 교차로 정지선까지로 설정하였다. 이러한 범위는 보통 60m이상의 도로구간으로, 이와 같은 긴 도로구간을 촬영할 수 있는 기법으로는 카메라의 방향이 바깥쪽으로 향하며 조사시계의 중앙과 수직선은 일반적으로 45° 이상의 각을 가지는 Landscape View기법이 가장 적합하다.



<그림 6> Landscape View촬영기법

본 연구에서는 표본의 편의(sample bias)를 최소화하기 위하여 조사지점을 통과하는 차량 전체를 대상으로 비디오 촬영을 실시하고 촬영범위는 FHWA에서 정한 조사범위표[표 4]에 기초하여 설정한다. 교차로

에 접근하는 차량의 접근 속도분포와 조사지점의 제한속도가 60km/h인 것을 감안하여 조사범위를 정지선으로부터 100m로 설정하였다.

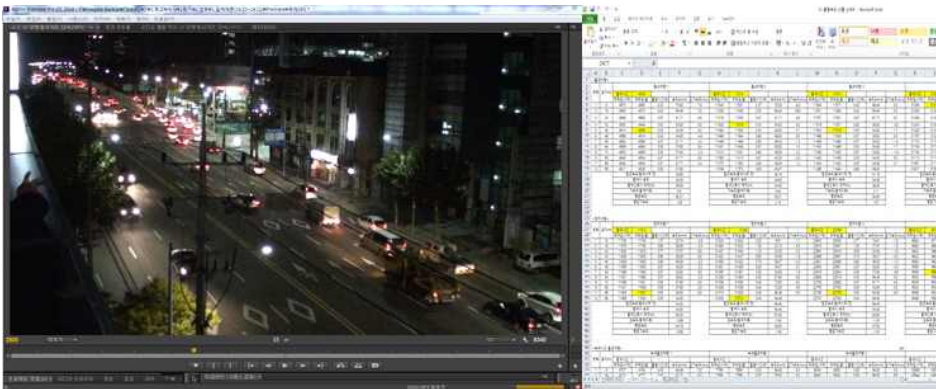
[표 4] 접근속도에 따른 조사범위 상위경계

속도(km/h)	40	48	56	64	72	80	88	96
상위경계(m)	60	72	84	96	108	120	132	144

자료 : FHWA, Engineering Factors Affecting Traffic Singal Yellow Time
-Data Collection Manual-, Report No, FHWA/RD -85/055, 1984.

2) 자료 추출 및 적용

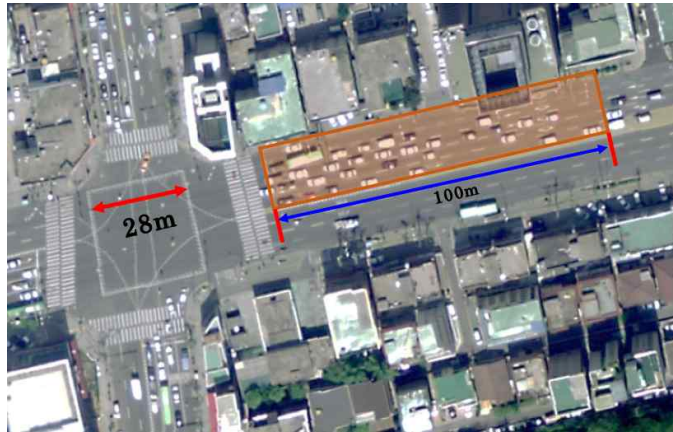
비디오카메라로 촬영한 영상자료를 초당 1/30 프레임 단위로 분할이 가능한 Adobe Premiere CC 2014 S/W를 이용하여, 분석데이터를 추출한다.



<그림 7> 비디오카메라 자료 추출과정

위 S/W를 이용한 자료 추출 과정으로는 먼저 본 연구에서 필요한 차량의 속도, 가속도 등의 자료를 추출하기 위해서 필요한 기준 거리를 설정한 후 초당 1/30 단위로 분할된 프레임을 이용한다. 기준 거리는 영상을 통해 지정할 수 있는 각 차선의 점선 길이를 이용하였다. 조사구간으로 선정된 교차로의 지도를 통해 점선간의 거리(약 7~8m)를 기준

으로 차량의 속도를 구할 수 있다.



<그림 8> 지도를 이용한 조사대상 범위 측정

본 연구에서는 교차로의 제한속도 뿐 아니라, 딜레마존의 영향을 받는 3가지 유형(황색정지, 황색통과, 녹색통과)의 접근차량을 대상으로 접근속도, 감가속도 등을 조사하였다. 조사대상 차량으로는 녹색신호 시 선행차량의 방해 없이 교차로를 통과한 녹색시간 통과차량과 황색신호 시 조사범위(100m)이내에 위치했던 차량 중에 선행차량의 방해 없이 교차로를 통과 혹은 정지선에 정지한 차량으로 분류 하였다. 이러한 조건을 통해 조사 지점 6개 지역에 대해 각 분류별로 30개의 표본을 추출하였다.

[표 5] 접근속도 산출 표본

구분	내용	표본수
녹색시간 통과차량	녹색신호시간에 교차로를 선행차량의 영향 없이 통과한 차량의 접근속도	각 30개
황색시간 통과차량	황색신호 등화 시 선행차량의 영향 없이 교차로를 통과한 차량의 접근속도	각 30개
황색시간 정지차량	황색신호 등화 시 선행차량의 영향 없이 교차로 정지선에 정지한 차량의 접근속도	각 30개

2. 분석 방법

1) 교차로 속도 지표 비교 분석

무인 신호단속의 효과를 확인하기 위해 조사된 교차로의 통행 특성 중 속도 분포를 이용하여 분석한다. 일반적인 운전자들의 특성에 따라 무인 신호단속에 따라 단속지점의 평균 속도가 미단속지점의 평균 속도보다 낮을 것이고, 속도의 표준편차는 무인 신호단속 지점에서 더 낮게 나타날 것이다.

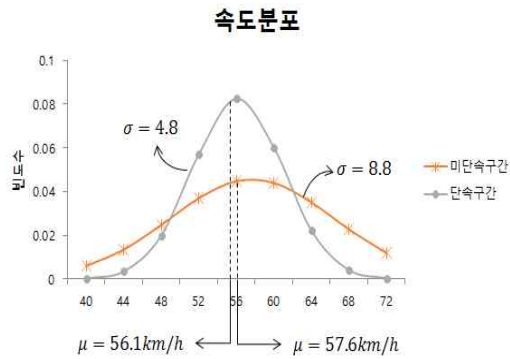
(1) 난곡사거리 속도분포

난곡사거리의 평균 속도와 표준편차를 기준으로 계급을 나눠 모든 차량의 속도 분포를 확인해 보면 미단속지점 평균 속도는 57.6km/h로 나타났고 표준편차는 8.8로 나타났으며, 단속지점의 경우 평균 속도는 56.1km/h이고 표준편차는 4.8로 미단속지점 보다 적게 나타났다.

난곡사거리의 미단속지점과 단속지점의 평균은 [표 6]에서 확인 할 수 있듯이 큰 차이가 나지는 않지만 표준편차에서는 약 2배의 차이가 남에 따라 단속지점의 평균 속도 근처에 차량이 많이 분포되어 있음을 확인 할 수 있다. <그림 9>은 위의 표를 하나의 그래프로 표현하여 단속지점과 미단속지점의 속도 분포를 확인 할 수 있다.

[표 6] 미단속지점과 단속지점의 속도분포

계급	미단속지점 빈도수	단속지점 빈도수
~40	2	0
40~44	6	1
44~48	3	3
48~52	11	11
52~56	14	33
56~60	14	21
60~64	20	17
64~68	10	2
68~72	9	0
평균(μ)	57.6km/h	56.1km/h
표준편차(σ)	8.8	4.8



<그림 9> 난곡사거리 속도분포

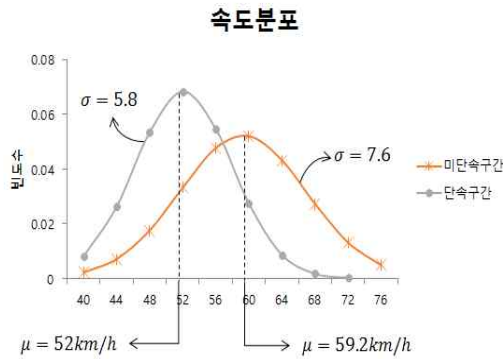
(2) 봉천사거리 속도분포

봉천사거리의 미단속지점 평균 속도는 59.2km/h로 나타났으며, 표준편차는 7.6으로 나타났다. 이에 비해 단속지점의 평균 속도는 52km/h로 나타났고 표준편차도 5.8로 적게 나타났다.

봉천사거리는 단속지점과 미단속지점의 평균 속도가 7km/h이상 차이가 나면서 속도분포에서 큰 차이를 보였다. <그림 10>에서 확인 할 수 있듯이 단속지점의 평균은 낮으나 평균의 빈도수가 미단속지점의 평균의 빈도수보다 높게 나타난다.

[표 7] 미단속지점과 단속지점의 속도분포

계급	미단속지점 빈도수	단속지점 빈도수
~40	0	2
40~44	2	4
44~48	5	8
48~52	11	27
52~56	13	32
56~60	17	8
60~64	16	7
64~68	16	2
68~72	6	0
72~76	3	-
평균(μ)	59.2km/h	52km/h
표준편차(σ)	7.6	5.8



<그림 10> 봉천동사거리 속도분포

(3) 양평동사거리 속도분포

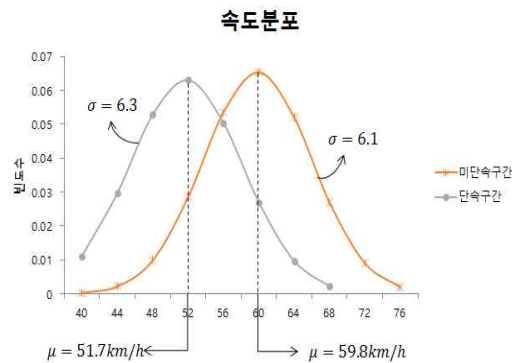
양평동사거리의 경우 표준편차는 미단속지점 6.1, 단속지점 6.3으로 비슷하게 나타났지만 평균속도는 59.8km/h, 51.7km/h로 약 8km/h의 속도 차이를 보였다. 특히 표준편차가 비슷하게 나타나서 차량의 평균 속도에 따른 차이만 있을 뿐 속도 분포 형태에는 큰 차이가 없다. 평균 속도의 빈도수도 각각 20대 이상으로 나타나 비슷한 형태를 보인다.

양평동사거리의 정규분포 형태는 미단속지점과 단속지점의 표준편차의

차이가 거의 없어 비슷한 형태로 나타나나 단속지점이 더 낮은 속도를 나타냈다.

[표 8] 미단속지점과 단속지점의 속도분포

계급	미단속지점 빈도수	단속지점 빈도수
~40	0	4
40~44	1	6
44~48	1	18
48~52	7	12
52~56	14	24
56~60	27	19
60~64	16	6
64~68	17	1
68~72	4	0
72~76	2	-
평균(μ)	59.8km/h	51.7km/h
표준편차(σ)	6.1	6.3



<그림 11> 양평동사거리 속도분포

(4) 문래동사거리 속도분포

문래동사거리는 다른 교차로와 달리 평균속도가 두 지점 모두 56km/h대로 비슷하게 나타났지만 표준편차에서 미단속지점은 7.7, 단속지점에서는 5.1로 차이를 보였다.

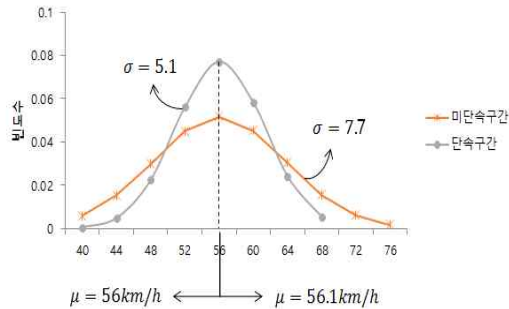
미단속지점의 경우 다른 교차로보다 조금 더 낮은 평균 속도가 나타났

고, 단속지점의 경우 다른 교차로보다 좀 더 높은 평균 속도가 나타남에 따라 각 지점의 평균속도가 거의 비슷하게 나왔고, 표준편차에 있어서는 미단속지점의 표준편차가 더 높게 나타났다.

[표 9] 미단속지점과 단속지점의 속도분포

계급	미단속지점 빈도수	단속지점 빈도수
~40	0	0
40~44	3	1
44~48	9	6
48~52	16	11
52~56	17	24
56~60	26	31
60~64	8	11
64~68	5	4
68~72	1	0
72~76	3	-
평균(μ)	56.1km/h	56km/h
표준편차(σ)	7.7	5.1

속도분포



<그림 12> 문래동사거리 속도분포

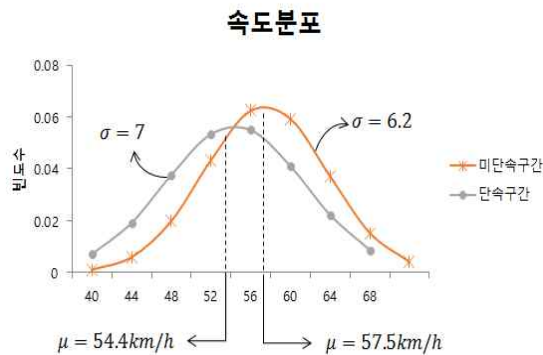
(5) 서울대입구역사거리 속도분포

서울대입구역사거리에서는 미단속지점의 평균 속도는 57.5km/h로 나타났고 표준편차는 6.2로 나타났다. 단속지점의 평균 속도는 54.4km/h 이고 표준편차의 경우 다른 사거리와 달리 7로 미단속지점보다 높게 나

타났다. 또한, 다른 교차로와 마찬가지로 단속지점의 평균 속도가 미단속지점의 평균 속도보다 낮게 나와 무인 신호단속의 효과를 보여준다. 하지만 표준편차를 비교할 경우 미단속지점의 표준편차가 단속지점의 표준편차 보다 낮게 나타났다. 이는 단속지점의 빈도수가 평균값 근처에서 매우 비슷하게 나타났기 때문이다.

[표 10] 미단속지점과 단속지점의 속도분포

계급	미단속지점 빈도수	단속지점 빈도수
~40	0	4
40~44	2	7
44~48	3	3
48~52	11	14
52~56	18	20
56~60	26	20
60~64	18	18
64~68	8	4
68~72	3	0
평균(μ)	57.5km/h	54.4km/h
표준편차(σ)	6.2	7



<그림 13> 서울대입구역사거리 속도분포

(6) 원당초교입구사거리 속도분포

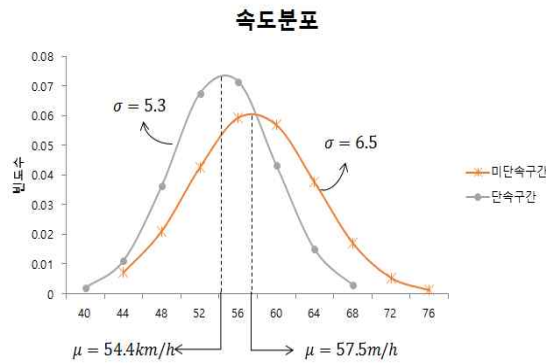
원당초교입구사거리 역시 미단속지점의 평균속도 57.5km/h보다 단속

지점의 평균속도가 54.4km/h로 더 낮게 나타났고, 표준편차는 미단속지점 6.5, 단속지점 5.3으로 나타났다.

단속지점에 비해 미단속지점의 계급 분포가 많이 높아짐을 확인할 수 있으며, 이는 무인 신호단속에 따른 단속지점의 속도 감소 효과에 따른 결과로 분석할 수 있다.

[표 11] 미단속지점과 단속지점의 속도분포

계급	미단속지점 빈도수	단속지점 빈도수
~40	0	1
40~44	5	2
44~48	0	6
48~52	10	20
52~56	22	23
56~60	25	28
60~64	17	6
64~68	4	2
68~72	3	0
72~76	4	-
평균 (μ)	57.5km/h	54.4km/h
표준편차(σ)	6.5	5.3



<그림 14> 원당초교사거리 속도분포

2) 차량의 통행 특성 분석

자료 추출 과정을 통해 단속지점과 미단속지점의 표본 차량들의 통행 특성을 분석한다. 통행 특성 항목은 딜레마존 산정 시 필요한 변수들 위주로 선정하였다.

- 황색신호 시 정지차량의 평균 접근속도
- 황색신호 시 통과차량의 평균 접근속도
- 황색신호 시 정지차량의 속도
- 황색신호 시 통과차량의 속도
- 정지차량의 감속도
- 통과차량의 가속도

(1) 난곡사거리 통행 특성

난곡사거리의 통행 특성을 분석해보면 무인단속카메라가 설치되어 있는 지점에서 황색신호 시 정지차량의 접근속도는 평균 52.1km/h, 통과차량의 접근속도는 평균 54.7km/h로 나타났다. 또한 본 연구에서 딜레마존 산정 시 적용할 황색 신호가 등화 됐을 때의 속도는 정지차량의 경우 51.1km/h, 통과차량은 54.7km/h로 나타났다. 이와 비교해 미단속지점의 황색 신호 시 속도는 각각 정지차량은 55.4km/h, 통과차량은 59.2km/h로 나타났다. 황색신호 이후에 각 지점의 감가속도를 비교해봤을 때, 정지차량은 단속구간에 비해 미단속지점이 적은 감속도를 보이고 통과차량은 큰 차이로 미단속지점의 가속도가 높게 나타났다.

[표 12] 난곡사거리 통행 특성

분류	구분	단속지점	미단속지점
도로 제한속도		60	-
황색신호 시 평균 접근속도(km/h)	정지차량	52.1	57.1
	통과차량	54.7	56.6
황색신호 시 속도(km/h)	정지차량	51.1	55.4
	통과차량	54.7	59.2
감가속도(m/s^2)	정지차량의 감속도	-1.6	-1.4
	통과차량의 가속도	0.6	3.2

(2) 봉천로사거리 통행 특성

봉천로사거리 통행 특성의 경우 단속지점과 미단속지점의 차량 속도가 매우 많이 차이가 나는 것을 확인 할 수 있었다. 단속지점의 황색신호 시 평균 접근 속도가 정지차량은 49.9km/h, 통과차량은 51.7km/h로 나타났고, 황색신호 시 속도는 정지차량은 51.9km/h, 통과차량은 56.5km/h로 나타났다. 이에 비해 미단속지점의 평균 접근속도는 약 10km/h씩 높은 값을 보였고, 황색신호 시 속도는 그보다 조금 적은 약 5~6km/h 높은 값을 나타냈다.

[표 13] 봉천로사거리 통행 특성

분류	구분	단속지점	미단속지점
도로 제한속도		60	-
황색신호 시 평균 접근속도(km/h)	정지차량	49.9	59.2
	통과차량	51.7	60.9
황색신호 시 속도(km/h)	정지차량	51.9	58.6
	통과차량	56.5	60.1
감가속도(m/s^2)	정지차량의 감속도	-1.5	-2.0
	통과차량의 가속도	0.4	2.1

(3) 양평동사거리 통행 특성

양평동사거리의 통행 특성을 보면 단속지점에서 정지차량과 통과차량 모두 접근속도(52.9km/h, 53.1km/h)에 비해 황색신호 시 속도(52.2km/h, 52.0km/h)가 조금씩 낮게 나타남을 확인할 수 있다. 미단속지점의 경우 정지차량의 평균 접근속도는 61.2km/h, 통과차량은 60.2로 단속지점의 제한속도를 넘는 값을 보였다. 특히, 미단속지점 통과차량의 황색신호 시 속도는 63.3km/h로 높게 나타났다. 단속지점과 미단속지점의 정지 차량의 감속도를 비교해보면 단속지점(-1.4m/s²)보다 미단속지점(-1.6m/s²)의 감속도가 높게 나타났다.

[표 14] 양평동사거리 통행 특성

분류	구분	단속지점	미단속지점
도로 제한속도		60	-
황색신호 시 평균 접근속도(km/h)	정지차량	52.9	61.2
	통과차량	53.1	60.2
황색신호 시 속도(km/h)	정지차량	52.2	58.1
	통과차량	52.0	63.3
감가속도(m/s ²)	정지차량의 감속도	-1.4	-1.6
	통과차량의 가속도	0.1	0.6

(4) 문래동사거리 통행 특성

문래동사거리의 경우는 다른 사거리들에 비해 통행속도의 차이가 크게 나타나지 않았다. 황색신호 시 평균 접근 속도는 단속지점보다 미단속지점이 약 1km/h정도 아주 조금 높은 것으로 나타났고, 황색신호 시 속도 역시 통과차량의 경우 54.5km/h와 54.6km/h로 거의 비슷하지만 정지 차량의 속도가 다른 값들에 비해 좀 더 크게 차이가 났다. 감가속도 역시 큰 차이가 나지 않았지만 감속도 보다는 가속도의 차이가 좀 더 크게 나타났다.

[표 15] 문래동사거리 통행 특성

분류	구분	단속지점	미단속지점
도로 제한속도		60	-
황색신호 시 평균 접근속도(km/h)	정지차량	54.9	55.3
	통과차량	55.8	56.8
황색신호 시 속도(km/h)	정지차량	51.8	54.4
	통과차량	54.5	54.6
감가속도(m/s^2)	정지차량의 감속도	-1.3	-1.4
	통과차량의 가속도	0.3	0.9

(5) 서울대입구역사거리 통행 특성

서울대입구역사거리 통행 특성을 살펴보면 황색신호 시 평균 접근속도는 54.3km/h 55.4km/h로 나타나고 미단속지점은 정지차량의 경우 약 6km/h의 차이가 있는 반면 통과차량은 비슷한 값을 보였다. 황색신호 시 속도는 정지차량은 51.1km/h, 통과차량은 42.9km/h로 통과차량의 속도가 다른 사거리에 비해 많이 낮은 것으로 나타났는데, 이는 감가속도를 비교해보면 단속지점의 통과차량의 가속도가 다른 사거리의 값보다 높아지는데 영향을 미친 것으로 확인 할 수 있다.

[표 16] 서울대입구역사거리 통행 특성

분류	구분	단속지점	미단속지점
도로 제한속도		60	-
황색신호 시 평균 접근속도(km/h)	정지차량	54.3	60.1
	통과차량	55.4	55.5
황색신호 시 속도(km/h)	정지차량	51.1	58.7
	통과차량	42.9	58.4
감가속도(m/s^2)	정지차량의 감속도	-1.9	-1.7
	통과차량의 가속도	1.2	1.5

(6) 원당초교입구사거리 통행 특성

원당초교입구사거리는 황색신호 시 평균 접근속도의 경우 정지차량, 통과차량 각각 5~6km/h정도의 속도가 차이 나는 것을 확인할 수 있다. 이에 비해 황색신호 시 속도는 1~3km/h로 좀 더 작은 차이 값을 갖는다. 감가속도의 경우 정지차량의 감속도는 큰 차이를 보이지 않았고, 가속도는 미단속지점이 높은 값을 나타냈다.

[표 17] 원당초교입구사거리 통행 특성

분류	구분	단속지점	미단속지점
도로 제한속도		60	-
황색신호 시 평균 접근속도(km/h)	정지차량	52.4	58.5
	통과차량	53.8	58.3
황색신호 시 속도(km/h)	정지차량	52.6	56.4
	통과차량	54.5	55.7
감가속도(m/s^2)	정지차량의 감속도	-1.5	-1.5
	통과차량의 가속도	0.8	1.0

3) 기존 산정식과 적용식 비교 분석

추출된 자료를 이용하여 기존 딜레마존 산정식과 본 연구에서 적용하는 산정식의 값을 비교 분석하여 적용가능성을 검토한다.

(1) 난곡사거리

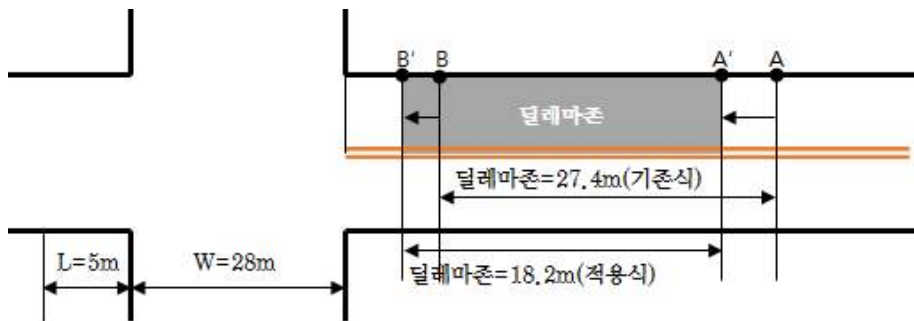
기존식에 추출된 자료값을 적용하였을 때 딜레마존 시작점은 정지선에서부터 44.4m 후방에 나타났고 끝점은 정지선에서부터 후방으로 17m 지점에 나타나 딜레마존의 길이는 27.4m로 확인 할 수 있었다. 반면, 적용식에 속도 자료값을 적용한 경우 딜레마존의 시작점은 정지선에서부터 32.2m 떨어진 지점에 산정되었고, 딜레마존의 끝점은 정지선에서

14m 후방에 산정되고, 딜레마존의 길이는 18.2m로 나타났다.

즉, 적용식으로 딜레마존을 산정한 경우 기존의 산정식보다 시작점과 끝점 모두 정지선에 가까운 위치에 나타났고, 딜레마존의 길이 역시 감소하였다. 이는 적용식에서 이용한 속도 자료가 정지 차량의 황색 시 속도여서 기존에 사용하였던 속도보다 낮은 값을 가져서 나타난 결과로 볼 수 있다.

[표 18] 난곡사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
기존식	A = 44.4	B = 17	D = 27.4
적용식	A' = 32.2	B' = 14	D' = 18.2



<그림 15> 난곡사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성

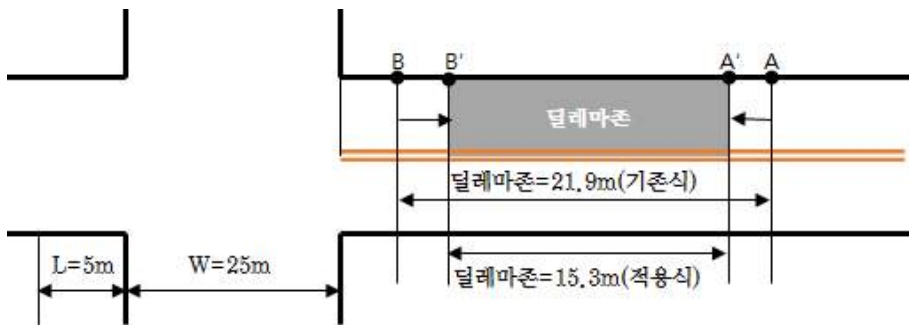
(2) 봉천로사거리

봉천로사거리는 기존 딜레마존 산정식을 적용하였을 경우 딜레마존의 시작점은 정지선으로부터 34.9m에 산정되었고, 딜레마존의 끝점은 정지선으로부터 13m 위치에 산정되었으면, 길이는 21.9m로 나타났다. 이와 비교하여 적용식에 정지차량의 속도와 통과차량의 속도를 각각 적용하였을 경우 딜레마존의 시작점은 28.6m로 정지선에 더 가까워졌으며, 딜레마존의 끝점은 기존식에 비해 정지선에서 조금 더 떨어진 14.3m 위치

에 산정되고, 길이는 14.2m로 감소하였다.

[표 19] 봉천로사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
기존식	A = 34.9	B = 13	D = 21.9
적용식	A' = 33.3	B' = 18	D' = 15.3



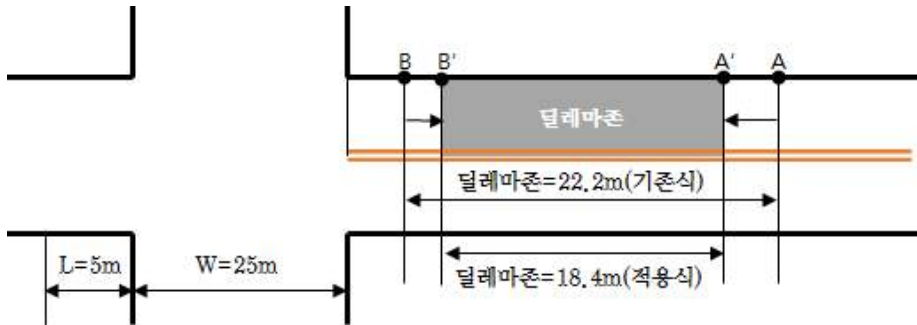
<그림 16> 봉천로사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성

(3) 양평동사거리

양평동사거리의 경우 기존식을 적용하여 딜레마존을 산정하면 시작점은 정지선으로부터 36.5m 지점, 끝점은 정지선으로부터 14.3m 지점에 나타났으며, 길이는 22.2m로 산정되었다. 반면, 적용식을 적용하면 시작점은 기존 시작점보다 정지선에 가까운 34m 지점에 나타났고, 끝점은 기존 끝점보다 정지선에서 멀어진 15.5m 지점에 나타나 총 길이는 18.4m로 짧아졌음을 확인 할 수 있다.

[표 20] 양평동사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
기존식	A = 36.5	B = 14.3	D = 22.2
적용식	A' = 34	B' = 15.5	D' = 18.4



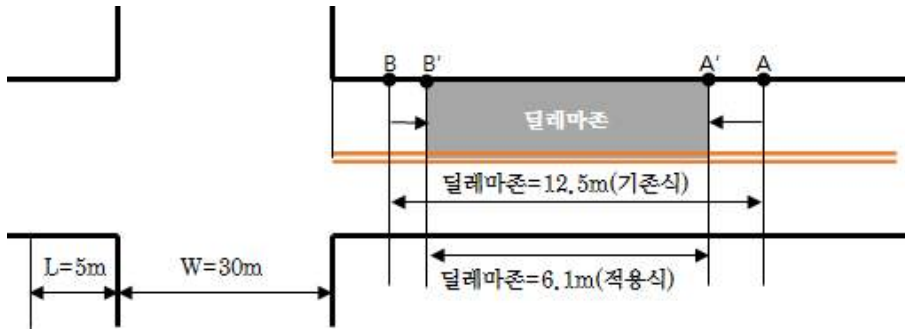
<그림 17> 양평동사거리 기본식/적용식 딜레마존 특성

(4) 문래동사거리

문래동사거리의 딜레마존 특성을 보면 기본식을 이용해 산정 했을 경우에는 시작점과 끝점이 각각 39.5m, 27m 지점에 나타났으며 길이는 12.5m로 산정되었다. 적용식을 적용하였을 경우에 딜레마존 시작점은 33.9m로 기존 시작점에 비해 정지선에 많이 가까워 졌으며 끝점의 경우에는 27.8m로 기존 끝점에 비해 정지선으로부터 멀어졌으나 큰 차이가 나지는 않았다. 딜레마존의 길이는 시작점의 큰 변화로 인해 약 6m가 감소한 6.1m로 나타났다.

[표 21] 문래동사거리 기본식/적용식 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
기본식	A = 39.5	B = 27	D = 12.5
적용식	A' = 33.9	B' = 27.8	D' = 6.1



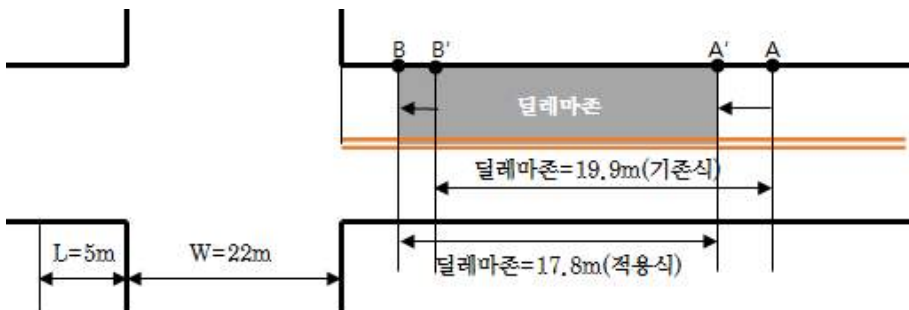
<그림 18> 문래동사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성

(5) 서울대입구역사거리

서울대입구역사거리는 기존식을 적용하여 딜레마존을 계산하면 시작점은 39m, 끝점은 19.1m 지점에 나타나고 길이는 19.9m로 나타난다. 적용식을 이용해 산정할 경우에는 시작점은 31.3m로 정지선에 가까워지고 끝점 역시 13.5m로 정지선에 더욱 가까워진다. 딜레마존의 길이는 17.8m로 기존 길이보다 짧아진 값을 가진다.

[표 22] 서울대입구역사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
기존식	A = 39	B = 19.1	D = 19.9
적용식	A' = 31.3	B' = 13.5	D' = 17.8



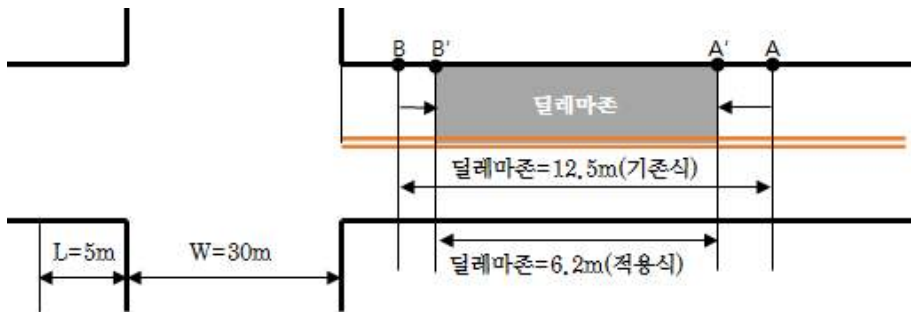
<그림 19> 서울대입구역사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성

(6) 원당초교입구사거리

원당초교입구사거리의 딜레마존 특성을 확인하기 위해 기존식을 이용하여 산정하면 딜레마존의 시작점은 37.2m 지점, 끝점은 24.7m 지점에 산정되고 길이는 12.5m로 나타난다. 적용식을 이용하여 산정하게 되면 시작점은 정지선에 가까운 34m 지점, 끝점은 정지선에서 멀어진 27.8m 지점에 나타나며 길이는 6.2m로 기존 딜레마존 길이의 절반 정도의 길이로 산정된다.

[표 23] 원당초교입구사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
기존식	A = 37.2	B = 24.7	D = 12.5
적용식	A' = 34	B' = 27.8	D' = 6.2



<그림 20> 원당초교입구사거리 기존식/적용식 딜레마존 특성

4) 신호위반 무인단속 카메라 유무 지점 비교 분석

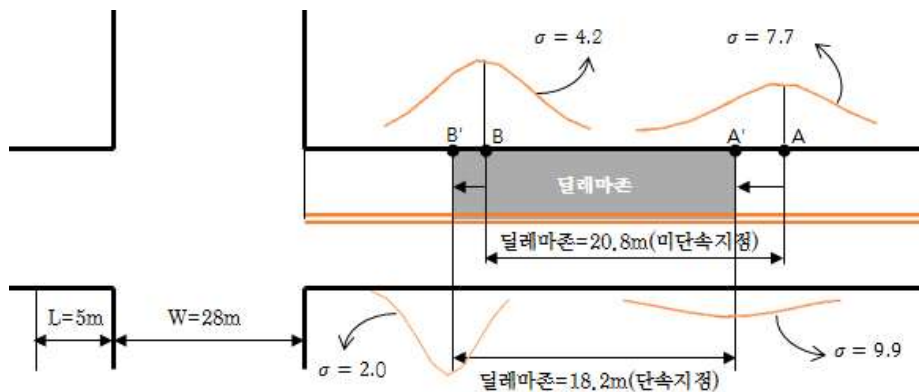
추출된 자료를 이용하여 무인단속카메라 설치 지점과 참조 지점을 비교하여 무인단속카메라가 딜레마존 발생에 어떠한 영향을 미치는지 분석한다.

(1) 난곡사거리

단속지점과 미단속지점의 딜레마존의 길이가 각각 18.2m, 20.8m로 큰 차이를 갖지는 않으나 미단속지점에 비해 단속지점의 딜레마존이 정지선에 더 가깝게 나타났다. 이는 무인단속카메라의 영향으로 차량의 속도가 감소하여 나타난 결과로 볼 수 있다. 또한 딜레마존 시작점과 끝점에 대해 정규분포를 확인해보면 시작점의 경우는 표준편차가 매우 크게 나타나고, 끝점은 표준편차가 낮게 나타남을 알 수 있다. 이는 딜레마존 내에서의 운전행태를 확인 할 수 있으며, 대부분 끝점에서 비슷한 운전행태를 보인다는 것을 알 수 있다.

[표 24] 난곡사거리 단속/미단속 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
미단속지점	A = 37.3	B = 16.5	D = 20.8
단속지점	A' = 32.2	B' = 14	D' = 18.2



<그림 21> 난곡사거리 딜레마존 특성

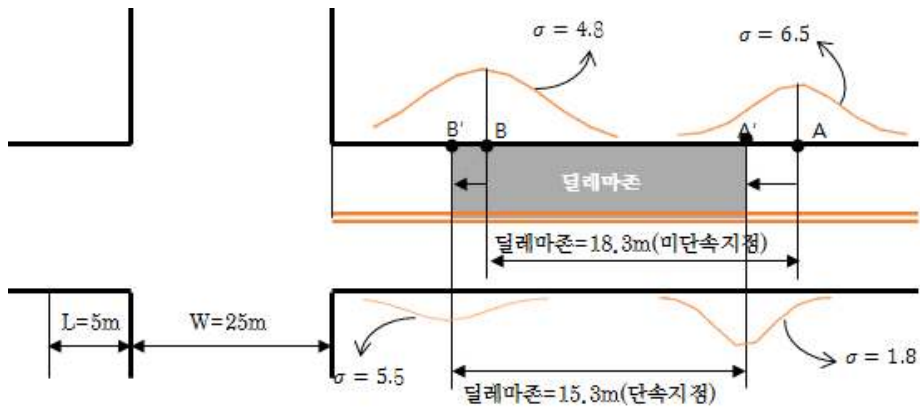
(2) 봉천로사거리

봉천로사거리에서 미단속 지점의 딜레마존 길이는 18.3m로 시작점은

38.3m, 끝점은 20m 지점에 나타난다. 단속지점의 경우 시작점은 33.3m로 정지선에 5m 정도 가까워진 위치에 나타나고 끝점은 18m 지점에 나타나, 딜레마존의 길이는 15.3m로 미단속 지점에 비해 짧게 나타났다. 딜레마존 분포를 보면 단속지점의 딜레마존 끝점의 분포에서 표준편차가 가장 크게 나타났으며, 미단속 지점의 딜레마존 시작점과 끝점의 분포는 비슷하게 나타났다. 이는 황색신호 시 통과차량과 정지차량의 속도 차이가 크지 않기 때문에 나타나는 현상으로 보인다.

[표 25] 봉천로사거리 단속/미단속 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
미단속지점	A = 38.3	B = 20	D = 18.3
단속지점	A' = 33.3	B' = 18	D' = 15.3



<그림 22> 봉천로사거리 딜레마존 특성

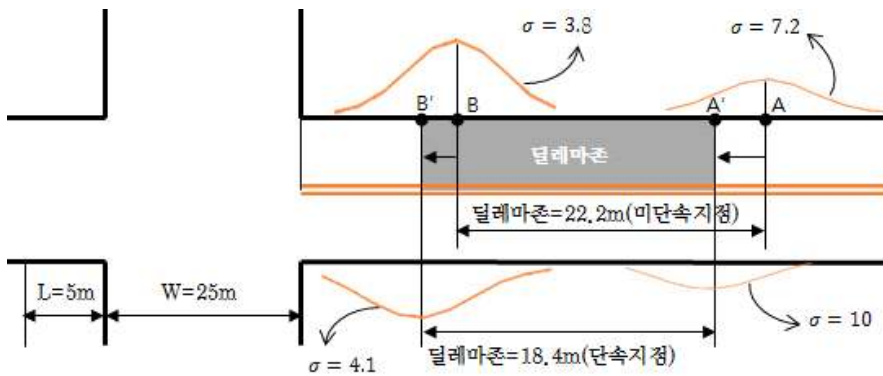
(3) 양평동사거리

양평동사거리의 경우 딜레마존 총 길이는 미단속지점, 단속지점 각각 19.6m, 18.4m로 큰 차이가 나지는 않지만 미단속지점의 시작점과 끝점은 39.4m, 19.8m 지점에 산정되었고, 단속지점의 시작점과 끝점 모두 정지선에 약 5m 정도 가까워진 위치(34m, 15.5m)에 나타났다. 미단속

지점과 단속지점 모두 딜레마존 시작점에 비해 끝점의 표준편차가 작게 나타났다.

[표 26] 양평동사거리 단속/미단속 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
미단속지점	A = 39.4	B = 19.8	D = 19.6
단속지점	A' = 34	B' = 15.5	D' = 18.4



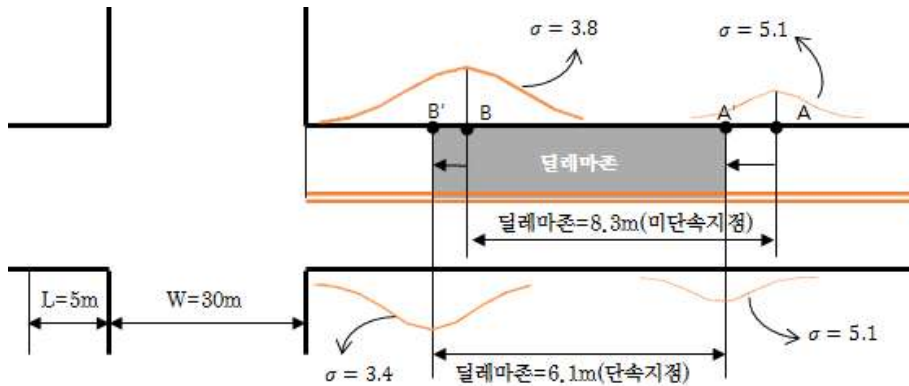
<그림 23> 양평동사거리 딜레마존 특성

(4) 문래동사거리

문래동사거리의 미단속, 단속 지점의 딜레마존 특성을 확인해보면 미단속지점의 경우 시작점은 36.2m 지점, 끝점은 27.9m 지점에 산정되었으며, 길이는 8.3m로 나타났다. 단속지점의 경우 시작점은 33.9m로 미단속지점 시작점 보다 정지선에 3m 정도 가까워 졌으나 끝점의 경우 차이가 나지 않아 길이는 6.1m로 나타났다. 딜레마존 시작점과 끝점의 분포도를 보면 미단속지점과 단속지점에서 거의 비슷한 분포를 나타내고 있다. 이는 차량의 속도가 미단속지점과 단속지점에서 큰 차이가 나타나지 않았기 때문이라고 판단된다.

[표 27] 문래동사거리 단속/미단속 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
미단속지점	A = 36.2	B = 27.9	D = 8.3
단속지점	A' = 33.9	B' = 27.8	D' = 6.1



<그림 24> 문래동사거리 딜레마존 특성

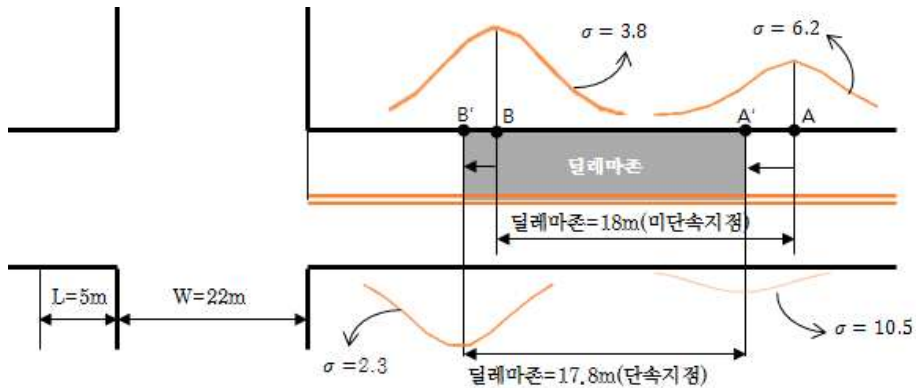
(5) 서울대입구역사거리

서울대입구역사거리의 미단속지점의 딜레마존 시작점은 정지선에서부터 40m 이후 지점에 산정되었고, 끝점은 22m 지점에 산정되어 딜레마존의 길이는 18m로 나타났다. 단속지점의 딜레마존의 길이는 17.8m로 미단속지점과 큰 차이가 없었지만 딜레마존 시작점과 끝점이 약 9m 씩 정지선으로 가깝게 나타났다.

서울대입구역사거리의 경우 각 지점에 개별 차량들의 딜레마존 시작점, 끝점 분포를 보면 끝점에 비해 시작점의 정규분포 값이 좀 더 낮게 나타남을 확인 할 수 있다.

[표 28] 서울대입구역사거리 단속/미단속 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
미단속지점	A = 40	B = 22	D = 18
단속지점	A' = 31.3	B' = 13.5	D' = 17.8



<그림 25> 서울대입구역사거리 딜레마존 특성

(6) 원당초교입구사거리

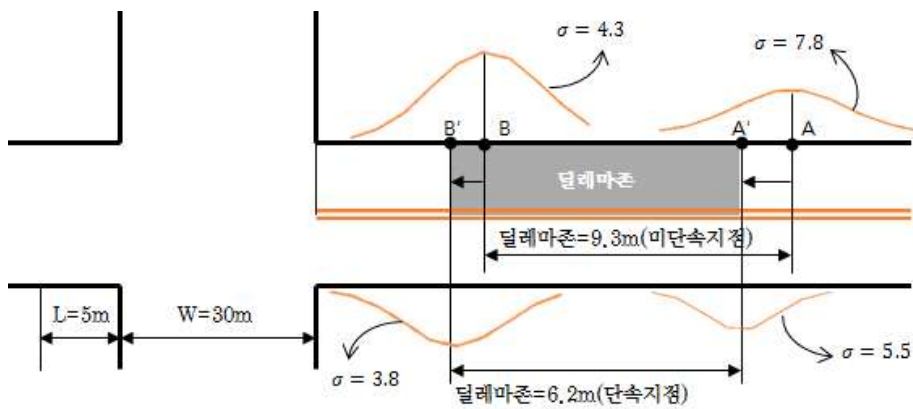
원당초교입구사거리의 미단속지점의 딜레마존 시작점은 정지선으로부터 38m 지점에 나타났고, 끝점은 28.7m 지점에 산정되어 딜레마존의 길이는 9.3m로 나타났다. 이에 비해 단속지점의 딜레마존 시작점은 정지선에 4m 가까워진 34m 지점에 나타났고, 딜레마존 끝점은 약 1m 가까워진 27.8 지점에 나타나 딜레마존의 길이는 6.2m로 미단속지점에 비해 약 3m가 짧게 나타났다.

<그림 26>는 원당초교사거리의 단속지점, 미단속지점의 딜레마존에 대해 딜레마존 시작점과 끝점을 산정하고 각 점에 대해 개별 차량들의 딜레마존 시작점, 끝점 분포를 표현한 것이다. 미단속지점에 대한 딜레마존에서는 시작점의 표준편차가 더 낮게 나타나고 끝점의 표준편차가 더

높게 나타나고, 단속지점의 딜레마존 시작점과 끝점은 개별차량들이 비슷한 분포를 나타냈다.

[표 29] 원당초교입구사거리 단속/미단속 딜레마존 특성

구분	딜레마존 시작점	딜레마존 끝점	딜레마존
미단속지점	A = 38	B = 28.7	D = 9.3
단속지점	A' = 34	B' = 27.8	D' = 6.2



<그림 26> 원당초교입구사거리 딜레마존 특성

5) 소결

신호위반 무인단속 카메라가 설치되면서 차량의 기본 통행 속도는 6개의 교차로에서 모두 미단속지점에 비해 낮은 속도로 나타났으며, 표준편차는 4개의 교차로에서 낮게 나타나 차량의 통행 행태가 비슷해짐을 확인 할 수 있다.

적용된 딜레마존 산정식은 기존의 산정식에 비해 딜레마존의 길이가 짧게 나타나며 정지선에 더 가깝게 산정되었다. 이 딜레마존 산정식을 이용해 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과를 분석해본 결과, 차량의

속도가 낮아지면서 단속지점의 딜레마존의 길이가 미단속지점에 비해 짧게 나타나고 정지선에 더 가깝게 나타났다. 딜레마존의 정의에 따라 딜레마존이 짧을수록 교차로를 안전하지 못하게 통과 할 수 있는 구간이 짧아지는 것이므로 신호위반 무인단속 카메라의 설치 효과가 나타나는 것을 알 수 있다.

V. 결론

1. 결론

교차로 내 사고 감소를 위한 방안으로 신호위반 무인단속 카메라 설치가 실행되어 왔다. 이에 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과 분석을 위한 지표를 개발하여 단속지점과 미단속지점을 비교 분석한다. 먼저, 직관적인 효과 분석을 위해 차량의 통행 특성을 반영한 속도 분포를 통해 단속지점과 미단속지점을 비교 분석한다. 또한, 교차로 내의 사고와 관련이 큰 딜레마존의 길이를 이용하여 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과를 분석한다. 딜레마존은 황색신호 시 교차로를 통과할 수 있거나 정지선 이전에 정차 할 수 있는 거리를 의미한다. 신호위반 무인단속 카메라를 설치하게 되면 운전자의 통행 특성이 변하고 그에 따라 딜레마존의 위치나 길이가 변하면서 교차로 내 사고에 영향을 미칠 것이다. 하지만, 기존 딜레마존 산정식은 딜레마존의 길이를 산정할 때 차량이 등속운행을 한다는 가정 하에 접근속도를 일괄적으로 적용한다.

본 연구에서는 현실에 좀 더 적용하기 적합한 산정식을 적용하고자하여 일괄적으로 적용하였던 차량의 접근속도 대신 딜레마존 시작점과 끝점에 각각 황색신호 시 정지차량의 속도와 통과차량의 속도를 적용하여 실제 운전자 행태에 더욱 적절하게 사용 할 수 있는 산정식을 적용하여 신호위반 무인단속 카메라 설치의 효과를 분석하는 지표로 사용하였다.

자료 조사는 개별 차량의 통행 특성을 조사해야 되므로 선행 차량의 영향을 받지 않고 주행할 수 있는 새벽 시간대(오전 5:00~7:00)에 진행하였다. 장소는 서울시내에 신호위반 무인단속 카메라가 설치되어 있으면서 접근로의 기하구조와 차량의 통행 특성에 영향을 미치지 않는 교

차로 중 자료 조사 촬영이 용이한 6곳을 선정 하였으며, 비교 분석 교차로는 동일 교차로의 반대 방향, 혹은 인근 교차로 중 비슷한 기하구조를 가진 교차로를 선정하였다. 각 교차로 당 통행 특성(녹색신호 시 통과, 황색신호 시 통과, 황색신호시 정지) 별로 30개의 표본을 추출 하여 분석하였다.

속도 특성 분석 결과 대부분의 교차로에서 단속지점의 평균속도가 미단속지점의 평균속도보다 낮게 나타났으며, 표준편차는 더 낮게 나타났다. 이는 단속지점의 경우 차량 운행 속도가 전체적으로 낮아지며, 대부분 비슷한 통행 속도를 갖기 때문에 나타난 결과이다. 즉, 신호위반 무인단속 카메라의 설치로 교차로에 접근하는 차량의 전체적인 속도가 감소함을 확인 할 수 있었다.

또한, 지표 사용을 위해 적용한 딜레마존 산정식의 경우 기존식과 비교 했을 때 대부분의 교차로에서 딜레마존의 길이가 짧아짐을 확인 할 수 있었다. 이는 기존식에서 딜레마존의 시작점과 끝점을 산정할 때 일괄적인 통행 속도 값을 적용한 것과 달리 적용식에서는 황색신호 시 정지선 이전에 정지 할 수 있는 시작점은 황색신호 시 정지차량의 속도를 적용하고, 황색신호 시 교차로를 통과 할 수 있는 끝점은 황색신호 시 통과차량의 속도를 적용하여 산정했기 때문이다. 특히, 딜레마존의 끝점은 실제 차량의 통행 특성에 맞게 가속도가 발생함을 반영하였다.

단속지점과 미단속지점의 딜레마존 특성을 비교 분석해 본 결과 대부분의 교차로에서 단속지점의 딜레마존 길이가 감소하고 정지선에 가깝게 산정되었다. 신호위반 무인단속 카메라의 효과로 차량의 통행 속도가 감소하고 이에 따라 딜레마존의 길이가 감소하는 효과가 나타난 것이다. 딜레마존의 위치가 정지선에 가까워진 것은 황색신호 시 교차로를 통과 할 수 있는 지점이 정지선에 가까워진 만큼 차량의 통과 확률도 높아지

고 사고 위험도가 낮아졌다는 것을 의미한다.

2. 연구의 한계 및 향후 과제

본 연구에서는 신호위반 무인단속 카메라 설치 효과를 분석하기 위한 지표로 속도분포와 딜레마존 특성을 이용하였다. 이 과정에서 여러 가지 한계점이 존재한다.

먼저, 신호위반 무인단속 카메라의 영향을 받는 차량을 조사하는데 있어, 검지기 특성을 파악하고 고의적으로 피하는 차량에 대한 추출이 어려운 점이다. 차선을 지켜 주행하는 차량 위주로 표본 추출을 하였지만 검지기를 교묘하게 피하거나 아예 무시하는 표본을 포함 시키지 못한 한계점이 있다.

또한, 지표들을 적용하여 신호위반 무인단속 카메라의 효과를 좀 더 정확히 분석하기 위해서는 비교 대상 지점으로 교통량이나 기하구조가 비슷한 교차로를 선정하는 것이 아닌 신호위반 무인단속 카메라 설치 전-후를 분석하는 것이 검증하는데 신뢰도가 높을 것이라는 점이다. 기간을 장기적으로 설정하고 신호위반 무인단속 카메라 설치 전-후의 차량 통행 자료를 직접 조사하여 연구를 진행 할 필요가 있다.

■ 참고문헌

- 경찰청(2011), 「교통신호기 설치·관리 매뉴얼」
- 경찰청(2012), 「교통단속장비(경찰규격서)」
- 도로교통공단(2004), 「무인교통단속장비 성과지표 개발에 관한 연구」
- 도로교통공단(2012), 「무인교통단속장비 운영 방안 개선 연구」
- 김태영·박병호(2010), “무인신호위반단속장비 설치 후의 연도별 사고 감소 효과”, 「한국ITS학회논문지」, 9(2): 23-32
- 김명석(2006), 무인다가능단속시스템 설치 전·후 교차로 교통사고 발생 특성에 관한 연구, 서울산업대학교 산업대학원 석사학위논문.
- 김순영(2011), 지점속도를 이용한 딜레마 구간의 설정 방법론 개발, 서울대학교 환경대학원 석사학위논문
- 류창남 외(2008), “신호기 위치에 따른 딜레마존 안전을 분석”, 「대한교통학회지」, 26(1): 7-14
- 이상혁·이용두·도명식(2012), “교차로 신호위반 단속카메라 설치가 차량사고에 미치는 영향”, 「대한교통학회지」, 30(6): 93-102
- 이수범 외(2001), “인적요인이 도로설계에 미치는 영향: 교차로 구간에서의 운전자 행태 분석을 중심으로”, 교통개발연구원
- 이승규·이시복(2014), “교차로 딜레마 구간 위험도 평가 모델에 관한 연구”, 「한국ITS학회논문지」, 13(1): 26-34
- 임삼진·이영인·김경희(2013), “교차로 신호기 위치 조정과 딜레마존 특성 분석”, 「대한교통학회지」, 31(1): 3-13
- 이호원 외(2013), “구간속도위반 단속장비 설치효과 분석 : 미시령동서관통도로를 중심으로”, 「한국ITS학회논문지」, 12(3): 11-18
- Fitzsimmons, E. J. et al.(2007), The Effectiveness of Iowa's Automated Red Light Running Enforcement Programs, Iowa Department of Transportation.

- Martin, P. T., Kalyani, V. C.(2003), Evaluation of Advance Warning Signals on High Speed Signalized Intersections, Department of Civil and Environmental Engineering University of Utah Traffic Lab.
- Parsonson, P. S.(1974), Small area detection at intersection approaches, ITE Technical Committee Report No 18.
- Retting, R. A. et al.(2003), “Effects of Red Light Cameras on Violations and Crashes: A Review of the International Literature” , *Traffic Injury Prevention*, 4(1): 17–23
- Sheffi, Y., Mahmassani, H.(1981), A Model of Driver Behavior at High Speed Signalize Intersections, Massachusetts Institute of Technology.
- Thomas, L. J. et al.(2008), “Safe Effects of Automated Speed Enforcement Programs: Critical Review of International Literature” , *Journal of the Transportation Research Board*, 2078: 117–126

Abstract

Effect Analysis of
Red-Light Camera Installantion

Advised by
Prof. Lee, Young Ihn

June, 2016

submitted by
Kim, Hye Weon

Department of Environmental Planning Graduate
School of Environmental Studies
Seoul National University

Accidents at intersections cause personal injury in addition to vehicle damage. The causes of the accidents that occur at intersections are mainly caused by signal and speed violations. Therefore, red-light cameras are installed to reduce accidents and personal injury at the intersection.

This study uses a number of indicators to analyze the effects of red-light cameras at intersections. The indicators selected for the dilemma zone indicators reflect the characteristics of the vehicle passes with speed and deceleration which is used in effect analysis of speed control camera instead of accidents, deaths, etc. that we used in previous studies. Also, this study uses a slightly different dilemma zone equation by incorporating different traffic speed at start and end points of a dilemma to reflect the characteristics of the traffic in a more realistic estimate compared to the previously used equation.

This study uses six data sets from NanGok intersection, BongCheon intersection, YangPyongdong intersection, Munrae intersection, SeoulDaeYibGuYeok intersection, and WonDangChoGyo intersection. These data collection spots were decided based on the convenience of using landscape view filming method, and therefore intersections that have a geometric line form, longitudinally sloped form or geometrically organized were excluded from our study. Our investigation took place in the morning when there was a low traffic volume, because the study required traffic data set where each vehicle was not

affected by the preceding vehicle.

Speed indicator was lower at the enforcement point, where the red-light cameras installed compared to the non-enforcement point, and standard deviation of the speed indicator was lower compared to the enforcement points from four intersection points of the six intersections. Reduction in vehicle traffic speeds and the low the standard deviation of speed at enforcement point is interpreted as the effects of red-light cameras installation. The dilemma zone indicator shows that the length of dilemma zone at the enforcement point is shorter than the non-enforcement point, and the location of dilemma zone at enforcement point was closer to stop line than the non-enforcement point. As the length of the dilemma zone decreases, the interval that passes through the intersection unsafely was short; therefore, it has the effect of reducing accidents.

According to our analysis of speed indicator and dilemma zone indicator, we were able to conclude that red-light camera has an effect on reducing traffic accidents.

Keywords : Red-Light Camera, Effect Analysis Indicator, Speed Indicator, Dilemma Zone

Student number : 2014-24087