Regular paper | Journal of the KIECS. pp. 867-878, vol. 16, no. 5, Oct. 31. 2021, t. 109, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2021.16.5.867

# 교통사고 전후 동적 정보 제공 및 해제 전략

전교석* · 김태완** · 이현미*** · 장정아****

# Dynamic Traffic Information Provision and Dismissal Strategy for Before and After Traffic Incident

Gyo-Seok Jeon* · Tae-Wan Kim** · Hyun-Mi Lee*** · Jeong-Ah Jang****

요 약

최근 도로조명시설에 영상 및 레이더 등을 부착하여, 실시간 교통데이터 수집과 교통 정보제공이 가능한 스마트 가로등에 대한 연구가 활발하다. 스마트 가로등 기술은 이에 따라 기존 대비 고해상도 검지, 판별, 조밀한 정보제공이 가능하다. 스마트 가로등의 장점으로 고해상도 정보전달매체로서 효과적으로 활용하기 위해서는 기존 중앙집중식 운영 전략과 다른 지점형 운영 전략이 요구된다. 본 연구는 스마트 가로등 기반사고 발생 전/후의 상황에 따라 구분된 공간적 범위에서 목적성을 달리하는 동적 정보 제공 전략, 해제 전략 및 그 기준에 대해서 제시하였다. 이를 통해 스마트 도로조명시설을 보다 효과적으로 활용 가능할 것으로 기대된다.

ABSTRACT

Recently, there has been active research on smart street lamps that can collect real-time traffic data and provide traffic information by attaching images and radars to road lighting facilities. Smart street light technology can detect, identify, and provide dense information compared to existing technologies. In order to effectively utilize the smart streetlight as a high-resolution information delivery medium, a branch-type operation strategy that is different from the existing centralized operation strategy is required. This study presents dynamic information delivery strategies, release strategies, and their criteria for various purposes in a spatial range, separated by the context before and after the occurrence of smart street lights-based accidents. Through this, it is expected that smart road lighting facilities can be used more effectively.

키워드

Traffic Accident, Traffic Information, Accident Prevention,
Dynamic Traffic Information Providing, Information Dismissal
교통 사고, 교통 정보, 교통 사고 예방, 동적 정보 제공, 교통 정보 해제

* 아주대학교 연구교수(wjsrytjr@ajou.ac.kr)
** 아주대학교 일반대학원 석박사통합과정(taewan1994@ajou.ac.kr)
*** 아주대학교 일반대학원 박사과정(hm0625@ajou.ac.kr)
**** 교신저자 : 아주대학교 연구교수(azang@ajou.ac.kr)
· 접 수 일 : 2021. 06. 29
· 수정완료일 : 2021. 08. 23
· 게재확정일 : 2021. 10. 17
· Received : Jun. 29, 2021, Revised : Aug. 23, 2021, Accepted : Oct. 17, 2021
· Corresponding Author : Jeong-Ah Jang
TOD-based Sustainable Urban Transportation Research Center, Ajou University,
Email : azang@ajou.ac.kr

# Ⅰ. 서 론

## 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 검지 및 계측, 통신, 저장, 컴퓨팅 등 기술의 발달과 이들 신기술의 합리적인 가격 경쟁력 확보에 따라 여러 분야에서 활발히 신기술이 도입되고 있다.

교통부문에서는 영상과 레이더를 활용한 검지, 계측, 개체 식별, 이를 기반으로 하는 상황의 판단 및 대응을 수행하는 기능이 대표적이다.

교통정보수집 및 정보제공을 통한 운영관리 측면에서는 IoT, 클라우드, 분산된 개방형 비집중식개체연산(Edge Computing)의 접목 연구가 활발하다. 이러한 연구는 기존에 별도 체계로 취급된 검지 및 정보전달 체계를 융합하여 중앙집중화 방식에서 탈피하고, 보다 고도화된 서비스를 제공하여 교통류 관리 및 운영 효율을 제고하고자 하는 데에 중점을 두고 있다.

국내에서도 도로조명시설(가로등)에 검지 및 정보제공 수단을 부착하여 교통운영체계로 활용하고자 하는 스마트 가로등 기술 연구가 이루어지고 있다. 도로의 유형에 따라 다르나, 도로조명시설이 짧게는 30m, 보통 60~80m 간격으로 설치된다는 점을 고려할 때, 도로조명시설의 검지 및 정보전달 체계로의 활용은 기존 대비 고해상도 체계를 구축한다는 장점을 지니고 있다. 이러한 점은 고해상도 교통운영전략의 구사가 가능해진다는 장점이 있으나, 이를 효과적으로 활용하기 위해서는 기존 대비 세부적인 운영 전략을 필요로 한다.

본 연구는 안전 측면에서 도시 내 가로망에서 요구되는 고해상도 교통정보 제공효과 제고를 위해 도로조명시설을 활용한 정보제공 및 해제 전략을 제시하고 있다.

## 1.2 연구 방법론

본 연구를 위해 기존 교통정보 제공 매체 기반의 정보제공 전략과 관련된 선행연구를 검토하였다. 이를 기반으로 고해상도 정보 제공 체계 활용 시 시사점 및 보완점을 도출하였다. 최종적으로 도시 내 교통사고 예방 및 저감에 목적을 두고 사고 전 및 사고 후 교통정보 제공 전략과 해제 전략 및 그 기준을 제시하였다.

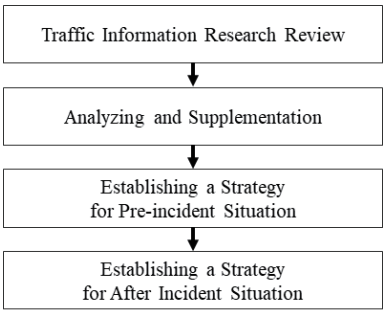



그림 1. 연구의 흐름
Fig 1. Research flow

# Ⅱ. 선행연구 고찰

## 2.1 국내외 문헌고찰

교통정보체계를 통한 교통정보 제공과 가로망 기능 개선 효과를 살펴본 연구[1, 2]에서는 교통정보 제공이 가로망 서비스 수준을 높여 소통을 원활하게 하는 것을 확인하였다. 또한 실시간 교통정보가 통행자의 경로 선택에 영향을 미친다고 언급하였다.

유고 상황에서 교통정보 제공을 통해 경로 전환 유도 및 그 효과를 살펴본 연구[3, 4]에서는 유고 상황 시 경로 전환 유도가 효과는 있으나, 실시간으로 최적 경로전환 지점을 선정하기 어렵다고 언급한 바 있다.

VMS(Variable Message Sign, 가변전광판)를 이용하여 교통정보 제공이 교통안전효과에 미치는 영향을 검토한 연구[5]에서는 VMS를 통한 교통정보제공 전/후의 차량주행특성을 살펴본 결과, 평균주행속도가 감소하여 교통정보제공이 안전성 제고에 통계적으로 유의한 것으로 검토된 바 있다.

정보제공 기준을 결정하는 연구[6]에서는 운전자의 실제 통행시간과 운전자 최적 통행시간의 차이, 시스템 최적 통행시간의 차이를 보상하는 게임이론을 적용하여 균형점을 도출하였고, 이를 기반으로 적정 메시지 내용과 표출 시간 기준을 제시한 바 있다.

한편 정보제공의 역효과를 살펴본 연구[7]에서는 이용자들의 집중화 현상(Concentration), 정보의 과도함(Over-saturation), 정보의 과민반응(Over-reaction)을 언급하였고, 정보제공의 목적에 맞는 교통정보 설계 방법론을 제시하였다.

표 1. 선행 연구의 요약
Table 1. An overview of previous studies

| Author | Main Topic | Conclusion | Consequences |
|---|---|---|---|
| A, Messmer, and M. Papageorgiou (1995) | Effect of Inducing Route Change by Providing Traffic Information | Effect of Inducing Route Change of Traffic Information Provision | The Difficulty in selecting the real-time optimal route change point. |
| P. Kachroo, and K. Ozbay (1998) | | | The necessity of preemptive selection of route change information provision point |
| H.S. Mahmassani, and Y.S. Liu (1999) | Improvement of Road network function by Providing Traffic Information | Effectiveness of Providing Traffic Information for Changing User's Routes | The need to provide real-time information quickly |
| M. Abdel-Aty, and M.P.E.F. Abdalla (2004) | Improvement of Road Network Function by Providing Traffic Information | Effectiveness of Providing Traffic Information for Changing User's Routes | The need to provide real-time information quickly |
| K, Choi, and J. Jang (2004) | Criteria for Information Provision Decision | Present Message Content and Presentation Time Standards | The need to provide dynamic traffic information |
| S. Kim (2005) | The Dysfunction of Information Provision | Traffic Information Design Methodology Suitable for the Purpose of Providing Information | The need for distributed provision of traffic information |
| K. Choi, Y. Choi, and S. Oh (2007) | Importance-Performance Analysis for Traffic Information System | Need to Improve the Provision of Accurate and Prompt Information | Advantages of a denser traffic information system in the city |
| M. Lee, W. Kim (2007) | Limitations of Centralized Information Provision and Ways to Overcome It | Suggestion of Branch and Agent-based Information Provision Method | The need for a multi-bypass strategy |
| J. Lee, and J, Chung (2007) | Effect of Providing Traffic Information Focusing on Travelers Direction | Traffic Volume Dispersion Effect of Direction-oriented Information Provision | Purpose and effect by type of information provision |
| C. Oh, J, Oh, J, Park, T, Kim, and T, Song (2009) | Traffic Information Provision Strategy for Efficient Induction of Driver Avoidance Behavior | Provision of Specialized Traffic Information According to Spatial Scope | Dynamic information provision strategy according to the impact of traffic accidents |
| T, Song, C, Oh, and J, Oh (2009) | Traffic Safety Information Provision Means and Content Preference of Passers-by | Preferred of VMS, Risk Range, Action Statement, and 2 Phase Messages | Information Display Methodology |
| Y. Jeon (2009) | Effects of Message Expression Method | Superior Effects of Behavioral Information than Situational Information | Message expression method |
| T. Song, C. Oh (2009) | | | |
| T. Kim, C. Oh, and J. Oh (2010) | | | |
| S. H. Lee, and H. J. Cho (2015) | Information Provision and Safety Effect Using VMS | Safety Effectiveness of Provision of Traffic Information | Traffic flow speed control effect |

정보를 제공하는 방법에 관한 연구[8, 9, 10]에서는 직접적인 행동문과 간결한 텍스트로 구성된 경고정보의 활용 가치가 높고, 충돌방지정보를 두 단계로 나누어 연속으로 제공할 경우, 사고 발생을 낮추는 데 효과가 있다고 제시하였다.

기존 교통정보 제공이 운전자 측면 접근 방식이 아닌, 운영자 및 관리자 중심으로 이루어지고 있다고 문제제기하고 개선하고자 한 연구[11]에서는 VMS를 중심으로 IPA(Importance-Performance Analysis)를 수행하였다. 그 결과 중요도가 높으나 만족도가 낮은 항목으로는 정보의 정확성, 신속성인 것으로 나타났고, 만족도와 중요도가 모두 낮은 사항은 설치 간격인 것으로 나타났다. 이는 이용자들이 여전히 정확하고 신속한 정보제공을 원한다고 볼 수 있겠다.

기존 ITS 교통정보 수집 방식(지점검지, 구간검지) 및 정보 제공 방식에 의해 발생하는 문제를 해결하고자 한 연구[12]에서는 공간적 단절 및 시간적 간극(Time gap)을 지적하며, 이러한 한계 극복을 위해 지점기반 및 에이전트기반 정보제공 전략을 제시하였다. 여기서 지점기반 정보제공 방식은 기존 VMS를 활용한 교통정보 제공에 해당하고, 구간 전체 차량에게 동일 정보를 제공하므로, 소극적 수준의 정보제공에 머무른다고 언급하였다. 이로 인해 운전자들이 정보에 과도하게 반응하는 경우 일부 경로에 통행량이 과도하게 집중되어 전체 네트워크 악화를 초래하게 될 수 있음을 언급하였다.

기존 유고상황 중심의 교통정보 제공의 한계를 지적한 연구[13]에서는 통행자의 목적지 및 통행방향을 고려하여 경로에 대한 정보를 제공하여야 한다고 주장한 바 있다. 전자를 이벤트 중심의 정보제공으로 규정하였으며, 방향성 중심의 정보 제공이 이벤트에 대한 정보 누

락 가능성이 존재하지만, 이벤트가 존재하는 상황에서도 다양한 노선에 대한 정보를 누락없이 제공하여, 도로망의 교통량 분산 효과를 유도할 수 있다고 주장하였다.

기존과 차별화된 경고제공시스템을 고안한 연구[14]에서는 실시간 교통안전 경고정보 제공을 긴급영향권과 일반영향권으로 구분하고 있다. 긴급영향권에서는 구간에 진입하는 후행차량에 관측된 교통사고 위험성 정보를 제공하며, 이를 위험도(Level of Risk)로 집계하여 상류부(일반영향권)에 제공한다.

효과적인 경고정보에 관한 연구[15]에서는 경고정보에 대한 제공 수단, 내용, 표출 방식, 행동문에 대한 선호도를 조사하였다. 258명을 대상으로 설문조사를 실시한 결과, 노변경고시스템보다 VMS를 선호하는 것으로 나타났고, 정보 내용 측면에서는 위험구간의 공간적 범위, 경고정보 행동문, 2현시 표출 형식의 선호도가 가장 높은 것으로 나타났다. 이상의 선행연구의 주된 연구주제와 본 연구에 시사하는 바를 요약하면 **표1**과 같다.

### 2.2 시사점

교통정보 전달체계의 중요도-만족도에 관한 연구[11]에서는 교통정보 제공체계의 설치간격이 이용자에게 크게 중요하지 않다고 제시하였다. 그러나 주로 고속도로 및 대안 노선으로 활용 가능한 간선급 국도를 상정하고 조사한 점에서, 대안경로 선택가능 지점이 조밀한 도시부 도로망에서는 상이할 수 있다고 판단된다. 또한 이러한 점에서 다중우회경로 제공전략을 제안한 연구[12]에서 제시한 관련 전략을 참고할 필요가 있다.

이벤트 중심의 정보제공과 방향성 중심 정보제공의 효과를 비교하고자 한 연구[13]에서는 위험상황 발생 시, 적극적인 대응을 합리적인 수준에서 일으키기 위해서는 방향성 중심 정보 제공 전략이 합당하다는 점을 시사점으로 꼽을 수 있겠다. 한편, 긴급영향권과 일반영향권 개념을 제안한 연구[14]에서는 유고상황의 파급력에 따라 공간적 범위를 구분하여 정보제공의 목적성과 그 내용에 차별을 두는 방안을 참고할 만하며, 여기서 이벤트 중심 정보제공과 방향성 중심 정보제공 기법을 긴급영향권과 일반영향권으로 구분하여 고려할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 전반적으로 정보제공 전략, 제공 지점이나 시점에 관한 연구는 다수 수행되었으나, 유고상황 하 교통정보 제공 후 해제 전략이나 요건에 대한 연구는 찾아보기 힘든 것으로 보여진다. 따라서 교통정보 제공 목적 달성 후, 해제 전략이나 기준의 수립 또한 의의가 있을 것으로 기대된다.

## III. 위험상황 대응 정보 제공 및 해제 전략

### 3.1 개념 및 정의

본 절에서는 본 연구의 기초적인 개념과 용어에 대해 정의하기로 한다.

먼저 도로변 교통정보 검지 및 제공 체계의 서비스는 평시, 사고 전, 사고 후 상황으로 그 내용을 다르게 구성하고 있다. 여기서 평시 상황이란 일반적인 도로 운영 상태를 의미하고, 사고 전 상황이란 평시 상황에서 사고, 또는 유고 상황을 유발할 수 있는 객체(이하 '위험객체')가 출현한 상황을 의미한다. 사고 후 상황은 위험객체로 인해 1차적인 사고가 발생한 상황을 의미한다. 2차 사고가 발생할 수 있으며, 사고 전 상황보다 긴 시간동안 교통체계에 영향을 미치는 상태이다. 여기서, 위험객체를 표 2와 같이 정의한다.

표 2. 위험객체의 구분
Table 2. Classification of dangerous objects on the roadway

| Category | | Dangerous Object |
|---|---|---|
| Vehicle | None-driving | Illegal Parking |
| | | Failure |
| | Driving | Speeding |
| | | Signal Violation |
| | | Illegal U-tern |
| | | Centering Invasion |
| | | Reverse Running |
| | | Vehicles with Danger of Rear-collision |
| Pedestrian | Moving | Illegal Crossing |
| | | Road Invasion/Access |
| etc | Unmoving | Falling Objects |
| | Moving | Animal |

또한 위험객체가 유발할 수 있는 사고의 심각도 정도 및 예상되는 필요 대응 수준에 따라 영향 및 대응 범위를 설정하였다. Level 1~3까지로 구분된 유형을 살펴보면, Level 1의 경우 가장 낮은 수준에 해당하고, 낙하물, 불법주정차 차량이 이에 해당되며, 단일 구간에서는 상류부, 교차로에서는 전방을 영향 범위로 설정하였다. Level 2의 경우에는 무단횡단, 안전거리 미확보 차량 등이 해당되고, 관련 기준은 관련 지침

[16]에서 제시하고 있는 주행속도, 교통정보, 문자높이, 판독소요거리 및 시간에 따라 설정하였다. Level 3의 경우 신호위반차량, 역주행차량, 과속차량이 해당되며, 각 차량에 대한 정지시거 이상의 범위에서 정보를 제공하기로 한다. 역주행 차량의 경우 해당 차선 차량들을 대상으로 제공하는 것으로 설정하였다.

### 3.2 사고 전 상황 교통정보제공 및 해제 전략

본 절에서는 사고 전 상황 하 교통정보제공 및 해제 전략을 제시한다.

먼저 교통정보제공 전략에서는 위험객체 유형에 따라 상류부, 전방향, 대향 방향에 정보를 제공하거나, 위험객체에 직접 경고를 전달하는 것으로 분류할 수 있으며, 특히 해당 구간 주행 차량에 대한 이벤트 경고 및 행동문과 이로 인해 발생하는 사고 방지 대책이 포함되어야 한다.

위험수준별로 살펴보면, Level 1 및 2에서는 정적 교통정보만으로도 충분하지만, Level 3에 해당하는 역주행 차량과 과속차량의 경우 이동하는 객체이므로, 위험객체의 위치에 따라 동적 정보제공이 필요하다.

위험수준별 영향 및 대응범위 설정 내용을 살펴보면, Level 1의 경우 유고상황 하 교통영향권을 검토한 연구[17]에서 제시한 100m를 적용하였다. Level 2의 경우 가로 통행속도와 VMS 문자 높이에 따라 가변적으로 적용되나, 도시 내부인 점을 감안하여 20~60km/h, 문자 높이 60cm 기준 180m로 동일하므로, 180m를 적용하였다.

Level 3의 경우, 고속도로가 아닌 도시 내에 해당하는 경우이므로 설계속도 60km/h를 적용하면 75m가 도출된다. 다만, 중앙선침범 및 역주행차량의 경우 상대속도를 고려하여, 정지시거의 2배에 해당하는 150m를 적용한다. 또한 단속류의 경우, 해당 범위를 포함하고 있는 단일 링크 범위로 교통정보제공 전략을 수립할 필요가 있다. 이를 종합하면 표 3과 같다.

표 3. 사고 전 상황 위험수준별 제공 교통정보
Table 3. Accident prevention information according to the level of dangerous object in a pre-crash situation

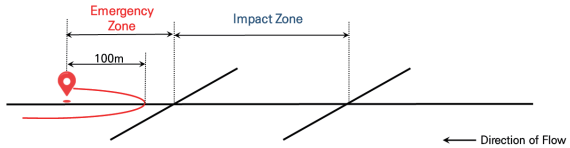
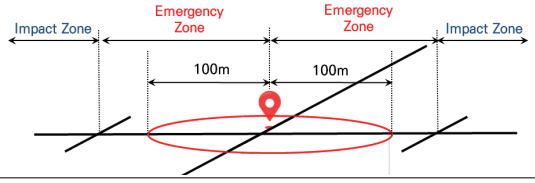
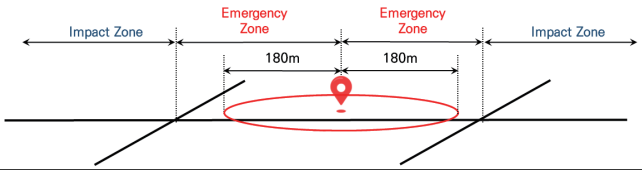
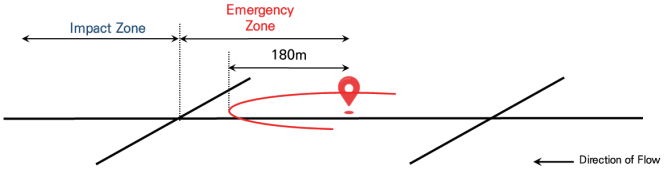
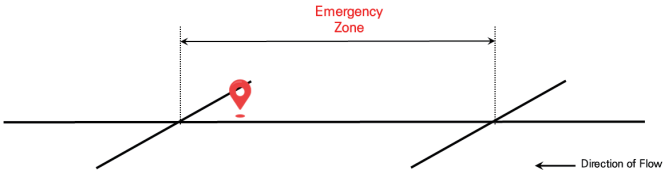
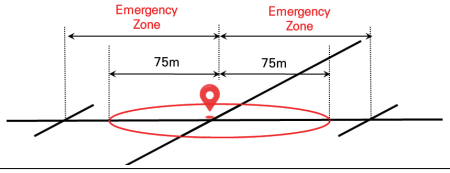
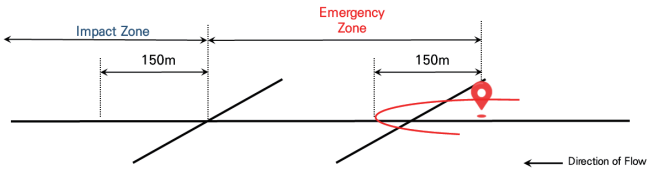
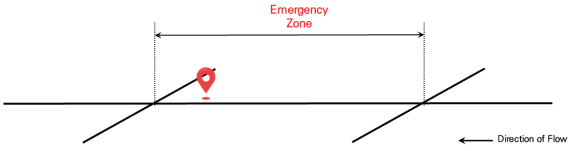
| Category | | Direction of Information | Information Contents |
|---|---|---|---|
| Level 1 | Falling Object, Illegal Parking (Single Segment) | Upstream | Driving Vehicle: Forward Event, Deceleration, Lane Change Eecommendation<br>Trailing Vehicle: Forward Deceleration Warning |
| | Falling Object (Intersection) | All Direction | Warning of Falling Objects in All-way Intersections |
| Level 2 | Illegal Crossing, Road invasion/access Animal | Upstream and Opposite Direction | Driving Vehicle: Forward Event and Deceleration Warning<br>Trailing Vehicle: Forward Deceleration Warning |
| | Illegal U-tern, Centering invasion | Opposite Direction | Driving Vehicle: Forward Events and Attention Alerts<br>Trailing Vehicle: Forward Deceleration Warning |
| | Vehicles with Danger of Rear Collision | Target Vehicle | Warning Against Traffic Flow Including Rear-collision Vehicles<br>(Safe Distance and Deceleration warning) |
| Level 3 | Signal Violation | All Direction | Driving Vehicle: Forward Events and Attention Alerts<br>Trailing Vehicle: Forward Deceleration Warning |
| | Reverse Running | Opposite Direction and Down Stream | Opposite Direction: forward Event, Deceleration and Outside Lane Change Warning<br>Upstream Flow in Opposite Direction: Forward Slowdown Warning |
| | Speeding Vehicle | Target Vehicle | Direct Warning of Speeding Vehicles (Speed Observance Message) |

한편, 사고 전 상황 교통정보제공에 있어서 위험객체 위치로부터 근접한 범위를 긴급영향권으로 설정하고, 긴급영향권에서는 즉각적인 사고 회피를 위한 이벤트 정보 및 행동문을 제공한다. 이에 비해 일반영향권은 긴급영향권의 상류부에 해당하는 범위로 일반영향권 내 후행차량군에게는 긴급영향권에서 발생하는 급격한 속도 변화 및 정지 차량 발생에 따른 사고 방지를 위해 부차적인 대응을 구사하는 것으로 운영 전략을 수립하였다. 긴급영향권의 경우, 도시나 가로 규모에 따라 교차로 간 간격, 구간 연장이 모두 다르고, 동일 구간을 주행하는 군집은 교통류 변화에 동질적으로 대응할 필요에 따라 교통정보를 제공하는 범위는 긴급영향권을 포함하는 단일 구간으로 설정하였다.

일반영향권의 경우, 기존 문헌에서 별도로 기준을 제시한 내용을 찾아보기 힘드나, 긴급영향권 종점 이후 최소 1개 구간(다음 교차로)까지를 설정하는 것이 바람직하다.

이상의 내용을 간략히 도식화하면 표4와 같다.

표 4. 사고 전 상황 하 교통정보제공 전략
Table 4. A strategy of providing traffic information for pre-crash response

| Category | | A Strategy of Providing Traffic Information |
|---|---|---|
| Level 1 | Falling Object, Illegal Parking (Single Segment) |  |
| | Falling Object (Intersection) |  |
| Level 2 | Illegal crossing, Road invasion/acess, Animal |  |
| | Illegal U-tern, Centering Invasion |  |
| | Vehicles with Danger of Rear Collision |  |
| Level 3 | Signal Violation |  |
| | Reverse Running |  |
| | Speeding Vehicle |  |

한편, 도시 내 연속류에 대한 적용 방법에 대해 살펴보면, 도시 내 단속류에서는 가로특성에 따라 교차로 간 간격이 상이하다. 따라서 영향권을 설정하는데 있어서 최소 단위에 해당하는 교차로-교차로 간 단일 구간 단위로 설정하도록 하였으나, 연속류의 경우 교차로 또는 결절점(IC) 간 간격이 길어 최소 단위가 필요하지 않다. 따라서 본 검토에서 제시한 범위를 그대로 적용하여 단일 구간 내에서도 긴급영향권과 일반영향권을 구분하여 적용가능하다. 특히 고속도로의 경우, 위험객체별 대응수준별로 영향권을 설정하기보다 설계속도 120km/h에 해당하는 215m를 일괄적으로 적용하되, 역주행차량의 경우 2배에 해당하는 430m를 적용하는 것이 합리적이다.

사고 전 상황 경고해제전략의 경우, Level 1의 위험객체는 낙하물, 불법주정차 차량이 해당되며, 이들 위험객체는 도로 공간에서 처리, 이동이 완료된 후에야 소멸되므로 지속시간을 가늠하기 어려운 측면이 있다. 또한 위험객체 지속시간에 따라서는 대기행렬 및 정체를 발생시킬 가능성도 존재한다. 그러나 혼잡시간대에는 Level 1 위험객체로 인해 혼잡이 발생, 또는 가중됐음을 증명하기 어렵고, 안전상 문제에 크게 위해가 되지 않으므로 위험객체 소멸 후에 경고를 해제하도록 한다. Level 2에 해당하는 위험객체의 경우 주로 단발성 교통법규 위반, 야생동물, 불법유턴차량과 같은 경우에도 소거시간까지가 극히 짧을 것으로 예상된다. 따라서 일괄적으로 위험객체 소멸 후 경고를 해제하는 방식을 채택할 경우, 2~3초 내 짧은 시간에 교통정보가 표정된 후 해제되게 되므로, 시스템 오류나 오정보로 받아들여질 가능성이 높다. 따라서 15초 정도 유지 후 위험객체 소멸 시 경고를 해제하는 것이 합리적이다. Level 3에 해당하는 위험객체는 레 Level 2와 유사하게 단발성으로 나타날 가능성이 크므로, 대체적으로 Level 2와 같은 경보 해제 기준을 적용하되, 역주행 차량의 경우 위험객체 소멸 후 대향방향 교통류가 정상으로 회귀한 후 해제하는 것이 안전에 유효할 것으로 판단된다. 과속차량의 경우에도 지속적으로 과속하는 경우도 존재하지만, 짧은 시간차를 두고 반복적으로 과속하는 경우도 있을 수 있으므로, 정상속도로 감속 후 30초 유지 후 해제하는 것이 유용하다. 이상의 사고 전 상황 교통정보 해제전략을 종합하면 표5와 같다.

표 5. 사고 전 상황 경고해제 전략
Table 5. A strategy of clearing warning messages for pre-crash response

| Category | | Duration | Stop Rule |
|---|---|---|---|
| Level 1 | Single Segment (Falling Object, Illegal Parking) | Unpredictable | Dangerous Object Disappear |
| | Intersection (Falling Object) | Extremely Short | |
| Level 2 | Illegal Crossing, Road Invasion/Cccess Animal | Extremely Short | Dangerous Object Dismissal Situation after 15-sec Alert |
| | Illegal U-tern, Centeringinvasion | | |
| | Vehicles with Danger of Rear Collision | | |
| Level 3 | Signal Violation | Extremely Short | |
| | Reverse Running | Unpredictable | Opposite Stream Normalization after Dangerous Object Disappear |
| | Speeding Vehicle | | 30-sec After Decelerating to the Speed Lim It |

### 3.3 사고 후 상황 경고제공 및 해제 전략 수립

사고 후 상황 정보제공 대응 방안 검토를 위해 사고 발생 이후의 후속 상황 및 교통류 변화를 살펴보면 다음과 같다.

위험객체로 인해 사고 발생 시, 즉각적으로 한 차로, 또는 사고 유형이나 사고 정리 등 후속 처리로 인해 그 이상의 차로가 이용 불가하게 되고, 병목이 생성된다. 병목은 용량저하를 야기하여 정체가 시작되고, 대기행렬이 생성되며, 시간 경과에 따라 대기행렬의 증가 및 정체 파급이 시작된다. 사고 차량 이동, 잔해 처리 등 사고처리 절차가 진행되며, 병목 해소 이후 대기행렬의 감소, 처리 후 정상 통행 상태로 복귀된다.

이와 같은 상황의 변동을 고려하여 사고 후 교통정보 제공 및 대응방안을 구상해보면 다음과 같다.

사고 발생 후 시간 경과에 따른 정체 발생, 대기행렬 규모 등 여건에 따라 2차 사고 발생 가능 지점 및 대안 경로 선택 가능 지점이 변경되므로, 시간 경과 및 여건 변화에 맞추어 교통정보 제공 범위, 제공 정보의 목적성과 내용 또한 변화하여야 한다. 이는 곧 초기 정보제공 이후에도 대기행렬 종점에 주안을 두고 시간과 공간에 따라 동적으로 정보를 제공하여야 한다는 의미이다.

사고 후 정보제공 전략에 대입해보면, 사고 발생 시 즉각적으로 사고 지점 인근 상류부를 대상으로 전방사고 발생 사실을 통보하며, 선행 사고와의 2차 사

고 회피를 위한 정보를 제공하고, 후행 교통류에서는 선행 교통류의 급격한 감속으로 인한 후방추돌 등 연쇄적인 사고 발생을 방지하여야 한다. 이를 위해 후행 교통류에 전방의 감속 상태를 전달하여야 한다. 시간의 경과에 따라 대기행렬 증가 시 대기행렬 종점부와 후행차량 간 2차 사고(후방추돌) 발생 가능 지점이 이동하게 되므로, 이에 따라 이벤트 및 행동문 정보 제공 또한 동적으로 하도록 한다.

2차 사고 방지를 위한 정보 제공 이후에는 사고방지를 위해 대안 경로 선택이 가능한 지점에서 관련

경로에 대한 교통정보 또는 우회권고 정보를 제공하는 것이 합리적이다. 여기서 2차 사고 방지를 위해 우선적으로 이벤트 중심 정보를 제공하여야 하는 범위를 긴급영향권으로 설정하고, 긴급영향권은 대기행렬 종점부 100m 후방까지를 포함하는 단일 구간으로 설정하였다. 긴급영향권 후방의 범위는 일반영향권으로 설정하되, 전방 주의 및 감속, 대기행렬 증가 및 정체 파급 저감을 위한 대안 경로 안내 등 목적성에 따라 1차 영향권, 2차 영향권으로 세분화하였다.

전반적으로 사고 발생 이후 경과와 여건에 따라 단계적으로 대응하는 전략을 수립하였고, 공간적 범위의

설정과 정보제공의 내용 및 목적성에 차등을 부여하 였으며, 공간적 범위는 대기행렬의 종점에 주안을 두고 있다. 여기서 긴급영향권은 사고발생 지점 해당 구간을 의미하고, 즉각적인 교통류의 감속 또는 정지가 필요한 지점이며, 대기행렬 생서 후에 대기행렬을 포함하여야 한다. 1차 영향권은 대기행렬 종점으로부터 정지시거를 포함하는 구간으로 대기행렬 종점부와 후행 차량 간의 추돌사고 방지를 목적으로 운영되며, 대기행렬 증가 시 지속적으로 확장 적용되어야 하는 범위이다. 2차 영향권은 교통량 분석을 주목적으로 하며, 전방 사고로 인한 정체 및 대기행렬이 존재함을 알리고, 교통량 분산을 위해 우회경로에 대한 교통정보를 제공한다. 특히 특정 링크로의 과도한 교통량 집중과 이로인한 정체 및 네트워크 비효율화 방지를 위한 범위에 해당한다. 3차 영향권은 2차 영향권 효과 제고를 위한 보완적 범위로서, 이벤트 중심의 정보제공보다는 방향성 중심의 정보를 제공하여 2차 영향권 내의 교통량 분산을 유도하기 위한 범위이다. 여기서, 사고 직후 긴급영향권 및 1차 영향권에 대한 경고를 제공하는 것은 사고 후 비혼잡 상황에서도 유효할 것으로 판단된다. 또한 사고 발생 직후, 긴급영향권과 1차 영향권에 대한 교통정보제공을 통해 짧은 시간 내에 발생하는 2차 사고를 방지하고, 순차적으로 2차 및 3차 영향권을 운용하는 방안이 합리적일 것으로 사료된다.

또한 2차 사고 발생 시, 선행사고 중복추돌인 경우에는 영향권의 변동은 없고, 선행사고보다 상류부에위치할 경우 2차 사고 지점을 기준으로 영향권을 재설정하되, 긴급영향권은 선행사고와 2차사고 지점 및 대기행렬 종점부를 모두 포함하도록 한다.

이상의 내용을 종합하면 표6과 같다.

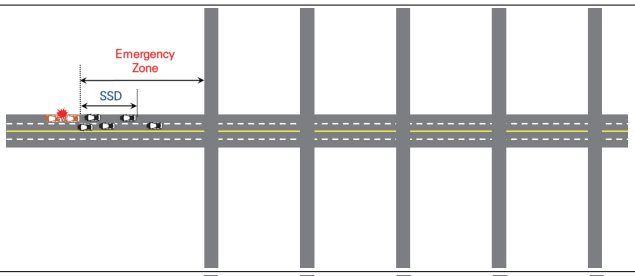
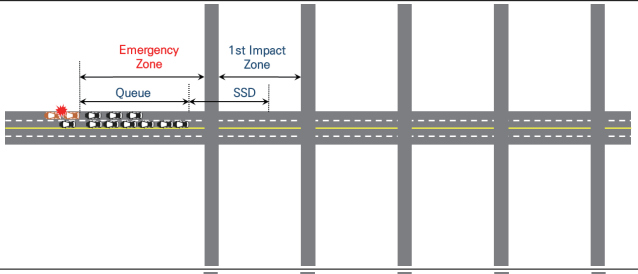
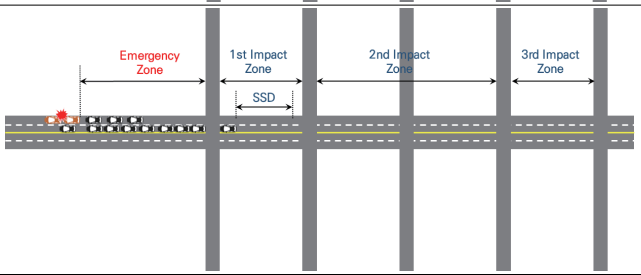
표 6. 사고 후 상황 교통정보제공
Table 6. A traffic information for post-crash response

| Post-crash | The purpose of Information | Main Traffic Information | Range of Providing Traffic Information | |
|---|---|---|---|---|
| | | | From | TO |
| Right After the Accident | Overlapping Collision Prevention | Accident Occurrence Information and Attention/Deceleration | the Point of the Accident | the Section Including Stop-sight Distance (Emergency Area) |
| | Rear of Queue Collision Prevention | Forward Congestion and Caution, Deceleration | the End of the Queue | the Section Including Stop-sight Distance (First Subordinate Area) |
| Queue Exceeding Emergency Area | Route Switching for Traffic Distribution | Alternative Route(Bypass) Travel Information | The Rear of First Subordinate Area | Sections Including 2 or more Route Changeable Points (Second Subordinate Area) |
| | Stabilization of Network traffic flow by Expanding the Scope of Information Provision | Congestion Information due to the Forward Accident | The Rear of Second Subordinate Area | the One Section |

사고 발생 후 경고해제전략에는 사고 발생 후 비혼잡 상황과 혼잡 상황에 대해 고려할 필요가 있다. 사고 발생 후 비혼잡 상황에서는 사고 처리가 완료된 후 경고 및 우회경로 안내를 해제하는 것이 적합하다. 사고 발생 후 혼잡 상황(대기행렬 생성 상황)에서는 사고 처리가 완료된 후에도 대기행렬이 잔존해 있을 가능성이 높으므로, 대기행렬 소거 후 경고를 해제하는 것이 안전에 유효할 것으로 판단된다. 여기서 사고 발생 후, 대기행렬이 생성된 경우에는 사고 처리 완료 및 병목 해소 후 대기행렬의 종점 또한 이동되므로, 긴급영향권 및 1, 2, 3차 영향권 또한 수정되어야 한다. 본격적인 경고해제는 대기행렬이 긴급영향권 최소 범위(정지시거) 이내로 줄어들 경우이며, 2차 및 3차 영향권에서의 경고를 해제하고, 대기행렬 소멸 시 긴급영향권 및 1차 영향권에 대한 경고를 해제하는 것이 필요하다.

전술한 사고 발생 후 경고 제공 및 해제 전략을 종합하여 도식화하면 **표7**과 같고, 경고해제전략을 정리하면 **표8**과 같다.

표 7. 사고 후 상황 하 교통정보제공 전략
Table 7. A strategy of providing traffic information for post-crash response

| Category | A Strategy of Providing Traffic Information |
|---|---|
| Right After the Accident occurred |  |
| |  |
| Queue Exceeding Emergency Area |  |

note: SSD mean Stop-Sight Distance

표 8. 사고 후 상황 경고해제 전략
Table 8. A strategy of clearing warning messages for post-crash response

| Category | Stop Rule |
|---|---|
| Non-congested Situation after Accident | After the Completion of Accident Handling |
| Queue and Congestion Occurred After Accident | Step 1: If the queue is reduced to within the emergency zone of influence, dismissal the information of 2nd and 3rd Area.<br>Step 2: When the accident handling processing is completed and the queue is completely disappeared, dismissal all information and warning. |

## Ⅳ. 결론

본 연구는 도로조명시설을 교통정보체계로 활용하는 것을 전제로 한다. 도로조명시설의 교통정보체계로의 활용은 도로조명시설의 밀도를 고려했을 때 보다 고해상도의, 도로 상 어느 곳에서든 교통정보를 제공할 수 있다는 이점을 지닌다. 전술한 도로조명시설을 교통정보제공 체계로 활용하기 위해서는 기존 대비 조밀한 체계에 적합한 운영 전략 수립이 요구되는 바, 사고 전/후 교통정보제공 및 해제 전략을 수립하고자 하였다.

결과적으로 사고 전 상황에서는 주로 위험객체 유형별 대응방안을 설계하였고, 위험객체 소멸 및 후속 확인사항에 따른 경고 해제 전략을 제안하였다. 사고 후 상황에서는 주로 다중추돌방지 및 대기행렬 후방추돌 방지를 위한 긴급영향권 내 이벤트 중심의 경고제공과 일반영향권 내 교통량 분산 및 소통상태 대응측면의 정보제공를 제공하여 범위별 교통정보의 목적성을 달리하는 전략을 수립하였다. 특히, 시간 경과에 따라 동적으로 적용할 수 있는 정보제공 및 해제 기준을 마련하고자 하였다. 이 때문에 본 연구에서 제안한 전략은 검지 및 정보전달체계 간 긴밀한 연계를 요구하고 있다.

본 연구의 의의를 살펴보면. 돌발발상황 검지 및 경고제공에 있어서 기존의 VMS 체계보다 조밀한 고해상도의 체계를 전제로 하고 있는 바, 기존 대비 세부적인 전략을 수립하였다는 점, 이러한 체계를 고려한 초기 연구로서 관련 연구에 대한 관심을 환기시킬 수 있다는 점을 꼽을 수 있겠다. 다만 본 연구 제안이 방법론적 한계로 시뮬레이션 등에서 검증되지 못한 부분은 아쉬운 점으로 남는다.

마지막으로 본 연구가 도시 내 안전관련 교통정보 고도화에 기여하여 도시 내 사고 절감과 안전 제고에 기여할 수 있기를 기대하는 바이다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 스마트 도로조명 플랫폼 개발 및 실증 연구 개발사업의 연구비 지원(과제번호 21PQWO-B153346-03)에 의해 수행되었습니다.

## References

[1] M. Abdel-Aty and M. P. E. F. Abdalla, “Modelin g drivers diversion from normal routes under A TIS using generalized estimating equations and b inomial probit link function,” *Transportation,* vol. 31, no. 3, 2004, pp. 327-348.

[2] H. S. Mahmassani and Y.S. Liu, “Dynamics of co mmuting decision behaviour under advanced tra veler information systems,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies,* vol. 7, issue 2-3, 19 99, pp. 91-107.

[3] P. Kachroo and K. Ozbay, “Solution to the user equilibrium dynamic traffic routing problem usin g feedback linearization,” *Transportation Research - B,* vol. 32, no. 5, 1998, pp. 343-360.

[4] A. Messmer and M. Papageorgiou, “Motorway ne twork control via nonlinear optimization,” *Interna tional Transportation in Operational Research*, vol. 2, no. 2, 1995, pp. 187-203.

[5] S. Lee and H. Cho, “A Study on Safety Impacts for VMS Traffic Information,” *The journal of the K orea institute of intelligent transport systems,* vol. 14, no. 1, 2015. pp. 22-30.

[6] K. Choi and J. Jang, “A VMS Operation Model b ased on Game Theory,” *J. of Korean Society of Civ il Engineers,* vol. 24, no. 2D, 2004. pp. 155-165.

[7] S. Kim, “A Dynamic VMS Message Set Optimizat ion for Efficient Road Traffic Network,” *Ph.D The sis,* Ajou University, 2005.

[8] T. Kim, C. Oh, and J. Oh. “Methodology for Sele

cting Traffic Safety Warning Messages Using Analytical Hierarchical Process(AHP)-based Multi-Criteria Value Function," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 9, no. 2, 2010, pp. 1-11.

[9] Y. Jeon, "Influence on Driver Behavior According to Providing Collision Avoidance Information on Highway," *J. of Korean Society of Transportation,* vol. 27, no. 4, 2009, pp. 137-143.

[10] T. Song, C. Oh, and J. Oh, "Analysis of User Preference for Designing Real-Time Warning Information," *J. of Korean Society of Transportation,* vol. 27, no. 4, 2009, pp. 7-16.

[11] K. Choi, Y. Choi, and S. Oh, "Using Importance-Performance Analysis to Improve Traffic Information Disseminating Strategies on VMS," *Journal of Civil and Environmental Engineering Research,* vol. 26, issue. 5D, 2006, pp. 747-754.

[12] M. Lee, W. Kim, Y. Kang, T. Kim, C. Oh, and B. Kim, "Traffic Information Strategy on U-TSN(uniquitous-Transportation Sensor Network)," *J. of Korean Society of Transportation*, vol. 9, 2007, pp. 1004-1013.

[13] J. Lee and J. Chung, "A Study on Information System on VMS in Consideration with Multiple Alternative Route," *J. of Korean Society of Civil Engineers,* vol. 27, no. 6D, 2007, pp. 691-696.

[14] C. Oh, J. Oh, J. Park, T. Kim, and T. Song, "Advanced Freeway Traffic Safety Warning Information System based on Surrogate Safety Measures (SSM): Information Processing Methods," *J. of Korean Society of Transportation,* vol. 27, no. 3, 2009, pp. 59-70.

[15] T. Song, C. Oh, and J. Oh, "Analysis of User Preference for Designing Real-Time Warning Information," *J. of Korean Society of Transportation,* vol. 27, no. 4, 2009, pp. 7-16.

[16] Ministry of Land, Infrastructure and Transport, "VMS installation, operation and maintenance guidelines," *Guidelines,* 2010.

[17] J. Lee, Y. Lee, and C. Lim, "A Study of the Traffic Effect Zone and Application of Road Occupying Construction," *Journal of The Korean Society of Industry Convergence,* vol. 6, no. 2, 2003, pp. 131-139.

## 저자 소개

**전교석(Gyo-Seok Jeon)**

2011년 아주대학교 일반대학원 교통공학과 졸업(공학석사)
2016년 아주대학교 일반대학원 교통공학과 졸업(공학박사)
2017년~현재 아주대학교 TOD기반지속가능도시교통연구센터 연구 교수
※ 관심분야 : 교통계획, C-ITS, ICT

**김태완(Tae-Wan Kim)**

2019년 아주대학교 교통시스템공학과(학사)
2019년~현재 아주대학교 교통공학과 석박사통합과정 이수중
※ 관심분야 : 교통계획, ITS, 수요예측

**이현미(Hyun-Mi Lee)**

2014년 London School of Economics and Political Science(통계석사)
2020년 아주대학교 교통공학과 박사과정 수료
2017년~현재 아주대학교 교통공학과 연구원
※ 관심분야 : ITS통신시스템, ICT, C-ITS

**장정아(Jeong-Ah Jang)**

2002년 아주대학교 일반대학원 교통공학과 졸업(공학석사)
2009년 아주대학교 일반대학원 교통공학과 졸업(공학박사)
2014년~현재 아주대학교 TOD기반지속가능도시교통연구센터 연구 교수
※ 관심분야 : ITS통신시스템, ICT, C-ITS