

교통안전을 고려한 도시부도로의 돌발상황 교통관리전략 수립에 관한 연구

Development of Traffic Management Strategies for Incident Conditions on Urban Highways Considering Traffic Safety

김 영 선	Kim, Young Sun	아주대학교 교통연구센터 수석연구원 (E-mail : jjinying@ajou.ac.kr)
이 상 수	Lee, Sang Soo	정회원 · 아주대학교 교통시스템공학과 정교수 · 교신저자 (E-mail : sslee@ajou.ac.kr)
윤 일 수	Yun, Ilsoo	정회원 · 아주대학교 교통시스템공학과 부교수 (E-mail : ilsooyun@ajou.ac.kr)

ABSTRACT

PURPOSES : This study aims to investigate the direct and indirect influence areas from incidents on urban interrupted roadways and to develop traffic management strategies for each influence area.

METHODS : Based on a literature review, various traffic management strategies for certain incidents were collected. In addition, the relationship between the measure of effectiveness and the characteristics of incidents was explored using an extensive simulation study.

RESULTS : From the simulation studies, traffic delays increased as the number of lane closures increased, and the impact of lane closures was reduced to the direction upstream from the incident site. However, the magnitude of the delay change depended on the degree of saturation. Using these characteristics, the direct and indirect influence areas resulting from incidents were defined, and traffic management strategies were established for each direct and indirect influence area and for each level of incident.

CONCLUSIONS : The results of this study will contribute to the improvement of national traffic safety by preventing secondary incidents and by effective adaptation to incident events.

Keywords

Incident, Influence Area, Signal Control, Microscopic Traffic Simulation, Safety

Corresponding Author : Lee, Sang soo, Professor
Department of Transportation System Engineering, Ajou University,
Worldcupro 206, Yeongtong-gu, Suwon-si, 16499, Korea
Tel : +82.31.219.2539 Fax : +82.31.215.7604
E-mail : sslee@ajou.ac.kr

International Journal of Highway Engineering

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

ISSN 1738-7159 (print)

ISSN 2287-3678 (Online)

Received Jun, 08, 2015 Revised Jun, 26, 2015 Accepted Jul, 02, 2015

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

도시부 도로의 교통정보는 국내 ITS의 발전과 함께 도로에 설치된 검지기와 도시교통정보시스템(Urban Traffic Information System; UTIS) 등을 이용하여 수집되고 있다. 이렇게 수집된 정보를 활용하여 다양한

교통정보 콘텐츠로 가공하고 이를 기반으로 국민들에게 다양하고 정확한 교통정보를 제공하고 있다. 최근 이슈가 되고 있는 C-ITS의 발전으로 인해 도로와 차량, 차량과 차량 간의 통신이 가능해짐에 따라 향후에는 보다 효과적인 교통정보 제공이 가능해질 수 있을 것으로 본다. 특히 최근에 발생한 고속도로 대형 충돌사건이나 대

형 화재 및 각종 재난 발생 시 효과적으로 대처할 수 있을 것으로 예상되고 있다.

대형사고 및 재난 등으로 인해 도시부 도로에서 돌발상황이 발생할 경우, 정부 또는 지자체는 이와 같은 재난에 대응하기 위한 관리 및 대비책을 마련하고자 지속적인 노력을 하고 있다. 최근에는 파업이나 테러 등 새로운 형태의 재난이 증가하는 경향을 나타내고 있고, 이러한 재난 상황이 발생할 경우 현장의 요구에 효과적으로 대응하기 위하여 효율적인 교통통제의 필요성이 요구된다. 예를 들어, 사상자의 긴급 이송 및 구조를 위해 필요한 물자 이동, 현장주변의 접근통제 및 교통정리 등을 위해 교통통제가 필요하다. 이는 돌발상황 발생 현장 주변으로의 접근을 차단하여 인명 및 대물 피해가 확대되는 것을 최소화하고, 2차 피해 발생을 미연에 방지하고자 하는 것이다. 이러한 직접적인 교통통제 이외에도 교통정보를 제공하여 돌발상황 발생지점으로 접근하는 차량에 대한 경로 우회를 유도하여 운영의 효율성을 높이는 방법이 존재한다.

현재는 돌발상황이 발생하는 대부분의 경우, 현장에 출동한 교통경찰의 주관적인 판단에 의존하여 직접적인 교통통제를 실시하고 있다. 그러나 이러한 통제 방법은 이에 대한 명확한 판단기준 및 근거가 존재하지 않고 일관성이 부족하며 개인적인 경험에 따라 운영의 효과가 달라질 수 있다는 한계가 있다. 또한 도로 네트워크 전체를 고려하지 않고 해당지점의 교통정리만 수행하는 교통통제 기법은 해당지점의 혼잡을 감소시키는 데에는 효과적일 수 있으나, 병목구간을 다른 지점으로 이동시키는 결과로 나타날 수 있다. 이는 오히려 해당 도로망의 교통 혼잡을 가중시키고 나아가 추가적인 교통사고를 유발할 수 있는 요인이 될 수 있어 이에 대한 관련 연구가 필요한 실정이다.

본 연구의 목적은 교통통제가 요구되는 상황을 보다 효과적으로 관리하기 위하여 돌발상황이 영향을 미치는 구간을 직·간접영향권으로 구분하는 방법을 개발하여 제시하는 것이다. 그리고 이러한 결과를 기반으로 교통관리 전략과 절차를 수립하여 제시하였다. 이와 같은 전략을 적용하여 대형재난과 사고 같은 돌발상황 발생 시 효과적인 현장대응을 수행하고 2차 사고를 방지하여 궁극적으로 국민안전에 기여할 수 있도록 하였다.

2. 기존 문헌 고찰

2.1. 연속류 돌발상황 판정 및 영향권 관련 연구

Huh, M.K. 등(2010)은 과거의 교통패턴과 교통데이터와의 차이값에 대한 경향을 분석하여 돌발 상황을 판정하는 알고리즘을 개발하였다. Kim, S.G. 등(2008)은 교통량, 속도, 점유율의 교통데이터 변수를 사용하여 교통량에 따라 돌발 상황 교통류를 3가지로 분류(교통량-점유율 관계도, 속도-교통량 관계도, 속도-점유율 관계도)하고 각각의 특성을 분석하였다. 또한 이를 기반으로 속도 기준 수정 교통량-점유율 관계도를 통해 돌발 상황 검지 알고리즘을 제시하였다.

Hong, N.K. 등(2007)은 램프가 설치되어 있는 도로 환경에 맞는 효율적인 돌발상황 검지를 위하여 퍼지논리와 교통패턴데이터를 함께 사용하여 돌발상황 검지 모형을 구축하여, 퍼지 논리의 돌발상황 확률과 교통패턴의 차이값을 이용해 돌발상황을 판단하는 돌발상황 확률에 대한 임계치를 도출하였다. Baek, Y.H. 등(2001)은 기존의 단일 차선 검지 위주의 루프검지기나 검지영역 설정에 한계가 있는 차선별 검지기의 한계를 극복하고자 광역검지 및 다차로검지가 가능한 영상검지기를 사용하여 자동돌발상황 검지체계를 제시하고, 국도와 고속도로를 구별하여 각각의 알고리즘을 제안하였다.

Jian Lu(2012)는 부분최소자승법(PLS:Partial least square)과 인공신경망(artificial Neural Network)을 기반으로 교통량, 속도, 점유율을 활용하여 도로의 상류부 및 하류부에서 나타나는 교통류의 차이를 가지고 돌발 상황을 검지하는 기법을 개발하였다.

2.2. 단속류 돌발상황 판정 및 영향권 관련 연구

Kim, T.W. 등(2014)은 도심부 단속류 도로를 대상으로 수집된 GPS 기반의 차량궤적 데이터에 오류역전파(back propagation; BP) 인공신경망을 적용하여 돌발상황검지 모형을 구축하였다. 제안한 모형의 정확도 검증 결과 돌발상황 검지율 46.15%, 오보율 25%로 연속류 도로를 대상으로 수행한 돌발상황 검지 연구와 비교하여 양호한 결과가 도출되었다.

Mo 등(2011)는 단속류에서 돌발상황을 검지하기 위해 라틴방격(Latin square)분석을 활용하였다. 교통상황 검지를 위해 돌발상황이 발생된 시점의 전후의 1분 단위 관측자료를 이용하여 교통량, 속도, 점유율의 3가지 교통특성으로 분리하고 라틴방격 분석을 적용하는 방법과 3가지 교통특성을 동시에 적용하는 방법을 비교하여 연구하였다.

Dia(2011)은 루프검지기에서 수집된 데이터와 프로브 차량 데이터를 이용하여 간선도로에 적용가능한 돌

발상황 검지방법을 신경망이론 모형으로 시뮬레이션 환경에 적용하여 증명하였다. WEN(2011)은 간선도로에서 발생하는 유고를 검지하기 위해서 학습벡터양자화(learning vector quantization; LVQ) 신경망과 데이터 합성 기술을 적용하였다. 루프 검지기로부터 수집된 정보와 프로브 차량으로부터 수집된 GPS 정보를 입력 변수로 활용하여 시뮬레이션 분석을 수행한 결과 LVQ 신경망과 데이터 합성 기술의 검지율이 BP 신경망의 검지율보다 높게 나타난다고 평가하였다.

2.3. 시사점

기존문헌 고찰 결과, 돌발상황 판정과 관련된 연구는 국·내외에서 활발하게 진행되고 있는 것으로 파악되었다. 특히 검지기를 통해 수집된 교통량, 속도, 점유율의 데이터를 활용하여 돌발상황의 발생여부를 판단하는 알고리즘의 개발은 연속류와 단속류 모두 오보율을 지속적으로 감소시켜 오고 있으며, 다양한 형태의 기법을 활용하여 개발되어 오고 있는 실정이다.

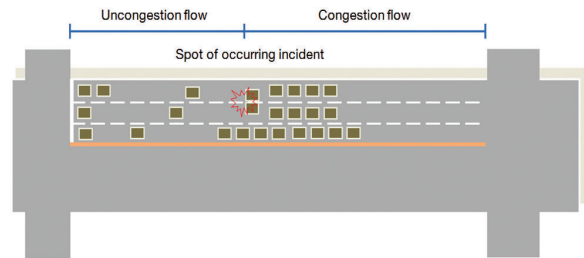
그러나 연속류 돌발상황 판정과 관련된 기존 연구를 살펴보면 대기길이의 영향을 파악하고 이를 이용하여 돌발상황의 발생여부를 판단하고는 있으나 이것이 돌발상황 정도나 차후 교통관리에 대한 연구는 없는 실정이다. 마찬가지로 단속류의 돌발상황 판정과 관련된 기존 연구를 살펴보면, 돌발상황을 보다 정확하게 검지할 수 있도록 하는 연구는 지속적으로 연구되었으나 돌발상황의 영향권을 설정하고 이에 따른 전략을 구현한 연구는 거의 없다. 이에 본 연구에서는 기존의 돌발상황을 판단하는 알고리즘에서 수행했던 연구결과를 기반으로 하여 돌발상황의 영향권을 설정하고 이를 효과적으로 관리하기 위한 전략을 제시하여 기존 연구와 차별성을 갖고, 선도적인 연구내용을 제시하도록 하였다.

3. 돌발상황 발생 시 직·간접 영향권 설정방법

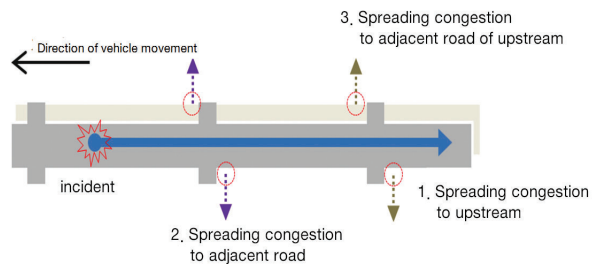
3.1. 돌발상황의 정의 및 교통특성

돌발상황이란 도로상에서 발생하는 비반복적이고 예측이 불가능한 이벤트를 말하며, 일반적으로 돌발상황은 도로용량을 크게 감소시키는 결과를 초래한다. 본 연구에서는 이러한 비반복적인 이벤트 외에 보다 효과적인 교통관리 전략을 제시하기 위해 공사, 집회 등의 도로의 용량을 감소시키는 예고된 이벤트도 돌발상황으로 포함하여 연구를 수행하였다.

Fig. 1에 제시된 바와 같이, 돌발상황 발생 시 축 또는 네트워크의 교통정체의 확산은 일반적으로 가장 먼저 발생지점의 상류부 방향으로 지·정체가 확산되고, 회전교통량 및 스피백 현상 등으로 인해 인접교차로의 교통혼잡이 확산되어 점차 네트워크의 소통 상태를 악화시키는 현상이 발생하게 된다.



(a) Incident Occurred



(b) Spreading Congestion due to the Occurring Incident

Fig. 1 Concept of and Congestion Spreading from the Incident Occurring

3.2. 돌발상황 발생에 따른 직·간접 영향권 설정

본 연구에서는 돌발 상황에 대한 효율적인 교통관리를 위해 영향권을 직접영향권과 간접영향권으로 구분하여 설정하고, 각각에 따라 효과적으로 대응할 수 있도록 하였다. Fig. 2에 나타난 바와 같이 도시부 단속류 도로에서 돌발상황이 발생한 경우 직접영향권은 신호에 의

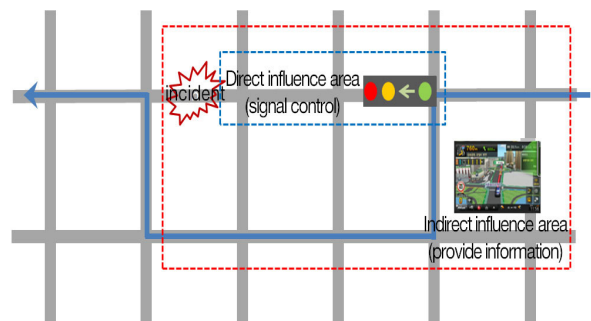


Fig. 2 Classification of Direct and Indirect Influence Area from Incident

해 직접제어를 필요로 하는 구간으로 설정하고, 간접영향권은 교통정보제공을 통해 우회도로를 이용할 수 있는 구간으로 설정하였다. 또한 본 연구에서 정의한 교통정보제공은 근접 지역에 위치한 VMS뿐만 아니라, 교통방송 및 UTIS 내비게이션, UTIS 홈페이지, UTIS 스마트폰 어플리케이션, 안내전화, SNS 등을 활용하는 것을 의미한다.

이러한 직·간접 영향권 설정은 네트워크의 지체확산 정도와 속도에 따라 달라지고 이러한 지체확산의 정도와 속도는 교통량 구성과 돌발상황에 의한 차로폐쇄유형에 의해 결정된다. 이 중 돌발상황으로 인한 네트워크의 지체확산 정도는 영향권 설정에 있어 가장 중요한 요인이며, 이러한 영향을 결정하기 위하여 다양한 조건을 미시교통시물레이션으로 평가하여 분석하였다.

4. 영향권 설정을 위한 미시교통시물레이션 분석

4.1. 미시교통시물레이션 분석을 위한 가정 수립

본 연구에서 제안하는 영향권 구분에 대한 기준을 설정하기 위해 다음과 같은 가정을 수립하고 미시교통시물레이션 분석을 수행하였다.

기하구조의 경우, 링크의 길이는 500m(서울연구원(2003), 실시간신호제어시스템 검증 및 평가)로 설정¹⁾하고, 차로수는 일방향 4차로(왕복 8차로)로 운영하도록 네트워크를 구축하였다.

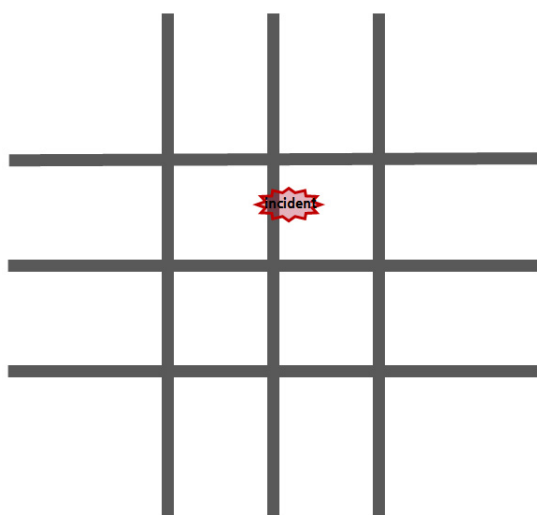


Fig. 3 Configuration of Network

1) 도곡동길, 남부순환로, 영동대로, 언주로 링크길이 평균값

교통 특성의 경우, 네트워크의 신호주기는 150초로 가정하였으며, 이에 따른 옵셋은 T7F를 통한 최적화 분석을 통해서 산정하였다. 신호현시는 직좌후 직진, 직진 후 직좌의 형태로 운영하도록 구성하였으며, 교통량 회전 비율은 Jung(2007)의 연구를 토대로 직진 80%, 회전 20%로 구성하였다. 교통량의 구성에 따른 다양한 영향을 분석하기 위해 비포화($V/C=0.6$), 근포화($V/C=0.8$), 포화($V/C=1.0$) 상황에 해당하는 교통량 구성을 가정하여 분석을 실시하였다. 이와 같은 교통 특성 내용은 Table 1에 정리하였다.

Table 1. Traffic Characteristics of Microscopic Traffic Simulation

Types	Contents
Cycle	150sec, Calculated offset time using T7F optimization
Phase sequence	Leading and lagging green phase
Volume of turning movement	Through movement 80%, Left and right turn movement 20%
Traffic condition	$V/C=0.6$, $V/C=0.8$, $V/C=1.0$

4.2. 미시교통시물레이션 시나리오

4.2.1. 시물레이션 시나리오

본 연구에서 제안하는 영향권 설정 기준을 분석하기 위한 시나리오는 Fig. 4와 같이 교통량 구성과 차로폐쇄 조건을 조합하여 총 15개의 시나리오를 구현하였다.

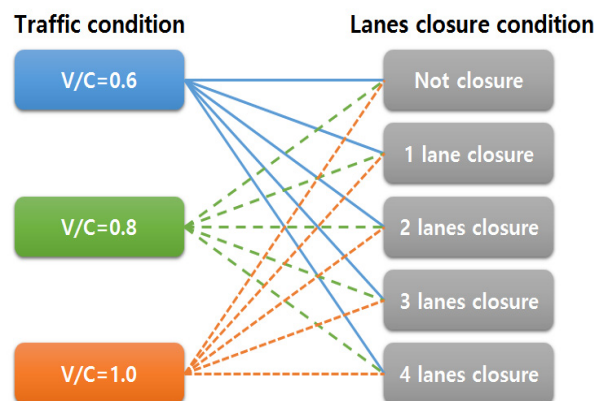


Fig. 4 Scenarios of Simulation

4.2.2. 효과척도

Fig. 5에 제시한 바와 같이 15번 링크의 '남 → 북' 진행방향에 돌발상황을 발생시키고, 각 링크별 양방향의 평균지체와 지체변화율을 비교하였다.

평균지체는 도로용량편람(KHCM)의 신호교차로 부분에서 제시하는 차량 당 평균제어지체를 의미하며, 차량 당 평균제어지체란 분석기간에 도착한 차량들이 교차로에 진입하면서부터 교차로를 벗어나서 속도를 낼 때까지 걸린 추가적인 시간 손실의 평균값을 의미한다(MOLIT, 2013). 지체증가율은 돌발상황 발생 전 대비 발생 후의 지체시간의 변화 정도를 의미하며 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$DR = \frac{d_{ai} - d_{bi}}{d_{bi}} \times 100$$

DR : 지체증가율

d_{bi} : 돌발상황 발생 전 지체

d_{ai} : 돌발상황 발생 후 지체

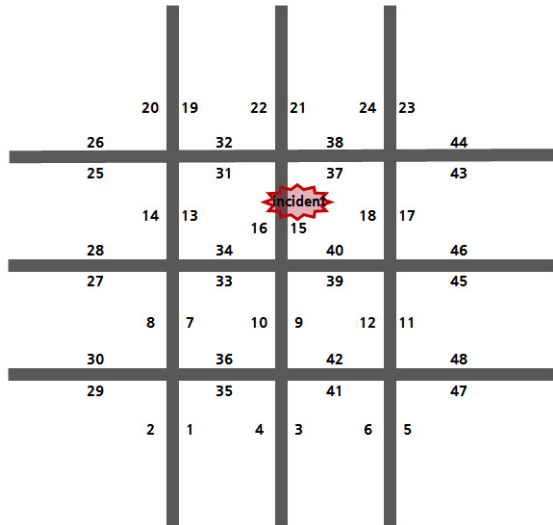


Fig. 5 Incident Location and Range of Simulations Analysis

4.3. 미시교통시뮬레이션 분석 결과

돌발상황의 영향권 설정을 위해 돌발상황이 발생한 링크와 상류부 및 하류부 도로 등의 지체 및 지체증가율을 분석한 미시교통시뮬레이션 결과는 Table 2, 3, 4에 각각 제시되어 있다.

V/C=0.6인 비포화 상황의 경우, 지체와 지체증가율은 차로폐쇄 수에 비례하여 증가하는 것으로 분석되었으며, 돌발발생 링크의 상류부로 이동할수록 차로폐쇄로 인한 영향을 적게 받는 것으로 나타났다. 4차로가 폐쇄될 경우 돌발상황이 발생한 교차로 진입방향인 '남→북' 진행방향의 15번 링크의 지체증가율은 483.12%에

Table 2. Results of Simulation Analysis (Delay and LOS) – no.3 Link

(unit : sec)

Lane closure condition	V/C=0.6		V/C=0.8		V/C=1.0	
	Delay	Rate of delay	Delay	Rate of delay	Delay	Rate of delay
Not closure	17.66 B	-	26.3 B	-	63.58 D	-
1 lane closure	19.38 B	9.74%	30.28 C	15.13%	63.56 D	-0.03%
2 lanes closure	17.66 B	0.00%	30.28 C	15.13%	63.56 D	-0.03%
3 lanes closure	15.27 B	-13.53%	30.28 C	15.13%	63.3 D	-0.44%
4 lanes closure	17.66 B	0.00%	30.46 C	15.82%	66.32 D	4.31%

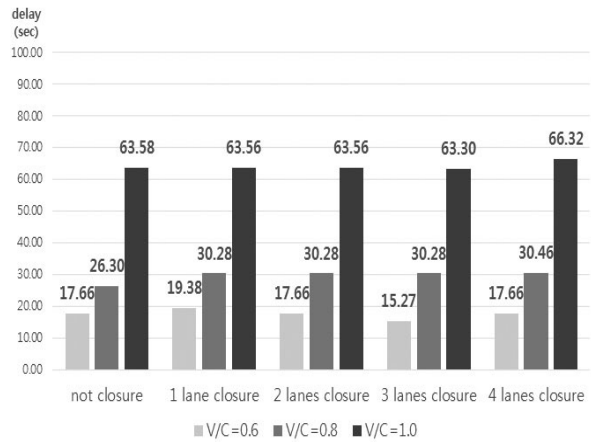


Fig. 6 Results of Simulation Analysis (Delay) – no.3 Link

Table 3. Results of Simulation Analysis (Delay and LOS) – no.9 Link

(unit : sec)

Lane closure condition	V/C=0.6		V/C=0.8		V/C=1.0	
	Delay	Rate of delay	Delay	Rate of delay	Delay	Rate of delay
Not closure	69.56 D	-	68.9 D	-	69.9 D	-
1 lane closure	68.75 D	-1.16%	69.32 D	0.61%	69.68 D	-0.31%
2 lanes closure	69.64 D	0.12%	69.46 D	0.81%	69.88 D	-0.03%
3 lanes closure	69.63 D	0.10%	508.48 FFF	638.00%	522.88 FFF	648.04%
4 lanes closure	831.92 FFF	1095.97%	673 FFF	876.78%	929.34 FFF	1229.53%

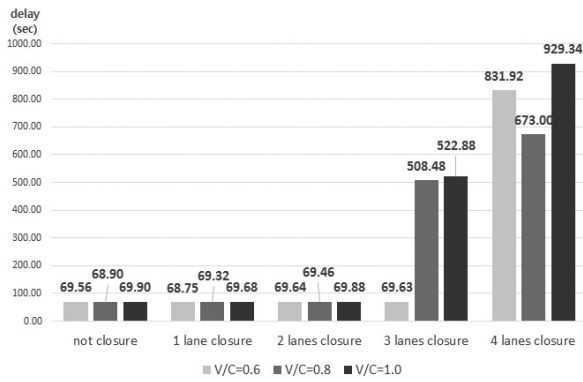


Fig. 7 Results of Simulation Analysis (Delay) – no.9 Link

Table 4. Results of Simulation Analysis (Delay and LOS) – no.15 Link

(unit : sec)

Lane closure condition	V/C=0.6		V/C=0.8		V/C=1.0	
	Delay	Rate of delay	Delay	Rate of delay	Delay	Rate of delay
not closure	87.42 E	-	93.6 E	-	93.98 E	-
1 lane closure	100.35 F	14.79%	101.36 F	8.29%	102.76 F	9.34%
2 lanes closure	106.98 F	22.37%	106 F	13.25%	106.56 F	13.39%
3 lanes closure	132.6 F	51.68%	250.52 FF	167.65%	240.72 FF	156.14%
4 lanes closure	509.76 FFF	483.12%	575.72 FFF	515.09%	576.98 FFF	513.94%

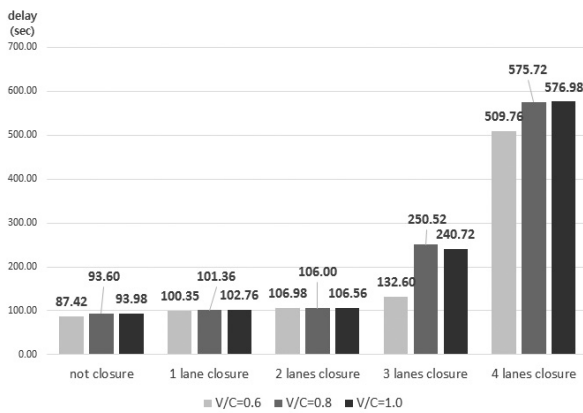


Fig. 8 Results of Simulation Analysis (Delay) – no.15 Link

해당하며, 9번 링크의 지체증가율은 1095.97%로 1~3차로 폐쇄일 경우에 비하여 크게 증가하였으며, 3번 링크의 경우는 돌발상황의 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났다.

V/C=0.8인 근포화 상황에서는 돌발발생 링크와 직전

상류부 링크에서는 링크의 지체증가율은 폐쇄 차로수에 비례하여 증가하는 형태를 나타내는 것으로 분석되었다. 폐쇄차로수가 3차로 이상일 때 돌발상황이 발생한 교차로 진입방향인 '남→북' 진행방향의 지체증가율이 매우 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 3차로가 폐쇄될 경우, 돌발상황이 발생한 15번 링크의 지체증가율은 167.65%, 상류부인 9번 링크의 지체증가율은 638.00%에 해당하는 것으로 나타났으며, 4차로가 폐쇄될 경우 15번 링크의 지체증가율은 515.09%, 직전 상류부인 9번 링크의 지체증가율은 876.78%인 것으로 분석되었다.

V/C=1.0인 포화상황에서는 돌발상황이 발생한 링크와 상류부 링크의 지체증가율이 근포화 상황과 마찬가지로 폐쇄 차로수에 비례하여 증가하는 경향을 나타내는 것으로 분석되었다. 3차로가 폐쇄될 경우, 돌발상황이 발생한 링크의 '남→북' 진행방향의 지체증가율이 매우 급격하게 증가하는 것으로 분석되었으며, 돌발상황이 발생한 15번 링크의 지체증가율은 156.14%, 상류부인 9번 링크는 648.04%를 나타내는 것으로 분석되었다. 15번 링크의 지체증가율은 513.94%를 나타내었고, 상류부인 9번 링크의 경우 1229.53%를 나타내는 것으로 분석되었다.

5. 영향권 설정에 따른 교통관리전략 수립

5.1. 직·간접 영향권 교통관리 전략 개요

본 연구에서는 직·간접 영향권 설정에 관한 전략 수립에 있어 실제적인 활용성을 높이기 위하여 기존의 UTIS에서 제시하고 있는 돌발상황의 등급체계와 매칭하는 방식을 고려하였다. 즉, 기존의 UTIS에서 제시하고 있는 돌발상황 A, B, C 등급체계는 그대로 유지하면서 본 연구에서 제시하는 직·간접 영향권과 매칭하여 교통관리전략을 수행할 수 있도록 하였다.

또한, 직·간접영향권 설정에 따른 교통관리 전략을 적용하기 위한 돌발상황의 구분은 현재 UTIS에서 구분하여 사용하고 있는 바와 같이 도로 공사, 각종 행사 등과 같이 사전에 접수된 상황뿐만 아니라, 교통사고, 차량고장 등 현장에서 경찰이 인터넷이나 모바일 등으로 입력한 돌발상황 정보를 포함하도록 설정하였다.

본 연구에서는 UTIS의 통행속도 정보와 돌발정보를 이용하여 돌발상황의 심각도를 3등급으로 구분하였다. 도로의 심각한 지·정체 유발 및 위험도가 높은 돌발상황(UTIS 돌발등급A), 소통에 상당한 영향을 주는 돌발

상황(UTIS 돌발등급 B), 그리고 영향이 미미한 돌발상황(UTIS 돌발등급 C)이다. 돌발등급 A와 B의 경우에는 각 영향권별로 구분하여 교통관리전략을 수행하도록 하였다. Fig. 9는 이러한 교통관리 전략을 수행하는 절차를 요약한 내용이다.

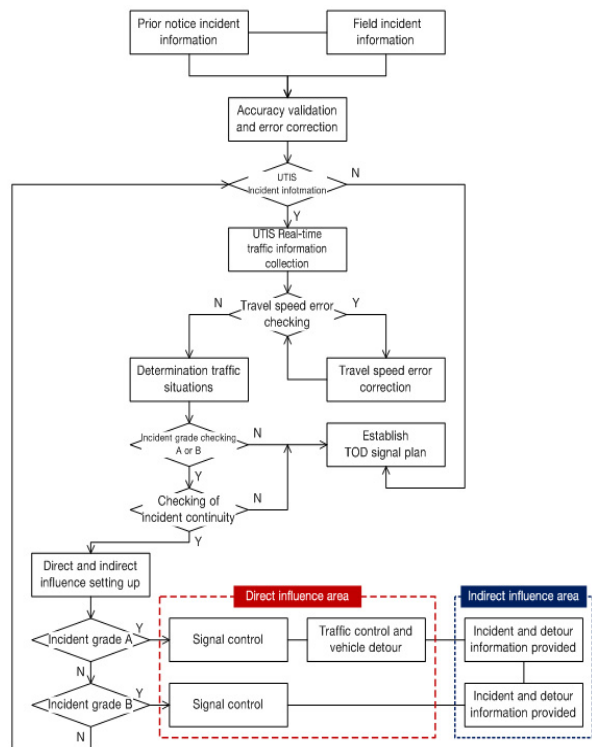


Fig. 9 Procedures of Traffic Management Strategies for Direct and Indirect Influence Area

5.2. 교통관리전략 수립

교통관리전략은 UTIS에서 수집된 데이터를 기반으로 하여 ‘돌발상황의 감지 및 확인 → 돌발상황 대응 판단 → 직·간접 영향권 설정 → 돌발상황 대응’의 4가지 절차로 수행될 수 있도록 하였다.

첫째, 돌발상황의 감지 및 확인단계에서는 예고된 돌발상황과 현장 돌발정보를 취합하여 교통정보센터에서 정확도를 검증하고, 교통방송(TBN) 통신원 제보 내용과 합해 오류, 중복을 수정한 후 돌발 교통정보로 제공한다. 둘째, 돌발상황 대응판단 단계에서는 UTIS의 교통정보와 돌발정보를 이용하여 돌발현황을 종합적으로 평가한 후 이에 대한 대응 여부를 판단한다. 또한 교통정보의 오류 체크, 소통상황 판정, 돌발등급 확인, 돌발의 지속성 등에 대한 확인 과정을 거친다. 셋째, 직·간접 영향권 설정단계에서는 교통량과 돌발 차로 폐쇄유형에 따라 직·간접 영향권을 설정하며, 마지막 돌

발상황 대응단계에서는 직·간접 영향권별로 UTIS 돌발등급 및 차로 폐쇄유형에 따라 각각에 적합한 신호제어, 교통통제, 우회정보 제공을 통한 대응을 수행하도록 한다.

5.2.1. 직·간접 영향권 설정

미시교통시물레이션에서 파악된 분석 결과를 기반으로 본 연구에서는 Table 5와 같이 돌발상황 시 직·간접 영향권의 설정방안을 수립하였다. 돌발등급 A의 경우, 돌발상황이 발생한 상류부 2개 링크를 직접영향권, 이러한 링크와 인접한 2~4개의 링크를 간접영향권으로 설정하였다. 돌발등급 B의 경우, 돌발상황이 발생한 상류부 직전 링크를 직접영향권, 이와 인접한 1~2개의 링크를 간접영향권으로 설정하였다.

Table 5. Scheme for Direct and Indirect Influence Area

UTIS incident grade	Direct influence area	Indirect influence area
A	① link to the incidents occurred ② upstream link of link to the incidents occurred ③ upstream link of link to the incidents occurred ahead	2~4 link (intersection) near the direct influence area
B	① link to the incidents occurred ② upstream link of link to the incidents occurred	1~2 link (intersection) near the direct influence area
C	except in the range of influence area	

5.2.2. 돌발상황 대응

돌발상황 대응은 돌발상황이 발생한 링크를 포함한 직접영향권 내의 링크와 교차로를 중점적으로 관리하며, 돌발상황으로 인해 발생할 수 있는 2차 사고를 방지하고, 지체의 확산을 최소화하는 것을 목적으로 하여 신속히 대응하도록 하였다. 돌발상황 등급에 따른 대응방안은 Table 6에 제시한 바와 같다.

돌발등급이 A인 경우, 지속시간이 1시간 이상이며, 도로를 완전히 통제할 가능성과 함께 신호제어, 교통관리, 그리고 우회정보를 제공하는 것이 요구된다. 돌발등급 B에 해당하면 지속시간은 1시간 이내이며, 신호제어 및 우회정보를 제공한다. 돌발등급 C는 교통에 미치는 영향이 상대적으로 낮은 상황이기 때문에 돌발상황 대응 범위에서 제외하였다. 이와 같이, UTIS의 돌발상황 등급별로 직접영향권과 간접영향권으로 구분하여 상황별 대응방안을 차별화하는 것이 필요하다.

Table 6. Action Plans for each Incident Grade

UTIS incident grade	Severity	Situations	Direct influence area	Indirect influence area
A	high	<ul style="list-style-type: none"> • full control over the road • regulate more than two lanes • it takes more than one hour 	<ul style="list-style-type: none"> • signal control • traffic control • vehicle detour 	<ul style="list-style-type: none"> • incident information provided • detour information provided
B	medium	<ul style="list-style-type: none"> • regulate more than 1~2 lanes • it takes less than one hour 	<ul style="list-style-type: none"> • signal control 	
C	low	<ul style="list-style-type: none"> • light traffic accident to handle immediately 	<ul style="list-style-type: none"> • information call • information provided using SNS 	

5.3. 직·간접 영향권의 교통관리 전략

직접영향권 내 교통관리 전략의 핵심은 신호제어를 통해 교통정체가 네트워크 전체로 확산되는 것을 방지하는 것이며, 돌발상황의 등급과 차로 폐쇄유형에 따라 다르게 구분하였다. 직접영향권에 대한 교통관리 전략은 Table 7에 제시되었다.

Table 7. Traffic Management Strategies for Direct Influence Area

UTIS incident grade	Lane closure condition	Position of signal control	Strategies of signal control
A	one way entry control	link to the incidents occurred	increasing green interval of traffic movement for cross direction of incident
	two way entry control	link to the incidents occurred	4 phase → 3 phase
B	1~2 lane interception	upstream link of link to the incidents occurred	increased green interval of traffic movement to same incident
C	except in traffic management strategies		

돌발등급 A는 도로의 전차선통제(일방향, 양방향) 또는 2개차로 이상 차단으로 소통에 심각한 정체 유발 가능성이 매우 큰 상황이다. 일방향 통제 경우에는 교차로 상류부에서 교차 이동류의 직진방향의 녹색시간을 증가

시키고, 양방향 통제 경우는 교차로 상류부의 신호현시를 축소하여 운영한다. 또한, 이와 같은 진입통제 및 녹색시간 조정으로 발생가능한 스킵백 등으로 인한 2차 지체의 확산방지와 차량의 우회를 유도하기 위하여 광범위한 정보를 제공하여 신속한 교통류의 분산을 유도한다. 이러한 돌발등급 A에 대한 교통관리 전략의 개념도는 Fig. 10과 같다.

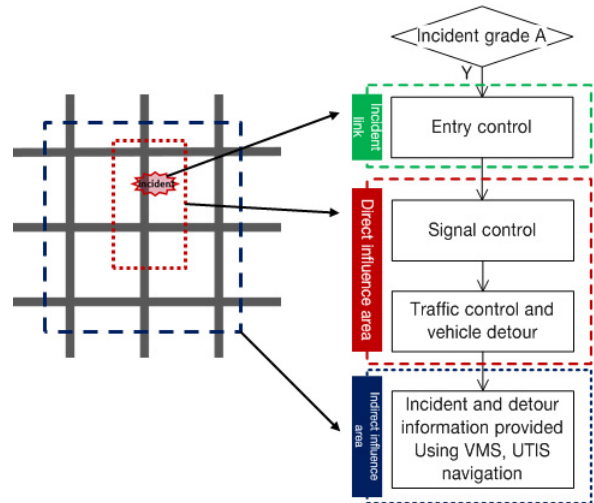


Fig. 10 Diagram of Traffic Management Strategies for Grade A

돌발등급 B는 도로의 1~2개 차로의 차단으로 소통에 상당한 영향을 줄 수 있는 상황으로 돌발발생 교차로와 교차로 상류부에서 돌발발생 이동류의 녹색시간을 가능한 증가하여 운영한다. 또한 운전자가 우회부를 선택적으로 판단할 수 있도록 필요한 정보를 제공한다.

간접영향권 내 교통관리는 돌발상황 등급에 따라 돌발상황 정보와 우회도로 정보를 제공하여 운전자가 자율적으로 노선을 재선정하도록 유도하며, 간접영향권 내 정보제공 매체는 VMS, UTIS 내비게이션, 긴급 재난문자, UTIS 홈페이지, 교통알림e, 안내전화, 트위터, 교통방송 등을 활용한다.

돌발등급이 A, B에 해당하면, 돌발상황이 소통에 영향을 줄 수 있는 상황이므로 VMS, UTIS 내비게이션 등에 돌발정보, 우회정보를 제공하여 우회할 수 있도록 한다. 돌발등급이 C면 돌발상황으로 인한 영향이 적어 운전자에게 실시간 정보제공이 필요하지 않으므로 안내전화, 트위터로만 돌발정보를 제공하도록 한다. 또한, 각 정보제공 매체로 돌발정보 표출 시 정보를 단순하고 알기 쉽도록 하여 운전자의 정보가독성 및 편의성을 증

진하도록 한다.

6. 결론

본 연구에서는 도시부 단속류 도로에서 돌발상황 발생 시 교통통제가 요구되는 상황을 보다 효과적으로 관리하기 위하여 돌발 상황이 영향을 미치는 구간을 직·간접영향권으로 구분하는 방법을 개발하여 제시하였다. 그리고 분석된 결과를 기반으로 교통관리 전략과 절차를 각 영향권별로 구분하여 제시하였다.

영향권 구분에 대한 기준을 설정하기 위해 미시교통 시뮬레이션 분석을 수행한 결과, 일반적으로 지체와 지체증가율은 차로폐쇄 수에 비례하여 증가하는 것으로 분석되었으며, 돌발발생 링크의 상류부로 이동할수록 차로폐쇄로 인한 영향을 적게 받는 것으로 나타났다. 그러나 지체증가율의 크기는 포화도의 크기별로 차이가 존재하였다.

이러한 돌발상황 발생 시 해당 링크 및 인접 링크의 지체에 미치는 영향을 분석하여 돌발상황의 직접영향권과 간접영향권을 설정하였고, 이에 따른 효과적인 교통관리전략을 수립하여 제시하였다.

직접영향권 내 교통관리 전략의 핵심은 신호제어를 통해 교통정체가 네트워크 전체로 확산되는 것을 방지하는 것이며, 이러한 전략을 돌발상황의 등급과 차로 폐쇄유형에 따라 구분하여 제시하였다. 간접영향권 내 교통관리는 돌발상황 등급별로 돌발상황 정보와 우회도로 정보를 차별화된 매체로 제공하여 운전자가 자율적으로 노선을 개선정하도록 하였다.

본 연구에서는 가상의 네트워크를 이용하여 미시교통 시뮬레이션 분석을 하였지만, 향후에는 실제 네트워크 자료를 기반으로 한 분석을 수행하여 보다 현실성을 높일 수 있도록 하는 추가 연구가 필요하다. 그리고 다양한 형태의 돌발 상황 시나리오를 적용하고 각 상황별 특성을 분석하여 직·간접 영향권을 설정한다면 본 연구에서 제시한 내용과 비교하여 보다 정교한 교통관리전략을 수립할 수 있을 것으로 예상된다.

감사의 글

이 논문은 2014년도 정부(경찰청)의 재원으로 경찰청의 연구비 지원과 2014학년도 아주대학교 일반연구비 지원, 2014년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2010-0028693).

REFERENCE

- Baek, Y. H., Oh, Y. T., 2001, Development of Automatic Incident Detection Algorithm Using Image Based Detectors, Journal of Korea Transportation Research Society, vol.19, no.6, pp.7-17.
- Faisal Ahmed, Yaser E.Hawas, 2012, A threshold-Based Real-Time Incident Detection System for Urban Traffic Networks, Transport Research Arena-Europe, vol 48, pp.1713-1722.
- Hellinga, B., Knapp, G., 1999, AVI based freeway incident detection, Transportation Research Record, Transportation Research Board, National Research Council .
- Hong, N. K., Choi, J. W., Yang, Y. K., 2007, A Study on Incident Detection Model using Fuzzy Logic and Traffic Pattern, Journal of Korea Spatial Information Society, vol.9, no.1, pp.79-90 .
- Huiying Wen, Jun Luo, 2011, Traffic incident detection for urban arterial road based on data fusion and learning vector quantization, American Society of Civil Engineers, ICTIS 2011, pp.971-978.
- Hussein Dia, Kim Thomas, 2011, Development and evaluation of arterial incident detection models using fusion of simulated probe vehicle and loop detector data, Information Fusion, vol.12 no.1, pp.20-27.
- Huh, M. K., No, C. K., Kim, W. G., Son, B. S., 2010, Development of an Incident Detection Algorithm by Using Traffic Flow Pattern, Journal of Korea Transportation Research Society, vol.28, no.6, pp.7-15.
- Jung, J. H., 2007, Development of a Real-Time Traffic Control Evaluation System using Hardware-in-the-Loop-Simulation.
- Kim, S. G., Kim, Y. C., 2008, A Study on Traffic Flow Diagrams to Classify Traffic States of Incident Detection.
- Kim, T.W., Bae, S.H., Jung, H.J., 2014, Incident Detection for Urban Arterial Road by Adopting Car Navigation Data, The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems, vol.13, no.4, pp.1-11.
- Korea Expressway Corporation, 2007, Development of freeway incidents management systems.
- Kun Zhang, Michael A.P. Taylor, 2006, Effective arterial road incident detection: A Bayesian network based algorithm, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, vol.14, no.6, pp.403-417.
- Lan, L. W., Lin, F., Huang, Y., 2003, Diagnosis of freeway traffic incidents with chaos theory, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5.
- Lee, Y.I., Hwang, J.H., 2001, Development of an Incident Detection Algorithm for Urban Street, Journal of Korea Transportation Research Society, vol.19, no.2, pp73-87.
- Lu, J., Chen, S., Wang, W., Ran, B., 2012, Automatic traffic incident detection based on nFOIL, Expert Systems with Applications, vol. 39, no. 7, pp.6547-6556.
- Mo, M.K., Kim, H.J., Son, B.S., 2011, Kim, D.H., Development of Incident Detection Method for Interrupted Traffic Flow by

- Using Latin Square Analysis, KSCE Journal of Civil Engineering, vol.31, no.5D, pp.623-630.
- Road Traffic Authority, 2014, Specification of Urban Traffic Information System(UTIS).
- Seoul Institute, 2003, A Study on Evaluation and verification of Real-time Traffic Signal Control System.
- The Minister of Land, 2013, Infrastructure and Transport, Korea Highway Capacity Manual.
- Urban Traffic Information System, <http://www.utis.go.kr>
- U.S. Department of Transportation, 1998, Developing Freeway and Incident Management Systems Using ITS Architecture.