

스마트하이웨이에 적합한 돌발상황 검지 시스템 구상

The Conceptual framework of detection system for emergency situations associated with SMART Highway

이상화* · 손영태** · 김완기*** · 정철기****

Lee, Sang Hwa · Son, Young Tae · Kim, Kwang Sup · Jung, Chul Gi

1. 서 론

현재 돌발상황 검지는 주로 지점 검지기에서 수집된 교통데이터(속도, 교통량, 점유율)를 기반으로 수행되고 있으며, 대부분 루프 또는 영상 검지기를 활용하고 있다. 그 결과 돌발 검지 능력이 떨어지거나(경미한 돌발 상황 검지 미흡), 돌발 검지시간이 늦어 2차 사고의 피해가 확산되는 경향이 있다.

또한 영상 검지기의 경우 기상 악화시 감시지역의 Black spot이 발생하여 돌발상황 검지의 오보율이 높아지게 되며, 현재 돌발상황 발생시 인지 및 판별에 소요되는 시간이 평균 30분 이상으로 지정체의 가장 큰 원인이 되고 있다.

스마트 하이웨이가 추구하고 있는 안전한 도로, 신속한 도로를 구축하기 위해서는 현재의 돌발상황 검지 방법이 아닌 새로운 방법이 요구되며, 도로에서 발생할 수 있는 교통사고, 고장차량, 차량정체, 갓길정차 등의 다양한 돌발상황을 신속히 검지와 대응이 필요하다. 더불어 스마트 하이웨이에서는 모든 구간의 돌발상황을 신속히 검지할 수 있어야 하고 고속화 도로에서 특히 위험한 악천우시에도 정확한 돌발상황 검지가 필수적이다.

따라서 본 연구에서는 실시간 전 구간에 대해 스마트 하이웨이에서 발생할 수 있는 다양한 유형의 돌발상황을 검지할 수 있는 시스템 개발을 위한 기초적인 단계로 돌발상황 검지 시스템 구상을 목표로 한다.

본 연구에서 개발하고자 하는 돌발상황 검지 시스템은 기존의 지점 검지 개념에서 벗어나 스마트하이웨이 전 구간의 돌발상황 검지를 위해 구간검지(C&R* 수집 데이터), 지점검지(영상 및 레이더 검지기 데이터)를 조합한 정보를 이용하여 하드웨어와 소프트웨어를 개발함으로써 악천후 상황에도 대응할 수 있고 개별차량 추적을 통해 돌발 상황을 검지할 수 있도록 하여 단독사고, 이탈사고 등 다양한 돌발 상황에 실시간 판단으로 최단시간에 대응할 수 있도록 함으로써 돌발상황시 인지, 판별에 소요되는 시간지체를 최소화하여 스마트하이웨이의 교통류를 최적화하고자 함에 그 중요성을 두고 있다.

2. 연구방법

본 연구는 스마트 하이웨이에서 전천후시 발생할 수 있는 돌발상황에 대하여 자동 및 실시간으로 감지할 수 있는 시스템을 연구하는 과제의 1차년도 단계로 돌발상황 검지 시스템 구상이 본 차년도 목표이다. 이를 달성하기 위해 기존 문헌 고찰을 통해 현 돌발상황 검지 시스템의 문제 및 한계에 대해 알아보고, 그에 대한 해결 방안을 모색하였으며, 기존 지점 검지기의 장단점 분석 등을 통해 스마트하이웨이에 적합한 돌발상황 검지 시스템을 구상하고자 한다.(고속도로 본선 구간 대상)

* 명지대학교 교통공학과 박사수료(E-mail : soboru2@hotmail.com)

** 정희원 · 명지대학교 교통공학과 교수 · 공학박사(E-mail : son@mju.ac.kr)

*** 휴먼에스(주) 기술 연구소 팀장 · 공학박사(E-mail : kwk10@hunsol.com)

**** (주)로드코리아 전무 · 공학사(E-mail : ccg1231@ex.co.kr)

* 이동체인 개별차량내 단말기를 통해 운전자가 요구하는 정보를 실시간으로 가공하여 요구자에게 직접 제공할 수 있는 방식(Call & Response 제공방식)

3. 문헌 고찰

3.1 영상 검지기 부문

국외에서의 교통분야에 영상검지 방식을 활용한 초기 연구는 Hoose & Bell(1989)의 연구로서 루프 에뮬레이션(Loop Emulation)의 기능을 하는 영상처리 관련 연구를 보고한 바 있는데, 이 연구는 초기버전의 영상처리 기법으로 포인트 기반 방법(Point-Based Method)을 적용하여 그 동안 교통분야에서 인위적으로 교통정보를 조사해왔던 작업들을 영상처리를 기반으로 자동처리 할 수 있도록 하는 방법을 개발하였다.

또한 Houghton et al(1987) 연구에서는 개별차량을 추적하여 각 차량별 여행시간 및 여행속도 등을 측정할 수 있는 차량 추적(Vehicle Tracking) 알고리즘을 개발하였으며, 성공적으로 수행되었음을 제시한 바 있다. 이 연구에서는 일반적으로 실시간에 비교적 취약한 추적 알고리즘의 실시간 수행도를 확보하기 위하여 영상처리 기법을 병렬처리로 고려하였으며, 이를 수용할 수 있는 전용 병렬처리 하드웨어를 개발하였다.

국내에서도 1990년대 이후 영상검지 관련 연구가 진행되었는데, 오주택 등(2008)은 “Tripwire 및 Tracking 기반의 영상검지시스템 개발” 연구에서 Tripwire 기반의 영상검지 기술을 자체적으로 개발함과 동시에 미시적 교통정보를 취득할 수 있는 개별차량 추적기술을 이용한 Tracking 기반의 영상검지시스템을 개발하였다.

또한 박준석 등(2008)은 “스펙트럼 분석방법을 이용한 Tripwire 영상검지시스템 개발” 연구에서 Tripwire 기반의 영상검지시스템 기술에 공간 분석방법을 가미한 방식을 사용하여 영상의 전체 처리를 지양하고 부분별 분할영상 분석방법을 사용하여 수집된 영상 내에서 실시간 다중검지가 가능토록 시스템을 개발하였다. 이 연구에서는 차량의 이동여부에 따른 교통량, 속도 등의 기본적인 교통정보에 추가적으로 주정차 감시정보, 역주행, 급지영역진입 등의 교통정보를 실시간 영상분석을 통한 실시간 측정 및 검지방식을 개발하여 현장실험을 통하여 성능을 검증하였는데, 개발된 시스템의 검지 정확도는 교통량의 경우 95.5%, 평균속도 검지 정확도는 95.8%, 점유율 검지 89.7%로 매우 양호한 검지 정확도를 얻었다고 평가하였다.

국내에서 돌발감지시스템으로 상용화되어 있는 시스템은 현재 서울지방경찰청에서 운영하고 있는 교통사고자동기록장치로 이 시스템은 교차로라는 제한된 영역에서 영상검지를 이용하여 돌발상황(교통사고)을 검지하고 있는데, 환경적인 영향으로 오검지율이 높고 정확도도 다소 떨어지는 것으로 평가되고 있다.

3.2 레이더 검지기 부문

미국 WAVETRONIX 사는 레이더 센서에 의해 교차로 구간으로 진입하는 차량속도를 도로 구간에 대해 연속적으로 측정하여 교차로 내 사고가 발생하지 않도록 신호기를 제어하는 시스템인 Smart Sensor Advanced를 개발, 상용화하여 교차로 내 돌발상황이 예방되도록 하였다.

EIS(캐나다), WAVETRONIX(미국) 등 몇 개의 회사는 90년대부터 소형 레이더 센서를 개발하여 차량검지기로 사용하기 시작하였으며, 최근 해외 연구사례에 의하면 레이더 센서를 이용한 검지기의 신뢰성이 우수한 사례가 있는 것으로 보고되고 있다.

국내에서는 레이더 검지기를 이용한 돌발상황 검지 분야는 활발하지 않은 실정이며, 안개다발지점 등 시야 확보가 어려운 일부 구간에 설치하는 것으로 나타났다.

3.3 C&R 부문

Tanikella(2007)는 RSE의 간격은 고정시키고 UVS장착 비율(MPR)에 따른 네트워크의 모니터링 수준을 비교분석하였으며, 개별차량에 저장되어있는 RSE의 영향권 등의 영역에서 수집된 자료를 RSE에 전송할 경우 낮은 UVS 장착차량의 비율(MPR)에서도 높은 모니터링 수준을 얻을 수 있었다.

Shladover(2008)는 미시적 시뮬레이션을 통해 수집한 VII probe data에서 샘플링한 차량들로 구간정보를 생성하고 모든 차량들의 개별주행자료에서 참값자료로 산출하여 모형을 평가하였으며, 구축된 모형을 기상조건검지, Incident 검지, 실시간 적응형 신호제어에 적용한 결과, 기상조건은 낮은 MPR에서도 잘 검지된 반면, 실시간 적응형 신호제어는 높은 MPR이 요구되었다.

Zirker(2008)는 기존의 VII에 관련된 연구가 개인차량 위주의 연구에 집중됨을 제기하고 대중교통 또는 준대중교통 시스템에 VII를 적용하여 여행자정보 제공, 신호제어, 유고관리 등을 통해 경비절감, 운영측면에서의 효율성 증대, 이용자의 편의 증대를 실현하는 방안에 대해 연구하였다.

국내의 경우 무선교통정보수집시스템(UTIS-Urban Traffic Information System) 구축사업으로 서울, 부산, 인천이 추진 중이고 수집기반이 노변기지국(RSE) 과 차량단말기(OBE) 와 통신을 통해 교통정보를 수집. 특히 차량용단말기(CNS)를 통해 교통정보 제공 및 멀티미디어 정보를 제공하고자 하며, 현재까지는 인프라 구축의 비중이 높은 편이다.

3.4 문헌 검토 결과

앞서 본 연구에서 사용하기 전 국내의 현재까지 개발되어 국내에서 사용되는 돌발감지 시스템은 오검지와 짧은 검지 영역으로 인해 효율성이 저하되어 이에 사회적으로 돌발감지의 정확도 수준을 높이고 긴 구간 검지에 대한 요구가 지속적임을 알 수 있다.

또한 구간을 감시하는 돌발감지 시스템은 현재 국제적으로 상용화된 기술은 아니나 기존 감지시스템의 부족한 점을 획기적으로 높일 수 있는 개념으로의 전환이 필요하며 이를 위해 국내 ITS 및 FTMS의 관련 경험과 영상처리 관련 보유기술을 충분히 활용할 필요가 있다.

그러나 구간검지를 활용할 경우에도 악천후시 발생할 수 있는 감시지역의 Black spot을 제거할 필요가 있으므로 이를 위해 레이더 검지기 및 C&R 수집 데이터를 활용하여 전 구간을 감시하는 체제를 구축할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 스마트하이웨이에 적합한 돌발상황 검지 시스템 구상을 수행하고자 한다.

4. 돌발상황 검지 시스템 구상

돌발상황 검지 시스템을 구상하기에 앞서 개발하고자 하는 시스템의 목표에 대해 다음과 같이 수립하였다. 앞서 설명했던 바와 같이 본 연구는 스마트하이웨이에서 추구하고자 하는 정시성(Reliability), 안전성(Safety), 편리성(Advanced) 및 친환경성(Green)을 실현하기 위하여 돌발 상황으로 인하여 발생할 수 있는 영향을 최소화하고자 하는데 중점적인 목표를 두고 있으며, 이를 달성하기 위한 구체적인 목표는 다음과 같다.

표 1. 돌발상황 검지 시스템의 목표

원인 분류	분류	현 기술로 검지 여부	본 과제의 검지 목표
사고	대형/중형 사고	30분정도 후에 검지 가능	즉각 검지 가능(1분 이내)
	소형 사고	검지 불가능	검지 가능
차량 고장	단순차량고장	검지 안됨	길어깨 정차 여부 확인 가능
	차선 점유 고장	30분정도 후에 검지 가능	즉각 검지 가능(1분 이내)
교통 안전	낙하물	낙하물 검지 안됨	일정 사이즈 이상의 낙하물 즉각 검지 가능(1분 이내)
	불법 주차	검지 안됨	길어깨 정차 여부 확인 가능

스마트하이웨이에서 돌발상황 검지는 표 1.에서와 같이 즉각 검지 1분 이내, 3분 이내 대응을 목표로 하고 있다. 이를 위해서는 CCTV와 같이 시각적으로 돌발상황을 확인할 수 있는 시스템과 기존 검지 시스템의 한계인 악천후 및 야간시 정확한 정보를 수집할 수 있는 기능이 필요하다. 또한 기존의 지점 검지 체계에서 벗어나 실시간 감시를 할 수 있는 구간 검지 체계로의 전환도 필요하며, 스마트하이웨이에서 제공하는 C&R 환경 구현시 이를 활용한 돌발상황 검지 체계도 요구된다.

다음의 표 2.는 각 검지기별 장단점을 제시한 표로 영상 검지기의 경우 육안으로 돌발상황 확인이 가능하나, 야간 및 악천후 시 정보 수집의 어려움이 있는 반면, 레이더 검지기의 경우 육안으로 정보 확인은 어려우나 정확한 교통량 및 속도, 점유율 등을 수집할 수 있다. 기존 고속도로의 경우 루프검지기 위주로 설치되어있으나, 현재 도시고속도로 및 국도에 설치되는 차량검지기는 루프검지기가 가지는 유지 보수의 어려움으로 인해 영상식으로 전환되고 있는 추세이므로 본 연구에서는 지점 검지기로 영상 및 레이더 검지기를 활용하고자 한다.



표 2. 지점 검지기별 장단점

검지기	구분					장단점	선정 여부
	신뢰도	설치 난이도	수명	차로 구분	존재 검지		
루프	◎	△	○	○	○	- 노면강도 따라 수명 좌우 - 유지관리가 어려움 - 설치 시 교통방해	X
영상	○	○	○	○	○	- 설치 쉽고 교통통제 불필요 - 대기행렬, 돌발상황 검지 우수 - 야간, 일출 일몰시 검지능력 저하	○
레이더	○	○	○	○	○	- 여러 차로의 운영이 가능 하나 - 전기 장애의 문제점 발생 가능	○
초단파	-	○	○	○	○	- 설치 쉽고, 교통통제 불필요 - 설치 시 전문인 필요	X
초음파	○	○	○	○	○	- 강풍의 영향에 민감 - 상대적 구매설치비 과다	X
자기	△	○	△	○	△	- 설치 시 포장커팅이나 도로 굴착이 필요 - 정지 차량은 검지할 수 없음	X

◎ : 매우 높음, ○ : 높음, △ : 보통, X : 낮음

또한 고속도로 기본 구간에서 지점 검지기의 경우 다음의 표 3.과 같이 검지 간격 최대 1km를 기준으로 설치하고자 되어 있으나, 검지 간격이 길거나 버스나 트럭 등 뒤에 오는 승용차가 전복 또는 고장날 경우 영상 검지기 상 인식이 어려워 돌발상황을 인지하지 못할 수 있다.

표 3. 검지기 설치 기준(고속도로 본선 구간 대상)

구분		
고속도로 기본 구간	직선구간	- 검지간격 최대 1km
	곡선구간 지하차도 구간	- 중앙부를 중심으로 양측 500m지점에 위치(1km 간격)
터널구간	터널구간	- 유입부, 유출부에 설치 - 터널 연장이 1km이상일 경우 최대간격을 1km를 유지하도록 중간에 등간격 배치 (400m)

따라서 본 연구에서는 스마트하이웨이에 적합한 돌발상황 검지 시스템을 다음의 그림 1.과 같이 구상하였다. 영상 검지기는 최대 250m의 검지 영역 능력을 가지고 있으므로 1km를 대상으로 4개의 카메라를 배치하고, 영상 검지기의 음영지역을 보완하기 위해 500m 중앙 지점에 레이더 검지기를 설치하고자 한다. 또한 하나의 지주에 C&R 테이터를 수집하기 위한 기지국도 함께 설치하여 지점 및 구간 검지를 동시에 수행하고자 한다.

또한 영상에서 받은 차량의 정보를 레이더에서 보완하여 다음 영상 검지기로 정보를 전송해줌으로써 야간 및 악천후시 보다 정확한 정보를 수집할 수 있도록 하며, 돌발지점 위치 추적 기능을 추가하여 기존 영상 검지기의 기능 향상을 도모하고자 한다.

본 시스템의 검지는 크게 2차로 구분될 수 있으며, 1차로는 영상 및 레이더 검지기, C&R 수집 정보를 활용한 돌발 상황을 검지하고, 2차적으로 돌발지점 위치 추적을 위한 정밀촬영/분석을 하여 최종 돌발상황 유형 판단, 정보 전송하도록 한다.

