

## 터널 내 돌발상황 감지를 위한 알고리즘 소개

한상욱, 김현석, 임성한

### I. 서론

돌발상황이란, 도로상에서 발생하는 비 반복적이고 예측 불가능한 일련의 사건으로 교통사고, 차량의 고장으로 인한 주행차로의 차단, 도로상의 낙하물, 도로의 유지 및 보수작업 및 기타 비일상적인 사건으로서, 돌발상황이 발생하게 되면 교통류의 정상흐름이 와해되고, 도로의 용량은 감소하게 되며, 교통혼잡과 대기오염 등 막대한 사회·경제적 손실을 초래하게 된다.<sup>1)</sup> 특히 터널구간은 도로기본구간에 비하여 운전자의 주행속도에 변화가 생기는 구간이며 이러한 주행속도의 변화는 사고와 관계가 깊다. 또한 터널구간 내에서 사고가 발생하면 우회할 수 있는 도로가 없기 때문에 교통사고가 발생하였을 경우 2차, 3차 사고를 유발할 수 있고 심각한 교통 혼잡을 야기하며 큰 사회적 비용을 초래한다.<sup>2)</sup> 따라서 예측 불가능한 돌발 상황에 대해 효과적인 대응을 하기 위해 보다 신속하고 정확한 돌발상황 감지가 요구된다.

최근 교통분야의 새로운 분야로 발전되고 있는 ITS(Intelligent Transportation Systems)에서도 교통혼잡을 완화시키기 위한 방안으로서 돌발상황의 효율적인 감지 및 처리 방안을 구축하고 있으며 터널에서 교통사고의 위험감소와 교통정체를 해결하기 위하여 교통체계를 지능화하

한상욱 : 한국건설기술연구원 첨단교통연구실, hsu3939@kict.re.kr, 직장전화:031-910-0176, 직장팩스: 031-919-5694  
 김현석 : 한국건설기술연구원 첨단교통연구실, hskim3@kict.re.kr, 직장전화:031-910-0176, 직장팩스: 031-919-5694  
 임성한 : 한국건설기술연구원 첨단교통연구실, atdaya@kict.re.kr, 직장전화:031-910-0686, 직장팩스: 031-919-5694

1) 이환필·오영태·김남선·김수희(2004) "압축파 검사 모듈을 이용한 돌발상황 감지 모형의 개발", 대한교통학회지, 제22권 제6호, p.79.

2) 도철웅(2004), "교통공학원론", 청문각.

여 교통운영의 효율성을 확보하고, 교통안전 및 환경개선을 하기 위한 교통관리시스템이 도입되었다. 그 중 영상식 차량검지 시스템(Vehicle Detection System)은 데이터의 저장성 및 재현성이 있어 필요 시 영상 자료의 재생으로 교통 분석 자료로 유용하게 이용될 수 있으며 재래식 장치로 쉽게 얻어 질 수 없는 교통밀도와 대기행렬의 길이 등과 같은 공간적인 교통 정보를 획득할 수 있는 이점이 있다. 따라서 본 연구에서는 터널 내 돌발상황 검지를 위한 영상식차량검지 시스템의 알고리즘의 개요 및 수행방법을 소개하는데 목적이 있다.

## II. 영상식 차량검지 시스템의 필요성

도로상의 원활한 교통소통과 교통여건의 변화에 최적으로 대응하기 위해 개발된 영상식 차량검지 시스템은 도로상의 교통상황과 어느 지점을 통과하는 차량을 비디오 영상신호로 변환하고, 중앙 처리장치에서 연산 처리하여 총 통과 교통량, 차로별 통과 차량의 대수 및 속도, 점유시간, 차두시간, 차종 구분 등의 교통자료를 실시간으로 쉽게 획득할 수 있는 시스템이다. 이 시스템은 도로와 비접촉식으로 운용되기 때문에 설치가 용이할 뿐 아니라 1대의 카메라에서 다양한 교통변수 측정이 가능하므로 적은 비용으로 많은 기능을 수행할 수 있다. 특히 터널과 같은 폐쇄된 공간에서는 돌발 상황 시 영상 자료의 재생이 필수적이며 다차로 검지가 가능한 영상식 차량검지기가 적합한 것으로 판단된다.

## III. 돌발상황 검지 알고리즘 연구

기존의 연구는 패턴인식, 불연속 현상을 설명하기 위한 기하학적 방법, 통계적 기법, 인공신경망 모형 등의 방법을 기반으로 다양한 형태의 알고리즘들이 개발되었다. 기존에 연구된 돌발상황 검지 모형을 형태별로 정리하면 다음과 같다.

## 1. 패턴인식(Pattern-recognition) 알고리즘

돌발상황 인식기법으로서 가장 보편적으로 활용되는 기법은 패턴인식기법이다. 패턴인식기법은 교통패턴의 차이를 직접 비교하여 돌발상황 발생 여부를 판단한다. 대표적 패턴 인식기법으로는 구조가 간단하여 현장 적용이 용이하고 안정적인 돌발상황 검지결과를 도출하고 있어 다른 알고리즘의 성능을 비교하는 기준으로 가장 많이 사용되고 있는 캘리포니아 알고리즘이 있다.<sup>3)</sup> 또한 APID(All Purpose Incident Detection) 알고리즘은 하류와 상류 두 지점의 점유율 및 속도를 비교하는 캘리포니아 알고리즘을 기본으로 하였으며, 추가로 압축파검사와 지속성검사(30초 간격 4주기)를 모두 실행하였다. 이러한 APID 알고리즘은 교통량 분포가 다양한 구간에 적합하고 압축파 검사와 지속성 검사를 통해 혼잡과 일시적인 교통류 변동에 의한 오감지 문제를 개선하였다.

## 2. 통계적(Statistical) 알고리즘

통계적 알고리즘에는 검지 자료를 다양한 통계분석을 통해 가공하고, 그 결과를 이용하여 돌발상황을 파악하는 방법이다. 대표적인 통계적 알고리즘으로는 1970년대 초반 TTI(Texas Transportation Institute)에서 개발된 SND(Standard Normal Deviate)알고리즘과 베이시안(Bayesian) 알고리즘이 있다. 베이시안 알고리즘은 캘리포니아 알고리즘을 기반으로 한 알고리즘과 비슷하게 두 검지기 사이의 점유시간의 차이를 사용하지만, 사고 또는 교통 혼잡의 재발로 인해 발생하는 점유율의 큰 차이를 확률로 계산하기 위해 사용한다. 이 알고리즘의 오프라인 결과는 사고검지율과 오경보 신호에는 유용하지만, 사고를 분류하는데 많은 시간을 필요로 하기 때문에 검지시간이 오래 걸리는 단점이 있다.<sup>4)</sup>

3) 남두희·백승걸·김상구(2004), “돌발상황 검지알고리즘의 실증적 평가”, 대한교통학회지, 제22권 제7호, p.120.

4) 권순범(2006) “터널에서 사고탐지를 위한 통계적 분석 기법”, 서울시립대학교 석사학위논문, p.9

### 3. 시계열(Time Series)과 필터링(Filtering)을 이용한 알고리즘

대표적인 기법으로는 ARIMA(Autoregressive-moving average)모형과 HIOCC(High Occupancy) 알고리즘, DES(Double Exponential Smoothing)알고리즘 등이 있다.

ARIMA 알고리즘은 교통량 점유율에 대한 단기간의 예보를 제공하는 95% 신뢰구간으로 이루어졌다. 이 선형 모형은 세 개의 사전 시간 구간에서 관측된 데이터와 현재의 상황을 예상하는 데이터를 관측하여 비교함으로써 돌발 상황을 알 수 있다. 단기 교통상황을 위하여 교통변수들의 최근 변화추이를 관찰하여 예측 값을 미리 설정하며, 관측값과 예측값의 차이가 한계 이상으로 커지면 유고로 판단한다.

HIOCC 알고리즘의 전제는 사고가 발생하면 교통흐름은 정체가 되거나 마비가 될 것이라는 것이다. 이 알고리즘은 0.1초마다 점유율 데이터를 모으고, 시간의 각 초를 0부터 10까지의 값을 부여한다. 0은 그 시각에 검지기를 점유한 자동차가 없다는 것을 의미하고, 10은 자동차가 1초 동안 검지기를 점유했다는 것을 의미한다. 5분 동안 모아진 사전경보 데이터에 대한 평활 점유율과 즉시 모아진 평활 점유율 값을 비교함으로써 사고여부를 파악하는 방법이다.

DES 알고리즘은 미래교통상태를 예측하기 위해 과거와 현재 점유율 관측치에 가중치를 주는 기법을 사용한다. 과거 관측치에 가중치를 준 평활상수와 함께 단순 또는 이중지수평활함수처럼 수학적으로 표현될 수 있다. 속도, 점유율 및 교통량을 통한 단기에측기법을 사용하며, 이 같은 기법으로 계산된 하류부의 예측값과 하류감지지점의 실제 교통자료와의 불균형 정도를 계산하여 돌발상황을 판단한다.

### 4. 교통류 모형과 이론을 이용한 알고리즘

복잡한 교통류 이론을 이용하여 돌발상황 시 교통 행태를 묘사하고 예측한 후 실제 교통 변수와 모형에서 예측한 변수들을 비교하는 방법으로 대표적인 알고리즘으로는 McMaster 알고리즘이 있다. 이 알고리즘은 30초 주기별로 데이터를 수집하여, template 상의 영역 판정 후 해당 station의

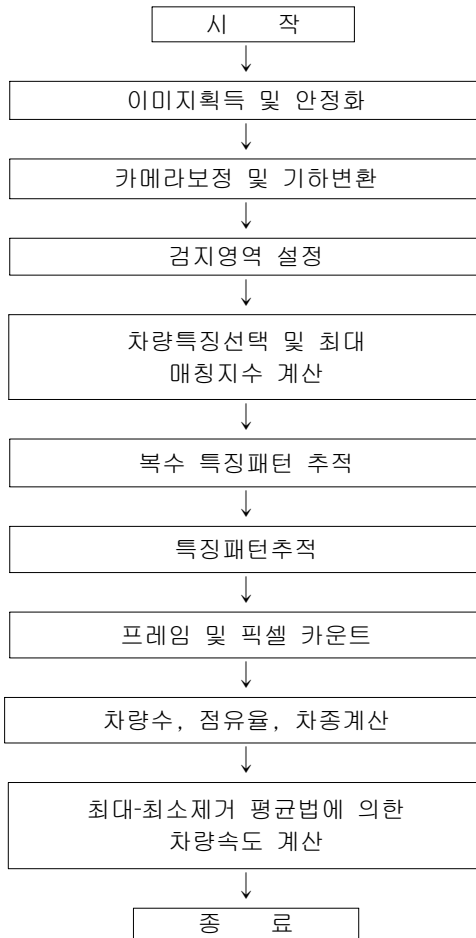
상태를 결정하고, 각각의 혼잡 원인을 파악하여 돌발상황을 검지한다. 또한 각 상태를 결정한 후 해당 상태에서 30초 단위 4주기 이상 지속될 경우, 알고리즘은 이것을 돌발상황으로 선언하게 된다.<sup>5)</sup>

## Ⅳ. 영상식 차량검지 시스템 알고리즘 및 프로그램

### 1. VDS 영상검지 알고리즘 흐름도

차량 검출을 위한 영상식 차량검지 시스템 알고리즘 흐름도는 다음과 같다. 차량 검출을 위해 영상 모듈에서 초당 30프레임의 카메라 영상을 획득하여 이미지를 획득한다. 카메라 보정 및 기하 변환은 화면 좌표에 대한 실세계 3차원 좌표를 계산하기 위한 카메라의 FOV로서, 이미지에서 도로의 4모서리의 위치를 결정하고, 도로폭을 실제 측정하여 입력한다. 실거리와 화면 좌표와의 축적으로 사용될 레퍼런스 위치 설정 및 그 실거리를 입력하면 자동으로 카메라의 PAN, TILT, FOCUS, PINHALL의 값을 산출하여 검지영역의 크기, 속도 측정 및 대기 길이를 산정하는데 사용한다. 검지 영역의 설정은 차선을 따라 영역을 설정하고, 영역 특성에 대한 임계값을 입력한다. 이 값들은 검지 알고리즘을 동작시키는데 있어서의 파라미터이며, 영역의 크기는 카메라 보정에 따라 자동 산정된다. 검지 영역의 설정 후 화면상의 2차원 좌표를 사용하여 3차원 실세계 좌표로 변환하고, 속도와 점유시간을 산출하기 위한 서브링크를 계산하여 검지 파라미터를 초기화 한다. 초기 바닥 상태 판단은 차량의 움직임을 검지하여 바닥인지 아닌지를 판단하고 바닥이 판별된 경우 바닥 정보로 사용한다. 차량의 검지는 이미지 평활화, 픽셀의 평균값, 픽셀의 분포도, 픽셀의 특징값, 에지 및 임계값 반영, 바닥 정보와의 비교 등을 통하여 차량을 검지한 후 교통정보를 산출한다. 산출된 변수의 갱신 주기에 따라 바닥 정보를 계속적으로 학습하여 갱신하고 검지된 데이터를 제어기 및 중앙 관제 시스템으로 전송한다. 차량추적 흐름도는 <그림 1>과 같다.

5) 김동선·백주현·송기한·이성모(2006), "돌발상황 검지를 위한 Wavelet 기법의 적용성 평가", 대한토목학회지, 26(4), pp. 581-586.



〈그림 1〉 차량 추적 흐름도

## 2. 소프트웨어 설명

단일카메라를 이용한 이동체의 3차원 자세측정을 기반으로 한 영상식 차량검지 시스템은 카메라의 입력으로 들어오는 영상으로부터 이동체의 특징점을 찾아 추적하고, 이 특징점들의 추적 경로로부터 선형운동을 하는 강체의 3차원 자세를 추정한다. 특징점의 3차원 위치로부터 물체의 형태 및 운동 특성을 구하여 물체의 종류와 속도 등을 구하고 이 물체가 가상으로 설

정된 3차원 검지 터널을 지나게 되면 이로부터 최종적인 교통정보가 산출된다.

본 연구의 영상식 차량검지 시스템의 소프트웨어는 다음과 같이 3가지 제어기 구동 프로그램으로 구성되어 있다.

- 제어기 구동 프로그램(c:TunnelAID/ Bin)
- 검지 프로그램(TunnelAID.exe)
- 통신 프로그램(TunnelComm.exe)



〈그림 2〉 검지 프로그램의 구성

제어기 구동 프로그램은 실질적인 제어를 구동하는 프로그램이고, 검지 프로그램은 카메라 영상을 처리하여 교통 데이터를 생성하는, 본 시스템의 실질적인 메인 프로그램으로써 〈그림 2〉와 같이 구성되어 있다. 통신 프로그램은 TCP/IP 통신 방식으로 센터와의 송수신을 담당하는 프로그램

이다. 영상 view는 카메라에서 들어오는 영상을 설정된 검지영역 값과 검지현황을 함께 보여주며, 데이터 view는 검지 데이터를 실시간으로 보여주며 설정된 검지차로의 수만큼 보여준다. 또한 유고정보 view를 통해 차로별 소통상태 및 유고 정보를 실시간으로 보여준다.

## V. 결론

인적·물적 피해를 최소화하고 교통사고로 인한 사회적 비용을 최소화하기 위해 도로상에서 발생하는 돌발 상황을 검지하고 예측하기 위해 다양한 방법의 연구들이 진행되고 있다. 특히 터널은 밝은 곳에서 어두운 곳으로 진입하는 구조적 특성으로 인하여 운전자들에게 착시 현상을 유발할 수 있어 사고 위험이 높다. 따라서 예측 불가능한 돌발상황 사전사후 전 과정에 대한 효율적인 대응 및 처리를 위해서는 정확한 돌발 상황 검지가 요구된다.

이에 본 연구에서는 돌발상황 검지 알고리즘을 고찰하고 터널 내 돌발상황 검지에 적합한 영상식 차량검지 시스템 알고리즘 및 프로그램을 소개하는데 목적을 두고 있다.

본 연구의 기본내용은 다음과 같다. 첫째, 국내 돌발상황 검지 알고리즘 연구 동향을 살펴보았다. 둘째, 영상식 차량검지 시스템의 차량 검출 방법 및 알고리즘 흐름도를 설정하였다. 셋째, 본 연구의 영상식 차량검지 시스템의 3가지 제어기 구동 프로그램으로 구성된 소프트웨어를 설명하고 수행 방법을 소개하였다.

본 연구의 활용방안 및 기대효과를 요약하면 다음과 같다.

- 터널 내 돌발상황관리 시스템 구축 방안 제시
- 교통관리시스템 관련 실무자 교육교재 활용
- 영상 자료의 재생으로 교통 분석 자료 활용

## 참고문헌

1. 권순범(2006), “터널에서 사고탐지를 위한 통계적 분석 기법”, 서울 시립대학교 석사학위논문, p.1.



2. 김동선 · 백주현 · 송기한 · 이성모(2006), “돌발상황 검지를 위한 Wavelet 기법의 적용성 평가”, 대한토목학회지, 26(4), pp.581~586.
3. 남두희 · 백승걸 · 김상구(2004), “돌발상황 검지알고리즘의 실증적 평가 (APID, DES, DELOS, McMaster를 중심으로)”, 대한교통학회지, 제22권 제7호, 대한교통학회, pp.119~129.
4. 도철웅(2004), “교통공학원론”, 청문각.
5. 이환필 · 오영태 · 김남선 · 김수희(2004), “압축과 검사 모듈을 이용한 돌발상황 검지 모형의 개발”, 대한교통학회지, 제22권 제6호, pp.77~88.
6. U.S Department of Transportation, FHWA(1991), “Freeway Incident Management Handbook”, Report No. FHWA-SA-91-056.



한상욱



김현석



임성한