

영상유고감지기 성능평가를 위한 실험적 연구

유용호 · 권오상 · 유지오* · 황병철**
한국건설기술연구원, 신흥대학*, 위드텍**

An Experiment Study on Performance Evaluation of the Video Incident Detection System

Yoo, Yong Ho · Kweon, Oh Sang · Yoo, Ji Oh · Hwang, Byoung Chul
Korea Institute of Construction Technology, Shin Heung Collage,
WYD Tech

요 약

본 연구에서는 최근 도심지 대심도 지하도로 및 침매터널등에서 중요성이 부각되고 있는 터널내 화재안전 설계를 위한 영상유고감지시스템의 성능평가를 수행하였다. 영상유고감지시스템(VIDS)의 성능 평가를 위하여 터널 내부에서 발생할 수 있는 유고상황을 5가지로 구분하여 보행자, 낙하물, 정지차량, 역주행, 연기발생등의 상황을 인위적으로 발생시켰으며 이에 따른 감지 능력을 평가하였다. 실험결과 2, 3회 걸친 지속적인 교정과 세부조정을 거친 후에는 보행자 98.3%, 낙하물 96.7%, 정지차량 100%, 역주행 100%, 연기감지 100%의 감지율을 나타내었으며 카메라의 설치거리 100m 이내에서 비교적 높은 감지율을 나타내었다. 영상유고감지기의 적용 신뢰도는 터널내 조도, 카메라의 설치 위치에 따른 영상 변화등에 의존적이었으나 대심도 터널등의 신속한 화재감지를 위한 대안으로 적용될 수 있을 것으로 판단되었다.

1. 서 론

터널에서 화재등 유고상황이 발생될 경우 이를 신속히 감지하여 대응하는 터널의 안전성 재고에 매우 중요한 요소이다. 특히 서울시에서는 교통 체증이 도시경쟁력을 저해하는 주요 요인이라고 판단하고, 도로교통 환경개선을 통한 도시경쟁력 제고를 위하여 지하도로 건설 계획을 수립하였으며, 서울시내 주요 간선도로 하부 40m 지하에 프랑스 A86 도로터널, 말레이시아 스마트(Smart) 도로 터널 등과 같은 소형차 전용 지하도로 건설을 계획 중에 있다. 이러한 도로터널에서의 화재 사고는 대부분이 전기결함이나 엔진 결함, 충돌사고등에 의하여 발생하고 있으며¹⁾, 도심지 터널의 밀폐된 공간 특성상 급격한 화재 전파와 연기 배출의 어려움이 예상된다²⁾. 이에 본 연구에서는 화재, 낙하물, 역주행, 보행자 등 터널내 돌발 상황을 교통관리운영센터에서 자동감지 또는 운영자가 직접 개입하여 원격으로 감시할 수 있는 영상유고감지시스템에 대한 적용 타당성을 검토하여 향후 터널 이용자의 터널진입을 제한하고, 우회경로를 제공

함으로써 이용자의 안전 증대, 지체 해소, 그리고 2차 사고 감소 등에 기여하고자 현장 실험을 실시하였다.

2. 본 론

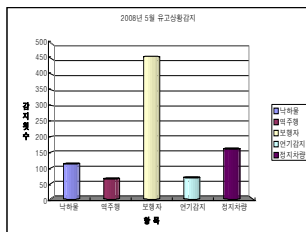
2.1 실험개요

실험은 터널내 설치된 카메라에서 취득된 영상을 분석하여 유고 상황 감지를 실시하였다. 영상유고감지시스템 성능 분석을 위하여 정지차량, 역주행차량, 보행자, 낙하물, 연기 발생등 5가지 상황을 터널내부에서 인위적으로 모사하였으며, 화재상황은 연기발생기를 이용하여 연기를 발생함으로써 화재 상황을 모사 하였다.

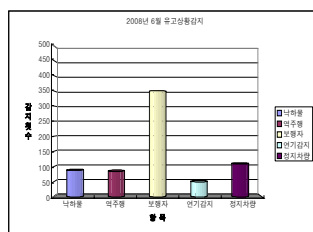
2.1 실험결과

가. OO 터널(시범운영 실험)

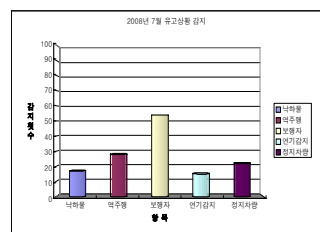
영상유고감지시스템의 성능을 보다 정확하게 파악하기 위하여 실제 차량이 소통되고 있는 터널을 대상으로 장기간 시범 운영을 실시하였다. 실험대상 터널은 비교적 교통량이 많고 루프속도감지기가 운영되고 있는 경기도의 OO터널에서 실험을 수행하였다. 본 터널에서의 실험은 터널에서 발생할 수 있는 유고상황을 정지차량, 역주행차량, 보행자, 낙하물, 연기발생등 5가지로 대별하였다. 실험 방법은 터널의 기존에 설치되어 있는 CCTV영상을 이용하여 두 종류의 영상유고감지시스템을 적용하여 타당성 검증을 검증하였다. 실험결과는 <그림 1>에 나타내었다. 실험 기간 동안 발생한 낙하물, 보행자, 정지차량 등에 대한 경보는 5월과 6월중에 이루어진 터널내 보수 공사에 기인한 것으로 작업 인부 및 차량 그리고 작업을 위해 설치한 차선 유도 장치에 의한 경보였다. 보행자의 경우 간헐적으로 터널을 통과하는 자전거 여행객과 도보 이용자에 의한 것이다. 그러나 5월부터 7월 8일 이전에 발생된 역주행 및 연기감지는 차량 불빛의 산란에 의하여 발생한 오보로 판명되었으며, 이를 개선하기 위하여 7월 8일부터 수일간에 걸친 교정 작업과 세부 조정 작업을 거친 후에는 이러한 오보는 발생하지 않았다. 특히, 터널 내에서 실제 발생한 추돌사고를 신속히 감지하여 차량추돌에 의한 정지차량, 사고차량의 운전자 하차에 의한 보행자등을 구분하여 경보를 발생하였다.



a. 유고상황감지(5월)



b. 유고상황감지(6월)



c. 유고상황감지(7월)

그림 1. 영상유고감지기 감지 성능 실험 결과

실험결과 터널에 적용되는 영상감지기의 경우 각 터널이 가지는 조도 특성 및 우천, 안개와 같은 외부 기상 변화에 의한 터널 내부의 환경 변화등 분석에 가장 기본이 되는 영상의 변화가 발생될 경우 오보가 발생하게 된다. 따라서 이러한 오보율을 최소화하기 위하여 처음 설치 후 수 주간에 걸쳐 지속적인 교정(calibration) 및 세부조정(tuning) 작업을 수행하여야 하며, 운영 중에도 오보율을 최소화하기 위한 지속적인 점검이 필요할 것으로 판단된다.

나. OO 지하차도(단기 유고상황 감지 실험)



그림 2. OO지하차도 카메라설치 및 실험사진

선행된 실험과 동일한 5개의 실험항목을 대상으로 실험을 실시하였으며, 본 실험에서는 비교적 많은 횟수의 실험(각 10-15회)을 반복적으로 실시하여 각 상황에 대한 정확한 감지 능력 여부를 판단하고자 하였다. 터널에서 발생될 수 있는 유고상황을 가정하여 1개 차로의 차량을 통제한 후 인위적으로 상황을 연출하여 영상유고감지시스템 성능 분석을 위하여 정지차량, 역주행차량, 보행자, 낙하물, 연기발생등 5가지 상황을 터널내부에서 모사하였다. 화재상황을 재현하기 위해서는 연기 발생기를 이용하여 인위적으로 연기를 발생하여 진행하였다. <그림 2>는 실험을 수행하기 위한 카메라 설치 및 영상 유고 감지 시스템의 설치 사진을 보여준다. 터널 입구로부터 200m 지점의 측벽부에 카메라를 설치하였으며, 일반적으로 터널에 설치되는 CCTV 카메라와 동일한 조건을 모사하였다. 또한 카메라의 설치 높이 역시 일반적인 터널의 카메라 설치 높이인 3.5m - 4m에 근접하도록 하기 위하여 4m 높이에 설치하였다. 카메라의 감지 영역은 최대 150m까지로 설정하였으며, 60m 지점, 80m 지점, 100m지점, 120m 지점 그리고 150m 지점에서 5가지 종류의 유고상황을 발생하였다. <그림 3>에서 보이는 바와 같이 기본적인 교정(calibration)과 세부조정(tuning)만을 거친 경우 보행자 47.6%, 낙하물 65.2%, 정지차량 100%, 역주행 100%의 감지율을 보였다. 그러나 2, 3회 걸친 지속적인 교정과 세부조정을 거친 후에는 보행자 98.3%, 낙하물 96.7%, 정지차량 100%, 역주행 100%, 연기감지 100%의 감지율을 나타내었다. 이와 같은 결과는 나머지 2개 시스템에서도 유사하였다.

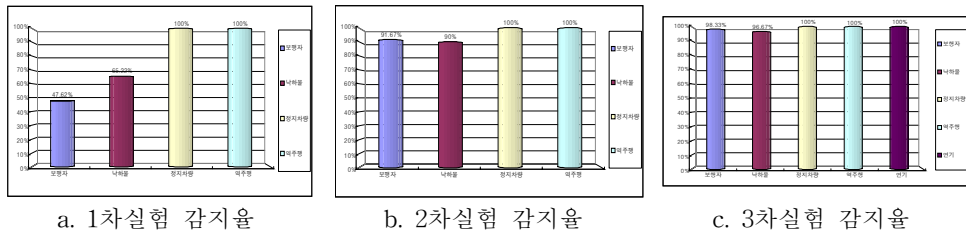


그림 3. 영상감지기 실험결과 그래프

즉, 영상유고감지기의 적용 신뢰도는 설치 업체들의 공통적인 요구사항과 동일하게 각기 다르게 나타날 수 있는 터널들의 특수한 사항들, 예컨대 터널내 조도, 카메라의 설치 위치에 따른 영상 변화등 특수 상황에서 지속적인 계수값들의 교정 및 세부 조정 작업을 거친 후에 발휘될 수 있을 것으로 판단되었다. 또한, 영상감지기의 감지 범위는 실험결과에서 확인할 수 있듯이 100m 이내의 거리에서 비교적 높은 감지율을 나타내었다. 특히, 연기 감지율은 60m에서 연기가 발생할 경우 38초에서 1분10초에 연기발생을 감지하여 경보를 발생하며, 100m에서는 1분 10초와 1분 20초경에 경보를 발생하여 비교적 빠른 감지시간을 나타내었다. 그러나 150m 지점에서 연기가 발생할 경우에는 이보다 많은 시간이 경과된 후인 2분40초에서 3분10초에 감지되었다. 이는 영상감지기의 연기 감지원리가 전체 영상의 약 30% 이상의 변화가 발생되어야 연기로 감지한다는 알고리즘에 기인한 것으로 거리가 멀어짐에 따른 원인에 의하여 발생하는 필연적인 결과로 여겨진다.

3. 결론 및 논의

본 연구에서는 영상감지기의 터널 적용성 여부를 판단하기 위하여 현장 실험을 실시하였다. 영상감지기의 경우 1개의 감지기로 여러 차선 및 광범위한 구역을 감지 할 수 있으며, 감지구역을 프로그램으로 쉽게 변경할 수 있고 여러 종류의 차량 데이터 측정 및 특정한 목적의 데이터가 필요한 경우에 적용(낙하물, 도로상의 동물, 사람 등)할 수 있는 광범위한 적용성을 가질 것으로 판단되었다. 그러나 설치 후 비교적 장시간의 최적화 시간이 소요되는 특성과 터널내 환경 변화에 기인한 영상 변화에 매우 민감함을 보이고 있으므로, 터널에서 보편적으로 적용하기 위해서는 향후 심도 깊은 영상유고감지기의 터널내 적용성 향상을 위한 후속 연구가 필요하겠다.

감사의 글

본 연구는 2010 한국건설기술연구원 기본사업 “표준화재모델에 따른 화재확대방지 및 피난 안전설계기술개발”의 지원으로 이루어졌으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. 김효규, 이창우, 2004, “국내 도로터널내 발생 교통사고, 화재사고 및 터널특성에 관한 연구”, 터널기술, 제6권, 제3호, pp. 199-211
2. 유용호, 권오상, 2010, “대심도터널 화재안전설계를 위한 승용차의 열방출률 및 화재전파특성에 관한 연구”, 터널기술, 제12권 제4호, pp. 321-328