

지하철 안전관리를 위한 열차 상태 판별기법

박기서[○], 이대호^{**}, 박영태^{*}, 김길동^{***}, 오세찬^{***}, 이준희^{****}
경희대학교 전자정보대학[○], 경희대학교 교양학부^{**}, 철도기술연구원^{***}, 건아정보기술^{****}
{arsenide[○], nize, ytpark}@khu.ac.kr, {gdkim, soh}@krri.re.kr, jhlee@keona.co.kr

Train Status Estimation for Safety Management in Subway

Kiseo Park[○], Deaho Lee, Youngtae Park, Gildong Kim, Sehchan Oh, Junhee Lee
Kyung Hee University, Korea Railroad Research Institute, Keon-a Information Technology Co.,Ltd.

요 약

본 논문에서는 지하철 선로상의 CCTV영상을 이용하여 열차의 인식 및 진출입유무를 검출하는 기법을 제안한다. 움직이는 열차는 프레임 차, 임계치 이진화, 연결영역분석, 영역합병과정을 거쳐 인식을 한다. 또한 영상에서 매 프레임이 진행될때 지하철의 유무(off, on)와 진출입(in, out)으로 나누어 판단할 수 있다. 실험 결과로서 선로상에 진입하는 지하철의 영상은 모두 인지, 판별하였으며, 진출입유무도 5프레임 차를 이용하여 모두 정확하게 판별하였다. 본 연구는 차후 이루어질 지하철 선로상의 낙하하는 물체를 인지하기 위한 필수적인 기법으로 사용할수 있다.

1. 서론

지하철 선로상에서 승객의 안전은 무엇보다 중요한 사항이다. 그러나 매년 수십 명의 승객들이 승강장 추락 사고로 인해 숨지고 있으며, 이는 철도분야에서 해결해야 할 가장 시급한 문제로 떠오르고 있다. 최근, IT 기술의 발전과 함께 철도환경에서 CCTV나 여러 타입의 비전 센서를 이용한 응용시스템이 시도되고 있다.

현재 지하철 CCTV는 열차운전의 확인 및 승객의 이동, 승하차 감시등을 감시할 목적으로 각 역의 승강장 또는 승객 밀집지역에 설치하여 운영되고 있으며, 차량 및 선로상태를 비롯한 지하철 인프라의 유지보수 목적으로 다양한 형태의 카메라 센서가 사용되고 있다.

CCTV가 단순히 수동적으로 영상정보를 기관사나 사령실에 전송하는데 반하여 최근 화상처리식 검지 기술을 기반으로, 카메라를 이용하여 사람이나 기타 장애물의 위치 및 동작을 지능적으로 판단하여 위험 상태를 알려주는 다양한 형태의 시도가 이루어지고 있다.[1-4]

본 논문은 선로상에 설치된 CCTV를 이용하여 지하철의 영상인식에 관한 연구이다. 먼저 2장에서는 영상 인식 알고리즘을 이용, 지하철의 움직임 검출에 대한 설명을, 3장에서는 지하철의 상태변이에 따른 진출입여부 및 지하철의 유무여부에 대한 알고리즘을 설명한다. 지하철의 상태변이는 영상의 갑작스런 밝기 변화에 의해 열차의 움직임과 같은 큰 움직임이 관측되어 잘못된 상

태 전이가 일어 날 수 있다. 따라서 이를 방지하기 위해 5프레임 연속된 움직임 정보가 검출되었을 경우에 각각의 상태변이가 이루어진다.

4장에서는 위에서 언급된 알고리즘을 이용하여 실험 영상을 이용해 지하철의 이미지 검출 및 상태변이에 대해 실험을 하였다. 실험에서는 열차영역과 위험영역의 간단한 설정만으로 완벽하게 지하철의 인식 및 상태변이에 대해 동작하는 것을 볼 수 있다. 5장에서는 차후 연구 과제 및 보완해야 할 문제에 대한 논의를 할 것이다.

2. 영상에서 열차 인식

영상에서의 지하철의 움직임 검출은 크게 4가지부분으로 나누어 질수 있다.

프레임차, 임계치이진화, 연결영역분석, 영역합병과정을 거쳐 지하철을 영상에서 인식할 수 있다.

2-1 프레임 차

프레임 차(frame difference)를 이용하는 기법은 현재 프레임과 이전 프레임의 차이에 의해 지하철 차량영역을 검출한다. 프레임 차이는 식 1과 같이 현재 프레임 영상 과 이전 프레임 영상의 밝기 차이를 이진화하여 움직임 영역을 검출한다.

$$D_i(x,y) = \begin{cases} 1 & |I_i(x,y) - I_{i-1}(x,y)| > T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

2-2 임계치 이진화

영상의 이진화는 영상내에 원하는 객체의 위치를 찾기 위한 전처리 과정으로 많이 사용된다. 이진화를 수행하기 위해서는 영상내 모든 픽셀에 대하여 그레이스케일 값이 특정값보다 크면 255로, 작으면 0으로 바꾸는 방법을 사용한다. 이때 픽셀값의 크기를 비교하는 대상이 되는 임계값(threshold) 또는 문턱치라고 부른다. 임계값은 그레이스케일 범위인 0~255사이의 정수값을 사용한다. 이진화 과정을 수식으로 표현하면 식 2와 같다.

$$g(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } f(x,y) \leq T \\ 255 & \text{if } f(x,y) > T \end{cases} \quad (2)$$

식 2에서 $f(x,y)$ 와 $g(x,y)$ 는 각각 입력영상과 출력영상을 의미하고 T는 임계값을 의미한다.

본 연구에서는 카메라의 이미지 영상을 CCD영상과 IR 영상, 2가지로 나누어 실험을 하였다. 이는 영상성분의 차에서 나타나며 이 영상의 차 때문에 이진화 임계치의 성분도 달라진다.

$$\begin{aligned} \text{CCD} : \text{Threshold} &= \max(20, Up(0.15)) \\ \text{IR} : \text{Threshold} &= \max(20, Up(0.11)) \end{aligned} \quad (3)$$

식에서 CCD 이미지는 전체상위 15%에서와 이진화 임계치 값이 20중에서 최대값을, IR 이미지는 전체상위 11%에서와 이진화 임계치 값이 20중에서 최대값을 선택하여 설정한다.

2-3 연결영역분석, 영역합병과정

영상의 연결영역분석(labeling)이란 일반적으로 이진영상에서 수행되는 영역 구분 방법이다. 2-2에서 언급한 임계치 이진화 등에 의해 생성된 이진 영상에서 픽셀값이 255인 인접한 픽셀들의 집합을 객체라 할 수 있고 하나의 객체는 한 개이상의 인접한 픽셀로 이루어진다. 하나의 이진영상안에는 다수의 객체가 존재할 수 있고, 동일 객체에 속한 모든 픽셀에 고유한 번호를 매기는 작업을 연결영역분석이라 한다.

연결영역분석을 거친 이미지는 각각의 필요없는 화소를 제거하고 인접한 화소들끼리 전체적인 그룹을 지어내는데 이 과정을 영역합병과정이라 한다.

열차의 진출입과정은 Projection 기법을 사용하였다. 전

체적인 영역합병과정이 끝나면 열차의 상태변이를 체크해야 하는데 열차의 움직임인지 아니면 보행자의 움직임인지 판단하기 위해 사용한다.

Projection 영역이 열차 영역에 포함되어 있고 식 4와 같은 조건내에서 열차가 존재하는 영역으로 판단한다.

$$\begin{aligned} \text{Width} &> W \times 0.4 \\ \text{Height} &> H \times 0.6 \end{aligned} \quad (4)$$

3 지하철의 상태변이

영상의 상황에 따라 지하철의 상태변이는 그림1과 같이 구성되어 질 수 있다. 영상의 변화에 따라 크게 지하철의 유무(off, on)와 지하철의 진출입(in, out)으로 나누어 질 수 있다.

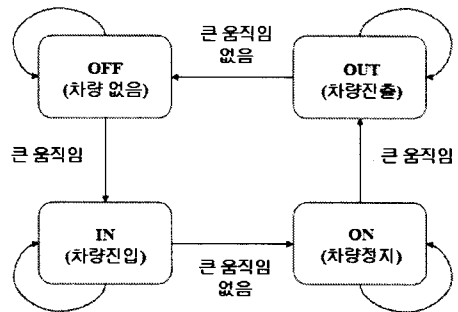


그림 1 지하철의 상태변이

그러나 영상의 갑작스런 밝기 변화에 의해 열차의 움직임과 같은 큰 움직임이 관측되어 잘못된 상태 변이가 일어 날 수 있기 때문에 이를 방지하기 위해 5프레임 연속된 움직임 정보가 검출되었을 경우에 상태 변이가 나타나도록 구성하였다. 표 1은 각 상태변이의 조건을 나타낸 것이다.

표 1. 각 state의 변이 조건

state transition	내용
Off - In transition	차량 영역 내에 큰 움직임이 5프레임 연속 발생했을 경우
In - On transition	차량 영역 내에 큰 움직임이 5프레임 연속 검출되지 않았을 경우
On - Out transition	차량 영역 내에 큰 움직임이 5프레임 연속 발생했을 경우
Out - Off transition	차량 영역 내에 큰 움직임이 5프레임 연속 검출되지 않았을 경우

4 실험 및 고찰

본 논문에서는 실험부분을 크게 2가지 나누었다. 먼저

열차의 움직임 검출에 대한 실험이며, 또 하나는 열차의 상태변이(state transition)이다

4-1 열차의 움직임 검출

승강장에서 낙하한 물체의 위험 여부의 판단 및 지하철의 진입상태를 확인하기 위해서는 차량의 현재 상태를 영상처리 기법을 통하여 정확히 산출해야 한다. 이를 위해 열차 영역과 위험 영역을 사전에 설정한다.

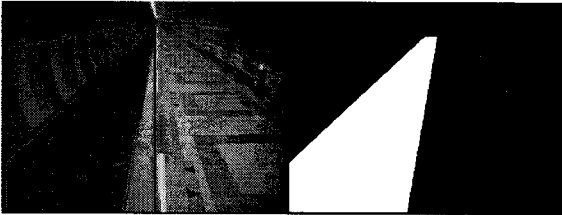


그림 2. 열차영역 및 위험영역

그림 2에서 파란부분이 열차의 진출입 여부를 알수있는 열차영역이며, 빨간부분이 선로상의 낙하되는 물체를 알려줄수 있는 위험 영역이다.

열차의 움직임 검출은 그림 3과 같이 시계방향으로 프레임차, 임계치이진화, 연결영역분석, 영역합병으로 이루어진다.

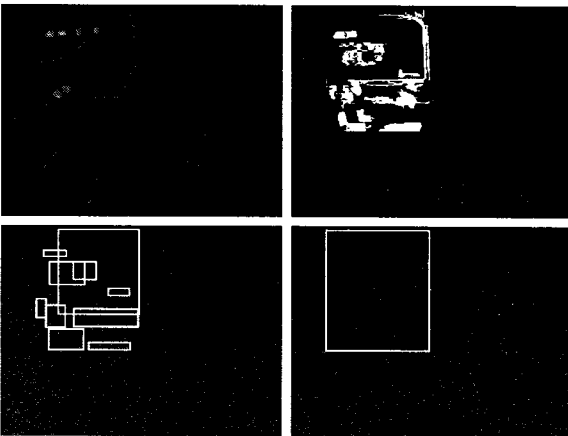


그림 3. 열차의 움직임 검출

(프레임차, 임계치이진화, 연결영역분석, 영역합병과정)

프레임차이상에서 이진화 임계치 설정은 카메라 성분에 따라 달라지는데 CCD카메라와 IR카메라에 따라 임계치 설정이 달라진다. 이는 CCD카메라는 일반적인 영상입력장치 인데 반해 IR카메라는 열선감지로 인지되는 카메라이기 때문이며 그 차이를 그림 4~그림 5에서 볼수 있다.

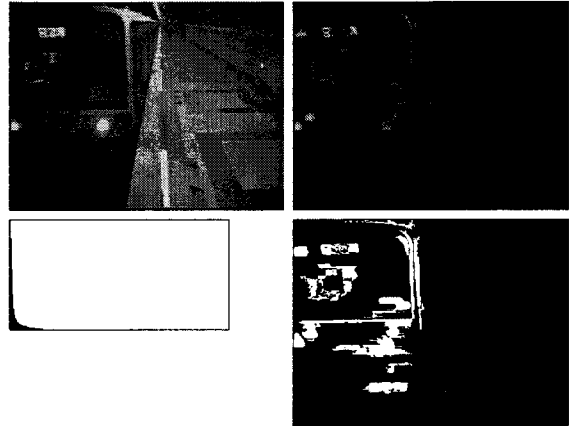


그림 4. CCD : Threshold = max(20, Up(0.15))

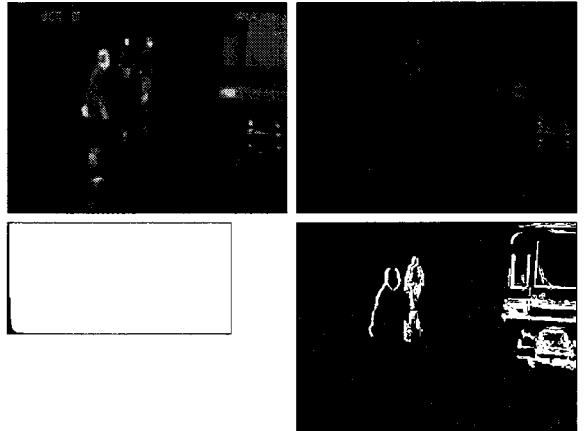


그림 5. IR : Threshold = max(20, Up(0.11))

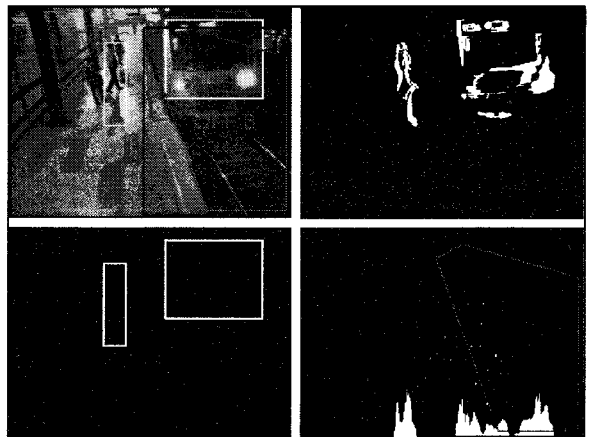


그림 6. Projection 기법

움직임 정보가 존재할 경우 열차의 움직임인지 아니면 보행자의 움직임인지를 판단하기 위해 그림 6과 같이 Projection 기법을 사용한다. Projection 기법은 파란영역내의 움직임이 있을시 지하철임을 판단하는 기준이 된다.

Projection 영역이 열차 영역에 포함되어 있고 그 폭이 열차영역의 40% 이상($Width > W * 0.4$), 높이가 60% 이상($Height > H * 0.6$)일 때 열차가 존재하는 영역으로 판단한다. 이후 5프레임 연속으로 카운트가 되면 지하철의 진출입의 여부가 가려진다. 열차영역 검지의 예는 그림 7와 같다.

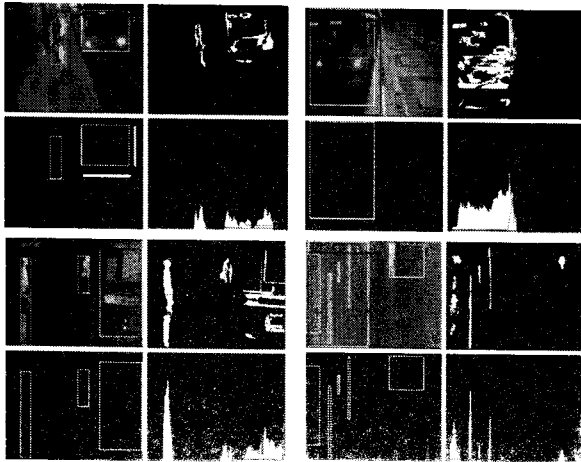


그림 7. 열차영역 검지의 예

4-2 열차의 상태변이(state transition)

열차의 상태변이(state transition)는 그림 8 ~ 그림 11과 같다. 각각의 상태에서 5 프레임이후 상태 변이가 정확히 일어나는 것을 확인 할 수 있다.

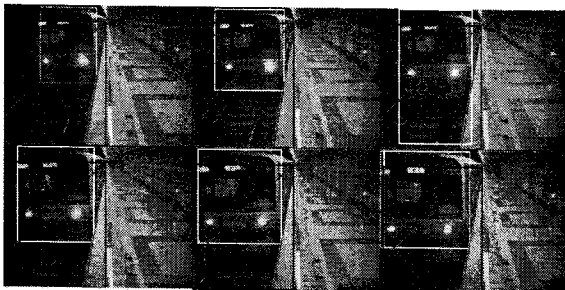


그림 8. OFF-IN transition

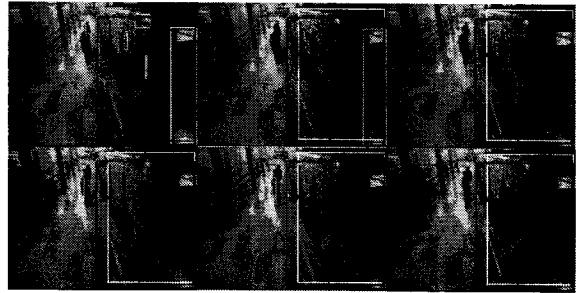


그림 9. IN-ON transition

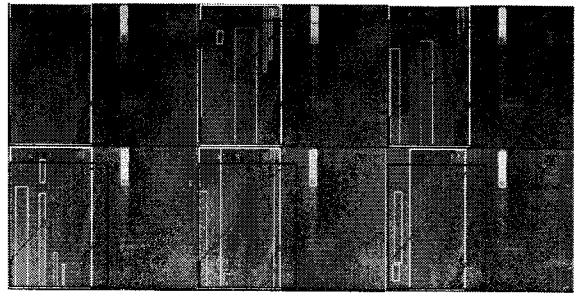


그림 10. ON-OUT transition

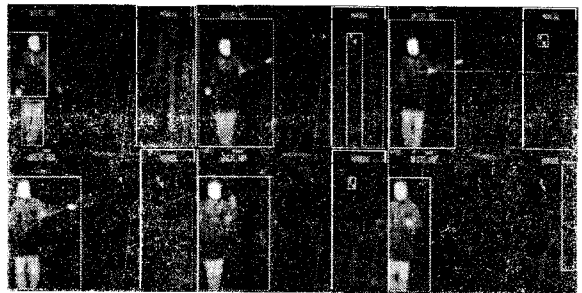


그림 11. OUT-OFF transition

5 결론

본 논문에서는 영상인식 알고리즘을 이용, 지하철의 움직임 검출에 대한 실험 및 지하철의 상태변이에 따른 진출입여부 및 지하철의 유무여부에 대한 알고리즘에 대해 실험을 하였다.

실험 결과 지하철의 인식부분에서는 각 과정을 거쳐 지하철의 형상을 정확하게 인식하였으며, 이 인식과정을 이용하여 지하철의 상태변이에 대한 알고리즘을 논하였다. 지하철의 상태변이 과정 또한 5프레임 연속된 움직임 정보가 검출되었을 경우에 각각 상태변이가 이루어지는것을 실험 결과 알 수 있었다.

차후 연구되어야 할 부분은 선로상에 낙하하는 물

체를 스테레오 비전 알고리즘을 이용하여 인식하는 부분이며, 이 물체의 인식부분은 일반적인 물체 뿐만 아니라 가장 중요하게 검출되어야 할 사람을 판독하는 연구를 실행 할 예정이다. 사람을 추출하는 과정은 사람의 거리 및 부피에 관한 연구도 진행 될 예정이다.

" 본 연구는 건설교통부의 차세대 첨단 도시철도 시스템 기술개발사업의 지원하에 수행되었습니다."

6 참고문헌

- [1] I.Yoda, K.Sakaue "Ubiquitous Stereo Vision for Controlling Safety on Platforms in Railroad Station," IEEJ Tr. on Electronics, Information and Systems, Vol.124, No.3, March, pp.805-811. 2004
- [2] Y.Sasaki, N.Hiura. "Development of Image Processing Type Fallen Passenger Detecting System," JR-EAST Technical Review Special Edition Paper, No.2, pp.66-72. 2003
- [3] 오세찬, 김길동, 박성혁, 이한민 "스테레오비전기반 승강장 모니터링시스템," 한국철도학회 2006년도 춘계 학술대회논문집, pp. 34 ~ 39, 2006
- [4] 오세찬, 김길동, 박성혁, 이한민 "지하철 사고 감시를 위한 스테레오 비디오 부호화 기법," 한국철도학회, 한국철도학회 논문집 제8권 제6호, pp. 559 ~ 565 2005