

도시철도 시스템에서 화상처리기술 역사 적용방안

Image processing technology in urban transit system

오세찬*
Oh, Seh-Chan

박성혁**
Park, Sung-Hyuk

여민우**
Yeo, Min-Woo

ABSTRACT

Passenger safety is a primary concern of railway system but, it has been urgent issue that dozens of people are killed every year when they fall off from train platforms. Recently, advancements in IT have enabled applying vision sensors to railway environments, such as CCTV and various camera sensors. The objective of this work is to propose technical and system requirements for establishing intelligent monitoring system using camera equipments in urban transit system. We suppose the system is to determine automatically and in real-time whether anyone or anything is in monitoring area. To achieve the goal, we analyze recent image processing technologies for detection and recognition, and suggest possible direction of system development for applying urban transit system. According to the results, we expect the proposed system requirements will play a key role for establishing highly intelligent monitoring system in railway.

1. 서론

철도에서 승객의 안전은 무엇보다 중요한 사항이다. 그러나 매년 수십 명의 승객들이 승강장 추락사고로 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 철도 인프라의 유지보수 목적으로 다양한 형태의 카메라 센서가 사용되고 있다. CCTV가 단순히 수동적으로 영상정보를 기관사나 사령실에 전송하는데 반하여 최근, 스테레오 카메라를 이용하여 사람이나 기타 장애물의 위치 및 동작을 지능적으로 판단하여 위험 상태를 알려주는 다양한 형태의 시도가 이루어지고 있다[1][2].

본 논문은 지하철 역사내 승객의 안전을 위해서 지능적인 스테레오 비전기반의 모니터링 시스템의 구축을 위해 필요한 시스템의 기술적 요구사항들을 제시하였으며, 실제 역사 적용방안에 대해서도 고찰하였다.

* 책임저자 : 한국철도기술연구원, 도시철도기술사업단, 정회원

** 한국철도기술연구원, 도시철도기술사업단

2. 시스템 기술적 요구조건

스테레오 영상은 인간의 양안에 해당하는 영상을 카메라의 두개의 렌즈로부터 획득되는 것을 말한다. 이러한 카메라 구조는 인간 시각 시스템에 대응하여 스테레오 비전 시스템이라 하며, 스테레오 비전 시스템에서 중요한 매개 변수로는 양안차 및 깊이감 등이 있으며 이는 좌우 렌즈로부터 획득한 스테레오 영상을 이용하여 양안차 및 깊이정보를 추론하게 된다. 스테레오 카메라를 이용한 지능적인 모니터링 시스템 구축을 위해서는 영상의 획득, 배경분리, 물체인식 등의 단계가 필요하므로 각 단계별로 기술적 요구조건들을 검토해보면 다음과 같다.

2.1 영상의 획득

카메라를 이용한 영상의 획득은 빛이 카메라 렌즈를 통해 들어오면 이를 변환기를 통해 2차원 명암 배열로 대응 시키는 것을 의미한다. 스테레오 비전 시스템에서 영상 획득은 같은 초점거리를 갖고 나란히 위치한 두 대의 카메라를 통해 이루어지며, 스테레오 비전 시스템의 카메라 구성법으로는 그림 1과 같이 교차식과 평행식의 두 가지 방법이 있다. 두 가지 방식 중 가장 간단한 방식은 평행 카메라 방식으로 광축과 평행한 두 대의 카메라를 이용하는 방식이다. 이 방법에서 얻어지는 좌우 영상 사이의 공통 지역은 광축 사이의 거리에 따라서 매우 작아지며 수직 변이가 없기 때문에 장점이 있다. 교차식 카메라 설정법도 설치가 간단하고 카메라들 사이의 공통 지역을 최대화 할 수 있기 때문에 실제로 많이 사용되고 있지만, 수평과 수직 변이방정식은 간단하지 않고 측면 위치에 의존하기 때문에 수학적 분석이 어렵다. 즉, 평행 설정은 수학적 모델링이 쉽고, 일치문제가 단순하지만, 교차식 설정은 수직 변이 때문에 수학적 모델링이 어려워진다. 따라서 신속한 검지를 요하는 철도분야에서는 평행식 구성법이 유리하다.

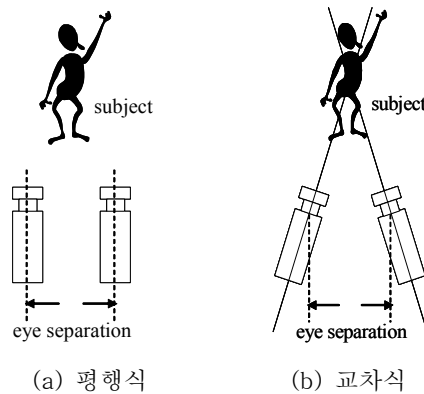


그림 1. 스테레오 카메라 구성법

2.2 깊이 인식

획득된 스테레오 영상은 좌우렌즈의 거리차이로 인해 양안차이정보(displacement compensated difference)가 발생한다. 이러한 양안차이정보는 카메라와 피사체(subject) 사이의 거리에 따라 변하게 된다. 즉, 피사체가 카메라렌즈에 가까울수록 양안차(disparity) 값은 커지게 된다. 이러한 양안차 값을 이용하여 피사체가 카메라렌즈로부터 떨어진 거리(depth)를 알 수가 있다. 실제 두 장의 영상에서 양안차 벡터(Disparity Vector: DV)를 찾는 과정은 수식(1)과 같다.

$$DV(x) = \min_{d = d_{\min}}^{d_{\max}} \sum_{i=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} \sum_{j=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} |I_R[x+i][y+j] - I_L[x+i+d][y+j]| \quad (1)$$

I_R 과 I_L 은 각각 좌우 영상이며, x 와 y 는 해당 이미지의 좌표를 나타낸다. 또한, d_{\min} 과 d_{\max} 는 각각 최소, 최대 양안차이며, m 은 윈도우 마스크 크기를 나타낸다.

그림 2와 같이 스테레오 카메라로부터 얻어진 두장의 영상과 피사체의 관계를 표현 가능하다. 스테레오 카메라 특성에 의해서 하나의 물체점(x, y, z)에 대해서 좌우 영상에 맺히는 상의 위치가 각각 $p_l(x'_l, y'_l)$ 과 $p_r(x'_r, y'_r)$ 로 서로 다르다. 카메라 베이스라인 b 가 주어지고, 렌즈거리(focal length) f 를 알고 있을 때 삼각비에 의해서 수식 (2)와 수식 (3) 같은 관계가 성립된다.

$$\frac{x'_l}{f} = \frac{X + \frac{b}{2}}{Z} \quad (2), \quad \frac{x'_r}{f} = \frac{X - \frac{b}{2}}{Z} \quad (3)$$

수식(2)에서 수식(3)을 빼면 수식(4)와 같이 표현이 가능하다.

$$\frac{b}{Z} = \frac{x'_l - x'_r}{f} \quad (4)$$

양안차 $x'_l - x'_r$ 를 d 라 할 때 깊이 정보 Z 는 수식 (5)와 같다.

$$Z = b \frac{f}{d} \quad (5)$$

따라서 깊이 정보는 카메라 렌즈 사이의 거리와 렌즈거리에 비례하고 양안차 값에 반비례 한다.

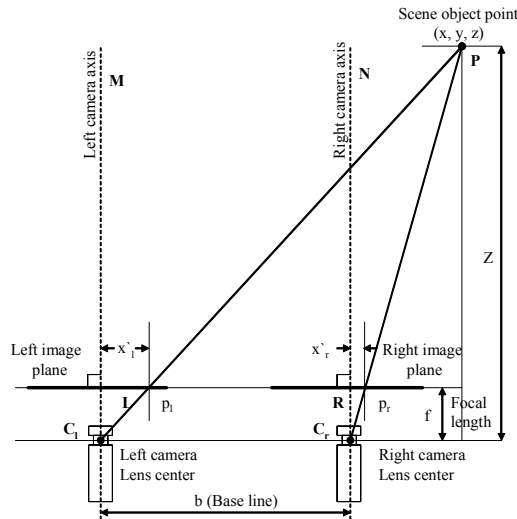


그림 2. 스테레오 영상을 이용한 깊이인식

2.3 배경 분리

영상으로부터 특정한 물체를 분리하는 일은 비전기반 인식 분야에서 기본적인 단계이면서도 중요하다. 특정 물체를 배경으로부터 분리하기 위해 그동안 많은 연구들이 진행되어왔다. 물체와 배경영상의 컬러 밀도차이를 이용하는 방법[3], 영상에서 움직이는 물체의 속도 차이를 이용하는 방법[4], 미리 학습된 배경영상과 현재 입력영상과의 차이를 구하는 통계적 접근방법[5] 등이 제안되어왔다. 그 중에서 통계적 접근방법은 실시간으로 배경과 물체를 분리하는 비교적 간단하고 물체 추적 응용분야에서 널리 사용되는 방법이다.

통계적 접근방법에서 배경 학습 또는 모델링 과정에서는 카메라로부터 입력되는 배경영상에 대해서 픽셀마다의 통계적 수치인 평균값과 분산, 표준편차를 미리 구한다. 앞으로 물체가 나타나면 물체로 인해서 해당 픽셀의 컬러와 밝기 값이 달라지며, 미리 얻은 통계적 수치와 비교하여 해당 픽셀이 물체인지 배경인지를 간단히 비교함으로써 판단한다.

그림 3은 통계적 접근방법을 이용하여 배경분리를 수행했을 때 결과를 보여준다. 그림 3(a)는 배경영상을 보여주며, 3(b)는 물체(사람)이 등장한 경우이고, 3(c)는 배경으로부터 분리된 사람에 해당하는 픽셀 값을 흰색으로 표현한 영상이다.

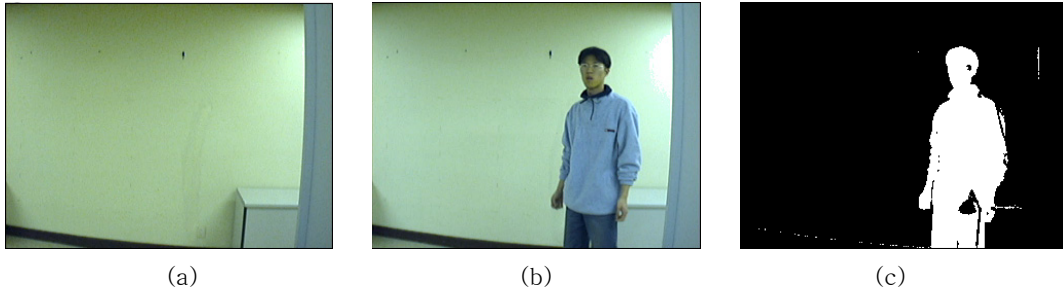


그림 3. 통계적 접근방법을 통한 배경분리 결과
(a) 배경영상, (b) 입력영상, (c) 배경이 분리된 영상

실제 철도환경에서 정확한 배경분리 과정의 어려운 점은 역사의 경우 빛의 조건이 일정하지 않은 점이다. 예를 들어 지상 역사의 경우는 밤과 낮, 날씨 변화에 영향을 받으며, 지하 역사의 경우는 전동차의 불빛, 그림자 등의 영향으로 정확한 배경분리가 어렵다. 따라서 이러한 철도환경에 적합한 새로운 배경분리 알고리즘의 개발이 필요하다.

2.4 물체 인식

물체인식이란 영상내의 특정물체가 무엇인지 알아내는 작업으로 크게 대상의 원형과 매칭하는 기법, 확률적 기법, 인공신경회로망 이용기법 등이 있다. 이중 원형매칭방법은 물체의 영상이나 처리된 결과를 미리 저장된 표준 모델, 즉 원형과 비교하여 대상을 인식하는 방법으로 번호판인식 등에 널리 사용된다. 하지만 이들 기법은 모노 영상에 기반한 기법들이며 스테레오 카메라에 특성을 이용한 기법 즉, 컬러와 밝기 그리고 3차원 좌표를 이용한 물체인식 연구 성과는 아직 미흡한 실정이다[6]. 시간적 복잡도를 최소화하면서 컬러와 밝기 정보에 인식의 정확도를 높이기 위해 3차원 좌표 값을 이용하는 새로운 물체인식 알고리즘의 개발이 필요하다.

3. 역사 적용방안

제안된 스테레오 카메라를 이용한 승객안전 시스템의 역사 적용방안은 그림 4와 같다. 검지의 정확성을 위하여 일정한 간격으로 여러 대의 스테레오 카메라가 제한된 영역의 선로를 모니터링 하도록 구성한다. 또한, 검지 영역은 그림과 같이 3차원의 공간으로 설정이 가능하다. 이는 배경으로부터 분리된 물체의 영상도 3차원 좌표로 표현이 가능하기 때문에 3차원 모니터링 영역 내에 존재여부를 확인 가능하다. 일반 모노카메라를 사용한다면 이러한 모니터링 영역의 설정이 불가하여 검지성능이 저하될 수 있다. 예를 들어, 그림과 같이 카메라 가까이 새 또는 다른 곤충들이 날아갈 경우 깊이 정보를 모르기 때문에 단지 물체로 확인된 픽셀만으로는 선로에 떨어진 사람으로 오동작을 일으킬 가능성이 높다.

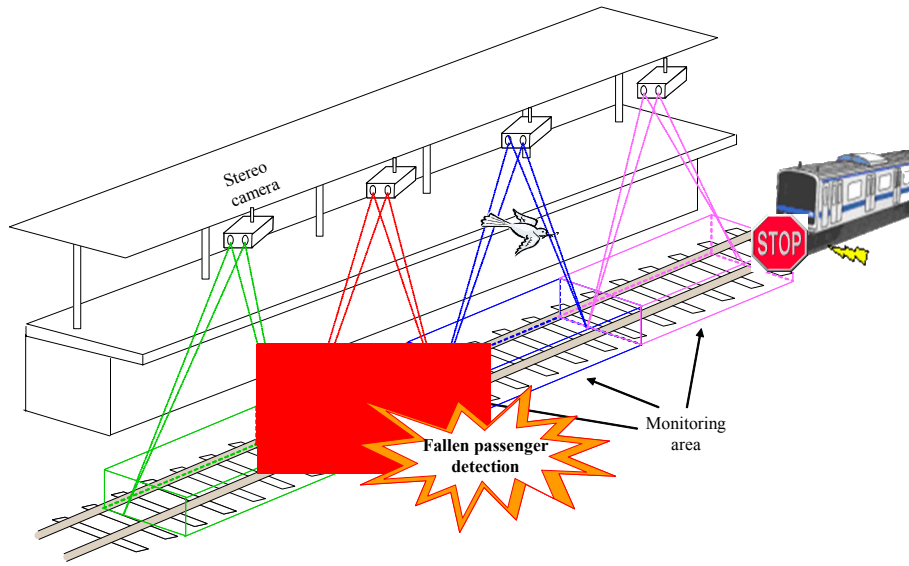


그림 4. 스테레오 카메라를 이용한 승강장 선로 모니터링 시스템

사람이 선로에 추락한 경우 신속하게 사령실 및 운행중인 차량 운전자에게 알릴 수 있는 통신체계를 구축해야 한다. 이를 위해서는 기존의 신호체계와 유기적으로 연동하도록 구축한다. 검지의 정확성을 높이는 또 다른 방법은 여러 종류의 센서를 이용하여 하나의 센서가 가지는 단점을 보완하는 것이다. 예를 들어, 스테레오 카메라가 양안차를 얻는 시간 복잡도를 줄이기 위해서 초음파 센서를 부착하여 대략적인 깊이정보를 얻은 후에 이를 바탕으로 양안차 탐색영역을 축소 정의 가능하다.

신속한 사고현장의 대처를 위해서 사고현장 상황은 즉시 사령실과 차량 운전자 그리고 역무원, 또는 주변의 현장근무자에게 동시에 전송되어야 한다. 그러나 그림 5과 같이, 비디오 수신단의 디스플레이환경과 네트워크 환경이 서로 다르기 때문에 이러한 이질적인 수신측 환경을 고려해 새로운 영상 전송 시스템의 구축이 요구된다.

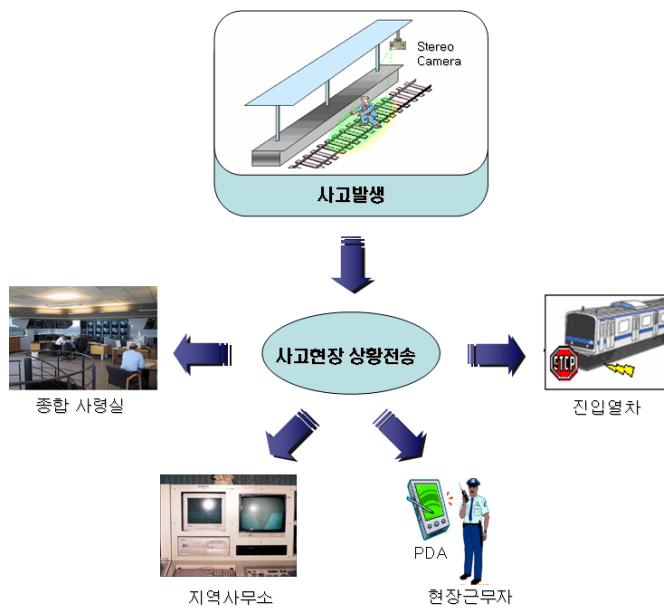


그림 5. 사고현장과 이질적인 영상 수신단

4. 결 론

본 논문은 지하철 역사내 승객의 안전을 위해서 지능적인 스테레오 비전기반의 승강장 선로 모니터링 시스템의 구축을 위해 단계별로 필요한 시스템의 기술적 요구사항들을 제시하였으며, 실제 역사 적용방안에 대해서 고찰하였다. 본 논문에서 고찰한 기술적 요구사항 및 역사 적용방안은 실제 카메라를 이용한 역사 선로 승객 추락 및 화재 모니터링 시스템의 구축방안에 활용가능하며 향후 점차 구체화 시킬 예정이다.

참고문헌

1. I.Yoda, K.Sakaue (2004). "Ubiquitous Stereo Vision for Controlling Safety on Platforms in Railroad Station," IEEJ Trans. on Electronics, Information and Systems, Vol. 124, No. 3, March, pp.805-811.
2. Y.Sasaki, N.Hiura (2003). "Development of Image Processing Type Fallen Passenger Detecting System," JR-EAST Technical Review Special Edition Paper, No. 2, pp.66-72.
3. C.Chu and K.Aggarawal (1993.), "The integration of image segmentation maps using region and edge information," IEEE Trans. on PAMI, vol. 15, no. 12, Dec, pp.1241-1252.
4. M.Chang, M.Tekalp, and I.Sezan (1997), "Simultaneous motion estimation and segmentation," IEEE Trans. on IP, vol. 6, Sept. pp.1326-1333.
5. T.Horprasert, D. Harwood, L.S.Davis (1999), "a statistical approach for real-time robust background subtraction and shadow detection," IEEE ICCV'99 FRAME-RATE WORKSHOP.
6. I.Yoda, K.Sakaue (2003), "Concept of Ubiquitous Stereo Vision and Applications for Human Sensing," Proc. of IEEE International Symposium on CIRA. pp.1251-1257.