

스테레오비전기반 승강장 모니터링시스템

오세찬 <한국철도기술연구원>

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[1-3].

본 논문은 지하철 역사내 승객의 안전을 위해서 스테레오비전 기반의 승강장 모니터링 시스템을 제안한다. 제안된 시스템은 승강장 선로에 낙하한 물체 및 승객 및 역사 화재발생을 자동으로 검지하여 역무실 및 진입 열차, 통합사령실로 사고정보를 제공하는 승강장 안전시스템이다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 시

스템의 기술적인 배경에 대해서 설명한다. 3장은 지능적인 스테레오 비전기반의 모니터링 시스템의 구현을 위한 시스템 구성방안 및 검지과정과 통신방안에 대해서 기술한다. 결론과 향후 연구내용은 4장에서 언급한다.

2 배 경

2.1 스테레오 비전

인간이 입체감을 느끼는 것은 많은 요인들이 있지만, 그 중 대표적인 것이 양안에 의한 요인이다. 양안 사이 간격이 가로방향으로 약 6.5[cm] 떨어져서 생기는 양안시차(binocular disparity)의 결과이다. 스테레오 영상은 인간의 양안에 해당하는 영상을 카메라의 두개의 렌즈로부터 획득되는 것을 말한다. 이러한 카메라 구조는 인간 시각 시스템에 대응하여 스테레오 비전 시스템이라 한다. 스테레오 비전 시스템에서 중요한 매개 변수로는 양안차(disparity) 및 깊이감 등이 있으며, 이는 좌우 렌즈로부터 획득한 스테레오 영상을 이용하여 양안차 및 깊이정보를 예측하게 된다.

그림 1에서와 같이 스테레오 카메라를 이용해서 두개의 렌즈를 통해 물체를 바라볼 때, 각각의 렌즈에 맺힌 물체의 상에 약간의 변위(displacement)가 생

기게 된다. 스테레오 비전의 목표는 이러한 변위를 이용하여 깊이를 예측하는데 있다[4-5].

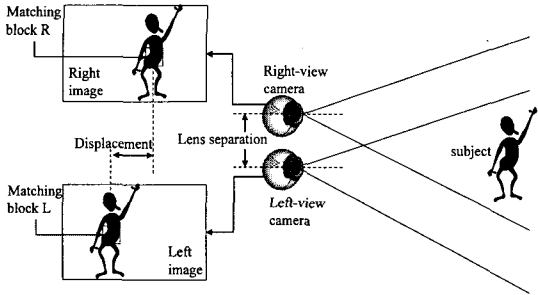


그림 1. 스테레오 비전 시스템에서의 매칭 블록의 예

2.2 깊이 예측

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 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.

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

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.

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

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

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 렌즈초점거리에 비례하고 양안차 값에 반비례한다.

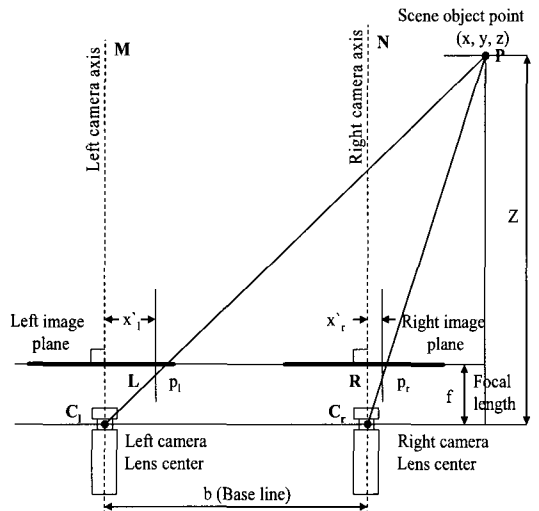


그림 2. 스테레오 영상을 이용한 깊이인식

3. 스테레오 비전 기반 승강장 모니터링 시스템

3.1 시스템 구성

제안된 스테레오 비전 기반의 승강장 검지시스템은 그림 3과 같다. 검지의 정확성을 위하여 여러 대의 스테레오 카메라가 일정한 간격으로 전체 선로 영역을 모니터링 하도록 구성한다. 각각의 스테레오 카메라는 미리 정해진 선로영역을 감시한다. 만약 어떤 물체가 정해진 영역에 낙하되면 지능적으로 승객인지 사물인지 구분하여 이를 역무실 및 진입 열차, 통합사령실로 전송하여 신속한 사고대처가 가능하도록 한다.

검지 영역은 그림과 같이 3차원의 공간으로 설정이 가능하다. 얻어진 물체 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 모르

기 때문에 단지 물체로 확인된 픽셀만으로는 선로에 떨어진 사람으로 오동작을 일으킬 가능성이 높다.

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.

그림 4에서와 같이 제안된 승강장 모니터링 시스템은 크게 정보수집부, 정보처리부, 정보제공부로 나뉜다.

정보수집부는 검지센서인 카메라로부터 정확한 검지에 필요한 해상도의 영상을 획득하여 스테레오 영상처리를 통해 선로낙하 물체 유무를 판별한다. 선로 낙하물체가 있을 경우 물체에 대한 3차원 영상정보를 정보처리부에 전송한다.

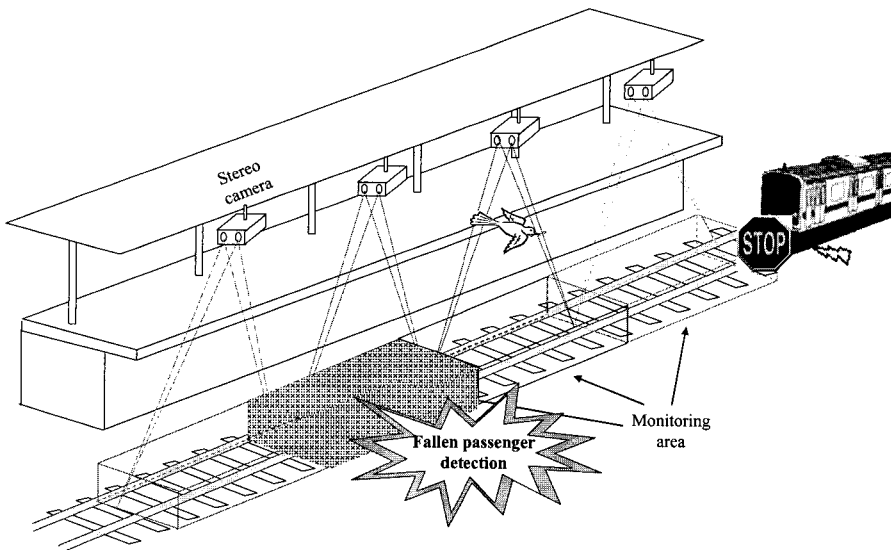


그림 3. 스테레오 카메라를 이용한 승강장 선로 모니터링 시스템

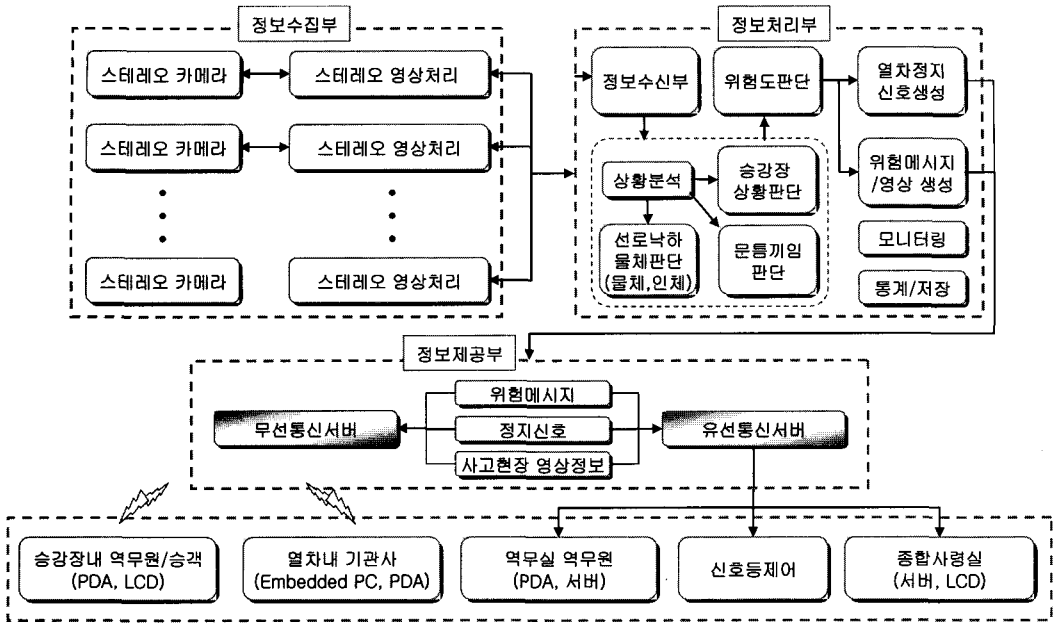


그림 4. 승강장 모니터링 시스템 블록 다이어그램

정보처리부는 여러 스테레오 카메라로부터 얻어진 낙하물체 정보를 수신하여 선로 낙하물체가 승객 혹은 동물, 쓰레기 등을 스테레오 영상 처리 알고리즘을 이용하여 판별하게 된다.

또한 스크린 도어를 비롯하여 전동차 문틈에 승객이 끼어 있는지에 대한 판별을 함께 수행한다. 판별 결과에 따라 위험도를 분석하여 위험 메시지와 영상 정보를 정보제공부에 전송하고, 전동차 ATC와 연계하여 사고 구간내 진입열차 정지 신호를 발생시킨다.

정보제공부는 정보처리부로부터 수신한 위험 상황

메시지와 영상정보를 각각 유무선 통신서버를 통하여 승강장 근무요원과 진입 열차내 기관사, 역무실 승무원, 종합사령실에 전송하여 신속한 사고대처가 가능하도록 한다.

그림 5는 진입열차 정지를 위해서 전동차 ATC 신호와의 연계방법을 보여준다. 정보처리부의 유선통신서버에서 SDU(Signal Distributer Unit)을 통해서 각 역사의 기기실에 설치되어 있는 ATC 송수신부와 연계를 수행한다. 이때 전송 에러에 대한 신뢰성을 높이기 위해 유선통신서버와 함께 무선통신서버를 통

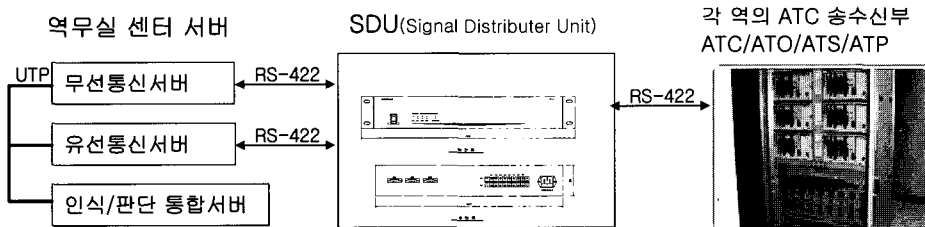


그림 5. 차량 ATC 신호연계 방안

해서도 ATC 송수신부와 인터페이스가 가능하도록 구성되어야 한다.

3.2 선로낙하물체 검지과정

제안된 승강장 모니터링 시스템은 승객이나 물건 등의 선로 낙하물 항목과 승강장 화재를 비롯한 승객 승하차 사고, 안전선 및 보호구역의 침범과 같은 승강장 안전관리 항목으로 구분하여 검지를 수행한다.

그림 6은 이러한 검지과정을 보여준다. 선로내에 승객이 추락한 경우 비상상황이 종료될 때까지 역무원과 사령실, 진입열차에 사고현장에 대한 영상정보와 위험 메시지를 전송하고, 진입열차 ATC 신호장치와 연계하여 사고구간 선로를 폐색구간으로 인식하도록 한다. 만약 선로 추락물체가 승객이 아닌 경우는 위험도 판단결과에 따라 열차 운행에 지장을 줄 수 있는 경우 선로내에 안전 점검을 수행하며, 필요에 따라 현장영상 정보의 전송 및 진입열차를 통제 한다.

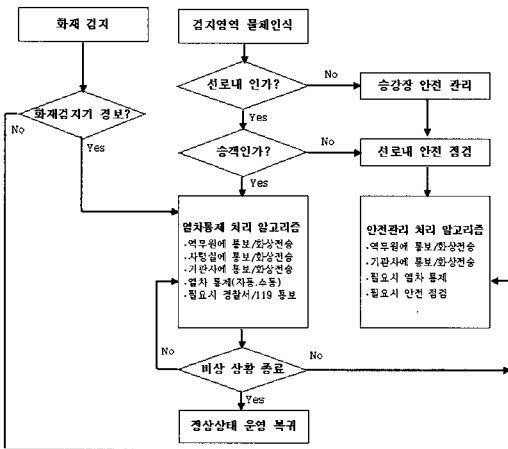


그림 6. 검지 흐름도

5. 결 론

본 논문은 지하철 역사내 승객의 안전을 위해서 지능적인 스테레오 비전기반의 승강장 선로 모니터링

시스템의 구축을 위한 구성방안 및 낙하물체 검지과정, 통신방안에 대해 고찰하였다. 본 논문에서 고찰한 시스템 구성방안 및 역사 적용방안은 실제 카메라를 이용한 역사 선로 승객 추락 및 화재 모니터링 시스템의 구축에 활용가능하며 향후 점차 구체화 시킬 예정이다. 또한 사고현장의 신속한 대처를 위해 승강장 근무요원, 진입 열차, 역무실 승무원, 종합사령실로 구성되어 있는 이질적인 수신단을 위한 효율적인 전송 시스템 구축에 관한 연구를 함께 진행중에 있다.

참 고 문 헌

- [1] I.Yoda, K.Sakaue (2004). "Ubiquitous Stereo Vision for Controlling Safety on Platforms in Railroad Station," IEJ Trans. on Electronics, Information and Systems, Vol. 124, No. 3, Mar., 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] 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.
- [4] R.E.H.Franich, R.L.Legendijk, J.Biemand, "Stereo-enhanced displacement estimation by genetic block matching", Proc. of SPIE Visual Communications and Image Processing, vol.2094, pp.362-371, 1993.
- [5] J.Liu, R.Skerjanc. "Stereo and Motion Correspondence in a Sequence of Stereo Image," Proc. of Signal Processing: Image Communication, 5(4):305-318, 1993.

◇ 저 자 소 개 ◇



오세찬(吳世燦)

1977년 9월 8일 생. 2002년 강원대학교 공과대학 정보통신공학과 졸업. 2004년 광주과학기술원 정보통신공학과 졸업 (석사). 현재 한국철도기술연구원 연구원.

관심분야 : Ubiquitous Computing,

Digital Communication System,

Digital Signal Processing