

영상처리를 이용한 철도 승강장 영역에서의 열차상태 감지방법

오세찬^{1*}, 윤용기¹, 백종현¹, 조현정¹
¹한국철도기술연구원 광역도시교통연구본부

Train detection in railway platform area using image processing technology

Sehchan Oh^{1*}, Yongki Yoon¹, Jonghyun Baek¹ and Hyunjeong Jo¹

¹Division of Metropolitan Transportation Research Center,
Korea Railroad Research Institute

요 약 현재 철도 역사의 승객 위험영역과 보안영역 등의 감시를 위해 수십대의 CCTV를 널리 이용하고 있다. 그 중에서 가장 빈번한 사고가 발생하는 곳은 승객의 열차 승하차가 이루어지는 승강장 영역이다. 하지만 사고 예방과 신속한 대응을 위해 역무원이 여러 대의 CCTV를 항상 모니터링 하기는 불가능하다. 따라서 위험상황을 자동으로 인지할 수 있는 영상처리 기술을 이용한 승강장 모니터링 시스템이 요구되며, 이를 위해서는 우선적으로 승강장에서의 정확한 열차상태 판단이 필요하다.

본 논문은 비전기반 승강장 모니터링 시스템을 위한 승강장에서의 열차상태에 대한 감지방법을 제안한다. 제안된 감지 방법은 승강장에서의 열차 점유영역을 분석하여 열차의 진입(IN), 진출(OUT), 정지(ON), 없음(OFF)의 4가지 상태를 판별한다. 제안된 감지방법의 성능 평가를 위해 서울메트로 4호선 동작역과 남태령역을 대상으로 열차상태 감지 결과를 제시하였다.

Abstract Currently, dozens of CCTVs are widely used in railway station for monitoring passengers in danger and security areas. The most frequent accidents occur at the platform area where passengers boarding the train. However, It is almost impossible that station operator monitors dozens of CCTV screens and recognizes immediately accidents and handle them. Therefore, railway platform monitoring system using image processing technology which automatically detects platform accidents is needed, and in order to that, preferentially, accurate determination of train state in the platform is required.

In the paper, we propose train state detection algorithm for vision based railway platform monitoring system. the proposed algorithm determines four different states i.e. trains approach(IN), departure(OUT), stop(ON), and empty(OFF) of the train, in the platform.

To evaluate the proposed algorithm, we present the train detection results for the Seoul Metro Line 4 Dongjak and Namtaeryeong Station

Key Words : Railway Platform, Vision based Monitoring System, Image Processing, Trains States

1. 서론

철도 승강장에서의 승객사고는 자칫 대형사고로 이어질 수 있으므로 이에 대한 철저한 예방과 신속한 대응이

필요하다.

현재의 철도 운영기관에서 위험영역과 보안영역 등의 감시를 위해 널리 도입하고 있는 CCTV는 역사내에 근무하는 역무원에 의해서 지속적으로 모니터링 되고있다. 하

*Corresponding Author : Sehchan Oh (Korea Railroad Research Institute)

Tel: +82-10-2264-5248 email: soh@krii.re.kr

Received September 20, 2012 Revised November 6, 2012 Accepted December 6, 2012

지만 하나의 역사에 설치 운영되는 CCTV 개수가 수 십대에 달하며, 이를 역무원이 항시 모니터링 하면서 사고 여부를 발견하고 위험상황에 대해 즉각적으로 대응하기는 거의 불가능하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 승강장에서의 승객 위험상황을 영상처리 기술을 이용하여 자동으로 감시하는 연구가 이루어지고 있다[1-10]. 영상처리기술은 기존 CCTV 기반의 인프라를 그대로 활용하면서 승강장에서 발생 가능한 여러 위험 상황을 자동으로 감지할 수 있는 장점이 있다. 하지만 이를 위해서는 승강장에서의 정확한 열차상태 판별이 우선적으로 이루어져야 한다.

본 논문은 비전기반 승강장 모니터링 시스템을 위한 승강장에서의 열차상태 검지 알고리즘을 제안한다. 제안된 검지 알고리즘은 승강장에서의 열차 점유영역을 분석하여 열차의 진입(IN), 진출(OUT), 정지(ON), 없음(OFF)에 대한 4가지 상태를 판별한다.

제안된 알고리즘의 성능평가를 위해 서울메트로 4호선 동작역과 남태령역 승강장을 대상으로 열차검지를 수행하였다.

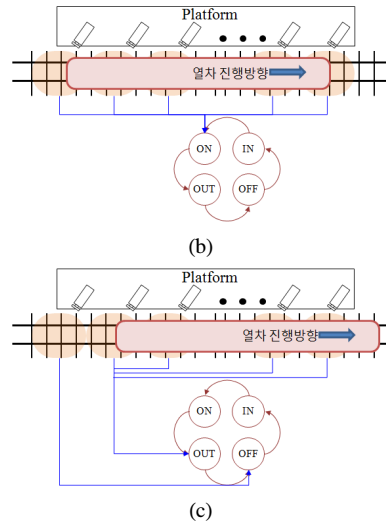
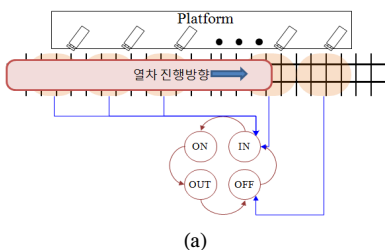
2. 영상처리기술을 이용한 철도승강장 열차상태 검지

승강장 감시영역 내에서의 위험상황을 판단하기 위해서는 우선 열차의 현재 상태를 정확하게 판별해야 한다.

승강장에서의 열차의 상태는 크게 열차가 진입하는 상태(IN), 승객의 승하차를 위해 정차하는 상태(STOP), 다음 역을 향하여 진출하는 상태(OUT) 그리고 진출 이후에 완전히 열차가 없는 상태(OFF)로 구분할 수 있다.

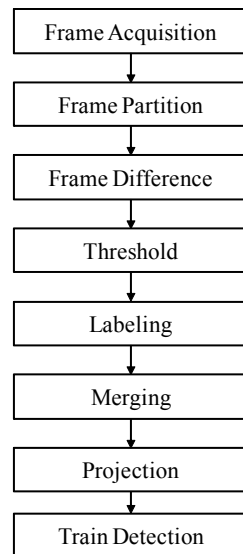
국내 도시철도 승강장의 경우 최대 200m 까지 길이를 가지고 있으므로 하나의 카메라를 통해 전체 영역을 감시하기는 불가능하다. 따라서 여러 대의 카메라를 이용하여 검지 영역을 분할하여야 한다.

그림 1은 승강장에 열차의 진입, 정차, 진출에 따른 각 카메라 검지영역에서의 열차 상태를 나타낸다.



[Fig. 1] Train states by platform camera; (a) train approach, (b) Train stop, (c) Train departure

열차 상태 검지를 위해서는 각각의 카메라에 대한 감시 영역을 정한 다음 그 영역 내에서 다시 열차영역을 설정한다. 열차 영역 내에서의 일정 임계치 이상의 밝기변화를 가지고 열차의 움직임을 판별한다. 본 논문에서 제한하는 열차 상태 판별은 그림 2와 같은 일련의 과정을 통해 진행된다.



[Fig. 2] Determination procedure for train movements

카메라를 통해 영상 프레임을 획득한 다음 프레임에서의 열차 영역에 해당하는 밝기 변화 계산하기 위해 이전

프레임의 열차 영역과 비교한다.

비교한 결과가 어느 특정 임계치 이상인 경우 일단 열차의 움직임으로 간주한다. 이후 Labeling과 Merging 과정을 통해 일정 크기 이하의 작은 영역을 노이즈로 간주하여 제거하고 남은 영역을 합병함으로써 열차 움직임 영역을 검출한다.

열차 움직임 영역으로부터 열차를 최종 판별하기 위해서는 프로젝션 기법을 이용하며, 프로젝션 되어진 차분값 픽셀들이 열차영역에 포함되어 있고 폭이 열차 영역 폭의 40%이상이고 높이가 열차 영역 높이의 60%이상인 경우 열차의 움직임으로 최종 판별한다. 하지만 비록 높이가 열차 영역 높이의 60%이하더라도 프레임 상단에서 발견된 경우에는 열차의 움직임으로 판단한다.

열차의 움직임 영역으로부터 열차 상태 및 상태 전이는 다음과 같이 수행한다.

- OFF - IN 상태 전이
열차영역 내에 큰 움직임이 연속으로 5프레임 이상 발생한 경우
- IN - ON 상태 전이
열차영역 내에 큰 움직임이 연속으로 5프레임 이상 발생되지 않은 경우
- ON - OUT 상태 전이
열차영역 내에 큰 움직임이 연속으로 5프레임 이상 발생한 경우
- OUT - OFF 상태 전이
열차영역 내에 큰 움직임이 연속으로 5프레임 이상 발생되지 않은 경우

열차영역 내에서 발생하는 다양한 노이즈, 예를 들어 열차의 헤드라이트, 승강장 조명, 그림자 등을 제거하기 위해 Labeling과 Merging을 통해 열차의 움직임으로 추정되는 프레임이 연속하여 5프레임 이상 발생하는 경우를 최종 열차의 움직임으로 판단한다.

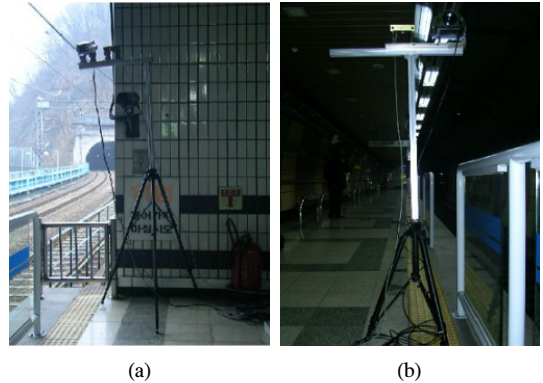
3. 실험 및 분석

3.1 실험 환경

승강장에서의 열차 상태판별 알고리즘을 검증하기 위해 서울메트로 4호선 지상역사인 동작역과 지하역사인 남태령역에 그림 3과 같이 카메라를 제작설치하여 열차 운행 영상을 획득 하였다.

승강장의 혼잡 시간대와 비혼잡 시간대에 영상을 녹

화하여 영상을 수집하였으며 지상역인 성내역의 경우 승강장 내에서 낮 시간대와 저녁시간대 조도의 변화에 따른 영향을 분석하기 위해 각각 영상을 수집하였다.

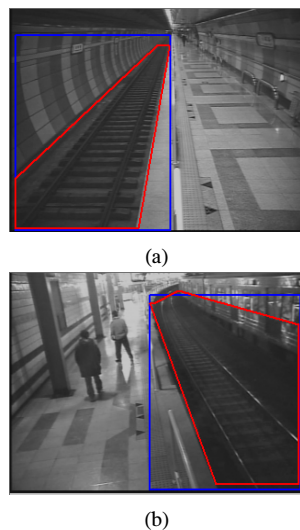


[Fig. 3] Camera Installation; (a) Dongjak station, (b) Namtaeryeong Station

3.2 검지영역의 설정

카메라가 설치되어 있는 승강장의 구조와 형태에 따라 검지 영역을 다르게 설정하여야 한다. 검지 영역은 크게 열차의 움직임이 발생하는 영역과 승객의 선로추락과 같은 위험상황이 발생하는 영역으로 구분할 수 있다.

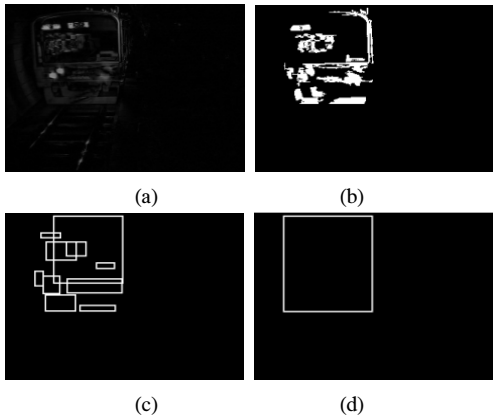
아래 그림 4는 동작역과 남태령역에 설치된 카메라 영상에 설정된 열차영역과 승객위험 영역을 보여준다. 열차 움직임 영역은 파란색 테두리의 영역이며, 승객위험영역은 빨간색 테두리의 영역이다.



[Fig. 4] Setting of detection areas

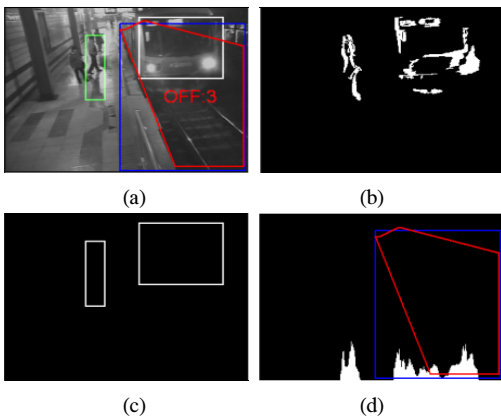
3.3 열차 움직임 판별

획득된 영상을 기반으로 열차 움직임 영역내에서의 실제 열차움직임 판별하는 결과는 그림 5에 제시하였다. 이전 프레임과의 차영상 값은 그림 5(a)에 제시되었으며, 일정 임계치 이상의 값은 그림 5(b)에 제시하였다. 각각의 영역에 대한 Labeling한 결과는 그림 5(c)에, 이들 영역을 Merging 한 결과는 그림 5(d)에 제시하였다.



[Fig 5] Determination of train movements; (a) Frame Difference, (b) Thresholding, (c) Labeling, (d) Merging

또한 움직임 정보가 존재하는 경우 열차의 움직임인지 아니면 보행자의 움직임인지를 판단하기 위해 그림 6과 같은 프로젝션 기법을 이용하였다. 그림 6(b)의 Frame Difference 결과 승객에 해당하는 차분값은 그림 6(d)와 같이 파란색 열차움직임 영역 밖으로 프로젝션 되어 열차의 움직임과는 구분이 가능함을 볼 수 있다.

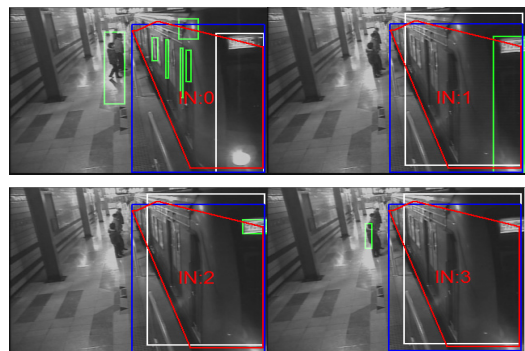
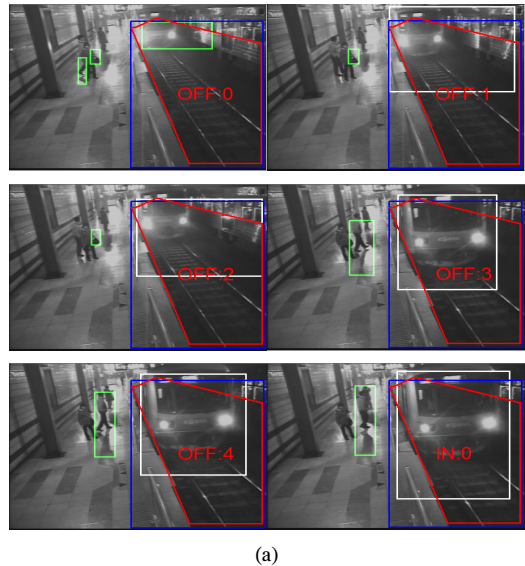


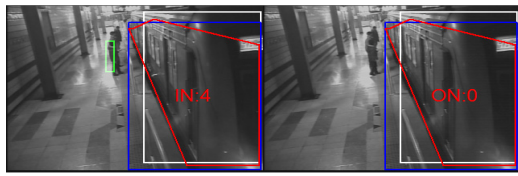
[Fig. 6] Determination of train movements using projection; (a) Original image; (b) Difference values over threshold, (c) Merging result, (d) Projection result

프로젝션 되어진 차분값 픽셀들이 열차영역에 포함되어 있고 그 폭이 열차영역의 40% 이상, 높이가 60% 이상 일 때 열차가 존재하는 영역으로 최종 판단한다. 그림 6의 경우 아직 열차의 움직임으로 판별되지 않은 경우이며, 열차가 더 진입하는 경우 열차가 존재함으로 인식하게 된다.

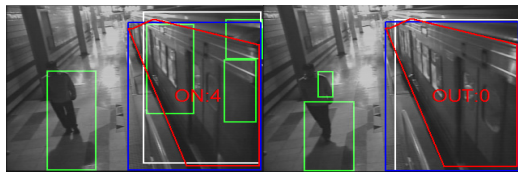
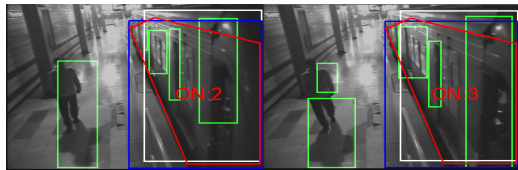
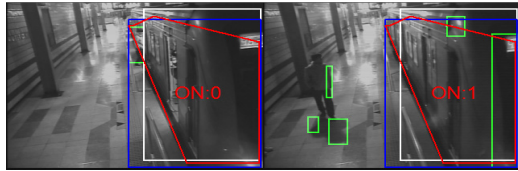
3.4 열차상태 전이 판별

그림 7은 지상역사인 동작역을 대상으로 열차 상태전에 대한 결과 값을 보여준다. 그림 7(a)는 열차의 OFF 모드에서 IN 모드로의 상태전이 결과를 보여주며, 그림 7(b)는 IN 모드에서 ON 모드로의 상태전이 결과를 보여준다. 그림 7(c)는 ON모드에서 OUT 모드로의 상태전이를, 그림7(d)는 OUT 모드에서 OFF모드로의 상태전이 결과를 보여준다.

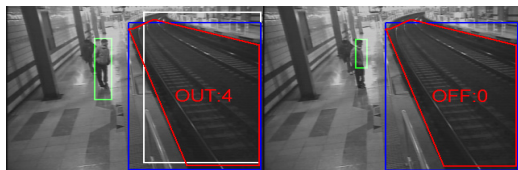
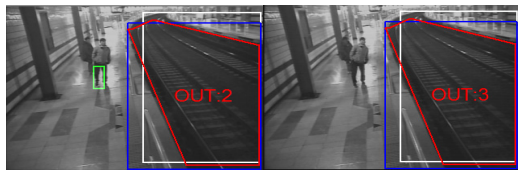




(b)



(c)

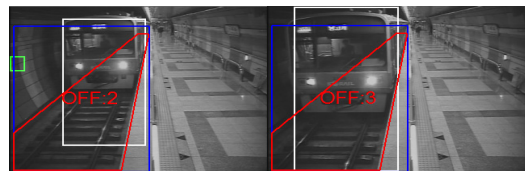
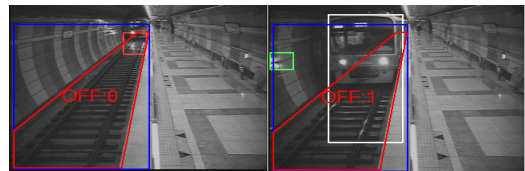


(d)

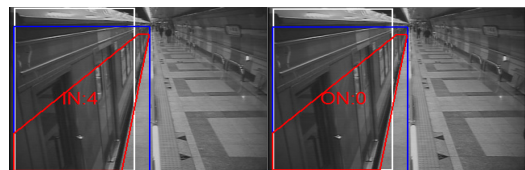
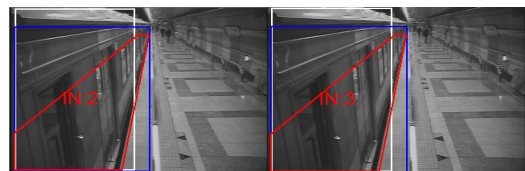
[Fig. 7] Transition of train state at platform of Dongjak Station; (a) OFF-IN transition, (b) IN-ON transition, (c) ON-OUT transition, (d) OUT-OFF transition

그림 7에서와 같이 제안된 열차상태 검지 알고리즘을 통해 동작역에서의 승강장 진출입 열차의 상태전이를 정확하게 검지함을 확인하였다.

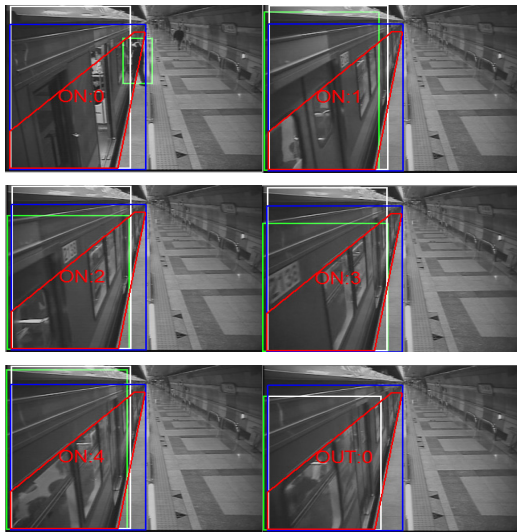
그림 8은 서울메트로 지하철사인 남태령역을 대상으로 열차 상태전이에 대한 결과 값을 보여준다. 그림 8(a), 8(b)는 각각 열차의 OFF 모드에서 IN 모드, IN 모드에서 ON 모드로의 상태전이 결과를 보여주며, 그림 8(c), 8(d)는 각각 ON모드에서 OUT 모드, OUT 모드에서 OFF 모드의 상태전이를 보여준다.



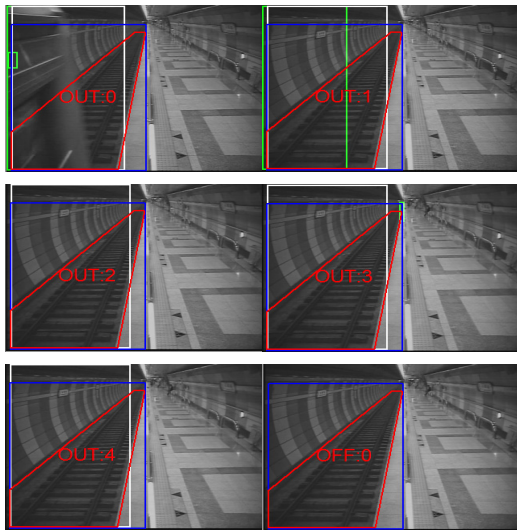
(a)



(b)



(c)



(d)

[Fig. 8] Transition of train state at platform of Namtaeyong Station; (a) OFF-IN transition, (b) IN-ON transition, (c) ON-OUT transition, (d) OUT-OFF transition

그림 8의 결과에서 볼 수 있듯이, 제안된 열차 상태 판별 알고리즘이 남태령 역사의 승강장에서 열차의 OFF, IN, ON, OUT의 4가지 상태를 정확하게 판별 할 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

본 논문은 비전기반 승강장 모니터링 시스템을 위한 열차 상태판별 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 카메라 감지영역을 열차영역과 승객위험영역으로 구분하고 열차영역 내에 임계치 이상의 움직임을 열차의 움직임으로 간주하여 승강장에서 열차의 4가지 상태를 감지한다.

제안된 알고리즘의 평가를 위해 서울메트로 2호선의 지상역사인 동작역과 지하역사인 남태령역에 카메라를 설치하여 혼잡/비혼잡 시간, 낮/밤 시간대와 같이 다양한 시간대에 영상을 획득하였으며, 제안된 알고리즘을 통해 승강장에서 열차의 상태 및 상태전이를 정확하게 판별 가능함을 확인하였다.

제안된 열차상태 감지 알고리즘은 향후 비전기반 모니터링 시스템의 위험상황 감지 알고리즘 개발에 중요한 역할을 할 것으로 기대된다.

References

- [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, Mar., pp.805-811, 2004, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [2] F.Kruse, S.Milch, H.Rohling. "Multi Sensor System for ObstacleDetection in Train Applications," Proc. of IEEE Tr., June, pp.42-46, 2003.
- [3] Sehchan Oh, Sunghuk Park, Changmu Lee, "Multi Sensor System for ObstacleDetection in Train Applications," ICEE, 2007.
- [4] Sehchan Oh, Sunghuk Park, Changmu Lee, "A Platform Suveillance Monitoring System using Image Processing for Passenger Safety in Railway Station," ICCAS, 2007, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [5] 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.
- [6] J. Vhquez, M. Mao, "Detection of moving objects in railway using vision," IEEE Intelligent Vehicles Symposium University of Parma, Parma, Italy Jun. 1447, 2004, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [7] N. Paragios and V. Ramesh. An MRF-based approach for real-time subway monitoring. In IEEE Conference

on Computer Vision and Pattern Recognition, 2001, [Article\(CrossRefLink\)](#)

- [8] I.Yoda, "Image processing technology for advanced safety to people in railroad transportation - For railroad crossing and station platform," IPSJ Magazine Vol.48, No.1, pp.10-16, Jan. 2007.
- [9] I.Yoda, D. Hosotani, and K. Sakaue, "Multi-point Stereo Camera System for Controlling Safety at Railroad Crossings," Proc. of the IEEE International Conference on Computer Vision Systems, 2006, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [10] Shigeki Sugimoto, Hayato Tateda, Hidekazu Takahashi, Masatoshi Okutomi, "Obstacle Detection Using Millimeter-Wave Radar and Its Visualization on Image Sequence," icpr, pp. 342-345, 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR'04) - Volume 3, 2004, [Article\(CrossRefLink\)](#)

오 세 찬(Sehchan Oh)

[정회원]



- 2002년 2월 : 강원대학교 정보통신공학과 학사
- 2004년 8월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 석사
- 2004년 11월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 무선통신열차제어연구단 선임연구원

<관심분야>

Train Control System, Communication Network

윤 용 기(Yongki Yoon)

[정회원]



- 1994년 2월 : 충북대학교 전기공학 학사
- 1996년 2월 : 충북대학교 전기공학 석사
- 2005년 3월 ~현재 : 한양대학교 제어공학 박사수료

- 2002년 3월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 무선통신열차제어연구단 선임연구원

<관심분야>

자동제어, 제어계측, 열차제어

백 종 현(Jong-Hyen Baek)

[정회원]



- 1995년 2월 : 전북대학교 제어계측공학과 학사
- 1997년 2월 : 광주과학기술원 메카트로닉스공학과 석사
- 2009년 8월 : 전북대학교 메카트로닉스공학과 박사

- 1997년 1월 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 열차제어통신연구실 선임연구원

<관심분야>

현대제어, 지능형시스템, 시스템엔지니어링

조 현 정(Hyun-Jeong Jo)

[정회원]



- 2003년 2월 : 한국항공대학교 항공전자공학과 (공학학사)
- 2005년 2월 : 광주과학기술원 정보통신공학과 (공학석사)
- 2005년 ~ 현재 : 한국철도기술연구원 선임연구원

<관심분야>

열차제어 및 정보통신 기술, 철도 S/W 테스트 기술