

스마트 철도역사시스템 구축을 위한 영상기반 기술 분석

이상학*

Analysis of Vision based Technology for Smart Railway Station System

Sang-Hak Lee*

요약

최근에는 딥러닝 기술 등을 활용한 영상기반 기술들이 많이 연구되고 있다. 또한 영상기반 기술을 철도역사 시스템에 적용한 지능형 운영 및 관리 시스템 개발을 위한 많은 연구들이 있다. 따라서 본 논문에서는 철도역사 승객 및 시설 감시, 철도승강장 감시, 철도역사 화재 감시, 그리고 철도역사 운용 및 설계를 더욱 효율적으로 할 수 있는 스마트 철도역사시스템 구축을 위하여 영상기반 기술을 활용한 국내외 연구들을 분석한다. 그리고 앞으로 새로운 영상기반 기술을 적용하여 스마트 철도역사시스템 구축에 필요한 시스템을 개발하는 연구의 방향을 제시한다.

ABSTRACT

These days there are many researches on the vision based technology using deep learning. The lots of studies on the intelligent operation and maintenance for railway station system used technologies with vision analysis function. This paper analyzes the papers which studied the intelligent station system with vision analysis function for passengers and facilities monitoring, platform monitoring, fire monitoring, and effective operation and design. Also, this paper proposes research which uses the more powerful vision technology with deep-learning for smart railway station system.

키워드

Railway, Railway Platform, Railway Station, Vision Analysis
철도, 철도 승강장, 철도 역사 시스템, 영상 분석

1. 서론

CCTV(: Closed Circuit Television)를 이용한 영상기반 기술은 스마트하게 일정 영역을 감시하기 위하여 일반적으로 많이 이용되고 있다. 철도역사는 많은 사람들이 이용하는 대중교통시스템의 장소로써 승객들의 안전을 위하여 철저한 사고예방과, 사고 발생 시

에도 신속히 처리할 수 있도록 스마트한 시스템이 반드시 필요하다. 2003년 대구지하철 방화사건과 같은 상황이 발생되면 엄청난 인명 및 재산의 피해가 발생되기 때문에 신속하고 정확한 상황 파악 및 대처가 이루어져야 한다. 특히 도시철도역은 대부분의 공간이 지하에 위치하고 있어 스마트한 시스템이 더욱 절실히 요구되고 있는 실정이다.

* 교신저자: 동양대학교 철도전기융합학과
• 접수일 : 2018. 06. 25
• 수정완료일 : 2018. 08. 20
• 게재확정일 : 2018. 10. 15

• Received : Jun. 25, 2018, Revised : Aug. 20, 2018, Accepted : Oct. 15, 2018
• Corresponding Author : Sang-Hak Lee
Dept. of Electric Railway Convergence Engineering, Dongyang University,
Email : Lsh@dyu.ac.kr

현재 대부분의 철도역사에 승객들의 안전과 편의를 위하여 설치 운용되고 있는 영상시스템은 단순 감시 및 저장을 위한 영상통신 기술을 기반으로 하고 있다. 이러한 시스템의 영상정보는 실시간으로 감시할 수는 있으나 관리 인력의 문제로 사후처리용 또는 확인용으로만 사용하고 있는 실정이다. 따라서 보다 스마트한 철도역사시스템을 위하여 영상분석 기술을 기반으로 한 지능형 감시시스템이 필요하다. 영상분석 기술 중에서 인간 또는 사물의 인식 및 추적 기술 그리고 사건 발생 감지 기술 등이 사용된다. 철도운영기관에서는 철도역사 뿐만 아니라 차량 및 시설 유지보수 분야에서도 영상기반기술을 이용한 다양한 연구가 진행되어 왔다[1-3].

철도역에서 승객 및 시설의 효율적인 감시와 철도 승강장에서의 열차 및 승객의 안전을 위한 지능적인 감시 시스템 구축, 그리고 보다 효율적인 철도역사 운용 및 설계를 하거나 철도역사의 화재를 자동으로 감지하기 위하여 영상 기술들을 이용할 수도 있다. 그러나 일반적인 규칙기반(Rule based) 영상 기술들은 정해진 규칙에 맞지 않는 돌발 상황에 대한 오작동 문제를 야기할 수 있기 때문에 딥러닝(Deep learning) 기술을 사용한 보다 강력한 영상인식 기술들이 많이 연구되고 있다[4-5].

최근에는 영상기반 기술들이 딥러닝 기술 등을 활용하여 상당히 발전되었다. 따라서 이러한 영상기반 기술의 발전을 철도역사시스템 구축에 활용한다면 더욱 더 안전하고 스마트한 철도역사시스템을 구축할 수 있을 것이다. 따라서 본 논문에서는 기존의 철도역사시스템 구축을 위하여 영상기반 기술들이 어디에 사용되어 왔는지를 고찰하여 보다 발전된 영상기반 기술과 철도역사시스템과의 접목을 통한 스마트한 철도역사시스템 구축의 방향을 제시하고자 한다.

본 논문은 영상기반 기술들이 철도역사시스템 구축을 위해 어떻게 연구되고 있는지를 알아보기 위하여, II장에서 철도역사 승객 및 시설 감시시스템, 철도승강장 감시시스템, 철도역사 화재감시 시스템, 그리고 철도역사 운용 및 설계 등에 영상기반 기술을 적용한 대표적인 연구에 대하여 분석한다. 그리고 III장에서 향후 스마트 철도역사시스템을 위한 영상기반 기술의 연구방향을 제시하고 결론을 맺는다.

II. 스마트 철도역사시스템

2.1 철도역사 승객 및 시설 감시시스템

철도 역사는 많은 대중들이 이용하는 곳으로 테러와 범죄에 대비해야 한다. 비디오 감시시스템은 테러와 범죄 예방을 위한 가장 효과적인 방법 중에 하나로써 최근에는 많은 고해상도의 카메라들로 구성된 시스템을 널리 설치 운용하여 공공의 안전에 큰 역할을 하고 있다. 그러나 이러한 시스템의 감시 카메라로부터 생성된 방대한 양의 데이터를 다뤄야 하는 담당자는 과도한 업무에 시달리고 있는 실정이다. 따라서 실시간으로 문제 발생을 감지하는 것은 어렵기 때문에 사건 발생 후 조사를 위하여 사용하는 것으로 제한될 수밖에 없다. 또한 많은 고해상도의 감시 카메라로부터의 트래픽으로 인한 광대역망 구축에 많은 비용이 요구되고 있다.

이러한 감시시스템 관리자의 업무 과중과 네트워크의 트래픽 문제를 해결하기 위하여 지능형 감시 카메라 시스템이 필요하다. 영상기반 기술을 이용한 지능형 감시카메라는 움직이는 물체 감지, 추적, 그리고 행동 분석 등의 기능을 제공한다. 그리고 여러 가지 상황을 분석하고 관리자에게 경보를 보낼 수도 있다 [6].

그림 1은 영상기반 철도역사 승객 및 시설 감시 시스템의 구성을 나타내고 있다. 철도역사에 설치된 복수 카메라들 사이의 통신은 협력 체계에 있는 감시 시스템에서 아주 중요한 요소이다. 이것은 감시 대상자가 복수의 카메라 화각에 걸쳐서 이동할 수 있기 때문이다. 각 스마트 카메라는 비디오 분석 기능을 가지고 있다. 따라서 자동으로 이상한 행동이나, 의심스러운 또는 위험한 행동을 하는 사람을 검출하고 관리자에게 알려준다. 동시에 검출된 카메라 주변의 사람들에게도 방송하여 주의를 줄 수 있다. 그리고 이 스마트 카메라들은 영상 분석과 저장을 자율적으로 함으로써 이를 위한 서버를 설치할 필요가 없다. 따라서 이 스마트 카메라 네트워크 시스템은 실시간으로 의심스러운 사건 발생을 자동으로 감지하고 그 정보를 관리자들에게 전할 수 있기 때문에 광범위하고 실시간 감시를 위한 높은 수준의 감시 시스템 구축을 가능하게 한다[7].

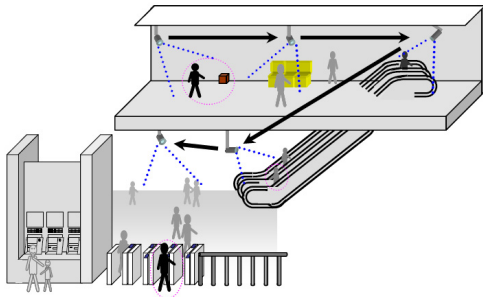


그림 1. 영상기반 철도역사 승객 및 시설 감시시스템

Fig. 1 Vision based station passengers & facilities monitoring system

또한 철도역사에 설치된 여러 대의 카메라를 통하여 입력된 영상에서 복잡하게 움직이는 복수의 사람을 자동으로 감지 및 추적하는 방법이 추가된다면 더욱 스마트한 철도역사 감시시스템을 구축할 수 있을 것이다[8].

2.2 철도승강장 감시시스템

철도운영기관에서는 철도승강장 감시시스템의 스마트화를 가장 원하고 있다. 따라서 2000년대에 와서는 철도안전관련 연구 중에서 상당한 부분이 영상기반 철도승강장 감시시스템에 대한 연구였다.

지하철을 비롯한 고속의 대중교통수단은 많은 장점이 있지만 자살과 같은 인명사고도 많이 발생되고 있다. 따라서 철도 승강장에서의 인명사고를 방지하기 위하여 고비용이 들지만 가장 효과적인 방법은 승강장 도어를 설치하는 것이다. 하지만 너무나 많은 승강장이 있기 때문에 모든 승강장에 도어를 설치할 수는 없다.

철도승강장에서의 추락사고 및 자살 등의 방지를 위하여 승강장에 스마트 카메라를 설치하여 활용할 수 있다. 스마트 카메라는 위험선인 노란색을 침범하는 사람을 자동으로 감지하고 관리자에게 정보를 보내고 승강장에 주의 방송을 함으로써 사고를 방지할 수 있다. 따라서 이와 같은 철도승강장 감시시스템을 위하여 열차검지, 위험선 침범 검지, 승객 추락 검지, 침입금지 구역 침입 검지, 열차 문 개방 검지 등의 기

술에 대한 연구가 진행되어 왔다[9-13].

Ketcham 등이 연구한 내용[9]을 살펴보면, 먼저 감시 카메라로부터 영상을 입력 받아서 위험선인 노란선이 있는 영상을 추출한다. 추출한 영상으로부터 관심 영역을 나눈다. 관심영역 영상 부분의 RGB 데이터를 그레이 스케일 데이터로 변환한다. 그리고 관심 영역의 분석을 위하여 열차의 움직임을 검지하는 영상 영역과 안전선을 침범을 검지하는 영상 영역을 정의한다. 마지막으로 열차의 움직임을 검지하는 영역과 안전선 침범을 검지하는 영역을 개별적으로 분석한다. 분석은 열차가 없을 때와 침범이 발생하지 않았을 때의 영상을 기준으로 현재의 영상을 히스토그램 모양의 기반으로 비교하여 검지한다.

Vazquez 등이 연구한 내용[10]은 영상기반 기술을 사용하여 철로위에서의 움직이는 물체를 감지하는 방법을 제안하였다. 배경 영상과 움직임이 있는 영상과의 유클리디언 디스턴스가 어떤 임계값을 넘어서면 움직임이 있는 물체로 판정하는데 이때의 임계값을 적절히 조절하는 방법을 제안하였다.

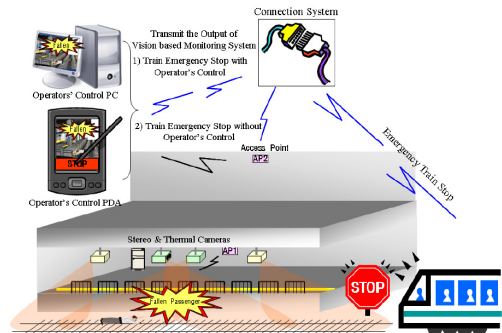


그림 2. 영상기반 철도승강장 감시시스템
Fig. 2 Vision based platform monitoring system

철도승강장에 스테레오 카메라를 설치하여 승강장에서 철로 위로 떨어지는 물체 또는 사람을 감지하는 시스템에 대한 연구도 있다[11-12]. 그림 2는 스테레오 카메라를 이용한 영상기반 철도승강장 감시시스템의 구성을 나타내고 있다. 철도승강장 감시시스템은 위험이 감지되면 실시간으로 경고와 영상을 관계자들에게 알려주고, 승강장으로 진입하는 열차에 비상 정지 신호를 보내어 열차를 멈출 수 있도록 한다.

철도 역사에서의 실시간 열차 위치에 대한 정확한 정보는 안전하고, 안정적이며, 또한 효과적인 열차 운행에 있어 필수적인 요건이다. 열차 시격 제어를 위한 신호시스템은 철도시스템 구성에 있어서 값비싼 장치 중의 하나이다. 따라서 요즘은 디지털 비디오 처리 기술이 열차의 위치를 검지할 수 있는 신호시스템의 대안이 될 수 있다. 열차의 위치를 결정하기 위하여 승강장에서 선로 위의 특정 표지를 비디오 분석을 통하여 열차의 위치를 검지할 수 있다. 또한 철도승강장 감시시스템에서도 열차의 위치를 인지하는 것이 매우 중요하다. 따라서 Sorkhabi 등[13]은 디지털 비디오 처리 기술 및 이산 웨이브릿 변환 기술을 사용하여 철도승강장에서 열차의 위치 및 진입 등을 검지하는 방법을 제안하였다. 카메라로부터 입력된 연속 비디오 프레임에서 프레임간의 차를 계산하고, 이 차영상에 대한 웨이브릿 변환을 하고, 마지막으로 각 화소에 대한 웨이브릿 계수들의 에너지와 정해진 임계값과의 비교를 통하여 열차의 위치를 예측한다.

2.3 철도역사 화재 감시시스템

스마트한 철도역사시스템에는 승객 및 시설 감시시스템과 승강장 감시시스템과 더불어 화재에 대한 대비책이 반드시 필요하다. 영상기반 철도역사 화재 감시시스템은 연기감지 센서와 더불어 CCTV 카메라를 이용하여 입력된 영상으로부터 자동으로 불꽃 감지를 하는 시스템이다. 철도역사와 같은 구조에서는 연기 및 열 감지 센서 위주의 화재경보시스템은 화재 초기 감지에 한계가 있어 CCTV 영상을 이용한 자동 화재 불꽃 검출 방법과 연기 센서를 이용한 연기 감지 방법이 통합된 화재 경보 시스템이 필요하다. 따라서 이와 같은 철도역사 화재 감시시스템에 적용할 수 있는 영상기반 기술을 이용한 자동 화재감지 기술에 대한 연구들이 많이 있다[5,14-15].

그림 3은 영상기반 철도역사 화재 감시시스템의 구성을 나타내고 있다. Jang 등이 연구한 철도역사 화재 감시시스템[15]을 살펴보면, 시스템의 구성은 불꽃 감지부와 연기 감지부로 나누어진다.

불꽃 감지부에서는 CCTV 카메라를 이용하여 RGB 컬러 입력 영상을 받은 후 색상 공간을 변환하고, 차 영상을 추출하여 임계값에 따라 이진 영상으로

변환한다. 그 후 화재 후보 영역과 단계별 화재 검지 법칙을 적용하여 후보 영상 영역에서의 화재 화소 개수를 예측, 측정하여 최종적으로 결과를 판별한다.

연기 감지부는 센서 네트워크를 활용한다. 연기 감지 센서를 활용하여 영상을 통한 불꽃 감지에 대한 신뢰성을 보장하고 초기 화재 판별을 하는데 큰 기여를 하게 된다.

따라서 영상기반 철도역사 화재 감시시스템은 화재의 불꽃과 연기의 색깔, 움직임, 크기를 영상으로 분석하여 화재를 감지하고 화재로 판단되면 역사 관리자, 철도 통합관제센터, 지역소방서 등으로 화재의 크기에 따라 자동적으로 통보하고 승객들에게 화재에 대한 안내방송을 자동으로 한다.

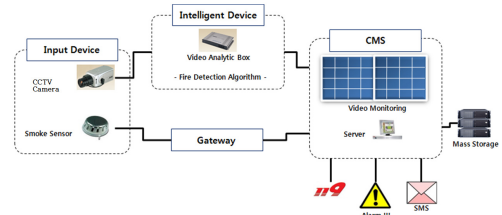


그림 3. 영상기반 철도역사 화재 감시시스템의 구성

Fig. 3 Vision based station fire monitoring system configuration

2.4 철도역사 운용 및 설계

철도역사에 설치된 CCTV 카메라를 통하여 입력되는 영상정보를 기반으로 승객들의 이동을 분석하고 혼잡도를 측정하여 보다 효율적인 철도역사의 운용 및 설계에 이용할 수 있다. 따라서 철도승강장, 엘리베이터와 에스컬레이터, 환승을 위한 출입구, 그리고 승객들을 위한 서비스 시설들의 설계 및 운용을 위하여 영상정보를 분석하는 연구들이 있다[16-17].

철도역사의 혼잡도 측정은 장면 변화를 검출한 후에 혼잡도를 계산하는 두 단계를 거친다. 여기서 혼잡도란 정해진 시간동안 특정 장소에 승객들이 얼마만큼 몰려있는 시간으로 정의한다. 승객들의 움직임에 따른 움직임벡터와 승객들의 밀도를 영상정보로부터 추출하여 승객의 흐름이 순조롭게 될 수 있도록 하고, 시간대별 승객들의 흐름 및 밀도도 분석하여 각 시설물의 위치와 운용에 응용하고 있다. 그리고 역사 내에

서 테러 및 화재 등의 사건 발생 시에 승객들의 움직임과 사건 발생의 위치를 고려하여 승객들의 대피 유도를 자동으로 할 수도 있다.

그림 4는 철도역사를 영상으로 촬영하여 정해진 면적에 보행자의 수를 계산하여 철도역사의 보행로 위에 정해진 면적당 보행자 밀도를 계산하는 예시를 나타내고 있다[17].

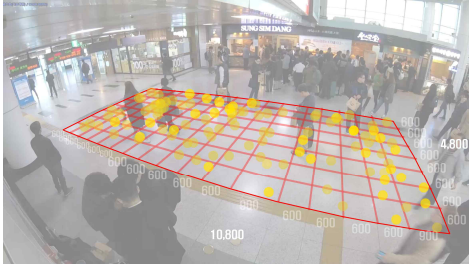


그림 4. 철도역사의 승객 혼잡도 계산
Fig. 4 Station crowding density computing

III. 결 론

본 논문에서는 스마트 철도역사시스템 구축을 위한 영상기반 기술의 연구 동향을 살펴보았다. 철도역사 안에서 이동하는 승객들의 안전에 대한 감시와 역사시설 관리를 위한 철도역사 승객 및 시설 감시시스템, 열차의 진출입과 승객들이 가장 집중되어 인명사고가 가장 빈번히 일어날 수 있는 철도승강장에서의 안전사고에 대한 감시를 위한 철도승강장 감시시스템, 엄청난 인명 및 재산의 피해가 발생할 수 있는 화재에 대한 감시를 위한 철도역사 화재 감시시스템 그리고 승객들의 이동 및 혼잡도를 측정하여 보다 효율적인 철도역사의 운용 및 설계에 영상기반 기술들의 활용에 대한 연구들을 분석하였다.

철도역사 승객 및 시설 감시시스템 분야에서는 테러와 범죄에 대한 대비를 위하여 많은 고해상도의 스마트 카메라들로 구성된 시스템이 설치 운용되어야 하고, 이를 위한 트래픽 문제와 복수 카메라들 사이의 통신을 통한 협력 체계가 아주 중요한 요소이다. 그래서 트래픽 문제를 해결할 수 있는 각 스마트 카메라는 비디오 분석 기능을 가지고 있어 자동으로 이상한 행동이나, 의심스러운 또는 위험한 행동을 하는 사람

을 검출하고 관리자에게 알려준다. 따라서 실시간으로 의심스러운 사건 발생을 자동으로 감지하기 위하여 아주 정확하고 신속한 영상인식 기능과 상황인지 기능이 반드시 필요하다. 또한 여러 대의 카메라를 통하여 입력된 영상에서 복잡하게 움직이는 복수의 사람을 자동으로 검지 및 추적하는 기능이 필요하다. 그리고 철도승강장 감시시스템과 철도역사 화재 감시시스템 분야에서도 철도역사 승객 및 시설 감시시스템과 마찬가지로 뛰어난 상황인지 기능이 필요하며, 더욱 효율적인 철도역사의 운용 및 설계를 위하여 영상기반 기술들의 적극적인 활용이 필요하다. 따라서 앞으로 딥러닝 기술을 이용한 영상기반 기술을 적용하면 더욱 강력한 스마트 철도역사시스템 구축이 가능할 것으로 생각된다. 따라서 본 연구는 국내 철도산업 발전에 영상기반 기술이 큰 영향을 미칠 수 있는 계기를 마련할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 논문은 2017년도 동양대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었습.

References

- [1] S. Lee, "Analysis of the Domestic Vision based Technology for Railway Corporation," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 2, 2018, pp. 457-462.
- [2] T. Ahn, "The Architecture of the Vision-based Monitoring system for Urban Transit Visual," In *Proc. Conf. of the Korean Institute of Electrical Engineers*, Jinju, Korea, Oct. 2007, pp. 229-231.
- [3] H. Lim, H. Yoon, C. Kim, D. Ryu, H. Cho, and K. Lee, "F-Hessian SIFT-Based Railroad Level-Crossing Vision System," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 5, no. 2, 2010, pp. 138-144.
- [4] Y. Kim, S. Park, and D. Kim, "Research on Robust Face Recognition against Lighting Variation using CNN," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 2,

- 2017, pp. 325-330.
- [5] S. Bang, "Implementation of Image based Fire Detection System Using Convolution Neural Network," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 2, 2017, pp. 331-336.
- [6] C. Loy, T. Xian, and S. Gong, "Time-delayed correlation analysis for multi-camera activity understanding," *Int. J. of Computer Vision*, vol. 90, no. 1, 2010, pp. 106-129.
- [7] A. Kawamura, Y. Yoshimitsu, K. Kajitani, T. Naito, K. Fujimura, and S. Kamijo, "Samrt camera network system for use in railway stations," In *Proc. 2011 IEEE Int. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, Anchorage, USA, Oct. 2011, pp. 85-90.
- [8] M. Breitenstein, F. Reichlin, B. Leibe, E. Koller-Meier, and L. Gool, "Online Multiperson Tracking-by-Detection from a Single, Uncalibrated Camera," *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 33, no. 9, 2011, pp. 1820-1833.
- [9] M. Ketcham, T. Ganokratanaa, and S. Srinhichaarnun, "The Intruder Detection System for Rapid Transit using CCTV Surveillance Based on Histogram Shapes," In *Proc. The 11th Int. Joint Conf. on Computer Sciences and Software Engineering (JCSSE 2014)*, Pattaya, Tailand, May 2014, pp. 1-6.
- [10] J. Vazquez, M. Mazo, J. Lazaro, C. Luna, J. Urena, J. Garcia, J. Cabello, and L. Hierrezuelo, "Detection of moving objects in railway using vision," In *Proc. 2004 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*, Parma, Italy, June 2004, pp. 872-875.
- [11] I. Yoda, D. Hosotani, and K. Sakaue, "Ubiquitous Stereo for Controlling Safety on Platforms in Railroad Station," *IEEJ Trans. on Electronics, Information and Systems*, vol. 124, no. 3, 2004, pp. 805-811.
- [12] S. Oh, S. Park, and E. Joung, "Approaches for Connection of Vision based Monitoring System with Railway Signal System for Train Emergency Stop," In *Proc. 2009 Int. Conf. on Information and Multimedia Technology*, Jeju, Korea, Dec. 2009, pp. 59-63.
- [13] M. Sorkhabi, S. Bakhshi, and S. Bashirian, "Computer Vision for Train Tracking System Using Discrete Wavelet Transform," *American J. of Computing Research Repository*, vol. 2, no. 3, 2014, pp. 53-57.
- [14] S. Lee, "Video Flame Detection with Periodicity Analysis Based False Alarm Rejection," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 4, 2011, pp. 479-485.
- [15] I. Chang, T. Ahn, J. Jeon, B. Cho, and G. Park, "A Study on Integrated Fire Alarm System for Safe Urban Transit," In *Proc. Conf. of the Korean Society for Railway*, Jeju, Korea, Oct. 2011, pp. 768-773.
- [16] N. Paragios and V. Ramesh, "A MRF-based Approach for Real-Time Subway Monitoring," In *Proc. the 2001 IEEE Computer Society Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2001)*, Kauai, USA, Dec. 2001, pp. 1034-1040.
- [17] S. Jung, Y. You, and J. Kim, "A Study on Analysis of LOS Grade of Passenger Facilities in Railway Stations based on Video Information," In *Proc. Conf. of Architectural Institute of Korea*, Busan, Korea, Oct. 2016, pp. 337-338.

저자 소개

이상학(Sang-Hak Lee)



1984년 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1986년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

2001년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

2000년~현재 동양대학교 철도전기융합학과 교수
 ※ 관심분야 : 철도신호, 영상신호처리, 딥러닝 등