

도시철도내 지능형 객체인식 시스템 구성 및 설계

박호식*

A design and implementation of Intelligent object recognition system in urban railway

Ho-Sik Park*

요약 도시철도인 지하철은 대중교통 수단 중의 핵심이라고 할 수 있다. 도시 철도는 항상 많은 승객들이 이용하다 보니 도난, 범죄, 테러 등의 심각한 문제에 늘 노출되어 있다. 특히 도시철도 환경 특성상 감시 범위가 넓게 분산되어 있고 감시 대상 범위가 급증하고 있어 기존 CCTV와 같은 수동적인 감시만으로는 종합적인 관리가 어려운 상황이다. 본 논문에서는 도시철도내 지능형 객체인식 시스템을 구성, 설계 방법 및 객체 인식 알고리즘을 제안하고자 한다. 제안하고자 하는 객체 인식 시스템은 역사내 카메라 영상을 분석하여 승강장 및 대합실에서 제한구역내 접근이나, 방치 혹은 일정 시간 이상 움직이지 않는 물체가 있는 경우를 위험 상황으로 인지하고 신속하게 대응 할 수 있도록 하고자 하였다. 제안된 알고리즘은 기존 Kalman 필터를 이용한 객체 인식을 84.62%에 비해 지정지역 감지에 대해서는 100%, 방치된 물체 감지는 최소 82% 이상, 움직임이 없는 물체 감지에서는 94% 이상의 감지율을 나타내어 실효성을 입증하였다.

Abstract The subway, which is an urban railway, is the core of public transportation. Urban railways are always exposed to serious problems such as theft, crime and terrorism, as many passengers use them. Especially, due to the nature of urban railway environment, the scope of surveillance is widely dispersed and the range of surveillance target is rapidly increasing. Therefore, it is difficult to perform comprehensive management by passive surveillance like existing CCTV. In this paper, we propose the implementation, design method and object recognition algorithm for intelligent object recognition system in urban railway. The object recognition system that we propose is to analyze the camera images in the history and to recognize the situations where there are objects in the landing area and the waiting area that are not moving for more than a certain time. The proposed algorithm proved its effectiveness by showing detection rate of 100% for Selected area detection, 82% for detection in neglected object, and 94% for motionless object detection, compared with 84.62% object recognition rate using existing Kalman filter.

Key Words : Object Detecting, Object Tracking, Video Surveillance, Smart integrated monitoring system, urban railway

1. 서론

도시철도인 지하철은 대중교통 수단 중의 핵심이라고 할 수 있다. 2011년 통계에 의하면 서울메트로에서 운영중인 도시철도 1~4호선의 하루 평균 승객 수는

413만명이라고 한다. 이와 같이 동시에 많은 승객들이 이용하다 보니 도난, 범죄, 테러 등의 심각한 문제에 늘 노출되어 있다. 특히 도시철도 환경 특성상 감시 범위가 넓게 분산되어 있고 감시 대상 범위가 급증하고 있어 기존 CCTV와 같은 수동적인 감시만으로는 종합적

This Paper was supported by research Fund of Osan University in 2015.

*Corresponding Author : Department of Electronics, Osan University (hspark@osan.ac.kr)

Received April 05, 2018

Revised April 19, 2018

Accepted April 20, 2018

인 관리가 어려운 상황이다[1].

이에 본 논문에서는 도시철도내 지능형 객체인식 시스템 구성 및 설계방법을 제안하고자 한다. 도시철도 역사내 카메라 영상을 분석하여 위험, 테러 상황을 자동으로 인식하는 객체인식시스템은 승강장 및 대합실에서 테러방지 및 위험물을 감지하고 감지된 미확인 물체를 일정시간 경과후 위험 물체로 인식할 뿐만 아니라 화재 및 테러 등이 발생시 역무실 및 종합관제센터에서 신속하게 대응할 수 있도록 하고자 하였다.

위험물과 같이 장시간 정지되어 있는 객체를 인식하기 위해서는 객체를 배경으로 오인하기 쉽고 움직이는 객체의 영향으로 줄여야만 객체 추적에 성공할 수 있다 [2]. 이를 위해 목표물 중심 추정 기법, 특징 추출 추적 기법[3][4][5] 등을 사용하였으나 객체의 크기나 형태에 민감하게 반응하였다. 그리고 차영상을 이용한 방법[6] 배경제거 기법[7] 등을 이용하여 검출을 시도 하였으나 움직임이 적거나 잡음이 많은 영상에서는 검출이 어려웠다.

이에 본 논문에서는 Kalman 필터를 기본으로 하여 영상을 추적 및 인식하는 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘이 기존 Kalman 필터를 이용한 객체인식 알고리즘[8]에 비해 움직임 없는 물체나 분리된 객체의 인식에 우수함을 나타내었다.

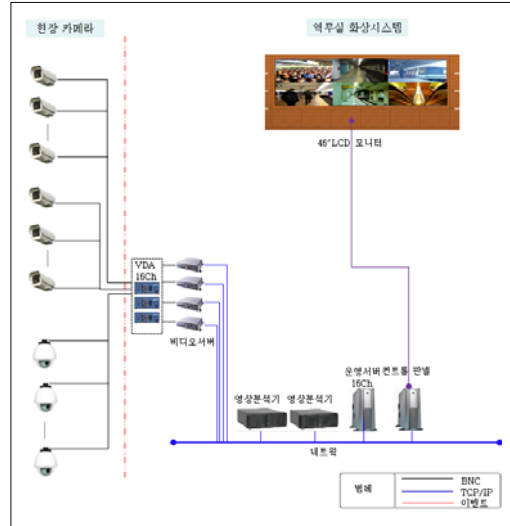
2. 객체 인식 시스템

객체인식 시스템은 승강장, 대합실에서 테러방지 및 위험물 감지 등으로 보이는 미확인 물체를 일정시간 경과 후 인식하고 화재/비상통화 장치와 연계 화재 및 테러 등이 발생시 역무실 및 종합관제센터에서 관련 영상이 POP-UP되어 신속한 대응체계를 구성할 수 있도록 지하철에서의 객체 인식 시스템을 그림 1과 같이 구성하였다.

각 역사에 설치되는 객체인식 시스템은 카메라로부터 영상신호를 연계 받아 실시간 분석, 처리 하여 설정된 검지 영역의 분석기능을 수행하며 검지된 상황은 즉시 운영서버의 화면과 종합관제시스템으로 연동할 수 있게 구성한다.

승강장 및 대합실의 감시카메라의 영상을 분석하여

이벤트 발생시 역무실과 종합관제센터의 운영서버로 해당 사항에 대한 정보를 표출하도록 하여야 한다. 주요 기능을 표 1에 나타내었다.



1. Fig. 1. Intelligent object recognition system overview

1. Table 1. Required functionality and implementation method

Required Function	Implementation Method
• intrusion detection	• Surveillance zone setting
• Detect a neglected object	• Facilities area setting
• Motionless object detection	• Object tracking
• Detect missing objects	• Alarm after set time
• Tracking detected objects	• Object & human monitoring

3. 객체 인식 알고리즘

3.1 인식 알고리즘

이전 프레임에서 객체가 검출되면 이전 프레임에 발견된 객체를 근거로 하여 각 객체에 대한 모형 q 를 구성한다. 현재 프레임에서 객체의 위치 \hat{y}_0 를 Kalman 필터를 이용하여 예측하고, 다음과 같은 알고리즘을 이용하여 초기 위치 \hat{y}_0 로 설정한 후 평균 이동을 반복함으로 현재 프레임에서 객체 후보와 가장 유사한 위치를 찾는다.

1. 현재 프레임에서 객체의 위치 \hat{y}_0 를 설정하고 객

체 후보 영역 분포 $\{\hat{p}_u(\hat{y}_0)\}_{u=1..m}$ 를 계산하여 구한다.

$$\rho[\hat{p}(\hat{y}_0), \hat{q}] = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(\hat{y}_0) \hat{q}_u} \quad (1)$$

여기에서 m은 분포 p, q의 양자화 단계를 나타낸다

2. 수식(2)로 가중치 $\{w_i\}_{i=1..n_h}$ 구한다.

$$w_i = \sum_{u=1}^m \delta[b(x_i) - u] \sqrt{\frac{\hat{q}_u}{\hat{p}_u(\hat{y}_0)}} \quad (2)$$

δ : 크로네커 델타 함수, $b(x_i)$: 히스토그램의 지표

3. 객체의 새로운 위치는 평균 이동 함수를 이용하여 얻는다.

$$\hat{y}_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n_h} X_i w_i g\left(\left\|\frac{\hat{y}_0 - x_i}{h}\right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^{n_h} w_i g\left(\left\|\frac{\hat{y}_0 - x_i}{h}\right\|^2\right)} \quad (3)$$

여기서, h : 커널 프로파일 반지름, $\{\hat{p}_u(\hat{y}_1)\}_{u=1..m}$ 를 갱신후, 값을 구한다.

$$\rho[\hat{p}(\hat{y}_1), \hat{q}] = \sum_{u=1}^m \sqrt{\hat{p}_u(\hat{y}_1) \hat{q}_u} \quad (4)$$

4. $\rho[\hat{p}(\hat{y}_1), \hat{q}] < \rho[\hat{p}(\hat{y}_0), \hat{q}]$ 일때

$\hat{y}_1 \leftarrow 0.5(\hat{y}_0 + \hat{y}_1)$ 실행한다.

5. 만약 $\|\hat{y}_1 - \hat{y}_0\| < \epsilon$ 이면 멈추고

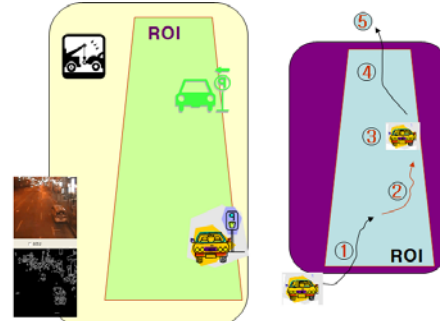
다른 경우, $\hat{y}_0 \leftarrow \hat{y}_1$ 로하여 단계 1로 돌아간다.

현재 프레임에서 새로운 객체의 위치는 이전 객체 위치 주변을 검색하는 상관관계 방법에 비해 계산이 단순하여, 상관관계에 비해 빠른 동작을 하였다.

3.2 다중 객체 상태 관리 알고리즘

본 논문에서는 많은 객체 관리를 위하여 검출되는 모든 객체를 관리하기 위한 상태 관리 알고리즘을 제안

한다. 그림 2와 같이 입력되는 영상에 대하여 검출되는 모든 객체를 다음과 같은 상태로 분류 관리한다.



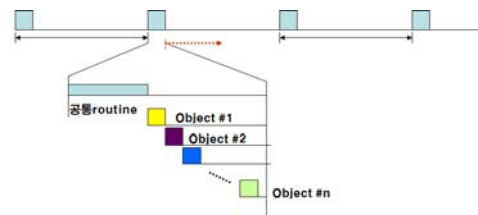
ROI: Region of Interest (관심영역)

그림 2. 이동 객체의 상태 관리 알고리즘

Fig. 2. Status management algorithm of moving object

- ① 진입 : 객체 진입 상태 (객체 생성)
- ② 멈춤 : 움직임 없는 상태
- ③ 정지 : 정해진 시간 이상 멈춤 상태
- ④ 이동 : 객체가 움직이는 상태
- ⑤ 이탈 : 객체가 빠져나간 상태 (객체 소멸)

제안된 상태관리 알고리즘에 대한 처리시간은 평활화, 차영상 측정과 같은 객체 검출 등의 작업에 약 20msec 정도 소요되었으며, 객체 수가 많을 경우 최대 50msec 정도 소요되어 총 70msec의 연산시간이 필요하였다. 따라서 초당 10프레임 영상을 사용하였다.



공통routine: idle state → 검지 state → ROI내 유요 object 검출, 등

그림 3. 상태 관리 알고리즘의 처리시간

Fig. 3. Processing time of Status management algorithm

3.3 알고리즘을 이용한 객체 인식 시스템

인식 알고리즘을 통하여 인식된 객체는 화면내에서 객체 상태 알고리즘을 이용하여 각각의 상태를 구분하고 각각의 상태에 따라 다음과 같이 객체에 대한 감지를 할 수 있도록 하였다.

1. 지정 지역 침입 감지
지정 지역을 선택하고 지정 지역에서 객체가 진입하는 것을 감지
2. 방치된 물체 감지 실험
하나의 객체에서 2개 이상의 객체로 분리되는 것을 감지하는 것으로 하나의 객체 옆에서 새로운 객체가 생성되고 분리되는 것을 감지, 예를 들어 가방을 든 사람이 가방을 두고 움직이는 경우
3. 움직임 없는 물체 감지 실험
일정 시간 움직임이 없는 객체를 감지

4. 실험

제안된 알고리즘으로 침입자 감지, 방치된 물체 감지, 움직임이 없는 물체 감지 등의 실험을 진행하였다.

실험을 위하여 사용된 하드웨어로는 영상입력을 위해 유진시스템의 YSDP-522-35를 비디오서버는 크립토텔레콤의 S-152를 사용하였다. 입력된 영상은 352×240 해상도에 초당 10프레임을 사용하였다. OS는 Microsoft사의 Windows 7를 이용했고, 개발 툴은 Microsoft Visual C++와 Intel사의 IPL과 OpenCV를 이용하였다.

4.1 지정 지역 침입 감지 실험

승강장 상행, 하행 방향 끝쪽 같은 취약 지구나 전기실, 기계실 등의 통제 구역에 사람의 침입을 감지하기 위한 지정지역 침입 감지실험을 진행하였다.

지정지역 침입 감지 실험에서 승강장 지역과 같은 부분에 침입감지와 전기실과 같은 통제구역 침입 감지 실험에서 각각 50건의 침입 감지실험에서 100% 침입 감지를 하였다.

2. Table 2. Selected area detection experiment

Number of Intrusion	Platform Area		Restricted Area	
	Num of Detection	Detection Rate	Num of Detection	Detection Rate
50	50	100%	50	100%



4. Fig. 4. Selected area detection experiment

4.2 방치된 물체 감지 실험

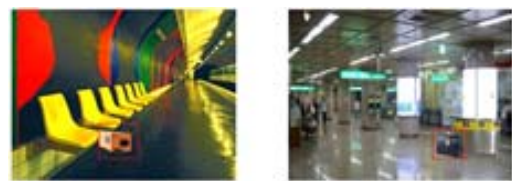
승강장이나 대합실에 의자나 쓰레기통 주변에 가방 및 상자들이 일정시간 방치되는 경우 감지실험을 진행하였다. 하나의 객체에서 2개의 객체로 분리되어 분리된 객체를 추적 관찰하였다. 객체 추적 중 분리된 객체 판별에 있어서 화면 가림 등으로 방치 순간이 화면에 잡히지 않는 경우를 대비하여 새로운 객체인식 시간을 최대 3분으로 설정하고 실험을 진행하였다.

분리되어 방치된 객체 실험을 위하여 의자 주변과 쓰레기통 주변에 물건을 방치하고 각각 50건에 대한 실험을 진행한 결과를 아래 표 3에 나타내었다.

실험 결과 방치된 물건 감지는 의자 주변은 84%, 쓰레기통 주변은 82%로 나타났다. 화면 가림이나 혼잡한 상황에서 초기 감지가 되지 않는 경우가 발생하였다

3. Table 3. Experiment of detection in neglected object

neglected Object	around Chairs		around Trash Can	
	Num of Detection	Detection Rate	Num of Detection	Detection Rate
detect	42	84%	41	82%



5. Fig. 5. Experiment of detection in neglected object

4.3 움직임 없는 물체 감지 실험

승강장이나 대합실에 의자나 쓰레기통 주변에 방

치된 후 일정시간 이상 움직임이 없는 물체에 대한 감지실험을 진행하였다. 움직임이 없는 시간을 10분, 30분, 1시간으로 구분하여 의자 주변 50건, 쓰레기통 주변 50건에 대하여 실험을 진행한 결과를 아래 표 4에 나타내었다.

실험 결과 움직임 없는 시간이 10분의 경우 94% 이상, 30분의 경우 모두 96%, 1시간의 경우는 98% 이상의 감지율을 나타내었다.

4. Table 4. Experiment of detection of Motionless object

Motionless Time	around Chairs		around Trash Can	
	Num of Detection	Detection Rate	Num of Detection	Detection Rate
10 min	48	96%	47	94%
30 min	49	98%	48	96%
1 hour	50	100%	49	98%



6. Fig. 6. Experiment of detection of Motionless object

제안된 알고리즘으로 실험을 진행한 결과 기존 Kalman 필터를 이용한 객체인식방법[8]을 이용한 실험 결과 84.62% 비해 지정지역감지에 대해서는 100%, 방치된 물체 감지는 최소 82% 이상, 움직임이 없는 물체 감지에서는 94% 이상의 인식율을 나타내어 제안된 알고리즘의 우수성을 입증하였다.

5. 결론

도시철도내 객체인식 시스템은 철로, 대합실, 승강장에서 위협적인 사고 및 테러에 대한 상황에 미연에 방지할 수 있도록 카메라로부터 입력된 영상을 가지고 객체 행동을 인지하고 행동 패턴에 따른 비전 기반 객체 행동을 인지 및 추론하여 위와 같은 위협이 탐지될 때, 역무실 및 종합관제센터에서 자동 POP-UP영상을 확인 신속하게 대응하여 인명 및 재산 피해가 최

소화 할 수 있도록 구성 되어야 한다.

자동으로 카메라 영상을 분석하고, 물체를 탐지 및 식별하여 보안규칙에 의거되는 위협수준을 결정하여야 한다.

본 논문에서는 도시 철도에 지능형 영상 인식 시스템 구현 방법에 대하여 제안하고 이를 위한 지능형 영상 알고리즘에 대하여 제안하였다. 제안된 알고리즘은 영상 인식 알고리즘과 인식된 객체를 관리하는 다중 객체 상태 알고리즘이다.

제안된 알고리즘은 기존 Kalman 필터를 이용한 객체 인식율 84.62%에 비해 지정지역감지에 대해서는 100%, 방치된 물체 감지는 최소 82% 이상, 움직임이 없는 물체 감지에서는 94% 이상의 감지율을 나타내어 실효성을 입증하였다.

REFERENCES

- [1] Jong Gyu Son, "A Study and Experimental Verification on Object Detection Method of Intelligent Integrated Monitoring System", Dept. of Electronic & Electrical Eng'ng, University of Seoul, Korea, 2012.
- [2] J. S, Oh, "Motion-Based Background Image Extraction for Traffic Environment Analysis", Journal of information and communication convergence engineering, Vol. 13, No. 8, pp.1919-1925, 2013.
- [3] D. Comaniciu and V. Ramesh , P. Meer, "Kernel-Based Tracking", IEEE trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 25, No. 5, pp. 564-577, 2003.
- [4] P. Azzari, L. Stefano, and A. Bevilacqua, "An effective real-time mosaicing algorithm apt to detect motion through background subtraction usinf a PTZ camera", IEEE Conf. Advanced Video and Signal-Based Surveillance, pp. 511-516, 2005.
- [5] S. Lee, J. Kang, J. Shin, and J. Paik, (2007) "Hierarchical active shape model with motion prediction for real-time tracking of non-rigid object", IET

