

# 역사내 안전을 위한 지능형 영상 감시 시스템 설계

김평강\*, 박석천\*\*, 김형헌\*\*\*

\*가천대학교 일반대학원 모바일소프트웨어학과

\*\*가천대학교 컴퓨터공학과 정교수(교신저자)

\*\*\*이노텍 과장

e-mail:kpk1237@naver.com

## Design of Intelligent Image Surveillance System for Safety in Subway Station

Pyeong-Kang Kim\*, Seok-Cheon Park\*\*, Hyeong-Hun Kim\*\*\*

\*Dept of Mobile Software, Gachon University

\*\*Dept of Computer Engineering, Gachon University(Corresponding Author)

\*\*\*Section Chief, INNODEP co., ltd

### 요 약

도시철도는 대표적인 대중교통으로써, 하루에도 수백만명의 승객들이 이용하고 있다. 따라서 도시철도를 이용하는 승객들의 안전이 보장되어야 하며, 안전한 서비스 제공 및 예방 노력이 제반되어야 한다. 이를 위해 설치된 폐쇄회로 CCTV와 상황실은 넓은 구역내의 모든 위험상황을 감지하고 대응하기에 미흡하다. 따라서 이러한 영상감시의 미흡한 점을 보완하여 기설치된 CCTV를 통해 위험구역내 보행자를 자동으로 인지하여 큰 사고를 미연에 방지하고자 역사내 지능형 영상감시 시스템을 설계하였다.

### I. 서 론

도시철도는 하루에도 수백만 명의 승객들이 이용하고 있는 대표적인 대중교통으로써 자리잡고 있다. 따라서 도시철도를 이용하는 승객을 위한 편의 증진과 함께 안전한 운영이 보장되어야 한다. 이를 위해 안전한 서비스 제공 및 예방을 위한 많은 노력을 기울이고 있다.

그러나, 최근 3년간 시각장애인 등 교통약자의 승강장 추락 사고가 106건이나 발생하는 등의 승객에 대한 안전에 큰 위협요소가 존재 하고 있다.

이를 위해 스크린도어가 설치되고 있지만, 아직까지 스크린도어가 설치되지 않은 역사가 131곳에 이를정도로, 지방 및 구 철도에는 아직까지 그 위협요소가 자리잡고 있는 형국이다. 따라서 본 논문에서는 폐쇄회로 텔레비전 시스템에 의존하여 광범위한 감시지역 범위를 실제적으로 감시하기 어려운 지하철내 상황에 근거하여 지하철내 이상행동 보행자 및 철도내 추락한 보행자를 지능적으로 인지하여 상황실에 전파하고, 자동적으로 들어오는 전동차의 진입을 억제하는 시스템을 설계 하고자 한다.

### II. 관 련 연 구

#### 2.1 지능형감시 시스템

지능형 감시 시스템(Intelligent Surveillance System)은 감시

카메라의 영상 정보를 디지털화 하여 시스템이 스스로 사물의 위치 및 패턴을 분석한 다음, 위험 상황이 발생할 경우, 경보 및 출입 차단 시스템을 작동시킨다.

동시에 보안 담당자에게 즉각 현황을 알려 사람의 관리로 인해 발생하는 취약점을 대체, 보완할 수 있게 해준다[4].

현재까지 지능형 감시 시스템의 구축에는 프라이버시 침해에 따른 법적 문제가 따른다.

또한 고해상도 카메라, 광대역 전송매체와 같은 기술적인 이슈, 발생 가능한 위반 사항을 미리 고려해서 구축해야 하는 관리 시나리오의 구성과 같은 운영상의 이슈가 존재하고 있다.

그러나, 차세대 도시관리 시스템에 대한 요구, 보안 인건비 상승에 따른 기업의 운영비용 증가와 보안 업계의 고객인식 제고라는 호재로 인하여 향후 지능형 감시 시스템 구축에 대한 요구는 더욱 높아질 것으로 생각 된다[1].

#### 2.2 이상행동 감지

사람의 특이 행동 인식을 위한 첫 번째 단계는 각 영상 프레임에서 사람을 찾는 것이다. 복도의 사람이 없는 배경 화면에서 전경 화면을 배기 연산함으로써 사람 영역을 찾을 수 있다. 배경 모델  $B_n(x,y)$ 은 역사에 사람이 전혀 없는 연속된 비디오 프레임의 5프레임의 평균으로 초기화 한다. 임계값  $T_n(x,y)$  는 모든 픽셀 값을 50으로 초기화한다. 그리고 전경 모델을  $I_n(x,y)$ 로 둔다. <식 1> 은 전경 모델

$I_n(x,y)$ 에서 배경 모델  $B_n(x,y)$ 을 뺀 값이 임계값 보다 큰 지를 나타낸다. 이 연산을 통해 각 프레임에서 사람 영역을 찾아낼 수 있다.

$$|I_n(x,y) - B_n(x,y)| > T_n(x,y) \quad <식1>$$

다음으로는 해당 영상에서 학습에 필요한 관측열을 구하는 것이다. 각 프레임에서 사람영역을 찾은 후 발 영역이 위치하는 코드북을 체크하여 관측열을 생성한다.

발 영역은 움직임 영역 추출을 통해 운동 영역인 사람 영상을 찾은 후 네 번의 모폴로지 팽창 연산과 네 번의 모폴로지 침식 연산의 과정을 거쳐 사람 영역이 한 덩어리가 되게 한다.

그 후 이진화된 사람 영역의 상, 하, 좌, 우 각각의 최외각 픽셀을 경계로 하는 MBR(Minimum Boundary Rectangle)을 추출하고 사각 박스 하단의 중심 픽셀 좌표를 사용하여, 16개 영역으로 나뉜 코드북에서 좌표가 위치하는 영역을 찾아 특징 벡터로 사용한다.

그 다음은 움직임 영역의 추출이다. 움직임 영역의 추출은 확률적 운동 영역 감지 기술을 이용한다. 사람 운동 영역이 MBR은 조명조건, 물체의 색과 밝기특성 등의 요인으로 한 사람이 여러개의 MBR 영역으로 분할되어 나타날 수 있으며 이 경우 추출된 MBR중 가장 하단에 위치한 MBR을 발 영역으로 취급하도록 한다.

각 행동 즉, 선로근처에서 서성거리는 등의 이상행동에 대해 20개씩의 관측열을 구해서 Baum-Welch 알고리즘으로 학습하여 5개의 HMM  $\lambda = (A, B, \pi)$  변수를 생성한다. HMM의 학습은 학습데이터로부터 <식 2> 를 통해  $P(O|\lambda)$ 를 최대화하는 최적의  $\lambda$ 를 구하는 과정이다. 해당 영상으로부터 미리 학습에 의해 구해진  $\lambda$ 들과의 확률 계산을 이용해 여러 행동 중 가장 확률적으로 높은 행동을 그 결과로 출력하도록 한다[2].

$$P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_t(i) \quad <식2>$$

## 2.3 보행자 검출

영상 피라미드의 각 단계에서 HOG 특징을 계산하여 HOG 특징 피라미드를 형성한다.

각 단계의 HOGvfkalem에서 얻은 결과를 사전에 훈련된 사람 형태의 필터를 이동시켜가며, 점수를 계산한다. 이때, 필터는 전역 필터와 보다 정밀한 부분 필터로 구성되어 있다. 전역 필터는 전체적인 사람의 윤곽을 찾을 때 사용하며, 사람의 얼굴, 팔, 다리, 몸통 등과 같은 구체적인 윤곽을 찾기 위해서는 부분 필터를 사용한다. 또한 부분 필터는 전역 필터에서 사용하는 해상도에 비해 더 정밀한 해상도를 이용하여 부분 필터에 대한 정확도를 높일 수 있다.

HOG피라미드에서 필터의 위치에 대한 점수를 계산하는 식은 <식3>과 같다.

$$s(p_0, \dots, p_n) = \sum_{i=0}^n F_i \cdot \phi(H, p_i) + \sum_{i=0}^n d_i \cdot (dx_i^2, dy_i^2) \quad <식3>$$

여기에서, F는 HOG로 구성된 필터를 나타낸다. 보다 구체적으로  $F_0$ 는 전역 필터를,  $F_i$ 는  $i$ 번째의 부분 필터를 나타낸다. H는 HOG피라미드로써  $p = (x, y, l)$ 로 표현한다. 이때,  $l$ 은 HOG피라미드의 단계를 의미하고  $(x, y)$ 는 각 픽셀 위치를 의미한다.  $d_i$ 는 전역 필터의 위치와 각각의 부분 필터들의 위치에 따른 가중치를 나타내는 벡터이고,  $(dx_i^2, dy_i^2)$ 은 루트 필터의 위치에 대한  $i$ 번째 부분 필터의 상대적인 위치를 나타낸다. 따라서 부분 필터가 정확한 장소에 위치하지 않을 경우 낮은 값을 가진다.  $s(p_0, \dots, p_n)$ 는 HOG피라미드에서 픽셀 위치에 따른 점수를 나타낸다. 즉, 위의 식 첫 번째 항은 HOG 피라미드 내에서의 전역 필터와 부분 필터들의 점수를 나타내고 두 번째 항은 전역 필터의 위치에 대한 각 부분 필터들의 상대적인 위치를 점수로 나타낸 것을 의미한다. 각 단계의 HOG피라미드에서 필터가 이동하며 위의 식과 같이 점수를 계산하고, 이 점수들은 임의의 임계값에 의해 보행자를 판별하게 된다[3].

## III. 지하철내 이상보행자 인식 시스템 설계

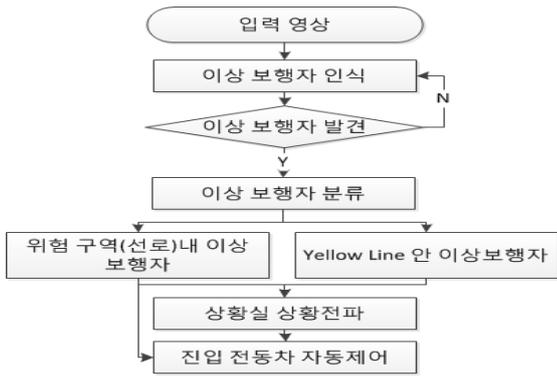
### 3.1 시스템 개요

도시철도는 하루에도 수백만 명의 승객들이 이용하고 있는 대표적인 대중이용시설이다. 때문에 도시철도를 이용하는 승객을 위한 편의증진과 함께 안전한 운영이 반드시 보장되어야 한다. 이를 위해 현재 도시철도운영 기관이 보다 안전한 서비스 제공 및 사고 예방을 위해 많은 노력을 기울이고 있는 실정이다. 특히, 정보통신 기술의 발전과 동시에 위험행동들에 대한 대안으로 영상 감시 시스템의 중요성이 높아지고 있는 가운데, 역사내 이상행동을 검출하여 승객의 안전을 확보하고자, 지하철내 지능형 이상 보행자 인식시스템을 설계하고자 한다.

### 3.2 역사내 이상행동 보행자 인식 알고리즘

지능형 지하철 내 이상보행자 인식 알고리즘은 그림3.1과 같이 설계하였다. 선로내 지하철이 없을시에 작동된다. 이를 위해 기 설치된 역사내 CCTV는 위험지역으로 설정된 선로내에 보행자가 인식되거나 선로 근처, 즉 Yellow line 안쪽에서 이상행위 보행자를 발견시, 즉시 상황실로 전파하며, 역사내로 진입하는 지하철을 필요시 자동으로 제동할 수 있도록 되어있다.

### 3.3 역사내 이상행동 보행자 인식 시스템 동작 원리



(그림 3.1) 역사내 이상행동 보행자 인식 알고리즘

역사내 이상보행자 인식시스템의 동작원리는 그림 3.2와 같다.

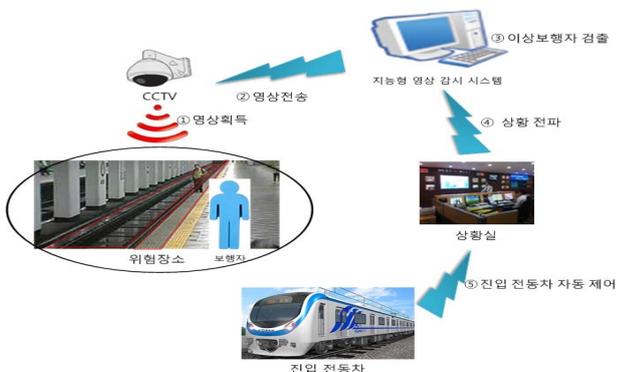


(그림 3.2) 역사내 이상행동 보행자 인식 시스템 동작원리

CCTV를 통해 입력된 영상은 비디오서버로 이동되며, 영상 분배와 저장서버에 저장된다. 지하철이 역에서 빠져나갈 경우 시스템이 작동되며, 입력된 영상을 보행자 검출 알고리즘을 통해 위험구역내 보행자들을 인식하고, 이상행동 감지를 통해, 이상행동 보행자를 검출하게 된다. 검출된 즉시, 상황실에 전파되며 필요시 진입 전동차를 제동할 수 있도록 한다.

**3.4 역사내 이상행동 보행자 인식 시스템 동작 절차**

본 논문에서 설계하는 역사내 이상행동 보행자 인식 시스템의 동작 절차는 그림 3.3과 같다.



(그림 3.3) 역사내 이상행동 보행자 인식시스템 동작절차

- ①. 선로내 지하철이 없을 경우 작동된다.
- ②. 위험구역내 보행자를 검출한다.
- ③. 위험구역내 보행자가 검출될 경우, 이상행동 보행자인지 아닌지를 인식한다.
- ④. 이상행동 보행자로 판별이 나게되면, 상황실에 전파하며, 필요시 진입전동차를 자동으로 제동하도록 한다.
- ⑤. 역사내 지하철이 들어오면, 보행자 검출은 정지되며, 역사내 지하철이 빠져나가면 다시 작동하도록 한다.

**IV. 결론**

지하철 역사는 하루에도 수백 만명의 승객들이 이용하고 있는 장소로써, 승객을 위한 편의 증진 및 안전한 운영이 보장 되어야 한다. 이를 위해 현재 도시철도운영 기관이 보다 안전한 서비스 제공 및 사고 예방을 위해 많은 노력을 기울이고 있다.

이러한 노력의 일환으로 현재 도시철도 서비스 구간 내에서는 역사 내의 승객 승하차 상태, 열차 운행상태, 주요 시설 및 취약 지역 등에 대한 감시를 위해 폐쇄회로 텔레비전 시스템을 기본을 둔 화상감시설비가 구축되어 운영되고 있다. 이는 아날로그 폐쇄회로 텔레비전과 아날로그 영상 녹화기에 의한 수동감시 체계를 가지고 있어, 제한적인 인력 및 관리자의 감시 능력에 크게 의존하거나 수동적이기 때문에 근본적으로 광범위한 감시 대상을 실제로 감시하기에 어려운 부분이 존재한다.

따라서 본 논문에서는 이와 같은 영상감시의 미흡한 점을 보완하여 승객의 안전을 책임질 수 있도록 역사 내 이상보행자 및 위험구역 즉, 선로나 Yellow Line 안쪽에 보행자를 자동으로 인지하여 큰 사고를 미연에 방지 할 수 있는 역사 내 지능형 영상 감시 시스템을 설계하였다.

**사사의 글**

본 연구는 2013년도 지식 경제부의 SW전문인력양성사업의 재원으로 정보통신산업진흥원의 고용계약형 SW석사과정 지원사업 (HB301-13-1003)으로부터 지원받아 수행되었습니다.

**참고문헌**

- [1] 민경인, 오재석, 김정하 “색 기반의 보행자 검출을 통한 영상 기반의 무인자율주행차량 속도 계획”, 2013.
- [2] 손종규, “지하철 내 지능형 통합모니터링 시스템에서의 객체 인식 기법 연구 및 실증시험”, 2012.
- [3] 조남형, 정형섭 “보행자 검출을 위한 모델생성 알고리즘에 관한 연구”, 2013.
- [4] 정창욱, 강동중 “지능형 영상 감시 시스템에서의 은닉 마르코프 모델을 이용한 특이 행동 인식 알고리즘”, 2008.
- [5] 김미애, 김진환, 김창수 “중요도 맵을 이용한 보행자 검출 시스템”, 2012.