

# 작업안전 위험상황 대응을 위한 지능형 영상분석 시스템 구축에 관한 연구

장현성\*

\*서울과학기술대학교 경영학과

## Intelligent Image Analysis System for Preventing Safety Hazards in Dangerous Working Area

Hyun Song Jang\*

\*Dept of Business Administration, Seoul School of Integrated Sciences & Technologies

### Abstract

To prevent safety hazards in dangerous working area, we have proposed an intelligent image analysis system. Six common patterns of safety violations of workers' are defined and its motion detection algorithms are developed for alarm to CCTV monitoring system. Developed algorithms are implemented at 195 dangerous areas such as chemical and gas treated room. The results of violated motion detection ratio by developed system shows 94.95% of true positive cases, and 0.21% of false positive cases from all 587,645 event cases in one month implementation period. In the period, it is observed that the number of safety rule violations and the following accidents are decreased.

**Keywords :** Preventing Safety Hazards, Intelligent Image Analysis, CCTV

### 1. 서론

최근 제조산업 여러 분야에서 화학물질 취급 등 위험한 작업장에서의 안전사고로 작업자의 생명까지 앓아가는 안타까운 사고가 많이 발생하고 있다. 안전사고 발생 원인은 설비의 안전 설계 기준 미달이나 설비의 노후, 작업자 안전 규정 미 준수 등 여러 요인이 있지만 치명적인 인명사고로 이어지는 경우, 대부분 작업자가 위험지역에서 작업 시 보호구를 제대로 착용하지 않거나 안전 작업규정을 무시하고 작업하는 경우에 주로 발생한다. 특히 화학물질 누출사고의 경우 보호구 착용여부는 매우 중요하다. 작업자가 안전보호구를 제대로 착용하지 않는 이유는 교육 부족으로 작업 규정을 잘 모르거나 또는 작업에 불편하다고 지키지 않음으로 발생하며 외주 협력사 작업자의 경우 작업 안전과 관련된 교육, 통제가 어려운 것이 현실이다. 또한 안전보호구 착용 및 작업안전 규정을 아무리 교육시켜

도 작업자 스스로 이를 지키지 않는다면 위험 상황에서 사고로 연결될 수밖에 없는 실정이라 위험한 작업 지역에서 작업자가 안전을 저해하는 요인이나 행동에 대해 사전 인지하고 위험 상황 발생 시 즉각 대응할 수 있는 방안이 요구된다.

경제협력개발기구(OECD) 통계에 의하면 한국의 산업재해 사망률이 회원국 가운데 가장 높은 수준이며, 안전보건공단 산업안전보건 연구원이 발표한 산업 재해 원인 조사 결과에 따르면, 2012년 업무상 사고 재해자 총 82,392명 중 사망자는 1,062명으로 최근 10년간 그 수가 줄지 않고 있는 실정이다. 그 중, 제조업에서 발생한 재해 건수가 27,313건으로 31.4%의 압도적인 비율을 차지하고 있으며 주요 발생형태는 넘어짐, 깔림이 26.5%로 가장 높게 나타나고 있다. 주요 원인은 구조물이나 설비에 의한 것이 56.6%로 대부분을 차지하며, 운반, 운전, 취급 등의 작업내용에 의한 비율이 50.4%를 차지하였다.

†Corresponding Author : Hyun Song Jang, E-mail: hyunsong.jang@gmail.com

작업 안전사고의 발생원인은 물적 요인, 인적 요인, 환경 요인으로 구분할 수 있으나 대부분의 사고는 개별적인 요인에 의해 발생하기보다는 서로 상호작용을 하며 복합적 요인에 의해 발생한다. 그리고 1개의 대형 사고가 발생하기 이전에 300회의 크고 작은 조짐들의 선행한다는 하인리히의 법칙[1]은 300개의 선행 조짐들은 이런 물적, 인적, 환경적 요인들이 모두 포함되고 있다는 것으로 설명할 수 있다. 따라서 작업 안전사고를 예방하기 위해서는 물적, 인적, 환경적인 요인에 대한 작은 조짐들을 미리 파악하는 것이 필요하다. 물적, 환경적 요인에 대한 감지는 최근 IT 기술의 발달로 진동이나 Leak 감지 센서, 화재 감지 센서 등 각종 감지 센서를 사용하여 감지가 가능하다. 위험시설이나 위험설비 현장 각 지역에 설치되어 24시간 모니터링이나 통계적 이상 발생 상황을 관리할 수 있는 정보시스템도 많이 구축되어 있다. 그러나 인적 요인에 대한 감지는 아직 이렇다 할 방안이 없고 작업규정이나 교육을 통한 예방 활동에 그치고 있는 현실이다.

작업 안전사고 예방을 위하여 인적 요인에 대한 효과적인 감지는 어떻게 하는 것이 좋을까? 최근 보안이나 범죄 예방에 주로 사용되던 CCTV가 지능형 영상분석 기술의 발달과 함께 보다 다양한 기능을 탑재하여 적용 영역을 넓히고 있는 추세이다. 최근 CCTV와 관련된 응용분야는 날이 갈수록 확대되고 있는 추세이며 예를 들면 안면인식을 통한 출입 보안 통제 및 침입 탐지나 이동자 경로 추적 등을 들 수 있다. 안면인식의 경우, G20정상회의 등 국제적으로 중요한 행사에서 사용되어 이미 그 성능 및 효과가 입증되었으며, 침입 탐지나 이동자 경로 추적 기술은 휴전선 초소에서 적의 침투를 감시하거나 대형 마트나 백화점에서 소비자 이동경로를 분석하는데 주로 사용된다.

이러한 지능형 영상분석 응용분야의 확대는 Image processing 기술에 기초하고 있으며 기본적으로 분석에 필요한 Image 확보를 위한 다양한 Image transform, Filtering, Dahaze 등 이미지 분석 목적에 맞는 전처리 과정을 거치게 된다. 움직이는 물체나 사람을 배경과 구분하여 대상의 종류를 판단하고 추적하기 위한 Object detection 이나 Classification, Object tracking 알고리즘 개발이 필요하며 최종적으로 감지된 물체나 움직이는 사람을 대상으로 목적에 따른 상황 판단 결정 로직을 구현할 수 있게 되는 것이다.

안전사고 위험지역의 CCTV를 통해 수집된 영상을 Image processing 기술을 활용한 영상분석을 통하여 인적사고 요인을 감지할 수 있지 않을까? 현재 보안이나 판매 마케팅 위주로 사용하고 있는 CCTV 영상분석 기술을 안전사고 예방이나 사고 발생 시 즉각 대응

하기 위한 메커니즘을 어떻게 구현할 수 있을까? 인적 사고 발생 요인의 관리를 통하여 안전사고 발생을 줄일 수 있을까? 이러한 이슈로부터 다음과 같이 본 연구의 타당성을 제시하고자 한다.

- 작업 안전사고 발생이 증가하고 있으며 물적, 환경적 사고 요인은 관리가 가능하나 인적 요인은 작업 규정이나 안전 교육에 의지하고 있어 개선이 요구됨.
- 안면인식을 활용한 보안관리나 이동 경로 추적을 활용한 마케팅 전략 수립 등 CCTV 영상분석의 활용 영역이 확대되고 있으나, 작업 안전이나 산업재해 예방을 위한 작업자 모션 인식은 아직 연구된 바 없음.
- 산업 재해 예방을 위한 작업 사고의 인적 요인을 자동으로 감지하고 이를 활용하여 사고 예방 및 긴급 상황에 대응하는 것은 매우 중요함.

연구문제: Image processing 기술을 활용하여 작업자의 위험 상황을 초래할 수 있는 작업 상황을 CCTV 영상분석을 통해 감지할 수 있다면, 안전 작업 사고의 인적 요인 관리를 통하여 사고를 줄이거나 예방할 수 있지 않을까?

문제 해결을 위하여 본 논문에서는 다양한 Image processing 기술을 활용하여 위험한 지역에서 이루어지는 작업을 실시간 촬영되는 CCTV 의 영상분석에 활용하여 작업자의 인적 요인을 감지하여 작업사고나 위험한 상황을 예방하고자 관련된 시스템을 구축한 사례를 다루고자 한다.

작업자가 달리는 상황과 쓰러지는 상황이 발생하였을 때 이를 위험 상황이라고 감지하여 경보를 발생하게 하고 CCTV 모니터링 화면에 해당 상황 영상을 경고 영상으로 팝업 처리하여 모니터 요원이 즉각 상황을 인지할 수 있도록 하였다. 또한 케미컬룸이나 가스룸 등 위험지역에서 작업 시 방독면을 쓰지 않거나 적합한 보호구를 착용하지 않았을 경우에도 이를 감지하는 알고리즘을 개발하였으며, 화학물질 저장/운반용으로 사용되는 드럼통을 기울이거나 작업자 없이 밀어버리는 상황도 감지하여 해당 상황 발생 시에도 이를 실시간 감지한 시스템을 통하여 모니터 요원이 현장을 방송으로 즉각 제어하거나 현장에 출동할 수 있는 시스템을 구축하였다.

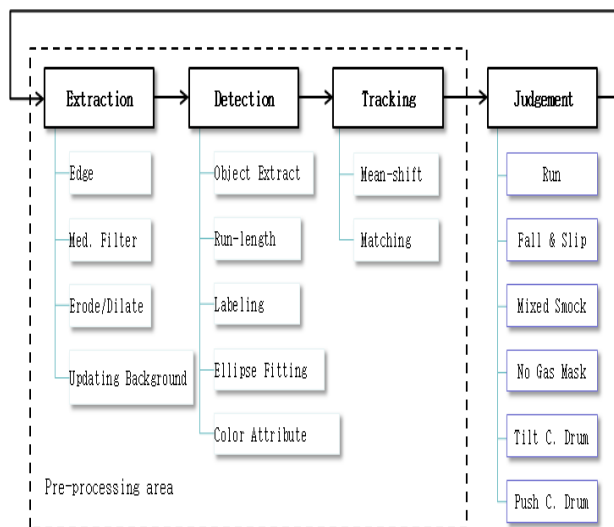
## 2. 시스템의 구성

본 논문에서는 세계적 규모의 디스플레이 제조 사업

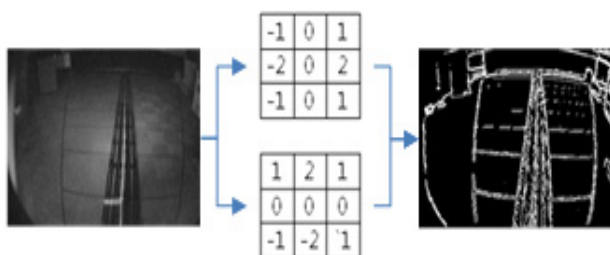
장에 2014년 1월부터 개발하여 사업장 내 작업 위험 지역을 대상으로 설치된 지능형 CCTV 영상분석시스템 구축에 대한 방법과 결과를 다루고자 한다. 작업 위험 지역인 케미컬룸이나 개스룸, 폐액룸에 설치된 CCTV로부터 취득된 영상을 실시간 지능형 영상분석을 사용하여 작업자의 달리기나 쓰러짐 등 작업 안전 사고가 발생하거나, 방독면 미착용, 또는 규정된 보호구를 착용하지 않았을 경우, 알람을 발생시켜 모니터링원이 방송으로 이를 통제할 수 있도록 구성하였다. 화학물질을 저장하거나 운반하는 드럼통을 기울이거나 밀어 던지는 작업자의 위험한 행동도 감지하여 동일한 방식으로 처리하였다. 지능형 영상분석을 위한 시스템 내부적인 동작 구조는 [Fig. 1]과 같다.

## 2.1. 정보추출

우선 취득된 영상으로부터 정보를 추출하기 위한 전처리 과정으로 윤곽에 대한 특징량 계산을 위해 Sobel filter를 적용하여 [Fig. 2]와 같이 처리하였다[2].



[Figure1] Framework of intelligent image processing system for detection of abnormal situation.



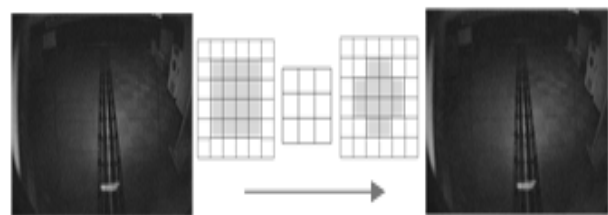
[Figure 2] Edge detection from an input image with Sobel filter.

영상의 노이즈 제거를 위해서 Median 필터를 사용하였다[3]. 타겟 위치의 주변 픽셀값을 통해 타겟 픽셀값을 결정하는 방법으로 가로 세로 3개, 총 9개의 픽셀값을 순서대로 소팅하여 중간값으로 타겟 픽셀의 값을 대체하였다[Fig. 3].

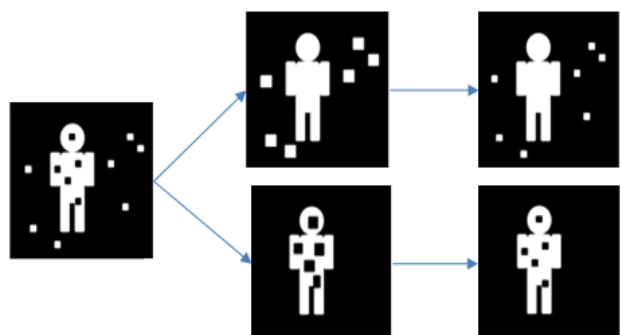
Median 필터는 주변 픽셀값에 비해 너무 높거나 낮은 노이즈 제거에 효과적이며 위험 작업 지역의 특성상 어두운 지역이나 야간의 경우 낮은 조도에서의 노이즈 제거에 효과적이다. 또한 배경 차분을 통해 얻어진 추출 부분에서 발생하는 노이즈를 제거하기 위하여 Morphology 기법 중 Erode/Dilate 연산을 사용하였다. 타겟 픽셀 주변 8개 픽셀에서 하나 이상의 픽셀이 있을 경우 해당 픽셀은 있는 것으로 간주하였다.

Dilate 후 Erode 처리할 경우, 주요 라벨 주변의 홀을 채워주는 효과를 기대할 수 있으며, 반대로 Erode 후 Dilate 처리할 경우, 주요 라벨 내부의 홀을 채워주는 효과를 기대할 수 있다[Fig. 4].

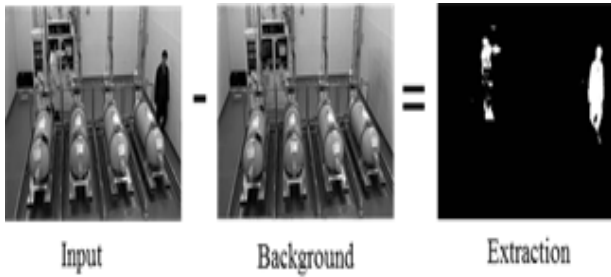
움직이는 물체나 사람을 추출하기 위하여 배경 차분을 통한 이동물체 추출 방식을 선택하였다. 즉 배경 영상을 갱신하여 현재 영상에서 움직이는 라벨을 추출하는 방식으로 Codebook을 사용하여 배경 정보를 다중확보함으로써 나뭇가지 등 미세한 움직임이나 특정 위치에서 반복적으로 발생하는 오보를 최소화할 수 있는 방법을 구현하였다[Fig 5].



[Figure 3] Noise reduction of input image with Median filter.



[Figure 4] Morphology processing with Erode/Dilate combination.



[Figure 5] Updating background for extraction of target label.

### 2.2. Detection

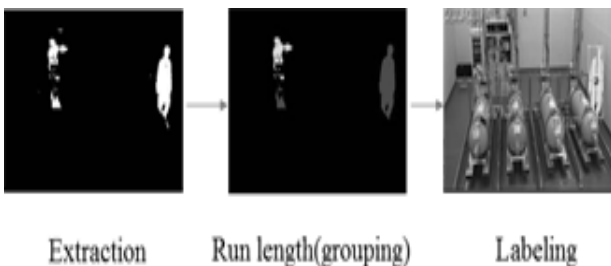
이렇게 배경 차분으로 추출된 라벨을 확정하고 특징량을 추출하기 위하여 입력 영상과 배경 영상의 차분으로 생성된 이진화 영상을 Run-length 코딩 방식으로 그룹화하고 노이즈 제거를 위해 각 그룹별 정보를 통합, 분리 등의 작업으로 Labeling 진행하였다[Fig. 6].

추출된 레이블의 대표적인 특징량은 타원근사 최단거리[Fig. 7] 및 색상정보이며, 그 외에도 Contour, Edge, 밝기, 크기, 색상 등을 추출하였다. 특히 보호구와 관련된 정보 발생 의사 결정을 위한 특징량 추출을 위해 인체의 상반신 평균 YUV & HSV 분포값을 설정하고 색상 정보와 조합하여 사용하였다[Fig. 8].

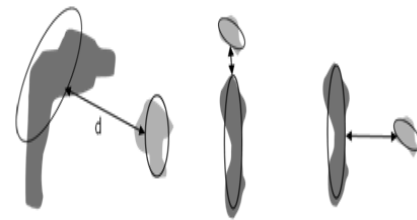
### 2.3. Tracking

Detection 단계에서 추출된 각 레이블 간 정보로 이 동물체를 추적할 수 있다. 이전 프레임에 있었던 레이블의 정보를 이용하여 현재 프레임에서의 위치를 예측하고 예측 루틴을 반복하여 최적의 위치를 찾아가는 Mean-shift 기반 추적 기법을 사용하였다[Fig. 9].

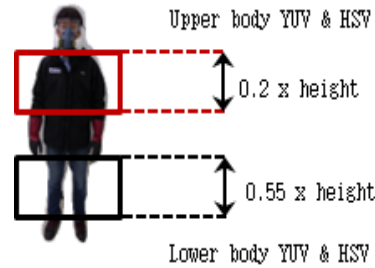
레이블만으로 매칭 스코어를 계산하면 레이블이 겹치는 경우 처리가 어렵기 때문에 각 레이블의 컬러 히스토그램을 기반으로 각각의 매칭 스코어를 계산하여 정확도를 높였다.



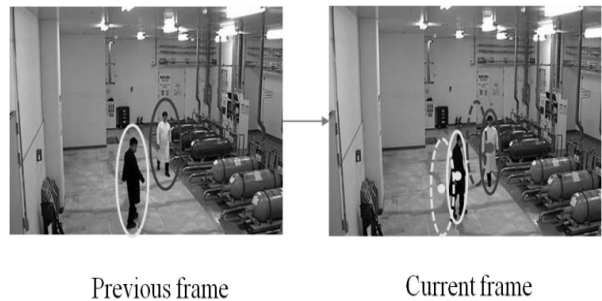
[Figure 6] Extraction, run length grouping & labeling.



[Figure 7] Ellipse fitting.



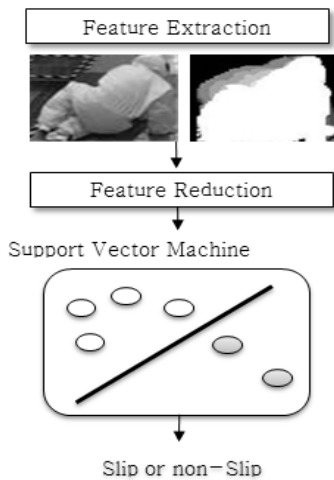
[Figure 8] Extraction of color attribute.



[Figure 9] Tracking target objects with mean-shift.

### 2.4. Judgement

전처리 과정을 통해 추출된 위험 작업 지역에서의 작업자를 실시간으로 추적하다가 사전에 미리 정의한 형태로 움직임이 포착되는 경우 경보가 발생하도록 구성하였다. 우선 작업자의 쓰러짐은 영상에서 작업자를 추출하고 추출된 작업자의 쓰러짐 정보 특징과 Hyper plane간의 거리를 계산하여 쓰러지는 행동을 감지하는 방식을 사용하였다[Fig. 10].

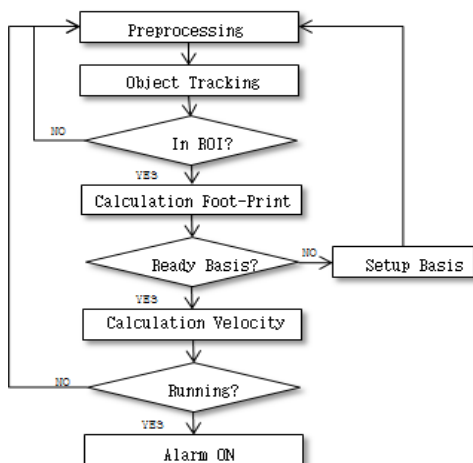


[Figure 10] Decision algorithm flow for worker's slip.

작업자 영상 추출을 위해 연속된 프레임의 영상정보 포즈의 특징을 조합하여 MHI(Motion History Image)를 이용한 움직임 정보 특징을 추출하고 PCA(Principal Component Analysis)를 활용하여 작업자 영상을 단순화하고, SVM(Support Vector Machine) 기반 Classification을 사용하여 쓰러지는 행동을 감지하였다[4].

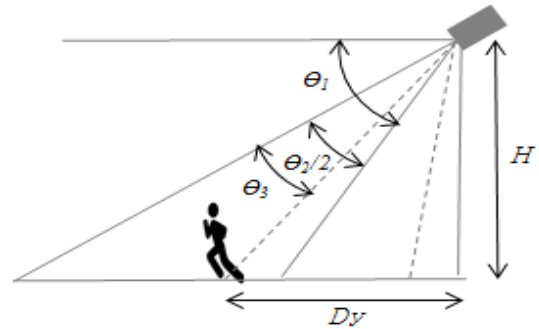
위험한 상황에서 작업자가 달리는 경우를 탐지하기 위해 카메라 Calibration 을 활용한 속도 감지 기법을 활용하였으며 그 과정은 [Fig. 11]과 같다.

작업자가 달리는 경우, CCTV 카메라가 설치된 위치나 방향에 따라 2차원 평면에서 나타나는 달리기 속도가 다르게 보이게 된다. 카메라 Calibration을 활용하여 작업자가 달리는 방향에 대해 카메라 수직/수평 화각 및 틸트 값을 이용하여 어떤 방향으로 달리더라도 속도를 추출하여 일정속도 이상 달리는 경우 알람이 발생하도록 하였다[5].



[Figure 11] Decision algorithm flow for worker's running.

작업자가 달리는 속도는 2차원 평면에서 일정시간 동안 움직이는 수직/수평 방향의 거리를 계산하여 산출하였다[Fig 12].

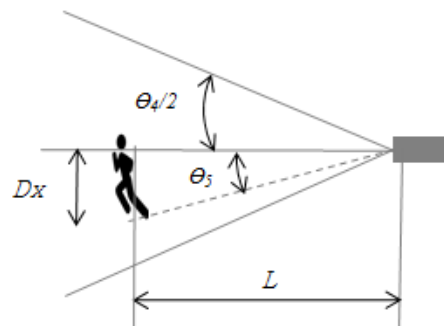


[Figure 12] Camera vertical calibration for worker's running.

카메라로부터 움직이는 작업자와의 수직방향에 대한 거리  $D_y$ 를 구하는 산출 공식은 식 (1)과 같다. 여기서  $\theta_1$ 은 카메라 틸트 값으로부터 구할 수 있고,  $\theta_2$ 는 카메라 수직 화각에서,  $\theta_3$ 는 영상으로부터 획득한다.

$$D_y = \frac{H}{\tan\left(\theta_1 - \frac{\theta_2}{2} + \theta_3\right)} \quad (1)$$

카메라로부터 움직이는 작업자와의 수평방향에 대한 카메라로부터 대각선 거리  $L$ 을 구하는 산출 공식 및 카메라 영상의 중심으로부터 떨어진 거리  $D_x$ 를 구하는 방법은 [Fig. 13]과 같고, 산출 공식은 식 (3), 식 (4)이다. 여기서  $\theta_4$ 는 카메라 수평 화각을 이용하여 계산할 수 있고,  $\theta_5$ 는 영상으로부터 획득한다.



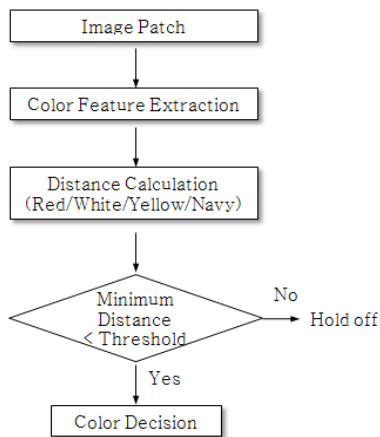
[Figure 13] Camera horizontal calibration for worker's running.

$$L = \sqrt{D_y^2 + H^2} \quad (2)$$

$$D_x = \tan\theta_5 \times L \quad (3)$$

위험 작업 지역에서 규정된 보호구를 착용하는 것은 중요하다. 작업 규정에 맞는 보호구 착용여부를 감지하기 위하여 이동물체 탐지 및 추적 기법과 함께 보호구의 색상을 검출하여 분석하는 방법으로 규정된 장소에서 일반 작업용 보호구와 위험 작업용 보호구를 혼착할 경우 경보가 발생하도록 설계하고 알고리즘을 구현하였다[Fig. 14].

먼저 영상 이미지의 추적된 레이블에서 YUV/HSV 공간의 Integral 이미지를 형성하고 Patch 크기 및 위치를 변경하여 해당 레이블 영역으로부터 YUV/HSV 특징을 추출하였다. 미리 정의된 색상 모델들과의 거리 및 Patch 크기를 고려하여 색상 Score를 계산하여 각 색상에 대한 최대 스코어가 특정 임계값보다 클 경우, 레이블 영역에 해당 색상의 작업복이 있다고 판단하고, 2개 이상의 색상 스코어가 임계값보다 클 경우, 해당 색상의 작업복이 모두 레이블 내에 존재한다고 판단하였다.



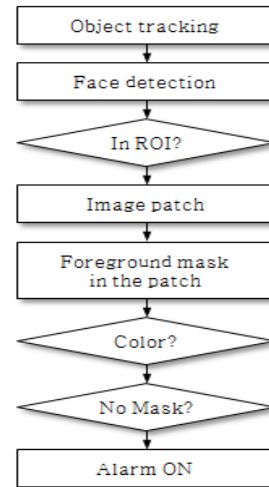
[Figure 14] Decision algorithm flow for mixed smock.

서로 다른 색상으로 판단된 레이블이 존재하거나, 서로 다른 색상의 보호구가 함께 있는 레이블이 존재하는 프레임이 특정 수 이상 연속될 경우 이중복장으로 판단하여 알람이 발생하도록 구성하였다[Fig. 15].



[Figure 15] Sample image of mixed smock

기화성이 높은 Chemical이나 Gas를 취급하는 작업 시 방독면 착용은 필수적이다. 위험지역 작업 구역별로 보호구 색상에 따라 방독면을 착용해야 하는 작업 규정이 있으며 해당 상황에서 방독면을 착용하지 않았을 경우, 알람을 발생하도록 구성하였다. 방독면 착용 여부에 대한 결정은 얼굴 특징을 Random Forest에 적용하여 판단하였으며, 이를 보호구 색상에 대한 판단과 조합하여 최종 알람 여부를 결정하였다[Fig. 16].



[Figure 16] Decision algorithm flow for gas mask.

우선 영상 이미지에서 사람을 추적하고 Cascade 로 구성된 Adaboost로 얼굴을 검출하였는데 N개의 각 Stage에서 얼굴이 아닌 영역은 Reject하고, 마지막 Stage까지 통과한 영역은 얼굴 영상으로 Accept하는 방법을 사용하였다. 얼굴로 판단되었을 경우, 얼굴 영역에 대해 Equalized Intensity 이미지와 Edge 정보 특징을 추출하고 각 특징에 대해 Posterior probability를 Decision Tree를 사용하여 계산하였다. 계산 결과, 방독면을 착용하지 않은 맨 얼굴일 확률값이 50% 이상일 경우 방독면 미착용으로 판단하고 알람 대상 보호구인지 여부를 최종 확인 후 알람을 발생하도록 구성하였다. 알람 대상 보호구 색상은 안전보호구 표준에 의해 Chemical 작업장에서는 노란색 전신방화복일 경우[Fig. 17], Gas 작업장에서는 빨간색 방염복일 경우이다.



[Figure 17] Sample image of no gas mask.

Chemical 작업장에서 사용하는 드럼통의 경우 기울 이거나 드럼통을 세게 미는 등 위험한 작업 행동 시 경보가 발생하도록 구성하였다. 드럼통의 경우, 보는 각도에 따라 다양한 모습으로 변화하기 때문에 드럼통 인지 여부를 확인하기 어렵다. 보다 드럼통을 쉽게 인식하기 위하여 노란색 띠를 표준화하여 부착하여 드럼 통의 Edge와 조합하여 드럼통 여부를 인식하였다. 색상 및 Edge로부터 Feature Pyramid Image를 생성하고 얼굴 검출과 동일한 방식으로 Cascade로 구성된 Adaboost로 드럼통 여부를 판단하였다. 드럼통의 기울 임을 감지하기 위하여 노란색 띠 영역의 기울기를 계 산하고 계산된 각도가 일정 수준 이상일 경우 기울임 경보를 발생하였다[Fig. 18].



[Figure 18] Sample image of drum tilt.

현장에서 실제 화면을 모니터링 해보면 화학물질이 저장된 드럼통을 작업자가 밀어 던지는 상황을 가끔 목격할 수 있다. 이는 드럼통이 넘어지거나 다른 시설 물에 부딪혀 파손될 경우 매우 위험한 상황을 야기하 기 때문에 금지되어야 하는 행동이다. 드럼통을 밀어 던지는 행동을 감지하기 위해 드럼통이 움직일 경우, 작업자와 분리되어 있는지 검출하고 작업자 없이 움직 일 경우 경보를 발생하도록 구성하였다[Fig. 19].



[Figure 19] Sample image of pushing drum.

### 3. 결론

개발된 알고리즘을 사용하여 작업자 위험 상황(달리기, 쓰러짐) 및 위험 행동(드럼통 굴리기, 밀어던지기), 보호구 착용 규정 준수 여부(방독면 미착용, 보호구 혼합 착용)에 대한 감지 여부를 Chemical room 및 Gas room 현장에 적용하였다.

195대의 CCTV 카메라 중 위험작업 장소에 따라 달리기 20대, 쓰러짐 57대, 이중보호구 55대, 방독면 미착 용 52대, 드럼통 기울임과 밀어던지기 11대에 적용하고 1개월간의 데이터를 분석하였다.

총 587,465 건의 이벤트가 발생하였고 그중에 False positive, 즉 잘못 판단된 오보는 총 1,234건으로 0.21%의 오보율을 보였으며, 실제 발생한 396건의 비 정상 이벤트에 대한 True positive, 즉 실보는 376 건 으로 95%의 감지율을 나타내었다[Table. 1].

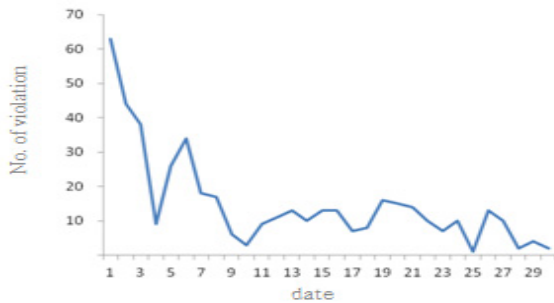
[Table 1] Implementation Results

Type	Normal Events	False Positive	Abnormal Events	True Positive	True Positive Ratio(%)	False Positive Ratio(%)
Run	48,841	357	27	26	96.30%	0.73%
Fall & Slip	121,523	223	2	2	100.00%	0.18%
Smock	120,605	338	104	98	94.23%	0.28%
Mask	117,502	207	241	229	95.02%	0.18%
Drum	178,994	109	22	21	95.45%	0.06%
<b>SUM</b>	<b>587,465</b>	<b>1,234</b>	<b>396</b>	<b>376</b>	<b>94.95%</b>	<b>0.21%</b>

한편, 지능형 CCTV 영상분석 시스템을 현장에 적용 후 작업자의 안전에 대한 의식이 확산되고 실시간 모니터링을 운영을 통하여 안전작업 규정 위반자 발생시 알람을 발생시켜 현장을 즉시 개선하는 체계를 구축하여 보호구 미착용 등의 작업 안전 규정을 위반하는 횟수가 감소하고 있으며 향후 더욱 개선될 것으로 예상된다[Fig. 20].

본 논문에서는 안전작업 위험상황에 대응하기 위한 CCTV 영상분석 시스템 구축에 대한 구성 방법에 대 해 논하고 제시한 다양한 알고리즘을 활용하여 위험한 지역에서 작업자의 동작이나 주변 상황 요인을 감지하

여 안전사고나 위험한 상황을 예방하고자 구축된 시스템이 유효하게 작용하였음을 확인하였다.



[Figure 20] No. of violation of safety working rule.

본 논문을 기반으로 위험 작업으로부터 작업자를 보호할 수 있는 기반을 구축하고, 관리가 어려운 위험 작업 현장의 사각지대에 확대 적용하여 안전사고 예방에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

#### 4. References

- [1] Heinrich, H. W., Petersen, D., & Roos, N. (1980). Industrial accident prevention (p. 27). New York: McGraw-Hill.
- [2] Vincent, O. R. & Folorunso, O. (2009), "A descriptive algorithm for sobel image edge detection.", In Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (InSITE), vol. 40, pp. 97-107.
- [3] Nodes, T. & Gallagher Jr, N. (1982), "Median filters: some modifications and their properties.", IEEE Transactions on Acoustics Speech and Signal Processing, pp. 739-746.
- [4] Burges, C. J. (1998). "A tutorial on support vector machines for pattern recognition.", Data mining and knowledge discovery, 2(2), pp. 121-167.
- [5] Bertozz, M., Broggi, A., & Fascioli, A. (1998), Stereo inverse perspective mapping: theory and applications. Image and Vision Computing, 16(8), pp. 585-590.

#### 저자 소개

##### 장 현 성



성균관대학교 기계공학과 학사,  
한양대학교 대학원 전자통신전파  
공학과 석사, 서울과학기술대학교  
원 경영학과 박사과정 수료  
관심분야 : 인공지능, 안전경영