

# 이미지 프로세싱을 활용한 개구부 추락 사고예방에 관한 연구

## A Study on Prevention of Construction Opening Fall Accidents Introducing Image Processing

홍성문<sup>1)</sup>, 김병춘<sup>2)</sup>, 권태환<sup>3)</sup>, 김주형<sup>4)</sup>, 김재준<sup>5)</sup>

Hong, Sung-Moon<sup>1)</sup> · Kim, Buyng-Chun<sup>2)</sup> · Kwon, Tae-Whan<sup>3)</sup> · Kim, Ju-Hyung<sup>4)</sup> · Kim, Jae-Jun<sup>5)</sup>

Received May 25, 2016; Received June 15, 2016 / Accepted June 16, 2016

**ABSTRACT:** While institutional matters such as improvement on Basic Guidelines for Construction Safety are greatly concerned to reduce falling accidents at construction sites, there are short of studies on how to practically predict accident signs at construction sites and to preemptively prevent them. As one of existing accident prevention methods, it was attempted to build the early warning system based on standardized accident scenarios to control the situations. However, the investment cost was too high depending on the site situation, and it did not help construction workers directly since it was developed to mainly provide support operational work support to safety managers. In the long run, it would be possible to develop the augmented reality based accident prevention method from the worker perspective by extracting product information from BIM, visually rendering it along with site installation materials term and comparing it with the site situation. However, to make this method effective, the BIM model should be implemented first and the technology that can promptly process site situations should be introduced. Accordingly, it is necessary to identify risk signs through lightweight image processing to promptly respond only with currently available resources. In this study, it was intended to propose the system concept that identified potential risk factors of falling accidents by histogram equalization, which was known as the fastest image processing method presently, used visual words, which could enhance model classification by wording image records, to determine the risk factors and notified them to the work manager.

**KEYWORDS:** Image Processing, Histogram, Fall Disaster Management

**키워드:** 이미지 프로세싱, 히스토그램, 추락재해관리

### 1. 서론

#### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근 건설현장에서 협소한 장소의 위험요소 및 개구부의 존재를 인식하지 못한 채 자재를 옮기던 도중 추락한 사건이 빈번히 발생하고 있으며, 건설현장에서의 안전사고는 인명손실이 이어지고 공사기간의 지연과 함께 비용 손실에 원인이 되므로 안전사고 예방 중요성이 점점 커지고 있다(조재환, 2012). 모듈화나 자동화 시공을 도입해 현장에서 발생하는 위험을 최소화

시키는 지속적인 시도가 있지만, 아직까지도 대부분의 작업은 노무자에 의한 수작업이 주를 이루고 있으며, 현장 여건에 따라 예상하지 못한 돌발위험요인이 발생하고 있다. 이에 따라 현장의 정보를 실시간으로 수집해 위험요인을 줄이고자 하는 체계와 함께, 공사기간준수를 위해 작업속도를 빠르게 하는 것 보다 안전에 더 주안점을 두는 인식의 전환도 필요하다는 주장도 있다(오명호, 2014).

양용철 외(2004)는 건설공사 안전사고 예방을 위한 안전관리 체크리스트 개선과 공정관리와의 연계운영 방법으로 체크리스

<sup>1)</sup>학생회원, 한양대학교 건축공학과 석사과정 (sm.hong@icloud.com)

<sup>2)</sup>정회원, 대방건설, 사원 (hideggg@naver.com)

<sup>3)</sup>학생회원, 한양대학교 건축공학과 박사과정 (kwon2130@hanmail.net)

<sup>4)</sup>정회원, 한양대학교 건축공학과 교수 (kcr97jkh@hanyang.ac.kr) (교신저자)

<sup>5)</sup>정회원, 한양대학교 건축공학과 교수 (jjkim@hanyang.ac.kr)

트가 시간개념을 갖고 체계적으로 활용되어 안전사고를 예방할 수 있도록 시도하였다. 모든 작업은 노무자가 자재와 장비를 이용하여 진행된다. 안전사고는 이러한 작업도중에 발생하는 것으로 안전사고 예방을 위한 노무자와 관리자의 활동에 의해 저감될 수 있다. 그러나 안전관리 활동이 개인의 주관적 경험과 기술력에 의해 이루어짐에 따라 노무자와 관리자가 효과적으로 안전관리 활동을 수행하기 어려운 상태이다. JieGong(2011)은 Bag-of-video Feature model을 통해 백호와 거푸집 설치 작업자의 모션 분류방법을 제시 하였다. 영상에서 배경모델과 현재프레임의 차이를 통해 움직이는 물체를 추적하고, 그 물체의 코너를 검출하여 모션에 대한 정의를 내려 수많은 영상 테스트를 통하여 수집된 모션을 코드북으로 만들었다. 이후 실시간으로 영상을 받아들여 데이터 분석을 통해 어떤 모션을 취하고 있는지 판단하는 모델로 작업 모션과 비작업 모션을 구분해내는 시물레이션 방법도 활용되고 있다.

BIM(Building Information Modeling)에서 제품정보를 추출하고 이에 현장 가설자재까지 시각적으로 표현해 이를 현장 상황과 비교하면서 근로자 관점의 증강현실 사고예방 방법을 개발할 수 있겠지만, 이 방법이 효과를 거두기 위해서는 BIM모델이 먼저 구축되어 있어야 하고 현장 상황을 빠르게 처리할 수 있는 기술이 도입되어야 한다. 이에 따라 현재 가용 자원만으로도 신속히 대응할 수 있는 가벼운 이미지 프로세싱을 통한 위험징후 파악이 필요하다.

히스토그램 이진화(Histogram Equalization)와 이미지워드 기록으로 신호전달시스템과 이미지 프로세싱을 통해 작업환경을 구축하고, 이미지기록 및 관리자에게 신호전달 하는 시스템으로 건설현장에서 신뢰성 있는 안전관리를 할 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 개구부 추락사고 예방에 관한 과거의 통계자료와 추락요인에 기여하는 자료들을 분석하고, 각각의 개구부의 유형과 위험요소를 바탕으로 대상이미지를 선정한 후 이미지 프로세싱의 영상처리를 통하여 기존의 기록된 이미지와 일치할 경우 위험신호를 관리자에게 전달하는 방법으로 시스템을 구축하였다.

## 2. 건설현장 사고유형 이론고찰

### 2.1 공종별 사고유형

일반적으로 건설업에서 발생하고 있는 사고 유형을 보면 추락, 낙하, 비래, 붕괴, 도괴, 감전 등 재래형 사고가 매년 상당부분을 차지하고 있으며, 특히 대형건설업체에 비해 중소형 건설업체에서 발생 빈도가 높다.

건설사고조사업무 매뉴얼에서 중대건설사고의 발생 유형을 전도, 붕괴, 폭발, 충돌 및 기타 사고 등으로 분류하고 있으며,

사고 발생빈도가 비교적 높은 추락, 전도, 충돌 등은 작업자의 안전과 직결되기 때문에 특별관리 할 필요가 있다(조재환, 2012).

한국 KOSHA(Korea Occupational Safety & Health Agency) 과 미국 OSHA(Occupational Safety & Health Administration) 기준으로 한국산업안전보건 관리공단(KOSHA)은 건설업안전보건기술지침 기준으로 산업안전 보건기준에 관한 규칙을 국내실정에 맞게 제정하여 기술적으로 설명한 지침인 KOSHA CODE 와 법령에서 제정한 최소 수준 이상의 사업장의 안전보건 향상을 위한 기술지침서인 KOSHA GUIDE를 제정하여 공시하고 있으며, 건설 공종 및 작업자 형태별 다양한 안전재해예방관련 건설기술 자료를 발간하여 안전 재해예방의 기준을 마련하고 있다(안전보건공단공정안전지침, 2012).

미국연방정부는 직업 안전 및 보건법령을 제정함으로써 미국 노동성 산하의 직업 안전 위생국을 설립하여 위생 및 안전과 관련된 기준들에 대한 새로운 설정과 안전 훈련의 제공, 위생 및 안전에 관한 통계 데이터베이스의 관리 등의 임무를 수행하고 있다. 건설업에서의 안전사고예방을 위한 OSHA의 Construction Standard(29CFR1926)는A~Z까지의 세부항목으로 구분하고 있으며, 세부 항목별작업의 형태 및 하부 상세 안전 작업요소들을 기술 하고 있다(양회령, 2012). 건설재해는 재해 당사자에게 신체적·정신적 피해를 입힐 뿐만 아니라 기업에게도 이에 따른 직·간접비용을 부담케 하여 기업 이윤을 감소시키는 결과를 가져온다(유승일, 2000). 또한, 우리나라에서 개구부 추락 사고의 손해배상 산정에 있어서 사업자와 피해근로자의 과실비율에 대한 문제점도 제기되고 있다. 제정한 산업안전보건법 및 산업안전보건기준에 관한 규칙을 개선하여 적절한 작업환경을 조성하고 있지만 근로자들의 사고는 늘어난 가고 있다.

### 2.2 기인물에 따른 개구부 사고 빈도

추락재해를 발생시키는 기인물에 대하여 중대재해를 대상으로 분석한 결과 개구부에 기인한 추락이 가장 많고 다음으로 비계, 작업발판, 건설기계기구, 가설구조물, 간이달비계, 사다리 등의 순서로 추락재해를 많이 일으키는 기인물이 되고 있다(이진섭, 2009).

Table 1. The number of deaths

original cause material	opening	scaffolding	walk plate	construction equipment	structure	suspended scaffolding	ladder	ETC
casualties	152	27	22	22	19	17	14	31

개구부 추락사고 예방에 관한 연구는 중소규모의 현장소장 및 관리감독자의 설문조사 결과를 살펴보면 사업주의 안전의식

이 보통 이상이 84%, 현장관리자의 안전의식이 보통 이상 99%로 나타나 사업주 및 현장관리자의 안전의식을 상당히 높은 수준으로 자평 하고 있음을 알 수 있다. 실질적으로 현장의 안전 시설물 설치 및 유지관리 상태나 개인 보호구 착용상태 안전 교육실시 상태 등의 안전업무를 종합적으로 살펴보았을 때 안전과 관련한 객관적인 평가는 매우 낮은 것으로 나타났다(이진섭, 2009). 주로 안전의식에 관한 간접비의 지출을 높이는 방향으로 연구가 진행되고 있다. 이는 건설현장의 안전관리 비용에 대한 비중이 적은 원인 때문이라고도 보여 진다.

개구부의 안전시설 설치가 미비한 원인으로 안전관리비 사용이 어려운 영향이 매우 크다가 13%, 비교적 영향이 있다가 40%, 보통 25%, 별로 영향이 없다가 15%, 거의 영향이 없다가 7%로 나타나 현실적으로 중소규모 건설 현장에서 안전관리비 사용에 어려움을 나타내고 있으며 그밖에도 여러 가지 척도에서 영향을 설문 조사 하였다(이진섭, 2009). 안전난간 미설치로 인한 작업 발판에서의 추락재해 원인을 조사한 결과 영향이 매우 크다가 44%, 비교적 영향이 있다가 36%, 보통 19%, 별로 영향이 없다가 1%, 거의 영향이 없다가 0%로 작업 발판에서 추락 재해를 예방하기 위하여 안전난간 설치는 매우 중요하게 인식하고 있는 것으로 나타났다(이진섭, 2009). 개구부 덮개 설치가 늦게 되면 자재 등으로 임시 설치하게 되고, 이로 인하여 뒤집히거나 떨어질 위험이 있어 근로자는 추락의 위험에 노출되고 있는 실정이다. 한국산업안전공단에서는 5cm 이상의 크기를 개구부로 간주하고, 개구부 덮개는 개구부 보다 10cm 정도 크게 설치하라고 권고하고 있다(이경원, 2011).

### 2.3 안전사고예방 이론고찰

안전관리 및 제도개선에 관한 연구로는 김종국(2004)의 건설공사의 추락 재해 대책 연구와 안태우(2010)의 국내 건설공사 안전교육 현황 분석을 통한 합리적인 개선방안 연구가 있다.

김태훈 외(2013)는 BIM(Building Information Modeling)을 활용한 현장적용 안전관리 프로세스 제안으로 다양한 각도의 시공부위 체크 가능, 위험요소에 대한 원활한 의사소통 제공, BIM을 통한 최적의 가설계획 등으로 다양한 시도를 했다.

김진원 외(2010)의 건설재해의 유형분석을 통한 안전사고 저감방안에 관한 연구와 양용철 외(2004)의 안전관리 체크리스트 개선과 공정관리와의 연계운영 방법을 통한 건설공사 안전사고 예방에 대한 연구, 그리고 이주성 외(2009)의 건설현장 안전관리 성공요인 분석을 통한 자율안전 관리 활동 개선에 관한 연구가 있다.

임혜리 외(2010)의 건설공사 재해 발생 사례분석을 통한 안전 관리 및 안전관리제도 개선방안에 관한 연구, 그리고 이규진(2009)의 중소규모 건설현장 재해원인 분석 및 제도적 개선방안

에 대한 연구논문이 있다. 그리고 건설재해의 원인 추적 모델을 통한 근로자의 재해 예방 방안에 대한 연구 그리고 건설재해 원인 세분화를 통한 관리활동의 효율화에 대한 연구가 있다.

Paltrinieri(2012)는 힘든 작업과 위험요소가 함께 작용하는 전형적인 사고 시나리오 프로세스 HAZID(HAZard IDentification)을 개발했다. 또한, Massaiu(2010)은 조기경보지표의 개발을 위한 방법론으로 REW(Resilience based Early Warning Indicator)와 Dual Assurance Method의 방법론은 작업 단위 내에서의 조직 활동의 안전 수준을 설명하는 안전성 지표를 설정하는 것을 목적으로 안전 성능기반의 방법이다. 또한 체계적인 조기경보시작을 위해서 예방할 수 있는 리스크 제어 시스템키(Risk Control System)를 개발하였다. 이 방법은 위험요소와 저장 및 취급에서 발생할 수 있는 위험한 사고를 방지하기 위해 공정안전관리 시스템을 적용했다(Paltrinieri, 2012)

HSE(Health Safety Executive) Guidance Series(2011)는 보건안전관리국 경영진에 의해 개발된 Dual Assurance Method의 응용프로그램에 RCS(Risk Control System)을 적용하였다. 탄력성을 기반으로 조기경보표시(REW)는 탄성공학이론에 기초하여 인디케이터 시스템을 개발하는 목적으로 시작하였고, 이것은 독립형 시스템으로 사용될 수 있으며, 증강현실과 같은 다른 방법에 의한 지표들로도 활용이 가능하다(Massaiu, 2010).

### 2.4 BIM 형상정보와 증강현실을 활용한 추락사고 예방방법 고찰

증강현실이란 실제세계의 영상에 가상의 3차원 그래픽을 덧입혀 마치 실제로 존재하는 것처럼 보이게 함으로써 현실세계의 정보를 더욱 폭넓게 가시화할 수 있는 가시화 기법이다(Vallino, 1998). 증강현실은 실제세계를 기반으로 컴퓨터 그래픽이나 필요한 정보를 추가하여 가시화함으로써 가상현실보다 쉽고 뛰어난 현실감을 표현할 수 있다. 또한, 필요한 정보를 직관적으로 획득할 수 있게 한다(정동영, 2010). 카메라와 마커를 이용한 뛰어난 조작 감으로 다른 어떠한 가시화 방법보다도 뛰어난 현장 몰입감을 제공하며 직접 눈으로 관찰하기 어려운 개구부나 덕트 등을 간단한 마커 인터랙션을 이용하여 현실에서 즉시 적용할 수 있어 증강현실 기술의 활용도가 높다. 인터랙션은 현실에서 확인이 어려운 일을 미리 설정하여 별도의 작업 없이 마커 인식만으로도 설정된 데이터를 가시화할 수 있어 3차원 정보를 가상 콘텐츠로 가시화할 수 있는 특징을 가지고 있다(허경진, 2012). 그리고 ARToolKit을 사용하여 생성된 건물 모델을 증강하고 큐빅 마커를 조작하여 건물의 여러 요소를 확인하였다(박소영, 2005). 증강현실 시스템을 이용하여 실시간으로 건물에 대한 정보를 획득하며, 이를 통하여 의사결정에 도움이 되도록 하는 것은 추락안전사고를 위한 사전예방에 도움이 될 것이다. 그러

나 아직까지 직관적이고 빠른 반응 속도를 가진 소프트웨어 처리 기술의 부족으로 당장 적용하기에는 어려운 부분이다.

## 2.5 이미지프로세싱 및 히스토그램 이진화 이론고찰

이미지 프로세싱이란 영상에 담겨 있는 정보들을 인간이 이해하기 쉽도록 수집, 획득, 정량화하는 과정을 통해 자동으로 영상 데이터를 처리하는 기술이다. 일반적으로 디지털 영상처리는 영상을 카메라나 스캐너를 사용하여 전기적신호를 통해 데이터를 얻은 후 여러 가지 목적에 따라 컴퓨터 알고리즘을 적용하여 처리하는 과정을 거친다(서창현, 2002).

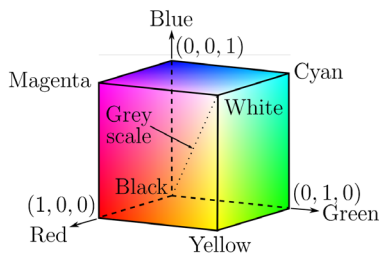


Figure 1. RGB color cube

NTSC(National Television System Committee) 규격에 따르면 영상은 525개의 주사선과 60Hz의 수평 주파수를 유지하며, RGB(Red Green Blue) 신호를 하나의 휘도 신호(Y)와 두 개의 색상 신호 (I, Q)로 변환하여 전송한다. YIQ(YCbCr Inphase Quadrature) 신호를 사용하면 RGB 신호에 비해 2가지의 장점이 있다. 흑백 화면만 필요한 경우에는 Y만을 사용하여 그레이스케일 영상을 얻을 수 있다는 것이다. 따라서 컬러 TV와 흑백 TV간의 호환성을 유지 할 수 있다. I신호와 Q신호는 Y신호에 비하여 적은 대역폭으로도 충분하다는 점이다. 그렇기 때문에 화질의 저하가 없이도 압축 효과를 거둘 수 있다(김정용, 2001).

Table 2. The relationship between RGB and YIQ values(서창현, 2002)

$Y=0.299R+0.587G+0.144B$	$R=1.000Y+0.956I+0.621Q$
$I=0.5996R-0.274G-0.322B$	$G=1.000Y-0.272I+0.647Q$
$Q=0.211R-0.523G+0.312B$	$B=1.000Y-1.106I-1.703Q$

RGB와 YIQ는 모두 하드웨어 위주의 체계이다. RGB는 카메라의 센서와 디스플레이 발광소자가 동작하는 방식에서 유래한 것이고 YIQ는 방송을 위한 것이다. 컬러텔레비전 방송에 쓰이는 컬러 모델 RGB가 아닌 YIQ 컬러 시스템이다. Y는 명시도(luminance)로서 전색상에 걸친 단색 영상의 밝기로서 흑백 수상에 나타나는 영상이다. I신호는 적색(Red)에서 시안색(Cyan)을 뺀 것이고, Q는 마젠타 색(magenta)에서 녹색(Green)을 뺀

것이다. YIQ체계와 RGB체계의 관계는 위의 표를 보면 알 수 있다(서창현, 2002).

명도 히스토그램이란 각 명도에 대해 영상 안에서 그 명도를 가지는 픽셀의 개수를 보여주는 함수이다. 히스토그램의 수평축은 명도 값이고 수직 축은 픽셀의 개수이다. 히스토그램은 각 명도를 가지고 있는 픽셀들의 개수를 나타내지만, 그 픽셀들이 어디에 위치하는지에 대해서는 전혀 정보를 주지 않는다. 따라서 어떤 영상에 대한 히스토그램은 유일하지만 그 역은 성립하지 않는다. 즉 상당히 다른 영상들도 같은 히스토그램을 가질 수 있다. 또한 영상 안에서 물체를 이동하는 연산은 히스토그램에 영향을 끼치지 않는다(김정훈, 2014).

## 2.6 컴퓨터 비전에 대한 최신 사례 연구 고찰

컴퓨터 비전 기술은 사진이나 영상 데이터로부터 실제 상황에 대한 정보들을 자동 추출하는 기술이다. 사람의 시각과 인지 능력을 일부 대체하는 목적도 있지만, 다른 한편으로는 사람이 인식하기 어려운 부분까지 감지하기도 한다. 문서 자료로 부족한 부분을 보완하기 위한 목적으로 사진 자료는 오래 전부터 활용되어 왔다(박만우, 2015). 깊은 영상에 대한 접근성이 용이해지면서 다양한 연구 분야로 컴퓨터 비전의 모션과 깊이 영상을 이용한 연구들이 진행되고 있다. 모션을 정확히 인식하기 위해서는 안정적인 데이터를 활용할 수 있어야 하지만 깊이 있는 이미지는 노이즈를 포함한다. 이러한 노이즈는 모션 인식 시스템의 성능에 영향을 줄 수 있기 때문에 효과적으로 노이즈를 억제하는 방법이 필요하다(김근준, 2015). 이는 깊이 영상의 안정화를 위하여 윈도우 마스크를 이용한 공간 영역 안정화를 수행한 후 이전 프레임 정보와 현재 프레임 정보를 이용한 시간 영역 안정화 방법을 사용한 것이다. 이것은 효율적인 컴퓨터 비전 시스템을 위한 깊이 영상 안정화 방법의 하드웨어를 구현한 방법이라고 할 수 있다.

## 3. 이미지 프로세싱을 활용한 영상처리 방법

### 3.1 이미지 프로세싱 분석 방법

영상처리 시스템구조와 과정은 간단하다. CCD(Charge Coupled Device) 카메라의 전자장치가 CCD출력을 압축시켜 표준 비디오 신호로 만든다. 프레임 그래버(Frame Grabber)라 불리는 컴퓨터에 장착되어 있는 카드가 영상을 샘플링하고 신호를 디지털화 하여 컴퓨터의 메모리에 디지털 영상을 저장 한다. 메모리에

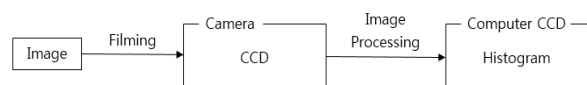


Figure 2. Image processing system



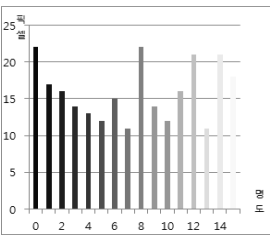
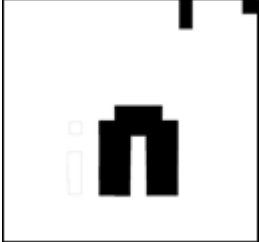


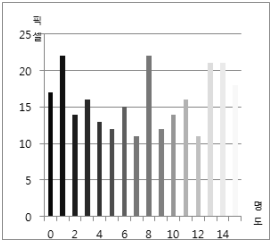
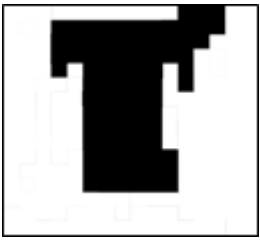


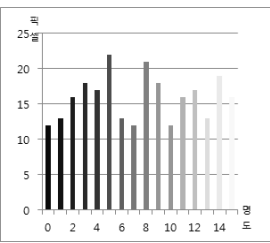
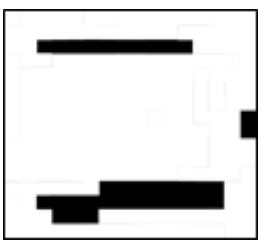


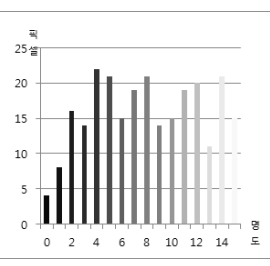
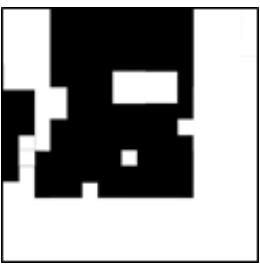
기억된 데이터를 컴퓨터시스템을 이용하여 영상처리를 한다.

디지털 영상처리 과정에서 가장 간단하면서도 많이 쓰이는 도구 중에서 히스토그램 이진화(histogram equalization)을 이용한 방법이 있는데, 256 그레이 레벨 영상에서는 명암 값의 범위가 0부터 25까지의 값을 가지고 있으며, 각 명암 값의 빈도수를 조사한 후, 그래프의 높이로 나타낸다. 히스토그램은 계산이 간편하기 때문에 여러 영상처리에 이용된다. 영상을 분석하기 위한 많은 방법 가운데 가장 간단한 방법이 문턱 값을 이용한 이진화이다. 이진화란, 영상을 검정색과 흰색 두 개의 값으로 표현하는 기법인데, 명도 값으로 표현하는 경우 보통 0 또는 25의 값으로 표현한다. 이는 물체와 배경을 분리하거나 일정한 그레이 레벨이상의 픽셀만 추출하고 싶을 때, 영상의 전체적인 정보를 간략하게 하고 싶을 때 등 많은 이미지 처리의 전처리 과정으로 이용되고 있다. 그림에서 입력 영상에 대한 히스토그램과 문턱 값을 이용하여 이진화 하는 내용을 나타내었다. 이동표적

에 대한 추적 작업을 실시간으로 수행하기 위하여 표적의 진입 여부에 대한 판단이 매우 신속히 이루어져야 한다. 만약 촬영된 영상들을 분석하는 시간이 길어져서 분석시간 중에 진입하는 표적이 발생하면 이 표적에 대한 추적 작업이 원만히 수행될 수 없다.

따라서 본 논문에서는 참조 영상과 현재 영상에 차연산을 적용하여 표적 진입을 탐지하는 방법을 사용한다. 이동 표적의 진입을 탐지하기 위하여 참조영상과 현재영상에 대하여 각 셀의 평균과 분산을 산출한 결과 값이 임계 값 이상이면 해당 셀은 동작 셀이고, 임계 값 이하이면 비동작 셀이다. 본 문에서는 개미와 같이 아주 작은 물체를 추적하기 보다는 사람이 인식할 수 있는 정도의 거리에 있는 어느 정도의 크기를 가지는 물체를 추적하고자 하므로 동작 셀로 판정되는 셀이 두 개 이상이면 물체가 감시영역으로 진입하고 있는 것으로 정의한다.

Table 3. Application of color image converted to shadow images

original image	gray scaled image	histogram	image word
			
			
			
			

### 3.2 이미지 프로세싱 및 히스토그램 이진화 활용 방법 제안

현장에서 실시간으로 영상을 촬영하고 영상처리를 통하여 기존의 기록된 이미지와 일치 할 경우 시스템에서 신호를 전달할 수 있도록 구축한다.

RGB컬러영상을 음영영상으로 바꾸기 위해서는 컬러 정보를 명도 정보로 바꾸는 것이 필요하다. RGB 컬러값을 명도 값으로 바꾸는 가장 간단한 방법은 세 가지 색의 평균값을 명도로 삼는 것으로,  $Brightness=(R+G+B)/3$ , 또는  $Brightness=0.333R + 0.333G + 0.333B$  와 같은 수식을 이용하는 방법이다. 이보다 더 널리 이용하는 방법은 NTSC(National Television System Committee) 표준으로 사용되는  $Brightness=0.299R + 0.587G + 0.114B$ 를 이용하는 것이다.

히스토그램 이진화 및 이미지워드 추출과정에서는 영역 분할을 위해 아래와 같이 계산한다.

클래스내 분산( $\sigma_w^2$ ) 계산,

$$\sigma_w^2(t) = w_1(t)\sigma_1^2 + w_2(t)\sigma_2^2(t) \quad (1)$$

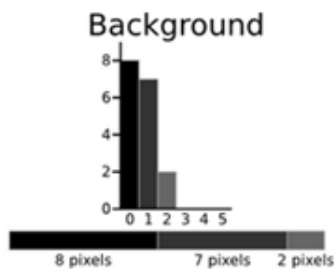
클래스간 분산( $\sigma_b^2(t)$ )

$$\sigma_b^2(t) = \sigma^2 - \sigma_w^2(t) = w_1(t)w_2(t)(m_1(t) - m_2(t))^2 \quad (2)$$

$$\text{Within Class Variance } \sigma_w^2 = W_b \sigma_b^2 + W_f \sigma_f^2 \quad (3)$$

$$= 0.4637 + 0.5278 \times 0.5152 = 0.4909$$

위의 수식과 Background, Foreground를 통해 컴퓨터는 이미지워드와 수치 값을 인식하고 판단을 하게 된다. 여기서 가중치(w)란 전체 영상에서 그 클래스에 해당하는 픽셀이 나타날 확률을 의미한다.



Background

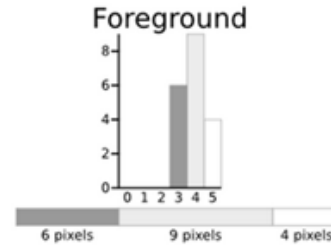
$$\text{Weight } w_b = \frac{8+7+2}{36} = 0.4722$$

$$\text{Mean } m_b = \frac{(0 \times 8) + (1 \times 7) + (2 \times 2)}{17} = 0.6471$$

$$\text{Variance } \sigma_b^2 = \quad (4)$$

$$\frac{((0 - 0.6471)^2 \times 8) + ((1 - 0.6471)^2 \times 7) + ((2 - 0.6471)^2 \times 2)}{17}$$

$$= 0.4637$$



Foreground

$$\text{Weight } w_f = \frac{6+9+4}{36} = 0.5278$$

$$\text{Mean } m_f = \frac{(0 \times 6) + (1 \times 9) + (2 \times 4)}{17} = 3.8947$$

$$\text{Variance } \sigma_f^2$$

$$= \frac{((0 - 3.8947)^2 \times 8) + ((1 - 3.8947)^2 \times 7) + ((2 - 3.8947)^2 \times 2)}{17}$$

$$= 0.5152$$

단일 임계값에 대한 전경과 배경의 차이로 클래스간 분산은 클래스내 분산의 역이므로 클래스간 분산의 최대값을 구하고, 그때의 임계값을 찾아내는 것이다.

축적된 Database를 통해 이미지 프로세싱과 Work Sampling, Video Editing 기법을 사용하여 BIM 모델과의 연계방안을 제시할 수 있다.

### 3.3 이미지워드 기록 및 신호전달 시스템 방법

기존에 기록된 이미지 워드와 일치 할 경우 관리자에게 신호 전달을 한다. 이는 증강현실기반 BIM형상정보데이터를 일련의 소프트웨어로 가공하여 증강현실 콘텐츠로 변환하는 단계를 말한다. BIM형상정보를 증강현실기법에 활용하여 3차원 인지공간에서 가시화함으로써 건물의 내외부 위험구간의 요소를 분석하는데 용이하다. 이것은 안전을 위한 건축계획 및 설계과정에서 형상정보가 수정될 경우 최종 가시화되기까지 소요되는 비용과 시간을 단축시킬 수 있다. 그러므로 사고예방을 위한 BIM형상정보와 증강현실 환경에서 효과적인 방법으로는 카메라와 마커를 이용한 슬라이스 컷으로 인터랙션을 제안할 수 있다.

#### 4. 히스토그램 이진화와 이미지워드 기록 방법을 통한 추락사고 예방 방법 검증 및 분석

##### 4.1 히스토그램 추출



Figure 3. Extracting process of image word

그레이 스케일을 적용한 이미지에서 히스토그램을 사용하여 영상의 구성 즉, 명암 대비 및 명암 값 분포에 대해 자세히 알 수 있다. 히스토그램은 화소가 가진 명암 값들을 막대그래프로 표현한 것으로 화소가 가질 수 있는 명암 값은 x축, 각 명암 값이 가진 픽셀 빈도수는 y축에 표현한다.

##### 4.2 히스토그램 이진화 및 이미지 워드

Back ground

Weight = 0.4648

Mean = 3,1261

Variance = 5,2698

Fore ground

Weight = 0,5351

Mean = 11,4526

Variance = 5,4740

클래스 내의 분산

$$= 0.4648 \times 5.2968 + 0.5351 \times 5.4740 = 5.3910 \quad (6)$$

클래스 간의 분산

$$= 0.4648 \times 0.5351 \times (3.1261 - 11.4526)^2 = 17.2435 \quad (7)$$

나머지도 계산이 동일하게 이루어진다. 이미지 프로세싱을 활용해 지속적이고, 효율적인 방안으로는 Database 기반으로 Figure 4와 같이 이미지를 분석하고 추출 및 분류하여 DB와 비교하는 것이다. 이는 관리자가 보다 정확하고 빠르게 위치정보 및 인접 구조물을 파악할 수 있으며 2차, 3차 안전사고를 예방할 수 있다.

#### 5. 결론

건설현장에서 이미지 프로세싱을 활용한 영상처리 시스템을 도입함으로써 개구부의 추락 사고를 예방하는 방법은 현장안전 관리 체계에 있어서 유용할 것이다. 지금까지 추락사고 방지대책은 주로 최소한의 자원과 재원조달을 통하여 인적 관리와 물리적 관리를 통해 간접비 지출에 소비되고 관리되어왔다.

본 연구에서는 이미지 프로세싱을 통한 시스템 접근을 통하여 해당 작업 감독자와 노무자를 위한 관리체계에 신호를 전달함으로써 인지적 과오에 의한 추락 사고를 예방하고자 하였다. 영상처리를 통한 히스토그램 이진화는 우리가 사물을 보고 인식

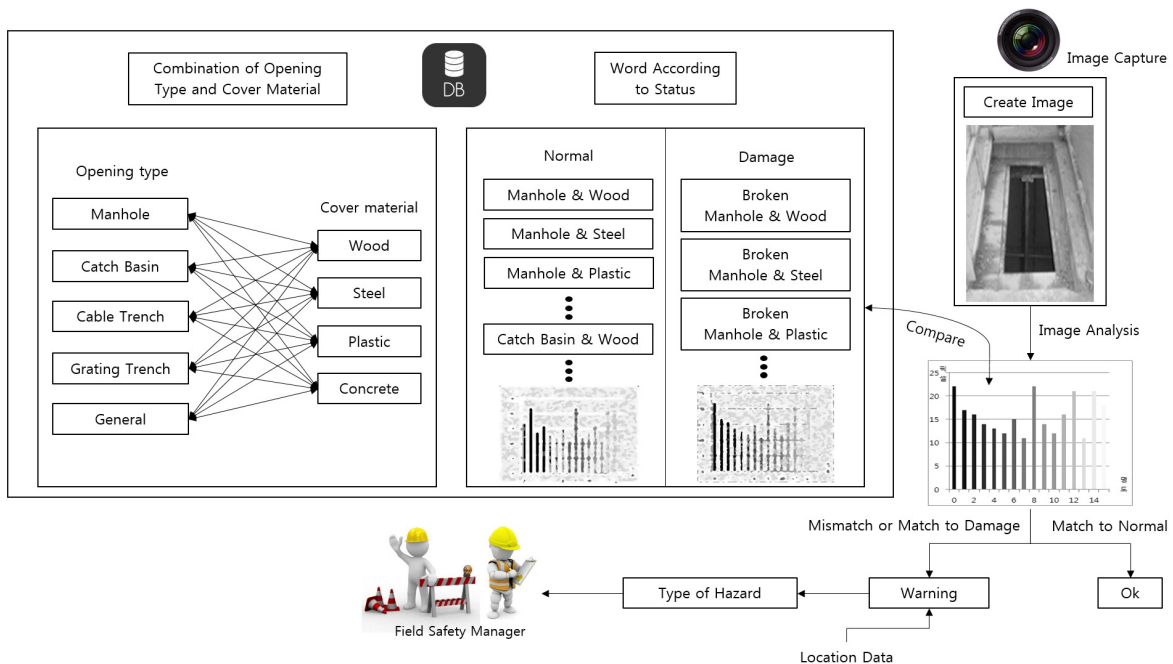


Figure 4. Image processing-based safety hazard warning system

하는 것을 동일하게 컴퓨터에 적용하는 것을 목표로 한다. 이러한 방식에는 컴퓨터가 인식할 수 있는 방법을 통하여 이진법 체계를 쓰고 인식하도록 한다. 또한 영상이 변함에 따라 컴퓨터는 단순한 방식으로 인식할 필요성이 있다. 그래서 일반적으로 이진화 방법을 많이 쓰이고 있으며, 이동하는 목표물 또는 변하는 목표물을 인식할 때에는 효율적인 시스템 체계라고 여겨진다. 하지만 이미지를 워드화 해서 기록하는 방법은 컴퓨터에 의한 자동적 기록이 아니라 작업관리자의 설정 값 적용에 의해서 이루어지는 단점이 존재한다.

하지만 위험이 될 수 있는 상황의 이미지를 기반으로 설정하여 이미지 워드를 기록한다면 여러 가지 상황에 대처 및 적용이 가능할 것이다. 또한, 다른 위험개소에서든 연계활동이 가능하다.

다만, BIM과 연계 시 시스템의 특성상 벡터 기반의 데이터 운용시스템이므로 이미지의 raster의 변환을 활용한 벡터시스템과의 호환성은 데이터 변환 시 기존 데이터의 손실 또는 변환의 문제가 될 수 있으므로 데이터 연계 시 주의가 요구된다.

향후에는 이러한 인지신호를 전달하고 관리자의 조치에 따라 건설현장이 관리 되었을 때 추락사망사고율이 다른 연구와 수치상으로 얼마나 다른지 비교 분석이 필요할 것이며, 기존의 연구와의 차별성을 통해 프로젝트의 안전관리방안의 효율성을 객관적으로 분석할 필요가 있다.

## References

- Developing Process Safety Indicators. HSE guidance series, HSG254. HSE, UK (2006), ISBN 071-7-661-80-6. Retrieved on 7 November 2011 from <http://www.hse.gov.uk/pubns/priced/hsg254.pdf>.
- Jo, J. H. (2012). A study on the Causes Analysis and Preventive Measures by Disaster types in Construction Fields, *Journal of Korea Safety Management & Science*, Vol. 14, No. 1.
- Kim, H. Y. (2012). A Study on the Mitigation of Fall Disaster in Construction Site, Master's Thesis University of Kyunggi, pp. 19-20.
- Kim, J. H. (2014). A binarization technique using histogram matching for license plate recognition with a shadow, Master's Thesis University of Soongsil, pp. 25-26.
- Kim, J. Y., Jo, Y. H. (2001). Characteristics of Asphalt Pavement Images and Enhanced Algorithm for Noise Reduction, *Korean Society of Road Engineers*, Vol. 3, No. 4, pp. 137-146.
- Kim, M. J. (2003). The Improvement plan of construction safety education for accident prevention in construction site, Master's Thesis University of Dongguk, pp. 59-60.
- Lee, C. G. (2012). The model for measuring productivity of work crews at construction sites using image processing, Master's Thesis University of Hongik.
- Lee, G. W. (2011). A Study on the Prevention of Fall Accident in High-Rise Building, Master's Thesis University of Incheon, p. 54.
- Lee, J. S. (2009). A Study on Countermeasures against Accidental Falling at construction sites : Focused on the Prevention of Accidental Falling at an opening, Master's Thesis University of HanKyung, pp. 82-84.
- Min, H. S., Ro, Y. M. (2009). A comparison between low level visual features and semantic level features for near duplicate video detection, *Journal of Semiconductor Technology and Science*, No. 2.
- Oh, M. H., Park, T. H., Park, Y. J., Son, G. Y., An, S. J., Kim, T. H. (2014). An Assessment of Safety Education Contents Propriety Analyzing Accident Types by Work Classification in Construction Sites, *Architectural Institute of Korea*, Vol. 30, No. 3.
- Park, J. S. (2013). A Study on Location-awareness Technology based on 3D Spatial Data for the Construction Site, Doctor's Degree University of Konkuk, pp. 20.
- Qien K., Massaiu S., Tinmannsvik RK., Størseth F. (2010). Development of early warning indicators based on resilience engineering. In: *Proceedings of the PSAM 10, Probabilistic safety assessment & management conference*.
- Seo, D. Y. (2003). A study on the method for visual perception of architectural form through digital image processing, Doctor's Degree University of Yonsei, pp. 5-6.
- Seo, M. H. (2013). A Study on Problems of Safety Training in Construction Industry and It's Improvement Methods to Prevent Incident Cases, Master's Thesis University of Kyunghee, pp. 21-22.
- Sung, C. H. (2002). Real-Time Tracking Algorithm of a Moving Target Using Digital Image Processing, Master's Thesis University of ChungAng.
- Yun, J. H. (2014). A Study of established system of protecting falling hazardous by BIM for Construction Company, Master's Thesis University of Khyunghee, pp. 48-51.