

# 크레인 안전선 접근 이동 물체 감시 시스템

## Crane Monitoring System for Moving Objects in Safety Lines

정의필\*

Uipil Chong\*

### 요약

산업 현장의 시설물들이 최근 들어 대형화, 고속화되면서 이들을 이동시키는 크레인의 안전운전은 더욱 중요성을 가지게 되었다. 본 논문에서는 카메라 영상을 이용하여 크레인 안전선 내 움직이는 물체를 감지하는 시스템을 구성하였다. 이 시스템은 별도의 장비가 필요 없이 노트북 컴퓨터와 웹캠만으로도 구현이 가능하여 저렴한 비용으로 실시간 적용이 가능하다. 움직이는 물체를 감시하고 검출하는 알고리즘은 차분영상과 영상 미분 히스토그램을 적용하였다. 제안하는 시스템은 조명과 날씨 등의 주변 환경 변화에 강인하도록 시스템을 구축하였다. 시스템의 성능과 정확도를 향상하기 위하여 크레인 영상 프레임의 안전선 내 상황만을 고려하고 그림자 제거 알고리즘을 사용하였다. 또한 본 시스템은 산업현장에 접목이 용이하여 실용적인 측면에서의 가치가 높다.

### Abstract

Stable operation of an industry crane becomes more important as current industry facilities become larger and operate at higher speeds. This paper proposes implementing a system for monitoring moving objects within safety lines of an industry crane by camera. The cost of implementing such a system is low, since it requires only a webcam and notebook computer. The detection algorithm of moving objects uses the feature extraction method by image differential histograms. The proposed system is robust to variations in the weather and environment. The area of the inside safety lines is considered and shadow removal algorithm is used for good performance of the system. The system is valuable for practical applications in the industry.

**Keywords** : Cranes, Safety lines, Object detection, Back ground image processing, Histogram

### I. 서론

산업체 현장에서는 다양한 기기가 운전 중이며 양질의 제품 생산과 작업의 효율성을 위해서는 무엇보다 기기의 안전 운전이 매우 중요하다. 특히 건설 및 조선소 등의 사업 규모가 고층화, 대형화되면서 작업 현장에서 각종 기구들을 운송하는데 사용되는 크레인의 사용빈도가 증가하고 있다. 크레인 제조 기술의 발달로 대형 크레인이 많이 사용되고 있지만 크레인과 다른 작업자 간의 신호체계는 그동안 큰 변화가 없었고, 고공의 운전실에 위치한 크레인 운전자들은 먼 시야 및 사각지대로 인해 인양물 및 주변 상황을 제대로 볼 수 없는 상황이 자주 발생하여 인양물의 낙하사고 등 안전사고의 위험이 커지고 있다. 현재 대부분

의 작업 현장에서는 크레인 운전자와 인양물 주위 또는 지상의 신호수 간의 무전기 통신을 통하여 크레인 운전자의 시야가 확보되지 않는 지역의 문제를 해결하고 있으나 실제로 무전기 음성 통신의 전달성이 취약한 부분과 지상의 신호수의 시야에서도 보이지 않는 사각지역이 발생한다. 이러한 기존시스템은 자동화 기능들이 부족하여 원격 감시 및 통합감시의 역할이 잘 이루어지지 못한 한계를 가지고 있다. 크레인의 운전과 이러한 문제점들을 해소하기 위해 다양한 영상처리 기술과 모니터링에 관한 많은 연구들이 현재 활발히 진행되고 있는데, 정다운 외 1명은 블루투스 네트워크 프로토콜을 사용하여 실시간 크레인의 움직임 상태를 모니터링 할 수 있는 시스템을 제안하였고[1], 최정일 외 4명은 GPS로 크레인 장비간의 거리를 인식하여 좁은 공간에서 작업하는 크레인끼리의 충돌 가능성을 예측 할 수 있는 시스템을 개발하였다[2]. 최태훈 외 6명 자동 트랜스퍼 크레인 감시 시스템을 구현하기 위해 시스템 구성과 효율성 및 재사용성을 고려한 모듈화 방법론을 제시하였고[3], Carlo 외 1명은 크레인의 원격감시를 위하여 영상 감시 기술을 바탕으로 효과적인 전송, 컬러 영상 해석, 사건 기반 및 모델기반 인식을 위한 실시간 영상해석을 적용하고

\* 울산대학교

투고 일자 : 2011. 7. 2 수정완료일자 : 2011. 10. 24

계재확정일자 : 2011. 11. 1

\* 이 논문은 현대중공업 지원에 의한 울산대학교 전기공학부 일류화 연구비에 의하여 연구되었음.

있다[4]. 이러한 시스템의 실제 현장 적용을 위해서는 다양한 외부 환경의 변화, 즉 조명 및 일기변화 등에서도 대상 물체를 분류하고 인식률이 높은 알고리즘이 요구되는데, Venkatesh와 W. Hu는 패턴인식 및 통계적 방법을 적용하여 구현하고 있다[5-6]. 또한 최근에는 보다 빠르고 환경에 강인한 영상 감시를 위해 배경영상을 갱신하는 적응가우시안 혼합모델(AGMV)을 제안되기도 하였다[7].

Carlo의 방법은 원격감시에 초점을 맞추고 있고, Venkatesh와 W. Hu는 정확도를 높이기 위해 많은 처리량을 요구하는 패턴인식과 통계적 방법을 사용한다. 본 논문에서는 기존의 연구들보다 개선된 방법으로 크레인 운전자가 모니터를 통해 직접 크레인 주변을 감시하고, 간단한 연산으로 구현 가능한 미분 히스토그램을 이용하여 물체를 검출하는 크레인 안전 운전 모니터링 시스템을 제안한다. 본 논문에 사용된 모듈의 전반적인 부분은 Visual C++ MFC[8]와 Open CV[9]를 통하여 설계를 하였다.

## II. 물체 검출을 위한 전처리

크레인 주변의 물체를 정확하게 검출하기 위해서는 그림 1과 같이 안전선 검출 및 마스킹, 조명에 의한 영향제거, 배경 제거 및 업데이트 등의 전처리 과정이 필요하다.

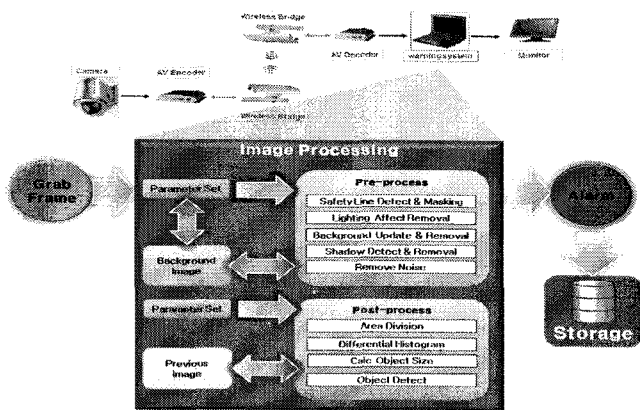


그림 14. 시스템 구성도  
Fig. 1. Overall schematic diagram

안전선 검출과정에서는 허프변환 (Hough Transform) [8-9]을 이용하여 검출된 직선성분 중 안전선의 특성을 고려하여 안전선을 추출하였다. 본 논문에서는 OpenCV 1.0 라이브러리에서 제공하는 “cvHoughLines2” API를 이용하였고 “cvHoughLines2(dst,storage, CV\_HOUGH\_STANDARD, 1, CV\_PI/180, 100, 0, 0);”과 같이 인자를 설정하였다.

안전선 검출 후의 영상은 좌측 안전선(녹색)과 우측 안전선(적색)을 기준으로 하여, 3개의 영역으로 영상이 분리된다. 산업 현장에서 위험 상황을 판단 할 때 좌측 안전선과 우측 안전선 사이의 영역을 가지고 판단을 하므로, 연산

의 속도 개선을 위하여 좌측 안전선 왼쪽 영역과 우측 안전선 오른쪽 영역을 검정(RGB, 0,0,0)으로 변환하여 안전선 내부 영역만 추출하는 마스킹 과정을 수행하였다. 그림 2는 원 영상으로부터 허프변환을 통해 안전선을 검출한 결과(그림2 가운데)와 마스킹을 통해 안전선 내부의 영상만 추출한 결과(그림2 오른쪽)를 보여준다. 마스킹 영상이 원 영상과 다른 색상을 갖는 이유는 허프변환 과정에서 영상의 색이 바뀌었기 때문이다.

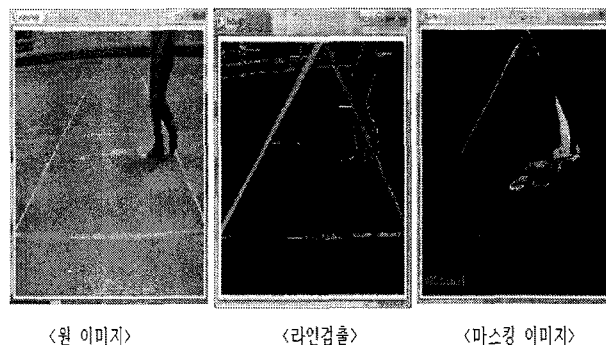


그림 15. 안전선 검출 및 마스킹  
Fig. 2. Safety line detection and masking

조명변화에 대한 영향을 줄이기 위하여 카메라 전체에 끼칠 수 있는 영향과 그림자에 대한 영향제거를 수행하였다. 특히 조명에 의한 효과는 마치 그라데이션이 적용된 것과 같은 영상을 만든다. 이러한 효과를 제거하기 위해 RGB 컬러 모델을 LAB 컬러 모델로 변환한 후 Lightness 채널을 추출하고, 이를 두 개의 버퍼에 각각 저장한다. 이들 중 하나에 미디언 필터링을 수행하여 조명의 상태를 나타내는 영상을 구한다. 이후 이 영상을 반전시켜 다른 버퍼에 저장된 Lightness 채널 영상에 더한다. 이는 반전된 영상이 조명의 역 상태를 나타내므로 이를 다른 버퍼의 영상에 더하면 조명의 영향이 감소된 Lightness 채널 영상을 얻을 수 있기 때문이다[10].

배경 제거 및 업데이트 과정에서는 최초 시스템 동작 후 초기화 시간동안 입력되는 영상에 대하여 배경 제거 알고리즘을 수행하고, 이 후 업데이트 과정을 반복한다. 연속적으로 입력되는 동영상(실시간 촬영 영상)의 프레임 영상에 대한 각 픽셀의 값을 누산 하여 평균값을 구하고, 그 값을 기준으로 입력되는 영상의 오차를 구하여 사용자가 입력한 오차범위 만큼을 배경으로 인식하고, 오차범위 이상의 차이를 가지는 영역을 물체로 인식하는 알고리즘을 적용하였다 [11]. 여기서 초기화 과정 이후 입력 영상에 대해 사용자가 설정한 값에 따라 배경과 물체부분의 평균을 구하여 실시간으로 배경을 계속 업데이트 한다.

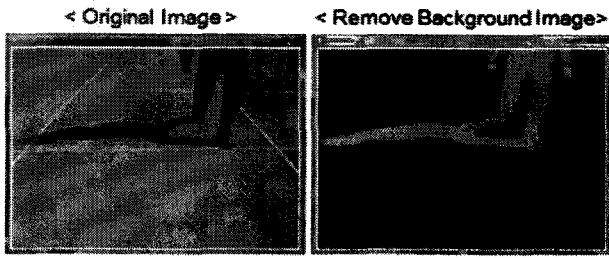


그림 16. 배경 제거

Fig. 3. Background image removal

그림자 검출 및 제거에는 RGB, HSV, YCbCr, XYZ, Lab, 정규화된 RGB 등의 여러 컬러 모델이 사용되었다 [12-15]. 이 중 가장 효율적으로 그림자의 특성을 분리할 수 있는 것은 YCbCr 컬러 모델임이 실험적으로 증명되었기에 [12], 본 논문에서도 그림자 검출 및 제거에 YCbCr 컬러 모델을 사용하였다. Y, Cb, Cr의 각 채널에 대해 각각의 최대, 최소 임계값을 설정하고, 임계값 내에 존재하는 픽셀을 그림자로 인식, 그림 4와 같이 그림자 영역은 0 그 외 영역은 1로 설정한 새로운 이진 영상을 만들고 이를 원본 이미지와 곱셈 연산을 통하여 그림자 영역을 제거하였다.



그림 17. 그림자 검출 및 제거를 위한 이진 영상

Fig. 4. Binary image for shadow detection and removal

잡음 제거 과정에서는 이진화 된 영상내의 모든 물체(실제 물체 + 잡음)에 대하여 외각선을 추출하고, 각 물체 넓이를 계산 하여 임계값을 기준으로 물체와 잡음을 구별하였다. 일정 크기 이하의 물체는 잡음으로 인식하여 해당 픽셀을 0으로, 일정 크기 이상의 물체는 물체로 판단하여 1로 교체하였다. 이렇게 하면 물체 외부의 잡음은 제거되고 내부의 잡음만 존재하게 되는데, 형태학적 연산인 침식 연산을 통하여 내부 잡음도 제거된 깨끗한 이진 물체 영상을 얻을 수 있다.

### III. 물체검출 및 경보발생

전처리 과정 후 물체 검출 알고리즘을 수행한다. 우선, 그림 5와 같이 전체 영상을 사용자가 정의한 크기로 분할

하는데, 이는 방해가 되지 않을만한 크기의 물체를 무시하기 위해서이다.

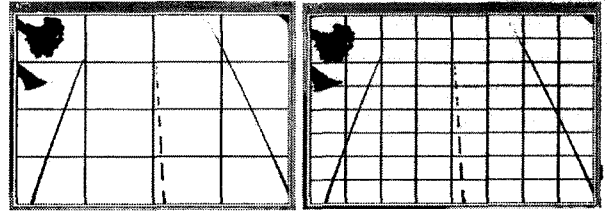


그림 18. 영역분할

Fig. 5. Area division

영역 분할 과정에서는 사용자가 프로그램을 동작시키기 전에 분할값을 설정 하도록 하였다. 예를 들어 2가 입력되면 가로, 세로 2개의 영역으로 총 4등분이 된다. 분할 크기는 입력된 영상의 해상도 및 사용자가 입력한 분할 값에 의해 크기가 변한다. 따라서 해상도가 높으면 한 블록에 포함된 픽셀의 수가 많아지고, 사용자가 큰 분할 값을 입력하면 영역 분할이 세분화 되어 작은 물체 검출 및 물체 검출의 정확도를 높일 수 있다.

분할된 각 영역에 대해 미분 히스토그램 연산[16]을 수행하여 추출된 히스토그램 값을 기준으로 각 영역에 대해 물체를 검출한다. 즉, 분할된 한 영역은 이전 프레임의 영상과 현재 프레임의 영상을 미분하여 히스토그램을 구하고 255(흰색)의 값을 갖는 픽셀 수를 기준으로 해당 영역에서 물체가 검출된 영역인지를 판단한다. 물체 검출 완료 후 인접 영역의 검출 여부를 판별하여 검출된 물체의 면적을 계산하는데, 본 논문에서는 Flood-fill 알고리즘을 사용하였다 [17]. 그림 6은 물체 검출의 예를 보이는데, 지상에서 고도 1.5m 위치에서 영상을 획득, 16 영역 분할 시 2칸을 위험 물체로 판단하도록 설정하였다.

각 물체의 넓이가 사용자가 입력한 기준치 이상일 경우 장애물로 인식하여 경보 신호를 발생 시키고, 사용자 입력 기준 이하의 넓이 일 경우 잡음 또는 무시할 수 있는 물체로 인식하여 경보를 울리지 않고 계속하여 물체 검출을 실시한다.



그림 19. 물체 검출 및 크기 계산

Fig. 6. Object detection and estimate size

#### IV. 시스템 구현 및 평가

전처리 및 물체 검출 모두 Windows XP에 기초하여 설계 및 구현하였으며, 비주얼 스튜디오에서 C++언어를 사용한 MFC환경에서 설계하였다. 실험 환경은 현장에서 발생할 수 있는 좋지 않은 상황 중 하나로 비가 오는 날을 선택하였고, 실제 비가 오는 날 실험을 수행하였다. 상황 분류는 크레인 안전선 내 물체의 유무, 그림자만이 들어온 경우로 구분하였다.

##### (1) 안전선 내에 물체가 없는 상황

그림 7처럼 안전선 내부로 어떤 물체도 존재 하지 않을 시에는 이상이 없다는 초록색 표시(스크린 하단 직사각형에 색깔로 표시됨)와 함께 경보가 울리지 않는다.

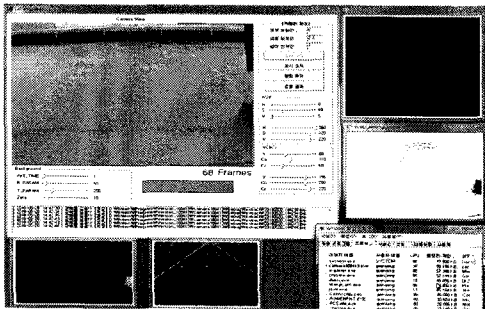


그림 20. 물체가 없는 경우  
Fig. 7. Case of no objects

##### (2) 안전선 내에 그림자만 존재하는 상황

그림 8에서와 같이 물체가 아닌 그림자만이 안전선 내부로 들어온 경우에는 물체가 없는 것과 마찬가지로 경보를 울리지 않고 계속해서 안전선 내 영역에 대해서 검사를 한다. 우측 두 번째 스크린에 그림자가 검출된 것을 확인할 수 있다.

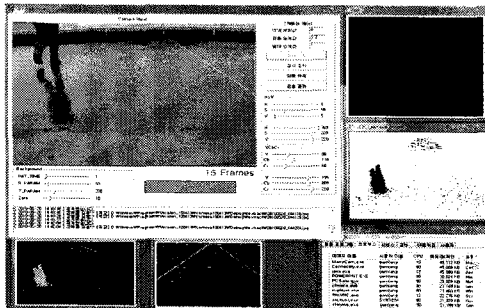


그림 21. 그림자만 존재하는 경우  
Fig. 8. Case of shadow existence only

##### (3) 안전선 내 물체가 들어온 경우

물체가 안전선 안으로 들어온 경우에는 그림 9에서와 같이 빨간색 화면(스크린 하단 직사각형)으로 경고 신호를 표시해줌과 동시에 경보를 울림으로서 운전자의 빠른 대처를 도와준다. 우측 두 개의 스크린에서 검출된 물체를 확인할 수 있다.

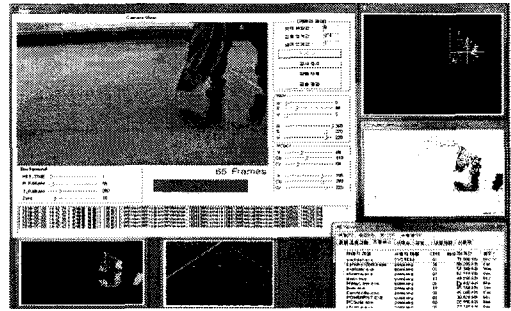


그림 22. 물체가 들어온 경우

Fig. 9 Case of object inside of safety line

물체가 검출된 경우에는 그림 10과 같이 로그 창에 날짜와 시간을 표시함과 동시에 검출된 순간의 화면을 jpg 파일로 저장한다.

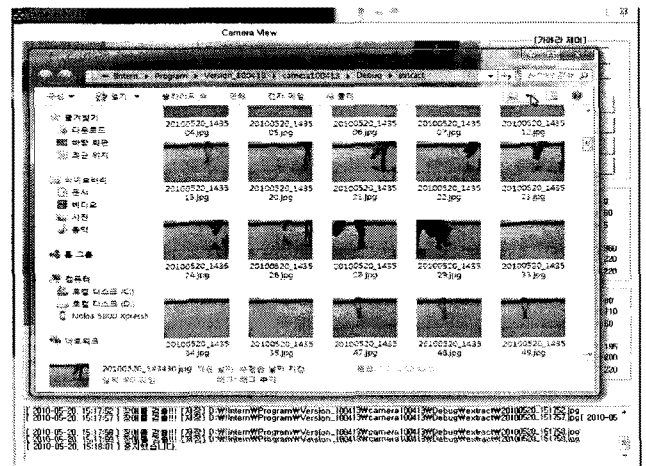


그림 23. 저장된 사진

Fig. 10. Saved images with event records

#### V. 결론

본 논문에서는 카메라를 이용한 크레인 모니터링 시스템을 구현하였다. 이 시스템은 어디서나 쉽게 구할 수 있는 pc용 소형 카메라와 같은 웹캠을 가지고도 구축할 수 있어 저렴한 비용으로 시스템 구현이 가능하며 영상의 차 연산과 히스토그램을 접목시키는 방법을 사용하여 물체를 검출하였다. 현재 영상 솔루션 판매 시장에서 제공되는 솔루션들은 매우 고가이며 크레인 모니터링을 위한 이러한 영상 처리 솔루션은 국내에는 없는 것으로 알려져 있어 본 논문에서 제안한 크레인 모니터링 시스템의 개발은 실용적 측면에서의 가치를 가지고 있다.

향후 이 시스템에 물체에 대한 거리의 표시나 영상에서 중요시되는 조명에 대한 민감성과 여러 산업현장에서 발생할 수 있는 많은 예외 상황들의 처리가 더 추가된다면 더욱 효율적인 시스템이 될 것이다. 이 시스템을 활용할 수 있는 방안으로 크레인 적용 외에 지하철 승차를 대기 시에 사람이 안전선을 넘을 경우 경보를 발생하는 시스템도 응

용가능하다. 또한, 열차가 역에 정차하기위해 진입하고 있는 상황에서 사람이 안전선을 넘어서면 자동으로 열차의 브레이크가 작동하게 할 수도 있을 것이다. 이를 적용하면 현재 몇몇 지역에 설치되어있는 스크린 도어 설치 등 큰 비용의 절감도 가능할 것이다. 이 밖에도 안전선이 있는 여러 산업 현장에 응용이 가능할 것이다.

**참 고 문 헌**

[1] 정다운, 추영열, “컨테이너 크레인 실시간 설비진단 시스템 개발”, 2008한국동력기계공학회지, Vol. 12, No. 6, pp.5-97, 2008.

[2] 최정일, 강동훈, 박운용, 오훈, 허정석, “선박건조 도크에서 크레인 충돌 방지를 위한 간접 감지 시스템”, 한국통신학회 2008년도 하계종합학술발표회(CD프로시딩), 1C-6, 2008

[3] 최태훈, 김지은, 이병열, 김종철, 변성태, 박재룡, 유득신, “모듈화 기법을 이용한 자동트랜스퍼 크레인 감시 시스템 설계”, 2002년도 대한산업공학회 추계학술대회 논문집, pp.442-445, 2002.

[4] Carlo S. Regazzoni, Ying Wu, “Video analytics for surveillance: Theory and Praticce”, IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 27, No. 5, pp.16-17, September 2010.

[5] Venkatesh Saligrama, Janusz Konrad, “Video Anomaly Identification: a Statistical approach”, IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 27, No. 5, pp.18-34, September 2010.

[6] W. Hu, T. Tab, L. Wang and Maybank, “A Survey on Visual Surveillance of Object Motion and Behaviors,” IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, Vol. 34 No. 3, pp.334-352, 2004.

[7] 김동진, 박영석, 김태효, “임베디드 제어에 의한 무인 영상 감시시스템 구현”, 한국신호처리시스템학회 하계 학술대회 논문집, pp.23-27, 2011.

[8] 정성한, 이문호, 컴퓨터 비전 실무프로그래밍, 홍릉과학출판사, 2007.

[9] 개리 로스트 브라드스키, LEARNING OPEN CV 제대로 배우기, 한빛미디어, 2009.

[10] 김동철, 조명의 영향을 제거하는 방법, <http://t9t9.com/60>

[11] S. Morita, K. Yamazawa, M. Terazawa, and N. Yokoya, “Networked Remote Surveillance System using Omnidirectional Image Sensors,” IEICE Transactions on Information and System(D-II), Vol. J88-D-II, No. 5, pp.864-875, 2005. (Japanese version)

[12] 이광국, 무하메드 우자르, 윤자영, 김재준, 김희울, “그림자 제거를 위한 색상 공간의 비교”, 멀티미디어학회 논문지, Vol. 11, No. 5, pp.101-113, 2008.

[13] 나인섭. “HSV공간에서 색상 적응적인 차량 그림자 제거 방법”, 전남대학교 대학원, 박사학위논문, 2008.

[14] R. Cucchiara, C. Grana, M. Piccardi, A. Prati, and S. Sirotti, “Improving Shadow Suppression in Moving Object Detection with HSV Color Information,” Proceedings of IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, pp.334-339, Aug. 2001.

[15] Yael Shor ,Dani Lischinski, “The Shadow Meets the Mask: Pyramid-Based Shadow Removal,” Computer Graphics Forum, Vol. 27, No. 2, April 2008.

[16] 조상진, 신신범, 정의필, “알류미늄 압연 판재의 표면 품질 검사”, 한국신호처리 시스템학회 하계 학술대회 논문집, Vol. 3, No. 1, pp.133-136, 2002.

[17] Flood fill, [http://en.wikipedia.org/wiki/Flood\\_fill](http://en.wikipedia.org/wiki/Flood_fill)



**정 의 필(Uipil Chong)**

正會員

1978년 2월 울산대 전기공학과(공학사)

1980년 2월 고려대 전기공학과(공학석사)

1986년 1월 미국 Oregon State University 전기 및 컴퓨터공학과(공학석사)

1996년 12월 미국 뉴욕대(Polytechnic) 전자공학과(공학박사)

1986년 9월 ~ 1990년 12월 미국 Bruckner Mobile Electronics, 전자 및 통신 엔지니어

1994년 1월 ~ 1996년 5월 미국 뉴욕대(Polytechnic)

CATT 연구소 Research Fellow

1997년 3월 ~ 현재 울산대 전기공학부 교수

2011년 3월 ~ 현재 울산대 고래연구소 소장

※주관심분야 : 디지털신호처리, 고장진단, 3D사운드