
고유값 분석을 이용한 효과적인 후판의 직선 검출

박상현* · 김종호** · 강의성**

Effective Line Detection of Steel Plates Using Eigenvalue Analysis

Sanghyun Park* · Jongho Kim** · Euisung Kang**

요 약

본 논문에서는 후판 영상에서 직선 패턴을 검출하는 간단하면서도 정확한 알고리즘을 제안한다. 후판의 직선 검출은 후판 영상으로부터 후판에 관련된 정보를 분석하거나 인식할 때 기본적으로 사용되는 핵심적인 알고리즘이다. 제안하는 알고리즘에서는 마스크를 이용하여 전체 영상을 탐색하면서 에지 영상을 분석한다. 먼저 마스크에 위치한 에지 패턴의 픽셀들에 대한 공분산 행렬을 계산하고 공분산 행렬의 고유값과 에지 패턴의 통계적 기하학적인 특성 사이의 관계를 분석하여 직선 에지를 검출한다. 직선 패턴이 중복된 에지 영상에 대해서는 모든 직선을 정확하게 검출하기 위하여 먼저 각 직선 패턴을 전체 영상에서 분리한 후 고유값을 계산한다. 또한 에지를 구성하는 픽셀의 수와 에지의 방향 정보를 이용하여 불필요한 직선 에지들을 제거함으로써 후판의 직선 에지를 정확하게 검출하도록 한다. 다양한 후판 영상에 대해서 실험을 수행한 결과는 제안하는 알고리즘이 고유값을 이용한 기존 알고리즘 보다 우수함을 보여준다.

ABSTRACT

In this paper, a simple and robust algorithm is proposed for detecting straight line segments in a steel plate image. Line detection from a steel plate image is a fundamental task for analyzing and understanding of the image. The proposed algorithm is based on small eigenvalue analysis. The proposed approach scans an input edge image from the top left corner to the bottom right corner with a moving mask. A covariance matrix of a set of edge pixels over a connected region within the mask is determined and then the statistical and geometrical properties of the small eigenvalue of the matrix are explored for the purpose of straight line detection. Before calculating the eigenvalue, each line segment is separated from the edge image where several line segments are overlapped to increase the accuracy of the line detection. Additionally, unnecessary line segments are eliminated by the number of pixels and the directional information of the detected line edges. The results of the experiments emphasize that the proposed algorithm outperforms the existing algorithm which uses small eigenvalue analysis.

키워드

직선검출, 패턴인식, 후판, 고유값 분석

Key word

Line detection, Pattern recognition, Thick steel plates, Eigenvalue analysis

* 종신회원 : 순천대학교 멀티미디어공학과 (shark@scnu.ac.kr)

** 정회원 : 순천대학교 컴퓨터교육학과

접수일자 : 2011. 05. 02

심사완료일자 : 2011. 05. 28

I. 서 론

제철공정에서 후판 제품은 연주공장에서 나온 주편(Slab)을 압연 과정을 거쳐 단계별로 절단하고 검사하는 과정을 거치면서 만들어진다. 압연 과정을 통하여 연속적으로 나오는 후판은 공정상 롤러에서 다른 라인의 롤러로, 롤러에서 야적장으로 또는 야적장에서 롤러로 이동하게 된다. 그리고 야적장에 쌓여진 후판들은 소비자의 수요에 맞는 판을 공급하기 위해서 야적장에서 야적장으로 재배치되고, 최종적으로 야적장에서 고객사로 출하하기 위하여 차량이나 선박에 적재되어 운송된다.

후판 창고에 입고되는 후판을 베드에 적치하는 방법과 베드에 적치되어 있는 후판들을 출고할 때 어떤 배달로트에 속한 후판을 먼저 출고할 것인지에 따라서 임시 적치가 필요한 후판의 개수가 달라진다. 하나의 배달로트에 속한 후판의 개수는 고객사의 수요에 따라 다르다. 같은 배달로트에 포함된 후판의 수가 하나의 베드에 적치 가능한 후판의 개수보다 작을 때에는 같은 배달로트에 속한 후판은 같은 베드에 적치하게 된다. 이렇게 후판을 관리하면 출고할 때 크레인의 이동 거리를 최소화할 수 있다. 같은 배달로트에 속한 후판들이 여러 베드에 산재하여 위치하는 경우에는 출고에 사용되는 크레인의 이동이 많이 필요하고 임시적치에 따른 추가 비용도 발생하게 된다[1].

본 논문에서는 후판 공정의 자동화에 필요한 영상 인식 기술 중에서 가장 기본이 되는 후판의 직선 에지 검출 알고리즘을 제안한다. 후판의 직선 에지 검출은 후판의 개수를 세고, 후판을 확인하기 위하여 후판에 부착된 태그의 내용을 인식하는 알고리즘에 필수적이다. 후판 영상의 경우 동일한 후판이 여러 겹으로 쌓아진 형태를 띈다. 그리고 영상의 밝기가 어두운 경향을 띈다. 이러한 조건을 고려하여야 효과적인 후판 인식 알고리즘을 개발할 수 있다[2][3].

직선 검출은 패턴인식 분야에서 가장 기본이 되는 분야로 많은 연구가 진행되어온 분야이다. 가장 대표적인 알고리즘이 허프변환 (Hough Transform)이다[4]. 허프변환은 각 에지 픽셀을 파라미터 공간으로 변환하여 누적시키고 누적된 파라미터를 분석하여 직선을 검출한다. 허프변환은 모든 직선을 검출할 수 있지만 하나의 에

지 픽셀에 대해서 가능한 모든 파라미터들을 누적하여야 하기 때문에 계산량이 많은 단점이 있다. 또한 허프변환은 직선의 파라미터만 결정하기 때문에 에지 영상에서 직선 패턴의 위치를 알려주지 못한다. 허프변환을 개선하여 계산량을 줄인 알고리즘인 고속 허프변환, 적응적 허프변환, Combinatorial 허프변환, Hierarchical 허프변환 등이 제안되었다. 하지만 개선된 알고리즘들은 허프변환의 다른 단점인 에지 영상에서 직선 패턴의 정확한 위치를 찾지 못하는 문제점을 여전히 가지고 있다 [5][6].

최근에 관심을 많이 받고 있는 방법은 에지 픽셀에 대한 공분산 행렬의 고유값을 이용하는 것이다[7]. 고유값을 이용하는 방법의 계산량은 공분산 행렬을 정의하기 위한 마스크의 크기와 에지 픽셀의 개수에 영향을 받기는 하지만 전체적인 허프변환에 비해서 4배에서 10배 정도로 줄어든다. 그리고 허프변환과 달리 직선 에지의 위치를 정확하게 찾아준다. 고유값을 이용한 방법은 알고리즘의 효율성 때문에 에지 검출에도 사용되고 있다. 하지만 고유값을 이용한 알고리즘은 임펄스 노이즈에 약한 특성을 보여준다[6].

본 논문에서는 기존의 고유값을 이용한 직선 에지 검출 알고리즘을 후판 영상에 효과적으로 적용하기 위하여 개선한 알고리즘을 제안한다. 후판 영상의 경우 비슷한 형태의 후판이 여러 장 겹쳐진 형태로 주어지기 때문에 이진화를 수행했을 때 노이즈와 같은 작은 에지들이 많이 나타나게 된다. 본 논문에서는 기존 알고리즘을 그대로 후판 영상에 적용했을 때의 문제점을 지적하고 이를 개선하기 위한 방법들을 적용한 알고리즘을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 직선 검출과 관련된 연구 동향을 정리한다. 3장에서는 후판에 맞는 직선 검출 알고리즘을 제안한다. 4장에서는 제안된 알고리즘의 성능을 비교 분석하고 마지막으로 5장에서 결론은 맺는다.

II. 관련 연구

직선 검출 알고리즘은 에지 영상을 입력으로 받아서 직선을 검출한다. 따라서 직선 검출은 적절한 에지 검출

이 선행되어야 한다. 에지 검출에 가장 일반적으로 사용되는 알고리즘의 예는 소벨 알고리즘이다. 소벨 알고리즘은 여러 에지 추출 연산자 중에서 대각선 방향으로 강인성을 보인다. 하지만 소벨 알고리즘의 결과는 선 형태의 에지 영상을 제공하지 못한다. 영상 정보는 잡음 신호를 많이 포함하고 있다.

따라서 영상 정보는 세선화 과정에서 고주파 잡음 성분들을 제거하여야 정확한 에지 정보를 보여줄 수 있다. 소벨 연산을 수행하면 반드시 세선화 작업을 추가하여 에지 영상을 결정하게 된다. 이러한 과정을 효과적으로 처리하여 에지를 검출하는 알고리즘으로 캐니 알고리즘이 있다[8]. Canny 알고리즘은 크게 5단계로 구성된다.

먼저 원 영상의 노이즈 제거를 위해 블러링을 수행한다. 그리고 소벨 알고리즘과 같은 방법을 사용하여 그래디언트를 계산하고 계산된 그래디언트에서 local maxima를 찾아서 이 화소를 에지로 표시한다. 다음 단계로 두 개의 임계값을 이용하여 두 가지 에지 값을 설정하고 hysteresis tracking을 통해 최종 에지를 결정한다. Canny 알고리즘의 결과는 세선화된 에지 영상이다. 본 논문에서는 에지 영상을 구하기 위해 Canny 알고리즘을 적용한다. 직선 검출 알고리즘은 영상 인식 분야에서 가장 기본적인 알고리즘으로 오랜 기간 동안 연구가 진행된 분야이다. 많은 문헌들에서 다양한 알고리즘들을 제안하였는데 크게 직선 검출 알고리즘을 분류하면 네 가지로 분류할 수 있다.

통계 정보를 기반으로 한 방법, 그래디언트를 기반으로 한 방법, 픽셀의 연결성을 기반으로 한 방법, 허프 변환을 기반으로 한 방법이 그것이다. 또한 이 네 가지 분류는 서로 조합되어 사용되기도 한다. 하지만 이 방법들은 서로 장·단점이 있고 따라서 알고리즘이 적용되는 응용에 맞게 각 알고리즘의 장점을 최대화하여 사용되어지고 있다[6]. 최근에 기존의 네 분류와 별개인 주성분 분석을 이용한 새로운 방식(Guru 알고리즘)이 제안되었다[7].

Guru 알고리즘은 에지의 좌표값에 대한 공분산(Covariance) 행렬을 정의하고 공분산 행렬의 고유값을 분석하여 직선을 검출함으로써 기존의 알고리즘에 비해 계산량을 크게 감소시킨다. 먼저 에지 영상에 마스크를 적용하고 마스크에 중심에 해당되는 에지와 연결된 에지들에 대해서 좌표값의 공분산행렬을 정의하고 고

유값을 계산한다.

마스크의 크기가 $k \times k$ 인 경우의 고유값은 다음과 같이 계산할 수 있다. 여기서 k 는 홀수이다. 마스크의 중앙에 에지 픽셀을 위치시킨다. 중앙에 위치한 에지 픽셀과 연결된 픽셀 중 마스크 영역에 있는 픽셀들을 식 (1)과 같이 패밀리로 정의한다.

$$S = \{p_i(x_i, y_i) | i = 1, 2, \dots, m\} \quad (1)$$

여기서 $p_i(x_i, y_i)$ 마스크 영역에서의 좌표가 x_i, y_i 인 에지 픽셀을 의미하며 m 은 패밀리에 속한 에지 픽셀의 개수이다. 에지 픽셀들의 좌표에 대한 공분산행렬은 다음과 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{m} \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{12} & c_{22} \end{bmatrix}, \\ c_{11} &= \Sigma(x_i^2 - c_x^2), \\ c_{12} &= \Sigma(x_i \cdot y_i - c_x \cdot c_y), \\ c_{22} &= \Sigma(y_i^2 - c_y^2), \\ c_x &= \Sigma x_i, c_y = \Sigma y_i. \end{aligned} \quad (2)$$

공분산행렬은 두 개의 고유값을 가지는데, 그 중에서 값이 작은 고유값은 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \left[c_{11} + c_{22} - \sqrt{(c_{11} - c_{22})^2 + 4c_{12}^2} \right] \quad (3)$$

패밀리에 속한 에지 픽셀들의 형태가 직선이면 공분산행렬의 고유값은 0의 값을 가진다. 하지만 실제 영상에는 잡음이 존재하고, 영상을 디지털 형태로 표현함에 따른 왜곡이 존재한다. 또한 영상을 획득하는 과정에서 실제 직선이 변형될 수 있고, 경우에 따라서는 완벽하지 않은 직선도 검출이 필요할 때가 있다. 따라서 적절한 임계값을 설정하고 그 값보다 작은 고유값을 가지는 에지 패밀리를 직선 에지로 처리하게 된다.

III. 제안하는 알고리즘

후판 영상으로부터 직선을 검출하는 과정은 크게 두 단계로 이루어진다. 첫 번째 단계에서는 카메라로 획득한 칼라 영상을 흑백 영상으로 변환한 후 에지를 검출한다. 두 번째 단계에서는 검출된 에지로부터 직선 에지를 추출한다.

3.1. 후판의 에지 검출

알고리즘 구현을 위해 후판 모형을 이용하여 영상을 획득하였다. 실제 상황에서 차량에 적재된 후판 영상은 휴대기기에 장착된 카메라로 촬영된다. 이러한 환경에서 촬영된 영상은 화질이 좋지 못할 것으로 예상되기 때문에 후판 모형에 대해서 화질이 좋지 않은 USB 카메라를 이용하여 영상을 획득하였다. 그림 1은 640*480의 해상도로 후판 모형을 촬영한 영상 중의 하나이다.

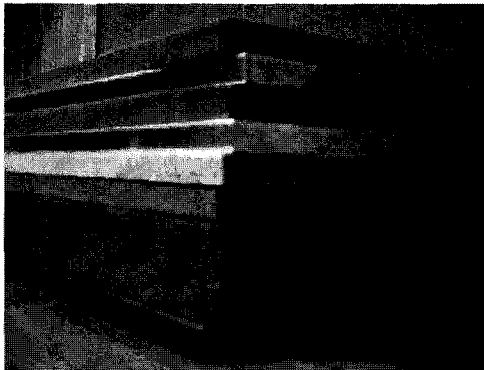


그림 1. 후판 모형 영상
Fig. 1 Image of steel plate models

에지 검출은 기본적으로 캐니 알고리즘을 적용하였다. 캐니 알고리즘은 파라미터로 가우시안 블러링에 필요한 σ 값과 양자화에 필요한 두 개의 임계값을 가진다. 일반적으로 파라미터 값은 영상에 맞게 실험을 수행한 후 적당한 값을 결정한다. 블러링을 위한 σ 의 경우 너무 큰 값을 적용하면 에지 정보가 손실되기 때문에 1.0의 값으로 설정하였다. 임계값의 경우 큰 값과 작은 값을 어떻게 하느냐에 따라 에지 영상의 차이가 심하게 나타나며 특히 큰 임계값에 민감하게 반응한다.

가능한 많은 에지 정보를 추출하기 위하여 임계값을 작게 설정하였다. 그림 2는 큰 임계값과 작은 임계값을 각각 50과 30으로 설정한 예이다. 후판 영상의 경우 동일한 색깔의 후판이 겹쳐진 형태이기 때문에 에지의 구분이 어렵다. 따라서 임계값을 크게 설정하면 중요한 에지 정보들이 손실될 수 있기 때문에 최대한 에지 정보의 손실을 줄이기 위해 큰 임계값을 작게 설정하는 것이 바람직하다.

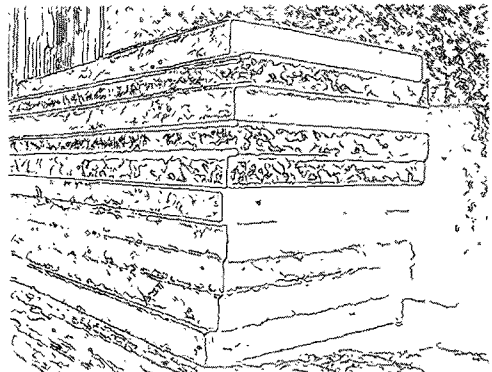


그림 2. 그림 1의 에지 영상
Fig. 2 Edge image of Fig. 1

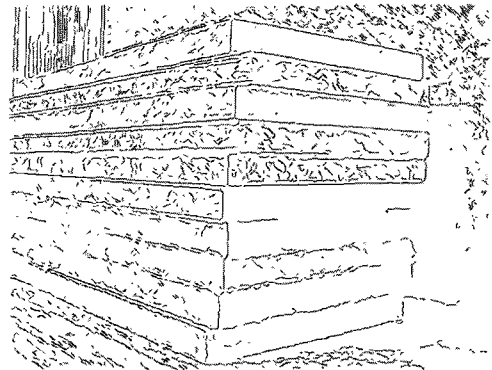


그림 3. Guru 알고리즘 결과 영상
Fig. 3 Result of Guru algorithm

3.2. 후판의 직선 검출

후판 영상의 특성을 고려하여 에지를 검출할 때 작은 에지 패턴도 검출할 수 있게 파라미터를 설정하였다. 이 경우 Guru 알고리즘[7]은 직선 패턴을 찾을 때 좋은 성능

을 보여주지 못한다. 그림 3은 그림 2의 에지 패턴에 Guru 알고리즘을 적용한 결과를 보여주는데, 불필요하게 많은 직선 에지들이 검출되는 것을 볼 수 있다. 제안하는 알고리즘은 후판 영상에 적합하게 에지 패턴의 공분산 행렬에 대한 고유값을 적용한다.

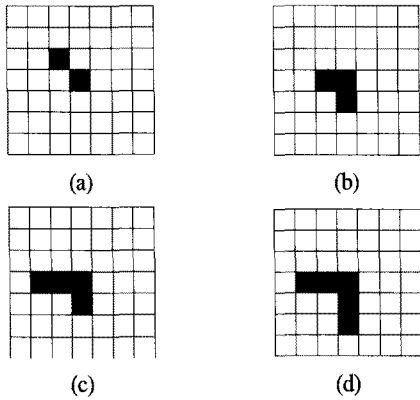


그림 4. 간단한 에지 패턴 예.
 (a) $\lambda = 0$ (b) $\lambda = 0.111$ (c) $\lambda = 0.125$ (d) $\lambda = 0.28$
 Fig. 4 Examples of simple edge pattern.
 (a) $\lambda = 0$ (b) $\lambda = 0.111$ (c) $\lambda = 0.125$ (d) $\lambda = 0.28$

(a) 에지 패턴의 픽셀 수

모든 에지 패턴에 대해서 공분산 행렬의 고유값을 적용하게 되면 불필요한 직선 패턴들을 검출하게 된다. 그림 4는 간단한 형태의 에지 패턴의 예와 각 에지 패턴에 대한 공분산 행렬의 고유값을 보여준다. 그림 4-(a)는 두 개의 픽셀로 이루어진 에지의 예를 보여주는데, 이 경우 고유값은 0이 되어 임계값에 상관없이 직선으로 판단하게 된다. 즉 2개의 픽셀로 이루어진 모든 에지는 직선 에지로 처리하게 되는데 이 경우 실제 직선이기 보다는 잡음 영상일 가능성이 더 크다. 그림 4-(b)와 그림 4-(c)를 비교하면 그림 4-(c)가 더 직선에 가깝지만 고유값은 그림 4-(b)가 더 작은 값을 가진다. 이것은 그림 4-(b)가 더 적은 픽셀로 이루어진 에지이기 때문이다. 즉 에지 패턴을 구성하는 픽셀의 수는 고유값에 영향을 미친다. 똑같은 형태의 에지인 그림 4-(b)와 그림 4-(d)를 비교하면 그림 4-(d)가 큰 고유값을 가지는 것을 알 수 있다.

제안하는 알고리즘에서는 마스크의 크기가 $k \times k$ 인 경우 에지 패턴을 구성하는 최소 픽셀 수를 k 개로 설정하고 k 보다 적은 수의 픽셀로 이루어진 에지 패턴은 직

선 패턴 검출에서 제외하였다. 에지 영상을 구할 때 임계값을 낮게 설정할 경우 많은 에지들이 검출되는데 이때 적은 수의 픽셀로 구성된 에지 패턴을 무시하여도 전체 직선 패턴을 구하는데 문제는 없다.

(b) 중복된 직선 에지 분리

후판 영상의 에지 영상은 정밀하게 에지를 찾기 위해 파라미터를 설정하였기 때문에 그림 2와 같이 에지 패턴이 복잡하게 연결된 형태로 주어진다. 그림 5-(a)는 세 개의 직선 에지가 겹쳐진 예를 보여준다. 이 경우 Guru 알고리즘을 그대로 적용하게 되면 직선이 겹쳐진 부분은 고유값이 크게 계산되기 때문에 완벽한 직선 패턴을 찾지 못하게 된다.



그림 5. 직선 패턴이 중첩된 예.
 Fig. 5 Examples of overlapped line edges.

제안하는 알고리즘에서는 중첩된 에지 패턴에 대해서 먼저 전체 에지 패턴에서 직선 패턴들을 분리한다. 그리고 분리된 직선 패턴에 대해서 공분산 행렬의 고유값을 계산하여 직선을 판단한다. 그림 5의 예에서 그림 5-(a) 에지 패턴에 대해서 고유값을 계산하기 전에 먼저 그림 5-(b)와 같이 직선을 분리한 후 각각의 패턴에 대해서 직선임을 판단하게 된다.

마스크에 포함된 에지 패턴에서 직선을 분리하는 것은 마스크의 크기가 커지면 계산량이 많아진다. 하지만 캐니 알고리즘에서 세선화를 수행하였기 때문에 겹쳐진 직선 패턴이 많지 않아서 실제 계산량은 많지 않다. 그리고 실험을 통해 마스크의 크기를 10×10 이하의 작은 값으로 해도 직선을 잘 검출하기 때문에 전체 알고리즘에서 에지 분리에 따른 계산량 증가는 크지 않다.

(c) 방향성을 고려한 직선 검출

에지를 구성하는 픽셀들의 공분산 행렬을 이용하면 에지의 방향 정보를 쉽게 계산할 수 있다. 먼저 공분산 행렬에 대한 두 개의 고유값 중 큰 고유값을 식 (4)와 같

이 계산한다.

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} [c_{11} + c_{22} + \sqrt{(c_{11} - c_{22})^2 + 4c_{12}^2}] \quad (4)$$

에지의 방향은 큰 고유값을 이용하여 식 (5)와 같이 계산한다.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\lambda_2 - c_{11}}{c_{12}} \quad (5)$$

후판의 경우 여러 장의 후판이 겹쳐진 형태로 보판 된다. 따라서 에지의 방향이 유사한 값을 가지는 특성이 있다. 에지의 방향을 파라미터로 입력 받거나 또는 에지들의 방향 성분을 분석하여 메인 값을 계산한 후 불필요한 에지들을 제거함으로써 정확한 직선 에지를 구할 수 있다.

IV. 실험 결과

제안하는 알고리즘의 성능을 분석하기 위하여 Guru 알고리즘 [7]과 성능을 비교하였다. 먼저 합성 이미지에 잡음이 추가되었을 때의 성능을 비교하였다. 그림 6은 합성 이미지를 보여준다. 이 이미지는 Guru 알고리즘의 성능 분석에 사용된 이미지이다. 합성 이미지에 임펄스 노이즈를 5%와 10%로 추가한 후 제안한 알고리즘과 기존 알고리즘의 성능을 비교하였다. 마스크의 크기는 7×7 이고 고유값에 대한 임계값은 0.125이다.

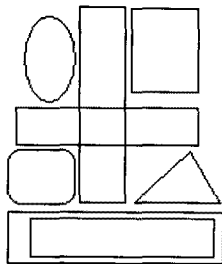


그림 6. 합성 이미지.
Fig. 6 A synthetic image.

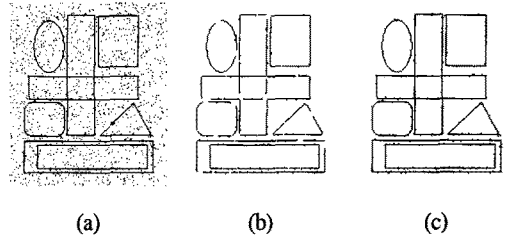


그림 7. (a) 5% 잡음이 추가된 합성 이미지, (b) Guru 알고리즘 적용 결과, (c) 제안하는 알고리즘 적용 결과.

Fig. 7 (a) Synthetic image with 5% noise, (b) result of Guru algorithm, (c) result of the proposed algorithm.

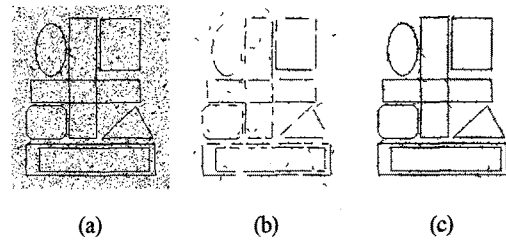
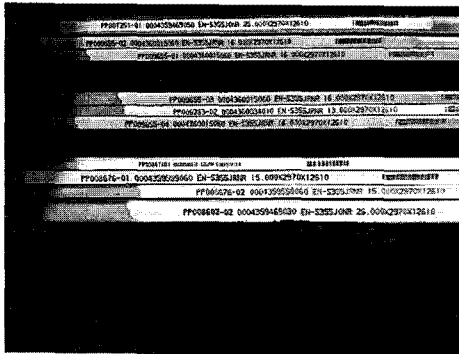


그림 8. (a) 10% 잡음이 추가된 합성 이미지, (b) Guru 알고리즘 적용 결과, (c) 제안하는 알고리즘 적용 결과.

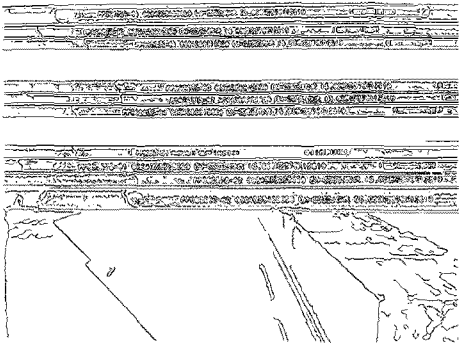
Fig. 8 (a) Synthetic image with 10% noise, (b) result of Guru algorithm, (c) result of the proposed algorithm.

그림 7은 합성 이미지에 5%의 임펄스 잡음을 추가한 후 Guru 알고리즘과 제안하는 알고리즘의 성능을 비교한 것이다. Guru 알고리즘의 경우 잡음이 직선 에지에 추가될 때 고유값이 임계값 보다 커져서 직선으로 처리하지 않는 부분들이 생기는 것을 알 수 있다. 제안하는 알고리즘에서는 원래의 직선을 먼저 분리하기 때문에 직선 에지들을 그대로 검출하는 것을 알 수 있다. 그리고 좌측 상단에 위치한 타원의 경우 직선이 아닌 부분들이 있지만 마스크의 크기를 7×7로 했기 때문에 직선으로 검출되고 있다. 하지만 방향성을 고려하여 필터링을 하게 되면 원하는 직선 에지를 찾을 수 있기 때문에 후판 영상에서는 큰 문제가 되지 않는다.

그림 8은 10%의 임펄스 잡음을 추가한 예를 보여준다. Guru 알고리즘의 경우 많은 직선 에지들을 검출하지 못하는 것을 볼 수 있다. 반면 제안하는 알고리즘은 모든 직선을 그대로 검출하는 것을 볼 수 있다.



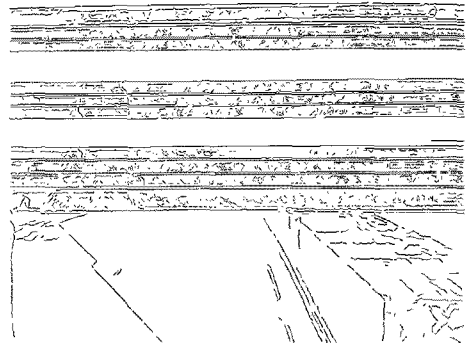
(a)



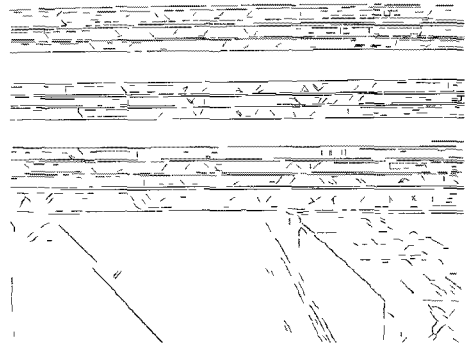
(b)

그림 9. (a) 후판 영상, (b) (a) 영상의 에지 영상
Fig. 9 (a) steel plates image, (b) edge image of (a)

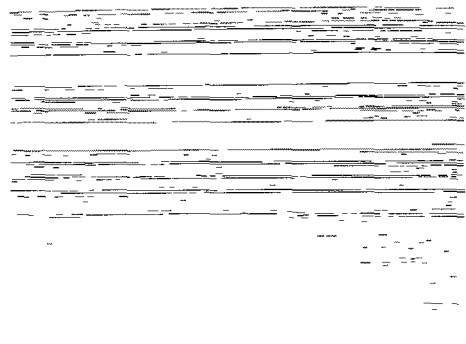
후판은 여러 개가 겹쳐져서 야적장에 보관되거나 차량에 적재된다. 그림 9는 세장 또는 네장 단위로 겹쳐진 후판들이 버팀목을 사이에 두고 다시 겹쳐져서 야적장에 보관되는 모습을 보여준다. 그림 9-(a)는 실제 후판이 야적장에 적재된 영상이고 그림 9-(b)는 캐니 알고리즘을 적용하여 구한 에지 영상이다. 캐니 알고리즘에서 임계값을 50으로 낮게 설정하였기 때문에 가능한 모든 에지들을 검출된 것을 볼 수 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 10 (a) Guru 알고리즘 적용 결과, (b) 제안하는 알고리즘 적용 결과. (c) 수평 방향 에지
Fig. 10. (a) result of Guru algorithm, (b) result of the proposed algorithm, (c) horizontal line edges

그림 10은 그림 9에 직선 검출 알고리즘을 적용한 결과를 보여준다. 그림 10-(a)는 Guru 알고리즘을 적용한 결과를 보여주는데, 많은 불필요한 에지들이 포함되어

있는 것을 알 수 있다. 그림 10-(b)는 제안하는 알고리즘의 결과를 보여준다. 많은 불필요한 에지들을 제거하고 직선 형태의 에지들만 검출하고 있는 것을 볼 수 있다. 그림 10-(c)는 수평 방향의 에지들만 검출한 것을 보여준다. 후판 영상을 보면 동일한 후판들이 동일한 방향으로 쌓이기 때문에 에지의 방향이 유사한 것을 알 수 있다. 그림 9의 경우 후판들의 경계는 수평 방향임을 알 수 있다. 따라서 이 정보를 이용하면 불필요한 에지들을 추가적으로 제거할 수 있게 된다.

V. 결론

본 논문에서는 후판 영상 인식에 기본적으로 사용되는 직선 검출 알고리즘을 제안한다. 후판 영상의 경우 동일한 색깔의 후판이 겹쳐진 형태이고 후판의 색깔이 어두워서 에지 검출이 용이하지 않다. 따라서 후판의 경계를 검출하기 위해서는 임계값을 낮게 설정하여야 한다. 제안하는 알고리즘은 이런 상황을 고려하여 에지 검출을 위한 캐니 알고리즘을 적용할 때 많은 에지들이 검출될 수 있게 파라미터를 설정하였다. 하지만 임계값을 낮게 설정하면 후판의 경계뿐만 아니라 불필요한 많은 에지들이 같이 검출되게 된다. 제안하는 알고리즘에서는 결과 에지 영상으로부터 불필요한 에지들을 제거하여 필요한 직선 에지를 추출하였다. 효과적으로 직선을 추출하기 위하여 에지패턴의 고유값을 적용하였고 작은 에지들을 제거하기 위하여 최소 에지 픽셀수를 제한하였다. 그리고 잡음의 영향을 줄이기 위하여 먼저 직선 패턴을 분리한 수 고유값을 계산하였다. 실험 결과 제안하는 알고리즘이 기존 알고리즘에 비해 불필요한 에지들을 잘 제거하여 효과적으로 직선 에지를 찾는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

[1] 명영수, "후판적치문제의 복잡성 연구", 한국경영과학회지, 28(4), pp. 31-37, 2003.

[2] 최중현, 최성후, 윤종필, 구근휘, 김상우, "문자열 검출을 위한 슬라브 영역 추정", 전지학회논문지, 58권, 5호, pp. 1025-1034, 2009.

[3] 장대근, 김의정, "문서영상에서 표 구성 직선과 데이터 추출", 한국해양정보통신학회논문지, vol. 10, no. 3, pp. 556-563, 2006년 3월.

[4] R.O. Duda and P.E. Hart, "Use of Hough transformation to detect lines and curves in pictures," *Commun. ACM*, vol. 15, no. 1, pp 11-15, 1972.

[5] C.-T. Ho and L.-H. Chen, "A high speed algorithm for line detection," *Pattern Recognition Lett.* 17, pp. 467-473, 1996.

[6] Y.S. Lee, H.S. Koo, and C.S. Jeong, "A straight line detection using principal component analysis," *Pattern Recognition Lett.* 27, pp. 1744-1754, 2006.

[7] D.S. Guru, B.H. Shekar, and P. Nagabhushan, "A simple and robust line detection algorithm based on small eigenvalue analysis," *Pattern Recognition Lett.* 25, pp. 1-13, 2004.

[8] J.F Canny, "A computational approach to edge detection," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.* 8(6), pp. 679-698, 1986.

저자소개

박상현(Sanghyun Park)

한국해양정보통신학회 논문지
제13권 제2호 참조

김종호(Jongho Kim)

한국해양정보통신학회 논문지
제13권 제12호 참조

강의성(Euisung Kang)

한국해양정보통신학회 논문지
제11권 제11호 참조