

컨테이너 위치 측정을 위한 비전 기반의 컨테이너 홀 검출

이정화* · 김태형* · 윤희주* · 차의영*

*부산대학교 컴퓨터공학과

A Vision-based Detection of Container hole for Container Location Measuring

Jung-hwa Lee* · Tae-hyung Kim* · Hee-joo Yoon* · Eui-young Cha*

*Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

E-mail : junghwa@pusan.ac.kr

요 약

본 논문은 컨테이너 위치 측정을 위하여 비전을 기반으로 컨테이너의 홀을 검출하는 방법을 제안한다. 컨테이너는 각 꼭짓점마다 스프레더의 헤드블록과 부착되는 홀이 있기 때문에 서로 대각에 위치한 홀을 찾아서 컨테이너의 위치를 검출하는 방법을 이용한다. 우선, 스프레더에서 촬영된 컨테이너 영상을 입력받고 영상에서 컨테이너를 찾기 위하여 허프 변환을 이용해 직선을 검출한다. 검출된 직선 중에서 서로 직교하는 위치를 찾아서 스프레더의 헤드블록과 접합하는 컨테이너의 꼭짓점 후보로 정하며 정확한 꼭짓점을 찾기 위하여 템플릿 매칭을 수행한다. 제안된 방법을 이용하여 컨테이너의 위치를 검출했을 때 만족할 만한 성능을 나타내는 것을 실험을 통하여 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a vision-based detection of container hole for container location measuring. We use a method for container position detection using detection of diagonal container holes, because containers have holes that are linked to spreader headblocks. First, we extract images from spreader and detect straight lines to detect container in images using hough transform. Next, proposed method finds positions of cross at the right angles and set candidates of the corner that is linked to spreader headblocks. Finally, this method performs template matching to detect a right corner of containers. Experimental results show that proposed method performed well at detection of container position.

키워드

Container, Spreader, Position detection, Hough transform, Template matching

1. 서 론

현재의 항만 운송 시스템은 RFID, GPS, USN 등의 첨단 정보통신 기술을 이용하여 자동화를 추진하고 있다. 컨테이너 터미널 내에 운송차량이 도착하면 실시간 위치 추적 및 스케줄링을 통해 컨테이너의 목적지를 알려주며 자동화 야드 크레인 이용해 빠르게 하역작업이 진행된다. 하지만 첨단 항만 자동화 시스템에서도 크레인 작업은 여전히 작업 기사가 수행을 하고 있으며 자동화의 필요성이 요구되고 있다.

크레인은 스프레더(spreeder)를 이용하여 컨테이너의 상단에 위치한 홀(hole)과 접합한 뒤 컨테

이너를 이동시킨다. 이러한 특성을 이용하여 본 논문에서는 컴퓨터 비전을 기반으로 컨테이너의 홀을 검출하여 컨테이너의 위치를 측정하는 기술을 제안한다.

컨테이너의 형태적 특징을 이용하기 위하여 직선 검출에 많이 활용되는 허프 변환(hough transform)을 이용하여 컨테이너의 꼭짓점을 검출한다 [1]. 이어서 스프레더와 접합하는 부위인 홀을 검출하기 위하여 template matching을 수행한다.

위와 같은 과정을 통해 컨테이너의 홀을 검출하며, 그 결과를 통해 자동화 시스템에 적용이 가능할 것이다.

II. 컨테이너 꼭짓점 검출

2.1 이미지 외곽선 검출

컨테이너의 표면 색상은 다양하고, 조명 상태 및 관리 상태에 따라서 많은 차이를 가지고 있다. 이러한 점은 컨테이너의 색상정보를 이용하여 특징을 추출하기 어렵게 만든다. 또한 컨테이너는 형태적으로도 직사각형의 모양에 울퉁불퉁한 텍스처를 가지고 있는 특징 외에는 다른 특징이 없어 객체 추적에 어려움이 있다. 이러한 문제점을 극복하기 위하여 사각형의 형태적 특징과 컨테이너의 홀의 위치정보를 이용하여 컨테이너의 홀을 검출한다.

우선 컨테이너의 사각형 edge 정보를 추출하기 위하여 canny edge detection을 수행한다 [2]. Canny edge detection은 다른 edge detection에 비해서 잡음에 덜 민감한 방법으로 강한 edge 정보의 추출이 가능하다. 아래 그림 1은 canny edge detection을 이용하여 컨테이너의 edge 정보를 추출한 결과이다.



그림 1. Canny edge detection

2.2 이미지 직선 검출

Edge를 추출한 이후에 영상에서 직선을 찾아내는 과정이 필요하다. 여러 가지 직선 검출 방법이 있지만 그 중에서 가장 많이 사용되는 허프 변환(hough transform)을 사용한다. 허프 변환은 그림 2와 같이 x-y축으로 정의된 직선의 좌표를 거리 ρ 와 각 θ 를 이용하여 ρ - θ 축으로 변환하여 직선을 검출하는 방법이다.

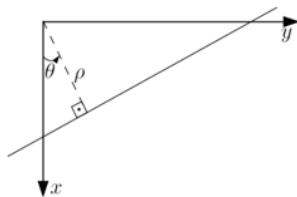


그림 2. 직선을 ρ, θ 값으로 표현

어떤 직선위의 한 점 (x_i, y_i) 가 있으면 식 1에 의해서 ρ - θ 축 위의 한 점 (ρ, θ) 로 변환한다.

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (1)$$

x-y축 직선 위의 점들은 같은 거리 ρ 값과 각 θ 값을 가지기 때문에 ρ - θ 축으로 변환하면 직선이 하나의 점으로 변환하게 된다. 그러므로 허프 변환 이미지에서 각 점은 직선을 의미하게 되며 각 점의 빈도에 따라서 직선의 길이가 결정된다. 변환된 ρ - θ 축의 허프 이미지는 그림 3과 같다.

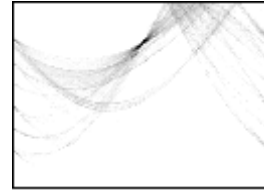


그림 3. 허프 변환 이미지 (ρ - θ)

허프 공간에서 직선으로 판단하기 위해서 각 점들 중에서 빈도가 threshold를 넘는 (ρ, θ) 을 추출한다. 640x480 영상에서 threshold는 100 픽셀 정도의 값을 사용하며, 그 결과는 그림 4와 같다.

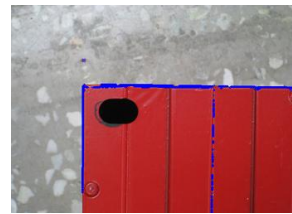


그림 4. 허프 변환을 이용한 직선 검출

2.2 컨테이너 꼭짓점 후보 검출

검출된 직선에서 꼭짓점을 검출하는 과정은 사각형의 꼭짓점을 검출하는 과정과 동일하다. 사각형의 꼭짓점은 두 선분이 이루는 각이 90° 이므로 검출된 직선들 중에서 각 θ 의 차이가 90° 가 되는 두 선분의 꼭짓점을 찾으면 된다 [3].

첫 번째로, 검출된 직선 중에서 컨테이너의 외곽선일수록 길이가 길기 때문에 이러한 특성을 반영하기 위하여 길이 순서대로 정렬을 한다. 길이 순서대로 정렬을 하기 위하여 허프 공간에서의 빈도 값을 사용한다.

두 번째로, 정렬된 순서대로 각 직선에 대하여 직각을 이루는 직선을 구한다. 각 직선의 허프 각을 θ_1, θ_2 라고 하면 식 2와 같이 두 각의 차이가 90° 가 되는 직선을 찾는다. Threshold는 화각에 따른 왜곡을 수용하기 위하여 $5 \sim 10^\circ$ 정도가 적절하다.

$$|\theta_1 - \theta_2 - 90^\circ| < threshold \quad (2)$$

세 번째로, 서로 직각을 이루는 두 직선을 찾으면 두 직선의 교점인 꼭짓점 좌표를 식 3으로

계산한다.

$$x = \frac{\rho_1 \sin \theta_2 - \rho_2 \sin \theta_1}{\cos \theta_1 \sin \theta_2 - \cos \theta_2 \sin \theta_1} \quad (3)$$

$$y = \frac{\rho_2 \cos \theta_1 - \rho_1 \cos \theta_2}{\cos \theta_1 \sin \theta_2 - \cos \theta_2 \sin \theta_1}$$

이렇게 계산된 꼭짓점 후보 좌표 중에서 최종적으로 컨테이너 홀을 포함하고 있는 꼭짓점을 찾기 위하여 템플릿 매칭을 수행한다. 그 방법은 3장에서 설명하도록 한다.

III. 컨테이너 홀 검출

3.1 템플릿 이미지

템플릿 이미지는 그림 5와 같이 검출하고자 하는 컨테이너의 방향에 맞는 이미지를 선정한다. 템플릿 이미지의 크기는 스프레더와 컨테이너의 거리가 가까울 때를 고려하여 100x100 픽셀 정도가 되어야 한다. 또는 거리 측정이 가능하다면 거리에 따른 템플릿 이미지를 따로 두어서 스프레더와 컨테이너 사이의 거리별 템플릿 매칭을 통하여 성능의 개선이 가능하다.

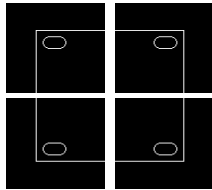


그림 5. Template Image

이러한 방법은 컨테이너의 네 꼭짓점의 방향성을 고려할 수 있으며 홀의 위치 파악이 가능하다.

3.2 상관 계수를 이용한 매칭

상관 계수(Correlation coefficient)는 두 x , y 에 대하여 상관관계의 정도를 나타내는 계수로써 식 4를 사용한다.

$$r = \frac{\frac{1}{N} \sum_{r=1}^N (x_r - \bar{x})(y_r - \bar{y})}{\sigma_x \sigma_y} \quad (4)$$

\bar{x} 와 \bar{y} 는 각각 x 와 y 의 평균값이고, σ_x 와 σ_y 는 x 와 y 의 표준편차이다. 상관계수는 $-1 \leq r \leq 1$ 의 값을 가지며 서로 양의 상관관계에 있을 때는 $r > 0$, 음의 상관관계에 있을 때는 $r < 0$, 아무런 상관이 없을 때에는 $r = 0$ 이다.

상관계수를 이용하여 매칭을 수행하는데 모든

영역에 대하여 템플릿 매칭을 수행하면 많은 시간이 소비된다. 이에 대한 성능을 개선하기 위하여 검출된 꼭짓점 주변의 영역을 지정하여 해당 영역 내에서 가장 상관계수가 높은 지점을 꼭짓점 및 홀의 최종 후보로 선정한다. 매칭 영역은 템플릿 이미지의 왼쪽 상단을 기준으로 검출된 꼭짓점의 상하좌우 네 방향에 대하여 100 픽셀 내의 영역으로 설정하였다.

3.3 홀 검출

컨테이너 꼭짓점 후보 좌표들을 이용하여 템플릿 매칭을 수행하면 각 매칭들에 대하여 상관계수가 계산된다. 즉, 꼭짓점 및 홀의 최종 후보 좌표들에 대한 상관계수가 계산되며 각 후보들의 상관계수 중에서 가장 큰 값을 최종 꼭짓점으로 선택한다. 그리고 방향에 따른 템플릿 이미지의 정보를 이용하여 홀의 검출이 가능하다. 검출된 결과는 그림 6과 같다.

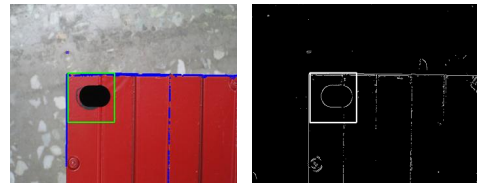


그림 6. 컨테이너 홀 검출 결과

IV. 실험결과

4.1 실험 데이터

실험은 실제 컨테이너의 상단에서 디지털카메라로 촬영한 사진과 1:20으로 축소한 컨테이너 모형 및 1:80으로 축소한 컨테이너 모형으로 실험하였다. 각 실험 영상의 예시는 그림 7과 같다.



그림 7. 실험 영상 예시

4.2 실험 결과

실험은 각 모형에 대하여 꼭짓점 별로 수행하

였다. 검출 방법이 동일하지만 조명 및 기타 환경 등의 조건에 따라서 실험 결과가 달라질 수 있기 때문에 네 꼭짓점 모두 실험을 하였다. 실험 결과는 표 1과 같다.

표 1. 컨테이너 홀 검출률 (%)

종류	좌측 상단	좌측 하단	우측 상단	우측 하단	평균
1:1 컨테이너	70.1	68.5	71.0	76.9	71.6
1:20 모형	83.3	96.1	94.2	83.3	89.2
1:80 종이모형	86.6	88.2	93.7	95.4	91.0

실제 컨테이너의 실험 결과가 모형에 비해서 낮은 검출률을 나타내고 있다. 이는 실험용 컨테이너 영상을 실제 환경이 아니라 주변에 잡영이 많은 곳에서 획득하였기 때문에 직선 검출 결과가 나쁘게 나와서 컨테이너 홀 검출 결과도 상대적으로 좋지 않게 나왔다.

모형의 경우에는 실내 환경에서 영상을 수집하였기 때문에 조명이 실험 결과에 영향을 미쳤다. 각 위치에 따라서 그림자 및 조명 세기의 차이로 인하여 직선 검출이 잘 되지 않는 경우에 컨테이너 홀 검출에 실패하였다. 하지만 전체적으로 90%에 가까운 검출률을 보였으며, 검출된 영상에서는 컨테이너의 꼭짓점의 위치가 정확하게 검출되었다.

V. 결 론

본 논문에서는 항만 자동화 시스템 구축을 위하여 컨테이너 위치 측정을 위한 비전 기반의 컨테이너 홀 검출 방법을 제안하였다. 허프 변환과 템플릿 매칭 기법을 이용하여 컨테이너의 꼭짓점과 홀을 검출하였으며 컨테이너 모형으로 실험을 하였을 때 만족할 만한 성능을 나타내었다.

조명 및 주변 환경에 따라 직선 검출에 많은 영향을 받고 있어서 전체적인 성능에 영향을 받고 있지만 추가 조명 및 edge detection의 성능을 높인다면 제안된 방법의 성능이 개선될 수 있을 것으로 보인다. 따라서 본 논문에서 제안한 방법은 향후 개선을 통해서 항만 자동화 시스템 구축에 도움이 될 것이다.

감사의 글

이 논문은 지식경제부의 모바일하버 프로젝트의 지원에 의해 수행되었음.

참고문헌

- [1] R. O. Duda, P. E. Hart, Use of the Hough Transformation to Detect Lines and Curves in Pictures, Technical Note 36, April, 1971
- [2] J. Canny, A Computational Approach To Edge Detection, IEEE Transaction Pattern Analysis and Machine Intelligence, No.6, pp.679-698, 1986
- [3] C. R. Jung, R. Schramm, Rectangle Detection based on a Windowed Hough Transform, Proceedings of the XVII Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing, pp.113-120, 2004