

컨테이너 파손 검사장치의 개발

오재호*, 홍성우*, 최규종*, 김명호**, 안두성#

Development of the Container Damage Inspection System

Jae Ho Oh*, Seong Woo Hong*, Gyu Jong Choi*, Myong Ho Kim** and Doo Sung Ahn #

ABSTRACT

The damage inspection of container surface is performed by the expert inspectors at the container terminal gate of harbor. In this paper, we substitute the expert's capability with the damage inspection system using the artificial intelligent control algorithm and vision system, so we can improve the work environment and effectively decrease the inspection time and cost. Firstly, using six CCD cameras attached to the terminal gate, whole container is partially captured according to eleven sensors aligned with the entering direction of container. Captured partial images are inspected by the fuzzy system which the expert's technology is embedded. Next, we compose partial images to be a complete container image through the correlation coefficient method. Complete container image is saved to solve future troublesome problems. In this paper, the effectiveness of the proposed system was verified through the field test.

Key Words : Vision System (비전 시스템), Fuzzy System (퍼지 시스템), Container (컨테이너), Damage Inspection (파손검사)

1. 서론

항만의 컨테이너 터미널(container terminal)에서 이루어지고 있는 컨테이너 파손검사(damage inspection) 시스템은 검사를 능숙하게 수행할 수 있는 전문가(expert)가 직접 육안으로 검사한다. 하루에 수 천대가 통과하는 터미널 게이트(gate)에서 반출입하는 컨테이너 한 대 당 서너 명의 전문가들이 검사를 수행하기 때문에 시간 및 비용 측면에서 비효율적이며 또한 차량의 매연으로 인해 작업환경이 상당히 열악한 실정이다.

따라서 본 논문에서는 전문가의 육안으로 수행되는 현재의 컨테이너 파손검사를 인공지능제어

알고리즘(artificial intelligent control algorithm)^{1,2} 과 영상처리(image processing)^{3,4} 시스템으로 대체함으로써 시간과 비용을 절감하고 작업환경을 개선시키고자 한다. 즉 비전 시스템을 이용하여 컨테이너의 영상(image)을 획득하고, 퍼지 시스템(fuzzy system)^{5,6,7} 을 이용하여 컨테이너 파손(damage) 여부를 판단하고자 한다.

먼저 비전 시스템을 이용하여 컨테이너의 전체영상을 획득하기 위해 8 대의 CCD 카메라(camera)를 사용하여 부분영상을 획득한다. 획득된 영상들은 자연광으로 인한 색차(difference of color tone)와 잡음(noise)이 포함되어 있으므로 전처리과정(image preprocessing)을 거친다. 전처리과정이 수

접수일: 2004년 7월 27일; 게재승인일: 2004년 11월 19일

* 부경대학교 기계공학부 대학원

** ㈜에스에스컴텍 대표이사

교신저자: 부경대학교 기계공학부

E-mail dsahn@pknu.ac.kr Tel. (051) 620-1605

행된 영상들은 전문가의 컨테이너 파손여부를 판단할 수 있는 기술이 표현된 퍼지 시스템을 이용하여 컨테이너의 파손검사(damage inspection)가 수행된다. 또한 동일한 컨테이너에 대한 각 부분영상들은 상관계수법(correlation coefficient method)⁹을 이용하여 단일 영상으로 조합하여 데이터로 보관함으로써 향후 컨테이너의 외관파손에 의해 발생될 수 있는 문제들에 대비하고자 한다.

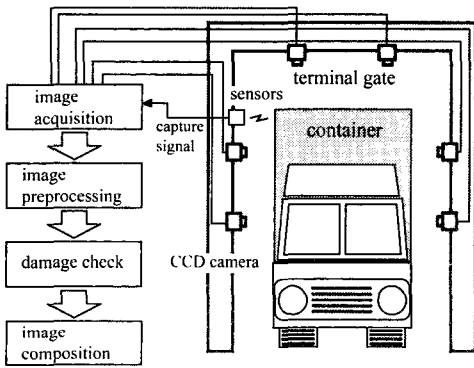


Fig. 1 Overall system configuration

2. 시스템 구성

터미널 게이트에서 반출입하는 컨테이너의 파손여부를 검사하기 위해서는 컨테이너와 CCD 카메라가 가능한 한 근접해 있어야 하기 때문에 게이트와 컨테이너 자체의 크기로 인해 단일 CCD 카메라로 한번에 컨테이너 전체영상을 획득하는 것은 불가능하다. 따라서 컨테이너의 각 부분영상들을 획득하여 전체영상으로 조합을 해야 한다. 부분영상들을 획득하기 위해 진입방향으로 서로 이웃한 부분영상들이 일정한 양만큼 중복될 수 있는 거리간격으로 적외선 센서를 설치하여 영상포착신호를 발생하게 하였다. 본 논문에서는 일반적인 컨테이너의 크기를 기준으로 하여 11 개의 적외선 센서를 게이트에 설치하였으며, Fig. 1 과 같이 컨테이너의 위쪽(top), 오른쪽(right)과 왼쪽(left)에 각각 2 대씩의 CCD 카메라를 설치하여 컨테이너의 3 면에 대한 영상만을 획득하는 것으로 제한하였다. 각각의 CCD 카메라에서 획득되는 부분영상들을 하나의 전체영상으로 조합하기 위해 전처리 과정을 수행한 후 상관계수법을 이용하여 이웃한 영상들의

조합되는 위치 값을 구하여 단일영상으로 조합한다. 또한 부분영상에서 컨테이너 외관의 파손 유무를 검사하기 위해 퍼지 시스템을 구성한다. 이러한 퍼지시스템은 실제 파손검사를 수행하는 전문가의 기술을 분석하여 표현하였으며 파손 정도에 따라서 컨테이너의 출입을 자동으로 통제한다.

3. 영상 전처리

컨테이너 3 면에 대한 부분영상들을 획득하기 위해 8 대의 CCD 카메라를 사용하였다. 획득한 각각의 부분영상들은 동일한 시점에 영상을 획득하더라도 CCD 카메라로 입력되는 빛의 양이 달라서 심한 색차와 잡음을 포함한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제들을 해결하기 위해 색차조절과 필터링 과정을 수행한다.

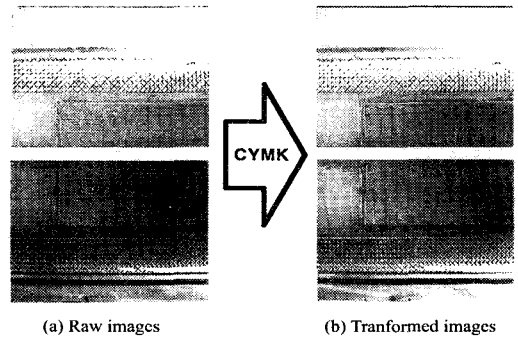


Fig. 2 Color images applied with CYMK(Cyan, Yellow, Magenta, black)

3.1 색차 조절

두 개의 원 영상(raw image)간의 색차를 줄이기 위해 3 가지 기법을 이용하여 실험하였다. 첫 번째 방법은 원 영상의 히스토그램을 이용하여 구해지는 가장 낮은 명도 값과 가장 높은 명도 값을 스트레칭 시키는 히스토그램 스트레칭(Histogram stretching)기법이며, 두 번째는 원 영상의 HSI(Hue, Saturation, Intensity) 값을 서로 조율함으로써 색차비를 줄이는 방법이다. 마지막으로 CYMK(Cyan, Yellow, Magenta, black)의 색 공간(color space)을 이용하여 원 영상의 색차 비를 줄이는 기법이다. 세 가지 기법 중에서 가장 좋은 결과를 보이는 것은 세 번째이며 그 결과를 Fig. 2 에 나타내었다.

Table 1 Classification of damages

유형	1 급	2 급	3 급
Dented	-	-	100mm 이상
Scratched	100mm 이하	100~200mm	200mm 이상
Bent	100mm 이하	100~200mm	200mm 이상
Hole	W:20mm 이하	20~50mm	50mm 이상
Rusty	-	-	All image
Score	20mm 이하(WxL)	20~50mm	50mm 이상
Ripped	L:50, D:10mm 이하	L 50~100mm	100mm 이상
Bonded	D:10, L:100mm 이하	D:100, L:200mm 이상	-
Taped	20mm 이하	20~50mm	50mm 이상

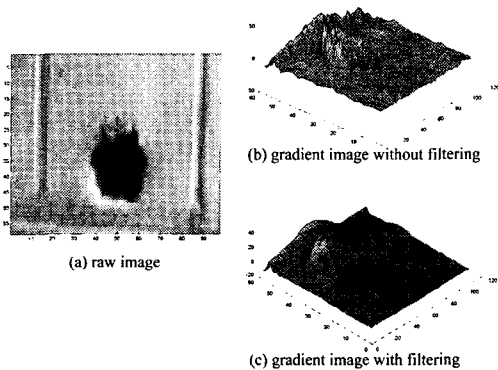


Fig. 3 Gradient image with moving average filter

3.2 필터링 기법

CCD 카메라로 획득한 영상은 일반적으로 잡음이 포함되어 있다. 잡음을 무시하고 원 영상을 그래디언트 영상으로 변환 시 잡음으로 인해 관심 대상인 그래디언트 변화가 심한 영역을 찾아내기 힘들다. 따라서 잡음제거를 위해 본 논문에서는 식 (1)과 같은 이동평균필터(moving average filter)⁹를 사용하여 원 영상에 포함된 잡음을 제거한다.

$$y(n) = \frac{1}{20} \sum_{k=0}^{19} x(n-k) \quad (1)$$

여기서, $y(n)$ 은 필터링 된 출력 값, $x(n)$ 은 원 영상에서의 픽셀 값, n 은 원영상에서 픽셀의 위치

를 나타낸다. Fig. 3 은 식 (1)을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 세로 방향 그래디언트 영상을 계산한 결과를 보여주고 있다. Fig. 3 (a)의 원 영상에서 잡음을 제거하지 않은 상태에서의 그래디언트 영상이 Fig. 3 (b)이며 제거한 상태에서의 그래디언트 영상이 Fig. 3 (c)이다. 두 경우를 비교했을 때 (b)보다는 (c)영상에서 관심대상이 되는 영역을 확실히 파악할 수 있다는 것을 알 수 있다.

4. 파손검사 알고리즘

컨테이너의 반출입 시 전문가의 육안을 통해 컨테이너의 파손검사가 수행된다. 이때 전문가는 경미한 파손에 대해서는 컨테이너를 통과시키지만 큰 파손에 대해서는 반출입을 금지시킨다. 컨테이너의 반출입을 금지시키는 기준은 각 파손의 형태에 따라서 Table 1 과 같은 명칭과 등급으로 분류된다. 파손의 형태에 따라서 약간의 차이는 있지만 대체로 3 급의 판정이 내려지는 경우는 통과하지 못한다.

4.1 컨테이너 외관 파손의 분류

컨테이너의 파손은 그 발생원인에 따라서 여러 가지 종류가 있다. 대표적인 것으로 Fig. 4 와 같이 굽힘으로 인해 검은색 계통의 점선 형태를 띠는 (a) scratch, 컨테이너의 side post 와 같이 균일한 굴곡이 있는 것이 아니라 굴곡의 형태가 복잡하게 형성된 (b)(c) dented, 날카로운 부분에 의해 찢어진 형태를 띠는 (d) score, 오목렌즈에 비춰진 형태를 보이는 (e) pushed in 등이 있다. 이러한 특

징들을 퍼지 시스템의 입력 값으로 사용하여 부분 영상에서 컨테이너의 파손이 발생한 영역을 찾을 수 있다. 파손의 종류에 따른 특징 값들을 얻어내기 위해 본 논문에서는 Fig. 4 와 같이 파손이 발생한 영상의 그레디언트 값을 조사하여 분석하였다.

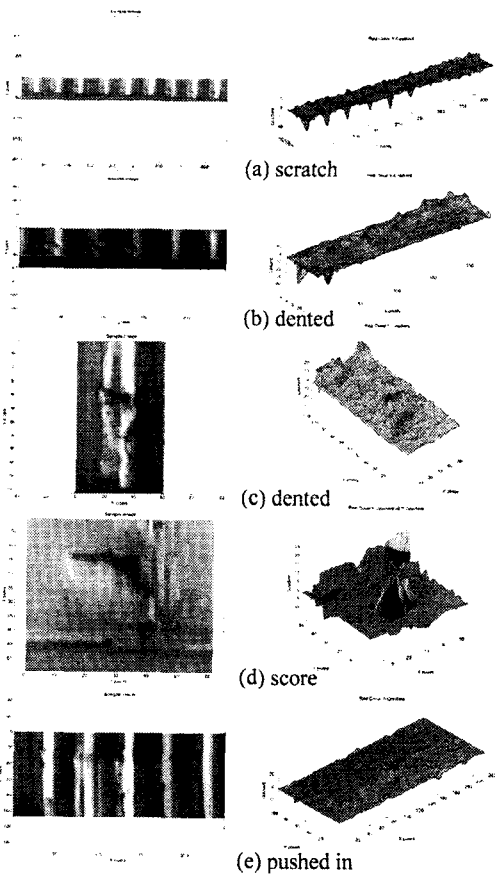


Fig. 4 Gradient images included with damage

4.2 실시간 검사 알고리즘

전처리된 부분영상의 그레디언트 영상을 조사하면 크게 4 가지 원인에 의해 값이 변한다. 즉, 컨테이너의 표면에 그려진 문자(character), 그림(picture), 경계부분(boundary) 그리고 파손영역(damage area)에서 심하게 변화한다. 따라서 실제 파손영역을 구분하기 위해서는 파손영역이 아닌 문자, 그림, 경계부분을 구분할 수 있어야한다. 컨테이너의 경계부분이 나타나는 곳은 CCD 카메라

가 고정되어있기 때문에 경계영역을 쉽게 추정할 수 있다. 그리고 문자와 그림은 비교적 파손영역에서 나타나는 특징들에 비해 규칙적이기 때문에 파손에 의한 것과 구분이 가능하다.

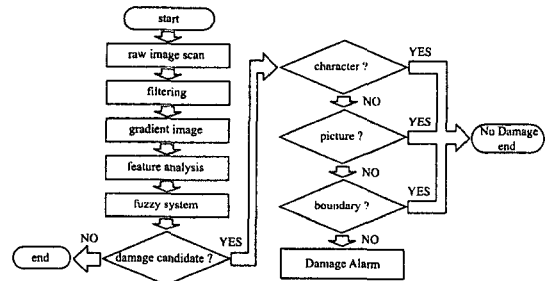


Fig. 5 Real time damage inspection process

Fig. 5 는 실시간 검사알고리즘 과정을 보여주는 순서도이다. 먼저 원 영상의 필터링을 통해 잡음을 제거한 후 그레디언트 영상을 계산한다. 계산된 그레디언트 영상에서 심하게 변화하는 영역에 대하여 파손영역이 될 수 있는 후보(candidate)들을 퍼지 시스템을 이용하여 결정한다. 이때 퍼지 시스템의 입력 값으로서 크기와 분포방향으로 설정한다. 설정된 후보영역에서 문자, 그림, 경계영역을 제외시킴으로써 파손영역을 찾아 경보를 발생한다.

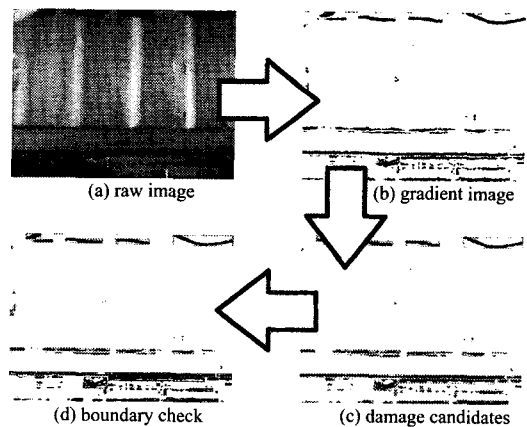


Fig. 6 Boundary check process

Fig. 6 은 원 영상에서 필터링을 거쳐 컨테이너의 경계선을 추출하는 과정을 나타내고 있다. 경

계선은 카메라의 위치가 고정 되어있으므로 쉽게 위치를 추정할 수 있으며 또한 가로로 길게 끊어 지지 않고 나타나는 성질을 이용하여 다른 부분들과 구별할 수 있다.

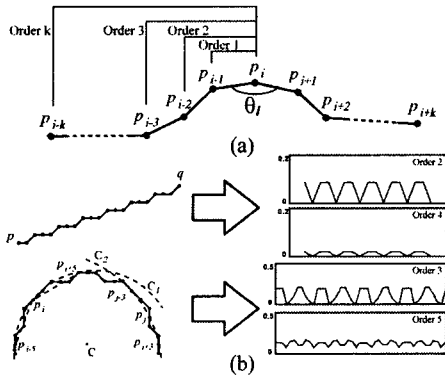


Fig. 7 Identification of the straight and curved line

4.3 직선과 곡선 판별 알고리즘

문자, 그림 그리고 파손영역의 구분은 규칙성에 있다. 즉 파손영역은 문자, 그림과 비교했을 때 불규칙한 특징을 갖는다. 이러한 특징을 파악할 수 있는 효율적인 계산방법은 Fig. 7의 (a)와 같이 p_i 를 기준으로 이웃한 두 점 p_{i-1} 와 p_{i+1} 를 연결하는 두 직선의 각도를 θ_i 로 두고 $1 - |\cos \theta_i|$ 을 계산하여 판별한다. 이러한 값은 직선과 곡선의 경우 Fig. 7의 (a)에서 표시된 차수(order)가 4, 5 정도에서 임의의 값에 수렴한다. Fig. 7의 (b)에서 보는 것과 같이 직선의 경우 0 에 가까운 값으로 수렴하고 곡선의 경우 0.1 과 0.2 부근에서 수렴한다는 것을 알 수 있다.

5. 영상 조합

동일한 컨테이너의 부분영상들을 조합하여 단일영상으로 구현하기 위해서는 각각의 CCD 카메라에서 획득한 부분영상들을 적절하게 조합하여야 한다. 본 논문에서는 서로 이웃한 영상들간의 정확한 조합지점을 찾기 위해 사전에 설정된 마스크를 이용한다. 즉, 설정된 마스크를 한 픽셀씩 이동시키며 상관계수값을 조사하여 그 값이 가장 최대인 지점을 조합위치로 설정한다. 상관계수값은 수평과 수직 두 방향에 대한 값을 사용하여 각각의 부분

영상들을 서로 수직과 수평방향으로 이동시켜 조합을 하였다.

5.1 마스크 설정

Fig. 8 은 서로 이웃한 영상들 간의 조합위치를 찾기 위해 설정된 마스크 영역을 보여주고 있다. 그림에서 영역 '1'과 '2'는 수직 방향으로 이웃한 부분영상들을 조합하기 위한 마스크이며 영역 '3'과 '4'는 수평 방향으로 이웃한 부분영상들을 조합하기 위한 마스크 영역이다. 이웃한 부분영상들은 센서신호와 고정된 카메라를 이용하여 획득되기 때문에 서로 중복되는 영역이 일정하게 나타난다. 따라서 실시간으로 조합위치를 찾기 위해 부분영상을 전체적으로 이동하면서 상관계수값을 구하지 않고 일정하게 중복되는 폭을 감안하여 특정위치에서부터 값을 계산하였다.

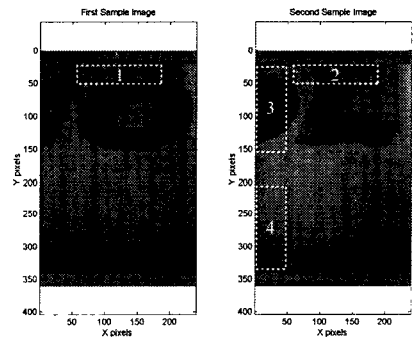


Fig. 8 Mask area setting method

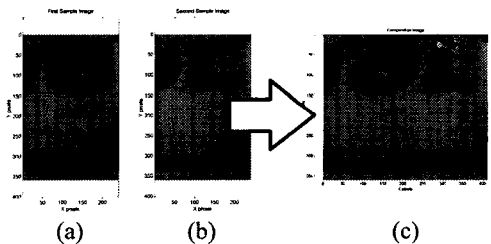


Fig. 9 Composition of neighbor images

5.2 상관계수값 조사

설정된 마스크를 이용하여 Fig. 9 에 보이는 원영상 (a)와 (b)에 대하여 수평과 수직방향의 상관계수값을 계산하면 Fig. 10 과 같은 결과를 얻을 수 있다. (a)와 (b)의 경우에 계산된 조합위치는 수

평방향으로는 173 pixel, 수직방향으로 22 pixel 이다. 계산된 조합위치에 따라 두 영상 Fig. 9의 (a)와 (b)를 조합시키게 되면 Fig. 9의 (c)와 같은 결과를 얻을 수 있다.

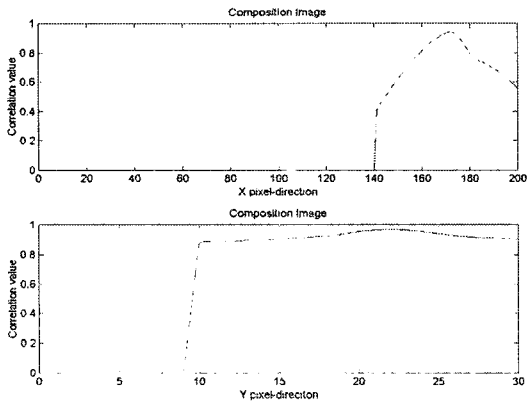


Fig. 10 Correlation values calculation

6. 실험 결과

본 논문에서 제시한 실시간 컨테이너 파손검사 시스템은 터미널 업무 특성상 컨테이너 한 대가 게이트를 통과하는 시간인 대략 10 초에서 13 초 정도의 시간 내에 컨테이너 파손검사가 완료되어야 한다. 따라서 컨테이너의 파손검사를 실시간으로 수행하는 것을 주된 목적으로 하였으며, 컨테이너의 단일영상으로의 조합은 과도한 계산시간을 방지하기 위해 영상 조합만을 위한 별도의 시스템을 구성하여 구현하였다.

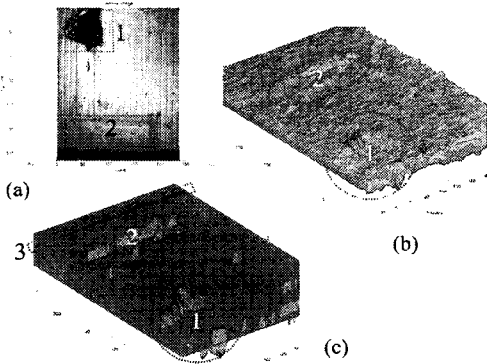


Fig. 11 Damage inspection result

6.1 파손 검사

Fig. 11의 (a) 영상에서 영역 '1'과 영역 '2'에서 파손을 가진다. 원 영상 (a)에서 그라디언트 영상 (b)를 구한 후 설정된 한계치(threshold value)를 기준으로 절단하면 (c)와 같은 파손후보영역이 나타난다. 여기서 본 논문에서 제시한 알고리즘을 이용하여 파손영역 '1'과 '2'를 찾을 수 있다. 영역 '3'은 실제 컨테이너의 경계선으로서 경계선이 가지는 특징들로서 구분 가능하다.

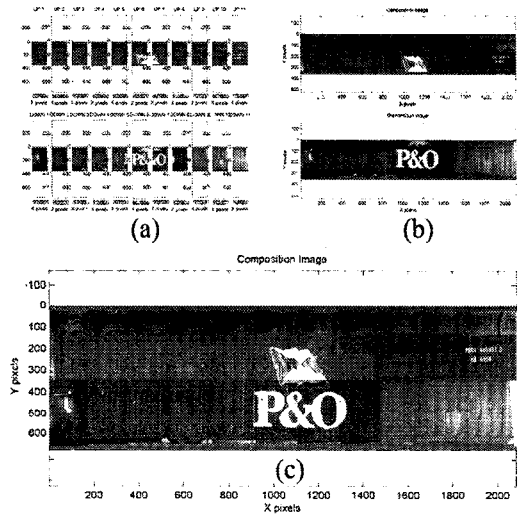


Fig. 12 Image composition of right side

6.2 영상 조합

터미널 게이트에는 현재 컨테이너의 부분영상을 획득하기 위한 신호로 사용하기 위해 11 개의 센서를 설치하였으며 각 센서신호에 의해 부분영상을 획득하였다. 따라서 획득되는 부분영상들은 CCD 카메라 한 대 당 11 개의 부분영상들이 획득된다. Fig. 12는 진입하는 컨테이너의 오른쪽 영상에 대해 영상조합을 실시한 결과를 나타낸다. (a)는 두 대 CCD 카메라에서 획득된 22 개의 부분영상들을 보여주고 있으며, 먼저 위쪽 영상과 아래쪽 영상 별로 먼저 조합하였으며 그 결과를 (b)에서 나타내고 있다. 마지막으로 이미 조합되어 있는 위쪽 영상과 아래쪽 영상을 조합하게 되면 컨테이너의 단일영상을 조합할 수 있으며 그 결과를 (c)에 나타내었다.

7. 결론

본 논문에서는 근무환경이 열악하고 비효율적인 구조를 가지고 있는 항만업무에 대한 자동화를 목표로 하였다. 하루에 수 천대의 컨테이너를 육안으로 검사하는 전문가의 기술을 비전 시스템과 퍼지 시스템으로 구현함으로써 인력과 비용절감 및 근무환경개선의 효과를 발생시킬 수 있다. 또한 컨테이너의 단일영상을 데이터베이스화하여 컨테이너로 인해 발생할 수 있는 문제들을 해결하기 위한 자료로 사용할 수도 있다. 그러나 제시된 시스템은 자연조명으로 인해 영상의 질이 떨어져서 신뢰성 측면에 있어서 몇 가지 문제점들을 가진다. 향후 이러한 문제점들에 대한 연구를 통해 시스템에 대한 신뢰성을 증가시킬 수 있다.

후 기

이 논문은 2002 년도 부경대학교발전기금재단의 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Toshio, F., Naoyuki, K., "An Intelligent Robotic System Based on a Fuzzy Approach," Proceeding of the IEEE, Vol. 87, No. 9, pp. 1448-1470, September 1999.
2. Park, K. T., "Intelligent Technology of Port Logistics System," KSPE, Vol. 19, No. 2, pp. 41-48, October 2002.
3. Steven, L. Eddins, Michael, T. Orchard, "Using Matlab and C in an image processing lab course," proceedings. ICIP-94., IEEE International conference, Vol. 1, pp. 515-519, November 1994.
4. Rafael, C. Gonzalez, Richard, E. Woods, Steven, L. Eddins, "Digital Image Processing using Matlab," Prentice hall, pp. 194-241, 2003.
5. Lee, Chuen Chien, "Fuzzy logic in control Systems : Fuzzy Logic Controller - Part I," IEEE Transactions on systems, Man, and Cybernetics, Vol. 20, No. 2, pp. 404-418, March/April 1990.
6. Lee, Chuen Chien, "Fuzzy logic in control Systems : Fuzzy Logic Controller - Part II," IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics, Vol. 20, No. 2, pp. 419-435, March/April 1990.
7. Jang, J.-S. R., Sun, C.-T., Mizutani, E., "Neuro-Fuzzy AND Soft-Computing," Prentice hall, pp. 73-91, 1997.
8. Yang, Q., "Automatic detection of patch-like defects on apples," Image processing and its applications, pp. 529-533, July 1995.
9. Lynn, Paul A., Fuerst, Wolfgang, "Introductory digital signal processing with computer application," WILEY, pp. 39-70, 1998.