

論 文

CCD카메라와 레이저 거리미터기를 이용한 스프레더 자세 인식 방법 연구

이봉기* · 박수민* · 진태석* · 이장명** · 이권순***

*부산대학교 대학원, **부산대학교 전자공학과 교수, ***동아대학교 전기공학과 교수

The Spreader Pose Determination Research Using CCD Camera and Laser Range Finder

B. K. Lee* · S. M. Park* · T. S. Jin* · J. M. Lee** · K. S. Lee***

* Graduate school of Pusan National University, Pusan 609-735

**Electronics Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735

***Electric Engineering, Dong-A University, Pusan 604-714

요 약 : 이 논문은 항만에서 사용되는 크레인에 있어서 ALS(Automatic Landing System)를 위한 스프레더(spreader)의 이동정보 및 스쿼각을 얻을 수 있는 방법을 소개 하고자 한다. 현재 사용되고 있는 ALS에서의 이동정보 획득방법은 3차원 laser scanner 일종인 모서리 감지기를 이용하거나, 다수의 레이저 거리미터기를 이용하는 방법이 주를 이루고 있다. 그러나 이러한 방법들은 경제성 면에서 그리고 성능면에서 각각 단점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 이러한 단점들을 개선하기 위해서 CCD 카메라를 이용한 영상처리와 레이저 거리미터기를 이용하여 스프레더의 이동정보와 스쿼각을 획득할 수 있는 방법을 제안한다.

핵심용어 : 컨테이너, 스프레더, 영상처리, 자동랜딩시스템

Abstract : This paper introduces a method that can get information for the movement of a spreader and skew in order to drive ALS(Automatic Landing System) in the crane used at the harbor. Some methods that use 3D laser scanner sensor or laser range finder to obtain the information in ALS are used presently. But these have some defects respectively in economical efficiency and performance. Therefore, to recover these defects, we propose a method acquiring the information for the movement of a spreader and skew using CCD camera for image processing and laser range finder.

KEY WORDS : Container, Spreader, Image Processing, ALS(Automatic Landing System)

1. 서 론

전 세계가 지구촌화 되어가면서 각 국가간의 교역이 증대되고 있다. 무엇보다도 해상을 통한 수출입 컨테이너 화물량이 크게 증가하고 있다. 그러나 현재의 항만시스템은 이를 해결하기에는 많은 문제점을 가지고 있다. 뿐만 아니라 인건비 상승 등으로 인한 처리비용의 증가도 한몫을 거두고 있다.^{1,2)}

이러한 문제점들을 극복하기 위해서 현재 컨테이너항만의 자동화에 대한 연구가 국내·외에서 활발하게 진행되고 있으며, 네덜란드의 로테르담 항구의 경우 하역부터 이동, 적재,

배송에 이르는 전과정이 완전자동화가 이루어져 있다. 항만 자동화에 있어서 AGV(Automated Guided Vehicles) 시스템, 자동게이트 시스템, 하역장비 시스템 등등 여러 가지가 있지만, 그 중에서 우리는 하역장비에 대한 자동화에 초점을 맞추었다.^{3,4)}

우리가 관심을 가지고 연구했던 하역장비의 자동화는 ALS로써 컨테이너를 집어내기 위해서 스프레더에 대한 이동정보를 획득하는 것이 주 연구내용이다. 국내·외에 출원된 특허나 연구내용을 살펴보면 3차원의 모서리 감지기를 이용한 방법과 그리고 다수의 레이저 거리미터기를 이용한 방법들이 개발되어

있다. 그러나 본 논문에서는 CCD카메라와 1대의 레이저 거리미터기를 이용하여 앞서 연구되었던 것들 보다 경제성, 성능 면에서 각각 향상된 기능을 가지는 시스템을 구현하였다.

이 논문에서는 2대의 CCD 카메라와 1대의 레이저 거리미터기를 스프레더에 구성되어 있다. CCD 카메라의 영상에서 우리가 원하는 데이터를 얻기 위해 전처리과정으로 영상축소, 윤곽선 검출, 잡음제거, 직선검출을 하였다.^{5,6,7,8,9,10)}

전처리과정에서 구해진 컨테이너의 윤곽선과 레이저 거리미터기에 의해 구해진 컨테이너와 스프레더 사이의 거리데이터를 이용하여 실제 3차원 거리 정보를 구하였다.^{11,12,13)}

2. 크레인 전체 구성

본 연구를 위한 크레인은 Fig. 1과 같이 구성되어 있다.

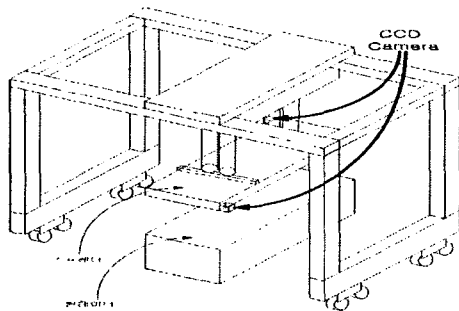


Fig.1 Crane Figure

이 그림에서 크레인의 전진방향을 X축이라 두고 트롤리의 좌우 움직임을 Y축이라 하고 호이스트에 의한 스프레더의 상하 움직임을 Z축이라 정의한다. CCD 카메라와 레이저 거리미터기의 스프레더에서의 위치는 Fig.2, Fig.3과 같다.

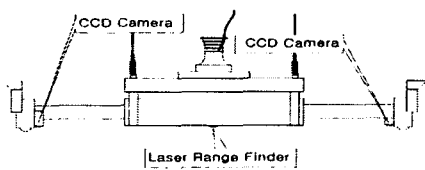


Fig. 2 Spreader

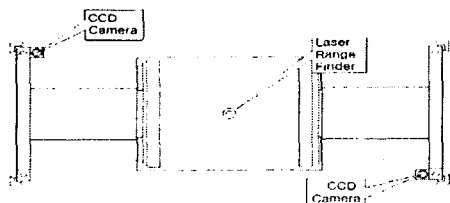


Fig. 3 Lower Side of Spreader

CCD 카메라는 컨테이너 모서리를 발견하기 쉬운 위치인 스프레더의 모서리에 존재한다. 한 개의 카메라가 발견하지 못하였을 경우 다른 카메라에서 모서리를 검출하게 된다. 그리고 레이저 거리미터기는 스프레더의 중심에 위치한다.

Fig. 4는 자동 랜딩을 위한 전체 시스템의 개념도로 스프레더가 이동해야 하는 X, Y, Z방향 이동정보를 카메라의 영상 데이터와 레이저 거리미터기의 거리데이터를 이용하여 생성하게 된다.

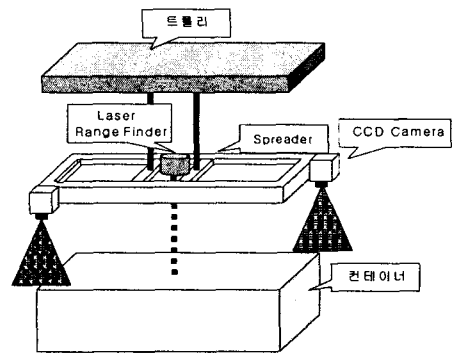


Fig. 4 The whole System

3. 컨테이너의 모서리 검출을 위한 전처리

CCD 카메라에 의하여 취득한 영상데이터에서는 우리가 원하는 정보를 얻을 수 없다. 그러므로 전처리 과정을 통하여 우리가 원하는 영상 데이터를 얻을 수 있다. 전처리는 영상의 질을 개선하거나 영상을 특정한 응용목적에 맞도록 변환시키는 영상 처리를 의미한다. 이 논문에서는 컨테이너 모서리 검출을 위해서 칼라영상(Color Image)을 흑백영상(Gray Image)으로 변환, 축소 연산, 잡음 제거, 윤곽선 검출(Edge Detection), 윤곽선 각도를 이용한 직선검출을 사용하였다.^{5,6,7,8,10)}

이 논문에서 컨테이너의 외곽선만 추출 할 수 있으면 스프레더와의 정렬상태와 스쿠카 x, y, z에 대한 거리 정보를 구할 수 있다.

3.1 칼라 영상을 흑백 영상으로 변환

CCD 카메라에서 들어오는 영상은 보통 칼라 영상(Color Image)인데 보통 한 픽셀에는 Red, Green 그리고 Blue의 3가지 색깔 정보를 가지고 있는 24bit영상이다. 그러나 이 많은 정보를 전부 처리하기에는 처리 속도가 떨어지므로 이를 8bit 흑백 영상으로 식(1)을 이용하여 변환한다.

$$G = 0.299R + 0.587G + 0.114B \tag{1}$$

식(1)은 명암도를 나타내는 식으로 흑백영상은 명암만 존재하므로 칼라영상데이터를 명암도를 구하는 식을 이용하여 변환시킨다. Fig. 5 는 변환된 결과 영상데이터이다.

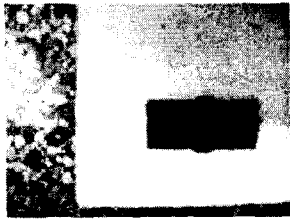


Fig 5. Gray Image

3.2 축소 연산

본 논문은 실시간을 중요시하므로 영상 처리 시간을 줄이고 또한 영상의 잡음을 제거하기 위해 원영상에 대하여 9개의 화소에 대한 Gaussian 마스크를 적용하여 상위 레벨의 1화소의 값으로 취하는 방법을 선택하였다. 식(2)는 축소연산 식으로 본 논문에서는 원 640*480영상에서 2번의 축소 연산 과정을 통하여 160*120의 영상으로 변화하여 사용하였다.

$$\frac{1}{16} \times \begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{matrix}$$

Fig. 6 Gaussian Mask

$$I'(x, y) = \sum_{i=-1}^{+1} \sum_{j=-1}^{+1} G(i, j) I^{l-1}(2x+i, 2y+j)$$

식(2)에서 1은 영상의 레벨을 G(i, j)는 Gaussian Mask를 나타내고 있다.

3.3 윤곽선 검출(Edge Detection)

윤곽선은 영상 안에서 영역의 경계를 나타내는 특징으로 픽셀 밝기의 불연속 점을 나타낸다. 즉 빛이 반사하는 정도가 물체와 배경과의 경계를 사이에 두고 밝기 차가 다르게 나타난다. 윤곽선을 검출하는 방법을 수학적으로 표현하면 대부분의 윤곽선 검출기법은 편미분 연산자 계산에 근거한다.

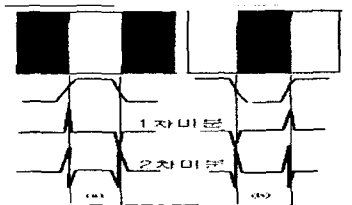


Fig. 7 The Pulse of Out-line By Gradient Operator

Fig 7를 보면 밝기변화에 의한 윤곽선의 기울기 변화량 그래프에서 1차 미분한 결과와 2차 미분한 결과를 살펴볼 수 있는데 Fig 8의 (a)는 어두운 배경에 밝은 줄무늬의 영상과, 이 영상

의 수평 주사선을 따라 나타난 밝기 값인 윤곽 파형 그래프와 이 파형의 1차, 2차 미분한 값을 위에서 아래로 나타내고 있다. 즉 1차미분 값의 크기는 영상에서 윤곽선의 존재여부를 나타내고 2차 미분 값의 부호는 윤곽선 픽셀의 밝고 어두운 부분의 위치를 나타낸다. 그러나 픽셀마다 직접계산하기에는 무리가 있다. 그래서 마스크 형태로 만들어 사용하면 빠른 계산을 하는 것이 효과적이다. 이 논문에서는 소벨 마스크(Sobel Mask)를 사용하여 윤곽선을 검출하였다.

1	2	1
0	0	0
-1	-2	-1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Fig 8. Sobel Mask

(Gx 미분연산자 오른쪽 Gy 미분연산자)

Fig. 9는 컨테이너 영상을 소벨마스크를 이용하여 윤곽선을 검출한 결과 영상데이터이다.

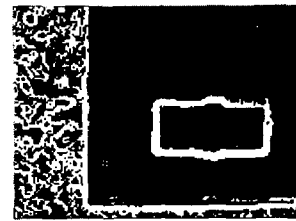


Fig. 9 Result of Edge Image

3.4 잡음 제거 필터링

화상 처리 할 때 목적 화상에 거친 장애물이 실림에 따라 화상 잡음이 발생하게 된다. 이러한 화상 잡음은 영상 처리 시 불필요한 연산을 수행하게 된다. 이러한 잡음을 제거하기 위해서는 필터링 과정을 꼭 거쳐야 한다. 이 논문에서 사용한 필터링 방법으로는 라벨링을 통한 잡음 제거를 하였다. 윤곽선 검출에 의해 나온 윤곽선 중 threshold값을 정하여 그 값보다 작은 값을 제거하게 된다.

Fig. 10은 잡음이 제거 된 결과 영상데이터로 선 주위의 잡음이 사라지는 것을 볼 수 있다.



Fig. 10 Result Image of Filtering

3.5 윤곽선 각도를 이용한 직선검출

윤곽선 검출이 X축에 대한 미분값과 Y축에 대한 미분값을 이용하여 윤곽선의 Pixel당 각도를 구할 수 있다.

식 (2)는 윤곽선각도를 구하는 식으로

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{Dy}{Dx}\right)$$

θ 는 윤곽선 각도를 나타내고 Dy 는 Y축에 대한 미분한 값을 나타내며 Dx 는 X축에 대한 미분값을 나타낸다.

윤곽선 각도의 특징은 직선에 대해서는 같은 각도를 나타낸다. 그러므로 연속적으로 같은 각도를 가진 점을 연결하면 직선이 된다. 이 특성을 이용하여 컨테이너의 윤곽선을 찾아낸다.

Fig. 11은 윤곽선을 찾아낸 결과 영상데이터이다.

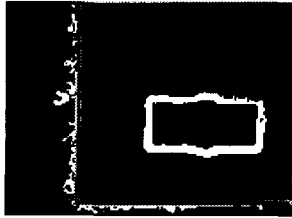


Fig. 11 Result Image of the Container Out-Line

4. 컨테이너 위치 검출을 위한 좌표변환

크레인의 스프레더와 컨테이너가 서로 수평 하게 놓여 있다고 한다면 CCD 카메라를 통해 얻은 영상 데이터는 축소 되었을 뿐 실제와는 변화가 없다. 그러므로 영상에서의 거리 오차에 축소된 비율만큼 곱하면 실제 거리가 된다.

4.1 스프레더와 컨테이너 사이의 거리에 따른 스프레더 모서리 좌표 변환

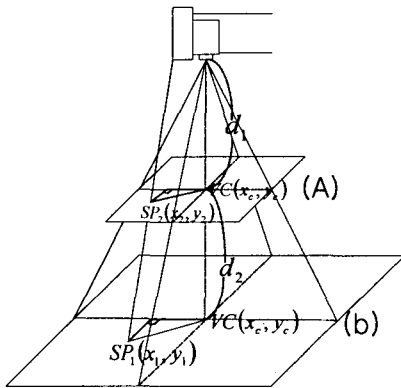


Fig. 12 Changing Spreader Corner Point by CCD Camera Height

CCD 카메라의 영상 데이터에서 보여진 컨테이너와 스프레더와의 거리 값을 구하기 위해서는 먼저 영상 데이터에서 보여

지지 않는 스프레더의 모서리 값을 구해야 한다. 스프레더의 모서리 점은 스프레더와 컨테이너 사이의 거리에 따라 그 점의 위치가 비례적으로 변화를 Fig. 12에서 나타내고 있다.

Fig. 12에서 서로 다른 높이에서 영상을 보았을 때 영상(A)와 영상(B)의 크기는 같다. 그러므로 여기서는 영상(A)의 스프레더코너 좌표인 SP_2 가 영상(B)의 스프레더코너 좌표인 SP_1 보다 비전중심 VC에 가까워 보이나 실제 같은 크기의 영상데이터에서는 SP_1 이 SP_2 보다 가까워 보인다. 즉 Fig. 13과 같이 된다.

Fig. 13에서 우리는 스프레더와 컨테이너 사이의 거리에 따른 좌표 변화비만 알 수 있으면 거리에 따른 스프레더의 영상 좌표 $SP(x_{sp}, y_{sp})$ 를 구할 수 있다. 그러므로 실험으로 알 수 있는 2개의 영상(A)와 (B)(Fig. 13)에서 식(3)과 식(4)를 유도할 수 있다.

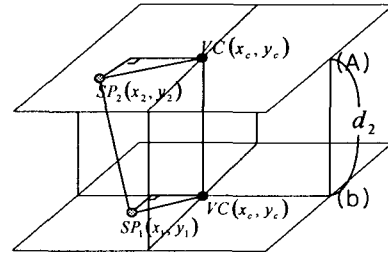


Fig. 13 Different height Images' Spreader Corner Point

$$DSPx = x_1 - x_2 \tag{4}$$

$$DSPy = y_1 - y_2 \tag{5}$$

식(4)와 식(5)에서 DSPx와 DSPy는 (A)영상과 (B)영상사이의 스프레더 코너 영상 좌표의 변화크기를 나타낸다.

$$dr = d - d_1 \tag{6}$$

$$x_{sp} = x_2 - \frac{DSPx}{d_2} \times dr \tag{7}$$

$$y_{sp} = y_2 - \frac{DSPy}{d_2} \times dr \tag{8}$$

식(6)에서 d는 컨테이너와 스프레더 사이의 거리를 나타낸 것으로 레이저 거리미터기를 통해 알 수 있다.

식(7),(8)은 영상 데이터에서의 스프레더 모서리 좌표 식이다.

4.2 컨테이너와 스프레더의 실제 거리 계산

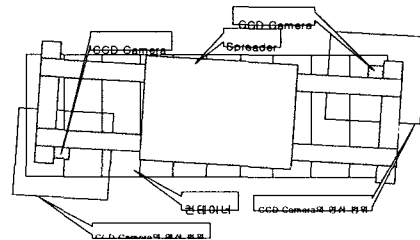


Fig. 14 Image's Range of CCD Camera

컨테이너와 스프레더가 Fig. 14와 같이 되었을 때 우리는 Fig. 15와 같은 영상데이터를 얻을 수 있다.

Fig. 15에서 SP는 영상에서의 스프레더의 모서리 좌표를 나타내고 CC는 컨테이너의 모서리좌표, P1은 입의의 컨테이너 윤곽선상에 있는 좌표, θ 는 스쿼각을 나타낸다.

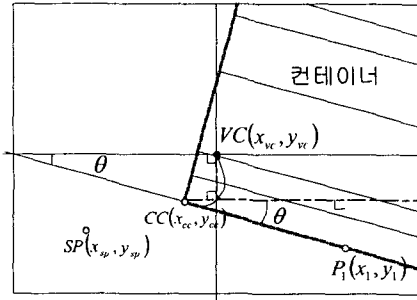


Fig. 15 CCD Camera Image

우리는 Fig. 15를 통해서 영상에서의 스프레더와 컨테이너 사이의 좌표거리 값을 구할 수 있고 또한 스쿼각을 구할 수 있다.

$$VDx = x_{sp} - x_{cc} \quad (9)$$

$$VDy = y_{sp} - y_{cc} \quad (10)$$

식(9)와 식(10)에서 Dx와 Dy는 영상에서 좌표에서의 거리차 데이터이다.

$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{x_{cc} - x_1}{y_{cc} - y_1} \right) \quad (11)$$

식(11)에서 θ 는 스쿼각을 나타낸다. 스쿼각은 컨테이너와 스프레더 사이의 높이에 관계없이 일정하다.

식(9)와 식(10)은 컨테이너와 스프레더 사이의 높이에 따라 비례적으로 변화한다. 그러므로 먼저 비를 해야한다. 우리는 CCD 카메라와 스프레더의 코너와의 거리는 실제 측정으로 알 수 있다. 그러므로 식(12)와 같이 정의 할 수 있다.

$$r = \frac{Sd}{\sqrt{VDx^2 + VDy^2}} \quad (12)$$

식(12)에서 r은 비를 나타내고 Sd는 실제 측정된 거리 값을 나타낸다. 그러므로 실제 거리 값은 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$Dx = VDx \times r \quad (13)$$

$$Dy = VDy \times r \quad (14)$$

6. 실험 결과

6.1 실험 장치

본 실험에 사용된 CCD 카메라는 LG SRC-500H/N으로 칼라 CCD 카메라이며, 유효 화소 수는 768×497로 약 38만 화소를 나타낼 수 있다. 영상을 받아들이는 영상보드는 Pico Board Pro2를 사용하였다. 이는 4개의 입력 단자가 있어서 2대

의 CCD 카메라를 사용하는데 별 무리는 없다. 그리고 해상도는 저리속도의 향상과 잡음제거를 위해 CCD 카메라에서 640×480의 영상을 두 번 축소하여 160×120을 사용하였다. PC는 Windows 98의 OS환경 하에 CPU는 Pentium III 600MHz를 사용하였다. 레이저 거리미터기는 RS232통신으로 제어가 가능하므로 PC의 시리얼포트(Serial Port)에 연결하였다.

Fig. 16은 실험에 사용된 실험용 크레인이다.



Fig. 16 Experiment Crane

6.2 스프레더와 컨테이너의 거리데이터 검출

거리데이터를 검출하는 순서는 Fig. 17에 나와 있는 것처럼 레이저 거리미터기에서 먼저 높이데이터를 얻어서 일정 거리 이하가 되면 카메라의 영상을 얻기 시작한다.

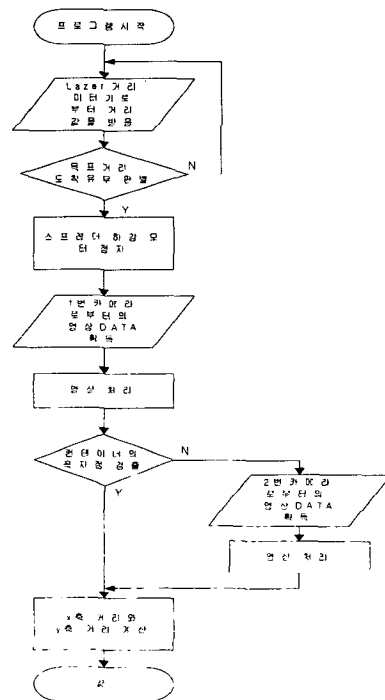


Fig. 17 System Block Diagram

일정 거리를 두는 이유는 너무 높이 있는 경우 영상데이터의 오차가 심하고 영상이 뚜렷하지 않다. 그리고 일정 거리에 들어 오면 두 개의 CCD 카메라중 한 개를 선택하여 영상데이터를 얻어서 컨테이너의 윤곽선 및 모서리 좌표를 구한다. 그러나 만일 스프레더가 많이 벗어 나있으면 모서리를 검출하지 못할 수도 있다. 그럴 경우 다른 쪽에 있는 CCD 카메라를 이용하여 모서리를 검출 할 수 있다.

Fig. 18 은 Visual C++ 6.0을 기반으로 코딩한 실험용 프로그램으로 연한색상의 점은 스프레더의 모서리 점을 나타내는 것이고 진한색상의 점은 컨테이너의 모서리 점을 나타낸다.

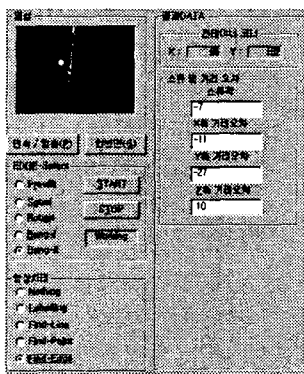


Fig. 18 Program

Table 1 Result. (Unit: mm)

Z축 거리	X축 계산		Y축 계산	
	거리	거리	거리	거리
2000	231	233	196	190
3000	280	266	235	240
4000	185	150	304	306

Table 1에서와 같이 결과를 보면 실제 거리와 거의 차이가 나지 않는 것을 볼 수 있다.

7. 결론 및 고찰

이 논문에서는 항만에 대한 자동화 시스템의 기술개발에 대한 일환으로 ALS를 하기 위해 스프레더와 컨테이너사이의 거리정보를 얻는 알고리즘을 제시한다.

CCD 카메라에 얻어진 영상데이터는 전처리과정을 통하여 컨테이너의 윤곽선을 얻을 수 있으므로 전처리 과정의 신뢰성이 얼마나 중요한가를 알 수 있다. 잡음제거 윤곽선검출, 직선검출을 통하여 컨테이너의 윤곽선을 구할 수 있었다.

스프레더와 컨테이너사이의 거리정보를 얻은 것은 무인으로 스프레더를 랜딩하는 ALS시스템에도 적용할 수 있을 뿐 아니라 유인으로 크레인을 움직일 때도 여러 유익한 정보를 주므로 해서 작업능률 향상은 물론 초보자들의 실수도 줄일 수 있다.

그러나 영상의 속도를 위해 영상데이터를 축소하였으므로 약간의 거리의 부정확성이 존재하게 된다. 그러나 현실적으로 보면 컴퓨터의 속도는 계속해서 증가하고 있다 이를 보아 성능이 좋은 컴퓨터를 사용할 경우 영상데이터를 축소하지 않고도 거의 실시간으로 처리 할 수 있을 것이다.

이번에는 환경의 변화에 대해서는 고려하지 않았으나 차후에는 환경에 대해서도 적용하여 영상 데이터를 획득할 수 있는 강력한 알고리즘에 대한 연구가 계속 되어야 할 것이다.

후 기

본 논문은 동아 대학교에 있는 CIIPMS (Center for Intelligent & Intergrated Port Management Systems)의 제정 승인으로 연구되었습니다.

참 고 문 헌

- 1) 박남규, 손형수, 최형림, "항만물류 산업에서의 윈스톱서비스 시스템 구현 방안," 제 1회 CIIPMS연구결과 발표회 논문집, pp.12-27, 1998.
- 2) 김성수, 김형욱, "물류정보시스템에 관한 연구," 정보통신연구, 제11권, 2호, 1997.
- 3) Y.SAKAWA and Y. SHINDO, "Optimal Control of Container Crane", Automatica, Vol. 18, No 3. pp.257~266, 1982
- 4) 村田 中島 五道, "Container Crane의 자동화", 일본기계학회 논문집(C편), 59권 564호, (1993-8)
- 5) Randy Crane, "Simplified Approach to Image Processing", 홍광과학출판사, 1997.
- 6) Linda G. Shapiro, George C. Stockman, "Computer Vision", Prentice Hall, 2001.
- 7) I.Pitas, "Digital Image Processing Algorithms and Application", JOHN WILEY & SONS, 1999.
- 8) Milan Sonka, Vaclav Hlavac and Roger Boyle, "Image Processing", Analysis and Machine Vision CHAPMAN & HALL COMPUTING, 1993.
- 9) Gerhard X. Ritter, Joseph N. Wilson, "Computer Vision Algorithms in Image Algebra", CRC, 2000
- 10) Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G. Schuck "MACHINE VISION", McGRAW-Hill, 1995
- 11) Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison Wesley, 1993.
- 12) J. W. Park, J. H. Park, J. M. Lee, "Intelligent Control of a Mobile Robot using Fuzzy Logic", Processings of the 1999 International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, PP. 585-588, 1999.