

An Image Processing System for the Grape Harvesting Robot¹⁾

Lee, Dae-Weon* · Kim, Dong-Woo · Kim, Hyun-Tae
Lee, Yong-Kuk · Sung, Si-Heung¹

Dept. of Bio-Mechatronic Eng., SungKyunKwan Univ., Suwon, Korea
¹Dept. of Agricultural & Biosystems Eng., KonKuk Univ., Chungju, Korea

Abstract

A grape fruit is required for a lot of labor to harvest in time in Korea, since the fruit is cut and grabbed currently by hand. In foreign country, especially France, a grape harvester has been developed for processing to make wine out of a grape, not to eat a fresh grape fruit. However, a harvester which harvests to eat a fresh grape fruit has not been developed yet. Therefore, this study was designed and constructed to develop an image processing system for a fresh grape harvester. Its development involved the integration of a vision system along with a personal computer and two cameras. Grape recognition, which was able to find the accurate cutting position in three dimension by the end-effector, needed to find out the object from the background by using two different images from two cameras. Based on the results of this research the following conclusions were made: The model grape was located and measured within less than 1,100 mm from camera center, which means center between two cameras. The distance error of the calculated distance had the distance error within 5mm by using model image in the laboratory. The image processing system proved to be a reliable system for measuring the accurate distance between the camera center and the grape fruit. Also, difference between actual distance and calculated distance was found within 5 mm using stereo vision system in the field. Therefore, the image processing system would be mounted on a grape harvester to be founded to the position of the a grape fruit..

Key words: image processing, stereo vision, robotic harvester

*Corresponding author

¹⁾본 논문은 2000년 농림기술개발과제의 일부로 수행되었음.

서 론

현재 우리 농가의 포도수확은 대부분 많은 노동력이 소요되는 수(手)작업으로 이루어지고 있다. 한 손으로 과육을 잡고, 과경의 절단 위치를 눈으로 보거나, 감지하여 다른 한 손으로 도구를 이용하여 절단한다. 포도는 재배 수형과 종류에 따라 결과의 높이에 차이는 있지만, 대부분 지상(地上)에서 50 cm~150 cm 내외에서 결과(結果)한다. 또한 과경의 경질화에 따라 수확 시 많은 노동력을 필요로 한다. 특히 포도 과육은 높은 함수율로 인해서 수확 시 상품가치의 하락을 방지하기 위해서 많은 주의가 필요하다. 그러므로 각각의 독립된 수확을 하지 않으면 안 된다. 이에 따른 연속된 단순 반복 작업으로 피로도는 더욱 증가될 수밖에

없는 실정으로 재배에 많은 어려움을 낳고 있다. 이런 현실을 비추어 볼 때 우리의 농가는 수확에 있어서 적기수확을 통한 수확물의 고품질화 및 노동력절감을 위해 로봇 등을 이용한 자동화가 절실히 요구되고 있는 실정이다. 이러한 생물생산에 있어서 자동화관련 연구는 국내외적으로 꾸준히 연구되어지고 있다. 또한 생물생산관련 자동화연구에서 대상물의 인식 및 판단기술이 가장 중요한 부분이다(Guyer et al., 1989, Howarth, 1987). 이러한 대상물의 인식을 위한 기술에는 여러 가지 전기전자를 기초한 센서를 이용하고 있으며, 그중에서 최근에는 카메라를 이용한 기계시각을 이용한 기술들이 많이 개발되고 있다. 잎담배 묘의 선별을 위해서 칼라 영상처리기술을 도입하였으며(Lee, 1990), 국내에는 토마토 수확로봇개발을 위한 시각구성으로서 스

테레오 영상처리를 이용하여 토마토의 3차원 위치정보를 얻기 위해 토마토의 중심좌표를 계산하여 거리계산에 관한 연구가 보고되었다(Son et al., 1997). 또한 사과수확용 로봇의 개발을 위해 화상처리를 이용한 사과의 인식 알고리즘을 보고하였다(Jang et al., 1997).

본 연구는 포도를 수확하는데 있어서 많은 노동력과 생산비를 절감하기 위해 포도 수확용 로봇을 개발하기 위한 기초연구로서 가장 중요하고 선행적으로 이루어져야 할 포도의 형상과 위치를 정확하게 파악하고자 하는데 있다. 3차원 공간상의 포도를 카메라로부터 얻어진 2차원 영상으로부터 포도를 정확히 인식하고, 인식된 포도를 정적인 물체의 3차원 시각을 고려하여 신속하고 정확하게 거리정보를 획득할 수 있는 3차원 시각장치를 구현하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

1. 실험장치

1.1. 실험장치 개요

일반적으로 사용된 영상처리 시스템의 기능 블록은 Fig. 1과 같이 영상신호입력부, 영상처리부, 주 컴퓨터 및 영상출력부로 구성되었다. 컬러 CCD 카메라로부터 입력된 영상신호는 RS-170 형태의 아날로그 신호로 전달하였다.

Table 1. Specification of CCD camera.

Item	Specification	
CCD camera (Model: ICD-703)	T V	NTSC standard 525 lines 60 field/sec 2:1
	Image sensor	1/3inch interline transfer CCD
	Pixel elements	771(H) × 492(V)
	Resolution	460 TV lines
	S/N ratio	50dB(AGC OFF)

가. 영상 입력부

입력 센서부에 해당하는 영상 입력 장치로는 5.6 mm 렌즈를 부착한 Ikegami사의 컬러 CCD 카메라(ICD-703) 2대를 사용하였다. 본 연구에서 사용될 카메라의 제원은 Table 1과 같다.

나. 신호 처리부

RS-170 12.28 Mhz의 아날로그 신호 값으로 CCD 카메라에서 출력되는 영상 신호는 컴퓨터와의 인터페이스를 위하여 디지털 신호값으로 변환되어야 한다. 영상변환은 영상처리보드의 디지털라이저(digitizer)에 의해 디지털 신호로 변환되는데 이 신호값을 이용하여 원하는 처리를 소프트웨어적으로 수행할 수 있게 된다. 컴퓨터 프로그램에 의해 수행된 영상처리 결과는 영상메모리 내부의 LUT(look up table)를 조작함으로써 영상출력 전용의 모니터상에서 확인할 수 있다. 이를 위

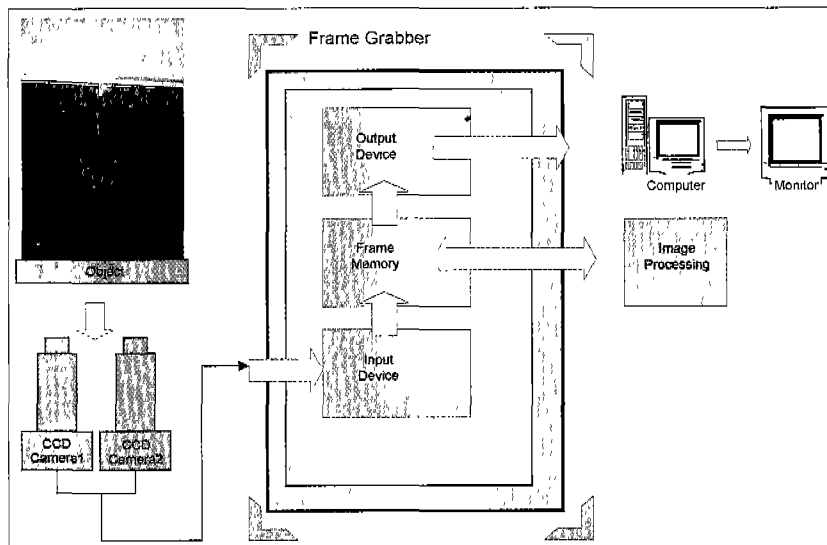


Fig. 1. Image processing system.

하여 본 연구에서는 LG International사의 LGV-5480 TVR를 사용한다. 이 장치는 Cirus Logic사의 CL-GD5480 칩셋을 사용하였고, TV 수신기능, VGA 기능, 비디오 IN/OUT 포트를 내장하고 있다.

다. 출력부

처리된 결과값과 영상 출력결과는 PC용 모니터로 출력한다. 이는 영상처리부를 통해 처리된 데이터를 R, G, B 영상으로 출력한다.

1.2. 실내실험

실내 실험을 하기 위하여 영상처리 시스템을 설계 · 제작하였다. 그리고 상하기 쉬운 포도를 대신할 수 있는 모형포도를 제작하였다. 모형포도는 스티로폼을 이용하여 실제크기로 제작하였다. 실험 장치의 골격 재질은 20 mm 두께의 프로파일을 사용하였고, 불필요한 영상의 입력을 차단하기 위해 두께가 5 mm이고 가로와 세로가 600 mm인 흰색 우드락을 배경으로 설치하였다. 2대의 카메라는 프로파일을 사용하여 카메라 렌즈와 렌즈사이의 거리를 100 mm로 하여 고정하였고, 삼파장 조명(FTR25)을 사용한 조명장치를 두 대 설치하였다. 카메라는 바닥 고정틀에 렌즈와 렌즈와의 거리를 100 mm로 하여 아래에서 위로 영상을 획득할 수 있도록 고정하였다. 조명은 카메라가 영상을 획득하는 방향에 일치하여 카메라로부터의 영상 획득을 용이하게 하였다. 배경은 배경 고정틀에 고정하고, 포도모형

은 포도모형 고정틀에 고정하였고, 수직 고정틀을 따라 상하로 이동할 수 있도록 하였다.

1.3. 현장실험

실내 실험을 통해 얻은 포도 검출 영상처리 알고리즘을 현장에 적용하기 위하여 현장실험을 위한 영상처리 시스템을 설계 · 제작하였다. 실험 장치의 골격 재질은 30 mm 두께의 프로파일을 사용하였고, 차체는 드랄미늄을 사용하였다. 현장실험장치는 두 대의 카메라를 고정할 수 있는 카메라 고정틀, 컴퓨터를 놓을 수 있는 컴퓨터 고정부, 현장의 포도밭의 상황을 고려하여 포도밭을 이동할 수 있도록 4개의 바퀴 및 조향장치로 구성된다. Fig. 2는 현장실험을 위한 주행장치 설계도면과 현장실험을 나타낸 것이다.

Fig. 2에서 영상처리시스템의 차체는 차체 고정틀에 의해 차체의 손상을 줄이기 위해 고정하였다. 차체 위에 컴퓨터 고정틀을 두어 카메라로부터 컴퓨터와 2 대의 카메라를 고정하였다. 조향 핸들은 조향 핸들 지지대에 고정하였으며, 조향하고자 하는 방향을 조향장치를 구동하여 바퀴의 방향을 조향할 수 있도록 하였다.

2. 실험방법

2.1. 실내실험

본 연구에서 설계 · 제작된 영상처리시스템을 이용하

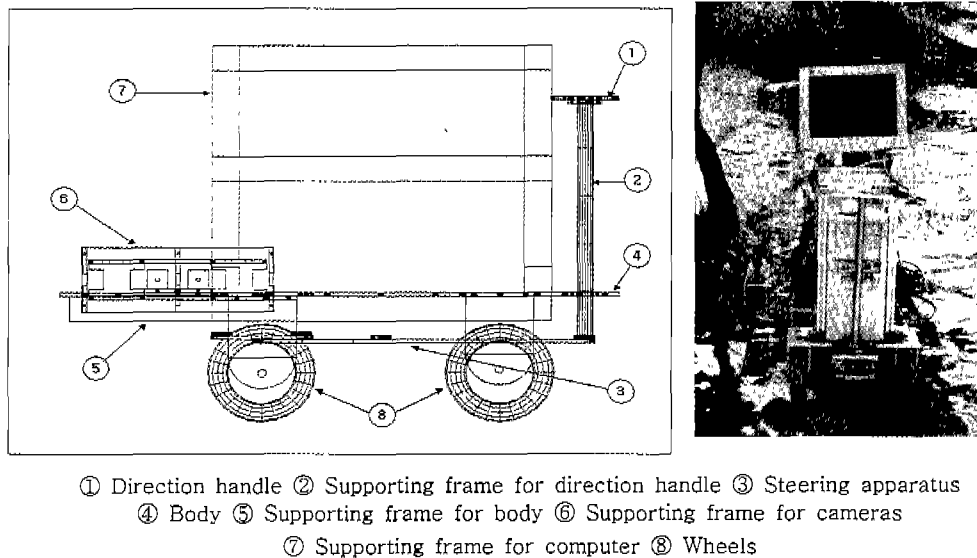


Fig. 2. The image processing system for grape field experiment.

여 실내실험을 위해 실내보정실험을 통해 얻은 회귀식을 포도 인식 알고리즘에 적용하였다. 실내실험을 위하여 카메라와 포도와의 거리를 조정할 수 있도록 하였다. 실내실험 방법은 2대의 카메라를 바닥에 고정시키고, 제작한 포도모형을 카메라로부터 포도모형의 거리를 500 mm에서 100 mm씩 변화시켜가며 900 mm까지 10회씩 50회를 시험하였다. 실험에서 데이터로 실내실험에서 구해진 회귀식을 이용한 영상처리알고리즘을 이용해 실험거리를 구하였다. 그리고 3차원 물체인 포도모형에 적용하여 실험거리와 실제거리와의 오차를 구하였다.

2.2. 현장실험

본 연구에서 설계 · 제작된 영상처리시스템을 이용하여 실내실험을 통해 얻은 회귀식을 포도인식 알고리즘에 적용하여 현장실험을 하였다. 실내실험을 통해 얻은 영상처리알고리즘을 현장실험을 통해 검증하기 위해 경기도 안성에 위치한 포도 농가를 선정하여 실험하였다.

실험방법은 2대의 카메라를 고정시키고 현장실험장치를 이동시키며 포도의 인식 및 거리 정보를 얻도록 하였으며, 포도와 카메라와의 실제거리를 줄자를 이용하여 측정하였다. 이런 방법으로 20회를 시험하였다. 그리고 카메라를 이용하여 계속한 거리와 줄자를 이용한 실제거리와의 오차를 계산하여 검증하였다.

3. 영상처리 알고리즘

포도인식알고리즘의 구성은 크게 영상데이터의 입력, 전처리, 포도인식, 스테레오 비전으로 구성되었으며, 이 과정을 통해 포도의 형상 및 위치정보, 그리고 2대의 카메라에서 영상을 얻어 스테레오 비전을 이용하여 거리정보를 획득할 수 있도록 구성되었다. Fig. 3은 포도 인식 알고리즘의 순서도를 나타내고 있다.

3.1. 전처리 알고리즘

영상처리 알고리즘에서 전처리는 왜곡된 영상(배경)에서 보다 나은 포도의 영상을 얻고자 하는 것으로서, 영상의 질을 개선하거나 영상을 특정한 응용 목적에 알맞도록 변환시키는 등의 처리를 의미한다. 2대의 카메라에 의한 스테레오방법의 대상체 인식정보를 추출하기 위한 전처리 알고리즘은 포도의 이미지와 배경의 분리이다. 이를 위한 이치화, 경계검출 알고리즘을 사용하였다. Fig. 3은 전처리 알고리즘의 순서도를 나타내고 있다.

3.2. 스테레오 비전

시각 시스템은 Fig. 4와 같이 카메라 2대를 장착하고 정적인 상태에서 거리 측정이 가능하게 설계되었다.

스테레오 영상은 한 개의 물체의 점에 대하여 두 개의 카메라를 이용하여 영상을 따로 얻는 것을 말하는데, 두 카메라 렌즈의 중심과 중심을 연결한 선을 기저선(baseline)이라 하고 그 거리는 B이다. 두 카메

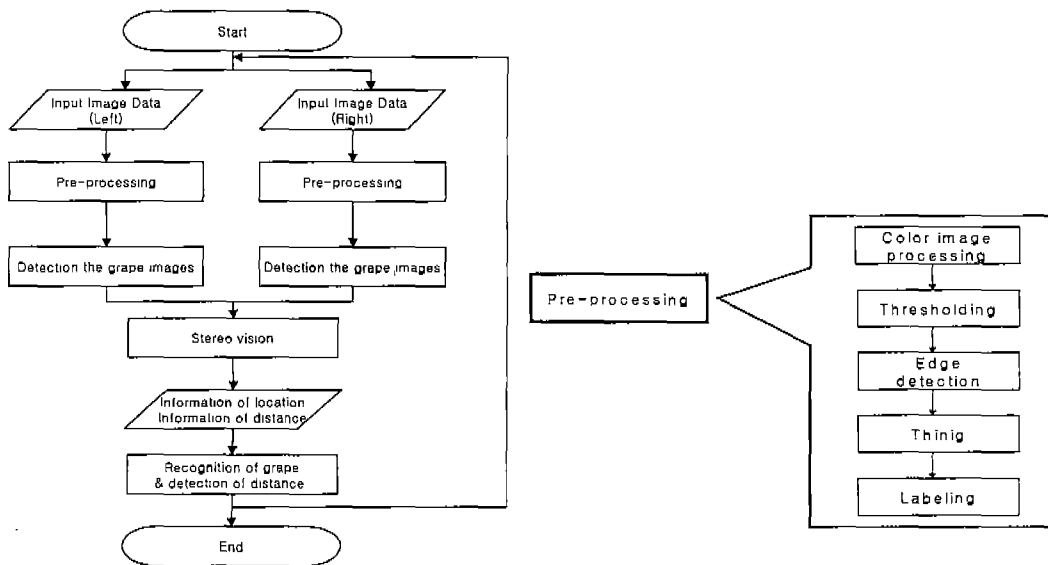


Fig. 3. Flowchart of grape recognition algorithm.

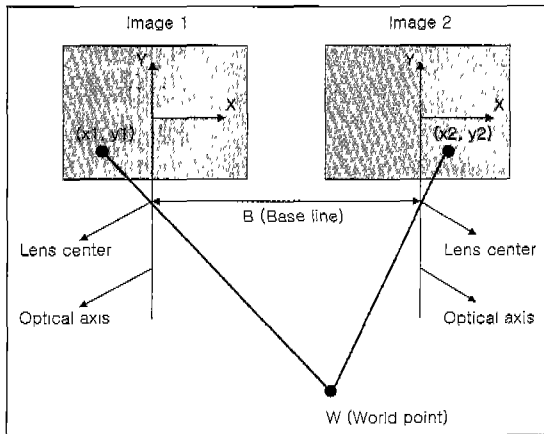


Fig. 4. Stereo image processing model.

라간의 초점 거리는 모두 λ 이다. 두 카메라의 사양이 같고, 각 카메라의 x, y 축과 물체의 x, y 축이 평행하다고 가정하면 영상면의 한 점 (x_1, y_1) 이고 물체의 첫 번째 영상의 좌표계와 동일한 것을 사용했을 때, 그 점의 좌표를 (u_1, v_1, w_1) 이라 하면 $u_1 = \frac{x_1(\lambda - w_1)}{\lambda}$ 이다. 둘째 영상 좌표계의 영상 점의 좌표도 마찬가지로 (x_2, y_2) 라 하고 물체점의 좌표를 (u_2, v_2, w_2) 라 하면, $u_2 = \frac{x_2(\lambda - w_2)}{\lambda}$ 이다. 첫 영상면의 $x-y$ 좌표계는 둘째 영상면의 $x-y$ 좌표계와 평행하지만 x 축상으로 렌즈의 거리 B 만큼 떨어져 있으므로 $u_2 = u_1 + B$, $w_2 = w_1 = w$ 이다.

이를 사용하면 $u_1 = \frac{x_1}{\lambda}(\lambda - w)$, $u_1 + B = \frac{x_2}{\lambda}(\lambda - w)$ 을

얻으며, 양변을 각각 감산하여 $w = \lambda - \frac{\lambda B}{x_2 - x_1}$ 을 얻는다. 이것은 물체의 점에 대한 두 영상의 x 좌표, x_1, x_2 를 알면 깊이 w 를 구할 수 있다.

3.3. 메인 프로그램

메인 프로그램의 개발 환경은 GUI(graphic user interface) 기반의 Microsoft사의 Visual C++를 사용하여 개발하였다. 프로그램 구성은 사용자가 모니터 할 수 있는 4개의 View와 영상처리 버튼, 그리고 인식된 포도의 좌표 데이터 출력창으로 구성하였다. Fig. 5는 개발된 프로그램의 초기화면이다.

결과 및 고찰

1. 포도 영상 검출

현장에서의 포도 검출효율을 알아보기 위해서 제작된 실험장치를 이용하여 카메라를 지면에서 수직 방향으로 하여 포도를 검출한 결과 Fig. 6과 같은 일반적인 검출 결과를 얻었다.

그러나 현장에서는 검출을 위한 카메라의 위치와 태양광의 조도 등에 의해서 검출이 안 되는 경우도 발생하였다. 현장에서 포도 검출시 조명의 방향이나 강도가 언제나 가변적이기 때문에 실내실험에서 구축한 영상처리 알고리즘이 완벽하지 않은 결과를 나타내었다. 특히 포도의 경우 태양 직사광선이 바로 반사되는 경우에는 보다 능동적인 영상처리 알고리즘이 필요한 것으로 판단되었다. 현장에서의 포도 검출실험을 위해

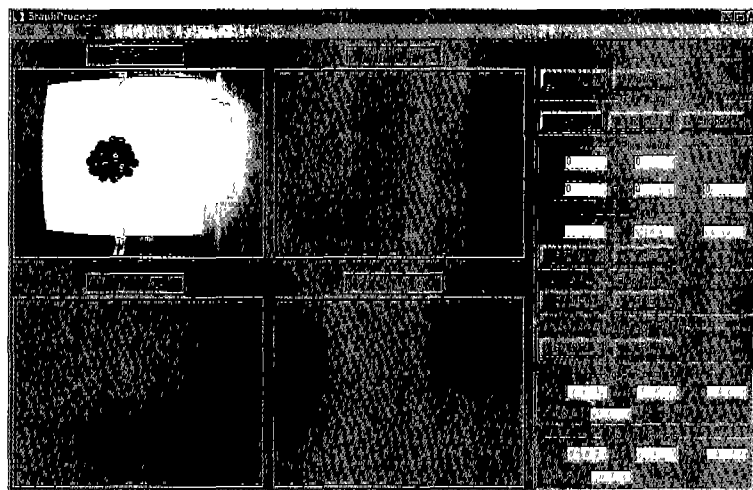


Fig. 5. Computer main screen of the image processing program.

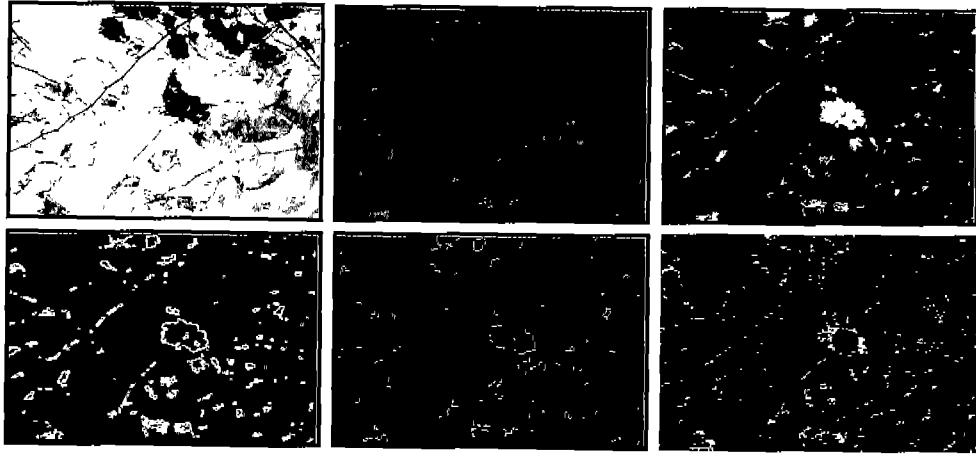


Fig. 6. Images of a grape for feature pattern detection.

Table 2. The image processing system performance; Total numbers in finding grape fruit detector.

Number of processed pictures	Number of detected grapes	Number of undetected grapes
20	12	8

20개의 현장 영상을 획득한 결과 Table 2와 같이 12개의 포도에 대해서 검출이 가능하였다.

이러한 결과는 앞에서 언급하였듯이 현장에서의 가변적인 환경에 따른 영상처리 효율의 저하로 판단되

었다. 따라서 보다 정확한 검출 효율을 위하여 조명에 대한 능동적인 인식 알고리즘 혹은 조명을 일정하게 유지할 수 있는 장치 개발이 요구됨을 알 수 있다.

2. 3차원 위치 검출

2.1. 실내실험

수확용 포도 로봇을 위하여 포도의 정확한 위치 정보를 영상처리 알고리즘으로부터 획득할 필요가 있었다. 이를 위하여 두 대의 카메라를 이용하여 포도의 3차원 위치 정보를 획득하도록 하였다. 먼저 실내에서

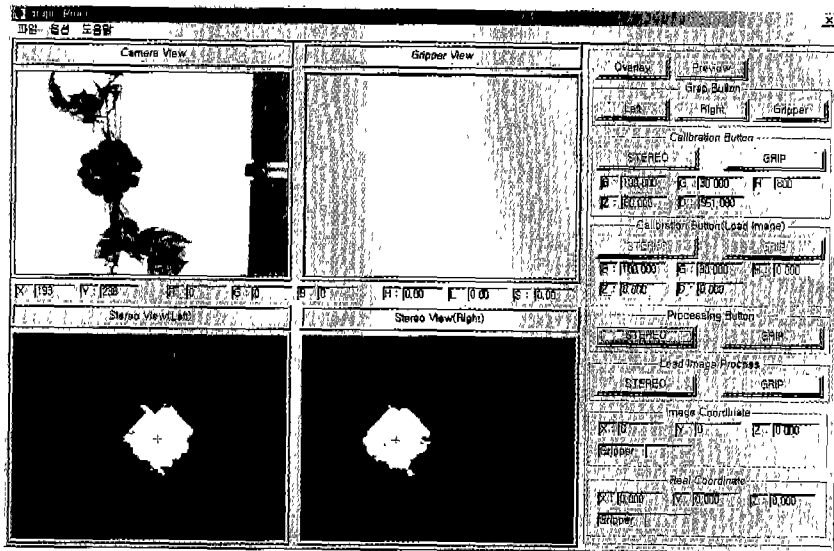


Fig. 7. Computer screen for stereo images of the model grape.

Table 3. Precision data for measured distances at 50 different positions for model grapes.

No.	Actual distance	Calculated distance	Error	No.	Actual distance	Calculated distance	Error
1	500	500.261	0.261	26	700	691.546	8.454
2	500	500.261	0.261	27	700	712.645	12.645
3	500	494.616	5.385	28	700	701.949	1.949
4	500	494.616	5.385	29	700	712.645	12.645
5	500	500.261	0.261	30	700	701.949	1.949
6	500	500.261	0.261	31	800	796.822	3.178
7	500	494.616	5.385	32	800	796.822	3.178
8	500	500.261	0.261	33	800	783.693	16.307
9	500	494.616	5.385	34	800	796.822	3.178
10	500	500.261	0.261	35	800	796.822	3.178
11	600	601.242	1.242	36	800	796.822	3.178
12	600	609.284	9.284	37	800	796.822	3.178
13	600	601.242	1.242	38	800	796.822	3.178
14	600	609.284	9.284	39	800	796.822	3.178
15	600	617.524	17.524	40	800	796.822	3.178
16	600	609.284	9.284	41	900	869.083	30.917
17	600	609.284	9.284	42	900	901.505	1.505
18	600	609.284	9.284	43	900	901.505	1.505
19	600	601.242	1.242	44	900	901.505	1.505
20	600	593.389	6.611	45	900	918.576	18.576
21	700	701.949	1.949	46	900	936.260	36.260
22	700	691.546	8.454	47	900	885.018	14.982
23	700	691.546	8.454	48	900	901.505	1.505
24	700	691.546	8.454	49	900	869.083	30.917
25	700	701.949	1.949	50	900	918.576	18.576

모형포도를 이용하여 지면에 2대의 CCD 카메라를 통하여 검출된 포도 좌표를 이용하여 스테레오 매칭을 하였다. Fig. 7은 실내에서 2대의 카메라에서 획득한 포도 검출 결과를 나타내었다.

또한 거리에 따라서 각각 10회 계측실험을 하였으며, 그 결과를 Table 3에 나타내었다.

위의 결과에서 전체오차의 평균은 7.3 mm이었으며 표준편차가 약 8.3 mm로 나타났다. 또한 10 mm 이상의 오차가 발생한 경우는 8회가 있었으며, 이러한 큰 오차의 발생 경향은 뚜렷하게 나타나지 않았지만, 실험 시점에서 영상의 검출과정에서 발생하는 화소값의 변화로 판단된다. 이는 거리가 멀어지면서 영상의 화소값을 통한 거리 계측에서 단위화소에 해당하는 실제거리의 정확도가 감소하였기 때문으로 판단되었다. 또한 오차의 전체평균은 7.3 mm이었으며, 오차의 표준편차는

8.3 mm로 나타났다. 따라서 계측 거리의 정확도를 높이기 위하여서는 높은 해상도의 카메라 사용이 요구되며, 또한 엔드이펙터의 접근 방향 등을 고려한 시스템 개발이 필요할 것으로 판단되었다. 그러나 전체적으로 오차 발생이 10 mm 이내로 낮기 때문에 포도 위치 검출을 위한 영상처리 알고리즘을 실내에서 적용할 수 있을 것으로 판단되었다.

2.2. 현장실험

Fig. 8은 현장에서 2대의 카메라에서 획득한 포도 검출 결과를 나타내었다.

앞 절의 실험 방법에서 언급하였듯이 현장에서 20가지 임의의 상황에서 좌우카메라를 통하여 영상을 획득하였다. 그 중에서 전처리를 통하여 포도를 인식한 12가지의 좌우 영상에서 스테레오 매칭을 통한 포도까지의 거리를 계측하였다. 위의 영상을 이용한 현장에서의

포도수확용 로봇 개발을 위한 영상처리시스템

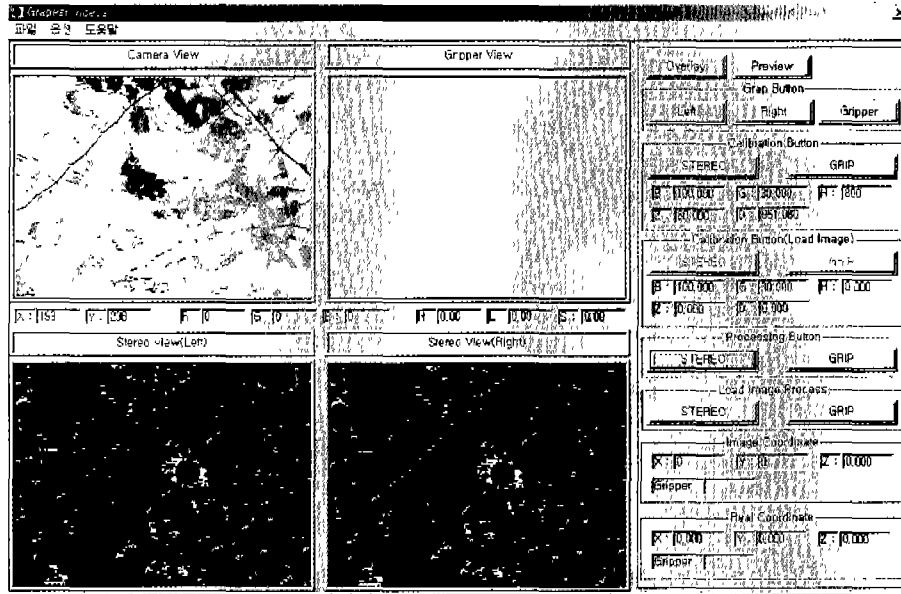


Fig. 8. Computer screen for stereo images of a fresh grape.

Table 4. Precision data for measured distances at 12 different positions for fresh grapes.

No.	Actual distance (mm)	Calculated distance (mm)	Error (mm)
1	1,011	973.607	37.393
2	1,032	1,035.151	3.151
3	1,077	1,080.387	3.387
4	1,100	1,104.424	4.424
5	1,125	1,129.486	4.486
6	1,155	1,155.639	0.639
7	1,180	1,182.955	2.955
8	1,210	1,211.513	1.513
9	1,239	1,241.397	2.397
10	1,270	1,272.700	2.700
11	1,306	1,305.524	0.476
12	1,340	1,339.980	0.020
Average	-	-	5.295
Standard deviation	-	-	10.214

포도 위치를 검출한 후 두 대의 카메라 중심에서 포도까지의 거리를 계측한 결과는 Table 4와 같다.

전체적으로 실제거리와 계측거리간의 오차가 5 mm 이내로서 비교적 정확하게 계측이 이루어졌음을 알 수 있다. 단지 1번 포도 영상의 경우 37 mm 정도의 큰

오차가 나타났다. 이는 실제거리 계측과정에서 발생한 오차로 생각되었으며 전체적인 결과에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단되었다. 오차의 평균은 약 5 mm로 나타났으며, 이는 1번 영상을 제외하면 더욱 감소할 것으로 생각된다. 따라서 스테레오 영상을 이용한 포도까지의 거리계측을 위한 영상처리 시스템은 현장에서 적용가능할 것으로 판단되었다. 다만 앞에서도 언급하였지만, 포도의 수확을 위한 그리퍼의 접근 방향을 고려한 적절한 알고리즘의 선택이 필요할 것으로 판단되었다. 본 연구에서 개발한 영상처리 알고리즘은 포도 아래에서 거리를 계측하는 방법으로 측면 등에서도 고려할 수 있지만, 엔드이펙터의 접근이나, 영상의 획득 등을 고려할 때 지면에서 수직 방향이 유리한 것으로 보였다.

Literature cited

1. Guyer D. E., G. E. Miles, M. M. Schreiber, O. R. Mitchell and V. C. Vanderbilt. 1989. Machine vision and image processing for plant identification. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. 29(6):1500-1507.
2. Howarth M. S. 1987. Image analysis by computer vision with applications to examining agricultural

- products. M.S. Thesis. Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University, Raleigh, NC.
3. Lee, Dae-Weon. 1990. A robotic and vision system for locating and transferring container grown tobacco seedling. Ph.D. Thesis. Department of Biological and Agricultural Engineering, North Carolina State University, Raleigh, NC.
4. Son, J. Y., J. T. Hong, H. J. Park, Y. Choi and K. H. Choi. 1997. Position detection algorithm development for tomato by stereo vision. Proceedings of the KSAM '97 Winter Conference 2(1):409-414.
5. Jang I. J., T. H. Kim and K. S. You. 1998. Development of apple harvesting robot(Algorithm of apple recognition using image-processing). Proceedings of the KSAM '98 Winter Conference 3(1):481-486.

포도수확용 로봇 개발을 위한 영상처리시스템

이대원* · 김동우 · 김현태 · 이용국 · 성시흥¹

성균관대학교 바이오메카트로닉스학과

¹건국대학교 생물산업기계공학과

적 요

본 연구에서는 포도 수확기 개발을 위하여 가장 중요한 영상처리 알고리즘을 개발하고자 두 대의 카메라를 이용한 스트레오 영상 시스템을 개발하였다. 따라서 3차원 공간상의 포도를 카메라로부터 얻어진 2차원 평면 영상을 분석한 후 알고리즘을 개발하였다. 이를 이용하여 포도 수확을 위한 3차원 공간영상의 거리정보를 획득할 수 있도록 알고리즘을 연구한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다. 가. 모형 포도를 이용한 실내에서의 스트레오 영상 거리 측정 결과 실제거리 1100 mm까지는 오차가 5 mm 이하로 비교적 정확하게 측정할 수 있었다. 그러나 실제거리 1200 mm 이상에서는 10 mm 이상으로 비교적 오차가 크게 나타났다. 이는 거리가 멀어지면서 영상의 화소값을 통한 거리 측정에서 단위화소에 해당하는 실제거리의 정확도가 감소하였기 때문인 것으로 판단되었다. 나. 현장에서 획득한 포도 영상을 이용한 스트레오 영상 거리 측정 결과 실제거리와 측정거리간의 오차가 5 mm 이내로서 비교적 정확하게 측정되었다. 따라서 스트레오 영상을 이용한 포도까지의 거리측정용 영상처리 시스템은 현장에서도 적용가능 할 것으로 판단되었다.

주제어 : 영상처리, 스트레오영상, 로봇수확기