

원격 로봇작업을 위한 실시간 수박 형상 추출 알고리즘

Development of Real Time and Robust Feature Extraction Algorithm of Watermelon for Tele-robotic Operation

김시찬 황 헌
정화원 정화원
S. C. Kim H. Hwang

ABSTRACT

Real time and robust algorithm to extract the features of watermelon was developed from the remotely transmitted image of the watermelon. Features of the watermelon at the cultivation site such as size and shape including position are crucial to the successful tele-robotic operation and development of the cultivation data base. Algorithm was developed based on the concept of task sharing between the computer and the operator utilizing man-computer interface. Task sharing was performed based on the functional characteristics of human and computer. Identifying watermelon from the image transmitted from the cultivation site is very difficult because of the variable light condition and the complex image contents such as soil, mulching vinyl, straws on the ground, irregular leaves and stems. Utilizing operator's teaching through the touch screen mounted on the image monitor, the complex time consuming image processing process and instability of processing results in the watermelon identification has been avoided. Color and brightness characteristics were analyzed from the image area specified by the operator's teaching. Watermelon segmentation was performed using the brightness and color distribution of the specified image processing area. Modified general Hough transform was developed to extract the shape, major and minor axes, and the position, of the watermelon. It took less than 100 msec of the image processing time, and was a lot faster than conventional approach. The proposed method showed the robustness and practicability in identifying watermelon from the wireless transmitted color image of the cultivation site.

Keywords : Watermelon, Remote image processing, Feature extraction, Modified hough transform.

1. 서 론

생물생산 작업에서의 컴퓨터 시각 기술은 대상물의 품질등급 판정을 비롯하여 검사, 수확 작업 등 대상체를 취급하는 공정에 다양하게 적용되고 있다(Dobrousin and Edan, 1992; Lee and Hwang, 1996 ; Nagata 등, 2000). 현재, 컴퓨터 시각 기술을 이용한 연구는 조명과 관련한 광 조건 그리고 작업환경 조건이 영상처리에 적합하도록 조절이 가능한 응용 분야를 중심으로 대부분 연구가 수행되어 왔고 어느 정도 현장에 성공적으로 적용되고 있다. 그러나 자연광하의 현장 작업에 있어서는 컴퓨터 시

각 시스템을 성공적으로 구현하는 것이 용이하지 않다.

컴퓨터 시각 시스템은 영상 정보의 처리량이 과대하기 때문에 실시간 영상처리라는 작업 한계를 극복하기 위해 많은 경우에 있어서 흑백 또는 그레이 스케일 영상을 대상으로 하였다. 최근 들어 프로세서의 성능이 비약적으로 향상되었고 영상 처리 관련 주변 하드웨어와 소프트웨어의 발전에 힘입어 색상을 이용한 영상처리 기술의 적용이 점차 확대되고 있다(Harrell and Mumilla, 1990; Jiménez 등, 1997). 컬러 영상처리는 처리 정보량이 흑백 영상의 3 배에 달하나 흑백 영상 처리와 달리 색상 정보를 이용한 정교한 처리가 가능하다. 하지만, 색상을 이용

원격 로봇작업을 위한 실시간 수박 형상 추출 알고리즘

한 영상 처리는 적용하는 분야에 따라서 색상 정보의 표현과 조명 및 영상획득 장치의 영향에 따른 색상왜곡의 보정 등 해결해야 할 문제들이 산재해 있다.

영상획득시 조명조건과 대상체의 상태, 그리고 대상체의 주변 환경을 인위적으로 제어할 수 있는 실내 공간과는 달리 작물 재배시설내 포장 또는 노지포장과 같이 작업 대상체 주변 환경이 가변적인 경우, 영상처리 과정에 오류가 생기기 쉽다. 가변적 조명 환경에 대한 영상처리 결과의 안정적 구현 그리고 복잡한 배경하에서 원하는 대상체를 성공적으로 추출하고 인식하는 대부분의 작업에 있어서 현재의 컴퓨터 영상처리 능력은 인간의 시각 인지 능력에 비하여 전반적으로 낙후되어 있는 실정이다. 하지만, 컴퓨터를 이용한 영상처리는 일단 추출한 대상체에 대해서는 기하학적 형상 및 위치 정보, 색상 정보 등을 정밀하게 정량화하는 측면에서 인간의 특징추출 능력을 증가하는 장점이 있다.

본 연구에서는 작업자의 시각 인지 능력을 생략화 로봇 작업 시스템의 시각 시스템에 도입하는데 있어, 대상체를 인식하고 추출하는 과정에 컴퓨터와 인간의 역할을 적절하게 분담함으로써 대상체의 인지 추출기능의 효율화와 안정성을 확보하도록 하였다. 즉, 인간의 시각을 통한 작업 대상체 인지 및 판단 능력을 컴퓨터의 정밀 계산능력에 적절히 보완하는 시스템을 구축하고 이를 위한 인터페이스 및 영상처리 알고리즘을 개발하여 복잡한 작업 환경정보에 대한 처리 속도와 처리 결과의 안정성을 향상시키도록 하였다.

무선입력 영상에 대한 작업자의 작업교시를 통하여 시스템의 역할 분담을 위한 인터페이스를 구현하였다. 무선 입력 영상에 대한 작업자의 인식 및 판단 결과에 근거하여 컴퓨터가 영상 처리를 수행함으로써 초기 영상처리의 오류를 극복할 수 있고, 입력 영상의 국부 영역에 대한 영상처리가 가능하여 복잡한 영상처리 알고리즘의 실시간 구현이 가능하였다.

2. 재료 및 방법

가. 시스템 개요

그림 1은 연구에 사용된 실험 장치에 대한 블록도이다. 실험 장치는 컬러 카메라(CV-950N, Mechademic), 무선 영상

송/수신기(RTS-112 and RRS-212, RF-Korea), 프레임 그래버(Meteor2/4, Matrox), 컴퓨터(PentiumIII, 512Mbyte), 터치스크린(AccuTouch, ELO Touch)을 장착한 모니터로 구성하였다.

영상정보 획득 과정을 살펴보면 먼저 대상체에 대한 영상정보를 컬러 CCD 카메라로 획득하고, 획득한 영상정보를 2.4 GHz 대의 무선 영상전송 모듈을 통해 전송한다. 전송된 영상정보는 무선 영상수신 모듈을 통해 수신되고 프레임 그래버를 이용하여 터치스크린에 출력된다. 작업자는 터치스크린을 이용하여 직접 필요한 작업에 대한 교시를 수행한다. 작업자의 교시에 의하여 국부적인 영상처리 작업 영역이 설정되고 설정영역에 대하여 컴퓨터에 의한 영상처리가 수행된다.

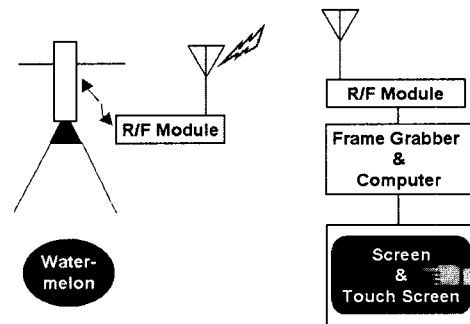


Fig. 1 System block diagram for remote wireless local image processing.

나. 실험 방법

1) 영상 획득

영상 획득은 대감 수박(홍농 종묘)을 대상으로 하였으며 수시로 변화하는 조명 환경 하에서 무선으로 원격지의 영상을 획득하였다. 그림 2는 획득한 컬러 무선 영상을 보여준다.



Fig. 2 Image of watermelon captured by wireless transmission.

2) 수박 외형 정보 및 중심 좌표 추출

가) 교시에 의한 영상 처리 영역 설정

국부 영상처리를 위한 영역 설정은 표준 (default) 영역으로 그림 3과 같이 200 × 200 화소영역을 설정하였으며 임의로 영역의 크기를 조정할 수 있도록 하였다.

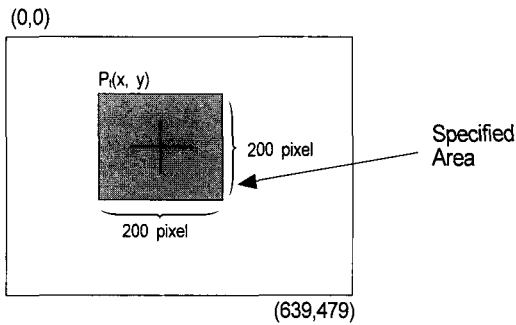


Fig. 3 Default specification of local image processing area.

나) 영상 분할

수박 재배 환경에 대한 영상을 색상 계열로 나누면 수박, 잎, 줄기 등은 녹색 계열, 토양, 짚 등은 갈색 계열, 그리고 그림자 및 멀칭 비닐 등은 회색조 계열로 나눌 수 있다. 그리고 수박의 이차원적인 외형은 종류에 따라 원형 또는 타원형으로 나타나며, 줄기의 경우는 직선의 형태를 갖는다. 수박을 배경으로부터 안정되게 분할하는 알고리즘을 개발하기 위해서 색상 특성, 명암 특성 그리고 형태 특성을 고려하였다. 색상 및 명암에 대한 영상 처리를 수행하기 위하여 획득한 영상에 대한 컬러 모델을 RGB(red, green, blue)에서 HSI(hue, saturation, intensity)로 아래 식 (1), (2), (3)을 이용하여 변환하였다(Gonzalez and Woods, 1992).

$$H = \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2} \{ (R-G) + (R-B) \}}{\sqrt{(R-G)^2 + (R-B)(G-B)}} \right] \quad (1)$$

$$S = 1 - \frac{3}{(R+G+B)} [\min(R, G, B)] \quad (2)$$

$$I = \frac{1}{3} (R+G+B) \quad (3)$$

수박, 잎, 줄기 계열과 짚, 토양 등을 색상 특성을 이용하여 분할하기 위하여 획득한 색도 영상에 대해서 대역 이치화(bandwidth thresholding)를 수행하였다. 수박은

그림자 및 멀칭 비닐과 비교하여 비교적 밝은 값을 가지고 있어 명도 영상에 대하여 이치화를 수행하였다. 보다 안정된 영상분할 결과를 얻기 위하여 색상 특성 및 음영 특성을 조합하였다. 색상 및 음영 특성에 의해 이치화된 각 영상에 대하여 논리곱 연산을 수행하여 멀칭비닐, 토양, 짚 등을 수박 그리고 잎, 줄기와 분할하였다.

다) 영상 향상

영상의 향상을 위하여 처리 영상에서 대상체의 경계를 유지하면서 잡음과 같은 작은 반점을 제거하기 위하여 5×5의 정방형 커널(kernel)을 이용하여 공간 필터인 미디언 필터링(Gonzalez and Woods, 1992)을 1회 수행하였다.

라) 경계 검출

경계 검출시 강조되는 높은 주파수대의 잡음 성분의 영향을 최소화하기 위하여 영상 완화 필터처리에 의해 잡음의 영향을 감소시킨 후 경계 검출을 수행하였다. 그리고 빠른 경계검출을 위해 비교적 단순한 Roberts cross 마스크 (Gonzalez and Woods, 1992)를 사용하였다.

마) 세션화

호프 변환(Hough transform) (Duda and Hart, 1972) 알고리즘의 처리속도를 향상시키기 위하여 경계 화소의 수를 줄이는 세션화를 수행하였다. 세션화는 영상의 골격은 남겨두고 외곽 픽셀을 제거하는 기법으로 처리 결과는 선으로 나타난다.

바) 윤곽 정보 및 중심점 추출

분할(segment) 영상으로부터 대상체의 기하학적인 형상 정보를 추출하기 위하여 일반적으로 체인 코딩(chain coding), 윤곽선의 기울기 표현($\psi-s$ 도표), 접선 각(tangent angle)의 히스토그램, 커브 피팅(curve fitting) 등의 방법을 통하여 대상체의 윤곽 정보를 알아낸다. 그러나 형상 정보가 복잡하면 추출된 정보가 불완전하거나 추출 자체가 어려워 질 수 있다.

수박의 경우 일반적인 형태가 원형 또는 타원형이며, 작업 시기 및 품종에 따라 그 크기도 대체로 일정하다. 그리고 줄기의 경우는 대개 직선의 형태를 갖는다. 작업자의 교시를 통하여 수박 및 줄기의 가상 중심점을 대략

적으로 얻을 수 있으므로 본 연구에서는 이러한 정보를 바탕으로 외형 정보를 추출하였다. 적용한 알고리즘은 호프 변환으로 물체의 윤곽이 곡선 또는 직선으로 이루어진 영상의 경우에 좋은 효과를 나타낸다.

호프 변환은 불연속적인 점, 선 및 곡선의 형상이 포함된 이치화된 영상에서 기하학적인 규칙을 찾아내는 방법 중 하나이다. 이 방법은 선, 원, 타원과 같이 규칙적인 형상에 대해 적용할 수 있는 기본 호프 변환(basic Hough transform: BHT)과 R-table이라는 look-up table을 이용하여 크기, 회전, 형상이 정해진 대상을 추출하는 일반화 호프 변환(generalized Hough transform: GHT), 다양한 형상과 다수의 인자가 포함된 형상에서 부분 화소를 샘플링하여 처리하는 무작위 호프 변환(randomized Hough transform: RHT) 등이 있다. 본 연구에서는 수박과 같이 대상체의 일반적인 형태가 원형 또는 타원형과 같이 형태가 고정적이고 일정 범위의 크기를 갖고 있으며 가상 중심이 결정되었을 경우에 적용될 수 있는 외형 정보추출 알고리즘으로 국부 변형 호프변환 알고리즘을 개발하였으며, 처리 순서는 다음과 같다.

① 수평과 수직에 대한 화소 진행 기울기각 ϕ 와 가상 중심(x_c, y_c)와 화소 좌표(x_i, y_i)간의 x축에 대한 기울기 a 를 구한다.

② 가상 중심 방향으로 ϕ 의 수직 성분의 각 γ 와 a 의 절대차를 구하여 범위 이하 화소를 제거한다. 만약 범위 이상이면 ϕ_i 를 배열 $A(x_i, y_i)$ 에 저장한다.

③ ①, ② 과정을 전체 화소에 대하여 적용한다.

④ 무작위로 세 점을 선택한다. 만약 서로 범위 이하로 인접하면 새로 선택한다.

⑤ 선택된 세 점에 해당되는 ϕ_i 를 배열 $A(x_i, y_i)$ 에서 참조하여 직선의 방정식 $y_i = a_i x_i + b_i$ 에서 a_i 와 b_i 를 각각 구한다.

⑥ 식(4), (5)를 이용하여 각 선의 교점을 찾는다.

⑦ 그림 4의 (a)와 같이 각각의 접점을 연결한 중점 m 과 교점 t 를 연결하여 (b)와 같이 타원의 중심점 O 를 찾는다. 여기서 중심점 O 와 가상 중심과의 거리가 일정범위 밖에 있으면 ④ 과정으로 돌아간다.

⑧ 타원의 방정식 $ax^2 + 2bxy + cy^2 = 1$ 을 각각 적용하여 매개 변수(a, b, c)를 구하고 배열 $B(a, b, c, x_c, y_c)$ 에 결과를 저장한다.

⑨ ④에서 ⑧까지의 과정을 충분히 반복한 후 배열 $B(a, b, c, x_c, y_c)$ 를 참조하여 기지의 수박 외형 정보(장단비, 평균크기)에 근접한 데이터를 취하고 이 값의 평균값 a, b, c 를 구한다.

⑩ 결과에 대한 정보 및 타원을 화면에 표시한다.

식 (4), (5)는 x_1 과 x_2 또는 x_2 와 x_3 을 연립하여 상호 교점을 구하는 식이다.

$$\begin{cases} m_1x + b_1 - y = 0 \\ m_2x + b_2 - y = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} m_2x + b_2 - y = 0 \\ m_3x + b_3 - y = 0 \end{cases} \quad (5)$$

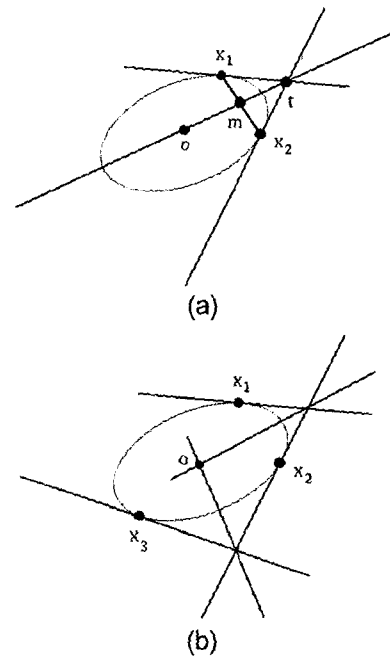


Fig. 4 Center of ellipse from intersection of lines bisecting a tangent.

수박의 크기와 중심 좌표를 산출하는 알고리즘의 반복 정확도를 계측하기 위해서 동일 대상체에 대하여 5회 영상을 획득하였고, 획득한 영상으로부터 작업교시에 의하여 설정한 국부영역에 대하여 위에 기술한 알고리즘을 이용하여 영상 처리를 수행하였다. 교시점의 화소 좌표는 교시영역의 중심 좌표로 설정하였다.

영상 처리 결과로부터 수박의 장축과 단축의 길이를 구하고 중심 좌표를 산출하였다. 영상 처리 소요 시간의 측정은 영상이 획득되는 순간부터 좌표 및 반경 결과가 나올 때까지의 시간을 산출하도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

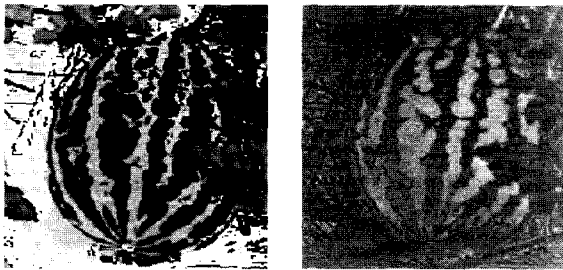
가. 전처리

전처리를 위해 작업자가 교시한 좌표를 중심으로 200 × 200 화소의 처리 영역을 획득하여 그림 5와 같은 국부 처리 영상을 추출하였다.



Fig. 5 Image of the locally specified area.

획득한 영상에서 각 화소의 RGB값을 HSI 컬러 모델로 변환하였다. 이 때 색도의 경우 0~360°로 표현되므로 이것을 회색조 영상으로 변환하였다. 채도의 경우는 0~1로 표현되므로 이것을 0~255의 값으로 변환하였다. 그림 6은 HSI 처리 결과에 대한 샘플 영상을 보여준다.



(a) Hue

(b) Saturation



(c) Intensity

Fig. 6 Gray scale images based on HSI color model.

그림 7은 색도 영상에 대해서 구간 이치화한 결과 영상이다. 색도에 대하여 40~200 구간을 백색으로, 그 외의 구간을 흑색으로 표현하였다. 이 과정을 통하여 원 영상에서 짙, 모양과 같은 색도 계열이 제거되었음을 알 수 있다.

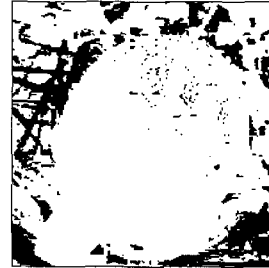


Fig. 7 Result image after thresholding from hue.

명도에 대한 이치화는 그림 8과 같이 전체 히스토그램 분포에 대하여 하위 20%를 기준으로 흑색으로 표현하였다. 광 조건의 변화에 따른 배경 명도의 변화를 반영하기 위하여 전체 영상의 명도 분포를 이용하였다. 그림 9는 명도 영상에 대하여 이치화한 결과 영상을 보여준다. 히스토그램의 분포를 보면 명도만을 이용하여 대상과 배경에 대한 영상을 분할하는 것은 매우 어렵다는 것을 쉽게 알 수 있다.

따라서, 색상 특성 및 음영 특성을 조합하여 보다 안정적인 영상분할을 수행하였다. 각 영상에 대하여 동일 좌표를 갖는 화소를 대상으로 논리곱 연산을 수행하여 멀칭 비닐, 토양, 짚 등 수박, 잎, 줄기가 아닌 화소와 처리 대상 화소를 분할하였다.

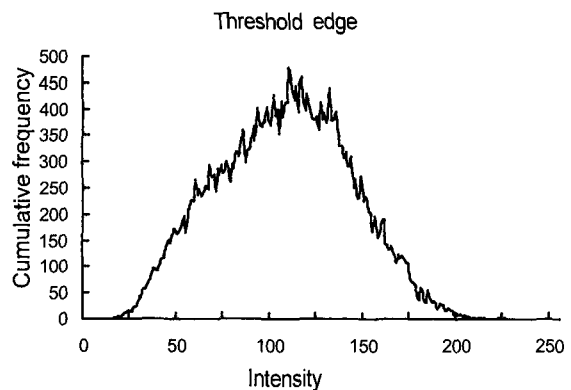


Fig. 8 Threshold of intensity histogram.

색도 특성을 반영한 결과영상과 명도 특성을 반영한 결과영상을 논리곱에 의한 영상분할을 수행하여 그림 10 과 같은 결과를 얻었다. 그림 10으로부터 멸칭, 그림자와 같은 회색조계열과 짙, 토양과 같은 갈색 계열이 제거되었음을 알 수 있다.

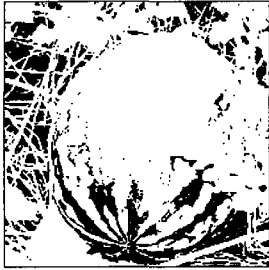


Fig. 9 Result image after thresholding from intensity.



Fig. 10 Result image after logical AND.

나. 경계 검출

그림 10에서 알 수 있듯이 잎, 수박과 짙, 멸칭 비닐, 그림자로 분할된 영상은 잡음 성분을 포함하고 있다. 수박의 외형에 대한 경계를 얻기 위해서는 이러한 잡음 영상을 제거해야 하므로 미디언 필터링을 통하여 영상 완화를 수행하였다. 그림 11은 영상완화의 결과로 잡음 성분이 제거된 결과를 보여준다.

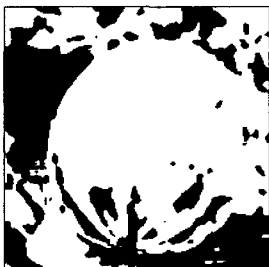


Fig. 11 Result image after Median filtering.

잡음이 제거된 영상에서 수박의 외형 경계를 찾고자 Roberts cross mask를 이용하였으며 그림 12의 결과를 얻었다.

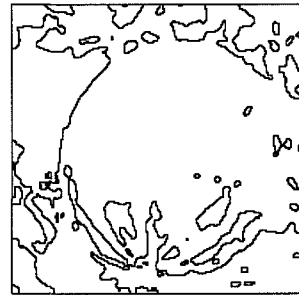


Fig. 12 Result image after Robert edge detection.

호프 변환과 같이 처리 시간이 많이 소요되는 알고리즘을 이용한 외형 정보 추출에 있어서 처리 시간의 단축을 위하여 경계 검출을 수행한 후 영상에 대한 세선화를 수행하였으며 그림 13은 그 결과를 보여준다.

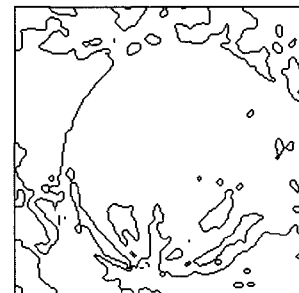


Fig. 13 Result image after thinning.

다. 윤곽 정보 추출

수박의 외형 특성은 원형 또는 타원형이 일반적이다. 이러한 특성을 반영하여 수박의 외형정보 추출 알고리즘으로 제안한 변형 국부 호프 변환을 수행하기 위하여 교시점을 중심으로 반지름 방향의 선 성분을 먼저 제거하였다. 반지름 방향의 선 성분을 검출하기 위하여 수평과 수직의 화소 진행 기울기를 구하고 이 값의 좌표에 대한 중심점과의 기울기를 산출하였다. 이 과정을 통하여 불필요한 처리 시간을 줄이고 결과의 정밀도를 높일 수가 있었다. 그림 14는 반지름 방향의 선 성분을 제거한 결과 영상을 보여준다.

그림 14의 영상에 대해서 무작위로 세 개의 경계 화소 점을 추출하고, 이 세 점에 대한 타원 방정식의 변수 3

개를 각각 구하였다. 실제 수박의 중심이 교시점에서 일정 영역 이내에 있음을 착안하여 본 연구에서는 이 과정을 통하여 구해진 타원의 중심 좌표와 교시 좌표와의 거리가 50화소 이내의 정보만 추출하여 메모리에 저장하였다.

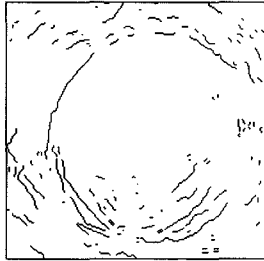


Fig. 14 Result image after removing radial segments.

저장된 데이터가 100 개가 되면 각 변수에 대한 타원의 장단비가 1:1~1.5 범위에 속하면서 장축의 길이가 120~190 화소 범위, 단축의 길이가 90~160 화소 범위에 속하는 변수들을 추출하여 평균을 취하였다.

그림 15는 평균화된 변수로부터 얻은 타원을 원 영상에 표시한 결과로 실제 수박의 외형을 잘 따르고 있음을 볼 수 있다.

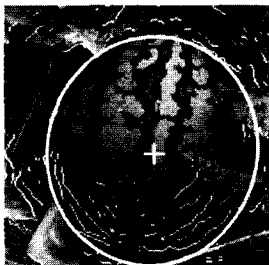


Fig. 15 Final image formed with ellipse and center point.

언급한 영상 처리 과정을 통하여 수박의 장단축의 크기와 중심 좌표를 산출하였다. 화소 당 실측 길이는 1.65 mm 였으며 실측한 수박의 장축은 약 283 mm, 단축은 약 203 mm 였다. 전체 영역에서의 교시점 화소 좌표는 (335, 160)였다.

샘플 수박에 대하여 추출한 장단축 길이 그리고 중심점 화소좌표를 표 1에 나타내었다. 그림 16, 그림 17은 얻어진 장단축의 길이와 중심점 화소 좌표의 분포를 각각 보여준다. 실험 결과, 크기의 변화 폭은 다소 있었지

만 실제 선단 작업 장치가 접근하기 위한 수박의 중심점 좌표 획득은 양호하게 나타났음을 알 수 있다. 처리 소요 시간을 분석하면 영상을 획득하는 시간이 30% 정도 였고, 실제 영상 처리 시간은 100 ms 이내였다. 일반적으로 많이 사용되는 타원 정보 추출 알고리즘의 경우 종류에 따라 다르지만 보통 수 십초가 소요되므로 기존의 타원 추출 알고리즘 등에 비하여 복합 영상에 대한 처리 시간이 매우 빠름을 알 수 있었다.

Table 1. Result of the experiments

No.	Diameter(mm)		Center Point Pixel Coord. (u,v)	Processing time (Sec)
	Long axis	Short axis		
1	277.0	202.1	326, 152	0.32
2	280.5	200.4	342, 150	0.33
3	268.9	198.2	334, 163	0.29
4	295.3	215.2	338, 182	0.33
5	290.8	211.6	322, 174	0.32

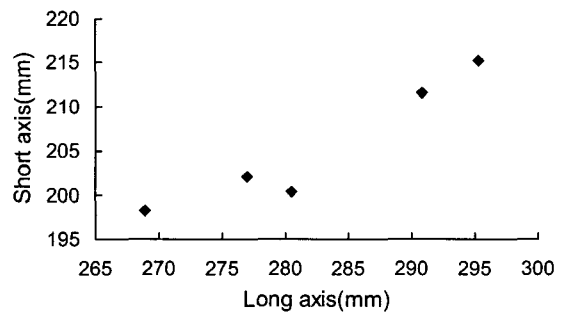


Fig. 16 Computed size of the watermelon under natural lighting environment.

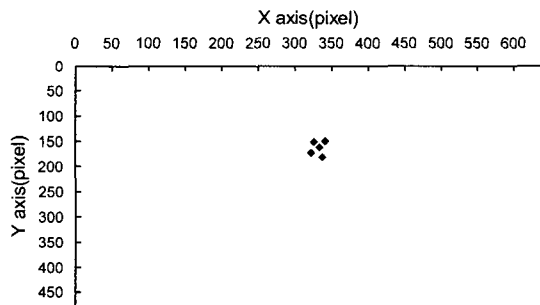


Fig. 17 Computed pixel data of center points of the watermelons under natural lighting environment.

4. 요약 및 결론

본 연구는 생력화 로봇 작업 시스템에 실시간 특징추출 기능과 특징추출의 안정성을 부여하고자 수행하였다. 이를 위하여 작업자의 시각을 통한 인지능력과 컴퓨터의 빠른 계산능력을 조합하여 상호 단점을 보완하는 개념을 도입하였다. 복잡한 환경 하에서 수박에 대해서 실시간으로 안정되게 형상정보를 추출하는 시스템을 구축하였고 이를 위한 인터페이스 및 알고리즘을 개발하였으며 그 결과는 다음과 같다.

말칭 비닐, 토양, 짚 등과 같은 복합 요소가 혼재하고 가변성을 갖는 조명 환경 하에서 수박의 영상 분할을 수행하기 위하여 색상정보 및 명도정보를 분석하였다. 그 결과 색상정보로부터 토양, 짚 등은 수박과 색도가 현격한 차이를 보여주었다. 조명환경에 따른 명도정보로부터 그림자와 같은 불분명한 영역은 대개 전체 히스토그램의 하위 20% 내에 존재하였다. 색도와 명도의 분포를 이용하여 수박 및 잎과 그 외 배경영상을 분할할 수 있었다.

영상분할된 수박, 줄기 및 잎에 대하여 수박 과실의 형상을 추출하기 위하여 형태 기반 및 작업자 교시 정보를 이용한 국부 변형 호프변환 알고리즘을 개발하였다. 수박의 중심 위치 및 장, 단축의 정보를 추출하는데 있어 처리 속도는 100 msec 이하로써 기존의 알고리즘에 비하여 월등히 빠른 성능을 보여주었다.

작업자의 대상체 교시를 이용하여 기존 영상처리 방법의 문제점인 인식의 안정성, 대상체의 존재 유무, 실시간 처리 문제 등을 해결할 수 있었다. 컴퓨터 시각시스템을 이용하여 원하는 대상체의 형상정보를 추출하는 데 있어 제안한 영상처리 알고리즘은 비교적 일정한 기하학적 형

상을 갖는 대상체가 복잡한 배경영상 및 가변적인 조명 환경 하에 놓여 있는 경우 유용하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. Dobrousin Y. and Y. Edan. 1992. Real-time image processing for robotic melon harvesting. ASAE Paper No 92-3515.
2. Duda R. D. and P. E. Hart. 1972. Use of the Hough transform to detect lines and curves in pictures. *Communications ACM* 15. 11-15.
3. Gonzalez R. C. and R. E. Woods. 1992. *Digital Image Processing*. Addison-Wesley Pub. Co.
4. Harrel R. C., R. D. Mumlla and D. C. Slaughter. 1990. Robotic picking of citrus. *Robotica*. 8:269-278.
5. Jiménez A. R., R. Ceres and J. L. Pons. 1997. Shape-based methods for fruit recognition and localization using a laser range-finder. *International Workshop on Bio-Robotics*.
6. Lee C. H. and H. Hwang. 1996. Development of robust feature recognition and extraction algorithm for dried oak mushrooms. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery* 21(3):325-335.
7. Nagata M., Y. Gejima, B. P. Shrestha, K. Hiyoshi and K. Ootsu. 2000. Basic study on strawberry harvesting robot(Part I). *Proceeding of the Bio-robotics II*, pp. 51-58.