

하우스멜론 수확자동화를 위한 원격영상 처리알고리즘 개발

김시찬 임동혁 정상철 황헌

Development of Tele-image Processing Algorithm for Automatic Harvesting of House Melon

S. C. Kim D. H. Im S. C. Chung H. Hwang

Abstract

Hybrid robust image processing algorithm to extract visual features of melon during the cultivation was developed based on a wireless tele-operative interface. Features of a melon such as size and shape including position were crucial to successful task automation and future development of cultivation data base. An algorithm was developed based on the concept of hybrid decision-making which shares a task between the computer and the operator utilizing man-computer interactive interface. A hybrid decision-making system was composed of three modules such as wireless image transmission, task specification and identification, and man-computer interface modules. Computing burden and the instability of the image processing results caused by the variation of illumination and the complexity of the environment caused by the irregular stem and shapes of leaves and shades were overcome using the proposed algorithm. With utilizing operator's teaching via LCD touch screen of the display monitor, the complexity and instability of the melon identification process has been avoided. Hough transform was modified for the image obtained from the locally specified window to extract the geometric shape and position of the melon. It took less than 200 milliseconds processing time.

Keywords : Melon, Hybrid image processing, Man-computer interface, Modified Hough transform, Tele-operation

1. 서론

생물생산 작업에서의 컴퓨터 시각 기술은 대상물의 품질등급 판정을 비롯하여 검사, 수확 작업 등 대상체를 취급하는 공정에 다양하게 적용되고 있다. 하지만, 지금까지 연구된 대부분의 생력화 시스템은 시설내의 습도, 온도, 이산화탄소 및 질소 등 식물이 성장하는데 필요한 생육환경을 유지하는 분야에 중점을 두고 있다.

시설재배에 따른 관리 및 수확작업 분야에서 로봇 기술을 이용한 수확작업의 무인 자동화 연구가 일본과 한국을 중심

으로 시도되었으나 그 역시 제한적인 시험조건 하에서만 가능한 것이 대부분이었다. 본 연구는 시설재배 작물 중 멜론을 대상으로 재배관리 및 수확작업을 일관 자동화시킬 수 있는 원격 생력자동화 시스템 개발을 위한 기반 연구로서 대상체의 형상인식 및 위치좌표 추출을 위한 영상처리 기술의 개발에 관한 것이다.

멜론은 노지 재배의 비율이 하우스 재배에 비해 일반적으로 낮은데, 1991년 이후 하우스 재배에 의한 멜론 재배와 생산량이 급격히 증가하고 있는 추세이다. 이러한 멜론 재배는 육묘에서부터 정식, 유인, 정지, 적심, 적엽, 교배, 적과, 열매

This study was supported financially by the Agricultural R&D Promotion Center (ARPC). The article was submitted for publication on 2007-11-20, reviewed on 2008-01-15, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2008-04-16. The authors are Si Chan Kim, KSAM member, Research Associate, Dept. of Biomechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Dong Hyuk Im, KSAM member, Research Engineer, National Institute of Agricultural Engineering, Sang Chul Chung, Graduate Student, and Heon Hwang, KSAM member, Professor, Dept. of Biomechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, Suwon, Korea. Corresponding author: H. Hwang, Professor, Dept. of Biomechatronic Engineering, Sungkyunkwan University, 300 Chunchun-dong, Jangan-gu, Suwon, Korea; Fax: +82-31-290-7830; E-mail: <hhwang@skku.ac.kr>.

매달기, 수확에 이르기까지의 모든 과정들을 대부분 수작업에 의존하고 있다.

하우스 재배는 재배에 많은 비용이 투입되어 생산단가가 높다. 따라서 생산비용을 절감하고 고품질을 유지하기 위해서는 재배관리의 자동화와 작물 생육상태의 정량화 모니터링이 필요하다. 생물생산 작업의 자동화에 있어서 대상체의 형상 및 품질 인식 등에 컴퓨터 영상처리 기술이 일반적으로 활발히 적용되고 있다(Lee and Hwang, 1996). 하지만, 영상 획득 시 조명상태가 가변적이며 대상체 자체가 균일하지 않고 대상체 주위의 배경이 복잡하여 대상체를 배경으로부터 구분하는데 어려움이 있다. 이로 인하여 컴퓨터 영상처리 기술을 생육 재배작업의 자동화 관리에 적용하는 데 있어 영상처리 결과의 강건성 및 적응성이 저하되고 한편으로는 계산 부하는 급격히 증가되어 전반적인 처리능력이 저하되는 문제점을 가지고 있다. 따라서 컴퓨터 영상처리 기술은 생물생산 작업 공정에서 제한된 공간에서 구조적인 환경 하에 작업할 수 있는 농산물의 품질판정이나 선별작업에 일반적으로 적용되어 상업화되고 있다.

컴퓨터 영상처리 시스템은 실시간 영상정보 처리라는 작업 한계를 만족시키기 위해서 많은 경우 그레이 스케일 영상을 대상으로 하고 있다. 최근 들어 프로세서의 성능이 비약적으로 향상되었고 영상 처리 관련 주변 하드웨어와 소프트웨어의 발전에 힘입어 색상을 이용한 영상처리 기술의 적용이 점차 확대되고 있다(Harrell et al., 1990; Jiménez et al., 1997; Nagata et al., 2000). 컬러 영상처리는 처리 정보량이 그레이 영상의 3 배에 달하나 그레이 영상 처리와 달리 색상 정보를 이용한 정교한 처리가 가능하다. 하지만, 색상을 이용한 영상 처리는 적용하는 분야에 따라서 색상 정보의 표현과 조명 및 영상획득 장치의 영향에 따른 색상왜곡의 보정 등 해결해야 할 문제들이 산재해 있다.

영상획득 시 조명조건과 대상체의 상태, 그리고 대상체의 주변 환경을 인위적으로 제어할 수 있는 실내 공간과는 달리 작물 재배하는 시설내 포장 또는 노지포장과 같이 작업 대상체의 주변 환경이 가변적인 경우, 영상획득 및 처리 과정에 오류가 생기기 쉽다. 가변적 조명 환경에 대한 영상처리 결과의 안정적 구현 그리고 복잡한 배경 하에서 원하는 대상체를 성공적으로 추출하고 인식하는 대부분의 작업에 있어서 현재의 컴퓨터 영상처리 능력은 인간의 시각 인지 능력에 비하여 현저하게 낙후되어 있다. 하지만, 컴퓨터를 이용한 영상처리는 일단 추출한 대상체에 대해서는 기하학적 형상 및 위치정보, 색상정보 등에 대하여 정밀하게 정량화하는 측면에서 인간의 대상체 인지 능력을 능가한다 하겠다.

본 연구에서는 대상체를 배경으로부터 인식하고 추출하는 과정에서 컴퓨터와 인간의 역할을 적절하게 분담하도록 하여 대상체의 안정적 인지 및 정량화 추출의 정밀도를 확보하도록 하였다. 즉, 컴퓨터의 정밀 계산능력에 인간의 시각을 통한 작업 대상체 인지 및 판단 능력을 보완하는 시스템을 구축하고 이를 위한 컴퓨터와 조작자의 인터페이스 및 이를 기반으로 한 영상처리 알고리즘을 개발하였다.

무선 입력영상에 대한 작업자의 작업교시를 통하여 시스템의 역할 분담을 위한 인터페이스를 구현하였다. 무선 입력영상에 대한 작업자의 인식 및 판단 결과에 근거하여 컴퓨터가 영상처리를 수행함으로써 초기 영상처리의 오류를 극복하도록 하였고 입력 영상의 국부영역에 대한 영상처리를 수행하여 복잡한 영상처리 알고리즘의 실시간 처리 및 처리 결과의 안정성을 향상시키도록 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 재료

우리나라의 대표적인 멜론 주산지인 전남 나주 세지면에 있는 한 농가 시설에서 세워 키우기 형태로 재배되고 있는 머스크멜론을 대상으로 하였다. 멜론의 평균 중량은 3.5 kgf 정도이고 모양은 지름 18 cm 내외의 구형이다. 멜론은 지상으로부터 120 cm의 높이에 유인선을 따라 고정되고 한 주당 한 과가 30 cm 간격으로 재배된다.

나. 시스템 개요

그림 1은 연구에 사용된 실험 장치이다. 실험 장치는 컬러 카메라(TMC-7, PLUNIX), 무선 영상 송/수신기(RTS-112 and RRS-212, RF-Korea), 프래임그래머(Meteor2/4, Matrox), 컴퓨터(Pentium III, 512 Mbyte), 터치스크린(AccuTouch, ELO Touch)을 장착한 모니터로 구성하였다.

영상정보 획득 과정을 살펴보면 먼저 대상체에 대한 영상

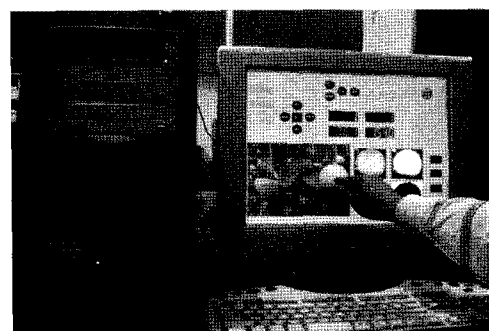


Fig. 1 Remote wireless local image processing system.

정보를 컬러 CCD 카메라로 획득하고, 획득한 영상정보를 2.4 GHz 대의 무선 영상전송 모듈을 통해 전송한다. 전송된 영상 정보는 무선 영상수신 모듈을 통해 수신되고 프레임그래버를 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.

나. 실험 방법

1) 영상 획득

영상 획득은 수시로 변화하는 조명 환경 하에서 무선으로 원격지의 영상을 획득하였다. 그림 2는 획득한 컬러 무선 영상을 보여준다.



Fig. 2 Image of melon captured by wireless transmission.

2) 멜론 외형 정보 및 중심 좌표 추출

가) 교시에 의한 영상 처리 영역 설정

국부 영상처리를 위한 영역 설정은 표준(default) 영역으로 원 영상에서 머스크멜론이 충분히 선택된 영역의 중심에 놓일 정도로 그림 3과 같이 200×200 화소영역을 설정하였으며 가로, 세로 각각 50~300 화소영역을 임의로 영역의 크기를 사용자가 조정할 수 있도록 하여 기타 종류의 멜론에 가변적으로 적용될 수 있도록 하였다.

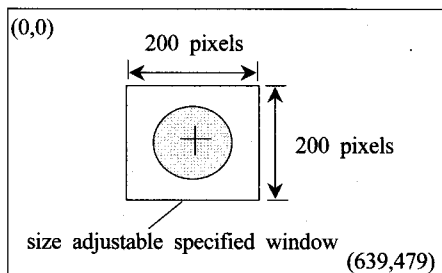


Fig. 3 Default specification of the size adjustable local image processing area.

나) 영상 분할

성숙된 머스크멜론의 경우 회색과 밝은 갈색의 혼합색을 가지며 밝기가 주위에 비해서 밝은 편이다. 멜론을 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).

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

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

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

멜론 계열과 잎, 줄기 등을 색상 특성을 이용하여 분할하기 위하여 획득한 색도 영상에 대해서 이치화(thresholding)를 수행하였다. 멜론은 배경과 비교하여 비교적 밝은 값을 가지고 있어 명도 영상에 대하여 이치화를 수행하였다. 그리고 보다 안정된 영상분할 결과를 얻기 위하여 색상 특성 및 음영 특성을 조합하였다. 색상 및 음영 특성에 의해 이치화된 각 영상에 대하여 감산 연산을 수행하여 멜론과 배경을 분할하였다.

다) 영상 개선

획득한 영상으로부터 영상처리 시 발생하는 다양한 종류의 잡음요소들을 감소 또는 제거시켜 원하는 대상체의 명확한 영상을 얻기 위해서 7×7 저역 통과 영상완화 필터(smoothing)를 사용하였다. 또, 완화된 영상을 실험적으로 얻은 경계값 55를 기준으로 이치화 시키는 작업을 수행하여 영상의 배경 중 멜론 개체가 아닌 어두운 부분을 삭제하였다.

이치화 경계값은 일반 조명하에서 실험을 통하여 이치화한 결과 좋은 결과를 얻은 경계값의 평균치를 사용하였다. 이치화 결과 얻어진 영상으로부터 멜론 개체가 아닌 배경부분의 잡음을 완전하게 제거하기 위해서 획득된 영상으로부터 검은 부분으로 표시된 각 도형의 면적을 계산한 후 가장 큰 면적을 지닌 객체만을 남기고 작은 면적을 나타내는 객체들은 전부 삭제하였다.

라) 경계 검출

경계 검출시 강조되는 높은 주파수대의 잡음 성분의 영향을 최소화하기 위하여 영상 완화 필터처리에 의해 잡음의 영

향을 감소시킨 후 경계 검출을 수행하였다. 그리고 빠른 경계 검출을 위해 비교적 단순한 Roberts cross 마스크(Gonzalez and Woods, 1992)를 사용하였다.

마) 세선화

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

바) 윤곽 정보 및 중심점 추출

분할영상으로부터 대상체의 기하학적인 형상 정보를 추출하기 위하여 일반적으로 체인코딩, 윤곽선의 기울기 표현($\psi-s$ 도표), 접선각의 히스토그램, 커브 피팅(fitting) 등의 방법을 통하여 대상체의 윤곽 정보를 알아낸다. 그러나 형상 정보가 복잡하면 추출된 정보가 불완전 하거나 추출 자체가 어려워 질 수 있다.

멜론의 경우 일반적인 형태가 원형 또는 타원형이며, 작업시기 및 품종에 따라 그 크기도 대체로 일정하다. 그리고 줄기의 경우는 대개 직선의 형태를 갖는다. 작업자의 교시를 통하여 멜론 및 줄기의 가상 중심점을 대략적으로 얻을 수 있으므로 본 연구에서는 이러한 정보를 바탕으로 외형 정보를 추출하였다. 적용한 알고리즘은 허프변환으로 물체의 윤곽이 곡선 또는 직선으로 이루어진 영상의 경우에 좋은 효과를 나타낸다.

허프변환은 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 허프변환(basic Hough transform: BHT)과 R-table이라는 표(look-up table)를 이용하여 크기, 회전, 형상이 정해진 대상을 추출하는 일반화 허프변환(generalized Hough transform: GHT), 다양한 형상과 다수의 인자가 포함된 형상에서 부분 화소를 샘플링 하여 처리하는 무작위 허프변환(randomized Hough transform: RHT) 등이 있다. 본 연구에서는 멜론과 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 허프변환 알고리즘을 개발하였으며, 처리 순서는 다음과 같다.

- ① 수평과 수직에 대한 화소 진행 기울기각 ϕ_i 와 가상 중심(x_c, y_c)와 화소 좌표(x_i, y_i)간의 x축에 대한 기울기 α 를 그림 4와 같은 경사도 커널로 구한다.

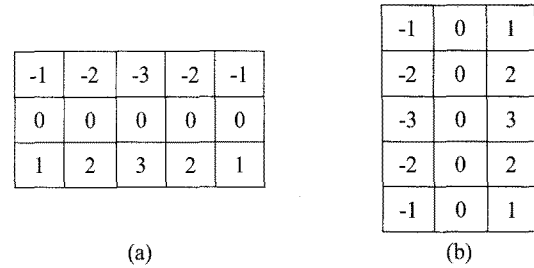


Fig. 4 Gradient kernel: (a) vertical gradient (b) horizontal gradient.

- ② 가상 중심 방향으로 ϕ 의 수직 성분의 각 γ 와 α 의 절대차를 구하여 범위 이하 화소를 제거한다. 만약 범위 이상이면 ϕ_i 를 배열 $A(x_i, y_i)$ 에 저장한다.(수직성분 제거)
 - 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 5의 (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 멜론 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.

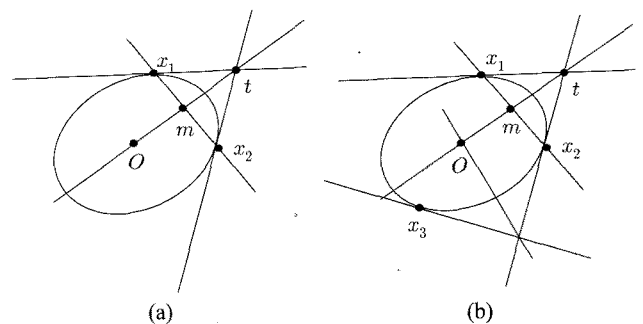


Fig. 5 Center of an ellipse from intersection of lines bisecting a tangent.

$$\begin{aligned} m_1x_1 + b_1 - y_1 &= 0 \\ m_2x_2 + b_2 - y_2 &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} m_2x_2 + b_2 - y_2 &= 0 \\ m_3x_3 + b_3 - y_3 &= 0 \end{aligned} \quad (5)$$

멜론의 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 영상처리를 수행하였다. 이때 작업 교시점의 축소 좌표는 교시영역의 중심 좌표로 설정하였다.

영상처리 결과로부터 멜론의 장축과 단축의 길이를 구하고 중심좌표를 산출하였다. 영상처리 소요 시간의 측정은 영상이 획득되는 순간부터 좌표 및 반경 결과가 나올 때까지의 시간을 산출하도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 멜론 외형 정보 추출

1) 전처리

무선으로 송신되어 획득된 원영상은 터치스크린 모니터에 디스플레이 되며 작업자는 모니터상의 영상을 교시(손가락으로 터치)하여 처리하고자 하는 멜론을 선택하였다. 그 후 전처리를 위해 작업자가 교시한 좌표를 중심으로 200×200 화소의 처리 영역을 획득하여 그림 6과 같은 국부영역의 영상을 추출하였다.

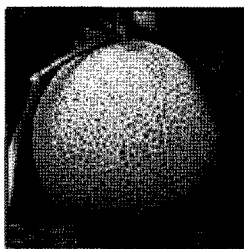


Fig. 6 Image of the locally specified area.

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 7은 HSI 처리 결과에 대한 샘플 영상을 보여준다.

그림 8은 색도 영상에 대해서 이치화한 결과 영상이다. 색도에 대하여 경계값 43을 기준으로 이치화를 수행하였다. 이

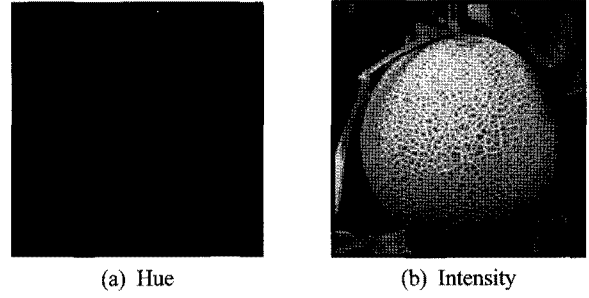


Fig. 7 Gray scale images based on HSI color model.

과정을 통하여 원 영상에서 잎, 배경과 같은 색도 계열이 제거되었음을 알 수 있다.



Fig. 8 Result after thresholding hue image.

색도 특성을 반영한 결과영상과 명도 특성을 반영한 결과 영상을 감산에 의한 영상분할을 수행하여 그림 9와 같은 결과를 얻었다. 그림 9로부터 잎과 줄기 등의 배경 요소가 제거되었음을 알 수 있다.

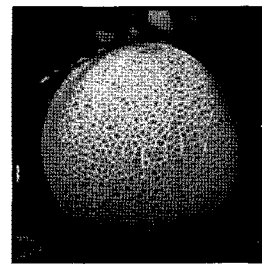


Fig. 9 Result image after subtraction.

2) 경계 검출

배경과 멜론이 분할된 영상은 잡음 성분을 포함하고 있다. 멜론의 외형에 대한 경계를 얻기 위해서는 잡음 요소를 제거해야 하므로 미디언 필터링을 통하여 영상 완화를 수행하였다. 그림 10은 영상완화의 결과로 잡음 성분이 제거된 결과를 보여준다.

잡음이 제거된 영상에서 멜론의 외형 경계를 찾고자 Roberts cross mask를 이용하였으며 그림 11의 결과를 얻었다.

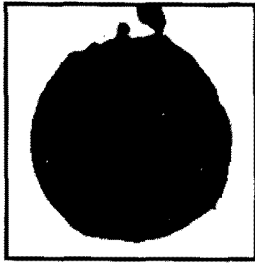


Fig. 10 Result image after noise removal.

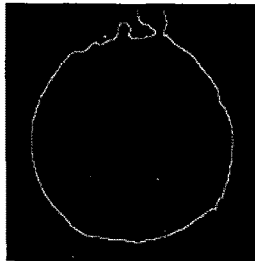


Fig. 11 Result after Robert edge detection.

히프변환과 같이 처리 시간이 많이 소요되는 알고리즘을 이용한 외형 정보 추출에 있어서 처리 시간의 단축을 위하여 경계검출을 수행한 후 영상에 대한 세션화를 수행하였으며 그림 12는 그 결과를 보여준다.

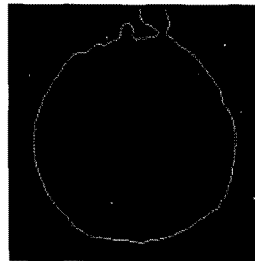


Fig. 12 Result image after thinning.

3) 윤곽 정보 추출

멜론의 외형 특성은 원형 또는 타원형이 일반적이다. 이러한 특성을 반영하여 멜론의 외형정보 추출 알고리즘으로 제안한 변형 국부 히프변환을 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.

얻어진 영상에 대해서 무작위로 세 개의 경계 화소점을 추출하고, 이 세 점에 대한 타원 방정식의 변수 3 개를 각각 구하였다. 실제 멜론의 중심이 교시점에서 일정 영역 이내에 있

음을 착안하여 본 연구에서는 이 과정을 통하여 구해진 타원의 중심 좌표와 교시 좌표와의 거리가 50 화소 이내의 정보만 추출하여 메모리에 저장하였다.

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 13은 평균화된 변수로부터 얻은 타원을 원 영상에 표시한 결과로 실제 멜론의 외형을 잘 따르고 있음을 볼 수 있다.

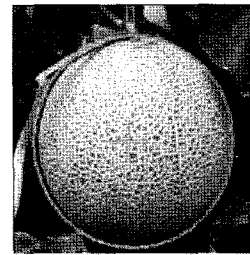


Fig. 13 Final image formed with ellipse and center point.

그림 14는 다른 종류의 멜론 대상체에 대한 전체 영상처리 흐름과 각 처리에 따른 결과 영상을 보여준다.

처리 소요 시간을 분석하면 영상을 획득하는 시간이 30% 정도였고, 실제 영상 처리 시간은 200 ms 이내였다. 일반적으로 많이 사용되는 타원 정보 추출 알고리즘의 경우 영상의 종류에 따라 다르지만 대개 수 십초가 소요되는 기존의 타원 추출 알고리즘에 비하여 제안한 알고리즘은 복잡한 영상에 대한 처리시간 관점에서 획기적으로 신속하게 처리함을 알 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 생력화 로봇 작업 시스템에 실시간 특징추출 기능과 특징추출의 안정성을 부여하고자 수행하였다. 대개 컴퓨터 영상처리 시스템을 통한 생력화 시스템의 경우 영상시스템 및 처리를 전적으로 컴퓨터에 의존하여 작업을 수행하고자 시도하나 복잡한 환경 하에서는 무인 자동화의 장점 보다는 실시간 처리 등의 단점으로 인하여 현실적으로 적용 가능한 시스템을 개발하기가 어렵다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 하여 작업자의 시각을 통한 인지능력과 컴퓨터의 빠른 계산능력을 조합하여 상호 단점을 보완하는 개념을 도입하였다. 멜론 수확을 자동화하는 시스템에 이러한 개념을 적용하여 실시간으로 안정되게 형상정보를 추출하는 시스템을 구축하였으며 이를 위한

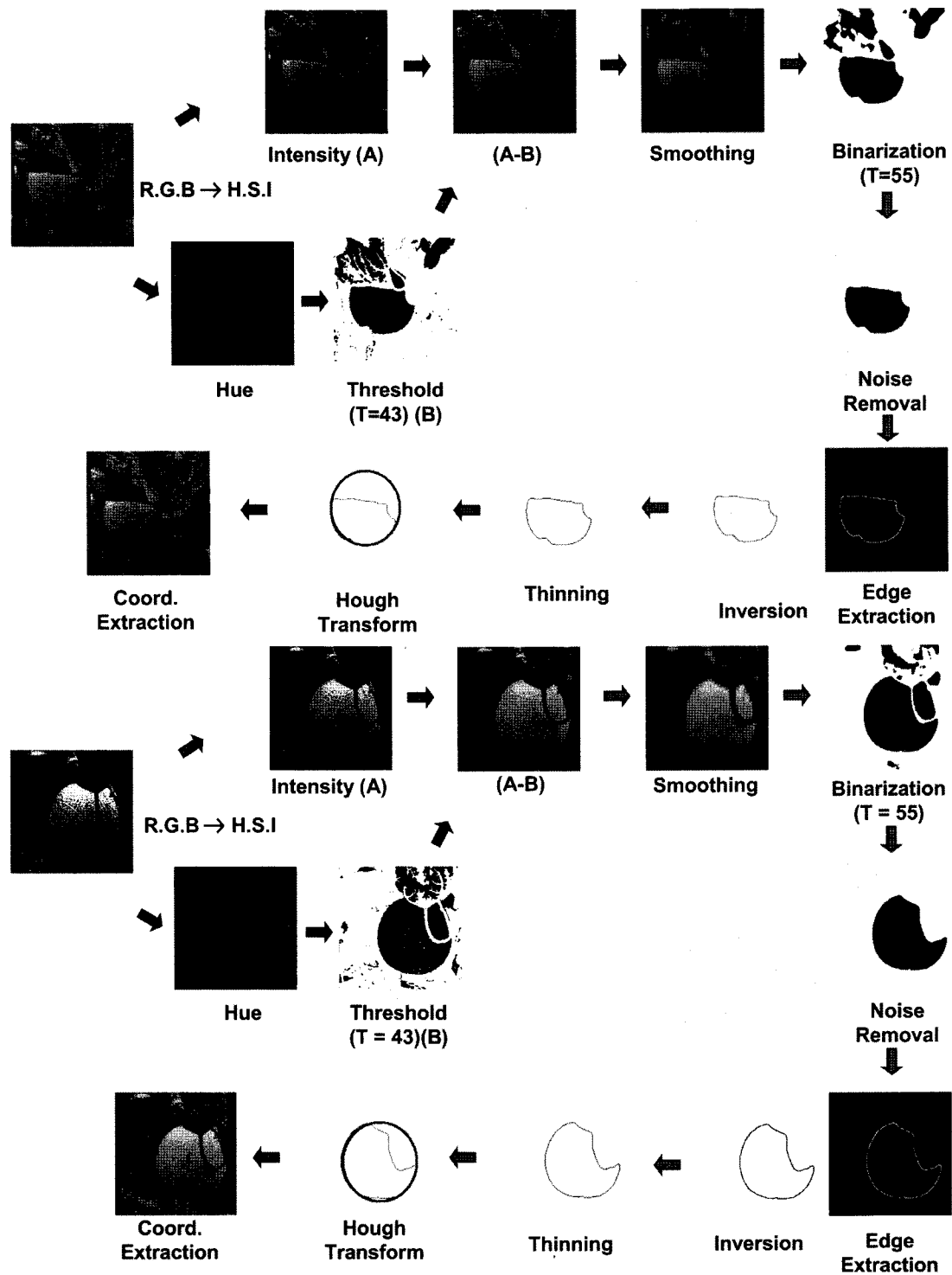


Fig. 14 Specific examples of image processing sequence.

작업 인터페이스 모듈을 개발하였다.

인간의 인지 능력을 활용하기 위하여 터치스크린과 컴퓨터를 이용하였으며 무선으로 송신되는 영상을 터치스크린 상에 디스플레이한 후 작업자가 영상 화면에 터치하여 작업을 교시하도록 하는 인터페이스를 구축하였다. 이를 통하여 손쉽게 작업자가 수확 시기의 멜론을 선택 할 수 있었으며, 멜론

의 종류 및 작업의 종류에 따라 시스템 설정인자를 조정함으로써 다양한 작업에 적용될 수 있었다.

복잡한 영상 요인들이 혼재하고 가변성을 갖는 조명 환경 하에서 멜론의 영상 분할을 수행하기 위하여 색상정보 및 명도정보를 분석하였다. 그 결과 색상정보로부터 잎, 줄기 등은 멜론과 색도가 현격한 차이를 보여주었으며, 조명환경에 따

른 명도정보로부터 그림자와 같은 불분명한 영역은 대개 전체 히스토그램의 하위 20% 내에 존재함을 알 수 있었다. 색도와 명도의 분포를 이용하여 멜론 및 사과 그 외의 배경영상을 분할할 수 있었다.

영상 분할된 멜론, 줄기 및 잎에 대하여 멜론 과실의 형상을 추출하기 위하여 형태 기반 및 작업자 교시 정보를 이용한 국부 변형 허프변환 알고리즘을 개발하였다. 멜론의 중심 위치 및 장, 단축의 정보를 추출하는데 있어 처리 속도는 200 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 영상처리 시스템을 이용하여 원하는 대상체의 형상 정보를 추출하는 데 있어 제안한 원격영상처리 인터페이스 및 그에 따른 처리 알고리즘은 비교적 일정한 기하학적 형상을 갖는 대상체가 복잡한 배경영상 및 가변적인 조명 환경 하에 놓여 있는 경우 매우 유용하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 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.
2. Gonzalez, R. C. and R. E. Woods. 1992. *Digital Image Processing*. Addison-Wesley Pub. Co.
3. Harrel, R. C. and R. D. Mumlla and D. C. Slaughter. 1990. Robotic picking of citrus. *Robotica* 8:269-278.
4. Jiménez, A. R. and 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*.
5. 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.
6. Nagata, M. and Y. Gejima and B. P. Shrestha and K. Hiyoshi and K. Ootsu. 2000. Basic study on strawberry harvesting robot (Part I). *Proceeding of the Bio-robotics II*:51-58.