

# 하우스멜론 수확작업을 위한 국부영상처리 알고리즘 개발

## Development of Local Image Processing Algorithm for Harvesting of House Melon

임동혁*	황 헌**	김시찬*	최태현**	조성호**	최 선**
정회원	정회원	정회원			
D. H. Im	H. Hwang	C. H. Kim	T. H. Choi	S. H. Cho	S Choi

### 1. 서론

시설재배에 효율적인 자동화에 대한 많은 연구 활동들이 행해지고 있다. 지금까지 연구된 대부분의 자동제어 시스템은 시설내의 습도, 온도, 이산화탄소 및 질소 등 식물이 성장하는데 필요한 생육환경을 유지하는 요소에 초점을 맞춰 왔다. 몇몇 연구에서 수확작업에 대한 자동화 작업이 행해지고 있지만 그 역시 제한적인 시험조건 하에서만 가능할 뿐이다. 시설재배 작물 중에서도 모양이 예쁘고, 당도가 높은 고품질을 선호하는 소비자의 기호도에 따라 생산자 또한 품종육성과 육묘를 통해 연중 생산이 가능한 멜론을 재배하는 농가가 증가하고 있다. 멜론은 생육 특성상 노지 재배는 비율이 적고 하우스 재배면적과 생산량은 '91년 이후 급격히 증가하고 있다. 1992년 269 ha, 5,768 ton 이던 생산량이 2001년에는 792 ha, 23,068 ton 으로 증가하였고, 2002년 멜론의 수출액은 946,000 달러에 이른다. 이러한 멜론 재배는 육묘에서부터 정식, 유인, 정지, 적심, 적엽, 교배, 적과, 열매 매달기, 수확에 이르기까지의 모든 과정들이 대부분 수작업에 의존되어진다. 또한 하우스 재배는 높은 생산단가로 인해 재배에 많은 비용이 투입된다. 따라서 생산비용을 절감하고 품질향상을 위해서는 자동화된 시설재배가 필요하다. 농업 생산에 적용되는 첨단 자동화기술중 하나인 영상처리 기술에 대해서는 전 세계적으로 활발히 연구가 진행되고 있는 상황이지만 조명의 불균일에 의한 영향이나 배경과 대상체의 구분의 어려움, 작업자가 조작하기 어려운 복잡한 기술 요구 등의 한정적인 성능으로 인해 아직까지는 농산물의 품질판정이나 선별작업에만 이용되고 있는 현실이다. 자동화 시설재배는 대상체의 인식을 포함하는 작업 환경 인식, 적절한 판단 등을 내리기 위해 실시간 정보 처리를 요구한다. 작물 재배에 있어 인력을 대체하려는 많은 연구들이 행해지고 있으나, 완전한 자동화의 형태로 성공된 것은 없다. 본 연구에서는 작업자의 숙련된 지식을 바탕으로 조명을 비롯한 다양한 외부 환경요인들을 무시하고 대상체를 배경으로부터 추출하는데 필요한 영상처리 시간을 줄이면서도 인식성능을 높일 수 있는 국부영상처리 알고리즘을 개발하고자 한다.

---

† 본 연구는 농림수산기술관리센터의 농림기술개발사업 연구과제로 수행되었음.

\* 농업공학연구소 기초기술공학과

\*\* 성균관대학교 바이오메카트로닉스전공

## 2. 재료 및 방법

### 가. 멜론

우리나라의 대표적인 멜론 주산지인 전남 나주 세지면에 있는 한 농가 시설에서 세워 키우기 형태로 재배되고 있는 머스크 멜론을 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 재배되었다.

### 나. 영상처리시스템

영상처리시스템은 그림1과 같이 두 종류의 CCD 카메라를 사용하였다. 상부에 장착된 스테레오비전 카메라는 멜론과의 거리정보를 추출하기 위한 장치이고 하부의 칼라 CCD 카메라가 멜론의 형상정보를 추출하기 위한 것으로 표1에 사양을 표시하였다.

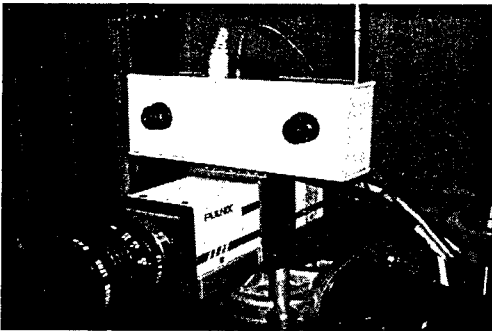


Fig 1. Color & stereo CCD camera

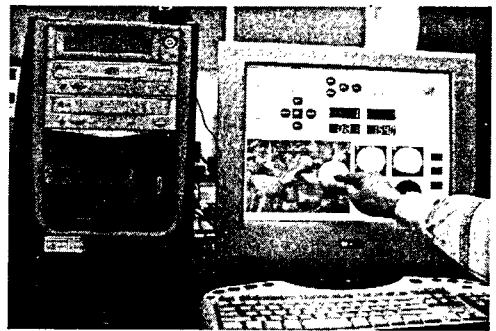


Fig 2. Picture of main program

Table 1. Specification of TMC-7 CCD camera(Pulnix)

Model	TMC-7 Series
Image Device	1/2" CMOS
Pixel Element (WxH)	768(H) x 494(V) square pixel
Dimensions (WxHxD)	42 mm x 32 mm x 133 mm
Video Output	640 x 480 Color RGB, NTSC
Shutter Speed	1/60 sec. ~ 1/10,000 sec.

### 다. 연구방법

멜론의 형상을 추출하기 위한 알고리즘을 개발하기 위해 사전에 영상처리시스템을 사용하여 시설하우스 내에서 획득한 영상을 사용하였다. 그림 2의 터치패드스크린에 구동된 메인 프로그램상에 실제 작업상황과 동일한 영상이 입력되어지면 배경이나 앞들에 의해 가려졌어도 작업자의 시각으로는 확연한 식별이 가능한 멜론의 대략적인 중심부분을 터치하게 된다. 이후 고안된 영상처리 알고리즘의 순서로 국부영역 설정에서부터 H.S.I. 좌표계로의 변환, 영상 향상, 외곽선 추출 및 외곽선 추정을 통해 멜론의 형상정보를 추출하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 가. 국부 영상 처리 대상 영역 설정

멜론 대상체가 처리 영역에 완전히 포함될 수 있도록 화소 범위를 임의로 조정할 수 있지만 본 연구에서는 멜론의 외형 정보 추출을 위해서 작업자가 터치 스크린에 지정하는 교시좌표 점을 중심으로 200 × 200 화소크기로 획득하였다. 획득된 국부 원영상은 그림3과 같다.



Fig 3. local area images Fig 4. Intensity frames(A) Fig 5. Hue frame of melons

#### 나. H.S.I(Hue, Saturation, Intensity) 좌표계 변환

칼라 영상처리시 일반적으로 RGB(빨강, 초록, 파랑)값을 사용하나, 멜론 과실을 제외한 잎이나 줄기들의 색상 및 그늘에 의해 발생하는 음영정보로 인해 확연한 구분이 어렵다. 따라서 인간의 시각 시스템의 색채 감지 특성에 기초한 영상처리를 위해서 HSI(색상, 채도, 밝기)를 사용하였다. 식 1을 사용하여 각각의 값을 산출하였다. 본 연구에서는 세 개의 H. S. I. 프레임중 S 프레임을 제외한 I(그림 4)와 H(그림 5)프레임을 두 단계로 나누어 처리하였다. 편의상 그림 4의 영상을 (A)로 표기하였다. I

$$H = \cos^{-1} \left[ \frac{0.5 \{ (R - G) + (R - B) \}}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right]$$

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

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

Hue 영상으로부터 멜론의 외곽선을 추출하기 위해서 히스토그램 분석을 통해 얻은 경계값 43을 기준으로 이치화를 수행하여 그림 6과 같은 결과를 얻었다. 또, 이 결과값과 I(밝기) 프레임과의 논리연산을 위하여 반전시키는 연산을 수행하였고, 그 결과를 (B)로 표기하고, 그림 7에 나타냈다. 그림 4의 I 프레임으로부터 전체적인 명암값을 낮춰주는 빼기 연산을 수행하였다. 즉, (A)로부터 (B)영상을 화소단위 빼기 연산을 수행하여 그림 8의 결과를 얻었다.



Fig 6. Threshold images



Fig 7. Invert images of H. frame(B).

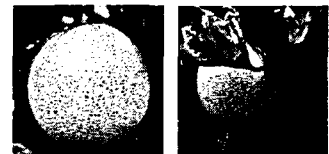


Fig 8. Subtract images of melon(A-B)

다. 영상 향상

획득한 영상으로부터 영상 처리시 발생하는 다양한 종류의 잡음요소들을 감소 또는 제거시켜 원하는 대상체의 명확한 영상을 얻기 위해서  $7 \times 7$  지역 통과 평활화 필터를 사용하여 평활화(Smoothing) 과정을 수행하였다. 또, 평활화된 영상을 경계값 55를 기준으로 이치화시키는 작업을 다시 수행하여 그림 10처럼 영상의 배경중 멜론 개체가 아닌 어두운 부분을 삭제하였다. 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. 이 결과 그림 11에서처럼 앞이나 줄기의 그림자 등에 의해 어둡게 나타났던 잡음요소들은 모두 사라지고 멜론 객체만이 남는다.



Fig 9. Smoothing images  
(Low pass filter  $7 \times 7$ )



Fig 10. Threshold images  
( $T=55$ )



Fig 11. Images after noise reduction

라. 외곽선 추출

수확 작업에 필요한 외곽선 정보를 추출하기 위하여 그림 12의 로버츠 필터를 사용하였고, 획득한 외곽선의 두께를 줄이고자 그림 13처럼 세선화 작업을 수행하였다.

0	0	-1
0	1	0
0	0	0

$G_x$  diff. operator

-1	0	0
0	1	0
0	0	0

$G_y$  diff. operator



Fig 13. Images after Thinning

Fig 12. Roberts filter operator

마. 허프변환(hough transform)을 이용한 외곽선 추정

멜론의 경우 외관형상이 원형으로 방사상 대칭 형태이며, 작업 시기 및 품종에 따라 그 크기도 대체로 일정하다. 따라서 위에서 획득한 영상으로부터 중심점을 산출하고 허프 변환을 사용하여 중심으로부터 반지름을 확장시켜 가면서 구한 원의 방정식들 중 가장 적절한 원의 방정식을 구하여 외곽선을 추출하였다. 허프변환을 이용하여 원형 형태로 추정된 멜론의 외곽선 결과는 그림 14와 같다. 또 이를 원영상과 비교하기 위하여 그림 15처럼 원영상에 추정정보를 표시하였다. 이상의 국부 영상처리 알고리즘을 순서도로 그림 16에 나타냈다.

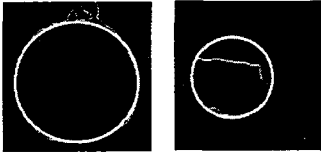


Fig. 14 Results of edge estimation

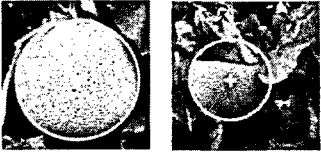


Fig. 15 Result images of melon

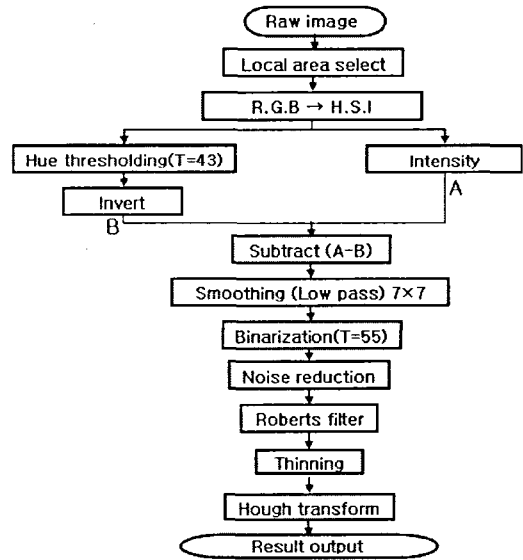


Fig. 16 Flow chart of local image processing

#### 4. 결론

시설 내에서 세워 키우기 형태로 재배되는 머스크 멜론의 수확작업에 필요한 외관 형상정보를 추출하는 영상처리 알고리즘을 개발하였다. 작업자의 교시에 의해 대략적인 멜론의 중심을 선택하면 그 점을 중심으로  $200 \times 200$  화소크기 국부영역을 설정하여 고안된 알고리즘에 의하여 형상정보를 추출하였다. 제안된 알고리즘은 칼라 CCD 카메라를 사용하여 획득한 R.G.B. 정보를 H.S.I 정보로 바꾸어 영상 향상과 외곽선 추출단계를 거쳐 형상 외관정보를 추정하였다. 배경과 대상체를 구분하는데 비교적 간단한 알고리즘을 사용하므로 한 개당 영상처리 시간이 3초 정도 소요되었다. 결과에 나타난 두 가지 경우의 멜론 모두 직경은 2 mm 이내의 오차를 보였다.

#### 5. 참고문헌

1. 김시찬, 2002, 수박의 재배관리 및 수확작업을 위한 다기능 원격 로봇 시스템 개발, 성균관대학교 박사학위논문
2. Dobrousin Y. and Y. Edan. 1992. Real-time image processing for robotic melon harvesting. ASAE Paper No 92-3515.
3. Duda R. D. and P. E. Hart. 1972. Use of Hough transform to detect lines and curves in pictures. Communications ACM 15. 11~15.
4. Bachelor M.M. and S.W. Searcy. 1988. Computer vision determination of the stem/root joint on processing carrots. J. of Eng. Res. 43:259-269.