

자연광 하에서의 딸기영상추출에 관한 연구

Study of Extraction of Strawberry Image under Natural Light Environment

김시찬*
S.C.Kim*

한길수*
K.S.Han*

황 헌**
H.Hwang**

이용범*
Y. B. Lee*

김상철*
S. C. Kim*

임동혁*
D. H. Im*

최홍기*
H. G. Choi*

1. 서론

농업 작업에서의 영상처리 기술은 농산물의 품질 판정, 검사, 수확 작업 등에 다양하게 적용되고 있다. 영상처리 기술은 환경이 영상처리에 적합하도록 조절이 가능한 응용 분야를 중심으로 연구가 수행되고 있다. 그러나 수확, 재배 관리, 사육 관리 등과 같이 자연광하의 현장 작업의 경우는 작업 환경의 가변성에 강건하게 대응할 수 있어야 하므로 그 성공예가 극히 드문 실정이다.

영상처리 시스템은 정보의 처리량이 대단히 크기 때문에 실시간 처리(real-time processing)라는 작업 한계를 극복하기 위해 많은 경우에 있어서 흑백 또는 그레이 스케일영상을 대상으로 하였다. 그러나 이러한 방법은 다양한 영상정보를 활용할 수 없어 단순한 작업에 적용될 수밖에 없었다. 최근 들어 프로세서의 성능이 비약적으로 향상되었고 영상 처리 관련 주변 하드웨어와 소프트웨어의 발전에 힘입어 색상을 이용한 영상처리 기술 적용이 점차 확대되고 있다. 컬러 영상처리는 처리 정보량이 흑백 영상의 3배에 달하나 흑백 영상 처리와 달리 색상 정보를 이용한 정교하고 다양한 처리가 가능하다. 하지만, 색상을 이용한 영상 처리의 경우 적용하는 분야에 따라서 색상 정보의 표현과 광 환경 및 영상획득 장치의 영향에 따른 색상왜곡의 보정 등 해결해야 할 문제들이 산재해 있다.

영상획득 시 광 환경과 개체의 상태, 그리고 주변 환경을 인위적으로 제어할 수 있는 실내 공간과는 달리 작물재배 시설 내 포장 또는 노지포장과 같이 작업 주변 환경이 가변적인 경우 영상처리 과정에 오류가 생기기 쉽다. 이러한 가변적 광 환경에 대한 영상처리 결과의 강건(Robust) 구현 그리고 복잡한 배경 하에서 원하는 개체를 성공적으로 추출하고 인식하는 대부분의 작업에 있어서 현재의 컴퓨터 영상처리 능력은 인간의 시각 인지 능력에 비하여 전반적으로 매우 낙후되어 있는 실정이다. 하지만, 컴퓨터를 이용한 영상처리는 성공적으로 추출한 대상체에 대해서 기하학적 형상 및 위치 정보, 색상 정보 등을 정밀하게 정량화하는 측면에서는 인간의 특징추출 능력을 능가하는 장점이 있다.

본 연구는 딸기 수확 로봇 시스템의 구축에 있어서 수확현장과 동일한 자연광 하에서의 딸기 위치정보 추출 및 수확을 위한 줄기 위치 추출에 관한 기초연구이다.

정보추출을 위해 색도, 채도, 명도와 같은 색상정보와 딸기의 기본 형태를 기반으로 하여 영상처리를 수행하게 하여 광 조건의 변화에 따른 영상의 왜곡 및 그림자 등에 강건한 시스템의 구현이 가능하였으며, 레이저 거리센서 등과의 센서 조합을 통하여 보다 정밀한 정보추출을 시도할 수 있도록 하였다.

본 연구는 2005년도부터 농촌진흥청 농업공학연구소 박사후연수과정지원사업에 의해 이루어진 것임

* 농촌진흥청 농업공학연구소

** 성균관 대학교

2. 재료 및 방법

가. 시스템 개요

그림 1은 연구에 사용된 로봇시스템의 영상획득부 및 센서부에 대한 사진이다. 시스템은 2대의 컬러 카메라(STC-620, Sensor Technologies America, inc), 레이저 거리센서(S80L-Y, DATASENSOR), 프레임 그래버(morphis, Matrox), 컴퓨터(Pentium4, 512Mbyte)로 구성하였다.

2대의 컬러 카메라는 하나의 중심에 정렬하고자 종단 작업장치의 중심위치에서 800mm 전방위치를 향하게 설치하여 스테레오로 딸기영상을 획득할 수 있게 하였으며, 카메라 장치 설정은 자동 조리개 및 자동 백색 보정을 사용하였고, 레이저 거리 센서의 목표점도 같은 위치를 향하게 설치하여 최종적인 깊이방향의 거리를 정밀하게 측정할 수 있게 하였다.

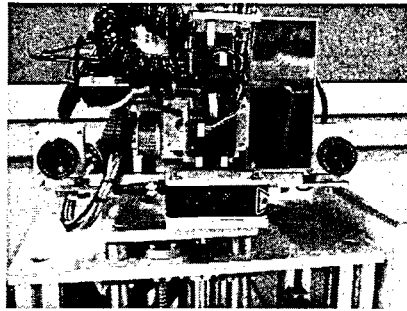


Fig. 1 Figure of stereo CCD camera and laser sensor system.

나. 딸기 영상추출 알고리즘

(1) 공시 재료 및 영상 획득

실험 대상 품명은 장화(아끼히메)를 대상으로 하였으며, 실제 시설재배 환경 하에서 영상획득을 오전 8시, 12시 오후 4시를 기준으로 다양한 광 각도에서 10회씩 수행하였다.

(2) 딸기의 영상 추출

가) 전처리

광환경의 밝기 변화에 대하여 색도 및 채도의 변화가 적음을 착안하여 본 연구에서는 색도, 채도 및 명도정보를 활용한 영상처리를 수행하기 위하여 RGB 영상을 HSI영상으로 변환하였다. 먼저 대상체의 경계를 유지하면서 잡음과 같은 작은 반점을 제거하기 위하여 7×7의 정방형 커널(kernel)에 대하여 공간 필터인 미디언 필터링을 수행한 후 RGB 영상을 HSI영상으로 변환하였다.

나) 영상분할

딸기 재배 환경에 대한 영상을 색상 계열로 나누면 완숙 딸기의 경우 적색계열이며, 미숙 딸기는 미색 및 옅은 녹색계열이며, 잎, 줄기 등은 녹색 계열, 배경 등은 다양한 색상을 갖고 있으나 완숙딸기를 제외하고 대부분의 배경은 채도가 낮다. 그리고 딸기의 2차원적인 외형은 종류에 따라 원형 또는 역삼각 타원형으로 나타나며, 줄기의 경우는 직선의 형태를 갖는다. 딸기를 배경으로부터 안정되게 분할하는 알고리즘을 개발하기 위해서 색상 특성, 명암 특성 그리고 형태 특성을 고려하였다. 딸기 및 잎, 줄기 계열과 배경을 색상 특성을 이용하여 분할하기 위하여 획득한 색도 영상에 대해서 대역 이치화(bandwidth thresholding)를 수행하였다. 그리고 보다 강건한 영상분할을 수행하기 위하여 채도 정보에

대한 이치화를 수행하였다. 색도, 채도 특성에 의해 이치화된 각 영상에 대하여 논리곱 연산을 수행하여 배경 및 잎, 줄기, 미숙 딸기와 완숙딸기를 분할하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 딸기의 영상 추출

(1) 전처리

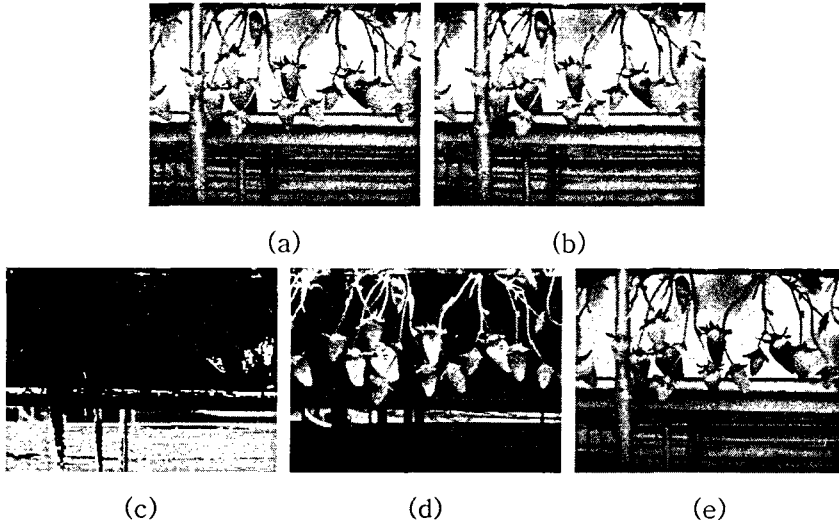


Fig. 3 Images of RGB and HSI

전처리를 위해 획득한 영상을 먼저 미디언 필터링(7x7)을 수행하여 딸기의 외형 손실 없이 영상잡음을 제거한 후 각 화소의 RGB값을 HSI 컬러 모델로 변환하였다. 이 때 색도의 경우 0~360°로 표현되므로 이것을 회색조 영상으로 변환하여 그림 4의 (c)와 같은 결과를 얻었으며, 채도의 경우 0~1로 표현되므로 이것도 회색조 영상으로 변환하였다. 그림 3의 (a)는 원영상, (b)는 미디언 필터링 후 영상, (c)는 색도, (d)는 채도, (e)는 명도에 대한 결과이다.

(2) 영상 분할

그림 4의 (a)는 색도 영상에 대해서 구간 이치화한 결과 영상이다. 색도에 대하여 20~60 구간 즉 적색구간을 백색으로, 그 외의 구간을 흑색으로 표현하였다. 이 영상을 통하여 원 영상에서 잎, 배경의 일부와 같은 색도 계열이 제거되었음을 알 수 있다.

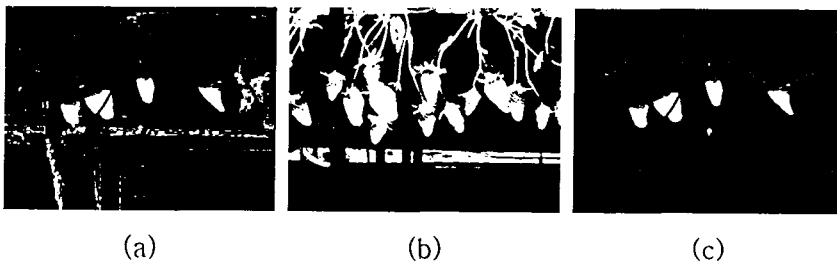


Fig. 4 Result images of segmentation and logical AND

채도에 대한 이치화는 그림 4의 (b)와 같이 전체 히스토그램 분포에 대하여 70을 기준으로 흑백으로 표현하였으며, 결과 영상을 통하여 딸기와 잎 그리고 배경의 일부를 제외하고 대부분이 제거되었음을 알 수 있다. 그림 4의 (a)와 (b)의 영상을 통하여 완숙 딸기는 양쪽영상에 모두 백색으로 나타남을 알 수 있다. 그러므로 딸기 영상을 추출하기 위해서 두 영상에 대하여 논리곱을 수행하여 그림 4의 (c)와 같은 결과를 얻었다. 이 결과 영상에서 완숙딸기가 완전하게 분리되었음을 알 수 있었다.

나. 영상추출 결과

실제 시설재배 환경 하에서 오전 8시, 12시 오후 4시를 기준으로 다양한 광 각도에서 10화씩 획득한 영상에 대하여 완숙 딸기를 추출한 결과 100% 추출 하였으나 그림 4의 (c)의 좌에서 두 번째 딸기와 같이 줄기가 딸기 앞쪽을 가로지를 경우 두 개의 딸기로 인식할 가능성이 높다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 생산 현장에 적용될 수 있는 딸기 수확 로봇 시스템에 있어서 가변성이 있는 광 환경 하에서 영상처리를 이용한 실시간 특징추출 기능과 특징추출의 안정성을 부여하고자 색상기반, 형태기반의 딸기의 영상추출 알고리즘을 개발하였으며 그 결과는 다음과 같다.

영상의 배경에 복합 요소가 혼재하고 가변성을 갖는 광 환경 하에서 딸기의 영상 분할을 수행하기 위하여 색도 및 채도정보를 분석하였다. 그 결과 색상정보로부터 잎, 줄기, 미숙과 등은 수박과 색도가 현격한 차이를 나타냈으며, 배경 및 그림자의 경우 채도값이 상대적으로 많이 낮음을 알 수 있었다. 색도와 채도의 분포를 이용하여 완숙 딸기와 잎 및 그 외 배경영상을 분할할 수 있었다.

완숙 딸기의 영상 추출하는데 처리 속도가 80 msec 이하로 나타났으며, 다양한 영상 획득 시간대와 광 조사 방향의 변화를 갖는 영상에 대하여 100%의 인식률을 보였다. 그러나 딸기가 잎에 가려진 경우는 문제가 없었으나 줄기가 딸기 앞을 가로지를 경우 하나의 딸기가 복수개로 인식되는 문제점을 발생하였다. 이러한 문제는 형태기반 영상처리를 수행함으로써 해결될 수 있을 것이다.

본 연구의 결과에서 제안한 영상처리 알고리즘은 복잡한 배경영상 및 가변적인 광 환경 하에서 영상처리를 이용하여 형상정보를 추출하는 경우 비교적 일정한 기하학적 형상을 갖는 대상체에 대하여 유용하게 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. Gonzalez R.C. and Woods R.E. 1992. Digital Image Processing. Addison-Wesley Pub. Co.
2. Lee C.H. and Hwang H. 1996. Development of Robust Feature Recognition and Extraction Algorithm for Dried Oak Mushrooms. Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery 21(3):pp.325-335.
3. Nagata M. and Gejima Y. and Shrestha B.P. and Hiyoshi K. and Ootsu K. 2000. Basic Study on Strawberry Harvesting Robot(Part I). Proceeding of the Bio-robotics II, pp.51-58
4. Kim S.C. and Hwang H. 2004 원격 로봇장업을 위한 실시간 수박 형상 추출 알고리즘. Journal of Biosystems Engineering 29(1):pp.71-78