

색 변환 및 형태학적 필터를 이용한 사과나무에서의 사과 인식에 관한 기초 연구

Recognition of Apples in a Tree using Color Transformation and Morphological Filter

이수희* 노상하* 홍재성**
 정회원

S. H. Lee S. H. Noh J. S. Hong

1. 서론

재배 분야에서 사과나무에 대한 각종 정보(사과 개수, 엽면적, 수고, 수폭 등)를 획득하는 작업은 현재까지 사람에 의해 수작업으로 진행하여 왔으며 이는 많은 인력과 시간이 소요되는 작업이다. 따라서 사과나무에 대한 각종 정보를 손쉽게 획득하기 위한 새로운 방법이 요구되고 있으며 디지털 영상획득 장치는 이에 대한 대안으로 제시될 수 있다. 한편 재배 분야에서는 사진영상으로 엽면적, 체적과 같은 3차원적인 데이터를 계산할 수 있는 회귀식이 개발된 바 있으며 이와 같은 통계적인 수식을 이용할 경우 2차원적인 사진 영상으로부터 정보의 획득이 용이해진다.

최근 전자산업의 발달로 디지털 카메라 보급이 확산되고 있으며 이를 이용할 경우 포장에서 획득한 영상을 인화 또는 스캐닝 작업이 필요 없이 바로 디지털 영상 파일로 만들 수 있다. 만들어진 영상파일은 전문가에게 보내져서 재배에 필요한 자문을 구할 수 있게 되며, 앞으로 통신 분야가 발전하게 된다면 보다 빨리 전문적인 지식을 획득할 수 있게 될 것이다.

본 연구는 디지털 카메라를 사용하여 포장에서 사과나무 영상을 획득하고 이로부터 나무에 대한 유용한 정보를 얻는 프로그램을 개발하기 위한 목적으로 수행되었으며, 나무에 대한 각종 정보 중에서 사과를 인식하는 알고리즘을 개발하고자 하였다. 구체적인 연구목적은 다음과 같다.

1. 사과나무 영상으로부터 사과를 추출하기 위한 색 변환 및 판별함수를 개발
2. 형태학적 필터를 이용하여 사과를 인식하는 알고리즘 개발
3. 사과 개수를 측정하고 인식 알고리즘의 정확도를 분석

2. 재료 및 방법

가. 분석장치

사과나무 영상은 과수원에서 재배중인 수확기의 사과나무를 대상으로 획득하였다. 영상

* 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부

** 원예연구소 과수재배과

획득에는 디지털카메라(EOS.DCS1, Kodak)를 사용하였으며 이 카메라는 약 1,000×1,500의 해상도와 24 비트 컬러를 제공한다. 본 연구에서는 4장의 전체 사과나무 영상(흐린날 촬영)과 날씨에 따른 5장의 영상을 분석하였다. 영상분석 및 프로그램 개발에는 전용 소프트웨어(Image-Pro, Ver 3.0)를 사용하였으며 여기서 제공하는 라이브러리 함수들을 비주얼 C++(Ver 4.2, Microsoft)환경에서 링크시켜 프로그램을 개발하였다. <Fig. 1.>은 획득한 영상을 보여주고 있다.

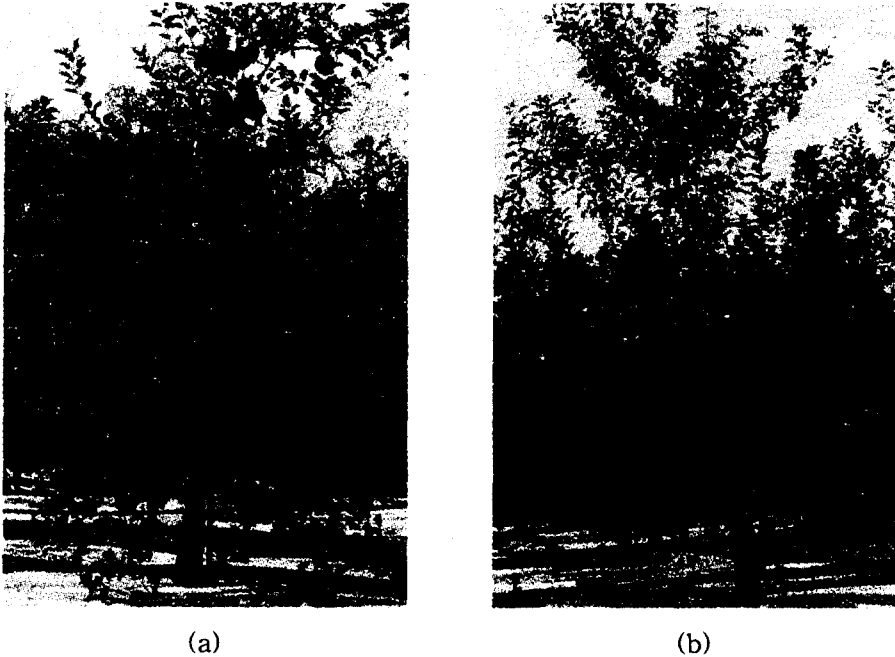


Fig. 1. Field Images of Apple Trees obtained by Digital Camera

나. 색 변환과 판별함수를 이용한 사과 추출

사과를 인식하기 위해서는 무엇보다도 사과나무에서 배경과 잎/줄기를 제거한 사과만의 영상을 만드는 것이 필요하다. 하지만 <그림 1>에서 보는 바와 같이 사과나무 영상은 매우 복잡한 형상을 하고 있으며 각 화소에 대한 색 데이터 또한 태양광의 상태에 따라 각기 다르게 나타난다. 이처럼 다양한 자연광 상태에서 사과를 인식하기 위해서는 날씨에 따라 사과, 잎 등이 어떠한 색으로 나타나는지를 조사할 필요가 있다. 본 연구에서는 이에 대하여 맑음, 흐림, 일몰로 구분하여 사과와 잎의 색 데이터를 조사하였다. 이 때 영상에서의 RGB 값을 조사하기보다는 색 변환을 수행하여 $L^*a^*b^*$ 값을 대상으로 각기 다른 자연광 상태에서 사과와 잎의 색이 어떠한 값을 갖는지를 조사하였다.

한편 본 연구에서는 획득한 영상의 부족으로 흐린 날에 획득한 사과나무 전체 영상에 대해서만 사과 인식 알고리즘을 개발하고자 하였다. 앞서 $L^*a^*b^*$ 값으로 변환된 영상에 대해서

사과 추출을 위하여 선형판별함수를 사용하여 사과를 추출하고자 하였다. 사용한 선형판별식은 명암 정보를 제외한 a^* , b^* 두 인자를 변수로 하는 모델로 하였으며 사과와 잎 데이터는 $L^*a^*b^*$ 로 변환된 영상에 대해서 10×10 영상 영역의 평균값 각각 20개씩 총 40개의 데이터를 사용하여 판별함수를 개발하고자 하였다. 판별함수 개발에는 SAS의 Proc Discrim을 사용하였다.

다. 사과 인식 알고리즘 개발

본 논문에서는 인식 알고리즘을 개발하기 위하여 전체 영상보다는 사과가 매달린 상태에 따라 4가지의 패턴으로 구분하고 각각에 대한 인식정도를 알아보하고자 하였다. 전체 사과나무 영상에 있어서 개체상태(패턴1, <그림 2(a)>), 일부가 가려진 것(패턴2, <그림 2(b)>), 모여 있는 것(패턴3, <그림 2(c)>), 복합적인 것(패턴4, <그림 2(d)>)의 4가지 패턴으로 나누었다. 개체상태는 잎이나 줄기에 가리지 않으면서 독립적으로 떨어진 것으로 하였으며, 모여 있는 것은 여러 개의 사과가 군집을 이룬 것으로 잎에 가리지 않은 것으로 하였다. 또한 일부가 가려진 것은 잎 등에 의해 일부 가려져서 숨어있는 상태에 있는 것으로 하였으며, 복합적인 것은 모여 있으면서 잎에 가려진 것으로 하였다. 본 연구에서는 4장의 분석 영상으로부터 패턴별로 20개씩 총 80개의 테스트용 이미지(160×160)를 만들었으며 <Fig 2.>는 대표적인 패턴을 보여주고 있다.

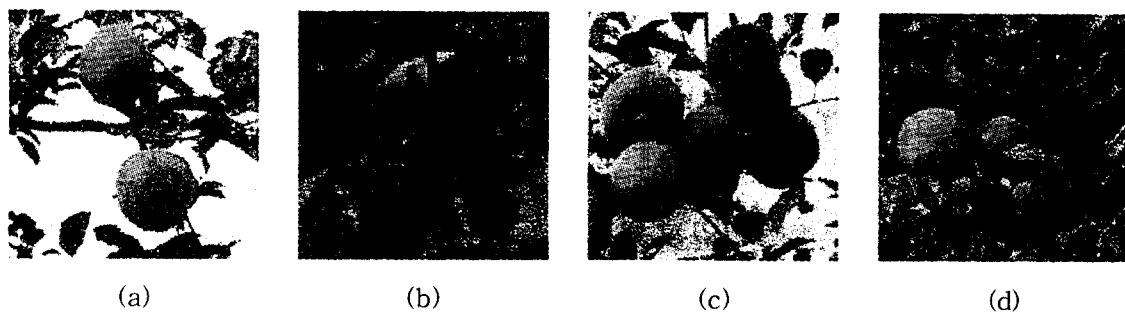


Fig. 2. Various Pattern Images of Apple

사과를 인식하기 위해서는 사과나무 영상에서 사과 영상만을 추출한 후 각종 불필요한 영역들을 제거하고 분리 작업이 필요하다. 본 연구에서는 이를 위하여 각종 형태학적 필터(Morphological Filter)들을 사용하였다. 사용한 형태학적 필터로는 Erode, Open, Watershed 필터였으며 마스크는 5×5 크기의 원형 마스크를 사용하였다.

각 패턴별로 인식하는 알고리즘을 다음과 같이 개발하였다. 먼저 개체상태인 패턴1과 패턴 2에 대해서는 $L^*a^*b^*$ 색 변환을 수행한 후 개발된 판별함수를 이용하여 전체 이미지에서 사과만을 추출하였다. 이렇게 추출된 영상에는 사과 주위에 잎, 줄기에 해당하는 화소가 포함되어 있으므로 이들을 제거하기 위하여 Open 필터를 사용한 후 Erode 필터를 사용하여 연결성분을 제거하였다. 이어서 체인 코딩을 수행하여 개체의 면적을 측정한 후 면적이 200

화소 이상인 것은 개체사과로 50~200화소의 범위에 있는 것은 가려진 사과로 판정하였다.

한편 군집을 이룬 사과에 대해서는 앞서의 절차를 이용하면서 Erode 필터를 사용한 후 Watershed 필터를 사용하여 붙어 있는 개체를 분리시킨 후 체인코딩을 수행하였다. 이어서 면적을 측정하였으며 모여 있는 사과에서는 200 화소 이상인 것을 사과로, 복잡한 상태의 사과에 대해서는 100 화소 이상의 면적을 갖는 것을 사과로 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 자연광 상태에 따른 L*a*b* 분포

획득한 영상 중에서 날씨에 따라서 맑음, 일몰, 흐림으로 나누고 각각을 대표하는 영상에 대해서 L*a*b* 값을 조사한 결과 <표 1>과 같이 나타났다. 먼저 맑은 날에 있어서 L* 값은 사과의 경우 44.8, 잎은 43.1의 평균값으로 큰 차이가 없음을 보여주었으나, a*와 b* 값에서는 사과와 잎에 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 이 결과는 사과만을 추출하기 위하여 a*, b*와 같은 색 정보를 이용할 경우 충분히 가능하다는 것을 의미한다. 이와 같은 특성은 흐린 날씨에 대해서도 유사한 특성을 보여주었다. 한편 일몰에 있어서는 잎의 a*값이 다소 높은 것을 볼 수 있는 데 이것은 태양광이 비쳐서 나타난 것이며, 사과의 b* 값에 대한 표준편차가 큰 것은 그림자 영역에 의한 것이다. 결국 색 변환에 의한 사과 추출은 충분히 가능할 것으로 판단되며 앞으로 다양한 상태의 날씨에서 영상을 획득하고 사과와 잎의 색 변화를 조사한다면 자연광 상태에서 사과 추출이 충분히 가능하리라 생각하였다.

Table 1. Statistics about Apple and Leaf Color Avg.(Std.)

Condition		L*	a*	b*
Fine	Apple	44.8(11.3)	27.3(6.2)	20.2(8.8)
	Leaf	43.1(11.9)	6.2(2.7)	7.6(5.6)
Sunset	Apple	36.5(16.7)	23.8(8.4)	18(15.8)
	Leaf	17.2(7.7)	11.8(1.3)	-1.8(5.2)
Cloudy	Apple	42.3(7.7)	30.7(6.3)	19.3(6.2)
	Leaf	41.2(10.8)	7.4(4.3)	6.0(4.5)

나. 사과 추출을 위한 판별함수 개발

흐린 날에 획득한 4장의 영상에서 총 40개의 a*, b* 데이터를 사용하여 사과 추출을 위한 선형판별함수를 개발하였다. 개발된 판별함수는 식(1)과 같았으며 총 40개의 데이터에 대하여 1개의 오분류를 보여주어 97.5 %의 정확도를 보여주었다.

$$\begin{aligned}
 \text{apple} &= -345.41 + 2.96a^* + 2.53b^* && \dots\dots\dots (1) \\
 \text{leaf} &= -252.03 + 2.35a^* + 2.33b^*
 \end{aligned}$$

다. 개체상태의 사과 인식 결과

먼저 인식이 비교적 용이한 개체상태의 사과(패턴1)와 일부가 가려진 상태의 사과(패턴 2)에 대한 인식 알고리즘을 적용하였다. <그림 3>은 각 단계별 처리 결과로 나타난 영상으로서 적용한 형태학적 필터들이 매우 유용함을 확인할 수 있었다.

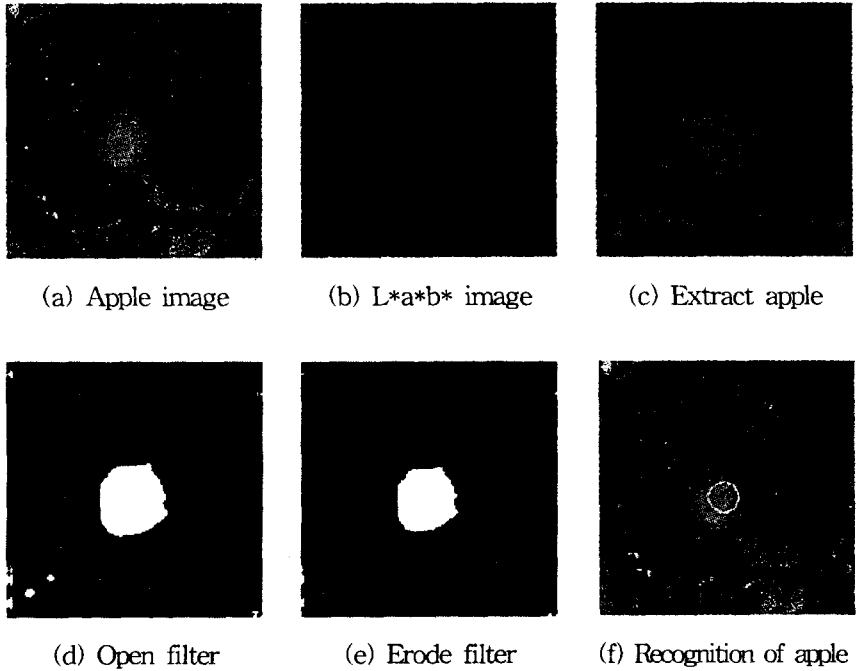


Fig. 3. Result of Recognition of Apples

<표 2>는 개체상태의 사과에 대해서 인식 알고리즘을 적용한 결과로서 개체상태의 사과에 대해서는 20개의 사과를 정확하게 인식하는 것으로 나타났으나 앞에 가려진 사과에 대해서는 4개의 사과 영상에서 오류를 보여주어 80 %의 인식률을 보여주었다. 인식하지 못하는 경우는 앞이 사과의 중심부위를 가린 경우로 Erode 필터 적용시에 사과 화소가 수축되어 면적을 측정했을 때 문턱값 이하로 나타났기 때문이었다.

Table 2. Result of Recognition of Apples (isolated, occluded)

Item	No. of Apple	No. of Recognized	Accuracy(%)
Isolated	20	20	100
Occluded	20	16	80

라. 군집상태의 사과 인식 결과

군집을 이룬 상태의 사과는 앞에 가리지 않으면서 모여있는 것(패턴 3)과 복잡한 상태로 군집을 이룬 것(패턴 4)로 구분하였는데 앞서 언급한 인식 알고리즘을 적용한 결과 <표 3>의 결과를 보여주었다. 먼저 패턴 3에 대해서는 모여 있는 것 중에서 12개의 경우 실제 사과의 개수보다도 적게 사과를 인식하였으며 3개의 경우 실제보다 많이 있는 것으로 인식하였다. 그리고 패턴 4에 대해서는 11개의 영상에서 실제보다 적게, 4개의 영상에서 실제보다 많이 사과를 인식하였다. 이처럼 군집을 이룬 경우 사과의 개수 인식에 어느 정도의 오차를 보여주었는데 사과의 개수를 적게 인식한 경우는 군집을 이루었다고 하더라도 사과가 포도처럼 모여있어서 watershed 필터에 의한 개체별 분리에 실패했기 때문이며, 실제보다 많은 것으로 인식한 경우는 줄기에 의해 하나의 사과를 분리시키는 현상이 발생했기 때문이었다. 한편 측정된 사과의 개수를 비교해보면 평균적으로 2개 이내의 오차를 갖는 것으로 나타났다. 앞으로 이에 대해서는 모여 있는 형태에 대한 전처리를 수행한 후 인식하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

Table 3. Result of Recognition of Apples (clustered, complicated)

Pattern	No. of Error Images	
Clustered	Underestimate	12
	Overestimate	3
Complicated	Underestimate	11
	Overestimate	4

4. 요약 및 결론

본 연구는 디지털 카메라로 자연광 상태에서의 사과나무 영상을 획득하고 획득된 디지털 영상에서 사과를 인식하기 위한 알고리즘을 개발할 목적으로 수행되었다. 나무 영상에서 $L^*a^*b^*$ 색 변환을 수행한 후 사과만을 추출하기 위하여 선형판별함수를 개발하였으며 나무에 매달린 상태에 따라 4가지 패턴으로 나누고, 각종 형태학적 필터링을 수행한 후 체인코딩을 사용하여 사과를 인식하는 방법을 개발하였다.

5. 참고문헌

1. Molto, E., F. Pla and F. Juste, 1992, Vision Systems for the Location of Citrus Fruit in a Tree Canopy, , J. agric. Eng. Vol. 52, 101-110
2. 孫明, 高橋照夫, 戶次英二, 1997, 畫像處理による收穫時のりんご果實の識別-りんご園の果實畫像に對する2値化處理, 日本農業機械學會誌 59(4):53-60
3. 張樹槐, 高橋照夫, 福地博, 寺尾日出男, 1996, 果樹園作業の自動化に關する研究-パターン認識によるりんごの檢出, 日本農業機械學會誌 58(1):9-16