

# 칼라 영상처리에 의한 과일분류시스템

## (Classification system of fruits by color image processing)

최연호\* · 부기동\*\* · 구본호\*\*\*  
(Youn-Ho Choi · Ki-Dong Bu · Bon-Ho Koo)

**요약** 일반적으로 농산물의 품질은 무게나 크기 등을 직접 측정하여 판정하거나 간접 또는 비파괴 방법을 이용하여 판정하게 된다. 본 논문에서는 비파괴를 이용한 판정방법인 칼라 영상처리를 이용하여 농산물의 품질과 등급을 결정하는 알고리즘을 개발하여, 이를 실시간 분류시스템에 적용하였다. 개발된 시스템은 꺾은 크기과 색상을 칼라 영상처리 하여 초당 최대 6개를 실시간 분류 할 수 있는 성능을 가지고 있다. 또한 다른 농산물의 품질판정을 위한 제어를 설계할 경우에도 본 논문에서 개발한 알고리즘이 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** In general, the quality of agricultural products is determined by direct measurement of a weight or a magnitude, and it is determined by indirect or non-destructive method. In this paper, using color image processing, the algorithm to determine its quality and grading is presented. And the algorithm is applied to real-time citrus classifier. In the system, the size and color of orange are measured by not the sight of human but the digital image processing. The citrus classification system has the real-time maximum classification capacity of six quantity per one second. The system can be applied to controller design for the quality classification of another agricultural products.

### 1. 서론

과일의 품질판정에는 색, 크기 등의 시각적인 판단에 의한 외부적인 방법을 사용할 수도 있고, 단맛, 신맛 등의 미각에 의한 내부적인 방법을 사용할 수도 있다. 그러나 지금까지 이러한 판정은 인간의 판단에 의한 전수검사보다는 표본검사에 의존해 왔다. 한편 내부적인 품질판정에 있어서는 물리적으로 파괴되어야 하므로 한번의 검사에만 사용될 수밖에 없는 단점이 있었다. 이러한 이유로 최근에는 개체 전체의 내·외부 품질판정에 있어서 비파괴 방법이 연구되고 있다. 따라서 수분, 단백질, 지질, 당산도 등 내부 성분분석에는 근적외선 분광법을 이용한 비파괴 검사에 대한 연구가 진행되고 있고, 이와 병행하여 외부판정에는 CCD카메라를 이용한 색상과 크기 및 기타 품질을 판정하기 위한 방법이 연구되고 있다[1,2,4]. 그리고 과일의 내부 결함이나 공동판정에는 X선 CT 스캔법이 있으며, 핵자기

공명법(MRI)은 청과물의 완숙도 및 내부상태를 판정하는 목적으로 사용되고 있다. 또한 음파 및 초음파는 청과물의 경도 및 조직구조를 판정하는데 활용되고 있다[5,6].

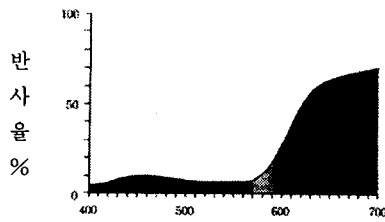
한편, 사과와 같은 과일의 색상 판정과 크기 구분을 위한 시스템은 이미 개발되어 있으며, 또한 개선을 위해 연구 중에 있다. 그러나 본 논문에서는 처리 물량면에서 보다 고속화가 요구되는 과일인 귤의 크기 및 색상판정을 하기 위하여 칼라 영상처리 프로그램 및 알고리즘을 개발하여 이를 실시간 분류시스템에 적용하기 위한 것이다.

귤의 외부적인 품질판정은 CCD카메라를 이용하여 얻어진 화상정보를 분석하여 이루어진다. 컨베이어 벨트 위에서 움직이는 귤은 위치 감지신호에 의해서 카메라의 정지 영상으로 입력되는데, 카메라에 입력된 귤의 영상에서 색 성분을 추출하여 배경과 귤로 구분하여 귤의 크기를 측정하는 연산을 수행한다. 또한 귤의 주요 색 성분인 적색과 녹색을 이용하여 귤의 색상 분포도를 검사하고 숙성 정도를 검출한다. 일반적으로 과일은 <그림 1>과 같은 분광 반사율을 가진다[7]. 이러한 색 분포 정보는 과일의 영상과 배경을 구분하기 위한 기본 정보로 사용될 수 있다. 따라

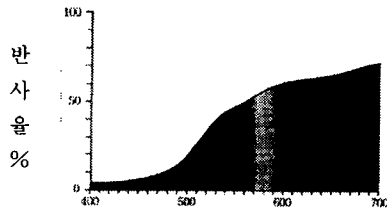
\* 경북대학교 전자전기공학부  
\*\* 경일대학교 컴퓨터공학과  
\*\*\* 경일대학교 제어계측공학과

서 과일과 배경간의 색 변화는 경계구분을 나타내는 정보가 된다.

영상은 굴의 외형과 주변조명의 세기와 각도에 대해 영향을 받으므로 먼저 조명의 세기와 각도를 일정하게 유지하도록 하고 카메라에 잡힌 화상이 언제나 일정한 조명에 노출될 수 있도록 구성한다. 태양광과 형광등의 분광 분포도는 <그림 2>와 같이 나타나므로 카메라의 영상에 나타나는 색상을 사람이 인지하는 색상과 유사하도록 하기 위해 파장이 태양광과 비슷한 조건인 형광등을 본 논문에서는 조명장치로써 사용하였다[7].



a) 사과 의 반사 파장

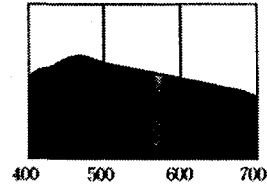


b) 레몬의 반사 파장

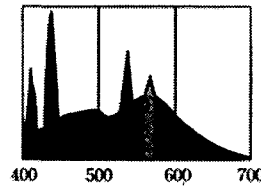
<그림 1> 과일의 분광반사율

## 2 영상데이터의 구성

사용된 카메라의 영상은 초당 30프레임의 화상을 구성할 수 있는데 한 프레임이 두 개의 필드 단위로 구성되어 있다. 두 개의 필드가 비휘 주사방식으로 표현되는 영상데이터는 저속 이동체 또는 정지된 물체에 대해서는 원래 물체의 특성을 그대로 나타내 줄 수 있지만, 고속으로 이동하는 물체에 대해서는 두 개의 필드를 획득하는 시간차에 의해 한 프레임의 영상데이터는 마치 두 개의 물체가 겹쳐서 존재하는 식으로 표시된다. 그러므로 획득된 한 프레임의 영상 데이터에서 물체의 원래 크기를 인식하기 위해서는 프레임 단위에 잡힌 영상 데이터를 연산하지 않고 필드 단위로 잡힌 영상 데이터를 연산에 이용하여 계산을 빠르



파장(nm)  
a) 태양광 조명



파장(nm)  
b) 형광등 조명

<그림 2> 광원의 분광분포도

고 간단하게 하여 처리속도를 높인다. 하나의 필드에 표현된 데이터는 1/60초의 시간차에서 생기는 영상 데이터의 차이는 극복할 수 있지만 이동체의 속도가 1/60초보다 빠르게 이동 할 때는 셔터의 열린 시간동안 이동하는 물체의 데이터가 인식되므로 하나의 필드 내에서 데이터의 변질 현상이 나타난다[3]. 이러한 문제점은 셔터의 속도를 증가함으로써 순간적인 데이터의 획득이 가능해지므로 실제 물체의 데이터를 얻기에 유리하다. 원시데이터의 획득은 이러한 기계, 전자적인 한계를 극복함으로써 이루어질 수 있다. 이렇게 해서 얻어진 원시데이터를 적절히 가공함으로써 영상 데이터 내에서 원하는 물체 성분을 찾아낼 수 있고 또한 특성을 표현하는 데이터를 추출할 수 있다.

카메라의 데이터 측정시간은 과일 이동장비의 움직이는 속도와 카메라의 화면구성속도 그리고 제어루프의 길이에 따라 영향을 받으므로 이를 고려하여 색상 판정시스템을 설계한다. 과일간의 거리를 120mm라고 하고 초당 6개의 이동속도를 가진다면 컨베이어는 720mm/sec의 속도로 움직여야한다. 이 속도는 1초에 60필드를 구성하는 카메라와 비교해보면 한 필드를 구성하는 동안 12mm를 이동함을 알 수 있다. 그러므로 한 필드를 이동할 때 1mm이상의 오차가 발생하지 않기 위해서는 카메라의 셔터는 1/1000sec로 동작하도록 설정되어야한다.

### 3. 획득된 영상의 분해능

카메라에 의해서 얻어진 영상은 데이터 처리 시간을 줄이기 위해 영상을 <그림 3>과 같이 x축과 y축을 4:1로 축소하여 처리한다. 이렇게 축소된 영상의 분해능은 영상데이터의 크기에 의해 계산된다. 카메라에 의해서 얻어진 전체 영상은 640x480의 크기를 가진다. 이 영상은 4:1 샘플링에 의해 160x120의 축소된 크기로 영상처리에 이용하므로 전체 영상에 지름 100mm의 파일이 위치해 있다고 하면 120화소가 100mm의 길이에 대응된다.

그러므로 1mm는 1.2화소를 차지하게 된다. 그러므로 인지된 영상은 1화소가 1/1.2 mm의 길이를 표현하게 되고 일반적으로 식 (1)과 같이 계산된다.

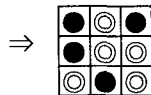
$$P = \frac{\text{Min}(y, x)}{N} \times R \text{ (mm/pixel)}$$

$P$ : 화소당 단위길이  
 $x, y$ : 영상의 가로, 세로 pixel 수 (1)  
 $N$ : 축소비율  
 $R$ : 화면에 구성되는 파일의 최대지름

### 4. 파일 영상의 경계 검출 방법

경계선 검출기능은 일종의 명암단계의 차를  
 $X \rightarrow$   
 $Y \downarrow$

●	e	e	e	⊙	e	e	e	●	e	e	e
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
●	e	e	e	⊙	e	e	e	⊙	e	e	e
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
⊙	e	e	e	●	e	e	e	⊙	e	e	e
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e
x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x



<그림 3> 영상데이터의 축소

강조한 것이다. 경계선 검출은 이미지의 분석에서 가장 중요한 첫 번째 단계로서 이 경우 가장 쉬운 접근은 디지털 이미지에서 불연속적인 정보를 검출하는 방법을 찾는 것이다.

에지는 상대적으로 구분되는 그레이레벨들을 가진 두 영역들 사이의 경계이다. 즉 그레이레벨이 상대적으로 급격하게 변하는 영역들을 찾는다. 이를 위해서는 그레이레벨들의 변화율을 나타내는 미분을 고려하여야 한다. 1차 미분은 낮은 곳으로부터 높은 곳으로의 천이에서 양의 값, 반대로 높은 곳에서 낮은 곳으로의 음의 값, 그리고 나머지에서 0이 되므로, 1차 미분의 절대값은 그 자체로 에지 검출기가 된다.

함수  $f(x, y)$ 에 대한 기울기는 다음 식 (2)와 같이 정의된다.

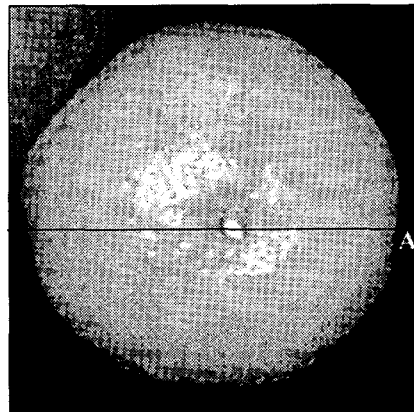
$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (2)$$

기울기의 크기(절대값)에 대한 식은 다음과 같이 얻을 수 있다.

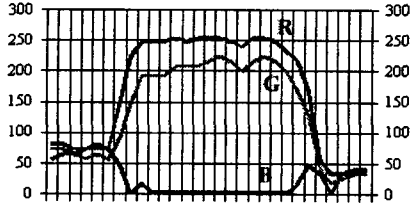
$$|\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (3)$$

기울기 벡터의 방향은 다음과 같다.

$$\alpha(X, Y) = \tan^{-1} \left[ \frac{G_x}{G_y} \right] \quad (4)$$



a) 원영상

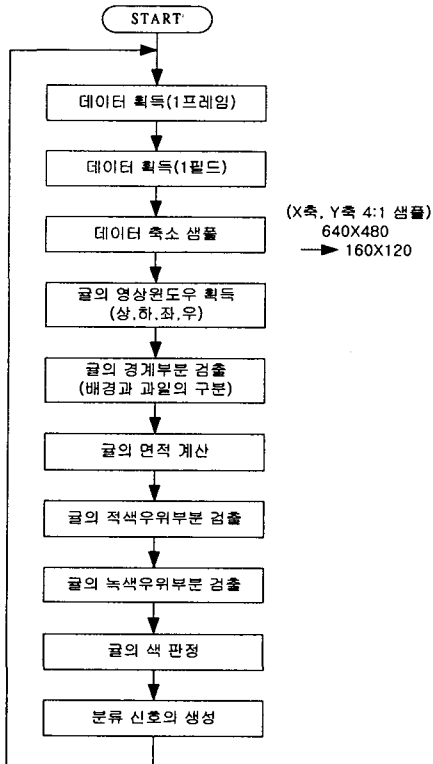


b) A선상에서의 각 화소들의 RGB 값

<그림 4> 카메라에 입력된 영상

이들 연산자를 적용하기 위해서는 함수  $f(x, y)$ 는 미분 가능한 단허진 형태의 수식이어야 한다. 이렇게 되면 명확하게 이미지의 명도를 표현하는 상수 데이터의 배열에 대해 편미분 연산자를 적용할 수 있다.

칼라 영상에서는 <그림 4>와 같이 하나의 점마다 Red, Green, Yellow 각각의 성분들이 그레이레벨을 가지므로 배경과 물체의 경계는 색 성분의 레벨값의 조합으로 구성하여 경계값을 구분할 수 있다.



<그림 5> 과일 분류 알고리즘

### 5. 과일 분류 알고리즘

본 논문에서 제안한 과일 분류 알고리즘은 그림 5와 같다.

### 6. 과일 윈도우의 획득

먼저 과일영상을 포함하는 최소의 창을 얻기 위하여 경계검출방법을 이용하여 <그림 6>과 같이 과일영상의 상, 하, 좌, 우의 점을 검출하여 이 점들로부터 과일을 둘러싼 최소의 창을 표현하는 2개의 점을 얻을 수 있다.

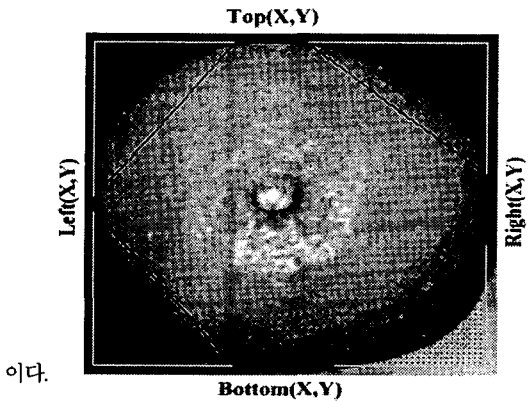
과일을 둘러싸는 윈도우가 형성이 되면 끝은 <그림 6 (b)>에서처럼 배경과 분리처리를 하여 크기를 계산 할 수 있다. 전체영상에서 끝 영상이 차지하는 크기는 식 (5)에서와 같이 끝 영상을 둘러싸는 최소 윈도우 내에서 영상이 위치하는 면적으로 크기를 계산할 수 있다. 카메라에 포착된 끝의 크기는 미터 단위로 나타낼 수 있지만 개발된 시스템에서 크기의 계산은 식 (5)와 같이 끝이 영상에서 차지하는 화소의 수를 계산하고, 끝의 크기를 정규화하기 위하여 끝의 면적을 전체 영상의 크기를 기준으로 식 (6)과 같이 백분율 단위로 크기 정보를 표현하였다. 여기서 계산된 백분율의 크기 정보는 사용자가 정한 분류 등급에 의해 분류정보로 이용된다.

$$AREA = \sum_{x=0}^m \sum_{y=0}^n DATA(x, y) \quad (5)$$

$$DATA(x, y) = \{0, 1\}$$

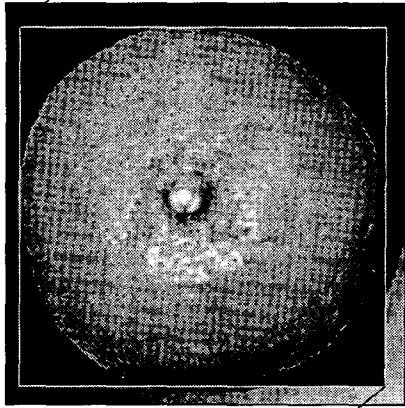
$$AREA_n = \frac{AREA}{m \times n} \times 100 (\%) \quad (6)$$

과일의 착색정도를 검사하기 위해서는 식 (7) 및 (8)에서와 같이 영상 윈도우 내에서 끝의 색상에서 주성분을 이루는 적색과 녹색의 값이 일정값 이상을 나타내는 화소의 분포를 계산하고, 식 (5)에서 계산된 크기와 백분율로 표현하여 색상등급을 결정한다. <그림 7>은 <그림 6 (b)>에서 얻은 정보를 이용하여 끝 표면의 색상 분포처리를 한 결과



a) 과일의 상, 하, 좌, 우 경계점

Left(X), Top(Y)



Right(X), Bottom(Y)

b) 배경과 분리된 과일

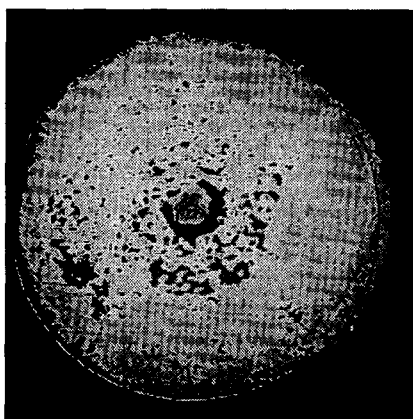
<그림 6> 과일을 포함하는 윈도우

$$AREA_R = \sum_{x=0}^m \sum_{y=0}^n Th(x, y) \quad (7)$$

$$Th(x, y) = \begin{cases} 0, & R(x, y) < R_{threshold} \\ 1, & R(x, y) > R_{threshold} \end{cases}$$

$$AREA_G = \sum_{x=0}^m \sum_{y=0}^n Th(x, y)$$

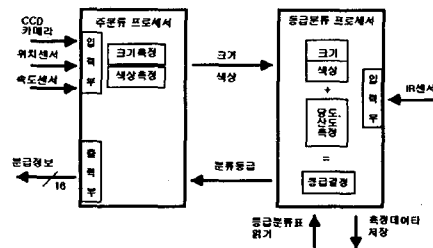
$$Th(x, y) = \begin{cases} 0, & G(x, y) < G_{threshold} \\ 1, & G(x, y) > G_{threshold} \end{cases} \quad (8)$$



<그림 7> 껍 표면의 색상 분포처리

## 7. 분류 시스템의 구성도

제작된 시스템 및 구현된 알고리즘은 과일의 인식부터 품질판정과 분류까지를 하나의 과정으로 하여 초당 6개의 처리를 목표로 설계되었다. 영상처리를 이용한 분류시스템은 <그림 8>과 같은 구성을 가진다. 이 시스템은 컨베이어 위에서 이동하는 껍의 품질정보를 판단하여 그 껍의 등급을 결정하여 분류하는 시스템이다.



<그림 8> 판별인자의 측정 및 자료전송 구성도

분류 제어시스템은 크게 입력부와 처리부 그리고 출력부로 나누어진다. 입력부는 CCD카메라와 적외선 센서를 이용하는데 CCD카메라는 입력된 화상정보로부터 물체의 면적과 색 분포를 계산하여 크기와 색상정보를 생성한다. 위치센서 및 속도센서로부터 이동되는 물체의 위치를 파악하여 물체의 정보를 정확하게 측정할 순간을 알아내고 또한 분류할 위치를 설정하는데 필요한 정보를 얻는다. 처리부는 측정된 크기정보와 색상을 조합하여 미리 설정된 등급 분류표와 비교하여 물체의 품질에 맞는 등급으로 분류하고 분류된 정보를 저장하며 통계처리 한다. 또한 위치센서로부터 위치정보와 내부 타이머를 함께 이용하여 정확한 시간의 정확한 위치에서 물체가 분류되어 모이도록 출력부로 등급 정보를 보낸다. 출력부는 물체의 분류등급과 분류 위치가 일치했을 때 등급 신호를 출력한다.

## 8. 결론

농산물의 품질을 결정하는 요소는 매우 다양하며, 본 논문에서는 과일의 외부 적인 품질판정의 요소인 크기 및 색상을 판단하는 시스템을 구성하였다. 껍의 크기와 색상을 인간의 시각을 사용하지 않는 칼라 영상 신호처리에 의하여 초당 최대 6개의 실시간 분류능력을 가지는 시스템을 구성할 수 있었다. 또한 과일의 상처, 손상, 대칭성 등의 외부적인 품질판정 요소를 판별할 수 있는 알고리즘을 개발하여 내부품질과의 결함을 통해 보다 개선된 비파괴 분

류시스템의 개발이 기대되고, 향 후 다른 농산물의 품질 판정을 위한 제어를 설계할 경우에도 적용될 수 있을 것이다.

### 참고 문헌

- [1] 김형욱, “근적외선 분광 분석법에 의한 과실의 비파괴 당도측정,” 서울대학교 석사 학위논문, 1995.
- [2] 최규홍, 이강진, 최동수, 박보순, “컬러 영상처리를 이용한 사과 결점 판정,” 한국농업기계학회 동계학술대회, Vol 4(1), 1999, 2.
- [3] 문준일, 나운, 홍관표, 이형호, 백종호, 백준기, “영상복원 기술의 연구동향 및 사례,” 제8회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 논문집, 제8권, 1호, pp.277-282, 1996.
- [4] 배영한, “표면 반사율에 의한 사과 색상선별,” 한국농업 기계학회지, pp.382- 395, 1992.
- [5] 최규홍, “비파괴 검사기술의 농업적 이용현황과 전망 : 주변첨단 기술의 농업기계 분야 이용현황과 전망 심포지엄,” 농업기계화연구소, pp.32-52, 1994.
- [6] 최규홍, 이강진, “근적외선을 이용한 과일의 당도 측정 기술,” 농산물 비파괴 품질 평가 기술개발 세미나, 농업 기계화연구소, pp.92-123, 1998.
- [7] 김용훈, “혁신된 색채메카니즘,” 법문사, 1998.

### 부 기 동



1984년 경북대학교 전자공학과졸업  
(전자계산기전공 공학사)  
1988년 경북대학교 대학원 전자공학과  
(전산공학전공 공학석사)  
1996년 경북대학교 대학원 전자공학과  
(전산공학전공 공학박사)  
1983년~1985년 포항종합제철 시스템개발실  
1988년~현재 경일대학교 컴퓨터공학과  
부교수

관심분야 : 데이터베이스, GIS

### 구 본 호



1980년 경북대학교 전자공학과(공학사)  
1985년 경북대학교 대학원 전자공학과  
(공학석사)  
1991년 경북대학교 대학원 전자공학과  
(공학박사)  
1991년 ~ 현재 경일대학교 제어계측  
공학과 부교수

### 최 연 호



1969년 4월 30일생.  
1992년 2월 경북대학교 전자공학과  
졸업(공학사)  
1995년 8월 경북대학교 대학원 전자  
공학과 졸업(공학석사)  
현재 동 대학원 전자공학과 박사과정  
수료

1996년 1월 ~1998년 3월 한국 통신 5급 통신기술사원 재직