

논문 2002-11-2-04

**칼라 영상의 경계추적에 의한 윤곽선 인식이 적용된 귤 선별시스템**

최연호\*, 권우현\*

**Citrus sorting system with a color image boundary tracking**

Youn-Ho Choi\*, Woo-Hyen Kwon\*

**요 약**

농산물의 품질은 여러 가지 인자에 의해 결정되는데, 이 인자들은 파괴 또는 비파괴 측정방법을 이용하여 측정되고 검사된다. NIR분광분석법은 당도, 산도와 같은 내부품질을 측정하는데 이용되고 있다. 과일의 색, 크기와 같은 외부 품질 측정에는 CCD 카메라가 사용되고 있다. 오늘날 이러한 비파괴 검사법이 널리 연구되고 있다. 컵 위에 자동으로 탑재되어 카메라와 NIR장비로 실시간으로 측정된 과일의 품질과 등급은 내부, 외부인자에 의해 결정된다.

본 논문은 과일 선별기를 제작함에 있어서 과일의 칼라영상의 경계를 검출하는 수정된 윤곽선 추적법과 일반적인 방법보다 빠른 속도로 연결점 데이터를 구성하는 방법을 제안한다. 연결점 데이터는 과일 영상의 크기 계산과 하나의 컵에 중복탑재 과일과 컵 사이에 불량 탑재된 과일을 검사하는데 사용된다. 설계된 과일 선별기는 귤의 경우 과일의 당도 산도 및 크기를 검사하면서 초당 8개의 과일을 선별할 수 있다.

**Abstract**

The quality of agricultural products is classified with various factors which are measured and determined by destructive and/or nondestructive method. NIR spectrum analysis method is used to determine internal qualities such as a brix and an acidity. CCD color camera is used to measure external quality like color and a size of fruit. Today, nondestructive methods are widely researched. The quality and the grade of fruit loaded into a cup automatically and measured in real time by camera and NIR system is determined by internal and external factors. This paper proposes modified boundary tracking algorithm which detects the contour of fruit's color image and make chain code faster than conventional method. The chain code helps compute a size of fruit image and find multiple loading of a fruit in single cup or fruit between two cups.

The designed classification system sorts a citrus at speed of 8 fruit/s, with evaluating a brix, an acidity and a size grade.

**1. 서 론**

과일의 품질평가는 시각에 의해 판단되는 색, 크기 등의 외부적인 품질평가와 미각으로 인식되는 단맛, 신맛 등의 내부적인 품질평가로 나눌

수 있다. 지금까지 과일의 품질 평가는 인간의 경험적 판단에 의존하여 특정 개수만을 정량적으로 분석하는 표본검사방법에 의존해 왔으나 최근에는 비파괴 품질평가의 실용화로 개체 전체에 대한 내·외부 품질평가가 실시간으로 가능하게 되었다.

자동화된 과일 선별시스템은 근적외선(NIR) 분광법을 이용하여 수분, 지질, 당도, 산도 등의 내부성분을 비파괴적으로 검사할 수 있으며, 기계적인 장치에 의해 크기 또는 무게 인식을 CCD카메라를 이용하여 색상과 크기 및 기타품

\* 경북대학교 전자전기공학부(School of Electronic & Electrical Engineering., Kyungpook National University)  
<접수일자 : 2002년 2월 6일>

질을 평가하는 외부 품질평가 기능을 가지고 있다. 그리고 시스템의 완전자동화로 과일의 투입에서 선별포장까지의 전 공정이 일괄 처리되도록 개발되고 있으며, 모든 종류의 과일에 대하여 색상 판정과 크기 구분을 위한 시스템이 개발되고 있고, 또한 성능개선을 위한 연구 및 실용화가 활발히 진행 중에 있다<sup>(1)</sup>.

내부 성분분석 항목으로는 당도, 산도 및 내부변형 등이 있으며, 비파괴 검사법으로는 자동화에 의한 고속처리가 가능한 NIR분광법이 활발히 연구되어 활용되고 있다. NIR분광법은 피측정 과일에 백색광을 주사하여 내부성분에 따른 근적외선 파장의 흡수와 투과 스펙트럼의 차이를 이용하는 것으로 반사식과 투과식이 있으며, 투과식이 비교적 우수한 성능을 가진다. 일반적으로 NIR은 전용하드웨어로 구성되어 있으며 스펙트럼의 평균값으로 신호처리를 하므로 처리속도가 빨라 고속운전이 가능하며, 현재 초당 16개 정도의 처리속도를 가진다.

한편 외관판정에 의한 색상, 크기 및 불량과일의 구분은 주로 CCD카메라를 이용한 영상신호처리 기법을 사용하고 있다. 즉 컨베이어 벨트 위에서 연속적으로 움직이는 과일의 위치신호를 감지하여 CCD카메라로 정지 영상을 얻고, 이를 영상신호처리 하여 과일의 크기, 색상 및 불량유무를 판단하게 된다. 범용 PC를 사용하는 저가형 영상처리 장치에서는 CCD카메라를 통한 영상입력 시간이 프레임 단위인 1/30초로 고정되어 있어 기계장치와의 동기화 및 외부 품질평가를 위한 영상신호처리 시간이 부족하여 실시간으로 고속운전에는 한계점을 가지게 된다.

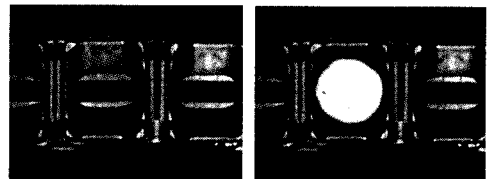
특히 과일의 내외부 품질판정을 위한 선별시스템의 개발에 있어서 과일의 특성상 두꺼운 외피로 둘러싸여 있어 외부 충격에 강하며, 비교적 작은 크기를 가지며 개별 포장이 필요 없는 껍에 대해서는 완전자동화가 가능하여 보다 고속화된 선별시스템을 필요로 하게 된다. 즉 껍은 다른 과일과는 다르게 외형모양이 통일되고 안정되어 있어 자동탐재에 의한 고속이송이 가능하고, 과일의 크기가 작고 색성분이 단순하며 광투과성이 좋아 NIR을 이용하는 내부품질평가에서 고속처리가 가능한 과일이다. 한편 고속자동탐재에 따른 이중탐재, 가장자리탐재, 경계부분탐재 등의 이상탐재와 정상탐재의 구분 및 크기 색상의 외형 판정에는 보다 어려움이 따르게 된다.

본 논문은 과일의 내외부 품질판정을 위한 선별시스템을 개발함에 있어서 과일의 특성상 완전자동화가 가능하여, 처리 물량 면에서 보다 고속화가 요구되는 껍에 대한 외부품질 평가의 고속화를 위한 칼라영상신호 처리 방법에 대한 것이다.

컨베이어 벨트 위에서 움직이는 껍은 위치 감지신호에 의해서 CCD카메라에 정지 영상으로 입력되며, 전처리과정을 통해서 배경과 과일을 구분하여 처리하게 된다. 과일과 배경의 경계추적을 위한 임계값은 색상값 RGB벡터의 합성벡터 분포를 이용하며, 경계추적을 위한 변형된 3x3경계검사 윈도우와 경계이동벡터를 이용하여 과일과 배경을 구분하는 동시에 과일의 경계를 검출하여 경계점 연결데이터(chain code)를 획득한다. 그리고 이 연결데이터를 기준으로 물체의 크기 및 중심점 등의 특징 추출과 이상탐재를 검출하고, 껍의 주요 색성분인 적색과 녹색을 이용하여 껍의 상대적인 색상의 분포도를 검사하여 껍의 착색도에 의한 색상판정을 한다.

## II. 영상의 추출

주어진 영상의 화소 데이터에 대해 일반적으로 전처리과정을 통해 배경과 물체의 구분을 쉽게 하여 경계값 검출이 용이하도록 한다. 특히, 그림 1과 같이 이동하는 컵 위에 자동 탐재된 과일을 다루는 선별시스템에서는 컵 위에 탐재된 과일을 구분하기 위해서 컵의 특징 색과 과일의 특징 색을 이용하여 경계점 검출에 사용한다.



(a) A cup image. (b) Fruit image.

그림 1. 컵과 과일의 영상.

Fig. 1. A cup and fruit image.

일반적으로 과일에서는 Blue성분의 값이 Red와 Green성분 보다 작은 값을 가지므로<sup>(2)</sup> 과일의 영상처리에서 배경과 과일을 구분하기 위한 값으로 Blue성분을 이용할 수 있다.

## II.1. 배경과 물체의 구분

기준물체에 관심영역(region of interest: ROI)을 설정한 후 에지 검출 및 윤곽선 트래킹의 두 가지 상이한 영상처리 기술로 에지영상(edge image)과 윤곽선 데이터를 추출한다<sup>(3)</sup>.

영상으로부터 배경과 물체를 분리하는데는 sobel, laplacian, prewitt, robert 등의 3x3경계검사 필터를 사용하여 윤곽선을 구분한다<sup>(4)</sup>. 이와 같이 구한 영상의 윤곽선(boundary) 검출은 물체에 대한 많은 정보를 제공하는 중요한 영상처리의 하나이다<sup>(3,4)</sup>. 그러나 형태학적 convolution연산에 의한 에지영상은 물체의 형태만 표현한 것이므로 크기, 면적, 중심점 등의 특징값을 직접 표현하지 못한다. 따라서 폐곡선 형태의 윤곽선 트래킹(boundary tracking)이 필요하다<sup>(3,4)</sup>. 이 폐곡선은 경계선(contour)이라 불리며 '순서화된 윤곽선상의 점들'로 표현될 수 있으며, 경계선 데이터 리스트에 저장되어, 프리만 연결데이터(freeman chain code) 등의 경계점 연결데이터로 저장된다<sup>(3,5)</sup>.

본 논문에서는 경계추적을 위한 변형된 3x3 경계검사 윈도우와 경계이동벡터를 이용하여 물체를 배경과 구분하는 동시에 물체의 경계를 검출하여 경계점 연결데이터를 획득하고 이 연결데이터를 기준으로 물체의 크기 및 중심점 등 특징 추출을 한다<sup>(3)</sup>. 영상처리에서 경계선 검출시 고려해야할 사항으로 화소 인접조건에 4 또는 8-neighborhood방식이 있는데 본 연구에서는 8-neighborhood방식을 택하였다<sup>(3,6,7,8)</sup>.

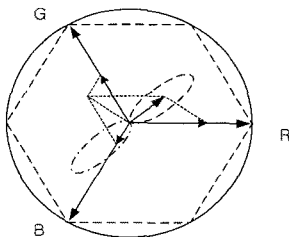


그림 2. RGB와 합성벡터도.

Fig. 2. RGB and their composition vector diagram.

경계선 검출에서 물체와 배경의 경계추적을 위한 임계값은 영상신호의 색상분포를 이용한다. 일반적으로 그레이 레벨의 영상은 히스토그램의 분포에서 임계값을 정할 수 있다. 그러나 RGB 세 가지 색상에 대한 분포를 고려하여야 하므로 임계

값을 구하는데 어려움이 있다. 그러므로 RGB 각각을 벡터로 하여 하나의 점에 대한 색상값 RGB 벡터의 합성벡터 분포를 HS(hue-saturation) 평면에 나타내고, 합성벡터 분포를 분석하여 물체에 해당하는 벡터영역을 구하여 경계 추적에 이용한다.

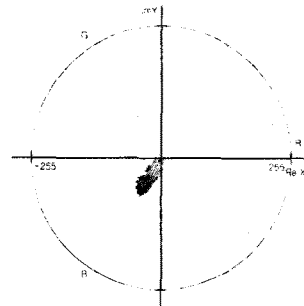
그림 2는 물체의 임계값 추출을 위한 색상값 합성의 벡터도이고 RGB각각의 벡터는 식(1)-(4)와 같이 표현된다.

$$\vec{R} = R\angle 0 = R + 0j \quad (1)$$

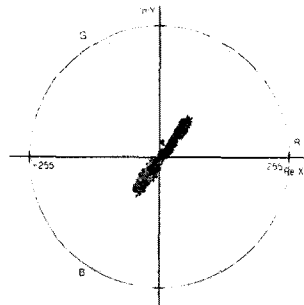
$$\vec{G} = G\angle 120 = -\frac{G}{2} + \frac{\sqrt{3}G}{2}j \quad (2)$$

$$\vec{B} = B\angle 240 = -\frac{B}{2} - \frac{\sqrt{3}B}{2}j \quad (3)$$

$$\vec{C} = \frac{2R - (G+B)}{2} + \frac{\sqrt{3}(G-B)}{2}j \quad (4)$$



(a) A cup(without citrus).



(b) with citrus.

그림 3. 칼라 벡터도.

Fig. 3. A color vector diagram.

그림 3에서 알 수 있듯이 배경 컵의 색상은 Blue 방향으로 나오므로 과일(orange)의 색상은 Green과 Red의 합성으로 나타남을 알 수 있다. 그러므로 그림 2에서 B축 방향의 타원영역은 주로

배경성분에 나타나는 Blue색의 영역이고 R축과 G축사이의 타원영역은 과일성분에 나타나는 색의 영역이다. 따라서 식(4)를 이용하여 접만 있는 배경영상과 과일이 탑재된 그림 1의 영상에 대하여 RGB색상 합성분포를 얻으면 그림 3과 같다. 꺾이 탑재되지 않은 배경영상과 탑재된 영상은 색상값 합성벡터의 크기를 가지고 확실히 구분된다.

따라서 영상의 각 점에 대한 색상 합성벡터 C의 분포를 기준으로 추적윈도우의 임계값을 구할 수 있다. 즉 과일이 탑재되지 않은 배경 영상의 합성벡터 분포에서 식(5)로 주어지는 합성벡터가 최대가 되는 값을 임계값으로 사용하여 꺾이 탑재된 영상에 적용하여 배경과 물체영역을 분리할 수 있다.

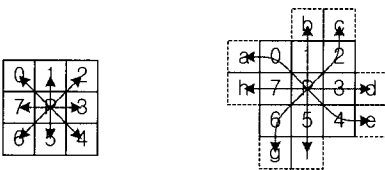
$$\vec{E}_{th} = X_m + jY_m \quad (5)$$

where.  $X_m = \text{Max}\{x_i\}$ ,  $Y_m = \text{Max}\{y_i\}$

$$i=0, 1, \dots, N-1$$

II.2. 제안된 경계추적윈도우

주어진 영상에서 임계값을 사용하여 배경과 물체를 구분하고, 경계추적으로 과일과 배경을 구분하는 윤곽선을 찾기 위해서는 경계검사를 위한 3x3윈도우와 3x3이동벡터 윈도우를 사용한다. 추적윈도우의 이동벡터 구성은 그림 4와 같다.



(a) Conventional. (b) Proposed.

그림 4. 3x3 추적벡터와 이동중심점. Fig. 4. 3x3 tracking vector and next center point.

각 방향에 대해 이동 번호를 시계방향으로 0에서 7까지 붙여 둔다. 그림 4a는 3x3윈도우를 사용하여 표준방법으로 경계추적 윈도우를 결정하고 검색하는 방법으로 추적벡터의 이동 중심점을 기준으로 다음 검색을 결정한다.

그리고 그림 4b는 본 논문에서 제안한 방법으로 추적윈도우의 검색 및 이동수를 줄이기 위해 이동 중심점을 3x3윈도우 밖에 설정하고 추적벡터에 따라서 다음 검색윈도우로의 중심이동 방법

을 표 1과 같이 나타낼 수 있다. 즉 이전의 이동 방향에 의존하여 현재의 위치 P에서 주위점을 검색했을 때 1번 방향에서 물체가 검색이 되면 2번 방향으로 또는 b방향으로 검색윈도우를 이동하여 다시 검색을 한다. 일반적인 방법과 제안된 방법의 8방향에 대한 구체적인 검색방법을 표현하면 그림5-7과 같다.

표 1. 검색위치와 다음 검색중심점의 이동. Table 1. Searching position and next center.

(Current position) if Object in	Move to next	
	conventional	proposed
0	0	a
1	1	b
2	2	c
3	3	d
4	4	e
5	5	f
6	6	g
7	7	h

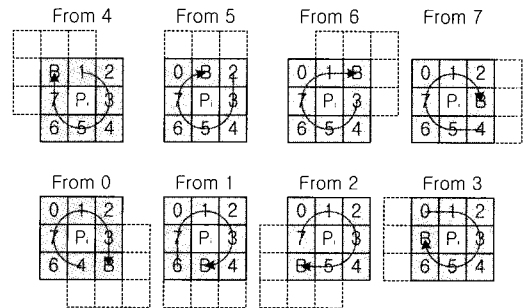


그림 5. 일반적인 경계추적윈도우와 검색우선순위. Fig. 5. Conventional boundary tracking window and searching priority.(B: back to previous point, Number: moving direction, Arrow: searching priority, Gray: candidate of next window center, P: current window center)

그림 5, 6, 7에서 화살표 방향은 검색윈도우의 우선순위와 이동벡터에 따른 검색 방향을 나타낸다. 현재 중심점 P<sub>i</sub>의 이웃점을 검사하는 우선순위는 P<sub>i-1</sub>에서의 이동 방향에 의존한다. 점선격자는 이전 중심점 P<sub>i-1</sub>에서의 검색윈도우이고 실선격자는 P<sub>i</sub>에서 검색윈도우를 표시한다. 그리고 회색으로 채워진 격자는 다음 윈도우의 중심점후보 P<sub>i+1</sub>를 나타낸다. 윈도우에서 화살표의 시작점이 검색 우선순위가 높고 화살표의 끝점이 우선순위가 낮다. 그러므로 P<sub>i</sub>점을 중심으로 하는 C자 모양으로 주위의 점을 검사하면서

물체 값이 계산이 되면 연산을 종료하고 바로 그 방향을 이동한다. 또한 모든 방향을 검사하여 경계점이 없을 때에는 B점 방향으로 이동하여  $P_i$  점에서  $P_{i-1}$ 점으로 되돌아간다.

그림 5는 일반적인 경계점 추적윈도우의 검색 우선순위를 나타낸다. 그리고 그림 6은 현재의 검색윈도우와 이전의 검색윈도우가 중복되는 검사점 X가 있으므로 현재의 검색윈도우에서 검색을 생략하여 검색속도를 증가할 수 있음을 보여준다.

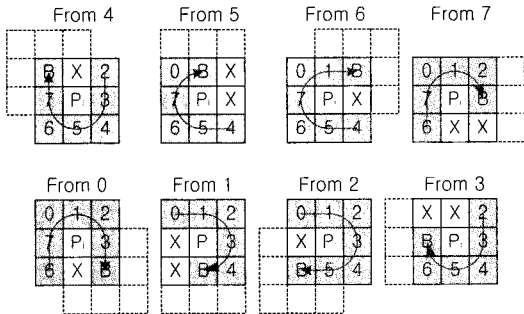
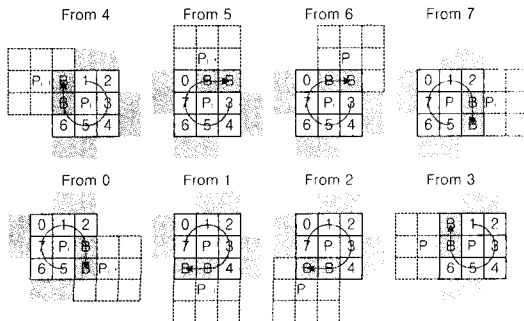
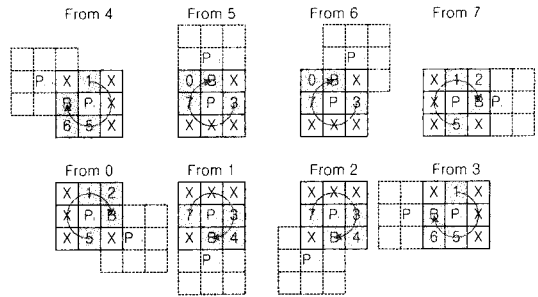


그림 6. 수정된 경계추적윈도우와 검색우선순위.  
 Fig. 6. Modified searching priority.(B: back to previous point, Number: moving direction, x: skip check, Arrow: searching priority, Gray: candidate of next window center,  $P_i$ : current window center,  $P_{i-1}$ : previous window center)

그림 7a와 7b는 본 논문에서 제안한 이동벡터의 이동방법과 검색 우선순위를 나타내는 그림으로 이웃점에 대한 검색수를 줄이면서 검색윈도우의 이동수를 줄일 수 있는 방법을 나타낸다. 검색윈도우의 중심점이 물체일 때는 그림 7a를 이용하여 검색과 이동을 하고, 검색윈도우의 중심점이 배경일 때는 그림 7b를 이용하여 검색과 이동을 한다.



(a) Proposed searching priority.  
 ( $P_i > \text{threshold}$ , ROI)



(b) proposed searching priority.  
 ( $P_i < \text{threshold}$ , Not ROI)

그림 7. 제안된 경계추적 윈도우와 검색우선순위.  
 Fig. 7. Boundary tracking window and searching priority.(B: back to previous point, Number: moving direction, x: skip check, Arrow: searching priority, Gray: candidate of next window center,  $P_i$ : current window center,  $P_{i-1}$ : previous window center)

회색 격자는 다음 윈도우의 중심점후보를 나타내는데  $P_i$ 점이 물체일 경우인 그림 7a의 검색에 의한 이동은 그림 4b의 제안된 방법의 이동벡터를 사용하여 이동하고,  $P_i$ 점이 배경일 경우인 그림 7b의 검색에 의한 이동과 이전 중심점  $P_{i-1}$ 로 되돌아가는 B점으로서의 이동은 그림 4a의 일반적인 이동벡터를 사용한다.

### II.3. 경계점 연결데이터의 획득

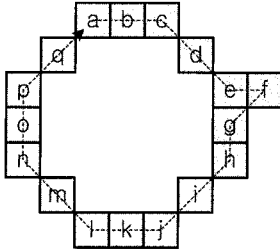
경계선을 검출하기 위한 일반적인 절차는 다음과 같다. 경계선을 검출하려는 물체의 영역내부를 region이라 할 때 경계를 검출하는 과정은 아래와 같이 표현된다<sup>[3]</sup>.

- $S_{xy}$ : 경계선의 검색의 시작위치
- $P_i$ : 경계점 정보,  $i=0, 1, 2, \dots, N-1$
- $P_0 = S_{xy}$

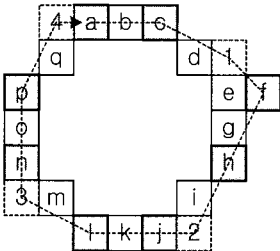
1. 시작점을 초기화한다.  
 $S_{xy} \in \text{Region}$
2. 초기이동 방향 설정한다.  
 $D_i = i, j \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$
3.  $P_0 = S_{xy}$
4.  $P_i$ 의 8개 이웃점  $M_j$  검사  
 $j = D_i + 5$
4. 1)  $i=j$ 를 8로 나눈 나머지  $j$ 를 1씩 증가시키면서 4.1)을 반복해서  $M_j \in \text{Region}$ 인 최초의  $j$ 를 찾는다.
5.  $P$ 를  $M_j$ 로 이동한다.

$$P_i = (x_i, y_i)$$

6.  $P_i$ 가  $P_0$ 이면 tracking 종료하고 아니면 4 번 과정으로 이동한다.



center moving: abcdefghijklmnopq  
 boundary list: abcdefghijklmnopq  
 (a) Conventional method.



center moving: ac1fh2jl3np4  
 boundary list: abcdefghijklmnopq  
 (b) Proposed method.

그림 8. 경계추적과 중심점의 이동.

Fig. 8. Boundary tracking and window's center point moving.(Arrow: searching order, Gray pixel: window center, Solid line pixel: Member of boundary list, Dotted line pixel: Non-Member of boundary list)

이 결과에 의해 순서화된 경계점 연결데이터가 구해지고, 검색된 경계는 그림 8과 같이 표현된다. 그림 8에서 물체와 경계부분이 처음 만나는 좌측상단 시작점  $S_{xy}$ 는 a점이 되고 화살표는 검색윈도우의 중심점의 이동을 표시한다. 그림 8a의 일반적인 이동방법은 물체의 둘레를 구성하는 점(abcdefghijklmnopq)과 윈도우의 이동 중심점(abcdefghijklmnopq)이 같이 이동함을 알 수 있다. 그림 8b의 제안된 이동벡터 방법은 검색윈도우의 중심점(ac1fh2jl3np4) 이동수가 일반적인 방법보다 감소하고 경계점 연결데이터는 동일함을 알 수 있다.

표 2는 5가지 샘플영상에서 식(5)로 얻어지

는 임계값을 적용하여 얻어진 추적윈도우 중심점의 이동수를 나타낸 것이다. 제안된 방법이 일반적인 방법에 비해 약 78%의 검색윈도우의 이동수를 가짐을 알 수 있다.

표 2. 영상의 임계값과 추적윈도우 중심점의 이동수.

Table 2. The threshold value and count of window moved.

영상 번호	임계값		윈도우 이동수		
	Xt	Yt	일반	제안	비율
1	6	4	257	204	0.79
2	12	8	267	208	0.78
3	10	6	261	204	0.78
4	10	14	267	197	0.74
5	10	12	260	214	0.82
평균	10	9	262	205	0.78

### III. 경계 데이터로부터 과일 특징추출

#### III.1. 과일의 크기추출

경계추적에 의해 만들어진 연결데이터를 사용하여 물체에 외접하는 윈도우와 중심점, 면적 등을 계산할 수 있다. 물체의 중심점  $C_x$ ,  $C_y$ 와 둘레 L 그리고 장축  $L_{max}$ 는 식(10)-(13)로 계산된다.

$$C_x = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} P_{xi}}{N} \quad (10)$$

$$C_y = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} P_{yi}}{N} \quad (11)$$

$$L = |\vec{P}_{N-1} - \vec{P}_0| + \sum_{i=1}^{N-1} |\vec{P}_i - \vec{P}_{i-1}| \quad (12)$$

$$L_{max} = \text{Max}(|\vec{P}_i - \vec{P}_j|) \quad (13)$$

where,  $i, j = 0, 1, \dots, n-1$

식(13)으로 구해진 장축  $L_{max}$ 는 과일의 크기 정보로 사용된다. 그리고 경계선 추적에 의해 추출된 과일의 영상은 그림 9와 같이 표현된다. 영상처리시스템에서 영상의 1pixel은 0.625mm에 대응되고, 검출하고자 하는 과일의 지름은 40mm이상에서 90mm이하가 되므로 검색에 의해 찾은 경계 연결데이터의 저장 메모리의 길이

는 다음과 같다.

$$\frac{40\pi \cdot 1.6}{\sqrt{2}} \text{ pixel} \leq L \leq 90\pi \cdot 1.6 \text{ pixel} \quad (14)$$

$$142 \text{ pixel} \leq L \leq 452 \text{ pixel}$$

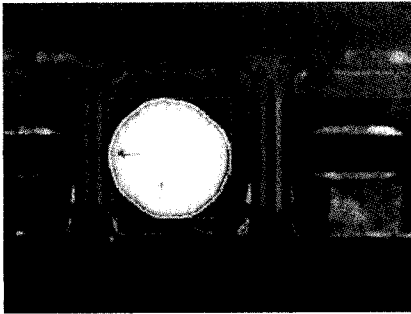


그림 9. 굴 영상과 경계선.  
Fig. 9. A citrus image and contour.

### III.2. 중복탐재 검사

시스템에 탑재된 굴은 영상의 경계선 정보로부터 굴의 크기를 계산할 수 있으나, 탐재는 자동으로 이루어지므로 항상 바르게 탐재된다고는 할 수 없고 과일이 가로로 눕거나 세로 방향 또는 대각선 방향으로 탐재된다. 또한 하나의 컵에 하나 이상의 과일이 중복 탐재 될 수 있으므로 중복탐재에 대한 인식과 처리도 포함하여야 한다. 중복 탐재는 물체의 원형도를 계산하거나 왜곡 위치를 검사하여 알 수 있다.

면적과 둘레길이를 이용한 원형도  $C_r$ 은 식 (15)로 계산할 수 있다.

$$C_r = \frac{4\pi \cdot \text{면적}}{\text{둘레길이}^2} = \frac{4\pi r^2}{(2\pi r)^2} \quad (15)$$

원형도를 이용한 중복탐재는 물체의 원형도가 1이면 원이고 기타의 형태에 대해서는 1 이하의 값을 가지므로 원형도 검사의 임계값  $D_{th}$ 를 정하여  $D_{th}$ 이하의 값에 대해서는 이상탐재 또는 중복 탐재로 규정한다. 임계값  $D_{th}$ 는 과실의 모양 및 탐재되는 컵의 형태에 따라 다를 수 있으며, 선별기에 적용된 중복탐재 임계값은 0.76으로 하였다.

또 왜곡 위치 검사를 이용하는 방법으로 그림 10과 같이 물체의 중심점으로부터 식(16)과 같이 외곽 세 점의 위치 값을 검사하여 일정 값 이상의 차이를 가지면 중복 탐재로 규정한다.

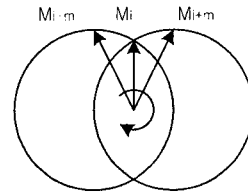


그림 10. 왜곡 검사.  
Fig. 10. Curve ratio check.

$$M_i = |\vec{P}_i - \vec{C}|$$

$$BR = \left\{ \frac{M_{i+m} - M_i}{M_{i+m}} \right\} \quad (16)$$

$$BR \geq BR_{th} \rightarrow \text{Error}$$

왜곡위치에 의한 검사는  $BR_{th}=0.134$ 를 임계값으로 하였다.

## IV. RGB색상값을 이용한 과일의 색판정

인간이 시각판단으로 구분한 과일을 영상처리를 이용하여 완숙도를 판정하기 위해 일반적인 통계방법에 사용되는 평균과 분산을 이용하여 과일영역의 색깔판정에 사용할 수 있다.

표 3. 시각색판정과 CCD색판정의 비교.

Table 3. The decision of color level by human eye and CCD.

과일	색판정			과일	색판정			과일	색판정		
	시각	CCD	오류		시각	CCD	오류		시각	CCD	오류
1	상	0.7		16	중	2.1		31	하	2.7	
2	상	0.9		17	중	2.2		32	하	2.6	
3	상	1.3		18	중	1.9		33	하	2.4	x
4	상	0.7		19	중	2.0		34	하	2.6	
5	상	0.8		20	중	2.1		35	하	2.7	
6	상	0.6		21	중	1.9		36	하	2.8	
7	상	1.0		22	중	1.9		37	하	2.7	
8	상	0.7		23	중	2.3		38	하	2.9	
9	상	1.3		24	중	1.9		39	하	2.5	
10	상	1.1		25	중	2.1		40	하	3.1	
11	상	1.3		26	중	2.1		41	하	3.2	
12	상	1.0		27	중	1.7		42	하	2.9	
13	상	1.3		28	중	2.1		43	하	3.4	
14	상	1.1		29	중	2.2		44	하	3.0	
15	상	1.1		30	중	2.8	x	45	하	3.0	

$$K = f(R_a, G_a, (R - G)_a, R_v, G_v, (R - G)_v) \\ = a_0 + a_1 R_a + a_2 G_a + a_3 (R - G)_a \\ + a_4 R_v + a_5 G_v + a_6 (R - G)_v$$

$$\begin{aligned} a_0 &= 0.13740, & a_1 &= 0.05426 \\ a_2 &= -0.03500, & a_3 &= -0.09991 \\ a_4 &= -0.04238, & a_5 &= 0.03019 \\ a_7 &= 0.01809 \end{aligned} \quad (17)$$

식(17)에서 R, G, B는 색상, a는 영상을 이루는 점의 평균값, v는 분산을 나타낸다. 위의 식을 이용하여 200개의 과일을 3구분으로 판정한 색상은 인간의 시각판단과 비교해서 약 95%의 정확성을 갖고, 시험자료의 일부를 표 3에 나타내었다. 색판정에 사용된 K값은 0.5이상 1.5미만을 상등급으로 1.5이상 2.5미만을 중등급으로 2.5이상 3.5미만을 하등급으로 구분하였다.

### V. 선별시스템의 구성

선별시스템은 크게 영상처리 시스템, NIR측정시스템과 분류시스템으로 나누어지며, 그림 11과 같은 구성도를 갖는다.

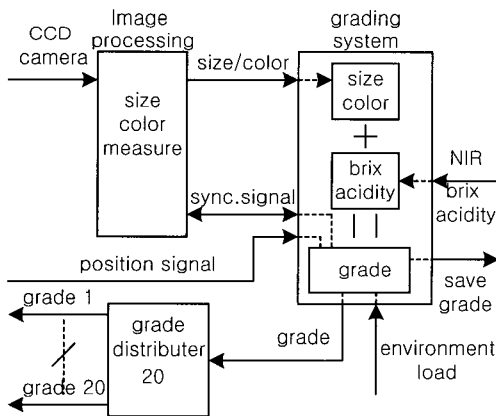


그림 11. 선별시스템의 구성도.  
Fig. 11. The classification system block diagram.

영상시스템은 영상을 분석하여 크기, 색상 등의 정보를 추출하여 생성된 정보를 분류시스템으로 송신하고 NIR측정시스템은 과일의 당도 및 산도를 측정하여 분류시스템으로 송신한다. 분류시스템은 영상처리시스템과 NIR측정시스템으로부터 생성된 품질정보를 수신 받는다.

이때 영상처리시스템과 분류시스템간에는 동기신호 코드(Sync code)를 상호 전달하여 실제

운전되는 컨베이어벨트 위에 설치된 컵위치 정보와 영상으로 입력된 컵의 위치정보가 정확하게 대응 되도록 해서 선별되는 위치가 정확하게 생성 될 수 있도록 한다.

시스템의 하드웨어적인 구성은 영상처리시스템은 pentium III프로세서를 탑재한 WIN98 OS PC로 구성하고, 분류시스템은 DOS로 운영되는 산업용PC를 사용하였다. 그리고 최종 분류 명령을 처리하는 분류시스템은 통신으로 제어되는 Single-chip MCU를 이용하여 구현하였다.

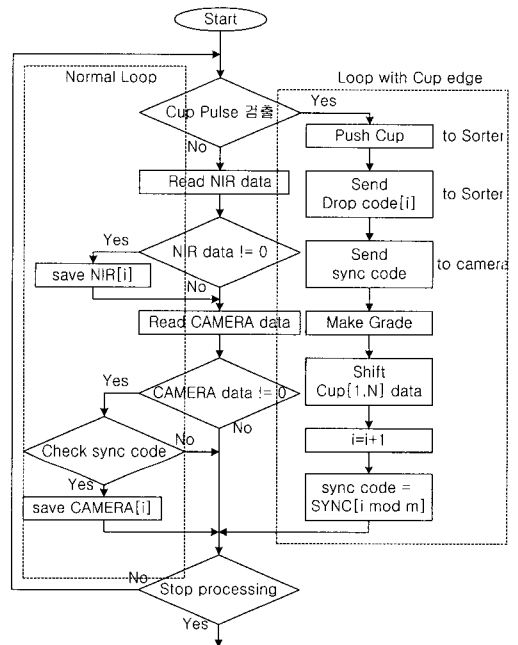


그림 12. 선별시스템의 신호처리 순서도.  
Fig. 12. Signal processing flowchart.

그림 12는 선별시스템의 신호처리를 나타내는데 컵의 에지신호를 검출하여 처리하는 부분과 대기 처리의 두 부분으로 구성된다. 먼저 컵의 에지(edge)신호를 감지하는 부분은 과일의 분급(drop)신호와 새로 만들어진 분급정보를 분류시스템으로 전송하고, 실제 컵 한 개를 데이터 저장단위로 해서 데이터를 한 단위 이동시킨다. 또한 영상처리시스템으로 영상획득신호를 보내어 컵의 이동과 과일 영상이 동기 되어 처리되도록 한다. 컵의 에지신호가 들어오지 않는 대기 처리 부분은 영상처리시스템과 NIR측정시스템으로부터 측정데이터를 수신하여 크기와 당도에 대한 등급을 계산하도록 한다.

그림 13은 제작된 선별시스템이다.



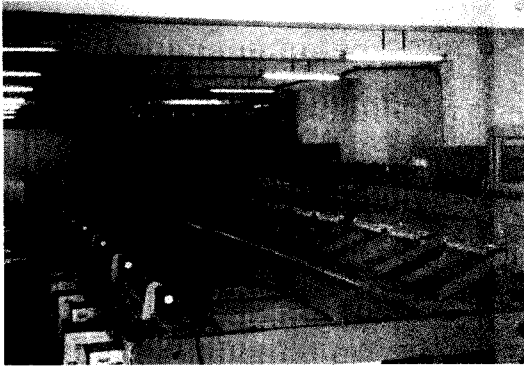


그림 13. 제작된 선별시스템.  
Fig. 13. Outline of classification system.

### VI. 결 론

농산물의 품질에 관여하는 인자는 매우 다양하며, 본 논문에서는 CCD칼라 카메라를 이용하여 물체를 인식하고, 크기를 측정하고 색상의 분포를 계산하기 위하여 영상처리 및 영상해석 알고리즘과 프로그램을 구현하였다. 본 논문에서는 칼라영상의 향상된 경계추적 방식으로 고속처리가 가능하고 이중탐재나 불량 탐재를 확인하면서 과일의 외부 품질인 크기 및 색상을 판단하는 시스템을 구성하였고, 꺾의 크기와 색상을 인간의 시각을 사용하지 않고 영상 신호처리에 의하여 초당 8개의 실시간 분류능력을 갖는 분류시스템을 구성할 수 있었다. 또한 과일의 상처, 손상, 대칭성 등의 외부 품질을 판별할 수 있는 알고리즘의 추가와 내부품질정보와의 결합을 통해 보다 개선된 비파괴 검사 시스템의 개발이 기대되고, 다른 농산물의 품질판정을 위한 제어기 설계시에 도 적용될 수 있다.

### 참 고 문 헌

- [1] 최규홍, 이강진, 최동수, 박보순, "컬러 영상 처리를 이용한 사과 결점 판정," 한국농업 기계학회 동계학술대회, Vol 4(1), pp. 91-214, 1999.
- [2] Gray Kay and Gerhard de Jager, "A versatile colour system capable of fruit sorting and accurate object classification," *Proc. COMSIG '92*, pp.145-148, 1992.
- [3] 박원우, 최주호, 유준, "윤곽선 기반의 이격 거리 영상해석 기법," *Proc. of the 13th KACC*, pp. 1853-1856, 1998.
- [4] Robert M. Haralick, Linda G. Shapiro, *Computer and Robot Vision Volume I, Addison Wesley*, 1992.
- [5] Ferdinnd van der Heijden, *Image based measurement systems, John Wiley & Sons*, 1994.
- [6] Dong-Keun Lim and Yo-Sung Ho, "Image Segmentation using hierarchical meshes," *Proc. ICIP 99.*, Vol. 1., pp. 6-10, 1999.
- [7] 조지승, 정병목, "로봇 비전을 이용한 대형 2차원 물체의 분할영상인식," *Procs. of the 13th KACC*, pp. 160-163, 1998.
- [8] 최연호, 최병태, 이무영, 임성운, 권우현, "칼라영상의 경계추적에 의한 물체인식이 적용된 과일 선별시스템," *Procs. of the 2nd ICCAS*, pp. 160-163, 2001.

### 著 者 紹 介



**최 연 호**

1992년 경북대 전자공학과 졸업. 1995년 8월 동대학원 공학 석사. 2000년 2월 동대학원 박사 수료. 1996년 1월~1998년 3월 한국통신 대구본부.

주관심 분야: 컴퓨터응용제어

및 전력전자, 제어계측.



**권 우 현**

1977년 서강대 전자공학과 졸업. 1979년 한국과학기술원 석사. 1993년 한국과학기술원 박사. 1979년~현재 경북대학교 공과대학 전자전기공학부 교수.

주관심 분야: 컴퓨터응용제어 및

전력전자, 제어계측.