

컬러 영상처리를 이용한 오이 자동 선별 제어 시스템 개발

Development of Automatic Cucumber Grade System with Using a Color Image processing.

손 현 우, 권 우 현, *임 성 운, **최 연 호, ***김우현

경북대학교 전자공학과, *경일대학교 제어계측공학과, ***영남이공대

Hyun-Woo Son, Nae-Su Cho, Woo-Hyen Kwon, *Sung-Woon Lim, **Yon-Ho Choi, ***Woo-Hyon Kim

Abstract - The quality of agricultural products is represented a degree of freshness and a special quality related to a commercial value. To grade cucumber, the charge-coupled device(CCD) camera is only used to measure external qualities like color, size and degree of bended cucumber. The processed area of the image replaces the weigh of cucumber. That means there is no longer used the weighing beams. The system consists of Image processing system and distributing system. This paper explains the structure and movement of the automatic grade system and applies the algorithm for deformed cucumber and characteristics of cucumber through image processing to the grade system.

Key Words : 과채류 선별기, 선별기, CCD, 오이 선별, 제어 시스템

1. 서론

과채류의 수확 후 처리 작업은 운반, 보관, 전처리, 선별 포장, 출하, 판매의 단계를 거치게 되며 그중 가장 많은 노동력을 필요로 하는 작업은 선별 작업이다. 인간의 경험적 판단에 의존하는 등급 선별 과정은 정확성과 신뢰성을 기대하기 힘들기 때문에 80년대 이후 국내외적으로 자동화된 품질 평가 기술이 활발히 진행되어 왔다[1]. 그러나 과채류 선별 시스템에 관한 연구는 사과나 배등의 과실류에 국한되어 있고, 오이, 호박, 당근 등의 채소류에 대한 선별 시스템에 관한 연구는 그 속도가 느리다. 이같은 점에 착안하여 본 논문에서는 컬러 영상처리를 이용해 오이의 길이, 면적 및 고르기 정도를 측정하여 이것들을 토대로 농산물 표준 출하규격에 의해 장과형, 단과형 오이를 각각 4등급으로 분류하는 시스템을 개발한 것이다.

영상처리 속도를 향상 시키기 위하여 이완화된 경계선 검출 방법을 사용하였으며, 외부 환경에 대한 영상 정보의 영향을 최소화 하면서 시각적인 판단과의 표준화를 위하여 RGB 개별 색상정보 뿐만 아니라 색상간의 상관관계를 통계적으로 이용하는 회기 분석법을 도입하였다.

개발된 오이 자동 선별 제어기는 초당 최대 2개의 처리 물량을 가지며 크기와 길이 및 고르기 정도의 인자를 조합하여

자동 분류를 하게 된다.

II. 본론

1. 선별 시스템의 구성

그림 1은 선별 시스템의 구성을 나타낸 것으로 크게 영상처리 시스템과 분류 시스템으로 나눌 수 있다.

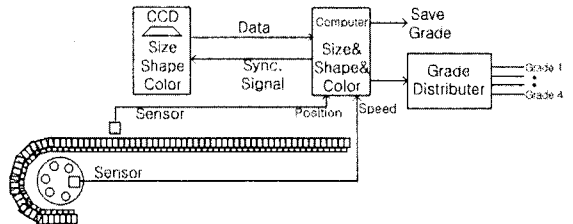


그림 1. 선별 시스템의 구성

1.1 영상처리 시스템

영상처리 시스템은 조명, 선별 대상의 위치 확인용 센서, CCD카메라, 프레임 그래버(frame grabber)와 영상처리 컴퓨터로 구성된다. 컨베이어 위에 실려 오는 오이를 감지한 센서는 분류시스템으로 신호를 전달하고, 분류 시스템에서 영상처리 시스템과 동기 신호 코드를 주고받아 실제 운전 중인 컨베이어 벨트 위의 건반 위치 정보와 영상에 나타나는 건반의 위치를 일치시켜 선별 위치를 정확히 한다.

1.1.1 CCD 카메라

사용된 CCD 카메라는 JAI 사의 CV-S3300이며, 1/3" 유효 화소수는 40만 화소, 해상도 768(h)×494(v)이다. 스캐닝 시스템은 NTSC 방식과 PAL방식을 모두 지원하며 시스템에 적

저자 소개

孫 珣 瑛 : 慶北大學 電子工學科 大學院

*準 會 員 : 慶一大學 制御學科 副教授, 工博

**正 會 員 : 工博

***正 會 員 : 巨創理工大 電子工學 工博

용한 방식은 NTSC방식으로 525라인, 초당 30프레임의 출력을 갖는다. 서터 속도는 NTSC 방식의 기준 속도인1/30초로 설정하였고, 비월 주사방식을 사용하여 1 필드를 읽는데 1/60초가 소요되므로 1프레임을 읽어 들이는데 1/30초가 걸린다. 시스템에서 링 형광등을 조명으로 사용하였기 때문에 화이트 밸런스는 오이의 색을 가장 잘 나타내기 위하여 4600K로 고정시켰으며, 색 재현 특성을 나타내는 감마값은 0.45로 두었다.

1.1.2 프레임 그래픽

프레임 그래픽은 아날로그 형태의 입력 영상 신호를 컴퓨터에서 처리 가능한 디지털 신호로 변환해서 프레임 버퍼에 저장하는 역할을 하며, 사용한 프레임 그래픽은 사람과 샘플사의 OnAir Multi Channel Capture Board 4ch이다. 시스템에서는 NTSC 방식의 비디오 포맷, 320×240 캡처 사이즈, RGB32 캡처 포맷, 1채널을 선택 하였다.

1.2 분류 시스템

분류 시스템은 그림 2와 같이 영상처리 시스템으로부터 생성된 품질정보를 받아 오이의 품질 등급을 결정하고 선별하는 작업을 수행한다.

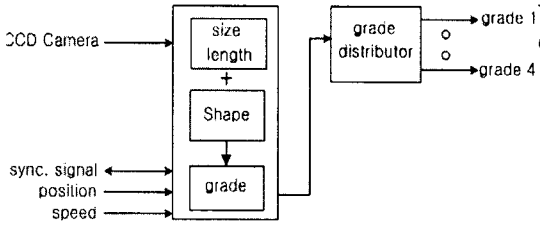


그림 2. 분류 시스템의 구성도

영상처리 시스템과 분류 시스템 간에는 동기 신호 코드를 상호 전달하여 실제 운전되는 컨베이어에 실린 오이의 위치 정보와 영상으로 입력된 오이의 위치 정보가 정확하게 대응되도록 하여 선별되는 위치가 정확하게 생성되도록 하였으며 사용된 건반은 너비 21.67mm이다.

그림 3은 분류 과정을 나타낸다.

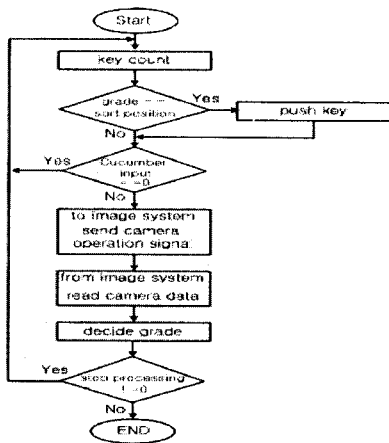


그림 3. 분류 과정

2. 영상 처리

본 논문에서 오이의 인식 및 배경과의 구분을 위해 녹색이

나 녹색색의 보색인 붉은색 계통을 건반 색깔로 사용 하였으며 외부 특징을 얻기 위해 히스토그램을 이용하여 경계치를 찾아 경계를 추적하여 윤곽선을 검출하는 방법을 사용하였다 [2]. 경계선을 추적하는 데에는 8-neighborhood 방식과 변형된 8-neighborhood 방식을 함께 사용하여 영상처리에 걸리는 시간을 단축하였다[3-5].

2.1 RGB 색상값을 이용한 오이의 색판정

오이를 시각적으로 판단한 결과와 영상처리에 의한 분류 결과는 어느정도 차이가 있으므로 영상에서 검출한 색상과 시각적으로 판별된 결과의 비교에 회귀 분석법(regression analysis)을 이용하였다. 장과형, 단과형 오이의 색상은 G와 B값으로 나타낼수 있는데 이때 독립변수로 G, B, G-B의 평균값과 분산값을, 시각적 오이 판별 결과를 종속 변수로 적용하였다.

$$K_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \beta_4 X_{i4} + \beta_5 X_{i5} + \beta_6 X_{i6} \quad (1)$$

식 (1)과 같이 사용된 독립변수가 2개 이상인 경우 다중회귀 분석법을 이용한다. 여기서 K_i 는 종속 변수이고 β 는 추정 계수이며 X 는 종속변수에 영향을 미치는 변수이다.

2.2 고르기 정도 추출

본 논문에서는 오이의 등급 결정에 가장 중요한 인자로 오이의 고르기를 선택하였다. 여기서 고르기란 오이의 양 끝과 오이의 중간이 휘어져 있는 정도이다. 무게는 면적으로, 길이는 장축으로써 나타내어지며 선별기를 사용하는 사용자가 그의 중요도를 결정하여 선별할 수 있도록 하였다.

2.2.1 면적과 길이의 측정

단면적 A 는 선별 대상이 차지하는 픽셀의 총합으로 증방을 간접적으로 산출할 수 있다. 경계선이 폐곡선을 이루므로 각 라인별로 최대, 최소 경계점의 차를 구하고 합산하여 단면적을 산출한다

$$A = \sum_{i=0}^{l-1} \sum_{j=0}^{m-1} P(\max(P_{xj}, P_{yi}) - \min(P_{xj}, P_{yi})) \quad (2)$$

여기서 A 는 단면적이고 P 는 경계점이다.

장축 길이 L 는 경계점간의 가장 긴 간격으로 크기를 유추할 수 있다. 장축 좌표는 모든 경계점간의 조합을 통해서 거리를 계산하여 구할 수 있다.

$$L = \max(|\vec{P}_i - \vec{P}_{i-1}|) \quad (3)$$

여기서 i 와 j 의 범위는 $0 \sim n-1$ 이고 L 는 장축 길이이고 P 는 경계점을 의미한다.

2.2.1 면적과 휨 정도와의 관계

면적과 오이의 고르기 정도가 밀접한 관련이 있기 위해서는 오이의 두께가 일정하다는 전제 조건이 필요하다. 오이의 고르기 정도는 처리된 영상의 면적과 밀접한 관련이 있다. 따라서 농산물 표준 출하 규격에 맞게 길이에 따른 오이의 기준 면적을 설정하고, 면적의 차이를 다시 길이로 환산함으로써 휨 정도를 유추하는 방법을 사용하였다.

2.2.2 휨 정도 계산

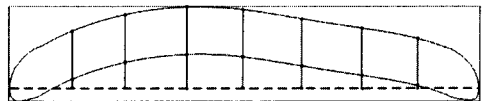


그림 4. 8등분된 오이 모형

오이의 고르기 정도를 계산하기 위해 오이의 장축을 중심으로 법선방향으로 만나는 점을 모두 계산하였다. 그러나 오이의 고르기 정도를 계산하기 위해 걸리는 시간이 개당 3초가 넘기 때문에, 오이 자동 선별 시스템의 기능상 실시간으로 판별 가능하지 않다. 따라서 그림 4와 같이 오이의 장축의 중심점과의 법선방향으로 축출, 4등분하여 축출, 8등분하여 축출하는 등 여러 가지 방법을 통해 실시간으로 선별하는 시스템의 개발에 가장 적합하고, 고르기 정도를 잘 나타 낼 수 있는 방법을 택하였다.

3. 실험

그림은 실제 실험에 사용된 장과형과 단과형 오이 각각 6개씩 12개이다. 고르기 정도와 크기와의 실험을 위해 두께를

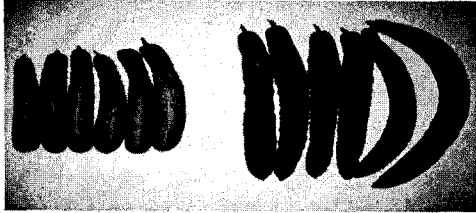


그림5. 실험에 사용된 오이

30[mm]로 고정시킨 오이모형 88개를 제작하여 실험하였다.

3.1 색 판정 및 경계선 추출 결과

12개의 오이를 시각적 판단과 영상처리를 이용하여 판정한 결과를 얻어 회기분석법을 이용하여 판정하였다. 독립변수로 G, B, G-B의 평균값과 분산값으로 설정하였으며 종속변수 K는 판정된 색상값으로 설정하였다.

$$K = f(R_n, G_n, (R - G)_n, R_v, G_v, (R - G)_v) = a_0 + a_1 R_n + a_2 G_n + a_3 (R - G)_n + a_4 R_v + a_5 G_v + a_6 (R - G)_v \quad (4)$$

그 결과 $a_0 = 0.008149$, $a_1 = 0.057045$, $a_2 = -0.15101$, $a_3 = 0.170322$, $a_4 = -0.10751$, $a_5 = -0.0781$, $a_6 = -0.01414$ 를 얻을 수 있었다. 위의 식을 이용하여 판정된 색상은 인간의 시각적 판단과 비교하여 약 94.5%의 정확성을 갖는다.

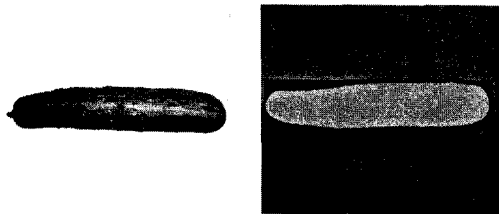


그림 6. 경계선 추출 결과

그림 6은 8-neighborhood 방식과 변형된 8-neighborhood 방식을 동시에 수행했을 때 얻어지는 영상이다. 8-neighborhood 방식에서만 검출했을 때 저장된 경계점은 658개, 경계 밖에서 경계로 이동한 경계점은 131개이고, 변형된 8-neighborhood[6] 방식을 같이 사용했을 경우 저장된 경계점은 472개, 이동 경계점은 94개로써 경계점 저장수는 72%로 줄었으며 검색 시간이 단축됨을 볼 수 있었다.

3.2 면적의 측정 및 휨 정도 추출 결과

오이의 면적과 실제 무게와의 호환성을 알기 위해

1/100[g]까지 나오는 전자저울로 먼저 무게를 측정 한 후 면적을 측정하였다. 그 결과 $0.55[g/mm^2]$ 의 결과를 얻을 수 있었고 무게와의 호환성은 97.3%였다. 무게 측정을 위해 저울의 필요성이 없음을 확인할 수 있다.

오이의 휨 정도의 연관성을 찾기위해 크기를 30[mm]로 고정시켜 만든 88개의 모형의 길이와 면적을 먼저 측정하였다. 그 결과 휨 정도가 5[mm]증가할 때마다 평균 $127[mm^2]$ 씩 늘어났고, 길이가 10[mm] 증가할 때마다 면적은 평균 308 $[mm^2]$ 정도 증가하였다. 따라서 이 결과를 실제 오이에 등급 결정에 적용하여 측정 한 결과 42.4%정도의 일치율을 보였다. 오이의 두께가 각각 다르고 장과형 및 단과형 오이의 면적 기준을 잡는데 다른 방법이 요구됨을 알 수 있다.

오이의 휨 정도 측정을 위해 장축을 중심축으로 하여 측정 한 결과 실제의 휨 정도와 $\pm 3[mm]$ 정도 차이가 남을 알 수 있었다. 오이의 장축을 기준 축으로 잡았으므로 장축의 위치가 실제 오이의 휨 정도를 측정하는 양 끝 안쪽점과 차이가 나기 때문이다. 이는 더 많이 휘어질 수록 큰 오차가 난다.

III. 결론

본 논문은 컬러 영상처리를 이용한 자동 오이 선별기에서 영상처리 속도의 향상과 컴퓨터로 인식된 오이의 길이, 면적 및 휨정도 등의 특징값 추출을통해 자동 선별 시스템을 구현에 관한 것이다. 영역과 방법에 회기분석법을 도입하여 색상값을 판정한 결과 시각적 판단과 94.5%의 정확성을 가졌다. 또한 경계추적 방법의 선택적 사용으로 72%에 해당하는 검색 이동 경로수를 줄일 수 있었다. 두께가 비슷한 오이의 경우 기준 면적에 대한 휨 정도를 면적과 길이와의 관계에 따라 측정할수 있으나, 실제 오이의 경우에는 적용하기 힘들다. 따라서 오이의 장축을 기준 축으로 하여, 장축의 중심점으로부터 휨 결과를 측정했을 경우 82.1%의 정확성을, 4등분한 점을 중심으로 측정 한 결과 86.6%의 정확성을, 8등분한 점을 중심으로 측정 한 결과 97.3%의 정확성을 보였으며, 약간의 시간적 차이는 있으나 대체적으로 초당 1.7개의 선별 속도를 가졌다.

참 고 문 헌

- [1]최규홍, 이강진, 최동수, 박보순, "컬러 영상처리를 이용한 사과의 결점 판정", 한국농업기계학회 동계학술대회, vol.4(1), pp.91-214, 1999
- [2] R. M. Haralick and L. G. Shapiro, *Computer and Robot Vision Volume I*, Addison Wesley, 1992.
- [3]F. V. D. Heijden, *Image based measurement systems*, John Wiley &S-ons, 1994.
- [4]D. K. Lim and Y. S. Ho, "Image Segmentation using hierarchicalmeshes," *Proc. ICIP 99*, vol. 1, pp. 6-10, 1999.
- [5]조지승, 정병목, "로봇 비전을 이용한 대형 2차원 물체의 분할 영역인식," *Proc. of the 13th KACC*, pp. 160-163, 1998.
- [6]최연호, 권우현, "칼라 영상의 경계 추적에 의한 윤곽선 인식이 적용된 글 선별시스템," *센서학회지*, 제11권, 2호, pp27-35, 2002