

실시간 영상처리에 의한 양파 자동 선별 시스템의 구현

김기원*, 양진영**, 김석훈***

요약

양파의 결함은 상품성을 떨어뜨릴 뿐만 아니라 저장과정에서도 문제를 발생시킨다. 본 논문의 내용은 실시간 영상 처리에 의한 양파 선별라인에서의 양파를 검사하여 최종적으로 영상 처리식 자동 선별 시스템을 개발하는 것이다. 이를 위해 생산라인에서 양파의 부패 여부를 분석하여 형태 결함을 자동 검출하는 무인 품질 검사 시스템을 설계하였다. 먼저 CCD 카메라와 고속영상처리 보드를 통해 실시간으로 영상을 입력 받는다. 그 후 RGB 영상을 HSI 영상으로 변환하여 양파의 부패 여부를 판별하게 되는데, 본 논문에서는 부패 여부를 판별하는 특징으로 색상값과 명도값을 사용하였다. 양파 표면의 색상값과 명도값을 분석하여 품질에 결함이 있는지를 판별하였다.

Implementation of Automatic Onion Selection System using Real-time Image Processing

Gi-Weon Kim*, Jin-Yong Yang**, Seok-Hun Kim***

ABSTRACT

Defect of onion was depreciated the product value and cause storage disease seriously. In this paper dose a onion surface check using a real time image process at the onion production line. Finally developing a automatic selection system using image processing technique. This system does false retrieval of a onion at a onion production line. At first, a onion image was read in real time using a CCD camera. In this paper, we use an area scan CCD camera. Image is converted into a binary code image using a high-speed imaging process board afterwards. And RGB color image is converted into a HSI color image. Then, onion surface feature is extracted by a HSI color image. Surface false retrieval is finally executed using a onion feature. In this paper, we use an area feature of a onion image.

Key Words : Image processing selector, Rotten onion, HSI color, Frame grabber, Area-scan camera, Color value

* 초당대학교 컴퓨터과학과(✉kwkim@chodang.ac.kr)

** 초당대학교 컴퓨터과학과

*** (주)타입시스템

· 제1저자(First Author) : 김기원 · 교신저자(Correspondent Author) : 김석훈

· 접수일(2010년 10월 25일), 수정일(1차 : 2010년 11월 26일), 게재확정일(2010년 11월 30일)

I. 서 론

오늘날 산업체 각 분야에서 머신비전이 자동검사 등과 같은 무인 품질 검사 분야에 널리 사용되고 있다. 전자산업에서 인쇄회로 기판이나 회로의 검사는 오래 전부터 응용되어 오던 분야이고 나아가 제품의 상표 검사, 포장지 상태검사 등에 사용되고 있다. 현재는 단순하거나 위험한 노동의 기피현상과 소비자들의 품질에 대한 요구조건의 향상으로 이러한 자동화된 표면 검사의 이용분야가 점차 기계 산업 분야에서 농수산 분야로 확대되고 있다[1].

컴퓨터 비전 시스템을 이용하는 영상처리 선별기는 컴퓨터 영상처리기법을 응용하여 크기는 물론 색깔까지를 자동 정밀 선별해 내는 기계로 농수산물의 부가가치 및 상품성 향상에 필수적인 기계이다. 영상 처리 시스템은 장면을 비추기 위한 광원과 적절한 광원이 대상물에 비추게 하는 조명 방법, 영상 획득 시스템 그리고 영상 획득 시스템과 컴퓨터 사이의 인터페이스로 구성된다. 인터페이스는 아날로그 정보를 컴퓨터가 이해할 수 있는 디지털 데이터로 변환한다.

이것은 프레임 그래버라는 하드웨어에서 처리되는데, 많은 종류의 프레임 그래버는 이미지 처리 프로그램이 효율적인 방법으로 동작할 수 있도록 특수한 신호 처리들을 실행한다. 양과 영상 처리 수행의 결과들은 하나 이상의 I/O 인터페이스들, 스크린 및 프린터나 디스크와 같은 일반적인 출력 디바이스들에 의해 출력된다.

본 연구에서는 컨베이어벨트 양과 이송 라인에서 양파의 표면을 고속으로 검사하여 양파의 결함을 자동으로 검출할 수 있는 실시간 자동 표면검사 기계장치를 개발하는 것을 목표로 한다.

II. 이론적 배경

2.1 영상처리 시스템 개요

영상처리 선별기는 컴퓨터 기계시각을 응용하여 크기는 물론 색깔까지를 자동 정밀 선별해 내는 기계로 농수산물의 부가가치 및 상품성 향상에 필수적인 기계이다. 영상 처리식 선별기에 주로 사용되는 영상 인식 시스템은 모집단의 데이터로부터 패턴이 가지는 특징을 추출하여 인식하는 시스템을 말한다. 인식 시스템은 크게 다음과 같은 방법으로 처리된다.

이미지 처리 시스템은 장면을 비추기 위한 광원, 센서 시스템 그리고 센서 시스템과 컴퓨터 사이의 인터페이스로 구성된다. 인터페이스는 아날로그 정보를 컴퓨터가 이해할 수 있는 디지털 데이터로 변환한다. 이것은 프레임 그래버라(frame grabber)는 하드웨어에서 처리되는데, 프레임 그래버 패키지는 사용자의 프로그램에서 사용 가능한 라이브러리를 포함한다. 이미지 처리 수행의 결과들은 하나 이상의 I/O 인터페이스들에 의해 출력된다. 이미지 처리 하드웨어의 구성은 독립적인 시스템이 아닌 호스트 컴퓨터에 내장되는 형태를 취한다. 그러나 최근에는 완전한 이미지 처리 시스템이 카메라 내부에 집약된 형태를 가지기도 한다[1,2].

2.2 대상물에서 이물질 검사 단계

기계시각을 이용하면 대상물의 크기 및 색깔 등 복합적인 선별이 가능하다. CCD 카메라, 이미지센서, 비접촉 투영 등 컴퓨터 화상 정보처리소자를 이용 직경, 면적, 형상계수, 이상 형태, 굴곡정도 등과 색깔, 당도, 속도, 손상, 이물질 등을 종합처리 할 수 있는 방법이다[3].

본 연구에서는 기계시각을 이용하여 양과 표면의 부패 여부를 판별하는 시스템을 구축하고자 한다. 이는 기계시각에 의한 색깔, 손상, 이물질을 판별하는 과정과 같은데, 본 연구의 목적을 달성하기 위해서 다음과 같은 이물질 검사 단계에 따라 연구를 진행하였다.

가. 영상획득

Line-area CCD 또는 Area-scan CCD에서 입력받은 영상을 획득하여 컴퓨터와 같은 Image processing system으로 넘겨준다. Line-area CCD는 대상 물체의 이미지를 1차원 라인단위로 입력을 받는 것이며, Area-scan CCD는 대상물체를 2차원 영상으로 받는 것이다.

나. 정규화(normalizing)

영상획득 단계에서 얻어진 영상에서 측정 대상이 되는 영상 값들을 전체 영상에서 비슷한 값들이 되도록 필터를 사용하여 영상을 보정한다.

다. 영상특성 향상

정규화를 실시한 영상에 대해 미세한 특성값의 차이들을 좀 더 확실하게 구분하기 위해서 영상의 특성을 향상시키는 과정을 수행한다.

라. 임계값 설정(threshold)

실제 정상적인 영상의 값과 불량으로 판정이 되는 영상의 값에 대한 임계값을 설정하여 불량 부분을 쉽게 검출할 수 있도록 영상을 변환한다.

마. 판별

임계값을 기준으로 변환된 영상에서 실제 불량외관을 추출할 수 있는 필터를 사용하여 실제 불량 부분을 검출하고, 그 크기를 계산하는 단계이다. 계산된 값이 지정된 임계값과 차이가 나면 불량으로 판정하게 된다.

III. 시스템의 설계

3.1 자동 선별 시스템 개요

본 연구에서는 표면이 부패된 양파를 자동으로 판별하는 영상처리식 선별기에 대해 연구를 한다. 본 연

구의 목표를 달성하기 위한 전체 시스템의 구조도는 다음의 (그림 1)과 같다.

양파 수확 과정에서 발생한 양파 표피의 이물질은 브러시가 붙어 있는 이물질 제거용 컨베이어벨트 라인을 타고 오면서 제거가 된다. 이물질에는 여러 겹으로 붙어 있는 양파 표피나 흙과 같은 것이 있다.

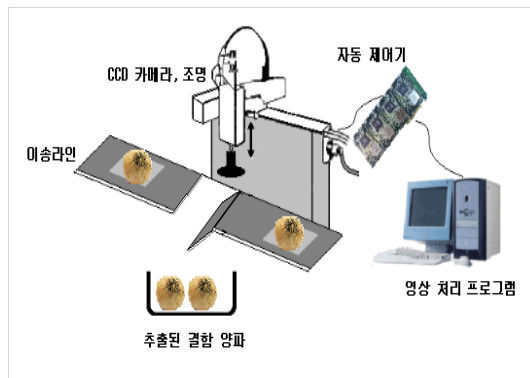


그림 1. 자동 선별 시스템
Fig. 1 Automatic Selection System

영상처리 시스템에서는 양파의 표피를 정확히 나타내는 조명광이 비추고 있게 된다. 양파 영상은 Area Scan CCD 카메라를 통해 양파의 영상을 실시간으로 입력받아 고속영상처리 보드를 통해 컴퓨터에 저장한다. 이때 양파는 브러시 컨베이어벨트 라인에서 빠른 속도로 회전하고 있게 되므로 양파의 한쪽면만 촬영되는 것이 아니라 양파의 전체 면이 입체적으로 촬영되게 된다.

본 연구에서는 각각의 양파마다 3면의 영상을 입력받아 처리하도록 하였다. 저장된 영상은 개발된 영상처리 프로그램에 의해 HSI 칼라 영상으로 이미지 전처리가 이루어진다. 전처리된 이미지에서 특징 추출이 추출되고 추출된 특징을 이용하여 양파에 결함이 있는지를 판별한다. 본 프로그램은 프레임 그래버로부터 전송되는 초당 30프레임의 영상을 입력받아 처리하는 고속 실시간 영상처리 프로그램으로, 분석결과를 양파 자동 배출장치에 통보하게 된다.

3.2 양파표면 촬영용 조명 방법의 연구

이미지 처리에서 중요한 사항은 시스템이 동작하는 환경에 적합한 광원의 선택이다. 카메라와 광원의 위치에 따라서 빛을 비추는 네 가지의 기본적인 방법들을 구분하는데, 이것들은 입사광 조명(incident light illumination), 투과광 조명(transmitted light illumination), light-field 및 dark-field 조명으로 구분한다[1,2].

가. 입사광 조명

카메라와 광원들은 객체와 동일한 편에 존재한다. 이미지는 객체에 의해 반사된 광 강도의 분포를 보여준다.

나. 투과광 조명

카메라와 광원은 객체를 사이에 두고 반대편에 존재한다. 스크린은 밝은 배경의 앞쪽에 객체의 어두운 모습을 보여준다. 투과광 조명은 객체가 그 자신의 형태에 의해 기술될 수 있을 때 적용된다.

다. 라이트 필드 조명

입사광처럼, 카메라와 광원은 객체와 동일한 쪽에 위치된다. 카메라 속으로 직접적으로 반사되는 빛의 부분이 이미지 처리를 위해 사용된다. 라이트 필드 조명은 밝은 배경에 대해 어두운 객체들을 보여줄 때 사용한다.

라. 다크 필드 조명

입사광처럼, 카메라와 광원은 객체와 동일한 쪽에 존재하지만, 그러나 오직 산란된 빛만이 카메라에 의해 포착된다. 다크 필드 조명은 밝은 객체를 갖는 어두운 배경을 만들어낸다.

본 연구에서는 조명방법과 조명장치들을 분석한 결과로 변형된 형태의 다크필드 조명방법을 사용하였다. 영상처리 획득 시 조명상태의 균일성과 감박임이 크게 문제가 되지 않기 때문이다.

3.3 실시간 자동 검사 프로그램 설계

가. CCD 카메라

영상을 입력받는 CCD 카메라에는 크게, Area scan CCD 카메라와 Line scan CCD 카메라가 있다. Area scan 카메라는 CCD 소자가 2차원으로 배열되어 있어 한 프레임에서 한 장의 영상을 감지한다. Line scan CCD 카메라는 CCD 소자를 선형으로 배열하여 만든 것으로 한 순간에 대상 물체의 한 선분에 해당하는 부분의 정보만을 획득할 수 있다. 따라서 전체적인 영상을 획득하려면 대상물체 또는 카메라가 이동을 해야 한다. 본 연구에서는 영상획득 장치들을 분석한 결과로 Sony사의 XC-EI50 Area scan CCD 카메라를 영상 획득용 장비로 결정하였다. 본 연구에서 입력으로 사용되는 양파 표면 영상은 전체적인 색채 정보가 중요하기 때문이다.

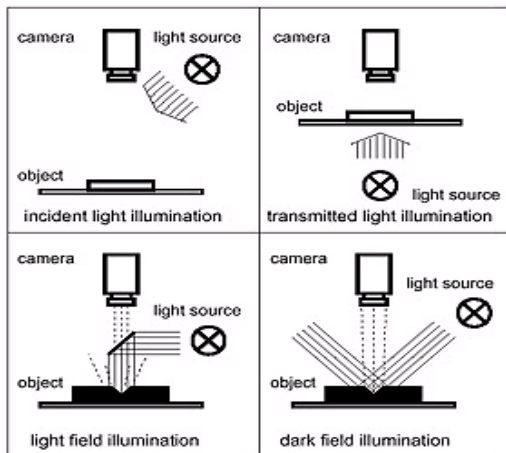


그림 2. 조명 방법들
Fig. 2 Illumination methods

나. 프레임그래버

영상처리 프로그램은 CCD 카메라로부터 전송되는 초당 30프레임의 영상을 입력받아 처리하는 고속 영상처리 프로그램이다. CCD 영상은 프레임그래버에 의해 실시간으로 컴퓨터에 저장되는데, 본 연구에서 사용한 프레임그래버는 MOR/2VD 제품으로서 기존의 DSP보다 10배 이상의 처리속도를 가지고 있으며 초당 30프레임 영상 입력이 가능하다.

카메라를 통해 들어온 아날로그 영상은 Carrier Board의 디코더를 거쳐 디지털화되고 IP 모듈로 전달된다. IP 모듈의 RAM에 저장되어 있는 데이터는 PCI 인터페이스를 이용한 Host Port 인터페이스를 통해 컴퓨터로 저장되어진다.

다. 영상처리 과정

일반적으로 사용되는 영상의 결함을 표현하는 특징에는 결함이 발생한 위치정보, 결함의 최대 또는 최소 밝기, 결함의 면적 또는 둘레 등이 사용된다. 이상적인 특징은 결함의 모양을 정확하고 고유하게 나타낼 수 있어야 한다. 본 연구에서는 각각의 특징에 대해 비교 분석을 하여 본 연구에 적합한 특징 파라미터로 결함의 면적을 사용하였다. 그 이유는 부패 양파의 부패 정도가 면적에 관계되기 때문이었다.

1단계로는 입력된 RGB 영상을 HSI 컬러 모델로 변환하였다. 이는 양파의 부패된 색상의 특성이 채도가 낮은 색채 특성을 보이기 때문이다. 따라서 사물을 색상값(color value), 채도, 명도로 표현하는 HSI 컬러 모델로 1차 변환을 처리한다. 다음의 식 1은 RGB 영상을 HSI 영상으로 변환하는 수식이다[4].

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{1}{3}(R + G + B) \\
 S &= 1 - \frac{3}{(R + G + B)}[\min(R, G, B)] \\
 H &= \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2}[(R - G) + (R - B)]}{\sqrt{(R - G)^2 + (R - B)(G - B)}} \right]
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

만약, $B > G$ 이면, $H = 360^\circ - H$

2단계로 HSI로 변환된 양파 영상에 대해 부패 부분이 가지는 색상 특성을 이용하여 부패 부분의 면적을 계산한다. 부패 부분이 가지는 색상 특성에는 색상, 채도, 명도값을 사용하였다. 다음은 한 픽셀에 대해 부패 여부를 판별하는 알고리즘이다.

```

if ( this pixel > H threshold )
    if ( this pixel > S threshold )
        if ( this pixel > I threshold ) then
            Rotten area = Rotten area + 1;
        else
            Next step;
    
```

알고리즘 1. 부패 판별

Algorithm 1. Rotten Decision

한 픽셀의 값이 색상, 채도, 명도의 임계값을 넘는 경우 부패로 판정하는데, 판정 결과는 다시 2진 영상으로 변환하여 화면에 출력하게 된다. 최종적으로는 분석결과를 양과 자동 배출장치에 통보하게 된다.

IV. 시스템의 구현

4.1 자동 배출장치

본 연구에서 개발한 컨베이어 벨트를 제어하는 제어장치의 작동과정은 다음과 같다. 양파 영상의 분석 결과에 따라 컴퓨터에서 출력장치로 케이블을 통해 값을 보내면 그 값에 따라 Smart actuator가 구동되게 된다. 자동 배출장치에 사용된 actuator는 Dynamixel 제품으로 감속기, driver, control unit 및 네트워크까지 일체형으로 구성되어 있는 모듈형 Smart actuator이다.

표. 1 스마트 액츄에이터 사양
Table 1. Smart actuator Spec.

세부 사양	내용
Resolution	0.35°
Operating Angle	300°, Endless Turn
Protocol Type	Half duplex Asynchronous Serial Communication (8bit,1stop,No Parity)
Link (Physical)	TTL Level Multi Drop (daisy chain type Connector)
communication speed	7343bps ~ 1M bps

작은 크기임에도 불구하고 큰 torque를 낼 수 있고 강한 외력에 견딜 수 있는 특수 재질로 제작되어 있다. 또한 1024단계의 정밀도로 위치와 속도를 제어할 수 있다.

4.2 자동배출 장치 제어 프로그램

본 연구에서는 부패 양파를 자동으로 분리 배출하는 제어기를 조작하는 프로그램을 개발하였다. 이에 대한 개략적인 제어 알고리즘은 다음과 같다. 부패 양파로 판정되고 actuator가 수평을 유지하고 있는 경우에는 actuator를 회전시켜 컨베이어 벨트라인에서 부패 양파를 제거하게 되며, 부패 양파로 판정되고 actuator가 수평을 유지하고 있지 않는 경우에는 actuator를 그대로 둬으로써 컨베이어 벨트라인에서 부패 양파를 제거하게 된다.

이 프로그램은 양파 영상 분석 결과에 따라 양파 자동 배출장치를 제어하는 기능을 갖는데, 부패 양파로 판정된 경우 Smart actuator를 지정한 각도에 도달하도록 회전시켜 컨베이어벨트 라인에서 배출되도록 하는 기능이 있다. 정상 양파인 경우에는 배출 장치를 그대로 유지시켜 벨트라인을 타고 앞으로 계속 진행하게 한다.

```

if( Rotten is TRUE ) then
    if( position is HORIZONTAL ) then
        Move actuator position from 0° to 60°
    else if ( position is UP )
        Next step;
    else
        if( position is HORIZONTAL ) then
            Next step;
        else if ( position is UP ) then
            Move actuator position from 60° to 0°;
    
```

알고리즘 2. 선별 결정

Algorithm 1. Selection Decision

4.3 영상처리 프로그램

본 연구에서는 실시간으로 양파 영상을 획득하여 부패 여부를 판별하는 프로그램을 구현하였다. 컨베이어 벨트 라인을 통해 대상물이 진입하기를 기다렸다가 카메라에 영상이 포착되면 양파 영상을 입력 받는다. 그 후, 입력된 RGB 칼라 영상을 1차로 HSI 칼라 모델로 변환하고, 색상 특성과 파라메타를 사용하여 부패 면적을 계산하게 된다.

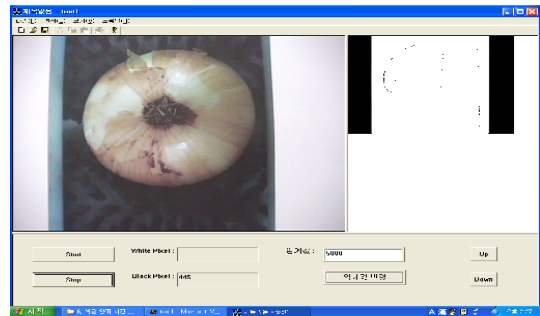


그림 3. 영상처리 프로그램
Fig. 3 Image Processing program

그림 3의 실행 화면에서 좌측에 크게 보이는 양파 모양이 실시간으로 입력이 되는 영상이며, 우측에 흑백으로 보이는 영상이 부패 여부를 면적으로 판별한 결과이다. 양파는 컨베이어벨트에 장착된 브러시에 의해 회전을 하게 되므로 하나의 양파에 대해 전체 면

에 대해 부패 여부를 조사할 수 있게 된다. 본 프로그램에서는 하나의 양파에 대해 총 3장의 영상을 입력받아 분석하였다.

V. 결 론

본 연구에서는 컨베이어벨트 라인에서 빠르게 지나가고 있는 양파의 표면을 입체적으로 고속으로 검사하여 양파의 결함을 자동으로 검출할 수 있는 실시간 자동 표면검사 기계장치를 개발하는 것이다. 이와 같은 목표를 달성하기 위해 연구된 내용은 다음과 같다.

첫째, 실시간으로 양파 영상을 받아들이는 영상처리용 구조물을 설계, 제작하였다. 이 구조물에는 조명장치가 부착되며, 실시간 영상을 받아들이는 CCD 카메라가 설치되었다.

둘째, 실시간으로 양파의 결함을 검사하는 프로그램을 설계하였다. 프로그램은 프레임 그래버로부터 전송되는 초당 30프레임의 영상을 처리하는 고속 영상처리 프로그램으로, 1단계에서는 HSI 컬러 모델로 변환하여 양파의 부패 여부를 명도값과 색상값을 기준으로 분석한 후 다시 양파의 부패 부분을 2진 영상으로 변환하여 부패 면적을 계산하였다. 최종적으로는 분석결과를 양파 자동 배출장치에 통보하게 된다.

참고문헌

- [1] 김기원, 김봉기, "해태 생산라인에서의 실시간 시각검사 시스템", 한국해양정보통신학회논문지, 제 11권 6호, pp1136-1140, 2007.
- [2] Suh. S. H. and J. H. Sung. "Detection of apple defects using machine vision", Journal of the Korean society for agricultural machinery, Vol 22, No 2, pp 217~226. 1997.
- [3] 안호일, "도면 인식 기술", 한국정보처리학회지, 제6권 제4호, pp.60-66. 1999.

- [4] 신종홍, 장선본, 지인호, 디지털 영상처리 입문, 한빛미디어, pp.46-61.
- [5] J. S. Boreczky and L. A. Rowe, "A Comparison of Video Shot Boundary Detection Techniques", Journal of Electronic Images, 5(2), pp. 122-128, April, 1996.
- [6] A. G. Haupmann and M. J. Witbrock, "Story Segmentation and Detection of Commercials in Broadcast News Video", Proceedings of the Advances in Digital Libraries Conference, 1998.
- [7] 이수희, 노상하, "근적외선 영상을 이용한 후지사과의 결점검출에 관한연구", pp169~176, 한국농업기계학회지, 2001
- [8] 서상룡, 성제훈, "컴퓨터 시각에 의한 사과 결점 검출", pp217~226, 한국농업기계학회지, 1997
- [9] Sensors, vol. 3, no. 6, June, 1986.



김기원(Gi-Weon Kim)

1987년 한남대학교 전자계산학과(이학사)
1989년 숭실대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
2001년 한남대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

1996년~현재 초당대학교 컴퓨터과학과 교수

※ 관심분야: 멀티미디어, 실시간 영상처리, 음성인식



양진영(Jin-Young Yang)

1983년 조선대학교 경영학과(경영학사)
1988년 조선대학교 전자계산학과(공학석사)
2002년 목포대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

1997년~현재 초당대학교 컴퓨터과학과 교수

※ 관심분야: TCP/IP, Traffic Control, MMI



김석훈(Seok-Hun Kim)

2003년 한남대학교 컴퓨터공학과
(공학석사)
2006년 한남대학교 컴퓨터공학과
(공학박사)

2007년~2010년 (주)파라곤베이스

2010년~현재 (주)타임시스템

※ 관심분야: 컴퓨터 네트워크, VoIP, 모바일컴퓨팅