

컬러 영상처리를 이용한 사과 결점 판정⁺

Evaluation of Apple Defects using Color Image Processing System

최규홍*	이강진*	최동수*	박보순**
정회원	정회원	정회원	정회원
K.H.Choi	K.J.Lee	D.S.Choi	B. Park

1. 서론

과일의 결점 발생요인은 크게 생리장해와 기계적 손상으로 구분할 수 있다. 기계적 손상은 수확·선별·포장과정에서 나타나는 자상, 압상과 같은 상처를 말하고, 생리장해는 재배 환경이나 병해충에 의해 나타나는 것으로 斑點性障害, 밀증상(Water core), 동녹(Russeting), 열과(cracking) 등이 이에 해당된다. 여기서 병반점장해는 과피 또는 과육에 작은 반점상의 피사 조직이 발생하는 것을 말하고, 이들 대부분은 과일 표면상에 10mm이하의 직경을 갖는 작은 반점으로 나타난다.

사과의 경우, 반점성장해에는 고두병(Bitter bit)이 가장 많고, 탄저병(Bitter rot, Anthracnose), 검은별무늬병(또는 黑星病, Scab), 콜크 스폿트(Cork spot), 겹무늬썩음병(또는 輪紋病, Canker, White rot), 홍옥반점병(Jonathan spot), 렌티셀 브루치 피트(Lenticel blotch pit), 縮果病, 內部褐變(Internal break down) 등 그 종류가 매우 다양하다. 근래에 재배기술과 방제기술의 발달로 결점 발생비율이 줄고 있으나, 해에 따라서는 10~30%의 과일에서 발생되어 막대한 피해를 주고 있다고 보고되고 있다(농촌진흥청, 1993, 1996; 김, 1993).

이와 같은 결점을 갖는 과일은 선별과정 바로 앞에서 여러 사람에 의해 선별(1차선별)되는데, 이를 자동화하기 위한 연구가 오래 전부터 수행되어 왔으며, 분광분석, 영상처리, X-선, 감마선, MRI 등 여러 수단이 이용되고 있다. 이 중에서도 가시광선/근적외선의 정상과 결점과 사이에 반사스펙트럼의 차이로부터 결점과를 분류하는 분광분석기법(Brown et al., 1974; Reid et. al., 1974; Miller and Delwiche, 1991a; Upchurch et. al., 1990a)과 CCD 카메라로 획득된 영상농도 차이를 이용한 영상처리분석기법(Davenel et al., 1988; Delwiche

+ 이 연구는 농촌진흥청 농업기계화연구소와 미국 농무부 농업연구청(USDA, ARS) 사이에 수행되고 있는 한미국제공동연구과제인 “비파괴 과일 품질판정기술개발 (Non-destructive quality evaluation of fruits)”의 일환으로 수행된 것임.

* 농촌진흥청 농업기계화연구소

** Instrumentation & Sensing Lab. NRI/ARS/USDA, U.S.A.

et al., 1990; Miller and Delwiche, 1991b; Upchurch et. al., 1990b)이 가장 널리 이용되고 있다.

그 동안의 연구결과를 종합해보면, 결점을 자동으로 검출하는 과정에서 기술적으로 어려운 점은 첫째, 과일의 결점 종류가 다양하고, 결점부의 크기와 결점정도가 다르므로 정상부와 결점부를 구분하는 기준설정이 단순하지 않다는 점이며, 둘째, 병반점 또는 흠집이 과일의 일정한 부위에 존재하지 않고 혼재되어 있는 관계로 반송 중에 과일을 연속적으로 굴러주는 기구의 추가와 굴림에 의한 손상초래, 처리할 데이터 및 처리소요시간의 증가 등을 들 수 있다.

한편, 과일의 품질평가 인자 중에서 크기와 색깔에 대해서는 국내외적으로 실용화 단계에 있지만, 내외부 결함(defect) 검출에 관한 연구는 국내외적으로 아직 연구 중에 있거나 기술적으로 미해결된 부분이다. 따라서 이 연구는 사과외의 병반점 실시간 처리 선별시스템 개발을 위한 기초연구로서 컬러 영상처리 시스템을 구성하여 병반점 검출 알고리즘 개발을 개발하고자 수행하였다.

2. 재료 및 방법

가. 공시재료

이 시험에 사용된 공시재료는 후지 사과 품종으로서 청과물 도매상에서 구입한 사과로부터 경험이 많은 농촌지도사의 조언과 전문교재(농촌진흥청 1993, 1996)를 참고하여 고두병, 자상이 있는 과일을 선별하여 공시재료로 하였다. 고두병 반점의 크기는 직경이 각각 3mm, 5mm, 10mm이었고, 자상은 장변과 단변의 길이가 12mm, 5mm 이었다.

나. 영상처리시스템

사과의 외부결점 검출을 위해 구성된 영상처리시스템은 조명장치, 카메라, 실시간 영상처리 프로그램 등으로 구성되어 있다.

조명장치는 저온의 고강도 빛을 내는 150W 석영-할로겐 광원 및 전원 (KLS-150H, Kwangwoo Int'l Co.), Fiber optic light guide(KLG-L100F-100, Kwangwoo Int'l Co.), 조명챔버로 구성되어 있고, 광원의 빛이 광화이버에 의해 조명챔버 내부에 설치된 라인형 광섬유 라이트 가이드로 전달되며, 빛이 시료에 고르게 조사되도록 45°되게 고정하였다. CCD 컬러 카메라(TMC-9700 Progressive Scan Color Camera, PULNiX Inc.)의 CCD 센서의 크기는 8.8×6.6mm이고, 이 이미지 센서는 수평방향 525라인의 실해상도를 갖고, 768(수평)×484(수직)개의 Progressive scan 방식으로서 인터라인 전달 CCD에 의해 고속 전자 셔터링의 기능을 갖고 있다. 카메라로부터 획득된 영상은 프레임 그래버(PICOLO Pro, Euresys s.a., Belgium)의 입력라인을 통해 컴퓨터로 보내지며, 아날로그 영상신호는 컴퓨터의 확장슬롯에 삽입된 PCI 인터페이스형 프레임 그래버에 의해 디지털신호로 변환된다.

다. 소프트웨어 및 결점검출을 위한 알고리즘

사과의 병반점별 영상 데이터로부터 특징을 찾고자 현재 널리 활용중인 영상분석소프트웨어(Image-Pro PLUS, Media Cybernetics)에서 제공되는 여러 함수를 이용하였다.

또한 선별라인에서의 적용을 전제로 Windows 95용 영상처리프로그램을 개발하였다. 이 프로그램은 실시간 영상획득과 획득한 영상의 처리 및 분석을 위한 것으로서 이미지 분할, 이진화, 히스토그램, 메시(Mesh) 만들기 및 메시별 특징값 출력 등 기본적인 영상처리 함수들을 제공한다. 프로그램을 위해 사용된 언어는 마이크로 비주얼C++(Microsoft Co., Roselle,IL)이다.

그림1은 영상데이터로부터 결점과를 유추해내는 절차를 나타낸 것이다. 카메라에 의해 획득된 원시 영상의 크기는 640×480 (307,200 pixels)이고, 이 영상은 배경영상의 값을 0으로 만들어 배경영상으로부터 사과만을 추출하고, 이 가운데 꼭지부분을 분리한 후 20×20 로 메시화하였다. 각 메시의 크기는 400pixels 정도이고 실제로 측정된 면적은 $4 \times 4\text{mm}^2$ 이었다.

이 연구에서는 각 메시내 화소들의 평균 영상농도(gray level)를 계산하여 이를 대표치 또는 특징점으로 하였다. 한편 영상처리를 통해 얻을 수 있는 색상정보는 Red(R), Green(G), Blue(B)와 R G B로부터 환산한 Luminosity(L) 4개의 프레임을 이용하여 분석하였다.

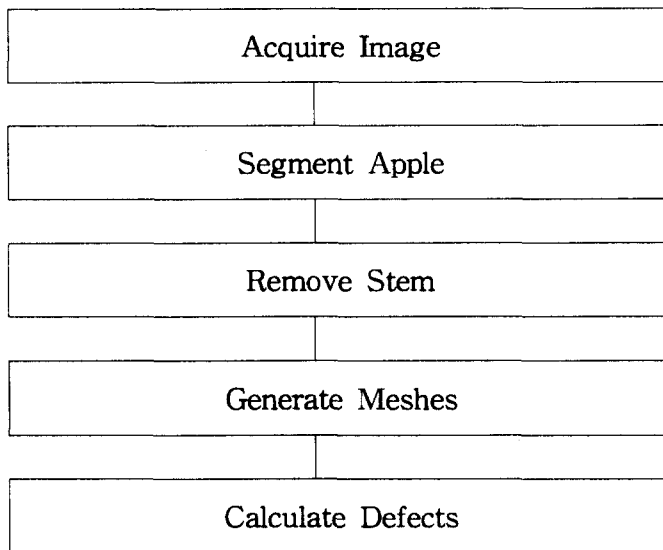


Fig. 1. Flow chart of the algorithm for detection of apple defects.

3. 결과 및 고찰

그림 2(a)는 병반점 크기가 10mm인 사과와 영상의 영상이고, 그림 2(b)와 그림 2(c)는 각각 2차화 영상과 히스토그램을 나타낸 것이다. 또한 그림 2(d)는 꼭지를 제거한 영상이고, 그림 2(e)는 10×10 메시화한 결과이다.

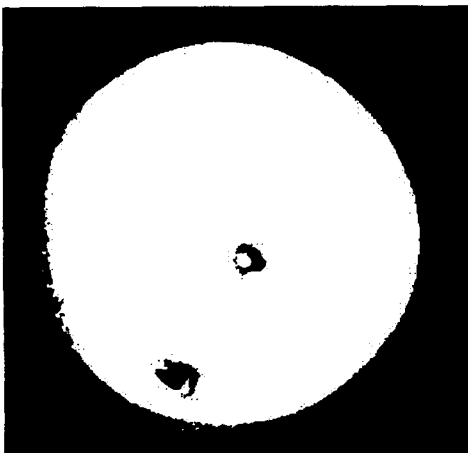
이 연구에서는 20×20 메시화하여 출력된 L, R, G, B 데이터를 이용하였고, 영상처리시스템으로부터 산출된 결점부의 면적은 96mm²인데 비해, 실측 면적 78.5mm²보다 22%정도 크게 측정되었다. 여기서 도입한 메시화하여 영상을 분석할 경우, 측정오차는 메시 크기에 좌우되고, 전체 화소를 처리하는 경우에 비해 정밀도는 떨어질 것으로 예상된다. 하지만 Sobel, Gradient, Robert 등의 윤곽추출 알고리즘을 사용할 때 보다는 처리시간을 크게 단축시킬 수 있을 것으로 판단된다.

영상처리를 이용한 표면결점 검출시 결점부와 정상부 간의 영상농도 차이가 크면 클수록 이를 구분하는 경계값(threshold) 결정이 용이하다. 그러나 과일 형상에 의한 광 반사율이 불균일하고 정상부와 결점부 간의 영상농도 차이가 크지 않은 경우가 많고 그 면적에 현저한 차이가 있다. 따라서 Miller 등(1991b)은 복숭아의 결점검출연구에서 근적외선 영역에서는 하나의 경계치를 이용한 반면에 가시광선에서는 한 개 이상의 경계값을 이용하여 결점부 면적을 구하였다.

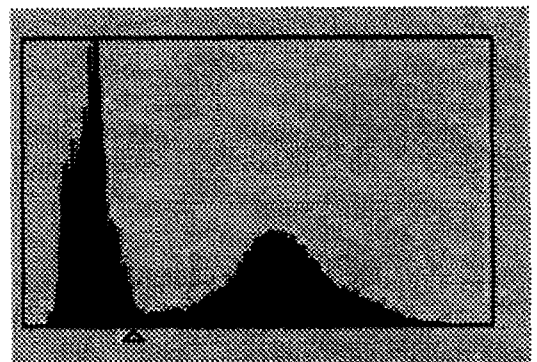
이 연구는 아직 충분한 시험이 이루어지지 않은 상태이며, 지금까지 도출된 문제점 즉, 시료로부터 반사광(Glare or Specular)를 최소화하는 조명부분, 과일 결함의 특징점을 고려한 메시 크기 결정 등을 보완하여 금후 본 실험을 수행할 계획이다.



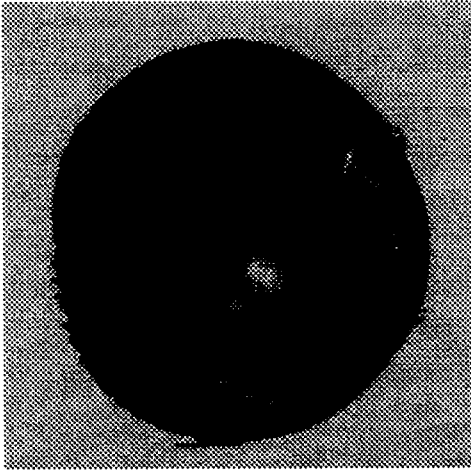
(a)



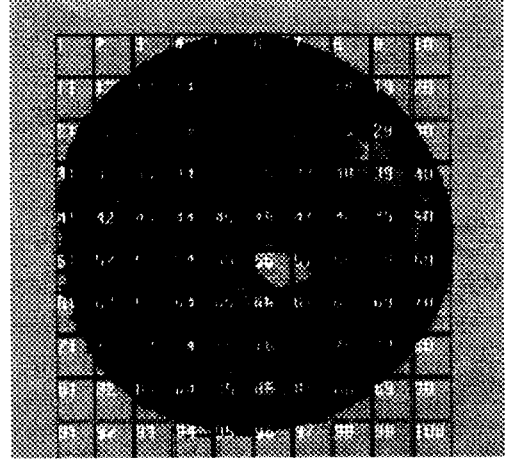
(b)



(c)



(d)



(e)

Fig. 2. Example of preprocessing. (a) is the image before any preprocessing; (b) is the image after the background is removed; (c) is the gray-level histogram; (d) is the image after the stem is removed; (e) is the image after the mesh is generated.

5. 요약 및 결론

이 연구는 사과 결점의 실시간으로 검출할 수 있는 선별시스템 개발을 위한 기초연구로 수행되었다. Progressive CCD 카메라, 프레임 그라버 및 조명장치 등으로 구성된 컬러 영상처리시스템을 제작하였으며, 표면결점 검출을 위한 Windows 95용 영상처리프로그램을 개발하였다.

영상분석 알고리즘은 원시 영상으로부터 배경제거 및 사과 추출, 꼭지부분 제거, 메시화 및 결점부 면적계산 순서로 행하여지며, 메시 하나의 크기는 400pixels이고 실측 면적은 $4 \times 4\text{mm}^2$ 이었다. 또한 각 메시내 화소들의 평균 영상농도(gray level)를 계산하여 이를 대표치 또는 특징점으로 하였다.

사과 결점부의 면적을 본 연구에서 개발된 영상분석 알고리즘으로 산출한 면적이 실측 면적보다 22%정도 크게 나타났다.

5. 참고문헌

1. 농촌진흥청. 1993. 과수병해 원색도감
2. 농촌진흥청. 1996. 표준영농교본-5 [사과재배]

3. 김몽섭. 1993. 사과 고두병의 증상과 방지대책. 농촌진흥청 연구와지도 33(4): 30-34
4. Brown, G. K., L. J. Segerlind and R. Summit. 1974. Near-infrared reflectance of bruised apples. Transactions of the ASAE 17(1): 17-19.
5. Davenel, A., C. Guizard, T. Labarre and F. Sevila. 1988. Automatic detection of surface defects on fruit by using a vision system. Journal of Agricultural Engineering Research 41(1): 1-9.
6. Delwiche, M. J., S. Tang and J. F. Thompson. 1990. Prune deflection by line-scan imaging. Transactions of the ASAE 33(3): 950-954.
7. Miller, B. K. and M. J. Delwiche. 1991a. Spectral analysis of peach surface defects. Transactions of the ASAE 34(6): 2509-2515.
8. Miller, B. K. and M. J. Delwiche. 1991b. Peach defect detection with machine vision. Transactions of the ASAE 34(6): 2588-2597.
9. Nelson, L. J. 1997. Simple, low-noise multispectral imaging for agricultural vision and medicine. Advanced Imaging, November : 65-67
10. Reid, W. S. 1976. Optical detection of apple skin, flesh, stem and calyx. Journal of Agricultural Engineering Research 21: 291-295.
11. Upchurch, B. L., H. A. Affeldt, W. R. Hruschka, K. A. Norris and J. A. Throop. 1990a. Spectrophotometric studies of bruises on whole red delicious apples. Transactions of the ASAE 33(2): 585-589.
12. Upchurch, B. L., J. A. Throop and D. J. Aneshansley. 1994b. Influence of time, bruise-type, and severity on near-infrared reflectance from apple surfaces for automatic bruise detection. Transactions of the ASAE 37(5): 1571-1575.