
칼라팔레트의 불량 식별을 위한 영상처리 시스템 구현

김경민* · 박중조** · 송명현***

Implementation of Image Processing System
for the Defect Inspection of Color Polyethylene

Kyoung-min Kim* · Joong-Jo Park** · Myung-Hyun Song***

요 약

본 논문에서는 영상 처리 기법을 이용하여 칼라 팔레트 외형상의 불량품을 식별하는 연구를 수행하고자 한다. 먼저 기본적인 팔레트 자동선별시스템의 필요성에 대해 기술하며, 각 샘플링된 팔레트에 대해 영상처리 기법을 이용한 불순물 검출 알고리즘을 제안하고자 한다. 또한 이를 상용화할 수 있도록 윈도우환경의 비전처리 프로그램을 제시하였다. 끝으로 본 연구에 대한 평가와 앞으로의 연구과제에 대해 기술하고자 한다.

ABSTRACT

This paper deals with inspect algorithm using visual system. One of the major problems that arise during polymer production is the estimation of the noise of the color product.(bad pallets) An erroneous output can cause a lot of losses (production and financial losses). Therefore new methods for real-time inspection of the noise are demanded. For this reason, we have presented a development of vision system algorithm for the defect inspection of PE color pallets. First of all, in order to detect the edge of object, the differential filter is used. And we apply to the labelling algorithm for feature extraction. This algorithm is designed for the defect inspection of pallets. The labelling algorithm permits to separate all of the connected components appearing on the pallets. Labelling the connected regions of a image is a fundamental computation in image analysis and machine vision, with a large number of application.

Also, we suggested vision processing program in window environment. Simulations and experimental results demonstrate the performance of the proposal algorithm.

키워드

Polyethylene, Vision system, Labeling algortihm, Pallet, Defect Inspection

*여수대학교 전자통신 및 전기공학부

**경상대학교 전기전자공학부

***순천대학교 전기제어공학과

접수일자 : 2001. 11. 7

1. 서론

폴리에틸렌(PE)은 현재 세계에서 가장 많이 보급된 합성 고분자 물질로서 일상생활에서 많이 쓰이고 있다. 주요용도는 농업용 하우스필름에서부터 각종 포장재, 신발과 같은 생활 소재 분야는 물론 전선 피복재와 자동차 등 산업용 분야에 이르기까지 광범위한 분야에서 사용되고 있으며, 또한 인공관절내의 윤활면, 자동차 기름통 등과 같은 고부가 제품 등에도 널리 쓰이고 있다.[6]

현재 이 폴리에틸렌을 생산하는 화학공장에서는 제품의 품질 향상과 불량율을 줄이기 위해서 연구개발에 많은 노력을 투입하고 있는 실정으로 볼 때, 화학 제품의 품질 고급화를 위해서는 제품의 물성적인 특성이 우수해야하고 제품의 내·외부에 결함이 없어야 한다. 그렇지만 이들 제품은 공정의 복잡성과 제품의 특성상 제조과정에서 팔레트 결함이 생기고 있는 실정이다.

품질고급화를 위한 검사 방법으로써 지금까지 다양한 연구가 진행되어 왔으며, 특히 그 중 현재의 팔레트 자체의 불량품 검사방법은 사출이나 압축에 의해 생산되는 최종제품의 평가를 위해서 팔레트를 프레스로 압축·제조된 검사용 샘플을 전문가의 식안에 의해서 평가가 되기 때문에 평가결과에 대한 객관성이 떨어지고, 이해하는대는 상당한 주의가 필요하다. PE에 대한 물성검사는 기본 물성검사와 열적인 물성, 기계적 물성 그리고 기타 물성에 대한 평가가 이루어지고 있다. 이에 본 논문에서는 비전시스템을 이용하여 팔레트 외형상의 불량을 식별하는 실험을 수행하고자 한다. II장에서는 기본적인 팔레트 자동선별시스템에 대해 기술하며, 각 샘플링된 다양한 색상의 팔레트에 대해서 영상처리기법을 이용한 흠 검출 및 라벨링 알고리즘을 제안하고자 한다. 또한 이를 상용화할 수 있도록 윈도우환경의 비전처리 프로그램을 제시하였다. III장에서는 제안하고자하는 방법에 의한 실험과 그 결과를 제시하였으며, 끝으로 IV장에서는 본 연구에 대한 평가와 앞으로의 연구과제에 대해 기술하고자 한다.

II. 비전 처리 시스템

폴리에틸렌의 종류는 크게 2-4종류로 분류시킬 수가 있으나, 각 종류 안에서도 공정별로 큰 차이가 있음

은 물론 각 제조업체의 기술별로 많은 차이점을 보이고 있다. 그러나 폴리에틸렌 중합의 개괄적인 차원에서 살펴보면 공정상 주요 부분공정은 대동소이하며 각 공정중 대표적인 공정은 다음과 같다. 그림 1은 고압공정을 도시한 그림이며, 저압 분리기를 통해 통하여 분리되어 나온 폴리에틸렌은 후처리공정을 거친 다음 압출기를 거쳐 팔레트상으로 절단되어 제품으로 포장된다. 본 연구에서는 압출기를 통해 사출된 팔레트를 임의 샘플링하여 불량유무를 판별하도록 하는데 있다.[6]

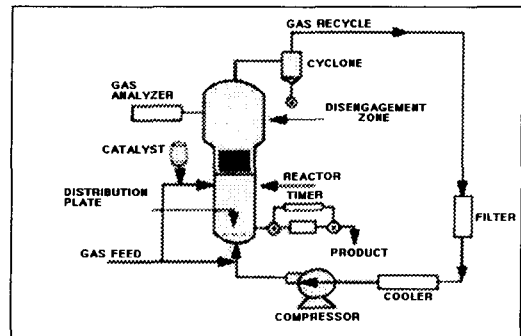


그림1 유동상 저압법에 의한 고밀도 PE 중합
Fig. 1 High Density PE of Low Pressure

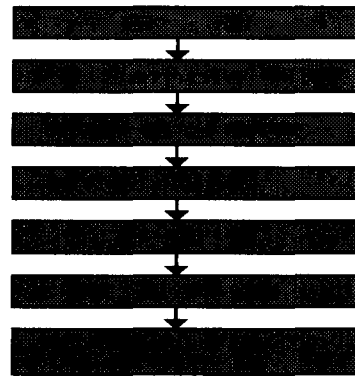


그림2 비전부 데이터 처리 순서도
Fig. 2 Flow chart for vision part

절단된 팔레트는 정해진 시각에 임의 추출하여 이를 비전처리 시스템으로 전해지며, 비전처리 시스템에서는 실시간으로 팔레트의 이상유무를 영상처리기법으로 판별하게 된다. 그리고 이 결과를 관리자와 외부

로 통신모듈을 통해 전해지도록 하였다. 그림 2는 비전처리 시스템부에서의 영상 처리과정에 대한 순서도이다. 전처리과정은 단순한 윤곽선추출기법을 사용하였으며, 윤곽선이 강조된 영상에 직접 라벨링을 적용하며, 라벨링된 패턴을 이용하여 각 샘플 즉 팔레트의 특징량을 구하고자 하였다. 또한 팔레트의 특징량으로는 Area, Perimeter, Int. Dendity, Mean Level, Max Level, Std. Level 등이 있다. [1]~[5]

III. 실험결과 및 검토

본 실험은 다양한 색상을 가진 같은 제품에서 불순물이 함유된 제품을 식별하는 것이다. 실험 재료로는 PE(polyethylene)로써 특히 고전압 전원 cable에 사용되는 내선절연체이며, 이 제품을 그대로 사용하는 것이 아니라 이 상태에서 가공하여 피복절연부분에 삽입함으로써 절연효과를 향상시키는 물질이다. 실험에 사용된 취득 영상의 크기는 640×480이며, 256레벨을 가지며, 총 실험 데이터는 27으로 흠을 가진 여러 가지 색깔의 팔레트를 포함하는 영상으로 취득하였다. 취득한 영상에서 관심부분은 불순물의 유무 검출과 각기 다른 색의 팔레트에서의 불순물 검출 정도와 또한 작은 흠의 검출 그리고 에지에 주위에 있는 불순물의 검출 정도를 실험의 주안점으로 하였다.

그림 3~16은 제조 공정 과정중 임의의 시간에 임의로 샘플링 되어진 여러 가지 색의 PE영상을 나타낸다. 여기서 그림 3~6은 빨강 PE영상이고, 그림 7~10은 노랑, 그림 11~15는 분홍, 그리고 그림 16은 모양이 일그러진 녹색 PE 영상을 나타낸다.

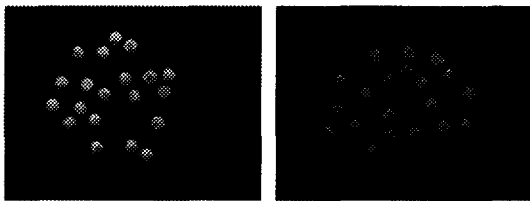


그림3 PE1 영상
Fig. 3 PE1 Image

그림4 PE2 영상
Fig. 4 PE2 Image

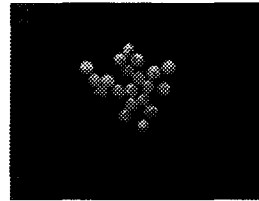


그림5 PE3 영상
Fig. 5 PE3 Image

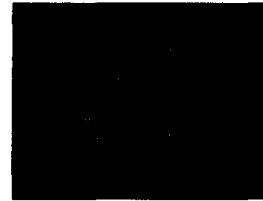


그림6 PE4 영상
Fig. 6 PE4 Image

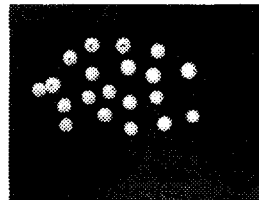


그림7 PE5 영상
Fig. 7 PE5 Image

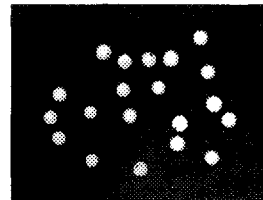


그림8 PE6 영상
Fig. 8 PE6 Image



그림9 PE7 영상
Fig. 9 PE1 Image

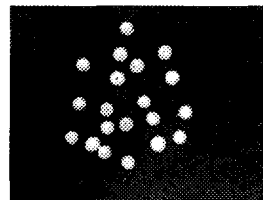


그림10 PE8 영상
Fig. 10 PE8 Image

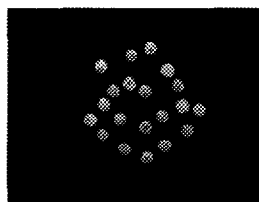


그림11 PE9 영상
Fig. 11 PE9 Image

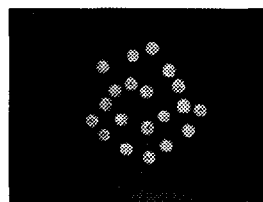


그림12 PE10 영상
Fig. 12 PE10 Image

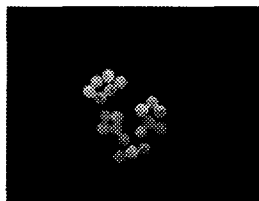


그림13 PE11 영상
Fig. 13 PE11 Image

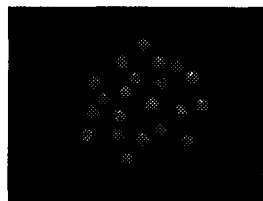


그림14 PE12 영상
Fig. 14 PE12 Image

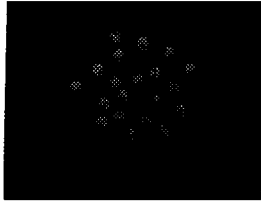


그림 15 PE13 영상
Fig. 15 PE13 Image

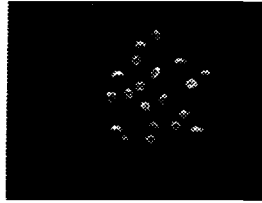


그림 16 PE14 영상
Fig. 16 PE14 Image

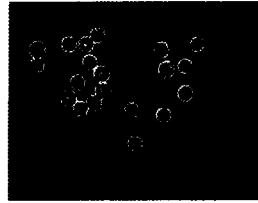


그림 23 PE7 에지영상
Fig. 23 PE7 Image

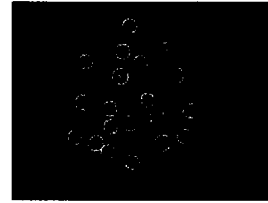


그림 24 PE8 에지영상
Fig. 24 PE8 Image

흙 추출을 위한 실험은 중앙에서 획득한 원영상을 filter로 이용하는 등의 외부적으로 처리하는 과정을 생략하고 noise를 검출할 수 있도록 하였다. 마스크의 응답에 해당하는 중심값을 변화시켜, 배경과 다른 명암도를 가진 화소들은 흰색으로 나타내고 비교적 배경보다 비슷한 명암도를 가지는 불순물은 검은색으로 나타나다도록 하였다. 편의상 noise가 존재하는 팔레트만을 선정하여 실험영상으로 사용하였으며, 전처리 과정은 일차미분 연산자를 이용하여 윤곽선을 추출하였으며, 그림17~30에 그 결과를 도시하였다.

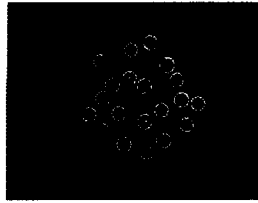


그림 25 PE9 에지영상
Fig. 25 PE9 Image

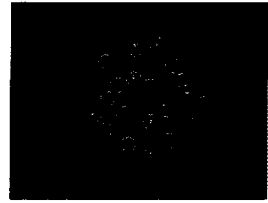


그림 26 PE10 에지영상
Fig. 26 PE10 Image



그림 17 PE1 에지영상
Fig. 17 PE1 Image



그림 18 PE2 에지영상
Fig. 18 PE2 Image



그림 27 PE11 에지영상
Fig. 27 PE11 Image



그림 28 PE12 에지영상
Fig. 28 PE12 Image



그림 19 PE3 에지영상
Fig. 19 PE3 Image



그림 20 PE4 에지영상
Fig. 20 PE4 Image

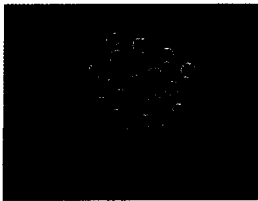


그림 29 PE13 에지영상
Fig. 29 PE13 Image

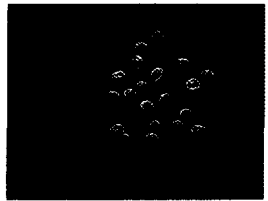


그림 30 PE14 에지영상
Fig. 30 PE14 Image

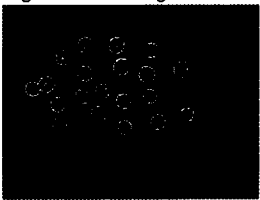


그림 21 PE5 에지영상
Fig. 21 PE5 Image

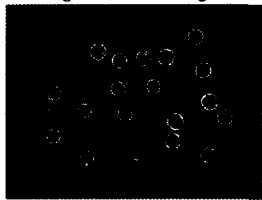


그림 22 PE6 에지영상
Fig. 22 PE6 Image

그림 2에서와 같이 Major Axis Length, Minor Axis Length, Feret Diamet 등의 특징량을 윤곽선 추출 후 이치화 과정을 거치지 않고 바로 라벨링을 수행하였다. 이는 문턱치 처리를 할 경우에는 라벨링시 팔레트안에 존재하는 noise를 감지하지 못하거나 하나의 패턴으로 인식하여 불량팔레트를 선별하는데 어려움이 존재하기 때문이다. 표 1과 2는 각각의 영상에서 라벨링한 후 추출된 특징량들을 나타낸다. 본 실험에

서 사용되어진 특징량들은 Area, Int. Density, Mean Level, Max Level, Std. Dev. 등의 5종류의 형상 측정자(shape measure)들만 사용하였다.

표 1 PE1영상내 라벨링 PE패턴에 대한 특징량
Table 1 The Feature value for labeling PE pattern

Object	Area	Int. Dens.	Mean Level	Max Level	Std.Dev.
Mean	648.32	1575.09	2.27	81.14	12.76
Std. Dev.	218.34	2666.20	3.93	121.57	20.22
#1	701.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#2	700.00	6300.00	9.00	255.00	46.43
#3	666.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#4	789.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#5	772.00	6176.00	8.00	255.00	43.38
#6	640.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#7	703.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#8	689.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#9	708.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#10	721.00	5047.00	7.00	255.00	42.91
#11	770.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#12	660.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#13	746.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#14	713.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#15	829.00	4145.00	5.00	255.00	35.10
#16	819.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#17	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#18	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#19	646.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#20	581.00	4067.00	7.00	255.00	41.77
#21	779.00	779.00	1.00	255.00	15.80
#22	626.00	8138.00	13.00	255.00	55.37

한 영상내 팔레트의 개수 즉 Area가 500 이상인 라벨링된 패턴의 수와 동일하며, 이는 표 1에서와 같이 라벨링이 정상적으로 진행되었다는 것을 암시한다. 각각의 특징량에 대한 전체 패턴의 평균과 분산값이 제시되어 있으며, PE1영상은 noise를 포함한 팔레트가 7개 존재하는 영상으로 표 1에서와 같이 Int. Density가 상대적으로 정상적인 것 보다 큼을 알 수 있다. Mean Level, Max Level, 그리고 Std. Dev.도 역시 정상적인 팔레트의 값과 평균값보다 상대적으로 큰 값을 가진다. 특히 Int. Density값은 뚜렷한 차이값을 보임으로 다른 특징량을 고려하지 않더라도 noise 유무를 판별할 수는 것을 본 실험을 통해 입증하였다.

표 2 PE5영상내 라벨링 PE패턴에 대한 특징량
Table 2 The Feature value for labeling PE pattern

Object	Area	Int. Dens.	Mean Level	Max Level	Std. Dev
Mean	679.69	3370.92	3.38	68.65	14.44
Std.Dev.	465.69	6203.91	6.42	115.35	25.00
#1	812.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#2	768.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#3	874.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#4	931.00	5586.00	6.00	255.00	37.88
#5	693.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#6	838.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#7	852.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#8	825.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#9	771.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#10	818.00	8998.00	11.00	255.00	50.93
#11	1840.00	12880.00	7.00	255.00	42.66
#12	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#13	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#14	1037.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#15	872.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#16	1051.00	9459.00	9.00	255.00	48.23
#17	1046.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#18	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#19	877.00	12278.00	14.00	255.00	57.46
#20	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#21	858.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#22	987.00	18753.00	19.00	255.00	67.19
#23	895.00	19690.00	22.00	255.00	71.12
#24	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#25	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00
#26	10.00	0.00	0.00	0.00	0.00

표 2는 PE5영상을 윤곽선 추출 후 라벨링하여 추출된 각각의 패턴 즉 팔레트에 대한 특징량을 도시하였다. 이 영상에는 noise가 포함된 팔레트가 7개 존재한다. 이전과 동일하게 Area, Int. Density, Mean Level과 Max Level, Std Level에서 팔레트의 특징량을 분별할 수 있다. 또한 여기에서도 Int. Density의 평균값을 기준으로 상당한 차이를 보이고 있어 이 또한 쉽게 구별 가능함을 실험을 통해 입증하였다. 또한 노랑색, 적색의 색상에 무관하게 구별할수 있음을 이 실험을 통하여 입증하였다.

PE9영상과 PE10영상은 살색을 가진 팔레트를 가지고 실험을 하였다. PE9는 자연광의 조명상태에서, PE10은 조명장치가 있는 상태에서 취득하였다. 실험 결과 PE10은 팔레트의 컬러색상의 반사로 인해서 좋은 영상을 취득하기가 어려웠으며, 따라서 반사를 줄이기 위해서 자연광의 상태에서 영상을 취득하였고, 그 결과 좋은 결과를 얻을 수가 있었다. PE14는 팔레

트 자체의 모양이 좋지 못하여서 흠을 검출하는데 실패하였고, 에지에 흠이 있는 팔레트는 에지 검색시 흠을 에지와 같이 인식하였기에 검색의 어려움이 있었다. 또한 그림 23, 27에서 보는 것과 같이 팔레트가 붙은 영상은 하나의 팔레트영상으로 취급하므로 검출하기가 어려웠다.

N. 결론 및 앞으로의 연구

본 연구에서는 폴리에틸렌 화학공정과정에서 생산되는 팔레트의 불량품 유무 및 선별을 위한 비전처리 시스템을 제안하였다. 영상 취득시의 문제점은 조명조건으로, 본 연구에서는 실험실 환경에서 가장 최적의 상태를 조절하여 영상 취득하였기 때문에, 실제 현장 적용시에는 공장내의 조도를 고려하여 영상 처리시스템을 설치하여야 한다.

임의 추출된 샘플영상들에 대해 윤곽선 추출과정을 거쳐 라벨링을 이용한 특징량 추출, 그리고 이를 통한 noise 유무를 실시간으로 구축할 수 있도록 본 실험을 통해 입증하였다. 또한 윈도우환경의 S/W를 개발하여 영상 처리 모듈화하여 관제 시스템부와 통신이 가능하도록 하였다. 그러나 단순한 noise 유무판별에서 더 나아가 noise의 크기에 따른 등급을 요구할 시에는 좀더 많은 단계의 처리과정을 거쳐야 할 것으로 사료되며, 이에 대한 연구를 계속 수행하고 있다. 또한 팔레트의 겹침 부분에 대한 연구에 대해서는 계속 수행되어져 할 것으로 여겨진다

참고문헌

- [1] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods "Digital Image Processing", Addison - Welsley Publishing Company,
- [2] Milan Sonka, Vaclav Hlavac and Roger Boyle "Image Processing, Analysis and Machine Vision"
- [3] 김경민, 박중조, "냉연 강판의 개별 흠 분리를 위한 고속 레이블링에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회논문집, pp. 3056~3059, July, 2000.
- [4] 김경민, 박귀태 외, "유전 알고리즘을 이용한 이진 트리 분류기의 설계와 냉연흠 분류에의 적용", 제

어자동화시스템 공학회 논문지, Vol. 6, No.1, pp. 98~103, Jan., 2000

- [5] 김경민 외, "신경 회로망을 이용한 냉연 표면흠 분류를 위한 계층적 분류기의 설계", 제어 자동화시스템 공학회 논문지, Vol. 4, No.4, pp 400~505, 1998
- [6] 한화고분자기술대학자료집, 한화화학그룹.



김경민(Kyoung-min Kim)

1988, 1991, 1996년 고려대 전기공학과 졸업, 석사, 박사.

1997년~현재 여수대학교 전기공학과 조교수.

※관심분야 : 신호처리 및 컴퓨터비전, 퍼지 및 신경회로망 응용.



박중조(Joong-jo Park)

1981, 1983, 1995 고려대 전기공학과 학사 석사 박사.

1996년~현재 경상대학교 전기전자공학부 부교수.

※관심분야 : 컴퓨터비전, 패턴인식, 퍼지 및 신경회로망.



송명현(Myun-hyun Song)

고려대 전기공학과 학사 석사 박사.

1988년~ 현재 순천대학교 전기 제어공학과 교수.

※관심분야 : 제어 시스템, 퍼지, 및 신경회로망 제어, 시스템 설계