

텍스처 분석 방법을 이용한 필름 결함 검사 시스템

한종우*, 손형관*, 노재현*, 최영규*

*한국기술교육대학교 컴퓨터공학부

e-mail: hanu@kut.ac.kr, sonsizi@kut.ac.kr, rnojae@kut.ac.kr, ykchoi@kut.ac.kr

A Film Inspection System based on Texture Analysis Technique

Jong-Woo Han*, Heong-Kwan Son*, Jae-Hyun NO*, Young-Kyu Choi*

*Korea University of Technology and Education, School of Computer Science and Engineering

요 약

본 논문에서는 공압출 다층 필름 제조공정에서 수지의 품질에 영향을 주는 외관상의 결함을 검사하는 비전 시스템을 제안한다. 필름 생산 과정에서는 흑점이나 주름 등을 포함한 다양한 결함이 발생할 수 있는데, 명암이 명확히 구별되는 결함도 있지만 그렇지 않은 결함들은 필름의 특성에 의해 검출 및 분류가 어려운 경우가 많다. 제안된 논문에서는 전체 검사시스템의 소개와 함께 결함의 종류 분류와 검출 및 분류 방법을 제안하는데, 특히 애매한 결함의 구분을 위해 지역적 이진패턴(LBP)에 기반한 텍스처 분석 방법을 이용한다. 실험을 통해 제안된 시스템 및 방법이 필름 생산과정의 다양한 결함들을 잘 검출하고 분류하는 것을 알 수 있었다.

1. 서론

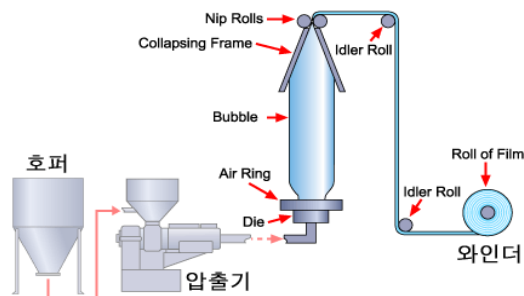
공압출 다층 필름 제조공정에서 생산되는 필름은 산업용 및 식품포장에 널리 활용되는데, 일반적으로 0.25mm이하의 두께의 비닐 형태로 생산된다. 이러한 공압출 필름 제조공정은 비교적 설비비가 저렴하고, 기기운용이 쉬우며, 좁은 공간을 차지하는 등의 다양한 장점이 있어 캐스트 필름(Cast Film) 공정과 더불어 가장 많이 사용되는 필름 생산 방법의 하나이다 (그림 1).

이러한 공정으로 생산되는 필름에는 주변환경의 여러 요인들에 의해 주름이나 구김현상, Gel, Fish-Eye, 흑점, 얼룩 등 다양한 형태의 결함이 발생할 수 있다. 예를 들어, 버블의 불균형이나 안정판의 비대칭 및 인취롤의 기울어짐 등에 의해 주름이 발생할 수 있고, 탄화물의 유입으로 인해 흑점 결함이 발생할 수 있다. 또한 외부 이물질의

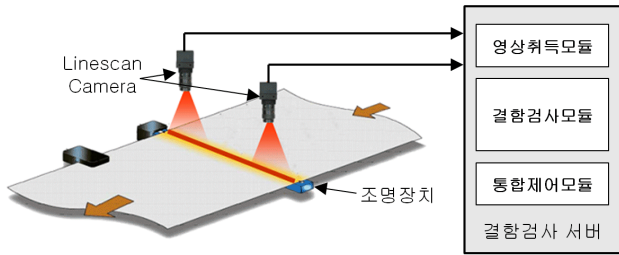
유입이나 가이드롤 불량 등에 의해 얼룩이나 streak 등의 결함들이 발생하게 된다. 본 논문에서는 이러한 공압출 다층 필름 제조 공정에서 발생하는 다양한 결함들을 자동으로 검출할 수 있는 검사 시스템을 제안한다.

2. 검사 시스템 구축

그림 2는 검사 시스템의 구조를 나타낸다. 필름이 일정한 속도로 움직이므로 카메라는 라인스캔 방식을 사용한다. 이에 따라, 그림과 같이 일자형 조명을 이용하는데, 이러한 조명은 LED를 이용하여 제작되며, 라인스캔 카메라의 특성에 따라 매우 안정적인 직류 전원을 공급할 수 있는 전원 공급장치가 필요하다. 검사 대상 필름의 폭은 1.5m이며, 두 대의 카메라를 장착하여 전체 영역을 검사



(그림 1) 공압출 다층필름 제조 시스템



(그림 2) 필름 결함 검사 시스템 구성

하게 되는데, 각 카메라의 FOV는 각각 80cm로 설정하였다. 결함검사 서버는 각 카메라로부터 들어오는 신호를 영상으로 변환하는 모듈과 결함검사 모듈 및 통합제어 모듈로 구성되어 있으며, 검사 알고리즘은 결함검사 모듈에서 처리된다. 라인스캔 카메라의 해상도는 2048이며, 결함검사 알고리즘은 2048 라인의 영상(2048x2048)에 대해 처리하도록 하였으며, 카메라의 샘플링 속도는 필름의 생산 속도를 고려하여 8K로 설정하였다. 이렇게 하여 영상내의 각 화소의 실제 크기가 가로와 세로 모두 0.4mm내외가 되도록 설정하였다.

3. 결함 검사 방법

취득된 영상에서 결함을 검출하기 위한 과정은 크게 두 부분으로 나눌 수 있는데, 결함이 있는 영역을 추출하는 과정(Detection Process)과, 검출된 결함을 정확히 분류하는 과정(Classification Process)이 필요하다.

3.1 결함 검출 과정 (Detection Process)

결함 영역을 검출을 위해 먼저 검사할 결함에 대한 정의가 필요한데, 본 시스템에서는 실제 현장의 요구를 반영하여 Dark Spot, Inclusion, Fish-eye, Gel, Wrinkle을 검사 대상 결함으로 정의하였다. 이들 결함 종류의 특성을 분석한 결과 A그룹(Dark Spot, Inclusion)의 경우 명암의 차이가 비교적 크고 정상 영역에 비해 어둡게 나타나는 특징이 있으며, 나머지 결함(B그룹)의 경우 상대적으로 명암의 차이가 크지 않으며 일정한 텍스처의 형태로 나타나는 것을 알 수 있었다.

이러한 고찰을 바탕으로 결함 검출 알고리즘을 구성하였는데, 명암의 차이가 크고 어두운 결함은 연결화소 분석법을 사용하여 이진화 문턱치의 미세조절이 필요 없이 안정적으로 결함 블롭을 추출할 수 있었다.

두 번째 그룹의 결함을 위해서는 에지 기법을 사용하였는데, 영상에서 Soble 연산자를 사용하여 에지의 강도를 먼저 추출하고, 강도가 큰 에지 영역을 결함 영역으로 정의하였다. 이때, 모폴로지의 팽창 필터를 사용하여 가까운 에지 영역들이 연결될 수 있도록 하였다. 이렇게 추출된 결함 영역에 대한 분석과 분류는 다음 단계에서 이루어진

다.

3.2 결함 분류 과정 (Classification Process)

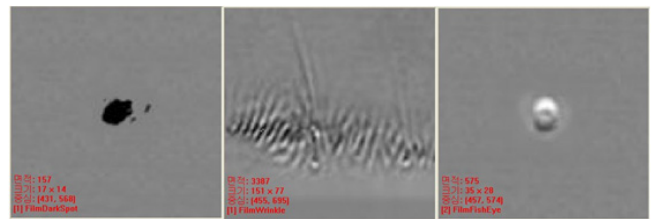
A그룹의 결함으로 검출된 영역은 탄화물의 유입등에 의해 생긴 흑점(Dark Spot)이거나 벌레등의 삽입으로 발생된다. 검출된 결함에서 이들을 구분하기 위해 형태 복잡도(compactness)를 이용하였는데, 블롭의 면적과 둘레를 이용하여 복잡도를 계산하였다. 이는 흑점의 경우 경계가 복잡하지 않고 완만하며, 벌레의 경우 모기나 하루살이와 같이 매우 가벼운 종류가 된다는 점을 반영하였다.

B그룹의 결함들은 대부분 특정한 텍스처의 형태로 나타난다는 특징이 있는데, 이들을 분류하기 위해 지역적 이진패턴(Local Binary Pattern) 연산자에 기반한 텍스처 분석 기법을 사용하였다. 먼저 결함 영역에 대해 $LBP_{4,1}$ 연산자를 통해 지역적 이진패턴 코드를 만들고 이들에 대한 히스토그램 \vec{h} 를 구한다. 이러한 히스토그램은 각 결함별 모델 히스토그램과의 유사도를 측정하여 가장 유사한 결함으로 판정되는데, 이때 다음과 같이 히스토그램의 교차(histogram intersection)를 척도로 사용하였다.

$$\cap(\vec{a}, \vec{b}) = \sum_{n=0}^{N-1} \min(a_n, b_n)$$

이때, \vec{a} 와 \vec{b} 는 히스토그램을 의미하고, N은 히스토그램의 전체 명암도 개수를 나타낸다. 이 과정을 통해 검출된 결함의 종류가 분류되고 결함의 각종 정보가 계산되어 출력된다.

본 시스템은 필름 생산 현장에 설치되어 운영되고 있는데, 그림 3은 제안된 방법을 통해 결함들을 추출하고 판단하는 결과를 보여주고 있다. 실험을 통해 제안된 시스템 및 알고리즘이 애매한 형태의 결함 검출과 분류에 안정적으로 동작하는 것을 알 수 있었다.



(그림 3) 결함 검출 결과 (BlackDot, Wrinkle, Fish-eye)

참고문헌

[1] M. Heikkila and M. Pietikainen, "A Texture-Based Method for Modeling the Background and Detecting Moving Objects," IEEE Trans. on PAMI, Vol. 28, No. 4, pp. 657-662, April 2006.
 [2] 한중우, 최영규, "제지공정의 실시간 결함 검출을 위한 영상 기반 웹 검사 시스템," 반도체및디스플레이장비학회지 제9권 제2호, pp. 1-7, 2010.