

캔 인쇄 불량 검사 시스템을 위한 알고리즘*

이 현 민, 김 만 진, 이 칠 우
전남대학교 컴퓨터공학과

전화 : 062-530-0258 / 핸드폰 : 011-9430-4715

An Algorithm for Inspection System of Can Print-Errors

Hyoun Min Lee, Man Jin Kim, Chil Woo Lee
Dept. of Computer Engineering, Chonnam University
E-mail : leehm78@msn.com

Abstract

In this paper, we propose a visual inspection algorithm to detect can print-errors by using multi-camera and image warping algorithm.

The features of the algorithm are to use four cameras that are arranged with 90° between each other and to adopt a synthesized image model which represents whole surface of a can.

Using the model, detection process is straight forward, namely it is comparing a partial region of the can to a specific region of the model where is previously marked.

I. 서론

현대 산업사회는 종래의 양을 중시하던 시대에서 제품의 질을 중시하는 방향으로 바뀌었다. 또한 소비자의 요구가 다양해지면서 여러 가지 제품을 소량으로 단기간에 생산하는 체제가 요구되고 있다. 이러한 변화를 수용하기 위해서는 제조 공정의 자동화와 지능화가 필수적이다.

그 중 한가지로, 캔을 생산해내는 과정 중 캔 표면에

그림을 인쇄하는 과정이 있다. 표면에 그림을 인쇄하는 과정 중 인쇄에 사용되는 잉크에 이물질이나 물이 스며들어 인쇄가 올바르게 되지 않는 경우가 발생한다. 기존의 생산 과정에서는 이것을 인간의 시각에 의존하여 판별을 하였다. 하지만, 인쇄가 고속으로 이루어지고 있어 인간의 시각으로 불량을 구별해내는 데에는 많은 한계가 있다. 또한 인간의 시각에 의존할 경우, 불량이 발생하는 모든 캔을 검출해낼 수 없으므로, 제품의 유통과정에 발견되어 제품 제조 회사의 소비자 신뢰도에 큰 영향을 미치게 되며, 제조 회사의 매출에까지 큰 영향을 미치게 된다. 그러므로 제품의 품질 관리 뿐만 아니라 제조 공정의 효율성을 높이기 위해서는 자동화된 검사 시스템이 필수적이다.

검사 대상이 되는 캔은 실린더 형태를 하고 있다. 따라서 인쇄 불량을 검사하고자 할 때 많은 문제점들이 발생한다. 첫 번째로, 단일 카메라로는 캔의 모든 영역을 검사할 수 없다. 캔의 어느 영역에서 인쇄 불량이 발생할지 모르므로 캔의 전 영역에 대하여 검사를 수행해야 한다. 두 번째로, 검사 시에 모델과 입력 영상을 비교할 캔의 영역 설정이 어렵다. 캔의 어느 영역이 카메라로 입력될지 모르기 때문이다. 세 번째로, 균일한 밝기의 영상 획득이 어렵다. 전체적으로 균일한 밝기의 영상을 획득하지 못할 경우 불량 검사 시 정확성을 잃게 된다.

본 논문에서는 4대의 카메라를 사용하여 캔의 전 영역에 대하여 검사가 가능하도록 하였고, 하나의 단일 검사 모델을 생성하므로 캔의 어느 부분이 입력되더라도 인쇄 불량 검사를 수행할 수 있도록 하였다.

* 본 연구는 한국 과학 재단 지정 전남대학교 "고품질 전기 전자 부품 및 시스템 연구 센터"의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

II. 캔 인쇄 불량 발생원인 및 종류

캔 인쇄 불량 발생원인은 크게 다음과 같이 분류할 수 있다.

- 캔 성형 후 프레스에서 묻은 오일을 세척하는데, 세척 후 건조가 안 된 물기로 인한 인쇄 불량
- 캔 목 부분 성형 시 프레스에서 흘러나온 오일
- 이물질로 인한 필름 손상
- 브랭크와 캔 사이의 이물질 삽입
- 바탕색 인쇄 불량

그림 2.1은 캔의 길면에 무늬를 인쇄하는 인쇄기의 모습을, 그림 2.2는 검사 대상이 되는 캔 인쇄 불량의 예이다.

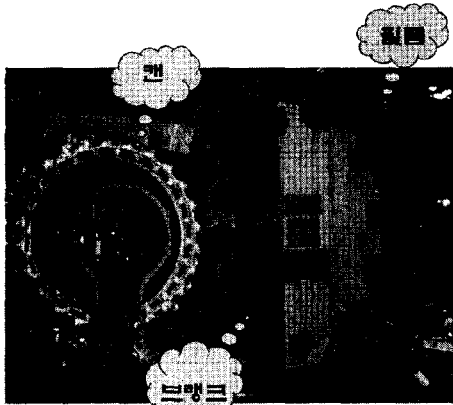


그림 2.1 인쇄기의 구조

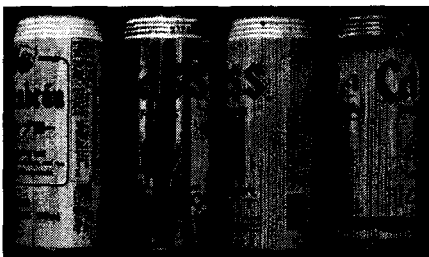
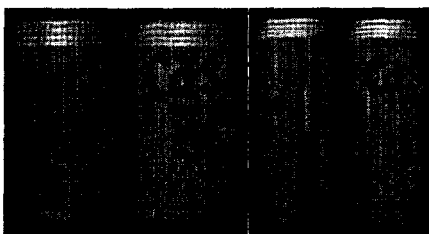


그림 2.2 캔 인쇄 불량의 예

III. 검사 모델의 생성

3.1 알고리즘의 순서도

그림 3.1은 제안하는 알고리즘의 순서도를 나타내며, off-line에 해당하는 부분은 인쇄 불량 검사를 위한 모델을 생성하는 알고리즘이며, on-line 순서도는 생성된 검사 모델과 key 모델을 이용하여 실제 인쇄 불량을 검사하는 알고리즘을 나타낸다.

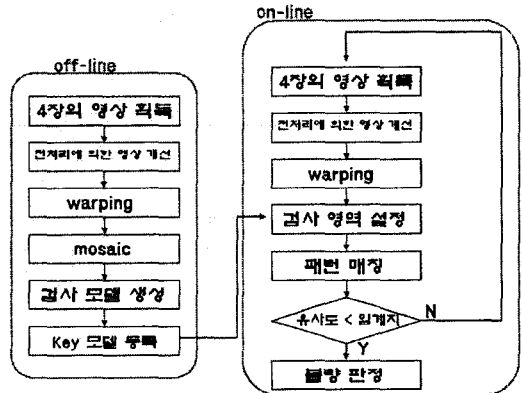


그림 3.1 알고리즘의 순서도

3.2 검사 모델의 생성

본 논문에서 제안하고자 하는 검사 알고리즘은 인쇄 불량이 없는 정상적인 캔과 입력되는 캔을 비교하여 불량을 검사하는 알고리즘이다. 우선 인쇄 불량이 없는 정상적인 캔을 4대의 카메라를 통해 4장의 영상을 획득한다. 획득한 각각의 영상은 전처리 과정을 거쳐 노이즈를 제거한 후, 캔을 가위로 오려 편 것과 같은 단일 검사 모델을 만들기 위해 워핑(warping)[4]을 수행하게 된다. 워핑을 통해 실린더 형태를 하고 있는 캔을 평면과 같이 펴게 된다. 그림 3.2는 캔과 4대의 카메라 배치도를, 그림 3.3은 실린더와 평면의 관계를, 그림 3.4는 그림 3.3을 y축에서 바라본 것을 나타내며, 식 (1)은 그 관계식을 나타낸다.

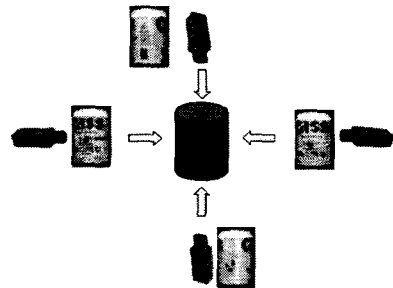


그림 3.2 캔과 카메라의 배치도

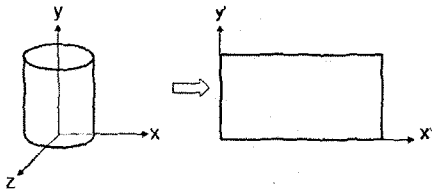


그림 3.3 실린더와 평면의 관계

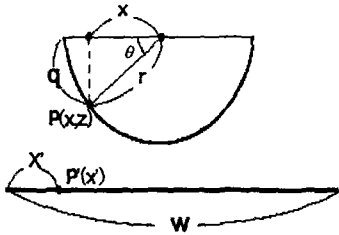


그림 3.4 그림 3.3을 y축에서 바라본 모습

$$x' = r \cos\left(x \times \frac{1}{r}\right)$$

$$y' = y \quad (1)$$

위평을 통해 평면형태로 퍼진 4장의 영상을 모자이크(Mosaic)[2]을 통해 하나의 영상으로 합성하게 된다. 그림 3.3은 모자이크를 통해 4장의 영상을 합성한 결과이다.

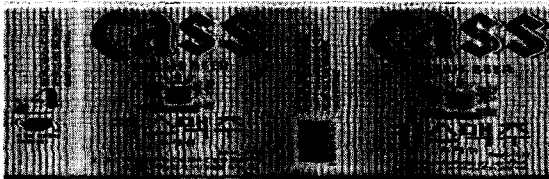


그림 3.5 모자이크를 통해 합성한 결과

그림 3.3과 같이 모자이크를 통해 합성된 영상을 검사 모델로 사용하게 된다. 또한 실제 검사 수행 시, 검사 모델과 입력 영상을 비교할 검사 영역을 설정하기 위해 시각적으로 현저한 특성을 지닌 영역(key 모델)을 등록한다. 등록된 key 모델은 검사 모델에서의 위치 정보를 포함하게 된다. 본 논문에서는 모든 종류의 캔에 유일하게 존재하는 바코드를 key 모델로 사용하였다.

IV. 인쇄물의 검사

4.1 검사 영역 설정

카메라로부터 캔 영상을 입력받은 후, 전처리 과정을

거친 뒤 위평을 수행한다. 위평된 영상을 모델과 비교하여 불량 검사를 수행하기 위해서는 입력 영상이 모델 영상에서 어느 부분에 해당하는지를 찾아야한다. 하지만, 위평된 입력 영상 전체를 기준으로 하여 검사 위치를 검색할 경우 계산량이 많아져 많은 시간을 소모하게 된다. 따라서 본 논문에서는 3장에서 언급하였던 key 모델을 사용하여 검색 시간을 단축하였다.

카메라로부터 4장의 영상이 입력되면, 전처리에 의해 노이즈를 제거한 뒤, 위평을 거쳐 실린더 형태의 영상을 평면과 같이 편다. 4장의 영상에서 서로 겹치는 부분을 제거한 뒤, 모델 영상에서의 key 모델의 위치 정보를 이용하여 key 모델이 존재할 수 있는 후보 영역을 4장의 입력 영상에서 추출하여 하나의 영상을 생성한다. 4장의 영상에서 서로 겹치는 부분을 제거할 때 사용되는 임계값은 반복적인 실험을 통해 얻어진 값이다. 생성된 하나의 영상에서 정규화 상관[1]을 이용하여 key 모델의 위치를 찾는다. 찾아낸 key 모델의 위치 정보와 모델 영상에서의 key 모델의 위치 정보를 이용하여 입력 영상과 모델 영상의 검사 영역을 설정한다. 그림 4.1은 이 과정을 그림으로 도식화 한 것이고, 그림 4.2는 캔에 적용한 결과이다.

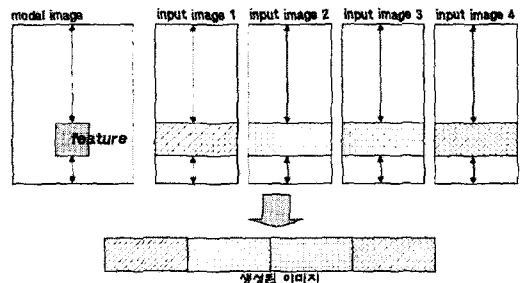


그림 4.1 검사 영역을 찾기 위해 단일 영상 생성



그림 4.2 key 모델에 의해 생성된 영상

하지만, 이 과정만으로는 입력 영상과 모델 영상간의 정확한 검사 영역을 찾을 수 없다. key 모델을 찾기 위해 생성한 영상은 위평된 영상을 단순히 합친 영상이기 때문에, 위평 후 모자이크를 통해 합성된 모델 영상과는 차이가 있기 때문이다.

이 과정에서 입력 영상의 정확한 위치는 알 수 없지만, 입력 영상의 크기와 입력 영상간의 위치 관계를 알고 있으므로 모델 영상에 대한 후보 영역은 알 수가 있다. 이를 보정하기 위해, 후보 영역에 대하여 입력 영상과의 정규화 상관을 이용하여 정확한 검사 영역을 찾는

다. 하지만, 이 부분은 입력 영상과 모델 영상간의 유사도를 구하는 부분과 중복되므로, 검사 영역을 보정하는 과정은 유사도를 구하는 부분에서 수행한다.

그림 4.3은 key 모델의 위치 정보를 이용하여 입력 영상과 모델 영상과의 검사 영역을 검색 후 보정과정을 거친 결과이다.

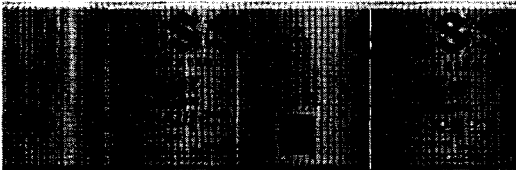


그림 4.3 입력 영상과 모델 영상의 검사 영역 설정

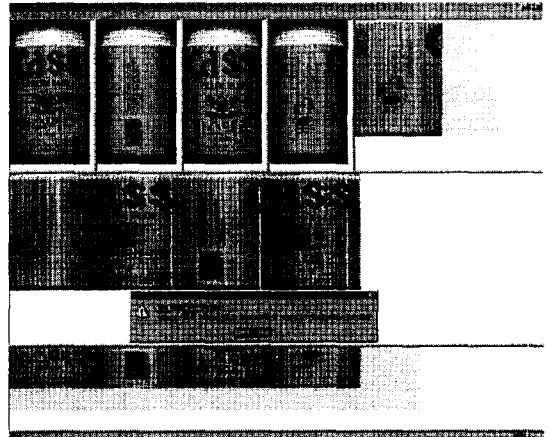


그림 4.5 인쇄 불량에 발생한 캔을 적용한 결과

4.2 패턴 매칭

입력 영상과 모델 영상의 검사 영역이 찾지면, 정규화 상관을 이용하여 모델 영상과 입력 영상간의 유사도를 구한다. 여기서 유사도란, 정규화 상관도를 백분율로 환산한 값이다. 이 유사도와 적절한 값의 임계값을 이용하여 인쇄 불량 검사를 수행한다.

V. 실험 결과

본 논문에서는 Microsoft Windows 98환경에서 Visual C++ 컴파일러와 Matrox사의 MIL library를 사용하여 실험하였다. 그림 4.4는 인쇄 불량이 없는 정상적인 캔을 적용하여 실험한 결과이며, 그림 4.5는 인쇄 불량이 발생한 캔을 적용한 실험 결과이다.

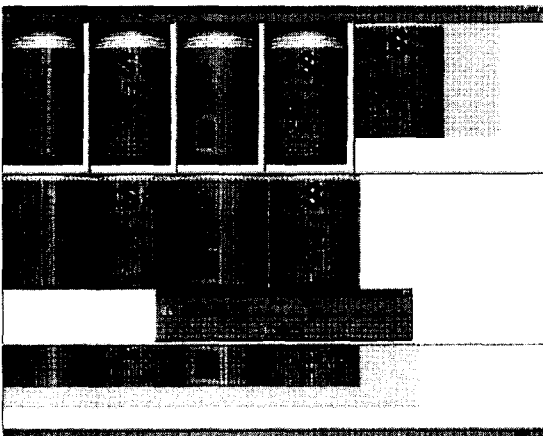


그림 4.4 정상적인 캔을 적용한 결과

VI. 결론

본 논문에서는 4대의 카메라를 사용하여 캔의 모든 영역에 대하여 인쇄 불량 검사가 가능하도록 하였고, 단일 검사 모델을 사용하므로 캔의 어느 부분이 입력되더라도 인쇄 불량을 검사할 수 있는 알고리즘을 제안 및 구현하였다. 또한 시각적으로 현저한 특성을 지닌 영역(key 모델)을 사용함으로써 검사 모델과 입력 영상의 검사 영역 설정시 검색 시간을 단축시켰다. 본 논문에서 제안한 알고리즘은 초당 2프레임의 검사가 가능하다.

제안한 알고리즘이 안정적인 검사 결과를 얻기 위해서는 360°균일한 밝기의 조명을 사용하여, 균일한 밝기의 영상을 획득하여야만 한다. 또한 실제 캔 생산 공장에 적용하기 위해서는 알고리즘의 최적화를 통한 속도 개선이 필요하다.

참고문헌

- [1] 기명식, "주변 마스크와 일반화 대칭변환 알고리즘을 이용한 인쇄물 검사 시스템", 전남대학교 컴퓨터공학과 석사학위논문, 2001.02
- [2] 최승현, "Direct X를 이용한 고속 영상 모자이크 기법", 전남대학교 컴퓨터공학과 석사학위논문, 2003.02
- [3] Gonzalez, "Digital Image Processing second Ed.", Prentice Hall, 2002.
- [4] 최형일 외, "영상처리 이론과 실제", 홍릉과학출판사, 1997.