

주변 마스크와 일반화 대칭변환 알고리즘을 이용한 인쇄물 검사 시스템

*기 명 석, 이 철 우

전남대학교 컴퓨터공학과

전화 : 062-530-0258 / 핸드폰 : 017-621-5526

A Visual Inspection System for Printing Detects using Perimetric Mask and Generalized Symmetry Transform Algorithm

*Myung-Souk Ki, Chil-Woo Lee

Dept. of Computer Engineering Chonnam National University

E-mail : mskee@image.chonnam.ac.kr

Abstract

In this paper, we report detects system algorithm, adapted a perimetric mask and a generalized symmetry system, to detect a transformable material and find out a minute error cannot be noticed by a naked eye.

In this thesis, supposed a stable detecting system applied a general image processing theory and perimetric mask algorithm to detect badness.

And finally, detected some vague errors with the application of symmetry transform algorithm that accumulate a symmetry of minute error and put stress on it.

I. 서론

현대 산업사회는 제조 기술의 급속한 발달과 더불어 생산량을 중요시하던 양의 시대에서 경박단소를 기본으로 하는 질의 시대로 급격히 변화하고 있다. 아울러 소비자의 요구가 다양화됨에 따라 여러 종류의 물품을 소량으로 단기간에 생산할 수 있는 체제가 요구되고 있으며 이를 위해서는 생산설비를 신속히 개조하여 새로운 제품 생산에 대응할 수 있는 기술이 필요하게 되

었다. 이러한 요구에 부응하기 위해서는 생산시설의 자동화와 지능화가 필수적으로 필요하다. 하지만 제조 물품이 다양화되고 복잡해짐에 따라 종래의 인간의 시각에 의존한 제품검사로선 생산 효율성과 품질관리 목표를 달성할 수 없게 되었다. 생산의 효율성과 제조상품의 품질관리는 열린 세계시장에서 국제경쟁에 기업이 살아남기 위한 요소이므로 생산 시설의 자동화와 지능화에 따른 검사 자동화는 현대 제조공정에서는 필수적이라 할 수 있다. 그러나 검사 전용장비들은 구입 비용이 고가인 탓으로 소수의 기업을 제외하고는 이러한 장비를 구입하기가 어렵고 국내의 생산현장에는 적용의 애로점이 있었다. 또한 이를 대체하기에는 종래의 PC는 처리속도가 낮고 기억용량이 부족하여 영상 처리와 같은 대규모 데이터를 처리하는 응용분야에서는 거의 사용되지 않았다. 하지만 근래에 들어 컴퓨터 기술의 급속한 발달에 힘입어 개인용 컴퓨터를 기반으로 한 각종 응용 시스템 제작이 가능하게 되었다. 과거에는 자동 검사 시스템을 구성하기 위해서는 고가의 영상 장비와, 전용 하드웨어가 필요하였으나, 최근에는 개인용 컴퓨터와 저가의 영상 보드만을 이용한 시각검사 시스템의 구현이 가능하게 되었으며 국내에서도 이를 응용하여 영상 검사 시스템의 개발과 응용에 대한 연구가 활발해 지고있다. 현재 산업 현장에서 이용되고 있는 검사 시스템의 분야는 제품의 외형이나 변형, 또는 흠집 등을 찾아내는 검사, 또는 칩이나 기타 대상에 대한 인쇄검사 등에 이용되고 있으며 뿐만 아니

라 제품의 생산성 향상과 품질 향상을 위해 사람의 시각으로는 분간하기조차 어려운 제품들의 미세한 부분의 검사, 색상 검사 등의 다양한 분야에 응용되고 있다.

검사의 대상이 되는 열 수축성 염화비닐 튜브는 콘덴서나 건전지의 외피에 쓰이는 재료로서 일반적인 검사 방법은 인쇄가 끝난 후 인간의 시각으로 직접 검사하는 방식을 쓰고 있기 때문에 검사 도중 발생한 에러가 제품 전체에 영향을 미쳐 한 물의 전체 제품이 못쓰게 되는 경우도 있다. 더구나 제품 생산 기술의 향상과 고급화에 따라 점점 인쇄 내용이 복잡하며 다양화되고 있기 때문에 사람의 시각에 의존한 부정확한 검사는 제품의 질과 생산성뿐만 아니라 회사 전체의 이미지에 치명적인 영향을 미치게 된다. 염화비닐 튜브는 열에 의해 수축되는 성질 때문에 불규칙적으로 변형되어 있을 뿐만 아니라, 인쇄공정 자체가 불안정하여 인쇄상태가 불규칙적이며, 고속(초당 약 2M)으로 주행되기 때문에 무엇보다도 안정된 입력영상을 취득하는 것이 중요하다. 또 인쇄 문자의 크기가 매우 작아서 비디오 카메라와 영상간에 동기를 맞추기는 거의 불가능하다. 또한 인쇄물 재료의 특성상 압력이나 주위 환경에 의해 재료가 늘어나거나 줄어드는 경우가 빈번하고, 복잡하거나 각인이 어려운 인쇄부위는 다른 곳보다 명암이 약해지게 되어 일반적인 검사 시스템으로 검사를 수행하면 인간의 시각으로는 양품이나 컴퓨터가 검사를 수행했을 때는 불량으로 판정하는 경우가 생기게 된다. 본 논문에서는 고속으로 주행하는 열 수축성 염화비닐 튜브(콘덴서의 외피)의 인쇄공정에서 발생하는 일반적인 불량은 물론 인쇄물의 크기 변화와 복잡한 인쇄부분으로 인해 발생하는 인쇄불량을 처리하기 위해 영상처리의 기본 알고리즘과 검사 모델을 N픽셀 확장시키고 N픽셀 축소시킨 영상의 결합을 이용한 주변 마스크 알고리즘을, 또 검출이 힘든 미세 에러를 판정해 내기 위해서는 물체의 대칭성을 부각시켜 영상 내에서 물체의 존재 위치를 알 수 있게 해주는 일반화 대칭 변환[1]을 적용한 실시간 검사 시스템에 대해 기술 하고자 한다.

본 논문의 2장에서는 인쇄과정에서 발생할 수 있는 불량 형태에 대해 기술하고 3장에서는 일반적인 검사 방법과 주변 마스크를 적용한 검사 방법에 대해서 4장에서는 미세 에러를 검출하기 위한 일반화 변환 알고리즘을 설명한다. 그리고 마지막으로 5장에서는 실험 결과와 향후 연구방향을 제시한다.

II. 인쇄불량의 종류

튜브에는 제품의 제조회사, 정격, 전원의 극성 등 전자제품의 제조에 매우 중요한 정보가 기록되어 있다. 그러나 부품이 차츰 소형화되어감에 따라 표시 문자의 크기가 작아지고 다품종화 되면서 인쇄불량을 검사하는 과정은 점점 어려워지고 있다. 대표적인 불량은 그림 1과 같다.

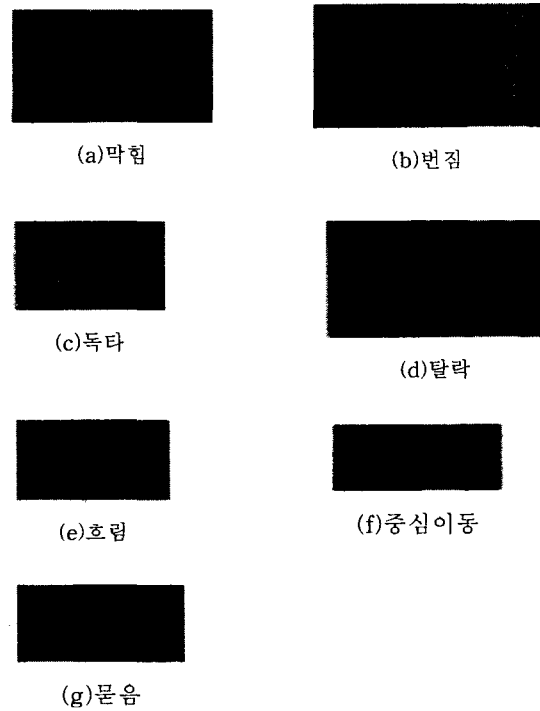


그림 1. 인쇄불량의 종류

- (a) 막힘: 잉크의 과다로 인하여 글씨의 중심이 막힘
- (b) 번짐: 잉크의 과다로 글씨가 번짐
- (c) 독타: 인쇄기의 조종 불량으로 가느다란 선이 생김
- (d) 탈락: 잉크부족 또는 인쇄 형판의 과 건조로 인하여 글씨가 중간 중간에 탈락
- (e) 흐림: 잉크부족 또는 인쇄 평판의 과 건조로 인하여 글씨 전체가 흐릿해짐
- (f) 중심이동: 튜브의 뒤틀림 또는 흔들림으로 글씨 전체의 중심이 벗어남
- (g) 문음: 잉크를 제거하는 장치의 마모로 튜브의 전체에 잉크 줄이 생김

III. 주변 마스크 알고리즘

3.1 일반적인 인쇄물 판정법

일반적인 검사 시스템에서 인쇄내용의 불량판정을 위해 쓰이는 방법은 정규화 상관관계[3-4]나, 모델 영상과 입력 영상의 차분을 사용하거나 또는 이 두 방법을 혼합하여 사용하는 경우가 대부분이다. 정규화 상관관계와 영상차분 두 가지의 방법을 혼합하여 사용하는 판정 방법은 영상 내에서 정규화 상관관계를 통하여 검사 대상 영역을 뽑아내고 이러한 검사 대상 영역에 대하여 미리 정의된 표준 모델을 차분하는 방법을 사용한다. 영상 차분의 결과는 모델 주변에 불량(빈 공간)들을 남기게 된다. 이때 인쇄의 불량판정을 위해서 이러한 불량들을 분석하게 되는데 불량들을 분석하는 방법에는 이러한 불량들의 크기가 문턱치 이상이라면 불량이라고 판정하는 방법과 이러한 불량들의 주변길이와 넓이를 구하여 주변 길이에 비하여 넓이가 문턱치보다 크다면 불량으로 판정하는 방법이 있다.

3.2 주변 마스크를 이용한 인쇄의 판정

단순한 패턴 매칭과 영상 차분을 이용한 검사 방법은 매우 한정된 조건을 가지기 때문에 모든 검사 시스템에 적용하기에는 무리가 따른다. 실제 인쇄 공정에서는 기계의 진동으로 인한 인쇄물의 흔들림, 또는 인쇄물 재료의 자체 성질로 인하여 인쇄 공정 도중 수축이나 팽창이 발생하기 때문이다. 특히 포목이나 비닐 종이 등은 원 재료의 특징상 주위의 조그만 압력이나, 환경변화에 의해서도 그 변형이 심하다. 재료의 성질 때문에 인쇄물이 늘어나거나 줄어들게 되면 인쇄된 문자나 문양이 정상모델보다 크거나 작게 인쇄되기 때문에 그 차분 영상만으로는 원하는 결과를 얻을 수 없다. 이는 일반적인 사람의 시각이나, 품질 판정의 기준에 의거하여 보아서는 분명 같은 모양의 인쇄물, 즉 인쇄상태가 양호한 경우인데도 영상을 단순 차분하게 되면 재료의 크기 변환에 의해 인쇄물의 크기도 조금씩 달라져 그 주변에 수많은 불량(어려 영역)들이 발생하게 된다. 이 경우는 양호한 상태로 판정하고 검사를 종료하여 다음 입력을 처리하는 과정으로 검사 과정이 진행되어야만 한다. 그러나 남아있는 주위의 미세한 불량들의 영향으로, 많은 경우 불량으로 판정되게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점 해결을 위해 주변의 불량(어려영역)들을 제거할 수 있는 마스크 알고리즘을 고안하였다.

주변 마스크 알고리즘이란 인쇄물의 흔들림 또는

인쇄 재료의 팽창과 수축, 조명의 미세한 변화에도 안정된 검사를 실행할 수 있도록 하기 위해, 정상 모델의 경계선을 따라 그 주위에 크기가 가변인 마스크를 적용하여 인쇄 문자의 크기 변화에도 유연적으로 검사가 될 수 있도록 한 것을 말한다. 주변 마스크는 이미 형성된 표준 패턴 모델 영상을 마스크 확장을 이용하여 N 회 확대하거나 마스크 축소를 이용하여 N 회 축소하여 두 장의 확대와 축소된 이미지의 결합을 통하여 만들어진다[2]. 생성된 마스크는 이미 차분 처리된 결과에 적용 되게된다. 주변 마스크를 적용하면 주위에 남아있는 미세한 불량들이 제거되기 때문에 인쇄물의 변화에도 안정적으로 동작하여, 인간의 시각으로는 양품이나 검사 시 불량으로 판정되는 현상을 막을 수 있다. 불량 판정은 마스크와의 결합을 통하여 계산 과정을 거친 불량들을 최종 불량으로 보고 불량 크기가 정해진 한계보다 크다면 이를 불량 상태로 판정하게 된다. 그림 2는 생성된 주변 마스크를 이용하여 인쇄를 판정하는 실제 예를 보이고 있는데 (b)를 보면 원래 표준영상에서 인쇄 부위가 부분적으로 탈락됨을 보이고 있다. 그림 (c)은 차분에 의해 생성된 영상으로써 기존의 방법으로 이 영상을 분석해서, 인쇄 불량을 판정하려고 하면 인쇄 문자의 탈락은 잡을 수 있으나 글자 주위의 남아 있는 불량들로 인하여 정확한 검사가 어렵게된다. (e)는 이러한 영상에 주변 마스크를 적용한 것으로써 주변 불량들로 인한 간섭을 제거할 뿐 아니라 일반적으로 발생하는 탈락이나 기타 여러가지도 정확히 검출해 낼 수 있음을 보여주고 있다.

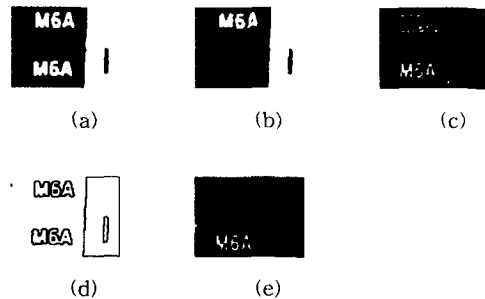


그림 2. 주변 마스크를 적용한 검사 예
a: 표준영상, b: 검사 대상 영상, c: 차분영상
d: 주변 마스크 영상, e: 주변 마스크 적용

IV. 미세 에러의 검출

Reisfeld가 제안한 일반화 대칭변환은 먼저 외곽선 성분을 추출하여 외곽선의 각 화소의 명도변화의 크기와 방향을 이용하여 일정 영역 내에서 각 화소들의 대칭 기여도를 누적하여 영상에서 대칭성이 강한 부분을 부각시킨다. 일반적으로 물체는 그 물체의 외형이 대칭인지 아닌지에 상관없이 높은 대칭성을 가지게 되는데 즉, 물체의 내부점에서 높은 대칭도가 나타나므로 이러한 대칭점을 구함으로써 물체를 검출할 수 있게 된다. 하지만 대칭변환을 영상에 그대로 적용할 경우 인쇄문자들의 간섭으로 검사를 올바르게 수행할 수 없을 뿐만 아니라 수많은 에지들로 인하여 검사속도 또한 현저히 떨어지게 된다. 이를 보완하기 위해 본 연구에서는 인쇄물에서 인쇄 대상을 없애고 인쇄 배경만을 가지고 미세 에러를 검사하게 된다. 이러한 방법이 가능한 이유는 이미 주변 마스크 알고리즘을 이용한 검사 단계에서 눈에 보이는 에러들이 이미 검출되었기 때문에 대칭 변환 알고리즘을 영상 전체에 적용할 필요가 없다는 가정에서 출발한다.

그림 3은 대칭변환 알고리즘을 이용한 미세 에러의 검출 영상이다. 검출 순서는 검사 대상이 입력되면 미리 입력되어 있는 표준 모델을 이용하여 만든 마스크로 검사 대상 영상에서 인쇄문자나 문양을 지우게 된다. 이러한 과정이 수행되면 영상에 남아있는 것은 배경과 그 배경의 에지 정보뿐이다. 이 영상에 대칭변환을 적용하면 그림 3의 (d)와 같은 영상을 얻을 수 있고, 미세 에러들이 뚜렷이 검출되는 것을 확인할 수 있다.

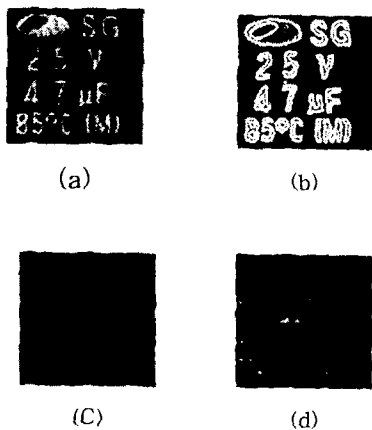


그림 3. 인쇄물에 일반화 대칭변환을 적용

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 인쇄물의 주변장을 이용한 주변 마스크와, 물체 내부의 대칭 기여도를 누적하여 물체의 존재 위치를 판단하는 일반화 대칭변환을 이용하여 인쇄물을 검사하는 알고리즘을 제안하고 시스템을 구현하였다. 인쇄물의 주변장을 이용한 주변 마스크 알고리즘은 인쇄물의 크기가 주위 환경에 의해 변형되어도 안정적인 검사를 수행할 수 있음을 확인할 수 있었으며, 대칭변환 알고리즘을 적용하여 사람의 눈으로 판단이 어려운 미세한 에러를 강조하고 이를 검출하여 인쇄 시스템의 신뢰성과 정확성을 높일 수 있었다.

현재 이러한 알고리즘을 이용하여 구축된 시스템은 초당 3프레임 정도의 성능을 보이고 있으나 진정한 실시간 검사 시스템을 위해서는 검사 속도의 향상이 필요하다. 이러한 속도 향상을 위해서는 대칭변환의 범위를 에지 주변으로 최소화하는 연구가 필요하며 또한 이미 구축된 알고리즘 전반에 대한 최적화가 요구되고 있다.

본 논문에서 제시된 일반화 대칭변환은 그 대상이 되는 물체의 외부 모양에 따라 고유한 대칭 기여도 모양을 지니고 있다. 이러한 대칭 기여도의 특징을 일반화한다면 물체 검출, 오류 검출뿐만 아니라, 제스처 인식, 특정 물체의 검색으로의 다양한 응용이 가능하리라 본다.

참고문헌

- [1] D. Reisfeld, H. Wolfson, and Y. Yeshurun, "Context-free attentional operators : The generalized symmetry transform," *International Journal of Computer Vision*, vol. 14, pp. 119-130
- [2] Rafael C. Gonzalez Richard E. Woods *Digital Imaging Processing*, Addison Wesley, pp. 583-586 1993
- [3] E. A. Chemaly, "Feature Inspection Using Normalized Cross Correlation and Mathematical Morphology," *Motorola*
- [4] Ming-Ching Chang, Hsien-Yei Chen Chiou-Shann Fuh, *Fast Search Algorithms for IC Printed Mark Quality Inspection IAPR Workshop on Machine Vision Application* pp.183-187, Nov. 17-19. 1998