

PC 기반 영상처리 보드를 이용한 고속 주행 인쇄물 검사 시스템

이 현 주, 이 칠 우
전남대학교 컴퓨터공학과

A Visual Inspection System for Printing Defects of Fast Running Tube using PC-Based Image Processing Board

Hyun-Ju Lee, Chil-Woo Lee
Dept. of Computer Engineering, Chonnam Univ.

요 약

본 논문에서는 정규화 상관 계산을 이용하여 고속으로 주행하는 튜브의 인쇄 상태를 시각적으로 검사하는 시스템에 대해서 기술한다. 인쇄불량을 자동으로 판정하기 위해 사용된 알고리즘은 정규화 상관 계산이다. 정규화 상관 계산은 영상의 밝기 변화나 그 외 화소값의 선형적인 변화에도 영향을 받지 않기 때문에 보통의 상관 계산을 이용한 것 보다 훨씬 더 안정적인 결과값을 산출해 낼 수 있다는 잇점을 가지고 있다.

1. 서론

제품의 인쇄상태를 자동으로 검사하여 불량을 제거하는 것은 그 제품의 최종적인 상품가치와 신뢰성을 높이는 데 중요한 영향을 끼친다. 시각적 검사 시스템 (Visual Inspection System)은 비접촉으로 이러한 기능을 수행할 수 있기 때문에 제조공정의 자동화에서 최근 널리 도입되고 있다. 특히 근래에 들어 PC의 성능이 개선되고 저가의 영상입력 보드가 시판되면서 이러한 움직임은 급속도로 확산될 전망이다. 본 논문에서는 고속으로 주행하는 열 수축성 열화비닐 튜브 (콘덴서의 외피)의 인쇄공정에서 발생하는 인쇄불량을 자동으로 판정하는 알고리즘과 이를 실시간으로 구현한 검사시스템에 대해서 기술한다.

검사의 대상이 되는 튜브는 열에 의해 수축되는

성질 때문에 불규칙적으로 변형되어 있을 뿐만 아니라 고속(초당 약 2M)으로 주행되기 때문에 무엇보다도 안정된 입력영상을 취득하는 것이 중요하다. 또 인쇄문자의 크기가 매우 작아서 비디오 카메라와 영상 간에 동기를 맞추기는 거의 불가능하므로 적당한 간격으로 입력된 영상으로부터 먼저 검사영역을 선택한 후 이 영역을 정밀히 검사하는 방법을 사용하였다.

2. 검사 시스템의 하드웨어 구성

현재 구축된 검사 시스템의 하드웨어 구성을 보면 그림 1과 같다.

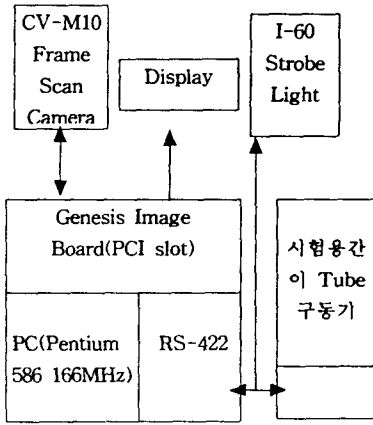


그림 1. 영상처리 시스템의 구성도



그림 2. 튜브 주행기 외관

먼저 비디오 카메라(CV-M10)를 통하여 Matrox사 제품의 Genesis Image Board에 영상을 입력한다. 영상이 고속으로 이동하기 때문에 전자 셔터를 이용하여 1/4000~1/2000의 속도로 촬영하였다. Genesis 보드는 TMS320C80 DSP를 탑재한 고속 영상처리 보드로 5절에서 설명하는 정규화 상관계산을 효율적으로 수행할 수 있는 기능을 지니고 있다. 아울러 인쇄공정의 실제 상황을 그대로 재현하기 위해 간이 튜브 주행기를 제작하여 퍼스널 컴퓨터와 접속하여 사용한다. 그림 2에 시스템의 외관을 보인다.

3. 인쇄불량 검사 소프트웨어 환경

현재 구축한 시스템의 소프트웨어 환경은 그림 3과 같다. 이 시스템은 Genesis보드 환경을 기반으로 하여 영상처리용 기본 소프트웨어를 결합하고 그 위에 인쇄불량 검사 소프트웨어를 구축한 형태이다. 따라서 본 시스템은 영상처리 전용 보드 환경을 그대로 이용함으로써 고속 주행에 대응할 수 있는 처리 성능을 갖추고 있다.

영상처리 보드용 소프트웨어는 사용된 보드(Matrox Genesis)의 특성상 Genesis Native Library를 기본적으로 사용한다. 그러나 다양한 GUI를 제공할 수 있는 환경을 구축하기 위해 MS사의 MFC와 Visual C++가 제공하는 기능을 결합하여 확장이 가능한 라이브러리를 구축하였다. 그리고 전처리용 소프트웨어 라이브러리를 구축하기 위해서 MIL(Matrox Imaging Library)를 도입하여 사용하고 있으나 보다 상세하고 정밀도가 높은 인식을 위해서는 MIL의 기능만으로는 불충분한 점이 많다. 따라서 기본적으로 필요한 소규모의 전처리용 소프트웨어 라이브러리를 구축하였다. 이를 확장하여 MIL과 결합시킴으로써 보다 다양한 불량검사가 가능한 시스템으로 확장해 나간다.

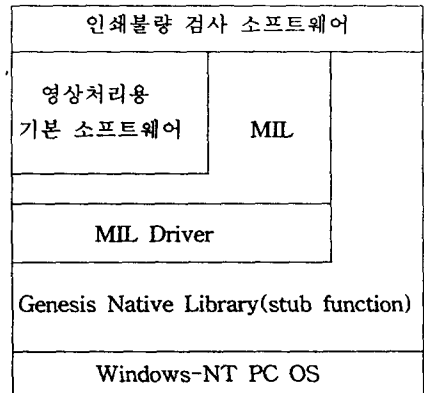


그림 3. 인쇄불량 검사 시스템의 소프트웨어 환경

4. 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 불량을 열거해 보면 그림 4와 같다.

- 1)막힘: 잉크의 과다로 인하여 글씨의 중심이 막힘
- 2)번짐: 잉크의 과다로 인하여 글씨가 번짐
- 3)독타: 인쇄기의 조종불량으로 가느다란 선이 생김
- 4)탈락: 잉크부족 또는 인쇄 형판의 과건조로 인하여 글씨가 중간 중간에 탈락
- 5)호립: 잉크부족 또는 인쇄 형판의 과건조로 인하여 글씨 전체가 흐릿 해짐
- 6)중심이동: 튜브의 뒤틀림 또는 흔들림으로 글씨 전체의 중심이 벗어남
- 7)물음: 잉크를 제거하는 장치의 마모로 튜브의 전체에 잉크줄이 생김



1)막힘

2)번짐



3)독타

5)호립

4)탈락



6)중심이동

7)물음

그림 4. 인쇄불량의 종류

5. 인쇄불량의 판정

5.1 정규화 상관계산

상관이란 두 영상이 어느 정도 유사한지를 나타내는 척도가 된다. 그 값은 식 (1)과 같이 두 영상을 중첩(convolution)시켜서 근사적으로 구할 수 있다.

$$r = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{m-1} T(i, j) \cdot I_i(X+i, Y+j) \quad (1)$$

T: Template(n×m)

I: Image(N×M)

그러나 영상에서의 밝은 점이 작은 영역에서 r에 심한 영향을 줌으로써 상관에도 영향을 줄 수 있다. 따라서, 매칭될 형판(matching template)의 크기에 덜 민감한 정규화 상관을 사용한다.

$f_1(x)$ 와 $f_2(x)$ 를 매칭되는 영상이라 하자. q_2 는 f_1 의 유사한 크기의 조각(patch)안에서 매칭 되어지는 f_2 의 조각이다. q_1 은 q_2 가 y에 의한 오프셋일 때 q_2 에 의하여 포함되어지는 f_1 의 조각이다. E()를 기대값 연산자라 하자. 그 때 q_1 과 q_2 의 표준편차는 식 (2)와 식 (3)과 같다.

$$\sigma(q_1) = [E(q_1^2) - (E(q_1))^2]^{1/2} \quad (2)$$

$$\sigma(q_2) = [E(q_2^2) - (E(q_2))^2]^{1/2} \quad (3)$$

이 때, 정규화 상관은 식 (4)로 표현될 수 있다.

$$N(y) = \frac{E(q_1 q_2) - E(q_1)E(q_2)}{\sigma(q_1)\sigma(q_2)} \quad (4)$$

여기서 $E(q_1 q_2)$ 는 y의 변형에 의하여 부과되는 점의 곱에 대한 기대치이다. 정규화 상관은 영상이 밝아 지더라도 영향을 받지 않고, 상수 이득과 오프셋과 같은 영상 화소값들의 선형적 변화에도 영향을 받지 않아서 보통의 상관과 비교했을 때 더 안정적이라는 잇점을 갖는다. Genesis board는 이러한 특성을 갖는 정규화 상관값을 간략히 구하는 기능을 갖고 있다. 즉, $\sigma(q_1)$ 과 $\sigma(q_2)$ 에서의 제곱근 계산은 연산 시간이 오래 걸리므로 $N(y)$ 대신 $N(y)^2$ 을 사용한다. 최

중적으로 정규 계산의 결과값은 퍼센트(percentage)로 얻어진다. 이 관계를 수식으로 표현하면 식 (5)와 같다.

$$\text{매칭값} = \max(N(y), 0)^2 \times 100 [\%] \quad (5)$$

5.2 모델의 생성

모델을 생성하기 위해서는 입력된 영상에서 콘텐츠 외피 부분만을 선택할 필요가 있다. 본 논문에서는 콘텐츠 외피 영역을 그림 5에서와 같이 좌선과 우선을 사용하여 제한한다. 좌선은 좌측에서의 콘텐츠 외피와 배경의 경계선이고, 우선은 우측에서의 콘텐츠 외피와 배경의 경계선을 일컫는다. 그림 5에서 보여주듯이 입력 영상이 화면에 나타나면 좌선과 우선을 결정하기 위해 라인 ①의 화소값을 읽어들인다. 읽어들이는 화소값이 급격히 변하는 두 지점을 찾으면 좌선과 우선의 위치를 얻을 수 있다. 좌선과 우선으로 부터 콘텐츠 외피의 가로폭이 결정되면 가로폭에 적당한 비율을 곱하여 세로폭을 얻는다. 가로폭과 세로폭을 이용하여 자동으로 매칭에 필요한 모델을 생성한다. 이처럼 자동으로 모델을 생성함으로써 사용자에 따른 모델의 위치, 크기의 변화가 없기 때문에 상관 과정에서 일관성을 유지할 수가 있다는 잇점을 얻게 된다.

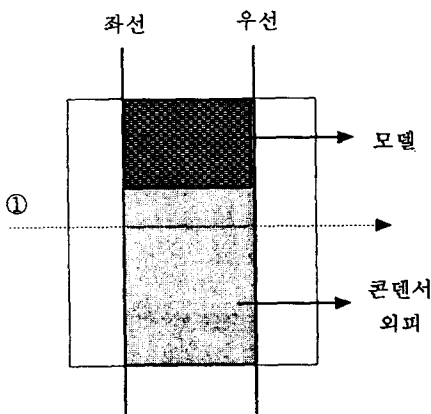


그림 5. 입력 영상에서의 모델 생성

을 구하면 모델영상과 동일한 후보영역을 다수 구할 수 있다. 그러나 이 결과는 모델영상 크기의 두 영상을 단순 비교하는 것이기 때문에 다양한 종류의 인쇄 불량을 판정해 내기에는 무리가 있다. 본 절에서는 후보 영역을 다수의 서브 블록으로 나눈 뒤 이들간의 상관관계를 이용하여 불량을 판정하는 방법에 대해서 기술한다. 입력 영상과 모델과의 정규화 상관 계산을 통해서 후보 영역 중 매칭값이 가장 높은 영역을 매칭 영역으로 선정한다. 이 때 5.2 절에서 설명한 좌선과 우선 사이에서 정규화 상관 계산을 수행한다. 그렇게 함으로써, 입력 영상 전체에서 정규화 상관 계산을 하는 것 보다 계산 속도를 향상 시킬 수 있다. 그 다음, 모델과 매칭 영역을 같은 블록 수로 나누어서 블록화를 하고, 각 블록에 대해서도 정규화 상관 계산을 한다. 여기서 매칭값이 60% 이하인 값들은 매칭이 되지 않은 것으로 간주하여 여러 블록으로 명칭을 붙이고, 매칭값을 0.0으로 출력한다. 이와 같은 여러 블록들의 수를 더해서 에러가 발생한 전체 블록수를 계산하고, 에러 블록이 어느 위치에서 발생했는지를 체크한다. 그 결과 에러 블록이 어느 위치에 편중되어 있다면, 이는 분명 불량품임이 틀림없고 그 편중된 위치가 어느 위치냐에 따라 어느 에러인지를 판정할 수가 있는 것이다.

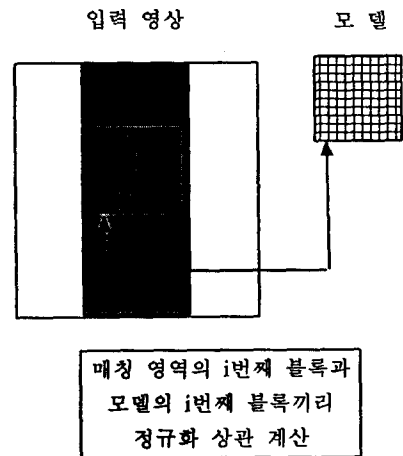


그림 6. 서브 블록매칭

5.3 서브 블록 매칭에 의한 판정

일단 생성된 모델을 이용하여 입력영상과의 상관

6. 실험 및 결론

종래의 PC는 처리속도가 늦고 기억용량이 부족하여 영상처리와 같은 대규모 데이터를 처리하는 응용 분야에는 거의 사용되지 않았으나 근래에 들어 컴퓨터 기술의 급속한 발달에 힘입어 개인용 컴퓨터(PC)를 기반으로 한 각종 응용 시스템 제작이 가능하게 되었다. 본 논문에서는 이러한 환경변화를 수용하여, 전용 하드웨어 시스템 제작이 불필요하고, 소프트웨어 시스템의 개발과 유지 보수가 용이한 점을 활용하기 위해 PC를 기반으로 한 인쇄불량 검사 시스템에 대해서 기술했다.

현재는 서브 블록 매칭의 결과값인 매칭값들을 관찰하여 영상의 어느 위치에서 매칭값이 좋지 않은지를 보고 에러 판정을 하고 있으며, 초당 3프레임 처리가 가능하다. 앞으로의 연구 방향은 주성분 분석을 이용한 에러 판정을 하는 것으로 주성분 분석의 개념을 도입함으로써 보다 더 정확한 에러 판정을 기대할 수 있으리라 생각한다.

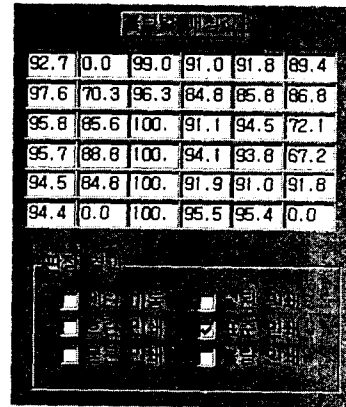
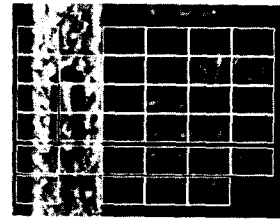


그림 8. 표준 인쇄

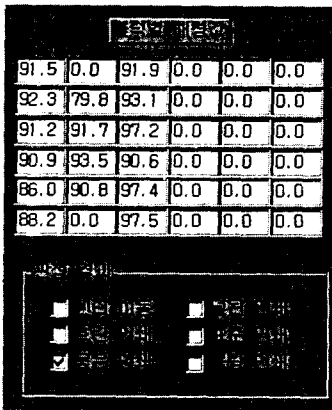


그림 7. 문음

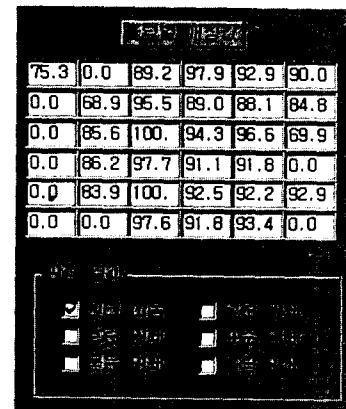
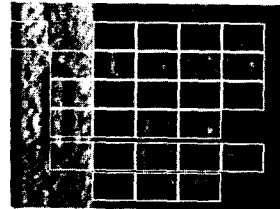


그림 9. 중심 이동

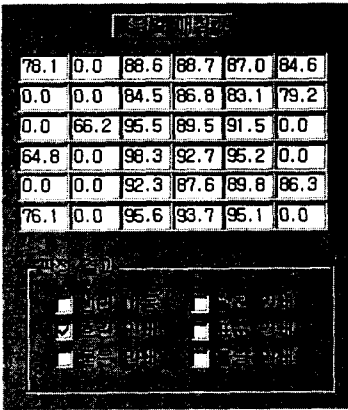
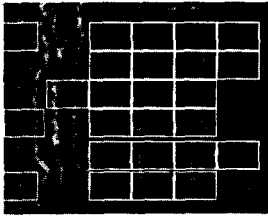


그림 10. 흐름

참고문헌

- (1) H.M.Deitel 저(구자영 역), C++와 재채 지향, 대영사, 1996
- (2) Microsoft사(이상식, 장유미, 모경구 역) Microsoft 윈도우95바이블, 도서출판 대림,1995
- (3) Microsoft사,Microsoft Foundation Class Library Reference, Microsoft Press, 1996
- (4) David J.Kruglinski, Inside Visual C++, Microsoft Press, 1996
- (5) Matrox사 저, Genesis Native Library, Matrox Image Processing Group,1996
- (6) Matrox사 저, Matrox Intellicam User Guide, Matrox Image Processing Group, 1996
- (7) Martox사 저, Genesis Installation and Hardware Reference, Matrox Image Processing Group,1996