

## 패턴매칭을 이용한 섬유결합 검출시스템의 설계

강 현 수\*, 김 중 준\*\*, 송 낙 운\*

\*홍익대학교 전자공학과

\*\*이화여자대학교 의류학과

## A system design for textile defect detection using pattern matching

Hyunsoo Kang\*, Jongjun Kim\*\*, Nagun Song\*

\*Dept. Electronic Eng. Hongik Univ.

\*\* Dept. Clothing and Textiles Ewha Womans Univ.

### 요 약

본 논문에서는 패턴인식을 이용한 의류의 결함을 자동으로 탐색하는 시스템을 설계하였다. 이는 히스토그램을 기반으로 하여 영상의 특징을 추출하고 템플릿 매칭을 이용해서 패턴을 추적하도록 하였으며, 또한, SSIM(Structural Similarity) Index를 통해 추적된 패턴과 원 패턴의 유사도를 HVS(Human Vision System)을 기준으로 하여 결함을 판별할수 있도록 하였다.

### 1. 서론

섬유 산업은 부가 가치가 떨어지는 노동력 중심의 산업이기 때문에 주로 후진국에서 주요 산업이 되어 왔다. 하지만 최근 들어 고급 섬유 시장의 사업 규모가 커짐에 따라 섬유의 자체의 질 뿐, 아니라 디자인의 중요성이 크게 증가 하였다. 이로 인하여 섬유의 디자인은 다양한 패턴을 가진 섬유가 많이 생산되고 있다. 하지만 아직도 섬유의 결합이나 디자인 패턴의 결함을 찾는 데, 전적으로 사람의 눈에 의존하고 있는 실정이다. 사람의 눈이란 사람마다, 검사의 환경의 상황 등 평가 기준이 모호하기 때문에 불량 검사에 대한 신뢰도는 굉장히 낮은 상황이다. 하지만 이런 상황에서 컴퓨터, 전자 분야 등의 영상처리 기술은 크게 발전하고 있다.

섬유 산업에서 섬유의 고주파적 특성을 이용하여 결합(구멍, 스크래치, 얼룩 등)을 추출하는 시스템에 대해 많은 연구가 되고 있다 [1-3].

한편 패턴 인식을 이용해서 결함을 탐색하는 연구 또한 반도체 등 여러 분야에서 연구 되고 있다[4,5]. 반도체 결함을 찾아내는 패턴인식분야에서는 통계적 접근, 인공지능적 접근(NN,Fuzzy 포함) 등 다양한

방법이 적용되고 있다. 본 연구에서는 패턴매칭에 전자의 방법을 채택하여 이에 VEM(Valley emphasis method)[6]을 적용하여 섬유에 포함된 패턴을 추출하고, 더 나아가 패턴의 정확도를 객관적인 수치로 나타내는 시스템을 제안하였다. 또한 모든 과정을 실시간으로 처리가 가능하게 하였다.

이를 위해 먼저 영상에서 히스토그램을 이용한 영상의 추출된 특징을 이용하여 템플릿 매칭을 하였다. 이러한 과정을 통해 추출된 패턴의 유사도를 검사하기 위해 사람의 인식과 가장 비슷하다는 SSIM Index를 정확도에 대한 기준으로 선택하여 구현하였다.

### 2. 배경 이론

인식을 위한 시스템을 위한 알고리즘의 구성은 다음과 같다.

#### 2.1 영상 특징 검출

제안된 시스템의 설계를 위해서는 입력된 섬유의 영상의 특징을 검출해주는 과정이 필수적이다. 이러한 영상 특징 검출 과정은 크게 히스토그램을 이용하여 경계 값을 찾아내는 과정

과 검출된 경계 값에 맞게 영상의 화소값을 재조정하는 과정으로 이루어진다.

처음 단계는, 영상의 특징을 추출하는데 이에는 에지를 이용하는 방법과 경계 값을 이용하여 객체를 분리하는 방법이 있다. 에지를 이용한 방법은 잡음에 민감하므로 경계 값을 이용하는 방법을 사용하였다. 한편 영상을 히스토그램으로 변환하면 영상 내에 존재하는 객체는 가우시안 확률 분포 함수 형태를 갖게되며 이 경우 객체의 경계 값을 이용해서 확률 분포 함수를 찾는 방법을 이용하여 연산 속도를 향상시켰다. 본 논문에서는 영상의 히스토그램을 기반으로 하며 각 객체의 평균과 표준 편차를 이용하여 경계 값을 찾아내는 **Valley emphasis method**를 이용해서 각 객체의 경계 값을 찾아내었다.

$$t^* = \text{ArgMax}_{0 \leq t < L} (1 - p_t)(w_1 \mu_1^2 + w_2 \mu_2^2) \quad (1)$$

식 (1)은 각 객체(클래스)의 평균 값과 표준 편차의 곱을 최대로 만드는 값을 경계 값으로 선택한다는 것을 보여준다.

$t^*$ 은 각 객체(클래스)의 경계 값이며,  $p_t$ 는  $t$ 에서의 확률 값을 의미한다. 그리고  $w_1$ 은 객체(클래스) 1의 확률 값, 마지막으로  $\mu_1$ 는 객체(클래스) 1의 평균 값이다.

(1) 식을 다양한 객체(클래스)로 확장하면 다음과 같다.

$$t_1^*, t_2^*, \dots, t_{M-1}^* = \text{ArgMax}_{0 \leq t_1 < \dots < t_{M-1} < L} (1 - \sum_{j=1}^{M-1} p_{t_j}) (\sum_{k=1}^M w_k \mu_k^2) \quad (2)$$

다음 단계는 그룹화이며 이는 영상에 포함된 고주파성분을 줄여, 직물 패턴과 잡음을 제거할수 있는데 히스토그램에서 각 경계 값을 기반으로 각 객체의 평균과 표준 편차를 찾은 다음 각각의 객체의 표준 편차의 값을 줄여준다.

$$\mu_n = \frac{t_n^* - t_{n-1}^*}{2}, \quad \sigma_n = \alpha(t_n^* - \mu_n), \quad 0 < \alpha < 1 \quad (3)$$

적당한  $\alpha$ 의 값을 설정하여 각 객체가 갖는 화소 값의 범위를 줄일 수 있다. 이를 통해 각 객체간의 연속성을 끊을 수 있다.

## 2.2 영상 전처리

패턴이 반복되는 섬유 영상의 데이터 형태를 템플릿 영상에서 추출된 데이터의 값과 맞추기 위한 부분이다.

## 2.3 상관 계수를 이용한 패턴 탐색 및 추출

앞선 두 과정에 의해 템플릿 영상과 섬유 영상에서 패턴의 데이터를 추출하였다. 다음 과정은 상관 계수를 기준으로 템플릿 매칭을 통해 섬유 영상에서 패턴을 탐색하고 패턴을 추출하는 과정이다. 이 과정은 크게 템플릿 매칭을 통해 섬유 영상에서 패턴의 주소 값을 반환하는 부분과 그 주소 값을 이용하여 주소지 않은 초기 섬유 영상에서 패턴을 추출하는 부분으로 이루어진다.

상관 계수(Correlation coefficient)의 최대, 최소 변화의 추정치를 측정하고, 상관 계수의 최대 값을 이용하여 템플릿 영상과 유사한 객체를 유클리디안(Euclidean) 거리로 검출한다.

$$r = \frac{\sum_{x,y} [f(x,y) - \bar{f}][t(x,y) - \bar{t}]}{\sqrt{\sum_{x,y} [f(x,y) - \bar{f}]^2 \sum_{x,y} [t(x,y) - \bar{t}]^2}} \quad (4)$$

$f(x,y)$  : 추출된 영역에서 화소 값

$\bar{f}$  : 추출된 영역의 평균 값

$t(x,y)$  : 템플릿 영상의 화소 값

$\bar{t}$  : 템플릿 영상의 평균 값

## 2.4 각 패턴의 유사도 측정

영상의 유사도를 측정하는 것은 여러한 방법이 있는데 대표적으로 PSNR과 SSIM Index 등이 있으며, SSIM Index는 사람의 눈은 영상의 구조적인 정보에 굉장히 민감한 것에 기인하여, 제안된 HVS(Human Visual System)와 가장 비슷하게 유사도를 측정하는 방법이다. 즉 SSIM Index를 이용하면 사람의 주관적인 화질 평가와 유사한 결과를 객관적인 수치도 제공해준다는 점에서 큰 장점을 가지고 있다[7,8].

또한 추출된 패턴의 주소 값이 조금씩 틀리는 경우가 종종 있을 수 있으므로 PSNR보다는 SSIM Index를 선택하였다.

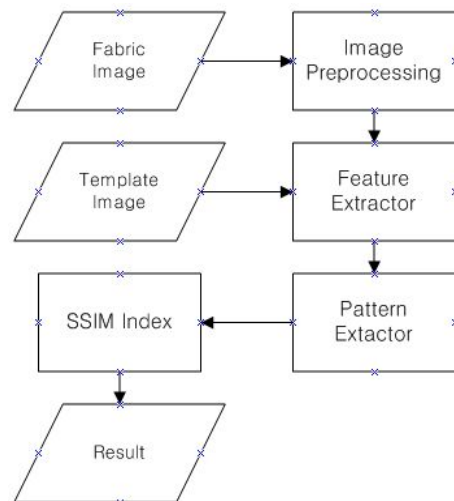
$$SSIM(x,y) = \frac{(2\mu_x \mu_y + c_1)(2\sigma_{xy} + c_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c_2)} \quad (5)$$

$$c_1 = (k_1 L)^2, \quad c_2 = (k_2 L)^2$$

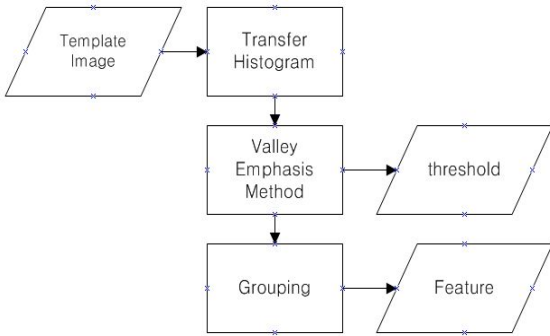
$L$ 은 화소의 다이내믹 범위이며,  $k_1, k_2$  상계수로 0.01~0.03의 값을 가진다.

## 3. 인식시스템 설계

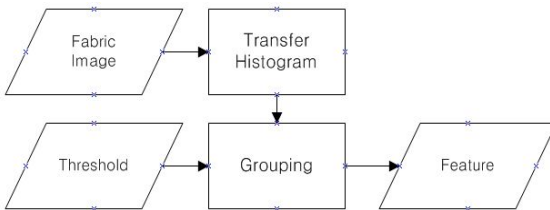
기본적으로 전체 블록은 크게 영상 특징 검출기, 영상 전처리, 패턴 추출기, 유사도 측정기로 이루어져 있다. 입력되는 영상은 패턴을 포함한 섬유 영상과 템플릿 영상 두 가지이다. 전절에서 언급한 전체블록도와 각 블록도는 다음과 같이 구성하였다.



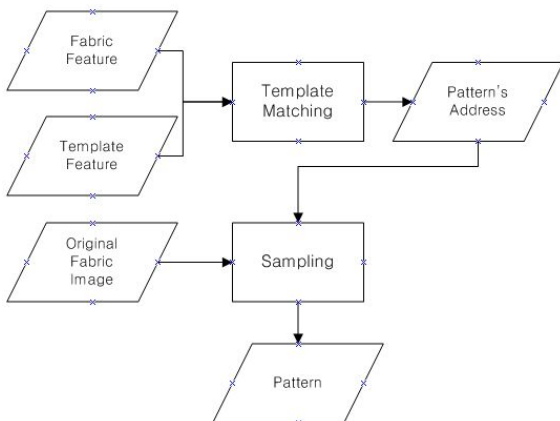
<그림 1. 시스템 블록도>



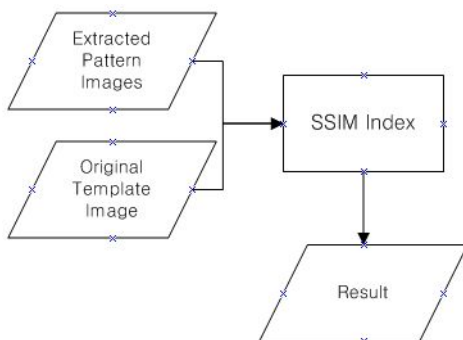
<그림 2. 특징 검출기의 블록도>



<그림 3. 전처리기의 블록도>



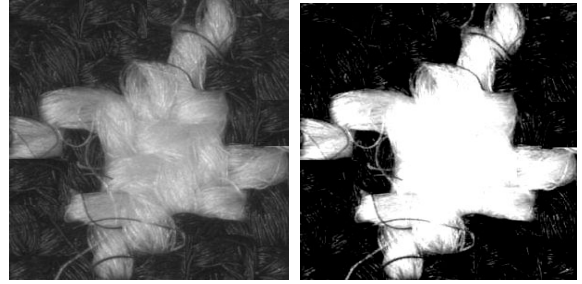
<그림 4. 패턴 추출기의 블록도>



<그림 5. 오류 측정기의 블록도>

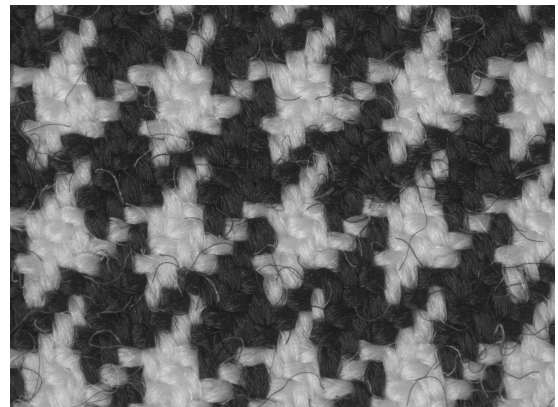
#### 4. 실험결과 및 검토

본 논문에서는 시스템 설계를 위하여 각 기능 블록에 대해 C 언어와 OpenCV Library, Matlab 등을 이용하였다 [9,10].



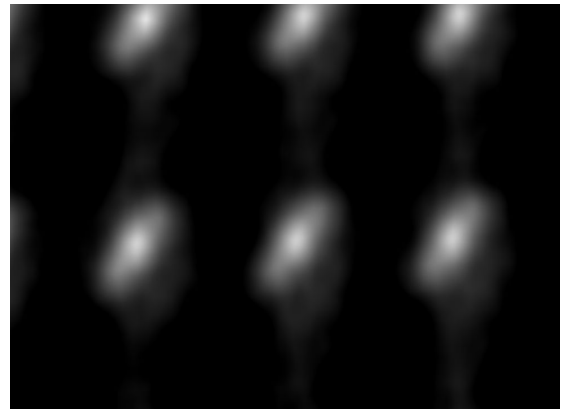
<그림 6. 특징 검출기의 결과>

템플릿 영상의 고주파 성분(섬유 패턴)이 제거되고 각 객체가 확연히 구분되는 것을 알 수 있다.



<그림 7. 섬유의 원 영상>

섬유의 영상은 템플릿과 같은 패턴을 6개 포함하고 있다.



<그림 8. 템플릿 매칭의 결과>

번호	PSNR	SSIM Index
1	20.1339	0.7897
2	23.3950	0.7064
3	20.1125	0.7341
4	28.3731	0.6704
5	23.4553	0.6588
6	20.1252	0.6785

<표 1. PSNR과 SSIM index>

섬유 영상에 포함된 패턴 6개를 정확하게 찾아낸 것을 알 수 있다. 표 1에서 SSIM index값이 0.65 미만인 육안으로도 다르다는 것을 알 수 있다

## 5. 결론

본 논문에서는 섬유 분야에서 고주파 성분을 이용한 단순 결함(구멍, 스크래치, 얼룩 등)이 아닌 패턴의 유사도를 평가하는 시스템을 설계하였다. Valley emphasis method를 이용해 템플릿 영상 내에 다양한 객체(클래스)가 포함되는 경우에도 적용할 수 있게 하였다. 그룹화를 통해 고주파성분을 제거하며 동시에 객체간의 차이를 명확하게 하였다. 무엇보다도 패턴과 템플릿 간의 유사도를 SSIM Index를 이용하여 객관적인 값으로 표현하여 확인할 수 있었다.

제시된 알고리즘은 섬유 패턴의 유사도뿐만 아니라 반도체 분야에서도 적용할 수 있으며, 향후, 섬유패턴의 유사도 값을 이용해서 결함의 종류를 찾아내는 알고리즘을 개발중이며 향후 공정자동화에 효율적으로 적용할 수 있다고 여겨진다.

## 참고문헌

- [1] Atiqul Islam, Shamim Akhter, and Tumnun E. Mursalin, "Automated Textile Defect Recognition System Using Computer Vision and Artificial Neural Networks," PWASET v. 13, May 2006 ISSN 1307-6884.
- [2] Zhen Hou, Jinhua Li, John M. "Parker Texture feature for image classification" Proceedings of the 2005 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics Monterey, California, USA, pp. 24-28, July 2005.
- [3] Hisanaga Fujiwara, Zhong Zhang, Koichi Hashimoto "Toward Automated Inspection of Textile Surfaces: Removing the Textural Information by Using Wavelet Shrinkage" Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation Seoul, Korea. pp. 21-26, May 2001.
- [4] Sang-Jin Nam, Kwang-Soo Hahn "Implementation of Automated Defect Detection and Classification System for Semiconductor Wafers"
- [5] Chang-Hyun Kim, Sung-Hun Hong, Jae-Yeol Kim "Performance Advancement of Evaluation Algorithm for Inner Defects in Semiconductor Packages" 한국공작기계학회논문집 v. 15, n. 6, pp. 82-87, 2006. 12.
- [6] Hui-Fuang Ng Automatic thresholding for defect detection, Pattern Recognition Letters, v. 27, pp. 1644 - 1649, 2006
- [7] Zhou Wang, Alan C. Bovik and Hamid R. Sheikh "Structural Similarity Based Image Quality Assessment" Digital Video Image Quality and Perceptual Coding 2005.
- [8] Hamed Shah-Hosseini, Reza Safabakhsh "Automatic Multilevel Thresholding for Image Segmentation by the Growing Time Adaptive Self-Organizing Map" IEEE tr. on pattern analysis and machine intelligence v. 24, n. 19, pp. 1388-1393, Oct. 2002.
- [9] Gary Bradski and Adrian Kaehler "Learning OpenCV" ISBN 978-0-596-51613-0
- [10] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, S. L. Eddins, "Digital Image Processing using MATLAB", ISBN 81-297-0515-X, 2005.