

표면의 굴곡 특징을 이용한 피혁 자동 등급 선별 알고리즘에 관한 연구(I)

이명수, *이규동, **김광섭, ***이진록, 권장우
동명정보대학교 컴퓨터공학과
*인하대학교 전자공학과
**하이테크 시스템(주)
***제이알랩스킨(주)

A study of Leather Quality Discrimination Algorithm Using a Surface Curvature Image(I)

Myung-soo Lee, *Gyu-dong Lee, **Kwang-sub Kim,
***Jin-lok Lee, Jang-woo Kwon
Dept. of Computer Eng., Tongmyong University of Information and Technique
*Dept. of Electronic Eng., Inha University
**Hitecom system Inc.
***Jrlambskin Inc.

요 약

피혁 제품의 품질을 결정함에 있어 제일 중요한 요인은 눈에 보이는 표면상태이다. 지금까지는 피혁공장에서 대부분의 피혁을 육안으로 선별하여 오고 있는데 이러한 방법은 등급을 구분하는데 많은 노동력과 시간이 소모되고, 일관성이 부족할 뿐만 아니라 미세한 결함이나 정밀한 치수를 감지할 수가 없어 그 등급의 품질에 문제가 발생한다. 이런 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 실시간 영상처리와 A.I를 이용하여 피혁 자동 등급 선별 시스템을 설계하고자 한다. 제안한 선별 시스템의 설계는 세계 피혁업계와 차별을 기하고 검사시간을 단축하여 생산 효율성을 증대하며, 등급의 표준화 및 품질의 고급화를 도모할 수 있다.

1. 서론

피혁은 어느 제품보다 부가가치가 높은 천연자원이다. 세계 피혁 중심국이 이탈리아 남미에서 아시아로 이동 형성될 것으로 보여지고 있지만, 우리 나라의 피혁 산업은 양적인 성장에 비해 기술적인 면에서 정체되고 있는 현상에 직면해 있다.

피혁 제품의 품질을 결정함에 있어 제일 중요한 요인은 눈에 보이는 표면상태이다. 지금까지는 피혁공장에서 대부분의 피혁을 육안으로 선별하여 오고 있는데 이러한 방법은 등급을 구분하는데 많은 노동력과 시간이 소모되고, 일관성이 부족할 뿐만 아니라 미세한 결함이나 정밀한 치수를 감지할 수가 없어 그 등급의 품질에 문제가 발생한다.

이런 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 실시간 영상처리와 A.I를 이용하여 피혁 자동 등급 선별 시스템을 설계하고자 한다. 제안한 선별 시스템의 설계는 세계 피혁업계와 차별을 기하고 검사시간을 단축하여 생산 효율성을 증대하며, 등급의 표준화 및 품질의 고급화를 도모할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 사용된 기본개념이 소개되어 있으며, 3장에서는 컴퓨터 모의 실험을 통해 본 논문의 유효성을 보인다. 4장에서는 피혁 자동 등급 선별 시스템 설계에 대해 설명하고 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시하고자 한다.

2. 기본 개념

2.1 영상처리

피혁의 자동 등급을 위해서는 그 표면 패턴(이하 texture)이 정의되고 그에 관련된 특징들을 정의하여야 한다. Texture에 대한 명확한 정의는 없으나 피혁의 표면 패턴을 고려하여 "상당히 규칙적인 작은 페곡면들의 집합"이라고 정의하여 등급 판정을 위한 영상처리에 적용하였다.

2.2 Texture 표현

Texture에 관한 연구는 전 세계적으로 약 30년 전부터 지속적으로 되고 있으며 최초의 texture에 관한 정의 및 언급은 Haralick에 의해 됐으며 그의 논문에는 14가지의 texture feature들에 대해 서술되어 있다. 그 외에 texture의 특징추출을 위한 표현으로 texture energy, GMRF, Gavor filter, co-occurrence matrix, fractal dimension, wavelet descriptor 등이 있다. 여기에서 본 연구에서는 영상에 mean, variance 그리고 surface curvature를 이용하였다.

(1) 평균(mean)

카메라로부터 획득된 texture영상의 국부적 평균에 의한 표현이다. 연산이 간단하나 변별력은 작으며 주로 다른 feature들과 같이 사용된다.

$$m = \frac{\sum_r \sum_c f(r, c)}{M \times N}$$

여기서 m 은 평균값, M 과 N 은 영상의 가로와 세로 크기, $f(r, c)$ 는 영상좌표, (r, c) 는 영상에서의 밝기값이 된다.

(2) 분산(variance or standard deviation)

Texture표현에 있어서 분산(또는 표준편차)도 상당히 좋은 feature가 될 수 있으며 실제로 자주 사용되어 왔다.

$$\begin{aligned} var &= E[f(r, c)^2] - (E[f(r, c)])^2 \\ &= \frac{\sum_{i=-Whalf}^{Whalf} \sum_{j=-Whalf}^{Whalf} f(r+i, c+j)^2}{(2Whalf+1)^2} \\ &\quad - \left\{ \frac{\sum_{i=-Whalf}^{Whalf} \sum_{j=-Whalf}^{Whalf} f(r+1, c+j)}{(2Whalf+1)^2} \right\}^2 \end{aligned}$$

(3) Surface curvature

Texture의 표면에 있어서 그 면을 작은 평면으로 근사화 하여 그에 대한 법선 벡터(vertical vector

to the surface)의 방향도 일종의 texture정보가 될 수 있다. 또한 표면의 굴곡(curvature) 정도도 texture의 정보가 될 수 있다. Texture의 표면의 굴곡(요철) 정도를 나타내는데 다음과 같은 k -parameter를 사용한다. 우선 영상의 밝기 함수는 다음과 같이 표현이 가능하며,

$$f(x, y) = a_{20} x^2 + a_{11} xy + a_{02} y^2 + a_{10} x + a_{01} y + a_{00}$$

$$A_1 = \sum_{i=-1}^1 \sum_{j=-1}^1 f(x+i, y+j)$$

$$A_2 = \sum_{i=-1}^1 f(x+i, y+1) - \sum_{i=-1}^1 f(x+i, y-1)$$

$$A_3 = \sum_{j=-1}^1 f(x-1, y+j) - \sum_{j=-1}^1 f(x+1, y+j)$$

$$A_4 = \sum_{i=-1}^1 f(x+i, y-1) + \sum_{i=-1}^1 f(x+i, y+1)$$

$$A_5 = \sum_{j=-1}^1 f(x-1, y+j) + \sum_{j=-1}^1 f(x+1, y+j)$$

$$A_6 = f(x-1, y-1) + f(x+1, y-1) - f(x-1, y-1) - f(x+1, y+1)$$

$$a_{20} = A_4/2 - A_1/3 \quad a_{11} = A_6/4$$

$$a_{02} = A_5/2 - A_1/2 \quad a_{10} = A_2/6$$

$$a_{01} = A_3/6 \quad a_{00} = 5A_1/9 - A_4/3 - A_5/3$$

$$E = 1 + a_{10}^2 \quad F = a_{10} a_{01} \quad G = 1 + a_{01}^2$$

$$e = (2 a_{20}) / \sqrt{EG - F^2},$$

$$f = (2 a_{11}) / \sqrt{EG - F^2},$$

$$g = (2 a_{02}) / \sqrt{EG - F^2}$$

Minimum curvature는 다음과 같이 정의된다.

$$k_1 = \frac{gE - 2Ff + Ge}{2(EG - F^2)} - \frac{\sqrt{(gE + Ge - wF)^2 - 4(eg - f^2)(EG - F^2)}}{2(EG - F^2)}$$

Maximum curvature는 다음과 같이 정의된다.

$$k_2 = \frac{gE - 2Ff + Ge}{2(EG - F^2)} + \frac{\sqrt{(gE + Ge - wF)^2 - 4(eg - f^2)(EG - F^2)}}{2(EG - F^2)}$$

Gaussian Curvature는 다음과 같이 정의된다.

$$k_3 = k_1 \cdot k_2$$

Mean Curvature는 다음과 같이 정의된다.

$$k_4 = (k_1 + k_2) / 2$$

Peet과 Sahota는 다음과 같이 정의된다.

$$\text{Peet and Sahota} : k_5 = (k_1 - k_2) / 2$$

$$k_6 = \max(|k_1|, |k_2|)$$

3. 컴퓨터 시뮬레이션

그림1은 본 시스템에 의한 피혁 품질선별을 위해 획득한 영상으로부터 특징 벡터를 추출하는 과정을 나타내는 흐름도이다. 영상처리모듈의 DSP보드에서 전 처리된 영상에 대하여 영상처리모듈의 중앙처리장치인 CPU가 굴곡특징추출을 하게 되는데 굴곡 특징 추출을 하기 위한 과정을 나타낸 것이 그림1이다. 획득한 영상은 우선 라인 버퍼 획득 과정을 거쳐 분산값과 평균값 및 curvature를 구하는 과정을 거치게 된다. 이러한 과정을 거쳐 얻어진 분산 영상과 평균 영상인(Mean 영상) 및 curvature 영상이 얻어지고 이를 품질 판정을 위하여 관계 시스템부로 전송하게 된다. 그림2와 그림3에서 두 종류의 피혁에 대한 영상처리 결과를 나타내었다. Surface curvature는 표면 조직의 조밀도를 찾아내는데 사용되었으며 Hole, Spot, Blur, Scratch, Wrinkle의 결함을 영상처리 모듈자체에서 별도로 처리하였다.

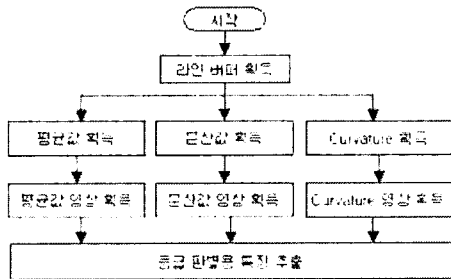
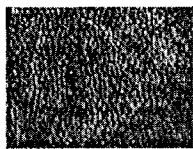


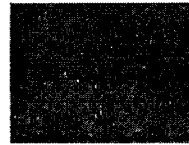
그림1. 비전부 품질 선별 흐름도

본 논문의 실험에서는 320×240 크기의 피혁 영상과 해상도 256인 영상에 대해 마스크 크기를 10으로 하여 surface curvature의 k_1, k_2, k_3, k_4, k_5 를 적용하였다.

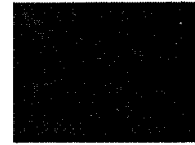


(a) 원영상(정상)

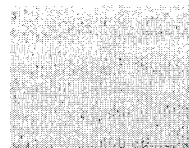
(b) k_1



(c) k_2



(d) k_3



(e) k_4



(f) k_5

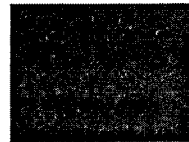
그림2. 정상 영상처리 결과



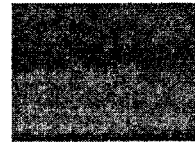
(a) 원영상(Hole)



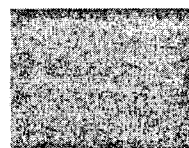
(b) k_1



(c) k_2



(d) k_3

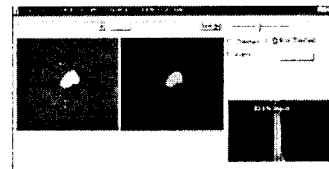


(e) k_4

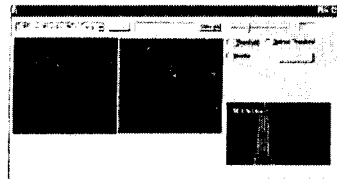


(f) k_5

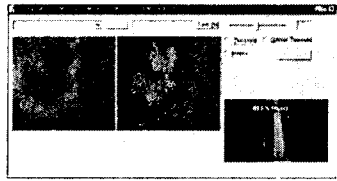
그림3. Hole 영상처리 결과



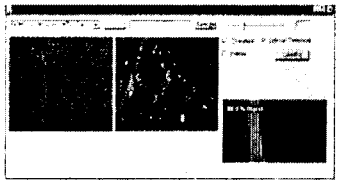
(a) Hole 결함



(b) Spot 결함



(c) Blur 결함



(d) scratch 결함

그림4. 피혁 영상들에 대한 결함검출 영상

4. 피혁 자동 등급 선별 시스템

본 논문에서 상기의 목적을 달성하기 위한 본 시스템은 품질검사 시스템을 제어하는 제어부, 검사대상을 촬상하기 위한 비전부, 검사대상을 운반하기 위한 운반부 및 등급을 표시하기 위한 표시부로 구성되며, 피혁을 운반하는 피혁 운반 단계와, 운반한 피혁을 촬상하는 촬상 단계와, 촬상된 영상을 처리하는 단계, 영상의 처리한 결과를 전송하는 단계 및 전송된 결과를 토대로 인공지능 기법을 이용하여 피혁의 품질을 평가하는 단계로 구성되어 있다. 그림5은 본 시스템의 지능형 피혁 품질검사 시스템의 전체 구성도 이다.

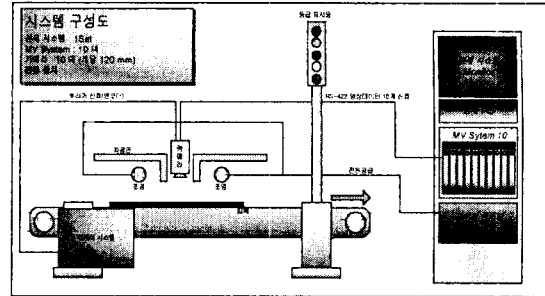


그림5. 시스템의 전체 구성도

5. 결론

본 논문은 피혁의 품질에 따라서 texture가 다름을 평균, 분산 및 surface curvature를 이용하여 등급을 분류하는 시스템 구현에 대한 연구이다. 비전을 이용한 지능형 피혁 선별 장치 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 인공지능을 구비한 비전 시스템을 이용하여 피혁의 품질을 검사함으로써 객관화된 품질 등급을 구하고, 검사시간을 단축하여 생산 효율을 증대시킬 것이다. 지금까지 피혁공장에서 대부분의 피혁을 육안으로 검사해 나타나는 문제점을 본 시스템을 통해 해결할 수 있으며 나아가 본 시스템은 피혁의 품질을 검사함으로써 객관화된 품질등급을 구하여 등급의 표준화 및 품질의 고급화를 도모하고, 검사시간을 단축하여 생산 효율을 증대시킬 수 있는 시스템을 공급하리라 본다. 추후 연구 과제로는 다양한 실 공정의 환경이 본 시스템의 성능에 어떤 영향을 미치는지 알아보아야 할 것이다. 또한 원산지별로 피혁의 종류가 다양하므로 이 또한 정확한 선별을 할 수 있는 연구도 병행되어야 할 것이다.

[참고문헌]

- [1] Kimmo Valkealahti and Erkki Oja, "Reduced Multidimensional Co-Occurrence Histograms in Texture Classification", VOL. 20, No. 1, JANUARY 1998, IEEE
- [2] Jesse Bennett and Alireza Khotanzad, "Modeling Textured Images Using Generalized Long Correlation Models", VOL. 20, NO. 12, DECEMBER 1998, IEEE
- [3] Krishnamoorthy Sivakumar and John Goutsias, "Morphologically Constrained GRFs: Applications to Texture Synthesis and Analysis", VOL. 21, NO. 2, FEBRUARY 1999, IEEE

- [4] J.R.Parker "Algorithms for Image Processing and Computer Vision"
- [5] Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, Mark H. Beale, "Neural Network Design"
- [6] 허유, "2차원적 섬유구조물의 자동결합검출을 위한 신호해석 ", 64 p. 1991, 과학기술부
- [7] 황현, "신경회로망 및 컴퓨터 영상처리 기술에 의한 버섯류의 품위검색 효율화 및 선별작업 자동화 연구 ",55 p., 1993, 과학기술부
- [8] 성시흥, "컴퓨터의 화상처리를 이용한 오이의 자동선별, 등급판정 및 포장시스템 개발", 96. 12, 1995, 농림부
- [9] 이용주, 이철희, "영역교차법, 왜곡각 분류자 및 명암도 상관행렬 특징자를 이용한 실시간 섬유 불량 검사 시스템", VOL.3, NO. 2, April 2000, 멀티미디어학회논문지