

# 텍스처 분석 알고리즘과 피혁 자동 선별 시스템에의 응용

김명재 · 이명수\* · 권장우\* · 김광섭 · 길경석\*\*

하이테크시스템(주) 연구소 · \*동명정보대학교 컴퓨터공학과 · \*\*한국해양대학교 전기공학과

## Texture Analysis Algorithm and its Application to Leather Automatic Classification Inspection System

Myung-jae Kim · Myung-soo Lee\* · Jang-woo Kwun\* · Kwang-sup Kim · Gyung\_suk Kil\*\*

Dept.of R&D Center, Hitecom System Corporation · \*Dept.of Computer Engineering, Dongmong

University of Information Technology · \*\*Dept. of Electronic Eng., Korea Maritime University

E-mail : mjkim@hitecom.co.kr

### 요 약

현재 육안에 의한 피혁의 등급 판정 과정은 장시간 시 피로에 의한 일관성 결여로 인해 판정 결과에 대한 신뢰성을 주지 못한다. 따라서 피혁의 품질을 결정하기 위한 객관적인 지표와 이를 기준으로 등급 판정 과정의 자동화가 필요하다. 본 논문에서 적용된 피혁 자동 선별 시스템은 피혁에 대한 정보를 취득하는 과정과 이들 정보로부터 등급을 판정하는 과정으로 구성된다. 피혁의 품질은 조밀도와 결함의 종류 및 분포도와 같은 피혁 정보에 의해 결정된다. 본 논문에서는 디지털 카메라에 의해 획득된 흑백 영상으로부터 피혁의 조밀도 및 결함에 대한 정보를 추출하는 알고리즘을 제안한다. 조밀도에 대한 정보는 원 영상을 주파수 영역으로 변환한 후 나타나는 푸리에 스펙트럼 분포의 특징 값들에 의해서 추출된다. 그리고 결함에 대한 정보는 전처리 과정을 거친 영상으로부터 경계선 검출 후 검색 윈도우를 사용하여 윈도우에 해당하는 픽셀들의 통계적 수치에 의해서 검출된다. 피혁 전체에 대한 정보들은 피혁의 등급을 판정하는 지표로 사용되며 실제 머신 비전 시스템에 적용된다.

### ABSTRACT

The present process of grading leather quality by the rare eyes is not reliable. Because inconsistency of grading due to eyes strain for long time can cause incorrect result of grading. Therefore it is necessary to automate the process of grading quality of leather based on objective standard for it. In this paper, leather automatic classification system consists of the process obtaining the information of leather and the process grading the quality of leather from the information. Leather is graded by its information such as texture density, types and distribution of defects. This paper proposes the algorithm which sorts out leather information like texture density and defects from the gray-level images obtained by digital camera. The density information is sorted out by the distribution value of Fourier spectrum which comes out after original image is converted to the image in frequency domain. And the defect information is obtained by the statistics of pixels which is relevant to Window using searching Window after sort out boundary lines from preprocessed images. The information for entire leather is used as standard of grading leather quality, and the proposed algorithm is practically applied to machine vision system.

### 키워드

Texture Analysis, Defect Detection, Density Extraction, Piecewise Histogram Equalization, Fourier Transform

### 1. 서 론

현재 피혁 가공의 최종 단계인 품질 판정은 사

람의 육안에 의해 결정되어진다. 품질 판정 과정은 사람마다의 주관적인 기준이 개입될 수 있으며 반복적인 과정을 거치면서 일관성 또한 결여

될 수 있다. 따라서 피혁의 품질을 판정하기 위한 객관적인 기준이 정의되어야 하며 일관된 판정 결과를 얻기 위해 정의된 기준에 의한 판정 자동화 시스템이 필요하다.

피혁의 품질은 조밀도 및 결함들에 의해 결정된다. 즉, 판정 기준을 정하기 위해 조밀도 추출 그리고 결함 검출과 같은 텍스처 분석 과정이 필요하다. 이러한 텍스처 분석이란 텍스처의 물리적인 변화 정도를 모델링하는 과정을 말한다. 텍스처의 특징은 중심 픽셀과 이웃 픽셀과의 구조적인 관계에 의해서 표현되어 진다. 따라서, 텍스처를 분석하기 위해 2차원 히스토그램 또는 co-occurrence matrices 등을 이용한 방법이 주로 사용된다. 텍스처는 균일도, 조밀도, 질감, 규칙성, 방향성, 주기성 등과 같은 특징들에 의해 표현되어 진다. 이 특징들을 모델링하는 텍스처 분석에 관한 기존의 방법들로는 autocorrelation matrices로부터 interaction map을 작성한 후 방향 및 위치에 따른 규칙성을 정의하는 방법[1], Voronoi tessellation을 이용한 방법[2], 그리고 wavelet 또는 Gabor filter를 이용한 방법[3,4] 등이 있다.

본 연구에서는 피혁을 대상으로 FFT를 이용하여 주파수 영역에서의 푸리에 스펙트럼의 분포 특성과 조밀도와의 관계를 규명하여 텍스처 조밀도를 모델링하는 방법과 피혁 조직의 에지 성분들을 검출한 후 검색 윈도우를 사용하여 윈도우에 해당하는 픽셀들의 평균 및 분산과 같은 통계적 수치에 의해 피혁의 구조적인 결함들을 검출하는 알고리즘을 제안한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 피혁의 조밀도를 추출하는 알고리즘을 설명하고, 3장에서는 피혁에 존재하는 결함들을 검출하는 알고리즘을 설명하고, 4장에서는 이들 알고리즘에 대한 실험 및 결과에 대해 설명하고, 마지막으로 5장에서 결론에 대해 기술한다.

## II. 피혁의 조밀도 추출 알고리즘

피혁의 조밀도는 표피 조직의 크기에 의해 결정된다. 조직의 모양은 불규칙적이지만 전체적으로는 일정한 면적과 간격으로 구성되어 있다. 따라서 부분적으로는 불규칙적이지만 전체적으로 주위 픽셀의 상관관계에 따른 규칙성을 모델링하여 조밀도를 계산하고자 한다. 본 논문에서는 이러한 규칙성을 찾기 위해 주파수 영역으로 변환하여 푸리에 스펙트럼의 분포를 분석하였다.

조밀도 추출 과정은 그림 2.1과 같고 256x256 (픽셀) 크기의 그레이 영상에 대해 적용된다. 먼저 전처리 과정으로서 히스토그램 평활화 과정을 거친다. 이때 영상 전체에 대해서 히스토그램 평활화를 적용할 경우 조명의 불균일한 분포가 두드러지므로 영상의 가로 방향 및 세로 방향으로 각 줄마다 독립적으로 히스토그램 평활화를 적용함으로써 조명의 영향을 제외시킬 수 있다. 다음

으로 FFT를 이용하여 주파수 영역으로 변환하여 푸리에 스펙트럼의 밝기 값에 대하여 이진화한 후 스펙트럼의 분포되어진 정도를 정량화하여 조밀도를 계산한다.

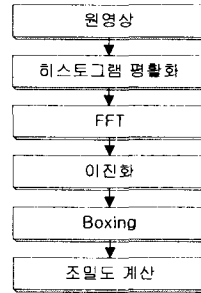


그림 2.1 조밀도 추출 과정

그림 2.2는 조밀도에 따른 스펙트럼 분포를 설명하기 위한 샘플 영상이다. 그림 2.2의 (a.1),(b.1)의 영상을 주파수 영역으로 변환한 결과 점들이 조밀하게 분포할수록 스펙트럼의 분포 영역이 넓어지는 것을 확인할 수 있다.

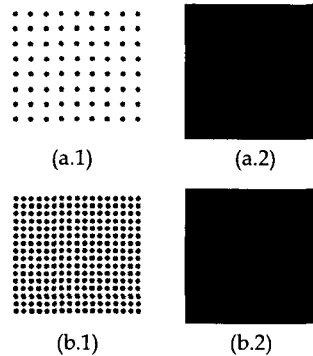


그림 2.2 조밀도와 스펙트럼 분포와의 관계

다음은 그림 2.2의 (a.2),(b.2)를 이진화한 후 스펙트럼이 존재하는 영역을 포함하도록 사각형을 결정하여 그림 2.3과 같이 표시하였다.

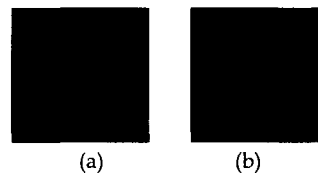


그림 2.3 이진화된 푸리에 스펙트럼

사각형의 대각선의 길이와 가로, 세로에 대한 비율로부터 식(2.1)과 같이 조밀도를 계산한다. 이

때 가로와 세로에 대한 비율이 1보다 커질수록 원 영상은 방향 성분을 갖는다.

$$Density = diag / (ratio \times a) \quad (2.1)$$

$$where, \ ratio = \begin{cases} width/height, & width > height \\ height/width, & width < height \end{cases}$$

### III. 피혁의 구조적 결함 검출 알고리즘

피혁의 결함들은 hole, scratch, wrinkle로 구분할 수 있다. 이들 결함들은 촬영 조건에 따라서 밝거나 또는 어둡게 나타난다. 따라서, 밝기 값에 독립적으로 결함들을 검출하기 위해 원 영상에서 에지 성분을 나타내는 영상에 대해 결함 검출 알고리즘을 적용한다. 그림 3.1은 결함을 검출하는 전체과정으로서 결함들이 잘 드러나도록 전처리 과정을 거친 후 Sobel edge detection을 적용하여 에지 성분을 표현하는 영상을 얻는다. 이 영상으로부터 제안하는 결함 검출 알고리즘을 적용하여 결함들을 segmentation한 후 labeling 과정을 거쳐 결함에 대한 정보를 얻는다.

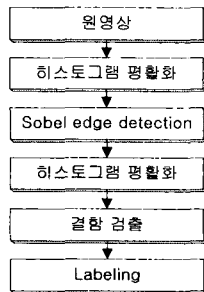


그림 3.1 결함 검출 과정

일반적으로 결함이 존재하는 영역에서는 에지의 연속성이 결여되거나 에지들 사이의 간격이 넓게 존재하게 된다. 이러한 영역에서 평균값은 0 또는 255에 가까운 값을 갖으며 분산 값은 정상적인 영역에 비해 낮은 값을 갖는 특징을 지닌다. 따라서, 에지 영상으로부터 결함을 검출을 위해 5×5 검색 윈도우, W를 사용하여  $x, y \in W$ 에 해당하는 픽셀들의 밝기 값에 대한 평균, m과 표준편차,  $\sigma$ 를 계산하여 식(3.1)에서 픽셀 값  $P(x, y)$ 를 수정한다.

$$P(x, y) = \begin{cases} 255, & \sigma < T_0 \text{ and } (m < T_1 \text{ or } m > T_2) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.1)$$

여기서, 임계값  $T_0, T_1, T_2$ 는 실험에 의해 결정되었다. 그림 3.2는 결함 검출의 각 과정에 해당하는 결과 영상이다.

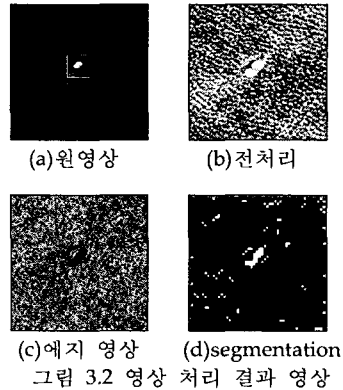


그림 3.2 영상 처리 결과 영상

### IV. 등급 판정 시스템

피혁의 등급을 판정하는 전체 시스템은 그림 4.1에서와 같이 camera, clients, server로 나뉘어진다. 10개의 clients에서는 각각의 카메라로부터 얻어진 영상에 대한 결함에 대한 정보 및 조밀도에 대한 정보를 계산하여 server로 넘겨주며 server에서는 이들 정보로부터 피혁물의 등급을 판정한다.

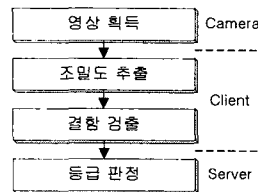


그림 4.1 등급 판정

### V. 실험 및 결과

다음은 제안하는 방법에 의해 계산된 조밀도에 의한 피혁 샘플 분류의 신뢰성과 제안하는 방법에 의해 피혁에서 나타나는 결함들의 검출 정확성이 테스트되었다. 실험은 Intel Pentium 466MHz, RAM 64Mbyte, QNX Real-Time OS에서 수행되었다.

조밀도 추출 알고리즘 테스트를 위한 샘플은 육안에 의해 A, B, C 3가지 등급으로 분류되었고 영상 크기는 256x256 픽셀로 정하였다. 그림 5.1에 원본 영상에 대해 전처리 과정을 거친 영상과 이를 주파수 영역으로 변환한 결과 영상을 나타내었다.

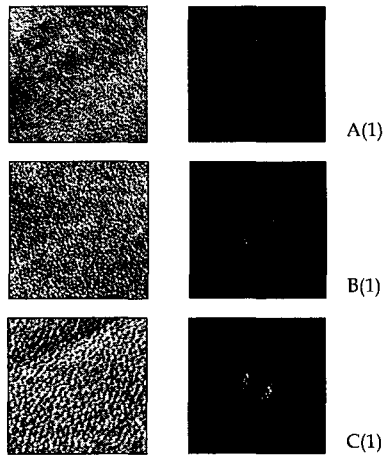


그림 5.1 조밀도 추출 테스트 샘플  
(표 5.1에 사용된 샘플들 중 일부)

다음으로 식(2.1)에 의해 조밀도를 계산한 결과는 표 5.1에 나타내었고 그 결과 값을 기준으로 등급을 부여하였다. 표 5.1의 결과에서 *diag*가 클수록 그리고 *ratio*가 작을수록 조밀도가 높게 결정되며 이 결과 값에 의해 육안에 의한 등급과 유사한 결과를 나타냄을 확인할 수 있었다.

표 5.1 조밀도 알고리즘 테스트

등급	<i>diag</i>	<i>ratio</i>	<i>density</i>	분류
A(1)	145.67	1.019	14.28	A
A(2)	142.84	1.020	14.00	A
A(3)	154.40	1.347	11.45	B
A(4)	126.06	1.119	11.26	B
B(1)	131.52	1.021	12.87	B
B(2)	128.70	1.022	12.59	B
B(3)	124.45	1	12.44	B
B(4)	126.06	1.119	11.26	B
C(5)	144.01	1.939	7.42	C
C(6)	122.80	1.324	9.27	C
C(7)	111.60	1.363	8.18	C

다음은 제안하는 결함 검출 알고리즘이 테스트 되었다. 그림 5.2의 왼편은 결함이 존재하는 원본 영상이고 오른편은 제안하는 방법에 의해 결함이 검출된 결과 영상이다.

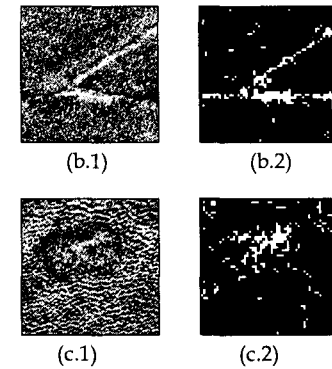
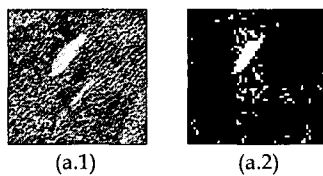


그림 5.2 결함 검출 테스트 샘플

## V. 결 론

본 논문에서는 피혁의 조밀도를 모델링하는 방법과 검색 윈도우를 사용하여 결함을 검출하는 방법을 제안한다. 일반적으로 규칙성을 예측하기 어려운 피혁과 같은 텍스처의 경우 주파수 영역에서의 스펙트럼 분포로부터 규칙성을 찾을 수 있었다. 그리고 결함은 에지 성분의 분포가 정상 조직과 상이하게 나타나는 특성을 이용하여 검출할 수 있었다.

향후 과제로는 피혁 조직과 비슷한 크기의 결함을 검출하는 방법과 조밀도와 결함과 같은 피혁의 정보들로부터 전체 피혁의 등급을 결정하는 방법에 대한 연구가 요구된다.

## 참고문헌

- [1]Dmitry Chetverikov and Krisztian Gede", Textures and Structural defects", Computer Analysis fo Images and Patterns, Lecture Notes in Computer Science vol.1296, pp.167-174, 1997.
- [2]Mihran. Tuceryan and Anil. K. Jain, "Texture Segmentation Using Voronoi Polygons," IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. PAMI-12, pp. 211-216, February, 1990.
- [3]Thomas P.Weldon, William E. Higgins, and Dennis F. Dunn, "Efficient Gabor Filter Design for Texture Segmentation", Pattern Recognition, 1996.
- [4]S. Livens, P. Sceunders, G. Van de Wouwer, D. Van Dyck, "Wavelets for Texture Analysis", 6th Int. Conf. on Image Processing and its Applications, vol.2, july, 1997