

컴퓨터 비전을 이용한 피혁 자동 등급 선별 시스템에 관한 연구

이명수^{*} · 김명재^{**} · 김광섭^{***} · 길경석^{****} · 권장우^{*}

^{*}동명정보대학교 · ^{**}인하대학교 ·

^{***}하이테크 시스템(주) · ^{****}한국해양대학교

A Study of Leather Quality Inspection Using a Computer Vision

Myung-soo Lee^{*} · Myung-jae Kim^{**} · Kwang-sub Kim^{***} · Gyung-suk Kil^{****} · Jang-woo Kwon^{*}

^{*}Dept. of Computer Eng., Tongmyung University of Information Technology ·

^{**}Dept. of Electronic Eng., Inha University · ^{***}Hitecom system Inc. Technology ·

^{****}Dept. of Electronic Eng., Korea Maritime University

E-mail : jwkwon@tmic.tit.ac.kr

요 약

피혁 제품의 품질을 결정함에 있어 가장 중요한 부분은 눈에 보이는 표면상태이다. 지금까지 피혁 제조업체에서 대부분의 피혁을 육안으로 선별하여 오고 있는데, 이러한 방법은 등급을 구분하는데 있어 일관성이 부족할 뿐만 아니라, 많은 노동력과 시간이 소모되고 또한 미세한 결함이나 정밀한 치수를 감지할 수가 없어, 등급의 품질에 많은 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제를 해결하고자 본 논문에서는 실시간 영상처리와 A.I를 접목하여 피혁 자동 등급 선별 시스템을 제안하고자 한다. 우선 피혁 자동 등급 선별 시스템에서 가장 중요한 실시간 영상처리를 이용하여 A.I에 적용될 수 있는 벡터의 추출 및 판정결과를 제시하여 본 논문의 정확성을 확인하고자 한다. 피혁 시스템의 설계는 세계 피혁업계와 차별을 기하고 검사시간을 단축하여 생산 효율성을 증대하며, 등급의 표준화 및 품질의 고급화를 도모할 수 있다.

ABSTRACT

One of the most important factors for a leather quality inspection is its surface condition. So far, a leather quality level has been discriminated by human's eye inspection. But, these kinds of method needs a lot of labor time and cause decision mistakes from an optical illusion. It means leather quality inspection is very subjective and there is no consistency. In this study, we present computer vision based a leather quality inspection system using an Artificial intelligence. Suggested system can give standard spec for a leather quality and take human inspection duty place.

1. 서 론

피혁은 어느 제품보다 부가가치가 높은 천연 자원이다. 세계 피혁 중심이 이태리나 남미에서 아시아로 이동 형성될 것으로 보여지고 있지만, 우리나라의 피혁 산업은 양적인 성장에 비해 기술적인 면에서 정체되고 있는 현상에 직면해 있다. 이러한 상황에서 우리가 경쟁력을 가지기 위해서는 보다 나은 품질의 생산을 요하게 된다. 피혁 제품의 품질을 결정함에 있어 가장 중요한 부분은 눈에 보이는 표면 상태이다. 지금까지는 피혁공장에서 대부분의 피혁을 육안으로 선별하

여 오고 있는데 이러한 방법은 등급을 구분하는데 일관성이 결여될 뿐만 아니라, 많은 노동력과 시간이 소모되고 또한 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. 2장에서

는 등급 판정 알고리즘 및 실험 방법에 대해 설명하고 3장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시하고자 한다.

II. 등급 판정 알고리즘 및 실험 방법

1. 피혁의 등급 판정 알고리즘 구성

피혁의 등급을 판정하는 전체 시스템은 그림 1.1에서와 같이 Camera, Clients, Host 3가지 부분으로 나뉘어진다. 각각의 Clients에서는 카메라로부터 얻어지는 각각의 영상에 대한 결함 정보 및 조밀도에 대한 정보를 계산하여 Host로 넘겨주며 Host에서는 이들 정보를 바탕으로 피혁물의 등급을 판정함과 동시에 각각의 피혁물을 구분하는 역할을 한다. 단 각각의 피혁은 10개의 카메라로 영상 등 간격으로 10번 촬영되어지며 촬영된 10×10개의 영상은 하나의 피혁을 모두 표현할 수 있다고 가정한다.

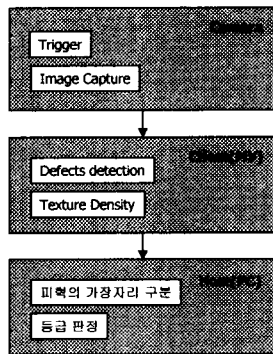


그림 1.1 피혁 등급 판정 시스템 전체 흐름도

피혁 등급 판정 시스템의 알고리즘 구현부에 대한 전체 흐름도는 그림 1.2에서와 같이 피혁 존재 여부 판정부, defects detection, texture density calculation 세 부분으로 구성되어 있다. 다음은 defects detection과 texture density calculation에 대한 설명이다.

1.1 Defects detection

결함을 찾는 알고리즘은 전처리부, defects detector, 후처리, defects selector와 같이 크게 4가지 부분으로 나뉘어 구성되어 있다. 알고리즘의 전체 흐름도는 그림 1.3에 나타내었다. 그림 1.3의 defects selector부에서는 결함의 종류(hole, scratch, blur) 결함의 위치, 결함의 면적 등과 같은 결함에 대한 정보를 결정한다. 즉, 결함을 찾아내기 위한 알고리즘을 적용하기 전에 preprocessing과정으로 histogram equalization 과정을 거친 후 노이즈를 제거하기 위해 Mean filter를 적용한다. 다음으로 결함을 찾아내기 위한 알고

리즘을 적용한다. 이때의 결과 영상은 결함이 아니지만 조직이 큰 영역도 검출이 되기 때문에 이를 제거하기 위해 Dilation과 Erosion의 mask operation이 preprocessing 과정으로 수행된다. 마지막으로 labeling을 하여 흠집의 개수, 면적, 위치를 계산한다.

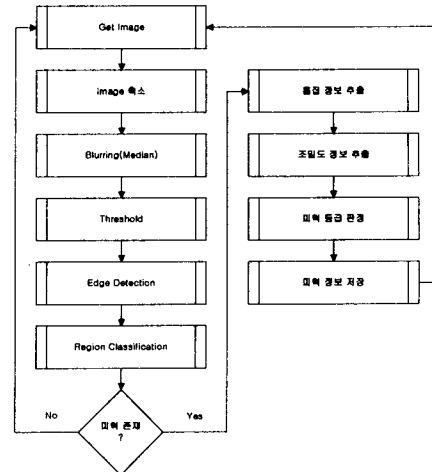


그림 1.2 알고리즘 구현부 전체 흐름도

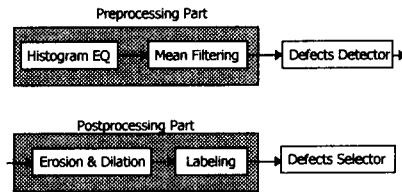


그림 1.3 Defects detection algorithm 흐름도

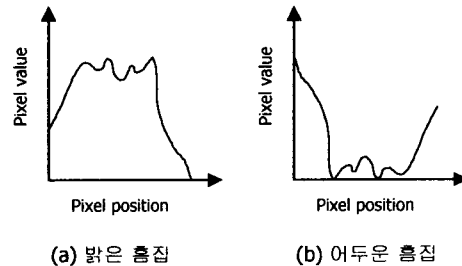


그림 1.4 pixel value의 분포에 따른 결함의 종류

다음은 Defects detection 과정을 단계1부터 단계5까지 나타내었다.

단계 1. Histogram Equalization

피혁의 무늬를 뚜렷하게 나타나게 하기 위해서 원 영상에 대해 histogram equalization을 수행한다.

단계 2. Mean Filtering

3×3 마스크를 이용하여 해당 픽셀들의 평균값을

현재의 픽셀 값으로 대체하여 노이즈를 제거한다. 이 과정은 픽셀 값의 작은 변화를 갖는 픽셀들을 제거하여 흠집을 찾기 용이하게 하기 위함이다.

단계3. 흠집 검출

영상의 한 행마다 pixel value(intensity)의 분포를 조사하여 그림1.4에서 보이는 분포를 갖는 영역을 결합으로 찾아낸다. 결합의 픽셀을 255, 나머지 픽셀은 0으로 이진화 한다.

단계4. Dilation & Erosion

morphology operation을 반복 수행하여 이진화된 영상에서 흠집이 아닌 부분을 제거한다.

단계5. Labeling

흠집의 면적, 위치, 개수에 대한 정보를 얻는다.

위의 과정을 거쳐서 얻은 결합 정보는 표 1.1에 나열하였다. 결합 정보는 각각이 Clients(MV)에서 계산되어 Host(PC)로 전송되어 Host는 결합의 정보를 바탕으로 피혁의 등급을 판정한다. 피혁의 결합 정보를 추출한 후 피혁의 조밀도를 계산한다. 다음은 피혁의 조밀도를 계산하는 방법에 대한 내용이다.

표 1.1 Defects Information

Parameter	Data Type	Range	설명
ID	int	0~100	검출된 흠집의 ID
Type	int	0~2	흠집의 종류 Hole(0), Scratch(1), Blur(2)
Area	int	20~	흠집의 면적(픽셀 수)
Ndefects	int	0~100	흠집의 개수
StartPosX	int	0~1304	흠집의 시작점의 x좌표
StartPosY	int	0~980	흠집의 시작점의 y좌표
EndPosX	int	0~1304	흠집의 끝점의 x좌표
EndPosY	int	0~980	흠집의 끝점의 y좌표
PeakPixelValue	byte	0~255	흠집의 최대 픽셀 값
MeanPixelValue	byte	0~255	흠집 픽셀 값들의 평균

1.2 Texture density calculation

Texture의 density는 camera에서 촬영된 하나의 영상에 대해 100×100 사이즈의 subwindow 6×4개를 선택하여 각각의 subwindow에 대한 density를 계산한다. 계산된 각각의 density들로부터 평균 density 또는 중간 density를 계산한다. 여기서, 흠집의 위치와 겹치는 subwindow는 density 계산에서 제외된다. 그림 1.5은 texture density를 계산하는 전체 흐름도를 나타낸다.

Texture density calculation을 단계별로 나타내

면 다음과 같다.

단계 1. Sub image 분할

원본 영상에 대해 균일한 간격으로 24개의 사이즈 100×100인 sub image를 선택한다. 이때 흠집이 있는 영역과 겹치는 sub image는 조밀도 계산에서 제외한다.

단계 2. 이진화

선택된 24개의 sub image들은 0과 255의 값으로 이진화 한다. 이때 255의 값을 갖는 픽셀들은 조밀도를 계산하기 위한 cell들로 간주한다.

단계 3. Labeling

이진화 된 영상을 labeling하여 255값을 갖고 단일 폐곡면을 갖는 cell들을 선택한다.

단계 4. Cell count

각각의 sub image에 대한 labeling된 cell들의 개수 count하여 평균값을 계산한다. 이 평균값을 조밀도로 결정한다.

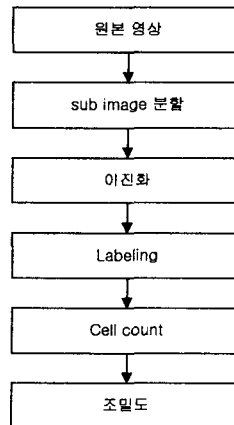


그림 1.5 Texture density calculation 전체 흐름도

그림 1.5에서 얻어지는 texture density에 대한 정보는 표 1.2에 나타내었다. 현재 Threshold 값은 5로 정하였다.

표 1.2 Texture Density Information

Parameter definition	Data Type	Range	설명
WindowID	int	0~24	Window의 ID
nWindow	int	0~24	Density 계산시 사용된 Window 개수
CellCounts	int		Density 계산을 위한 cell 수 count
Threshold	int	0~10	일정 크기 이상의 cell들만 count하기 위한 threshold 값
MeanDensity	float		각 window의 density들의 평균값
MiddleDensity	float		각 window의 density들 중 중간값

2. 카메라 촬영 영상에 대한 정보

카메라로부터 얻어지는 영상의 픽셀 사이즈는 아래와 같고 카메라의 높이에 따른 촬영 영상의 크기와 이웃 카메라의 영상과의 겹치는 정도는 표 2.1에 표시하였다.

- 영상 크기(pixel size) : 1304×980
- 카메라 높이의 각 단계는 1cm 간격이고 Step.0은 카메라
- 현재 카메라 높이 설정 : Step.6

표 2.1 카메라 높이에 따른 영상 크기(cm)

카메라 높이	영상 크기(cm)	겹치는 영역(cm)
Step.0	11.6	2.2
Step.1	12.3	2.8
Step.2	12.9	3.4
Step.3	13.5	4.0
Step.4	14.0	4.5
Step.5	14.6	5.1
Step.6	15.0	5.8
Step.7	15.6	6.4

3. 컨베이어 벨트 이동 속도에 따른 카메라 설정

컨베이어 벨트의 이동 속도와 관련된 파라미터로는 카메라의 조리개 정도, 셔터 속도가 있다. 또한 피혁의 색깔에 따라서 카메라의 조리개 정도가 정해져야 한다. 따라서, 컨베이어 벨트의 이동 속도가 고정이라고 할 때 피혁의 색깔에 대한 조리개 정도, 셔터 속도가 정의되어야 한다. 테스트를 위한 피혁의 색깔은 검정색, 갈색, 황토색으로 정하여 조리개 정도와 셔터 속도를 정의하고자 한다. 이때의 컨베이어 벨트의 속도는 '3'과 '4' 두 가지 경우로 고정한다.

III. 실험 결과

1. Defects detection

Defects detection에 사용된 알고리즘을 보면 그림 3.1과 같으며 그 결과는 그림 3.2과 같다.

```

Pseudo_code:
pos_zero_W [Width];
for(y=0; y<Height; y++){
    line_mean=0;
    N_zero_W=0;

    for(x=0; x<Width; x++){
        line_mean = line_mean + Image[y][x];
    }
    // 선 평균에 대한 디오의 평균을 계산한다
    line_mean = line_mean / Width;

    // 기울기와 관련된 경우
    for(x=0; x<Width; x++){
        if(abs(Image[y][x] - Image[y][x-1])<20 && // 기울기 값이 20보다 작은 경우
            abs(Image[y][x+1] - Image[y][x])<20 && // 기울기 값이 20보다 작은 경우
            Image[y][x] > line_mean + 50) // 픽셀이 배경보다 큰 경우
        {
            pos_zero_W[N_zero_W++] = x; // 배경인 픽셀의 위치값
        }
    }
}
    
```

그림 3.1 Pseudo_code

2. Texture density calculation

테스트 영상은 흠집이 없는 피혁에 대한 영상 10개를 샘플로 선택하였다. 선택한 20개의 테스트 영상을 임의로 선정한 5명에게 모니터 상에서 보여주고 A, B, C 3가지 경우로 분류하도록 하였다. 여기서 A는 1등급, B는 2등급, C는 3등급으로 정하였다. 다음의 표 3.1은 위에서 사용된 동일한 영상들에 대해 제안한 방법에 의한 조밀도 값을 계산하여 일정 경계치를 기준으로 3가지 경우로 분류하여 test에 의한 결과와 비교되었다.

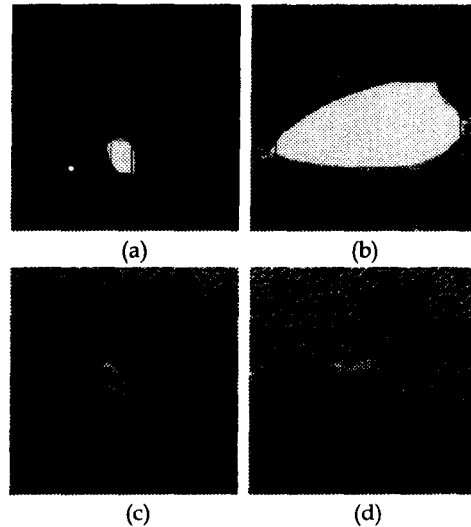


그림 3.2 흠집 검출 결과

제안하는 방법으로 계산된 조밀도 값은 80이상은 A등급, 70~80은 B등급, 70이하는 C등급으로 정하였다.

표 3.1 조밀도 실험 결과

영상번호	계산 방법	Test1	Test2	Test3	Test4	Test5
1	75.54(B)	A	A	A	B	B
2	81.70(A)	A	A	A	A	A
3	51.62(C)	C	C	C	C	C
4	69.16(C)	B	B	B	C	B
5	78.70(B)	B	B	A	A	B
6	81.45(A)	C	B	A	C	B
7	91.25(A)	B	A	B	A	B
8	77.08(B)	B	A	B	A	B
9	79.58(B)	B	A	B	A	A
10	63.41(C)	C	C	C	C	C

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문은 피혁의 품질에 따라서 texture가 다름을 이용하여 등급을 분류하는 시스템 구현에 대한 연구이다. 카메라로부터 획득된 데이터를 분석하고 처리하여 특징을 찾아내는 영상처리 기술, 영상처리에 의하여 획득되는 특징을 사용하여 pattern을 인식하는 pattern recognition 기술, 품질 검사 방법 및 검사 결과의 처리 방법들을 결정하는 기술, 양질의 영상을 얻기 위하여 사용되는 센서·조명·기구·광학 기술, 기존의 사람 육안 검사를 하는 것을 자동화함으로써 기존의 전문가 기술을 본 논문이 설계한 시스템에 이식이 되는 것이다. 비전을 이용한 지능형 피혁 선별 장치 시스템에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 인공지능을 구비한 비전 시스템을 이용하여 피혁의 품질을 검사함으로써 객관화된 품질등급을 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 다양함으로 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] D.Chetverikov, "Structural Defects: General Approach and Application to Textile Inspection", Proc. 15th ICPR, Barcelona, 2000