

섬유 원단 검사를 위한 영상처리 알고리즘 개발에 관한 연구

표 성 배*

A Study About Image Processing Algorithm Development For Textile Inspection

Sung-bae Pyo*

요 약

본 연구는 영상처리 기술을 활용하여 현재 섬유원단의 품질 검사를 자동화하기 위하여 CCD 카메라에 의해 캡처된 영상을 받아 섬유 원단의 불량 여부를 판별하는 알고리즘을 개발하려는 것이다. 섬유 제조업에 이미지 처리기술을 활용, 섬유원단의 품질 검사에 적용하기 위한 알고리즘을 개발하면 섬유제조업 전반에 많은 생산성 향상을 꾀할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

본 연구는 섬유원단 무인 자동 검사를 위하여 섬유원단 검사과정에서 원단의 울빠짐, 이물질 첨가, 오염, 찢어짐 검사 등 품질에 중요한 영향을 미치는 부분에 대한 영상처리 알고리즘을 개발하였으며 또 섬유원단의 현저한 이색에 대한 검출 알고리즘을 개발하였고 이를 실용화하기 위한 기계제작을 통하여 알고리즘을 검증할 수 있었다. 이 연구를 통하여 섬유원단의 검사를 무인화하는 계기를 마련하였으며 보다 폭 넓은 생산품의 품질 검사부분에 영상처리 기술을 활용할 수 있는 방안을 제시하였다.

Abstract

This study is for developing an algorithm to detect defects of manufactured textile fiber. We used CCD Video Input Equipments in order to capture fiber textile images. Though most of the fiber manufacturing procedures consist of automatic systems, present textile detecting systems are depending on manual inspection system. However this method is not very economical. Therefore we can expect high production rate in the fiber manufacturing area if we could develop and utilize an image processing algorithm to inspect defects of textile fiber.

The study was aimed at and achieved development of an detecting algorithm using image processing methods and related mechanical system which enable to detect missing of threads, mixing of unnecessary materials, polluted areas, scars, and colour differences in the textile. Through this study we could devise a manless system for detection of fiber textile and provide possibilities which apply the image processing techniques to the other manufacturing inspection systems.

* 인덕대학 소프트웨어개발과 부교수

I. 서론

우리나라의 섬유 산업의 경우 많은 제조 공정을 자동화하여 생산성을 꾀하여 왔으며 나름대로 경쟁력을 갖추었으나 유독 섬유 원단의 품질 보증 분야에서만은 자동화 부분이 부진하여 전량을 사람의 육안에 의해 검사하고 있다. 이로 인하여 원단의 품질 검사부분에 대한 자동화 개발의 요구가 팽배하여 왔으나 여러 가지 문제점으로 인하여 확실한 기술 개발이 이루어지지 않고 있다.

특히 우리나라의 원단 제조 산업은 그 규모가 적지 않으며 이제는 보다 높은 품질의 원단을 생산해야하는 시점에 이르고 있으며 고 품질의 원단을 생산하기 위해서는 엄격한 품질 관리를 이루어야 만 우리의 원단 산업의 경쟁력을 유지할 수 있을 것이라 한다.

현재 우리나라에 수천 개에 달하는 섬유 원단제조 공장들이 있고 이 공장들은 대부분의 공정을 자동화하여 생산성을 확보하고 있으나 품질검사 부분만은 그렇지 못한 실정이다. 모든 업체가 품질 검사의 인력 확보와 철저한 검사에 어려움을 겪고 있는 실정을 생각할 때 섬유원단 무인 검사기의 개발이아말로 섬유의 생산성 향상 및 섬유 원단 품질을 개선할 수 있는 원단 불량 요인 자료를 제공하여 섬유 원단의 불량률을 줄일 수 있도록 무인 검사기를 위한 영상처리 알고리즘을 개발하는 것이 이 연구의 주목적이다.

현재 컴퓨터의 기술은 날로 발전하고 있고 또한 카메라에 의한 영상 입력을 이용하여 영상을 컴퓨터 알고리즘으로 처리하여 원하는 형태로 만들어 내는 영상처리 기술도 엄청나게 발전하였으며 이러한 영상처리 기술들을 이용하여 영상을 가지고 산업계에서 요구하는 부분을 수용할 수 있는 분야가 점차 늘어가고 있다.

이러한 추세와 기술의 발전을 토대로 섬유산업의 취약부분인 품질 검사 부분에서의 인력 의존도를 점차 줄이면서 높은 생산성과 안정적 수준을 얻을 수 있는 방안을 제시하고자 하는 것이다.

즉, 섬유 원단 품질 검사를 위해 카메라를 통한 영상을 컴퓨터로 처리하여 영상에 잡힌 현상들을 분석하여 섬유원단의 품질 검사를 위한 각 항목들을 체크해 내고 이

러한 영상 분석 자료를 토대로 섬유 원단의 불량의 찾아내기 위한 자동화 기기를 설계 생산하는 것을 목표로 하고 이를 위하여 영상처리를 통한 품질 검사가 가능한 알고리즘을 개발하는 것은 물론 이것을 수행할 기기를 설계하고 알고리즘과 서로 연동하여 처리할 수 있는 것을 제작하려는 것이다.

II. 연구방법

2.1 개요

섬유 원단에는 단색 무지의 원단과 복합색을 띤 무지 그리고 복합색을 띤 무늬 원단으로 나누어지며 이 중 본 연구는 원단이 단색 무지의 경우로 한정하여 이를 검사하기 위한 알고리즘을 개발하려는 것이다.

이 섬유 원단검사를 위해서는 다음과 같은 제약조건을 고려해야 한다.

첫째, 카메라에 의해 캡처되어진 영상의 경우는 렌즈의 특성상 가운데 부분은 밝고 주변 부분은 약간 어두운 영상이 저장되는 특징을 보이므로 이러한 특징을 극복하기 위한 알고리즘을 필요로 한다.

둘째, 원단에 나타난 영상은 조명이 민감한 반응을 한다. 조명이 어두운 것과 조명이 밝을 때 또는 일정한 조명을 주더라도 외부 요인들에 의해 영상이 많이 왜곡될 소지를 안고 있다. 따라서 외부 환경 요인을 극복할 수 있는 알고리즘을 개발할 필요가 있다.

셋째, 원단에 묻은 먼지나 이물질은 이를 제거하면 정상인 제품임에도 이를 붙어있는 그대로 영상으로 캡처해 분석해보면 이 이물질 때문에 불량한 부분이라고 오인 검출할 소지가 있기 때문에 이를 극복하기 위한 방안을 마련해야 한다. 본 연구에서는 이 부분은 기계적인 설계로 이를 극복하였다.

넷째, 원단의 폭이 넓은 경우 CCD 카메라 한 대로는 받아들여지는 영상이 너무 작아 그 영상에서 아주 미세한 제조결함을 찾기에 어려움이 있다. 따라서 여러 대의 CCD카메라를 부착하여 각기 구역을 분할 처리하게 될 경우 각 CCD카메라가 가지고 있는 기계적 고유특성에 의한 영상의 밝기의 오차를 극복하기 위한 알고리즘을 개

발해야만 한다.

다섯째, 결합으로 판정된 부분에 대한 좌표 설정을 하고 이 좌표를 명기하여 결합이 나타난 부분을 기록 명기할 수 있는 알고리즘을 개발하여야 한다.

여섯째, 섬유 원단의 한 부분이 검사가 완료되면 다음 부분을 검사하기 위한 신호제어부분의 알고리즘 개발이 필요하다.

이 외에는 논문의 대상 범위를 벗어나므로 이를 언급하지 않기로 한다.

2.2 검사를 위한 영상처리 방법

1) 카메라의 오차를 줄이기 위한 알고리즘의 개발

CCD카메라는 아날로그입력이며 이를 영상캡처보드가 디지털로 변환 저장하게 되는데 이 때 각 카메라의 조건에 따라 같은 영상을 입력하여도 색차나 영상의 밝기가 달리 나타난다. 이러한 영상의 경우 그 색차나 영상의 밝기는 그대로 컴퓨터에서 처리하는 RGB값에도 영향을 미치게 된다(그림1 참조)

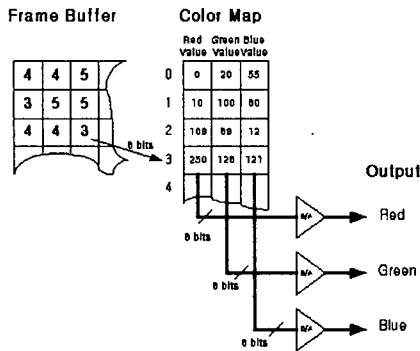


그림1. 프레임에서 픽셀이 나타내는 rgb값의 분포

이러한 값들이 각 카메라의 영상에서 동일하게 나타나야 함에도 동일하게 나타나지 않는 경우는 카메라의 특성이 반영되는 경우이다. 따라서 각 카메라의 특성이 나타나는 경우 가가 값의 히스토그램을 사용하여 히스토그램의 값을 가지고 하나의 특성이 나타날 수 있도록 값을 보정하는 알고리즘을 다음과 같이 개발하였다.

```

while (모든 카메라의 영상 프레임)
{ while (프레임 내의 모든 픽셀 값)
  { 히스토그램 분포 추출 }
  히스토그램의 편차 추출
  히스토그램의 편차 보정 }
    
```

상기와 같은 알고리즘을 개발하여 이를 통한 카메라간의 오차를 극복하고 이를 적용하였다.

2) 카메라 영상의 부분적 오차

카메라에 의한 영상에서 중앙부분과 프레임의 끝부분에 나타나는 영상들은 영상의 조명 조건을 균일하게 한다고 하더라도 오차가 생기며 이 오차를 극복하는 방법으로 통계에 의한 오차 부분들을 찾아내고 이 오차가 나타나는 부분들에 대한 보정 작업을 실시하는 알고리즘을 다음과 같이 개발하였다.

모든 영상 프레임에 대하여 중앙 일부분의 영상에서 얻어지는 픽셀값의 분포를 찾아내고 또한 프레임의 가장자리 부분의 픽셀값의 분포를 히스토그램으로 나열하여 이를 다음과 같은 방법으로 균일화(Equalization)를 시하였다. 이 균일화는 영상의 명도값의 분포를 나타내는 히스토그램이 균일하게 되도록 변환하는 처리이다. 즉 출력영상이 각 명도에서 동일한 숫자를 갖도록 입력영상의 명도를 매핑하는 것이다. 우선 컬러값을 그레이 영상으로 변환한다. 이 때 영상의 오차를 줄이기 위하여 다음과 같은 공식을 사용한다.

$$gray_image = \sqrt{(red^2 + green^2 + blue^2)} / \sqrt{3}$$

이러한 그레이 이미지를 가지고 다음과 같은 절차로 전체 영상의 균일화를 진행한다

1. 균일화되어야 할 영상의 축적 히스토그램 생성
2. 축적 히스토그램의 값을 정규화.
3. 정규화된 축적 히스토그램을 그레이 스케일 다음과 같은 사상함수로 이용하여 그레이 레벨값을 매핑.

이를 위해 다음과 같은 공식을 이용한다.

$$k_i = \frac{g_{max}}{n_i} H(i)$$

n_i : 영상의 화소의 총갯수

g_{max} 는 명도의 최대값

$H(i)$ 는 축적 명도값

3) 원단 제조결합 위치 측정 알고리즘

원단 검사에 있어 카메라 한 대가 영상으로 볼 수 있

는 폭과 길이는 필요한 영상의 세밀한 요구정도에 따라 달라진다. 만약 세밀한 요구정도에 대한 원단 제조업체의 요구사항이 주어진다면 이를 통해 카메라가 영상으로 얻을 수 있는 폭과 길이를 얻을 수 있게 되고 이 폭과 길이를 영상이 저장되는 픽셀의 가로와 세로 수로 폭과 길이를 나누어 1픽셀이 몇 mm에 해당하는지를 계산해내고 이를 통해 캡처된 영상 프레임수와 곱하고 현재의 위치에 대한 픽셀을 해당 mm로 곱하여 그 길이 위치를 찾아낸다. 또한 폭도 카메라의 위치와 폭에 대한 픽셀을 곱하여 얻을 수 있으므로 위치를 거의 근사치에 가까운 위치로 표기할 수 있게되므로 이를 환산하여 좌표로 사용하고 불량위치를 기록하도록 개발하였다.

4) 모터 및 기타 제어장치의 통신 방법

원단을 이송하기 위한 모터는 한번에 정확한 길이만큼씩을 움직이는 리니어 모터를 이용하고 이 리니어 모터를 제어하기 위한 컴포트를 rs-232c로 제어하여 모터의 작동을 제어토록 C언어와 어셈블리어로 제작하였고 이를 위해 PLC는 기 제작된 시중의 제품을 사용하였다.

Ⅲ. 처리속도 개선을 위한 알고리즘 제안

3.1 개선 전의 제조결함 검사 알고리즘

ccd 카메라에 의해 저장된 영상프레임 데이터들은 제조결함이 나타나는 부분을 검색하기 위해 모든 픽셀의 값들이 정상의 범위를 벗어나는지를 일일이 체크하여 정상의 범위를 벗어나는 것이 나타난다면 그것이 제조결함 때문인지 아니면 단순한 영상저장의 오류인지를 분별하여야 하는데 제조결함의 특성상 정상값이 아닌 픽셀의 주변 부근에 정상값이 아닌 픽셀들이 많이 나타나는 특성이 존재한다. 따라서 하나의 픽셀에서 정상값이 아닐 경우 그 주변의 픽셀들을 확장해가면서 정상 값이 아닌 픽셀들을 찾아내게되면 그 부분이 제조결함으로 판정되어도 무방하다. 그러나 이러한 처리 방법은 처리속도가 늦어 초당 4프레임을 처리하는 정도이며 이는 길이로 환산해보면 대략 500mm의 길이정도를 판별하여 늦은 편이다.

3.2 개선된 알고리즘

이 방법은 알고리즘을 일일이 비교하여 정상값과 아닌 것을 분류하게 되는 기존의 방법 대신 정상값의 픽셀들에 대한 전체의 누적 값을 계산하고 생성된 프레임의 전체 픽셀의 누적 값이 이 정상 픽셀의 누적 값에서 일정 한계치를 넘어가면 에러를 찾게하는 방법으로 다음과 같은 공식을 제안할 수 있다.

$$\sum(\text{현재 영상 프레임의 모든 픽셀에 대한 그레이값}) > \sum(\text{모든 픽셀의 그레이 값}) \pm \text{허용오차범위}$$

허용오차범위 : 최소 제조 결함 허용오차의 크기에 대한 픽셀 수 * 비정상 픽셀 그레이 값

모든 프레임에 대하여 이러한 비교를 통하여 제조결함을 찾을 경우 개선 전의 알고리즘의 처리 속도에 비해 1초에 6프레임 정도의 처리속도를 얻었으며 앞서의 방법에 비하면 약 50%의 처리속도의 향상을 가져올 수 있었다.

IV. 섬유원단 무인검사기의 설계

4.1 검사 기기 설계 부분

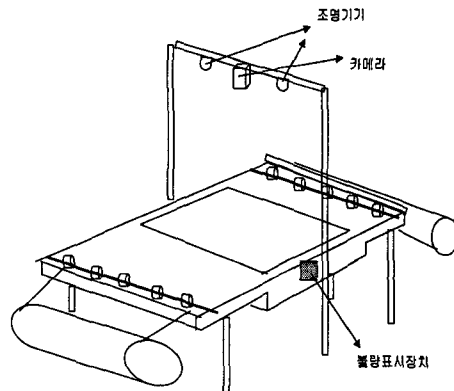


그림2. 섬유원단 무인검사기 설계도

1) 원단 거치부

검사할 원단을 거치하는 부분으로 검사기의 끝부분에 있으며, 원단을 앞단에서 모터로 잡아당길 때 쉽게 풀어 줄 수 있는 형태로 제작되어야 하므로 베어링 형태로 잘 구를 수 있도록 설계되었음.

2) 원단 이송부 및 제어부

검사할 원단을 일정 길이만큼 이동시키는 모터 장치로 원단을 앞단에서 일정길이 만큼씩 끌어당길 수 있도록 PLC에 의해 제어되는 모터형태로 설계되었음.

3) 카메라에 의한 영상 입력 장치

카메라에 의해 영상을 입력하는 장치로 카메라의 위치를 자유롭게 조절할 수 있는 형태로 설계되었으며 카메라의 높이를 조절하기 위해 측면을 지지하는 지지부분이 높낮이를 조절할 수 있는 형태로 설계되었음.

4) 조명 장치

카메라에 의해 영상을 입력할 때 원단에 적절한 빛을 공급하는 장치로 원단 각부에 균일한 세기의 빛을 제공하도록 설계되어야 하며 다른 빛의 간섭을 받지 않도록 설계되어야 한다.

5) 압착부

원단을 이송할 때 이동된 원단이 검사대 위에서 구겨짐이 없이 평평한 상태를 유지할 수 있도록 원단을 눌러주는 역할을 수행..

6) 이물질 제거부

원단이 이송되어 검사대로 올라올 때 주변의 먼지나 원단에 묻어있는 이물질을 제거하기 위해 검사의 폭만큼 석션장치를 부착하여 이 물질을 흡착하는 장치.

7) 불량 표시장치

원단 검사에서 발견된 원단의 불량이 나타난 경우 불량이라는 위치를 알려주기 위한 표시장치로 RS-232c를 통하여 제어

4.2 섬유원단 검사기기의 처리 절차

앞 절에서 설계된 섬유원단 무인 검사기를 이용한 원단 검사 절차는 다음 그림과 같은 절차에 따른다.

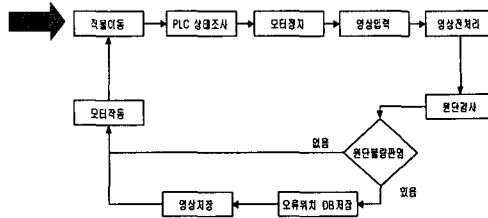


그림 3. 검사 처리 절차도

1) 모터를 작동

PLC(Program Logic Controller)에 의해 작동되는 모터는 검사에 필요한 일정한 길이 만큼을 이동시킬 수 있게 프로그램 되어 있다. 모터의 작동은 한번의 검사가 끝난 후 검사 소프트웨어의 신호를 받으면 작동한다.

2) 직물 이동 정지

제어기의 상태를 컴퓨터를 통해 감지하여 모터를 정지시키면 원단이 검사대 위에 평평함을 유지한 채 올라와 있는 상태가 된다.

3) 영상 입력

2.2절에서 설명한 여러 조건의 알고리즘들을 이용하여 가장 좋은 영상의 상태를 만들고 이를 통한 원단의 불량을 검사하게 된다.

4) 원단 불량 발생 처리

영상 분석에 의해 원단 불량이 감지되면 원단에 불량이 발생했음을 원단 불량 표시장치에 신호를 보내어 원단 표시장치를 작동시켜 원단에 표시를 하도록 하고 불량 발생 위치를 데이터베이스에 기록(X축(폭), Y축(길이))하고 이 영상을 저장하여 추 후 불량 요인 분석의 자료로 사용한다.

V. 결론

본 연구는 인력을 동원한 품질 검사부분에서 인력을 배제하고 무인화 자동화된 품질 검사가 가능한 패턴을 찾

아내고 그 패턴을 이용한 알고리즘을 개발하여 무인의 자동화된 품질검사가 가능하도록 방안을 제시하였다.

본 연구는 영상처리 기술을 이용하여 섬유제조업체가 요구하는 기능을 수용하는 섬유원단 무인 검사를 위한 방법을 제시할 수 있었으며 알고리즘의 개선을 통한 처리속도의 향상을 가져올 수 있었다.

또한 기계 설계 부분에 대한 대안을 제시함으로써 보다 실용적으로 이용할 수 있는 방안을 제시하였다.

또 본 연구는 영상처리 분야의 기술을 산업체가 필요로 하는 분야에 접목한 것으로 보다 광범위한 산업체의 생산물 품질 검사에 응용될 수 있을 것으로 생각된다.

향 후 다양한 색을 가진 무늬 원단을 검사할 수 있는 보다 효율적인 방법이 개발되어야 할 것으로 본다.

참고문헌

[1] 박진열, 이은실, 강문기, "부정확한 부화소 단위의 움직임 정보를 고려한 고해상도 영상 재구성 연구", 전자공학회, 2001년 제38권 SP편 제3월호

[2] 최병철, 홍훈섭, 강문기, "통계적 극점 자취 알고리즘에 기초한 움직임 열화 영상의 파라미터 추출", 방송공학회 5월, 2000년 제 5권 제 2호

[3] T. Moon, Moon Gi Kang, and K. Park, 'An adaptive termination rule for iterative image restoration', SPIE Optical Engineering, vol. 37, No.1, pp. 334-339, Jan. 1998.

[4] Sung Cheol Park and Moon Gi Kang "Noise-adaptive Edge-preserving Image Restoration Algorithm", SPIE Optical Engineering, Vol.39, No. 12, pp.3124-3137, Dec. 2000.

[5] J. Goyette, G. Lapin and A. K. Katsaggelos, "Regularized iterative image restoration algorithms applied to autoradiography", Proc. 15th Annual International Conference, IEEE-EMBS,

vol. 15, pp. 490-491, Oct., 1993

[6] 장동혁저, "디지털 영상처리의 구현", 정보게이트, pp 95-130, 1999

[7] .M. Youn and T.Y. Choi, "Statistical Analysis of Morphological Filters for a Stationary Source," J. KICS, 20(7), pp.1896-1906, 95.

[8] G.Y. Jiang and T.Y. Choi, "New Pitch Detectors Using Morphological Filters," J. ASK, 14(6), pp.68-73, Dec. 95.

[9] H.U. Kwon, T.Y. Choi, and S.K Oh, "A Simple Computational Algorithm of ML Optimum Multiuser Detector for Synchronous Code Division Multiple Ac Channels," J. IEEK, 33-A (5), pp. 72 May96.

저자소개



표 성 배

1975 - 1979 숭실대학교 전산학과 졸업
 1984 - 1990 국방품질연구소 선임연구원
 1992 - 현재 인덕대학 소프트웨어개발과 부교수
 1997 - 현재 숭실대학교 전자계산전공 박사 수료
 관심분야 : system software, network security, web solution development, image processing