

비전 시스템을 이용한 실시간 섬유결점 검사기 개발

조지승*, 정병묵#, 박무진**

Development of Real-Time Vision-Based Fabric Inspection System

Che-Seung Cho*, Byeong-Mook Chung# and Moo-Jin Park**

ABSTRACT

Quality inspection of textile products is an important problem for fabric manufacturers. This paper presents an automatic vision-based system for quality control of web textile fabrics. Typical web material is 1-3m wide and is driven with speeds ranging from 20m/min to 200m/min. At the present, the quality assessment procedures are performed manually by expert. But worker can not detect more than 60% of the present defect and inspect the fabric if moving faster than 30m/min. To increase the overall quality and homogeneity of textile, an automated visual inspection system is needed for the productivity. However, the existing inspection system are too expensive to purchase for small companies. In this paper, the proposed PC based real-time inspection algorithm gives low cost textile inspection system, high detection rate with good accuracy and low rate of false alarms. The method shows good results in the detection of several types of fabric defects.

Key Words : Real-time Inspection(실시간 검사), Textile(섬유), Fabric Defection(섬유 결점), Computer Vision(컴퓨터 비전)

1. 서론

오늘날 섬유 제품의 품질 검사는 섬유산업에서 중요한 부분이다. 현재 품질 검사의 대부분은 숙련 작업자에 의해 이루어지는데 작업자의 시각에 의한 검사는 인건비 증가와 검사 품질의 문제로 인해 실시간 비전을 기본으로 하는 자동 시각 검사 시스템 개발의 필요성으로 나타나고 있다¹⁻³. 특히 섬유 산업에서는 만일 직물에 결점이 있으면 직물의 가격이 45%~65%나 떨어지기 때문에 결점 검사의 신뢰도를 높이기 위해서는 자동화된 시각 검사 장치의

개발이 대단히 중요하다. 실제로 결점의 크기가 1mm² 미만일 때에는 작업자가 인지할 수 있는 것이 전체의 60%에 불과하며, 직물의 폭이 2m이상이고 30m/min보다 빠르게 이송할 경우에는 결점을 제대로 인지할 수가 없다⁴. 이러한 문제를 해결하기 위해 섬유결점의 자동 시각 검사에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 관련연구를 살펴보면 Chen과 Jain⁵은 결점을 찾는 데 있어서 구조화된 접근법을 이용했고, Dewaele et al.⁶은 Convolution mask를 이용하여 신호처리를 함으로써 결점을 찾았다. Atalay⁷은 Markov Random Field 모델과 병렬 연산 시스템을

접수일: 2003년 2월 27일; 게재승인일: 2003년 7월 11일

* 영남대학교 대학원 기계공학과

교신저자: 영남대학교 기계공학과

E-mail: bmchung@yu.ac.kr; Tel: (053) 810-2569

** (주)텍스텍

이용하여 실시간 섬유 결점시스템을 개발하였다. 컴퓨터 비전을 이용한 자동 시각 검사 과정은 영상 획득, 획득된 영상 정보의 처리, 처리된 영상 정보 분석의 세 가지 과정으로 이루어져 있다. 영상 획득 방법은 CCD(Charge Coupled Device) 소자가 2차원으로 배열되어 있는 Area 카메라에 의한 방법과 소자가 한 줄로 배열되어 있는 Line scan 카메라에 의한 방법으로 나누어진다. Area 카메라는 한번의 노출로 쉽게 2차원 영상이 획득될 수 있고, 쉽게 위치를 정할 수 있어서 다양한 영상이 간편하게 획득될 수 있다는 장점이 있다¹⁰. 그러나 에어리어 카메라에 의한 영상 획득 방법은 영상 획득시의 흔들림(Blurring), 해상도의 한계에 의한 검사 영역의 제한, 검사 흐름의 정지에 의한 검사 속도의 저하 등의 문제점들을 가지고 있다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 7000 pixels 이상의 고해상도, 빠른 영상 획득 속도, 저 잡음, 균일하고 무한대 길이의 영상 획득 가능 등의 장점을 가진 라인 스캔 카메라를 사용하여 영상을 획득하는 방법을 사용하였다. 라인 스캔 카메라는 연속 흐름체제에 기반을 둔 제품 검사 즉 제지, 섬유, 합판, 철강 등의 생산현장에 적합한 장치이다. 라인 스캔 카메라를 이용한 검사 장치는 데이터의 양이 많기 때문에 이를 처리하기 위해 DSP보드를 사용하는 경우가 많다⁸⁻¹⁰. 그러나 섬유의 검사 시스템에서는 섬유의 종류에 따라 결함의 종류가 많고 다양하기 때문에 이를 즉각적으로 반영하기 어렵다. 또한 이미 상용화되어있는 장비의 경우는 가격이 너무 고가여서 현장 적용에 문제가 많다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 가격이 저렴하고 산업현장에 적용이 가능한 PC기반의 실시간 검사 알고리즘을 제시하고자 한다.

2. 실시간 검사 알고리즘

Fig. 1는 검사 알고리즘을 나타내고 있다. 먼저 영상을 획득하고, 그레이 영상에서 검사대상물의 표면 구조에 의한 노이즈를 중간값 필터(Median filter)를 이용하여 제거한 후, 영상의 불균일한 명암도 분포를 보정하여 정확한 이진화가 가능하도록 하는 방법으로 자동 적응 임계값 방법을 사용하고, 이진영상에서 잔존하는 노이즈 제거를 위해 침식연산(Erosion operation)을 이용한다. 그리고 크기 필터를 포함한 라벨링 알고리즘을 이용하여 결점을 탐색하

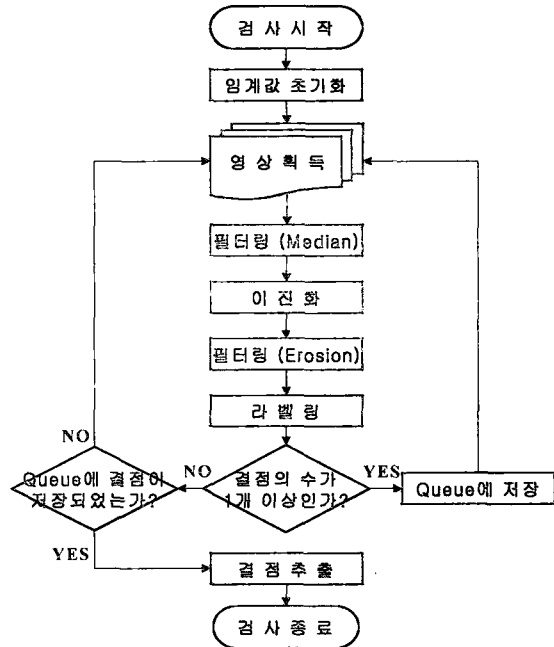


Fig. 1 Flowchart for the inspection algorithm.

고 결점이 연속적으로 탐지되면 결점이 탐지되지 않을 때 까지 큐(Queue)에 저장한 다음 검사를 종료하고 결점을 추출한다.

2.1 영상획득

Fig. 2는 픽셀 클럭(Pixel clock)이 40MHz(1 pixel = 25ns)에서 7450개의 화소를 가진 TL-7450UFD (TAKEX사) 라인 스캔 카메라의 라인당 영상획득 시간과 획득된 영상을 Intel Pentium 4 (2.4GHz) PC에서 이진화했을 때의 시간이다. 이진화에 소요되는 시간이 영상획득 시간의 90%에 달함을 알 수 있고 노이즈 제거와 결점 탐색을 위한 영상처리시간까지 고려한다면 실시간으로 영상을 획득하고 처리하는 것은 거의 불가능하다.

실시간 검사를 위한 알고리즘에서 가장 중요하게 고려하여야 할 점은 데이터의 처리 시간을 최대한 단축시키는 것과 결점의 탐지 및 인식률을 높이는 데 있다. 검사 반복 시간(Cycle time)은 라인 스캔 카메라의 성능에 의해 결정된다. 일반적으로 영상 획득 중에는 컴퓨터의 CPU 자원을 거의 사용하지 않으므로 두 개의 영상 버퍼를 사용하여, 영상획득 중에 영상처리를 할 필요가 있다. 이처럼 두 개의 버퍼를 사용하여 영상을 획득하고 다음 영상을 획득

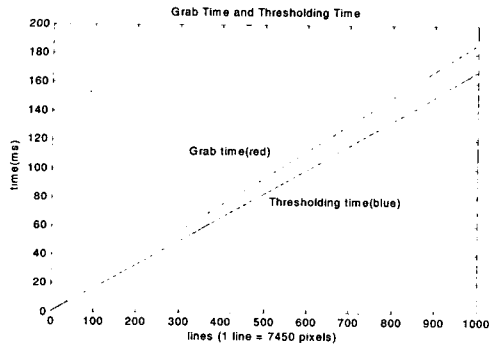


Fig. 2 Comparison Grab time with thresholding time according to line number

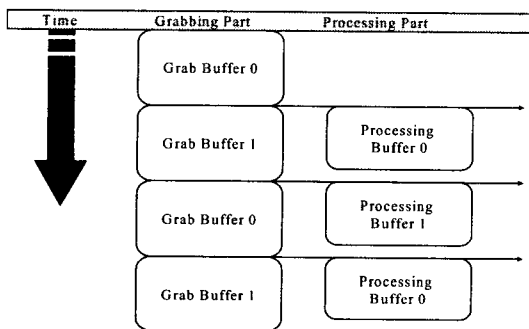


Fig 3 Procedure for asynchronous grab using double buffer

특하는 동안 앞의 영상을 처리하도록 하는 순서도를 Fig.3에 나타내었다. 실시간 영상획득을 위해서는 다음 영상획득시간 안에 앞의 영상처리가 끝나야하며, 영상획득시간이 길어질수록 처리해야 할 영상데이터의 양도 증가하므로 메모리의 한계를 고려해야 한다. 만약 1000라인의 영상을 획득했을 때 필요한 메모리가 $7450\text{pixels} \times 1000\text{pixels} \times 1\text{Byte} = 7.45\text{Mb}$ 라면 병렬처리 시에는 두 배의 메모리인 14.9Mb 가 필요하다. 그리고 영상처리를 위한 메모리까지 고려하면 이보다 더 많은 메모리가 필요하다.

2.2 영상정보의 처리

라인 스캔 카메라에 의해 획득된 일차원 영상들을 이차원 영상으로 합성한 다음, 노이즈 제거, 이진화, 결점 탐색 알고리즘을 실행한다. 실제 카메라에서 얻어진 영상신호는 노이즈가 포함되어 있는데

첫 번째는 조명의 변화에 의해 발생하는 저주파수 노이즈이고, 두 번째 검사 대상물의 표면 구조에 의해 부분적으로 발생하는 고주파 노이즈이다. 조명의 변화와 명암도 분포의 불균일성은 초기단계에서 자동 적응 임계방법을 이용하여 이진화하는 동안에 보정할 수 있다. 그러나 검사 대상물의 표면 구조에 의한 노이즈는 쉽게 제거할 수 없는 저주파 신호를 가지고 있다.

2.2.1 중간값 필터를 이용한 노이즈 제거

라인 스캔 카메라를 통해 들어온 데이터가 적용되는 처음 작업은 검사 대상물의 표면 구조에 의한 노이즈를 제거하여 결점 감지에 대한 오류를 최소화 하기위한 작업으로 중간값 필터(Median filter)를 이용한 필터링 작업이다. 저역통과 필터(Low pass filter)들은 영상을 흐리게 하거나 노이즈 감소에 사용된다. 중간값 필터는 저역통과 필터의 속하며 각 화소의 명암도가 평균값 대신에 그 화소의 주변점들 내에서 명암도의 중간 값으로 대체된다. 값들의 집합에서 중간값 m 은 집합내의 값들 중에서 절반은 m 보다 더 적고 반은 m 보다 더 큰 값이다. 한 화소의 주변점들 내에서 중간값 필터 처리를 수행하기 위해서는 먼저 화소 값들을 오름차순(또는 내림차순)으로 정렬하고 중간 값을 결정한 후 그 화소 값에 중간값을 할당한다.

이렇게 중간값 필터 처리에서 중요한 기능은 특별한 명암도를 가진 점들이 그들 주변점들과 좀더 같아지도록 강제시키는 것으로, 실제로 그 필터 마스크의 영역 내에서 고립되어 나타나는 스파이크

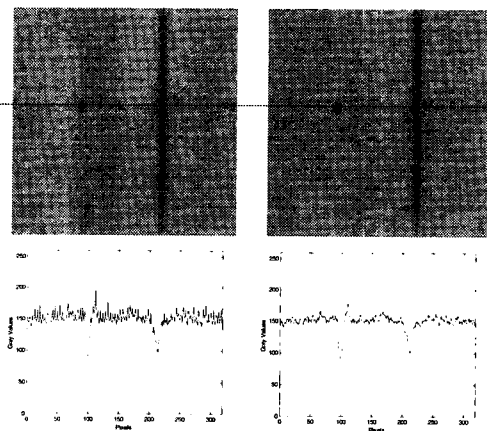


Fig. 4 Result of Median filter

같은 노이즈를 제거하는 것이다. 결이 고운 직물과 같이 격자모양으로 구성된 검사 대상물의 표면을 일정한 방향에서 조명을 비추어 획득한 영상은 Fig. 4와 같이 패턴부분은 어둡게, 돌출된 부분은 밝게 나타나며, 중간값 필터를 사용한 후 스파이크 모양의 노이즈성분이 제거됨을 알 수 있다.

2.2.2 자동 적응 임계방법을 이용한 이진화

획득되는 영상의 명암도 분포가 불균일한 경우는 단일임계방법을 사용할 수 없다. 이러한 문제점은 전체 영상에서 임계값을 가변적으로 변하게 하고 주기적으로 임계값을 갱신하는 자동 적응 임계방법을 이용함으로써 해결될 수 있다. 자동 적응 임계방법은 x축 방향으로 각각의 화소에 대해 최대 임계값 $T_1(j)$ 와 최소 임계값 $T_2(j)$ 가 존재하며 주기적으로 갱신된다. 초기값은 검사 시작 시 구하여지며 x축 방향의 각 화소에 대해 y축(이송방향)의 화소값들의 평균값과 표준편차에 의해 정의된다.

$$T_{1,2}(j) = \text{mean}[L(j)] \pm a * \text{mean}[\text{std}(L(j))] \quad (1)$$

여기에서 a^* 는 가중치로서 실험에 의해 결정되며 결이 고운 직물에 대해서는 3~4가 적당하다. 자동 적응 임계방법을 이용한 이진화 과정은 Fig. 5와 같다. 검사가 시작되어 초기에 획득된 결점이 존재하지 않는 이차원 영상에 대해 $T_1(j)$, $T_2(j)$ 의 값을 구하면 평균값 필터를 이용하여 평활화를 수행

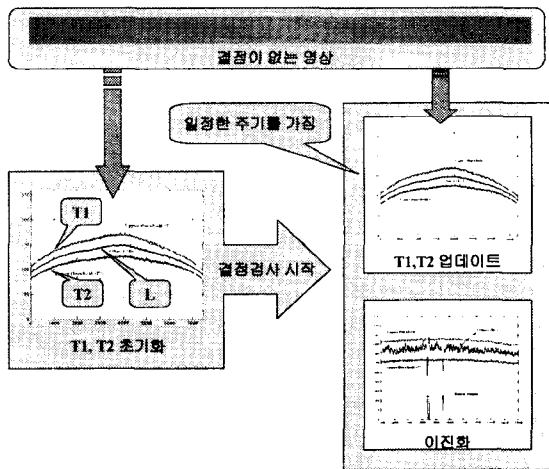


Fig. 5 Initialization and thresholding procedure

하고, 식 (2)와 같이 검사 대상물의 배경에 해당하는 $T_1(j)$ 와 $T_2(j)$ 사이의 값은 0, 결점에 해당하는 그 외의 값은 1로 이진화를 한다.

$$\begin{aligned} \text{If } T_1 < f(i, j) < T_2 \text{ Then } B(i, j) = 0 \\ \text{Else } B(i, j) = 1 \end{aligned} \quad (2)$$

검사가 진행되는 동안에는, 주기적으로 결점이 존재하지 않는 영상에서 각 라인들의 각각의 화소값($L(j)$)들에 의해 새로운 $T_1(j)$, $T_2(j)$ 값으로 갱신된다.

2.2.3 침식 연산을 이용한 노이즈 제거

중간값 필터를 이용하여 고주파 노이즈를 제거하였지만 강한 고주파 노이즈 성분은 이진화 과정에서 여전히 랜덤하게 존재한다. 이때 배경에 해당하는 어두운 색이 차지하는 면적을 늘려주는 침식(Erosion) 연산을 적용하면 랜덤한 노이즈를 제거할 수 있다. 여기서 얻어진 결과로 랜덤한 노이즈가 없고 뚜렷한 형태를 가진 결점을 얻을 수 있다.

형태론적 연산을 근거로 한 침식연산은 집합 A 와 B 에 대해, B 에 의한 A 의 침식은 $A \ominus B$ 로 표기하고, A 를 이루는 화소들에 B (형태소 : Structuring element)의 원점을 겹쳤을 경우 B 의 모든 화소들이 포함되지 않는 A 의 화소들이 제거된 집합을 의미한다. B 가 A 의 좌측상단에서 우측하단까지 검색하며 지나갈 때 B 의 모든 영역이 '1'이면 B 의 가운데 부분에 '1'을 표시하고 그렇지 않으면 '0'을 표시한다. 침식연산 수행 시 주의해야 할 점은 형태소 B 의 결정이다. 형태소 B 는 노이즈의 최대 크기와 최소 결점의 크기에 의해 결정되어진다.

Fig. 6의 (c)는 형태소 $B = \{1,1,1\}$ 로 수행한 침식연산의 실행전과 실행후의 영상이다.

2.3 결점탐색

중간값 필터와 침식연산을 이용하여 검사 대상물의 표면 구조에 의해 생성된 랜덤한 노이즈를 제거하였다. 이들은 데이터 처리 시간을 줄여 실시간 검사가 이루어 질수 있도록 하기위해 가로방향에 대해서만 수행하였다. 이 때문에 세로방향의 노이즈 성분은 아직 제거되지 않았다. 이를 위해 크기 T_0 보다 작은 노이즈 성분을 제거하기위해 크기 필터가 사용된다.⁸ 여기에서 T_0 는 식 (3)과 같이 구해진다.

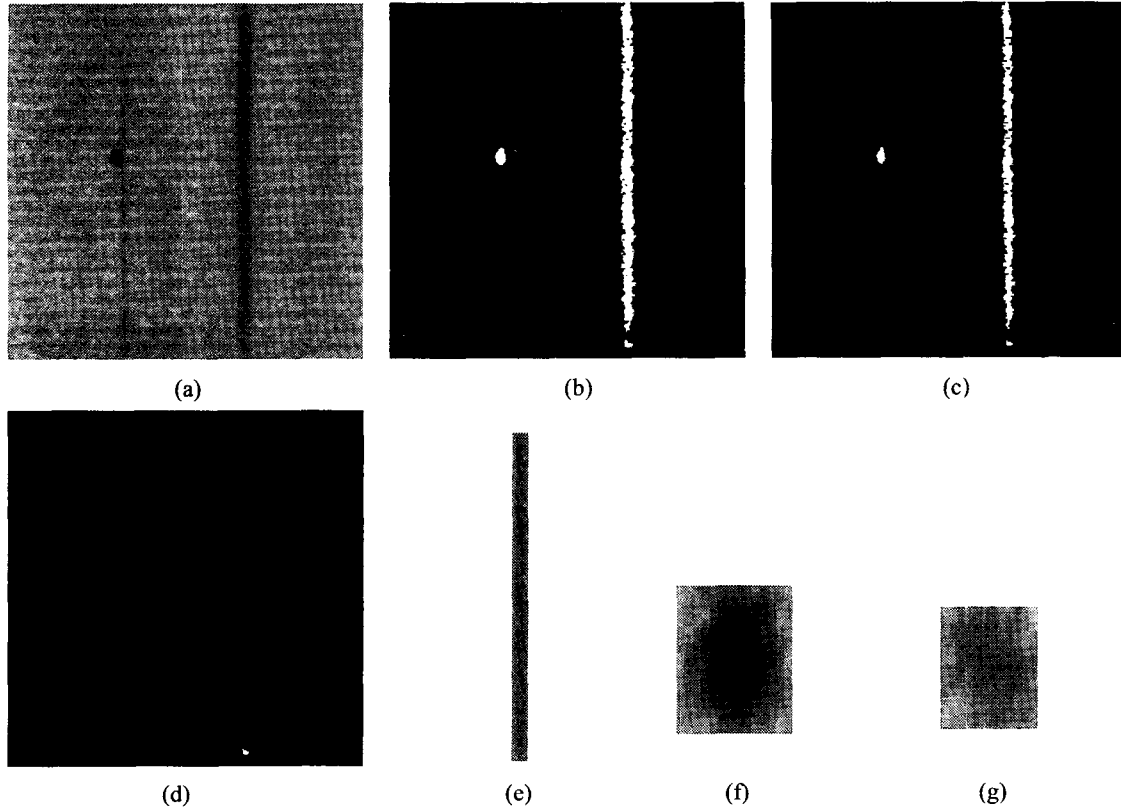


Fig. 6 (a) Gray-level fabric image $f(i, j)$ (200×200) with three defects, (b) binary image $B(i, j)$ obtained as a result of thresholding operator; (c) binary image obtained after filtering of image $B(i, j)$ by erode operation $B = \{1, 1, 1\}$; (d) binary image obtained after labeling, (e),(f),(g) defect sub-images obtained from input image $f(i, j)$

$$T_0 = (\text{결점의 가로 최소크기} - \text{침식 연산에 의해 제거되는 크기}) \times \text{결점의 세로 최소 크기} \quad (3)$$

일반적으로 크기 필터는 라벨링 후에 수행되지만 검사 속도를 높이기 위하여 라벨링을 하면서 크기 필터를 수행하도록 하였다. 라벨링 알고리즘은 하나의 영상에서 모든 연결된 요소(Components)들을 찾는 것으로 같은 요소들의 점들은 같은 라벨의 값을 가진다. Fig. 6(d)를 보면 Fig. 6(c)에 나타나 있는 T_0 보다 작은 노이즈 성분이 크기 필터에 의해 사라졌기 때문에 결점으로 인식이 되지 않았다.

보통 라벨링을 하면서 결점의 정보(면적, 위치, 가로-세로 크기 등)를 획득 하지만 이번 단계에서는 라벨링 속도를 높여 실시간 검사가 이루어질 수 있

도록 면적과 라벨 개수만을 구한다. 라벨링 처리된 영상의 라벨값이 0이면 결점이 존재하지 않기 때문에 검사 알고리즘을 계속 수행하고 1이상이면 결점이 존재함으로 인식하여 영상을 큐(Queue)에 저장한 다음 라벨값이 0이 될 때까지 검사 알고리즘을 수행하고 영상을 큐에 저장한다.

2.4 결점추출

검사를 수행하면서 결점 탐색을 위한 크기 필터를 포함한 라벨링 과정에서 라벨값이 0이면 결점이 존재하지 않기 때문에 결점 검사 알고리즘을 계속 수행한다. 라벨값이 1이상이면 결점이 존재하며 다음 영상에도 결점이 존재할 수 있고 그렇지 않을 수도 있다. 이를 위해 검사 시작 후 최초로 라벨값이 1 이상이 되면 다음의 라벨값이 0이 될 때까지

영상을 큐에 순차적으로 저장한다. 연속된 결점들이 큐에 순차적으로 저장되어 군집화가 이루어지면 결점 검사를 종료하고, 라벨링 알고리즘을 이용하여 큐에 저장된 영상에서 Fig. 6 (e),(f),(g)와 같이 결점 및 결점정보를 추출한다.

3. 실험 장치

일반적인 비전 검사 시스템에서 적절한 조명환경은 시스템의 성능을 좌우하는 중대한 요소이다. 특히 물체의 표면을 검사하는 경우 표면의 반사율의 차이와 반사각도의 변화에 의해서 그 표면의 모습은 다양하게 변하므로 노이즈의 영향을 줄이면서 표면의 결함이 잘 드러날 수 있도록 검사 표면의 특성을 고려하여 설치되어야 한다. 라인 스캔 카메라에 사용되는 조명은 광량이 많은 특수 조명을 사용하지만 가격이 고가이므로, 그 외에 자주 사용되는 가시광선영역의 빛을 발하는 일반 할로겐전구를 사용하였다. 할로겐전구는 적은 가격으로 안정된 조명 환경 구현이 가능하며, 시간적인 빛의 강도가 균일하게 유지되며, 빛의 세기가 강한 특성이 있다. 그러나 공간적으로 빛의 분포가 불균일한 단점을 가지고 있으므로 이의 보완을 위해 조명 가이드가 필요하다. 실험에서는 실시간 검사를 위해 라인 스캔 카메라로부터 획득된 7450 pixels × 400 lines의 영상을 3725 pixels × 100 lines(라인당 간격 4)의 영상으로 재구성하여 데이터의 양을 줄였으며 결점을 탐색할 때까지 반복 수행하였다. 가로·세로 방향에 대해 1 pixel당 해상도를 0.2mm로 하였으며 최소 결점의 크기는 1mm (25 pixels) 설정하였다. Fig. 7은 렌즈 선정을 위한 초점 거리를 계산하는 방법을 보이고 있으며 다음의 관계식을 얻을 수 있다.

$$\frac{H'}{H} = \frac{f}{l} \quad (4)$$

위식을 이용하여 초점거리(f)는 다음과 같다.

$$f = \frac{(l \times H')}{H} \quad (5)$$

화각(Angle of view)은 화면에 실제로 찍히는 촬영 범위를 각도로 나타낸 것으로 다음식과 같다.

$$\theta = 2 \tan^{-1} \frac{H'}{2f} \quad (6)$$

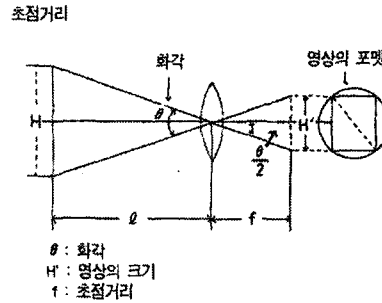


Fig. 7 Focal length of lens

화각이 커지면 즉 f 가 작아지면 렌즈의 왜곡(Distortion)이 커지기 때문에 주의하여야 한다. 초점거리 f 가 작아지면 즉 화각이 커지면 렌즈의 왜곡이 커지고, 초점거리 f 가 커지면 검사 대상물까지의 거리가 길어진다. 검사 대상물까지의 거리가 긴 것 보다 짧은 것이 좋지만 화질과 성능이 좋은 마이크로 렌즈($f = 60 \text{ mm}$, AF 60mm MicroF2.8D)를 사용하였고 검사 영역은 745mm가 되므로 검사 대상물로부터 카메라까지의 거리는

$$l = \frac{f * H}{H'} = \frac{60 \text{ mm} * 745 \text{ mm}}{35 \text{ mm}} = 1.45 \text{ m}$$

이다. 이때, 이송 속도는

$$\frac{5000 \text{ lines/s}}{4 \text{ lines}} \times 0.2 \text{ mm} = 250 \text{ mm/s}$$

세로방향의 1 pixel당 해상도를 0.4mm로 설정하게 되면 직물의 이송속도는 500mm/s가 되어 더 빠른 결점 검사를 할 수 있다. 하지만 세로방향의 1 pixel당 해상도를 더 높여 직물의 이송속도가 증가되면 결점 인지율이 감소하여 효율적이지 못하다.

직물을 이송하는 시스템은 현재 섬유 산업현장에 쓰여지고 있는 검단기를 이용하였으며, 검단기에 비전 시스템을 추가하여 전체 검사장치를 구성하였다. Fig. 8은 실제 검사장치를 나타내며 구성은 다음과 같다.

- 1) PC : Pentium4 2.4GHz
- 2) Frame Grabber Board : Meteor-II-DIG/4/L
- 3) Camera : TL-7450UFD(TAKEX) Digital Line Scan
- 4) Lens : AF 60mm Micro F2.8D (Nikon)
- 5) Illumination : 200W Halogen Lamp
- 6) 검사 대상물 이송장치 : 검단기

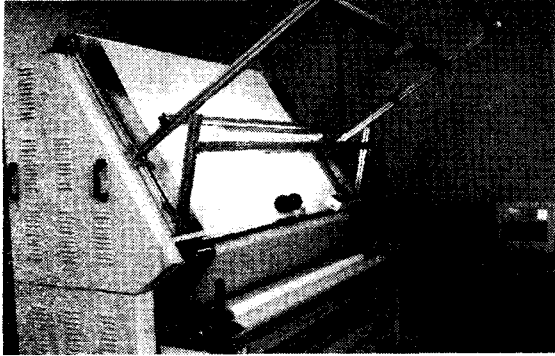


Fig. 8 Experimental equipment

4. 실험결과

제안된 실시간 검사 알고리즘은 일정한 속도로 이송되는 결이 고운 직물(생지)의 결점을 검사하는 시스템에 적용을 하였다. 결점의 80%가 직물이 이송방향(경사방향) 또는 이송방향의 수직방향(위사방향)으로 발생하고 대부분의 결점은 구멍, 기름얼룩, 주름 및 불순물과 같은 기계작동에 의해서 초래된다. 본 실험에서는 직물에 발생하는 대표적인 결점 5가지(경사 빠짐, 위사 빠짐, 구멍, 기름흔적, 얼룩)에 대하여 실시간 검사 알고리즘을 적용하여 결점을 추출하였다. Table 1은 카메라에서 영상을 획득한 시간과 검사 알고리즘 수행 시 각 단계별 영상처리시간을 평균하여 나타낸 것으로 실시간 검사가 이루어짐을 알 수가 있다. 그리고 결점이 존재할 때의 전체 검사 알고리즘 수행시간은 결점영역에 대해 라벨링을 수행하는 시간(α)에 의해 영상처리 시간이 결정된다. 대부분 결점 크기는 작기 때문에 α 는 3ms를 넘지 않았다.

(1) Grab Time (7450 pixels \times 400 lines) : 74 \pm 1ms

(2) Processing Time (3725 pixels \times 100 lines)

- 결점이 없을 때 : 50.5 \pm 1ms

- 결점이 있을 때 : 67+ α \pm 1ms

(α : 결점영역을 라벨링하는 시간)

위에서 제안된 실시간 검사 알고리즘을 이용하여 대표적인 결점 5가지를 이용하여 실험한 결과 Fig. 9 (c),(d),(e)와 같이 면적이 1mm² 이상의 구멍, 기름얼룩 및 얼룩에 대해서는 결점 인지율이 100%였으나 Fig. 9 (a),(b)와 같은 경사 빠짐과 위사 빠짐에 대해서는 결점 인지율이 80%정도였다. 이러한 문제점은 일반조명의 시간에 따른 조명의 변화와

Table 1 Part time of inspection algorithm (ms).

Defect	nothing	being
(1) Grab	74	74
(2) Processing	50.05	67+ α
(3) Thresholding	28	28
(4) Erosion	13	13
(5) Labeling	9	9+ α
(6) T ₁ T ₂ Update	0.05	0
(7) Queue	0	17

저주파 노이즈 때문에 DC전원의 특수조명을 사용하여 조명의 변화에 의한 저주파 노이즈를 줄인 후 이진화 임계값(T₁, T₂)의 폭을 줄임으로써 해결할 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 가격이 저렴하고 산업현장에 적용이 용이한 PC기반의 직물검사 시스템을 제시하였다. 제안된 검사알고리즘은 다음과 같은 특성을 가진다. 실시간으로 영상을 처리하기 위해 두개의 영상 버퍼를 사용하여 카메라로부터 획득된 영상의 획득과 처리를 병행함으로써 가능하게 하였다. 그리고 직물의 결의 구조에 의해 발생하는 스파이크 모양의 명암도를 중간값 필터를 이용하여 제거하고 x 방향의 불균일한 명암도는 임계값을 서로 다르게 설정하여 이진화를 수행함으로써 결점 감지에 대한 오류를 최소화 하였다. 이진화 과정 후 랜덤한 노이즈를 제거하기 위하여 침식연산을 수행하였으며 라벨링을 이용하여 결점을 탐지하였다. 라벨링 수행 시 잔존하는 노이즈를 제거하기 위해 일정 크기 이상의 노이즈를 제거하는 크기 필터를 적용하였다. 결점이 탐지되면 큐에 영상을 순차적으로 저장하고, 결점 탐지가 끝이 나면 큐에 저장된 전체 영상에 대한 결점과 결점정보를 추출하고 검사를 종료한다.

본 연구의 결과를 250mm/s 의 속도로 이송되는 결이 고운 직물에 대해 적용했을 때, 기름때나 얼룩 및 구멍과 같이 배경과 결점의 명암도 차이가 큰 결점에 대해서는 결점 인지율이 높았다. 반면에 배경과 결점의 명암도 차이가 작은 경사 빠짐 및 위사 빠짐에서는 결점 인지율이 다소 낮았는데 이

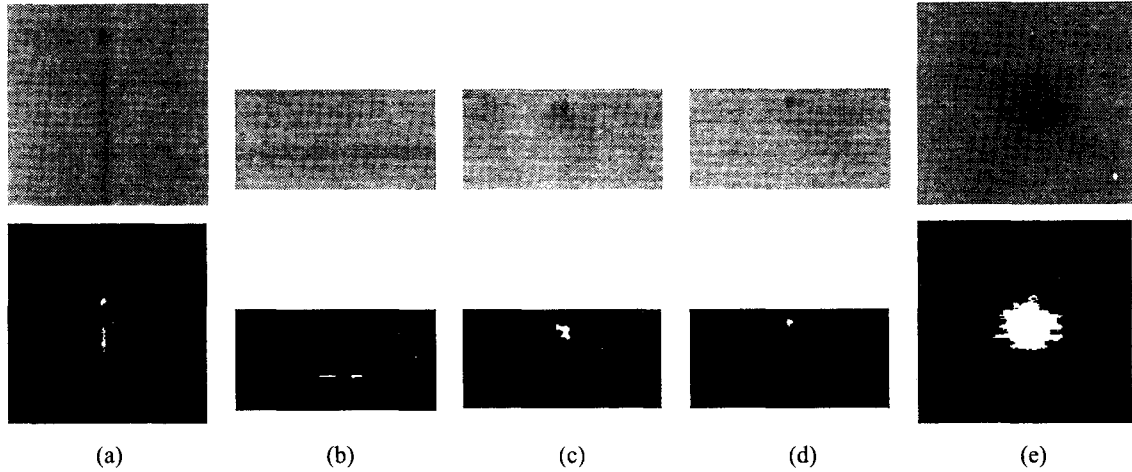


Fig. 9 Detected (a) warp float, (b) broken pick, (c) hole, (d) oil spot, (e) spot

는 AC조명에 의한 노이즈의 영향이었다. 따라서 DC전원을 이용한 특수조명(LED, 할로젠조명 등)을 사용하면 조명의 변화에 의한 저주파 노이즈를 줄이게 되고 결점의 인지율을 높일 수 있다.

후 기

이 논문은 2003년도 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었음.

참고문헌

1. Kim, G. H., et al., "Automatic Inspection of Geometric Accuracy of Optical Fiber Single Ferrules," *Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, Vol. 17, No. 10, pp. 63-68, 2000.
2. Batchelor, B. G. and Whelan, P. F., *Selected Papers on Industrial Vision Systems*, SPIE Milestone Series, 1994.
3. Newman, T. S. and Jain, A. K., "A Survey of Automated Visual Inspection," *Computer Vision and Image Understanding*, Vol. 61, pp. 231-262, 1995.
4. Northon, L., Bradshaw, M. and Jewell, A. J., "Machine Vision Inspection of Web Textile Fabric," *Proceedings of British Machine Vision*

- Conference, pp. 217-226, 1992.
5. Chen, J. and Jain, A. K., "A Structural Approach to Identify Defects in Textural Images," *Proceedings of IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pp. 29-32, 1988.
6. Dewaele, P., Van Gook, P. and Oosterlinck, A., "Texture Inspection with Self-Adaptive Convolution Filters," *Proceedings of the 9th International Conference on Pattern Recognition, Rome, Italy*, pp. 56-60, November 1988.
7. Atalay, A., "Automated Defect Inspection of Textile Fabrics Using Machine Vision Techniques," MS. Thesis, Bogazici University, 1995.
8. Alper, B., et al., "Real-time Defect Inspection of Textured Surfaces," *Real-Time Imaging* 6, pp. 17-27, 2000.
9. Radovan, S., Panagiotis, M. and Christos, K., "Real-Time Vision-Based System for Textile Fabric Inspection," *Real-Time Imaging* 7, pp. 507-518, 2001.
10. Anagnostopoulos, C., et al., "High performance Computing Algorithms for Textile Quality Control," *Mathematics and Computers in Simulation* 2002, pp. 1-12, 2002.
11. *Matrox Imaging Tutorials, Camera Interface Guide*, Matrox Electronic Systems Ltd., Canada, 2000.