

## 영역카메라를 이용한 이송중인 제재목의 화상처리시스템 개발\*<sup>1</sup>

김 병 남\*<sup>2†</sup> · 이 형 우\*<sup>3</sup> · 김 광 모\*<sup>2</sup>

### The Development of Image Processing System Using Area Camera for Feeding Lumber\*<sup>1</sup>

Byung Nam Kim\*<sup>2†</sup> · Hyoung Woo Lee\*<sup>3</sup> · Kwang Mo Kim\*<sup>2</sup>

#### 요 약

최근 목재산업계에서는 사람의 시각을 대체하는 기계시각을 이용한 화상처리시스템을 도입하여 제재목 등급 판정의 자동화, 제품의 품질향상 및 재단 최적화 등에 활용하고 있다. 본 연구에서는 국내산 소나무 제재목을 대상으로 표면결함검출을 위한 화상처리시스템을 개발하고자 하였으며, 주로 이용되고 있는 라인스캔카메라를 대신하여 비교적 저가의 영역카메라를 이용하였을 때 발생하는 문제점을 해결하고자 하였다. 벨트컨베이어의 불균일한 이송속도에 따른 문제점을 해결하기 위해 화상의 특징점을 이용한 결과 효과적인 화상병합을 할 수 있었다. 일반적인 영역카메라는 송재속도 15.7 m/min 이상에서는 모션블러에 의한 화상의 품질저하로 인하여 화상처리가 어려웠고 화상처리에 적합한 송재속도는 13.8 m/min였으며 추후 송재속도를 향상시키기 위해서는 전자셔터 속도가 빠른 카메라의 사용이 요구되었다. 녹색 컨베이어벨트상의 제재목 화상의 배경과의 분리를 위해서는 RGB필터의 red 채널을 이용하면 효과적이었다. 옹이검출을 위한 문턱값 판정법은 화상분석형인 문턱값 감소법이 우수하였으며 히스토그램분석형 중에서는 엔트로피법이 적합하였다.

#### ABSTRACT

For the inspection of wood, machine vision is the most common automated inspection method used at present. It is required to sort wood products by grade and to locate surface defects prior to cut-up. Many different sensing methods have been applied to inspection of wood including

\*<sup>1</sup> 접수 2008년 9월 2일, 채택 2008년 10월 20일

\*<sup>2</sup> 국립산림과학원 임산공학부 목재성능과. Division of Wood Engineering, Department of Forest Products, Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

\*<sup>3</sup> 전남대학교 농업생명과학대학. College of Agriculture & Life Science, Chonnam National University

† 주저자(corresponding author) : 김병남(e-mail: dolgari@hotmail.com)

optical, ultrasonic, X-ray sensing in the wood industry. Nowadays the scanning system mainly employs CCD line-scan camera to meet the needs of accurate detection of lumber defects and real-time image processing. But this system needs exact feeding system and low deviation of lumber thickness. In this study low cost CCD area sensor was used for the development of image processing system for lumber being fed. When domestic red pine being fed on the conveyer belt, lumber images of irregular term of captured area were acquired because belt conveyor slipped between belt and roller. To overcome incorrect image merging by the unstable feeding speed of belt conveyor, it was applied template matching algorithm which was a measure of the similarity between the pattern of current image and the next one. Feeding the lumber over 13.8 m/min, general area sensor generates unreadable image pattern by the motion blur. The red channel of RGB filter showed a good performance for removing background of the green conveyor belt from merged image. Threshold value reduction method that was a image-based thresholding algorithm performed well for knot detection.

**Keywords:** Image processing, CCD area sensor, image merging, thresholding, knot, lumber defects

## 1. 서 론

대부분의 목재수급을 수입에 의존하고 있는 국내 목재산업계에는 원자재가격 상승이 지속됨에 따라 목재 수율과 작업자 운영효율을 높이기 위해서 목재가공공정 자동화가 절실한 실정이다.

숙련된 작업자의 육안으로 결함을 인식하는 것은 작업자의 심리상태나 피로도 등에 따라 의사결정기준이 변할 수 있으며, 그에 따른 작업속도 및 품질의 일관성이 변하는 단점이 있다. Huber 등은 가구공장의 작업자들을 대상으로 육안으로 제재목 표면결함 인식률을 측정한 결과 작업자의 숙련도에 따라 59~74%로 측정하였다[1]. McMillin 등은 기계시각(machine vision)을 이용하였을 때 건전재 판별률이 99%였으며, 결함판별 정확도는 88%로 보고한 바 있다[2]. 그러므로 결함들이 지니고 있는 고유한 색상값과 크기 및 형태를 분석할 수 있는 화상처리기술이 개발되면 작업자의 시각을 대체할 수 있는 자동화 시스템을 운용할 수 있기 때문에 제품의 품질향상 및 재단 수율을 안정화시킬 수 있고 고른 작업성취도를 확보할 수 있다.

1990년대 라인스캔 카메라(CCD line scan sensor)가 산업적으로 이용되기 시작하면서 이송중인 대상물의 화상입력이 용이하게 되었다. 실시간 화

상처리를 위하여 화상입력과 화상처리 알고리즘을 연산하는 전용프로세서가 개발되어 제재목의 형상 및 표면결함의 검출이 가능하게 되었고 그에 따라 산업현장에서 화상처리시스템이 제재목 자동등급판정 및 제재목 재단최적화시스템에 이용되었다. 김은 이송중인 제재목을 라인스캔 카메라를 이용하여 화상처리하였을 때 정교한 이송장치가 요구된다고 보고하였다[3]. 영역카메라(CCD area sensor)는 일단 정지된 대상물의 상태 인식과 감시영역 내에서 이동하는 대상물의 위치추적에 이용되고, 라인스캔 카메라는 일정한 속도로 직선 이동되는 두께변위가 적은 대상물의 검사에 이용된다. 이송속도 조절이 다소 거친 벨트컨베이어는 정교한 이송속도제어가 요구되는 라인스캔 카메라와 함께 사용되면 왜곡된 불균일한 화상이 입력되어 부적절하고 대상물의 정지상태가 필요한 영역카메라와 함께 사용되면 컨베이어가 가다 서다를 반복하게 되어 이송효율이 떨어진다. 또한 대상물이 이동하지 않고 카메라가 이동하는 경우 카메라의 위치를 제어할 수 있는 로봇이나 리니어모터와 같은 고수준의 장비가 요구된다.

본 연구에서는 목재산업에서도 자동화가 활발히 이루어지는 시점에서 고가의 라인스캔 카메라를 대체하는 비교적 저가형 영역카메라를 이용하여 이송

중인 제재목을 위한 화상처리시스템을 개발하기 위해 다음과 같은 특성에 대해 알아보고자 하였다.

첫번째, 컨베이어벨트로 이송중인 제재목의 화상 입력시 이송속도에 의한 모션블러(motion blur)현상이 발생한다. 모션블러는 카메라와 대상체간의 상대적인 움직임에 의해 발생하며 카메라 셔터의 동작 속도보다 대상물의 움직임이 빠른 경우 화상(still image) 내에 이미지의 흐림 혹은 잔상 현상이 저장된다. 따라서 모션블러의 양과 이송속도를 동시에 고려하였을 때 화상처리에 적합한 송재속도를 선정하고자 하였다.

두번째, 병합된 화상에서 시편부를 배경부로부터 효과적으로 추출하기 위하여 렌즈필터와 유사하게 작용하는 소프트웨어 RGB필터를 적용하였을 때 효과적인 채널필터를 선정하고자 하였다.

세번째, 시편화상의 옹이검출은 문턱값에 따라서 인식되는 크기와 인식률이 달라지기 때문에 문턱값 판단이 중요하다. Funck 등은 목재표면결함 검출을 위해 히스토그램분석을 통한 문턱값 판정법, 화상의 화소값 분포를 이용한 방법, 경계선 추출을 이용하는 방법, 전체영역을 부분영역으로 분리하여 분석하는 방법 등의 9가지의 알고리즘을 비교분석하였다[4]. 여기에 제시된 히스토그램분석을 통한 Otsu법[5], Kapur 등의 엔트로피법[6]과 본 연구의 문턱값 감소법(threshold value reduction method)을 비교하고 옹이검출 성능을 비교하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1. 화상 획득용 시험편과 획득화상

제재목 형상과 표면결함인식 알고리즘 개발을 위한 화상 획득용 시험편으로 국산 소나무(*Pinus densiflora* Sieb et Zucc.)를 선정하였으며 양질의 화상을 얻기 위하여 4면을 평삭하여 크기 3,600 × 140 × 38 mm의 시험편 40개를 준비하였다. 또한 시험편에 대해서 일련의 부분화상을 1회 획득하여 화상처리알고리즘 개발에 반복하여 이용하였다.

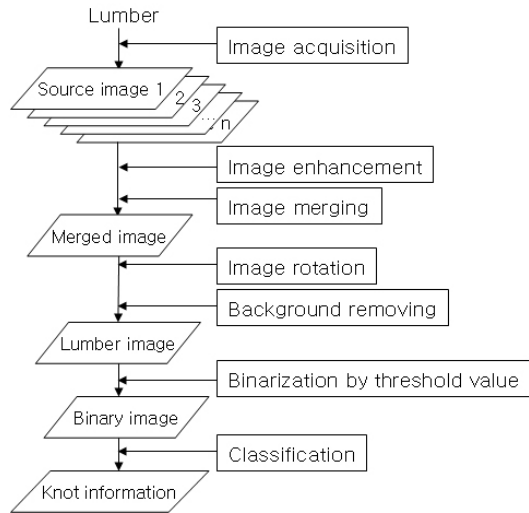


Fig. 1. Data flow for image processing system.

### 2.2. 화상처리시스템

#### 2.2.1. 화상처리시스템 구조

이송장치로는 벨트 길이 5.4 m, 벨트 폭 60 cm의 벨트컨베이어를 제작하고, 이송속도를 자유로이 조절할 수 있도록 인버터를 장착하였다. 조명은 영상의 색이 왜곡되지 않도록 주광색 형광등(18W)을 천장에 2개를 설치하여 카메라로부터 입력되는 화상에 균일한 조명이 조사되도록 하였다. 화상처리용 카메라는 컨베이어벨트로부터 높이 80 cm의 위치에 설치하였으며 카메라각도는 벨트면과 직각을 유지하도록 하였다. 본 연구에 이용된 카메라(Qrio IPCam 300S)는 화각이 58°의 표준렌즈군이며 카메라로부터 1 m거리의 평면에서 크기 545 × 405 mm의 영역을 640 × 480화소(pixel : 화상의 최소 단위, 흑백영상에서는 256등급의 밝기에 대한 강도 값이며 컬러영상은 red, green, blue의 각 채널별 강도값임)로 화상을 생성할 수 있는 네트워크카메라이다.

#### 2.2.2. 화상처리

영역카메라를 이용하여 Fig.1과 같은 방식으로

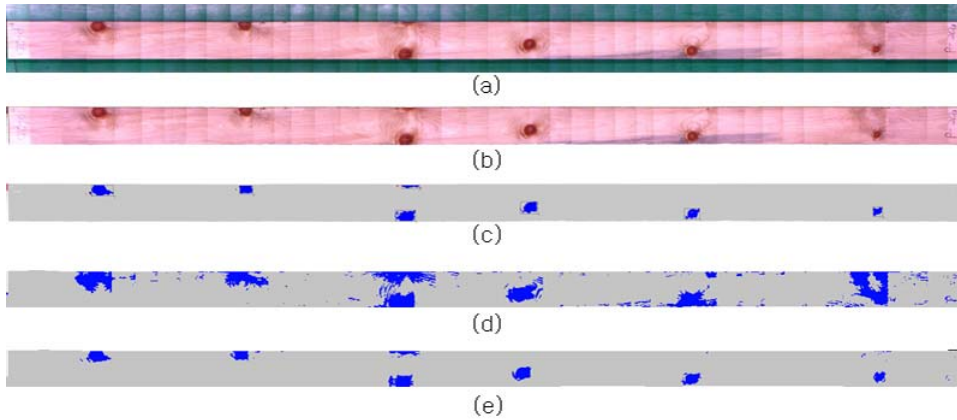


Fig. 2. Examples of image process: (a) image merging, (b) background removing, (c) threshold reduction method, (d) Otsu's method, (e) Kapur *et al.* entropy method.

개발툴 Borland C++ Builder 6.0을 사용하여 제재목 화상처리를 실시하였다. 시편이 이송 중에 입력된 화상들을 대상으로 Zhang의 2차원 기반 카메라보정기법을 이용한 카메라 보정(camera calibration : 카메라 렌즈 특성에 의해 발생하는 화상 왜곡 정보를 계산하여 화상을 보정하는 작업)[7]을 실시하여 왜곡된 화상을 보정하였다. 보정된 화상을 대상으로 Fig. 2a와 같이 부분화상을 한 장의 시편화상으로 병합하였다. 시편이 이송방향과 평행하지 않고 기울어져 이송되더라도 이송방향과 평행하도록 하기 위해서 병합된 화상을 회전시켰다. 병합된 화상에서 시편부와 배경부를 분리하기 위하여 배경제거필터를 이용하여 Fig. 2b와 같이 시편부 화상을 추출하였다. 추출된 화상을 문턱값 감소법을 적용하여 흑색과 백색으로만 표시되는 이진화상(binary image)으로 변환한 후 옹이검출을 실시하여 Fig. 2c와 같이 옹이를 대상으로 옹이정보를 추출하였다.

## 2.3. 실험방법

### 2.3.1. 컨베이어벨트 색상 선정

산업적으로 검정색과 녹색의 컨베이어벨트가 주로 이용되기 때문에 화상처리시스템에 적합한 벨트

를 검정색 벨트와 녹색 벨트 중에서 선정하였다. 일반적인 영역카메라는 절대적인 조도에 대한 기준치가 없기 때문에 자동이득조정회로(automatic gain controller : AGC)에 획득된 화상의 조도평균치를 입력하여 자동조도보정을 하며 급격한 밝기변화에 의해 입력화상의 명도와 색상이 수시로 변한다. 특수용도의 자동조도보정기능이 없는 카메라는 대상물의 실제 조도를 획득할 수 있는 고성능 센서가 장착되어 있기 때문에 대상물의 순수밝기에 근접한 화상입력이 가능하다. 본 연구에서는 일반적으로 널리 이용되고 있는 자동조도보정기능이 있는 영역카메라를 사용하였으며, 이송중인 시편의 입력화상을 대상으로 컨베이어벨트 색상에 따른 조도변화를 관찰하였다.

### 2.3.2. 화상처리와 이송속도의 관계

#### 2.3.2.1. 모션블러

카메라의 특성에 따라 물체가 빠르게 이동되면 입력된 화상에는 물체의 잔상현상인 모션블러가 발생된다. 백색종이에 25 × 30 mm 크기의 검정색 직사각형 패턴을 인쇄하여 컨베이어벨트의 중앙위치에 부착시키고 이송속도를 달리하였을 때 모션블러의 크기도 변하였다. 따라서 컨베이어에 장착된 인버터의 주파수를 조절하여 이송속도를 증가시켰을

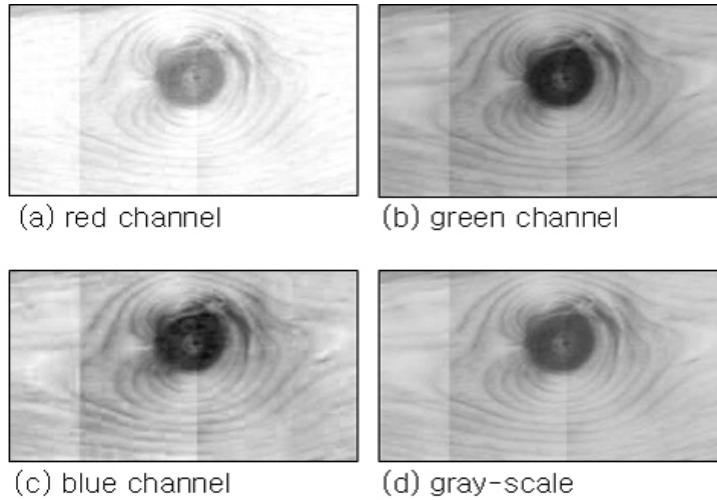


Fig. 3. The comparison of images of each channel.

때 사각형 패턴에 발생하는 모션블러를 측정하고 그 결과를 통해 화상처리시스템에 적합한 이송속도를 선정하고자 하였다.

### 2.3.2.2. 왜도(skewness)

왜도는 정사각형의 패턴을 고속으로 이송시켰을 때 정사각형이 비대칭의 기울어진 사각형으로 변형되는 현상이다. 한 장의 화상 내에서도 수직방향으로 수직동기신호의 시간차가 존재한다.  $640 \times 480$  화소의 화상에서 최상단점 A(1, 1)와 최하단점 B(1, 480)는 일정시간(수직동기신호 발생간격  $\times$  480)의 입력시간차가 존재한다. 컨베이어가 정지된 상태에서 화상을 입력받으면 A와 B점의 X좌표는 동일하지만 이송중인 상태에서 화상을 입력받을 경우 이송속도가 증가할수록 A지점을 기준으로 B지점은 이송방향의 반대방향인 B'(d, 480)지점으로 이동하게 되어 수직선 패턴이 기울어지는 왜곡된 패턴이 발생된다. 따라서 화상을 상하로 수직하게 가로지르는 백색줄을 이용하여 이송속도에 따라 발생하는 B지점과 B'지점의 거리차를 통하여 왜도(skewness: 패턴의 기울어진 정도)의 변화를 측정하였다.

### 2.3.3. 화상병합 알고리즘

영역카메라는 대상물이 화상 입력가능영역보다 클 때는 카메라를 이동시키거나 대상물을 이동시켜서 부분화상들을 획득하고 이를 병합(stitching)하여 대상물의 화상을 완성해야 한다. 따라서 위치가 고정된 영역카메라를 이용하여 길이 3.6 m의 시편을 한 번의 화상입력으로 획득하기 불가능하므로 컨베이어를 이용하여 시편을 13.8 m/min로 이송시켜 부분화상을 획득하였다. 화상입력속도는 초당 2.5프레임으로 일련의 화상을 획득하였다.

일정한 속도로 시편이 이송된다면 일련의 부분화상에서 일정 간격의 영역만 취하여 병합하면 전체화상을 생성시킬 수 있지만 벨트컨베이어의 벨트와 회전롤러 사이에 미끄러짐 현상에 의해 시간 당 시편 이동거리에 변위가 발생하기 때문에 불규칙한 화상 병합(image merging)의 결과로 병합화상에서 시편길이에 오차가 발생한다. 이와 같은 현상을 해결하기 위해서 다음과 같은 방식으로 화상병합 알고리즘을 적용하여 시편의 전체화상을 생성한 후 부분화상의 정합상태를 검사하였다. 화상병합은 Fig. 3과 같이 패턴정보가 많은 blue채널을 이용하였다.

- ① 시편진입 판정 : 시편이 화상입력영역으로 진입한 것을 판정하기 위해 화상처리시스템은

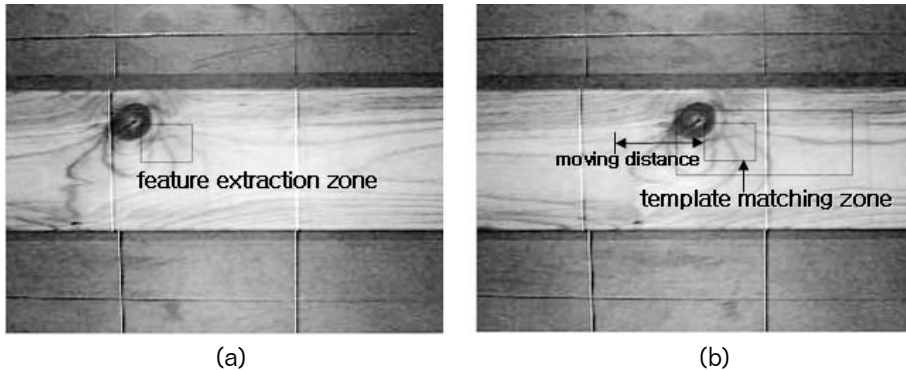


Fig. 4. Feature extraction and template matching from continuously captured images for image merging: (a)  $N^{\text{th}}$ , (b)  $N+1^{\text{th}}$ .

시편 진입부가 도착할 때까지 일정 화상영역을 감시하고, 일정영역 내의 화소 중 red값이 기준치 이상인 화소가 1000개를 넘으면 시편이 진입한 것으로 판정한다.

- ② 시편의 시간당 이동거리 계산 : 화상 내의 시편의 진입부 위치를 저장하고 그 다음 화상의 시편 진입부 위치를 검색하여 저장한다. 저장된 첫 번째 화상과 두 번째 화상의 진입부 위치를 이용하여 화상거리를 계산하고 화상거리와 0.01초 단위의 저장시간을 이용하여 시간당 이동거리를 계산한다.
- ③ 특징점 추출 : Shi · Tomasi의 특징점 추출 알고리즘[8]을 이용하여 현재 화상에서 Fig. 4a와 같이 목리나 웅이와 같은 코너성분이 강한 특징점을 검출하고 특징점을 중심으로 특징영역을 선정한다.
- ④ 예비 대응영역 선정 : ② 과정에서 계산된 시편의 시간당 이동거리와 현재화상과 다음화상이 저장된 시간차를 이용하여 화상거리를 계산한다. 특징점을 기준으로 계산된 화상거리만큼 다음화상의 예비 대응영역을 선정한다.
- ⑤ 대응점 추출 : Lewis가 제시한 템플릿 매칭법(template matching method : 소형패턴을 화상 내에서 검색하여 위치를 검출하는 방법)[9]을 이용하여 예비 대응영역 내에서 특징점의 영역과 상관계수가 가장 높은 지점을 대

응점으로 판정하며, 이 지점의 상관계수를 예비 대응영역과 특징점 영역 사이의 유사도(similarity)로 표시한다.

- ⑥ 화상병합 : Fig. 4a와 4b의 특징점과 대응점의 화상거리만큼 Fig. 4b에서 영역을 추출하여 전체화상의 저장영역에 병합한다.
- ⑦ 시편통과 판정 : 시편이 감시영역을 통과할 때까지 ③~⑥ 과정을 반복한다.
- ⑧ 화상병합 종료 : 감시영역에 시편화상이 인식되지 않으면 화상병합을 종료한다.

#### 2.3.4. 배경제거 알고리즘

화상병합에 의해 전체화상이 생성되면 시편부와 배경부를 분리하여 시편부의 화상을 추출해야 한다. 배경제거를 위해 red 채널, green 채널, blue 채널의 소프트웨어 필터를 적용한 후 가장 성능이 우수한 배경제거용 채널필터를 결과영상을 통하여 선정하고자 하였다. 화상처리시스템은 아래 수식을 이용하여 각 결과값이 0인 지점을 배경부로 판정하였고 그 외 영역을 시편부로 인식하였다.

$$V_r = ((R-B)+(R-G)), \text{ if } V_r < 0 \text{ then } V_r = 0$$

$$V_g = ((G-R)+(G-B)), \text{ if } V_r < 0 \text{ then } V_g = 0$$

$$V_b = ((B-R)+(B-G)), \text{ if } V_b < 0 \text{ then } V_b = 0$$

$R$  : pixel value of red channel

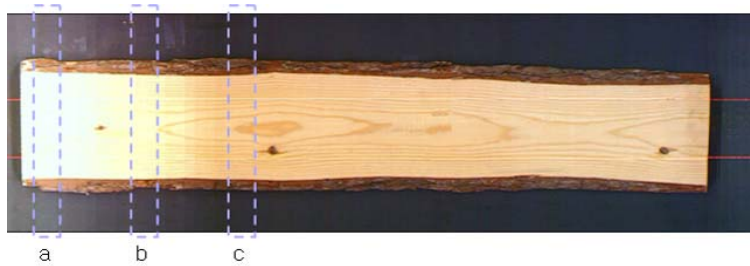


Fig. 5. The image of domestic red pine fed on the black conveyer belt.

$G$  : pixel value of green channel

$B$  : pixel value of blue channel

$Vr, Vg, Vb$  : result

### 2.3.5. 옹이검출을 위한 문턱값 판정 알고리즘

화상처리시 옹이검출은 문턱값 판정, 이진화(bin-  
narization), 라벨링(labeling : 군집된 화소군에  
대해 영역구분을 위해 식별번호를 부여하는 작  
업)[10], 옹이판정 등의 과정을 거친다. 이 중 문턱  
값 판정이 전체화상 처리에 영향을 미치므로 여러  
문턱값 판정법 중에서 Otsu법, 엔트로피법, 본 연  
구에 개발한 문턱값 감소법 등에 의해 판정된 문턱  
값을 비교하였다. Fig. 3과 같이 각 시편부 채널화  
상 중에 blue 채널의 패턴이 뚜렷하기 때문에 blue  
채널만을 이용하여 문턱값 판정하였다.

Otsu법은 가장 일반적인 문턱값 판정법으로 화상  
에서 각 객체의 화소분포가 정규화 된 히스토그램  
을 형성한다는 가정 하에 객체 간의 분산이 최대가  
되는 지점을 문턱값으로 선정하는 방법이며, 엔트  
로피법은 예비 문턱값에 의해서 분리된 객체 엔트  
로피와 배경 엔트로피의 합이 최대가 되는 지점을  
문턱값으로 선정하는 방법이며, 문턱값 감소법은  
다음과 같은 방법으로 문턱값을 계산한다.

- ① 시편부화상의 blue 채널 도수의 평균값을 옹  
이를 위한 1차 예비 문턱값으로 선정한다.
- ② 문턱값을 이용하여 이진화상을 생성하고 노이즈  
제거 및 인접 옹이의 분리를 위해서 문턱값  
보다 낮은 검정색 화소군을 대상으로 열림연  
산(opening : 화소군을 대상으로 침식연산을  
행한 후 팽창연산을 실시하는 것을 열림 연산

이라고 하며 화소군의 윤곽선을 부드럽게 하  
거나 노이즈제거 및 인접군의 분리를 위한 연  
산법)[10]을 실행한다.

- ③ 이진화상의 흰색과 검은색 영역 중 옹이와 같  
은 독립된 검은색 영역에 대해서 번호를 명시  
(라벨링)하고 각 라벨영역에 대한 화소수  
(NoPix), 세로 대 가로비(YXRatio), Y축 길  
이(YLength) 등의 정보를 저장한다[11].
- ④ 라벨 정보에서 NoPix가 10 이하, YXRatio가  
2.5 이상, YLength가 3 이하의 제한조건에  
한가지라도 해당되면 옹이가 아니라고 판단하  
고 해당 라벨은 오인된 라벨로 분류한다.
- ⑤ 오인된 라벨수가 500개를 초과하면 적절하지  
못한 문턱값으로 판정하여 문턱값에서 3을 뺀  
값을 문턱값으로 재지정하고 ②~⑤ 과정을  
반복한다. 문턱값이 높으면 목리 등의 다른 특  
성이 검출되는 빈도가 증가하고 결국 오인된  
라벨수가 증가하게 된다. 따라서 옹이 검출에  
적합한 문턱값을 결정하기 위해서 오인된 라  
벨수가 500개 이하가 될 때까지 문턱값을 점  
차적으로 낮추었다.
- ⑥ 최종문턱값이 판정되면 옹이로 검출된 라벨을  
분류하여 옹이 정보를 획득한다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 컨베이어벨트 색상 선정

Fig. 5는 검정색 컨베이어벨트에 시편을 11.7  
m/min으로 이송시켰을 때 이송방향으로 부분적인

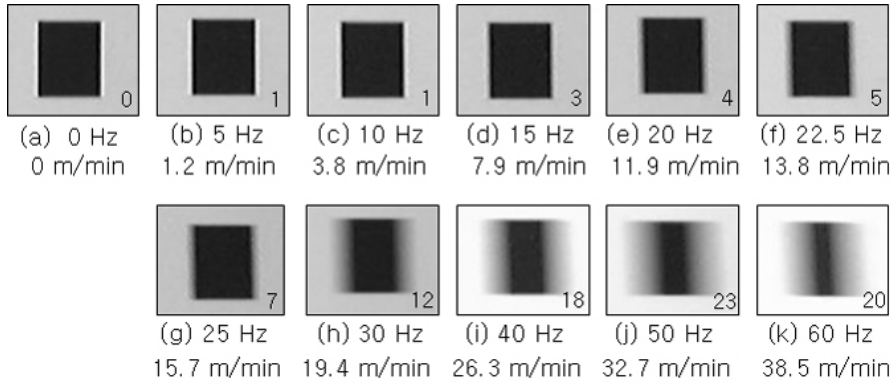


Fig. 6. The comparison of rectangle patterns by feed speed.

명도차가 발생한 병합화상이다. 조도가 낮은 검정색 컨베이어벨트와 순간 진입하는 밝은 색의 시편 사이에 계조수준차가 발생하여 카메라의 자동조도보정기능이 작동하였고, 그 결과 시편이 진입하기 전에 평균 계조값(gray level value : 0~255의 밝기 등급)이 115.8에서 시편이 진입하였을 때 Fig. 5a지점에서 평균 계조값이 125.5로 상승하였으며 Fig. 5b에서 평균 계조값이 58.3으로 밝기가 안정화되지 못하고 Fig. 5c지점인 시편의 327 mm 지점에서 평균 계조값이 39.5로 밝기가 안정화되었다. 송재속도를 23.5 m/min로 높이면 안정화되는 영역이 502 mm 지점으로 넓어졌다. 녹색 컨베이어벨트는 시편 진입부에서 평균 계조값 171.4였으며 210 mm 지점에서 평균 계조값이 118.6으로 검정색 컨베이어벨트와 비교하였을 때 평균 계조값 하락이 적었으며 더욱 빠르게 밝기가 안정화되었다. 따라서 카메라의 자동조도보정기능에 의해 발생하는 조도의 변화를 안정화시키는데 요구되는 영역의 크기를 고려하였을 때 녹색 컨베이어벨트가 검정색 컨베이어벨트보다 우수하였다.

검정색 컨베이어벨트는 Fig. 5a와 같이 병합화상의 시편부 명도가 너무 높아서 계조값이 255에 도달한 화소들이 다량 분포하였으며 그 결과 목리패턴정보는 사라져서 화상처리에 부적합하였고 녹색 컨베이어벨트에서는 Fig. 2a와 같이 목재진입부에서 밝기 차이가 발생하였지만 목리패턴정보가 시편부에 존재하기 때문에 화상처리시스템에 적합하였다.

### 3.2. 화상처리와 이송속도의 관계

#### 3.2.1. 모션블러

영역카메라로부터 검정색 직사각형 패턴을 이송속도를 달리하여 이송시켰을 때 이송속도가 증가할수록 직사각형 패턴이 이송방향과 평행한 방향으로 패턴이 흐려지는 모션블러가 발생하였다(Fig. 6). 모션블러는 모션블러영역을 포함한 사각형 패턴(Fig. 7a)에서 모션블러영역을 배제한 사각형 패턴(Fig. 7b)을 제외시켰을 때 우측에 위치한 나머지 영역의 폭(Fig. 7c)을 측정하였다. 컨베이어의 인버터 주파수를 0 Hz에서 30 Hz까지 5 Hz단위로 증가시켜 이송속도를 조절하였을 때 30 Hz (Fig. 6h)에서 12화소의 모션블러가 발생하여 30 Hz 이상은 화상처리시스템에 부적합하다고 판단하였다. Fig. 6의 20~25 Hz구간과 25~30 Hz구간을 비교하였을 때 20~25 Hz구간에서 모션블러의 증가폭이 적었기 때문에 그 중간 이송속도인 22.5 Hz (Fig. 6f)에서 모션블러를 측정하였다. 20 Hz, 22.5 Hz, 25 Hz에서 4화소, 5화소, 7화소의 모션블러가 각각 발생하였다. 모션블러를 고려한 화상처리에 적합한 이송속도는 상대적으로 모션블러량의 증가폭이 적게 발생된 22.5 Hz로 선정하였으며 실제 이송속도는 13.8 m/min이었다.



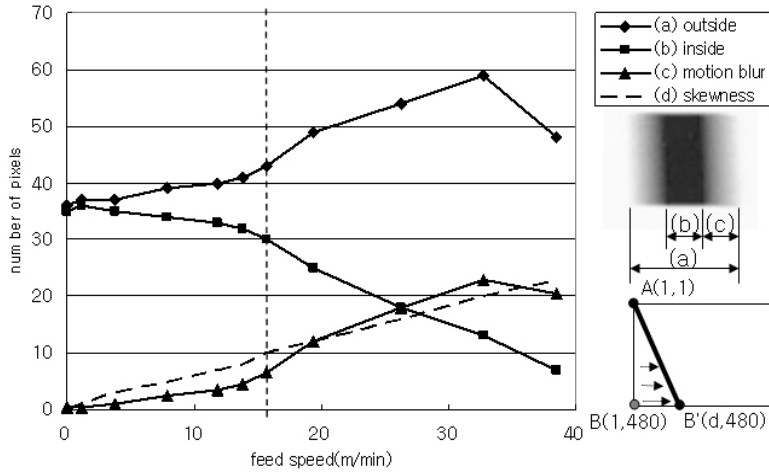


Fig. 7. Number of pixels of motion blur by feed speed.

### 3.2.2. 왜도

한쪽방향으로 이동되는 물체에 발생하는 화상 왜곡현상인 왜도는 Fig. 7d와 같이 이송속도가 증가함에 따라 왜도도 일정하게 증가하였다. 컨베이어의 인버터 주파수 20 Hz, 22.5 Hz, 25 Hz에서 시편을 이송시켰을 때 7화소, 8화소, 10화소의 왜도가 각각 발생하였다. 왜도를 고려한 화상처리에 적합한 이송속도는 모션블러현상과 동일하게 상대적으로 왜도의 증가폭이 적게 발생된 22.5 Hz로 선정하였으며 실제 이송속도는 13.8 m/min이었다.

본 연구에서는 일정하게 발생하는 왜도현상은 병합된 화상을 대상으로 구조적으로 비스듬히 기울리는 방법인 skew 알고리즘을 통하여 보정을 할 수 있었다. 또한 모션블러와 화상이 기울어지는 현상을 감안하여 이송속도를 상승시키기 위해서는 영역카메라의 전자셔터속도(electronic shutter speed)가 빠른 기종의 선정이 고려되어야 한다.

### 3.3. 화상병합 알고리즘

일련의 640 × 480화소의 부분화상을 화상병합 알고리즘을 이용하여 병합한 전체화상(Fig. 2a)을 보면 시편 위의 배경부에 불규칙하게 배열된 병합 흔적이 관찰된다. 불규칙한 병합간격은 벨트컨베이어

의 이송속도 지연에 의해 발생한다.

송재속도 13.8 m/min에서 3.6 m의 시편을 화상 입력하면 40여 장의 화상이 입력된다. Fig. 2의 시편의 경우 이중 2개의 지점에서 잘못된 대응점을 검색하여 병합오류가 발생되었다. Fig. 4와 같이 일련의 2장의 화상을 병합할 때 화상병합 알고리즘은 패턴의 코너지점을 탐색하여 특징점으로 지정한다. 목리나 표면결함이 뚜렷하지 않을 때 유사도가 50% 이하로 낮았으며, 같은 패턴이 다수 중복되어 있을 때 유사도가 70% 이상으로 높지만 잘못된 대응점을 검색하게 되었다. 병합화상은 병합오류에 의해서 병합영역이 좁아지거나 넓어지게 되어 실제 시편과 길이차가 발생하였다. 이를 극복하기 위해서 시편의 시간당 이동거리에 의해 계산된 예비 대응점과 최종 대응점의 거리차가 크면 10개의 특징점을 검색하여 각 대응점과 화상거리를 계산하여 가장 빈도수가 높은 화상거리를 적용하였다.

이와 같이 특징점 추출 및 추적 알고리즘을 이용한 화상병합은 목리나 웅이와 같은 시편표면의 패턴정보가 적은 수종에는 취약할 것으로 판단된다.

### 3.4. 배경제거 알고리즘

배경제거 알고리즘을 통하여 Fig. 2b와 같이 시

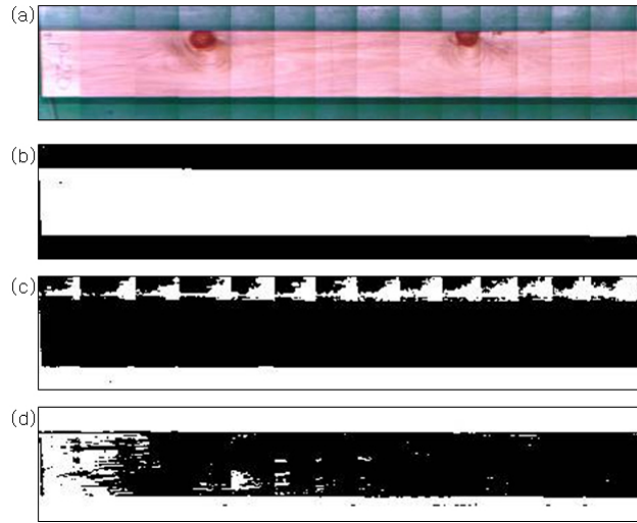


Fig. 8. The comparison of RGB channel filters for the removal of background: (a) source image, (b) red channel, (c) green channel and (d) blue channel.

편의 병합화상으로부터 시편부와 배경부를 효과적으로 분리할 수 있었다. 병합화상의 배경제거를 위해 red 채널필터, green 채널필터, blue 채널필터를 이용하여 Fig. 8과 같이 마스크화상(mask image)을 생성하였을 때 red 채널필터는 시편부와 배경부가 명확하게 구별되어 가장 우수한 채널필터였다. 수피가 포함된 시편에서도 효과적인 시편부와 배경부의 분리가 가능하였지만 시편부 내에 배경부로 잘못 인식된 영역이 존재하였다. 배경부로 오인된 부분은 빠진옹이와 같이 시편내부가 비어 있는 상태, 시편 표면에 파란색 펜으로 기입된 시편번호, 파란색이 강한 일부 청변 등에서 발생하였다. 이러한 문제점은 결함판정을 위한 라벨링 과정에서 추가적인 분류작업이 요구된다. green 채널필터는 배경부에서 조명에 의한 빛의 반사로 복잡한 패턴이 생성되었고, blue 채널필터는 시편부에서 카메라 보정기능에 의해서 적절하지 못한 패턴이 생성되었다.

### 3.5. 옹이검출을 위한 문턱값 판정 알고리즘

패턴정보가 많은 blue 채널을 대상으로 문턱값

판정결과 Fig. 2와 같이 3가지 방법 모두 옹이 위치는 판별할 수 있었지만 옹이의 정확한 크기를 계산하기에는 부족하였다. Otsu법은 문턱값 166으로 옹이주위의 목리가 다량 분포하여 대략적인 옹이의 위치는 판별할 수 있지만 옹이의 크기는 판별할 수 없었다. 엔트로피법은 문턱값 116으로 옹이주위의 목리가 조금 분포하였지만 실제옹이의 크기에 비해서 다소 크게 판정하였다. 문턱값 감소법은 문턱값 108로 옹이주위의 목리가 엔트로피법에 비해 소량 분포하였지만 실제 옹이의 크기에 비해서 컸다. 히스토그램분석형 문턱값 판정법인 Otsu법과 엔트로피법 중에서 엔트로피법이 체재목 옹이검출을 위한 문턱값 판정에 적합하였다. 화상분석형 문턱값 판정법인 문턱값 감소법은 히스토그램분석형 문턱값 판정법에 비해 연산속도가 상대적으로 느리지만 효과적인 문턱값 판정을 하였다.

그러나 문턱값 만을 이용한 옹이검출방법은 화소값 분포가 다른 다양한 종류의 옹이가 한 시편에 분포하였을 때 문턱값 판정에 오류가 발생할 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 옹이검출에 있어서 문턱값을 이용하여 옹이의 위치를 파악한 후 옹이의 경계선을 추적하는 기법이 요구된다.

## 4. 결 론

영역카메라를 이용하여 이송중인 제재목의 화상 처리를 위해서는 영역카메라의 특성을 파악하여 영역카메라 기종을 선정해야 하고 그에 따른 하드웨어적인 방법과 소프트웨어적인 방법의 보완이 필요하다.

본 연구는 이송중인 제재목의 화상처리시스템으로 네트워크영역카메라와 이송속도 조절이 다소 거친 벨트컨베이어를 함께 사용하였을 때 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 카메라의 조도보정기능에 의해 발생하는 화상의 급격한 조도변화를 줄이기 위해서는 검정색 컨베이어벨트보다 녹색 컨베이어벨트를 사용하는 것이 적합하였다.

2) 카메라 셔터의 동작 속도보다 대상체의 움직임이 빠를 때 발생하는 모션블러는 송재속도 15.7 m/min 이상에서 화상처리가 불가능하였으며 모션블러에 의한 화상의 품질저하를 고려하였을 때, 송재속도 13.8 m/min가 화상처리에 적합하였다.

3) 벨트컨베이어의 불균일한 이송속도에 의해 발생하는 화상의 지연입력은 특징점 추출과 대응점 검색을 이용한 화상병합알고리즘으로 해결할 수 있었다.

4) 병합화상에서 배경부 제거를 통한 시편부 화상을 추출하기 위해서는 RGB필터의 red채널필터가 효과적이었다.

5) 용이검출을 위한 문턱값 판정법은 화상분석형인 문턱값 감소법이 우수하였으며 히스토그램분석형 중에는 엔트로피법이 적합하였다.

## 참 고 문 헌

1. Huber, H. A., C. W. McMillin, and McKinney. 1985. Lumber defect detection abilities of furniture rough mill employees. *Forest Prod. J.* 35(11/12): 79~82.
2. McMillin, C. W., R. W. Conners, and H. A. Huber. 1984. ALPS-A potential new automated lumber processing system. *Forest Products Journal* 34(1): 13~20.
3. 김병남. 2006. 제재 및 재단공정 최적화를 위한 목재의 형상인식기술 개발. 전남대학교 박사학위논문.
4. Funck, J. W., Y. Zhong, D. A. Butler, C. C. Brunner, and J. B. Forrer. 2003. Image segmentation algorithms applied to wood defect detection. *Computers and Electronics in Agriculture* 41: 157~179.
5. Otsu, N. 1979. A thresholding selection method from grey-level histogram. *IEEE Transactions on Systems and Man Cybernetics SMC-9*: pp. 62~66.
6. Kapur, J. N., P. K. Sahoo, and A. K. Wang. 1985. A new method for grey-level picture thresholding using the entropy of the histogram. *Computer Vision, Graphics and Image Processing* 29: 273~285.
7. Zhang, Z. 1998. A Flexible New Technique for Camera Calibration. Technical Report, Microsoft Research, Redmond, WA 98052, USA:21p.
8. Shi, J. and C. Tomasi. 1994. Good Features to Track. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'94)*, Seattle, pp. 593~600.
9. Lewis, J. P. 1995. Fast Template Matching. *Vision Interface*, pp. 120~123.
10. Davies, E. R. 2005. *Machine Vision : Theory, Algorithms, Practicalities*. Morgan Kaufmann, Elsevier Third Edition, San Francisco, pp. 161-164, pp. 234~245.
11. 김병남, 이형우. 2001. 화상처리에 의한 목재표면결함 식별에 관한 연구. *목재공학* 29(2): 91~99.