

화상처리기술을 이용한 옴이의 검출

김병남 · 이형우^{*1}

Detection of Knots by Image Processing Technique

Byung-Nam Kim, Hyoung-Woo Lee^{*1}

ABSTRACT

Automation of wood processing is strongly required to improve the productivity and quality of wood products in wood industry which is one of the most labor-intensive industries. Classification of surface defects on wood boards such as knots is one of the important steps towards a completely automated wood processing system.

In this study the possibility of detection of knots by image processing technique was investigated. Algorithm for the automatic determination of threshold value was developed to enhance the flexibility of image processing system. Two different approaches, grid method and tile method, were developed to enhance the speed in extracting features from images. Grid method showed slightly higher processing speed and tile method proved much more stable in determining threshold values. Tile size of 5x5 pixels or 6x6 pixels was found to be proper to get stable results with reasonable processing time.

Keywords : image processing, automation, knot detection

*1 전남대학교 농과대학 농업과학기술연구소: Inst. of Agr. Sci. and Tech., College of Agr., Chonnam Nat'l Univ., Gwangju 500-757, Korea

1. 서 론

목재수요의 90% 이상을 수입에 의존하고 있는 국내 목재산업계는 목재수출국들의 자원보호정책과 최근의 환율상승에 의한 목재가격 앙등이 계속됨에 따라 목재 이용효율 극대화에 대한 관심이 고조되고 있는 실정이며, 아울러 목재가공 현장의 열악한 노동환경으로 인한 인력수급의 문제를 해결하기 위해서도 목재가공공정 자동화에 대한 연구가 절실한 실정이다.

인간의 시각은 청각이나 촉각에 비하여 매초 100배 정도의 정보를 얻을 수 있기 때문에 인간의 5감중 가장 중요한 감각기관으로 할 수 있으며, 이를 대신할 수 있는 화상처리기술은 작업자의 심리상태나 피로도 등에 따라 작업속도 및 작업일관성이 변화되는 단점을 극복하므로써 궁극적으로 제품의 질을 향상시키고 고른 작업성취도를 확보할 수 있는 장점으로 인하여 다양한 산업분야에서 많은 관심이 집중되고 있다.

목재공업분야에서도 부품의 규격측정, 결함검색 등을 통한 목제품의 품질관리, 목편의 기하학적 특징 및 방향성 판단에 의한 목질판상제품 생산, 목재절삭분야의 절삭면 조도 및 공구의 마모도 판정, 목재 물리학 분야의 생장율, 추재율, 치수안정성, 파괴메카니즘, 목파울, 할렬의 측정, 목재 구조학분야의 세포의 크기와 형태 검색, 목재 보존분야의 부후검색, 약제 침투성 판단 등 다양한 분야에서 화상처리기술을 응용하기 위한 연구가 목재공업분야의 선진국이라고 할 수 있는 미국, 일본 및 유럽을 중심으로 계속되고 있다.

목재 표면의 특성을 결정함에 있어 Szymani 등(1979)이 가시광선 시스템이 초음파나 X선 또는 적외선을 이용한 방법보다 높은 신뢰성을 갖추고 있다는 보고를 통하여 화상처리기술을 이용한 목재 표면결함 검색의 가능성을 제시한 이후 McMillin(1982)은 화상처리기술을 목재의 물리, 조직적 특성 연구에 적용하여 목재내 각 조직의 비율과 생장율, 섬유장, 공극을 및 세포내강의 면적과 직경, 합판의 전단목파울 등을 계측한 바 있으

며, Mattews(1987)는 화상처리로 목리각도를 1도의 오차수준으로 검색할 수 있는 방법을 모색하기도 하였으며, 최근까지 본 시스템의 실용화를 위한 연구를 꾸준히 진행하고 있다. 그리고 Connors 등(1983)은 목재가공자동화시스템(ALPS: Automated Lumber Processing System)에 이용될 목재표면결함을 20개로 분류하여 인식과 위치 검출에 성공하였다.

Kim(1985)은 526x526 화상을 8x8 구간으로 만들어 각 구간마다의 히스토그램을 이용하여 결함 분석을 하였으며 9개의 전형적인 결함 시편에 대한 계조 히스토그램을 작성하여 각 결함이 분포하는 계조수준을 판단하였고, RGB 3개 채널필터와 Gray Scale 필터를 각각 조합하여 화상처리의 정확도를 측정한 결과, RB 필터를 사용할 경우 속도와 정확도 측면에서 이상적이라고 제시한 바 있다.

McMillin 등(1984)은 목재의 결함을 검출한 결과 tone측정만을 했을 경우 검출정확도가 건전재의 구별에서 91.7%로 높은 가능성을 보였으나 결함판별에서는 63.4%의 낮은 정확도를 보여주었으나 tone과 texture측정을 동시에 실시한 경우에는 건전재 구별시 99.6%의 거의 완벽한 정확도를 나타내었으며, 결함판별의 정확도도 88.3%로 크게 향상되었음을 보고한 바 있다. Forrer 등(1988)도 화상의 통계적 특징(tonal features), 형태적 특징(morphological features) 및 재색 특성(features from colour cluster)등 목재결함 검출에 적용이 가능한 세가지 알고리즘을 제시한 바 있다.

국내에서는 다양한 산업분야에서 화상처리기술의 도입에 매우 적극적인 시도가 이루어지고 있는 반면 목재산업분야에서는 화상처리기술 도입에 대한 긍정적인 인식 부족으로 인하여 관련 기술의 축적이 매우 부족한 실정이다. 또한 지금까지 목재산업과 관련하여 수행된 대부분의 화상처리 연구가 실험적 수준에 머물러 아직도 실제 산업현장에 투입될 수 있는 시스템이 개발되지 못하고 있는 실정이다.

본 연구는 목질제품의 생산성 및 품질향상을 위해, 실공정에서 목재표면결함을 고속으로 정확하게 인식할 수 있게 하기 위해서 격자법(grid method)

과 타일법(tile method)을 개발하여 각 방법의 인식 정확도와 처리속도를 비교하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시시편

화상처리를 위한 시편으로 용이를 포함하고 있는 뉴질랜드산 라디아타소나무(*Pinus radiata*)를 10x25x2cm 크기로 재단하여 사용하였으며, 시편에서 특징적인 부분을 선택하여 37개의 화상을 획득하였다.

2.2 화상처리시스템

2.2.1 CCD 카메라와 조명

목재 시편의 표면 화상 획득을 위하여 모델명 KUKJAE IVC-780인 흑백 CCD카메라를 사용하였으며, 16mm 1:1.4 렌즈를 장착하였다. 1화소의 크기는 0.269mmx0.269mm이며, 실제화상의 크기는

172.5mmx128.3mm이었다.

화상획득시 입력화상이 주위의 밝기에 영향을 받지 않도록 암막을 설치한 후, 카메라 양측에 조명을 설치하여 충분히 밝게 하였다. 또한 조명에 의한 반사광을 줄이고, 배경과 시편의 계조값의 차이를 두기 위하여 계조수준 40이하인 검은색 천을 바닥에 깔고, 시편을 그 위에 놓았다. 이와 같은 조명 조건에서 측정된 목재시편 화상의 계조값 평균은 190이었다. 한편, 계조값은 조명의 밝기, 카메라 노출정도에 따라 다를 수 있다.

2.2.2 화상처리보드와 화상처리 프로그램 개발

CCD 카메라로 입력된 아날로그 영상신호를 디지털 영상신호로 변환하여 컴퓨터가 인식할 수 있도록 처리해주는 화상처리보드로 VGA를 내장한 미국 Media Cybernetics사의 Imascan board를 사용하였다. 처리가능한 화상의 크기는 640x480으로 256계조등급의 화상을 처리할 수 있다.

화상처리용 프로그램(그림 1) 개발을 위하여 사용한 tool은 Delphi 3.0 Windows 버전으로 사건중

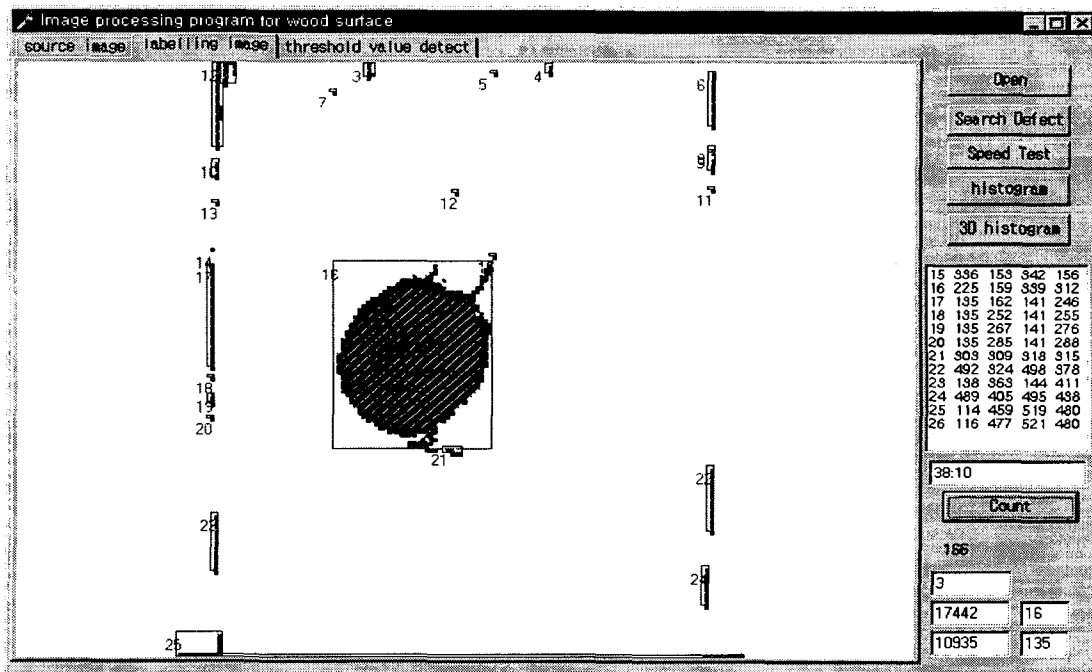


Fig.1. Main window for image processing program.

심적인 객체지향형 언어이며, 훌륭한 통합개발환경(IDE: Integrated Development Environment)은 개발자가 프로그램 인터페이스를 시각적으로 만들고 지원 코드들을 자동적으로 만들 수 있으며 처리속도 면에서도 빠르기 때문에 화상처리용 시스템으로 적합하다. 한편, 사용된 개인용 컴퓨터는 펜티엄 120, RAM 16MB의 인텔호환 IBM기종이었다.

2.3 화상처리 과정

본 연구에서 적용한 화상처리과정은 다음과 같았다(그림 2).

2.3.1 화상 입력과 대표값 저장

시편으로부터 640x480 크기의 256계조 화상을 입력받은 후 원화상으로부터 x축과 y축으로 임

의의 간격으로 격자법(grid method)과 타일법(tile method)을 이용하여 계조값을 저장한다. 격자법은 화상을 격자모양으로 읽어내는 것으로 빠른 시간에 화상을 분석하여 대략적인 특징정보를 얻기 위한 것으로, 입력된 화상으로부터 격자크기 간격으로 계조값을 얻어 그 값을 주위 값의 대표값으로 사용한다. 또한 타일법은 단위 크기의 간격으로 타일을 형성하고, 각 타일들의 계조값 평균을 내어 대표값으로 사용하며, 이후 격자법과 같은 처리과정을 거치도록 한다.

2.3.2 시편과 배경의 분리

화상의 세로축 중심을 기준으로 단위간격으로 검색영역을 확대하면서 시편의 최 외각부위를 따라 배경과 분리한다. 한편 그림 1에서 볼 수 있듯이 조명에 의해 발생하는 그림자나 시편 자체의

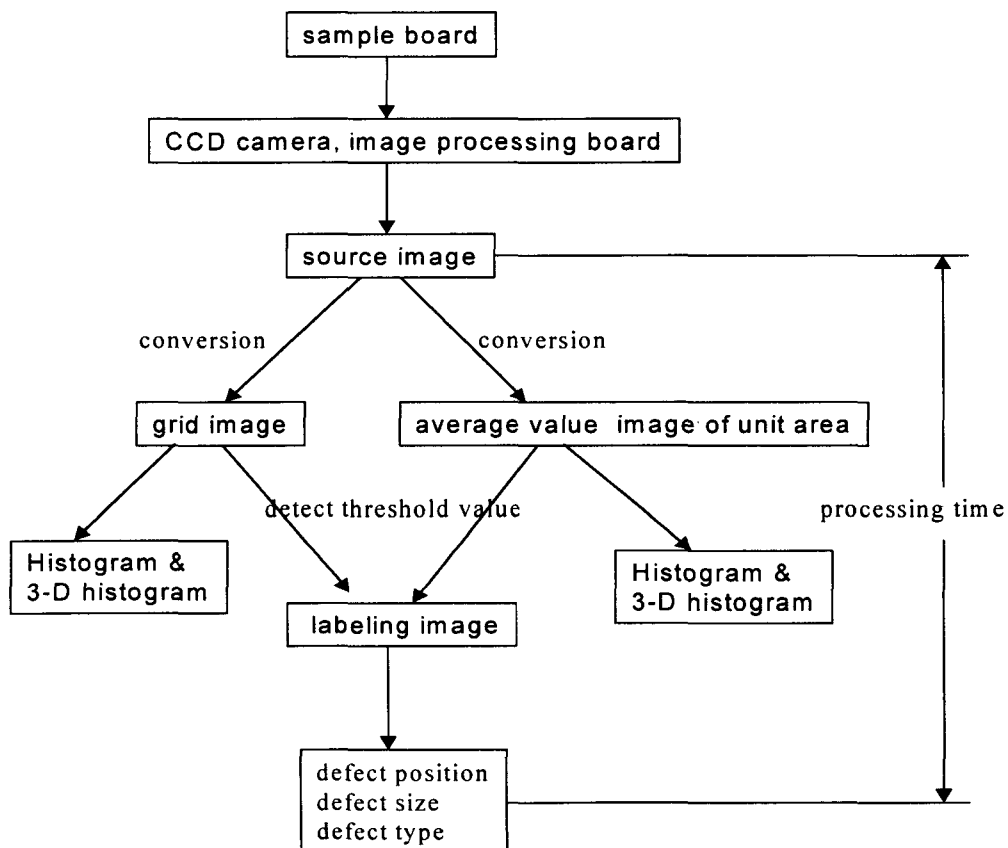


Fig.2. Diagram for image processing.

왜곡된 형태(건조 중 틀어짐 등) 때문에 시편과 배경의 경계부분을 결점으로 인식하는 경우가 있다. 따라서, 화상처리 시에는 시편이 흔들림 없이 정확히 이동될 수 있는 물류시스템이 요구된다.

2.3.3 용이 검출을 위한 문턱값 추출

최저치의 계조값을 갖는 위치에서 결점부와 목질부간의 문턱값을 추적한다. 여기서 문턱값의 추적은 수증, 조명의 밝기, 카메라 노출도에 따라 화상의 계조값에 차이가 발생하므로 경험적으로 문턱값을 판단하는 것보다 화상처리시스템에서 문턱값 추출 알고리즘을 이용하여 문턱값을 판단해야 한다. 또한 현장에서 발생할 수 있는 문턱값의 변화에 대해 안정적 처리를 위한 문턱값 추출 알고리즘을 개발하였다.

2.3.4 라벨링과 정보저장

추출된 문턱값을 이용하여 채움(flood fill) 알고리즘을 통한 라벨링을 실시한다. 라벨링은 결점간의 분리, 인식을 가능하게 하는 핵심 과정으로 처리시간도 비교적 길어 화상처리시스템의 속도를 좌우하는 부분이다. 보통 라벨링을 할 때에 이치화상을 작성한 후 라벨링을 실시하지만 프로그램 속도향상을 위해, 문턱값을 이용하여 이치화 작업과 라벨링 작업을 동시에 처리하도록 하였다. 각 라벨링 된 화상에는 라벨의 시작위치, 용이를 포함하고 있는 최소의 직사각형(MBR ; minimum building rectangle)의 시작점과 끝점, 결함의 면적 등의 자료가 저장된다.

2.4 문턱값 자동 검출 알고리즘 개발

화상처리의 가장 기본이 되는 화상은 이치화상(binary image)이다. 이 이치화상을 작성하는데 필수적으로 요구되는 것이 문턱값으로 이 문턱값의 변화에 따라서 화상처리의 속도와 정확도가 상당히 변화한다. 따라서 입력된 화상을 이용하여 용이를 검출하는데 최적의 문턱값을 검출하는 알고리즘을 개발하였다.

2.5 결함 검출의 정확도와 처리속도의 측정

화상처리에 의한 용이의 검출의 정확도는 격

자법과 타일법에 대해 격자 크기와 타일 크기를 1x1에서 10x10까지와 20x20의 크기로 설정하여 화상처리프로그램에서 계산된 문턱값을 적용시켜서 결점을 추출한다. 이렇게 추출된 결점들의 정보는 용이의 면적, 용이를 둘러싼 최소면적 사각형의 시작점과 끝점이다. 이러한 정보를 이용하여 간격 1x1 크기를 기준으로 하여 간격 증가에 따른 처리속도 변화와 검색 정확도를 함께 분석하므로써 가장 효율적인 간격을 결정하였다.

또한, 용이의 검출시 소요되는 시간을 측정하기 위해 100회 반복하여 실행하는데 소요되는 시간을 측정하였다. 격자나 타일의 크기가 증가함에 따른 속도의 변화를 알아보고 격자법과 타일법간의 속도차를 비교하여 가장 적절한 간격과 용이 검출법을 판단하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 문턱값 자동 검출 알고리즘

목재표면상에 존재하는 계조값의 경향을 분석하여 문턱값을 추출하는 방법으로 문턱값 지정 방법에는 여러 가지가 있다.

히스토그램법은 화상처리작업에서 손쉽게 화상을 파악할 수 있는 자료로 각 결함들의 분포를 알 수 있으며 결함의 인식을 위한 문턱값 판정에 우수하다. 그림 3은 비교적 용이가 큰 시편에 대한 히스토그램으로 히스토그램상에서 용이의 분포를 쉽게 알 수 있다. 그러나 작은 크기의 용이를 갖는 수증은 히스토그램 상에 분포하는 계조값의 분포량이 적어 용이 검출이 힘들고 다른 결함과 중첩되어 분포할 경우 결함의 추출이 어려워진다는 단점이 있다. 또한 일정 영역의 화상을 분석하여 얻고자 하는 정보를 최대한 추출하여 시편의 전반적인 특징을 파악하는 표본법도 있다. 목재표면상에 존재하는 작은 영역으로부터 결함들의 문턱값을 추출하여 시편의 전 부분에 대해 적용시키는 방법으로 표본의 선택 방법에 따라 문턱값의 변위가 심하다는 단점이 있다.

그림 4는 3차원 히스토그램이다. 분석적인 면에

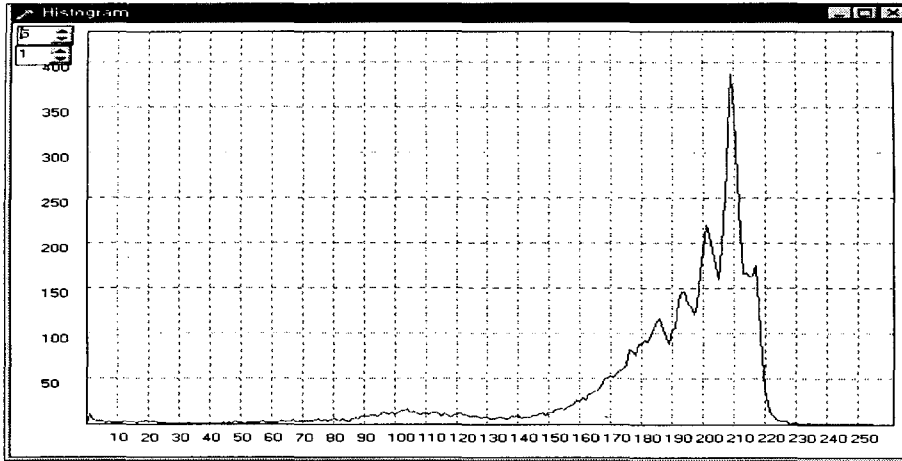


Fig.3. Histogram.

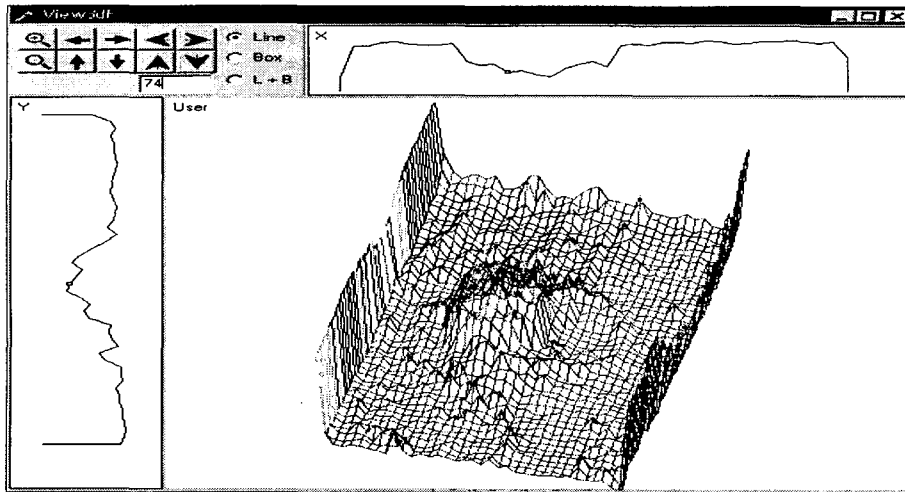


Fig.4. 3-dimensional histogram.

서 3차원 히스토그램은 격자법과 타일법에 존재하는 2차원적인 대표값의 분포를 3차원적으로 표현한 것으로 3차원적인 확대, 축소, 회전, 이동 등의 작업을 통하여 특정 지점의 x축과 y축의 히스토그램을 얻을 수 있어서 목재 표면의 계조값의 분포를 한눈에 파악할 수 있다. 참고로 그림 5는 원화상에 대해 격자법과 타일법을 적용한 결과 얻어진 화상들이다.

본 연구에서는 이상과 같은 방법들을 조합하여 다음과 같은 문턱값 자동검출 알고리즘을 개발하였다. 우선, 원화상으로부터 일정간격으로 가

장 낮은 계조값을 나타내는 지점을 검색하고, 검색된 위치의 y축을 기준으로 x축 상에 분포하는 대표값들의 계조분포를 얻어낸다. 그림 6은 목재 표면상의 계조값이 최저점 d를 갖는 x축상의 계조분포도로 그림 4의 3차원 히스토그램의 y축상의 x축에 분포하는 계조값의 분포이다. 먼저 해당 x축에 존재하는 계조값의 평균값을 구한 후, 평균값의 직선 AA'를 작성한다. 직선 AA'와 계조값곡선의 교차점으로부터 頂點方向으로 추적해 나가서, 최고정점 b와 b'를 구해 낸다. 최저점 d와의 정점 b와 직선을 작성한 후 계조값 분포

곡선의 임의의 한 지점과의 수직거리가 가장 큰 지점인 점 a를 구해낸다. 점 a는 점 b 방향으로 급격한 계조값의 증가가 이루어지는 곡선의 시작점으로 용이의 경계부위는 점 a와 점 b 사이에 존재하게 된다. 따라서 용이의 검출 문턱값이 두 점 사이에 존재함을 알 수 있다.

그림 3에서 보면 계조값 134정도에서 용이와 목리와의 구분이 된다는 것을 알 수 있다. 계산

그림 3을 보면 용이 검출을 위한 문턱값은 134임을 알 수 있다. 문턱값 134를 격자나 타일의 크기를 증가하여 적용시키면 간격의 크기에 따라 면적의 변화를 알 수 있을 것이다. 간격이 커짐에 따라 마치 low pass filter와 같은 현상이 발생하여 결함의 화소수가 줄어든다. 표 1에서 격자크기 1x1화소를 적용하여 얻은 자료를 정확한 용이의 검출이라고 가정한 상태에서 그림 7

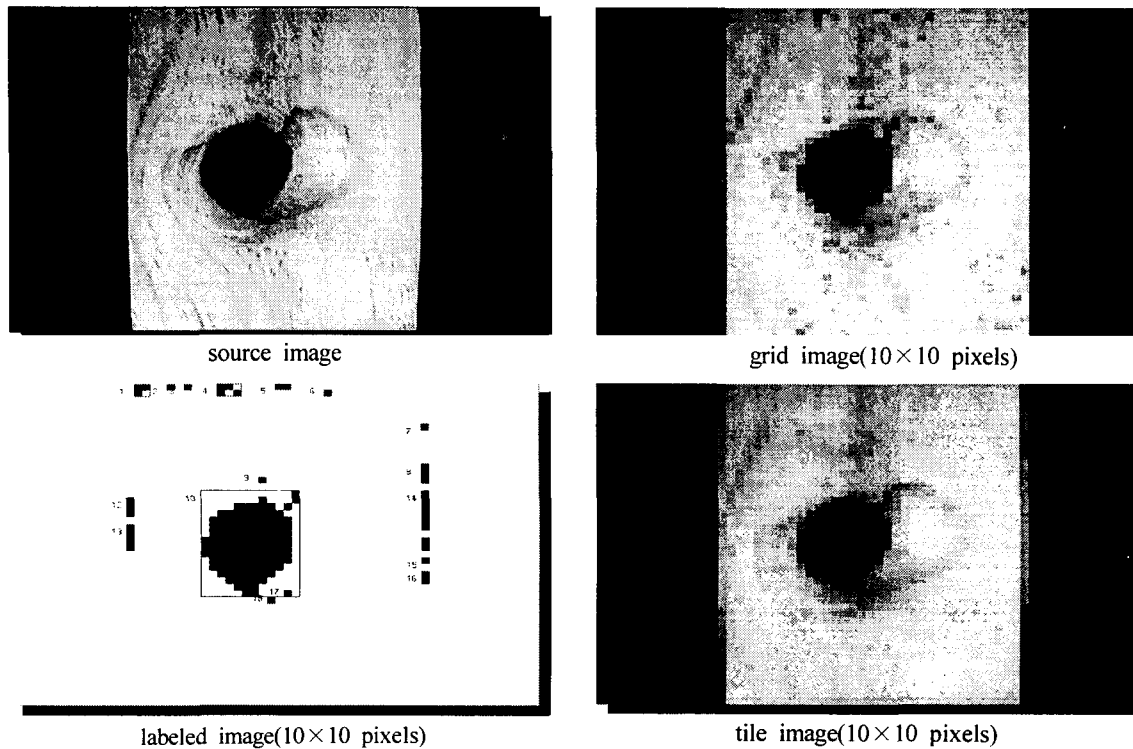


Fig.5. Digital image processing images.

해 보면 점 a와 점 b사이 거리의 1/3지점임을 알 수 있으며 용이의 검출 문턱값 지점은 점 c인 것이다. 또한 격자법의 점 c가 3분의 1지점에서 존재하지만 타일법에서는 약간 더 높은 7분의 3 지점에 분포한다는 사실을 반복 실험을 통하여 알 수 있었다. 이것은 타일의 평균값을 취하면서 계조값의 분포곡선의 굴곡이 줄어들고 부드러워지면서 직선 bd와의 관계가 변하게 되기 때문인 것으로 사료된다(그림 6).

3.2 결함 검출의 정확도

의 용이의 면적을 보면 타일법은 타일 크기의 증가에 따라 면적이 비교적 일정한 비율로 서서히 감소하였다. 그러나 격자법에서는 격자크기 증가에 따른 면적변화가 불균일함을 알 수 있었고 용이를 둘러싸는 최소크기의 사각형 면적에서는 타일법의 경우 타일크기 5x5일 때까지는 일정한 경향을 가지고 증가하다 6x6부터는 격자법과 같이 상하로 변화하였다. 한편, 격자법은 그 진폭의 변화가 심하여 데이터의 신뢰도가 떨어짐을 알 수 있었다. 따라서 타일법이 격자법보다

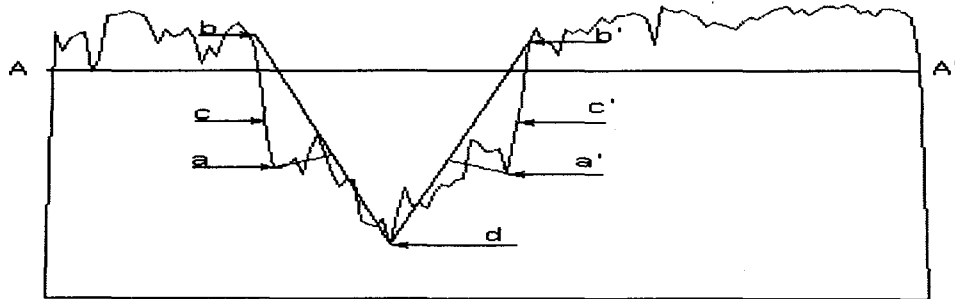


Fig. 6. Determiration of threshold value(A-A': average line, a-a' : start point increase gray value, b-b' : pick point, c-c' : low point of 3 division between a and b, d : valley point)

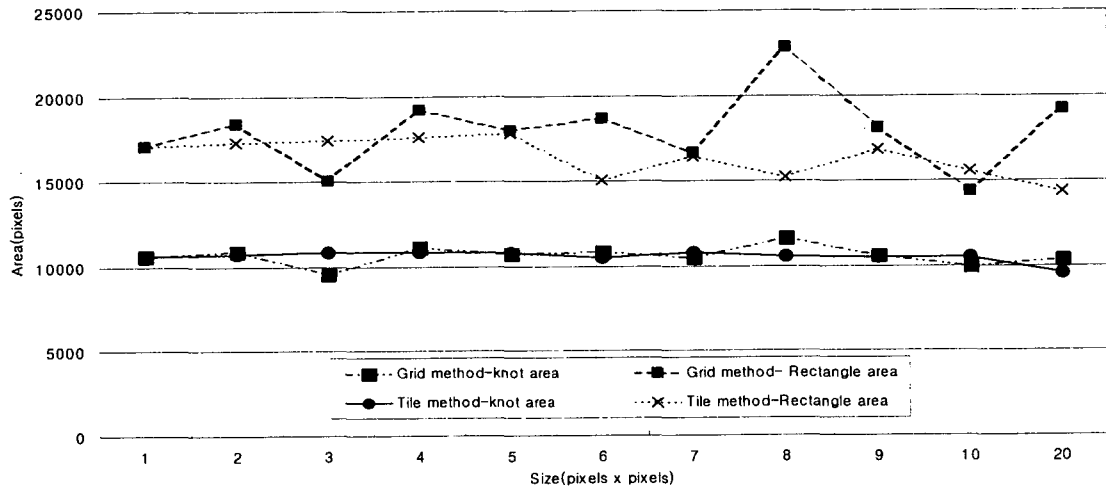


Fig. 7. Knot and rectangle areas by threshold determining methods and their sizes.

는 정확도가 우수하며 안정된 자료를 얻을 수 있었다.

그림 8을 보면 문턱값이 타일법에서 비교적 안정된 경향을 알 수 있다. 격자법은 입력된 화상으로부터 격자크기 간격으로 계조값을 얻어 그 값을 주위의 값의 대표값으로 사용하였고, 타일법은 타일크기 간격으로 입력된 화상으로부터 타일이 포함하고 있는 계조값의 평균을 내어 대표값으로 사용하였다. 두 가지 방법은 주위의 화소를 대신한 대표값을 사용한다는 점에서는 같지만 격자법은 타일법에 비해 주위 화소에 대한 대표성이 떨어져서 용이 검출을 위한 문턱값을

설정할 때 그 오류의 가능성은 항상 존재하게 되는 것이다.

표 1과 표 2를 보면 알 수 있듯이 격자나 타일의 크기에 따라 검출 용이나 최소직사각형 면적의 차이가 생기는 것은 격자의 크기나 타일의 크기에 따라 입력되는 계조값의 분포가 달라지기 때문이다. 간격의 크기가 변함에 따라 대표값의 최저점이 다르게 존재한다는 것을 의미하며 문턱값 검출과정에 적용되는 부분도 달라지기 때문에 문턱값의 변화로 인한 면적의 차이가 생기는 것으로 판단된다.

3.3 검출 속도

Table 1. Threshold values, knot and rectangle areas, and processing times by threshold determining methods and grid sizes

Threshold Determining Method	Grid Size(pixels x pixels)										
	1x1	2x2	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7	8x8	9x9	10x10	20x20
Automatic determination											
Knot area(pixels)	10646	10912	9585	11152	10755	10836	10486	11648	10611	10000	10400
Rectangle area(pixels) ^{*a}	17063	18408	15048	19200	18000	18720	16660	22848	18144	14400	19200
Threshold value	132	136	123	138	133	135	130	142	129	129	143
Processing time ^{*b} (sec)	152.48	46.85	23.34	19.28	19.28	16.70	16.15	15.77	15.49	15.32	14.67
Predetermination ^{*c}											
Knot area(pixels)	11994	12048	12042	11968	12025	11916	12005	11840	11826	11600	10400
Rectangle area(pixels) ^{*a}	22098	22272	24012	22704	21876	21924	23520	22848	19278	20800	19200
Processing time ^{*b} (sec)	138.31	42.73	20.32	17.25	15.87	15.4	14.61	14.23	14.10	13.90	13.40
Processing time difference(seconds)	14.17	4.12	3.02	2.03	1.81	1.30	1.54	1.54	1.39	1.42	1.27

*a : The area of the smallest rectangle completely enclosing a knot

*b : Total processing time to execute the algorithm 100 times

*c : Predetermined threshold value = 134

Table 2. Threshold value, knot and rectangle area, and processing time by threshold determining methods and tile sizes

Threshold Determining Method	Tile Size(pixels x pixels)										
	1x1	2x2	3x3	4x4	5x5	6x6	7x7	8x8	9x9	10x10	20x20
Automatic determination											
Knot area(pixels)	10646	10764	10845	10864	10775	10512	10780	10560	10530	10500	9600
Rectangle area(pixels) ^{*a}	17063	17328	17442	17632	17826	15048	16464	15232	16848	15600	14400
Threshold value	132	133	133	135	135	133	136	135	133	132	135
Processing time ^{*b} (sec)	152.48	67.45	38.10	33.78	30.65	28.13	27.80	26.97	26.15	26.31	24.72
Predetermination ^{*c}											
Knot area(pixels)	11994	11992	12042	12064	12100	12094	11907	12032	11745	12100	12000
Rectangle area(pixels) ^{*a}	22098	23048	21546	22016	22100	21924	21168	21504	19278	22100	22400
Processing time ^{*b} (sec)	138.31	42.73	20.32	17.25	15.87	15.40	14.61	14.23	14.10	13.90	13.40
Processing time difference(seconds)	14.17	24.72	17.78	16.53	14.78	12.73	13.19	12.74	12.05	12.41	11.32

*a : The area of the smallest rectangle completely enclosing a knot

*b : Total processing time to execute the algorithm 100 times

*c : Predetermined threshold value = 134

격자법과 타일법의 화상처리 속도를 비교하는 것으로 정확도와 함께 고려되어야 할 항목이다. 용이이 검출속도는 표 1과 2를 보면 격자와 타일의 크기에 따라 1x1화소수에서 3x3화소수로 갈수록 급격한 처리시간의 감소가 있는 것을 알

수 있다. 그림 9에서 보는 바와 같이 격자법과 타일법의 속도차이는 확실히 구별된다. 두 방법 간의 속도차이의 원인은 원화상으로 부터 대표 값을 선정하는 방법에서 격자간격으로 배열된 계조값을 이용하는 격자법과는 달리 타일법에서는

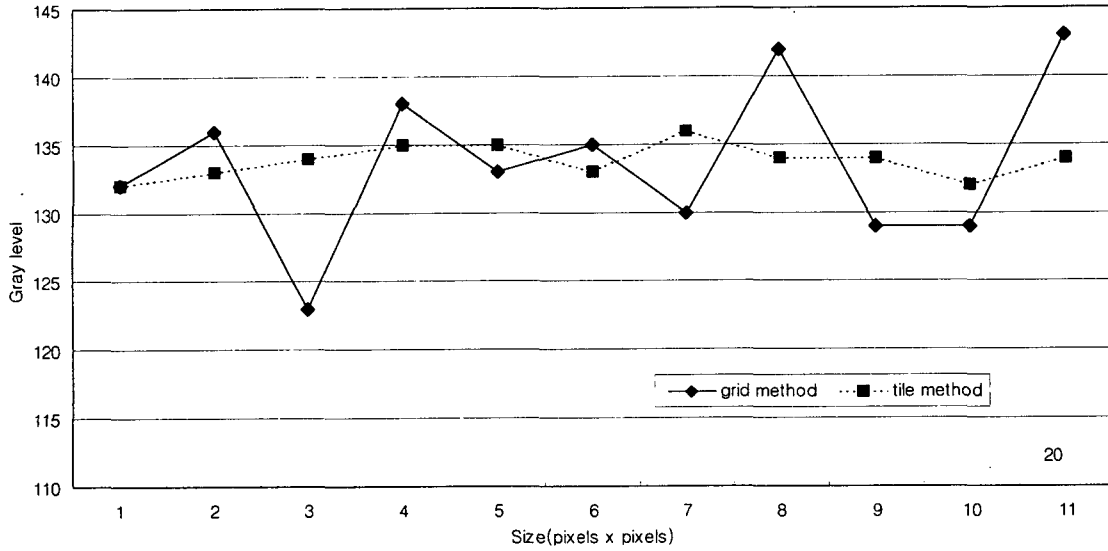


Fig.8. Threshold values by threshold determining methods and their sizes.

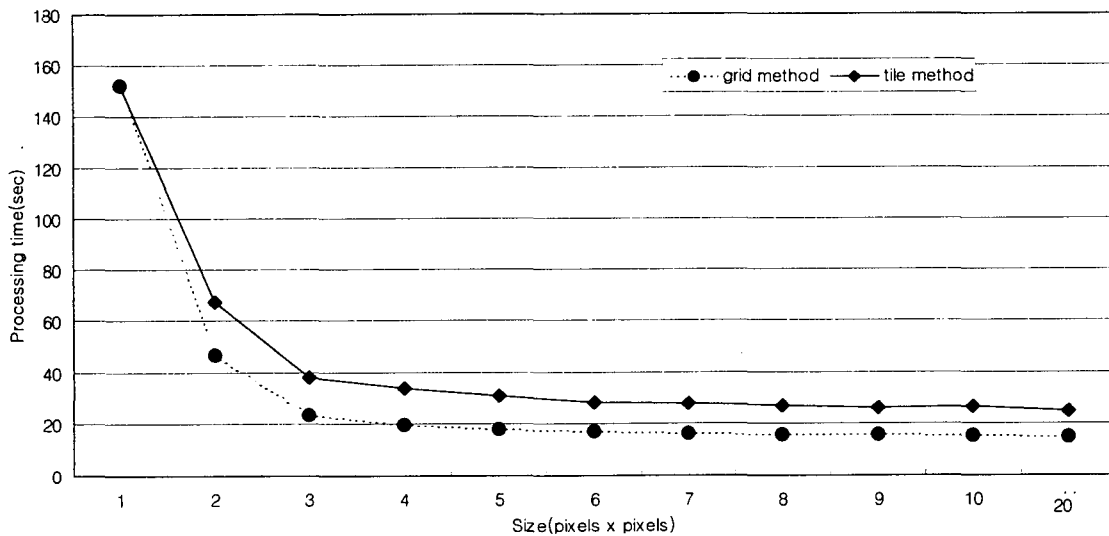


Fig.9. Processing times by threshold determining methods and their sizes.

타일 크기만큼 주위의 화소들의 계조값 평균을 계산하여 대표값으로 선정하는 과정을 한 번 더 거치기 때문에 속도의 차이가 발생했다는 것을 알 수 있다. 한편 두 방법은 일정한 속도차를 유지하면서 감소하며, 특정값에 수렴한다는 것을 알 수

있다. 격자법은 6x6의 격자크기에서부터 처리속도의 변화가 적어지며, 타일법도 6x6의 타일 크기에서부터 처리 속도의 변화가 적어지게 된다.

미리 지정된 문턱값을 이용한 화상처리는 격자크기와 타일 크기에 따른 용이의 면적, 용이를 들

러싼 사각형 면적, 화상처리 속도의 변화를 관찰하기 위한 것으로, 옹이의 검출을 위한 적정 문턱값은 그림 3을 보면 계조값 구간 131-136에서 존재함을 알 수 있다. 본 논문에서는 문턱값 134를 옹이 검출에 적절한 문턱값으로 판단하여 격자 크기와 타일의 크기에 따라 각각 문턱값 134를 적용하여 화상처리를 실시하였다.

격자법과 타일법 모두 옹이의 면적이 간격의 크기가 증가함에 따라 감소되었다. 동일한 문턱값을 적용하여도 간격의 크기에 따라 면적의 차이가 생기는 것은 격자의 크기나 타일의 크기에 따라 입력되는 계조값이 다르게 분포하며, 처리되는 자료도 다르기 때문에 면적의 차이가 생긴다. 그러나 타일법은 그 면적들의 평균값이므로 격자법에 비해 면적의 차이가 심하게 발생되지 않았다. 처리 속도는 옹이의 검출 속도와 마찬가지로 계속 감소하고 있는데 간격 크기 5x5에서 처리속도의 감소량이 일정하였다.

옹이의 문턱값 검출 속도는 옹이의 검출 속도에서 미리 주어진 문턱값을 이용한 옹이 검출속도를 감소한 값으로 옹이를 위한 문턱값을 검출하는데 소요되는 시간이다. 표 1을 보면 1x1화소수에서 격자법과 타일법의 처리속도가 같은 이유는 격자 1x1화소수는 타일 1x1화소수와 같고, 1x1화소수는 원화상을 의미하므로 그 속도의 차이가 없기 때문인 것으로 사료된다. 한편, 격자법에서는 문턱값 검출 속도의 꾸준한 감소가 있었지만 7x7화소수와 8x8화소수에서 처리속도 감소의 효과가 매우 작아지는 경향을 볼 수 있었다.

4. 결 론

산업현장에서 화상처리시스템이 사용되려면 우선적으로 이동하고 있는 목재에 대한 화상 획득과 화상처리가 빠른 속도로 이루어져야만 한다. 그러나 처리속도로 인한 결함 검색의 정확도가 떨어지지 않도록 해야 하므로 이러한 관점에서 최대한 정확도를 높이는 동시에 검색속도를 빠르게 할 수 있는 간격의 크기를 파악하는 것이 중요하다. 본 연구를 통하여 얻어진 결론은

다음과 같았다.

격자법은 속도는 빠르나 문턱값의 검출에서 정확도가 떨어지는 반면, 타일법은 약간의 속도 저하가 있었으나 안정적인 문턱값 검출이 가능하였다. 보다 안정적으로 목재 표면의 옹이를 인식하기 위해서는 타일법을 이용하는 것이 바람직하며, 타일의 크기는 5x5 - 6x6 화소가 적당한 것으로 판단되었다. 한편, 목재표면상의 결함부위에는 구멍(hole), 갈라짐(split), 수피(bark), 둥근모(wane), 광물질(mineral), 옹이(knot), 변색(stain), 무결점면(clear wood), 부후(decay) 등의 매우 다양한 종류가 있고, 각 결점들에 대한 인식과 구별이 가능해야만 산업현장에 적용될 수 있기 때문에 보다 효율적인 화상처리기술 구축을 위한 많은 노력이 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Conners, R. W., C. W. Mcmillin, K. Lin and R. 1983. Identifying and locating surface defects in wood part of an automated lumber processing system. Pattern Analysis and Machine Intelligence 6:573-583.
2. Forrer, J. B., D. A. Butler, J. W. Funck, and C. C. Brunner. 1988. Image sweep-and-mark algorithms: Part1. Basic algorithms. Forest Products Journal 38(11/12):75-79.
3. Kim, C. W. 1989. Classification of surface defects on wood boards. Purdue University.
4. McMillin, C. W. 1982. Application of automatic image analysis to wood science. Wood Science 14(3):97-105.
5. McMillin, C. W. 1984. ALPS-A potential new automatic lumber processing system. Forest Products Journal 34(1):13-20.
6. Szymani, R. 1979. Technology of photoelectric scanning sawmilling. Proceedings of 6th Wood Machining Seminar, Forest Products Laboratory, University of California, Berkely.