

## 표고 외관 특징점의 자동 추출 및 측정\*

黃 憲, 李鎔國

성균관대학교 농업기계공학과

### Automatic Extraction and Measurement of Visual Features of Mushroom (*Lentinus edodes* L.)

Hwang, Hun and Lee, Yong-Kook

Dept. of Agr. Machinery Eng., Sung Kyun Kwan Univ., Suwon 440-746

#### Summary

Quantizing and extracting visual features of mushroom (*Lentinus edodes* L.) are crucial to the sorting and grading automation, the growth state measurement, and the dried performance indexing. A computer image processing system was utilized for the extraction and measurement of visual features of front and back sides of the mushroom. The image processing system is composed of the IBM PC compatible 386DX, ITEX PCVISION Plus frame grabber, B/W CCD camera, VGA color graphic monitor, and image output RGB monitor.

In this paper, an automatic thresholding algorithm was developed to yield the segmented binary image representing skin states of the front and back sides. An eight directional Freeman's chain coding was modified to solve the edge disconnectivity by gradually expanding the mask size of 3x3 to 9x9. A real scaled geometric quantity of the object was directly extracted from the 8-directional chain element.

The external shape of the mushroom was analyzed and converted to the quantitative feature patterns. Efficient algorithms for the extraction of the selected feature patterns and the recognition of the front and back side were developed. The developed algorithms were coded in a menu driven way using MS\_C language Ver. 6.0, PC VISION PLUS library functions, and VGA graphic functions.

키 워 드 : 컴퓨터시각, 표고버섯, 형상추출, 자동이치화, 측정자동화

Key words : computer vision, mushroom (*Lentinus edodes* L.), feature extraction automatic thresholding, measurement automation

#### 序 論

80년대 이후부터 컴퓨터의 대중화와 카메라를 위시한 영상처리 하드웨어의 기능향상과 저렴화에 힘입어, 50년대 이후 축적되어온 영상처리 기술들을

실제 산업체에 효율적으로 적용하여 대상공정을 자동화하는 연구가 활발히 추진되고 있다. 이들 연구의 방향은 대부분 적용공정 및 작업 대상체의 특성들로부터 야기되는 처리속도, 안정성, 정확성, 불균일 조명등 여러 제한조건을 고려하여, 개개의 공정 및

\*이 논문은 1991년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 자유공모과제 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

및 대상체에 대하여 적정한 시스템을 구성하고 전용 알고리즘을 개발함으로써 최대의 작업효과를 얻는 데 있다.

상대적으로 자동화의 추진정도가 미흡하기는 하나, 농업을 비롯하여 생물자원을 다루는 분야에 있어서도, 자동화를 통한 생산성 향상과 상품의 고품위 유지 및 규격화로서 단순 노동인력의 부족과 인건비 상승을 극복하고 대외경쟁력을 유지하려는 움직임이 활발하다. 하지만, 생물체를 다루는 농업분야의 경우, 일반 산업체와는 달리 대상체의 정보가 규격화 되어있지 않고 가변적이어서 자동화에 있어 보다 고기능의 그리고 유연성이 있는 시스템의 구축이 필요하다. 농업분야에 있어 일반적으로 수행되는 단순 반복적 작업공정들은, 물리적 동작에 앞서 고기능의 인식 및 판단을 요구하는 작업인 경우가 대부분이다. 인식 및 판별의 기준이 되는 대상물의 정보수집에 있어서도 접촉에 의해서 보다는 시각, 후각 등의 비접촉 측정기능에 주로 의존하고 있다. 이러한 관점에서 볼때, 컴퓨터 영상처리 적용기술의 개발은 대상체의 정보가 정성적이고 목시에 의한 의존도가 큰 농업 및 관련산업의 기계화, 자동화에 필수적이다.<sup>(26)</sup>

농업분야에 있어 생산 및 품종 개발과 관련하여 영상정보 처리기술의 응용연구는 고부가가치의 농산물을 대상으로 구미와 일본 등에서 활발히 추진되어 왔다. 응용연구의 대부분이 토마토, 감자, 사과, 오렌지, 복숭아 등 주로 과실류의 수확과 선별자동화 그리고 곡물류의 외관검사에 관한 연구들로 주를 이루고 있다.<sup>(1, 7, 8, 11, 16, 19, 20, 21, 23-25)</sup> 버섯류에 대한 연구는 현재 거의 미비한 실정으로 송이버섯의 수확 자동화와 관련하여 Tilet(1989)이 버섯갓의 크기로 성숙도를 평가한 후 체인코딩(chain coding)에 의해 산출한 버섯갓의 도심점 위치로 로봇를 구동하여 수확하는 연구를 수행하였다.<sup>(27)</sup> 그밖에 농산가공, 분무살포 작업시스템의 분석 및 작업기의 경로제어를 위한 정보획득 매체로서 영상처리 시스템의 연구가 추진되고 있다.

본 연구의 대상작목인 표고버섯은 타 농산물에 비해 단위 몰량당 가격과 상품가치 면에서 월등하고 세계적으로 그 소비량이 증가하고 있는 작목이다. 현재 표고의 생산은 거의 수작업에 의존하고 있으며, 건조공정 역시 건조기 또는 자연건조를 통해 경험적으로 수행하고 있다. 건조표고에 대한 선별작업은 타 작물에 비해 선별기준이 되는 요인들이 복잡하고 다양한 이유로 인하여 전문가의 목시판단에 전적으로 의존하고 있다.

따라서, 표고버섯의 형상특징을 자동으로 추출하고 측정하는 기술의 개발은 표고를 위시한 버섯류의 생육 및 재배 자동화, 건조표고의 경우 건조시스템의 성능평가 및 건조상태의 자동감시 그리고 자동선별 시스템의 개발 등에 필수적으로 요구된다.

본 논문에서는 마이크로 컴퓨터에 의한 흑백영상 처리시스템을 구성하여 표고가 갖는 외관상의 정성적 특징들 즉, 갓의 크기와 갈라진 모양, 전면표피의 색깔과 무늬모양, 전면의 주름형태와 균열정도, 육질의 두께와 후면 끝단의 말린모양 및 정도, 그리고 후면내피의 색깔과 정렬상태 등을 분석하여 이들을 정량화하며, 이들 정량화된 형상특징들을 효과적으로 추출하고 측정하는 알고리즘을 제시하고자 한다.

## 實驗裝置 및 材料

본 연구에서는 그림 1과 같이 영상처리 시스템을 구성하였으며 기본적으로 영상입력부, 신호처리부, 출력부로 나뉜다. 입력센서부에 해당하는 영상입력 장치로는 소니(Sony)사의 저조도 흑백 CCD 카메라를 사용하였으며 카메라에서 출력된 영상신호는 RS-170형태의 아나로그 신호값을 가진다. 프레임그래버(frame grabber)는 8비트의 gray level값과 640×480 화소(pixel)를 저장하는 Image Technology Inc.의 PFG 보드를, 그리고 주컴퓨터는 IBM PC호환 386-DX기종을 사용하였다. 영상출력은 영상처리 전용의 13인치 RGB 모니터를 사용하였으며, 영상출력에 상응하도록 컴퓨터 모니터를 통하여 그래픽으로 출력시켰다.

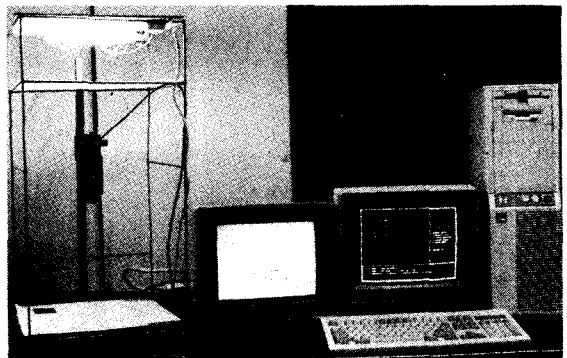


Fig.1 Image processing system.

실험재료로서는 무작위로 선택한 건조표고를 이용하였고, 입력영상에 대한 측정원도우를 설정하기 위하여 108점(12×9)과 380점(20×19)을 일정간격

으로 표시한 입력영상 오차측정 및 보정용 샘플패턴을 제작하였다. 또한 단위화소의 크기를 측정하기 위하여 검은색으로 6cm×6cm의 정사각형 샘플을 제작하였다.

주위 조명의 영향을 적게 받고 비교적 균일한 조도하에서 입력영상을 수집하기 위하여 링(ring)형의 20W 형광등과 1.5mm 두께의 백색 아크릴판을 부착한 조명장치와 카메라 위치고정 장치를 제작하였다.

## 실측 영상정보의 추출

### 1. 영상이치화와 영상완화

영상 이치화는 다치 입력영상을 경계값 T를 이용하여 다음과 같이 이치화하는 것으로  $f(i, j)$  와  $g(i, j)$ 는 화소위치  $(i, j)$ 에 대한 입출력영상의 gray 값들을 각각 나타낸다.

$$g(i, j) = \begin{cases} 255 : f(i, j) > T \\ 0 : f(i, j) < T \end{cases}$$

여기서, 경계값 T는 오차측정을 위한 입력영상의 수집시에 잡음성분이 최소가 되고 샘플점이 명확히 입력되도록 조작자가 경계값을 컴퓨터의 키보드를 이용하여 영상이치화 효과를 확인하면서 설정하도록 하였다.

영상이치화의 결과로 나타나는 잡음은 불규칙한 경계, 작은구멍, 모서리부의 훼손, 그리고 고립점들이 있다. 이들 잡음점들은 처리시간을 고려하여 논리연산식에 의한 8근방(neighbor) 화소 비교기법을 이용하여 제거하였다.<sup>(9, 10)</sup>

경계값 T의 올바른 선정은 대상물 외관의 특징점 추출에 매우 중요한 영향을 미친다. 또한 영상정보의 자동수집 및 처리를 위해서는 적정 T값을 자동으로 선정하는 것이 매우 중요하다. 경계값 T를 자동으로 선정하는 방법으로 히스토그램(histogram)의 모드에 따른 분리도를 이용하는 방법<sup>(17)</sup>, 단순 영상통계법<sup>(2)</sup>, 모멘트 보존법<sup>(28)</sup>, 최대 엔트로피 방법<sup>(5)</sup>, 그리고 배경 윈도우 확장법<sup>(3)</sup> 등 여러가지가 있다. 이(1992)는 커피와 분유의 미립자들 그리고 사과에 대한 표준 영상을 택하여 이들 알고리즘을 정량적으로 분석하였다.<sup>(8)</sup>

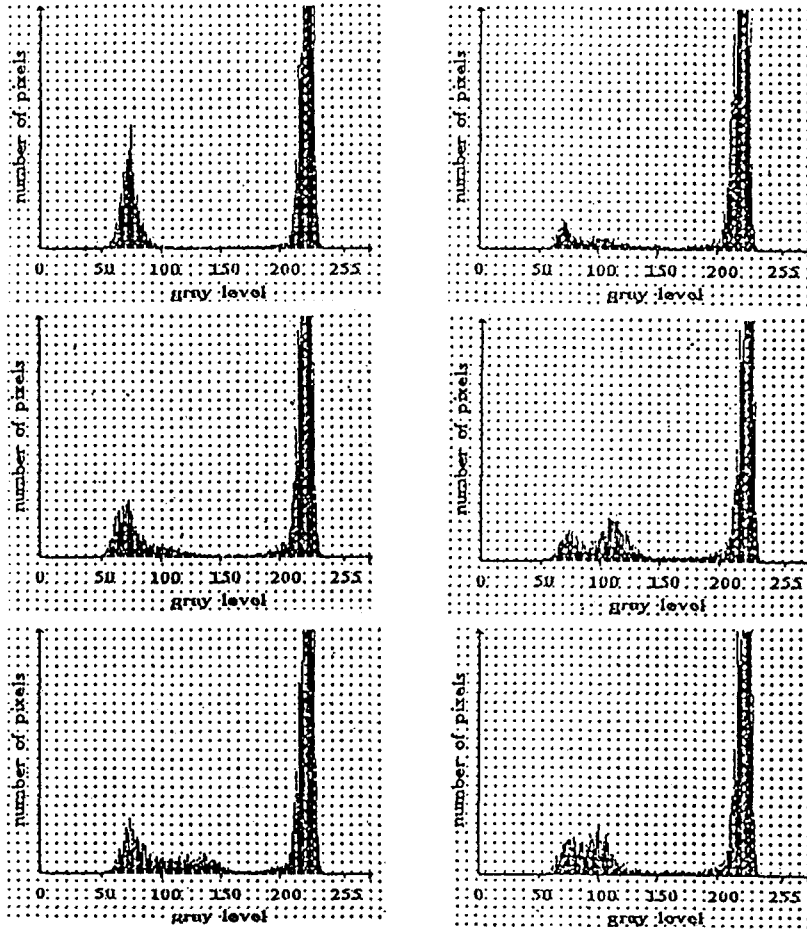
본 논문에서는 표고의 전후면 표피상태를 추출할 수 있도록 하는 윈도우 확장법과 히스토그램의 모드 분리도를 혼합한 형태의 효율적인 자동이치화 알고리즘을 제시한다. 윈도우 확장법은 대상체의 배경영역을 설정하는 윈도우의 범위를 변화시켜 경계값을 추출하는 것으로 측정 윈도우의 크기가 작을수록 효율적이며, 알고리즘이 단순하고 처리속도가 빠르다.

일반적으로 대상물과 배경이 뚜렷한 영상에 대한

히스토그램 모드는 이중모드(bimodal) 형태를 갖는다. 이 경우 히스토그램 모드의 분리성을 이용하여 다음과 같이 최대값을 추출함으로써 영상을 이치화할 수 있다. 대상물에 해당하는 gray level 영역에서의 최대 화소분포값과 배경에 해당하는 gray level 영역에서의 최대 화소분포값을 구하여 직선으로 연결한다. 두 정상간에 분포하는 gray level 영역에 대하여 두 정상을 잇는 직선과 영상의 히스토그램 간 최대거리를 구하여 이를 경계값으로 설정한다. 위에 언급한 방법들은 단순히 대상체와 배경만을 효과적으로 분리시켜 줄뿐 대상체 경계내부의 세부적 특징추출은 불가하다. 표고의 경우, 표피무늬 그리고 후면의 내피상태와 색깔이 다양하여 전면과 후면영상의 히스토그램이 이중모드 형태로 국한되지는 않는다. 따라서 본 연구에서는 윈도우 확장에 의한 이치화와 최대값이 추출에 의한 영상이치화를 혼합한 형태로서 표고의 세부특징을 효율적으로 추출하는 알고리즘을 개발하였다.

혼합형의 자동이치화는 우선 윈도우 확장에 의해서 배경과 경계를 이루는 gray level T값을 구하고 배경을 제외한 영역에 대하여 gray level의 히스토그램 분포로서 최대값을 산출하는 gray level로서 영상을 이치화한다. 한편 대상체가 단일모드를 갖는 경우는 배경과 경계를 이루는 gray level과 단일모드의 정상을 잇는 직선을 가지고 최대값을 구한다. 윈도우의 확장은 직사각형의 좌측상단 모서리 화소좌표(180, 164)를 기준으로 가로와 세로 각각 150화소의 영역으로부터 화소좌표 (155, 139)를 기준으로 가로와 세로 각각 200화소 영역으로 확장시켰다. 히스토그램의 분포차는 영상잡음의 제거효과를 고려하여 3개의 gray level에 대한 화소분포를 평균한 값을 비교하여, 임의선정한 분포차(대략 10개 화소수)를 벗어나는 값을 택하였다. 최대값이 추출은 3개의 gray level에 대한 화소분포 평균값들에 대한 기율기 변화를 추적하여 두개의 국부적 최대치를 구하고 이를 연결하는 직선과 히스토그램 분포도와 최대거리 차로써 구하였다.

그림 2는 특정 표고들의 전후면 입력영상에 대한 히스토그램 분포 양상을 보여주며 그림 3은 윈도우의 확장후 3개의 gray level에 대한 화소평균값을 이용하여 얻어지는 히스토그램 분포를 3개의 gray level에 대한 화소분포 평균값을 이용하여 혼합형의 자동이치화 알고리즘을 적용한 것을 보여준다. 그림 4-a는 모니터 상의 표고 입력영상을 보여주며, 그림 4-b는 윈도우 확장 알고리즘을 적용한 결과를 그리고 그림 4-c는 혼합형의 자동이치화 알고리즘을 적용한 결과를 보여준다.



a) Front side

b) Back side

Fig.2 Histograms of typical lentinus edodes.

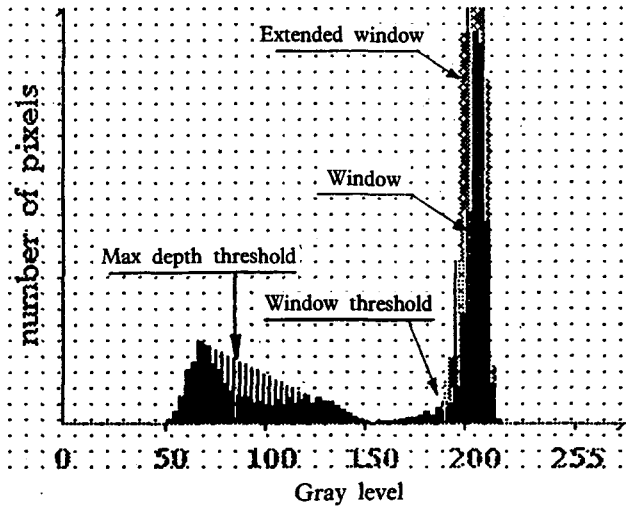
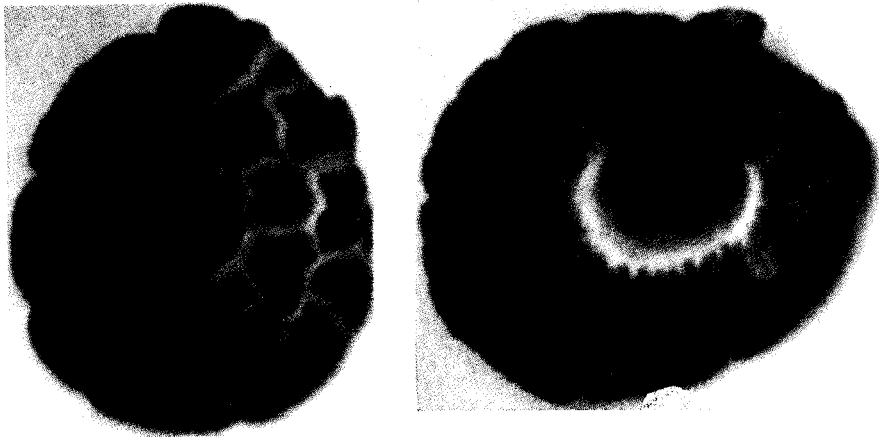


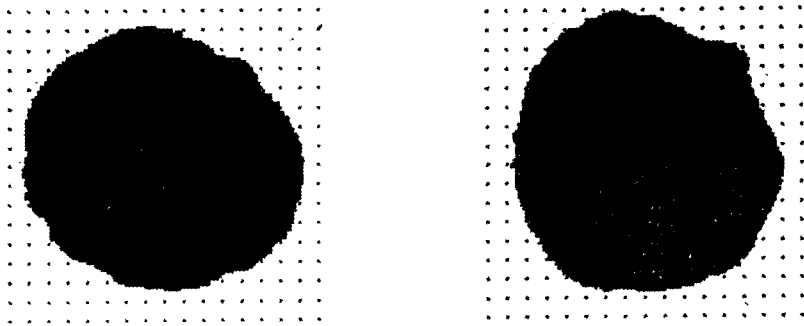
Fig.3 Combined type automatic thresholding.



Front

Back

a) Monitor input image



Front

Back

b) Binary image obtained by window thresholding



Front

Back

c) Binary image obtained by the combined type thresholding

Fig.4 Monitor input Image and binary image after thresholding.

## 2. 단위화소의 크기측정

단위화소의 크기측정은 6cm×6cm의 정사각형에 대한 입력영상을 영상 이치화와 영상완화를 거친 후 체인코딩을 함으로서 수행하였다. 측정과정의 오차를 줄이기 위해 모눈종이의 그리드 선에 영상화면의 가로와 세로 중앙선을 일치시킨 후 정사각형 샘플을 모눈을 이용하여 화면 정중앙에 위치하도록 하였다. 영상이치화의 결과로 얻어지는 영상의 크기는 설정 경계값(threshold value)에 따라 다소 차이가 있다. 경계값을 70부터 130까지 변화시켜 측정한 값들을 평균하여 얻은 단위화소의 세로에 대한 가로의 크기가 1.225 이었다.<sup>(4)</sup>

## 3. 측정윈도우 설정

카메라 렌즈 및 기타 부속 하드웨어의 비선형 특성에 의거하여 입력영상은 기하학적으로 왜곡된다. 영상의 가장자리가 휘게되는 왜곡효과에 대처하기 위해서는 입력영상을 보정하는 것이 필요하다. 하지만 중앙부의 영상왜곡정도는 상대적으로 무시할 수 있다. 본 연구에서는 그림 5에 나타나 있는 입력영상의 오차분포 측정결과 및 처리속도를 고려하여 측정윈도우를 왼쪽상단의 모서리 화소좌표 (180, 164)를 기준으로 가로와 세로 각각 150화소의 영역으로 설정하였다.

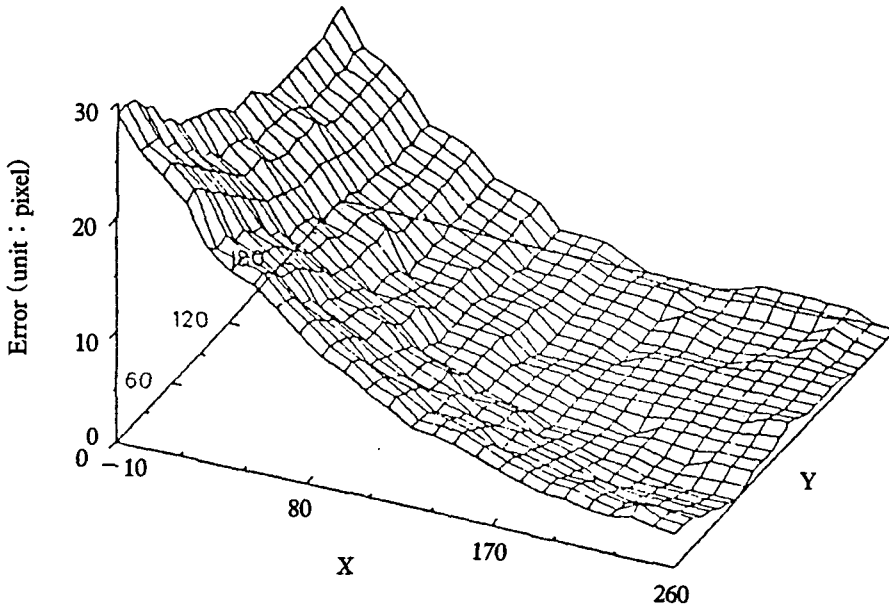


Fig.5 Distorted position errors of sampled points.

## 4. 기하학적 실측정보 추출

본 연구에서는 표고의 기하학적 정보를 얻기 위해 Freeman의 8방향 벡터요소(22)를 이용하였으며, 체인코딩시 얻어지는 경계(boundary)에 해당하는 화소들의 X, Y 좌표값과 체인벡터의 효율적 탐색 및 방향성분 정보에 의해 윤곽을 추출하는 Kitchin의 알고리즘(15)을 이용하였다. 대상체의 둘레, 면적, 1차 모우먼트, 도심, 원형도 그리고 복잡도 등의 실측 기하학적 정보를 바로 산출하도록 단위화소의 실측 크기를 이용하여 식을 유도하고 이를 코딩하였다. 유도된 식의 결과는 황(1992)을 참조한다.<sup>(4)</sup>

체인코딩의 전제조건으로 대상물 경계의 연결성을 들 수 있다. 그러나 대상물의 입력영상을 이치화하는 과정에서 화소간의 연결이 결여될 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 체인탐색에 쓰이는 3×3 마스크를 그림 5와 같이 5×5, 7×7, 그리고 9×9 마스크로 점차 확장하는 것에 의해 탐색의 효율성을 유지하면서 화소점 3개까지의 단절을 해결하도록 하였다. 그림 6은 체인 탐색방향에 따른 마스크 확대를 보여주며 그림 7은 연결되지 않은 화소점을 연결하는 예를 보여준다.

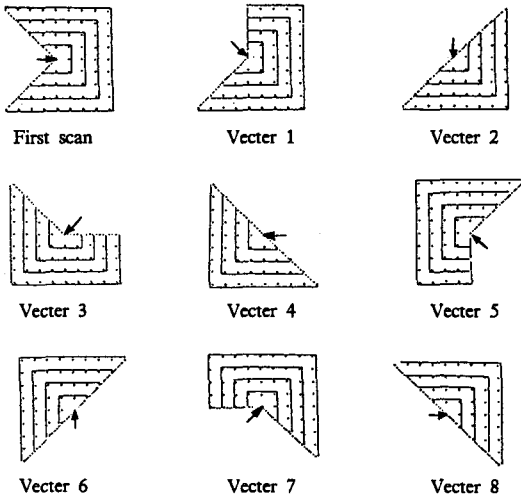


Fig.6 Mask extension based on the chain vector.

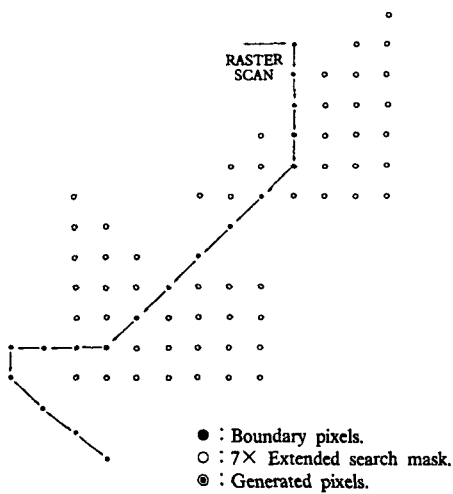


Fig.7 Chain connection of disconnected pixels.

### 표고의 외관 특징점 추출

표고가 갖는 외관상의 정성적 특징들로는 갖의 크기와 갈라진 모양, 전면표피의 색깔과 무늬 모양, 전면의 주름형태와 균열정도, 육질의 두께와 후면끝단의 말린모양 및 정도, 그리고 후면내피의 색깔과 정렬상태 등이 있다. 여기서 후면은 대가 달린 면을 말한다. 본 절에서는 이러한 특징들을 측정 가능한 정량적 특징점들로 변환하고 정량화된 형상 특징들을 효과적으로 추출하고 측정하는 알고리즘을 제시한다. 제시하는 알고리즘의 일부는 실험데이터에 의거한 추론적 방법이 사용되었다.

#### 1. 갖의 크기와 갈라진 모양

표고의 형상특징은 전후면에 분포하고 있으나 갖의 크기와 모양은 전후면에 상관없이 추출이 가능하다. 하지만 건표고의 대는 일반적으로 갖면에 수직으로 위치하지 않고 갖 바깥으로 빠져 나오는 경우가 대부분이다. 빠져나온 대가 매우 큰 경우, 갖의 크기와 모양의 측정에 있어 오차를 증대시키게 되므로 대를 제거하는 것이 필요하다.

표고의 전후면에 상관없이 원도우 확장법에 의한 자동 영상이치화를 통하여 표고의 경계를 검출하고 잡음요소를 제거한다. 얻어진 이치영상에 대하여 체인코딩을 수행하면 표고와 배경의 경계가 검출이 된다. 체인코딩시 얻어지는 면적의 전체 합과 영상의 X와 Y축에 대한 체인요소별 모멘트의 전체 합을 가지고 대상체의 도심좌표를 구한다. 구한 도심점을 중심으로 둘레를 구성하는 화소점들을 60개의 등간격 영역으로 나눈 후, 각 영역에 대해 둘레로부터 도심에 이르는 반경을 구하여 가장 긴 반경에 대하여 반대방향의 반경과 그 길이를 비교한다. 길이의 차이가 반대방향 반경의 0.17배를 초과하면 가장 긴 반경이 포함되는 영역을 대부위로 간주하여 그림 8과 같이 이 부분을 제거한다. 대가 제거되는 영역은 체인코딩을 행할 때 기억되는 화소의 일련번호를 이용하여 최대반경을 주는 영역에서 9개 영역씩 각각 전후로 이동시켜 설정하였다. 그림 8에서 보듯이 대가 제거되는 부분의 경계생성은 경계화소들 사이의 곡률 연속성을 고려하여 Overhauser 곡선생성 알고리즘<sup>(6)</sup>을 이용하였다. 생성되는 경계선의 곡률을 결정하는 양단 경계점의 전후 화소좌표는 양단 경계점에서 전후로 일정영역(대략 5개영역)씩 이동시켜 설정하였다.

Overhauser 곡선은 그림 8-b의 화소점  $P_1, P_2, P_3, P_4$ 를 이용하여 그림 9의  $P_2$ 와  $P_3$ 사이의 영역에 대하여 cubic polynomial 곡선을 생성한다. 여기서  $P_1$ 과  $P_2$  사이와  $P_3$ 와  $P_4$  사이는 second order polynomial로 이루어지는 곡선으로 가정된다. 이 두곡선을 융합(blending)시킨 후, 매개변수  $t$ 를 이용하여  $P_2$ 와  $P_3$  사이의 영역에 대하여  $t=0$  부터  $t=1$  까지 변화시켜 3차곡선을 생성한다. 매개변수  $t$ 의 증분은 1을 제거 영역 즉  $P_2$ 와  $P_3$ 간의 X, Y 방향 화소차의 합으로서 나눈 값으로 하였다.

$$C(t) = [t^3 \ t^2 \ t \ 1] \begin{bmatrix} 1/2 & 3/2 & -3/2 & 1/2 \\ 1 & -5/2 & 2 & -1/2 \\ 1/2 & 0 & 1/2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \end{bmatrix}$$

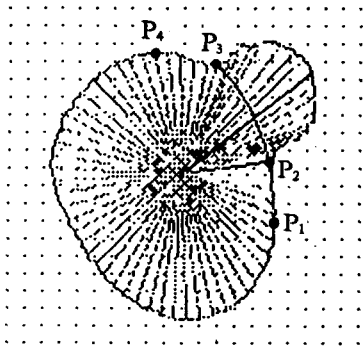


Fig.8 Stem removal and boundary generation.

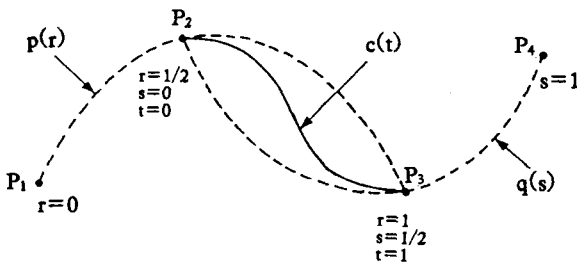


Fig.9 Curve generation via Overhauser curve formulation.

대를 제거한 부분의 경계가 생성되면 체인코딩을 다시 수행하여 둘레 와 면적을 구하고 입력영상의 도심점을 구한 후 도심점으로 부터 둘레에 이르는 등간격의 반경 12개를 구해서 최대와 최소반경을 제외한 10개의 반경을 이용하여 평균반경을 구한다. 갖의 크기는 이 평균반경으로서 평가하며 실측으로 구한 면적과 둘레를 이용하여 갖의 갈라진 모양을 정량화하는 원형도와 복잡도를 다음과 같이 산출한다.

$$\text{원형도} = \frac{4 \cdot \Pi \cdot \text{면적}}{\text{둘레}} \quad \text{복잡도} = \frac{\text{둘레}^2}{\text{면적}}$$

## 2. 전후면의 식별

표고의 gray level 입력영상은 영상원도우 확장에 의거하여 이치영상으로 전환되고 대를 제거하는 과정을 거쳐 새로운 경계가 얻어진다. 대를 제거하는 과정에서, 대가 버섯 갖의 바깥으로 빠져나온 정도가 미미한 경우는 제거가 되지 않는다. 대가 제거되는 경우는, 최대반경을 갖는 경계화소의 좌표로부터 도심점 좌표를 뺀 값을 DX와 DY라 하고, DX와 DY의 부호에 의거하여 도심을 지나는 X축과 Y축을 다음과 같이 결정하여 일차적으로 스캔을 수행한다.

Sign of DX	Sign of DY	Scan X Axis	Scan Y axis
+	+	-	-
+	-	-	+
-	+	+	-
-	-	+	+

하지만 대가 제거되지 않는 경우에는 도심점을 중심으로 버섯의 크기에 비례하여 조절되도록, 한변이 표고 평균반경의 1/2크기가 되는 정사각형 마스크를 그림 10과 같이 선정한다. 마스크 영역중 대가 속해있는 사분면은 비교적 밝게 나타나는 성질을 이용하여 4개 사분면의 평균 gray level을 검증하여 대가 속해있는 사분면을 결정한다. 이때 대로 선정된 사분면에 대칭되는 사분면과 최소 gray level을 갖는 사분면이 서로 일치하지 않는 경우에는, 최소 gray level을 갖는 사분면에 속한 X와 Y축에 대하여 일차적 스캔을 하도록 한다.

표고의 경계를 이루는 화소점들중 X와 Y좌표의 최대 최소값을 이용하여 혼합형 자동이치화로 얻어지는 영상에 대하여, 선정된 X와 Y축을 따라서 도심점까지 스캔을 하여 gray level 0(어두운 부분)과 255(밝은 부분)에 해당하는 화소수를 검증하여 일차적으로 전후면 판별을 하였다. 두개의 스캔라인 모두 gray level 0에 해당하는 화소수가 평균반경 화소수의 2/3배 이상이 되면 표고후면으로 그리고 두개의 스캔라인 모두 gray level 255에 해당하는 화소수가 평균반경 화소수의 2/3배 이상이 되면 표고전면으로 인식하도록 하였다.

혼합형의 이치화가 수행되면 전면의 경우는 선정된 마스크 영역의 평균 gray 값이 표고의 무늬형태에 따라 조금의 차이는 있겠으나 밝은상태를 보인다. 하지만 후면의 경우는 끝단의 말린 부분만이 밝게 나타나고 나머지 부분은 어두운 상태가 된다. 일차 판별에서 전후면 인식이 되지 않은 경우는, 선정된 스캔축을 이용하여 그림 10과 같이 도심으로 부터 둘레에 이르는 스캔 축 X와 Y축상 평균반경의 1/3 지점 화소를 중심으로 버섯의 크기에 따라 자동으로 크기가 조절되도록 직사각형 마스크를 각각 1개씩 설정하였다. 직사각형 마스크의 변은 대략적으로 8개 화소와 평균반경의 2/3화소로 설정하였고 gray level 255는 1로 gray level 0은 0으로 변환하여 평균한 값이 두개 마스크 영역 중 한 영역이라도 0.1 이하가 되면 후면으로 인식하도록 하였다.



대상표고의 전후면이 결정되면 혼합형 이치화에 특징점 추출이 자동으로 수행된다. 의해 얻어진 이치영상에 대해 전면과 후면에 대한

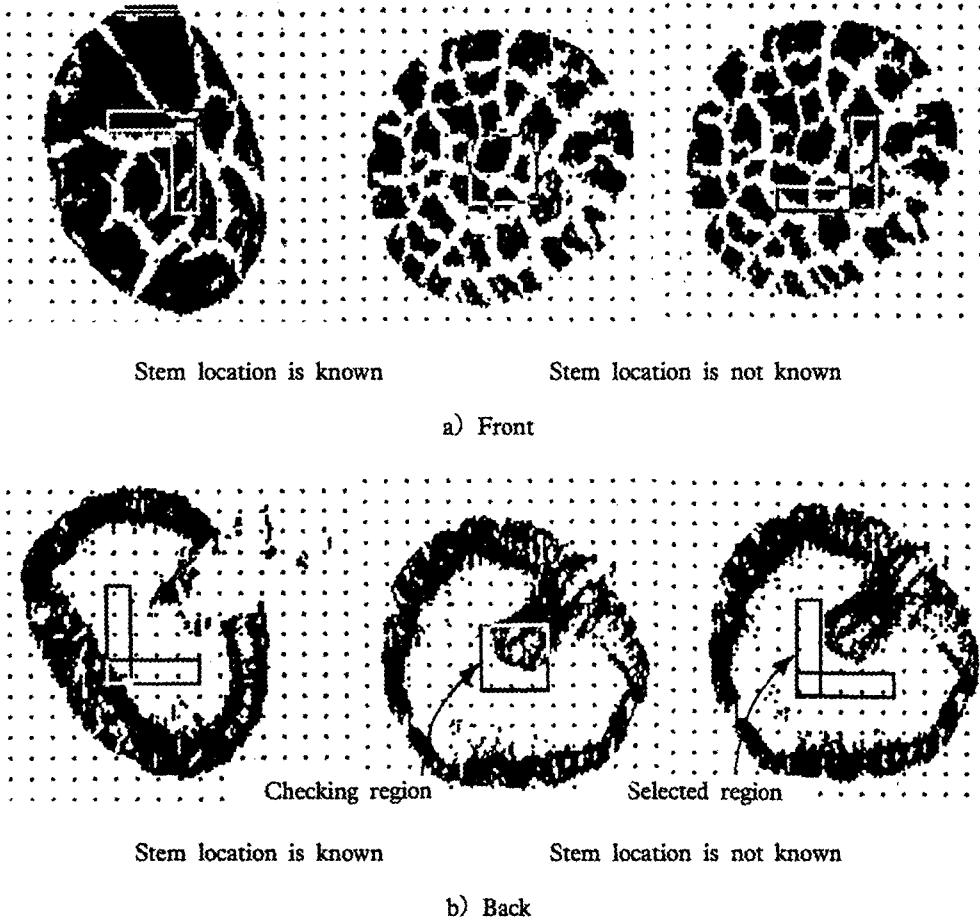


Fig.10 Recognition of front and back side by locating two masks.

### 3. 전면표피의 색깔과 무늬모양, 주름형태와 균열 정도

표고는 주로 건조과정 중에 주름과 균열이 발생하며 전면표피의 무늬는 미색에서 진한 갈색에 이르는 색상을 갖는다. 표피의 색상은 단색계로서 흑백 gray level로서 구분이 가능하다. 표피의 색깔은 처리속도를 고려하여 대 제거과정을 통해 얻은 경계 화소를 경계를 따라 이동시켜, 그림 11과 같이 도심 점을 기준으로 사분할하였다. 각 분할영역에 대하여 다치입력영상의 평균 gray level을 구하고 최대값과 최소값을 제외한 두 영역의 gray level을 평균한 값으로서 표고의 gray level을 판정한다. 예로 화등고와

같은 상위품질의 버섯은 비교적 밝은 바탕에 어두운 거북등 무늬가 표피전체에 고루 분포하고 있어 전체적으로 밝은 색상을 가지며, 사분할 영역간의 평균 gray level의 차이가 거의 없다.

하지만 표피의 일부분에 존재하는 균열이나 심한 주름의 경우에는 표피전체의 gray level로는 판정이 불가능하므로 혼합형 자동이치화로 얻어지는 입력 영상으로서 표피전체에 대한 평균 gray level 값을 구하고, 4개 분할영역의 평균 gray level 값을 뺀 편차로서 평가한다. 이 때 편차의 양은 표피에 있는 국부적 균열이나 상처, 또는 주름정도를 나타낸다.

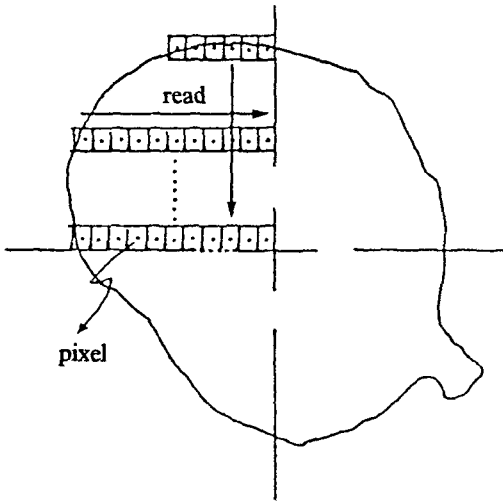


Fig.11 Examining front surface state of lentinus edodes.

4. 육질의 두께와 후면 끝단의 말린 모양 및 정도 표고버섯의 품위판정에 있어 고려되는 중요 인자로서 육질의 두께를 들 수 있다. 그러나 단지 카메라

를 통한 이차원적인 측정만으로 직접 육질의 두께를 평가한다는 것은 불가능하다. 육질의 두께는 대개 후면끝단의 말린 양과 대체적으로 비례하는 양상을 보이나 후면끝단의 말린 정도와 육질의 두께가 갖는 함수관계를 구하는 것은 본 논문에서 고려하지 않았다. 하지만 말린 양의 상대적 비교로서 육질두께의 상대적 비교를 대신할 수 있다.

대를 제거하는 과정을 수행한 후, 체인코딩에 의해 기억되어 있는 도심점과 경계화소를 이용하여 혼합형의 자동이치화에 의거하여 추출된 후면영상에 대해 후면의 말린 양을 측정했다. 말린 양의 측정은 대를 제거하는 과정에서 대가 제거되는 경우와 제거되지 않는 경우로 나누어 수행하였다.

그림 12-a와 같이 등간격으로 경계를 60등분하고 대가 제거되는 경우는 기억되어 있는 제거부분 영역을 이용하여 대가 속하지 않는 영역에 대하여 말린 양을 측정하도록 하였다. 빠져나온 대의 크기가 상대적으로 미약하거나 대가 빠져나오지 않아 대의 위치가 대를 제거하는 과정에서 파악이 안되는 경우는, 그림 12-b와 같이 도심점으로 부터 기억되어

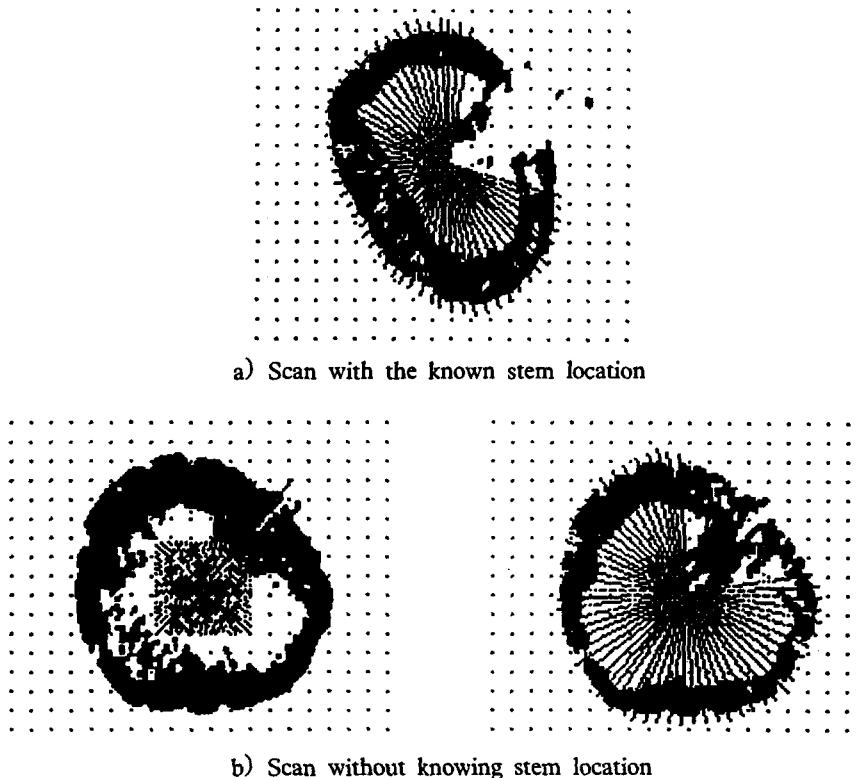


Fig.12 Extracting back side rolled state of lentinus edodes.

있는 경계화소들을 등간격으로 60등분하여 선정되는 경계화소에 이르기 까지, 표고의 크기에 따라 조절 되도록 평균반경을 변수로하는 일정량의 화소수를 반경방향으로 검색하도록 하여 대의 위치를 판별하였다. 대의 위치 판별을 보다 효과적으로 수행할 수 있도록 혼합형 이치화의 결과로 얻은 경계 gray level 값을 일정량 증가시켜 얻은 영상을 이용하였다. 판별된 대의 위치를 기준으로 일정영역(대략 8개영역)을 전후로 설정하여, 이 영역은 말린 양 측정에서 제외하였다.

혼합형 자동이치화에 이은 영상완화를 통해 표고 후면의 말린부분은 비교적 밝게(gray level 255), 내피부분은 어둡게(gray level 0) 나타나며 내피의 잡음점 역시 상당히 제거된다. 말린 양은 경계화소들을 등간격으로 60등분하여 선정되는 경계화소들 중 설정된 측정영역의 경계화소에 대하여 도심화소에 이르기 까지 반경방향으로 탐색하며 화소 gray level의 연속성 조건을 설정하여 측정한다. 경계화소로부터 도심에 이르는 검색과정에서, 대상화소를 선정하기 위해 스캔라인변환(scan line conversion) 알고리즘 중 그림 13과 같은 단순디지털 차분분석(SDDA : Simple Digital Differential Analyzer) 방법을 이용하였다. 내피의 말린형태는 추출한 말린량을 조합하여 정량화하였다.

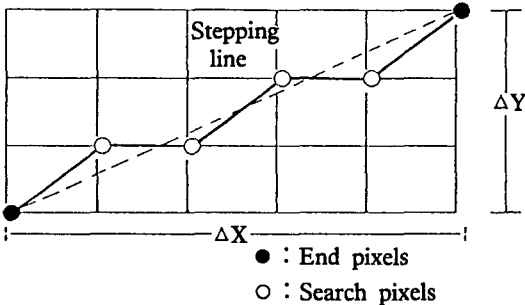


Fig.13 Pixel searching via simple DDA.

### 5. 후면내피의 색깔과 정렬상태

버섯후면의 내피는 그림 14와 같이 얇은 막이 가지런히 선 상태로서 정렬되어 있다. 이 얇은 막이 고르게 잘 정렬된 상태가 바람직하며 불규칙하게 누워 있거나 파손이 된 경우, 그리고 색상이 어두운 경우는 바람직하지 않다. 내피의 정렬상태 역시 이차원적 평면영상의 분석으로서 검출하기는 상당히 어려운 문제이다. 본 논문에서는, 비교적 막의 정렬이 잘 되어있는 내피는 비교적 밝게 나타나는 점을 이

용하여 내피의 색깔(밝기) 측정과 병행하여 평균 gray level을 측정하였다. 대부분의 영향을 제거하기 위해, 후면내피의 말린량을 측정할 때 얻어지는 대부분이 아닌 영역의 내피 경계점들을 이용하였으며, 도심점을 중심으로 평균반경의 1/8을 변으로하는 정사각형 영역은 스캔에서 제외하였다. 말린부위와 경계를 이루는 내피화소로부터 X축을 따라 스캔하여 안쪽영역에 대한 다치영상의 gray level을 측정하여 평균값을 구하였다.

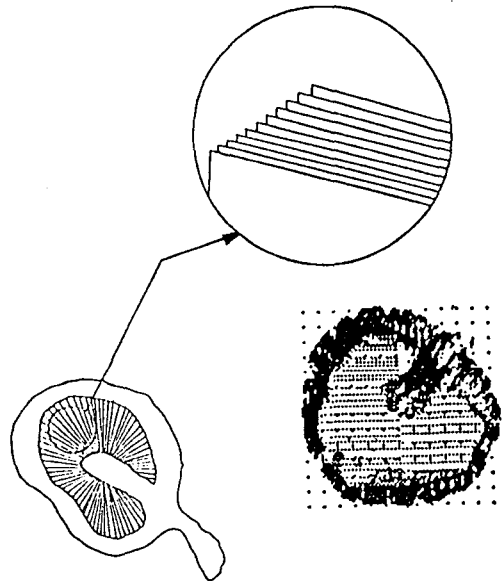
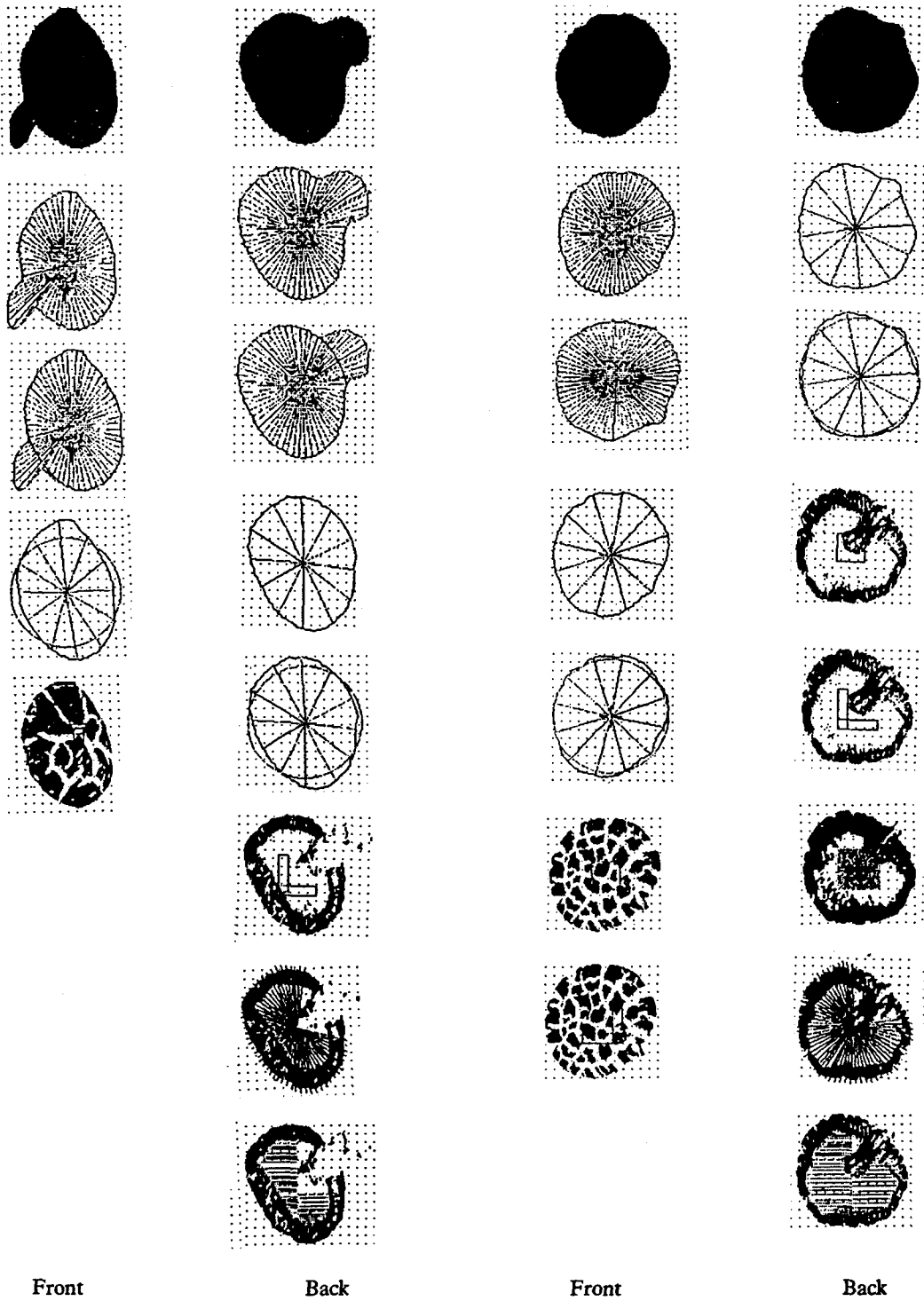


Fig.14 Extracting inner state of the back side.

## 외관 특징의 추출 및 측정 소프트웨어 개발

앞에서 수행한 연구내용들은 Microsoft C(Version 6.0)와 ITEX PCVISION PLUS library 함수를 이용하여, 사용자 인터페이스를 고려하여 메뉴 방식으로 코딩하였다<sup>(12-14, 18)</sup>. 입출력 영상은 영상출력 전용모니터와 동시에 컴퓨터 모니터에 그래픽으로 출력되도록 하였다. 화면 윈도우는 메뉴선택용, 영상출력용, 그리고 텍스트 출력용의 세부분으로 구성하였다. 그림 15는 컴퓨터 모니터상에 출력시킨 외관 특징의 추출 예를 보여준다. 개발한 소프트웨어의 기능 블럭도는 그림 16에 나타나 있다.



Front

Back

a) Processing of lentinus edodes  
having unrecognizable stem

Front

Back

b) Processing of lentinus edodes  
having unrecognizable stem

Fig.15 Computer graphical output of the extracted visual features.

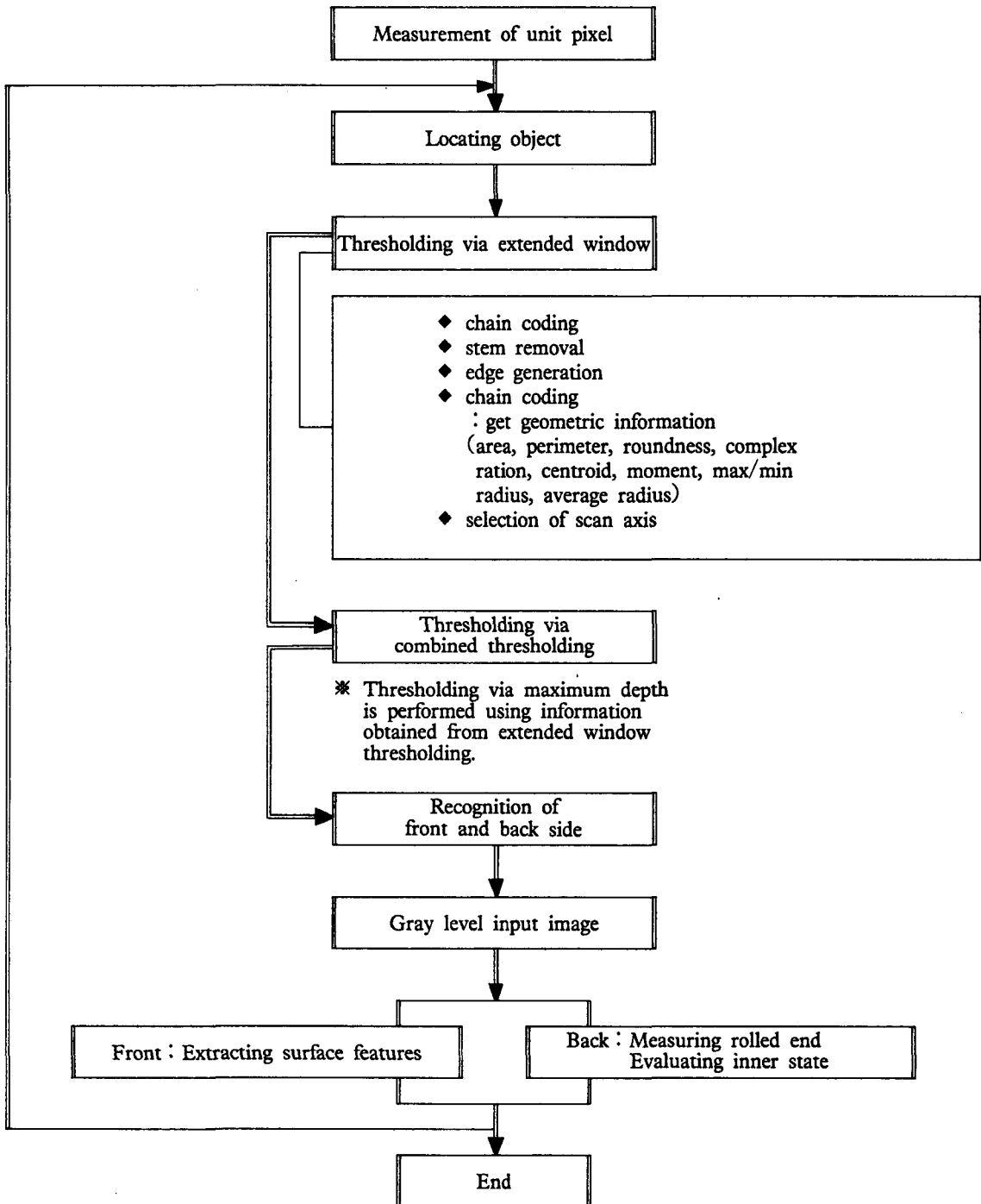


Fig.16 Block diagram of the feature extraction and measurement.

## 結論 및 要約

본 연구에서는 컴퓨터 영상처리 시스템에 의거하여, 표고버섯의 외관 형상특징을 자동으로 추출하고 측정하는 알고리즘을 개발하고 이를 코딩하였다. 개발한 시스템은 표고를 비롯한 버섯류의 선별과 등급판정, 생육 및 재배자동화를 위한 생장정보 측정, 그리고 표고 건조시스템의 성능평가 및 건조상태의 정량화등에 적용될 수 있다.

연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- ① 표고의 전후면 표피특징을 추출할 수 있도록 윈도우 확장과 최대깊이를 혼합한 자동 이치화 알고리즘을 개발하였으며 표고의 전후면을 자동으로 인식하여 처리하도록 하였다.
- ② 8방향 체인코딩에 의한 정보를 통하여 기하학적 실측 정보를 산출하였으며, 탐색 마스크의 확장을 통하여 탐색의 효율성을 유지하며 경계 화소의 단절성 문제를 해결하도록 하였다.
- ③ 갓의 크기와 갈라진 모양, 전면표피의 색깔과 무늬모양, 전면의 주름형태와 균열정도, 육질의 두께와 후면끝단의 말린모양 및 정도, 그리고 후면내피의 색깔과 정렬상태 등 표고의 정성적 외관형상을 정량적 특징점들로 변환하여 이를 효율적으로 추출하고 측정하는 알고리즘을 개발하였다.
- ④ 일련의 영상처리 과정들은 흑백 gray level 영상에 의거 영상 처리속도를 고려하였으며, 사용자 편의를 위하여 VGA상에서 메뉴 방식으로 개발하였다.

예기치 않은 특수한 형태의 표고에 대처하기 위해 향후 신경회로망 또는 퍼지규칙에 의거한 형상추출을 접목하는 연구가 필요하다고 여겨지며 본 연구에서 개발한 알고리즘과 프로그램은 타농산물의 외관 특징추출과 측정기술의 개발에 기여하리라 본다.

## 參考文獻

1. 노상하, 유관희, 김일웅. 1990. 영상처리 시스템을 이용한 과일의 기하학적 특성측정. 한국농업기계학회지 15(1) : 23-32.
2. 이 종환. 1992. 농산물 및 미립자의 기하학적 특성분석을 위한 컴퓨터비전 시스템, 서울대학교 대학원 농공학과 박사학위 논문.
3. 한국기계연구소. 1989. 절삭 가공 정보의 계측 기

술개발 (II). 과학기술처 : 47-53.

4. 황헌, 이충호. 1992. 컴퓨터 시각에 의거한 측정 기술 및측정오차의 분석과 보정. 한국농업기계학회지 17(1) : 65-78.
5. Abutaleb, A.S. 1989. Automatic thresholding of gray level pictures using two dimensional entropy, Computer Vision, Graphics, and Image Processing. 47 : 22-32.
6. Brewer, J.A. and D.C. Anderson. 1977. Visual interaction with Overhauser curves and surfaces, Computer Graphics. 11 : 400-405.
7. Batchelor, M.M. and S.W. Searcy. 1988. Computer vision determination of the stem/root joint on processing carrots. J. Agri. Eng. Res. 43 : 259-269.
8. Davenel, A., C. Guizard, T. Labarre, F. Sevilla. 1988. Automatic detection of surface defects on fruit by using a vision system, J. Agri. Eng. Res. 41 : 1-9.
9. Fu, K.S., R.C. Gonzalez, and C.S.G. Lee, 1987. Robotics-control sensing vision and intelligence. McGraw-Hill International Publishing Inc.
10. Gonzalez, R.C. and P.Wintz. 1987. Digital image processing. Addison Wesley Inc.
11. Gunasekaran, S., T.M. Cooper and A.G. Berlage. 1988. Soybean seed coat and cotyledon crack detection by image processing. J. Agri. Eng. Res. 41 : 139-148.
12. Image Technology. 1987. ITEX PCplus user's manual, Image Technology Inc., Massachusetts.
13. Image Technology. 1987. ITEX PCplus programmer's manual. Image Technology Inc., Massachusetts.
14. Jamsa, C. 1990. Graphics programming with microsoft C and microsoft quick C. Micro Press.
15. Kitchin, P.W. and A. Pugh. 1981. Process of binary images, Robot Vision, editor : A. Pugh, 1983. Springer-Verlag
16. Matsuhisa, T. and A. Hosokawa. 1983. Quantitative measurement of the texture and cracks of hulled non-glutinous rice grains using image data processing system. Journal of JSAM 45(3) : 357-367.
17. Mezin, M. 1989. Image acquisition with thresholding, 제1차 한·불 기술협력 컴퓨터비전 세미나 자료집 : 63-72.

18. Microsoft. 1990. Microsoft C 6.0 Optimizing compiler. Microsoft Co., Washington.
19. Miller, B.K., M.J.Delwiche. 1989. A color vision system for peach grading, Trans. of ASAE 32(4) : 1484-1490.
20. Panigrahi, S. and M.K. Misra. 1990. Feature extraction techniques for corn germplasm by color computer vision. ASAE Paper No. 90-7050.
21. Paulsen, M.R., W.D.Wigger, J.B.Litchfield, and J.B.Sinclair. 1989. Computer image analysis for dection of maize and soybean kernel quality factors. J. Agri. Eng. Res. 43 : 93-101.
22. Pratt, W.K. 1991. Digital image processing, John Wiley & Sons Inc.
23. Read, W.S. 1970. Optical dection of apple skin, bruise, flesh, stem and calix, J. Agri. Eng. Res. 21 : 291-295.
24. Rehkugler, G.E., A.J.Throop. 1986. Apple sorting with machine vision, Trans. of ASAE 29(5) : 1388-1397.
25. Sarkar, N., R.R.Wolfe. 1985. Feature extraction techniques for sorting tomatoes by computer vision. Trans. of ASAE 28(3) : 970-979.
26. Sistler, F.E. 1990. Grading agricultural products with machine vision, IEEE Int. workshop on intelligent robots and systems. IROS 90 : 255-261.
27. Tillett, R. 1989. Locating mushrooms for robotic harvesting. Proc. of Intelligent robots and computer vision VIII ; Systems and Applications : 260-267.
28. Tsai, W.H. 1985. Moment preserving thresholding : A new approach, computer vision, Graphics, and Image Processing. 29 : 377-392.

## 학 회 광 고

한국생물생산시설환경학회에서는 본 학회지인 “생물생산시설환경”에 광고 게재를 희망하는 업체를 아래와 같이 접수하고 있사오니 많은 참여를 부탁드립니다.

— 아 래 —

1. 광 고 접 수 : 수시접수(제1권 제2호에 게재할 광고는 11월 10일 까지)
2. 문 의 처 : 441-744 경기도 수원시 권선구 서둔동 103  
서울대학교 농업생명과학대학 농공학과내  
한국생물생산시설환경학회  
Tel : (0331) 290-2367, Fax : (0331) 290-2363, 294-1816