

표고 前後面 및 꼭지부 認識
Recognition of the Front/Back Side and the Stalk State
of a mushroom(*Lentinus Edodes L.*)

成均館大學校 生命資源科學大學 農業機械工學科

黃 憲 李 忠 鎭
Heon, Hwang Choong-Ho, Lee

1. 研究要約

표고는 다른 농산물에 비하여 품질등급을 결정하는 외관 특징들이 갖의 전후면에 걸쳐 복잡하게 분포하고 있어 자동 선별장치를 구현하기 위해서는 갖의 전후면 인식과 아울러 외관특징을 검출해야 한다. 특히 건조 표고의 경우 갖 바깥으로 튀어나온 꼭지부의 존재 여부 및 상태가 갖의 크기, 모양 및 후면 내피의 말린정도를 검색하는 데 큰 영향을 미친다. 본 연구에서는 컴퓨터 시각시스템으로부터 입력되는 표고영상으로부터 갖의 전후면 및 꼭지부의 위치와 상태를 효율적으로 인식할 수 있는 알고리즘을 개발하였다. 알고리즘은 크게 두가지로 나누어 개발하여 그 성능을 분석하였다. 정량화한 외형특성에 의거한 기하학적 데이터를 경험적 추론을 도입한 규칙을 통하여 인식을 수행하였다. 다른 하나는 신경회로망을 이용하여 회로망으로 입력되는 영상을 변환하여 인식하도록 하였다. 표고 외관형상의 애매모호성 및 형상의 다양함으로 인하여 추론적 규칙보다는 신경회로망에 의한 인식이 보다 효율적이었다.

2. 研究內容

컴퓨터 시각시스템은 CCD카메라(PULNIX TM745E), 영상처리보드(ITECH PCVSI-ON PLUS), IBM호환 PC486DX2/66 컴퓨터 등으로 구성된 흑백 영상처리 시스템을 이용하였다. 연구내용으로는 전후면인식과 꼭지부 인식에 대하여 외관의 기하학적 특성 및 표고영상을 신경회로망에 변환입력하여 그 성능을 분석하였다. 갖 바깥으로 돌출한 꼭지부의 경우, 꼭지부를 제거한 후 갖의 경계를 복원하도록 하였다. 주요 연구내용은 다음과 같다.

2-1. 전후면 인식

(1) 텍스처(texture) 분석기법에 의한 전후면 인식

표고 갖의 전면 영상을 분할 추출한 후 화소간의 상대적 위치와 밝기를 고려한 통계적 텍스처 분석법에 의해 그림 1과 같은 경로마스크(mask)를 이용하여 처리하였다. 그림 1-(a)의 경로마스크가 표고의 전후면 인식에 가장 적합한 것으로 나타났다.

(2) 국부마스크 설정에 의한 인식

혼합형 자동이치화 알고리즘에 의거하여 표고의 표피 형상을 이치화하여 추출한후 그림 2와 같은 국부마스크를 설정하여 표피를 검사함으로써 버섯의 전후면 인식을 수행하였다.

(3) 역전파 신경회로망 학습에 의한 전후면 인식

역전파(back propagation) 신경회로망을 이용하여 전후면 인식 방법에 대한 연구를 수행하였다. 회로망 입력은 경계추출을 위한 체인코딩 좌표중에서 X,Y 방향의 최대 및 최소값을 이용하였으며 두 방향을 10등분 하여 10×10 개의 정사각형 격자를 설정하여 각 격자의 평균화소값을 회로망에 0과 1사이의 값으로 정규화하여 입력하였다. 역전파회로망에 입력되는 영상은 혼합형 자동이치화 알고리즘에 의거하여 추출한 이치영상을 이용하였으며 변환입력은 그림 3-(a)에 나타나 있다. 입력, 미지, 출력층의 처리요소 수는 각각 100, 7, 1로 하여 학습을 수행하였다. 학습은 갖의 전면영상 10개와 후면영상 10개를 합해 모두 20개의 샘플을 사용하였다. 학습의 일반화 효과에 의한 인식성능을 시험하기 위해 학습에 사용된 20개 샘플을 포함하여 학습에 사용되지 않은 미지의 샘플 20개 도합 40개의 샘플에 대하여 무작위로 전후면 쌍을 입력하여 인식을 평가를 수행한 결과 100%의 인식율을 보였다.

2-2. 꼭지부 위치의 인식

(1) 체인코딩 정보에 의한 기하학적 인식

표고의 꼭지부는 일정한 모양을 갖고 있지 않으며 갓 바깥으로 돌출된 크기에 따라 갓의 크기 및 모양에 큰 영향을 미친다. 바깥으로 돌출된 꼭지는 갓의 크기 및 모양, 텍스처 분석은 물론 갓 후면부의 말린 상태를 검색하는 경우에도 필히 제외되어야 한다. 본 연구에서 제안한 알고리즘은 체인코딩 정보에 의한 산술적인 방법으로 일부 꼭지부 검색 알고리즘은 통계에 의한 추론 데이터에 의거하여 개발하였다.

[꼭지부 인식 및 제거 알고리즘]

- 단계 1: (최대반경 - 반대방향 반경) > 반대방향 반경의 1/10
⇒ 돌출 꼭지부의 존재 확인
- 단계 2: 탐색구간을 설정하여(둘레화소÷5) 10 화소씩 이동하여 둘레화소의 갯수와 두 구간의 직선거리의 차가 최대가 되는 점의 탐색시작
⇒ 돌출 꼭지부의 중앙점 산출
- 단계 3: 단계2에서 찾은 최대반경점에서 체인번호의 전후방향으로 통계적으로 설정한 값에 의해 제거위치 및 범위를 선정
- 단계 4: 꼭지부 제거루틴 가동

(2) 역전파 신경회로망에 의한 인식

가) 윈도우 확장

버섯의 꼭지부 인식 실험은 버섯의 X,Y 방향의 최대 및 최소좌표를 기준으로 하는 사각형의 길이를 상하좌우로 1/10 씩 확장하여 전체를 가로,세로 10구간으로 분할한 10×10 격자의 평균화소값을 정규화하여 회로망 입력으로 산정하여 컴퓨터 학습을 수행하였다. 역전파 신경회로망의 입력영상은 혼합형 자동이치화 알고리즘에 의거하여 추출한 이치영상을 이용하였다. 변환 입력영상은 그림 3-(b)와 같으며 입력, 미지, 출력층 처리요소는 각각 100, 30, 4개로 구성하였

다. 학습은 표고들을 45° 간격으로 회전시켜 얻은 총 50개의 입력샘플을 가지고 수행하였다. 출력패턴은 8방향과 돌출꼭지부가 없는 상태를 합하여 모두 9 종류로 구성하였다. 50개의 입력샘플 중 32개는 돌출꼭지부가 존재하는 것을 사용하였고 나머지 18개는 없는 버섯을 사용하였다. 학습된 회로망의 인식시험은 미지버섯을 포함하여 총 80개의 패턴에 대해 수행하였으며 인식율은 97.5%로 나타났다.

나) 8방향 분할입력

역전파 신경회로망의 입력영상은 마찬가지로 혼합형 자동이치화 알고리즘에 의거하여 추출한 이치영상을 이용하였으며 그림 3-(c)와 같이 8방향으로 분할하여 회로망에 변환입력시켰다. 학습은 버섯을 45° 간격으로 회전시켜 8방향에 대해 30개의 입력패턴을 가지고 수행하였으며 입력, 미지, 출력층 처리요소는 각각 44, 4, 4개로 하였다. 30개의 입력패턴중에서 24개는 꼭지부가 존재하는 것을 사용하였고 나머지 6개는 꼭지부가 없는 버섯을 사용하였다. 학습된 버섯영상에 대한 회로망의 인식시험은 미지버섯을 포함하여 총 80개의 패턴에 대해 수행하였으며 92%로 나타났다.

(3) 역전파 신경회로망에 의한 표고후면 꼭지부 인식

돌출꼭지부는 갓의 면이 전면 또는 후면에 상관없이 검출이 가능하다. 갓의 후면 경우에는 갓 끝단의 말린양을 측정하고 내피의 정렬상태를 검출하기 위해서는 꼭지부가 있는 영역을 제외시켜 주어야 한다. 이를 위해 갓의 후면 영상에 대하여 꼭지부의 위치를 인식할수 있는 신경회로망 학습을 수행하였다. 전후면 인식에 사용한 입력마스크의 영역을 갓의 크기에 비례하여 축소시킨 후 10×10개의 격자에 대한 화소 평균값을 정규화하여 입력하였다. 역전파 신경회로망의 변환 입력영상은 그림 3-(d)와 같으며 입력, 미지, 출력층 처리요소는 100, 10, 3개로 하여 학습을 수행하였다. 후면내피의 꼭지위치는 6개의 샘플 버섯에 대하여 각각 45° 간격으로 버섯의 위치를 변화시켜 가면서 48개의 입력 패턴 데이터를 입력하여 학습을 수행하였으며 48개의 버섯에 대해 100%의 인식 결과를 나타냈다.

2-3. 갓 경계의 재생

돌출꼭지부가 제거되는 경우에는 갓의 경계를 재생하여야 한다. 경계생성은 경계화소들 사이의 곡률연속성을 고려하여 Overhauser 곡선생성 알고리즘을 적용하였다. 생성되는 경계선의 곡률을 결정하는 양단 경계점의 전후 화소좌표는 양단 경계점에서 전후로 5개씩 일정영역만큼 이동시켜 설정하였다. Overhauser 곡선생성 알고리즘은 그림 4-(a)의 화소점 P₁, P₂, P₃, P₄를 이용하여 P₂와 P₃ 사이의 영역에 대하여 3차곡선을 생성한다.

3. 研究 結果

본 연구에서는 표고버섯의 영상처리식 선별기 제작시에 자동공정 제어에 필수적인 전후면 및 꼭지부의 상태를 효율적으로 인식하기 위한 알고리즘을 제시하였고 이를 검증하는 실험을 실시하였다. 체인코딩에 의한 기하학적 정보에 의한 전후면 및 돌출꼭지부 인식은 비록 표고외관을 고려하여 추론적으로 인식 규칙을 규정하였으나 등급간 기하학적 외관의 유사성이 뚜렷하지 않고 건조과정

의 부주의로 생기는 기형적 형태의 표고를 포괄적으로 취급하기에는 문제점이 있었다. 특히 이 방식은 효율적 영상처리를 위한 전처리과정이 복잡하여 처리 시간이 길어지는 단점이 있었다. 반면 신경회로망에 의거한 변환 영상입력은 입력정보의 전처리과정을 단순화시키고 학습에 의한 인식성능 역시 우수한 것으로 입증되었다.

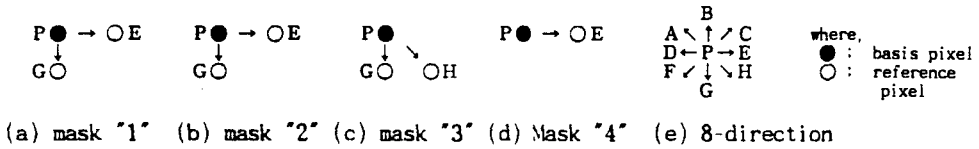


Fig.1 Texture analysing path masks.

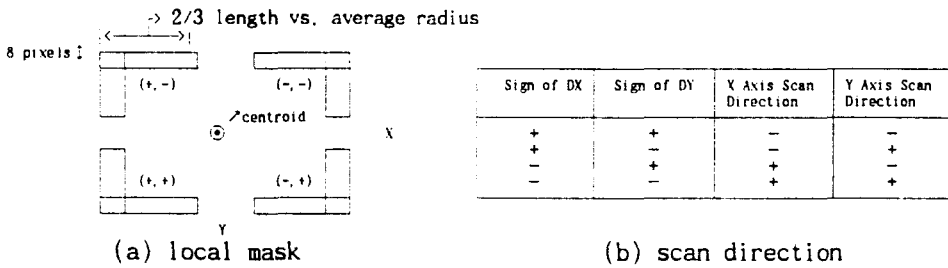


Fig.2 Local mask and scan for the front and back side recognition.

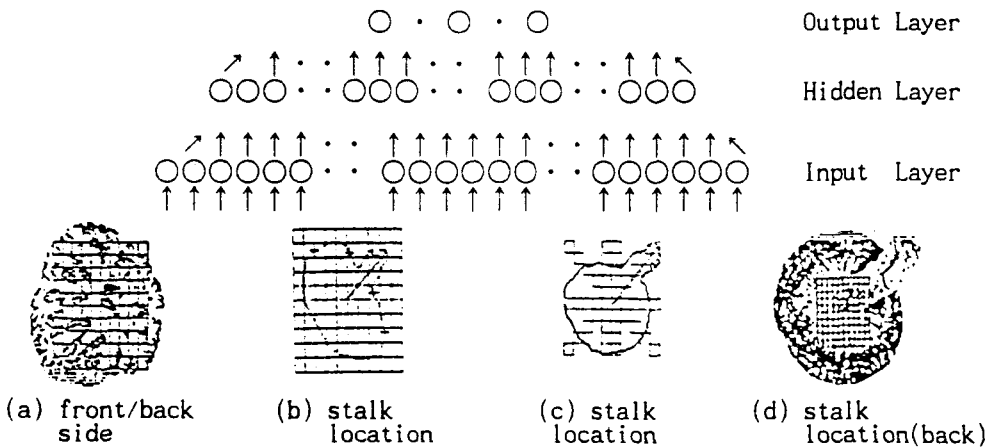


Fig.3 BP network structure and various network inputs.

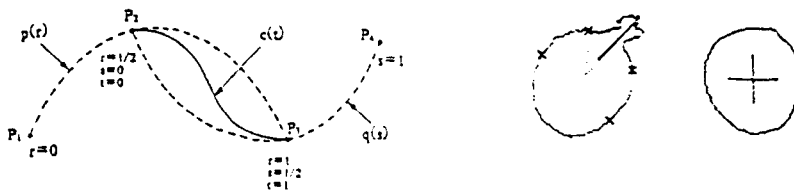


Fig.4 Stalk removal and boundary regeneration.