

# 라인스캔 카메라를 이용한 현미의 온라인 품위판정 시스템 개발

## Development of an On-line Brown Rice Inspection System Based on Line-Scan Camera

한 영 수\*

Y. S. Han

노 상 하\*

정희원

S. H. Noh

### 1. 서론

최근 보급되고 있는 미곡종합시설을 통하여 벼 수확후의 검사, 건조, 저장, 도정, 판매 등의 작업을 공동으로 일괄처리함으로써 소요 노동력의 절감은 물론 가공과정중의 손실감소, 미질의 향상, 미곡유통의 합리화 등을 꾀하고 있다.

단위 농가에서 미곡종합처리장으로 입고된 벼에 대해서는 품질검사를 통하여 개인별 지분비가 계산되며 차후에 벼나 백미를 매도할 때 대금정산의 기초자료로 사용된다. 현미의 품질검사에는 무게, 함수율, 이물질 혼입률, 도정수율, 품위 등이 포함되며 이들에 대한 검사는 농가의 소득과 직접적으로 관련되므로 엄격하고 공정하게 이루어져야 한다. 이와 같은 공동이용시설의 운영 및 이용을 향상을 위해 개별 농가로부터 입고되는 벼의 보다 엄격한 품질검사가 요구되고 있다.

본 연구에서는 영상처리를 이용한 현미 품위판정의 완전 자동화를 위하여 현미의 자동공급장치와 온라인 품위판정 알고리즘을 개발함으로써 현미의 온라인 품위판정 시스템을 개발하고자 한다.

### 2. 재료 및 방법

#### 가. 공시 재료

본 연구에서 사용한 현미시료는 1998년도 서울대학교 부속농장에서 수확한 것으로 단립종인 화성을 사용하였으며, 시험용 현미기로 탈부하였다. 탈부된 대상시료를 정립, 동할립, 복백립, 미탈부립, 청사미, 활청립, 백사미, 착색립, 앵미로 구분하였다.

#### 나. 온라인 품위판정장치 개발

개발한 온라인 품위판정장치는 그림 2-1에서 보는 바와 같이 크게 영상처리장치, 진동

---

\* 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부

식 공급장치, 단립화 이송장치 그리고 조명장치로 구성되어 있다. 영상처리장치는 품위판정에 필요한 영상분석을 담당하며, 진동식 공급장치는 현미시료를 수집하고 진동을 통해서 현미의 전진운동을 유도하며, 일정량씩 배출하면서 일렬로 정렬시켜 한 알씩 평벨트 위로 전달하는 기능을 한다. 단립화 이송장치는 평벨트 위로 고정·설치된 레일과 속도 조절이 가능한 콘베이어장치로 구성되어 있다. 레일은 곡립 이송채널을 만듦으로써 각 낱알이 영상처리부 아래에서 일정한 자세를 갖도록 하는 역할을 하며, 콘베이어 장치는 배출구로 낱알을 이송시키면서 개체화가 이루어지도록 하는 역할을 한다. 조명장치는 크게 확산조명과 동할립을 판정하기 위한 광섬유 광원으로 구성되어 있다.

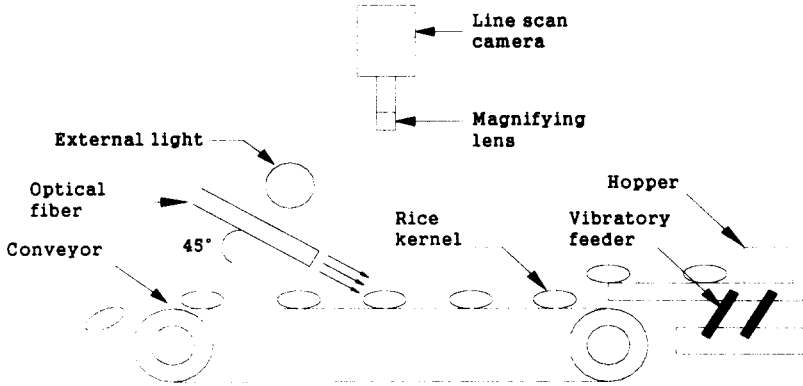


Figure 2-1. Schmetic diagram of an on-line brown rice inspection system

#### 다. 실험장치

본 연구에서 사용한 영상처리장치는 영상입력장치인 흑백 라인스캔 카메라( Dalsa, CL-C4 ), 영상처리를 수행하는 영상처리보드( Image Capture Board : Model ITI IC-PCI Acquisition Modul : Model ITI AM-DIG 24T IT Inc. USA ), 영상처리와 품위판정 프로그램의 수행을 위한 주컴퓨터( PentiumII 266Mhz )와 출력장치로 구성하였다. 현미 영상처리를 위한 프로그램을 개발하기 위해 Microsoft Visual C++( ver 5.0 )를 이용하였으며 사용된 광섬유 조명기( GLS-V100C, Halla Optical )는 밝기 조절이 가능한 텅스텐-할로겐등을 광원으로 사용하며 광섬유를 통하여 직선광을 조사할 수 있다.

#### 라. 실험방법 및 내용

##### (1) 온라인 품위판정 알고리즘 개발

개발한 장치에서 현미의 품위를 판정하기 위해 신경회로망을 이용한 온라인 품위판정 알고리즘을 개발하였다. 이 알고리즘은 획득한 현미 영상으로부터 무작위로 위치한 현미의 위치를 찾기 위한 현미검색 알고리즘과 배경으로부터 현미를 분리한 다음 품위판정에 필요

한 정보를 추출하여 품위를 판정하는 품위판정 알고리즘으로 구성된다.

신경회로망의 구조는 16-7-8 이며 입력 데이터는 현미의 기하학적 정보로서 곡립의 화소치 면적 및 길이, 히스토그램의 화소치를 12개 나눈후 각 구간에 해당하는 화소수를 더한 값을 곡립의 화소치 면적으로 정규화한 값, 동할립을 검출하기 위한 동할지수 그리고 곡립 내에 직사각형 영역에서 구한 평균 Gray level 값으로 하여 학습에 이용하였다. 신경회로망을 이용한 품위판정 알고리즘의 선별정도를 분석하였는데 선별정도는 현미 각 시료를 육안으로 선별한 결과와 개발된 알고리즘을 이용하여 선별한 결과를 비교하여 모의실험을 수행하였다.

## (2) 시스템의 성능평가

입력 데이터에 대한 연결강도 및 바이어스를 학습을 통해 구한 다음, 현미 각 시료의 비선형 판별함수식을 만들어 개발한 장치에서 현미의 품위를 판정하였다. 각 시료를 진동식 공급장치를 이용하여 공급하면서 반복에 따른 품위판정 결과를 분석하였으며 일정구성비로 배합시킨 현미시료의 품위를 판정하여 원래 구성비와 비교·검토하였다. 선별능률은 자체 개발한 온라인 품위판정 프로그램을 이용하여 계산하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 가. 흑백 라인스캔 영상의 특성

본 연구에서 사용한 라인스캔 카메라는 내부적으로 스캐닝 속도를 11.87kHz ~14.32 MHz의 범위에서 선택할 수 있도록 되어 있는데 일반적으로 고속일수록 강한 세기의 광원과 더불어 빠른 이송장치가 필요하다. 개발한 장치에서 사용하고 있는 광섬유 광원 세기의 한계로 인하여 최대 가능한 447.5 kHz의 스캐닝 속도로 설정한 다음, 주변장치를 설계하였다.

적정 콘베이어의 이송속도는 70 mm/s로 조사되었으며 이때의 설정된 속도는 가로 0.1351 mm/pixel, 세로 0.0937 mm/pixel이었다. 사광을 조사하기 위해 광섬유가 수평면과 45°를 이루도록 고정·설치하였다. 사광조명과 외부 확산조명의 최대 조도는 조도계를 통해 대략 110,000 lux로 측정되었으며 2개의 곡립 이송채널이 있는 현 장치에서 진동식 공급장치의 공급률이 12 g/min일 때, 곡립의 막힘 현상이 없이 곡립의 개체화가 잘 이루어지는 것으로 나타났다.

### 나. 신경회로망을 이용한 품위판정 알고리즘의 모의실험 결과

학습에 사용된 현미의 각 시료별 개수는 정립, 동할립, 복백립, 활청립, 착색립, 앵미는 각각 100개, 미탈부립 60개, 청사미 80개로 총 755개였으며 판별정도를 나타내기 위해 각 시료별 미학습 데이터 수도 이와 같게 설정하였다. 표 3-1은 미학습 데이터에 대한 현미의 모의실험 결과를 나타낸 것이며 입력데이터에 대한 출력값이 0.3 이하인 경우에서 판정되는 곡립은 미분류 처리하여 현미 시료의 판별정도를 높이고자 하였다.

Table 3-1. Discrimination accuracy of the unknown rice kernels discrimination by image processing system as compared to the manual (%)

Human \ IPS <sup>(1)</sup>									
	sw	cr	ch	uh	go+wo	gt	co	rd	
sw <sup>(3)</sup> (6) <sup>(4)</sup>	94.7	1.1				4.3			
cr (6)	3.2	91.5	3.2			1.1			
ch (1)		5.1	89.9				5.1		
uh (0)			3.3	96.7					
go+wo (2)			1.1		84.9	2.2	11.8		
gt (10)	8.9	3.3				52.2	7.8	27.8	
co (9)	3.3	1.1	1.1	2.2	8.8	12.1	62.6	8.8	
rd (0)			1.0			5.0	3.0	91.0	

<sup>(1)</sup> Discriminated by image processing system

<sup>(2)</sup> Discriminated by human

<sup>(3)</sup> Description of the kernel type

sw: sound whole kernel    cr : cracked kernel    ch : chalky kernel    uh :unhulled kernel  
 go: green-opaque kernel    co :colored kernel    rd :red kernel    wo: white-opaque kernel  
 gt : green -transparent kernel

<sup>(4)</sup> The number of ambiguous kernels

Table 3-2. Discrimination accuracy of the rice kernels on on-line feeding by image processing system as compared to the manual (%)

Human \ IPS									
	sw	cr	ch	uh	go+wo	gt	co	rd	
sw <sup>(1)</sup> (100) <sup>(2)</sup>	91.5 (1.9) <sup>(3)</sup>	2.6 (1.5)		1.0 (0.7)		4.9 (2.4)			
cr (100)	16.7 (4.1)	78.0 (4.3)	1.0 (1.2)	1.6 (0.9)	0.2 (0.5)	2.2 (0.8)	0.2 (0.5)		
ch (100)	3.0 (2.0)	39.1 (3.3)	54.6 (5.6)	1.4 (1.5)	0.5 (0.6)	1.1 (1.1)	0.2 (0.5)		
uh (50)	0.4 (0.9)	0.8 (1.1)		95.7 (1.6)	2.4 (1.7)		0.8 (1.1)		
go+wo (50)	0.9 (1.2)	1.7 (1.8)	1.3 (1.2)	2.9 (2.9)	49.8 (2.0)	2.1 (1.4)	40.5 (4.4)		
gt (100)	10.0 (1.4)	1.5 (1.4)	1.5 (1.6)	1.9 (1.1)		68.4 (4.7)	4.0 (1.7)	12.8 (2.7)	
co (50)	0.4 (0.9)	0.8 (1.1)	0.8 (1.1)	0.4 (0.9)	5.4 (2.4)	3.0 (3.6)	74.7 (4.5)	14.4 (6.6)	
rd (50)						1.2 (1.8)	3.1 (3.0)	95.7 (1.6)	

<sup>(1)</sup> Refer to Table 3-1

<sup>(2)</sup> The number of the kernels tested

<sup>(3)</sup> Standard deviation of the accuracy of discrimination

### 다. 성능시험

학습을 통해 구해진 비선형 판별함수식을 자체 개발한 프로그램에 입력화하여 현미의 온라인 품위판정을 하였는데, 현미 각 시료 및 일정구성비로 혼합된 시료를 진동식 공급장치로 공급하면서 판별정도를 분석하였다. 표 3-2는 5회 반복시험으로 구한 현미 각 시료의 품위판정 결과이다.

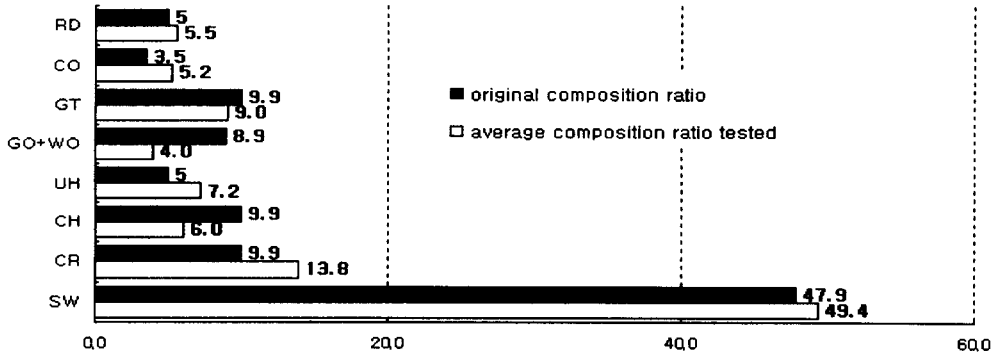


Figure 3-1. Accuracy of the rice kernel discrimination of the prepared brown rice sample having the known composition ratios (%)

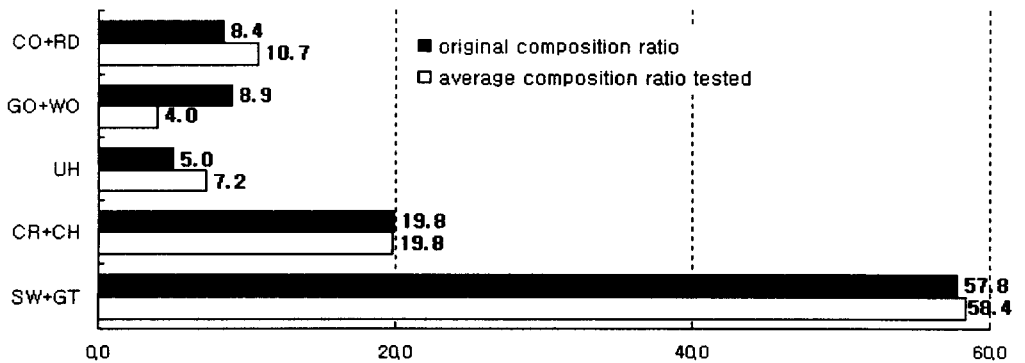


Figure 3-2. Accuracy of the rice kernel discrimination of the prepared brown rice sample having the known composition ratios(%)

그림 3-1~그림 3-2는 현미시료의 분류대상에 따라 현미 시료의 원래 구성비와 장치에서 5회 반복시험으로 구해진 구성비를 함께 비교하여 나타낸 것이다. 그림 3-1은 총 8개의 분류 대상에서 구해진 온라인 품위판정 결과로서 표 3-1에서 보는 바와 같이 복백립의 일부분이 동할립, 사미의 절반정도가 착색립으로 판정됨을 알 수가 있다.

그림 3-2는 현미 각 시료를 총 5개의 분류대상으로 재구성하여 산출된 품위판정 결과인데

동할·복백립 그룹과 앵미·착색립 그룹은 반복간 오차를 고려해 각각 1%, 2% 내외의 오차로 판정됨을 알 수가 있다.

개발한 장치의 선별능률은 약 초당 3~4알로 계산되었는데, 이론상 가능한 초당 5~6알에 비해 상당히 저조함을 알 수가 있다. 이러한 이유는 진동식 공급장치의 공급상태가 불안한 관계로 현미시료의 공급률을 분당 12g의 설계조건보다 다소 낮게 설정하였기 때문이다.

#### 4. 요약 및 결론

가. 진동식 공급장치와 현미의 자세 및 위치를 일정하게 유지시켜 주는 단립화 이송장치, 그리고 사광조명이 가능한 광섬유 광원으로 구성되는 온라인 품위판정 장치를 개발하였다.

나. 현미의 품위를 판정하기 위해 신경회로망을 이용한 품위판정 알고리즘을 개발하였다. 신경회로망의 구조는 16-7-8 이며 입력 데이터는 현미의 기하학적 정보로서 곡립의 화소치면적 및 길이, 히스토그램의 화소치를 12개로 나눈후 각 구간에 해당하는 화소수를 더한 값을 곡립의 화소치 면적으로 정규한 값, 동할립을 검출하기 위한 동할지수 그리고 곡립내에 직사각형 영역에서 구한 평균 Gray level 값으로 하여 학습에 이용하였다.

다. 개발한 품위판정 알고리즘의 선별정도는 사람이 육안으로 선별한 결과와 비교할 때 정립, 동할립, 복백립, 미탈부립이 각각 94.7%, 91.5%, 89.9%, 96.7%의 정확도로 선별되었고, 사미(청사미와 백사미), 활청립, 착색립 그리고 앵미는 각각 84.9%, 52.2%, 62.6%, 91%의 정확도로 선별되었다.

바. 현미 각 시료를 진동식 공급장치에 공급하면서 5회 반복으로 품위판정한 결과, 정립, 동할립·복백립 그룹, 활청립은 각각 91.5%, 85.9%, 68.4%, 미탈부립, 앵미·착색립 그룹, 사미는 각각 95.7%, 94.1%, 50.2%의 정확도로 선별되었다.

사. 공급장치와 판별알고리즘의 성능을 종합적으로 평가하기 위해 육안으로 선별한 현미 각 시료를 일정한 비율로 혼합한 다음 진동식 공급장치를 이용하여 공급하면서 품위를 판정한 결과, 현미 시료의 원래 구성비와의 차이가 정립·활청립 그룹, 동할·복백립 그룹은 1% 내외, 미탈부립, 앵미·착색립 그룹은 2%내외, 사미는 5%내외로 나타났다.

아. 온라인 상태에서 현미의 라인스캔 영상을 획득한 다음 현미를 검색하여 품위판정에 이르기까지 걸리는 시간은 3~4개/초 정도로 계산되었으며, 향후 곡립 이송채널의 수 및 라인스캔 카메라의 스캐닝속도를 늘림에 따라 현미의 선별능률을 3~6배로 높일 수 있으리라 판단된다.

#### 5. 참고 문헌

(1) 노상하외 다수. 1997. 곡류의 자동수분측정 및 지능형 품위판정 시스템 개발에 관한 연구. 농촌진흥청 대형 특정과제 연구보고서.