

## 건표고 자동 등급선별 시스템 개발

— 시작 2호기 —

# Development of Automatic Grading and Sorting System for Dry Oak Mushrooms

— 2nd Prototype —

황 현      김시찬      임동혁      송기수      최태현  
정희원      정희원  
H. Hwang    S. C. Kim    D. H. Im    K. S. Song    T. H. Choi

### SUMMARY

In Korea and Japan, dried oak mushrooms are classified into 12 to 16 different categories based on its external visual quality. And grading used to be done manually by the human expert and is limited to the randomly sampled oak mushrooms. Visual features of dried oak mushrooms dominate its quality and are distributed over both sides of the gill and the cap. The 2nd prototype computer vision based automatic grading and sorting system for dried oak mushrooms was developed based on the 1st prototype. Sorting function was improved and overall system for grading was simplified to one stage grading instead of two stage grading by inspecting both front and back sides of mushrooms. Neuro-net based side(gill or cap) recognition algorithm of the fed mushroom was adopted. Grading was performed with both images of gill and cap using neural network. A real time simultaneous discharge algorithm, which is good for objects randomly fed individually and for multi-objects located along a series of discharge buckets, was developed and implemented to the controller and the performance was verified. Two hundreds samples chosen from 10 samples per 20 grade categories were used to verify the performance of each unit such as feeding, reversing, grading, and discharging units. Test results showed that success rates of one-line feeding, reversing, grading, and discharging functions were 93%, 95%, 94%, and 99% respectively. The developed prototype revealed successful performance such as the approximate sorting capability of 3,600 mushrooms/hr per each line i.e. average 1sec/mushroom. Considering processing time of approximate 0.2 sec for grading, it was desired to reduce time to reverse a mushroom to acquire the reversed surface image.

**Keywords** : Automatic grading and sorting system, Dried oak mushroom, Neural network, Computer vision.

### 1. 서      론

농산물을 품질에 따라 등급별로 선별하는 작업은 균일한 품질의 공급을 통하여 부가가치를 향상

시키고 농가의 수익을 증대시키며 소비자의 품질 신뢰도를 높이는 중요한 작업이다. 등급판정 및 판정된 등급에 따라 농산물을 정확하게 선별하는 작업은 그 중요성 및 효과로 인하여 대부분 농산

---

The article was submitted for publication in February 2001, reviewed in February 2001, and approved for publication by the editorial board of KSAM in March 2001. The authors are H. Hwang, Professor, S. C. Kim, D. H. Im, K. S. Song, and T. H. Choi, Research Assistant, Dept. of Bio-mechatronics Engineering, Sungkyunkwan University.

The corresponding author is H. Hwang, Professor, Dept. of Bio-Mechatronic Engineering, Faculty of Life Science & Technology, Sungkyunkwan University, Kyungki-do, Suwon-si, Changan-gu 440-746, Korea. E-mail:<hhwang@yurim.skku.ac.kr>.

물로 확산되고 있다. 등급선별 작업을 수작업에 의존할 경우 노동집약적 공정, 노동력 부족, 고 임금, 노동인구의 고령화 현상과 같은 문제점으로 생산물의 고부가가치를 기대할 수 없다. 또한 수작업에 의한 품질선별은 전체 생산성 및 품질의 일관화 측면에서 취약점을 가지고 있다. 따라서, 노동집약적인 품질선별 작업을 생력화하는 기술의 개발이 필요하다.

품질선별은 등급판정 기술과 판정된 등급에 따른 선별기술로 나눌 수 있다. 등급판정 기술은 등급에 관여하는 농산물의 내, 외부 품질요소들을 효과적으로 추출하여 정확하고 안정적으로 등급을 판정하는 기술이다. 또한 품질등급의 기준은 대상체의 내, 외부 품질요소의 정량적 및 정성적 척도 이외에 판정의 주체가 되는 소비자의 감각적 주관에 크게 의존한다(Noh, 1992). 이러한 등급판정 기술이 산업화되기 위해서는 개개의 내, 외부 품질요소가 추출되고, 추출한 요소들을 복합적으로 처리하여 등급을 판정하는 일련의 과정이 실시간, 온라인 개념 하에서 이루어져야 한다(Hwang, 1995).

본 논문에서는 기 개발한 건표고 자동 등급판정 및 분류시스템 시작 1호기(Hwang, 1995; Lee, 1995; Hwang, 1996)의 기능상 단점을 보완하고 시스템을 단순화하는 연구를 수행하였다. 일렬 이송 성능을 개선하기 위하여 진동피더를 보완하고 단속형 컨베이어를 설치하였고, 등급판정의 정밀성을 높이기 위해서 이송 버섯의 양면 영상을 획득할 수 있는 장치를 구축하였다. 등급판정은 신경회로망을 이용하여 꼭지면과 갓면을 인식하고 이들 양면 영상을 처리하여 수행토록 하였다(Hwang, 1999). 등급이 판정되어 컨베이어를 타고 무작위로 이송되는 버섯들을 등급에 따라 일괄 동시 배출할 수 있는 알고리즘(Kim, 1999)을 설치한 등급 분류 시스템을 개발하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 공시재료

본 연구에 사용된 등급 분류 대상은 수출용 건표고로 전문가에 의해 분류된 등급별 각 10개씩의 무작위 샘플을 통하여 등급선별하였다. 실험에 이용한 건표고는 다음과 같다.

- 동 고 : 대, 중, 소
- 향 고 : 대, 중, 소

- 향 신 : 대, 중, 소
- 흑화동고 : 대, 중, 소
- 흑화향고 : 대, 중, 소
- 흑화향신 : 대, 중, 소
- 백화동고 : 대
- 소립동고

### 나. 시스템 개요

건표고 전자동 등급 선별 시스템은 등급 판정부를 중심으로 크게 공급부, 반전부, 배출부로 나누어진다. 각 장치별로 구성된 주요 요소는 다음과 같다.

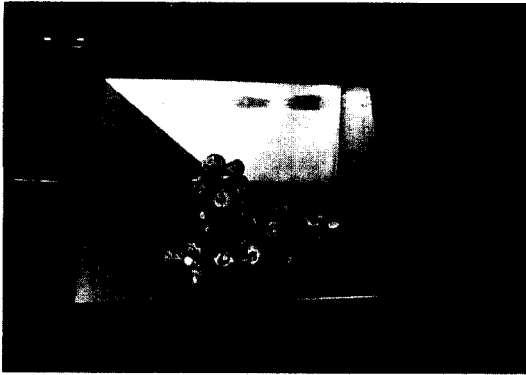
- 공 급 부 : 호퍼형 진동피더, 직선형 진동피더, 단속형 컨베이어
- 등급판정부 : 공급 컨베이어, 등급판정 시스템 (카메라, 영상보드, 컴퓨터)
- 반 전 부 : 반전용 V판, 반전 모터, 제어기
- 배 출 부 : 이송 컨베이어, 이중배출호퍼, 모터 구동 브러시 부착 회전판, 배출구 조절장치, 배출용 제어기

### 다. 시스템 설계

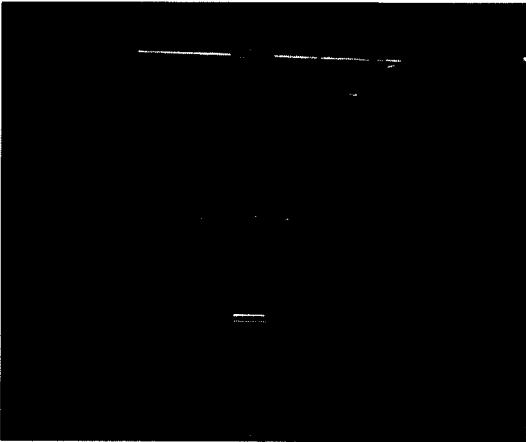
#### (1) 공급부

공급부는 호퍼형 1차 진동피더와 직선형 2차 진동피더, 단속형 컨베이어로 구성하였으며, 건표고가 적재되거나 겹치는 것을 최소화하며 1개씩 일정 간격으로 등급 판정부에 공급되도록 설계 제작하였다.

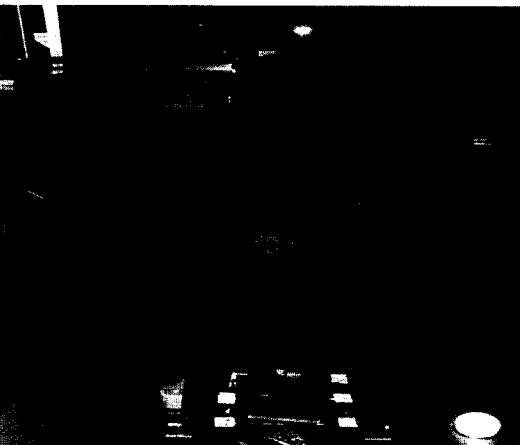
먼저 호퍼형 진동피더는 등급 분류를 하기 위한 건표고를 적재하고 1차적으로 공급되는 버섯의 양을 제어하도록 그림 1(a)의 호퍼형 1차 진동피더에 커튼(curtain)형 실리콘 장애물을 설치하였다. 그림 1(b)의 2차 진동피더의 이송경로 상에 전자형 on-off 센서를 설치하여 2차 진동피더로 버섯이 과도하게 공급되는 경우 1차 진동피더가 구동을 멈추도록 하였다. U형 단면을 갖는 직선형 2차 진동피더에는 호퍼형 진동피더에서 공급되는 버섯이 상호 겹치지 않도록 그림 1(b)와 같은 6개의 장애물을 실험적으로 제작 설치하였다. 그리고 2차 정렬 장치인 직선형 진동피더로부터 공급되는 건표고를 등급판정부에 날개로 그리고 대략 일정 간격으로 공급할 수 있도록 그림 1(c)와 같이 마이크로 컨트롤러, 평 경사 컨베이어 및 광 센서로 구



(a) Hopper type vibrating feeder.



(b) U plate linear vibrating feeder.



(c) Time delay-feeding conveyor.

Fig. 1 Feeding devices.

성한 단속형 컨베이어를 설치하였다. 단속동작은 컨베이어의 중단 부에 설치한 광 센서가 이송되는 건표고를 감지하면 일정 시간 컨베이어를 정지시킨 후 재 동작하도록 하였다. 컨베이어가 정지하면 진동피더들도 동시에 정지하도록 하여 과잉 공급되는 것을 방지하였다.

### (2) 등급 판정부

시작 1호기(Hwang, 1996)에서는 2세트의 컴퓨터 시각시스템으로 2개의 등급판정부를 구축하여 건표고의 전, 후면을 개별적으로 인식하고 독립적으로 등급 판정 및 선별을 수행토록 하였다. 근본적으로 시작 1호기는 화고, 동고, 향고, 향신의 분류와 크기 분류에는 성공적이었으나, 화고 등급 내에서 다시 분류되는 백(흑)화동고, 백(흑)화향고, 백(흑)화향신 등의 분류를 할 수 없는 단점을 가지고 있었다. 또한 등급판정 선별부가 화고부 선별과 그 외 선별로 구분되어 있어 1차 등급 판정부로 항상 갓면이 위로 향한 상태로 이송되지 않는 표고는 반출되어 재 이송되어야 하는 기능상 한계가 있었다. 또한 두 개의 영상처리 시스템이 독립적으로 구동되어야 하는 문제로 주컴퓨터 2대가 설치되었고 시스템의 안정도 측면에서 버섯 이송 및 반전에 따른 기능의 개선이 필요하였다.

본 논문에서는 시스템을 단순화하고 1차 시작기의 기능상 결함을 개선하기 위하여 반전장치를 부착하여 1세트의 컴퓨터시각시스템을 통해 이송되는 표고의 상태와 무관하게 표고의 양면영상을 순차적으로 획득하여 전후면 인식 및 등급판정을 할 수 있도록 그림 2와 같이 구성하였다.

영상처리에 의한 등급 판정부는 기 개발한 신경 회로망을 이용하여 버섯의 특징인식 및 그에 따른 등급분류를 학습하여 설치하였다. 이송 버섯이 광 센서에 의해 감지되면 영상이 획득되고 지정한 스캔영역으로부터 사각형의 버섯영역에 대한 x, y 좌표를 검출하였다. 이를 일정 개수를 갖는 격자로 나누어 부위에 따른 밝기값으로 산출한 후 정규화를 거쳐 회로망을 통하여 입력되고 등급이 판정되도록 하였다. 구체적인 알고리즘은 Hwang (1999)의 논문에 설명되어 있다.

### (3) 반전부

반전부는 등급 판정부가 버섯의 양면 영상정보를 획득하도록 하기 위하여 공급되는 건표고를 반전시키는 기능을 한다. 공급되는 건표고가 크기

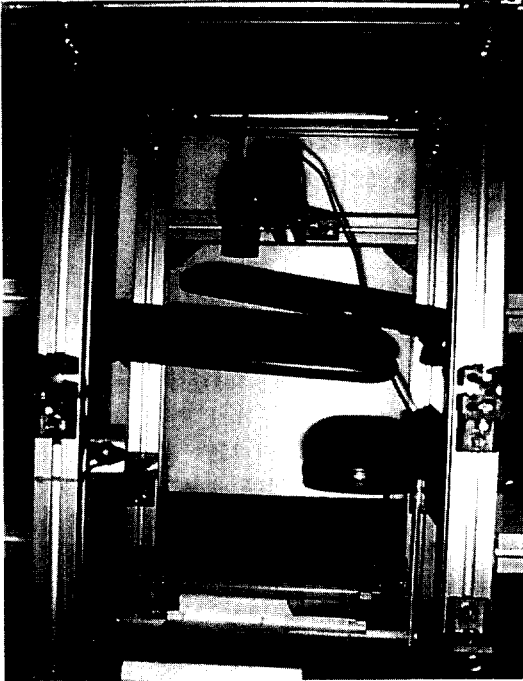


Fig. 2 Computer vision system.

및 형상에 관계없이 반전이 원활히 되도록 그림 3과 같은 광 센서로부터 신호를 받아 DC 모터에 의해 구동되는 V형 판을 제작하여 설치하였다. 컨베이어를 통해 이송되는 표고가 광 센서에 감지되면 카메라가 영상을 획득한다. 반전 모터는 표고가 안착될 때까지 동작지연을 한 후 반전판을 구동하도록 하였다. 반전 범위는 도그(dog)형 접촉센서를 설치하여 제어하였다. 이때 원심력에 의해 표고가 구르거나 튀어나가지 않도록 실험을 통하여 회전속도를 조절하였다. 반전판은 일정 시간 동작 지연 후 고속으로 복귀하도록 하였다.

반전된 버섯은 다시 광 센서에 감지되고 카메라는 광센서 신호로부터 영상을 획득한다. 두 개의 영상영역은 카메라의 영상획득 영역을 분할하여 설정하였다.

#### (4) 배출부

배출부는 등급판정부에서 전송되는 데이터를 바탕으로 등급별로 분류하는 작업을 하는데 먼저 등급 데이터를 수신하여 수신버퍼에 저장한 후 무작위 다채널 분류 알고리즘(Kim, 1999) 및 모터 구동형 로터리 브러시, 크레비스(crevis)형 공압 배출

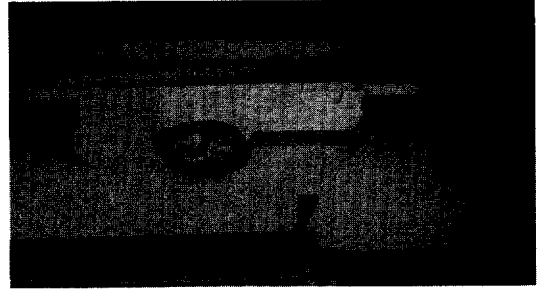
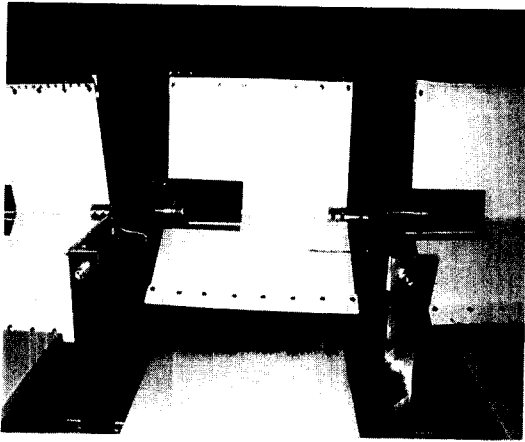


Fig. 3 Device for turning over.

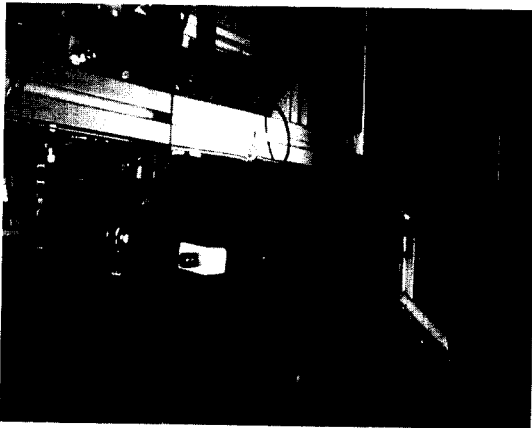
구 조절장치를 설치한 배출호퍼를 통하여 등급별로 버섯을 분류하는 작업을 하게 하였다. 이때 DC 모터 구동 브러시 회전판은 컨베이어로 이송되는 표고버섯을 등급별로 컨베이어 양단에 설치된 호퍼로 배출하는 기능을 수행한다. 모터구동 브러시 배출판은 그림 4(a)와 같이 120° 각도를 갖는 3개의 날개를 부착하여 회전 후 복귀가 필요 없도록 하였다. 날개의 종단에 브러시를 설치하여 분류 대상체의 손상을 방지하였고, 2자형 광센서를 장착하여 브러시의 회전 범위를 일정하게 유지할 수 있도록 하였다.

각 배출호퍼는 속도조절 밸브를 부착한 크레비스형 공압실린더에 의해 구동되는 안내판을 내부에 장착하여 호퍼로 들어오는 버섯을 다시 두 등급으로 재분류할 수 있도록 하여 공간활용도를 높였다. 배출호퍼는 두께 1mm의 스테인레스 강판을 이용하여 판금 제작하였으며 호퍼 상단은 내부 기구장치의 보수 유지를 위하여 뚜껑을 설치하여 개폐가 가능하도록 하였다. 또한 건표고의 크기를 고려하여 배출 호퍼의 크기를 설정하였으며 회전판의 속도는 컨베이어 이송속도, 브러시에 의한 버섯의 배출시 이동 방향 및 거리를 고려하여 설정하였다. 500mm/sec의 컨베이어 이송속도 하에서 호퍼 배출너비의 1/3 지점에서 브러시 판을 작동하였다. 브러시 판의 작동시점 및 시간 역시 표고의 이송속도에 따라 변환이 가능하도록 하였다.

전체 분류시스템은 이송 컨베이어를 중심으로 양단에 10세트의 이중 배출호퍼, 컨베이어 종단에 1개의 배출호퍼, 광센서를 부착한 5개의 DC 모터 구동 회전 브러시 판으로 구성하여 총 22등급의 표고를 분류 배출하도록 하였다. 컨베이어의 종단에 설치한 호퍼의 한 채널은 등의 버섯 또는 등급판정 기능의 착오시 버섯을 모으는 기능을 갖도록 하였다.



(a) DC motor drive rotary brush plate



(b) Double channel bucket

Fig. 4 Sorting devices.

호퍼로 접근하는 건표고를 감지하기 위하여 마주보는 각 배출호퍼들에 연하여 총 6개의 투과형 광센서(E3R-5DE4, Omron)를 설치하였다. 그림 4(a)는 이송 컨베이어 양단으로 설치한 배출호퍼와 DC 모터 구동 회전 브러시 판 그리고 투과형 광센서를 보여준다. 그림 4(b)는 크레비스 실린더를 장착하여 설치한 이중배출호퍼를 보여준다.

(5) 제어부

전체 제어부 구성은 크게 인터페이스부, 주 제어부, 구동부의 세 부분으로 나눌 수 있다. 인터페이스부는 등급선별 장치와의 데이터 및 동기신호 인터페이스부와 분류장치 내부에 장치된 센서 및

Table 1 I/O communication port for each grade

No	Function	I/O
1	Vcc (+5V)	
2	Grade data (bit 0), Check data (bit 0)	Input
3	Grade data (bit 1), Check data (bit 1)	Input
4	Grade data (bit 2), Check data (bit 2)	Input
5	Grade data (bit 3), Check data (bit 3)	Input
6	Grade data (bit 4)	Input
7	Sync. data	Output
8	Optic sensor input for reversing & image grab	Output
9	Optic sensor input for image grab	Output
10	GND	

스위치 입력용 인터페이스부로 나누어지며, 주 제어부는 프로세서부와 입출력부로 나누어지고, 구동부는 브러시 판 구동용 모터 구동부와 공압 실린더용 솔레노이드 구동부로 나누어진다.

인터페이스부에서 등급선별 장치와의 인터페이스 포트는 표 1과 같이 설정하였다. 상호간의 신호처리는 전송선의 단절 및 외란에 의한 장애로 생길 수 있는 오류를 방지하기 위하여 하강 모서리 신호동기 및 특정 코드 동기신호의 송수신에 의한 검사 루틴을 통하여 데이터 수신 처리를 하게 하였다.

센서 및 스위치 입력용 인터페이스부는 두 가지 형태로 입력회로를 구성하였다. 먼저 공압 실린더용 리드 스위치는 스위치의 특성이 닫혔을 때 양단 전압이 0.8V 정도이고 열릴 때 5V 정도가 나오기 때문에 풀다운(pull down) 형식으로 하였고, 버섯 검출용 광 센서는 작동 전압이 12V~24V이므로 2중 전원을 사용하였다. 기타 일반 스위치는 풀업(pull up)으로 설계하였다. 그림 5는 설계 제작한 제어부를 보여준다.

(6) 분류 알고리즘

입력간격이 일정치 않고 같은 경로 및 시간상에서 다수의 출력물이 입력되는 상태에서 서로 독립되게 배출처리를 하기 위해서는 실시간으로 검출용 광센서의 입력상태를 읽어냄과 동시에 센서에서 검출된 대상물에 대한 배출처리를 해야 한다. 이러한 처리는 시간에 대하여 비동기적인 처리가 필

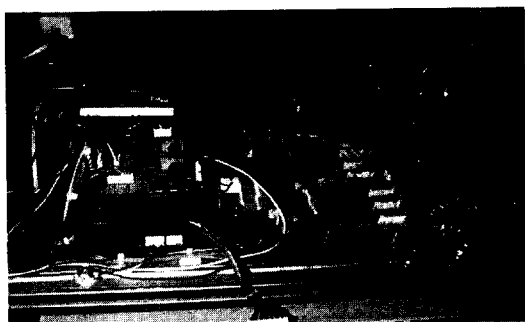


Fig. 5 System controller.

요하다. 이것을 구현하기 위한 방법으로는 인터럽트 처리 또는 전체 루틴을 빠른 속도로 반복 처리하는 방법의 일종인 사건 처리 알고리즘이 있다. 인터럽트에 의한 방법은 다수의 인터럽트 신호를 처리하기 위하여 별도의 하드웨어가 필요하며, 확장이 어렵고, 인터럽트에 대한 처리시간이 길 경우 전체 시스템의 운영에 문제가 있기 때문에 본 시스템에서는 사건 처리 알고리즘(Kim, 1999)을 사용하였다.

알고리즘에 사용된 사건은 등급데이터 입력사건, 건포고 검출 사건, 지연시간 사건, 입력 버퍼충만 사건으로 하였다. 각 사건별로 동작을 간략히 설명하면 등급 판정부로부터 보내지는 등급 데이터가 입력되는지 알기 위해 데이터 입력포트의 검사 데이터를 입력받는다. 이때 검사 데이터가 입력이 되고 있으면 등급 선별기로 입력받을 준비가 된 것을 알리고 다시 보내오는 실제 데이터를 읽어 등급 데이터 버퍼에 저장한다. 다음에는 이송버섯 검출용 광센서의 상태를 검사하는데, 이때 버섯이 검출되면 검출되어진 버섯에 대한 버퍼에 저장되어진 데이터를 읽어 검출된 호퍼와 해당성을 검사하여 배출시킬 것인지를 판별한다. 만약 배출 대상이면 상태 레지스터의 버섯 검출 스위치를 검출상태로 바꾼다.

그리고 배출루틴이 실행되면 배출루틴은 각 스테이션 별로 상태 레지스터를 검사하여 버섯이 감지되면 해당 호퍼의 공압 실린더를 적절한 위치에 있도록 동작시키고 시간지연 레지스터의 값을 읽는다. 여기서 시간지연 루틴은 버섯이 배출되기 전까지 계속해서 광검출 센서에 의해서 검출되는 것을 방지하고, 버섯의 위치가 대략 호퍼의 1/3 지점을 통과할 때 모터 구동 회전 브러시 판을 작동시킨다. 또한 버섯의 형상이 다양하고 크기 및 무게가 다양하므로 버섯이 완전하게 배출호퍼에 들

어갈 때까지 브러시의 동작을 유지하기 위한 시간을 설정해 준다. 이러한 각각의 처리 루틴은 해당 처리작업 때만 수행이 되도록 하였으며, 전체 루틴은 고속으로 동작하게 하였다.

#### (7)시스템 소프트웨어

등급 선별 시스템 소프트웨어는 크게 등급판정부, 공급부, 반전부, 분류부, MMI(Man Machine Interface)부로 구성된다.

공급부 및 반전부에서 사용한 시스템 소프트웨어는 주 제어부의 부담 및 시스템 소프트웨어를 단순화하기 위하여 AT89C2051 원칩(one chip) 제어기를 사용하여 전체 시스템에서 별도의 알고리즘을 통하여 운영되도록 하였다. 시스템 초기화 때 주 제어기와 상호 기본동작 데이터 송, 수신을 통하여 이상 유무 및 시간 동기화를 맞추고, 시스템 운영중 필요에 따라 상호 호출을 할 수 있게 하였다. 사용한 프로그램은 MCS51 계열의 C언어로 구현하였다.

분류부는 IBM PC AT 호환 계열의 프로세서를 사용하여 일반 PC에서와 동일한 프로그래밍을 통하여 시스템 알고리즘을 구현하도록 하였고 다양한 시스템 프로그래밍이 용이하도록 구성하였다. 이때 분류부의 시스템 프로그램은 주 제어부로부터 시스템이 운영될 때 필수적인 기본적 동작명령 및 등급데이터를 수신하여 이를 수행하며, 필요한 경우 주 시스템으로 상태에 대한 정보를 송신하도록 구성하였다. 전체 시스템은 상호 데이터 송수신시 간단한 프로토콜을 사용하여 송수신 오류를 방지 할 수 있게 하였다.

주 시스템 소프트웨어는 등급판정부와 MMI부, 시스템 인터페이스부로 구성하였다. 등급 판정부는 영상획득부, 영상처리부, 등급판정출력부로 구성되며, 영상획득부를 통하여 수집된 영상정보는 영상처리를 통하여 등급판정 알고리즘에 적합한 데이터로 변환하였으며 변환된 데이터는 신경회로망에 입력되고 등급이 판정되도록 하였다.

MMI부는 1차 시작기에서는 MS-DOS 환경 하에서 시스템을 구현하였으나, 동 시스템으로 영상처리부, 시스템 인터페이스부, MMI부를 운영하기에는 시간적 제약이 문제가 되었다. 이를 해결하기 위해 멀티 프로세싱을 채택하였으며 사용자가 보다 편리한 시스템 운영을 하기 위하여 일반화된 GUI(Graphic Users Interface)를 이용하여 MS-Windows를 운영체제로 한 주 시스템 프로그램을 그림 6과 같이 구현하였다. 주 시스템 프로그램은

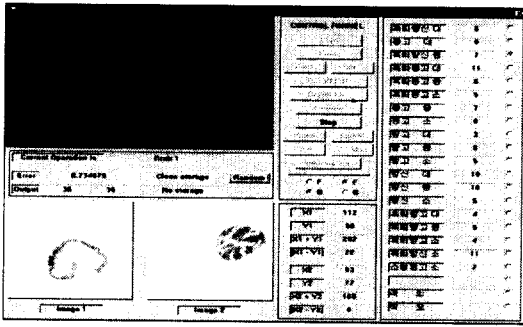


Fig. 6 GUI based system software.

연속 영상표시창, 전, 후면 정지영상 표시창, 명령창, 정보 표시창, 등급 표시창으로 나누어 구축하였다.

시스템 운영은 주 시스템 프로그램을 동작시켜 공급부, 반전부, 분류부의 로컬 시스템 프로그램이 동기화 되도록 초기화하고 명령창의 명령을 통하여 전체 시스템이 운영되도록 하였다. 명령창에는 시스템 조정 및 테스트를 위한 명령과 실제 작업을 위한 명령을 두었으며 실제 작업 명령이 수행되면 연속영상 표시창에 컨베이어 상의 영상이 표시되며, 대상체 감지 광센서를 통하여 영상을 획득하게 되면 정지영상 표시창에 획득한 정지영상이 표시되도록 하였다. 획득된 정지영상으로부터 영상처리 및 등급판정 알고리즘을 통하여 등급이 판정되면 그림 6의 우측에 있는 등급표시창에 해당 등급이 표시되도록 하였다.

### 라. 시스템 성능 평가

등급 판정에 따른 건표고 선별 시스템의 성능 시험은 건표고의 종류, 크기 및 형상별로 10개씩 무작위 수집하여 수행하였다. 시험 방법은 각 장치별로 1차 실험을 1회 한 후 전체 시스템에 대하여 동일한 방법으로 실험을 수행하였다.

각 부분별 성능 평가 기준은 다음과 같이 정하였다.

- 공급부 : 겹침 없음, 공급 간격 1.5초 이상(등급판정부 최소 판정시간 기준)
- 반전부 : 완전 반전
- 등급판정부 : 100%
- 배출부 : 등급 판정 데이터에 해당된 호퍼로의 배출

### 3. 결과 및 고찰

각 부분별 성능 평가 결과는 등급별 10개의 샘플 전체 200개의 대상 시료에 대하여 대략 공급부 93%, 반전부 95%, 등급판정부 94%, 배출부 99%의 처리 성능을 보였다. 이러한 성능지표는 한정된 시료에 대하여 얻은 결과로서 절대적이라 할 수는 없지만 전반적으로 만족할 만한 수준이라 할 수 있다.

공급부는 소립동고와 같이 작은 것이 큰 건표고의 배면에 위치할 경우에 겹치는 현상이 주로 발생하였다. 이는 표고 크기 및 형상의 다양성 및 일부 기형상 표고로 인하여 완전 해결은 어렵다고 하겠다.

반전부에서는 갖의 곡면이 완만한 대형 버섯과 아주 소형의 버섯에서 반전성능이 저하하였으나 아주 소형의 버섯은 반전상태가 등급판정에 영향을 미치지 않는다고 하겠다. 갖의 곡면이 완만한 대형 표고의 경우 반전 V형 판의 입구에서 미끄러져 반전이 되지 않았고, 전체적 형상이 구형에 가까운 소형 버섯은 반전 후 구름이 발생하였다.

배출부의 경우 대형 버섯이 배출 호퍼에 걸리는 현상이 발생하였고, 회전 브러시 판의 브러시 배출 탄력이 부족하여 배출호퍼에 도달하지 못하는 경우가 발생하였다. 이는 브러시의 탄력을 보강하면 해결할 수 있을 것으로 기대한다.

등급판정의 경우 전, 후면의 영상정보가 모두 필요 없는 소립동고와 같은 경우는 반전 실패가 성능에 영향을 미치지 않았다. 개발한 전자동 건표고 무작위 등급선별 시스템은 무작위로 선정한 시험시료에 대하여 대략 94%의 등급분류 성능을 보였으며, 처리속도는 평균 개당 1초의 결과를 보여 주었다. 등급판정의 경우 샘플의 선정에 따라 성능의 차이가 있어 본 논문의 시험결과를 절대적 평가지표로 사용하기는 어렵다. 하지만, 등급간 경계가 애매하여 대상 시료를 전문가가 분류하였다 할지라도 주변 등급간 오차가 내재하는 농산물의 특성을 고려하면 대략 85%에서 95% 정도의 등급분류 성능은 대체적으로 성공적이라고 할 수 있다. 시스템의 처리 속도는 등급 판정부의 대략적인 처리속도 0.23초를 고려할 때 반전장치 및 2차 영상획득시의 버섯 이송시간으로 인하여 전체 시스템 성능 저하가 초래되어 이의 개선 연구가 필요하다 하겠다.

#### 4. 요약 및 결론

본 논문에서 제안한 건표고 선별시스템은 이송 컨베이어를 이용하여 적정 간격으로 무작위로 공급되는 형상의 크기는 다양하나 비교적 가벼운 건표고를 투과형 광센서를 이용하여 이송상태를 검출한 후 회전형 브러시 판을 이용하여 해당 호퍼로 자동 배출하는 시스템이다. 컨베이어 이송방향 양쪽으로 마주보도록 2세트의 이중채널 호퍼를 일렬로 장착시켜 배출수에 따른 선별시스템의 크기와 시스템의 복잡도를 최소화하였다.

개발한 전자동 건표고 무작위 등급선별 시스템은 무작위로 선정된 시험시료에 대하여 대략 94%의 등급분류 성능을 보였으며, 처리속도는 평균 개당 1초의 결과를 보여 주었다. 시스템의 처리속도는 등급 판정부의 대략적인 처리속도 0.23초를 고려할 때 반전장치 및 2차 영상획득시의 버섯 이송시간으로 인하여 전체 시스템 성능 저하가 초래되어 이의 개선 연구가 필요하다 하겠다. 그밖에, 겹침 또는 특이한 버섯형상으로 인하여 해당 버섯이 배출호퍼로 배출되지 않는 경우가 있었다.

하지만, 본 논문에서 제안한 시스템을 다수 세트 설치하고 1인의 작업자가 관리 운영한다면 만족스러운 처리 성능을 유지할 것으로 판단된다. 처리 속도의 향상은 반전장치의 성능에 크게 영향을 받으므로 향후 새로운 형태의 고속 반전장치의 연구를 통하여 성능을 향상시킬 수 있을 것으로 판단되며 추후 지속적인 연구가 필요하다.

본 논문에서 제안한 선별시스템은 표고와 같이 크기와 형상이 균일하지 않으며 경량의 농산물 선별에 성공적으로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 참 고 문 헌

1. Noh, S. H., J. W. Lee and S. H. Lee. 1992. Development of a fruit grader using black/white image processing system(1)-determining the size and coloration-. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery, 17(4):354-363.
2. Hwang, H., C. H. Lee, D. W. Lee and C. H. Choi. 1995. Development of the automatic real yime grading and sorting system for conveyor feeding shiitake. RDA J. of Agricultural Science, 37:199-208.
3. Lee, C. H. 1995. Computer vision inspection and automatic sorting system of oak mushrooms. Sungkyunkwan university Ph. D. Dissertation.
4. Hwang, H., C. H. Lee and S. C. Kim. 1997. Development of real time nondestructive quality evaluation technology, automatic sorting and packing system of mushrooms. ARPC Project Final Report.
5. Hwang, H. and C. H. Lee. 1996. Development of a prorotype automatic sorting system for dried oak mushrooms. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery, 21(4):414-421.
6. Kim, S. C. and H. Hwang. 1999. Development of real-time simultaneous discharge algorithm for randomly feeding object. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery, 24(2):145-152.
7. Hwang, H., C. H. Lee and S. C. Kim. 1999. Development of on-line grading system using two surface images of dried oak mushrooms. J. of the Korean Society for Agricultural Machinery, 24(2):153-158.