

# 무작위 이송 개체용 실시간 동시 배출 알고리즘 개발<sup>†</sup>

## Development of Real-time Simultaneous Discharge Algorithm for Randomly Feeding Object

김 시 찬*	황 현*
정회원	정회원
S. C. Kim	H. Hwang

### ABSTRACT

Methods of discharging each graded agricultural product are divided into two according to the type of feeding. One is based on feeding objects using a series of specially designed holders mounted with an equal interval. The other is randomly feeding objects while being isolated without a specific interval. In this paper, 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 the developed algorithm was implemented to the controller and the performance was verified using the system developed for dried mushrooms. The discharge system used for the experiment was composed of a variable speed conveyor, a series of double channel bucket mounted along both sides of the conveyor, and a series of air nozzles and optic sensors. Developed algorithm worked perfectly and could be directly used for automatic discharge system for randomly feeding agricultural products.

**주요용어(Key Words):** 실시간 배출(Real time discharge), 다채널 동시배출 알고리즘(Multi-channel simultaneous discharge algorithm), 무작위 이송(Random feeding), 사건 중심 처리법(Event driven method)

### 1. 서 론

수확한 농산물을 품질에 따라 선별하는 작업은 대상물의 부가가치 향상에 따른 수익증대 그리고 품질에 대한 소비자 신뢰도를 향상시키는 중요한 작업이다. 하지만 대부분의 농산물 선별은 수작업에 주로 의존하고 있으며, 타 작업에 비해 노동 투하량이 상

대적으로 높아 이를 생력화하는 기술의 개발이 필요하다. 품질선별을 생력화하고 산업화하기 위해서는 정확하고 안정적으로 각 농산물의 등급을 판정하는 기술과 함께 판정된 등급에 따라 대상 농산물을 효율적으로 배출시키는 기술이 필요하다.

일반적으로 대상체의 크기가 작은 곡물류의 경우는 품질등급의 판정을 개체별로 하기보다는 대부분

<sup>†</sup> 본 연구는 한국과학재단 지원 “농산물 비파괴물질 및 안정성평가 기술연구센터”의 연구비 지원에 의한 것임.

\* 성균관대학교 생명자원과학부 생물기전공학과

샘플링에 의존한다(김, 1990). 개체별 품질선별을 하는 경우도 등급판정보다는 품질이 떨어지는 개체나 외부로부터 유입된 불순물 등을 제거하는데 목적이 있다(송, 1997). 대상체의 크기가 비교적 큰 과채류의 경우 부가가치가 높은 품목 위주로 개체별 등급판정 및 선별을 하고 있다. 이 경우 배출시스템은 대상체의 물리적 성질과 측정 품질인자의 특성에 따라 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 하나는 대상체 형상을 고려하여 제작한 장착 홀더를 일정한 간격으로 배치하고 홀더를 이용하여 대상체를 이송시키면서 등급데이터에 따라 기 설정된 배출구로 배출하는 방식(노, 1992)이며, 다른 하나는 일정한 간격없이 무작위로 대상체를 개별 이송시키면서 등급에 따라 기 설정된 배출구로 배출시키는 방식이다.

배출방식의 선정은 대상체의 외관 및 물리적 특성에 따라 결정하는 것이 일반적이나 장착홀더에 의한 이송 및 배출방식은 배출에 따른 시스템 제어는 용이하나 장착부를 포함한 이송장치가 복잡해지고 이송 배출 시스템이 고가 대형화가 되는 문제점이 있다. 반면 홀더 없이 무작위로 이송하면서 배출하는 방식은 대상체의 위치 감지가 필요하고 전체적인 시스템 제어가 복잡해지며 적용 대상체 및 배출방식에 따라서는 대상체 이송시 개체간 적당한 간격을 유지하도록 하는 부가장치가 필요하다.

본 논문에서는 장착홀더가 없는 상태에서 무작위로 개별 이송되는 대상체를 이미 결정된 등급에 따라 정해진 배출구로 실시간으로 각각 동시 배출하는 알고리즘에 대하여 제안하였다. 그리고 모형 건표고를 대상으로 제안한 알고리즘을 실험실에서 기 제작한 제어기에 적용하여 배출성능을 검증하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. 배출 알고리즘

제안하는 알고리즘은 등급 데이터의 입력신호, 무작위로 이송되는 배출 대상체의 위치검출 신호, 배출장치의 구동신호가 비동기적으로 일어나고 또한 같은 시간대에 다수의 대상체가 동시에 이송경로상

의 여러 배출구에 위치하는 경우 대상체의 이송위치 검출 및 구동출력을 상호 독립적으로 그리고 비동기적으로 처리하도록 하였다. 비동기적 작업처리를 위해서는 인터럽트 처리 또는 폴링 방법에 의한 처리가 일반적으로 사용된다.

인터럽트 처리는 입출력 상태가 발생할 때 각 상태별로 별도의 실행루틴을 두어 처리하는 방법이다. 장점으로서는 작업상태를 인식하기 위하여 작업을 대기시킬 필요가 없어 CPU의 부담을 줄여주는 동시에 다른 응용 프로그램을 구동시킬 수 있다. 그러나 인터럽트 처리 방법은 특정 상태에 대한 실행루틴의 처리시간이 길어질 경우 시스템이 불안정해질 가능성이 있다. 그리고 인터럽트 처리를 위해서는 각 사건이 특별한 신호 경로를 통하여 시스템에 입력되어야 하고, 그에 따른 별도의 인터럽트 처리를 위한 하드웨어가 필요하다. 특히 다수의 인터럽트 신호입력이 발생하는 경우에는 전체 제어기의 구성이 복잡하게 되거나 구성 자체가 불가능해질 수 있다.

한편, 폴링 방법에 의한 처리는 시스템에서 필요한 사건 즉 센서의 감지 신호 등을 계속해서 감시하고 그 사건이 발생되면 해당 사건에 따른 처리 루틴을 실행시키는 방법이다. 이 방법은 전체 처리가 고속으로 진행되어야 하기 때문에 복잡한 연산 등 장시간이 소요되는 실행루틴은 사용하는데 문제가 있다. 하지만 일반적인 병렬 디지털 입력을 통하여 사건이 입력될 수 있으므로 특별한 하드웨어가 필요 없으며, 동시에 다수의 사건입력 및 구동출력이 용이하다.

배출 시스템의 경우는 내부 실행루틴이 입출력 처리, 비교 처리, 그리고 단순 연산 처리로 구성되어 있고 복잡한 연산이 필요치 않기 때문에 본 논문에서는 폴링 방법의 일종인 사건 중심 처리 방법을 이용하여 실시간 배출 알고리즘을 개발하였다.

전체 알고리즘 구성은 그림 1과 같은 주 제어기의 구조와 기능을 바탕으로 그림 2와 같이 등급 데이터 입력 처리, 센서검출 및 처리, 시간 지연 및 구동 처리, 그리고 데이터 버퍼 처리 루틴으로 나누어 구성하였다.

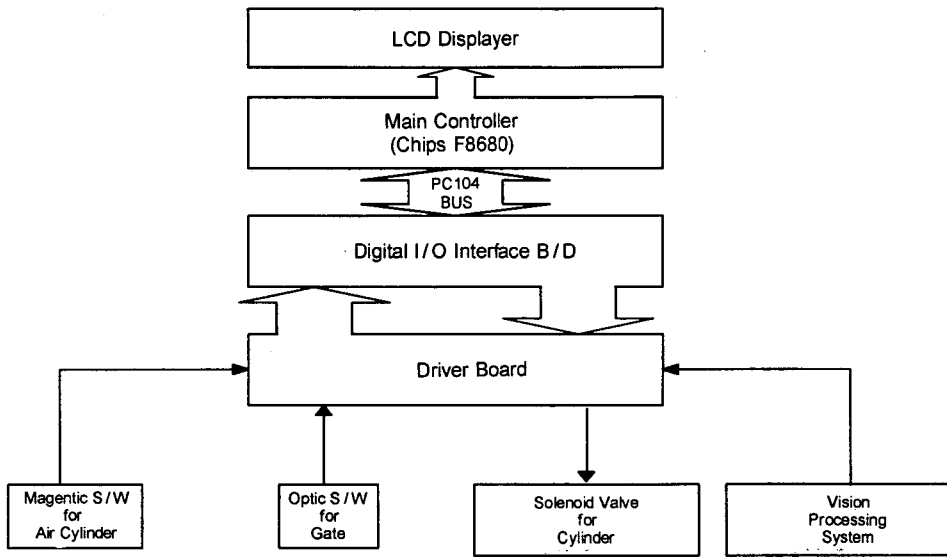


Fig. 1 Block diagram of main controller.

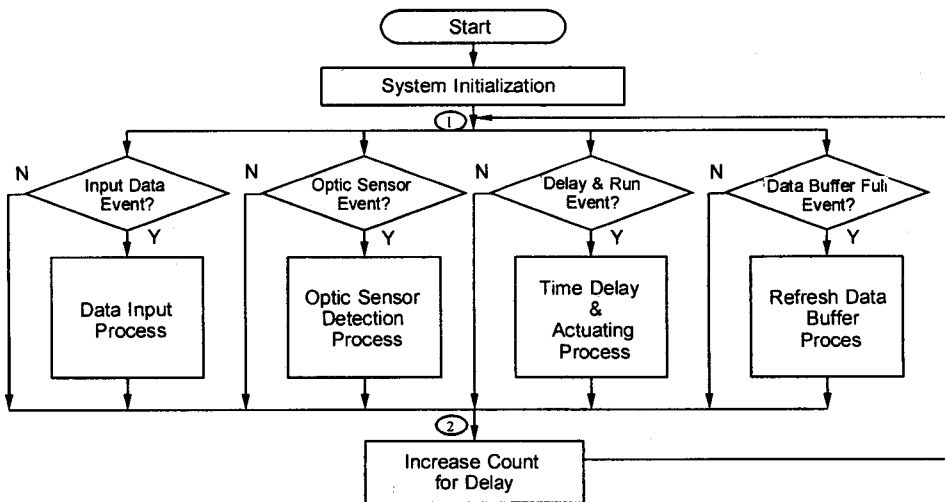


Fig. 2 Flow chart of the developed discharge algorithm.

(1) 등급 데이터 입력 처리(Data Input Process)

등급 데이터 입력처리는 그림 3과 같이 먼저 데이터 입력포트의 검사 데이터를 감시하여 등급 판정부(Grading System)에서 등급 데이터가 입력되고 있는지를 확인한다. 이 때 검사 데이터를 통해 등급데이터가 입력되고 있음이 감지되면 현재의 데이터 입력상황을 상태 레지스터를 통하여 점검한다. 여기서, 상태 레지스터는 현재 데이터를 읽고 있는 상

태의 여부를 표시해 준다. 만약 입력상태 레지스터가 'ENABLE' 이 아니면 입력상태 비트의 값을 'ENABLE' 로 바꾼 후 배출시스템으로 입력받을 준비가 된 것을 알리고 다시 등급 판정부에서 보내오는 실제 데이터를 읽어 등급 데이터 버퍼(Buffer)에 저장한다. 일련의 데이터 저장처리를 종료한 후 다시 입력상태 레지스터의 값을 'DISABLE' 로 바꾼다. 이와 같이 입력상태 레지스터를 조작하여 반복

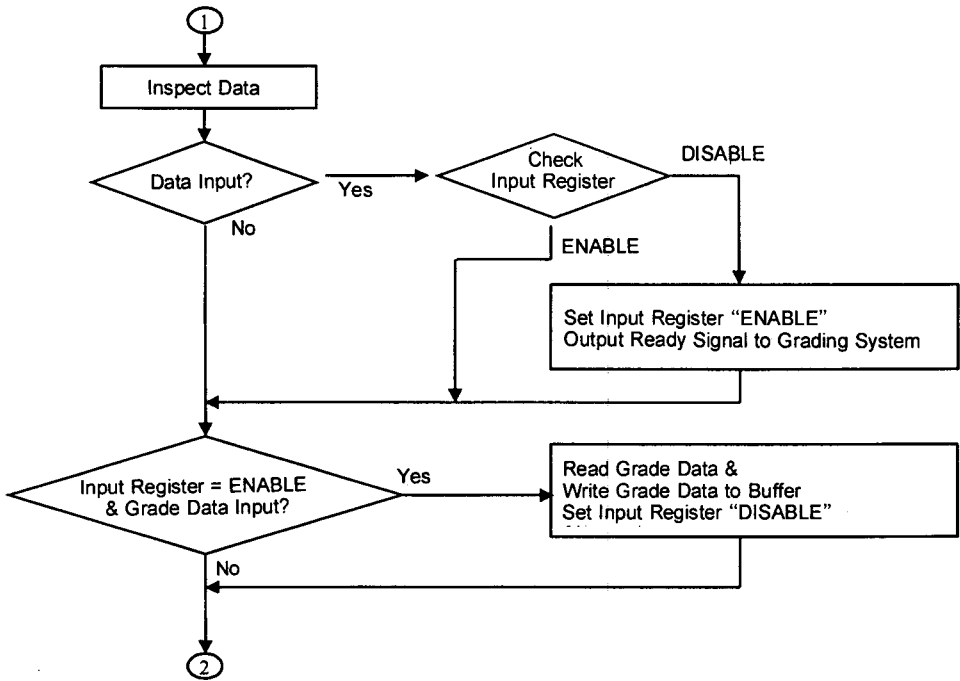


Fig. 3 Flowchart of the routine to input grade data.

되는 동일 신호를 재 검출하지 않도록 한다.

그리고 등급 판정부와의 데이터 입출력은 별도의 프로토콜(Protocol)을 두어 데이터 송수신 시의 외란을 방지하도록 하였다. 데이터 입출력 프로토콜 루틴은 먼저 등급판정을 통하여 등급 데이터가 생성되면 검사 데이터(4비트)를 배출시스템으로 출력한다. 이때 배출시스템은 이 신호를 입력받고 데이터 값을 검사하여 등급판정부가 데이터 출력준비 중이라는 것을 감지하고 입력받을 준비신호(1비트)를 등급판정부로 출력한다. 그러면 등급 판정부는 이 신호를 받은 후 실제 등급 데이터를 배출시스템으로 보내는 방식으로 처리한다. 이러한 각각의 소단위 처리루틴은 전체 반복루틴의 고속화를 위해 반복루틴이 진행됨에 따라 개개동작이 독립적으로 그리고 단계적으로 진행되도록 하였다.

(2) 센서신호 검출 및 처리

컨베이어로 이송되는 대상체는 이송경로를 따라 각각의 배출구를 통과하므로 배출구별로 검출용 센서를 설치해야 한다. 따라서 센서 신호로부터 대상

체의 통과여부를 검출하기 위한 루틴을 구성하였다.

그림 4와 같이 먼저 대상체 검출용 센서의 상태를 검사하는데 이때 대상체가 검출되면 해당 센서 검출 상태 레지스터(Optic Sensor Status Register)를 검사한다. 검출 상태 레지스터가 'ENABLE' 이 아니면 해당되는 1차 시간지연상태 레지스터(1st Time Delay Status Register)를 'START' 로 바꾸고 검출상태 레지스터를 'ENABLE' 로 바꾼다. 그리고 검출된 대상체에 해당하는 번지의 버퍼 데이터를 읽어 검출된 배출구와의 관계를 검사하여 배출시킬 것인지를 판별한다. 만약 배출 대상이면 해당되는 배출구의 배출 레지스터의 값을 'ENABLE' 로 전환시킨다. 이러한 일련의 작업을 전체 반복루틴을 통하여 단계적으로 처리한 후 해당 배출구의 1차 시간지연상태 레지스터를 검사한다. 검사상태가 'END' 상태가 되면 센서 검출상태 레지스터를 'DISABLE' 로 바꾼다. 여기서 1차 시간지연은 동일 대상체가 검출센서에 중복 감지되는 것을 방지하고 대상체의 형상에 따른 센서감지 오 동작을 방지한다. 또한 1차 시간지연은 대상체가 배출구에 완전하게 위치할 때까지 배출루

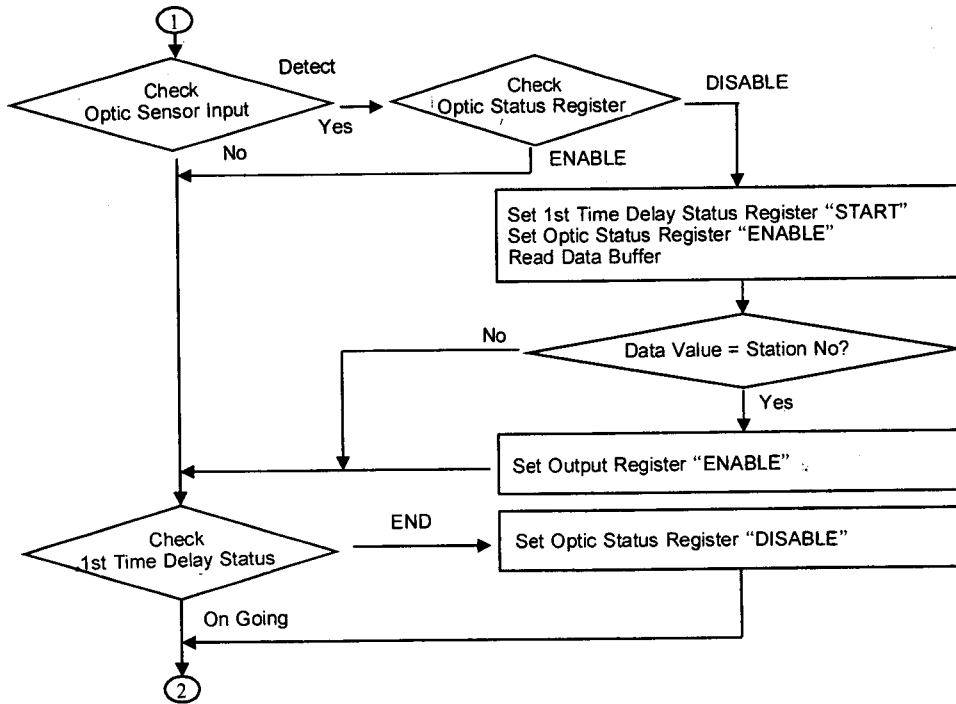


Fig. 4 Flowchart of optic sensor detection routine.

틴이 작동되지 않도록 하는 역할을 하는데, 대상체 이송시 배출구의 크기에 따라 값을 변동시킬 수 있다.

(3) 시간지연(Time Delay)과 구동처리

시간 지연은 대상체의 이송위치 결정, 배출 장치의 동작유지, 검출신호의 입출력 유지를 위해 필요하며, 본 알고리즘에서는 등급판정부의 2차 영상 획득신호와 제 1배출 센서간의 감지시간을 통하여 현재 컨베이어의 속도를 판정하고, 이것을 바탕으로 전체 루틴의 반복수를 계수함으로 지연 시간값을 결정하였다.

계수의 시작은 상태 레지스터의 값이 'START' 일 경우에 시작하며, 각각의 처리 루틴에 따라 종료값을 다르게 하여 상호 독립된 시간지연이 이루어지게 하였다. 그리고 각 배출구 및 처리루틴은 별도의 상태 레지스터를 갖도록 하였으며, 별도의 계수값을 저장할 수 있게 구성하여 다수의 독립된 시간지연 루틴을 구성하였다.

구동 처리 루틴은 1차 구동처리와 2차 구동처리 루틴으로 구성된다. 여기서, 1차 구동처리 루틴은 시간지연이 필요치 않은 배출동작의 처리 즉 2차 배출구 선택용 실린더의 구동을 위한 것이다. 2차 구동처리 루틴은 배출 장치의 실제 배출작동을 위하여 구성하였다. 2차 구동처리 루틴의 시작은 1차 시간지연이 종료되는 시점부터 동작이 시작되어 구동장치의 동작유지를 위하여 설정한 시간지연이 종료될 때까지 계속된다. 이것은 배출작업이 완전하게 이루어지게 하기 위해서 필요하다.

각 구동장치는 독립된 상태 레지스터의 값과 시간지연 상태에 의해 동작되므로 실시간 동시동작 및 독립된 동작이 가능하다.

(4) 데이터 버퍼 처리

데이터 버퍼 처리루틴은 데이터 입력, 완료처리, 데이터 검사 포인터, 버퍼 개 지정 루틴으로 구성하였다. 데이터 입력루틴은 그림 5와 같이 등급판정부로부터 새로운 데이터가 입력되면 데이터 저장 포인

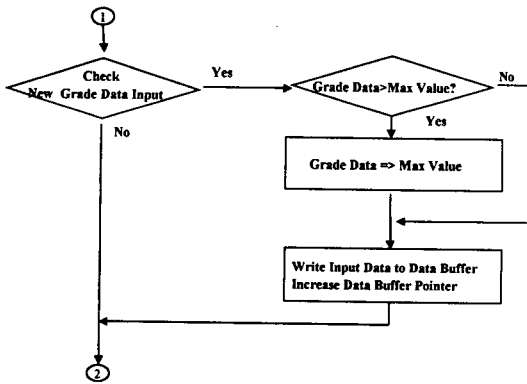


Fig. 5 Flowchart of new grade data storage.

터(Data Storage Pointer)가 지시하는 버퍼에 데이터를 저장한다. 이 때 입력된 데이터가 등외 또는 오류 등급일 경우 재이송 등급으로 데이터를 대치하여 다시 등급판정을 할 수 있도록 하였다. 그리고, 데이터 저장 포인터를 조작하여 임의의 버퍼위치에 데이터를 저장할 수 있도록 하였다.

완료 처리루틴에서는 검출센서에서 감지한 대상체에 해당하는 버퍼값이 그 배출구에서 배출대상으로 판정될 경우 해당 버퍼의 값을 'fff'로 갱신시킨다. 이렇게 하여 배출처리가 된 버퍼의 상태를 버퍼값을 통해 검사할 수 있으며, 타 배출구에서는 이 값을 참조하지 않도록 하였다.

각 배출구에서 감지된 대상체의 등급데이터 값은 데이터 버퍼에 저장되어 있는 등급 데이터를 참조함으로써 결정되는데 이 때 사용되는 포인터가 데이터 검사포인터이다. 각 배출구별로 별도의 데이터 포인터를 결정하고, 새로운 대상체가 검출될 경우 등급 데이터를 결정하기 위해서 검사포인터가 지시한 버퍼 값을 읽는다. 이 때 그 값이 'fff'이면 그 값을 무시하고 다음 포인터 값을 읽는다. 그리고 등급 데이터가 검출된 배출구와 일치하지 않아도 데이터 검사 포인터 값을 증가시킨다. 그림 6은 데이터 검사 포인터를 이용하여 대상체가 감지된 배출구의 대상체 등급을 결정하는 흐름도이다.

본 알고리즘에서는 첫 번째 배출구의 검사 포인터가 항상 모든 등급의 대상체를 감지하므로 가장 큰 포인터 값을 가지게 된다. 대상체가 일정간격으로

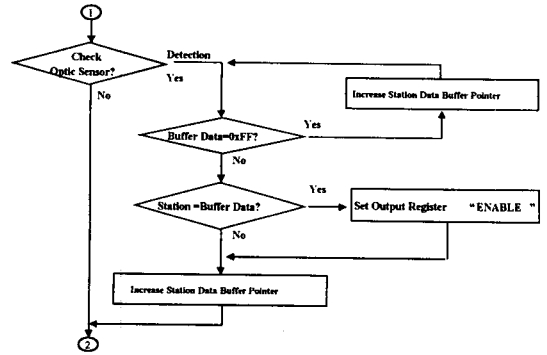


Fig. 6 Flowchart of determining grade data at each outlet.

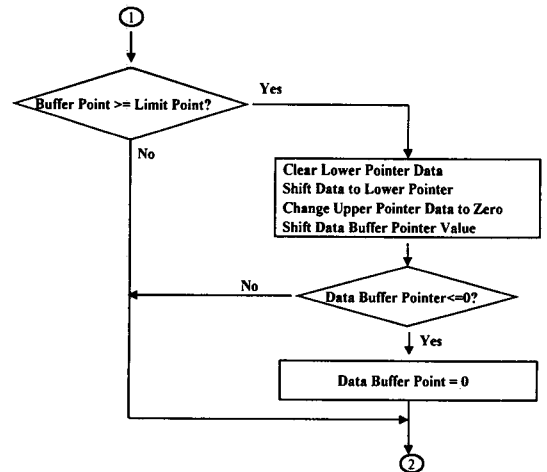


Fig. 7 Flowchart to rebuild data buffer routine.

이송될 경우에는 각 대상체의 위치를 예상할 수 있으므로 직접적으로 등급을 결정할 수 있다. 하지만 대상체의 이송간격이 일정하게 입력되지 않는 경우에는 순차적인 입력에 대한 등급 데이터를 별도의 등급 데이터 버퍼에 저장하여 비순차적으로 처리해야 한다. 그러므로 장시간 작업이 이루어질 경우 매우 큰 데이터 버퍼가 필요하게 된다. 데이터 버퍼가 과도하게 커지는 것을 방지하기 위하여 그림 7과 같이 입력데이터 버퍼의 내용이 일정량 처리되었을 때 처리된 버퍼를 지우고 전체 입력데이터를 재 지정하는 방법을 통하여 데이터 버퍼의 크기가 지나치게 커지는 것을 방지하였다.

이 처리루틴은 가장 큰 검사포인터 값을 갖는 첫

번째 배출구의 포인터 값을 기준으로 데이터 제정을 행하는데, 포인터 값이 100이 되면 50개의 하위 데이터 버퍼를 제거하고 저장된 전체 상위 데이터 값을 하위 포인터로 이동시킨다. 이 때 데이터 이동으로 인하여 빈 값을 갖게 되는 상위 버퍼에는 '00H' 값을 저장하여 미 입력 버퍼임을 표시한다. 그리고 모든 데이터 검사포인터도 50씩 감소시킨다. 이 때 감소된 검사포인터가 0 이하가 되면 0으로 대체한다. 또한 시스템이 비정상적 상황 하에 있을 경우 즉 공압 부족, 배출기구 동작이상으로 인하여 시스템이 정상적이지 못할 경우, 전체 버퍼를 지우고 배출 처리가 되지 않은 대상체는 모든 배출구를 통과시켜 재처리될 수 있도록 하였다.

### 나. 배출장치

제안한 실시간 동시 다채널 배출 알고리즘의 동작을 검증하기 위하여 그림 8과 같은 22개의 배출구를 갖는 배출장치를 설계 제작하였다. 배출 시스템은 이송 컨베이어, 배출호퍼, 대상체 검출용 광센서, 제어기, 배출용 구동장치로 구성하였다.

배출 시스템의 동작은 먼저 이송 컨베이어상의 대상체가 등급에 해당하는 배출 버킷의 전단에 설치된 광센서에 의해 감지되면 배출 버킷내에 설치한 공압 실린더 구동형 1차 배출기구가 작동되고 대상체가 버킷의 약 1/3 지점에 도달되면 고압 공기를 사용한 2차 배출 장치가 작동되어 대상체가 버킷으로 배출되도록 하였다. 배출부는 그림 9와 같이 안내판을 가진 2중 채널로 되어 있다. 버킷 입구에는 공압 노즐을 이용한 1차 배출기구를 설치하였다. 그리고 버킷 내부에는 크레비스형 공압 실린더를 이용한 2차 배출장치를 설치하였고, 버킷의 하부에는 수집용 버킷을 설치하였다. 대상체 감지 센서로는 투과형 광센서를 사용하였다.

제어기는 Intel 80286 호환 프로세서인 Chips Tech F8680을 사용하였고, 알고리즘의 구현은 C언어를 그리고, ROM형 DOS를 OS로 사용하였다. 또한 외부의 디지털 입출력을 위하여 별도의 인터페이스 보드를 설계, 제작하였다.



Fig. 8 Developed discharge system for the algorithm verification.

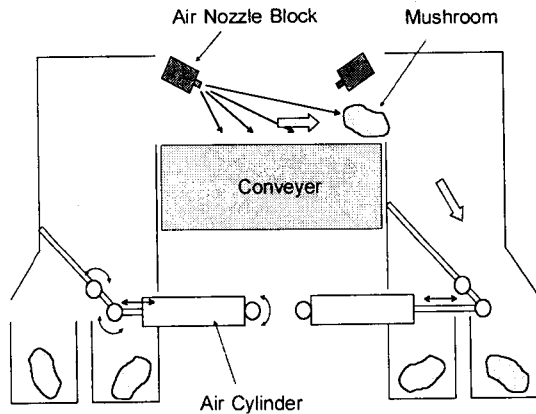


Fig. 9 Schematic diagram of discharging device.

고압 공기노즐용 솔레노이드 밸브, 공압실린더용 솔레노이드 밸브의 구동에서는 구동에 따른 전자기적 잡음 외란이 주 제어기로 유입되는 것을 방지하기 위하여 별도의 전원부와 릴레이를 사용하였다.

### 3. 결과 및 고찰

본 논문에서 제안한 알고리즘의 성능 시험은 등급별로 종이로 성형한 다수의 버섯을 이용하였다. 무작위 등급 데이터를 50개 발생시키고 그에 해당하는 등급의 종이버섯을 컨베이어로 무작위 간격으로 이송시켰다. 이송간격은 버킷간의 간격보다 작을 경우 복수개의 배출이 발생될 수 있기 때문에 배출 버킷

의 간격 250mm 보다 크도록 하였다. 컨베이어의 이송 속도를 변화시켜 가며 10회 반복 시험하였다. 컨베이어의 최대 이송속도는 1m/sec로 하였다. 여기서 이송 간격은 대상체의 크기 및 배출 기구장치 및 버킷의 크기에 따라 변동될 수 있다.

시험 결과 본 논문에서 제안한 알고리즘을 설치한 배출시스템에 의한 대상체 배출은 모든 시험에서 정상적으로 작동하였다. 제안한 알고리즘은 배출 기구에 대한 시간지연을 배제시킨 모의 실험을 통하여 경우 약 100 데이터/초 정도의 처리 속도를 보였다. 처리속도는 주 제어기의 성능에 따라 가변 될 수 있으나, 전체 성능은 배출 기구부의 구동속도에 의존하였다.

#### 4. 요약 및 결론

농산물의 경우 대상체의 형상과 물성 그리고 품질 인자의 특성에 따라 이송 및 배출 자동화를 위한 시스템의 기능과 구조를 결정하게 된다. 장착홀더에 의한 이송 및 배출방식은 배출 알고리즘이 비교적 간단하고 배출에 따른 시스템 제어는 용이하나 장착부를 포함한 이송장치가 복잡해지고 이송 배출 시스템이 고가 대형화가 되는 문제점이 있다. 반면 장착홀더가 없이 무작위로 이송하면서 배출하는 방식은 전반적인 시스템의 구조는 간단해지나 대상체의 위치 감지가 필요하고 전체적인 시스템 제어가 복잡해지는 문제가 있다. 또한 적용 대상체에 따라서는 대상체간 최소 간격을 유지해 주는 추가장치가 필요하다.

본 논문에서는 장착홀더가 없는 상태에서 이송간

격이 일정하지 않은 무작위 상태로 이송되는 대상체에 대하여 일련의 배출구들이 설치되어 있는 컨베이어 상에 위치하는 대상체들을 결정된 등급에 따라 동시에 정해진 배출구로 배출하는 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘을 설치한 제어기를 제작하여 등급판정에 따른 배출성능을 검정하였다.

성능시험 결과 등급데이터에 따른 대상체의 실시간 다채널 배출 알고리즘과 배출장치는 성공적으로 작동하였다. 농립축수산물의 등급판정에 따른 자동 선별장치 구축에 있어서 본 논문에서 제안한 배출 알고리즘과 제어기는 특별히 대상체를 장착하는 홀더를 설치할 필요가 없이 컨베이어로 이송되는 대상체의 배출작업에 일괄적으로 적용할 수 있어 향후 선별장치의 개발에 쉽게 응용될 수 있을 것으로 기대한다.

#### 참 고 문 헌

1. 김영배, 하덕모, 김창식. 1990. 우리 나라 쌀의 도정 품위 특성. 식품과학 22(2):199-205.
2. 노상하, 이종환, 이승훈. 1992. 흑백 영상처리를 이용한 과일 선별기 개발에 관한 연구 - 크기 및 선택 판정. 한국농업기계학회지 17(4):354-363.
3. 송진희. 1997. 세란, 선별, 자동포장기는 어떻게 선별할 것인가? 월간 양계 2:74-77.
4. 황 현, 이충호, 이대원, 최창현. 1995. 컨베이어 이송버섯에 대한 실시간 등급판정 기술개발 및 선별 자동화 시스템 연구. 농촌진흥청 농업과학 논문집 37:199-208.