

## 지능형 미소비균일체 계수기의 성능개선

# Performance Improvement of Smart Counter for Uneven Small Grain

조 시 형\*      박 찬 원\*\*  
Cho, Si-Hyeong      Park, Chan-Won

### Abstract

This paper presents the development of smart counting system that is proper for grains with uneven unit weight or shape. This device can detect the small differences of a light beam and count the pulse from wave shape control, when the grain is going on the light screen, which is made by the light beam screen sensor. It can, different from the former conventional device, distinct the uneven grains for counting detect, by using the dedicated hardware and the software algorithm of the light sensor.

키워드 : 미소비균일체, 지능형 계수기  
Keywords : *small grain, smart counter*

### 1. 서론

최근 센서 기술과 신호처리기술의 발달은 계량분야에도 획기적인 기술변화를 이룩하여 각종 계량계수장치들이 지능화되고 정밀한 계량기로서 역할을 수행하고 있다. 이와 함께 현재 유통물류 분야에서 단위포장의 경우 중량계량보다 계수포장이 선호되고 있으며 미소물체의 경우에는 계수포장이 중유별 특성상 여러 가지 어려움에 있다. 최근의 계량관련 센서와 부품기술의 발달로 일반적인 미소물체의 계수(count)는 일정량의 개수를 미리 알고 있는 부피의 무게(total weight)를 계량한 후 그 무게를 개수로 나누어 단위중량(unit weight)을 산출하고 기억하여 이후 계량대에 올려지는 부피의

개수를 자동으로 산출하는 계수저울(count scale)의 방법을 사용한다. 이 방법에 의한 계수의 경우, 각 미소물체의 단위중량이 일정한 정밀가공부품 같은 경우는 계수오차가 적으나 크기가 일정치 않거나 모양이 서로 다른 종자등과 같은 곡물(grain)의 경우 측정에 어려움이 생길 수밖에 없다. 본 연구는 불균일한 미소가공물 또는 식물의 육종(育種)과 같은 미소물체를 감지하고 계수하기 위하여 적외선 LED를 이용한 송수광센싱부를 light beam screen sensor array로 구성하고 이를 이용하여 광막을 형성하고 미소물체가 이를 통과할 때 발생하는 광의 파동을 검출하는 것을 기본원리로 하는 센싱 기술을 이용한 지능형 계수기에 관한 것이다. 본 연구에서는 이러한 기술을 해결하기 위하여 지금까지 몇종류의 초기 기술을 개발하였으나 실제 운용하여 본 바 다양한 종류의 씨앗들을 정확히 구별 계수하는데 기술적으로 어려움이 많았다. 따라서 이러한 연구경험을 토대로 센서부에 one chip CPU를 탑재하고 지연회로를 대폭 보강하는 등의 아날로그회로의 재설계와 이를 최적으로 운

\* 강원대학교 전기전자공학과 박사과정  
\*\* 강원대학교 전기전자공학과 교수, 공학박사,  
교신저자

용하는 소프트웨어를 개발하여 기존의 성능을 대폭적으로 개선하였으며 특히 다양한 종류의 샘플에 대한 계수오차를 획기적으로 줄일수 있었다.

## 2. 본론

### 2.1 광막형성방식의 원리

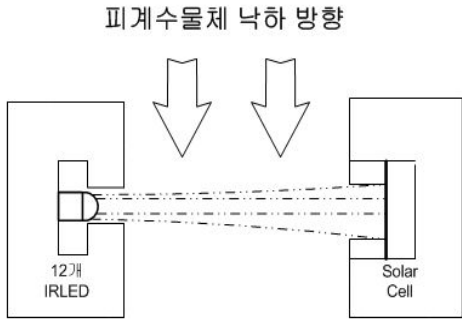


그림 1 송수광부의 광막 형성원리

본 계수기는 그림 1에서와 같이 송신용 적외선 발광 LED 여러개를 일렬로 광막스크린을 구성하고 수광부에는 태양 전지소자를 장치하여 평소에는 LED 빛에 의한 일정한 전압이 검출 되도록 하였다. 디스펜서를 이용하여 광막구성 사각형 스크린 한가운데로 피검출 씨앗이 낙하 통과하면 미세한 빛의 변화가 일어나고 이는 태양전지 수광소자에 수 $\mu$ V 정도의 미세한 전위변화를 발생시켜 감지하게 되고 이를 증폭기와 필터에 의해 카운터가 인식할 수 있을 정도의 전압 펄스로 정형하여 디지털적으로 계수 하는 방식을 기본원리로 한다.

### 2.2 전체 시스템 구성

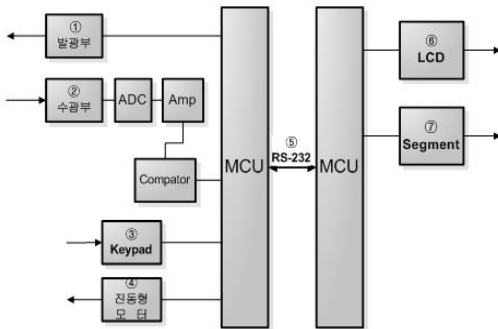


그림 2 전체 시스템 블록도

광막센싱 계수시스템을 구현하기 위한 시스템의 전체 구성은 센서부, 제어부(CPU), 모터구동부, 전원부로 구분된다. 광막을 통과하는 무게와 크기가 서로다른 식물류의 씨앗을 계수하기 위한 장치로서 동시다발적인 물체를 센서부의 수광부에서 받아 CPU 즉, 마이크로 컨트롤러를 이용한 정확한 카운터로 센싱하는 시스템으로 구성하였다.

### 2.3 CPU 구성

그림 3과 같이 본 장치는 Main과 Sub 2개의 CPU로 구성되어있다.

Main CPU는 장치의 모든 동작을 셋팅할 수 있는 키 입력부, 피계수물체를 감지하는 센서부, 메모리와 같이 입력 데이터를 처리하여 LCD창에 나타낼 수 있도록 RS-232 serial 통신을 이용하여 Sub CPU에 데이터를 전송하는 역할을 한다.

Sub CPU는 Main CPU에서 다루지 않는 그 외의 모든 구동 장치 즉, 모터, FAN과 같은 장치를 제어하고 LCD 화면에 출력정보가 나타나도록 하는 역할을 한다. 모터는 AC 모터를 쓰기 때문에 Phase Detect를 이용하여 Positive 전압만 인가하도록 설계하였다.

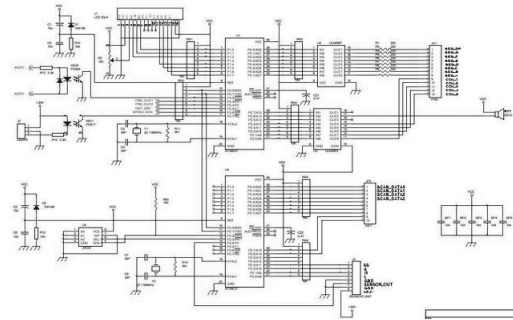


그림 3 CPU 회로도

### 2.4 센서부 구성

센서부에서는 광막을 통과하는 물체에 의한 수 $\mu$ V 정도의 미세한 전위변화를 감지하고 이를 증폭하고 필터링하는 기능을 한다. light beam screen sensor는 적외선을 송신하며 정전류 방식의 회로 구성에 의해 가장 적합한 전류를 흘릴 수 있도록 조절이 가능하게 구성되어 있다. 또한 미소물체의 크기에 따라 오차가 발생할 수 있다는 문제점으로 인하여 SS, S, m, M, l, L 총 6개의 gain으로서 크기에 맞게 지연을 달리하여 미소물체의 크기에 따라 고정증폭을 마친 펄스는 지연회로를 통한 차등지연방법을 사용 하였다. 그림 4는 센서부의 구성도를 나타낸 것이며, 그림 5는 완성된 센서부의 신호처리판과 송수광센서부를 나타낸 것이고, 그림 6은 센서부의 회로도이다.

light beam screen sensor를 이용하여 생성한 광

막으로 미소물체가 통과할 때, 변화되는 미세한 마이크로볼트 레벨의 전위차를 RC미분회로에 통과시켜 변화신호의 교류분만을 검출하고 이를 op로 구성된 증폭기와 미분기를 통해 고정증폭하게 된다. 1차 증폭을 마친 파형은 옴셋을 제거한 교류분만을 통과시켜 2차 증폭을 하게되고 그 파형은 음의 파형을 제거하는 정류를 한 후 1차 지연회로로 파형을 정형, 잡음이 아닌 일정레벨 이상의 신호를 비교 검출하게 된다. 이는 다시 2차에 걸친 지연회로를 통해 CPU 입력레벨에 맞게 active low로 반전시키고 이상의 아날로그 회로로 최대한 유용한 디지털계수신호에 근접하도록 CPU인터럽트 신호로 입력하게 된다. 이후 CPU에서는 후술하는 소프트웨어처리로 명확한 입력파형을 종자의 종류에 따라 상한한 펄스폭을 비교하고 씨앗의 종류와 모양 낙하상태등을 고려한 최적의 경험적 알고리즘으로 한 개의 씨앗이 한 개의 펄스가 출력되도록 소프트웨어를 수행한다. 최종 계수펄스는 OUT 단자로 출력되어 이후 종자계수기 주장치회로 CPU로 입력된다. 그림 7은 지연회로를 통해 정형화 된 파형의 예를 포착한 사진이다.

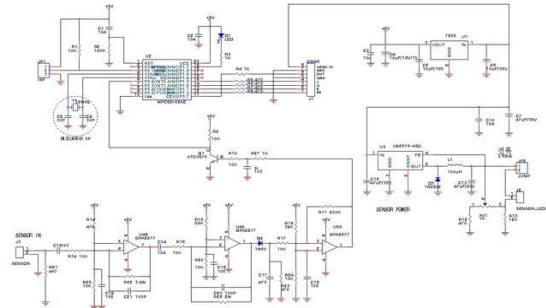


그림 6 센서부 회로도

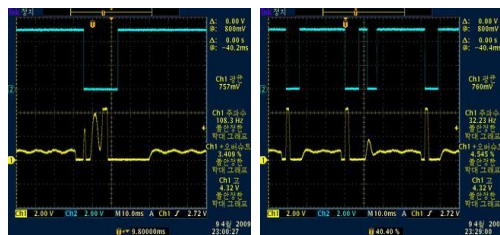


그림 7 지연회로를 통해 정형화 된 파형

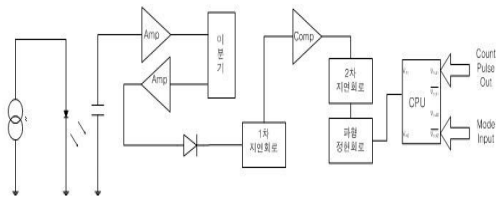


그림 4 센서부 구성도

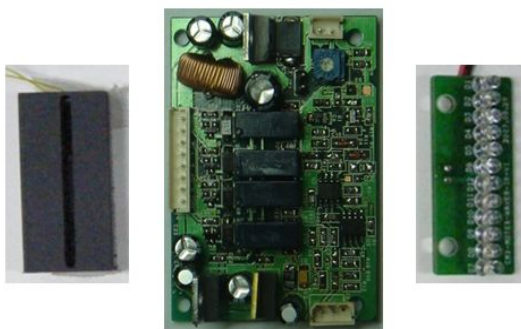


그림 5 센서부 신호처리기관과 송수광센서부

그림 7에서 좌측의 아래쪽 파형은 비균일한 미소물체가 광막을 통과했을 때 생긴 파형이다. 펄스는 세 개가 발생했지만, 실질적인 하나의 물체를 하드웨어적인 지연회로를 통해 CPU에서 하나로 인식하도록 하게한 파형을 위쪽 파형으로 보여주고 있다.

우측의 파형은 더욱 극단적인 예로 디지털 물리적 오차로 인해 한 개의 물체에서 두 개의 펄스가 생긴 것을 이중 지연회로에서 커패시터가 일정한 시정수로 방전되도록 하여 정해진 일정 시간 이내이면 CPU에서 하나의 물체로 처리하도록 한 파형의 예를 보여주고 있다.

미소비균일체를 센싱함에 있어 최소한 오차를 줄이기 위하여 디스펜서를 이용하여 미소비균일체 하나씩 송수광부에서 형성된 광막을 통과할 수 있도록 조절하였다.

## 2.5 소프트웨어 처리 알고리즘

CPU에서는 MAIN과 TIMER INT 두 개의 프로그램이 서로 독립적으로 반복한다. MAIN 프로그램에서는 씨앗의 종류에 따라 상한과 하한펄스시간으로 구분된 6단계의 펄스길이의 시간을 설정하고 DPTR을 0으로 셋팅한 후 입력되는 펄스의 길이를 타이머 인터럽트에서 up count하여 부족처리인가, 정상처리인가를 확인하는 방법을 사용하였다. 이는 씨앗의 신호가 일정시간(low limit) 유지되는가를 확인하기 위함이다.

부족처리일 경우, 이전의 카운트하던 값을 가져와 연속하여 카운트 값을 올리도록 하고 이때 카운터 값이 정상일 경우 정상처리를 하여 펄스값을 출력

하게 되고, 정상이 아닐 경우 에러처리를 하게되며 카운터 값은 무시된다.

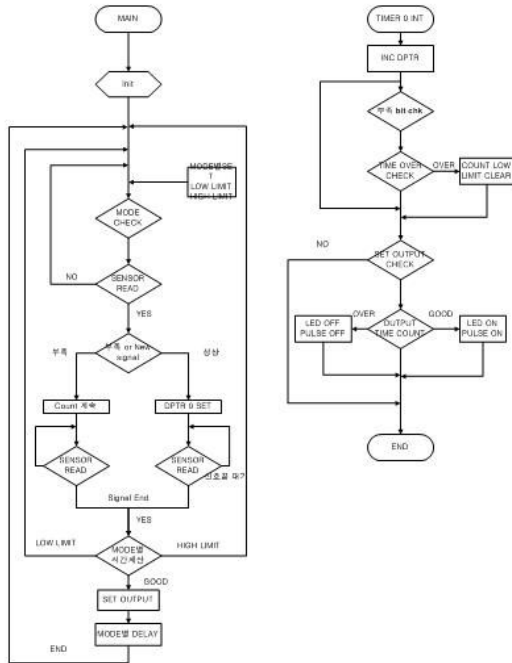


그림 8 센서부 전용 프로세서의 순차도

정상처리일 경우, 센서 시그널이 종료되는가를 대기 loop를 통해서 기다리게 된다. 이때 DPTR의 증가 카운트 값을, 설정된 mode 별로 limit 값과 비교하여 부족과 정상을 처리하게 되며 정상일 경우 펄스를 출력하여 정상임을 알리게 된다. 이때 잡음이나 씨앗의 난반사로 인한 교란 펄스, 크기가 많이 차이가 나는 불량입자등을 구분하는 프로그램의 수행으로 무효처리된 카운트는 계수펄스를 출력하지 않는다.

TIMER INT는 약 0.1mS마다 발생하는 내부 인터럽트 프로그램으로 매순간 발생 시 마다 펄스 카운트를 증가시키고 카운트 부족과 오버를 체크하는 역할을한다.

그림 8은 이를 나타낸 센서부의 전용처리프로세서의 프로그램 순차도이다.

### 2.6 미소비균일체 계수기의 성능평가

개발된 계수기는 mode별 setting 값의 low limit와 high limit 설정하여 오차를 최대한 줄이도록 하였다. 성능 평가를 해보았을 때, 표 1과 같이 가장 작은 민들레 씨앗을 증폭 gain 값을 SS로 설정하여 1,000개씩 10회 계수 했을 때 오차는 1,000개당 1개 정도의 오차가 발생하였고, 좁쌀의 경우 증

폭 gain을 S로 설정하여 1,000개씩 10회 계수 하였을 때 1,000개당 1개정도의 오차가 나타났다. 쌀의 경우 증폭 gain을 M으로 설정하고 10,000개씩 10회 계수하였을 때, 10,000개당 1개 정도의 오차가 발생하였고, 콩의 경우 증폭 gain을 L로 설정하고 10,000씩 20회 계수하였을 때, 100,000개당 1개 정도의 오차가 발생하였다. 또한 표 2와 같이 mode별 setting 값의 low limit와 high limit를 설정해두어 크기에 따른 오차를 최대한 줄이도록 하였다. 그림 9는 완성된 미소비균일체 계수기이다.

표 1 크기종류별 실험결과와 오차수준

종류	증폭 Gain	오차율
민들레 씨앗	SS	0.1%
좁쌀	S	0.1%
쌀	M	0.01%
콩	L	0.001%

표 2 mode별 setting

증폭 gain	Low Limit	High Limit
SS	30	150
S	40	160
m	50	180
M	60	200
l	70	255
L	80	255이상



그림 9 완성된 계수기

### 3. 결론

검출된 과형은 씨앗의 종류, 크기, 속도, 색깔등에 따라 다양하고 복잡한 과형으로 나타나는데 이신

호를 다양한 경험과 실험으로 분석하여 가장 계수 오차를 줄일 수 있는 방법을 하드웨어 회로와 소프트웨어 신호처리법을 이용하여 고안하였다. 계수 하고자하는 미소물체의 표본 오차가 큰 경우 기존의 일률적인 단위주량계수 방식은 큰 오차를 발생하므로 광막을 형성하는 CPU가 탑재된 센싱부를 구성하고 지연회로를 대폭보강하고 이를 보완하는 소프트웨어의 개발함으로써 계수 오차를 확연히 줄일 수 있었다. 기존연구의 경우, 수신된 미소전압을 카운트레벨로 올리기 위하여 증폭기의 증폭률을 높이면 노이즈와 불량입자의 신호가 함께 증폭되고 이를 유효카운트와 구분하기가 힘들어 오차의 발생요인이 되었다. 또한 크기가 10mm 정도인 얇은 타원평면형의 씨앗의 경우 센서 광막으로 정상으로 낙하하여도 낙하 방향에 따라 센서 시그널에 잡음으로 인식되는 경우가 있었다. 이번 개선 연구에서 하드웨어로 최대한 파형을 정형화하여 1차로 오차율을 줄이기도 하지만 하드웨어 기술만으로는 다양한 씨앗의 검출파형을 일일이 오차 없이 계수하기가 불가능하므로 소프트웨어에 의한 유효카운트처리 알고리즘을 고안함으로써 검출파형의 유형과 이에 따른 펄스 개수를 분석함으로써 유효계수값의 분별이 가능하게 되었다. 따라서 하드웨어 증폭률을 더 많이 올릴수가 있어 이로써 큰 씨앗에서부터 아주 미세한 씨앗까지 구별 가능한 분별력을 구비하고 계수오차를 줄임으로써 다른 종류의 미소불균일 물체의 계수에서도 뛰어난 안정적 오차 성능을 확보 하였다. 본 기술의 개발을 통해 육종관련 작업의 효율을 증대 시킬 뿐 아니라 지금까지 수작업에 의존해 온 노동력의 손실을 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

- [6] J.G. Webster, *The Measurement Instrumentation and Sensors Handbook*, CRC press, 1999.
- [7] 高橋 清, 小長井 誠, *센서 전자트로닉스*, 昭晃堂, 2000.

### 참 고 문 헌

- [1] Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll, *Operational Amplifiers and Linear ICs*, Prentice Hall, 2007.
- [2] Jon S. Wilson, "Sensor Technology Handbook" Newnes, 2006.
- [3] Ramon Pallas-Areny, *Sensors and Signal Conditioning*, John Willey & Sons Inc. 2003.
- [4] Stephen D., *Interfacing : A Laboratory Approach Using the Microcomputer for Instrumentation, Data Analysis and Control*, University of California, Berkeley, Prentice Hall, 1990.
- [5] Joseph H. Carr, *Elements of Electronic Instrumentation and Measurement*, 3th ed., Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1996.