

곡물선별기의 선별력 향상을 위한 근거리적외선 영상보드 개발

이채욱¹

¹대구대학교 정보통신공학부

Development of Near Infrared Radiation Image Board for Performance Improvement of Grain Sorter

Chae-Wook Lee¹

¹Division of Computer and Communication Engineering, Daegu University

요 약 현재 곡물선별기는 대부분 CCD 광학카메라를 이용하여 불량품을 찾아내고 있다. 본 논문에서는 CCD 카메라를 이용함과 동시에 근거리적외선 센서의 수분측정 방법을 추가하여 곡물선별기의 선별력향상을 목표로 한다. 그리고 구현한 알고리즘을 곡물선별기에 실제로 적용할 수 있도록 근거리적외선 영상보드 시스템을 개발하여, 원료의 내부 수분 함량을 고속으로 체크하여 일정함량 미달인 경우 불량으로 간주하여, 불량품을 실시간으로 제거하는 곡물선별기 시스템을 개발하고자 한다.

- 주제어 : 곡물선별기, 근거리적외선 센서, 영상보드, CCD 광학카메라, 피드 컨트롤러

Abstract Currently, most of the grain sorter uses CCD optic camera to find defective products. The aim of this paper is to use the CCD camera, and aim for improving the sorting power of the grain separator by using NIR(Near Infrared Radiation) sensor based on moisture content measurement algorithm. We intend to develop a system to develop an NFC imaging system in real time by developing an NIR imaging system and developing the grain sorter system that is considered to be defective in real time by checking the internal moisture content of the raw material in the real time.

- Key Words : Grain sorter, Near infrared radiation sensor, Image board system, CCD optic camera, Feed controller

Received 29 April 2017, Revised 19 May 2017, Accepted 01 June 2017

* Corresponding Author C.W. Lee, Division of Computer and communication Engineering, Daegu University, , Daegudae-ro 201, gyeongsangbukdo, Korea.

I. 서론

우리가 주식으로 하고 있는 쌀이나 곡물들은 대부분 곡물 선별기(grain sorter)를 이용하여 선별하고 있다. 그림 1에서 보듯이 곡물 선별기는 상부의 호퍼(hopper)로 원료를 공급하면 피더(feeder)를 통과하여 경사진 분리 슈트(chute)를 타고 내려온 원료를 실시간으로 광학 CCD 센서로 불량원료를 체크하게 된다. 그리고 고속 공기총을 이용하여 불량원료를 분리시킴으로서 양품만의 원료를 선별하는 시스템이다 [1].

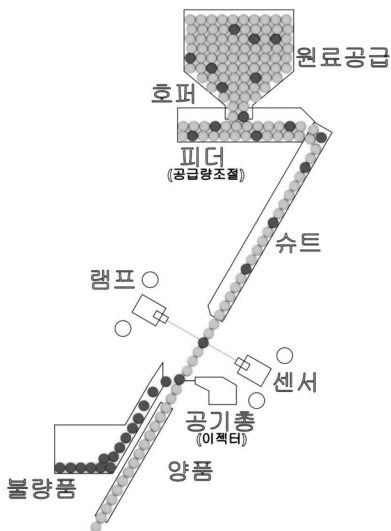


Fig. 1. System of grain sorter

곡물선별기의 선별 과정은 크게 두 단계로 나눌 수 있는데, 1차에서 선별된 양품은 곧 포장이며 1차 불량은 2차로 넘어가게 되고, 2차 양품은 다시 1차로 가게 된다. 이때 2차에서 나오는 것은 최종 불량이다. 곡물선별기의 성능을 좌우하는 것은 선별력이라 할 수 있다.

시스템 개발에 있어서 선별력을 좌우하는 가장 중요한 요소는 광학 선별 센서이다. 선별력은 얼마나 불량을 잘 골라내는 선별 센서를 가지고 있는가로 판별할 수 있다. 일반적으로 곡물을 선별하는 방식으로 포토센서 선별방식과 CCD 센서 선별방식으로 나눌 수 있다. 현재 외국에서 수입하는 선별기 혹은

일부 국내에서 개발된 제품들은 대부분 CCD 센서 선별방식을 적용한 색채 선별기(color sorter) 제품이 개발 및 판매되고 있다.

그 이유는 CCD 센서 선별방식이 포토센서 선별방식보다 많은 양의 원료를 한꺼번에 선별할 수 있기 때문이다. 최근에는 기하학적 왜곡비율을 보정하는 방식의 색채선별기도 개발되었고, 디지털 주파수 및 진폭을 조정하는 마이컴 피드백제어컨트롤러 회로도 개발되고 있다.

그림 2에 선별을 필요로 하는 원료 중 일부분을 보인다. 이외에도 많은 종류의 원료가 있다. 똑같은 원료라도 이물질이 들어가는 형태에 따라 다르고, 이에 따른 상태에 따라 시장가격이 형성되고 있어 가능한 무결점 원료생산을 목표로 하고 있다.

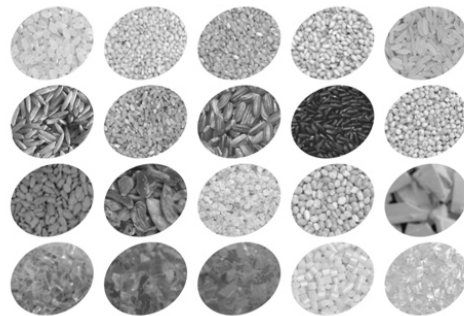


Fig. 2. Several sorted materials

그러나 색채선별기는 수확한 곡물에 섞여있는 이물질이나 불완전체를 선별해 일정한 등급으로 분류하는 장치로, 대부분 CCD 카메라를 이용하여 선별하기 때문에 색(color)을 인식하여, 선별하는 방식으로 색채곡물선별작업에 있어서, 원료 자체의 불량(썩은 쌀, 미숙미, 벌레먹은 쌀 등)은 선별하기 유용하지만, 생산환경에 따라서 쌀과 섞여서 들어오는 유리, 플라스틱, 레진 등 투명한 물체 혹은 쌀과 유사한 색깔의 이물질은 선별하기 어렵다[2][3].

본 연구에서는 이러한 곡물선별기의 문제점을 해결하기 위하여(곡물선별기의 선별력 향상을 위하여) 근거리 적외선(Near Infrared radiation; NIR)의 성질을 이용한다. 적외선은 물(수분)을 흡수하고 그 양에 따라 반사강도가 달라지는데, 이와 같은 성질을 이용하여 선별하고자 하는 원료를 조사함으로써 원료와

흡사한 색을 가지거나 비슷한 모양을 가진 이물질들을 선별할 수 있는 수분함량을 측정할 수 있는 방법을 이용하고자 한다 [4]. [5].

그리고 근거리적외선 센서를 이용하여 개발한 알고리즘을 곡물선별기에 적용하여 각 원료들이 가지고 있는 수분 양에 따라 달라지는 근적외선 값의 변화로 원료와 이물질을 선별 할 수 있는 영상보드를 개발하고자 한다. 이는 쌀에는 수분이 있고 투명플라스틱에는 수분이 없다는 점에 착안한 것이다.

II. 수분함량에 따른 선별 방법

일반적으로 적외선은 물(수분)을 흡수하고 그 양에 따라 반사강도가 달라지는데 이번 연구의 착안점은 이와 같은 성질을 이용하여 선별하고자 하는 원료를 조사함으로써 원료와 흡사한 색을 가지거나 비슷한 모양을 가진 이물질을 선별할 수 있도록 하는 것이다.

근적외선 영역에서 식물을 구성하고 있는 유기화합물인 C-H, O-H, N-H 결합에서의 흡수가 확연하게 나타나는 것을 이용하는 것이 중요하다. 이는 근적외선의 고유한 특성이며, 적외선 영역의 빛은 분자와 상호작용을 일으켜 진동에너지와 일치하는 파장의 빛을 흡수하는데 이때 나오는 빛은 분자의 구조와 농도에 직접적인 연관이 있어 원료에 대한 정보를 제공하게 된다.

NIR 영상보드를 이용한 시료의 수분함량에 따른 선별방법은 할로겐 램프에서 나온 빛을 사용하여 시료를 통과하거나 반사될 때 물 분자에 의해서 특정한 파장이 흡수되어서 NIR Lens에 다다르고, 빛은 시료에 포함된 수분함량에 따라서 NIR Sensor 에 빛의 흡광도가 비례해서 나타난다. 그리고 측정된 흡광도에 선별 레벨을 설정하여 시료를 선별하는 방법을 이용한다 [6][7].

원료가 투입이 되면 자유낙하에 의하여 슈트를 따라 그림 3과 같이 아래로 흐르게 된다. 이때 CCD 카메라뿐만 아니라 근적외선 센서를 이용하여 흐르는 원료를 초고속으로 원료가 가지고 있는 수분을 스캔하고 일정 수분이하의 시료를 에어 벨브에 신호를 보내어 불량품을 간주하고 빠라는 신호는 보내게 되고, 에어건에서 일정량의 에어를 불량품에 샷하게

되면 불량품이 양품과 섞이지 않게 되는 것이다.

여기서 중요한 것은 떨어지는 원료를 얼마나 빨리 스캔하는지, 양품과 불량을 얼마나 빨리 판단하여 에어건으로 신호를 보내는지, 보낸 신호에 따라 얼마나 정확하게 에어건이 불량품을 불어내는데 따라 성공여부가 결정된다 [8].

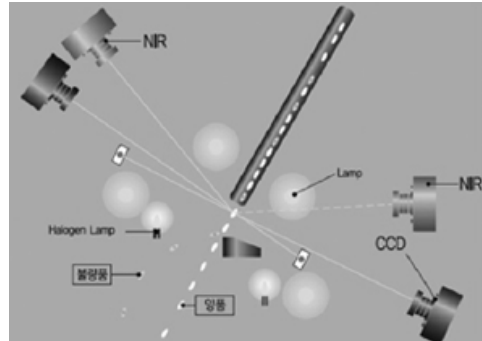


Fig. 3. Sorting method of materials

III. 근거리적외선 영상보드 시스템

본 논문에서 개발한 영상보드 시스템은 전원부, 통신 및 제어부, NIR 영상처리부, NIR 센서부, NIR 렌즈 부로 구성되어 있다.

DC 전압은 저항이나 다이오드 등을 통해 입력전압보다 낮은 전압으로 쉽게 바꿀 수 있다. 그런데 저항을 사용하면 전력소모가 일어나 전력에 비해 출력전력이 떨어져서 효율이 나빠진다. 그래서 부하의 종류, 주변온도에 상관없이 입력된 DC 전압을 낮추어 일정한 DC전압을 출력하는 Regulator IC 를 사용한다.

본 논문에서 전원부를 Switching 방식 과 Linear 방식의 Regulator IC 모두 채택하여 넓은 입력전압 범위에서 안정적인 회로 구동 전원이 공급이 되도록 개발하였다.

적외선 센서는 사용 재료와 작동 원리에 따라 크게 양자형(photon) 적외선 센서와 열형(thermal) 적외선 센서로 나눌 수 있다. 양자형 적외선 센서는 적외선의 양자를 흡수해서 전하 캐리어(charge carrier)로 직접 변환하는 센서이고 순수 반도체를 이용한 진성형(intrinsic type)과, 불순물을 첨가한 외인성형(extrinsic type)으로 분류되어진다. 근적외선 검출에

적합한 적외선 센서로는 양자형 적외선 센서중에 광기전력 효과를 이용한 InGaAs Pin 포토 다이오드가 있다. InGaAs Pin 포토 다이오드는 실리콘 반도체보다 에너지 갭이 더 작기 때문에 더 긴 파장 범위에 대해서 감도를 가진다. 근적외선 검출부는 센서부, 센서 제어부, 센서 구동부로 나누어지고 센서부는 InGaAs Pin 포토 다이오드 타입 중 근적외선 감지에 적합한 0.9~1.7um 감지영역을 가진 G11135-256DD 센서를 사용하였다.

영상 처리부는 Gain Amplifier AD603 와 Signal Processor 인 AD9840A 사용하여 근적외선 센서부에서 출력된 Video 신호를 보정하고 10bit Digital Data 로 변환한다. 근적외선 센서부의 Video 신호를 VINP(Amplifier Input)에 입력하여 Gain Control Input High 와 Low 에 전압을 인가하여 카메라 렌즈의 왜곡에 의해서 발생된 신호를 8개의 구간으로 구분하여 구간별로 Gain을 증폭하여 보정한 영상신호를 VOUT(Amplifier Output) 로 출력하여, 근거리 적외선 센서를 이용한 최종 영상보드시스템을 개발하였다.

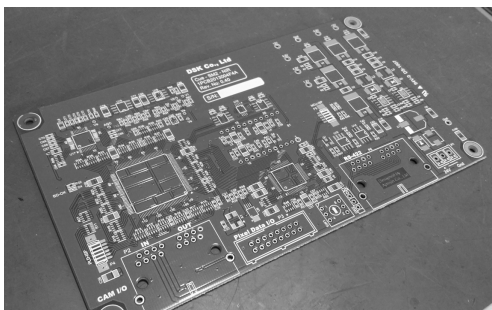


Fig. 4. NIR Image board system



Fig. 5. NIR board and camera system

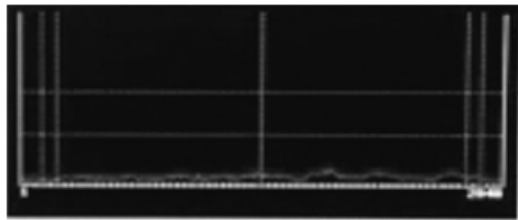


Fig. 6. Grain sorter NIR image board system

IV. 실험 및 결론

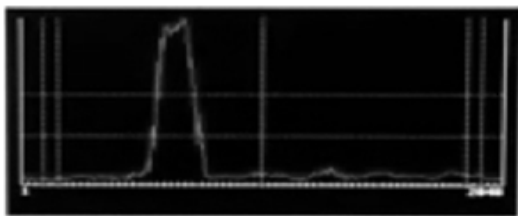
원료(쌀)와 유사한 이물질인 플라스틱, 레진 등 원료와 혼합하여 시험 한 결과 근적외선센서가 이물질을 확인했을 때 불량시료를 인식하고 선별하는 파형의 변화 확인을 보면 다음과 같다.

파형1. NIR 센서 양품시로 파형



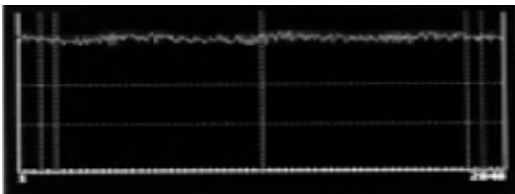
NIR Sensor Board 동작 시 양품일 경우 붉은색파형처럼 균일하게 불량원료가 없음을 나타낸다.

파형2. NIR 센서 불량품시로 파형

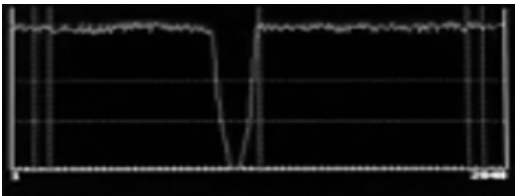


선별 중 불량원료(플라스틱, 유리, 레진 등 원료인 쌀과 흡사한 이물질)를 인식하는 순간 NIR Sensor Board가 설정된 흡광도 레벨과 다를 경우, 이를 감지하고 에어건으로 신호를 보내 에어건에서 이물질을 제거한다. 최종적으로 NIR 영상처리에서 원료별 검출 레벨설정과 센서가 받아들이는 근적외선의 양에 따라 원료인 실험군 쌀과 대조군 흰색플라스틱을 선별 할 수 있는지를 파형을 통해 검출하였다.

파형3. CCD 센서 양품시료 파형변화



파형4. CCD 센서 불량품시료 파형변화



실제로 곡물선별기에서 CCD카메라로 선별 할 경우 색(Color)으로만 불량을 검출하여 원료의 색과 흡사한 불량물질(유리, 레진, 플라스틱 등)은 선별 할 수 가 없었다. 이런 이유로 선별을 1차, 2차, 심지어 5차까지 하는 경우가 있어 시간적으로나 비용적으로 많은 손실을 입고 있고, 이 손실은 공급가 인상으로 이어져 결국 소비자가 부담하고 있는 상황이다. 대부분의 원료 생산 업체들이 곡물선별기를 사용함으로써 예전보다 품질이 월등히 좋아졌지만, 간혹 원료와 흡사한 이물질들이 유통되고 있는 제품을 볼 수 있다. 이는 양품원료가 아닌데 색이 비슷하여 불량으로 선별을 하지 못해 발생하는 이유인데, 이를 개선하기 위하여 근적외선센서를 이용하여 이러한 문제점을 극복하였다. 근적외선센서의 경우 할로겐에서 방출되는 근적외선을 원료에 조사했을 때 근적외선센서가 받아들이는 값, 즉 설정된 흡광도 레벨 값과 다를 때 이를 불량이라고 판단하여 선별하는 알고리즘을

이용하였다.

본 연구에서 개발한 근적외선 센서 영상보드를 개발하여 곡물선별기에 적용함으로써 CCD카메라 선별에서 검출하기 힘든 부분을 NIR카메라가 보완해줌으로써 선별시간을 단축하고, 품질좋은 원료를 생산 할 수 있다. 근거리적외선 센서의 적용은 단순히 외부 이물질 선별이 목표이기도 하지만 원료자체의 내부 습도 및 이형부분을 가지고도 선별할 수 있어서 다른 산업분야 접목에도 아주 유용 할 것으로 판단된다. 본 연구에서 개발한 기술을 이용하여 신호처리 기술, 피드제어 기술, 그리고 영상보정 기술 분야에 활용 가능하고, 근적외선 카메라의 수분함량 알고리즘을 활용하여 다른 원료의 곡물선별기에 활용 가능하다고 판단된다.

REFERENCES

- [1] Matsui Harujiro, "Optical sorter of grains", journal of the society of powder technology, Japan, pp.147-149, 1983.
- [2] Y.S. Ha,, "An Analysis of Design Factors of Green-Group Screening Machine with Grain sorters", Journal of agriculture life sciences, Vol.47, Issue 6, 2013.
- [3] Mena Reporter, "2016 purchase of farm machinery on site technical training equipment(grain sorter), SyndiGate Media Inc, 2016.
- [4] Gely, Cristina,Maria, Pagano, "Effect of moisture content on engineering properties of grain sorters", Agricultural engineering internationa, CIGR journal, pp200-209, Vol.19, Aug 2017.
- [5] Jamali Liaquat, Somro Shakee Ahmed, Abro Abid Ali, "Effect of grain moisture content on physico engineering properties of wheats", Journal of Agricultural Research, pp. 773-785, Vol.54, 2016.
- [6] V, Ashish, G. Virkram, "Visible and NIR image fusion using weight map guided Laplacian Gaussian pyramid for improving scene visibility", Sadhana, pp.1063-1082, 2017.
- [7] D.S Lee, "Micro-Glass Arrangement for Near Infrared Wireless Communication", A Master's Study on the Graduate School of Information

and Communication in Korea, 2000.

- [8] J.S. Cho, J. D Kim, “A study on performance improvement of air gun of grain sorter”, proceeding of korean society for precision engineering“, pp.365-366, 2010.
- [9] J.H. Jooim, “Multi-small target tracking algorithm in infrared sequential images”, Journal of the institute of signal processing and systems“, pp.33-38, Vol 14, 2013.

저자소개



이 채 욱 (Chael-Wook Leeg)

1980년 2월 한국항공대학교 통신공학과(공학사)
1990년 3월 동경공업대학 전기전자공학과(공학박사)
1990년 3월~현재 대구대학교 정보통신대학
정보통신공학부 교수
※관심분야: 디지털신호처리/광통신공학