

# 칼라센서를 이용한 작물인식장치 개발

## Crop recognition system using color sensor

엄순형*	김차현**	장익주*
정회원		정회원
S.H.Eam	C.H.Kim	I.J.Jang

### 1. 서론

칼라센서를 이용한 영상처리는 하나의 색상정보만을 마이컴을 사용하여 디지털신호로 변환하고 RS232C로 컴퓨터에서 입력받아 영상처리를 수행한다. 칼라센서는 입력받는 색상수가 하나로, 수십만에서 수백만개의 색상정보를 입력받는 CCD카메라에 비해 입력정보가 적고, 형태의 인식이 불가능하다는 단점이 있다. 이러한 단점에도 불구하고, 칼라센서를 이용한 영상처리는 입력되는 색상정보가 적기 때문에 고속처리가 가능하고, 마이컴에서 프로그래밍하여 독립된 장치로 제작하기가 용이하다. 그리고, 컴퓨터와의 통신도 별도의 장치없이 가능하며 가격이 싸다. 이러한 칼라센서의 장점을 적절히 이용한다면, 영상처리가 필요한 농업기계의 실용화를 앞당길 수 있을 것이다.

본 연구는 칼라센서를 이용한 포장에서 작물인식장치를 제작하는 것을 목표로 하였고, 실험은 색지실험과 포장실험 2가지로 나누어서 수행하였다.

색지실험을 통하여 칼라센서가 조도와 센서의 위치에 따라 색지의 표준 RGB값을 어떻게 입력받는지를 측정하여 측정값과의 조건에 따른 회귀식을 구했다. 그리고, 포장실험에서는 부와 토양, 배추와 토양을 대상으로 회귀식을 사용하여 표준 RGB색상값을 가지도록 변환하고 부, 배추와 토양 간의 색거리를 비교하여 작물과 토양을 인식하였다.

### 2. 실험장치 및 방법

#### 2.1. 장치구성

제작된 칼라센서를 이용한 작물인식장치는 그림 1과 같으며 센서모듈, 마이컴모듈, 전원모듈의 3개의 기관으로 구성하였다.

그림 2는 전체회로도, 피사체로부터 반사된 복합광은 볼록렌즈를 통해 입력되어 컬러센서에서 RGB로 분류된 광전류로 출력된다. 이 광전류는 수십 $\mu$ A로서 바로 A/D변환 할 수 없으므로 전류

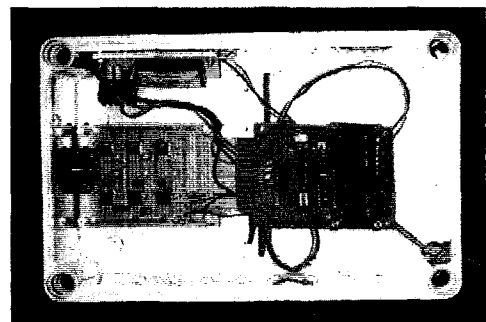


Fig 1. Crop recognition system

\* 경북대학교 농업기계공학과

\*\* 우성기전

증폭기를 통하여 0~5V의 전압으로 증폭하게 된다. 증폭을 위하여 반전 전류증폭기를 2단으로 구성하고 1차 증폭기의 출력에 VR을 삽입하여 증폭률을 조정하였다. 증폭된 RGB전압은 A/D 변환기가 내장된 마이컴 입력단자에 가해진다. 마이컴은 첨부된 프로그램과 같은 순서로 연속적으로 RGB신호를 8Bit A/D변환하고 연산하여 LCD에 표시하고, RGB값 중 최대값을 판별하여 LED를 점멸한다. 그리고, MAX232C IC를 통하여 RS232C레벨로 변환하여 PC로 데이터를 전송한다.

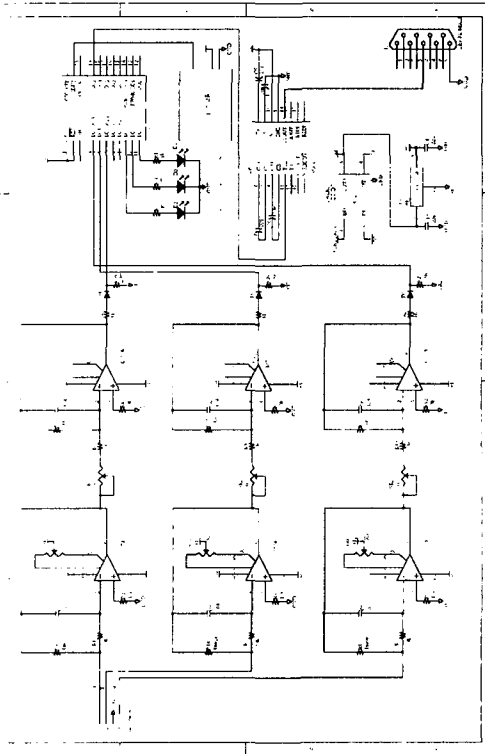


Fig 2. Complete circuit

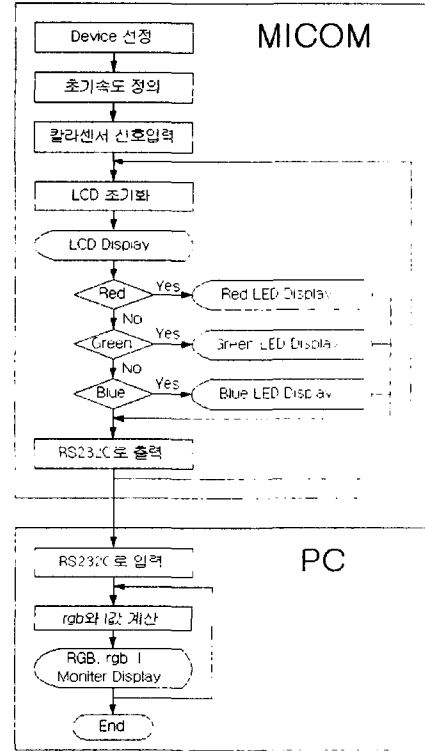


Fig 3. Flowchart

## 2.2. 마이컴과 PC의 프로그램

그림 3은 마이컴과 PC에서 사용된 프로그램의 알고리즘을 순서도로 나타낸 것이다. 마이컴에서는 PICBASIC을, PC에서는 Visual C++를 사용하여 프로그램을 작성하였다. 칼라센서에서 마이컴을 사용함으로써 전자부품의 수를 줄이고, 센서의 Calibration과 사용목적에 따라 수정이 용이하게 하였다. 마이컴에서는 RGB, I값을 LCD상에 출력하고, 가장 큰 색상을 RGB로 LED에 표시하며, RS232C로 송신하도록 프로그램을 작성하였다. PC에서는 RGB, I, rgb값을 모니터 상에 출력하고, RS232C로 수신할 수 있도록 프로그램을 작성하였다.

$$I = R + G + B, \quad r = \frac{R}{I}, \quad g = \frac{G}{I}, \quad b = \frac{B}{I} \quad (1)$$

### 2.3. 색지실험

색지를 이용한 실험은 인식할 대상의 색상, 센서가 위치한 높이, 조도에 따라 센서에서 출력된 RGB와 표준 RGB값과의 관계를 알기 위해서 수행하였다. 일반적으로 센서에서 측정된 물체의 색상값은 조도와 관찰자의 시점, 센서의 특성 등 여러가지 요인에 따라 변하므로, 색상값은 ASTM D 1729의 기준에 따라 측정된 값을 표준값으로 한다.

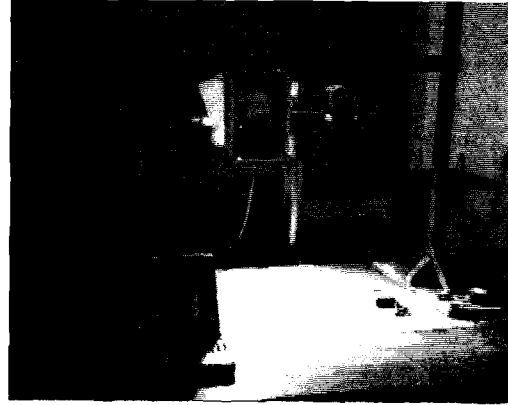


Fig 4. Experiment with colored paper

그림 4는 칼라센서를 사용한 색지실험의 모습이다. 실험은 표 1과 같이 문셀 색상환에서 10종의 무채색상을 선정하여, 센서의 높이를 25cm, 50cm, 75cm하고, 조도를 40000lx, 60000lx, 80000lx로 변환시켜 RGB데이터를 측정하였다.

Munsell Number	1/0	2/0	3/0	4/0	5/0	6/0	7/0	8/0	9/0	9.5/0
R	25.5	51	76.5	102	127.5	153	178.5	204	229.5	242.25
G	25.5	51	76.5	102	127.5	153	178.5	204	229.5	242.25
B	25.5	51	76.5	102	127.5	153	178.5	204	229.5	242.25
Color sample										

Table 1. Munsell Number and RGB value of colored paper

### 2.3. 포장실험

포장실험은 그림 5와 같이 무밭과 배추밭을 대상으로 하였다. 배추, 무, 토양에 대하여 표본집단을 2가지로 하여 하나의 표본집단에서는 무와 토양, 배추와 토양을 인식하는 기준이 되는 색상을 측정하여 대표값을 설정하고, 다른 하나의 표본집단에서는 측정된 색상값과 기준색상 간의 색거리를 비교하여 작물과 토양을 인식하고, 인식률을 평가하였다.



Fig 5. Experiment in field

2가지 표본집단에서 색상값의 측정은 센서의 높이를 25cm, 50cm, 75cm로 하고, 포장에서는 조도의 인위적인 설정이 어렵기 때문에  $40000 \pm 5000lx$ ,  $60000 \pm 5000lx$ ,  $80000 \pm 5000lx$  일때를 기다려 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 센서의 RGB값과 표준 RGB값과의 관계식 유도

색지를 대상으로 한 실험은 표준색상 색지의 RGB값과 센서에서 출력된 RGB값이 센서의 높이와 조도에 따라 어떤 상관관계를 나타내는지 규명하여 센서의 높이와 조도에 관계없이 동일한 대상을 동일한 색상값으로 인식하기 위해 실시하였다.

식 2는 회귀분석을 사용하여 구한 센서의 RGB값과 표준 RGB값과의 관계식이다.

$$\begin{aligned} t_R &= (265.0391 \ln s_R + 896.2549) e^{-0.0233h} l^{0.2780} \\ t_G &= (45.2370 \ln s_G + 75.7833) e^{-0.0481h} l^{0.5649} \\ t_B &= (22.9501 \ln s_B + 40.8000) e^{-0.0326h} l^{0.4543} \end{aligned} \quad (2)$$

$l$  :  $lx$        $h$  : sensor height       $s$  : sensor value       $t$  : standard RGB

#### 3.2. 작물과 토양의 인식

작물과 토양의 인식을 위한 포장실험은 배추밭과 무밭을 대상으로 하였다. 칼라센서를 이용하여 배추와 토양, 무와 토양을 얼마나 정확하게 인식할 수 있는지를 실험하기 위해 배추, 무, 토양을 조도와 센서의 높이를 변화시켜 칼라센서로 측정하고 식 2를 사용하여 표준 RGB값으로 변환하였다. 표 2는 배추, 무, 토양의 표준 RGB값의 평균으로 이 값을 배추, 무, 토양을 대표하는 색상값으로 하여 인식의 기준으로 사용하였다.

$$d_c = \sqrt{(R_r - R_t)^2 + (G_r - G_t)^2 + (B_r - B_t)^2} \quad (3)$$

$d_c$  : Color distance of the representative RGB and the sensor's RGB

$R_r, G_r, B_r$  : representative RGB,       $R_t, G_t, B_t$  : sensor's RGB

Color	Radish		Chinese cabbage		Soil	
	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.	Avg.	S.D.
R	102.50	21.03	117.82	12.59	81.82	15.94
G	131.94	25.58	147.85	19.33	64.04	14.13
B	65.96	22.96	64.23	17.56	41.38	9.48

Table 2. Representative RGB value of the Chines cabbage, the radish and the soil

무와 토양, 배추와 토양을 인식하기 위하여 센서의 출력값을 표준 RGB값으로 변환하고, 식 3을 사용하여 무, 배추, 토양의 대표값과의 색상간 거리를 측정하였다. 이와 같이 측정된 색상간 거리는, 그림 6과 같이 센서에서 출력된 RGB값이 RGB 색상좌표계에서 작물과 토양의 RGB값 중 어느 쪽에 더 가깝게 위치하는지를 판단하는 기준이 되므로 작물과 토양 중 가까운 거리를 가지는 대상으로 인식하였다.

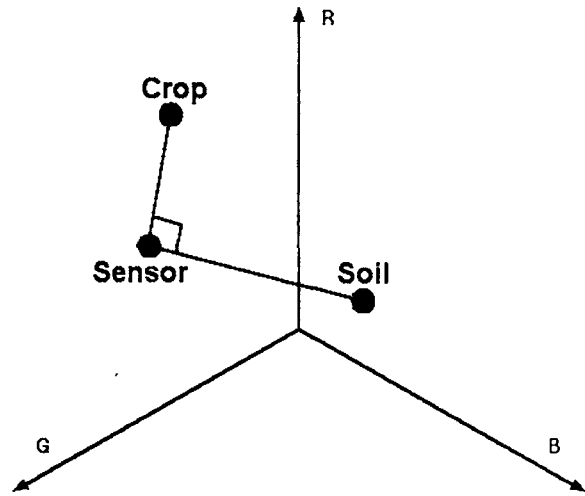


Fig 6. Color distance in the RGB coordinate

표 3과 표 4는 무와 토양, 배추와 토양의 오인식율을 나타낸 것이다. 오인식율의 전체평균은 9.3%, 9.6%로 10%이내의 오인식율을 나타내었다. 가장 큰 오인식율을 나타낸 경우는 조도 40000lx, 센서거리 75cm에서 23.3%, 26.7%의 오인식율을 나타내었는데, 이것은 40000lx에서 G값의 분해능이 낮았기 때문이다.

무와 토양, 배추와 토양의 인식실험 모두 센서거리가 낮을수록 오인식율이 낮게 나타났는데, 이는 센서와 작물간의 거리가 근접할수록 손실되는 색상정보와 잡음이 감소하기 때문이다. 조도에 따른 인식율의 변화는 60000lx에서 가장 작게 나타났는데 이는 60000lx에 적합하도록 센서의 증폭과 이득이 조정되었기 때문이다.

	25Cm	50cm	75cm	Average
40000lx	3.3%	10.0%	23.3%	12.2%
60000lx	3.3%	10.0%	10.0%	6.7%
80000lx	6.7%	6.7%	13.3%	10.0%
Average	4.4%	8.9%	15.5%	9.6%

Table 3. Recognition error ratio between the radish and the soil

	25Cm	50cm	75cm	Average
40000lx	3.3%	10.0%	26.7%	13.3%
60000lx	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%
80000lx	6.7%	6.7%	10.0%	7.8%
Average	5.6%	7.8%	14.4%	9.3%

Table 4. Recognition error ratio between the Chinese cabbage and the soil

#### 4. 요약 및 결론

칼라센서를 이용한 작물인식장치는 센서모듈, 마이컴모듈, 전원모듈의 3개의 기관으로 구성하였다. 센서모듈은 칼라센서로 입력된 빛을 전류로 변환하여 증폭하고 수동으로 잔류편차와 이득값을 조절할 수 있게 하였다. 마이컴모듈은 아날로그 전류를 디지털신호로 변환하여 LCD와 LED로 표시하고, RS232C를 사용하여 PC와 통신할 수 있도록 하였다. 전원부에서는 직연형 전원부를 구성하기위해 DC/DC converter를 사용하였다. PC에서는 RS232C로 수신된 색상정보를 모니터상에 출력하였다.

색지실험 통하여 칼라센서가 조도와 센서의 위치에 따라 색지의 표준 RGB값을 어떻게 입력받는지를 측정하여 측정값과의 조건에 따른 회귀식을 구했다. 그리고, 무와 토양, 배추와 토양을 대상으로 회귀식을 사용하여 표준 RGB색상값을 가지도록 변환하고 무, 배추와 토양의 색거리를 비교하여 작물과 토양을 인식하였다. 일련의 실험에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 센서에서 출력된 RGB값을 표준 RGB값으로 변환하는 공식을 다음과 같이 유도할 수 있었다.

$$\text{Standard RGB} = (c_0 \ln(\text{Sensor RGB}) + c_1) e^{c_2 \times (\text{Sensor height})} I_x^{c_3}$$

2. 작물과 토양의 대표값과 센서의 출력값 간의 색거리를 측정하여, 작물과 토양을 인식할 수 있었다.
3. 작물과 센서와의 거리가 근접할수록, 잔류편차와 이득설정의 기준이 된 조도에 근접할수록 작물과 토양의 인식률이 높다.

#### 5. 참고문헌

1. Harries, G. O. B. Ambler "Automatic Ploughing, A Tractor Guidance System Using Opto-electronic Remote Sensing Techniques and a Micro-Processor Based Controller, JAER, 26, 33-53, 1981
2. 太田克行, 寺尾日出男, 野口 伸, 入交智彦, 久保田守 視覚센서에 의한 農用車輪의 位置計算法의 開發(第 1報). 日本農業機械學會志, 55(6) 59~67
3. 太田克行, 寺尾日出男, 野口 伸, 入交智彦, 久保田守 視覚센서에 의한 農用車輪의 位置計算法의 開發(第 2報). 日本農業機械學會志, 56(2) : 75~83
4. 章益柱. 果樹産業의 로봇利用 展望, 果樹産業化消息. 1994
5. 김의덕 "적외 LED을 사용한 물체거리 감지회로의 설계", 1987 경북대학교 산업대학원 석사학위 논문