

Fig. 1 Automatic operation system

무인 자동 작업을 하기 위하여 사용한 주행부의 기어드 모터는 신명(SHIN MYUNG)사의 S28-VERTICAL 타입으로 400W의 출력을 내는 3상 인버터 모터로 기어비가 10:1이다. 바퀴와 모터는 4:1 기어비를 가지는 기어로 직접 연결하였다. 빔센서는 유효거리가 700mm이고 직접반사형을 사용하였다.

Table 1 Specification of motor

Type	Voltage (v)	Output (W)	Speed (RPM)	Gear ratio	Rating
S28-VERTICAL	220	400	1800	10:1	Const.

나. 제어 시스템

구동 소프트웨어는 크게 두 부분으로 분류될 수 있으며, 한 부분은 화면상의 디스플레이 및 환경설정, 경로지정, 모드선택등을 할 수 있는 경로 설정부이고 다른 한 부분은 모터의 구동을 위하여 직접 하드웨어 포트 입출력을 담당하는 모터 구동부이다. 메인부는 디자인과정이 쉽고 수정이 용이하며 사용이 간편한 비주얼 베이직을 사용하였고, 모터 구동부의 경우에는 하드웨어 포트 입출력이 용이하고 처리속도가 빠른 C++을 사용하였다.

메인부와 모터 구동부간의 연결은 메인부에서 모터 구동부로의 함수를 호출해주는 방식으로 하였으며, 이는 비주얼 베이직의 OLE 객체 삽입 기능과 외부영역 함수 호출 기능을 이용하여 작성하였다. 작물의 성장 속도에 맞춰 작업 시스템의 높이가 조절되도록 하기 위하여 작물의 크기 및 이동 중 장애물이 있으면 회피할 수 있도록 프로그램을 이용하여 제어하였다.

자동제어기능은 센서 및 프로그램을 이용하여 자동적으로 제어할 수 있으며, 복합환경제어기능을 가지고 온실의 환경조절을 복합적으로 제어하도록 하였다.

무인자동 작업 시스템의 크기는 W×L×H를 6.0×1.0×2.0m로 하여 설계하였다. 높이의 경우 재배 환경에 따라 1.2~2.0m까지 조정할 수 있도록 하였다. 작업시스템은 4개의 구동바퀴를 사용하기 때문에 다음과 같은 방법으로 부하를 계산하였다.

$$W_0 = \frac{(\text{부하하중} + \text{외력}) \times \text{안전율}}{\text{바퀴수}}$$

$$= \frac{(1000 + 5) \times 1.5}{4} = 376.875 \text{kgf}$$

자동주행기능을 수행하기 위하여 모터 구동은 프로그램을 이용하여 제어하고자 하였으며, 센서를 장착하여 입력 값을 얻고자 하였다. 살수, 방제기능은 관수, 적은 농약살포(정전대전) 및 살수를 할 수 있도록 하였고, 작업시스템의 송풍, 흡입기능은 광합성 촉진을 위한 미기상 조절(송풍) 및 해충 퇴치(흡입)을 할 수 있도록 하였다.

운반기능은 수확한 수확물 및 온실내의 작업도구의 이동을 할 수 있으며, 작동 중 작업자의 안전을 위하여 인체감지 기능을 가지고 동작할 수 있도록 하였다. 기능장치 교체기능은 사용자의 요구에 따라 교체가 가능하고 작업공정에 의한 기능장치에 의해 교환할 수 있도록 하였으며, 온실내부 이동, 온실 동간의 이동 및 높이조절이 가능하게 하여 3차원 이동을 할 수 있도록 하였다.

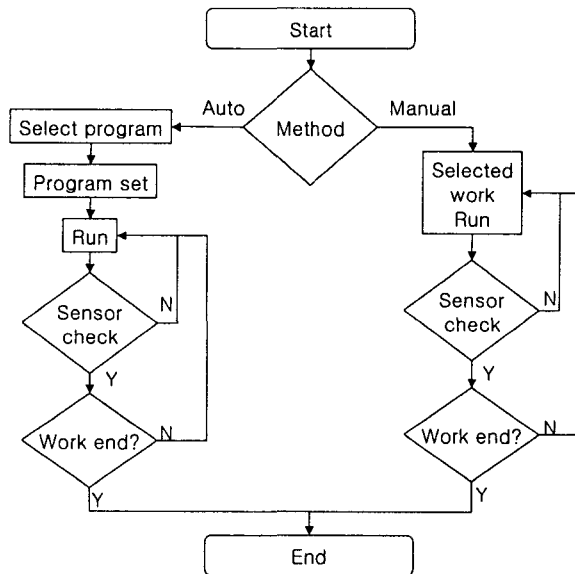


Fig. 2 Flowchart of an automatic control operation system

본 시스템의 주행부는 시설내에서 작업기의 이동을 위해 바닥에 레일을 설치하여 움직일 수 있도록 구성하였다. 바퀴는 모두 4개로 구성되며, 구동을 위한 동력은 기어드 모터를 사용하여 기어를 이용해 직접 연결하였고, 좌·우 모두 한쪽에만 동력이 전달되도록 하였다. 주행 중 레일 위에 이물질이 있을 경우 이를 제거하기 위해 스크레이퍼를 앞·뒤로 장착하였다. 또한 주행부의 제어를 위해서 바퀴 상단에 빔센서(Beam sensor)를 장착하여 레일상의 이물질 및 작업기 앞·뒤로 작업자가 있을 경우 감지할 수 있도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

가. 거리계산

이동거리는 메인 프로그램의 환경설정 모드에서 설정되어 있는 값을 직접 전달하게 되며, 모터 구동용 함수에서는 수평이동거리와 모터의 회전수를 이용하여 계산하였다. 속도는 메인 프로그램의 환경설정 모드에서 설정해 주는 값을 직접 전달받게 되며, 모터 회전속도와 모터 1회전당 이동거리를 이용하여 계산하였다.

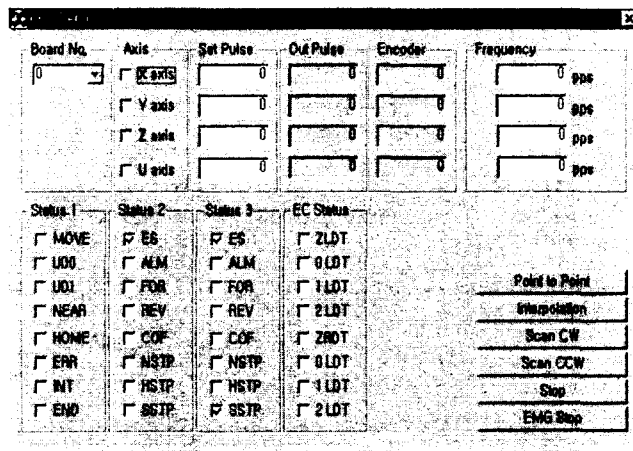


Fig. 3 Computer screen of the main program

거리는 모터 컨트롤러에 의해 하드웨어적으로 처리되는 시간이 약 0.4초 발생했으나, 이동거리는 바퀴의 회전수와 일치하였다.

나. 제어 실험

환경설정 모드 인자들의 설정을 해준 후 곧바로 하부모드로의 이동이 가능하도록 하였

고, 각 하부모드에서 작업이 종료된 후에는 다시 환경설정 모드로 되돌아가도록 하였다.

환경설정은 실내실험에서 경로변경을 한 결과 속도, 거리 및 방향이 일정하게 작동하였다.

자동제어기능은 센서 및 프로그램을 이용하여 자동적으로 제어할 수 있으며, 복합환경제어기능을 가지고 온실의 환경조절을 복합적으로 제어하도록 하였다.

센서는 발광부와 수광부가 한 쌍으로 되어 있으며, 서로의 간섭을 피하기 위해 위·아래로 장착하였다. 두 쌍의 센서는 작물의 특성을 고려하여 위·아래 간격을 사용자가 조절할 수 있도록 하였다. 센서의 유효거리는 길이가 4m이상이며, 최대 유효폭이 40mm인 빔센서를 사용하였다.

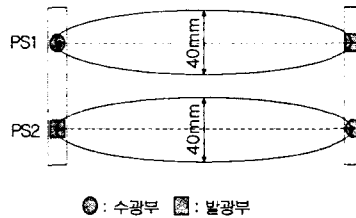


Fig. 4 Operation range of a sensor

센서 작동에 의한 높이조절은 PS1과 PS2의 상태에 따라 결정 된다. PS1과 PS2가 모두 Off이면 높이조절부는 작물 위에 있다고 간주되어 하강하게 된다. PS1이 On, PS2가 Off일 때는 무시를 하게되며, PS1이 Off, PS2가 On이면 적절한 위치에 있다고 간주되어 정지한 상태가 되어 작업이 이뤄진다. PS1과 PS2가 모두 On인 상태는 작업기가 너무 아래에 위치한다고 간주되어 작업기가 상승된다. Table 2은 각 센서의 On, Off에 따른 작업기 높이조절 상태를 나타낸 것이다.

Table 2 Input and output of sensors

Condition	Sensor		Action (Z axis)
	PS1	PS2	
1	Off	Off	Down
2	On	Off	Ignore
3	Off	On	Stop
4	On	On	Up

작물의 상태에 따라 센서를 통해 입력된 값은 살수, 송풍 및 흡입을 하였다. 작업 중 성장 속도가 다른 작물이 있을 경우 자동으로 높이가 조절되었다.

작업기의 작업 시 주행부에 과부하 및 어떤 예러가 발생하게 되면 다른 작업기는 정상적으로 작동을 하면서 주행은 멈추었다. 또한 높이조절부와 분무기 등 모든 작업기의 상태는 항상 감시하여 이상이 발생하였을 경우 모든 작동은 멈추고 작업자에게 조치를 취할 수 있도록 예러발생부저가 작동하였다.

시스템은 속도에 관계없이 오차가 발생하지 않았다. 특히 주행 중 작업자나 높이 조절부

가 피할 수 없는 높이에 방해물이 있을때는 센서에 의해 1m전방에서 정확하게 정지하였다.

4. 요약 및 결론

온실에서 생산되는 농산물의 안전성이 중요한 과제로 부각되고 있으므로 청정재배를 위한 장치의 개발이 필요하다. 본 연구를 통해 개발하고자 하는 무인자동작업장치는 생력화 및 청정재배환경 조성을 할 수 있도록 개발하였다. 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 수평이동형 무인 자동 작업장치 개발을 위하여 설계 프로그램인 3D-MAX 및 Auto-CAD을 이용하였다. 이 장치의 높이조절이 가능하도록 수직 이동장치를 개발하였다.
2. 모터 컨트롤러에 의해 이 장치 하드웨어를 작동하는데 소요되는 시간은 약 0.4초 이었으며, 이동거리는 바퀴의 회전수와 일치하였다.
3. 환경설정은 실내실험에서 경로변경을 한 결과 속도, 거리 및 방향이 일정하게 작동하였다.
4. 작물의 상태에 따라 센서를 통해 입력된 값은 살수, 송풍 및 흡입을 위한 값이었다. 작업 중 성장속도가 다른 작물이 있을 경우 자동으로 높이 조절될수 있도록 하였다.
5. 주행장치는 속도에 관계없이 오차가 발생하지 않았다. 특히 주행 중에 높이 조절부가 피할 수 없는 경우에는 센서에 의해 1m 전방에서 정확하게 정지하였다.

5. 참고문헌

- 1.Dwyer, M. J., J. A. Okello and A. J. Scarett, 1993, A theoretical and experimental investigation of rubber tracks for agriculture. Journal of Terramechanics, Vol. 30, No. 4, 285~298
- 2.Kutz, L. J., G. E. Miles, P. A. Hammer and G. W. Krutz, 1987, Robotic transplanting of bedding plants. Trans. of the ASAE 30(3). 586~590
- 3.Wong, J. Y., 1984, On the study of wheel-soil interaction. Journal of Terramechanics, Vol. 21, No. 2, 117~131
- 4.Wong. J. Y., 1989, Terramechanics and off-road vehicles. Elsevier Publishers.
- 5.Lee, Chulhee and David A, 1997, Decision Boundary Feature Extraction for Neural Networks. IEEE Trans. Neural Network. Vol.8(1);75~83