

# 시설재배용 무인작업기를 위한 X-Y테이블형 주행시스템 개발 A Traveling Control System with the X-Y Table Actuator for a Workable Machine without an Operator in the Greenhouse

김채웅\*

이대원\*

정희원

C.W. Kim

D.W. Lee

## 1. 서론

시설재배농업의 작물재배 과정에서 자동화는 필수적이라 할 수 있으며, 작물사이의 고랑들을 따라서 원하는 위치로 이동할 수 있는 주행 시스템의 개발은 필요한 기술이라 할 수 있다. 작업기의 자동주행이 이루어진다면 노동력의 감소 뿐 아니라 고온다습의 온실 내에서의 작업과정을 작업자가 외부에서 제어해 줄 수 있으며, 밀폐된 온실에 약제를 살포하는 등의 질식의 위험성이 있는 작업을 사람이 직접하지 않아도 될 것이다.

지금까지 온실내 작업기의 주행 시스템은 작업차에 직접 부착이 되는 방식이었다. 따라서 시설재배농업이 전과정 자동화 및 식물공장의 형태로 발전되어 나아갈 때 모든 작업기에 이러한 시스템을 부착한다면, 작업기의 제작과정이나 비용면에서 적지않은 부담이 되리라 사료된다.

작업기 자체와는 독립적으로 분리되는 순수 주행 시스템을 제작하여 경로를 설정해 주도록 할 필요가 있다. 위치검출을 정확히 하기 위해서는 고정경로 방식을 채택하는 것이 바람직하다. 고정경로의 가장 큰 단점인 경로의 고정성을 보완하기 위하여 X-Y 테이블 방식을 이용할 필요가 있으며, X-Y 테이블 방식을 사용함으로써 작업기는 정해진 지역에서 원하는 어느 위치로도 이동이 가능하고 사용자가 임의로 경로를 선택하여 사용할 수도 있다.

시설내에서 작물의 종류나 기타 다른 상황들로 인하여 고랑의 위치가 바뀔 경우에 고정경로 방식은 레일 등의 설치물들을 그 바뀌는 고랑에 맞추어서 다시 설치해 주어야만 한다. 그러나 X-Y 테이블 방식을 사용할 경우에는 별도의 설비적인 변화없이 구동 소프트웨어상의 설정치의 조절 만으로도 온실 형태의 변화에 적용시킬 수 있다.

X-Y 테이블은 바닥에 설치할 때 크기가 서로 다른 작업기의 운행이나, 같은 작업기라도 다른 작업을 수행할 경우 불편을 주기 때문에 천장에 설치하여 사용하는 방식을 선택하였다. 작업기는 천장의 X-Y 테이블에 연결하여 온실 바닥에서는 떨어져 위치에서 작업을 수행할 수 있도록 하였다. 이 때 작업기는 구동부와 전력 공급부가 불필요하기 때문에 최대한 경량으로 제작할 수가 있어 작업기 자체 하중에 대해서는 특별한 경우를 제외하고는 큰 무리가 없을 것이라 사료된다.

## 2. 재료 및 방법

### 가. X-Y 테이블의 제작

#### (1) 개요 및 구조

시설재배용 무인작업기를 주어진 길을 따라 주행 할때 가장 중요한 인자는 정확한 위치검

\* 성균관대학교 생물기전공학과

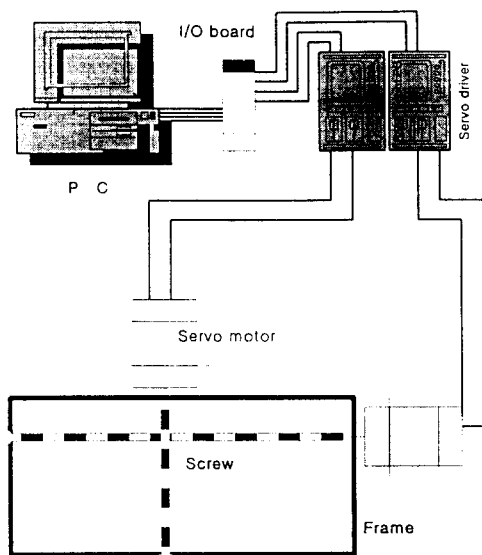


Fig. 1. Outline of the system

Table 1. Specification of AC servo motor

Item	Specfication(Unit)
Model	Deawoo 01CA
Nominal power	100(WATT)
Rated torque	3.25(kgcm)
	0.32(Nm)
Rated velocity	3000(RPM)
Maximum velocity	4500(RPM)
Rated current	1.23(A)
Resolution	2000(Pulse/rev)

주요 사항이므로 펄스입력형 방식으로 구성하였다.

전원의 온 오프 (ON/OFF)시에 각 회로의 전원 및 신호송신 사이에 일정간격 이상의 시간을 두었다. 제어전원을 켜 후 정해진 시간간격이 경과하기 이전에 펄스입력신호를 주면, 서보 드라이버에서 이를 무시하므로 정확한 위치검출을 위하여 서보 신호의 입력 후 3초 이상의 간격을 두고 펄스입력신호를 주었다.

펄스열의 입력형태에는 반시계방향과 시계방향(FORWARD & REVERSE) 형태와 펄스와 사인 (PULSE & SIGN)형태의 두 가지 종류가 있다. 반시계방향 회전시에는 B상 신호에 높게(high) 하고 A상 신호에 펄스를 주며, 시계방향 회전시에는 A상 신호에 높게 (high) 하고 B상 신호에 펄스를 주었다. 펄스와 사인 형태는 A상 신호에 펄스를 주며, B상 신호가 높게 (high) 할 때는 반시계방향 회전을하고 낮게 (low) 할 때는 시계방향 회전을 한다. 본 연구에서는 펄스와 사인 형태의 펄스열 입력형태를 취하였다.

### (3) 컴퓨터 입출력 및 모터 제어

모터의 제어를 PC에서 직접 제어해 줄 수 있도록 8255칩을 이용한I/O 인터페이스 보드를

출과 직진성 및 선회능력등을 들 수 있다. 본 연구에서는 직진성과 위치검출 능력이 뛰어나고 선회시에 별도의 공간이 필요없으며, 시설의 윗 부분에 설치를 해주는 X-Y테이블 방식을 이용하였다. 본 연구에서 제작된 X-Y테이블형 주행 시스템은 모형으로 축소하여 제작하였으며 직사각형 프레임을 제작하여 그 위에 X-Y테이블을 설치하였다. 두 개의 스크류를 이용하여 두방향의 직진 주행을 할 수 있도록 설계하였다. 각 스크류 끝에 모터를 부착하여 스크류의 회전을 이용하여 구동하도록 하였다. 모터의 구동은 PC로 직접 제어를 해 주었으며, 이를 위하여 8255칩을 이용한 입출력 보드를 사용하였다.

### (2) 모터

X-Y 테이블을 구동하기 위해서는 두 방향의 제어가 필요하며, 각 방향으로의 구동은 AC 서보모터를 이용하였다. 각 모터에는 인코더가 부착되어 있으며, 독립적인 서보 드라이버를 사용하였다. 서보드라이버와 외부 컨트롤러와의 연결방법에는 펄스를 조절해 줌으로써 위치를 검출할 수 있는 펄스입력형과 아나로그 신호를 입력하여 속도를 조절해 줄 수 있는 속도입력형의 두 가지 방법이 있다. 본 연구에서는 1회 구동시에 일정속도회전으로 구동하는 것을 원칙으로 하였으며, 위치검출이

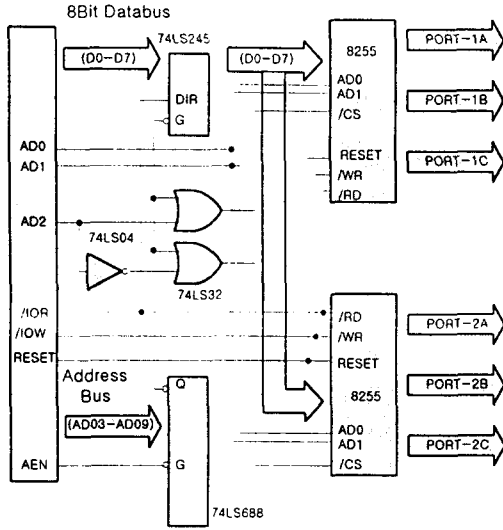


Fig. 2. Layout of an I/O interface board

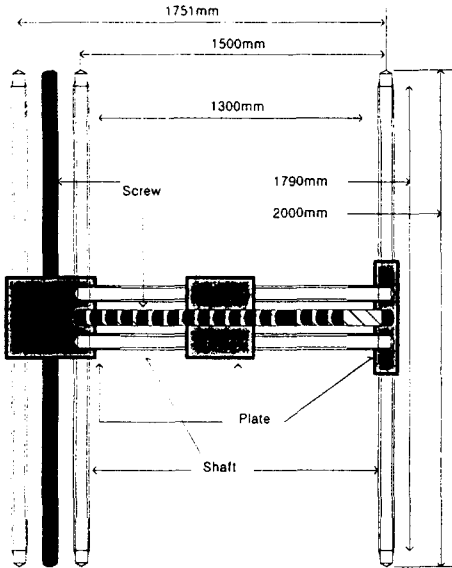


Fig. 3. Demensions of X-Y table Acuator

과 연결 시켰다. 단축구동용 스크류와 샤프트 블록에 이동가능한 플레이트를 제작하였으며, 그 플레이트에 작업기를 부착시켜 사용할 수 있도록 하였다. 단축에 설치된 플레이트의 위치를 이용하여 위치검출을 하였으며, 그 플레이트의 위치가 곧 작업기의 위치가 되도록 하였다. 모터와 스크류는 플렉서블 커플링(Flexible Coupling)을 사용하여 연결하여 모터축과 스크류를 보호도록 하였다. 모터가 회전을 하면 플렉서블 커플링을 통하여 회전력이 스크류에 전달이 되고, 스크류가 이 회전력을 받아 회전을 하면 스크류 위에 설치한 플레이트가 수평 이동을 하게 된다.

제작하여 PC에 부착하였다. 입출력 보드에는 8255칩을 두 개 사용하였으며, 각 칩에는 A, B, C, D 4개의 데이터 버스가 있다. 각 데이터 버스는 8핀으로 구성되어 있으며, D<sub>0</sub>~D<sub>7</sub>은 PC의 메인보드와 입출력 보드간의 데이터 버스이고 A, B, C 는 입출력 보드와 외부와의 데이터 버스이다.

PC에서 사용자가 사용할 수 있는 포트의 어드레스는 200(Hex)~3FF(Hex) 까지이며, 5개의 덤 스위치를 이용하여서 베이스 어드레스를 설정해 주도록 하였다. 출력되는 모든 신호에 LS04 TTL 칩을 통과시켜 갑작스러운 주전원의 이상시에 모터와의 신호를 차단 시켜주도록 하였다. Servo ON 과 Servo OFF 신호는 24볼트의 전압이 필요하기 때문에 2803칩과 릴레이를 이용하였으며, 24볼트의 전원공급은 파워서플라이를 이용하였다.

#### (4) X-Y 테이블

본 연구에서 사용된 X-Y 테이블은 실제 온실크기 보다 작게 축소하여 제작하였다. 두 방향으로의 위치 이동을 위하여 두 개의 스크류를 사용하였으며, 장축의 길이가 2000mm, 단축의 길이가 1500mm이다. 각 스크류의 지름은 20φ이고, 1회전당 수평 이동 거리는 20mm이다. 스크류에 걸리는 하중을 최소화 시키고, 수평성을 유지시키기 위하여 각 방향의 스크류의 양쪽에 지름 20φ의 샤프트를 수평 으로 정렬하였다. 각 샤프트에는 베어링이 들어있는 블록을 2개씩 장착하여 스크류와 연결시킬 수 있도록 하였다.

장축을 구동시키는 모터는 장축구동용 스크류바 끝에 설치하였으며, 단축 구동용 모터는 장축의 스크류와 샤프트블록에 연결되어 X방향으로 움직이는 플레이트를 제작하여 그 위에 설치하여 단축 스크류의 끝단

## 나. 구동 소프트웨어

### (1) 구조

구동 소프트웨어는 크게 두 부분으로 분류할 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. 본 연구에 있어서 메인부는 디자인과정이 쉽고 수정이 용이하며 사용이 간편한 비주얼 베이직을 사용하였고, 모터 구동부의 경우에는 하드웨어 포트 입출력이 용이하고 처리속도가 빠른 C++ 을 사용하여 작성하였다.

메인부와 모터 구동부간의 연결은 메인부에서 모터 구동부로의 함수를 호출하여 주는 방식으로 하였으며, 이는 비주얼 베이직의 OLE 객체 삽입 기능과 외부영역 함수 호출 기능을 이용하여 작성하였다. 메인부에서 모터 구동부로의 함수 호출시 호출 인자로서 이동거리, 이동방향, 주행속도의 세가지를 전달하였다. 이동거리 및 주행속도는 메인 프로그램의 초기 화면에 있는 환경설정 모드에서 사용자가 직접 설정을 할 수 있게 하였으며, 이동방향은 지정된 경로 이동 및 수동제어시 사용자가 실시간으로 설정해 주는 방향을 계산하여 전달하였다.

모터 구동함수는 메인 프로그램에서 모터의 구동이 필요할 때 메인 프로그램으로부터 호출을 받아 실행이 되며, 모터구동 함수의 호출시에 필요한 호출 인자로는 이동거리, 주행속도, 이동방향등의 세 가지가 있다. 이동방향은 X-Y 테이블상에서 두 개의 축에 각각 2방향으로의 이동이 가능하기 때문에 4가지로 구분하여 이를 메인 프로그램 내에서 수치화시켜 인자로 전달하게 하였다. 주행속도와 이동거리는 메인 프로그램의 환경설정 모드에서 사용자가 직접설정을 해 주도록 하였다. 이동거리는 메인 프로그램의 환경설정 모드에서 설정되

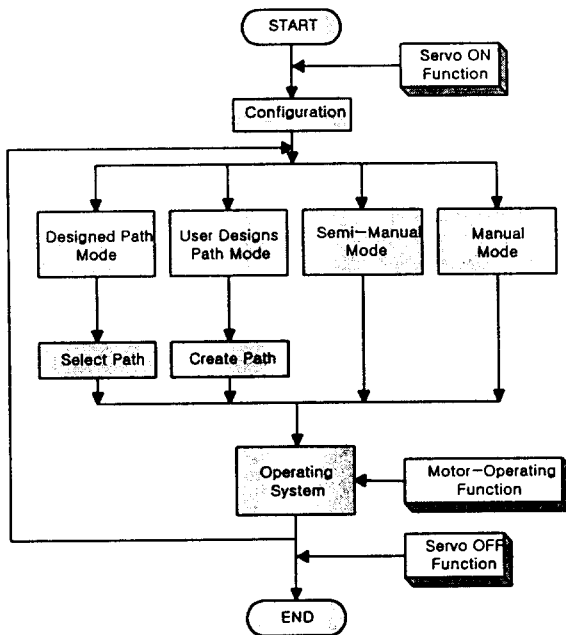


Fig. 4. Flowchart of main program

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

### (2) 환경설정

환경설정 모드에서는 시스템을 사용자가 원하는대로 구동할 수 있는 정보들을 입력해 주도록 하였다. 환경설정 부분에서 사용자가 지정해 줄 수 있는 인자들로는 가로·세로 고랑의 개수와 주행속도, 가로·세로 고랑사이의 너비 등의 세 가지이다.

가로축 고랑의 개수는 일반적으로 인식되는 고랑의 개수를 말하며, 세로축 고랑의 개수는 연동온실에서와 같이 하나의 고랑이 온실의 끝

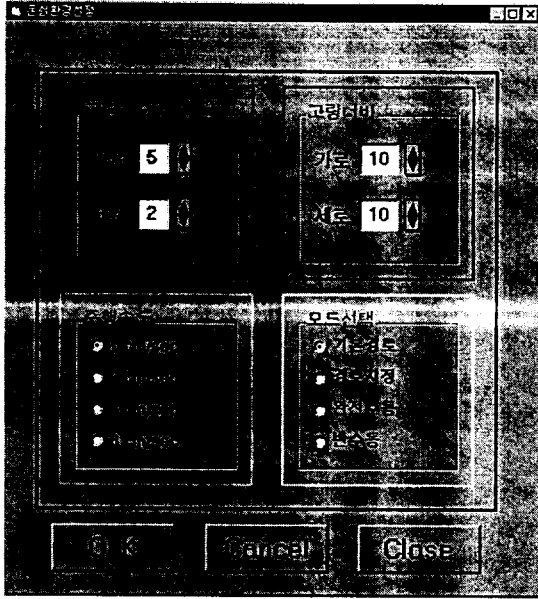


Fig. 5. Configuration of main mode

에서 끝까지 연결되어 있지 않고 중간에 나뉘어 지는 단의 수를 의미한다. 가로 및 세로축의 고랑의 개수에 1을 더한 값이 실제 시스템이 가질수 있는 경로의 수이며, 이는 가로·세로 고랑의 외곽부분으로도 작업기가 진행할 수 있다는 전제로 하여 계산한 것이다. 본 연구에서는 고랑의 개수를 5개 까지로 한정을 하였으며, 필요에 따라서는 프로그램상의 상수값을 변화 시킴으로써 최대 고랑수를 늘리거나 줄일 수 있도록 하였다. 고랑사이의 너비는 일정하다고 가정하였으며, 가로축과 세로축 고랑사이의 너비는 다르게 설정해 줄 수 있도록 하였다. 본 시스템에서는 가로축과 세로축의 최대 이동거리를 고려하여 고랑의 개수와 고랑사이의 너비를 곱한 값이 최대 이동거리를 넘지 않도록 하였다. 고랑사이의 너비는 센티미터 단위로 설정 할 수 있도록 하였다.

온실에서 작업을 하는 작업기의 경우에는 특별한 경우를 제외하고는 고속주행이 필요하지 않으며, 본 연구에서는 5cm/sec 에서 15cm/sec 사이의 주행속도를 갖고 구동될 수 있도록 하였다. 속도는 최소속도와 최대속도 사이에서 4수준으로 구동할 수 있도록 하였으며, 이 값은 환경설정 모드에서 사용자가 설정하여 사용할 수 있도록 하였다. 주행속도의 설정도 고랑개수의 설정과 마찬가지로 프로그램상의 상수를 변화시켜 최소속도와 최대속도를 변화시킬 수 있도록 하였다. 모터의 회전속도는 RPM단위로 측정이 되며, 모터 1회전당 2cm가 이동이 되므로 이를 고려하여 주행속도를 다음식을 통하여 계산하였다.

$$\text{주행속도}(cm/sec) = \text{모터회전속도}(RPM) \times \frac{1}{60} \times 2 \dots\dots\dots(1)$$

환경설정 모드에서는 인자들을 설정한 후에 곧바로 하부모드로의 이동이 가능하도록 하였고, 각 하부모드에서 작업이 종료된 후에는 다시 환경설정 모드로 되돌아 가도록 하였다. 다른 서브모드에서 귀환이 된 상태에서도 처음에 설정해 주었던 설정치들은 변하지 않으며, 그 상태에서 사용자가 원하는 서브모드로의 직접이동이 가능하도록 하였다. 고랑의 개수와 고랑사이의 너비등을 직접 설정하여 시스템에 바로 적용시킬 수가 있기 때문에 작업환경의 변화로 인한 시스템 교체의 필요없이 사용할 수 있도록 하였다.

### (3) 경로지정 모드

사용자가 시스템의 사용목적과 형태에 따라서 임의의 경로를 선택해 줄 경우에 일반적으로 많이 사용되는 경로를 프로그램내에 미리 저장해 두어서 이러한 경로를 선택하여 사용하는 경우에는 별도로 사용자가 경로를 일일이 지정할 필요가 없이 저장되어 있는 경로를 로드하여 이용할 수 있도록 하였다.

온실내에서 일반적으로 사용되는 작업기의 경로는 한쪽 방향에서 다른쪽 방향으로의 순차적일 경우가 대부분이며, 이러한 순차적인 경로를 네가지로 분류하여 프로그램내에 저장하였다. 작업기의 진행방향을 가로축 기준과 세로축 기준으로 분류하였으며, 각 기준에서의 작업시작점을 좌측과 우측, 또는 상단과 하단으로 분류하였다. 종류로는 작업의 시작부분과

작업기의 초기 진행방향을 중심으로 “세로방향(좌측먼저)”, “세로방향(우측먼저)”, “가로방향(상단먼저)”, “가로방향(하단먼저)”의 네가지의 형태로 저장하였다.

기본적으로 저장되어 있는 경로 이외에도 사용자가 자주 사용하는 경로를 경로지정 모드안에 저장시켜 놓을 수 있도록 하여 사용자가 자주 사용하는 경로가 한가지가 아니고 여러 가지의 경우에도 특별한 조작없이 PC에서 경로를 선택하여 쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 경로설정 모드에서는 화면에 환경설정 모드에서 설정을 해 주었던 가로측 및 세로측의 고랑개수를 이용하여 직사각 모양의 온실의 평면도를 이동경로 중심으로 개략적으로 나타내 주었다. 사용자가 선택한 경로를 화면에 이동 순서와 함께 표시하여 주었으며, 시뮬레이션 기능을 통하여 화면상으로 경로의 진행 방향과 순서를 점검할 수 있도록 하였다.

#### (4) 사용자 경로설정 모드

사용자 경로설정 모드는 경로지정 모드에 저장되어 있지 않은 경로를 사용자가 임의로 지정하여 시스템을 구동시키고자 할 때 이용할 수 있다. 경로의 진행 단위는 가로측 및 세로측에서의 고랑과 고랑이 만나는 교차점들 사이이며, 이동거리는 환경설정 모드에서 설정해 준 가로 및 세로고랑의 너비에 따르게 하였다.

시작점으로 부터 다음 고랑들 사이의 교차점까지의 방향은 버튼을 조작함으로써 부분경로의 설정이 가능하며, 다음번의 부분경로의 설정시에는 이전단계에서 설정해 주었던 끝점이 다시 시작점이 되어 그 점으로부터의 부분경로를 방향설정 버튼으로부터 입력받게 하였다. 부분경로를 설정해 주는 과정은 PC의 화면상으로 디스플레이가 되며, 각 방향으로의 선택전에 미리보기 기능으로 사용자가 화면을 통하여 정확한 경로를 선택해 나아가고 있는지를 알 수 있도록 하였다. 부분경로설정들을 통하여 모든 경로의 설정이 끝난 후에는 완성버튼(Completed Button)을 이용하여서 시스템의 주행준비 상태로 전환을 시킬 수가 있으며, 그 이후의 과정은 경로선택 모드와 동일하다.

사용자 경로설정 모드에서도 환경설정 모드에서 지정해 준 가로 및 세로측의 고랑개수를 이용하여 개략적으로 온실에서의 이동가능한 경로를 보여주며, 경로 선택이 완결된 후에 시뮬레이션 기능을 통하여 선택한 경로의 진행방향과 진행순서를 점검해 볼 수 있도록 하였다. 경로의 설정이 완결된 후에도 시스템을 직접 구동시키기 전에 경로의 수정이 필요한 경우에는 경로를 시작점으로부터 다시 설정해 줄 수 있도록 하여 사용자의 조작 오류에 의한 수정에 드는 시간을 최대한 단축시켰으며, 간단한 마우스 조작만으로도 경로설정 및 수정이 가능하도록 하였다.

#### (5) 반수동 모드

반수동 모드는 모든 경로를 설정해 주어서 작업이 완료될 때 까지 시스템이 자동적으로 이동을 시켜주는 방법과는 대조적으로 시스템을 동작시키면서 사용자가 그때그때의 상황에 맞게 실시간으로 방향을 설정해 줄 수 있도록 하였다. 주행속도는 환경설정 모드에서 설정해 주었던 속도를 이용하여 등속도로 이동을 하게 되며, 사용자는 방향만을 설정해주면 된다. 작업기의 이동거리는 환경설정에서 설정해 놓은 고랑사이의 너비를 이용하고, 1회의 방향설정으로 이동하는 거리는 고랑과 고랑사이의 너비가 된다. 방향설정 버튼을 이용하여 이동방향을 결정해준 뒤 시작버튼을 사용하여 시스템을 이동시키며, 시스템이 직접 구동되기 전에 설정한 방향을 전후좌우의 4가지 방향으로 미리 디스플레이 해 주었다. 경로의 우측 끝단에서 우측으로 이동하는 방향버튼을 클릭하는 등의 작업기가 이동할 수 없는 방향으로의 선택이 이루어지면 경고음을 발생시키고 다시 이전의 상태로 복귀를 하도록 하였다.

작업을 진행하면서 전체의 경로를 순서에 맞게 예측하기 어려운 경우에 반수동 모드를 이용할 수 있으며, 작업의 진행도와 기타 작업환경등을 고려하여 그때그때의 상황에 맞게 사용자가 직접 유관으로 확인을 하면서 국지적인 경로의 선택을 할 수 있도록 하였다. 사

용자가 방향을 설정해 주면 시스템은 설정된 방향으로 다음의 교차점까지는 자동적으로 이동을 할 수 있도록 하였다.

### (6) 완전수동 모드

완전수동 모드는 이동거리를 시스템이 자동적으로 처리해 주지 않으며, 사용자가 직접 눈으로 확인하면서 정지시킬 위치에 도달하였을 때 정지를 시켜주어야 한다. 환경설정에서 설정해 주는 고랑의 개수와 고랑사이의 거리와는 무관하게 작동을 하며, 단지 사용자가 시작과 정지를 위하여 시스템에 전달하도록 하는 신호에 의해 구동이 된다.

주행속도는 환경설정 모드에서 설정해 주는 속도로 등속도 이동을 하게 된다. 반수동 모드의 경우에 사용자는 방향만을 설정해 주면되고 이동거리는 프로그램에 의해 자동으로 설정이 되는데 반하여 완전수동 모드에서는 사용자가 이동방향뿐 아니라 이동거리까지도 직접 제어를 해 주어야 한다.

### (7) 모터 구동 프로그램

모터 구동용 프로그램은 AC서보모터의 작동을 시작할 수 있게 하는 서보온(Servo ON)함수, AC서보모터의 작동을 정지시키는 서보오프(Servo OFF)함수와 직접 모터의 회전을 담당하게 되는 모터구동 함수로 분류하였다. 모터 서보온 함수는 메인 프로그램의 실행시에 환경설정 모드가 로드되는 것과 동시에 호출신호를 받아 실행되며, 시스템이 구동 되어질 수 있는 상태로 만들어 준다. 모터 서보오프 함수는 메인 프로그램의 종료 직전에 호출되어 시스템의 구동을 종료 시킨후 리턴이 되어 메인 프로그램이 종료될 수 있도록 하였다.

하드웨어의 베이스 어드레스(Base Address)를 200(Hex)로 지정해 주었으며 200(Hex)부터 203(Hex)까지는 장축을 구동시키는 모터의 신호 입출력 어드레스로 설정하였고, 204(Hex)부터 207(Hex)까지는 단축을 구동시키는 모터의 신호 입출력 어드레스로 설정하였다. 서보온/오프(Servo ON/OFF)어드레스는 200(Hex)번지의 신호 입력으로 양축의 모터를 동시에 제어해 주었으며, 그 이외의 입출력신호 설정번지와 펄스 입력번지는 양쪽 모터에 대하여 독립적으로 설정하였다.

메인 프로그램에서 모터 구동 함수를 호출할 때에는 호출 인자로서 주행속도, 이동거리, 이동방향을 전달하게 하였다. 모터 구동 함수가 호출되면 가장 먼저 호출인자들의 입력을 받게 하였다. 입력받은 호출인자들을 사용하여 모터를 사용자가 원하는 속도와 거리, 방향으로 구동하도록 하였다. 모터 구동 함수에서 인자들에 특별한 처리를 취하지 않고 그 값들을 직접 사용하기 위하여 메인 프로그램에서 호출인자들을 송신해 줄 때 모터 구동 함수의 형태로 호출하도록 하였다. 모터 1회전당 펄스수는 1000으로 설정을 하였으며, 필요에 따라서 이 값을 변경하려면 모터 구동 프로그램에서의 상수값 변화로 쉽게 늘리거나 줄일 수 있다. 이 때 서보 드라이버의 설정값도 함께 변화시켜 주어야 한다. 작업기의 갑작스러운 출발과 정지는 시스템에 충격을 가하게 되어 시스템의 고장 및 파손의 우려가 있다. 이를 방지하기 위하여 시스템을 출발시킬때의 가속과 정지시킬때의 감속을 행할 수 있는 프로그램을 작성하였다.

## 3. 요약 및 결론

본 연구에서는 온실에서 사용하고 있는 작업기를 무인으로 동작하도록 하기 위한 케도용 제어시스템을 개발하였다. 이 시스템은 실제 온실 구조의 크기보다는 작게 설계제작하기 위하여 모델화 하였다. 작업기가 무인주행을 할 때 가장 정확하게 위치를 검출하기 위하여 고정경로 방식을 설정하였으며, 고정경로 방식의 단점인 경로의 한정성을 탈피하기 위하여 X-Y테이블 구동시스템으로 설계제작하였다. 이 시스템은 시설재배용 천장레일에서 이동하면서 평평한 온실에서 작업기가 농산물을 취급하기에 적합하게 적정하게 시스템을 설

계제작하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 실제 온실에서와는 달리 구동축을 지지해 줄 수 있는 프레임을 모델화한 후 설계제작하였고, 레벨링 풋(Leveling Foot)을 이용하여 수평을 유지하도록 하였다. 두 개의 스크류를 이용하여 두 방향으로의 수평이동이 가능하도록 설계하였고, 이동 플레이트를 제작하여 시설내의 어느 위치로도 이동이 가능하도록 하였다. 모터의 구동은 각각의 독립적인 드라이브를 사용하였고, PC사이의 신호 입출력을 위한 I/O 보드를 직접 제작하였다.

2. 구동 소프트웨어는 경로설정 프로그램과 모터구동 프로그램으로 나누어 개발하였다. 경로설정 프로그램은 사용자 인터페이스 부분이며 비주얼 베이직을 사용하였고, 모터구동용 프로그램은 C++언어를 사용하였다. 두 프로그램 및 하드웨어의 인터페이스는 비주얼 베이직의 외부함수 호출기능을 이용하였다.

3. 경로설정 프로그램은 다섯부분으로 나누어 작성하였다. 경로선택모드에서는 주로 요구되는 경로를 선택하여 사용하도록 하였고, 사용자 경로설정모드에서는 사용자가 임의의 경로를 설정하도록 하였다. 사용자가 경로를 직접 설정해 줌으로써 고정경로 방식의 최대 단점인 경로의 한정성 문제를 해결하였다.

4. 위치검출 실험에서 정밀도와 정확도 모두 1% 이하로 측정이 되어 작업기의 무인주행에 무리가 없을 것으로 판단되며, 구동축의 설치매 수평 및 수직정렬을 정확히 맞추면 시스템의 정확도 및 정밀도가 0.5% 이내로 좋아질것으로 사료된다. 또한 시설내에서는 저속 주행으로 대부분의 작업이 가능하기 때문에 15cm/sec 이하의 저속으로 실험하였으며, 이 범위에서는 위치검출에 영향이 없는 것으로 나타났다.

#### 4. 참고문헌

1. 김찬수, 윤여두, 김기대. 1997. 하우스용 무인자동방제기의 개발. 한국농업기계학회 1997년 동계 학술대회 논문집. : 18 - 25.
2. 류관희, 노상하, 고학균, 이기명, 이승규. 1996. 농업기계 분야의 신기술 개발과 전망. 한국농업기계학회지 제 21권 제 2호. : 263 - 275.
3. 류관희, 조성인, 황현, 최중섭. 1996. 생물생산을 위한 지능로봇공학. 문운당.
4. 이재환, 류관희. 1996. 온실용 자율주행 작업차의 개발. 한국농업기계학회지 제 21권 제 4호. : 422 - 428.
5. 농촌진흥청 농업기계화연구소. 1996. 농업용 로봇 연구개발 동향과 전망. "농업용 로봇 연구개발 동향과 전망" 96'심포지엄 발표문.
6. Flanagan, D.C., C. Huang, L.D. Norton and S.C. Parker. 1995. Laser Scanner for Erosion Plot Measurements. Transactions of the ASAE Vol38(3). : 703 - 710.
7. Klassen, N.D., R.J. Wilson and J.N. Wilson. 1994. Guidance System for Agricultural Vehicles. Proceedings of VII World Congress on Agricultural Engineering : 1136 - 1142. International Commission of Agricultural Engineering. CIGR.
8. Young, S.C., C.E. Johnson and R.L. Schafer. 1983. A Vehicle Guidance Controller. Transactions of the ASAE. : 1349 - 1345.