무인 스피드 스프레이어의 개발(II)+

- 자율주행용 적외선 측거(測距)장치 개발 -

Development of Unmanned Speed Sprayer(II)

- Development of Infrared Telemeter for Autonomous -

장익주*	김태한*	이상민*
정회원	정회원	정회원
I. J. Jang	T. H. Kim	S. M. Lee

1. 서론

본 연구에서는 인체에 해로운 殺蟲劑, 除草劑, 植物調節制 등을 년간 十數回 방제작업을 해야하는 과수원의 문제점들을 해결하기 위하여 과수원용 차량의 무인화에 관한 연구를 수행하였다.

제1보에서는 무인 스피드 스프레이어 개발(I) - 원격조종 시스템 및 유도케이블 시스템에 관하여 보고하였고 본보(제2보)에서는 적외선 측거센서에 의한 자율주행장치에 관하여 보고하고자 한다. 자율주행용 적외선 측거장치는 수간(樹幹) 및 장매물까지의 거리를 알려주고 주행방향을 추정하는 장치로서 모든 자율주행차량에 필요한 것으로 3차원 거리측정과 장애물 감지를 위하여 개발된 센서이다. 초음파센서는 넓은 빔폭(beamwidth) 때문에 각위치 정밀도(angular resolution)가 떨어지고 재반사의 문제점을 가지고 있어 초음파를 이용하여 차량후방의 장애물을 검출하는 장치는 많이 발표되어 있고 실용화되어 있어나 차량 전방의 목표물 검출의 연구는 성능면에서 불충분하고 실용화 된 것이 없다. 반면 적외선센서의 경우 비록 목표물까지의 거리를 정확히 측정할 수는 없지만 각위치 정밀도가 좋아서 장애물의 존재 유무를 정확히 검출할수 있는 장점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 농업용 자율주행 차량 개발에 목적을 두고 장치 개발의 전 단계로서 적외선 센서를 이용하여 장애물 검출이 가능하고 고속응답이고 저가격의 주행방향 추정장치를 개발하기 위해 새로운 형태의 적외선 측거장치를 설계, 제작한 다음 장애물 검출성능을 실험하여 실용성을 검토하는데 있다.

2. 재료 및 방법

1. 적외선 측거장치의 구성

적외선 측거장치는 그림 1의 블록 다이어그램과 같이 적외선을 광원으로 하는 2개의 적외선 투·수광 장치와 이러한 적외선 빔을 좌우로 주사하는 주사장치(Scanning mechanism)

+ 본연구는 농촌진흥청의 1994년도 농업특정과제 연구비 지원으로 수행되었음.

* 경북대학교 농과대학 농업기계공학과

를 이용하여 연속적으로 장애물을 검출하도록 구성하였다. 설계된 빔 주사장치에는 장애물의 거리와 방향을 측정하기 위해 좌, 우 투·수광 빔의 각도 측정장치를 구성하였고, 포장의 불균일한 굴곡에 관계없이 항상 수평으로 광을 투광하기 위한 빔 수평제어장치도 구성하였다. 구성된 장치는 그림 2와 같고, 적외선 투·수광기, 좌우빔각 측정장치, 좌우 투수광 빔 구동장치, 빔 수평 제어장치 등은 서보모터 컨트롤러와 원칩 마이크로 컴퓨터에 의해서 제어 되도록 구성하였다.

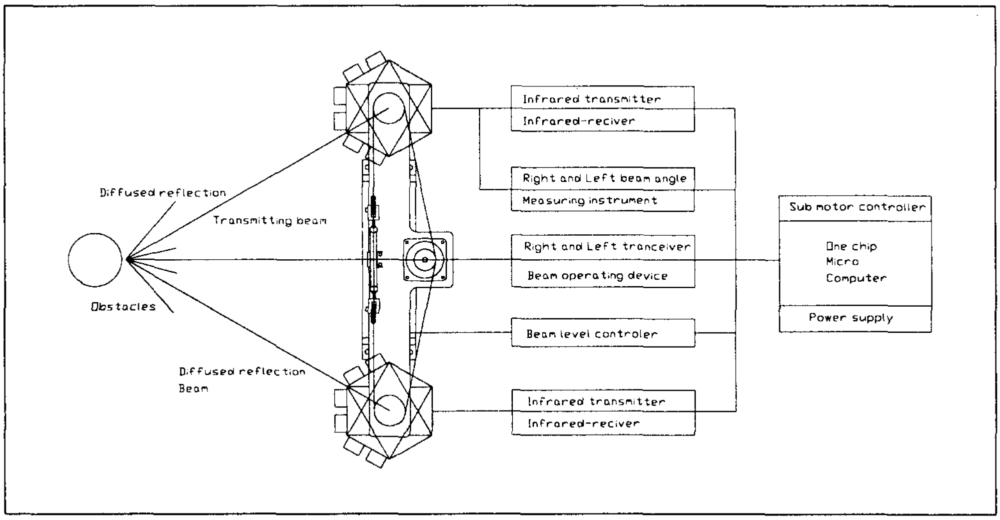

Fig. 1 Block diagram of distance Measuring device

개발된 적외선 측거장치는 차량(S.S) 탑재시 지면으로부터 투·수광부까지의 높이가 400mm, 좌측 투·수광부 중심에서 우측 투·수광부 중심까지의 거리를 650mm로 하였다. 이것은 과실수의 수관부가 지상으로부터~600mm 부근에는 잎이나 가지가 거의 없기 때문에 과실수의 수관을 목표물로 측정하기가 용이 하기 때문이고, 좌우 투·수광 빔의 거리는 S.S의 라이트 거리를 참조하여 설계하였다. 또한, S.S기가 과수원에서 주행 할 때는 좌·우측이나 후방을 감지할 필요가 없고 주행 방향인 전방의 목표물이나 장애물을 찾아서 주행하면 되기 때문에 좌측 빔의 주사각도는 수평좌측으로부터 45 °~135 °의 범위를(주사각도 90 °)측정하고 우측도 좌측과 마찬가지로 수평우측을 기준으로 해서 각을 측정할 수 있도록 설계하였다.

2. 거리 측정 원리

적외선 측거 장치는 과수원용 차량이 과수 사이(주간)의 작업경로를 자율주행 할 수 있게 하기 위해 주행 전방과 전방 측면의 개방된 공간에서 수간 및 장애물까지의 거리와 방향을 측정하는 두가지 중요한 역할을 제공하여야 한다.

본 장치에서 사용된 거리 측정 원리는 그림 3에서 좌우 투·수광빔의 송광부 A, B에서 적외광을 발사하면, 적외광은 목표물에 부딪치게 되고 목표물에서 난반사 한다. 이 난반사광을 수광부에서 검출하여 그 때의 좌측 투·수광 빔의 각도 θ_1과 우측 투·수광빔의 각도 θ_2는 로타리 엔코드(rotary encoder)로부터 측정되고, 좌측 송·수광빔의 각도 θ_1과 우측

빔의 각도 θ_2를 읽어들여 좌편차 a와 우편차 b, 거리 l을 다음식(1)에 의해서 목표물까지의 거리를 계산하게 된다

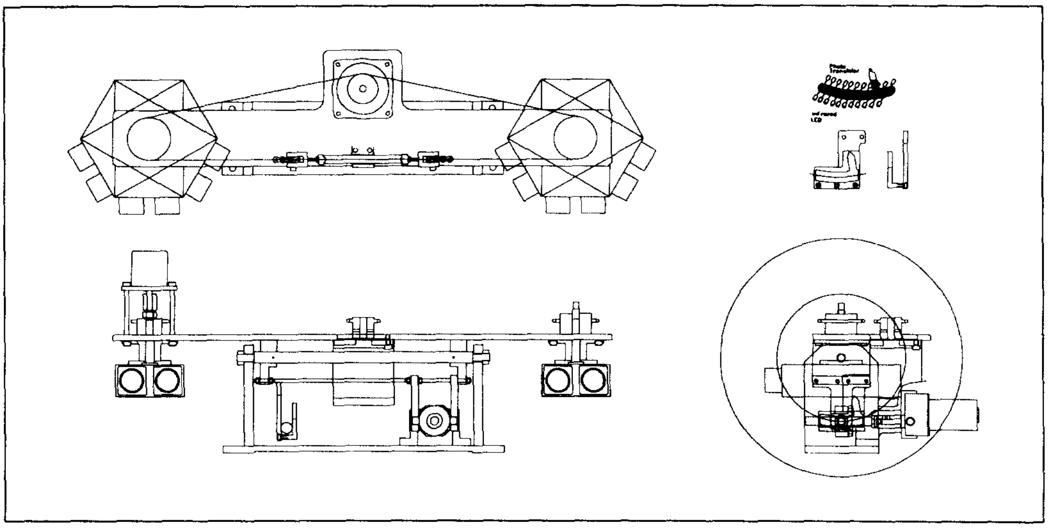

Fig. 2 The drawing of distance measuring device

$$l = \frac{L}{(\cot\theta_1 + \cot\theta_2)} \cdots\cdots (1)$$

θ_1, θ_2 : 로터리 엔코더의 각도

$a = \cot\theta_1 \times l$

$b = \cot\theta_2 \times l$

L : 투광부와수광부의간격(65*cm*)

l : L에서장애물까지의 수직거리

a : 수선 l과 L의 교점으로부터 좌 투·수광빔까지의 거리

b : 수선 l과 L의 교점으로부터 우 투·수광빔까지의 거리

여기서, $a-b$ 가 주행방향선과의 편차이다.

3. 좌우 투·수광 장치

일반적인 적외선 투, 수광 회로는 투광부에서 적외선 발광 다이오드를 구동하여 적외선 빔을 출력하고, 물체에 부딪혀 반사되어 돌아온 빔을 수광부의 포토 트랜지스터로 수광, 증폭하여 출력한다. 그러나 적외선 빔을 발광다이오드로 계속 송출시키는 스태틱 구동을 하면 효율이 나쁘기 때문에 도달 거리가 짧아질 뿐만 아니라 소비전류가 많고 노이즈에 약하기 때문에 오동작이 일어난다. 따라서, 본 연구에서는 이런 문제점을 해결하기 위해 좌우 투·수광 빔 장치는 광원의 전원를 이중으로 주파수 변조하여 광을 쵸핑하고, 광원을 렌즈로서 집광하여 발사하는 빔광을 사용하였다. 투광원의 난반사광은 수광용의 렌즈로 집광하고, 포토 트랜지스터에 의해서 전기신호로 변환된다. 난반사광은 미약광이기 때문에 쵸핑된 주파

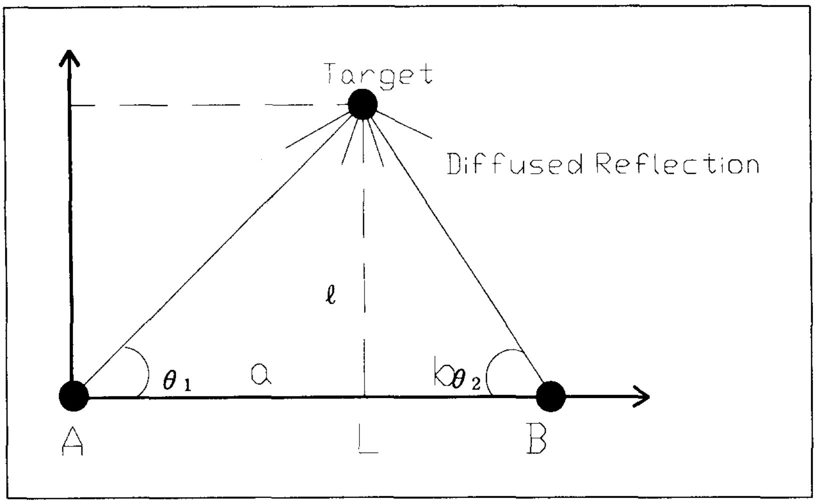

Fig. 3 Distance calculation principle with two infrared sensor

수만의 신호를 통과하는 밴드패스필터 회로와 이득을 높이는 증폭회로를 통과한 신호를 파형·정형하여 전압 레벨의 유무로 반사빔의 유무를 검출하여 출력하게 된다.

4. 투·수광 빔의 수평 제어장치

좌우 투·수광빔은 경사 또는 굴곡에 독립적이어야 한다. 따라서, 투·수광빔은 지표면의 형상에 관계없이 항상 수평을 유지하여 광을 투광하고 수광하도록 빔 수평제어장치를 구성하였다. 빔 수평제어장치에 사용된 센서는 그림 4와 같이 액체와 구를 내장한 ⌒자형 유리관을 사용하였고 경사에 따라 유리관의 구가 관내를 이동한다. 구는 항상 지구의 중심을 향하고 있으므로 지표면의 경사에 대한 송수광빔의 경사를 알수 있다. 유리관에 11조의 적외선 광센서를 부착하여 구의 위치에 따라 경사각을 검출하는 방식의 센서를 개발하였다. 측정범위는 상 10°, 하 10° 까지이며 분해능은 1° 이다.

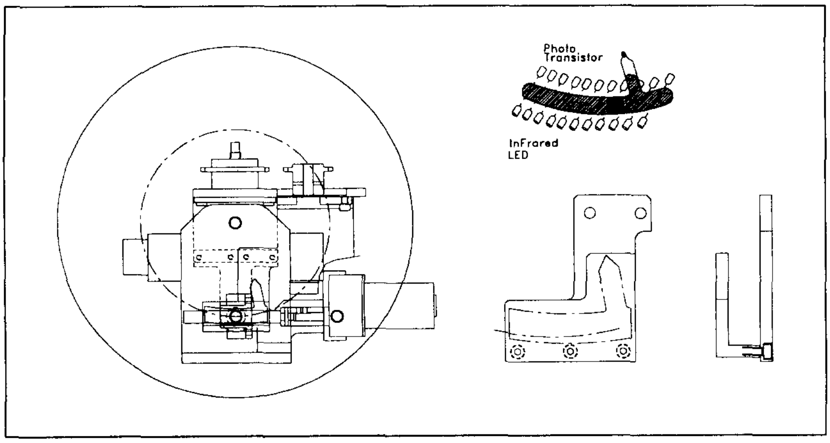

Fig. 4 The drawing of horizontal controll device

경사계의 출력을 피드백(Feedback)하여 설정한 수평위치를 항상 유지토록 DC 서보제어를 행하였다. 따라서, DC모터는 항상 설정한 수평위치에 따라 서보 구동하기 때문에 수평제어 오차 ±1° 이내의 제어를 행한다.

3. 결과 및 고찰

실험장치는 그림 1과 같이 적외선 송수광 장치, 빔 구동장치, 빔 수평제어장치, 좌우 빔각 측정장치로 구성된 적외선 측거장치와 이러한 장치들을 구동 및 제어하기 위한 콘트롤러(Controller)그리고 프로그램의 수행을 위한 컴퓨터(PC 486)로 구성하였다.

실험에 사용된 목표물은 실제 수간을 높이 1m, 두께 20cm인 나무를 사용하였고 장애물의 형상은 사각형과 원통형 2가지만 선정하여 실험하였다. 장애물까지 감지거리 측정은 가변저항(VR)으로 LED의 순방향 전류량을 조정하여 송출광의 세기를 달리하여 측정하였다. 이를 통하여 검출된 장애물 거리 정보와 실제 거리와의 측정오차를 알아보고 그 실용 가능성을 검토하였다. 실험 장치의 전체외관은 그림 5와 같다.

1) 목표물 검출 영역과 최대 감지 거리

검출된 장애물 데이터의 수집 및 처리에는 Digital I/O와 486 Presonal Computer를 사용하였다. I/O카드(TTL, 16CH)는 제어장치에서 들어온 논리신호를 전송하기 위한 컴퓨터 인터페이서로서 측정 테이터의 수집과 제어를 위하여 사용하였다.

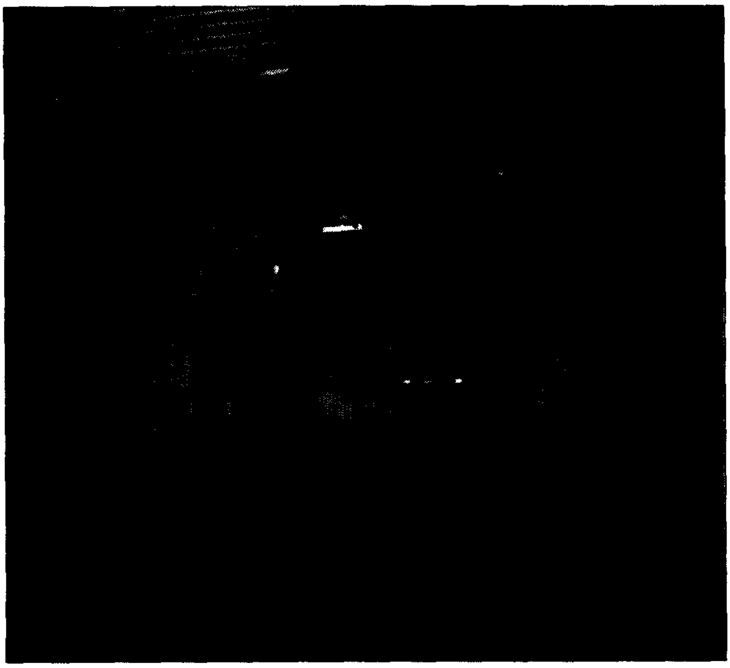

Fig. 5 Appearance of distance measuring device

장애물을 검출할 수 있는 영역, 즉 적외선 측거장치의 시야(view field size)는 적외선 빔의 주사각도(scanning angle)와 관계되므로 적외선 측거장치의 설정계수인 좌, 우측 송수광 장치의 초기각 45° 에서 주사각 90°를 회전시켜 계산상의 공통부분을 장애물 검출 영역으로 표시하여 도식화하면 그림 6과 같다. 그림에서 선분 FG는 좌·우 투수광 장치사이의 거리 65cm이고 다각형 ABDC는 계산상의 장애물 검출 가능한 전체 영역이고 선분 AB의 거리는 5m로서 과수원의 재식간격이 5m이내인 점을 고려할 때 전방의 수관검출 가능범위는 선분AB의 전방 즉 측거센서로부터 282.5cm 앞부분이 측정 가능하다. 이것은 주행하는 차량의 숙련된 운전자는 2~3m 전방을 주시하면서 운전하고, 또한 무인운전에서도 2~3m 전방을 미리 예측하여야 하기 때문에 센서로서는 충분하다고 생각되었다. 선분 CD와 FG 사이는 검출 불가능한 영역으로서 길이는 92.5cm 이다. 즉 측거장치의 장애물 검출은 전방 1m 앞부터 가능하고, 수관검출은 약 3m 앞에서만 검출이 가능한 것으로 나타났다.

개발한 적외선 측거장치로 실제 검출이 가능한 최대 감지 거리를 실험하였다. 사용한 장

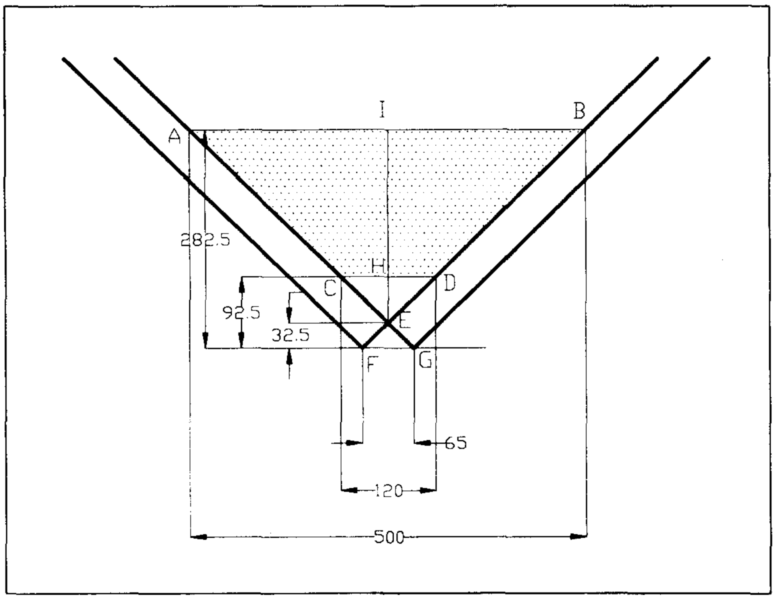

Fig. 6 Definition of data processing region

애물은 실제 수간으로 하였고 적외광 송출세기 조절용 가변저항(VR)을 변환시키면서 감지거리를 조사하였다.

검출거리는 적외광 송출세기가 12V일 때 21m까지 검출하였다. 그러나 12V의 적외광 송출세기는 인체에 해를 끼칠 수 있어 적당한 적외광 송출세기는 2개정도의 수간을 검출할 수 있는 거리 7~10m정도인 7~8V가 적당하였다. 또한, 물체까지의 실제거리와 측정오차 사이의 관계를 알기 위하여 목표물을 전방 5m거리 위치에서 좌・우 5cm의 이동오차 까지는 인식 불가능하였다. 따라서 거리 데이터의 측정오차는 1%이하로서 물체들의 실제 위치와 비교해서 적외선 측거장치가 좋은 정밀도를 가지는 것을 알 수 있다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 과수원용 차량의 자율주행을 위하여 주행경로상의 수간 및 장애물을 검출하여 수간과 차량간의 거리와 방향정보를 알아 내므로서 차량과 수간과의 일정한 거리를 유지하면서 주행경로를 작성해 나갈수 있게 주행로 주변 정보를 획득하기 위한 것으로, 이를 위하여 적외선 측거장치를 개발하였다.

적외선 측거장치는 적외LED를 광원으로하여 실린더 형상의 렌즈에 의해 슬릿 빔으로 하여 적외광을 송출하여 대상 물체에서 난반사된 적외광을 수광소자로서 수신하는 좌우 2대의 적외선 송, 수광장치와 이러한 적외광의 연속적인 데이터 획득을 위해 주사(scanning)시키는 빔 구동장치와 대상 물체까지의 거리와 방향각을 측정하기위한 좌우 빔각 측정장치로 구성되었다. 또한 빔 발생을 경사나 굴곡에 독립적으로 발생시킬 수 있게 빔 수평제어장치를 설계 및 제작하였고 검출한 물체의 거리와 방향신호는 I/O board를 통해 컴퓨터와 인터페이스되어 장애물 정보가 입력되도록 하였다.

적외선 측거장치의 검출 성능을 직경 20cm, 높이 1m 사과나무의 수간을 장애물로 하여 야외에서 실험한 결과 최대감지거리는 적외 송출광 세기 12V에서 21m까지 검출이 가능하였으나 12V의 적외광 세기는 인체에 해를 끼칠수 있어 검출 거리 7 ~ 10m인 적외 송출광 세기 7 ~ 8 V가 적당하였다. 또한 장애물 형상에 따른 감지거리의 변화는 거의 없었으며 물체의 실제거리와 측정거리와의 에러율은 5m에서 1%이내로서 양호한 정밀도로 측정됨을

알수 있었다. 또한, 측거장치의 장애물 검출은 전방 1m 앞부터 가능하고, 수관검출은 약 3m 앞에서만 검출이 가능한 것으로 나타났다.

과수원용 자율주행 차량 개발에 목적을 두고 장치개발의 전단계로서 개발한 적외선 측거 장치는 실험에 의하여 주위환경의 실시간 인식 가능함을 보여주었는 바, 향후 자율주행 차량의 실제 포장 적용시 그 응용성이 기대되며, 검출된 장애물 정보를 이용한 작업경로 생성 및 장애물 회피등의 조향제어는 향후의 과제로 앞으로 가능할 것으로 본다.

5. 참고문헌

1. 章益柱. 1990(12). 원칩 마이크로 컴퓨터를 利用한 스피드 스프레이어의 遠隔操縱 變速裝置의 開發, 慶北大農學誌 8 : 107 - 113.
2. 章益柱, 李基明. 1991(12). 遠隔制御 스피드 스프레이어의 개발(1). 慶北大農學誌 9 : 11 - 20.
3. 章益柱. 1993(9). スピードスプレーヤ(SS)の 自動化. 日韓交流農業工學セミナ- : 9 - 16.
4. 章益柱. 1994(7). 과수원 작업의 무인 로봇화 방향. 農振廳果樹硏究所심포지엄 : 59 - 79.
5. 장익주, 김용구, 문종열: 1994, 기계화 적응형 과수 모델과 무인 로봇 개발에 관한 연구, 농촌진흥청 연구 보고서 : 63 - 96