

과수원용 차량의 자율주행을 위한 적외선 측거(測距) 장치 개발

Development of Infrared Telemeter for Autonomous Orchard Vehicle

장 익 주*
정희원
I. J. Jang

김 태 한*
정희원
T. H. Kim

이 상 민
정희원
S. M. Lee

SUMMARY

Spraying operation is one of the most essential in an orchard management and it is also very hazardous to human body. For automatic and unmanned spraying, an autonomous travelling vehicle is demanded. In this study, a telemeter was developed using infrared beam which could detect trunks and obstacles measure distance and direction from the vehicle travelling in the orchard.

The telemeter system was composed of two infrared LED transmitters and receivers, a beam scanning device for continuous object detection, two rotary encoders for angle detector, and a beam level controller for uneven soil surface. The detected distance and direction signals were sent to personal computer which made for the system display the angular and distance measurements through I/O board. According to a field test in an apple farm, the system detected up to 10m distance under 12V of transmitted beam intensity, however, it was recommended that the proper beam transmit intensity be 7V at the 10m distance, because of the negative effect to human body at 12V. The error rate of this system was 0.92% when the actual distance was compared to measured one. The system was feasible at the small error rate.

The developed telemeter system was an important part for autonomous travelling vehicle and provided the real time object recognition. A direction control system could be constructed using the system. It is expected that the system could greatly contribute to the development of autonomous farm vehicle.

주요용어(Key Words) : 과수원용 자율주행차량(Autonomous orchard vehicle), 적외선 측거장치(Infrared telemeter), 적외선 송수광기(Infrared transmitter and receiver), 빔 수평 제어장치(Beam level controller)

1. 서 론

본 연구에서는 과수원용 자율주행차량을 개발하기 위하여 적외선 센서를 이용한 적외선 측거장치를 개발하였다.

과수원용 자율주행차량에는 수간(樹幹) 및 목표

물까지의 거리측정과 주행방향 결정을 위하여 여러가지 센서를 사용하고 있다. 그 중 초음파 센서는 넓은 빔폭(beam-width) 때문에 각위치 정밀도(angular resolution)가 떨어지고 재 반사의 문제점을 가지고 있다. 그리고, 초음파를 이용하여 차량 후방의 장애물을 검출하는 장치는 많이 발표되어

* 경북대학교 농업기계공학과

있고 실용화되어 있으나, 차량 전방의 장애물 검출장치의 연구는 성능면에서 불충분하다고 사료되는 반면, 적외선 센서의 경우 목표물까지의 짧은 거리를 정확히 측정하기 위해서는 고도의 전자기술이 필요하지만, 각 위치 정밀도가 좋아서 목표물의 존재 유무를 쉽고 정확하게 검출할 수 있는 장점이 있다.

따라서, 본 연구의 목표는 과수원용 자율주행차량 개발에 목적을 둔 장치개발의 전 단계로서, 과수 및 목표물의 거리와 방향검출이 가능한 저가의 고속응답 주행방향 추정장치를 개발하기 위해 새로운 형태의 적외선 측거(測距)장치를 설계, 제작하여 목표물 검출 성능을 실험함으로써 실용성을 검토하는데 있다.

2. 연구사

일반기계나 자동차의 자율주행에 관한 다양한 연구들이 이루어져 왔지만 농업기계에 대한 자율주행의 연구는 국내외를 막론하고 그다지 활발하지는 않았다. 이는 포장의 경우, 환경변화가 심하여 고려되어야 할 변수가 일반적인 상황보다 많기 때문이다. 농업기계의 자율주행과 무인제어에 관한 연구사례는 다음과 같다.

장(1990)은 스피드스프레이어 차체 앞부분에 5개의 검출코일을 부착하여 중앙코일의 유기전압(誘起電壓)과 다른 코일과의 상대출력을 비교하여 케이블과 검출코일과의 거리변동에 의한 영향을 경감시키고, 주행속도와 노면의 형상에 따라 조향감도를 임의로 조절할 수 있는 원도우 컴퍼레이터식 케이블 유도 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 전자유도방식을 개량하여 제어성능을 높이고 굴곡노면이 많은 과수원길을 자동조향할 수 있는 실용성 있는 자동조향장치이다.

장(1995)은 무선 전파 리모콘(remote control)을 제작하여 스피드스프레이어의 원격조종 시스템과 정현파가 흐르는 전선의 자력선을 검출해서 추종하는 케이블 유도방식의 전자유도식 자동조향장치를 이용한 무인 스피드스프레이어를 개발하였다.

Choi et al.(1990)은 포장에서 트랙터의 현재위치를 측정하고 미리 예정된 주행위치와 비교하여 예정된 주행방향으로 주행할 수 있는 트랙터의 자동주행장치를 개발하였으며, 트랙터의 위치를 x-y좌표로 측정하기 위하여 AGNAV라는 시스템을 사용하여 포장실험을 하였다.

太田克行 등(1993, 1994)은 포장내에서 자율주행하는 농용트랙터의 위치를 계속하는 시스템을 개발하였다. 이 시스템의 계속원리는 2대의 시각센서를 포장내에 설치하여, 트랙터에 장착한 표식점을 인식하고, 센서로부터 얻어진 수평방향 각도정보에 의해 표식점의 위치를 결정하였다. 시각센서로 사용된 CCD 카메라를 모터로 회전시켜 이동하는 표식점을 추종하도록 구성하였다. 계속각도에 대한 실용가능성은 실내실험에서 각도계측오차가 0.11° 이내로 나타나 실내환경에서는 표식점 추종이 가능한 것으로 나타났다.

3. 실험장치 및 방법

가. 적외선 센서 및 송수신회로

본 연구에서 목표물 감지를 위해 사용한 발광소자는 대기중에서 빛의 감쇠를 줄이기 위해 광원으로 파장이 긴 적외 발광다이오드를 사용하였고 수광소자로서는 포토 트랜지스터를 사용하였다. 좌·우 각각 4개가 장착된 적외 발광다이오드는 O.E.C.社의 ST-1KLB, 포토 트랜지스터는 ST-8L를 사용하였다. ST-1KLB는 거리 측정 시스템용 광원으로 단색광에 가까운 적외광을 방사하고 피크분포가 880nm이며, 재료는 GaAlAs이다.

일반적인 적외선 송, 수신 회로는 발광부에서 적외선 발광 다이오드를 사용하여 적외선 빔을 출력하고, 물체에 부딪혀 반사되어 돌아온 빔을 수광부의 포토트랜지스터로 수광, 증폭하여 출력한다. 그러나 적외선 빔을 발광다이오드로 계속 송출시키는 스테틱 구동으로는 효율이 나쁘기 때문에 도달 거리가 짧아질 뿐만 아니라 소비전류가 많고, 노이즈에 약하기 때문에 검출능률이 나쁘다.

본 연구에서는 이런 문제점을 해결하기 위해 발광부에서 변조하여 적외선 발광다이오드를 구동하고 수광부에서는 그것을 복조하여 이 복조 신호의 유무로 반사빔의 유무를 검지하여 출력하도록 하였다. 특히, 수광부에서는 발광주파수 영역의 교류신호 성분만을 증폭·검파하고 있다. 그림 1은 적외선 송수광 회로의 블록 다이어그램이다.

적외광은 태양빛에도 다량으로 포함되어 있어 수신에 방해가 된다. 본 장치의 광(光)은 다른 적외선과 구별하여 약 40KHz의 주파수로 1차 변조하고 약 3KHz의 주파수로 2차 변조하여 사용하였다. 이것은 태양광의 노이즈에 영향을 받지 않도

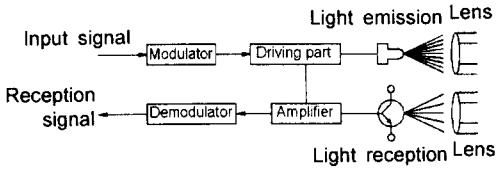


Fig. 1 Block diagram of infrared transmitter and receiver circuit.

록 하기 위하여 높은 주파수의 성분과 낮은 주파수의 성분이 일치할 때 즉, 투광된 광만이 수광되도록 한 것이 특징이다.

발광부는 회로의 클럭 신호원으로 455KHz 크리스탈 발진부와 변조부, 적외선 발광다이오드의 구동부로 구성하였다. 수광부는 포토트랜지스터에 입광된 변조신호를 증폭하고 변조신호의 주파수대역만 통과하는 밴드패스 필터를 통하여 다른 방해광에 의한 잡음을 제거한 다음, 증폭·파형정형하고 이것을 검파하여 적외선 빔의 유무를 검출한다. 적외선 송수광 회로도도 그림 2, 3과 같다.

나. 적외선 측거 장치

(1) 거리 측정 원리

적외선 측거장치는 과수원용 차량이 과수 사이의 작업경로를 자율주행하기 위해 주행 전방과 측면의 개방된 공간에서 수간 및 목표물까지의 거리와 방향을 측정하는 두 가지 중요한 역할을 하여야 한다.

본 장치에서 사용된 거리 측정 원리는 그림 4와 같이 좌우 송·수광빔의 송광부 A, B에서 빔광을 발사하면, 빔광은 목표물에 부딪치게 되고 목표물에서 난반사한다. 이 난반사광을 좌우 양측 수광부에서 검출하며 좌측 송·수광 빔의 각도 θ_1 과 우측 송·수광빔의 각도 θ_2 는 로타리 엔코더(rotary encoder)로부터 측정된다. 측정된 신호는 I/O와 컴퓨터(PC 486)에서 θ_1 과 θ_2 를 읽어들이 좌편차 a와 우편차 b, 목표물까지의 거리 l을 식 (1)에 의해서 계산한다.

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

$$a = l \cot \theta_1$$

$$b = l \cot \theta_2$$

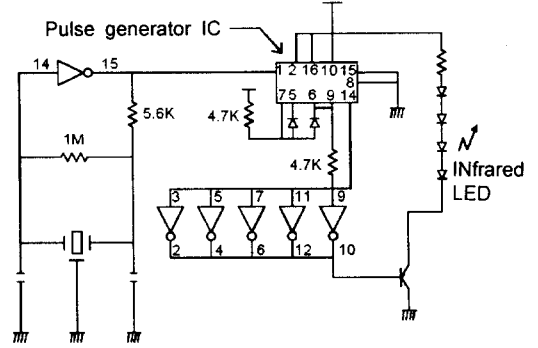


Fig. 2 The circuit of infrared transmitter.

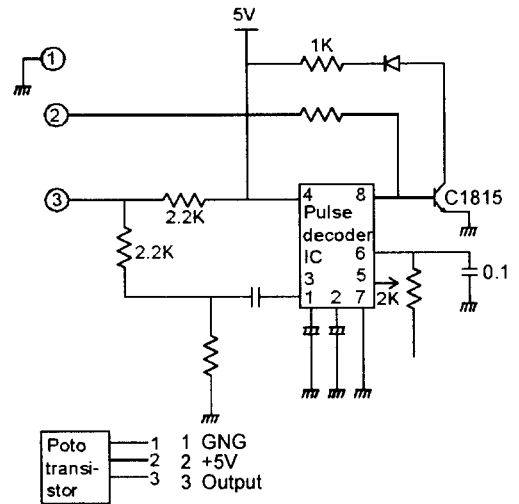


Fig. 3 The circuit of infrared receiver.

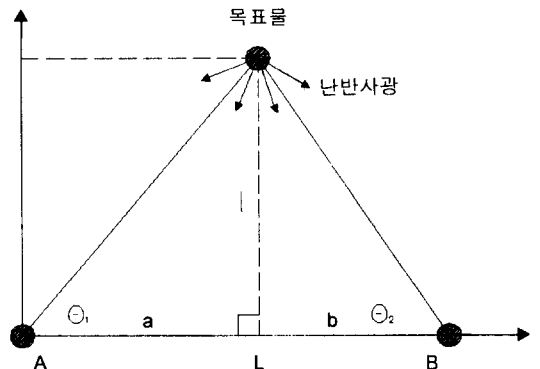


Fig. 4 Distance calculation principle with two infrared sensors.

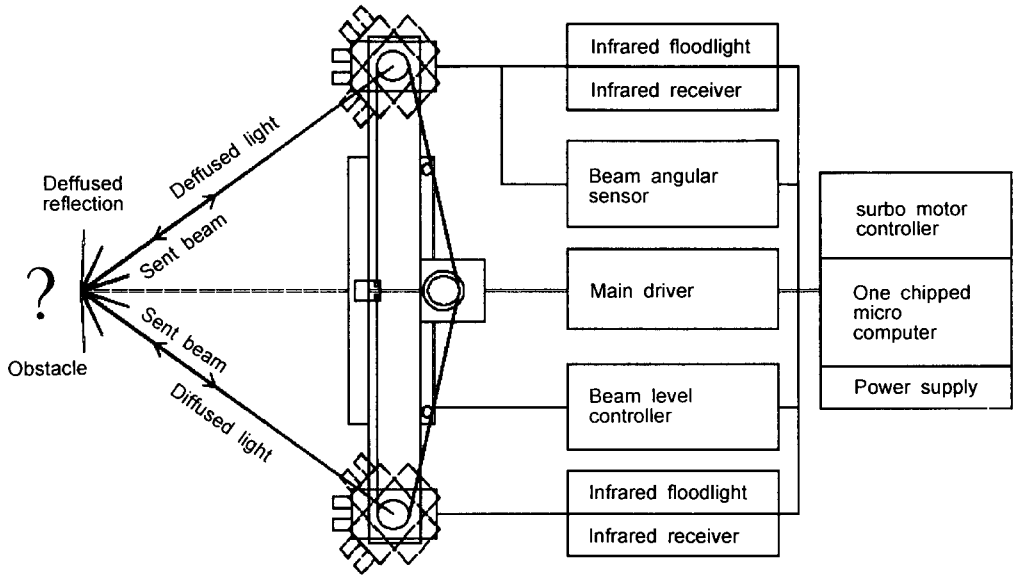


Fig. 5 Block diagram of distance measuring device.

- L : 송광부와 수광부의 간격(65cm)
- l : L에서 목표물까지의 수직거리
- a : 수선 l과 L의 교점으로부터 좌 송수광
빔까지의 거리
- b : 수선 l과 L의 교점으로부터 우 송수광
빔까지의 거리

(2) 장치의 구성

적외선 측거장치는 그림 5의 블록 다이어그램과 같이 GaAlAs 적외선(70mW power, 880nm wavelength)을 적외선 광원으로 하는 송·수광 빔장치와 이러한 적외선 빔을 투·수광하는 주사장치(Scanning mechanism)를 이용하여 연속적으로 목표물을 검출하도록 빔 구동장치를 구성하였다. 목표물의 거리와 방향을 측정하기 위해 좌, 우 빔각 측정장치와 포장의 불균일한 굴곡에 관계없이 항상 독립적으로 빔을 송, 수광하기 위한 빔 수평제어 장치를 구성하였다. 구성된 장치의 모습은 그림 6과 같다.

개발된 적외선 측거장치는 차량의 전방 프레임에 장착 가능하며, 장치의 설계상수는 장치를 스피드 스프레이에 장착하였을 때 지면에서부터 송·수 광부까지 높이 600mm이고 좌측 송·수광부 중심에서 우측 송·수광부 중심까지의 거리는

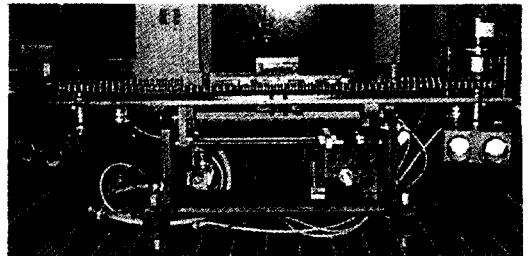


Fig. 6 Appearance of distance measuring device.

스피드 스프레이의 폭을 고려하여 650mm로 하였고, 적외선 빔을 투·수광하는 주사장치의 주사각도(scanningbeam angle)는 85°(차량 전방을 측정하는 데 필요한 각도)로 하였다. 그림 7은 구성된 장치의 개략도를 나타내었다.

(3) 좌우 송·수광 빔 장치

좌우 송·수광 빔 장치는 광원의 전원 주파수를 이중 변조하여 광을 초핑하고 광원을 렌즈로서 집광하여 주사하는 빔광을 사용하였다. 난반사광은 수광용의 렌즈로 집광되고, 포토 트랜지스터에 의해서 전기신호로 변환된다. 난반사광은 미약광이기 때문에 초핑된 주파수만의 신호를 통과하는 밴드패스필터 회로와 이득을 크게 하는 OP앰프로

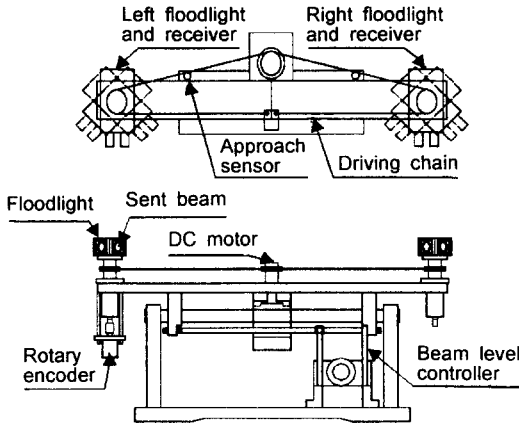


Fig. 7 The drawing of distance measuring device.

중폭하였다. 광을 초평하여 교류성분의 광을 투광한 이유는 외관광 등과 같은 직류성분의 노이즈와 구별된 신호만을 취출하여 오동작이 일어나지 않도록 하기 위해서이다.

적외선 발광다이오드의 빛은 확산광이므로, 원하는 입체 각도의 신호광으로서 좋은 효율로 입사하기 위해서 광학 렌즈를 설치하였다. 수광소자 앞에 초점거리 5cm 직경 3.6cm인 볼록렌즈가 슬릿 빔(Slit beam)을 형성하기 위하여 사용되었다. 설계한 송·수광 빔장치의 내부모습을 그림 8에 나타내었다.

측거 한계거리는 광원의 세기에 의해 결정되므로 강력한 광원을 얻기 위하여 4개의 LED를 사용하여 송출광을 집광시켜 주사하였다.

(4) 좌우 송·수광 빔 구동장치

좌우 송·수광 빔의 좌우구동은 DC모터에 의해서 구동된다. DC모터는 JAPAN ORIENTAL MOTOR(DC 24V, 3600rpm) 제품을 사용하였다.

DC모터가 연속적으로 회전하고 있는 동안 좌우각의 측정은 로터리 엔코더(rotary encoder)에서 측정되도록 구성하였다.

좌우각 측정에 사용된 로터리 엔코더는 송·수광빔의 축에 커플링으로 연결되어 있으며 광전식 인크리멘탈형 로터리 엔코더로서 360 Pulse/Rev.이므로 식(1)의 목표물의 측정각 θ_1, θ_2 는 1° 단위의 정도로 측정이 된다. 로터리 엔코더의 출력은 UP-DOWN카운터로 입력되고 UP-DOWN카운터에서는 송·수광빔의 좌우 스캔(Scan)에 동기하여

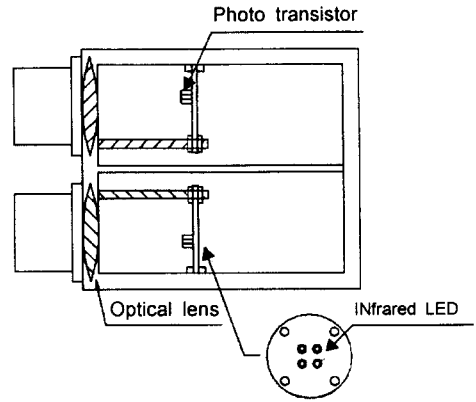


Fig. 8 Schematic diagram of infrared transmission/receiving case.

각도를 카운터하고, 목표물이 검출되면 그 순간의 카운터 값을 컴퓨터에 입력시켜 목표물의 방향각 추정을 실시한다.

(5) 빔 수평 제어장치

좌우 송·수광빔은 지면의 경사 또는 굴곡에 독립적이어야 한다. 따라서, 지표면의 형상에 관계없이 항상 수평을 유지하면서 송·수광하도록 빔 수평제어장치를 구성하였다. 빔 수평제어장치에 사용된 센서는 그림 9와 같이 액체와 구를 내장한 ~자형 유리관을 사용하여, 경사에 따라 유리관의 구가 관내를 이동하도록 하였다. 구는 항상 지구의 중심을 향하고 있으므로 지표면의 경사에 대한 송·수광 빔의 경사를 알 수 있다. 유리관에 11조의 적외선 광센서를 부착하여 구의 위치에 따라 경사각을 검출하는 방식의 센서를 개발하였다. 측정범위는 상 10°, 하 10°이며 분해능은 1°이다.

경사계의 출력을 피드백(feedback)하여 설정한 수평위치를 항상 유지하도록 DC서보제어를 행하였다. 따라서, DC모터는 항상 설정한 수평위치에 따라 서보 구동하기 때문에 수평제어 오차 $\pm 1^\circ$ 이내의 제어를 행한다.

(6) 목표물 데이터 처리장치

검출된 목표물 데이터의 수집 및 처리를 위해 digital I/O와 486 personal computer를 사용하였다. I/O 카드는 제어장치에서 들어온 논리신호를 전송하기 위한 컴퓨터 인터페이스로서 측정 데이터의 수집과 제어를 위하여 사용하였다. 표 1에는

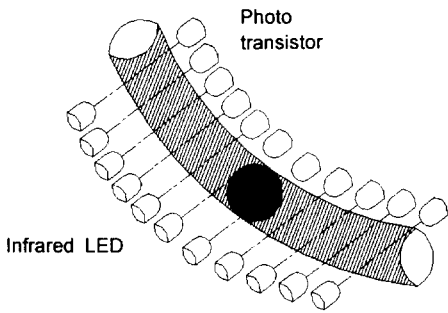


Fig. 9 The design of photo sensor for horizontal control.

Table 1 Specification of the digital I/O board

Item	Specification
Digital I/O port	
I/O signal	TTL compatible
I/O channel	16CH

digital I/O board의 사양을 나타내었다.

데이터 수집장치에서 I/O address range는 0x220 ~ 0x22F이고 I/O의 베이스 포트 번지는 0x220으로 베이스번지에서 +7은 digital high 입력이고 +6은 digital low 입력이다. 한 개의 I/O 채널 중 high byte의 2비트는 좌, 우측 물체 인식을 하고 low

byte는 각도(펄스)를 측정하기 위해 사용되었다. High byte중 0번째 비트가 ON이면 좌측센서에서 물체를 인식한 것이고, 첫번째 비트가 ON이면 우측센서에서 물체를 인식하도록 구성하였다.

표 2는 I/O를 통해 IBM PC/486(66MHz)에 입력된 목표물의 방향각 데이터를 나타내었는데 좌측 적외선 센서에서는 70~78°, 우측 적외선 센서는 88~110° 사이에서 목표물이 검출됨으로써 식 (1)에 의해 목표물의 거리와 방향이 검출될 수 있음을 알 수 있다.

그림 10은 표 2의 목표물에 대한 좌우측 적외선 센서의 데이터 점령 정보를 히스토그램으로 보여주고 있다. 좌측 적외선 센서가 목표물을 검출한 각은 70~78° 로서 이진 데이터 1로써 히스토그램 그리드가 채워지고 우측 적외선 센서는 88° 부터 목표물을 검출하기 시작하여 110° 까지 검출함으로서 좌우측 센서의 목표물 검출 방향각이 다른 것을 알 수 있었다. 즉, 적외선 측거장치에 의한 목표물 검출은 항상 좌우측 센서 모두 목표물 검출에 대한 신호가 들어와야만 목표물의 거리와 방향 계산이 가능하다는 것을 알 수 있다. 난반사를 이용한 목표물 검출은 목표물에 부딪힌 광의 입력유무에 따라 발생하는 오동작은 소프트웨어적으로 필터링 처리하였다.

표 3은 표 2에서 검출된 목표물 데이터중에서 오류데이터를 처리하는 과정을 나타내었다. 여기서 데이터 1은 목표물이 검출되었음을 나타내고 0은 그 반대를 나타낸다. 70° 부터 목표물에 부딪

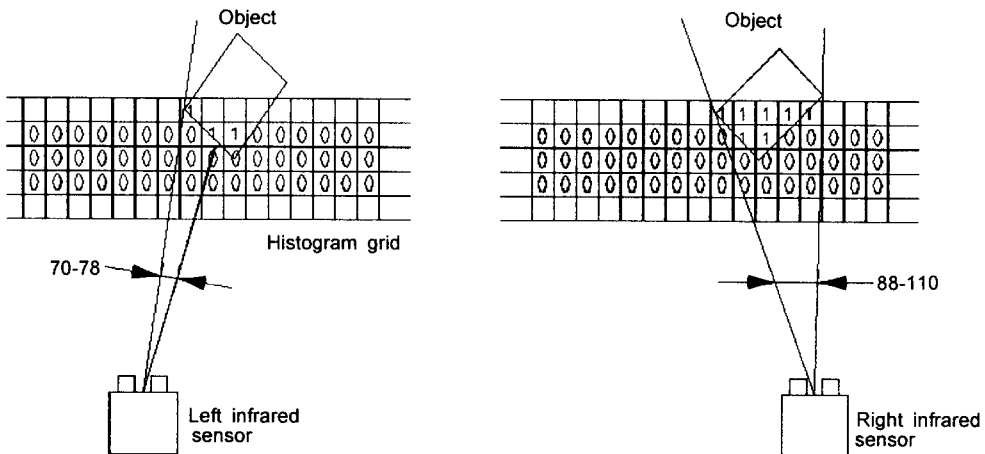


Fig. 10 Histogramic distribution obtained by sensor reading range.

Table 2 Data of detected obstacle(scanning degree = 85°)

Left start angle=56°			Right start angle=48°		
left 56=0	left 57=0	left 58=0	left 48=0	left 49=0	left 50=0
left 59=0	left 60=0	left 61=0	left 51=0	left 52=0	left 53=0
left 62=0	left 63=0	left 64=0	left 54=0	left 55=0	
left 65=0	left 66=0	left 67=0	left 56=0	left 57=0	left 58=0
left 68=0	left 69=0	left 70=1	left 59=0	left 60=0	left 61=0
left 71=1	left 72=1	left 73=0	left 62=0	left 63=0	left 64=0
left 74=0	left 75=1	left 76=1	left 65=0	left 66=0	left 67=0
left 77=1	left 78=1	left 79=0	left 68=0	left 69=0	left 70=0
left 80=0	left 81=0	left 82=0	left 71=0	left 72=0	left 73=0
left 83=0	left 84=0	left 85=0	left 74=0	left 75=0	left 76=0
left 86=0	left 87=0	left 88=0	left 77=0	left 78=0	left 79=0
left 89=0	left 90=0	left 91=0	left 80=0	left 81=0	left 82=0
left 92=0	left 93=0	left 94=0	left 83=0	left 84=0	left 85=0
left 95=0	left 96=0	left 97=0	left 86=0	left 87=0	left 88=1
left 98=0	left 99=0	left 100=0	left 89=1	left 90=1	left 91=0
left 101=0	left 102=0	left 103=0	left 92=0	left 93=1	left 94=1
left 104=0	left 105=0	left 106=0	left 95=1	left 96=1	left 97=1
left 107=0	left 108=0	left 109=0	left 98=1	left 99=1	left 100=1
left 110=0	left 111=0	left 112=0	left 101=1	left 102=1	left 103=1
left 113=0	left 114=0	left 115=0	left 104=1	left 105=1	left 106=1
left 116=0	left 117=0	left 118=0	left 107=1	left 108=1	left 109=1
left 119=0	left 120=0	left 121=0	left 110=1	left 111=0	left 112=0
left 122=0	left 123=0	left 124=0	left 113=0	left 114=0	left 115=0
left 125=0	left 126=0	left 127=0	left 116=0	left 117=0	left 118=0
left 128=0	left 129=0	left 130=0	left 119=0	left 120=0	left 121=0
left 131=0	left 132=0	left 133=0	left 122=0	left 123=0	left 124=0
left 134=0	left 135=0	left 136=0	left 125=0	left 126=0	left 127=0
left 137=0	left 138=0	left 139=0	left 128=0	left 129=0	left 130=0
left 140=0			left 131=0	left 132=0	

Table 3 Filtering algorithm for the obstacle binary data

목표물 검출각	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°
목표물 데이터	1	1	1	0	0	1	1	1	1
↓(Filtering)									
목표물 검출각	70°	71°	72°	73°	74°	75°	76°	77°	78°
목표물 데이터	1	1	1	1	1	1	1	1	1

혀 되돌아온 난반사광의 2진 신호가 검출되다가 73°와 74°는 목표물에 난반사된 신호가 없음을 볼 수 있다. 이러한 연속적이지 않은 목표물에 대한 데이터를 표 4의 필터링 과정후의 데이터처럼 70°부터 78°까지의 연속적인 데이터로 처리한 다음 중간값 74°를 목표물의 최종 방향각으로 사용하였다.

다. 목표물 위치검출 프로그램

디지털 I/O를 통해 전송된 목표물 데이터는 식 (1)에 의한 목표물 위치 검출결과를 컴퓨터 모니터에 출력되도록 프로그램을 개발하였다. 사용된 프로그래밍 언어는 C언어로 하였고 순서도는 그림 11와 같다.

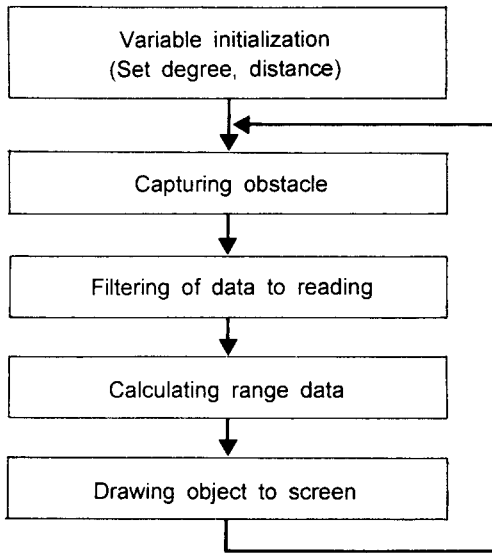


Fig. 11 Flow chart of distance and angle calculation program.

라. 실험장치의 구성 및 방법

실험에서 구성된 장치는 그림 12와 같이 적외선 송·수광 장치, 빔 구동장치, 빔 수평 제어장치, 좌·우 빔각 측정장치로 구성된 적외선 측거 장치와 이러한 장치들을 구동 및 제어하기 위한 콘트롤러(controller) 그리고 프로그램의 수행을 위한 컴퓨터(PC 486)로 구성하였다.

적외광의 난반사 성질을 이용한 목표물 검출은 cm단위의 거리측정이므로 온·습도 및 색이나 외관광에 의한 간섭 및 잡음 등에 의한 영향은 무시하고 실험을 하였다. 실험은 60000lx 이상의 밝은 날 교내 과수원 평지에서 행하였고 목표물 검출범위를 정확히 측정하기 위해 우측 송·수광 빔에서 좌측 송·수광빔까지의 길이 65cm의 중심을 기준으로 가로, 세로로 줄자를 설치하였다. 데이터 측정은 5번 반복 실시하였으며 측정값은 평균값으로 산출하였다.

4. 결과 및 고찰

실제, 제작된 적외선 측거 장치의 거리측정 범위를 조사한 다음 목표물 검출 실험을 수행하였다. 이를 통하여 검출된 목표물 거리 정보와 실제 거리와의 측정오차를 알아보고 그 실용 가능성을

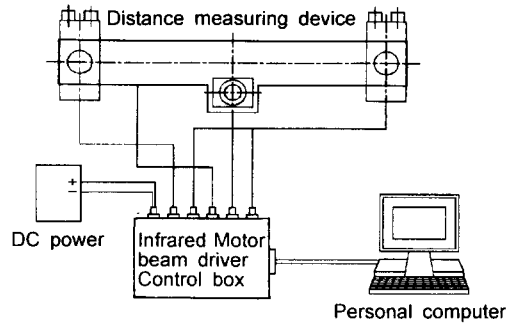


Fig. 12 Schematic diagram of experimental apparatus.

검토하였다

가. 목표물 검출 영역과 최대 감지 거리

목표물을 검출할 수 있는 영역, 즉 적외선 측거 장치의 시야(view field size)는 적외선 빔의 주사각도(scanning angle)와 관계되므로 적외선 측거 장치의 설계상수인 좌, 우측 송수광 장치의 초기각 48°, 52° 에서 주사각 85° 를 회전시켜 계산상의 공통부분을 목표물 검출 영역으로 표시하여 도식화하면 그림 13과 같다. 이때 적외선은 직진성만을 가진다고 가정하였다.

그림에서 선분 FG는 좌우 송수광 장치사이의 거리 65cm이고 ∇ 형상의 영역 $\triangle ABC$ 는 계산상의 목표물 검출 가능한 전체 영역이나 선분 AB의 거리는 10m로서 파수원의 재식간격이 5m이내인 점을 고려할 때 측방의 목표물 검출 범위는 충분하였고 선분 AC와 BC의 길이는 28m였다. CH길이는 21m로서, 측거장치의 목표물 검지 범위의 한계는 전방 21m, 측방 10m범위 안에서만 검출이 가능한 것으로 나타났다. 직선 A-C, B-C 아랫쪽에 있는 영역은 목표물 검출영역에서 제외되는 영역(out of scanning range)이다. 선분 CI의 길이는 37cm로 측정되었으므로 측거장치의 전방 37cm 이내에 있는 목표물 검출은 불가능한 것으로 나타났다.

개발한 적외선 측거장치로 실제 검출이 가능한 감지 거리를 실험하였다. 사용한 목표물은 실제 수간으로 하였고 적외광 송출세기 조절용 가변저항 (VR)을 변화시키면서 감지거리를 조사하였다.

실험 결과는 그림 14와 같이 적외광 송출세기가 12V일 때 18m까지 검출하였다.

그러나 12V의 적외광 송출세기는 인체에 해(거

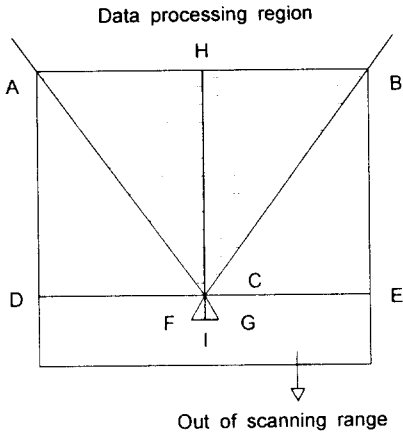


Fig. 13 Definition of data processing region.

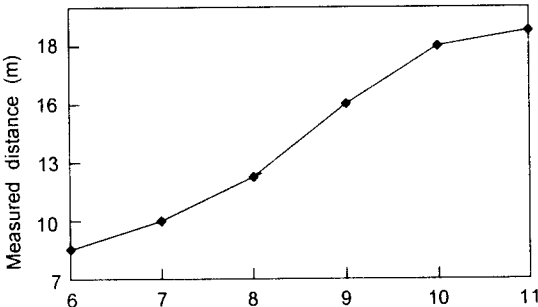


Fig. 14 Relationship between measured distance and infrared output.

리 30cm 이내에서 직사광을 직접 받으면 망막손상: 연구자 직접체험)를 끼칠 수 있어 적당한 적외광 송출세기는 2개 정도의 수간을 검출할 수 있는 거리 10m 정도인 약 7V가 적당함을 알 수 있었다.

나. 목표물 검출 성능

(1) 목표물 형상에 의한 검출 특성

목표물의 형상에 의한 검출 특성을 반사면적이 동일한 원통형과 사각형 대상으로 거리별로 목표물 검출실험을 하였다. 그림 15와 같이 목표물의 형상에 따른 검출 거리는 별 차이가 없음을 알 수 있었다.

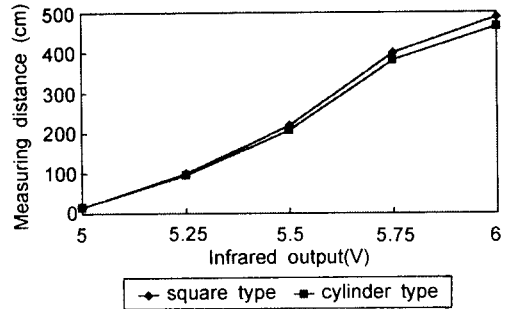


Fig. 15 Relations between measuring distance and obstacle shape (square and cylinder type)

(2) 목표물 검출 성능

먼저 높이 100cm, 두께 20cm인 수간 한 개를 목표물로 하여 검출 실험을 하였다. 이때의 적외광 송출세기는 7V로 고정시켜 행하였다. 그림 16은 실제 수간의 위치가 기준선으로부터 우측 55cm, 전방 270cm 거리에 서있는 경우이며 그림과 같이 컴퓨터에서 거리 계산되고 모니터에 표시된다.

차량의 자율주행을 위해서는 좌, 우측 수간을 모두 검출해야만 주행로 인식이 용이하므로 수간의 갯수를 2개로 하여 검출 실험을 하였다.

그림 17은 우측 15cm, 전방 200cm 위치에 목표물 1개와 좌측 175cm, 전방 250cm에 또 다른 목표물 1개가 존재하는 경우를 실험한 결과이다.

(3) 목표물 거리 측정 오차율

그림 18은 물체까지의 실제거리와 측정오차 사이의 관계를 보여준다. 이때 얻어진 거리 데이터는 5개의 다른 측정위치에서 5회 반복 측정 하였으며 다음과 같이 높은 정밀도로 측정됨을 알 수 있다. 거리 데이터의 측정오차는 그림과 같이 3.8m에서 32mm (0.83% 오차), 4.1m에서 36mm (0.88% 오차), 4.4m에서 41mm (0.92% 오차)로 물체들의 실제 위치와 비교해서 높은 정밀도를 가지는 것을 알 수 있었고, 거리 10m 이내에서는 오차 50mm 이내였다.

상기의 실험은 정지상태에서 물체와 측거장치의 거리와 각도를 실험한 것이며 차량 이동 중은 차량의 운전속도를 측정하여 컴퓨터에서 차량 이동량을 계산하면 정확한 목표물의 위치는 측정될 것으로 판단되어 본 장치는 차량의 자율주행용 센서로서 사용 가능하다고 사료된다.

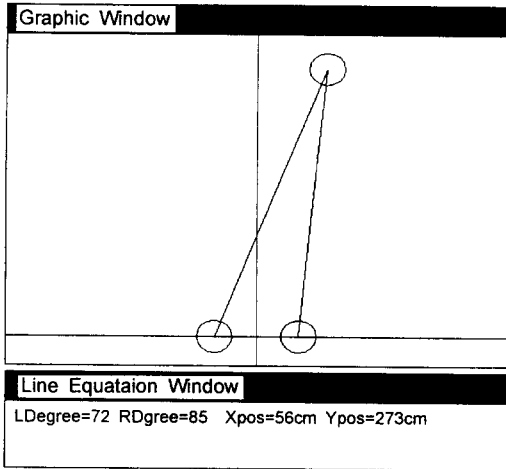


Fig. 16 Result of experiment for 1 obstacle detection on the right side.

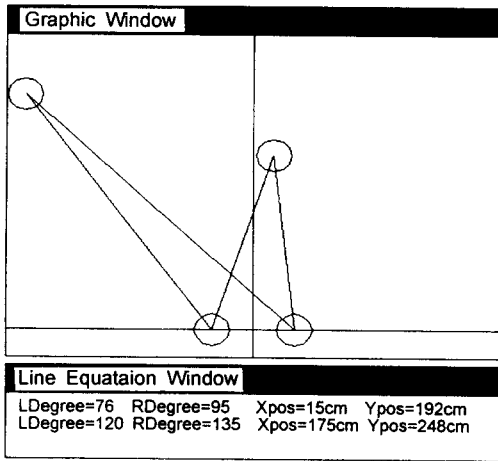


Fig. 17 Result of experiment for 2 obstacles detection on the left side.

5. 要約 및 結論

본 연구는 과수원용 차량의 자율주행을 위하여 주행경로상의 수간 및 목표물을 검출하여 수간과 차량간의 거리와 방향정보를 알아냄으로써 차량이 수간과 일정한 거리를 유지하면서 주행 할 수 있도록 주행로 주변 정보를 획득하기 위한 것으로, 이를 위하여 적외선 측거장치를 개발하였다.

적외선 측거장치의 검출 성능을 직경 20cm, 높이 1m 사과나무의 수간을 목표물로 하여 야외에서 실험한 결과 최대감지거리는 적외 송출광 세기

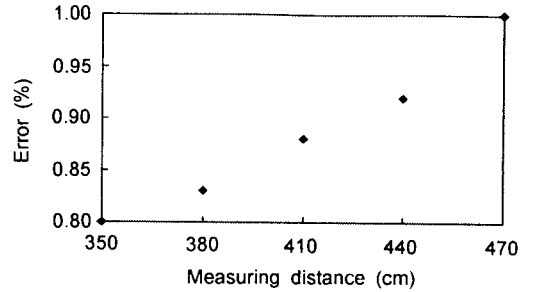


Fig. 18 Relationship between measuring distance and measuring error.

12V에서 18m까지 검출이 가능하였으나 12V의 적외광 세기는 인체에 해를 끼칠 수 있어 검출거리 7m인 적외 송출광 세기 약 7W가 적당하였다. 또한 목표물 형상에 따른 감지거리의 변화는 거의 없었으며 물체의 실제거리와 측정거리와의 에러율은 50mm이내의 양호한 정밀도로 측정됨을 알 수 있었다.

과수원용 자율주행차량 개발에 목적을 둔 장치 개발의 전 단계로서 개발한 적외선 측거장치는 실험에 의하여 1초 이내에 주위환경의 실시간 인식이 가능함을 보여주었다. 자율주행시는 주행속도를 측정하여 수치계산으로 이동정보량을 보정하면 목표물의 위치측정은 가능하므로 향후 자율주행차량의 실제 포장 적용시 그 응용성이 기대되며, 검출된 목표물 정보를 이용한 작업경로 생성 및 목표물 회피 등의 조향제어는 향후의 과제로 앞으로 가능할 것으로 본다.

參考文獻

1. 장익주. 1990. 원칩 마이크로 컴퓨터(MCS-51)를 이용한 스피드 스프레이어의 원격조정 변속장치 개발. 경북대학교 농업과학기술연구소 농학지 8:11-20.
2. 장익주. 1995. 무인 스피드스프레이어의 개발 (I). 한국농업기계학회지 20(3):226-235.
3. 太田克行, 寺尾日出男, 野口 伸, 入交智彦, 久保田守. 1993. 視覚センサによる農用車輪の位置計測法の開發(第1報). 日本農業機械學會志 55(6): 59-67.
4. 太田克行, 寺尾日出男, 野口 伸, 入交智彦, 久保田守. 1994. 視覚センサによる農用車輪の位置計測法の開發(第2報). 日本農業機械學會志 56(2): 75-82
5. Choi, C. H., D. C. Erbach and R. J. Smith. 1990. Navigational Tractor Guidance System. Trans. of the ASAE. 33(3):699-706.