

DGPS와 퍼지제어를 이용한 스피드스프레이어의 자율주행(II) - 실제주행 -

Autonomous SpeedSprayer Using DGPS and Fuzzy Control(II) - Real Operation -

이 재 훈*	조 성 인*	이 정 엽*
정회원	정회원	정회원
J. H. Lee	S. I. Cho	J. Y. Lee

ABSTRACT

Autonomous speedsprayer operation was conducted using a fuzzy controller combined with a DGPS. The signal of DGPS receiver and signals of four ultrasonic sensors were processed in real time. The speedsprayer was steered with two levers controlled by two hydraulic cylinders. The fuzzy controller has two inputs; direction of running obtained from the DGPS receiver and distance from trees measured by ultrasonic sensors. The operation times of the hydraulic cylinders were inferred as outputs of the fuzzy controller. Field test results showed that the speedsprayer could be autonomously operated by the developed fuzzy controller including turning operation in the end of the tree row. The ultrasonic sensors contributed a little to performance of the autonomous operation, but the speedsprayer could avoid trees or obstacles in emergent situations with them.

주요용어(Key Words): 스피드스프레이어(speedsprayer), 자율주행(autonomous operation), 퍼지제어(fuzzy control), DGPS(Differential Global Positioning System), 초음파센서(ultrasonic sensor)

1. 서 론

농산물의 무역자유화 시대에 즈음하여 국내 농산물 중 몇 가지 품목은 현 시점에서 국제 경쟁력이 있는 것으로 분석되었는데, 그 중 사과와 배와 같은 과수는 현 국내 농업여건을 개선함으로써 국제적으로 충분한 가격 경쟁력을 가질 수 있고 경쟁력이 갖춰지면 오히려 우루과이라운드의 영향으로 국내 생산과일의 세계 시장 진출의 호기로 삼을 수 있을 것

로 생각된다. 그러나, 현재 주요 과수의 단위면적 당 노동투하시간을 비교해 보면 우리 나라를 100%로 보았을 때 일본 89%, 미국 9%, 유럽 12% 수준으로 농촌 노동력의 양적 감소와 노령화로 인한 질적 저하에 대한 문제까지 고려한다면 이에 대한 대책이 시급한 실정이다.

과수 재배의 주요 내용은 전정, 시비, 중경제초, 약제살포, 수분과 적과, 봉지 씌우기, 수확 및 선별, 기타로 분류할 수 있는데 이들 작업의 대부분은 현

* 서울대학교 농업생명과학대학 농공학과 농업기계전공

재 정교한 수작업에 의해서 만이 그 수행이 가능하다. 이러한 작업 중 약제 살포작업은 다행히 기계화가 가능하여 대부분의 농가가 동력 분무기와 같은 기계를 사용함으로써, 그 소요 노동력을 대폭 줄이고 있다. 그러나 기계화된 약제살포 작업도 그 소요 노동력은 아직도 무시할 수 없는 수준으로서 사과, 배, 감귤의 경우 과수재배 전체 소요 노동력의 10~15%를 차지하고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 과수원 방제에 점차적으로 스피드스프레이어의 사용이 늘고 있다. 표 1에서 보이듯이 해를 거듭할수록 과수전용 스피드스프레이어의 보급대수는 증가하고 기계 한 대당 경지면적은 작아지고 있다. 이는 과수원 방제에 스피드스프레이어가 많이 쓰이고 있음을 보여주며 앞으로 과수원 방제에 있어 중추적 역할을 할 것임을 보여준다. 또한, 최근 보고에 의하면 연 6회의 방제시 동력분무기를 사용했을 때의 노동투하시간은 27.2hr/10a인 반면, 스피드스프레이어를 사용하면 4.8hr/10a로 상당한 노동 절감효과를 가져올 수 있다고 한다(농촌진흥청 과수연구소, 1994).

Table 1 No. of speedsprayers for orchards and arable land size per one

Year	No. of Speedsprayer	Arable land Size (ha)
1991	6,237	335.3
1992	8,199	252.5
1993	9,584	214.4
1994	11,837	171.7
1995	13,472	150.9
1996	15,873	-

* Source: Agricultural Machinery Yearbook (1997)

그러나, 스피드스프레이어를 이용한 방제작업도 작업이 주로 6~8월에 이루어지고 작업시기도 아침 해 뜰 때나 저녁 해 질 무렵의 바람이 적은 때에 이루어지는 관계로 작업의 적기성이 중요하다. 이로 인해 그 기간 동안 방제인력을 구하는 것이 매우 어려우며 모든 작업시간동안 작업자는 농약에 노출되

어 극심한 농약중독 피해가 발생하여 방제작업을 기피하게 된다. 결국, 적기성 문제를 해결하고 농민을 농약피해로부터 보호하며 작업환경을 향상시키기 위해서는 무인방제시스템이 반드시 필요하다고 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 DGPS를 이용한 자율주행 스피드스프레이어를 개발하게 되었다. 컴퓨터 시각이 장애물이나 날씨, 주행시간 등에 따라 주행경로를 파악하는데 어려움이 있는데 비하여 GPS는 날씨, 지형, 시간 등에 관계없이 정확한 위치정보를 획득할 수 있다. 일반적인 GPS의 정확도는 100m 정도이나 DGPS를 구성하면 1m 이하의 정확도를 얻을 수 있고 회전을 포함한 과수원 전체에 대한 자율주행에 응용 가능하다.

본 연구에 대한 기초연구로서 “DGPS와 퍼지제어를 이용한 스피드스프레이어의 자율주행(I)(조성인 등, 1997)”에서 DGPS와 초음파 센서를 결합한 퍼지제어를 이용하여 스피드스프레이어의 자율주행이 가능함을 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 확인하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 스피드스프레이어에 DGPS의 수신기와 초음파 센서를 부착하여 과수원에서 자율주행이 가능하도록 구성하였다. 본 연구의 목적은 스피드스프레이어의 자율주행으로서, 구체적인 목적은 다음과 같다.

- 1) DGPS의 신호처리 알고리즘을 이용하여 현재 스피드스프레이어의 위치를 파악한다.
- 2) DGPS 신호와 초음파 센서를 이용하여 주행 경로 및 장애물 탐색 알고리즘을 개발한다.
- 3) 위의 결과를 바탕으로 퍼지제어기를 구성하여 과수원에서 스피드스프레이어의 실제 자율주행이 가능함을 입증한다.

2. 재료 및 방법

가. 초음파센서

초음파 신호는 퍼지제어기의 입력으로 사용되며 모두 4개가 사용되었다. 초음파센서를 구동하고 거리 측정을 위한 카운터부를 위하여 PCB를 제작하여 실험하였다. 사용된 센서의 제원은 표 2와 같다. 사

용된 초음파 센서는 송신부와 수신부가 일체형으로 실제로 과수원에서 스피드스프레이어를 운전하며 초음파센서의 작동 범위를 측정한 결과 4m 정도까지는 무리없이 동작하였다.

Table 2 Specification of the ultrasonic sensors

Model Name	Polaroid Ultrasonic Ranging Unit
Range	15cm ~ 1,050cm
Type	Transmitter and receiver on one body
Frequency	50 kHz
Resolution	1.8cm

나. DGPS 구성

실험에 사용된 DGPS 수신기 시스템은 Leica사의 GPS-System 300 모델(1996년 제작)로 이 수신기 두 개를 이용하여 DGPS를 구성하였다. 사용한 시스템은 정확도가 4cm 이내로 대개의 경우 2cm 정도의 오차를 보였다. 사용된 수신기는 기본적으로 GPS 센서와 콘트롤러, 그리고 안테나로 구성되어 있으며 실시간 DGPS를 구성하기 위해 라디오모뎀과 라디오모뎀 안테나가 필요하다. 콘트롤러는 Leica사의 CR344 모델을 사용하였으며, GPS센서는 역시 Leica사의 SR9500 모델을 사용하였다. 라디오 모뎀은 SATEL OY(Finland)사의 Sateline 2ASm²를 사용하였는데 모뎀의 전송속도는 4,800 baud이고 사용주파수는 457.150 MHz이며 가시성이 확보되었을 때 12km까지 전송될 수 있다. 그림 1은 실험에 사용한 GPS 콘트롤러와 센서, 라디오모뎀을 보여준다.

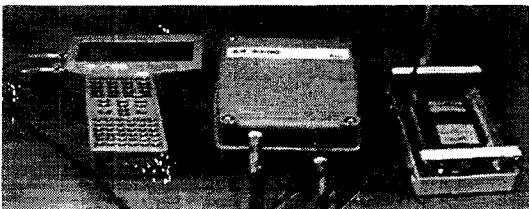


Fig. 1 Components of the GPS receiver.

DGPS의 이동국을 이용하여 얻은 현재의 위치좌

표는 NMEA 0183(National Marine Electronics Association 1083) 포맷으로 RS-232C 직렬 통신을 통해 컴퓨터로 현재의 위치를 전송하게 하였다. 이때 현재의 위치는 대개의 경우 위도와 경도이지만 시뮬레이션에서 설정한 방법을 이용하기 위하여 현재의 좌표를 위도 37° 15' 00", 경도 126° 58' 00" 를 원점으로 하는 x, y 평면좌표로 변환한 값을 이용하였다.

이 현재의 위치좌표와 바로 이전의 위치좌표, 목표지점의 위치좌표를 이용하여 조향각을 구하였으며 이를 퍼지제어기의 입력으로 사용하였다. 조향각은 시뮬레이션에서 구현한 알고리즘을 사용하여 구하였다.

기준국은 과수원내에 위도 37° 15' 35.14567", 경도 126° 58' 56.41625" 지점에 설치하였다. 수신기 자체에서 지원하는 고정국 설치 알고리즘을 이용하여 약 한 시간동안 위성신호를 수신한 후 자신의 현재 위치를 계산하였다. 고정국 수신기는 실제 자율주행을 실험한 과수원에서 약 50~100m 떨어진 곳에 위치하였다.

그림 2는 포장에서 자율주행하는 스피드스프레이어의 모습이다.

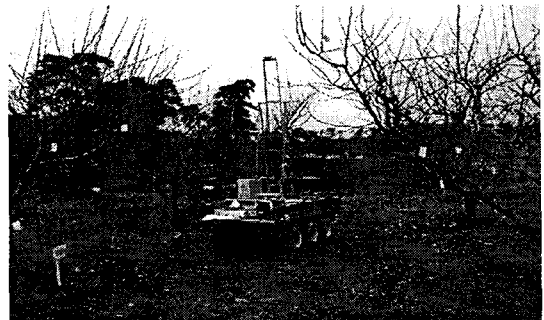


Fig. 2 Autonomous speedsprayer with the DGPS.

다. 조향장치

스피드스프레이어는 두 개의 레버를 움직이므로써 조향을 한다. 레버의 움직임을 기계적으로 처리하기 위해 유압시스템을 사용하였다. 그림 3은 본 연구에서 조향을 위해 사용한 유압시스템의 구조로

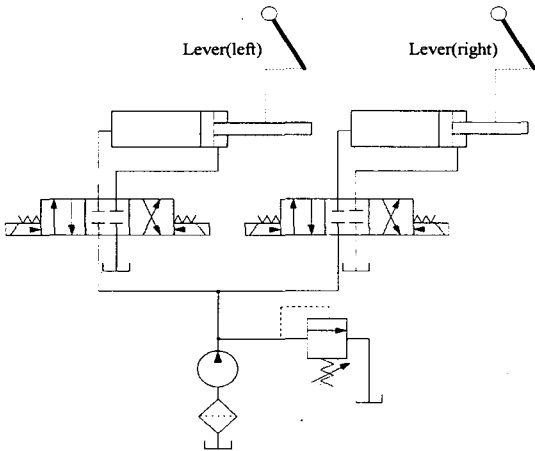


Fig. 3 Hydraulic system to control the steering levers.

두 개의 복동 유압실린더, 두 개의 3 port 4 way (closed center type) 방향제어 밸브, 한 개의 릴리프 밸브(허용압력 : 3~50kg/cm²)와 유압 펌프로 구성 되어 있다. 방향제어 밸브는 PC에서 나오는 신호를 이용한 유압 방향 제어를 위해 솔레노이드 밸브를 사용하였다. 솔레노이드 밸브는 미국 Vickers사에서 제작된 것으로 220V, 0.21A로 작동되며, 정격피로압력은 5,000 psi이다. 이 밸브의 작동에 의하여 실린더가 앞, 뒤로 움직이며 스피드스프레이의 레버의 기능을 대신하도록 하였다. 유압펌프는 스피드스프레이에 부착되어 있는 것을 사용하였다. 유압실린더의 구동을 위한 신호는 PC에 내장된 퍼지제어기에서 받게 되며 이를 위하여 입출력 장치는 8255와

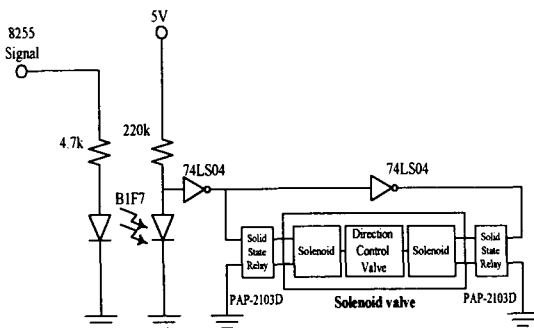


Fig. 4 Circuit for the hydraulic cylinder.

SSR(Solid State Relay)을 사용하였다. 8255는 초음파 센서 카운터부를 위한 PCB에 같이 배열하였고 8255에서 나온 신호를 조향에 이용하기 위한 회로는 그림 4와 같다.

라. 주행실험 방법

시뮬레이션(조성인 등, 1997) 방법과 동일한 방법으로 목표점을 설정하였으며 그림 5는 실제 과수원에서 설정된 모습과 동일하다. 실제 과수원은 경사가 거의 없었으며, 과수는 배나무로서 평균수령이 17년 정도이고 과수의 높이는 3m 내외였다. 과수로 인한 위성신호의 블록킹(blocking)현상을 방지하기 위하여 위성안테나도 3.2m 정도 높이로 맞추었다. 조향에 사용되는 유압실린더의 이동시간으로 인해 제어간격은 평균 2초에 한 번 정도였으며 스피드스프레이의 속도는 시뮬레이션과 같은 저속 1단인 1.6 km/h로 설정하였다.

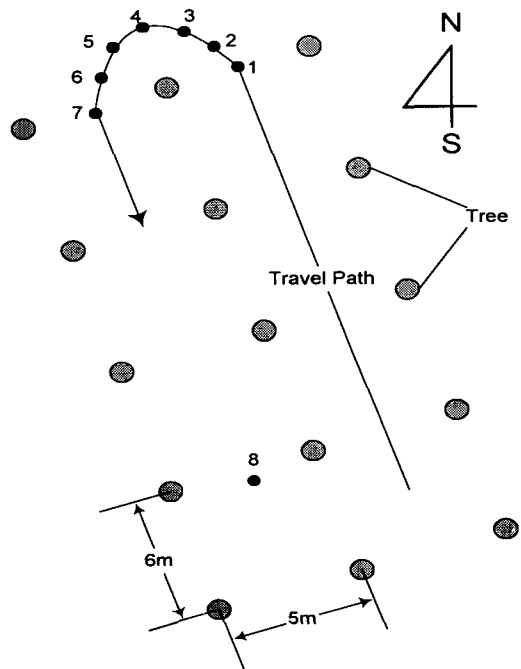


Fig. 5 Field shape and target points setup.

마. 주행 성능 평가 방법

시뮬레이션(조성인 등, 1997)에서 설정한 것과 같은 RMS값을 이용하여 주행 성능을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

포장 상태와 실험을 실시한 시간이 미치는 영향을 알아보기 위해 실험은 2차에 걸쳐 실시하였다. 1차 실험은 비교적 지면이 건조한 상태일 때 오후에 실시하였으며, 2차 실험은 지면에 수분이 많아 슬립이 많이 일어나는 오전에 실시하였다.

가. DGPS 수신기를 이용한 목표점 설정

그림 5에서 설정한 총 8개의 목표점을 실제 측정하였다. 목표점은 각각의 위치에서 수신기의 안테나를 설치하고 측정한 위치 좌표를 사용하였다. 각 목표점의 위도와 경도 및 이를 평면 좌표로 변환한 값을 표 3에 나타내었다.

나. DGPS만을 이용한 자율주행 실험

포장실험은 시뮬레이션에서 사용된 퍼지 귀속도 함수와 제어규칙을 사용하였다. 시뮬레이션과는 달리 스피드스프레어의 회전시에는 퍼지제어기에서 출력한 제어시간(0~2초)을 2배하여 최종 출력신호로 사용하였다. 이렇게 함으로써 회전시에도 별 문제없이 스피드스프레어가 동작함을 확인할 수 있

었다.

이러한 방식으로 수행한 실험결과를 표 4에 나타내었다. 실험은 스피드스프레어의 뒷부분 가운데에 막대를 수직방향으로 고정시키고 퍼지제어기에 의한 주행을 한 후, 막대에 의해 생성된 궤적과 이상적인 경로와의 편차를 측정하였는데 총 주행길이는 41.7m로 직선 주행이 26m, 곡선 주행이 15.7m였다. 직선 주행시는 2m마다 편차를 측정했고 회전시는 30° 마다 편차를 측정하였다. 실험은 DGPS신호만을 사용하여 수행하였으며 총 10회를 수행하였다. 10회의 실험중 초기 5회는 1차 실험에서 얻은 결과이고 이후 5회는 2차 실험에서 얻은 결과이다. 초기 위치는 대략 0, ±10cm, ±20cm의 offset을 주었으며 차량의 방향(heading)은 이상적인 경로와 평행이 되도록 하였다. 그림 6은 1차 실험에서 얻은 주행 편차를 표시한 것이고 그림 7은 2차 실험에서 얻은 주행 편차이다. 그림 6과 7에서 측정지점 10에서 16까지가 회전이 이루어지는 부분이고 나머지는 직선주행 부분이다. 즉, 1~10까지는 2m 간격으로 측정한 직선주행의 편차를 나타내고, 10~16까지는 30° 간격으로 측정한 회전주행시의 편차를, 그리고 16~19까지는 다시 2m 간격으로 측정한 직선주행의 편차를 나타낸 것이다.

10회의 실험결과 trial 4에서 최대 편차가 56cm로 가장 높았다. 이는 직선주행에서 나타난 결과로 직선주행부분에 목표점을 더 많이 설정해 준다면 편차가 감소되리라고 생각된다. 10회의 결과 모두 RMS 값은 30cm 이내이며 그림 6과 7에서 보이듯이 선회

Table 3 Target points for the autonomous operation

Target Points	Latitude (N)	Longitude (E)	x coordinate (m)	y coordinate (m)
1	37° 15' 34.74990"	126° 58' 56.18496"	996.197	1392.885
2	37° 15' 35.79941"	126° 58' 56.14036"	997.861	1392.106
3	37° 15' 34.83243"	126° 58' 56.09368"	998.770	1390.696
4	37° 15' 34.83830"	126° 58' 56.06528"	998.965	1389.638
5	37° 15' 35.80021"	126° 58' 56.01865"	998.312	1388.455
6	37° 15' 35.75843"	126° 58' 55.98243"	997.183	1388.104
7	37° 15' 34.71713"	126° 58' 55.99378"	995.066	1388.405
8	37° 15' 34.00705"	126° 58' 56.21233"	989.478	1389.622

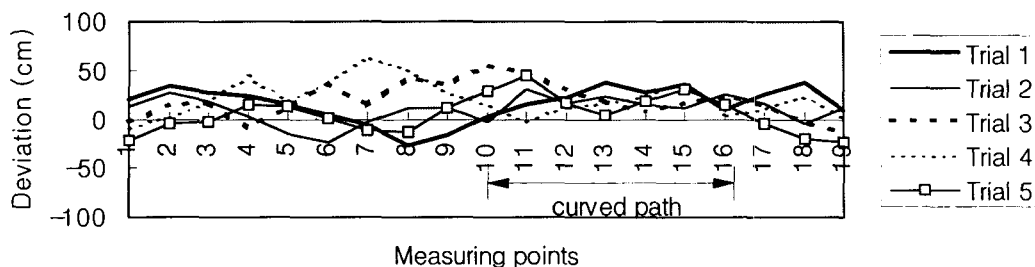


Fig. 6 Deviation during the autonomous operation with DGPS signal only (the 1st experiment).

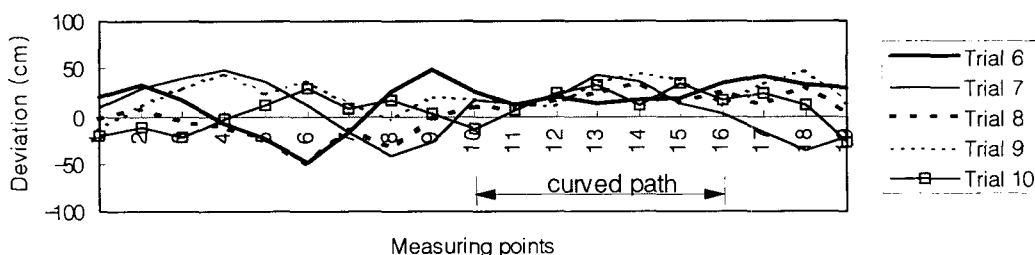


Fig. 7. Deviation during the autonomous operation with DGPS signal only (the 2nd experiment).

Table 4 Test results with DGPS signal only

Trial	RMS (cm)	Trial	RMS (cm)
1	23.5	6	28.1
2	16.8	7	28.6
3	26.0	8	21.3
4	28.1	9	28.4
5	19.0	10	19.5

부분보다 오히려 직선주행 부분의 오차가 컸는데 이는 선회부분에 목표점을 조밀하게 설정해 주었기 때문으로 생각된다.

또한, 실험을 수행한 시간과 포장의 상태가 실험의 결과에 많은 영향을 미치지 않음을 알 수 있었다. 포장의 상태는 수분의 포함정도에 상관없이 지반이 매우 연약하기 때문에 슬립정도가 비슷하기 때문으로 판단된다.

다. DGPS와 초음파센서를 함께 이용한 자율주행 실험

시뮬레이션과 같이 초음파 센서의 효과를 알아보기 위하여 DGPS 신호와 초음파 센서 신호를 모두 사용하여 실험을 수행하였다. 실험은 2차에 걸쳐 5회씩 모두 10회 수행하였으며 이를 표 5에 나타내었다. 또한, 열 번의 실험에서 얻은 주행중의 편차를 그림 8과 9에 나타내었다.

DGPS와 초음파 센서를 함께 사용한 경우에는 10회의 결과 모두 최대 편차가 50cm를 넘지 않았고, RMS값도 30cm 이내였다.

포장실험에서 얻은 결과에서 보이듯이 대부분의 경우 최대 편차가 50cm를 넘지 않았고, RMS값도 시뮬레이션의 결과와 비슷하였다. 회전주행시 대부분의 경우가 설정해준 회전반경보다 작은 곡률반경을 그리며 회전하였는데 이는 스피드스프레이가 목표점에 도달하였는지를 나타내는 문턱값(1.5m)을 비교적 높게 설정해 주었기 때문으로 사료된다.

초음파센서는 주행 성능 향상에 도움을 주지 못한 것으로 생각된다. 이는 엔진에서 발생하는 진동과 소음으로 인하여 초음파 센서가 오동작하는 경우와 DGPS 신호가 정밀하여 스피드스프레이가 이상적

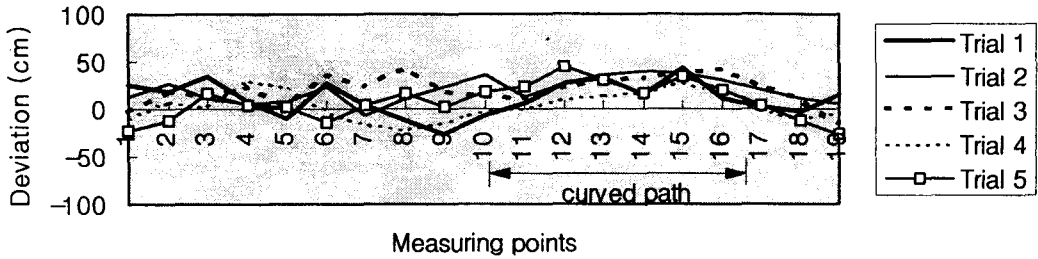


Fig. 8 Deviation during the autonomous operation with DGPS signal and ultrasonic sensors (the 1st experiment).

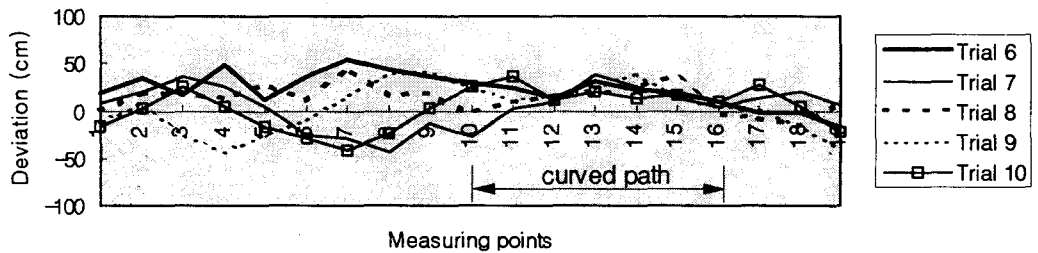


Fig. 9. Deviation during the autonomous operation with DGPS signal and ultrasonic sensors (the 2nd experiment).

Table 5 Test results with DGPS signal and ultrasonic sensors

Trial	RMS (cm)	Trial	RMS (cm)
1	20.7	6	28.6
2	23.1	7	23.0
3	25.0	8	19.9
4	15.0	9	25.3
5	20.5	10	21.5

경로에서 크게 이탈하지 않았기 때문으로 생각된다.

하지만, 초음파 센서는 DGPS 신호가 문제가 생겼을 경우 스피드스프레이가 파수와 충돌하는 것을 막아 줄 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 파수와 같은 고정 장애물 뿐만 아니라 사람과 같은 이동 장애물의 출현시에도 차량의 충돌을 막아 줄 수 있을 것으로 기대된다.

이상의 결과에서 DGPS 신호와 초음파 센서를 신호를 이용하면 스피드스프레이의 자율주행이 가능함을 알 수 있었다.

라. 시뮬레이션과 포장실험과의 비교

시뮬레이션과 포장실험의 결과는 비교적 잘 일치하고 있으나 아직 많은 부분에서 보완의 소지가 남아있다. 첫째 초음파 센서의 문제이다. 스피드스프레이의 앞부분에 설치한 초음파 센서는 역시 앞쪽에 위치한 엔진의 영향으로 진동의 영향을 받았고 그에 따라 거리측정에 문제를 나타내었다. 이는 초음파센서를 설치할 때 적절한 진동감쇠기를 고안하여 설치하거나 요즘 개발되어 시제품이 나오고 있는 진동에 민감하지 않은 초음파 센서를 사용함으로써 해결할 수 있을 것으로 판단된다.

둘째로, 시뮬레이션에서 슬립이 없다고 가정했던 부분이 실제 주행시는 상당한 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 파수원 지반이 단단하지 못했기 때문에 슬립이 많이 일어났으며 이는 스피드스프레이가 회전할 때 두드러졌다. 이러한 문제로 주행속도가 설정치보다 낮게 나오고 같은 거리에서 슬립이 없을 때 보다 제어신호가 많아지는 문제가 있었다. 비록 주행결과에 있어서는 슬립의 영향에 민감하지 않고 어떠한 포장상태에서도 적절한 조향을 할 수

있음을 확인하였지만 차량의 속도는 방제량과도 밀접한 관련이 있으므로 이를 보완하기 위해서 속도센서(ground speed sensor)를 이용하여 차량의 정확한 속도를 측정하는 것이 필요하다고 생각된다.

마지막으로, 스피드스프레이어가 주행시 관성의 영향과 실린더 이동시간 등으로 인하여 제어가 신속히 이루어지지 못한 점도 문제가 된다고 여겨진다. 특히 실린더 이동시간은 제어간격을 좀 더 줄이는데도 제한 요소가 되므로 개선이 필요하다고 생각된다. 실제로 시뮬레이션 상에서 제어간격을 1초에 한 번으로 바꾼다면 성능을 상당히 개선할 수 있었으며 제어간격을 1초에 한 번으로 할 수 있다면 스피드스프레이어의 속도를 4 km/h까지 높이는 데 문제가 없었다.

DGPS 수신기는 1초에 한 번 위치정보를 전송해 주는데 퍼지제어기는 실린더 이동시간으로 인해 모든 정보를 활용하지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 현재 실린더에 유압을 공급해 주는 유압펌프를 기존에 스피드스프레이어에 장착된 것을 사용하기 보다는 유량이 큰 것을 사용한다면 실린더 이동시간을 많이 줄일 수 있고 시스템의 성능도 상당히 개선할 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문에서는 포장의 경사상태에 대한 연구가 없었다. 비록 스피드스프레이어가 경사도 10° 이하의 포장에서 작업을 한다고 하더라도 안테나가 과수의 높이만큼 높은 곳에 설치되므로 약간의 경사라도 수신되는 현재 위치가 스피드스프레이어의 중심에서 벗어날 수 있다. 이러한 문제는 스피드스프레이어의 주행 편차를 줄이는 데에도 중요한 문제이기 때문에 차후의 연구에서는 반드시 고려해야 한다고 생각한다. 즉, 경사센서를 이용하여 차체의 롤(roll)과 피치(pitch)를 측정하여 이를 이용하여 현재 수신되는 위치좌표를 보정해 준다면 보다 정확한 위치좌표를 측정할 수 있을 것으로 기대된다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 스피드스프레이어의 자율주행을 위하여 DGPS 신호를 이용한 퍼지제어기를 개발하였다. 퍼지제어는 DGPS 신호의 결과인 주행방향과 네 개의 초음파 센서 신호를 입력으로 받고, 유압 실린더의 작동시간을 추론 결과로 가진다. 이를 위하여

DGPS 신호처리 알고리즘을 개발하였고 유압시스템을 구성하였으며, 초음파 센서 모듈을 제작하였다.

미리 결정된 목표점과 현재 DGPS 수신기로부터 받은 좌표점을 이용하여 스피드스프레이어의 조향각을 결정하였으며 유압 시스템은 스피드스프레이어의 레버에 의한 조향을 대신하기 위하여 두 개의 유압실린더를 사용하였다. 초음파 센서는 차체의 앞에 두 개, 측면 후방에 두 개를 장착하였으며 초음파를 송신한 후 과수에 부딪히고 돌아올 때까지의 펄스 수를 계산하여 그 결과를 이용하였다.

실험은 배 과수원에서 수행하였으며 DGPS 신호만으로도 자율주행이 가능함을 알 수 있었다. 한편, DGPS의 정밀도가 좋은 관계로 초음파 센서는 스피드스프레이어의 자율주행 성능을 향상시키는 데는 큰 도움을 주지 못했지만, 초음파 센서를 사용함으로써 스피드스프레이어가 주행경로에 장애물이 있을 때나 DGPS의 이상으로 인한 충돌 등을 미연에 방지할 수 있을 것으로 기대되었다.

본 연구에서 사용한 DGPS 수신기와 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS) 개념을 이용하여 과수원의 전자지도를 작성하면 지도 내에 차량의 주행좌표를 생성할 수가 있게 된다. 이러한 좌표의 생성은 자율주행은 물론, 약제 살포의 자동화를 위한 노즐의 살포방향과 살포압력을 제어하는데 이용할 수 있다. 그에 따라 농약사용량의 감소로 환경보전의 효과를 가져올 수 있고, 또한 과수원을 통합시스템으로 구성할 수 있게 되어 방제이외의 작업(시비, 제초, 수확작업 등)의 자동화를 촉진할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 농촌진흥청 과수연구소. 1994. 과수원 작업생력화 현황 및 개발방향.
2. 조성인, 이재훈, 정선욱. 1997. DGPS와 퍼지제어를 이용한 스피드스프레이어의 자율주행(I) - 그래픽 시뮬레이션 -. 한국농업기계학회지 22(4): 487-496.
3. 한국농업기계학회. 1997. 농업기계연감.