

DGPS와 GIS를 이용한 스피드스프레이어의 자율주행

Autonomous Speedsprayer Using DGPS and GIS

조성인*	이정엽*	박영식*
정회원	정회원	정회원
S. I. Cho	J. Y. Lee	Y. S. Park

1. 서론

최근 들어 날씨, 시간 등에 상관없이 현재 위치를 얻을 수 있다는 장점을 가진 GPS를 이용한 농업용 차량에 대한 자율주행에 연구되고 있다. 하지만, GPS는 신호의 도달시간에 따라 현재 위치를 계산하기 때문에 일반 방송국의 방송신호처럼 장애물에 부딪친 후, 수신기에 도달하게 되면 즉 시간지연이 발생할 때에는 정확한 현재 위치를 알아낼 수 없게 된다. 더욱이 논이나 밭과 같은 개방된 곳에서의 GPS 사용에는 문제가 없지만, 나뭇잎이나 가지 등의 불규칙적인 신호 장애물이 있는 과수원의 경우에는 GPS 사용에 문제가 된다.

따라서 이런 문제를 해결하고자 본 연구에서는 GPS와 기존의 추측항법(dead reckoning navigation)에 사용되는 로터리 인코더와 자이로센서를 복합적으로 이용하여 자율주행 스피드스프레이어를 개발하는 것을 주요 목적을 한다. 또한 GPS 활용측면에서 GIS 개념을 추가시켜 간단한 과수원의 관리 및 주행목표점 설정을 위한 프로그램의 개발도 부가적인 연구 목적으로 설정하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 자이로 센서

본 실험에서는 자이로센서로 BEI사의 QRS14-64-109모델을 사용하였다. QRS14-64-109모델은 진동에 약한 기계적인 방향센서의 단점을 보완하기 위해 수정발진자를 이용하여 변위각을 측정하는 구조로 가격이 싸고, 구동회로가 간단하며, 아날로그 값을 출력으로 한다. QRS14-64-109모델의 특징은 표 1과 같다.

Table 1. Specification of QRS14-64-109

Operating voltage	+5VDC
Range	± 60 °/sec
Full range output	+0.25~4.75 VDC
Nominal	35.16 mV/ °/sec
Linearity	< 0.05% of full range

2.2 로터리 인코더

실제 사용된 로터리 인코더는 Autonics사의 ENB-300-3-1모델로 1회전 당 300펄스가 출력되어 분해능이 1.2 °/pulse이다. 두 개의 로터리 인코더를 스피드스프레이어 좌,우 중간바

* 서울대학교 농업생명과학대학 생물자원공학부

퀴에 장착하였다. 또한, 스피드스프레어의 바퀴의 직경이 45cm이므로 식 (1)에 의해 로터리 인코더의 펄스를 계수함으로써 이동거리를 계산할 수 있다.

$$D = \frac{n \times 1.2 \times d \times \pi}{360} \quad (1)$$

여기서, D : 이동거리(cm)

n : 로터리 인코더로부터 얻은 펄스수

d : 스피드스프레어의 직경(cm)

2.3 DGPS 구성

실험을 위해 사용된 DGPS장비는 GPS센서로 2cm내의 정밀도를 가진 Novatel사의 Propak II RT-2모델과 라디오모뎀으로 19200baud의 전송속도를 가진 GLB사의 SNRDS모델을 사용하였다.

기지국은 경기도 수원시 농촌진흥청내 농업기계화 연구소에 설치하였으며 기지국의 위치는 경도 37.27400812, 위도 126.98301750이다. 기지국도 이동국과 같은 모델의 장비로 구성되어 있으며, 라디오모뎀을 이용하여 DGPS포맷인 RTCM104 (Radio Technical Commission for Maritime Services 104)포맷으로 보정신호를 이동국으로 보내게 된다.

2.4 조향장치

스피드스프레어는 두 개의 레버에 의하여 작동된다. 레버의 작동을 사람이 아닌 기계적으로 하기 위하여 두 개의 유압 실린더를 사용하였다. 스피드스프레어의 레버는 두 가지 단계에 의하여 작동하는데, 레버의 전체 움직임 중 절반은 주행부의 클러치를 단속하는 역할을 하고 나머지 절반은 브레이크 작용을 한다. 따라서, 주행 중 레버의 조절에 따라 회전의 가감을 조절할 수가 있으며, 유압실린더로 이와 같은 작용을 할 수가 있다.

본 연구에서 사용된 유압시스템은 그림

1과 같은 구조로 되어 있다. 유압시스템은 크게 두 개의 복동 유압 실린더, 두 개의 3 port 4 way(closed center type) 방향제어밸브, 한 개의 릴리프 밸브(허용압력 : 3~50kgf/cm²)와 유압 펌프로 구성되어 있다.

방향제어 밸브는 PC에서 나오는 신호를 이용한 유압 방향 제어를 위해 솔레노이드 밸브를 사용하였다. 솔레노이드 밸브는 미국 Vickers사에서 제작된 것으로 220V, 0.21A로 작동

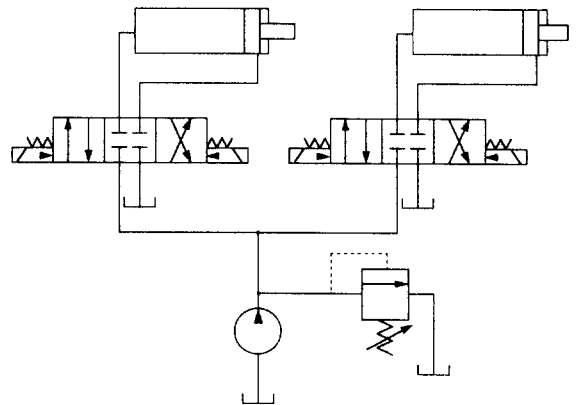


Figure 1. The hydraulic system for steering.

되며, 정격피로 압력은 5000psi이다. 이 밸브의 작동에 의하여 실린더가 앞, 뒤로 움직이며 스피드스프레이어의 레버의 기능을 대신하도록 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 GIS DB 구축

DGPS신호를 통해 받은 좌표값과 과수의 상태정보를 데이터베이스화 할 수 있는 프로그램을 제작하였다. 프로그램 제작에 사용된 컴파일러는 볼랜드사의 Delphi 2.0 Evaluation버전이며, 그림 2는 프로그램과 실행된 화면을 보여준다.

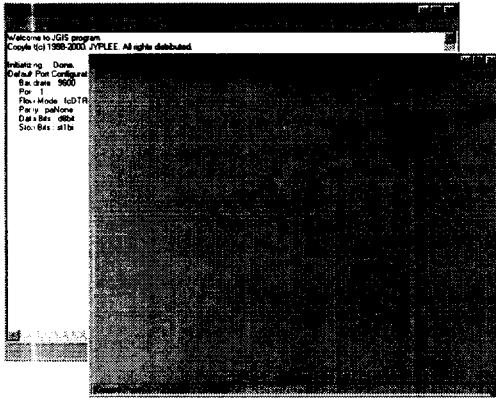


Figure 2. Windows for the GIS program.

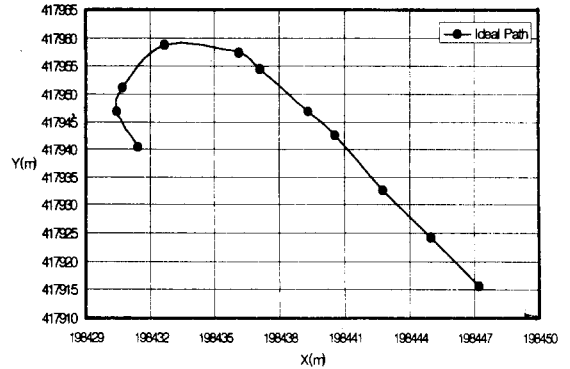


Figure 3. Target points setup.

그림 3은 이 프로그램을 이용하여 실제 과수원에서 획득한 지형정보를 이용하여 선정된 스피드스프레이어가 자율주행할 목표점을 보여준다. 실제 실험한 과수원에는 여러 가지 종류의 배나무가 심어져있고, 주간이 2m에서 5m까지 다양하다. 최소한 선회가 가능하기 위해서는 5m정도가 되어야 하므로 위의 과수원의 지형정보를 토대로 자율주행 실험을 위해 적당한 지점에서 U자 모양의 주행경로를 선정하였다.

3.2 DGPS만을 이용한 자율주행 실험

DGPS만을 이용한 실험은 저속 1단(1.6km/hr)과 저속 2단(2.0km/hr) 두가지 속도별로 5번씩 실시하였다. deviation 측정방법은 DGPS신호를 1초당 한 번씩 파일로 저장한 후, 계획했던 경로와 비교하였다.

이러한 방식으로 수행된 실험결과

Table 2. Test results with DGPS signal only.

Speed I(1.6km/hr)		Speed II(2.0km/hr)	
Trial	RMS(m)	Trial	RMS(m)
1	0.34	6	0.41
2	0.25	7	0.36
3	0.23	8	0.24
4	0.37	9	0.38
5	0.31	10	0.34

표 2와 같다.

10회 실험중 대부분의 경우가 0.4m미만의 deviation을 보였으며, 저속 1단에서의 실험이 저속 2단의 실험보다 조금 나은 결과를 보였다. 이는 유압실린더의 반응시간(1~2초)이 스피드스프레이어의 저속 2단의 속도에 비해 느린 점이 원인이라고 생각된다.

3.3 자이로센서와 로터리 인코더만을 이용한 자율주행실험

앞서 DGPS만을 이용한 실험방법과 동일한 방법으로 gyrosensor와 rotary encoder만을 이용한 자율주행 실험을 실시하였다. 여기서도 deviation측정방법은 DGPS실험과 동일하다.

수행된 실험결과는 표 3과 같으며, 10회 실험에서 대부분의 결과의 deviation이 0.4m정도에 해당되었다. 그러나, 이는 RMS값이고, 실제로 계획했던 최대 deviation의 폭을 상회하는 경우가 많았다. 실제 실험에서도 주행경로의 모양대로 거의 흡사하게 자율주행을 수행했지만, 많은 경우가 과수의 열에 가깝게 지나가는 경우가 많았다. 또한, deviation의 변화도 초기 스피드스프레이어의 진행방향, 초기위치 등의 초기상태에 많은 영향을 받았다.

Table 3. Test results with gyrosensor and rotary encoder signal only.

Speed I(1.6km/hr)		Speed II(2.0km/hr)	
Trial	RMS(m)	Trial	RMS(m)
1	0.30	6	0.32
2	0.47	7	0.44
3	0.39	8	0.47
4	0.35	9	0.44
5	0.42	10	0.32

3.4 DGPS, 자이로 센서, 로터리 인코더를 이용한 자율주행실험

앞선 두 가지 실험 방법과 동일하고, deviation측정방법도 동일하다. 다만, DGPS신호의 수신 불량을 실제 실험에서 구현하기 위해 조향각 설정 프로그램에서 10초간격으로 DGPS신호를 조향각 설정에 이용하지 않는 방법을 사용하였다.

Table 4. Test results with DGPS, gyrosensor and rotary encoder signal only.

Speed I(1.6km/hr)		Speed II(2.0km/hr)	
Trial	RMS(m)	Trial	RMS(m)
1	0.29	6	0.32
2	0.34	7	0.33
3	0.35	8	0.40
4	0.42	9	0.36
5	0.32	10	0.41

수행된 실험결과는 표 4와 같으며, 10번의 실험결과, 대부분이 0.4m미만의 deviation을 보였다. 전체 실험경로중 DGPS신호를 조향각 계산에 이용하지 않은 부분에 비해 이용한 부분의 deviation의 값이 작았다.

3.5 각 실험 결과 비교

앞선 세 가지 실험방법의 deviation을 그림 4에 정리하였다. 그림 4에서 각각의 그래프는

각 실험에서의 RMS범위를 나타낸다. RMS1은 DGPS신호만을 이용한 실험 결과이며, RMS2는 gyrosensor와 rotary encoder신호만을 이용한 실험 결과이며, RMS3은 두 가지 방법을 통합한 실험결과이다. 그림 31에서 보면, 내락적인 경향은 $RMS1 < RMS3 < RMS2$ 순으로 deviation크기를 보인다.

물론, 여러 가지 조건에 따라 실험

방법별 deviation순서는 바뀔 수가 있지만, 과수원같이 DGPS신호의 취득에 방해될 수 있는 요소가 많은 곳에서 gyrosensor와 rotary encoder 등의 보조 항법시스템을 이용하면 어느 정도로 deviation의 크기를 줄여줄 수 있음을 확인하였다.

실험방법에 의한 deviation을 제외하고 오차를 발생시킨 원인을 살펴보면, 먼저, 실험에 사용된 스피드스프레이어는 양쪽에 세 개의 바퀴를 두 개의 레버를 이용하여 한 쪽의 동력 전달을 차단시킴으로서 조향이 가능한 형태이다. 따라서 조향각은 레버의 당기는 시간에 따라 달라지게 되는데, 실제 사람이 운전할 때는 토양의 상태에 따라 즉 슬립률에 따라 적절하게 반응할 수 있으나, 프로그램 상에서는 적절한 토양 상태를 판단하기가 힘들었고, 이로 인해 레버를 당기는 적절한 시간을 조향각의 크기에 비례하도록 한 프로그램으로는 문제가 있었다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 스피드스프레이어의 자율주행을 위해서 DGPS, gyrosensor와 rotary encoder를 이용한 시스템을 구성하였다. 스피드스프레이어의 현재 위치를 파악하기 위해 DGPS신호에 중점을 두고 장애물 등에 의해 DGPS신호의 취득이나 정확성이 낮을 때, gyrosensor와 rotary encoder를 이용한 추측항법으로 현재 위치를 파악하여 자율주행을 할 수 있도록 하였다. 이를 위해서, DGPS신호의 처리 알고리즘과 gyrosensor와 rotary encoder의 제어 회로를 제작하고, 추측항법 알고리즘을 개발하였다. 또한, 작업경로 설정 및 과수원 전반적인 관리를 위한 프로그램을 개발하였다.

개발된 전체 시스템은 DGPS와 추측항법을 이용하여 현재 가장 적절한 현재 위치를 결정한 후, 미리 결정된 작업경로상의 목표점과 비교하여 적절한 조향각을 결정하고, 이를 바탕으로 스피드스프레이어의 조향레버를 대신하는 유압시스템을 구동시켜 조향을 하는 순서로 작업경로를 자율주행할 수 있었다.

DGPS만을 이용한 자율주행실험에서는 최대 RMS오차가 0.3m이고, gyrosensor와 rotary encoder를 이용한 추측항법의 경우는 최대 RMS오차가 0.47m가 나왔으며, DGPS와 추측항

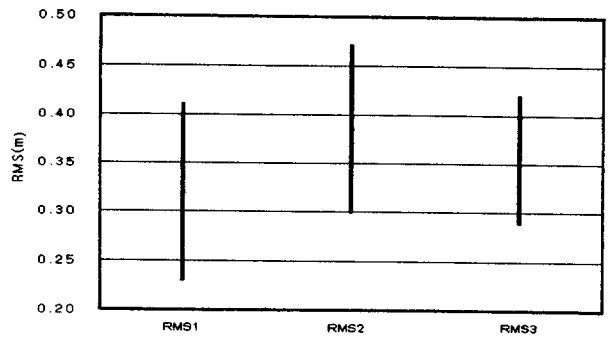


Figure 4. Comparison of the results.

법을 이용한 경우는 최대 RMS오차가 0.39m가 나왔다. RMS의 경우는 모든 경우 0.5m 이내의 값을 보였으나, 실제 추측항법을 이용한 경우는 과수에 부딪칠 정도의 deviation을 보이는 경우가 많아, 추측항법만을 이용한 자율주행은 불가능하였다.

또한, DGPS만의 자율주행이 가장 나은 결과를 보였으나, 논, 밭과 같은 개방된 지역이 아닌 과수원같이 나뭇잎이나 가지 등에 인해 GPS신호취득에 장애를 유발시킬 수 있는 지역에서는 본 연구에서처럼 보조적인 항법시스템을 이용한다면 더욱 안정적인 작업이 가능한 것으로 확인되었다.

5. 참고문헌

1. 기노훈, 조성인, 최창현. 1996. 기계시각과 퍼지논리를 이용한 스피드스프레어의 자율주행(II) - 실제 주행 -. 한국농업기계학회지 Vol. 21(2):175~181.
2. 이재훈, 조성인, 이정엽. 1998. DGPS와 퍼지제어를 이용한 스피드스프레어의 자율주행(II) - 실제주행 -. 한국농업기계학회지 Vol. 23(1):75~82.
3. 정선옥, 박원규, 김상철, 박우풍, 장영창. 1998. DGPS와 Gyro compass를 이용한 트랙터의 자세 검출. 한국농업기계학회지 Vol. 23(2):179~186.
4. Nagasaka, Y., R. Otani, K. Shigeta and K. Taniwaki. 1997. Proceeding of International Workshop on Robotics and Automated Machinery for Bio-productions. p 21~26.
5. Borgelt, S. C., J. D. Harrison, K. A. Sudduth and S. J. Birrel. 1996. Evaluation of GPS for Application in Precision Agriculture. Applied Engineering in Agriculture, Vol. 12(6):633~638.
6. Clark, R. L. and J. W. Worley. 1994. Accuracy of DGPS Position Information from Land Based Moving Vehicles with a C/A Code GPS Receiver. ASAE Winter Meeting. Paper No. 94-3545.
7. Klassen, N. D., R. J. Wilson and J. N. Wilson. 1994. Guidance Systems for Agricultural Vehicles. Proceedings of XII World Congress on Agricultural Engineering, International Commission of Agricultural Engineering, CIGR. pp 1136~1142.
8. Larsen, W. E., G. A. Nielson and D. A. Tyler. 1994. Precision navigation with GPS. Computers and Electronics in Agriculture Vol. 11(1):85~95.
9. Rupert, C. and R. L. Clark. 1994. Accuracy of DGPS Position Information Point Data with a C/A Code Receiver. ASAE Winter Meeting. Paper No. 94-3546.
10. Stafford, J. V. and B. Ambler. 1994. In-field location using GPS for spatially variable field operations. Computers and Electronics in Agriculture. Vol. 11(1):23~26.
11. Vetter, A. A. 1996. Quantitative Evaluation of DGPS Guidance for Ground-Based Agricultural Applications. Applied Engineering in Agriculture. Vol. 11(3):459~464.