

GPS를 이용한 필드로봇의 PC기반 자율항법 제어 시스템

한재원 박재호 홍성경 류영선

PC controlled Autonomous Navigation System for GPS Guided Field Robot

J. W. Han J. H. Park S. K. Hong Y. S. Ryuh

Abstract

Navigation system is applied in variety of fields including the simple location positioning, autopilot navigation of unmanned robot tractor, autonomous guidance systems for agricultural vehicles, construction of large field works that require high precision and map making process. Particularly utilization of GPS (Global Positioning System) is very common in the present navigation system. This study introduces a navigation system for autonomous field robot that travels to the pre-input path using GPS information. Performance of the GPS- based navigation is highly depended on its receiving rate because GPS receivers do not acquire any navigation information in the period between the refresh intervals. So this study presents an algorithm that improves an accuracy of the navigation by estimation the positional information during the blind period of a low rate GPS receiver. In fact the algorithm calculated the robot's heading in a 50 Hz rate, so the blind period of an 1 Hz GPS receiver is extensively covered. Consequently implementation of the algorithm to the GPS based navigation showed an improvement in guidance accuracy. The conventional field robot directly carried an expensive control computer and sensors onboard, therefore the miniaturization and weight reduction of the robot was limited. In this paper, the field robot carried only communication equipments such as GPS module, normal RC receiver, and bluetooth modem. This enabled the field robot to be built in an economic cost and miniature size.

Keywords : GPS, Navigation, PC to RC, Heading angle estimation, Position estimation

1. 서론

최근 GPS(Global Positioning System) 응용 분야가 다양하게 확대되고 있다. 과거 군사용, 항공운항제어 등에 한정되어 있던 GPS가 측지/측량이나 car navigation, mobile device, 농업 분야, 야생동물관리 등 매우 다양한 분야에 이용되고 있으며 특히 농작업 분야에서 GPS를 이용한 개인용컴퓨터(PC, Personal Computer) 기반의 자율항법 시스템이 실외주행로봇이나 무인작업차량의 주행제어를 위해 연구가 되어 오고 있다. Chung 등(1998)은 DGPS와 gyro compass를 이용한 트랙

터의 자세검출을 위한 연구를 수행한 바 있고, Cho 등(2002)은 DGPS와 기계시각을 활용한 콤팩트의 자율주행시스템과 실시간 정밀방제시스템을 개발한 바 있다. 특히 Michael (2004)은 경제성을 확보하기 위한 노력을 많이 하는데 저가의 자율운행장치를 이용한 정밀도 향상알고리즘을 제안하였다. 국내에서도 Kim 등(2004)이 자동차의 자율주행을 위해 GPS만을 이용한 주행제어시스템을 연구한 바 있다. 그러나 GPS만을 이용하는 경우 광역에서 주행제어를 위해서는 가능하지만 실시간으로 정확한 위치인식을 하기엔 무리가 있어 센서 융합을 통해 정밀도 향상방안이 연구되었다. 특히 일본

The article was submitted for publication on 2009-08-03, reviewed on 2009-08-10, and approved for publication by editorial board of KSAM on 2009-08-14. The authors are Jae Won Han, Jae Ho Park, Graduate Student, Sung Kyung Hong, Professor, Sejong University, School of Mechanical & Aerospace Engineering Seoul, Korea, and Young Sun Ryuh, Principal Researcher, Korea Institute of Industrial Technology. Corresponding author: Y. S. Ryuh, Director/Principal Researcher, Center for Advancement of Robot Industry, Korea Institute of Industrial Technology, Ansan, 426-171, Korea; Fax: +82-31-500-4900; E-mail: <ysryuh@kitech.re.kr>.

에서 Matsuo와 Yukumoto(2004)이 트랙터의 무인자율주행을 위해 자율항법시스템과 제어장치, 그리고 위치추정알고리즘을 활용하여 작업수행능력을 비교한 바 있고, Kise와 Noguchi(2005)은 로봇트랙터의 자율주행을 위한 위치정보를 실시간으로 정확히 전달하기 위해 RTK-GPS(Real time kinematic GPS)를 gyro기반의 Attitude센서와 융합하고 경로추정알고리즘을 개발하여 다양한 조건에서 실험한 바 있고, 국내에서도 Woo와 Jung(2007)이 증강현실 내비게이션의 구현을 위해 gyro와 GPS를 이용 차량위치를 0.1초단위로 차량위치를 추정하는 방법을 제시하였다. 일반적인 낮은 속도의 위치측정 방법인 GPS의 경우 일반적으로 1초단위로 위치의 측정이 가능한데 gyro 센서에서 나오는 각속도 정보와 차량의 속도정보를 이용하여 0.1초 단위로 위치추정이 가능하도록 추정융합알고리즘을 연구하였다. Hong 등(2008)은 무인자율비행로봇의 위치인식 및 자율항법시스템을 위해 무선신호로 PC를 Host로 하여 무게와 비용을 크게 줄인 비행로봇의 저가 시스템을 제안한 바 있다.

그러나 이러한 필드주행로봇의 경우 정확한 위치제어 및 자동 주행을 위해서는 정해진 경로점을 찾아 갈 수 있는 유도, 항법시스템이 필요하다. 항법 시스템은 GPS, 관성센서, 영상센서 등을 이용하여 더욱 정확도가 높은 항법시스템으로 발전해왔다. 하지만 항법시스템의 정확도를 향상시키기 위한 노력이 계속됨에 따라 센서의 종류가 증가되어 필드주행로봇에 탑재되는 센서의 크기와 무게가 증가하였고, 그에 따라 필드주행로봇에 크기와 무게 또한 증가되었다.

기존 GPS 정보만을 이용한 항법 시스템의 경우 GPS 수신 속도에 따라 그 성능의 차이를 가지게 된다. GPS 신호 사이의 정보가 없어 그 중간 값을 도출해내지 못하기 때문이다.

본 연구에서는 필드상의 자율 주행로봇이 GPS 정보만을 사용하여 주어진 경로를 찾아가는 유도, 항법 시스템을 제시한다. 따라서 본 논문에서는 낮은 수신 속도를 가지는 GPS를 가지고 데이터 정보 사이의 값을 도출하는 알고리즘을 제시하고 GPS 정보 사이의 위치 정보를 예측하여 보다 정확한 항법 시스템을 개발하였다. 1 Hz GPS 데이터 정보 사이 구간에서 프로그램 되어져있는 추정알고리즘을 사용하여 50 Hz로 필드주행로봇의 헤딩각(ψ)을 도출해내어 경로를 추정함으로써 오차를 크게 줄일 수 있음을 보여준다. GPS 신호를 이용한 추정알고리즘을 통한 헤딩각 추출 값은 1축 자이로 센서의 결과 값과 비교하여 검증하였다.

또한 기존의 항법 시스템에는 센서와 제어 컴퓨터 등 고가의 장비들을 직접 필드주행로봇에 장착하여야 하였다. 이 때문에 필드주행로봇의 크기와 무게를 줄이는데 한계가 있었다. 하지만 이 논문에서는 기존의 시스템과 달리 필드주행로봇에

는 GPS 모듈과 일반 RC수신기, 블루투스 등 통신에 필요한 장비만 장착하고 PC to RC를 통해 지상 제어 컴퓨터에서 계산된 값을 RC조종기를 통하여 필드주행로봇을 조종할 수 있도록 하였다.

2. 재료 및 방법

가. 실험을 위한 PC기반의 무선 제어시스템 설계

항법시스템의 실험을 위한 시스템은 작업을 수행하는 주행 로봇부인 필드주행로봇과 이를 제어하기 위한 제어컴퓨터부로 나누어지게 된다. 필드주행로봇에는 GPS, 블루투스, RC(Remote control) 수신기가 장착되며, 주행 로봇부와 분리되어 지상에 위치한 제어컴퓨터는 PC, 블루투스, PC to RC로 구성된다. 여기서 PC to RC란, PC에서 계산된 주행로봇의 조종면 입력 신호를 RC 조종기를 통해 주행로봇의 RC 수신기로 신호를 전달할 수 있도록 해주는 모듈이다.

GPS에서 수신된 신호는 블루투스를 통하여 제어컴퓨터로 전송된다. 제어컴퓨터에서는 필드주행로봇으로부터 전송 받은 GPS 신호로부터 필드주행로봇의 위치를 파악하고 미리 프로그램 되어있는 위치(경로점)로 보내기 위한 조종면의 값을 계산하게 된다. 계산된 값을 PC to RC를 통하여 RC 조종기로 전송하면 조종면의 입력 신호는 RC 조종기를 통해 필드주행로봇의 RC 수신기로 전달되어 필드주행로봇을 제어하게 된다.

이 시스템의 특징은 기존 시스템과 달리 제어컴퓨터가 필드주행로봇이 아닌 가정이나 포장 근처 등 지상에 위치하게 되는 것이다. 필드주행로봇에는 GPS 모듈과 일반 RC수신기(Hitec, 72Mhz, 9ch, Korea), 블루투스 등 통신에 필요한 장비만 장착하고 PC to RC를 통해 지상 제어 컴퓨터에서 계산된 값을 RC 조종기를 통하여 로봇을 조종할 수 있도록 하였다. 이로 인해 차량을 저가이며 소형으로 간단하게 제작이 가능하게 되었다. 시스템 구성에 사용된 GPS는 Novatel(USA)사의 superstar II이며 수신속도는 1 Hz이다. 블루투스는 SENA(Korea)사의 Parani- SD100을 사용하였으며 최대 수신 거리는 약 1Km이다. 그림 1은 시스템 구성도를 보여주고 있다. 표 1은 시스템 구성에 사용된 GPS와 블루투스의 주요 규격표이다.

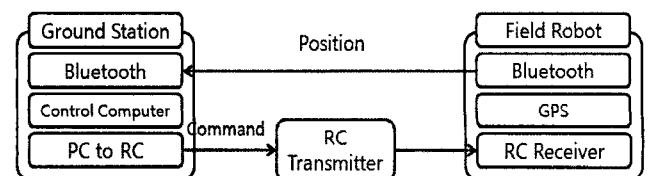


Fig. 1 System block diagram.

Table 1 Specification of GPS and Bluetooth

	GPS	Bluetooth
Manufacturer	Novatel (USA)	SENA (Korea)
Dimension	46×71×13 (mm)	96×31×16 (mm)
Voltage	5V	5~12V
Accuracy	<5m CEP	-
Protocol	NMEA 0183	RFCOMM, L2CAP, SDP
Sampling Frequency	1Hz	-
Effective Range	-	Max. 1,000 m

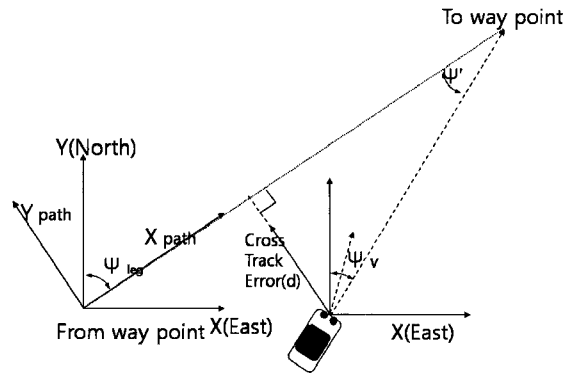


Fig. 2 Cross track error.

나. 필드주행로봇 모델링 및 제어법칙 설계

1) 필드주행로봇 모델링

필드주행로봇의 조향각에 따른 반응 속도를 실험을 통하여 확인하고 헤딩각(ψ)을 계산하기 위한 로봇의 기계적 특성을 모델링하였다.

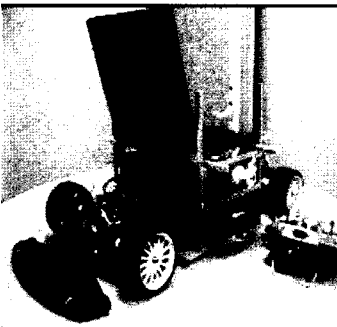
필드주행로봇을 모델링하기 위한 전달함수는 1차로 가정하고 일정한 속도로 주행하면서 조향각(steering angle)을 입력했을 때 헤딩각과의 관계를 위한 기본 모델을 아래와 같이 가정하였다.

$$\frac{R(s)}{St(s)} = \frac{a}{(bs + 1)} \tag{1}$$

Where, $R(s)$: heading rate on field robot,
 $St(s)$: input steering angle

실험에 사용된 필드주행로봇의 제원은 표 2와 같으며, 조향각은 서보모터를 이용하여 조작하는 구조로 되어있다.

Table 2 Specification of field robot

	주요 항목	제원
	전장	0.76m
	차폭	0.39m
	중량	15.2kg
	바퀴직경	0.12m
	앞,뒤바퀴 축간 거리	0.535m
	좌,우바퀴 축간 거리	0.325m
	조향각 범위	±20°

2) 수직거리오차(Cross track error)의 계산

현재 목표점과 이전 좌표와의 경로(path)와 현재위치와의 각도를 이용하여 수직 거리 오차를 산출하였다. 그림 2는 수직 오차 거리를 계산하는데 있어서 매개 변수들 및 개념도이다.

이전의 좌표점(From way point)을 x_f, y_f 라 하고 현재의 목표점(To way point)을 x_t, y_t 라 하였을 때 ψ_{leg} 는 다음 식 (2)와 같다.

$$\psi_{leg} = \tan^{-1} \frac{(x_t - x_f)}{(y_t - y_f)} \tag{2}$$

Where ψ_{leg} : path angle between “From way point” and “To way point”

현재 필드주행로봇의 위치에서 목표점까지의 path angle을 ψ_v 이라 하면 $\dot{\psi}$ 은 식 (3), (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\psi_v = \tan^{-1} \frac{(x_t - x)}{(y_t - y)} \tag{3}$$

$$\dot{\psi} = \psi_{leg} - \psi_v \tag{4}$$

위 식 (2), (3), (4)를 통하여 수직 거리 오차, d를 계산하였다.

$$d = \sqrt{(x_t - x)^2 + (y_t - y)^2} \sin \dot{\psi} \tag{5}$$

3) 제어 법칙 설계

필드주행로봇의 모델을 기반으로 수직거리오차를 0으로 하는 제어 법칙을 설계하였다. 설계과정은 Matlab(Ver R2006a, The MathWorks, Inc. USA) 근계적법 설계 GUI tool인 ‘Rltool’과 연계하여 설계할 수 있도록 구현하였다.

수직거리오차 제어기의 입력 값은 수직거리오차의 목적 값인 0이다. 제어기의 구조는 그림 3과 같이 필드주행로봇의 헤딩각을 내부루프로 하고 수직거리오차를 외부루프로 하는 형태를 기본적으로 취하였다. 최종적인 제어법칙은 식 (6)과 같다.

$$K_d K_\psi (d_c - d) - K_\psi \psi \quad (6)$$

Where δ_{st} : input steering angle(deg)

K_d : cross track error gain

K_ψ : heading angle error gain

d_c : cross track error command

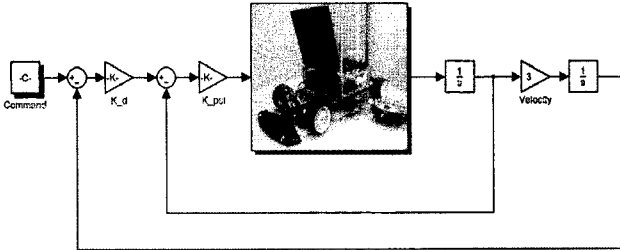


Fig. 3 Cross track error controller for field mobile robot.

그림 4는 근궤적법을 이용하여 선정된 제어이득의 계단명령에 대한 시뮬레이션결과이다.

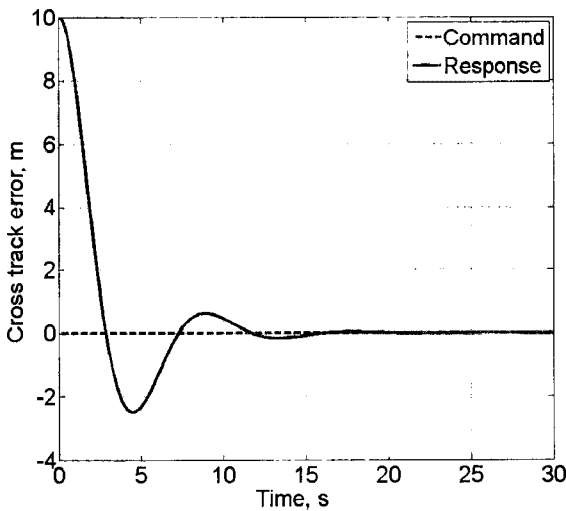


Fig. 4 Response for cross track error, 0 m.

4) 회전 각속도의 도출

회전 각속도는 식 (7), (8)을 이용하여 계산하였다.

$$S = R\theta = Vt \quad (7)$$

$$\frac{V}{R} = \frac{\theta}{t} = \text{rad/s} \quad (8)$$

Where S : turn distance (m),

R : radius of rotation (m),

θ : rotation angle (rad),

V : velocity of field robot (3 m/s),

t : time (sec)

그림 5와 6과 같이 회전반경식을 이용하여 필드주행로봇의 최대 회전 각속도를 다음과 같이 구하였다.

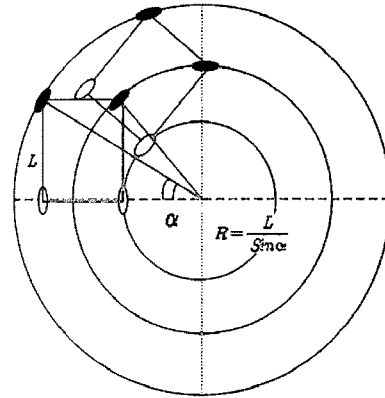


Fig. 5 Rotation rate

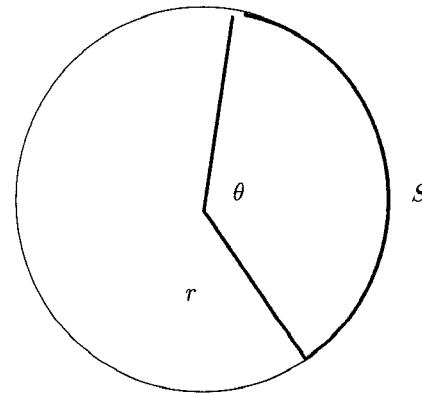


Fig. 6 Arc length.

$$R = \frac{L}{\sin\alpha} \quad (9)$$

$$\frac{V}{L} \sin\alpha = 109.8939 \text{ deg/s} \quad (10)$$

Where L : distance between two axial rods of the front and back wheel(0.535 m)

α : maximum steering angle(20°)

5) 위치 추정 알고리즘의 도출

본 연구에서 제시하는 위치 추정 알고리즘은 GPS를 통한 현재의 위치 정보를 이용하여 heading각을 계산하고 필드주행로봇의 조향각을 이용하여 회전 각속도를 계산하는 것이다. 여기서 얻은 회전 각속도를 적분하여 회전각을 추정하며 로봇의 속도와 혼합하여 각 축 방향의 속도를 계산하고, 계산되어진 각 축 방향의 속도를 적분하여 현재의 위치를 추정하였다. 회전 각속도와 속도는 50 Hz의 샘플링 타임으로 적분하였다. 지속적으로 적분을 하게 되면 오차가 누적되어 큰 오차

가 유발되는 단점이 있지만 본 시스템에서는 GPS의 신호가 갱신되면 적분되던 위치 정보가 GPS에서 계산되어진 위치 값으로 초기화하면서 적분을 통한 오차 값을 0으로 만든다. 전체 시스템 블록선도는 그림 7과 같고, 위치 추정 알고리즘의 블록선도는 그림 8과 같다.

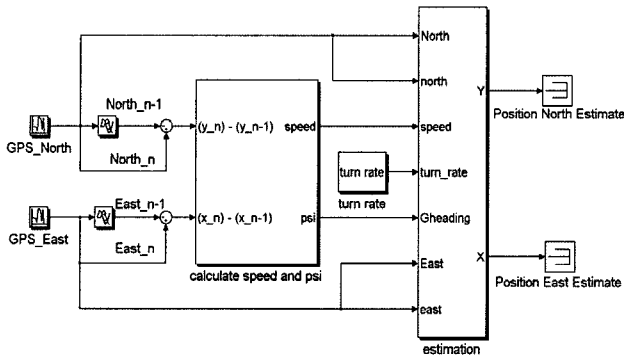


Fig. 7 System block diagram.

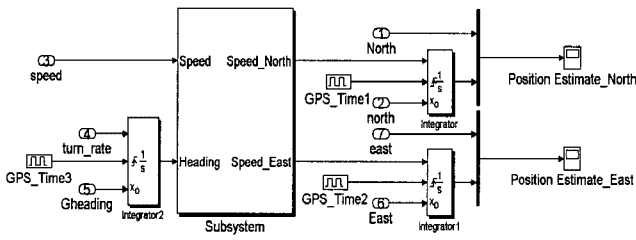


Fig. 8 Algorithm for Localization.

필드주행 로봇의 속도와 헤딩각은 GPS의 좌표값을 이용하여 계산하였다.

$$V = \sqrt{(Y - Y_0)^2 + (X - X_0)^2} \quad (11)$$

$$\psi = \text{atan2}(Y - Y_0, X - X_0) \quad (12)$$

Where Y, X : current position of field robot

Y_0, X_0 : position of field robot at "From way point"

각 축 방향의 속도는 식 (11)과 (12)를 통하여 얻은 필드주행로봇의 속도와 헤딩각을 이용하여 계산하였다.

$$V_{North} = V \cos \psi \quad (13)$$

$$V_{East} = V \sin \psi \quad (14)$$

그림 9는 GPS 속도 및 회전각 계산 블록선도이고, 그림 10은 각 축 방향 속도 계산 알고리즘 블록선도이다.

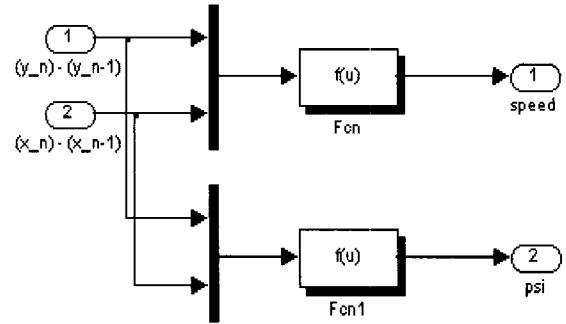


Fig. 9 GPS velocity and rotating angle.

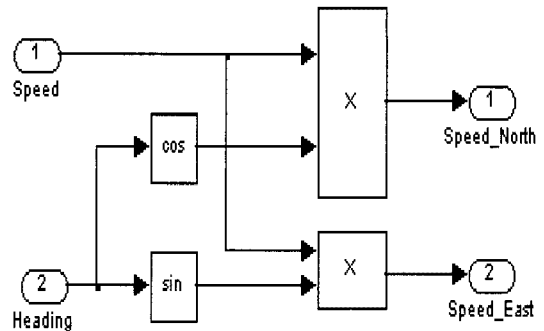


Fig. 10 Algorithm for axial speed calculation.

3. 결과 및 고찰

가. 시뮬레이션과 실험결과의 비교

다음은 필드주행로봇을 일정한 속도(3 m/s)로 주행하면서 조향각을 입력 했을 때 필드주행로봇의 헤딩각속도(r)을 실험한 결과이다. 실험 결과 얻어진 필드주행로봇의 모델은 다음 식 (11)과 같다.

$$\frac{R(s)}{St(s)} = \frac{0.9819}{0.82s + 1} \quad (11)$$

Where $R(s)$: heading rate at the field robot,

$St(s)$: input steering angle.

여기서 선정한 필드주행로봇의 속도(3 m/s)는 일반적인 농업작업 속도에 비해 매우 높은 것으로 실험환경이 실제 필드에 비해 평탄하고 조건이 좋은 일반 평지임을 감안하여 작업속도에 비해 높게 선정하여 조건을 강화시켜 실험결과의 신뢰성을 높이고자 하였다.

그림 11은 실험 결과와 필드주행로봇 모델의 시뮬레이션 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 이로서 1차 전달함수가 가정하고 실제 실험을 통해 얻어진 상수값의 보정을 통해 구

한 필드주행로봇의 모델이 시뮬레이션 결과와 근사하게 추종하는 것을 볼 수 있다. 시뮬레이션에서 Yaw rate가 13 deg/sec에 도달하기까지 3.8초가 걸리는 것에 비해 오히려 실험결과에서는 약 2~3초 근방에서 이에 도달하여 더 빠른 응답성을 보이고 있는데 이는 실험용 필드주행로봇의 크기가 작고 제어모듈이 간단하여 실제 농기계에 비해 응답 속도가 빠른 탓도 있어 실제 실험을 통한 결과의 비교가 필요할 것으로 보이지만 본 연구에서 지향하는 낮은 수신속도의 GPS의 성능향상을 위한 위치 추종알고리즘의 타당성을 증명하고자 하는 것으로 제어성능은 향후 실작업용 필드로봇에서 검증하기로 한다. 특히 그림 11의 실험결과에서 보는 바와 같이 $\pm 2^\circ$ 정도의 차이가 나는 것은 15-20 Hz의 노면 진동과 자이로 내부의 노이즈 영향으로 결과에 큰 영향을 미치지 않으며, 본 연구에서 지향하는 GPS estimation 알고리즘의 성능이 제어 성능에 영향을 주는 지에 대한 문제와는 별개의 내용으로 정성적인 판단에 의해 모델링을 통한 시뮬레이션 결과가 잘 설계되었음을 보이고자 한다.

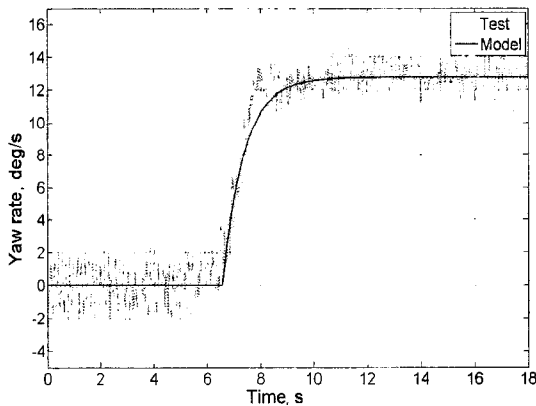


Fig. 11 Result of field mobile robot modeling.

나. 위치추정알고리즘을 통해 얻어진 회전각속도의 검증실험

정확한 위치 추정을 위해서는 제시된 알고리즘으로부터 얻어진 회전각속도의 정확도가 높아야 한다. 식 (11), (12)의 회전각속도를 검증하기 위하여 필드주행로봇에 Silicon Sensing System사의 자이로(CRS03-02)를 탑재하여 그 결과 값을 비교하였다. 그림 12는 GPS의 위치정보를 통하여 구한 회전각속도와 CRS03-02 자이로의 결과 값을 비교한 그래프이다.

그림 13은 GPS를 이용한 각속도와 자이로 값을 이용한 위치 추정 결과를 비교한 그래프이다. 표 2는 GPS와 자이로를 이용한 헤딩각을 기준으로 GPS만을 이용하여 구한 필드주행로봇의 헤딩각과 GPS와 GPS를 이용한 헤딩각을 포함하여 구한 헤딩각에 대한 오차표이다.

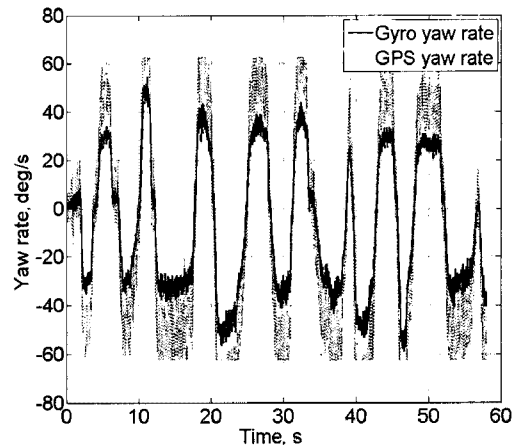


Fig. 12 Comparison of yaw rate between GPS and Gyro.

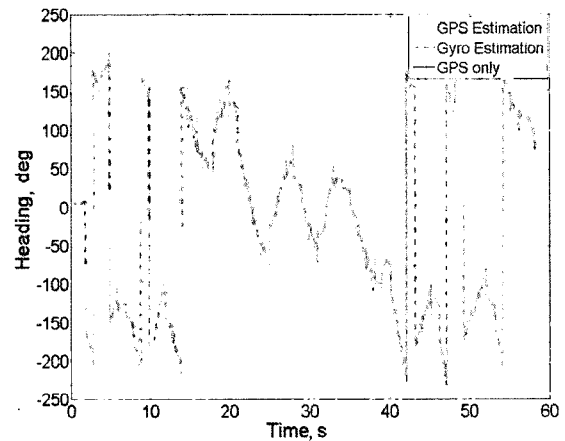


Fig. 13 Comparison of heading angle among GPS-Gyro estimation and GPS only.

표 2에서 보는 바와 같이 GPS의 회전각속도와 자이로의 각속도가 같은 경향을 보이는 것을 확인할 수 있으며 두 값의 평균오차는 약 14.2 deg/s로서 회전각속도의 오차가 크게 개선된 것을 볼 수 있다.

Table 2 Test Result for heading angle

실험 조건	평균 오차
GPS only	약 21.4 deg
GPS + GPS Estimation	약 7.2 deg

다. 주행실험

자동주행에 설정할 경로점 4곳을 설정하고 그 좌표를 지상 제어컴퓨터에 입력하였다. 자동주행로봇이 경로점 4번 근처에서 주행을 시작하여 경로점 1번부터 순차적으로 4곳을 모두 지나도록 프로그램 하였다. 실험 결과는 그림 14와 15를 통하여 확인할 수 있다. 그림 14는 GPS 신호만을 이용하여 경로점을 통과하는 실험결과이고, 그림 15는 GPS 신호와 위

치 추정 알고리즘을 적용하여 경로점을 통과하는 실험 결과이다. 실험조건은 약 40 m × 40 m 넓이의 아스팔트 평면 공간에서 주행 실험을 진행하였으며, 20회 이상 실험을 실시하였다. 결과값에서 정확하게 원하는 지점을 지나가지 못하는 이유는 GPS의 특성상 최대 5 m의 원형 공산 오차(Circular Error Probable, CEP)를 가지고 있기 때문에 실험시 경로점과의 수직 거리 오차가 5 m 이하로 줄어들었을 경우 다음 경로점으로 목표점을 변경하도록 설정하였기 때문이다. 여기서 원형 공산 오차란 정지해있는 상태에서 GPS값의 오차 범위를 나타낸다.

실험결과를 비교하여 각 경로점의 통과오차를 비교한 결과 1Hz GPS 신호만을 이용하여 필드상의 주행로봇을 위한 유도-항법시스템을 구성하게 되면 주행 경로를 따라가는 것에 오차가 크게 발생한다는 것을 확인하였고, GPS값을 이용한 위치 추정 알고리즘을 적용시키면 필드주행로봇의 이동경로가 개선되어지는 것을 확인할 수 있었다.

그림 16은 실험에 사용한 제어컴퓨터의 프로그램이다. 제어 컴퓨터 화면의 좌측 상단부분은 UTM 으로 변환된 Latitude 와 Longitude 값, 현재 목표로 하는 Way point, Field Robot 과 Way point 까지의 거리, Field Robot의 Steering angle, Psi_leg(From point to target point Heading), GPS Heading, GPS통신과 PC to RC connection 여부가 표현되어지며 우측상단 화면은 GPS display를 표시하여준다. 하단의 Connect Serial과 Connect Controller은 각각 GPS 통신 연결 버튼과 Controller 연결 버튼이다. 본 프로그램은 필드주행로봇과 제어 컴퓨터와의 연결 상태, GPS연결 상태, 필드주행로봇의 조향각 및 헤딩각을 실시간으로 확인할 수 있으며, 그래픽으로 필드주행로봇의 이동경로를 확인할 수 있는 장점이 있다.

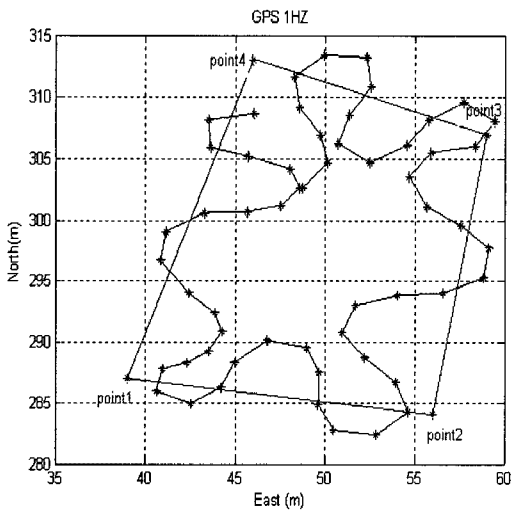


Fig. 14 Localization result using GPS only.

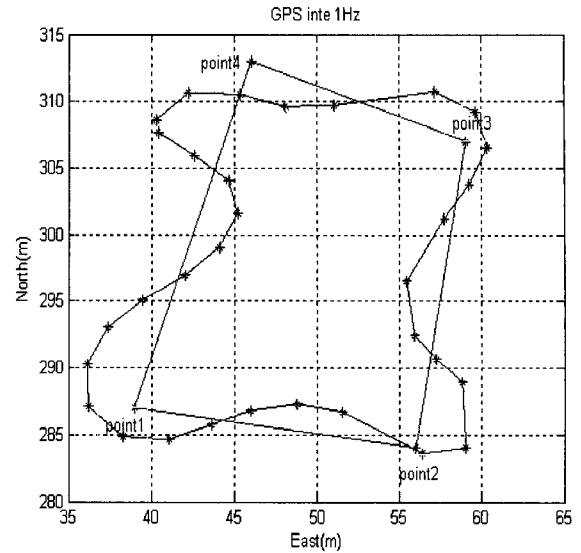


Fig. 15 Localization result using GPS and the algorithm for position estimation.

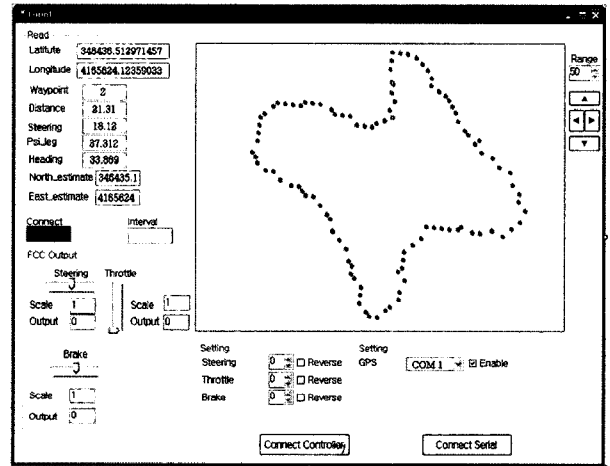


Fig. 16 Graphic display output of main program.

4. 요약 및 결론

본 논문은 필드상의 자동주행로봇이 GPS 정보만을 사용하여 주어진 경로를 찾아가는 유도, 항법 시스템을 제시하였다. 낮은 수신 속도를 가지는 GPS를 가지고 데이터 정보 사이의 값을 도출하는 알고리즘을 제시하고 GPS 정보 사이의 위치 정보를 예측하여 보다 정확한 항법 시스템을 개발하였다. 1 Hz GPS 데이터 정보 사이 구간에서 프로그램 되어져있는 추정 알고리즘을 사용하여 50 Hz로 필드주행로봇의 헤딩각(ψ)을 도출해내어 경로를 추정함으로써 오차를 줄일 수 있음을 확인하였다. GPS 신호와 차량의 물리적 특성을 이용하여 도출해낸 헤딩각속도는 1축 자이로 신호와 비교하여 검증하였고, 실험을 통하여 GPS 신호만을 이용하였을 때보다 위치 추

정 알고리즘을 적용하였을 때, 필드주행로봇의 이동 경로가 개선되는 점을 확인하였다. 농작업은 주로 구획된 포장에서 이루어지므로 농기계의 선회성능은 농작업 성능에 중요한 영향을 미치며, 정확한 경로의 설정과 추종은 작업성능 및 생산성을 높일 수 있다. 또한 농기계에 적용할 수 있는 PC를 이용한 제어 방법을 통하여 필드주행로봇의 간소화, 소형화가 가능한 저비용 시스템을 제안하였다.

본 연구에서는 제어모듈의 구성이 실험용 소형 필드주행로봇을 이용함으로써 간단히 이루어 졌지만 실제 농작업을 위해서는 별도의 제어모듈이 각 농기계의 특성에 맞추어 구성되어야 한다. 따라서 본 연구내용을 바탕으로 무인트랙터와 같은 실제 농작업용 필드로봇에 이를 장착하여 실효성을 검증할 예정이다.



1. Cho, S. I., J. Y. Yeong, Y. Y. Kim, K. C. Nam and J. Y. Rhee. 2002. Development of real-time precision spraying system using machine vision and DGPS. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery* 27(2):143-150. (In Korean)
2. Chung, S. O., W. G. Park, S. C. Kim, W. P. Park and Y. C. Chang, 1998. Posture sensing of a tractor using a DGPS and

- a gyro compass. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery* 23(2):179-186. (In Korean)
3. Chung, S. O., W. P. Park, Y. C. Chang and W. Y. Yeo. 1999. Optimal path planning of a tractor-implement for precision farming. *Journal of the Korean Society for Agricultural Machinery* 24(4):301-308. (In Korean)
4. Hong, S. K., M. K. Hong, Y. K. Hong and J. H. Hwang. 2008. Development of a PC-controlled autonomous aerial robot. *ASEE Annual Conference, Pittsburgh, PA, USA, AC2008-1035.*
5. Kim, J. W. and Y. B. Kim. 2004. A study of autonomous navigation for mobile robot using GPS. *Proceeding of Korean Automotive Engineering Conference, Pusan, 0:61-65.* (In Korean)
6. Kise, M. and N. Noguchi. 2005. Unmanned robot tractor uses RTK-GPS and attitude sensor. *Article on Engineering & Technology for a Sustainable World.*
7. Matsuo, Y. and O. Yukumoto. 2004. Autonomous-operation system of a robot tractor. *Journal of the Society of Automotive Engineers of Japan* 58(5):55-60.
8. Michael, E. H. 2004. Low-cost autonomous vehicles using just GPS. *Proceeding of the American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, ASEE, Salt Lake City.*
9. Woo, C. H. and J. W. Jung. 2007. Position estimation method for car navigation system using GPS and Gyro. *Proceedings of Korea Institute of Information Technology Conference* 0:109-113. (In Korean)