

# GPS 정보를 이용한 지능형 차량의 자율 경로추적 제어

## Autonomous Tracking Control of Intelligent Vehicle using GPS Information

정병목<sup>1</sup>, 석진우<sup>2</sup>, ✉조지승<sup>3</sup>, 이재원<sup>1</sup>  
Byeung Mook Chung<sup>1</sup>, Jin Woo Seok<sup>2</sup>, ✉Che Seung Cho<sup>3</sup> and Jae Won Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 영남대학교 기계공학부 (Department of Mechanical Engineering, Yeungnam Univ.)

<sup>2</sup> EC PLATFORM (R&D Department, EC PLATFORM)

<sup>3</sup> KL TECH (R&D Department, KL TECH)

✉ Corresponding author: okrobo@yumail.ac.kr, Tel: 053-341-7935

Manuscript received: 2007.8.22 / Revised: 2008.3.17 / Accepted: 2008.7.16

*In the development of intelligent vehicles, path tracking of unmanned vehicle is a basis of autonomous driving and automatic navigation. It is very important to find the exact position of a vehicle for the path tracking, and it is possible to get the position information from GPS. However, the information of GPS is not the current position but the past position because a vehicle is moving and GPS has a time delay. In this paper, therefore, the moving distance of a vehicle is estimated using a direction sensor and a velocity sensor to compensate the position error of GPS. In the steering control, optimal fuzzy rules for the path tracking can be found through the simulation of Simulink. Real driving experiments show that the fuzzy rules are good for the steering control and the position error of GPS is well compensated by the proposed estimation method.*

Key Words: Intelligent Vehicle (지능형 차량), Path Tracking (경로추종), Autonomous Steering (자율조향), GPS (위성항법장치), Fuzzy Control (퍼지제어)

### 1. 서론

미래형 자동차를 개발하기 위한 노력은 승객의 안전, 정보화 사회에의 대응, 대기 오염 감소 등의 여러 측면에서 폭넓은 연구가 수행되고 있다. 그 중 자동차 스스로 도로 주행 환경을 인식하여 운전자의 운전 능력을 일부 돕거나 대신하기 위한 지능형 차량(Intelligent Vehicle) 개발에 관련된 연구는 유명 자동차업체들과 여러 연구 기관들에서 추진되고 있다. 지능형 차량 개발이 ITS(Intelligent Transportation System)의 한 연구 분야로 자리 잡게 되면서 연구의 활기를 띠기 시작했고, 최근에는 연구 결과를 학술대회에서 발표함과 동시에 실제

연구, 개발한 지능형 차량을 일반인에게 선보이고 있다.<sup>1</sup> 지능형 차량의 기능 중 운전자의 조작이 없이 미리 정해진 경로를 따라 주행 가능한 자율주행차량 개발은 위험지역 무인순찰차량, 무인셔틀버스 및 위험지역탐사 등과 같이 다양한 현장에서 그 필요성이 증대되고 있다. 기존에 연구되었던 대부분의 자율주행차량 관련 연구를 보면 비전을 이용하여 차량이 차선에서 벗어남이 없이 도로 상에 있는 흰색 차선을 인식하여 차선을 유지하며 주행할 수 있는 자동 조향 시스템에 관한 연구와<sup>2-4</sup> 목표지점까지 계획된 주행 경로가 주어지면 GPS 위치정보를 이용하여 목표지점까지 주행경로 오차를 줄이면서 도달하도록 하는 자율주행에 대

한 연구 등이 있다.<sup>5-11</sup>

차량의 주행위치에 대한 정보는 GSP 로부터 구하는데 현재 무선모뎀을 이용한 DGPS 와 RTK GPS 는 측량을 위한 목적으로 많이 사용되며, 수 ms 의 샘플링과 수 cm 정도의 오차율을 가지지만 가격이 고가이다. 반면 일반적인 차량항법용으로 사용되는 GPS 는 1 초 단위로 데이터를 수신하며 오차율이 많이 높지만 가격이 저렴하다. 따라서 차량의 위치오차를 줄이기 위해 저가의 차량항법용 GPS 를 이용하여 2 가지 이상의 항법기술을 함께 사용함으로써 정확도와 신뢰도를 향상시키기는 혼합항법시스템을 구성한 연구가 많이 이루어지고 있다.<sup>12-14</sup> 이러한 혼합항법으로 GPS, 추측항법(Dead reckoning, DR), Map 매칭 및 비이콘항법 등이 있다. 특히, 추측항법은 관성센서 등을 이용하여 외부의 도움이 없이 자기위치 및 자세를 알아낼 수 있는 방법이다. 추측항법 센서는 차속계, 주행거리계 등 주행거리를 측정하기 위한 센서와 지자기센서, 자이로, 조향휠센서 등의 회전각을 측정하기 위한 센서로 분류할 수 있으며, 이들을 적절히 조합하여 DR 센서를 구성한다. 차량의 위치를 알고 있다고 가정할 때 시간당 측정된 주행거리와 방위각의 변화를 적분하여 DR 의 해를 구할 수 있다. 추측항법은 항법 계산 주기 동안 이동물체의 주행궤적을 직선으로 가정하여 위치 변화를 계산하고, 그 값을 이전 시간까지의 값에 누적시켜 위치를 계산하기 때문에 시간이 경과함에 따라 위치 오차가 누적된다. 따라서 GPS 위치정보를 이용하여 누적 오차를 초기화 시킬 수 있다.<sup>15-17</sup>

본 연구에서는 시중에서 쉽게 구할 수 있는 차량항법용 GPS 와 추측항법 센서를 결합한 혼합항법시스템을 구성하여 차량의 위치를 추정하고, 퍼지제어기를 이용하여 차량조향장치를 제어하며 목적지까지 경로를 추종하는 자율주행차량시스템을 개발한다. 기준경로는 차량에 탑재된 GPS 를 이용하여 목적지까지의 주행을 하며 일정한 간격으로 반복하여 획득하고 직선과 원호로 이루어진 구간들로 기준경로를 생성한다. 차량의 조향제어기는 차량 동역학 모델을 이용한 시뮬레이션을 통해 최적의 퍼지 제어기를 설계한다. 실제 주행 실험을 통해 목적지까지 기준경로에 대한 무인차량의 자율경로추적 시험결과를 나타낸다.

## 2. GPS 를 이용한 위치추정

대부분 시중에서 판매되는 차량항법용 GPS 는 위치정보의 갱신 시간이 약 1 초의 간격으로 획득될 뿐 아니라 위치 정보가 시간지연을 가지고 있으므로 차량의 조향제어를 위해서는 GPS 의 시간 지연 동안 이동한 차량의 위치 추정이 필요하다. 따라서 GSP 의 지연시간과 차량의 속도와 진행 방향을 알면 시간  $\Delta t$  동안의 이동량을 식 (1)-(3)과 같이 구할 수 있고 GPS 위치 정보를 이용해 식 (4), (5)와 같이 현재 위치를 추정할 수 있다.

$$\Delta d_c = v_c \Delta t \tag{1}$$

$$\Delta x_c = \Delta d_c \cos \theta_c \tag{2}$$

$$\Delta y_c = \Delta d_c \sin \theta_c \tag{3}$$

$$x = x_{GPS} + \sum \Delta x_c \tag{4}$$

$$y = y_{GPS} + \sum \Delta y_c \tag{5}$$

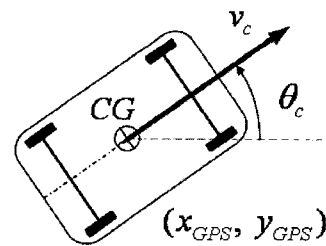


Fig. 1 Position, Velocity and Direction of Vehicle

여기에서  $\Delta d_c$  는 미소시간에 대한 미소변위량,  $v_c$  는 차량의 순간속도,  $\Delta t$  는 단위시간,  $\theta_c$  는 차량의 순간진행방향,  $\Delta x_c$ ,  $\Delta y_c$  는 x 방향, y 방향으로의 미소 변위량,  $x_{GPS}$  와  $y_{GPS}$  는 GPS 로부터 받은 위치정보, 그리고  $x$ ,  $y$  는 차량의 추정위치이다. 이렇게 구한 차량의 이동 경로가 GPS 의 위치정보와 약간의 차이가 있지만 새로운 GPS 정보를 받을 때마다 차량의 경로는 GPS 정보로 수정함으로써 적분으로 인한 누적오차는 발생하지 않도록 하였다.

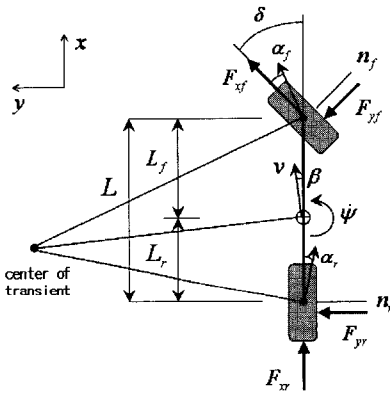
## 3. 차량의 동역학과 조향제어

차량의 조향 제어와 같은 다양한 외란이나 측

정오차 및 비선형 시스템의 제어문제에 있어서 퍼지제어기가 많이 사용되고 있다. 퍼지 제어기의 제어 규칙을 찾아내는 방법으로는 전문가의 지식이나 경험을 통해 얻는 것이 일반적이다. 본 연구에서는 차량 조향장치의 퍼지제어기를 설계하기 위하여 차량의 동역학 모델을 이용한 시뮬레이션을 통해 퍼지 제어기를 설계한다.

### 3.1 차량의 동역학 모델

차량을 동일한 직선상에 두 개의 측면 미끄러짐(sideslip)각을 가지는 단일 궤적(one-track)모델로 가정하면 Fig. 2 와 같이 각각의 변수들을 정의할 수 있다.



- $F_{xf}$  : longitudinal tire force, front
- $F_{yf}$  : lateral tire force, front
- $F_{xr}$  : longitudinal tire force, rear
- $F_{yr}$  : lateral tire force, rear
- $v$  : speed of center of gravity(CG)
- $\dot{\psi}$  : yaw rate
- $\delta$  : steering angel
- $\beta$  : vehicle side slip angle
- $\alpha_f$  : tire side slip angle, front
- $\alpha_r$  : tire side slip angle, rear
- $n_f$  : tire displacement, front
- $n_r$  : tire displacement, rear
- $L_f$  : distance between front tire and CG
- $L_r$  : distance between rear tire and CG

Fig. 2 Model of Vehicle Dynamics

위의 모델로부터 차량의 종방향과 횡방향에 대한 힘 평형과 무게중심에 대한 모멘트 평형에 관한 비선형 방정식은 다음과 같다.<sup>18</sup>

$$mv(\dot{\beta} + \dot{\psi})\sin\beta - m\dot{v}\cos\beta - c_f\alpha_f\sin\delta - p_f v^2 + F_{xf}\cos\delta + F_{xr} = 0 \quad (6)$$

$$mv(\dot{\beta} + \dot{\psi})\cos\beta - m\dot{v}\sin\beta - c_f\alpha_f\cos\delta - c_r\alpha_r + F_{yf}\sin\delta = 0 \quad (7)$$

$$\theta\ddot{\psi} - c_f\alpha_f\left(L_f - \frac{n_f}{\cos\delta}\right)\cos\delta + c_r\alpha_r(L_r + n_r) - L_r F_{yr}\sin\delta = 0 \quad (8)$$

여기서  $c_f$  와  $c_r$  은 전륜과 후륜의 cornering stiffness(N/rad)이고, side-slip 각은 다음과 같다.

$$\alpha_r = -\beta + L_f \frac{\dot{\psi}}{v} \quad (9)$$

$$\alpha_f = \delta - \beta - L_f \frac{\dot{\psi}}{v} \quad (10)$$

### 3.2 자율 조향을 위한 퍼지제어

차량주행 시 조향장치를 제어하기 위해 현재의 위치, 방향, 속도를 측정해야 한다. GPS 에서 획득한 위치정보와 차량의 속도정보 그리고 지자기센서로부터 방향정보를 획득하여 현재 차량의 위치를 추정하는 추정기를 설계한다. 현재의추정된 위치와 차량의 진행 방향을 이용하여 퍼지제어기를 통해 출력되는 차량의 조향각( $\delta$ )을 조향장치에 입력함으로써 차량의 자율경로추종을 제어한다. Fig. 3 은 전체 시스템의 제어블록선도를 나타낸다.

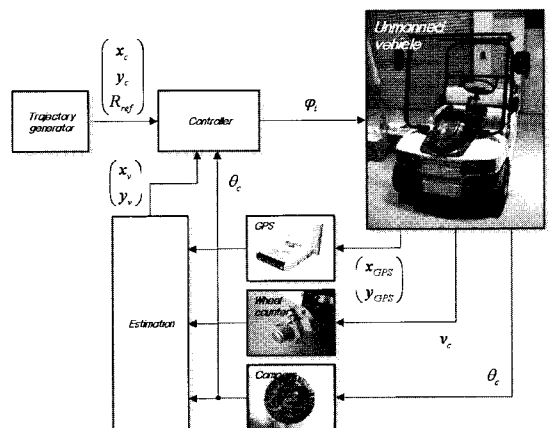


Fig. 3 Block Diagram for Steering Control of Vehicle

3.2.1 제어변수설정

Fig. 4 에서 보는 바와 같이 차량이 추종해야 하는 일반적인 경로를 원호경로로 나타내고 차량의 진행방향과 경로의 접선방향과의 차이를 차량의 방향오차( $\theta_e$ )로, 그리고 차량이 경로에서 벗어난 정도를 위치오차( $d_e$ )로 정의한다.

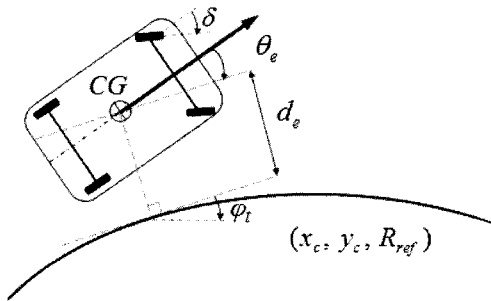


Fig. 4 Vehicle Model for Path Tracking

여기서  $x_c, y_c, R_{ref}$  는 각각 기준 경로중심의 xy 좌표와 회전반경이다.  $\phi_t$  는 현재위치에서 경로의 접선방향의 각도이다. 위치오차는 현재 차량의 위치에서 경로까지의 최단 거리로 결정할 수 있다.

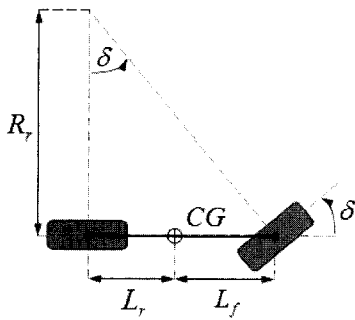


Fig. 5 One-Track Model of Vehicle

Fig. 5 는 차량의 전륜과 회전반경에 대한 관계를 보여주는 그림이다. 여기서 만일 후륜의 회전반경이 차량의 회전중심에 대한 회전반경과 같다고 가정하면 차량의 조향각은 다음과 같이 간단히 구할 수 있다.

$$\delta = \tan^{-1} \left( \frac{L_f + L_r}{R_r} \right) \tag{11}$$

여기서  $L_f$  와  $L_r$  은 각각 차량의 무게중심에서 전륜과 후륜까지의 거리이고,  $R_r$  은 후륜의 회전 반경이다.

3.2.2 퍼지조향제어

퍼지제어기의 입력변수는 차량의 방향오차와 위치오차로 하고 출력변수는 핸들의 조향각도로 둔다. 이때 차량의 방향오차와 조향각도는 반 시계방향(CCW)을 양(+의 방향으로 하고, 위치오차는 진행방향의 오른쪽을 양(+), 왼쪽을 음(-)의 값으로 정의한다. 따라서 Fig. 6 과 같이 차량의 위치가 진행방향에 대해 주행경로의 왼쪽일 경우, 즉 위치오차( $d_e$ )가 음(Negative)일 때 ①, ②, ③과 같은 상황에서 방향오차( $\theta_e$ )는 각각 Positive, Zero, Negative 이므로 조향각은 Negative Big, Negative Small, Zero 여야 한다. 그리고 반대로 Fig. 7 과 같이 차량의 위치가 주행경로의 오른쪽일 경우, 즉 위치오차( $d_e$ )가 Positive 일 때에 ①, ②, ③과 같은 상황에서 방향오차( $\theta_e$ )는 각각 Negative, Zero, Positive 이므로 조향각은 Positive Big, Positive Small, Zero 여야 한다.

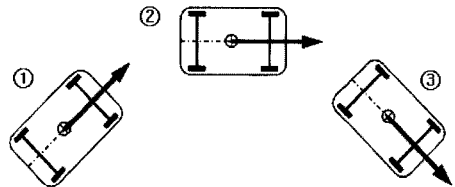


Fig. 6 Left-hand side Fuzzy Model of Vehicle

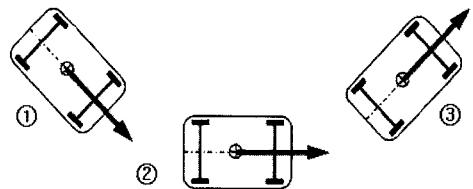


Fig. 7 Right-hand side Fuzzy Model of Vehicle

4. 조향제어 시뮬레이션

4.1 주행경로모델

경로추종에 사용될 목표경로는 다음과 같다.

먼저 목표경로는 직선경로와 곡선경로를 적절히 융합하여 Fig. 8 과 같이 전체의 길이가 1200m 가량되는 긴 8 자 모양의 경로로 설정하였다. 먼저 이 경로에 대한 위도/경도 값을 GPS 를 이용하여 일정한 거리 간격으로 수신 받고, 수신된 위경도 값을 TM(Transverse Mercator)좌표계로 변환하였다. 이때 사용한 TM 좌표계의 원점은 동부원점이다.

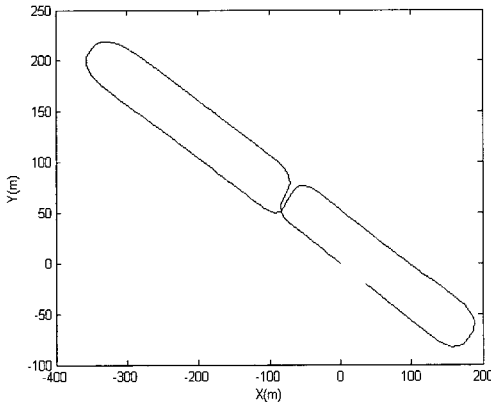


Fig. 8 Reference Tracking Path

4.2 최적의 퍼지제어기

제어기의 성능을 확인하고 최적의 퍼지규칙을 찾아내기 위해 실험에 앞서 차량의 동역학모델과 MATLAB Simulink 를 이용하여 주행 시뮬레이션을 수행하였다. 최소의 규칙으로 최소의 오차를 갖는 최적의 퍼지규칙을 찾기 위해 입력과 출력변수의 멤버십함수를 3, 5, 7 개로 증가시키며 시뮬레이션을 수행하였다. 그리고 입력변수의 최대값을 정하기 위해서  $\theta_e$  는  $90^\circ \sim 30^\circ$  로,  $d_e$  는 10m~3m 로 하고, 출력변수  $\varphi_t - \delta$  는  $45^\circ \sim 15^\circ$  의 범위에서 시뮬레이션을 하였다. 그 결과 상대적으로 위치오차와 진동이 적고 직선구간에서 주행경로의 수렴속도가 가장 빠른 범위는  $\theta_e$  가  $45^\circ$ ,  $d_e$  가 5m,  $\varphi_t - \delta$  는  $30^\circ$  였다.

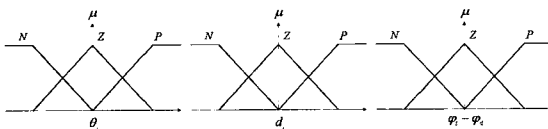


Fig. 9 3x3x3 Membership Functions

Fig. 9 는 입력과 출력에 사용한 3 개의 삼각형

멤버십함수를 나타내며, 퍼지제어기의 주행 시뮬레이션 결과는 Fig. 10 에서 나타내었다.

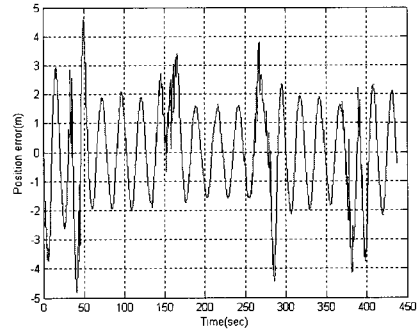


Fig. 10 Simulation Result by 3x3x3

Table 1 Fuzzy Rule for Steering Control

		$\theta_e$				
		NB	NS	Z	PS	PB
$d_e$	NB	NB	NB	NS	NS	Z
	NS	NB	NB	NS	Z	PS
	Z	NS	NS	Z	PS	PS
	PS	NS	Z	PS	PB	PB
	PB	Z	PS	PS	PB	PB

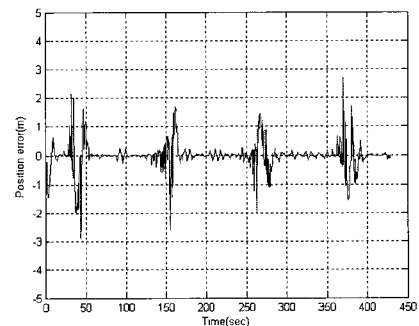


Fig. 11 Simulation Result by 5x5x5

시뮬레이션 결과, 최대 위치오차가 5m 까지 나타났고, 전 구간에 걸쳐 오차가 심하게 변하는 것을 알 수 있다. 따라서 멤버십함수를 5 개로 늘여 Table 1 과 같이 25 개의 제어 규칙을 갖는 제어기로 시뮬레이션을 한 결과를 Fig. 11 에 나타내었다. 이 경우는 직선구간의 오차뿐 아니라 곡선 구간에서의 최대 위치 오차도 2m 정도로 크게 줄어 들었

다. 그러나 멤버십함수의 개수를 7 개 이상으로 늘려도 더 이상 오차는 크게 줄어들지 않았다.

### 5. 주행 실험

#### 5.1 시스템 구성

자율 경로추적을 위해 실험에 사용한 시스템은 Fig. 12 에서 보는 바와 같이 전동 골프차를 기본으로 다음과 같이 개조하였다. 먼저, 차량의 위치를 구하기 위한 GPS(유니모 디바이스사 Roadmate III)와 차량의 진행방향을 측정하기 위한 지자기 센서(Robot Electronics 사 CMPS03)를 탑재하였고, 차량의 속도 측정과 자율조향을 위해 휠 카운터(Autonics 사 PR18-8DN)와 조향용 모터(AC servo motor 와 기어박스)를 추가로 설치하였다. 따라서 제어 시스템은 Fig. 3 과 같이 GPS 와 속도센서, 그리고 방향센서의 정보를 이용하여 차량의 현재 위치를 예측하고 주어진 경로를 따라 주행하도록 차량의 가속 및 감속과 조향 핸들을 제어한다. 그리고 차량주행실험은 시뮬레이션과 동일한 주행경로상에서 동일 조건하에 이루어졌다.

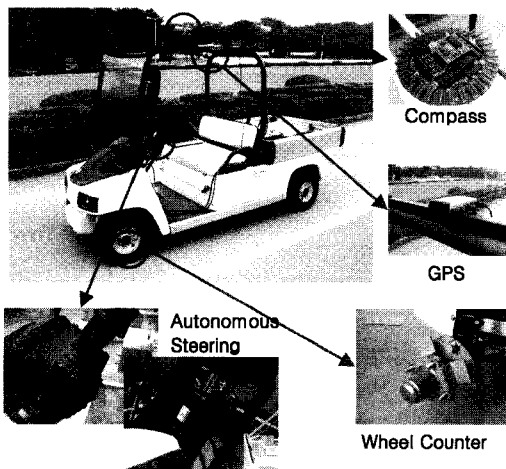


Fig. 12 Unmanned Vehicle for Autonomous Steering

#### 5.2 위치추정

앞에서 설명한 바와 같이 GPS 정보의 시간 지연으로 인해 발생하는 오차를 보상하는 장치가 실제 차량의 주행에 적용되었을 때 위치추정을 얼마나 정확하게 보상해 주는지를 검증하는 것이 필요하다. 위치추정실험을 위해 먼저 주행할 경로상에

서 일정한 거리 간격으로 정지상태에서 GPS 위치 정보를 수신받고, 이를 TM 좌표계로 변환하여 기준경로를 직선구간과 원호구간의 주행경로로 나타낸다.

위 설정된 기준경로를 주행하면서 GPS 로부터 획득한 차량의 주행 경로와 GPS 와 DR 센서정보와의 융합을 통하여 추정된 위치결과를 비교해 보았다. Fig. 13 은 경로를 따라 주행하면서 GPS 로부터 획득한 위치정보와 DR 센서를 이용해 추정된 위치정보를 나타낸 것이고 Fig. 13(a)는 주행결과 중 곡선구간 일부를 확대한 것이다. 그림에서 점선은 기준경로를 나타내며 일점 쇄선은 실제 제어에 의해 차량이 주행한 경로를 나타낸다. 직선구간에서는 두 선이 거의 일치하며 곡선구간에서도 오차가 아주 적음을 알 수 있다.

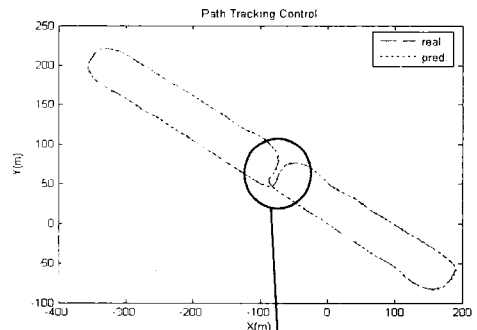


Fig. 13 Real and Sensor Prediction Track

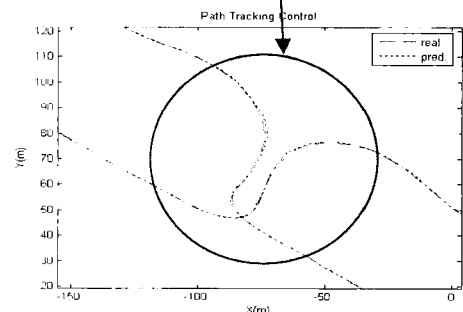


Fig. 13(a) Enlargement of Fig. 13

Fig. 14 는 기준경로와 추정된 위치정보 사이의 오차를 나타낸 것으로 위치추정이 실제 주행한 경로에 대해 얼마만큼의 정확도를 가지고 있는 것인지를 나타내는 것이다. 그림에서 보는 것과 같이 추정한 위치정보는 0.8m 이내의 오차를 가지고 있

음을 알 수 있으며 특히 직선구간에 비해 곡선 구간에서 그 값이 커짐을 알 수 있다. 이는 앞장에서 언급한 바와 같이 위치추정방법에서 근사적분을 수행하기 때문에 곡률이 큰 구간에서 오차가 크게 발생하는 것으로 볼 수 있다. 이 오차의 크기는 1m 이내의 작은 값으로 조향각에 약 2° ~3° 정도의 영향을 미칠 수 있으나 조향성능에 크게 문제가 되지 않는 크기로 볼 수 있다.

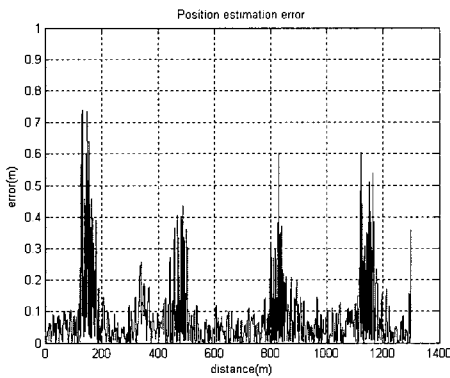


Fig. 14 Position Estimation Error

**5.3 자율 조향 제어**

실제 주행실험에서 시뮬레이션 결과값과의 차이를 확인해 보았다. 먼저 위치추정을 하지 않고 GPS의 위치정보만을 이용하여 주행실험을 한 결과를 Fig. 15에 나타내었다. 최대 위치오차가 약 5m 정도로 시뮬레이션의 결과와 비교하여 오차가 크게 나타났고 직선구간에서의 진동도 크게 나타났으며 수렴시간도 오래 걸림을 알 수 있다.

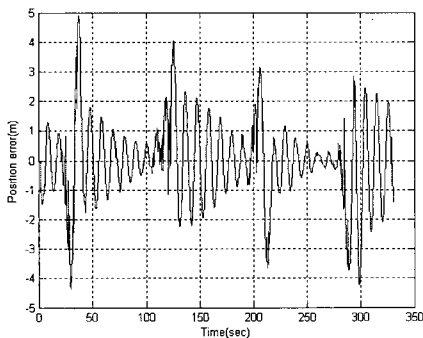


Fig. 15 Position Error without Estimation

Fig. 16은 동일 경로상에서 혼합항법을 통하여 GPS 정보가 획득되지 않는 시간 동안에 현재 차량의 위치를 추정한 주행실험결과를 나타내었다.

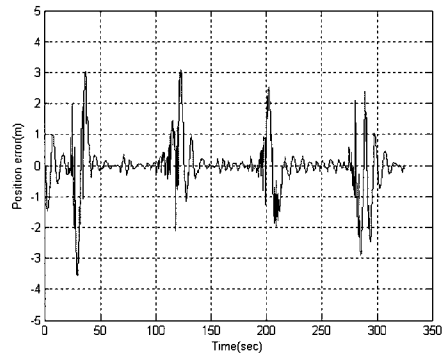


Fig. 16 Position Error with Estimation

Fig. 16에서 보는 바와 같이 위치추정을 했을 때 최대 오차가 3.5m 정도로 줄어드는 것을 알 수 있고 직선구간에서의 진동과 수렴시간도 줄어들었음을 알 수 있다.

시뮬레이션을 통해 결정한 퍼지규칙으로 제어기를 구성하여 실제 실험을 해 봄으로써 위치추정 알고리즘과 퍼지제어기의 성능을 확인할 수 있었다. 실험 결과가 시뮬레이션 보다 조금 큰 4m 이내의 위치에러를 가지고 있으나 위치추정을 하지 않았을 때보다 오차가 줄어들었고 주행경로에 대해 점차 수렴함을 확인할 수 있었으며 이는 차량의 속도제어를 통하여 더욱 개선될 수 있을 것으로 본다.

Fig. 17(a-c)는 주행실험 동영상의 일부를 사진으로 기록한 것으로 차량이 좌회전, 우회전, 직진할 때 자율 조향 시스템에 의해 차량행동이 조작되는 모습을 볼 수 있다.

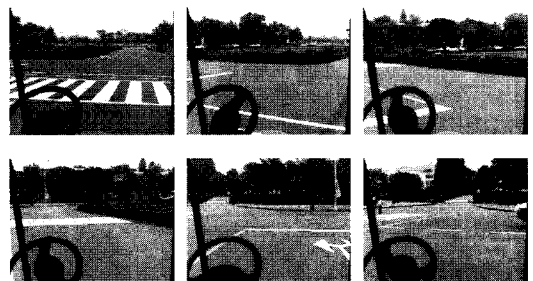


Fig. 17(a) Left-turn Test



Fig. 17(b) Right-turn Test

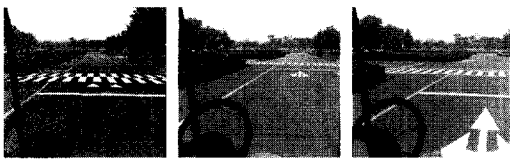


Fig. 17(c) Straight Driving Test

## 6. 결론

본 연구에서는 시중에서 쉽게 구할 수 있는 차량항법용 GPS 와 추측항법 센서를 결합한 혼합항법시스템을 구성하고, 추정된 차량의 위치정보를 이용하여 자율경로제어를 통해 목표지점까지 도달하도록 하는 자율주행차량시스템을 개발하였다. 현재 무선모뎀을 이용한 DGPS 와 RTK GPS 는 수 ms 의 샘플링과 수 cm 정도의 오차율을 가지는 고가의 측위 장비로 주로 측량을 위한 목적으로 많이 사용되고 있다. 따라서 자율주행차량에 장착하여 적용하기에는 어려움이 많으므로 시중에서 쉽게 구할 수 있는 저가의 차량항법용 GPS 와 추측항법센서를 결합한 혼합항법시스템을 이용하여 자율주행차량에 적용하였다. 먼저, 기준경로는 차량에 탑재된 GPS 를 이용하여 목적지까지의 주행을 하며 일정한 간격으로 반복하여 획득하고 직선과 원호로 이루어진 구간들로 기준경로를 생성하였다. 다음으로 차량의 조향제어기는 차량 동역학 모델을 이용한 시뮬레이션을 통해 최적의 퍼지제어기를 설계하였다. 실제 주행 실험을 통해 시뮬레이션에서 구한 퍼지제어기를 이용하여 자율경로제어시험을 수행하고, 혼합항법과 퍼지제어기를 이용한 자율 경로추적 제어결과를 나타내었다.

앞으로 맵매칭을 이용한 위치추정의 정밀도 향상과 차량의 종방향 제어, 즉 가감속 제어인 속도제어와 비전 및 레이더센서를 이용하여 주위환

경 및 지형을 파악하여 주행경로를 수정 및 변경할 수 있고 주행경로상의 장애물을 검출하여 이를 회피하는 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것으로 본다.

## 참고문헌

1. Lee, K. and Kim, S., "Advanced Vehicle Control System for Intelligent Transportation System," ICASE(Institute of Control, Automation, and Systems Engineers) Magazine, Vol. 6, No. 4, pp. 10-19, 2000.
2. Rho, K. and Steux, B., "Development and Testing of Lateral Control System for Intelligent Vehicle," Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 13, No. 4, pp. 19-25, 2005.
3. Choi, D., Moon, I. and Lee, K., "Lane Tracking Control of Electric Vehicle with Autopilot," Proceedings of the KSAE 2003 Annual Spring Conference, pp. 1087-1092, 2003.
4. Han, M. and Moon, S., "Navigation Control for an Autonomous Road Vehicle," Journal of the Korean Society of Automotive Engineers, Vol. 18, No. 3, pp. 55-63, 1996.
5. Wit, J., Crane, C. D. and Armstrong, D., "Autonomous Ground Vehicle Path Tracking," Journal of Robotic Systems, Vol. 21, No. 8, pp. 439-449, 2004.
6. Hajjaji, A. E. and Bentalba, S., "Fuzzy path tracking control for automatic steering of vehicles," Robotics and Autonomous Systems, Vol. 43, No. 4, pp. 203-213, 2003.
7. Fu, M., Ruan, J. and Ding, H., "Study on Virtual Path Track Control for Intelligent Vehicle," Proceedings of 2004 IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, pp. 173-178, 2004.
8. Yun, X., Bachmann, E. R., McGhee, R. B., Whalen, R. H., Roberts, R. L., Knapp R. G., Healey, A. J. and Zyda, M. J., "Testing and evaluation of an integrated GPS/INS system for small AUV navigation," IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 24, No. 3, pp. 394-404, 1999.
9. Cordesses, L., Cariou, C. and Berducat, M., "Combine Harvest Control Using Real Time



- Kinematic GPS,” *Precision Agriculture*, Vol. 2, No. 2, pp. 141-161, 2000.
10. Urbano, N. and Conde, V. L., “Data Fusion and Path-following controller comparison for Automotive Vehicle,” *Nonlinear Dynamics*, Vol. 49, No. 4, pp. 445-462, 2007.
  11. Ryoo, Y. J., Kim, E. S., Kim, M. J. and Lim, Y. C., “Recognition of Road Direction for Magnetic Sensor Based Autonomous vehicle,” *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers D*, Vol. 52D, No. 9, pp. 526-532, 2003.
  12. Lee, H. J., Lee, C. H. and Kim, K. I., “Minimizing Position Error in a Car Navigation System by fusing GPS and Dead-Reckoning,” *Journal of Korean Society for Geospatial Information System*, Vol. 2, No. 2, pp. 81-88, 1994.
  13. Kim, Y. H., Choi, B. S. and Lee, J. M., “Hybrid Car Navigation System using GPS and Dual Electric Compass,” *Journal of Control, Automation and System Engineering*, Vol. 12, No. 2, pp. 106-112, 2006.
  14. Um, J. Y. and Lee, I. S., “A Study for DGPS Navigation System for an Autonomous Vehicle,” *Proceedings of the Korea Society of Automotive Engineers*, pp. 1179-1184, 2004.
  15. Cho, S. J., “Development of Low Cost GPS+DR Hybrid Navigation System,” *Inha University, Goeinformatic engineering*, MS thesis, 2002.
  16. Kim, J. W., Jee, G. I., Lee, J. G. and Lee, Y. J., “Design of a Navigation System Using GPS and Dead-Reckoning,” *Journal of Control, Automation and System Engineering*, Vol. 2, No. 3, pp. 188-193, 1996.
  17. Noh, J. S. and Oh, J. H., “Position Location by Integration of GPS Receiver and Dead Reckoning Sensors,” *Proceedings of the Korea Society of Precision Engineering Spring Conference*, pp. 443-447, 1996.
  18. Kiencke, U. and Daiß, A., “Observation of Lateral Vehicle Dynamics,” *Control Engineering, Practice*, Vol. 5, No. 8, pp. 1145-1150, 1997.