

# 저가형 DGPS3 개를 이용한 무인자율차량의 상대적 위치오차감소를 위한 연구

## The study on Reduction of Relatively Position Error for AUV using the Three Low-cost DGPS

\*엄현섭<sup>1</sup>, #이민철<sup>2</sup>, 김지연<sup>3</sup>, 백준영<sup>4</sup>

\*H. S. Eom<sup>1</sup>, #M. C. Lee(mclee@pnu.co.kr)<sup>2</sup>, C. Y. Kim<sup>3</sup>, J. Y. Baek<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 부산대학교 기계공학부, <sup>2</sup> 부산대학교 기계공학부, <sup>3</sup> 부산대학교 기계공학부, <sup>4</sup> 부산대학교 기계공학부

Key words : DGPS, AUV, LSM Kalman Filter

### 1. 서론

무인자율주행차량(AUV)의 주행을 위해서는 다양한 센서를 이용한 제어 기술을 요구한다. 특히, 잘못된 위치 인식은 잘못된 경로 생성의 원인이며, 항 후 차량의 안전을 보장할 수 없게 되기 때문에 현재 위치에 대한 정보를 얻는 것이 중요하다. 정확한 위치 추정을 위한 위치 정보를 얻기 위하여 위성항법장치인 GPS 가 폭넓게 사용되고 있다.<sup>1</sup> GPS 는 미국 국방부가 효율적인 지상 공격을 위한 군사적 목적으로 개발되었다.<sup>2</sup> 초창기에는 군사적 목적 이외에도 항공, 선박의 항법을 돕기 위해 사용되었으며, 현재는 일반 차량의 항법 장치로도 널리 이용되고 있다.

GPS 수신기는 3 개 이상의 위성으로부터 시간과 거리를 측정하여 수신기와 위성 간의 각기 다른 거리를 삼각측량법에 의해 수신기의 위치를 계산한다.<sup>2</sup> 그러나 일반 GPS 는 수신기와 안테나, 지역적, 신호 지연, 미 국방성이 인가한 강제적인 오차 S/A(Selective Availability)를 포함한 오차를 가지고 있다.

10m 이상의 오차를 포함하는 일반 GPS 의 단점을 보완하기 위해 DGPS 가 개발되었다. DGPS 는 Fig. 1 과 같이 정확한 위치를 알고 있는 기준국에서 GPS 의 보정정보(위성 시계, 위성궤도, 전리층, 대류층 오차를 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Service) 코드를 이용하여 사용자 GPS 수신기의 위치 정보에 보정한다.

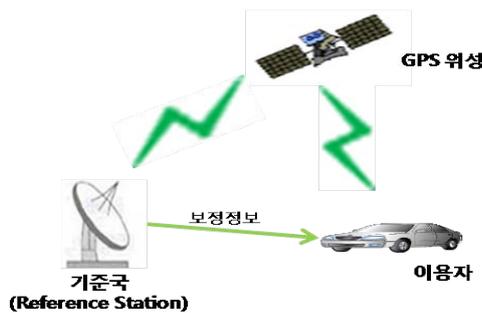


Fig. 1 DGPS System

본 논문에서는 DGPS 3 개를 이용하여 위치 오차를 보정하는 방법을 제안하고자 한다. 현재 가장 정밀한 GPS 측정 장비는 RTK-GPS 이다. RTK-GPS 는 Base 와 Rover 의 송·수신 장비에 의해 수 cm 의 오차를 가지고 있다. 그러나 장비가 고가이고, 실제 운용을 위해서는 2 대 이상의 장비가 필요하며, 거리적인 제약이 있다. 지속적인 이동 시 위치인식이 필요한 무인자율차량에 적용하기에는 어려움이 있다. 따라서 일반적인 GPS 에 비해 5m 이내의 정밀도를 가지며, 이동에 대한 제한이 거의 없는 DGPS 을 이용하여 각 수신기 간의 측정 거리에 대한 오차를 최소화하는 최소제곱법과 칼만필터를 이용하여 백색 잡음을 제거하여 위치 오차를 보정하였다. DGPS 신호에 대한 시뮬레이션은 AR 모델을 이용하였다.

### 3. 최소자승법과 칼만필터를 이용한 오차 보정

오차를 포함하는 3 개의 DGPS 신호 간의 위치 정보에 대하여 근사화 된 직선의 방정식을 구하기 위하여 최소자승법을 이용하였다. 최소자승법은 2 차원 평면에서 오차를 포함하는 점들의 집합에 대한 직선의 방정식을 근사화하여 X 좌표와 Y 좌표 간의 관계를 알 수 있다. 그러나 최소 제곱법은 흔히 Y 좌표에 대해서만 오차를 가정하기 때문에 X 좌표에 대해서는 여전히 오차를 포함하게 된다. 이를 보정하기 위해 본 논문에서는 3 개의 DGPS 를 Fig. 3 과 같이 구성하였다. 즉, DGPS 수신기를 각각 정해진 거리의 간격만큼 직선의 세 점에 나란히 정렬하여, 정해진 수신기 간의 거리에 대한 오차를 최소화하는 식을 도출하여 측정된 DGPS 신호를 보정하였다.

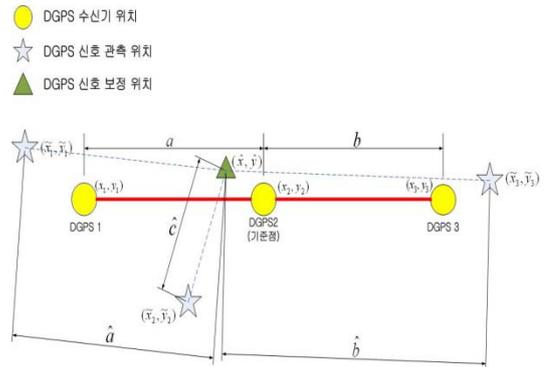


Fig. 2 Method of DGPS Position Correction

X 좌표와 Y 좌표 간의 관계는 식(1)과 같이 나타낼 수 있으며, 최소자승법에 의해  $\alpha$  와  $\beta$  을 구할 수 있다.<sup>4</sup>

$$y_i = \alpha x_i + \beta + \varepsilon_i \quad (1)$$

Y 좌표에 대한 보정은 DGPS 수신기 간의 거리  $a$  와  $b$  을 이용하여 거리 오차( $\varepsilon$ )을 가지는 식(2) 같이 정의할 수 있다. 식(3) 식(4) 같이 추정 위치와의 거리 오차를 최소로 하는 최소자승법에 의해  $\hat{x}$  을 추정하고 식(5) 통해  $\hat{y}$  을 얻을 수 있다.

$$a = \hat{a} + \varepsilon_a, b = \hat{b} + \varepsilon_b, c = c + \varepsilon_c \quad (2)$$

$$S(\hat{x}) = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \varepsilon_a^2 + \varepsilon_b^2 + \varepsilon_c^2 \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial \alpha} S(\hat{x}) = 0 \quad (4)$$

$$\hat{y} = \alpha \hat{x} + \beta \quad (5)$$

최소자승법에 의해 보정된 신호에 포함되는 백색 잡음을 제거하기 위해 상태 변수 추정 성능에 효율적인 칼만필터를 이용하였다.<sup>5</sup>

$$x_{k+1} = F_k x_k + B_k u_k + \omega_k \quad (6)$$

$$z_k = H_k x_k + v_k \quad (7)$$

상태 벡터  $x_k = [x, \dot{x}]$  라고 정의하고, 상태전이행렬( $F_k$ ), 입력행렬( $B_k$ ), 출력행렬( $H_k$ ), 시스템 노이즈( $Q_k$ ), 그리고 관측 노이즈( $R_k$ )는 다음과 같다.

$$F_k = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad B_k = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad H_k = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$A_k = \begin{bmatrix} \Delta t^2 \\ 2 \\ \Delta t \end{bmatrix}, \quad Q_k = \text{cov}(A\sigma_a) = \sigma_a^2 A A^T$$

$$R_k = E[v_k v_k^T] = \sigma_z^2$$

#### 4. AR 모델에 의한 시뮬레이션

동일한 위치에 대한 위치 정보는 시간, 날씨, 주변 환경에 따라 실제 위치에 대한 확률적인 편차를 가진 오차를 포함한다. 따라서 DGPS 신호를 AR 모델을 이용하여 실제 DGPS 신호를 시뮬레이션하였다. AR 모델은 통계학과 신호처리 분야에서 화이트 노이즈를 포함하는 다양한 자연 현상을 모델화하고 예측하기 위해 사용한다<sup>6</sup>. AR 모델은 현재의 관측 값을 과거의 관측 값들의 함수형태로 표현한다.

$$z_t = f(z_{t-1}, z_{t-2}, \dots) + \varepsilon_t \quad (8)$$

AR 모델을 이용하여 독립적으로 생성된 3 개의 DGPS 신호를 생성하였다. 수신기 간의 거리는 기준점을 기준으로 0.5m의 간격으로 정해지지 않은 임의의 방향으로 생성하였으며, 이동 좌표에 대한 조건은 Table 1에 나타내었다.

Table 1 Moving DGPS Signal Condition

DGPS Distance	Velocity v	Time Δt	Goal Pos.	
			Latitude	Longitude
0.5 m	1 km/h	250 ms	10 m	10 m

AR 모델에 의해 제안된 알고리즘에 의해 Table 2와 같이 정지 상태에서 0.92에서 0.32로 약 65%까지 기준점에서의 오차를 줄일 수 있었다.

Table 2 DGPS signal error to AR model

	DGPS Std. deviation (m)	Average Error to Base point(m)
Measurement	1.06	0.92
LSM	0.71	0.36
LSM+Kalman	0.26	0.32

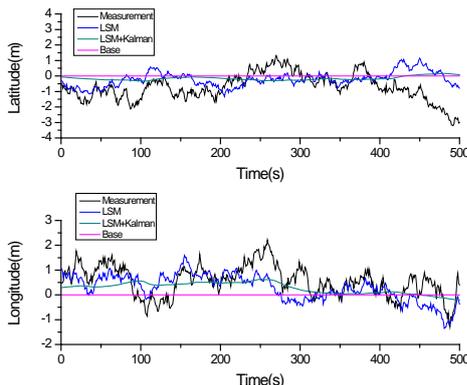


Fig. 3 Correction DGPS signal to AR model

이동 좌표에 대한 위치 정보는 Table 3과 같으며, 위도 47.2%, 경도 43.9%의 오차를 보정할 수 있었다.

Table 7 Result of Moving Position error to Simulation

	Normal		LSM		LSM+Kalman	
	Lat.	Lon.	Lat.	Lon.	Lat.	Lon.
Std.deviation(m)	0.89	0.41	0.42	0.25	0.47	0.23
Error reduction rate (%)			52.8	39	47.2	43.9

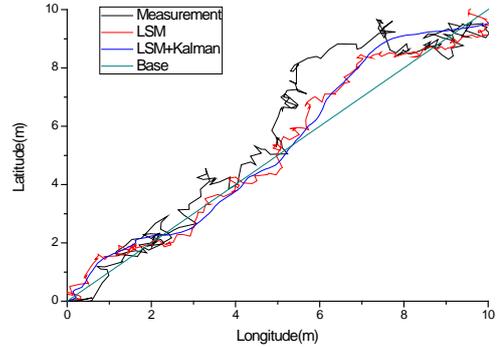


Fig. 4 Correction of Moving DGPS signal to Simulation

#### 6. 결론

실외 환경에서 위치 정보를 보정하기 위해 DGPS에 최소제곱법과 칼만필터를 이용하여 정밀한 위치 정보를 얻고자 하였다. 그리고 AR 모델을 이용하여 정지 및 주행 상황에 따른 시뮬레이션을 하여 결과를 검증할 수 있었다. 60km/h의 도로 설계 폭인 3.0m인 도로를 중형차를 기준으로 주행하기 위해서는 0.6m 이내로 DGPS 신호를 보정하여야 하며, 검증 결과 기준 이하의 보정 오차의 결과를 확인할 수 있었으며, 향후 실제 무인자율주행차량에 적용이 가능함을 검증할 수 있었다. 향후 실제 무인자율주행차량에 적용하여 경로계획을 통한 차량 주행 제어에 대한 연구를 하고자 한다.

#### 후기

본 연구는 부산대학교 특수환경 Navigation/ Localization 로봇기술연구센터를 통한 지식경제부/한국산업기술진흥원 융복합형로봇전문인력양성사업의 지원으로 수행되었음.

#### 참고문헌

1. Yilin Zhao, "Vehicle Location and Navigation Systems, Artech House", Inc., Boston · London, pp.43~46, 1997
2. Hyobum Yeoun, Yeong Wook Kang, Ki Dong Lee, "A Low-Cost Precise Position Information Service System Using the DGPS Mechanism", KIPS Transactions: Part C, Vol. 13-C, No.1, pp. 221-225, 12, 1995.
3. Ramjee Prasad, Marina Ruggieri, "Applied Satellite Navigation Using GPS, GALILEO, and Augmentation Systems", Artech House, Inc., Boston · London, pp.53~70, 2005.
4. Dennis G.Zill, Michael R. Cullen, "Advanced Engineering Mathematics 2nd Edition", Jones and Bartlett Publishers(Translation to Kyobobook in Korea), pp. 589~592, 2001
5. Monhinder S. Grewal, Angus P. Andrews, "Kalman Filtering Theory and Practice", Prentice Hall, Inc., 1993.
6. [http://en.wikipedia.org/wiki/Autoregressive\\_model](http://en.wikipedia.org/wiki/Autoregressive_model)