

전파간섭환경에서 UAV를 활용한 선박의 백업항법시스템 설계

Design for Back-up of Ship's Navigation System using UAV in Radio Frequency Interference Environment

박슬기 · 손표웅*

한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소

Sul Gee Park · Pyo-Woong Son*

Korea Reserach Institute of Ships and Ocean Engineering, Daejeon, 34103, Korea

[요 약]

국제항로표지협회에서는 해양분야에서 활용하는 백업항법시스템의 경우 항만 입출항시 10m의 수평정확도를 보장하도록 요구하고 있다. 대표적인 해양분야의 백업항법시스템인 eLoran은 10m 이내의 수평 정확도를 만족함이 증명되었지만, 수신환경에 따라 항법성능이 저하되기도 한다. 특히 수신 안테나 주변의 잡음 및 멀티패스 등으로 인한 요인으로 인해 특정 상황에서는 항법 자체가 불가능해지기도 한다. 본 논문에서는 이러한 환경에서 항만입출항 조건의 수평정확도 요구성능을 만족하기 위하여 UAV (unmanned aerial vehicles)를 활용한 선박의 백업항법시스템을 설계하였다. eLoran 신호 수신에 영향을 주는 주변 환경의 영향을 감소시키기 위하여 UAV에 카메라, IMU 센서, eLoran 안테나 및 수신기를 장착하였으며, 선박의 안테나보다 높은 곳에서 카메라를 이용하여 랜드마크를 추적하고 일정 범위 내에서 eLoran 신호 수신과 위치 및 자세를 제어하도록 설계하였다. 선박에서는 UAV로부터 수신한 영상 및 자세 정보와 eLoran 신호를 이용한 선박기반 측위결과를 이용해 항만 입출항 시 수평정확도 요구성능을 만족할 수 있다.

[Abstract]

Maritime back-up navigation system in port approach requires a horizontal accuracy of 10 meters in IALA (International Association of Lighthouse Authorities) recommendations. eLoran which is a best back-up navigation system that satisfies accuracy requirement has poor navigation performance depending signal environments. Especially, noise caused by multipath and electronic devices around eLoran antenna affects navigation performance. In this paper, Ship based Navigation Back-up system using UAV on Interference is designed to satisfy horizontal accuracy requirement. To improve the eLoran signal environment, UAVs are equipped with camera, IMU sensor and eLoran antenna and receivers. This proposed system is designed to receive eLoran signal through UAV-based receiver and control UAV's position and attitude within Landmark around area. The ship-based positioning using eLoran signal, vision and attitude information received from UAV satisfy resilient and robust navigation requirements.

Key word : UAV, eLoran, Vision, Backup navigation, Positioning system.

<https://doi.org/10.12673/jant.2019.23.4.289>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 10 August 2019; Revised 11 August 2019

Accepted (Publication) 23 August 2019 (30 August 2019)

*Corresponding Author; Pyo-Woong Son

Tel: +82-42-866-3693

E-mail: pwson@kriso.re.kr

1. 서론

육상에서 널리 사용되고 있는 위성항법시스템 (GNSS; global navigation satellite system)은 해양에서도 가장 많이 사용되고 있으며, 이에 대한 의존도가 매우 높다[1]. 그러나 위성신호세기는 미약하기 때문에, 쉽게 전파 방해를 받을 수 있다. 전파교란으로 인한 GNSS 신호 단절뿐만 아니라 그림 1과 같이 스푸핑으로 사용자가 인식하지 못한 상태에서 항로를 이탈할 수 있다[2]-[4]. 그러므로 보다 안전한 항해를 위해서는 탄력적인 항법정보를 제공할 수 있는 백업 항법시스템이 반드시 필요하다.

국제항로표지협회 (IALA; International Association of Lighthouse Authorities)는 해양 지역에서의 항법용 백업시스템은 다음 표 1과 같이 항만 입출항 시 수평정확도 10 m를 보장하도록 요구하고 있다[5]. eLoran 시스템은 이러한 요구 성능을 만족시킬 수 있는 대표적인 항법시스템으로 지상의 송신탑에서 송출되는 신호를 이용하는 지상파항법시스템이다[6]-[8]. 이 시스템은 100 kHz의 고출력 신호를 사용하기 때문에 의도적인 전파교란이 어렵다는 장점이 있다[9]. 그러나 두 종류의 수신 안테나에 따라 주변 전자기기의 잡음, 안테나 회전으로 인한 요인, 멀티패스 등으로 인한 기타 요인(RFI: radio frequency interference)으로 신호대 잡음비가 나빠지거나 부정확한 항법 결과를 보이기도 한다[10].

실제로 그림 2와 같이 차도선 같은 큰 선박의 경우에도 배의 엔진 동작으로 인한 잡음과 구조물에 의한 멀티패스 등으로 항법 요구성능을 만족하지 못하는 상황이 발생하였다[11]. 이러한 eLoran 신호 수신환경 개선을 위해 안테나 높이를 그림 2와 같이 다른 안테나보다 3 m 이상 높게 설치하여 수신 신호의 품질을 향상시킬 수 있지만, 안정적인 설치가 어렵다는 단점이 있다.

최근 무인 항공기는 카메라, 자세 센서 등 다양한 센서와 시스템이 탑재되어 활용되고 있다. 이런 무인항공기를 이용하면 불안정한 안테나 설치가 아니더라도 안정적으로 eLoran 신호

표 1. 백업항법시스템의 해양항법 사용자들을 위한 최소 요구사항[5]
Table 1. Minimum maritime user requirements for general navigation-backup system [5].

	System level parameters			
	Absolute Accuracy	Integrity		
	Horizontal (metres)	Alert limit (metres)	Time to Alarm (seconds)	Integrity Risk (per 3 hours)
Ocean	1000	2500	60	10 ⁻⁴
Coastal	100	250	30	10 ⁻⁴
Port approach and restricted waters	10	25	10	10 ⁻⁴
Port	1	2.5	10	10 ⁻⁴
Inland Waterways	10	25	10	10 ⁻⁴

본 논문에서는 GNSS의 전파교란 시에 사용할 수 있는 해양 지역에서의 백업 항법시스템인 eLoran 시스템을 선박에서 보다 안정적으로 사용할 수 있도록 UAV를 활용한 eLoran 항법기반의 선박측위 시스템을 설계하였다. 2절에서는 전체적인 시스템 설계에 대하여 제안하였으며, 3절에서는 UAV에서 수집한 정보들을 활용한 선박 측위 알고리즘에 대하여 설명하였고, 마지막으로 4절에서는 본 논문의 결과를 고찰하고 향후 연구과제에 대하여 설명하였다.

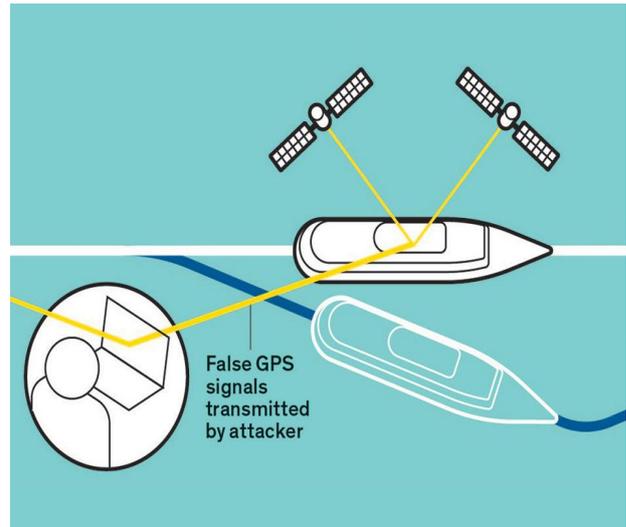


그림 1. GPS 스푸핑으로 인한 선박의 경로이탈 위험성
Fig. 1. Risk of ship deviation from route due to GPS spoofing.

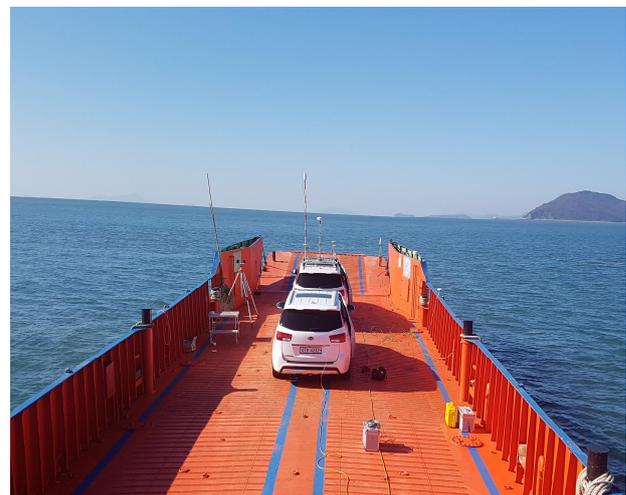


그림 2. 선박에서 eLoran을 안정적으로 사용하기 위한 안테나 설치 환경
Fig. 2. Antenna setup environment for using eLoran system in a ship.

II. UAV를 활용한 eLoran 항법기반 선박 측위 시스템 설계

해상에서 전파교란 등과 같은 이유로 GNSS 신호가 단절되었을 때, eLoran과 같은 백업시스템을 활용하여 항법할 수 있어야 한다. 그러나 eLoran 시스템의 경우, 그림 3과 같이 사용자의 수신 환경에 따라 신호 잡음이나 주변의 구조물에 의해 항법 성능이 나빠질 수 있다. 이러한 사용자의 수신환경을 개선하기 위하여 본 논문에서는 UAV를 활용하는 eLoran 기반의 선박 측위 시스템을 제안하였다.

본 논문에서 제안한 시스템은 UAV 기반 항법처리부와 선박 기반 항법처리부로 나뉜다. UAV는 보다 좋은 환경에서 수신한 eLoran 신호와 UAV와 선박 간의 상대위치를 계산할 수 있는 정보를 선박으로 송신한다. 선박에서는 UAV로부터 수신한 정보를 이용하여 선박의 위치를 연속적으로 계산한다.

2-1 UAV 항법 처리부

UAV 항법처리부는 그림 4와 같이 UAV의 위치 및 자세 처리와 eLoran 신호처리로 나눌 수 있다. UAV의 위치 및 자세 제어는 안정적인 eLoran 신호를 수신하기 위해서 반드시 필요하고 선박의 랜드마크를 추적한 영상을 처리하여 자세 및 상대 거리를 계산한다. 이를 위해 그림 5와 같이 UAV 항체 상단에 eLoran 안테나, 검정색 상자 안에 eLoran 수신기 및 IMU 센서, 데이터 취득 및 처리를 위한 컴퓨터 및 통신 모듈을 설치하였다. 본 시스템을 통해 eLoran 안테나로부터 받은 항법 위치와 카메라로부터 얻은 상대 위치 정보를 선박으로 전송할 수 있다.

2-2 선박기반 항법 처리부

선박기반 항법 처리부에서는 UAV에서 제공받은 정보를 기반으로 연속적이고 강인한 선박의 측위결과를 계산한다. UAV에서 수신한 정보를 이용하여 영상처리와 자세정보를 기반으로 랜드마크와 UAV간의 상대적인 높이와 선박시스템과의 방향벡터를 계산할 수 있다.

이를 기반으로 선박 기반의 측위 결과를 다시 계산하여 연속적인 선박 기반의 항법해를 계산한다. 선박기반의 측위 알고리즘은 3절에서 자세하게 설명하였다.

III. 선박기반 측위 알고리즘

UAV에서 수신한 영상 및 자세 정보, eLoran 신호를 이용해 선박의 현재 위치를 계산하기 위해서는 선박의 이전시간의 위치를 알고 UAV에서 추적하는 선박 위의 랜드마크가 선박의 진행방향에 대한 측과 일치해야한다는 가정이 필요하다.

선박기반 측위를 위한 알고리즘은 크게 UAV에서 수신한 영

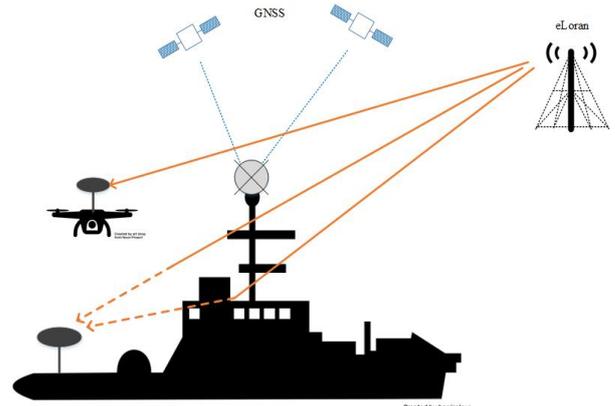


그림 3. 해상에서의 GPS/eLoran 미약신호 환경
Fig. 3. GPS/eLoran weak signal environment on maritime.

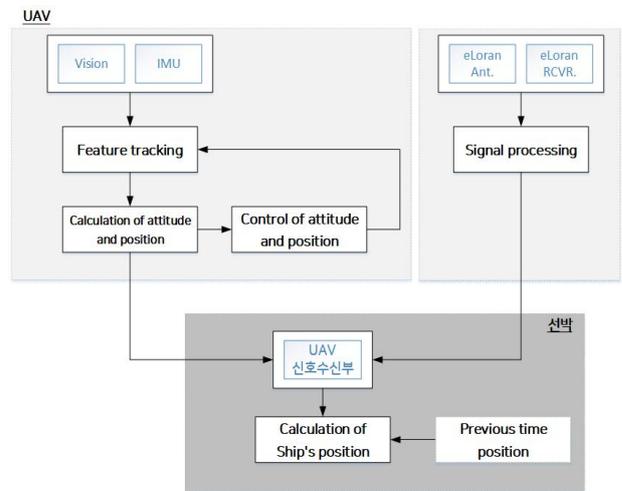


그림 4. UAV를 활용한 선박측위 시스템
Fig. 4. Ship based positioning system using UAV.



그림 5. 선박기반 측위를 위한 eLoran 안테나, 수신기, vision, IMU 센서를 장착한 UAV
Fig. 5. UAV with eLoran antenna and receiver, vision and IMU for ship based positioning.

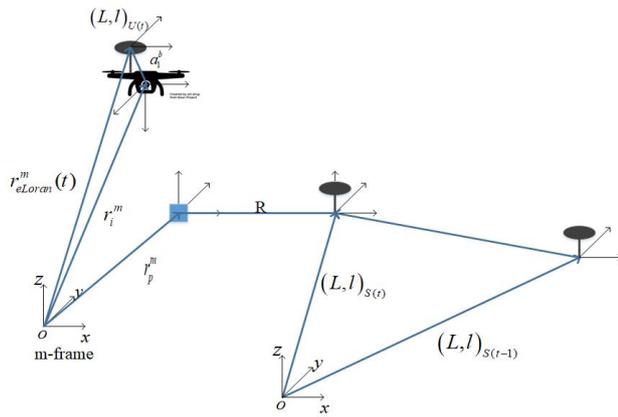


그림 6. UAV 영상정보로부터 계산한 선박의 위치
 Fig. 6. Calculation of Ship positioning from UAV's vision information.

표 2. 직접표정요소 결정법 수식항 변수

Table 2. Terms in the direct georeferencing equation.

Terms	Explanation
r_p^m	Landmark vector in m-coordinate
$r_{eLoran}^m(t)$	eLoran position vector in m-coordinate
$R_b^m(t)$	Rotation matrix between body coordinate(b) and m-coordinate
s_i	scale foactor
R_i^b	Rotation matrix between body coordinate(b) and vision coordinate
r_p^i	Landmark relative position vector in vision coordinate
a_1^b	Lever arm offset between eLoran antenna and vision coordinate

상과 자세정보를 기반으로 영상좌표계에서의 랜드마크 좌표계를 계산하는 부분과 UAV에서 수신한 eLoran 신호를 이용하여 랜드마크의 위치를 계산하고 이전시간의 선박 위치 정보를 이용하여 현재 선박의 위치를 계산하는 부분으로 나눌 수 있다.

UAV의 단일 카메라를 이용하여 랜드마크와의 상대 위치를 계산하는 연구는 많이 수행되었고[12][13], 본 논문에서는 직접표정요소 결정법을 이용하였다[14][15]. 직접표정요소 결정법은 그림 6과 같이 UAV 기반 eLoran 위치와 자세정보를 이용하여 선박의 랜드마크의 좌표를 좌표계 변환을 통하여 식 (1)과 같이 계산하며, 각 변수는 표 2와 같이 나타낸다.

$$r_p^m = r_{eLoran}^m(t) + R_b^m(t)(s_i R_i^b r_p^i - a_1^b) \quad (1)$$

여기서, m-좌표계는 UAV 기준의 항법좌표계로 현재시간과 이전시간의 UAV 위치값을 이용하여 계산하여 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$(L, l)_{L(t)} = R_m^g r_p^m \quad (2)$$

여기서, R 은 m-좌표계와 지리좌표계간의 회전행렬을 나타내며, g 는 지리좌표계를 나타낸다.

eLoran 신호를 이용한 현재시간의 선박위치인 $(L, l)_{S(t)}$ 를 계산하기 위해서는 그림 6과 같이 이전시간의 선박위치인 $(L, l)_{S(t-1)}$ 과 UAV 기반 eLoran 위치인 $(L, l)_{U(t)}$ 를 이용하여 계산할 수 있다.

eLoran 신호를 이용한 측위는 지리좌표계의 위도, 경도로 수평위치를 계산하므로, UAV의 수직위치는 무시할 수 있다. 선박의 이전 시간의 위치를 식 (3)과 같이 기준으로 하였을 경우 현재 시간의 선박 위치는 식 (4)와 같다.

$$(L, l)_{S(t-1)} = (0, 0) \quad (3)$$

$$(L, l)_{S(t)} = (x_S, y_S)_n \quad (4)$$

여기서 L, l 은 위경도 값이며, n 은 항법좌표계이며, s 는 선박 위치를 나타낸다.

식 (4)에서 항법좌표계에서 UAV를 활용하여 계산한 선박의 현재시간의 위치를 다시 지리좌표계로 변환할 때에는 식 (5)와 같이 이전시간의 선박위치를 이용한다.

$$(L, l)_{S(t)} = f_n^g((x_S, y_S)_N, (L, l)_{S(t-1)}) \quad (5)$$

여기서 f_n^g 은 항법좌표계에서 지리좌표계로 변환하는 함수를 나타낸다.

식 (5)에서 항법좌표계에서 현재시간의 선박위치는 랜드마크의 위치와 이미 알고 있는 선박의 측위 시스템와의 거리를 이용하여 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$(x_S, y_S)_n = (L, l)_{L(t)} - (0, R)_b \quad (6)$$

여기서 R 은 이미 알고 있는 선박의 위치로부터 랜드마크까지의 거리이며, b 는 항법좌표계를 나타낸다.

랜드마크의 지리좌표계는 식(3)을 이용하여 항법좌표계로 변환하여 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$(x_L, y_L)_N = f_g^n((L, l)_{L(t)}, (L, l)_{S(t-1)}) \quad (7)$$

여기서 f_g^n 은 지리좌표계와 항법좌표계간의 변환함수를 나타낸다.

식 (6)에서 선박과 랜드마크간의 거리는 선박의 항법좌표계로 항법좌표계로 변환하기 위하여 항법좌표계의 E축과 선체 진행축과의 방향각 θ 를 추정한다. 이를 식 (6)과 식(7)에 활용하면 식 (8)과 같이 항법좌표계에서의 선박위치를 계산할 수 있다.

$$(x_s, y_s)_n = (x_v, y_v)_n - (R\cos\theta, R\sin\theta)_n \quad (8)$$

식(8)을 통하여 계산한 항법좌표계에서의 선박 위치는 식 (5)와 같이 지리좌표계에서의 이전시간 선박위치를 이용하여 지리좌표계에서의 위치로 변환할 수 있다.

IV. 선박 기반 UAV 모의 실험

본 논문에서 제안한 UAV를 활용한 eLoran 항법기반 선박 측위 시스템을 검증하기 위하여 그림 6과 같이 차도선을 활용하여 일반적인 Loran 안테나 수신 상황을 고려하여 장비를 설치하였다. 또한 2018년 9월 10일 평택의 동일한 장소와 환경에서 제안한 시스템을 모의 검증할 수 있는 환경을 구축하여 실험하였다. UAV를 활용한 선박실험은 안전상의 이유로 본 논문에서는 UAV 환경을 모사하여 안테나의 높이를 기존 설치 높이보다 2 m 이상 높게 설치하고 안테나 위치를 선박 진행방향으로 1m 앞에 설치하였다.

그림 7은 전파간섭 환경에서의 Loran 신호의 신호 대 잡음비(SNR; signal to noise ratio)로 안정적인 측위를 위해서 필요한 10 dB의 신호 대 잡음비를 대부분 만족하지 못하였다. 특히 7430Y 송신국 신호는 수신되지 않았으며, 7430M 송신국의 신호만 10 dB로 만족하였다. 이러한 낮은 신호 대 잡음비는 배의 엔진이나 주변 구조물 등으로 인한 영향(RFI)으로 항만 입출항 요구사항인 수평정확도 10 m를 만족하기 어렵다.

전파간섭환경에서 안정적인 측위를 하기 위하여 본 논문에서 제안한 UAV를 활용한 선박 기반 측위 시스템의 모의 실험은 그림 8과 같이 대부분의 신호가 10 dB 이상의 안정적인 신호

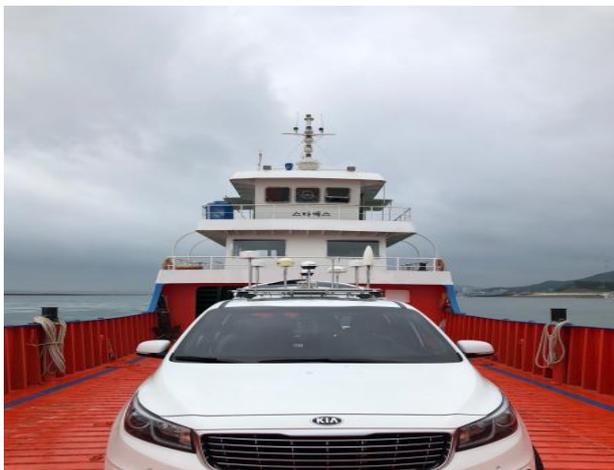


그림 6. 제안한 UAV 기반의 Loran 측위 시스템 검증을 위한 모의실험
Fig. 6. The validation simulation of proposed UAV-based Loran positioning system.

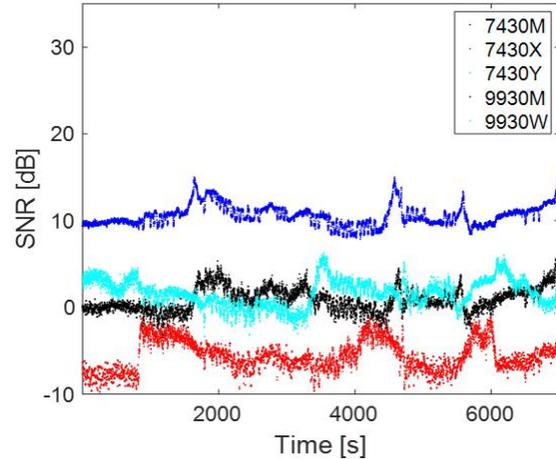


그림 7. 전파간섭 환경에서 Loran 신호의 SNR
Fig. 7. SNR of Loran signal in RFI.

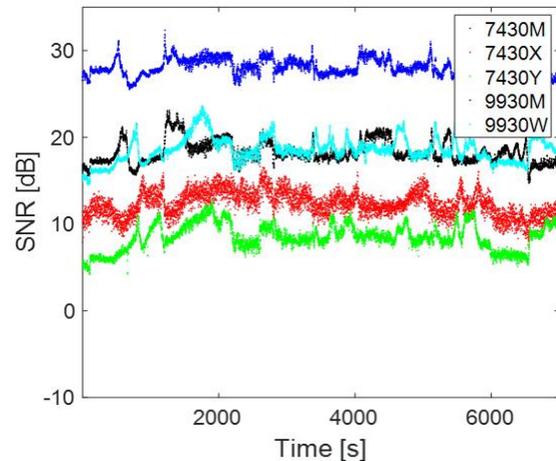


그림 8. UAV 모의 실험에서 Loran 신호의 SNR
Fig. 8. SNR of Loran signal in UAV simulation test.

대잡음비를 확인할 수 있다.

모의 실험 결과는 표 3과 같이 전파간섭환경에서보다 제안한 시스템에서 대부분의 Loran 신호의 신호 대 잡음비가 17 dB 가량 향상된 것을 확인 할 수 있었다. 전파간섭환경에서 안테나의 위치를 수직방향으로 2 m 상승시켰을 경우에 보다 향상된 신호 대 잡음비를 얻을 수 있으므로 UAV를 활용하여 모의 실험 보다 높은 위치에서 Loran 신호를 수신할 경우 모의실험 보

표 3. 제안한 시스템의 SNR 성능 비교 결과

Table 3. A comparison of SNR performance of the proposed system.

	7430M	7430X	7430Y	9930M	9930W
SNR in RFI[dB]	10.5731	-5.6268	-	0.8504	1.6206
SNR in UAV[dB]	27.5982	11.6818	8.0468	17.8222	18.1564

다 향상된 신호 대 잡음비를 얻을 것으로 기대된다.

제안한 선박 기반 측위 알고리즘을 검증하기 위하여 UAV를 모사하여 안테나 위치를 수평방향으로 1m, 수직방향으로 2m 이동하였으며, 수신한 신호를 기반으로 선박의 위치를 계산하였다. 선박 기반 UAV 모의 실험에서는 영상에 대한 정보를 생성하지 않고, UAV가 랜드마크와 수직방향으로 위치하며 자세는 수평하다고 가정하였다. UAV 모의 실험의 측위 결과는 수평 측위 정확도 8.0 m(95%)로 항만 입출항 시의 요구성능인 수평 정확도 10 m(95%)를 만족하는 것을 확인하였다.

V. 결론

본 논문에서는 선박의 구조물이나 여러 환경으로 인해 eLoran를 활용한 항법 성능이 떨어질 때, UAV를 활용하여 보다 선박이 안정적인 eLoran 항법을 할 수 있도록 하는 시스템을 설계하였다. UAV에 카메라, 자세센서 및 eLoran 안테나 및 수신기를 장착하여 각 정보를 선박으로 송신하고, 선박에서는 수신한 정보와 기존의 위치정보를 활용해 현재 자신의 위치를 계산할 수 있다. UAV에서의 정보와 선박에서의 위치계산은 서로 다른 좌표계를 연결해서 사용해야하고 이를 위한 알고리즘을 본 논문에서 제안하였다. 제안한 선박 기반 측위 시스템을 검증하기 위하여 선박 기반의 UAV 모의 실험을 수행하였으며, 항만 입출항 요구성능을 만족하는 것을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 UAV를 활용한 선박 기반의 측위 시스템은 기존의 eLoran 시스템이 사용환경에 영향을 받는 단점을 크게 극복시켜줄 수 있는 대안이 될 것으로 기대한다.

Acknowledgments

본 논문은 선박해양플랜트연구소의 주요사업인 “해양 정밀 임무수행용 GNSS/INS/eLoran 복합항법 기반기술 개발”에 의해 수행되었습니다(PES3110).

References

[1] A. Grant, P. Williams, N. Ward and S. Basker, “GPS jamming and the impact on maritime navigation,” *The Journal of Navigation*, Vol. 62, No. 2, pp.173-187, Apr. 2009.

[2] M. L. Psiaki and T. E. Humphreys (2016.July). Protecting GPS from spoofers Is critical to the future of navigation. IEEE spectrum [Internet]. Available: <https://spectrum.ieee.org/telecom/security/protecting-gps-from-spoofers-is-critical-to-the-future-of-navigation>

[3] F. D. Nunes and F. M. G. Sousa, “GNSS blind interference

detection based on fourth-order autocumulants,” *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic System*, Vol. 52, No. 5, pp. 2574-2586, Oct. 2016.

[4] M. Wildemeersch, C. H. Slump, and A. Rabbachin, “Acquisition of GNSS signals in urban interference environment,” *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 50, No. 2, pp. 1078-1091, Apr. 2014.

[5] IALA, IALA Recommendation R-129 On GNSS vulnerability and mitigation measures, international association of marine aids to navigation and lighthouse authorities, Edition 3, 2012.

[6] G. Offermans, E. Johannessen, S. Bartlett, C. Schue, A. Grebnev, M. Bransby, P. Williams, and C. Hargreaves, “eLoran initial operational capability in the united kingdom-first results,” in *Proceeding of the International Technical Meetings of ION*, California: CA, pp. 27-39, 2015.

[7] P. W. Son, S. H. Park, K. Y. Seo, Y. H. Han, and J. Seo, “Development of the Korean eLoran testbed and analysis of its expected positioning accuracy,” in *Proceeding of IALA Conference*, Incheon: Korea, pp.1-10, 2018.

[8] P. W. Son, J. H. Rhee, and J. Seo, "Novel multichain-based Loran positioning algorithm for resilient navigation," in *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 54, No. 2, pp.666-679, Apr. 2018.

[9] P. W. Son, J. H. Rhee, Y. H. Han, K. Y. Seo, and J. Seo, "Preliminary study of multichain-based Loran positioning accuracy for dynamic users in South Korea," in *Proceeding of IEEE/ION PLANS 2018*, Monterey: CA, pp. 1034-1038, Apr. 2018.

[10] S. G. Park and P. W. Son, “Study on compensation method of anisotropic H-field antenna,” *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 43, No. 3, pp.172-178, Jun. 2019.

[11] P. W. Son, S. G. Park, K. Y. Seo, S. H. Park, and T. H. Fang, “Preliminary study of the re-radiation effect of Loran signal to improve the positioning accuracy,” in *Proceeding of European Navigation Conference 2019*, Warsaw: Poland, pp.1-4, 2019.

[12] S. B. Shon, B. R. Lee, J. H. Kim, and C. D. Kee, “Vision-based real-time target localization for single antenna GPS-guided UAV,” *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 44, No. 4, pp.1391-1401, Oct. 2008.

[13] V. Sazdovski, P. M. G. Silson, and A. Tsourdos, “Attitude determination from single camera vector observations,” in

Proceeding of 2010 5th IEEE International Conference Intelligent Systems, London: UK, pp.1-6, 2010.

- [14] L. Zhang, F. Deng, J. Chen, Y. Bi, S. K. Phang, X. Chen, and B. M. Chen, "Vision-Based target three-dimensional geolocation using unmanned aerial vehicles," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol. 65, No. 10,

pp.8052-8061, Oct. 2018.

- [15] S. G. Park, S. H. Park, and D. J. Cho, "Vision aided navigation for autonomous underwater vehicle," in *Proceeding of the 2011 International Technical Meetings of The Institute of Navigation*, San Diego: CA, pp. 696-702, 2011.



박 슬 기 (Sul Gee Park)

2010년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (공학석사)

2010년 3월 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소 기술원

※관심분야 : 위성기반 정밀측위, 관성항법, 통합항법, 지상파항법



손 표 응 (Kil-Dong Hong)

2019년 2월 : 연세대학교 글로벌융합공학과 (공학박사)

2019년 6월 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소 연수연구원

※관심분야 : 지상파항법, 보완항법