

# 자율운항 선박을 위한 상대 위치 기반의 효율적인 데이터 포맷 설계

조성윤, 이재호, 성주형, 박경원, 권기원

한국전자기술연구원 스마트네트워크연구센터

{sycho, smitelims15, jh.sung, kwpark, kwonkw}@keti.re.kr

## Efficient design of relative position based data format for maritime autonomous surface ship

Sungyoon Cho, Jaeho Lee, Juhyung Sung, Kyungwon Park, Kiwon Kwon

Korea Electronics Technology Institute

### 요약

본 논문은 해상에서 운항 중인 선박의 안전한 항해를 위해, 인근 선박의 정보를 효율적으로 제공할 수 있는 위치 정보 포맷에 대한 설계 방식을 제안한다. 기존의 전자 해도 내 선박의 위치 정보는 위도 및 경도 중심으로 모든 선박들에 대하여 균일한 정밀도를 갖는 절대 위치 중심의 위치 정보를 해상 네트워크를 통하여 각 선박에 전달 한다. 반면, 실제 선박에서의 효율적인 경로 설정 및 충돌 방지 알고리즘을 운영하기 위해서는 각 선박을 중심으로 상대적으로 근접한 선박들에 대해서는 보다 높은 정확도의 위치 정보 제공이 요구되고 있다. 본 논문에서는 기존의 절대 위치 기준의 선박 위치 정보 포맷 형식과 대비하여, 각 선박을 기준으로 거리 및 방위각 중심의 위치 정보 포맷으로 변환함으로써 상대적으로 근접한 선박들에 대한 고 정확도의 위치 정보를 제공하며, 이를 통해 기존의 동일한 네트워크 환경에서 자율운항 선박 운항 등에 효율적으로 활용할 수 있는 위치 데이터 변환 기법을 제안한다. 또한, 모의 실험을 통해 기존 위치정보 전달 방식 대비하여 제안된 설계 방식에 대한 성능 검증은 수행한다.

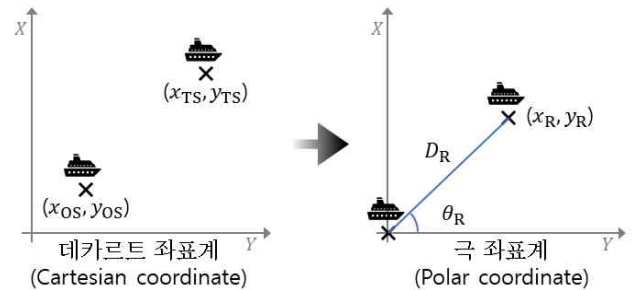
### I. 서론

해상 환경 내에서 선박의 항해 안정성을 보장하기 위해 선박 자동 식별 시스템(Automatic Identification System, AIS)이 널리 사용되며, 이를 통해 해상의 선박 및 구조물과 육상의 데이터 센터 간 통신이 이루어진다 [1]. AIS는 주로 초단파(very high frequency, VHF) 범위 내의 160MHz 대역에서 동작하며, 25kHz의 대역폭을 사용하여 다중접속을 위해 시분할 다중접속(Time Division Multiple Access, TDMA) 기술을 활용한다. 이러한 다중접속 기술을 통하여, 해상 내의 선박 및 구조물은 인근 해상의 타선의 정보를 획득하기 위해 자선의 정보를 타선 및 육상의 기지국과 주기적으로 교환한다[2]. 최근에는 자율운항 선박(Maritime Autonomous Surface Ship, MASS) 기술에 관한 관심이 고조되면서, 다양한 형태의 고용량 해상 정보 교환을 위한 LTE-Maritime과 같은 초고속 해상 네트워크가 구축되고 있다 [3]. 하지만 인근 해안의 선박 밀집도 증가로 인한 데이터 부하가 증가하는 경우, 제한된 통신 자원으로 인해 안정적인 데이터 교환이 어려운 환경이 발생할 수 있으며, 이는 MASS 기반의 해양 교통에 큰 위협 요소로 작용할 수 있다.

본 논문에서는 기존의 개별 선박에 대한 절대 위치 기반 데이터 전송 방식과 대비하여 상대적인 위치 기반의 데이터 구조 설계 방안을 제안하며, 이를 통해 제한된 네트워크 환경 하에 근접 선박 위치 정보에 대한 정확도 향상을 제공함으로써 효율적인 선박 운항 및 안전 사고 예방에 기여하고자 한다.

### II. 본론

해상 내 각 선박 별로 취득된 GPS 기반의 위도와 경도 중심의 위치 정보는 해상 네트워크를 통해 인근 지상국으로 전송된다. 지상국에서는 근접 해역 내 운항되고 있는 절대좌표 값 중심의 선박들의 위치 정보를 선박들에게 전달함으로써 해당 정보를 전자해도 상에 표출할 수 있도록 한다.



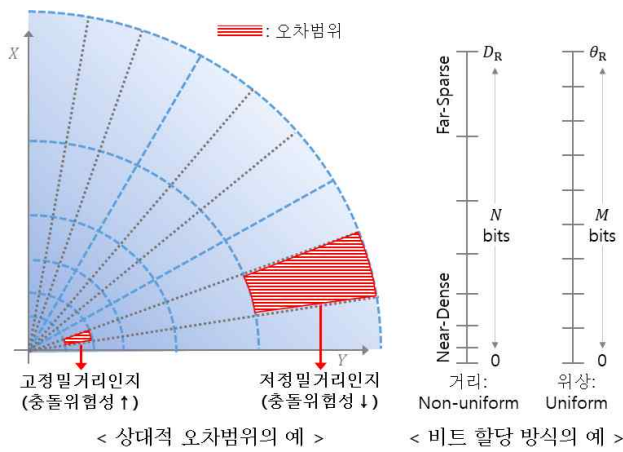
[그림 1] 직교좌표계 및 극좌표계 표기법

이러한 방식은 해역 내 운항 중인 선박의 수가 증가할수록, 그리고 최근 자율운항 선박 기술 등에서 요구되는 위치 정보 정확도에 대한 요구 사항이 증가할수록 해상 네트워크의 부하가 크게 증가하는 문제가 발생한다. 본 논문에서는 기존과 동일한 네트워크 환경에서 선박의 위치 정보에 대하여 자선과 타선과의 상대적인 위치정보를 거리 및 위상 형태의 구조로 제안함으로써, 자율운항에 필수적인 상대적으로 인접한 선박들의 위치 정보의 정확도를 향상시키는 동시에 인근 해역 내 모든 선박의 위치를 인지할 수 있는 데이터 포맷 형식을 제안한다. 먼저, 기존 자선(Own Ship, OS)과 타선(Target Ship, TS)의 절대좌표를  $(x_{OS}, y_{OS})$ 와  $(x_{TS}, y_{TS})$ 로 정의하면, 두 선박 간의 상대적인 위치는 거리  $D_R$ 와 각도  $\theta_R$ 로 아래 그림 1과 같이 표기 될 수 있다. 이는 기존의 도(°), 분(min), 초(s)로 각각 표기되던 위도와 경도의 데이터 형태를 거리(m) 및 방위각(°)의 형태로 변환하여 표출하는 방식이다.

다음으로, 효율적인 거리 및 방위각에 대한 비트(bit) 할당을 위해 본 논문에서는 상대적인 거리에 따른 비균등 비트할당을 제안한다. 총  $K$ -bits를 각 선박의 위치정보를 보낼 수 있는 패킷 크기(packet size)로 정의한 경우,  $D_R$ 과  $\theta_R$ 의 경우 각각  $M$ ,  $N$ -bits로 나누어 할당할 수 있다고 가

[표 1] 비균등 할당을 위한 Look-up-table

Index	Distance
0	0
1	$a_1$
⋮	
$2^M - 2$	$a_{2^M - 2}$
$2^M - 1$	$a_{2^M - 1}$



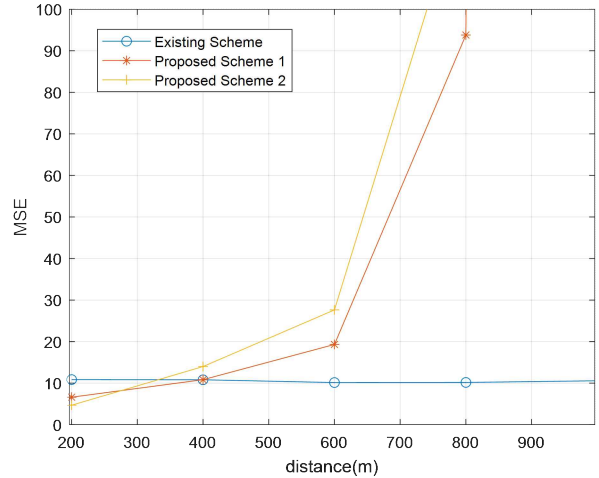
[그림 2] 비균등 할당에 따른 거리에 대한 오차범위 예

정한다. 이 때, 방위각  $\theta_R$  는  $[0^\circ \ 360^\circ]$  범위 기준으로  $N$  bits 로 표현되는 구간에 대하여 균등 간격의 양자화를 수행함으로써 타선에 대한 방위각 정보를 표출한다. 반면 거리 정보의 경우, 인지해야 할 반경이  $D_{max}$  라고 정의하면  $[0, D_{max}]$  범위의 거리를 표 1과 같이 Look-up-table 화 하여 설계한다. 이 때, 상대적으로 인접 지역에 대한 타선의 거리 정보 간격은 조밀하게 분포시키고, 원 거리의 타선 정보는 해당 간격을 증가시키는 다음과 같은 비균등 비트 할당을 제안한다.

$$a_i = D_{max} \cdot \frac{1}{\alpha^{2^M - 1 - i}} \quad (1)$$

이때,  $i = 1, \dots, 2^M - 1$  이며,  $\alpha > 1$  및  $a_1 < a_2 < \dots < a_{2^M - 1}$  을 만족한다. 또한, 양자화된 거리 비율 값은  $\alpha$  의 설정에 따라 변화한다. 예를 들면,  $\alpha$  값을 감소시킬수록 자신 기준으로 인접한 선박들의 위치 정보에 대한 정확도는 향상하는 반면 원거리의 위치 정보 오차는 지수적으로 증가한다. 반면,  $\alpha$  값을 증가시킬수록 자신 기준으로 인접한 선박들의 위치 정보에 대한 정확도는 감소하는 반면 지수적으로 증가하는 원거리의 위치 정보는 상대적으로 작은 오차를 나타낸다. 그림 2 는 제안된 비균등 비트 할당 기반의 상대 위치 데이터 포맷의 예를 도식화 한 것이다.

그림 3 에서는  $D_{max} = 1000m$ ,  $K = 16$  bit를 기반으로 타선의 위치 정보를 표출할 경우, 기존의 위도 및 경도 중심의 위치 정보 표출 방식과 제안된 거리 및 방위각 중심의 위치 정보 표출 방식의 평균제곱오차 (Mean Square Error)를 비교하였다. Existing Scheme은 위도 및 경도의 정보를 각각 8 bit 로 균일하게 할당한 방식이며 Proposed Scheme 1 과 2 는  $M=8$  및  $N=8$  bit 가 할당된 환경에서 각각  $[0, D_{max}]$  범위의 구간을 균



[그림 3] 기존 위치 정보 포맷 방식과 제안된 위치 정보 포맷 방식의 성능 비교

일한 간격으로 할당한 방식과 제안된 식 (1) 과 같이 비균등 간격으로 할당한 방식의 결과를 표출한 것이다. 자신 위치 기준으로 타선의 위치 분포가 200, 400, 600, 800, 1000m 구간으로 확장 됨에 따라 400m 구간 내에서는 제안된 방식이 기존 대비 고 정확도의 성능을 보여주고 있으며, 상대적으로 원거리인 400m 이후 구간에는 기존 방식과 대비하여 성능 열화가 지수적으로 증가하는 특성을 보여준다. 이를 통해, 제안된 설계 방식을 기반으로 각각의 선박 운항에 요구되는 인접 선박들의 위치 정보 정확도에 따라  $\alpha$  값의 가변적으로 설정함으로써 근접 선박 및 원거리 선박의 위치 정보에 대한 정확도를 적응적으로 조정이 가능하다.

### III. 결론

본 논문은 해상에서 운항 중인 선박의 안전한 항해를 위해, 인근 선박의 정보를 효율적으로 제공할 수 있는 위치 정보 포맷에 대한 설계 방식을 제안 하였다. 위도 및 경도 중심의 기존의 위치 정보와 대비하여 자신과 타선의 상대적 거리에 대하여, 거리 및 방위각 중심의 위치 정보 포맷으로 변환하였으며, 해당 데이터 포맷에 비균등 양자화 기법을 적용하였다. 또한, 제안된 데이터 포맷 설계를 통하여 자율운항 선박에서의 경로 선정 및 충돌 회피 알고리즘에 필수적인 인접 선박의 위치 정보에 대한 정확도 향상의 이득이 있음을 모의실험을 통해 검증하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술원의 지원을 받아 수행된 연구임(RS-2023-00238653, 스마트선박용 수로정보 표준개발)

### 참 고 문 헌

- [1] ITU-R M 1371-5, "Technical characteristics for an automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime frequency band," Feb. 2014.
- [2] 성주형, 조성윤, 전원기, 박경원, 권기원, "상관도 연산을 통한 AIS 충돌 회피 성능 분석," 한국통신학회 추계종합학술발표회, 2022.
- [3] S. W. Jo and W. S. Shim, "LTE-Maritime: High-Speed Maritime Wireless Communication Based on LTE Technology," in IEEE Access, vol. 7, pp. 53172-53181, 2019.