

# 해상 통신에서 지상파 VHF 데이터 교환을 위한 간섭 인지 기반 자원 할당 기법

이슬비<sup>1</sup>, 권정혁<sup>1</sup>, 나화진<sup>2</sup>, 김경태<sup>3</sup>, 문형진<sup>3</sup>, 김부영<sup>4</sup>, 심우성<sup>5</sup>, 김동완<sup>6</sup>, 김의직<sup>7\*</sup>

<sup>1</sup>한림대학교 스마트컴퓨팅연구소 연구교수, <sup>2</sup>엔에스원소프트 기술이사, <sup>3</sup>엔에스원소프트 수석연구원, <sup>4</sup>선박해양플랜트연구소 선임기술원, <sup>5</sup>선박해양플랜트연구소 책임연구원, <sup>6</sup>동아대학교 전자공학과 부교수, <sup>7</sup>한림대학교 소프트웨어학부 부교수

## Interference-aware Resource Allocation Scheme for VHF Data Exchange-terrestrial in Maritime Communication

Sol-Bee Lee<sup>1</sup>, Jung-Hyok Kwon<sup>1</sup>, Hwa-Jin Na<sup>2</sup>, Kyung-Tae Kim<sup>3</sup>, Hyung-Jin Moon<sup>3</sup>,  
Bu-Young Kim<sup>4</sup>, Woo-Seong Shim<sup>5</sup>, Dongwan Kim<sup>6</sup>, Eui-Jik Kim<sup>7\*</sup>

<sup>1</sup>Research Professor, Smart Computing Laboratory, Hallym University

<sup>2</sup>Technical Director, NSonesoft

<sup>3</sup>Principal Researcher, NSonesoft

<sup>4</sup>Senior Engineer, Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering (KRISO)

<sup>5</sup>Principal Researcher, Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering (KRISO)

<sup>6</sup>Associate Professor, Department of Electronics Engineering, Dong-A University

<sup>7</sup>Associate Professor, Division of Software, Hallym University

**요약** 본 논문에서는 선박이 밀집한 해안 환경에서 Automatic Identification System (AIS) 메시지 전송의 신뢰성을 보장하는 지상파 Very High Frequency (VHF) 데이터 교환 (VHF Data Exchange-Terrestrial, VDE-TER)을 위한 간섭 인지 기반 자원 할당 (Interference-aware Resource Allocation, IaRA) 기법을 제안한다. 이를 위해, IaRA는 VHF Data Exchange System (VDES) 채널 모니터링을 통해 얻은 스케줄링 정보에 기반하여 채널 선택 및 슬롯 할당을 수행한다. 시뮬레이션 결과, IaRA가 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법과 비교하여 8.79% 높은 패킷 전달률과 9.69% 낮은 채널 간섭률을 달성하였다.

**주제어** : 간섭 인지, 자원 할당, 지상파 VHF 데이터 교환, 채널 선택, 해상 통신, 후보 슬롯

**Abstract** This paper proposes an interference recognition-based resource allocation (IaRA) scheme for very high frequency (VHF) data exchange-terrestrial (VDE-TER) to ensure the reliability of automatic identification system (AIS) message transmission in a coastal environment with dense vessels. To this end, IaRA conducts channel selection and slot allocation based on scheduling information obtained through monitoring VHF data exchange system (VDES) channels. The simulation results show that IaRA achieved an 8.79% higher packet delivery ratio (PDR) and a 9.69% lower channel interference ratio (CIR) compared to the VDE-TER resource allocation scheme of the existing VDES standard.

**Key Words** : Candidate Slot; Channel Selection; Interference-aware; Maritime Communication; Resource Allocation; VDE-TER

이 논문은 2024년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2023-00256110, VDES 시스템 국산화 및 통신기술 개발).

\*교신저자 : 김의직 (ejkim32@hallym.ac.kr)

접수일 2024년 06월 12일 수정일 2024년 07월 15일 심사완료일 2024년 07월 29일

## 1. 서론

전 세계적으로 선박 수 및 해상 무역량이 크게 증가하면서 선박과 지상국 간 해상 관련 정보의 수집, 교환, 통합 및 상호 협력을 통해 해사 안전, 보안, 해양 환경보호를 목적으로 하는 차세대 해상항법체계인 e-Navigation이 주목받고 있다[1, 2]. 최근, e-Navigation이 무선 통신, 사물인터넷 (Internet of Things, IoT), 인공지능 (Artificial Intelligence, AI) 등 다양한 기술의 적용을 통해 고도화됨에 따라 멀티미디어를 기반으로 한 해상 서비스에 대한 수요도 점진적으로 증가하고 있다[3-6]. 그러나 해상 통신을 위한 기존의 Automatic Identification System (AIS)은 제한된 대역폭과 낮은 전송 속도로 인해 증가하는 해상 트래픽을 효과적으로 수용하고 처리하는데 어려움이 있다[7, 8]. 이에 기존 AIS의 통신을 보장하면서 AIS의 과부하를 방지하고 처리량의 한계를 극복하기 위해 Very High Frequency (VHF) Data Exchange System (VDES)이 도입되었다[9].

VDES는 선박, 지상국, 위성 간 데이터 교환을 지원하기 위한 Time Division Multiple Access (TDMA) 기반 해상 통신 시스템으로, 기존의 AIS와 AIS에 기반한 Application Specific Message (ASM)와 VDE를 포함한다. AIS는 선박의 식별자, 종류, 위치, 항행, 기상 정보 등을 주기적으로 브로드캐스트하여, 선박과 지상국이 서로의 존재를 인식하게 함으로써 충돌을 예방한다. ASM은 추가로 할당된 2개의 채널을 사용하여 해양안전속보 및 해양사고 등과 같은 다양한 해양안전정보를 전송하는데 사용된다. VDE는 추가로 할당된 12개의 채널을 사용해 AIS를 통해 전송하기 어려운 멀티미디어 서비스와 같은 대용량 데이터를 넓은 대역폭에서 고속으로 전송하는 것을 지원한다. 또한, VDE는 VDE-Terrestrial (VDE-TER)과 VDE-Satellite (VDE-SAT)로 구분된다. VDE-TER은 기존의 지상국 인프라를 사용하여 해안 근처에서의 고밀도 데이터 전송을 지원한다. VDE-SAT는 저궤 위성용을 사용해 먼 해상의 선박들이 해상 서비스에 액세스할 수 있도록 지원한다.

그러나 VDES의 도입에도 불구하고 해상에서 고속의 안정적인 데이터 전송을 보장하는 것은 여전히 어려운 문제로 남아있다. 이는 AIS 채널과 인접한 ASM 및 VDE 채널에서의 데이터 전송이 기존 AIS 채널에 간섭을 야기하여 잠재적으로 AIS 메시지 송수신 중 패킷 손실 및 오류 증가와 같은 부정적 영향을 초래할 수 있기 때문이다 [10, 11]. 또한, 해상 통신의 경우, 날씨, 파도, 수면 반사

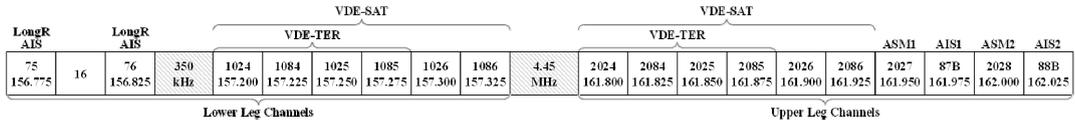
등으로 인해 발생하는 신호 간섭을 피할 수 없다. 이에 AIS 메시지 전송의 신뢰성을 보장하면서 VDE-TER 채널 활용도를 향상시키기 위한 다양한 연구들이 수행되었다.

논문 [12]에서 저자는 기존 VDES의 낮은 채널 활용도 개선을 위해 Cognitive Radio를 활용한 Feedback-based with an Improved Hexslot Structure Medium Access Control (FIH-MAC)을 제안하였다. FIH-MAC은 기존 VDES와는 다른 Hexslot 구조를 사용해 매 Hexslot마다 데이터 패킷의 성공적인 전송 여부 확인을 가능하게 하며, 데이터 패킷에 포함된 Feedback Bit를 사용해 채널 접근 오버헤드를 줄인다. 그러나, FIH-MAC은 5개 이하의 연속적인 데이터 전송만을 허용한다. 논문 [13]에서 저자는 트래픽 변화에 적응적인 Slotted ALOHA 기반 자원 할당 기법 (ATL-CRDSA)을 제안하였다. ATL-CRDSA는 간섭 제거 기술을 사용해 데이터 패킷 복제본을 생성함으로써 발생 가능한 충돌 문제를 해결하고 처리량을 향상시킨다. 그러나, 추가적인 데이터 패킷 복제로 인한 전송 지연 및 오버헤드 증가를 피할 수 없다.

앞서 언급된 기존 연구들은 VDES 채널에서의 메시지 동시 전송으로 인해 인접 채널 간 신호 간섭에 의해 발생할 수 있는 AIS 메시지 수신 방해 및 전송 신뢰성 저하를 고려하지 않았다. 특히, 상대적으로 선박의 밀도가 높은 항구에서 AIS 메시지의 손실은 선박 충돌, 항만 사고 및 인명사고로 이어질 수 있기에 AIS 메시지 송수신의 신뢰성 보장이 매우 중요하다.

본 논문에서는 VDES 채널 간 간섭을 줄임으로써 AIS 메시지 전송의 신뢰성을 보장하기 위해 지상파 VHF 데이터 교환 (VDE-TER)을 위한 간섭 인지 기반 자원 할당 (Interference-aware Resource Allocation, IaRA) 기법을 제안한다. 이를 위해, IaRA는 VDES 채널 모니터링 이후 얻은 스케줄링 정보와 이웃한 모든 스테이션의 AIS 메시지 전송 주기 정보에 기반하여 VDE-TER 채널에서의 데이터 전송을 위한 채널 선택 및 Slot 할당을 수행한다. 우리는 IaRA의 우수성을 입증하기 위해 MATLAB을 사용하여 실험적인 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과, IaRA가 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법 대비 패킷 전달률 및 채널 간섭률 측면에서 각각 8.79% 및 9.69% 더 우수한 성능을 달성하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 VDES에 대한 개요를 제공한다. 3장에서는 제안 기법의 시스템 모델을 설명한다. 4장에서는 IaRA의 상세한 동작에 대해 설명한다. 5장에서는 실험 환경 및 결과를 보여준다. 마지막으로, 6장에서 결론을 맺는다.



[Fig. 1] VHF maritime mobile frequency band

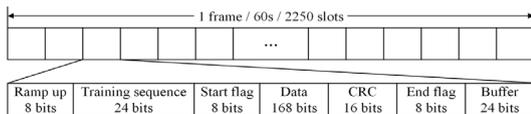
## 2. VDES 개요

### 2.1 VDES 채널

VDES를 구성하는 AIS, ASM, VDE는 그림 1과 같이 25kHz 대역폭의 개별 주파수 채널로 분리되는 초단파대 해상이동업무용 주파수 대역 (VHF maritime mobile frequency band, 156.025-162.025MHz)을 사용한다. AIS는 2개의 채널 (87B, 88B)을 사용하고 9.6kbps의 전송 속도를 제공한다. ASM은 해상 근접 통신 전용으로 할당된 2개의 채널 (2027, 2028)을 사용하며, 19.2kbps의 전송 속도를 제공한다. VDE는 총 12개의 이중 (Duplex) 채널 (24, 84, 25, 85, 26, 86)을 사용하며, 연속적인 채널 사용을 통해 76.8-307.2kbps의 전송 속도를 지원한다.

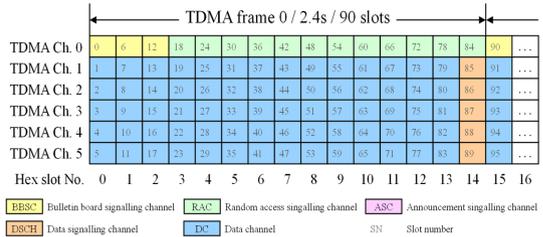
### 2.2 VDES 프레임 구조

VDES에서 사용하는 프레임 구조는 그림 2와 같이 기존 AIS 프레임 구조와 동일하다. VDES에서는 총 2,250개의 슬롯으로 구성된 1분 길이의 TDMA 기반 프레임 구조를 사용한다. 이에 따라, 각 슬롯의 길이는 26.67ms이다. 또한, VDES 프레임은 Coordinated Universal Time (UTC)에 동기화된다.



[Fig. 2] VDES frame structure

VDE-TER의 경우, 데이터 전송을 위한 자원 할당을 위해 그림 3과 같은 구조의 TDMA 프레임 구조를 사용한다. TDMA 프레임은 6개의 연속적인 슬롯으로 그룹화된 Hexslot이 15개 포함된 구조로, 총 90개의 슬롯으로 구성되어 있으며 2.4초의 길이를 갖는다. 이에 따라, VDES 프레임은 총 25개의 TDMA 프레임으로 나뉜다. 또한, TDMA 프레임에는 총 6개의 채널이 존재하며, Hexslot 내 각 슬롯은 서로 다른 채널을 갖는다. 이와 함께, TDMA 채널의 연속적인 슬롯에 할당할 수 있는 다양한 Slot Function인 Bulletin Board Signalling Channel

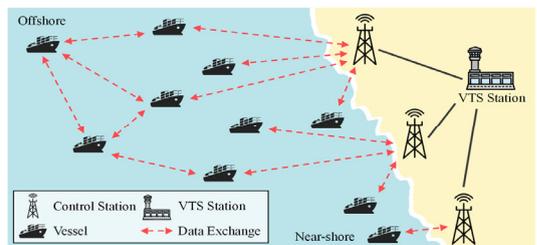


[Fig. 3] TDMA frame structure with default slot map

(BBSC), Random Access Signalling Channel (RAC), Announcement Signalling Channel (ASC), Data Signalling Channel (DSC), Data Channel (DC)이 정의되어 있다. 이러한 Slot Function은 TDMA 채널 내에서 반복될 수 있다. 또한, VDE-TER을 위해 각 물리 채널별로 유효한 Slot Function이 할당된 기본 슬롯맵 (Default Slot Map)이 정의되어 있다.

## 3. 시스템 모델

그림 4는 본 논문에서 고려하는 VDES 네트워크의 시스템 모델을 보여준다. 구체적으로, 해당 시스템 모델은 다수의 선박들이 밀집해 있어 선박과 지상국 간의 활발한 메시지 교환이 이루어지는 항만 및 해안 환경에서 VDES를 통해 데이터를 전송하는 VDE-TER 통신 환경에 초점을 둔다. 본 논문에서 VDE-SAT 통신은 고려하지 않는다. 이에 따라, 고려하는 VDES 네트워크는 다수의 선박 (Vessel) 및 지상국 (Control Station), 해상교통관제국 (Vessel Traffic Service (VTS) Station)으로



[Fig. 4] System model of VDES network

구성된다. 모든 선박은 VDES 시스템을 탑재하고 있으며, 주기적으로 동일한 양의 데이터를 지상국으로 전송한다고 가정한다. 지상국은 VDES 네트워크에 대한 무선 Access Point (AP) 역할을 하며, 중앙 집중식 제어를 통해 해안 근처 (Near-shore)의 선박과 선박, 선박과 지상국 간의 통신을 위한 자원 할당을 수행한다. 또한, 지상국은 항구 및 해안 지역의 해상 트래픽을 광범위하게 관리하고, 다양한 해상 서비스에 접근할 수 있는 기능을 제공하는 VTS Station과 연결되어 있다. 우리는 VDES를 구성하는 AIS 메시지 및 ASM 메시지 전송을 위해 기존 표준에서 정의된 TDMA 기법을 그대로 사용하며, VDE-TER 데이터 전송을 위해 본 논문의 4장에서 제안하는 TDMA 기반의 IaRA 기법을 사용한다.

#### 4. 간섭 인지 기반 자원 할당 기법

IaRA는 이웃한 선박 및 지상국으로부터 수신한 스케줄링 정보를 기반으로 AIS, ASM, VDE 채널 간의 신호 간섭을 최소화하도록 VDE-TER 데이터 전송을 위한 자원을 할당함으로써 AIS 메시지 전송의 신뢰성을 보장한다. VDES 네트워크에 참여하기 전 선박 및 지상국은 1분 동안 VDES 채널 모니터링을 수행한다. 이를 통해, 선박 및 지상국은 자신의 통신 범위 내 모든 이웃의 슬롯 사용 정보를 반영하는 AIS 및 ASM에 대한 Frame Map과 VDE-TER에 대한 Slot Map을 구성한다. 또한, 각 선박 및 지상국은 연속적이고 반복적인 AIS 메시지 전송을 위해 사용되는 모든 이웃의 Reporting Interval (RI), Report Rate (Rr), Nominal Increment (NI), Nominal Slot (NS), Selection Interval (SI)을 포함하는 이웃 AIS 정보 테이블을 구성한다. 이후, 각 선박은 자신의 VDE-TER 데이터 전송에 필요한 슬롯 수 ( $n_{reqSlot}$ )를 계산한다.  $n_{reqSlot}$ 는 식 (1)에 의해 계산된다.

$$n_{reqSlot} = \left\lceil \frac{l_{data}}{l_{slot}} \right\rceil \quad (1)$$

여기에서  $l_{data}$ 는 VDE-TER 데이터 패킷의 길이를 나타내며,  $l_{slot}$ 는 슬롯의 길이를 나타낸다. 각 선박은 기구성된 Slot Map에 기반해 할당 가능한 후보 슬롯 수 ( $n_{cs}$ )가  $n_{reqSlot}$ 개 이상인 TDMA 채널 중 할당 가능한 후보 슬롯 수가 가장 많은 채널을 선택한다. 이를 위해, 각 선박 및 지상국은 TDMA 채널별 VDE-TER 데이터 전송을 위한 할당 가능한 후보 슬롯 목록을 유지 및 업데이트한다.  $i$

번째 VDES 채널의 할당 가능한 후보 슬롯 목록 ( $CS_{(i)}$ )은 다음과 같이 표현된다.

$$CS_{(i)} = [cs_1, cs_2, \dots, cs_{n_{cs}}] \quad (2)$$

$$(1 \leq i \leq 12), (0 \leq n_{cs} \leq l_{TDMAframe})$$

여기에서  $cs_j$ 는 TDMA 프레임 내 할당 가능한 후보 슬롯의 슬롯 번호를 나타내고,  $l_{TDMAframe}$ 는 TDMA 프레임의 길이를 나타낸다. VDE-TER 데이터는 오직 Slot Map의 DC 슬롯에서만 전송될 수 있으며, 할당 가능한 후보 슬롯은 기존 표준의 방식을 따라 구성된다. 할당 가능한 후보 슬롯 수가 가장 많은 채널이 2개 이상인 경우, AIS 채널과 가장 먼 VDE-TER 채널을 선택한다. 이후, 각 선박은 AIS에 대한 Frame Map 및 이웃 AIS 정보 테이블을 기반으로 시간적인 측면에서 AIS 메시지 전송과 중첩되지 않는 후보 슬롯을 우선적으로 고려해 VDE-TER 데이터 전송을 위한 자원 요청 메시지를 인접한 지상국으로 전송한다. 자원 요청 메시지는 Slot Map의 RAC 슬롯에서 전송된다. 선박으로부터 자원 요청 메시지를 수신한 지상국이 자신의 Frame Map 및 Slot Map을 고려해 해당 선박에 자원 할당 메시지를 전송함으로써 VDE-TER 데이터 전송을 위한 자원 할당이 완료된다. 자원 할당 메시지는 Slot Map의 ASC 슬롯에서 전송된다. 그 결과, 해당 선박은 할당된 DC 슬롯에서 VDE-TER 데이터를 전송한다.

### 5. 성능평가

#### 5.1 실험 환경

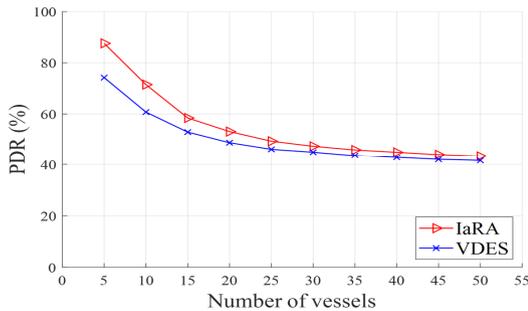
본 논문에서는 제안하는 IaRA의 성능을 평가하기 위해 MATLAB을 사용하여 실험적인 시뮬레이션을 수행하였다. 우리는 해안 지역에서 동일한 속도로 항해하는 다수의 선박들과 단일 지상국으로 구성된 VDES 네트워크를 고려하였다. 이에 따라, 모든 선박의 RI, Rr, NI, SI를 동일하게 설정하였다. 또한, 모든 선박은 지상국의 통신 범위 내 임의로 배치되며, 동일한 양의 VDE-TER 데이터를 주기적으로 지상국으로 전송한다고 가정하였다. IaRA의 성능은 패킷 전달률과 채널 간섭률 측면에서 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법과 비교되었다. 채널 간섭률은 전체 시뮬레이션 시간 대비 간섭이 발생한 모든 슬롯 길이의 비율로 정의된다. 우리는 시뮬레이션에서 AIS 채널에 인접한 ASM 및 VDE 채널에서 동시 데이터 전송 발생할 시, 간섭이 발생한다고 가정하였다. 표 1은 상세한 시뮬레이션 파라미터를 보여준다.

〈Table 1〉 Simulation Parameters

Parameter	Value	Parameter	Value
Number of vessels	5-50	TDMA frame length( $l_{TDMAframe}$ )	15
Communication range	25 NM	Slot length( $l_{slot}$ )	26.67 ms
VDE-TER channel bandwidth	25 kHz	$R_I$	2
Data rate	38.4 kbps	$R_r$	30
VDE-TER data packet size( $l_{data}$ )	4,096 bytes	$N_I$	75
Frame length	2,250 slots	$S_I$	15

### 5.2 실험결과

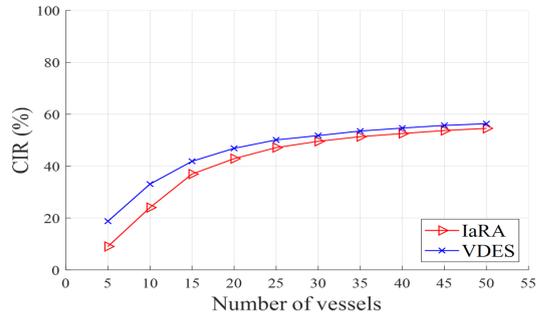
그림 5는 선박 수 증가에 따른 패킷 전달률의 변화를 보여준다. IaRA는 선박 수와 관계없이 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법 대비 높은 패킷 전달률을 나타낸다. 이는 IaRA가 랜덤하게 채널을 선택하는 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법과 달리 TDMA 채널 중 할당 가능한 후보 슬롯 수가 가장 많은 채널을 우선적으로 선택해 슬롯을 할당하기 때문이다. 또한, IaRA와 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법 모두 선박 수가 증가할수록 패킷 전달률이 감소한다. 이는 Slot Map 내 VDE-TER 데이터 전송을 위해 할당 가능한 슬롯의 수가 제한되어 있기 때문이다. 정량적으로, IaRA가 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법 대비 8.79% 더 높은 패킷 전달률을 달성하였다.



[Fig. 5] Packet delivery ratio (PDR)

그림 6은 선박 수 증가에 따른 채널 간섭률을 보여준다. IaRA는 선박 수와 관계없이 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법 대비 낮은 채널 간섭률을 나타낸다. 이는 IaRA가 채널 모니터링을 통해 얻은 스케줄링 정보를 기반으로 AIS 메시지 전송과 중첩되지 않는 슬롯을 우선적

으로 VDE-TER 데이터 전송을 위해 할당하기 때문이다. 또한, IaRA와 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법 모두 선박 수가 증가할수록 채널 간섭률이 증가한다. 이는 선박들이 전송하는 AIS 메시지가 증가함에 따라 AIS 메시지 전송과 중첩되지 않는 VDE-TER 데이터 전송을 위한 후보 슬롯 수가 감소하기 때문이다. 정량적으로, IaRA가 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법 대비 9.69% 더 낮은 채널 간섭률을 달성하였다.



[Fig. 6] Channel interference ratio (CIR)

### 6. 결론

본 논문에서는 VDES 채널 간 신호 간섭을 줄이고 AIS 메시지 전송의 신뢰성을 보장하기 위해 해상 통신에서 지상파 VHF 데이터 교환을 위한 간섭 인지 기반 자원 할당 기법을 제안하였다. IaRA는 VDES 채널 모니터링을 통해 얻은 스케줄링 정보에 기반하여 VDE-TER 데이터 전송을 위한 채널 선택 및 슬롯 할당을 수행한다. 우리는 IaRA의 성능을 평가하기 위해 실험적인 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과를 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법의 성능과 비교하였다. 시뮬레이션 결과, IaRA는 기존 VDES의 VDE-TER 자원 할당 기법 대비 8.79% 더 높은 패킷 전달률과 9.69% 더 낮은 채널 간섭률을 달성하였다.

### REFERENCES

[1] P. Cassarà, M. Di Summa, A. Gotta, and M. Martelli, "E-Navigation: A Distributed Decision Support System With Extended Reality for Bridge and Ashore Seafarers," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol.24, No.11, pp.13384-13395, 2023.

- [2] M. Hoefft, K. Gierlowski, J. Rak, J. Wozniak, and K. Nowicki, "Non-satellite broadband maritime communications for e-navigation services," *IEEE Access*, Vol.9, pp.62697-62718, 2021.
- [3] T. Wei, W. Feng, Y. Chen, C.-X. Wang, N. Ge, and J. Lu, "Hybrid Satellite-Terrestrial Communication Networks for the Maritime Internet of Things: Key Technologies, Opportunities, and Challenges," *IEEE Internet of Things Journal*, Vol.8, No.11, pp.8910-8934, 2021.
- [4] M. Baldauf and S. B. Hong, "Improving and Assessing the Impact of e-Navigation applications," *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, Vol.4, pp.1-12, 2016.
- [5] X. Zhang, J. Li, S. Zhu, and C. Wang, "Vessel intelligent transportation maritime service portfolios in port areas under e-navigation framework," *Journal of Marine Science and Technology*, Vol.25, pp.1296-1307, 2020.
- [6] I. Ashraf, Y. Park, S. Hur, S. W. Kim, R. Alroobaea, Y. B. Zikria, and S. Nosheen, "A Survey on Cyber Security Threats in IoT-Enabled Maritime Industry," *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, Vol.24, No.2, pp.2677-2690, 2022.
- [7] T. Xia, M. M. Wang, J. Zhang and L. Wang, "Maritime Internet of Things: Challenges and Solutions," *IEEE Wireless Communications*, Vol.27, No.2, pp.188-196, 2020.
- [8] Technical Characteristics for an Automatic Identification System Using Time Division Multiple Access in the VHF Maritime Mobile Frequency Band, document ITU-R M.1371-5, 2014.
- [9] Technical Characteristics for a VHF Data Exchange System in the VHF Maritime Mobile Band, document ITU-R M.2092-1, 2022.
- [10] R. Wu, Z. Li, Z. Xie, and X. Liang, "Intelligent Spectrum Sharing Strategy for Integrated Satellite-Maritime Heterogeneous Mobile Networks," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, Vol.73, No.5, pp.6780-6794, 2024.
- [11] M. M. Wang, J. Zhang, and X. You, "Machine-Type Communication for Maritime Internet of Things: A Design," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, Vol.22, No.4, pp.2550-2585, 2020.
- [12] Y. Liang, B. Lin, X. Hu, and Y. Fu, "A Novel Feedback-based MAC Protocol Design for Cognitive VDES towards E-navigation," in Proceedings of the 2023 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC), Dalian, China, pp.1-5, 2023.
- [13] Y. Jiang, Y. Zheng, and J. Wang, "A novel random access algorithm for very high frequency data exchange (VDE)," *Journal of Marine Science and Engineering*, Vol.8, No.2, pp.83:1-83:13, 2020.

**이 솔 비(Sol-Bee Lee)**

[정회원]



- 2018년 2월 : 한림대학교 융합소프트웨어학과 (공학사)
- 2024년 2월 : 한림대학교 융합소프트웨어학과 (공학박사)
- 2024년 3월 ~ 현재 : 한림대학교 스마트컴퓨팅연구소 연구교수

<관심분야>

사물인터넷, 무선센서네트워크, 무선전력전송, 해상무선통신, 머신러닝, 블록체인

**권 정 혁(Jung-Hyok Kwon)**

[정회원]



- 2012년 2월 : 고려대학교 전기전자전파공학과 (공학석사)
- 2019년 2월 : 한림대학교 융합소프트웨어학과 (공학박사)
- 2013년 4월 ~ 2015년 6월 : LIG넥스원 SW연구센터 선임연구원

- 2019년 3월 ~ 현재 : 한림대학교 스마트컴퓨팅연구소 연구교수

<관심분야>

사물인터넷, 무선센서네트워크, 무선전력전송, 해상무선통신, 머신러닝, 블록체인

**나 화 진(Hwa-Jin Na)**

[정회원]



- 2000년 2월 : 송실대학교 산업정보시스템공학 (공학사)
- 2023년 2월 : 한국해양대학교 컴퓨터공학 (공학석사)
- 2005년 1월 ~ 2008년 12월 : 사이버네틱스시스템 과장
- 2009년 7월 ~ 2022년 1월 : 지엠티 연구센터장

- 2022년 1월 ~ 현재 : 엔에스원소프트 기술이사

<관심분야>

해상무선통신, 국제표준, 사이버보안, AI/빅데이터, 블록체인, 해양모빌리티

김 경 태(Kyung-Tae Kim) [정회원]



- 2006년 2월 : 호원대학교 컴퓨터 응용공학과 (공학사)
- 2021년 1월 ~ 2021년 3월 : 쿼텨 AI
- 2021년 4월 ~ 2021년 10월 : 청오NF
- 2021년 10월 ~ 2023년 9월 : 포스코DX

- 2023년 11월 ~ 현재 : 엔에스원소프트 수석연구원

<관심분야>

해상무선통신, 유무선 통신 네트워크, 사물인터넷, 해양모빌리티

문 형 진(Hyung-Jin Moon) [정회원]



- 2008년 8월 : 광운대학교 전자공학 (공학사)
- 2009년 1월 ~ 2009년 9월 : 에스세라 연구원
- 2009년 10월 ~ 2013년 1월 : 프리텍정보통신 주임연구원
- 2013년 1월 ~ 2022년 1월 : 지엠티 수석연구원

- 2022년 2월 ~ 현재 : 엔에스원소프트 수석연구원

<관심분야>

해상무선통신, 유무선 통신 네트워크, 사물인터넷, 해양모빌리티

김 부 영(Bu-Young Kim) [정회원]



- 2004년 2월 : 한국해양대학교 해사수송과학부 (행정학사)
- 2010년 2월 : 한국해양대학교 항해학부 (공학석사)
- 2010년 12월 ~ 2016년 2월 : 한국해양교통안전공단 선임연구원
- 2016년 3월 ~ 현재 : 선박해양플랜트연구소 선임기술원

<관심분야>

해상무선통신, 자기장통신, 해상이동통신, ITU-R SG5 WP5B

심 우 성(Woo-Seong Shim) [정회원]



- 1997년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (공학사)
- 2017년 8월 : 충남대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2005년 7월 ~ 2011년 12월 : 한국선급 책임검사원
- 2012년 1월 ~ 현재 : 선박해양플랜트연구소 책임연구원

<관심분야>

해상무선통신, 자기장통신, e-Navigation 서비스, 사이버보안, 해상이동통신

김 동 완(Dongwan Kim) [정회원]



- 2003년 8월 : 고려대학교 전자공학과 (공학사)
- 2006년 2월 : 포항공과대학교 정보통신공학과 (공학석사)
- 2015년 2월 : 고려대학교 전기전파공학과 (공학박사)

- 2006년 2월 ~ 2017년 2월 : 삼성전자 네트워크사업부 책임연구원

- 2017년 3월 ~ 현재 : 동아대학교 전자공학과 부교수

<관심분야>

해상무선통신, 무선전력전송, 엣지 컴퓨팅, 저전력 임베디드 시스템 설계

김 의 직(Eui-Jik Kim) [정회원]



- 2004년 2월 : 고려대학교 전기전자공학부 (공학사)
- 2006년 2월 : 고려대학교 전자컴퓨터공학과 (공학석사)
- 2013년 2월 : 고려대학교 전기전자공학부 (공학박사)

- 2006년 2월 ~ 2009년 7월 : 삼성전자 DMC연구소 선임연구원

- 2009년 8월 ~ 2013년 8월 : KT 융합기술원 선임연구원

- 2013년 9월 ~ 현재 : 한림대학교 소프트웨어학부 부교수

<관심분야>

사물인터넷, 무선센서네트워크, 무선전력전송, 해상무선통신, 머신러닝, 블록체인