

Đánh giá hiệu năng giao thức đa truy nhập phân chia theo thời gian tự tổ chức (SOTDMA) trong hệ thống VDES

■ TS. PHẠM VIỆT HƯNG^(*); ThS. NGUYỄN PHƯƠNG LÂM

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Email: ^(*)phamviethung@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Trong những năm gần đây, VDES (Hệ thống trao đổi dữ liệu trên dải tần VHF) đã thu hút được đề xuất ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực hàng hải quốc tế và Internet của tàu thuyền. Nó được xác định là nền tảng trao đổi dữ liệu cốt lõi cho chiến lược e-Navigation trong tương lai. Trong đó, hệ thống nhận dạng tự động (AIS) vẫn được xác định là một thành phần của hệ thống VDES. Do đó, giao thức đa truy nhập phân chia theo thời gian tự tổ chức (SOTDMA) tiếp tục được sử dụng trong hệ thống VDES. Bài báo này thực hiện khảo sát, đánh giá hiệu năng của giao thức SOTDMA khi áp dụng trong hệ thống VDES. Kết quả đánh giá cho thấy hiệu năng của giao thức SOTDMA trong hệ thống VDES có nhiều hạn chế, không đáp ứng được nhu cầu lưu lượng tăng cao trong hệ thống. Vì vậy, cần thiết phải nghiên cứu tìm kiếm giải pháp thay thế.

TỪ KHÓA: VDES, TDMA, AIS, e-Navigation, SOTDMA.

ABSTRACT: In recent years, VDES (VHF Data Exchange System) has applied in widespread applications in the international maritime and Internet of ships sectors. It is identified as the core data exchange platform for the future e-Navigation strategy. In VDES, the Automatic Identification System (AIS) is still identified as a component of the VDES system. Therefore, the Self-Organizing Time Division Multiple Access (SOTDMA) protocol is still used in the VDES system. This paper surveys and evaluates the performance of the SOTDMA protocol when applied in the VDES system. Evaluation results show that the performance of the SOTDMA protocol in the VDES system has many limitations and cannot meet the increased traffic demand in the system. Therefore, it is necessary to research and find alternative solutions.

KEYWORDS: VDES, TDMA, AIS, e-Navigation, SOTDMA.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống trao đổi dữ liệu trên tần số VHF (VHF Data Exchange System - VDES) là hệ thống liên lạc dữ liệu hàng hải VHF, bao gồm các chức năng của Hệ thống nhận dạng tự động (Automatic Identification System - AIS) thúc đẩy e-Navigation và hỗ trợ hiện đại hóa Hệ thống an toàn và cứu nạn hàng hải toàn cầu (Global Maritime Distress and Safety System - GMDSS) cũng như liên lạc hàng hải chung [1]. VDES là một hệ thống thông tin hàng hải thông minh hoàn toàn mới dựa trên Internet vạn vật (IoT - Internet Of Thing) và đây sẽ là thế hệ tiếp theo của AIS và Internet của tàu thuyền.

Ngày nay, người dùng AIS và nhu cầu đa dạng hóa thông tin tăng lên đáng kể. Do đó, việc trao đổi dữ liệu bao gồm thời tiết, thủy văn khu vực, hỗ trợ điều hướng, cảnh báo rủi ro, quản lý luồng và thông tin tuyến luồng đều cần có một hệ thống đáng tin cậy hơn và mạnh mẽ hơn để truyền thông tin từ tàu này sang tàu khác, tàu vào bờ và trong tương lai, từ tàu đến vệ tinh. Nhưng các kênh AIS hiện tại không thể đáp ứng yêu cầu mở rộng sử dụng như vậy, điều này rõ ràng dẫn đến việc tăng tải liên kết dữ liệu VHF (VDL), thậm chí ở một số khu vực, nó đã vượt quá 50%. Theo khuyến nghị của Hiệp hội Quốc tế về Hỗ trợ hàng hải và Cơ quan Hải đăng (IALA), nếu tải VDL (VHF Data Link) vượt quá 50%, điều đó có thể không có lợi cho việc truyền tải thông tin của trạm AIS [2]. Vì vậy, việc tạo ra một giải pháp mới để giảm thiểu tình trạng quá tải khi tải VDL là điều cấp thiết.

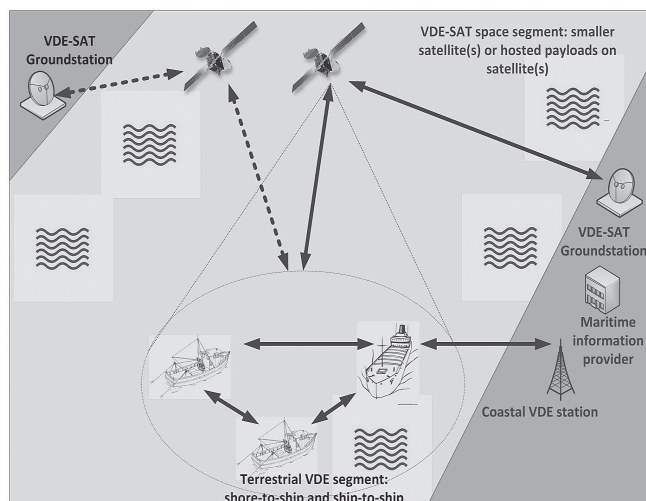
Do đó, hệ thống VDES được đề xuất với các đặc điểm có tốc độ truyền thông cao hơn và giao thức truy cập hiệu quả với tỷ lệ xung đột thấp hơn AIS hiện có. Cho đến nay, VDES đã được phân bổ 10 kênh trong băng tần VHF: 2 kênh 25 kHz cho ASM (Application Specific Message), 4 kênh băng thông 100 kHz để truyền dữ liệu tốc độ cao, hai kênh AIS tầm xa và hai kênh AIS hiện tại [3]. Mức độ ưu tiên được sắp xếp từ cao xuống thấp theo thứ tự là AIS1/AIS2, ASM1/ASM2 và VDE1/VDE2. Đối với giao thức Điều khiển đa truy nhập (Multiple Access Control - MAC) trong VDES, chỉ có chế độ truy cập SOTDMA cho AIS1 và AIS2 được nêu ra trong các khuyến nghị hiện tại. Giao thức đa truy nhập phân chia theo thời gian tự tổ chức (Self-Organizing Time Division Multiple Access - SOTDMA) là sơ đồ truy cập TDMA

phức tạp nhất và là công nghệ chủ chốt cho Hệ thống AIS. Với các kênh như ASM1 và ASM2 hiện nay chưa có các khuyến nghị để xuất về giải pháp giao thức truy nhập. Vì vậy, trong bài báo này tiến hành khảo sát đánh giá hiệu năng của giao thức SOTDMA trong hệ thống VDES. Mô hình mạng VDES được thiết lập để mô phỏng hiệu suất của SOTDMA. Những kết quả chỉ ra giao thức SOTDMA có tỉ lệ xung đột cao và tăng nhanh khi số lượng các đài tàu phát bản tin tăng lên. Điều đó hướng đến việc cần phải đề xuất các giải pháp cải thiện hiệu năng, giảm tỉ lệ xung đột trong hệ thống VDES.

Cấu trúc của bài báo bao gồm: Sau phần giới thiệu, Phần 2 trình bày tổng quan về cấu trúc của hệ thống VDES. Các đặc điểm của giao thức SOTDMA được nêu ra ở trong Phần 3. Phần 4 trình bày mô hình mô phỏng giao thức SOTDMA trong VDES cùng với các đánh giá. Cuối cùng, các kết luận và hướng phát triển được nêu ra ở trong Phần 5.

2. CẤU TRÚC HỆ THỐNG VDES

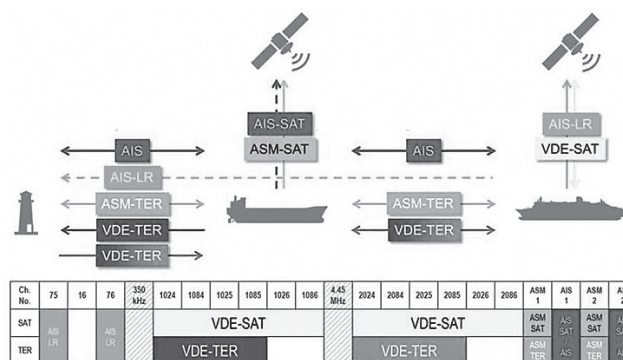
Các thành phần của VDES được hiển thị trong Hình 2.1 và nó chủ yếu bao gồm các trạm bờ, trạm vệ tinh, đài tàu và các thiết bị hỗ trợ dẫn đường khác trong mạng [4]. Bộ định tuyến trao đổi gói dữ liệu thông qua đài tàu, vệ tinh và trạm bờ. Các trạm vệ tinh có cả đường lên và đường xuống, đồng thời chia sẻ một số kênh với các trạm bờ, để đạt được khả năng truyền tải thời gian thực và xác nhận thông tin. Cơ chế tích hợp như vậy sẽ đóng một vai trò quan trọng trong thông tin liên lạc hàng hải.



Hình 2.1: Cấu trúc hệ thống VDES

VDES có 4 loại kênh, chia thành 18 kênh, bao gồm AIS, AIS tầm xa, ASM và VDE [4]. Các kênh AIS có mức độ ưu tiên cao nhất trong số tất cả các loại kênh trong VDES vì các kênh AIS được sử dụng để truyền các thông điệp liên quan đến an toàn dẫn đường. Các kênh AIS tầm xa được sử dụng làm đường lên để truyền bản tin AIS tới vệ tinh. Nó cung cấp dịch vụ trao đổi dữ liệu bên ngoài vùng phủ sóng của các trạm bờ hoặc không có các trạm bờ. Nhằm giảm tải các bản tin AIS, các kênh ASM được sử dụng để truyền các bản tin phi dẫn đường do cơ quan quản lý hàng hải quy định. Tuy nhiên, các kênh ASM không được sử dụng hiệu

quả do chúng nằm cạnh các kênh AIS, do đó cần có mặt nạ phổ chặt chẽ hơn [5]. Là chức năng cốt lõi của VDES, VDE cung cấp các kênh để đài tàu truyền bản tin cá nhân như định nghĩa kinh doanh, giao diện truyền tải và mô hình dữ liệu [6]. Trong VDES, tất cả các kênh đều cung cấp dịch vụ chung cho đài tàu và việc phân bổ kênh được mô tả như Hình 2.2 [4]. Trong VDES, thời gian được phân chia thành nhiều khung, theo Khuyến nghị M.2092-0 của ITU. Theo đó, độ dài của một khung là 60s và được chia thành 4 phân cấp, gồm các khung con, siêu khe, khe thập lục phân và khe thời gian, tương ứng [4], như trong Hình 2.2. Một khung thời gian được phân chia thành 2.250 khe thời gian, với số nhận dạng (ID) từ 0 đến 2.249. Theo tiêu chuẩn, tốc độ dữ liệu của kênh AIS là 9,6 kbps. Do đó, độ dài khe thời gian là 26,67 ms và mỗi khe thời gian có thể chứa 256 bit.



Channel numbering scheme as per Radio Regulations Appendix 18.

Hình 2.2: Phân bổ kênh trong VDES

3. GIAO THỨC SOTDMA

3.1. Tổng quan giao thức SOTDMA

Giao thức SOTDMA được sử dụng rộng rãi trong AIS có tỷ lệ xung đột đường truyền cao, đặc biệt là khi tải lưu lượng lớn. Nếu một khe thời gian nào đó bị chiếm dụng trong thời gian dài và xảy ra xung đột, gói dữ liệu được truyền trong khe thời gian này sẽ luôn bị mất, đe dọa an toàn hàng hải. Để loại bỏ xung đột này, phương pháp hiện tại được sử dụng trong SOTDMA là cơ chế "Đếm ngược" (Time Out-TMO). Cụ thể, trong SOTDMA, TMO tạo ra một số nguyên ngẫu nhiên từ 3 đến 7 cho khe thời gian đã được giữ trước hiện tại và giảm dần giá trị qua các khung. Khi số đó giảm về 0, đài tàu dừng truyền trong khe thời gian hiện tại và chiếm một khe thời gian mới để truyền. Mặc dù theo cách này, có thể tránh được xung đột lâu dài trong một khe thời gian cụ thể nhưng cơ chế TMO yêu cầu thường xuyên phải thực hiện chiếm khe thời gian mới. Khi lưu lượng truyền thông lớn, các yêu cầu chiếm khe thời gian thường xuyên từ các đài tàu khác nhau cũng có thể xung đột với nhau, làm giảm hiệu quả của kênh.

Nguyên nhân cốt lõi của xung đột truyền dẫn xảy ra trong SOTDMA là thiếu cơ chế phản hồi. Nghĩa là, khi xảy ra xung đột, SOTDMA không có cách nào để gửi phản hồi tới các đài tàu liên quan về xung đột đó. Do đó, các đài tàu bị xung đột sẽ tiếp tục gửi dữ liệu trong các khe bị xung đột cho đến khi hết thời gian, dẫn đến việc sử dụng kênh kém.

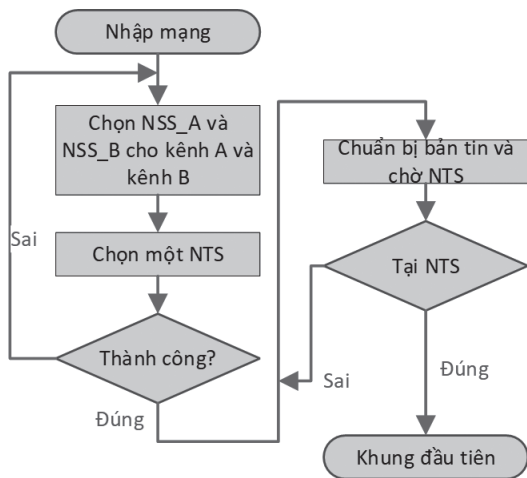
Thuật toán chiếm khe thời gian của giao thức SOTDMA: Việc lựa chọn và chiếm khe thời gian có liên quan đến nhiều

tham số khi thực hiện giao thức SOTDMA. Khi một đài tàu gia nhập mạng, nó giám sát kênh TDMA trong 60s để thu nhận thông tin như phân bổ khe thời gian hiện tại, ID và khe thời gian của đài tàu khác. Sau 1 phút, một bảng khe thời gian động của tất cả đài tàu thông tin được thiết lập, đài tàu vào mạng và lên lịch để truyền tin theo lịch riêng do giao thức SOTDMA tính toán.

3.2. Tiến trình thực hiện giao thức SOTDMA

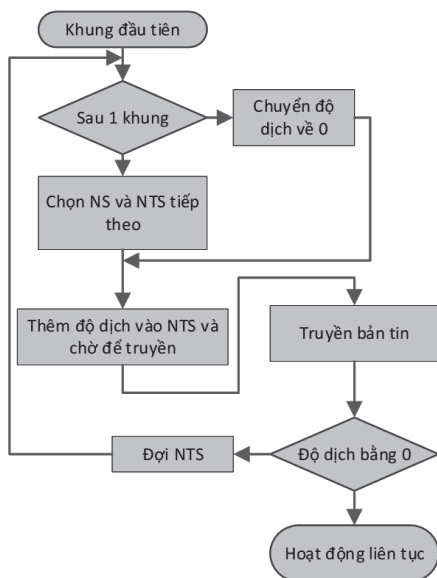
Sau pha khởi tạo, thực tế có 3 pha sử dụng 3 giao thức TDMA khác nhau trong tiến trình của hệ thống AIS, bao gồm: Vào mạng, Khung đầu tiên và Hoạt động liên tục.

- Vào mạng: Trong pha, để các đài tàu khác có thể thấy, đài tàu sử dụng giao thức TDMA (RATDMA) truy cập ngẫu nhiên để chọn khe đầu tiên để truyền như mô tả trong Hình 3.1.



Hình 3.1: Pha vào mạng: Giao thức RATDMA

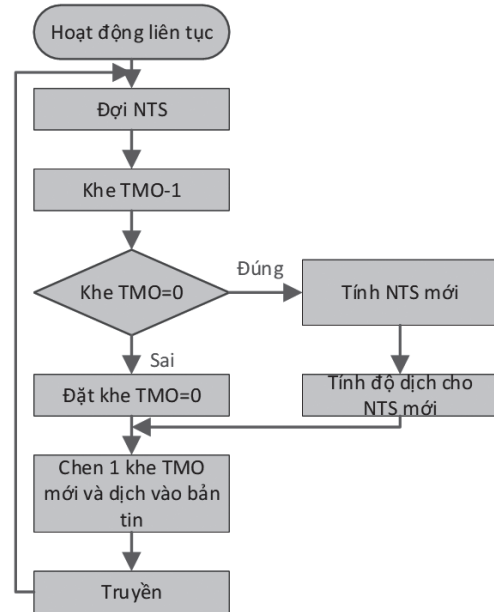
- Khung đầu tiên: Trong pha khung đầu tiên, đài tàu phải liên tục lấy các khe thời gian và truyền bản tin bằng giao thức TDMA tăng dần (ITDMA) như minh họa Hình 3.2.



Hình 3.2: Pha khung đầu tiên: Giao thức ITDMA

Hoạt động liên tục: Như minh họa trong Hình 3.3, đài tàu sử dụng giao thức SOTDMA để duy trì trạng thái ở pha

hoạt động liên tục và chuyển sang chế độ được chỉ định cho đến rời mạng.



Hình 3.3: Pha hoạt động liên tục: Giao thức SOTDMA

4. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ GIAO THỨC SOTDMA TRONG HỆ THỐNG VDES

Trong phần này, thực hiện mô phỏng nhằm phân tích mô hình lý thuyết tỉ lệ xung đột chiếm khe thời gian của giao thức SOTDMA khi áp dụng cho hệ thống VDES thông qua phần mềm mô phỏng OPNET. Thứ nhất, mô phỏng quá trình các đài tàu truy cập vào các kênh VHF trong hệ thống AIS, tiếp theo thêm các kênh ASM vào hệ thống để đánh giá hiệu năng của giao thức SOTDMA trong VDES. Các tham số mô phỏng được thể hiện ở Bảng 4.1.

Bảng 4.1. Các tham số mô phỏng

Tham số	Giá trị
Tốc độ báo cáo (Rr)	10,20 (gói/phút)
Kích thước gói	256 bit
Số lượng đài tàu	100-200 (bước nhảy 10)
Thời gian mô phỏng	60 phút
Vùng phủ sóng	(10x10)km

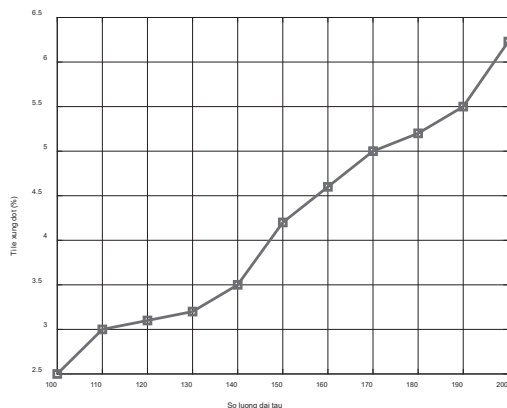
Chu kỳ phát bản tin AIS của các đài tàu sẽ phụ thuộc vào trạng thái của tàu và mỗi loại đài tàu được chia tỉ lệ như ở Bảng 4.2.

Bảng 4.2. Trạng thái tàu và tỉ lệ mỗi loại/tổng số tàu

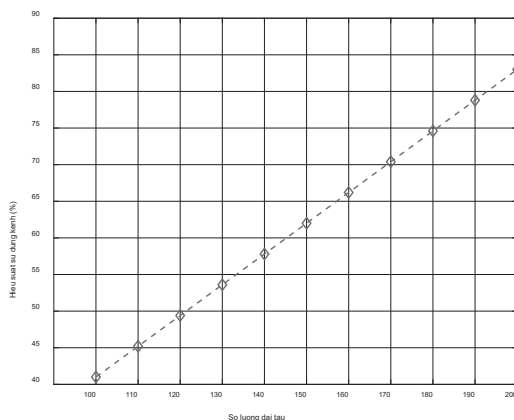
Trạng thái tàu	Chu kỳ báo cáo	Số khe/khung	Tỉ lệ
M1: Tàu neo hoặc di chuyển dưới 3 kts	3 phút	1/3	0,7029
M2: Tàu có vận tốc từ 0 - 14 kts	10s	6	0,1328
M3: Tàu có vận tốc từ 0 - 14 kts và chuyển hướng	1/3s	18	0,0775
M4: Tàu có vận tốc từ 14 - 23 kts	6s	10	0,0302

Trạng thái tàu	Chu kỳ báo cáo	Số khe/khung	Tỉ lệ
M5: Tàu có vận tốc từ 14-23 kts và chuyển hướng	2s	30	0,0258
M6: Tàu có vận tốc từ trên 23 kts	2s	30	0,0101
M7: Tàu có vận tốc từ trên 23 kts và chuyển hướng	2s	30	0,0114

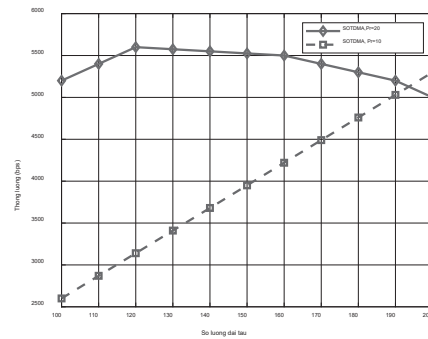
Kết quả mô phỏng được thể hiện ở Hình 4.1, Hình 4.2 và Hình 4.3. Ở Hình 4.1, tỉ lệ xung đột bản tin của giao thức SOTDMA, hiệu suất sử dụng kênh được minh họa ở Hình 4.2. Hình 4.3 minh họa thông lượng của kênh với SOTDMA với tốc độ báo cáo 20 và 10. Trong Hình 4.1, tỉ lệ xung đột của SOTDMA tăng lên khi số đài tàu tăng, cụ thể tỉ lệ xung đột tăng từ 2,5% lên 6,23% khi đài tàu tăng từ 100 lên 200. Có thể thấy tỉ lệ xung đột này sẽ tăng rất nhanh hơn khi số lượng đài tàu càng nhiều lên. Hiệu suất sử dụng kênh của SOTDMA cũng tăng lên khi số đài tàu tăng lên như minh họa ở Hình 4.2. Trong Hình 4.3, khi tốc độ báo cáo là 10, thông lượng kênh tăng lên khi số đài tàu tăng lên. Nhưng khi tốc độ báo cáo là 20, thông lượng kênh tăng lên khi số đài tàu tăng lên. Tuy nhiên, khi số đài tàu đạt 125 thì thông lượng đạt cực đại và sau đó giảm dần khi số đài tàu tăng lên. Nguyên nhân, khi lưu lượng tăng cao và vượt quá dung lượng của kênh, SOTDMA sẽ có tỉ lệ xung đột cao hơn, dẫn đến làm giảm thông lượng của kênh.



Hình 4.1: Tỉ lệ xung đột bản tin trong SOTDMA



Hình 4.2: Hiệu suất sử dụng kênh với SOTDMA



Hình 4.3: Thông lượng kênh với SOTDMA

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã thực hiện đánh giá hiệu năng của giao thức đa truy nhập SOTDMA khi áp dụng vào hệ thống VDES. Các kết quả mô phỏng cho thấy, khi áp dụng SOTDMA cho VDES, hiệu năng của SOTDMA giảm đi rất nhiều, như tỉ lệ xung đột tăng lên, thông lượng kênh giảm. Đặc biệt, khi số lượng đài tàu tăng lên nhanh thì tỉ lệ xung đột của SOTDMA cũng tăng lên rất nhanh. Điều này dẫn đến giải pháp SOTDMA dường như không phù hợp đối với hệ thống VDES. Vì vậy, cần thiết phải nghiên cứu tìm kiếm các giải pháp ghép kênh thay thế cho SOTDMA để có thể áp dụng cho VDES nhằm phát huy những ưu điểm của VDES trong lĩnh vực thông tin hàng hải, hướng đến e-Navigation.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23.24-61.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Lázaro, Francisco, et al. (2019), *VHF Data Exchange System (VDES): an enabling technology for maritime communications*, CEAS space Journal 11.1, 55-63.
- [2]. Korcz, Karol. (2019), *The issues of maritime radiocommunication on the WRC-19*, TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation 13.3.
- [3]. Bober, Stefan (2015), *AIS next generation-the development of the VHF Data Exchange System (VDES) for maritime and inland navigation*, Proc. 8th Int. PIANCSMART Rivers Conf.
- [4]. ITU (2015), *Technical Characteristics for a VHF Data Exchange System in the VHF Maritime Mobile Band*, ITU-R M.2029-0, International Telecommunications Union.
- [5]. Golaya, Arun Pratap and Nithiyanandam Yogeswaran (2020), *Maritime communication: From flags to the VHF data exchange system (VDES)*, Maritime Affairs, Journal of the National Maritime Foundation of India 16.2, 119-131.
- [6]. Guideline, IALA. (2016), *G1117: VHF Data Exchange System (VDES) overview*.

Ngày nhận bài: 27/3/2024

Ngày nhận bài sửa: 12/4/2024

Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024