

**ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG TRUYỀN TÍN HIỆU THEO MIỀN HỆ SỐ
BẢO VỆ KÊNH THÔNG TIN CỦA HỆ THỐNG VI SAI HÀNG HẢI DGPS
VÀ HỆ THỐNG VI SAI HÀNG HẢI KHU VỰC RỘNG MSAS-NHẬT BẢN**
EVALUATION OF SIGNAL TRANSMISSION QUALITY ACCORDING
TO PROTECTION COEFFICIENT IN THE INFORMATION CHANNEL
OF THE DIFFERENTIAL GLOBAL POSITIONING SYSTEM AND MTSAT
SATELLITE AUGMENTATION SYSTEM-JAPAN

NGUYỄN TIỀN PHƯƠNG¹, CHUNG NGHĨA¹, NGUYỄN VĂN TÂN¹,
NGUYỄN XUÂN PHƯƠNG¹, ĐẶNG ĐÌNH CHIẾN^{2*},
LÊ ĐỨC BÌNH², TRẦN QUỐC VIỆT³

¹Trường Đại học Giao thông vận tải thành phố Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

³Trường Cao đẳng Hàng hải và Đường thủy II

*Email liên hệ: dangdinhchien@vamaru.edu.vn

DOI: <https://doi.org/10.65154/jmst.889>

Tóm tắt

Hệ thống MSAS là một trong những hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng SBAS, có những tên gọi khác nhau, như: Hệ thống tăng vùng hay hệ thống tăng cường tín hiệu vệ tinh định vị toàn cầu GPS, hệ thống vi sai DGPS, nhằm cải thiện độ tin cậy và độ chính xác tín hiệu vệ tinh, nâng cao vị trí tàu biển xác định. Đây là hệ thống mới, do Nhật Bản bắt đầu ý tưởng xây dựng từ năm 1995 và thực hiện qua các giai đoạn khác nhau. Giai đoạn đầu MSAS-VI, đưa vào hoạt động, khai thác thử nghiệm từ 9/2007. Mục tiêu nghiên cứu là phân tích tổng quan cấu trúc tổ chức, nguyên lý hoạt động và đánh giá độ chính xác vị trí xác định tàu biển, trên cơ sở chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vi sai hàng hải DGPS và hệ thống MSAS, đặc trưng bằng hệ số bảo vệ kênh thông tin (h_{bvt}), đã tính đến các yếu tố ngoại cảnh tác động. Kết quả nghiên cứu chỉ rõ chất lượng truyền tín hiệu, được thông qua miền hệ số bảo vệ tổng quát là $0 < h_{bvt} \leq 1,0$ và độ chính xác vị trí tàu biển của hệ thống MSAS được cải thiện hơn so với hệ thống DGPS. Hiện tại độ chính xác của hệ thống MSAS đảm bảo $MMSAS \leq 3,0m$, thỏa mãn Nghị quyết của Tổ chức Hàng hải Thế giới IMO. Kết quả đạt được có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, đảm bảo an toàn hàng hải khi tàu biển hành trình tại khu vực gần bờ, khu vực hàng hải khó khăn, khu vực tiềm ẩn nguy cơ tai nạn, rủi ro hàng hải, trong vùng bao phủ của hệ thống MSAS.

Từ khóa: Chất lượng truyền tín hiệu, hệ số bảo vệ kênh thông tin, độ chính xác vị trí tàu biển, hệ thống vi sai hàng hải DGPS, hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng MSAS.

Abstract

The MTSAT Satellite Augmentation System (MSAS), also known as a Wide Area Differential Maritime System, Satellite-Based Augmentation System (SBAS), is designed to enhance the reliability and accuracy of Global Positioning System (GPS) or Differential GPS (DGPS) signals, thereby improving ship positioning precision. Initiated by Japan in 1995, the MSAS was developed through several implementation phases, with its first operational version, MSAS-VI, commencing trial operations in September 2007. This study aims to analyze the system architecture, operational principles in general, and ship positioning accuracy based on the signal transmission quality within the DGPS and MSAS information channels. The transmission quality is characterized by the information channel protection coefficient (h_{bvt}), which incorporates the influence of external environmental factors affecting the performance of those systems. The findings indicate that the signal transmission quality, represented by the generalized protection coefficient in the range $0 < h_{bvt} \leq 1,0$ and the MSAS's ship positioning accuracy is better than the DGPS. The current MSAS performance achieves a

positioning accuracy of MMSAS $\leq 3,0$ meters, satisfying the International Maritime Organization (IMO) standards for maritime navigation systems. These results possess both scientific and practical significance, contributing to the enhancement of maritime safety for vessels operating in coastal areas, complex navigation zones, and regions with elevated risks of maritime incidents, within the MSAS operational coverage.

Keywords: *Signal transmission quality, information channel protection coefficient, ship positioning accuracy, DGPS, MSAS.*

1. Đặt vấn đề

Hệ thống vi sai hàng hải DGPS (hệ thống DGPS), nâng cao độ chính xác của hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GPS, bằng cách sử dụng mạng lưới trạm mặt đất cố định để phát tín hiệu, khi biết chính xác vị trí trạm cố định. Biết chính xác tọa độ của máy, có thể tính toán được sai số này chính xác đến vài centimet. Trạm DGPS mặt đất sẽ tính toán sai số và phát các số hiệu chỉnh cho máy thu DGPS trên tàu biển, để hiệu chỉnh và cho vị trí chính xác hơn, bởi có thể loại bỏ hầu hết sai số của hệ thống GPS. Tần số làm việc của DGPS là $f = 285,5kHz \div 325kHz$. Tầm xa hoạt động của hệ thống DGPS là 250 hải lý, độ chính xác phụ thuộc khoảng cách tới trạm [14], [15].

Hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng MSAS (hệ thống MSAS), với vùng bao phủ của gồm toàn bộ lãnh thổ Nhật Bản và khu vực phía Bắc của Thái Bình Dương. Hệ thống MSAS, ban đầu dành cho mục đích hàng không, bắt đầu hoạt động thử nghiệm năm 2007, đã mở rộng trong các lĩnh vực khác, trong đó có lĩnh vực hàng hải [1], [3], [4], [11]. Hiện tại hệ thống đang phục vụ cho khu vực nhất định của vùng bao phủ vệ tinh địa tĩnh GEO, hơn nữa, hệ thống MSAS tiếp tục mở rộng xây dựng và hoàn thiện theo các giai đoạn theo kế hoạch [15].

Chất lượng truyền tín hiệu nhận được quyết định đến hiệu quả hoạt động trong kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh nói chung, của hệ thống DGPS hay hệ thống MSAS nói riêng, phụ thuộc nhiều yếu tố tác động khác nhau, như: Loại nhiễu vô tuyến tác động, địa hình khu vực, điều kiện thời tiết, sự suy giảm năng lượng truyền tín hiệu, tầng điện ly, cấu trúc hình học vệ tinh, mã tín hiệu vệ tinh, máy thu,...

Hơn nữa, với mục đích cả hai hệ thống DGPS và MSAS phục vụ trong lĩnh vực hàng hải, chất lượng truyền tín hiệu có mối quan hệ chặt chẽ đến độ chính xác vị trí tàu biển được xác định. Hệ thống MSAS

luôn được mở rộng và cải thiện độ chính xác trong định vị, từ năm 2006 giai đoạn đầu thử nghiệm, đến năm 2023 hoàn chỉnh mở rộng giai đoạn 2 là MSAS-V2, theo kế hoạch của Nhật Bản.

Trong giới hạn bài báo này, nhóm tác giả phân tích tổng quát về cấu trúc tổ chức, nguyên lý hoạt động và đánh giá độ chính xác vị trí xác định tàu biển của hệ thống DGPS và hệ thống MSAS. Mặt khác, đánh giá chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hai hệ thống DGPS và MSAS, bằng miền hệ số bảo vệ kênh thông tin (h_{bvt}), đã tính đến các yếu tố ngoại cảnh tác động. Hơn nữa, bài báo không xem xét cụ thể yếu tố ngoại cảnh nào tác động làm ảnh hưởng đến chất lượng tín hiệu trong kênh thông tin, ảnh hưởng đến độ chính xác vị trí xác định tàu biển.

Tổng quan vấn đề nghiên cứu: Giai đoạn từ năm 2006 đến 2010 tại Liên bang Nga, đã công bố công trình [1], [2], [3], liên quan đến chất lượng tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu, hệ thống thông tin vệ tinh hàng hải, hệ thống vi sai hàng hải, thông qua tính toán mô phỏng vùng lỗi tín hiệu, đặc trưng bởi miền hệ số bảo vệ kênh thông tin, do tác động của yếu tố ngoại cảnh, chủ yếu tập trung nghiên cứu nhiễu vô tuyến tác động.

Giai đoạn từ năm 2008 đến năm 2016, các công trình [4], [5], [6], [8], [9], [10], [11], [12], [13], đã công bố một số vấn đề liên quan đến:

- Giới hạn giá định điều kiện biên và mô hình hoá diện tích vùng lỗi tín hiệu trong kênh thông tin, từ đó là cơ sở tính toán hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh hàng hải;

- Sử dụng các tiêu chí kỹ thuật an toàn hàng hải theo hệ số bảo vệ kênh thông tin, kết hợp đánh giá độ chính xác và độ tin cậy vị trí tàu biển xác định, tối ưu hóa hiệu quả hoạt động của kênh thông tin đối với hệ thống chuyển động tàu thủy, hệ thống định vị vệ tinh, hệ thống vi sai hàng hải, nâng cao an toàn hàng hải, theo Nghị quyết của IMO [7].

Trong giai đoạn từ năm 2022 đến năm 2025, các công trình điển hình [14], [15], [16], [17], [18], công bố kết quả nghiên cứu về hệ thống vệ tinh ứng dụng trong hàng hải, sử dụng nhóm chỉ tiêu kỹ thuật an toàn hàng hải nhằm tối ưu hóa chất lượng kênh thông tin và hiệu quả hoạt động trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh, tính toán cụ thể độ chính xác vị trí tàu biển của hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu, hệ thống vi sai hàng hải, hệ thống thông tin vệ tinh hàng hải.

Trong bài báo, một mặt nhóm tác giả đánh giá chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin, trên cơ sở nghiên cứu kế thừa miền hệ số bảo vệ kênh thông tin,

từ các công trình liên quan đã công bố trước đó, khi có ảnh hưởng của các yếu tố ngoại cảnh tác động, để áp dụng cho đối tượng cụ thể là kênh thông tin của hệ thống DGPS và hệ thống MSAS có tính chất tương tự. Mặt khác, tổng hợp, phân tích, so sánh độ chính xác vị trí tàu biển của hệ thống DGPS và hệ thống MSAS.

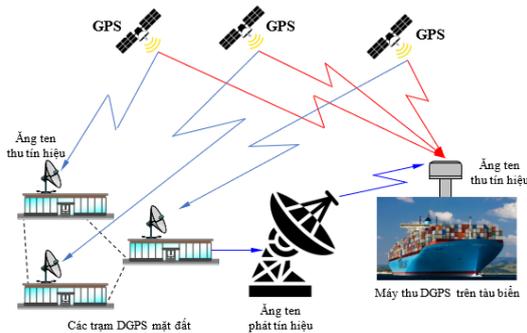
Với phương pháp tiếp cận này, bài báo thể hiện điểm khác với các công trình công bố trước đó.

2. Phân tích cấu trúc tổ chức, nguyên lý hoạt động và đánh giá độ chính xác vị trí tàu biển của hệ thống DGPS và hệ thống MSAS

2.1. Phân tích cấu trúc tổ chức, nguyên lý hoạt động của hệ thống DGPS

Cấu trúc của hệ thống DGPS

Hệ thống vị sai hàng hải DGPS, mô tả theo Hình 1, gồm các khâu: Khâu vệ tinh, khâu mặt đất và khâu sử dụng [1], [3], [4], [11], [14], [15].



Hình 1. Cấu trúc tổ chức và nguyên lý hoạt động của hệ thống vị sai hàng hải DGPS

Khâu vệ tinh: Là hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GPS.

Khâu mặt đất: Chính là trung tâm điều khiển DGPS mặt đất, gồm trạm DGPS mặt đất, ăng ten phát tín hiệu, các bộ phận xử lý tín hiệu. Tùy theo mục đích sử dụng, yêu cầu thiết kế, khâu mặt đất gồm một trạm DGPS, hoặc nhiều trạm DGPS tạo thành một mạng lưới trạm có liên kết chặt chẽ với nhau..

Trạm DGPS mặt đất là một máy thu GPS hay nhiều máy thu GPS có chất lượng cao, đã biết vị trí tọa độ chính xác của trạm, xác định vị trí theo hệ thống định vị GPS. Đồng thời, tính toán so sánh với vị trí đã biết chính xác để xác định số hiệu chỉnh khoảng cách giả hoặc số hiệu chỉnh tọa độ. Ăng ten trạm DGPS mặt đất thu tín hiệu từ các vệ tinh GPS để định vị và tính toán lượng hiệu chỉnh qua ăng ten phát tín hiệu tới máy thu DGPS trên tàu biển.

Khâu sử dụng: Là máy thu DGPS trên tàu biển, ăng ten máy thu DGPS thu tín hiệu từ các vệ tinh GPS

và tín hiệu từ các trạm DGP mặt đất.

Nguyên lý hoạt động của hệ thống DGPS

Hệ thống DGPS có nhiều phương pháp khác nhau để hiệu chỉnh sai số, với mục đích nâng cao độ chính xác, cải thiện độ tin cậy trong việc xác định vị trí tàu, góp phần nâng cao an toàn hàng hải, cụ thể:

- Phương pháp hiệu chỉnh vị trí tọa độ xác định.

Theo phương pháp này, trạm DGPS mặt đất đã biết được vị trí thật chính xác, đồng thời thu tín hiệu vệ tinh GPS và xác định vị trí của trạm theo GPS. Từ đó, tính toán và so sánh, tính ra lượng sai số theo tọa độ vị trí ($\Delta\phi$, $\Delta\lambda$). Đồng thời, thực hiện phát các số hiệu chỉnh tọa độ này cho máy thu DGPS trên tàu biển, để hiệu chỉnh ngay vào vị trí tính toán được. Phương pháp này có ưu điểm và nhược điểm sau:

Ưu điểm: Máy thu DGPS trên tàu biển nhận được hiệu chỉnh tọa độ vị trí, nên việc tính toán nâng cao độ chính xác của vị trí tàu xác định đơn giản.

Nhược điểm: Trạm DGPS mặt đất phải tính toán sai số vị trí xác định với các chòm vệ tinh khác nhau và phát tới máy thu DGPS trên tàu. Máy thu DGPS trên tàu biển tính toán với chòm vệ tinh tương ứng với trạm DGPS mặt đất.

- Phương pháp hiệu chỉnh khoảng cách giả.

Trạm DGPS sẽ đo thời gian truyền sóng và tính toán khoảng cách giả từ các vệ tinh quan sát được đến máy thu, đã bao gồm các sai số. Từ vị trí thật chính xác của trạm DGPS, máy thu sẽ tính toán được khoảng cách thực tới các vệ tinh và đưa ra sai số khoảng cách, sau đó phát sai số này cho máy thu DGPS trên tàu biển.

Khoảng cách giả tới vệ tinh thay đổi từng giây nên bản thân số hiệu chỉnh khoảng cách giả cũng cần được hiệu chỉnh. Máy thu GPS nhận lượng hiệu chỉnh loại bỏ sai số tín hiệu vệ tinh, hiệu chỉnh khoảng cách giả để nâng cao độ chính xác của vị trí tàu xác định. Phương pháp phát số hiệu chỉnh khoảng cách giả làm tiêu chuẩn cho các trạm DGPS và có ưu điểm, nhược điểm sau:

Ưu điểm: Trạm DGPS phát số hiệu chỉnh cho tất cả vệ tinh quan sát được, cho phép máy thu DGPS trên tàu biển lựa chọn chòm vệ tinh thích hợp và có thể loại bỏ vệ tinh có số hiệu chỉnh quá lớn.

Nhược điểm: Tăng số lượng phần mềm dung lượng trong máy thu để tính toán nên giá thành cũng tăng.

2.2. Phân tích cấu trúc tổ chức, nguyên lý hoạt động hệ thống SBAS

Hệ thống SBAS tăng cường tín hiệu từ các hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu, sử dụng vệ tinh địa tĩnh,

loại INMARSAT, PANAMSAT, TELESAT, MTSAT. Ngày nay, với các mục đích sử dụng khác nhau, các nước tiên tiến trên thế giới liên tục phát triển hệ thống SBAS của riêng mình. Vì những nguyên nhân khách quan và chủ quan, nên có những hệ thống SBAS đã xây dựng và đang hoạt động ở các giai đoạn khác nhau, có hệ thống đang xây dựng, có hệ thống đang hoạt động thử nghiệm và tiếp tục hoàn thiện. Có thể kể đến một số hệ thống SBAS, như: Hệ thống WAAS (Wide Area Augmentation System) của Mỹ, năm 2003, hệ thống EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Services) của Liên minh Châu Âu, năm 2011, hệ thống MSAS của Nhật Bản, năm 2007, hệ thống GAGAN (GPS-aided GEO-Augmented Navigation) của Ấn Độ, năm 2013, hệ thống SDCM (System for Differential Corrections and Monitoring) của Liên bang Nga, năm 2021, hệ thống BDSBAS (BeiDou SBAS) của Trung Quốc, năm 2022, hệ thống KASS (Korea Augmentation Satellite System) của Hàn Quốc, năm 2022, hệ thống SPAN (Southern Positioning Augmentation Network) của Úc và New Zealand, năm 2023, hệ thống A-SBAS của châu Phi và Ấn Độ Dương, năm 2024.

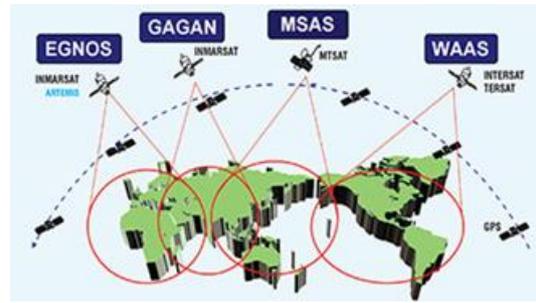
Nói chung, các hệ thống SBAS có nguyên lý hoạt động, cấu trúc tổ chức, xây dựng cơ bản giống nhau và tương đồng với hệ thống DGPS, mô tả Hình 2. Điểm khác nhau cơ bản là độ chính xác định vị và vùng bao phủ của mỗi hệ thống trong SBAS.



Hình 2. Khu vực phân bố các hệ thống trong SBAS

Hệ thống MSAS là một trong những hệ thống hàng hải khu vực rộng SBAS, đang phát triển rất mạnh và ứng dụng hiệu quả trong thế kỷ 21, mô tả Hình 3.

Hệ thống SBAS với độ chính xác vị trí xác định đạt khoảng 5m, người dùng và máy thu trên tàu biển có thể đạt độ chính xác vị trí tàu biển từ 2m trở lên. Một số máy thu có thể áp dụng hiệu chỉnh SBAS với các kỹ thuật bổ sung, đạt độ chính xác dưới 1m hoặc tốt hơn, thậm chí là cm. Rõ ràng, hệ thống SBAS đã nâng cao độ chính xác khoảng 5 lần so với hệ thống DGPS ở cùng trạng thái, xác suất $P=95\%$.



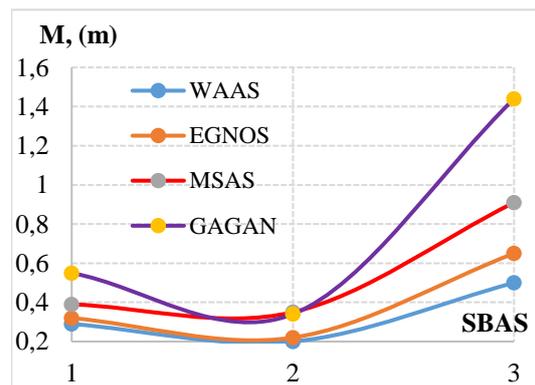
Hình 3. Khu vực bao phủ, vùng hoạt động của MSAS và một số hệ thống điển hình của SBAS

Bảng 1. So sánh tương đối độ chính xác vị trí của hệ thống SBAS

Hệ thống SBAS	Độ chính xác vị trí (M), với $P=95\%$, (m)		
	Trục Ox	Trục Oy	Trục Oz
WAAS	0,29	0,20	0,50
EGNOS	0,32	0,22	0,65
MSAS	0,39	0,35	0,91
GAGAN	0,55	0,34	1,44

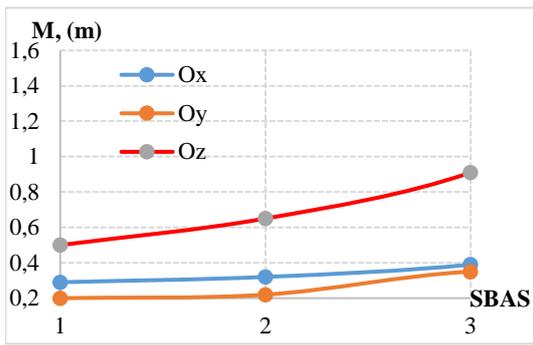
Bảng 1 mô tả kết quả đánh giá và so sánh tương đối độ chính xác vị trí (M) của hệ thống SBAS, theo các hướng trục Ox, Oy, Oz, khi máy thu tín hiệu SBAS có trang bị kỹ thuật bổ sung, nhằm tăng cường độ chính xác ở trạng thái tĩnh [3], [11], [15].

Xây dựng đồ thị mối quan hệ giữa độ chính xác vị trí của hệ thống SBAS và theo các hướng trục Ox, Oy, Oz, mô tả từ Hình 4 và Hình 5.



Hình 4. Đồ thị mô tả độ chính xác vị trí xác định của hệ thống SBAS

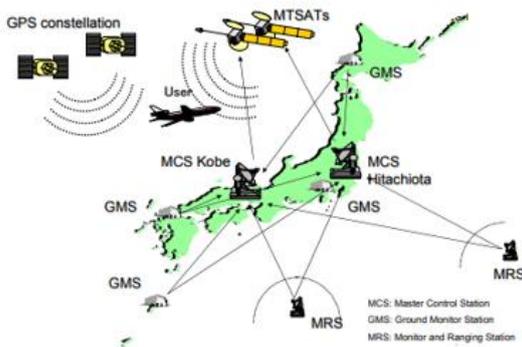
Bảng 1, nhận xét rằng: Hiện tại, hệ thống WAAS có độ chính xác vị trí và độ chính xác theo các hướng trục tốt hơn so với các hệ thống SBAS còn lại. Rõ ràng, hệ thống SBAS hoàn toàn thoả mãn và đảm bảo an toàn hàng hải, đặc biệt khi tàu biển hành trình trong khu vực khó khăn, hạn chế hàng hải, luồng hàng hải,



Hình 5. Độ chính xác vị trí xác định của hệ thống SBAS theo hướng trục Ox, Oy, Oz

khu vực gần bờ, vùng nước nội thủy, vùng nước thuộc cảng, qua các eo, vịnh,...

Hình 6 mô tả cấu trúc và hoạt động của hệ thống MSAS, gồm 03 khâu, cụ thể: Khâu vũ trụ, khâu điều khiển mặt đất và khâu sử dụng.



Hình 6. Sơ đồ cấu trúc và nguyên lý tổ chức của hệ thống MSAS - Nhật Bản

- **Khâu vũ trụ:**

Gồm các vệ tinh địa tĩnh GEO, gọi là các vệ tinh MSAT hoặc MTSAT (Multifunctional Transport Satellite). Năm 2002, Nhật Bản đã phóng thành công vệ tinh MTSAT-1 của hệ thống MSAS. Năm 2004 phóng vệ tinh MTSAT-2 chưa thành công. Tháng 02/2006 vệ tinh MTSAT-2 được chuẩn bị kỹ, phóng lại thành công, tại các vị trí kinh độ 1400E và 1450E.

Vệ tinh MSAS thực hiện phát tín hiệu trên dải tần số $L_1=1575,42MHz$ với các chức năng sau.

- Tín hiệu được phát từ hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GPS, tăng khả năng kiểm soát, cải thiện độ chính xác và tin cậy trong định vị.

- Truyền dữ liệu liên quan đến phục vụ công tác xác định khoảng cách giả, các dịch vụ thông báo hàng hải, tín hiệu vec-tơ sửa lỗi, tham số thiên văn, nhiễu ion,... Hơn nữa, mỗi vệ tinh MTSAT được thiết kế bổ

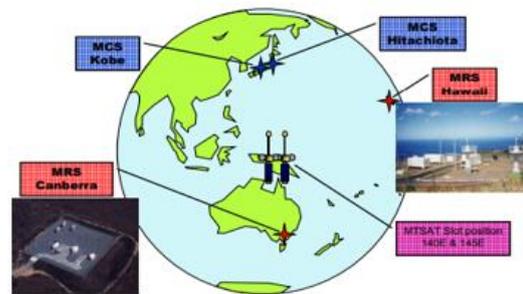
sung sáu chùm tia thông tin trong dải tần số cao, với mục đích phục vụ trường hợp khẩn cấp.

- Tín hiệu của MSAS giai đoạn đầu là MSAS-V1, được truyền từ vệ tinh vận tải đa chức năng MTSAT. Giai đoạn 2 là MSAS-V2 kể từ tháng 4/2020, tín hiệu MSAS được truyền từ vệ tinh QZS-3 GEO bằng dịch vụ truyền SBAS QZSS của Nhật Bản.

- **Khâu điều khiển mặt đất:**

Gồm hệ thống các trạm GMS (Ground Monitor Station), là trạm kiểm tra, kiểm soát tại mặt đất, đặt tại 04 khu vực sau: Naha, Fukuoka, Tokyo và Sapporo, phân bố theo Hình 7.

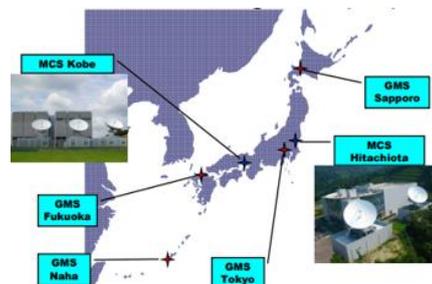
Các trạm GMS thực hiện chức năng kiểm tra, kiểm soát phục vụ công tác theo dõi tình trạng, thu thập đầy đủ tín hiệu GPS.



Hình 7. Trạm mặt đất GMS của hệ thống MSAS

Trạm điều khiển MCS (Master Control Station), đặt tại khu vực Kobe và Hitachi-Ota của Nhật Bản, thực hiện tính toán quá trình sửa lỗi, dạng thông tin, xử lý dữ liệu từ các trạm kiểm tra GMS chuyển tới. Đồng thời, trạm MCS thực hiện truyền phát dữ liệu đã hiệu chỉnh đến các vệ tinh địa tĩnh MTSAT.

Trạm kiểm tra và xác định khoảng cách MRS (Monitor and Ranging Station), đặt tại nước ngoài, là Canberra của Australia và đảo Hawaii của Mỹ. Các trạm này thực hiện chức năng kiểm tra quỹ đạo vệ tinh, chuyển thông tin trạm điều khiển MCS, mô tả Hình 8.



Hình 8. Trạm mặt đất MRS của hệ thống MSAS

Hệ thống các trạm MCS và GMS, đảm bảo sự xác định khoảng cách được kết nối thống nhất, chặt chẽ

qua mạng lưới đường truyền và xử lý dữ liệu.

Tại mỗi thời điểm hệ thống sử dụng đồng thời hai vệ tinh, hai trạm điều khiển, hai trạm kiểm tra và theo dõi và xác định khoảng cách.

- *Khâu sử dụng:*

Hệ thống MSAS được xây dựng ban đầu phục vụ cho hàng không và mở rộng cho nhiều ngành, trong đó có ngành hàng hải. Trên tàu biển hay mặt đất, máy thu GPS, DGPS tùy theo mục đích của người sử dụng để thu nhận tín hiệu của hệ thống MSAS.

Hệ thống MSAS đảm bảo chức năng sau:

- Thu thập đầy đủ các dữ liệu liên quan đến tình trạng của khu vực hàng hải;
- Xác định số hiệu chính tầng điện ly và các tham số quỹ đạo của vệ tinh;
- Kiểm tra tính nguyên vẹn, độ chính xác, tính độc lập dữ liệu chức năng ở đầu ra;
- Tối ưu hóa độ tin cậy, độ chính xác và kịp thời hiệu chỉnh thông tin đến người sử dụng;
- Đảm bảo khả năng làm việc liên tục và truyền dữ liệu thông tin;
- Cung cấp đầy đủ, chính xác thông tin khí tượng hàng hải.

2.2. Độ chính xác vị trí xác định của hệ thống MSAS

Đối với giai đoạn đầu MSAS-V1:

Các đo đạc, khảo sát và đánh giá tương đối độ chính xác trung bình vị trí định vị, thực hiện năm 2006-2008, chủ yếu phục vụ lĩnh vực hàng không, tại 06 vùng của Nhật Bản, nơi đặt hệ thống các trạm điều khiển mặt đất MCS và GMS của hệ thống MSAS, mô tả theo Bảng 2 [11], [15].

Bảng 2. Độ chính xác vị trí tương đối của giai đoạn đầu MSAS-V1 phục vụ lĩnh vực hàng không, được thử nghiệm năm 2006-2008

Khu vực thực hiện thử nghiệm	Độ chính xác vị trí xác định, (m)
Sapporo	0,8
Hitachi - Ota	1,7
Tokyo	1,9
Kobe	2,3
Fukuoka	3,0
Naha	5,3

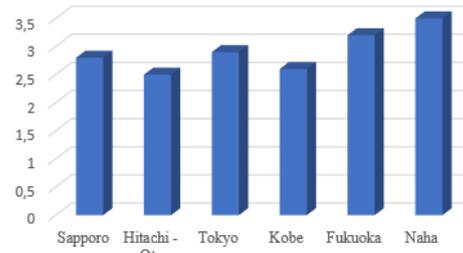
Đối với giai đoạn hai MSAS-V2:

Hệ thống MSAS mở rộng, phục vụ hầu hết lĩnh

vực khoa học kỹ thuật và đời sống, phát triển mạnh mẽ phục vụ nhu cầu lĩnh vực hàng hải, trong đó chức năng xác định vị trí tàu biển luôn được quan tâm phát triển, cải thiện rõ rệt. Kết quả khảo sát và đánh giá tương đối độ chính xác trung bình vị trí tàu biển, thực hiện năm 2020-2023, mô tả Bảng 3 và Hình 9.

Bảng 3. Độ chính xác vị trí tương đối của giai đoạn hai MSAS-V2 được thử nghiệm năm 2020-2023

Khu vực thực hiện thử nghiệm	Độ chính xác vị trí xác định, (m)
Sapporo	2,8
Hitachi - Ota	2,5
Tokyo	2,9
Kobe	2,6
Fukuoka	3,2
Naha	3,5



Hình 9. So sánh tương đối độ chính xác vị trí tàu biển xác định của giai đoạn hai MSAS-V2

Từ kết quả Bảng 3 và Hình 9, cho biết độ chính xác trung bình vị trí tàu xác định bằng hệ thống MSAS, được cải thiện liên tục so. Độ chính xác trung bình đảm bảo $M_{MSAS} \leq 3,0m$, xác suất $P=95\%$ và có thể đạt đến cm [15]. Hơn nữa, độ tin cậy khả năng thông qua đạt 99,97% đáp ứng trong vùng bao phủ của vệ tinh địa tĩnh thuộc hệ thống.

So sánh với độ chính xác vị trí tàu biển xác định theo Nghị quyết của IMO [7], [15], là $M_{IMO} \leq 10m$, xác suất $P=95\%$, thì với kết quả độ chính xác của hệ thống MSAS đạt được $M_{MSAS} \leq 3,0m$, xác suất $P=95\%$, luôn gấp hơn 3,3 lần. Rõ ràng, thỏa mãn yêu cầu theo Nghị quyết của IMO, đặc biệt trường hợp khi tàu biển chạy gần bờ, khu vực luồng, cảng biển, khu vực hàng hải khó khăn, tiềm ẩn rủi ro hàng hải.

3. Đánh giá chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin theo miền hệ số bảo vệ của hệ thống DGPS và hệ thống MSAS

Đánh giá chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu, hệ thống DGPS, hệ thống SBAS, gồm: MSAS, EGNOS,

WAAS, GAGAN khá phức tạp, vì phụ thuộc nhiều yếu tố động phi tuyến. Tuy nhiên, có nhiều phương pháp khác nhau để đánh giá chất lượng truyền tín hiệu, tùy thuộc vào mục đích, giới hạn điều kiện biên của người sử dụng.

Trong giới hạn bài báo này, nhóm tác giả đã nghiên cứu kế thừa kết quả đã công bố từ các công trình trước đó ở trong nước và quốc tế liên quan đến phương pháp đánh giá chất lượng truyền tín hiệu, đồng thời áp dụng hợp lý với hệ thống DGPS và hệ thống MSAS, bằng cách sử dụng miền hệ số bảo vệ kênh thông tin (h_{bvt}) [12], [14], [15], [18].

Hệ số bảo vệ kênh thông tin có thể là một tiêu chí độc lập, hoặc kết hợp với các tiêu chí khác thành nhóm tiêu chí. Hệ số này đặc trưng cho chất lượng truyền tín hiệu thông tin trong các kênh thông tin của hệ thống vệ tinh nói chung, khi có tác động của yếu tố ngoại cảnh. Hơn nữa, hệ số này cũng thể hiện độ chính xác, độ tin cậy đối với chất lượng hay hiệu quả hoạt động tối ưu, nâng cao an toàn kênh thông tin.

Xác định giá trị miền hệ số bảo vệ hbtv có nhiều phương pháp tính toán mô phỏng, phương pháp hình học,... Tuy nhiên, nhóm tác giả kế thừa cách tính toán để xác định giá trị miền hệ số bảo vệ hbtv theo công thức (1) [1], [3], [12], [14], [15], [17], [18]:

$$h_{bvt} = 1 - \frac{S_l}{S_{lmax}} \quad (1)$$

Trong đó: S_l - Diện tích vùng lỗi tín hiệu do ảnh hưởng của ngoại cảnh tác động, trong đó ảnh hưởng đáng kể của nhiễu vô tuyến đến kênh thông tin, thứ nguyên là đơn vị diện tích (đvdt), đảm bảo phù hợp cùng thứ nguyên đơn vị của S_{lmax} .

$S_{lmax} = 441$ đơn vị diện tích (đvdt) [1], [3], thể hiện giá trị lớn nhất có thể đạt được của vùng lỗi tín hiệu và phụ thuộc điều kiện tác động ngoại cảnh.

Về mặt toán học công thức (1), đưa ra miền giá trị hệ số bảo vệ có tính tổng quát, thỏa mãn theo (2):

$$0 < h_{bvt} \leq 1,0 \quad (2)$$

Để chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải, có thể đạt giá trị tối ưu nhất, $h_{bvt} = h_{bvt-max}$, tức là giá trị hệ số $h_{bvt} \rightarrow 1,0$ là tối ưu nhất. Quá trình nghiên cứu kết hợp thực tiễn hàng hải, miền hệ số bảo vệ kênh thông tin lớn nhất, chính là miền hệ số đặc trưng, khi tính đến tác động của yếu tố ngoại cảnh, chủ yếu nhiễu vô tuyến, thỏa mãn (3) [1], [3], [12], [18]:

$$0,9 < h_{bvt} \leq 1,0 \quad (3)$$

Trong các bài toán với hệ thống vệ tinh định vị cụ thể, nếu điều kiện tính toán mô phỏng diện tích vùng lỗi tín hiệu gặp khó khăn mà chưa đưa ra được miền

hệ số tối ưu theo (1) và (2), có thể xem xét việc áp dụng miền đặc trưng (3), thậm chí miền lý tưởng hơn, tức là miền nằm trong khoảng (3) và tiến sát đến giá trị bằng 1, như là một giải pháp để thực hiện tính toán. Mặt khác, trên cơ sở hệ số bảo vệ hbtv, có thể nghiên cứu mở rộng kết hợp để đánh giá và tính toán với các chỉ tiêu kỹ thuật an toàn hàng hải khác, nhằm tối ưu hiệu quả hoạt động kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh hàng hải, hệ thống DGPS, hệ thống SBAS, gồm: MSAS, EGNOS, WAAS, GAGAN.

4. Kết luận

Từ kết quả nghiên cứu của bài báo, kết luận rằng:

Đã phân tích cấu trúc tổ chức, nguyên lý hoạt động của hệ thống DGPS và hệ thống MSAS của Nhật Bản. Với MSAS là hệ thống mới xây dựng và đưa vào khai thác hoạt động, hơn nữa tiếp tục hoàn thiện trong các giai đoạn tiếp theo, nhằm cải thiện độ tin cậy và độ chính xác tín hiệu vệ tinh, nâng cao vị trí tàu biển xác định. Kết quả đánh giá độ chính xác vị trí tàu biển của hệ thống MSAS luôn được cải thiện qua từng giai đoạn, hiện tại đảm bảo $MMSAS \leq 3,0m$, thỏa mãn Nghị quyết của IMO.

Một trong những phương pháp đánh giá chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin, khi có ngoại cảnh tác động của hệ thống vệ tinh định vị, có thể sử dụng miền hệ số bảo vệ kênh thông tin, xác định dạng tổng quát là $0 < h_{bvt} \leq 1,0$. Kết quả đạt được chỉ rõ khi giá trị hệ số $h_{bvt} \rightarrow 1,0$ là tối ưu nhất, để cải thiện chất lượng truyền tín hiệu tức là tăng giá trị hệ số bảo vệ $h_{bvt} = h_{bvt-max}$, nâng cao độ chính xác, độ tin cậy vị trí tàu biển xác định, đặc biệt khi tàu biển hành trình tại khu vực gần bờ, khu vực hàng hải khó khăn, khu vực tiềm ẩn nguy cơ tai nạn, rủi ro hàng hải, thuộc vùng bao phủ của hệ thống MSAS. Mặt khác, điều kiện cho phép có thể xây dựng mô hình toán, tính toán mô phỏng diện tích S_l vùng lỗi tín hiệu, khi tác động ngoại cảnh bằng các phương pháp, phần mềm chuyên dụng khác nhau, để xác định được diện tích lỗi S_l , kết hợp công thức (1) sẽ đưa ra miền biến thiên tối ưu, theo điều kiện của bài toán.

Khoa học công nghệ hàng hải ngày càng phát triển, hệ thống DGPS, hệ thống SBAS gồm: MSAS, EGNOS, WAAS, GAGAN đang tích cực ứng dụng các công nghệ thông minh, trí tuệ nhân tạo AI, nhằm giải quyết và kiểm nghiệm được nhiều bài toán phức tạp liên quan đến chất lượng truyền tín hiệu. Mặt khác, với vùng bao phủ của hệ thống MSAS theo Hình 3, trong đó bao phủ toàn bộ lãnh thổ trên bộ, trên biển và trên không của Việt Nam, đây là một triển vọng hợp tác có tính khả thi rất cao ở cấp Bộ, ngành hai nước,

trong việc hợp tác khai thác thông tin vệ tinh từ hệ thống MSAS phục vụ hoạt động khoa học công nghệ và đời sống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Y. G. Vishnevsky and A. A. Sikarev, (2006), *Поля поражения сигналов и ЭМЗИК в АСУДС (Fields of signal destruction and EMZIK in ASUDC)*. St. Petersburg, Russia: Sudostroenie.
- [2] V. V. Karetnikov, V. D. Rakitin, and A. A. Sikarev, (2007), *Автоматизация судовождения (Automation of Navigation)*. St. Petersburg, Russia: SPGUVK.
- [3] F. K. Quang, (2010), *Исследование влияния ЭМЗИК ШДПС на точность мониторинга и управления движением судов (Research on the influence of EMZIK SDPS on the accuracy of monitoring and vessel traffic management)*. St. Petersburg, Russia: SPGUVK.
- [4] P. K. Quang, (2008), *Các hệ thống vi phân hàng hải dùng trong thế kỷ 21*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 13.
- [5] P. K. Quang, Y. G. Vishnevsky, (2008), *Ảnh hưởng kênh thông tin bảo vệ điện từ trường của hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng đảm bảo an toàn hàng hải*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 14.
- [6] P. K. Quang, (2009), *Ảnh hưởng hệ số của kênh thông tin bảo vệ điện từ trường trong hệ thống vi sai hàng hải khu vực rộng đối với hiệu quả của hệ thống tự động điều khiển tàu thủy*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 18.
- [7] International Maritime Organization (IMO), (2011), *Nghị quyết A.1046(27) về Hệ thống vô tuyến toàn cầu*, Nov. 30, 2011.
- [8] P. K. Quang, (2011), *Mô hình hóa vùng chết tín hiệu nối tiếp trong đường dây vô tuyến của hệ thống vi sai hàng hải nhằm nâng cao độ chính xác an toàn hàng hải*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 26.
- [9] P. K. Quang, L. V. Hải, và L. T. Việt, (2011), *Lựa chọn chỉ tiêu tối ưu hệ số điện từ trường bảo vệ trong đường dây vô tuyến của các hệ thống vệ tinh GLONASS và INMARSAT nhằm nâng cao độ chính xác an toàn hàng hải*, Tạp chí Giao thông vận tải, Số 5-2011.
- [10] V. Đ. Lập và P. K. Quang, (2011), *Phân tích độ chính xác an toàn hàng hải khi sử dụng tín hiệu chung của các hệ thống vệ tinh hàng hải toàn cầu GPS, GLONASS và GALILEO*, Tạp chí Giao thông vận tải, Số 9-2011.
- [11] N. T. Dương, P. K. Quang và N. P. Hưng, (2012), *Giáo trình Địa văn hàng hải III*. NXB Giao thông vận tải, Hà Nội.
- [12] P. K. Quang (Ed.) và Đ. X. Mạnh, (2014), *Giáo trình Lý thuyết độ tin cậy hàng hải*. NXB Hàng hải, Hải Phòng.
- [13] P. K. Quang và N. X. Phương, (2016), *Xây dựng mô hình toán đánh giá hiệu quả làm việc tối ưu trong các kênh thông tin của hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu GPS*, Tạp chí Giao thông vận tải, Số 01+02-2016.
- [14] C. Nghĩa và cộng sự., (2024), *Phân tích miền xác định hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống vi sai hàng hải DGPS*, Tạp chí Giao thông vận tải, Số 7-2024.
- [15] N. X. Phương, P. K. Quang và cộng sự, (2025), *Sách chuyên khảo: Công nghệ ứng dụng trong điều khiển tàu biển*. Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.
- [16] P. N. Đ. Khoa và N. T. Phương, (2025), *Phân tích khả năng kết nối ứng dụng thông tin internet vệ tinh Starlink trong điều khiển tàu biển*, Tạp chí Xây dựng, Số 7-2025.
- [17] C. Nghĩa, N. X. Phương và cộng sự, (2025), *Tính toán xác suất thời gian hồi phục sự cố tín hiệu theo hệ số bảo vệ kênh thông tin của hệ thống vi sai hàng hải DGPS*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 84-2025.
- [18] P. K. Quang, P. N. Đ. Khoa, và C. T. A. Vũ, (2025), *Đánh giá chất lượng truyền tín hiệu trong kênh thông tin của hệ thống vệ tinh định vị hàng hải*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, Số 84-2025.

Ngày nhận bài:	12/11/2025
Ngày nhận bản sửa:	05/12/2025
Ngày duyệt đăng:	22/12/2025