

SỬ DỤNG BỘ ĐIỀU KHIỂN PLC VÀ PHẦN MỀM UNITY 3D TRONG THIẾT KẾ HỆ THỐNG MÔ PHỎNG RADAR HÀNG HẢI

USING PLC CONTROLLER AND UNITY 3D SOFTWARE IN DESIGNING MARITIME RADAR SIMULATION SYSTEM

NGUYỄN THANH VÂN*, ĐINH ANH TUẤN, NGUYỄN VĂN HÙNG

Khoa Điện - Điện tử, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: vanntb.ddt@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Bài báo này trình bày giải pháp sử dụng bộ điều khiển PLC và phần mềm Unity 3D trong thiết kế hệ thống mô phỏng radar hàng hải trong đó, quá trình truyền và nhận dữ liệu giữa phần cứng và phần mềm cũng được tích hợp trong hệ thống mô phỏng như tọa độ, tốc độ, hướng của tàu chủ và tàu mục tiêu. Ngoài ra, phát triển và ứng dụng dữ liệu biển Việt Nam khi xây dựng các kịch bản huấn luyện. Hệ thống này là một tổ hợp các thiết bị để huấn luyện và đào tạo về an toàn của thuyền viên trên biển. Nó không chỉ giúp học viên thao tác trên thiết bị trực quan, sinh động với các tình huống huấn luyện quen thuộc mà còn trang bị cho học viên những kỹ năng cần thiết trước khi thao tác, vận hành trên thiết bị thực tế, nâng cao hiệu quả huấn luyện hàng hải tại Việt Nam.

Từ khóa: Hệ thống mô phỏng radar hàng hải, phần mềm mô phỏng radar, màn hình radar.

Abstract

This article presents a solution using the PLC controller and Unity 3D software in designing Radar simulation system. Besides, the process of transmitting and receiving data between hardware and software is also integrated into the simulation system such as the coordinate, speed and heading of ownership and target ship. Additionally, developing and creating specificity for the system when building training scenarios using data of Vietnam's Sea. This system is a device for effective education concerning safety in ship navigation. It will help not only students manipulate visual equipment, vividly with familiar training situations, but also equipping the trainees with necessary skills before manipulating and operating on real equipment, improving the efficiency of maritime training in Vietnam.

Keywords: Marine Radar simulation system, radar simulator software, radar screens.

1. Đặt vấn đề

Trên thế giới hiện nay có một số công trình nghiên cứu về hệ thống mô phỏng radar hàng hải, cũng như thiết kế, chế tạo thành công hệ thống, điển hình một số hãng như Transas [1], Furuno [2]. Với công nghệ mô phỏng tiên tiến, nhưng khi máy chủ bị sự cố toàn bộ hệ thống sẽ không hoạt động được, quan trọng hơn nữa là kinh phí bảo dưỡng, bảo trì lớn và phụ thuộc hoàn toàn vào công nghệ nước ngoài.

Ở trong nước, các công trình nghiên cứu về hệ thống còn hạn chế, chỉ có bài báo nghiên cứu xây dựng phần mềm mô phỏng radar [3], trong đó các tác giả trình bày cách xây dựng phần mềm mô phỏng radar dựa trên Visual Studio với giao diện đơn giản, chưa sát với hình ảnh của radar trên thực tế. Do đó, người vận hành khó có thể nắm bắt được hết thông số cũng như quy trình thực hành dẫn đến khó khăn khi vận hành với radar thực. Tuy các phương pháp xây dựng hệ thống mô phỏng radar nói trên có những ưu nhược điểm riêng nhưng độ chính xác giống với radar thật chưa đạt được yêu cầu huấn luyện [3]. Có những trường hợp chính xác đạt đến 90% nhưng xét về mặt kinh tế và kỹ thuật không được tối ưu nhất [1], [2]. Trong bài báo này, nhóm tác giả đề xuất xây dựng công nghệ mô phỏng hệ thống radar dựa trên phần mềm Unity 3D và bộ điều khiển PLC với những cấu trúc truyền và nhận dữ liệu sau đó hiển thị trên màn hình radar để đáp ứng được yêu cầu trong công tác đào tạo và huấn luyện tại Việt Nam cũng như khả năng áp dụng trên thực tế.

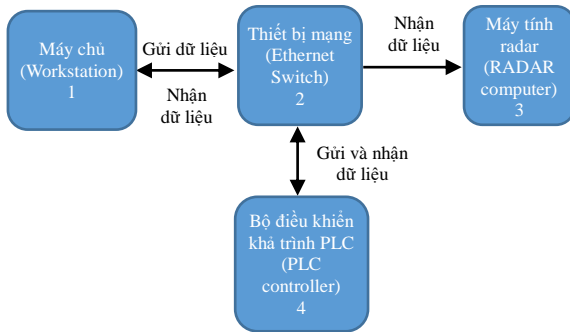
Nội dung chính của bài báo được sắp xếp theo thứ tự như sau: Mục 2 xây dựng cấu trúc cho hệ thống mô phỏng radar. Mục 3 đề xuất thuật toán truyền và nhận dữ liệu giữa máy tính chủ và máy tính radar. Mục 4 là thực hiện mô phỏng hoạt động của hệ thống radar và phần cuối cùng là kết luận.

2. Xây dựng cấu trúc cho hệ thống mô phỏng radar

“Radar” là viết tắt của “Radio Detection And Ranging” là hệ thống xác định vị trí của mục tiêu bằng việc đo cự ly và phương vị nhờ nguyên lý sóng phản

xạ. Radar hoạt động ở tần số vô tuyến siêu cao có bước sóng siêu ngắn, dưới dạng xung và được phát theo 1 tần số lặp xung nhất định [4]. Hệ thống mô phỏng radar là tổ hợp hệ thống phần cứng và phần mềm để mô phỏng lại nguyên lý hoạt động cũng như các thao tác vận hành của một thiết bị radar thực.

Trên Hình 1 là cấu trúc chung của hệ thống mô phỏng radar hàng hải do nhóm tác giả xây dựng:



Hình 1. Cấu trúc hệ thống mô phỏng

Khối 1: Máy chủ mô phỏng (Workstation) đây là máy tính có chức năng mô phỏng 3D hệ thống hàng hải như tàu chủ, tàu mục tiêu, thời tiết và xây dựng được địa hình, địa vật tùy vào từng khu vực cảng nhất định. Ở khối này, dữ liệu của tàu chủ và tàu mục tiêu được thiết lập sao cho giống với thực tế nhất.

Khối 2: Thiết bị mạng (Ethernet Switch) khối này có chức năng tạo ra đường dẫn thông tin giữa các máy tính với nhau giúp cho chúng có thể giao tiếp gửi và nhận dữ liệu được.

Khối 3: Máy tính mô phỏng Radar hàng hải (Radar Computer) đây là máy tính có chức năng nhận dữ liệu từ máy chủ gửi sang sau đó giải mã dữ liệu. Tiếp theo, dữ liệu này sẽ được tính toán, xử lý phù hợp để hiển thị lên màn hình. Ngoài ra, dữ liệu ở máy tính mô phỏng radar được mã hóa và gửi sang máy tính hải đồ điện tử (ECDIS) để hiển thị thông số nhận dạng tự động (AIS) của tàu chủ và tàu mục tiêu.

Khối 4: Bộ điều khiển khả trình PLC, thực hiện nhận và xử lý dữ liệu từ các thiết bị khác chuyển tới như vô lăng, tay trang điều khiển, la bàn,... sau đó sẽ gửi sang máy tính chủ thông qua mạng ethernet. Đồng thời cũng nhận dữ liệu từ máy chủ để hiển thị lên màn hình trong bàn điều khiển.

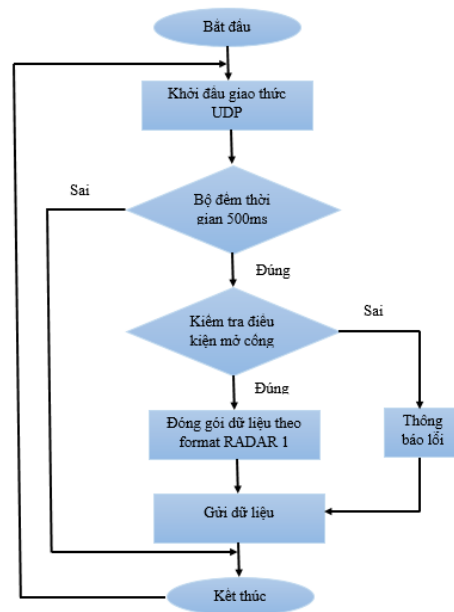
3. Xây dựng thuật toán truyền và nhận dữ liệu trong hệ thống mô phỏng radar

Hiện nay, có rất nhiều giao thức truyền dữ liệu như TCP/IP, UDP, HTTP, FTP,... mà trong đó, mỗi giao thức đều có ưu nhược điểm nhất định. Tùy vào từng

bài toán cụ thể mà có thể sử dụng các giao thức khác nhau. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả đã sử dụng giao thức UDP (User Datagram Protocol). Đây là một trong những giao thức cốt lõi IP/Ethernet. Khi sử dụng giao thức UDP giúp chương trình trên máy tính có thể gửi những dữ liệu ngắn được gọi là datagram tới máy khác. Đây là giao thức có tốc độ truyền nhanh và truyền các gói dữ liệu liên tục.

3.1. Thuật toán truyền dữ liệu từ máy chủ đến máy tính radar

Thuật toán xây dựng quy trình truyền dữ liệu được trình bày như Hình 2.



Hình 2. Thuật toán truyền dữ liệu của máy chủ

Trước tiên, nhóm tác giả xây dựng giao diện mô phỏng hàng hải trên máy tính chủ dựa trên phần mềm Unity 3D với ngôn ngữ lập trình C#. Các thông số chính gửi cho radar có thể kể đến như tọa độ, tốc độ, hướng,... tàu chủ và tàu mục tiêu.

Bước 1: Thực hiện thiết lập các địa chỉ IP tĩnh cho máy chủ: 192.168.0.140, cổng port: 8001 và IP máy radar: 192.168.0.150, cổng port: 8999. Sau đó tiến hành khởi tạo giao thức và tạo ra socket UDP, bộ đếm thời gian tạo ra vòng quét 500ms để gửi dữ liệu.

Bước 2: Kiểm tra điều kiện địa chỉ socket UDP và thông báo lỗi nếu xảy ra sự cố.

Bước 3: Mỗi loại thông số như tọa độ, tốc độ, hướng tàu có định dạng khác nhau, dữ liệu này được chuyển về dạng format RADAR 1 trước khi gửi. Cấu trúc quy đổi dữ liệu về dạng byte và sử dụng hàm

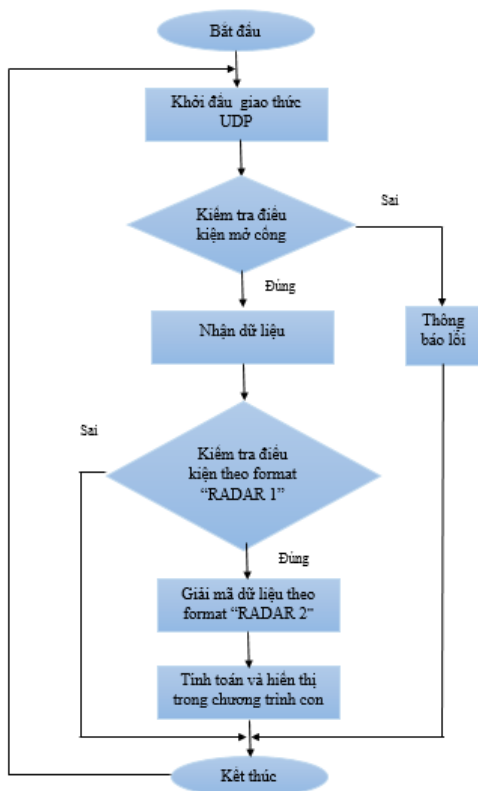
Buffer.BlockCopy như cấu trúc lệnh:

```
Buffer.BlockCopy(info, 0, message, 0, 86);
Buffer.BlockCopy(newfloat[] { boatEngine.Speed
_Log }, 0, speed, 0, 4);
Buffer.BlockCopy(dataSource.Speed_target_p, 0,
speed, 4, 4 * 31);
```

Bước 4: Sau khi quy đổi dữ liệu xong máy chủ sẽ gửi dữ liệu đến địa chỉ IP máy radar thông qua lệnh send. Cuối cùng là kết thúc thuật toán và quay lại vòng lặp ban đầu.

3.2. Thuật toán nhận dữ liệu của máy tính radar từ máy chủ

Hình 3 trình bày thuật toán nhận dữ liệu của máy tính radar từ máy tính chủ, sau khi máy chủ đã gửi gói dữ liệu thì nhiệm vụ của máy radar là nhận gói dữ liệu đó và xử lý để hiển thị trên màn hình. Máy chủ gửi dữ liệu sang với kiểu dữ liệu dạng byte quy định theo dạng RADAR 1. Do đó, tất cả dữ liệu nhận được sẽ được chuyển sang dạng RADAR 2 có kiểu định dạng như int, float, ushort.



Hình 3. Thuật toán nhận dữ liệu của máy tính radar

Bước 1: Máy radar sẽ thiết lập địa chỉ IP. Sau đó khởi tạo socket UDP. Tiếp theo là kiểm tra điều kiện địa chỉ IP.

Bước 2: Máy tính radar sẽ tiến hành nhận dữ liệu Dữ liệu lúc này được quy định theo dạng format RADAR1 và cần được kiểm tra theo đúng định dạng gửi.

Bước 3: Sau khi kiểm tra sẽ tiến hành chuyển dữ liệu đã nhận sang dạng format RADAR 2 để tiến hành thực hiện tính toán.

Bước 4: Đây là bước xử lý thông số đã gửi để tính toán và hiển thị trên màn hình của Radar. Chương trình con thực hiện để tính toán sau đó đưa ra mức độ cảnh báo va chạm. Cuối cùng là kết thúc thuật toán và bắt đầu vòng lặp.

3.3. Tính toán thông số để hiển thị và đưa ra cảnh báo

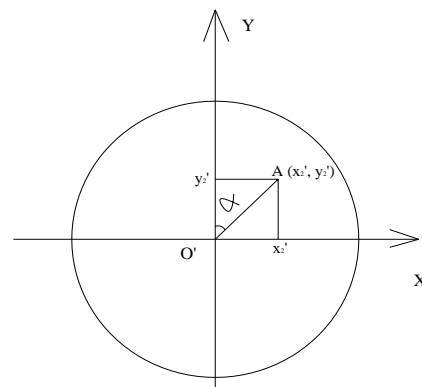
Để mô phỏng radar hàng hải sát với thực tế nhất thì mọi thông số được tính toán và xử lý trong phần mềm mô phỏng Unity 3D. Trong mục này trình bày hai phương pháp cơ bản để quy đổi hướng và khoảng cách của tàu mục tiêu, tính toán thông số khoảng cách gần nhất xảy ra va chạm (CPA), thời gian ngắn nhất để dẫn đến va chạm (TCPA).

a. Tính toán khoảng cách và hướng tàu mục tiêu so với tàu chủ.

Hình 4 biểu diễn tọa độ tàu chủ và tàu mục tiêu trên mặt phẳng Oxy [5] sau khi được quy đổi. Tọa độ tàu chủ có vị trí giữa màn hình và được lấy trùng với tâm của màn hình với tọa độ $O(x_1, y_1)$.

Trong đó:

$$x_1 = \frac{X_{screen}}{2}, y_1 = \frac{Y_{screen}}{2} \quad (1)$$



Hình 4. Tọa độ tàu mục tiêu trên mặt phẳng

Sử dụng phương pháp bắn tia từ màn hình vào trong terrain (địa hình) để chuyển tọa độ từ không gian của tàu mục tiêu $A'(x_2, y_2, z_2)$ sang tọa độ mặt

phẳng nhờ Unity sẽ có được $A(x'_2, y'_2)$:

```
//Vector3screenPos=Cam.WorldToScreenPoint(R_Ships[currentClickTarget].transform.position);//
```

Sau đó tính được vector khoảng cách:

$$\vec{OA} = (x'_2 - x_1, y'_2 - y_1) \quad (2)$$

Tiếp theo là tính độ lớn vector khoảng cách:

$$|\vec{OA}| = \sqrt{(x'_2 - x_1)^2 + (y'_2 - y_1)^2} \quad (3)$$

Ứng với mỗi thang đo i khác nhau sẽ có một hệ số K_i tương ứng.

$$D_i = \frac{|\vec{OA}| \cdot K_i}{R \cdot G} \quad (4)$$

Trong đó:

D_i : Hệ số khoảng cách;

K_i : Là hệ số quy đổi từ thang đo hải lý sang mét;

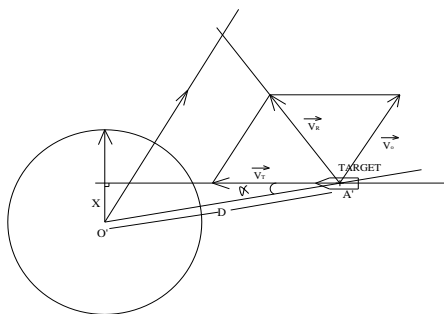
R: Bán kính đường tròn hiển thị thang đo;

G: Hệ số quy đổi ngược lại sang hải lý;

Gọi góc giữa vector khoảng cách và hướng của tàu chủ là α :

$$\tan \alpha = \frac{x_1}{y_1} \quad (5)$$

b. Tính toán thông số CPA, TCPA



Hình 5. Khoảng cách, vận tốc giữa tàu chủ và tàu mục tiêu

Hình 5 thể hiện hướng vector vận tốc tương đối cũng như là khoảng cách giữa các tàu với nhau. Vector vận tốc tương đối tàu chủ $\vec{V}_o = (X_{V_o}, Y_{V_o}, Z_{V_o})$ và vector vận tốc tương đối tàu mục tiêu $\vec{V}_T = (X_{V_T}, Y_{V_T}, Z_{V_T})$ trong không gian [5]. Tiếp theo, tính toán vector vận tốc tương đối dựa vào tàu chủ và tàu mục tiêu. Gọi \vec{V}_R là vector vận tốc tương đối [6]:

$$\vec{V}_R = (X_{V_T} - X_{V_o}, Y_{V_T} - Y_{V_o}, Z_{V_T} - Z_{V_o}) \quad (6)$$

Vector $A'O'$ là vector khoảng cách giữa tàu chủ và tàu mục tiêu trong không gian.

$$\vec{A'O'} = (x_2 - x_o, y_2 - y_o, z_2 - z_o) \quad (7)$$

Tính toán góc giữa vector khoảng cách và vector tốc độ tương đối sau đó quy đổi từ độ sang radian.

$$\cos \alpha = \frac{|\vec{V}_R|}{D} \cdot \frac{\pi}{180} \quad (8)$$

Trong đó:

D: là khoảng cách giữa tàu chủ và tàu mục tiêu và được tính $D = |\vec{A'O'}|$.

Sau đó tính được CPA khoảng cách gần nhất hai tàu va chạm:

$$X = \frac{D}{1852} \cdot \sin \alpha \quad (\text{MN}) \quad (9)$$

Tính toán TCPA là thời gian ngắn nhất để hai tàu có thể va chạm:

$$t = \frac{\left(\frac{D}{1852} \cdot \cos \alpha \right)}{|\vec{V}_R| \cdot 60} \quad (\text{đơn vị phút}) \quad (10)$$

Cuối cùng đặt giá trị $CPA < CPA_{LIMIT}$, $TCPA < TCPA_{LIMIT}$ trong đó hai thông số $CPA_{LIMIT}, TCPA_{LIMIT}$ có thể do người vận hành tùy chỉnh. Thực hiện hiển thị và cảnh báo thông qua đoạn lệnh chương trình con:

```
If(( CPA > 0 )&&( CPA < CPA_{LIMIT} )&&( TCPA < TCPA_{LIMIT} ))
```

```
{
// thực hiện chương trình cảnh báo và hiển thị//
}
```

4. Mô phỏng hoạt động của hệ thống mô phỏng radar hàng hải

Để mô phỏng hoạt động của hệ thống, trước hết, thực hiện truyền và nhận dữ liệu giữa các máy tính. Máy tính chủ sẽ giao tiếp với PLC để nhận dữ liệu thông qua phần mềm Unity 3D. Toàn bộ dữ liệu như hướng, tốc độ của tàu chủ đều được lấy từ phần cứng. Tọa độ tàu chủ tại điểm có vị trí gần đảo Bạch Long Vĩ và vùng biển Hải Phòng. Điểm này có vĩ độ $20^{\circ}07'220''N$ và kinh độ $107^{\circ}05'754''E$. Tọa độ tàu chủ ở đúng vị trí đã chọn được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Bảng hiển thị thông số tàu chủ

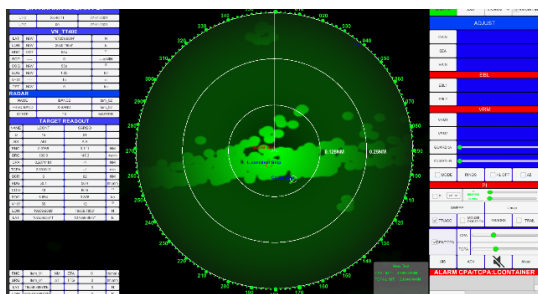
VN_TT400		
LAT	107°57.7441'	N
LON	20°0.7223'	E
HDG	55°	DEG
ROT	0	-- °/MIN
COG	55°	
SOG	0,45	KN
VHW	0,4°	0
DPT	0	KN

Tiếp theo là thử nghiệm chức năng đo khoảng cách (RNG) và góc (BRG) của tàu mục tiêu so với tàu chủ được biểu diễn ở Hình 6 và thống kê trong Bảng 2.

Bảng 2. Bảng thông số tàu mục tiêu

TARGET READOUT			
NAME	LCONT	CARGO	
ID	15	01	
AIS	AIS	AIS	
RNG	0,0717	0,1075	NM
BRG	199,6	137,02	DEG
CPA	0,1540176	0,17483	NM
TCPA	1,450326	2,462938	MIN
HDG	50,1°	50,4°	DEG
COG	40°	60,5°	DEG
SOG	5,654	3,876	KN
LAT	20°0.0490'	19°59.8630'	N
LON	107°59.5684'	107°59.9302'	E

Mọi thông số như vĩ độ, kinh độ, hướng tàu thực, khoảng cách của tàu mục tiêu LARGE CONTAINER, CARGO. Cùng một thời gian cho phép hiển thị thông tin hai tàu mục tiêu.

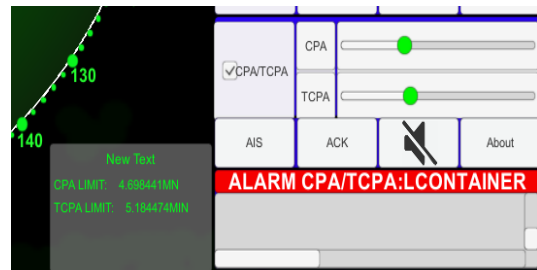


Hình 6. Hiển thị thông số tọa độ tàu mục tiêu

Tính năng khoảng đo cách khi xảy ra va chạm ngắn nhất và thời gian xảy ra va chạm ngắn nhất là tính năng cần thiết khi mô phỏng hệ thống radar. Khi vận hành hệ thống radar, người vận hành có thể thiết

lập hai thông số khoảng cách xảy ra va chạm nhỏ nhất (CPALimit) và thời gian ngắn nhất để dẫn đến va chạm (TCPALimit). Khi có cảnh báo radar thông báo cho người vận hành biết để phòng ngừa đâm va.

Khi tàu mục tiêu vi phạm các điều kiện cảnh báo, mọi thông số cảnh cáo, tên tàu mục tiêu sẽ được lưu lại là hiển thị trong hộp báo động. Người vận hành sẽ quan sát và đưa ra những giải pháp phù hợp để xử lý tình huống trong Hình 7.

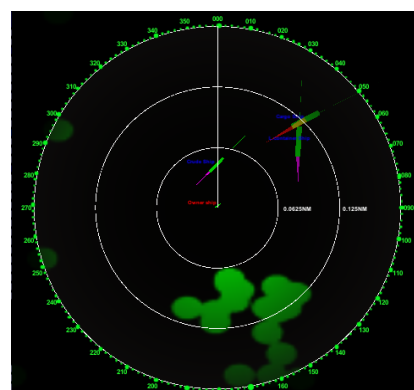


Hình 7. Hiển thị cảnh báo CPA và TCPA

Trong Hình 7, hai thông số ban đầu để thiết lập cho CPA_{LIMIT} , $TCPA_{LIMIT}$ là 4.6984MN và thông số 5.1844MIN. Sau khi tính toán từ radar đối với mỗi tàu mục tiêu nếu tàu nào có giá trị CPA và TCPA nhỏ hơn giá trị đặt thì sẽ phát tín hiệu cảnh báo.



Hình 8. Hiển thị nhiều thời tiết



Hình 9. Hiển thị vết tàu di chuyển

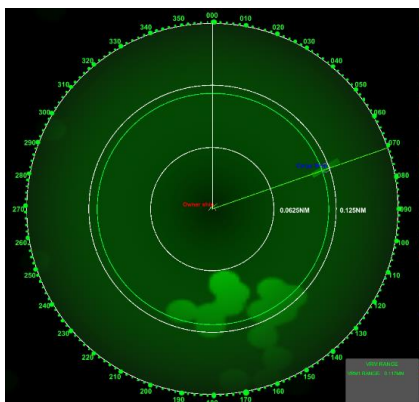
Điều kiện thời tiết là yếu tố ảnh hưởng đến yếu tố nhiễu trong radar. Nhóm tác giả đã mô phỏng yếu tố

nhiều mưa với mức 5 thể hiện trong Hình 8.

Trong một số tình huống nguy hiểm dẫn đến đắm tàu thì chức năng truy vết tàu (trail) là một yếu tố cần thiết cho việc tìm kiếm cứu nạn. Nhóm cũng mô phỏng chức năng này với những thông số theo quy chuẩn đối với radar hàng hải như Hình 9.

Cuối cùng, nhóm tác giả thực hiện xây dựng một số kịch bản huấn luyện hệ thống radar hàng hải, thử nghiệm và đánh giá, so sánh với một số hệ thống mô phỏng của hãng lớn như Transas, Kongsberg được lắp đặt tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

Một trong những kịch bản đó là cho tàu chủ xuất phát từ cảng Nam Đình Vũ với hướng 320° điều khiển tàu bằng vô lăng, hướng bắc thật N up, vận tốc 6,754kts và gặp hai tàu mục tiêu đi chạy theo chiều ngược lại, mục tiêu có phương vị $70,8^{\circ}$, khoảng cách 0.1179NM. Thời gian mô phỏng là 8 giờ 10 phút. Yêu cầu của radar đo khoảng cách từ tàu chủ đến hai tàu mục tiêu với từng thang đo cụ thể và dùng vòng cự ly động, tốc độ của tàu mục tiêu như Hình 10.



Hình 10. Hiển thị VRM, EBL

Hình 10 thể hiện đường phương vị (EBL) và vòng cự ly (VRM) được đo thủ công của tàu mục tiêu Cargo ship, giá trị đo được hiển thị trên màn hình radar. Bên cạnh phương pháp xác định thủ công, hệ thống mô phỏng radar này còn cho phép tự động tính toán khoảng cách và phương vị mục tiêu.

Qua quá trình thử nghiệm một số tính năng của radar và so sánh với hệ thống mô phỏng radar của Transas kết quả thu được cho thấy hệ thống radar này đáp ứng đủ được yêu cầu cơ bản trong huấn luyện radar hàng hải.

5. Kết luận

Trong bài báo này đã đề xuất giải pháp và thiết kế chế tạo thành công hệ thống mô phỏng radar hàng hải dựa trên thiết bị phần cứng PLC và phần mềm Unity 3D. Đặc biệt, mô phỏng gần chính xác cơ bản chức

năng radar thực cũng như các hệ thống radar hàng hải của nhiều hãng trên thế giới. Với nhiều tính năng như tạo nhiễu cho radar, quét mục tiêu, dùng các vòng cự ly động, truy vết tàu khi tìm kiếm cứu nạn. Hệ thống mô phỏng radar hàng hải này đã đáp ứng được 85% so với những hệ thống radar hàng hải của một số hãng lớn trên thế giới. Đặc biệt, nhóm tác giả còn làm chủ hoàn toàn công nghệ và nội địa hóa sản phẩm. Hướng phát triển của bài báo trong tương lai sẽ thử nghiệm nhiều thuật toán trong radar và xây dựng được hệ mô phỏng radar cho các loại thiết bị radar hàng hải khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] www.transas.com, NTPR4000 - Leaflet - prev.
- [2] MFD Radar User Manual -Transas Ltd., December 2010.
- [3] Lê Xuân Việt, Nguyễn Minh Đức, "Xây dựng phần mềm mô phỏng RADAR phục vụ đào tạo và huấn luyện", Tạp chí Khoa học Công nghệ Hàng hải, (Số 50), tr.75-78, 2017.
- [4] Tiểu Văn Kinh, *Sổ Tay Hàng Hải tập 1+2*, tr. 674-678, NXB Giao thông vận tải, Hà Nội, 2010.
- [5] Alan Bole, Alan Wall, Andy Norris, *Radar and ARPA manual*, Butterworth Heineman, pp.08-30, 2013.
- [6] David F. Burch, *Radar for mariners*, Mc Graw-Hill Education, pp.190-194, 2013.

Ngày nhận bài:	06/02/2021
Ngày nhận bản sửa:	26/02/2021
Ngày duyệt đăng:	11/3/2021