



전자해도 기반의 해상교통위험성평가시스템 개발

김원욱* · 김창제** · 윤대근*** · 김대희†

(*한국해양수산연수원 · **한국해양대학교 · ***목포해양대학교 · †㈜삼우이머션)

Development of Maritime Traffic Risk Assessment System based on ECDIS

Won-Ouk KIM* · Chang-Jae KIM** · Dae-Gwun YOUN*** · Dae-Hee KIM†

(*Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology · **Korea Maritime and Ocean University ·

***Mokpo National Maritime University · †SAMWOOimmersion Co., Ltd)

Abstract

This paper examines the maritime traffic risk assesment on fixed and moveable target(s) that feel risk during transit. Especially, this research delineates the development of a EDCIS-based system that can judge riskiness during ship maneuvering in real time. This research developed an innovative formula of collision-risk assessment, applying dynamic ship's activities by incorporating valuables of length, speed, and maneuverability of ship. A maritime traffic risk assessment algorithm was developed and programmed in order to apply the obtained formula to ECDIS. Especially, the program is expected to be highly useful in the field of voyage safety because, unlike other assessment systems, it can select the optimal course and ship speed in real time. In addition, the developed system will be effectively used as an innovative methodology in terms of collision avoidance and optimal course tracking in real time for SMART ships like autonomous ships in the near future.

Key words : Maritime traffic risk assessment, ECDIS, Dynamic ship's activities, Smart vessel, Autonomous vessel

I. 서론

선박은 충돌, 좌초, 침몰, 화재 등 여러 가지 종류의 해양사고가 발생한다. 이러한 해양사고의 원인을 분석한 결과 대부분이 운항자의 인적 오류, 즉 부적절한 주변 상황인식의 결과로 나타났다. 이 연구에서는 선박에 의한 해양사고 중 가장 높은 비율을 차지하는 충돌 예방을 위한 시스템 개발에 대해 고찰한다. 특히, 실시간 위험 예측이 가능한 전자해도 기반의 시스템을 개발하였다. 운항자는 충돌 방지를 위해 다양한 선교자원을 이용하여 주위 상황에 대한 위험성을 판단하

고 피항 여부를 결정한다. 이 연구에서는 선박의 길이, 속력 및 선박조종능이 고려된 동적선박영역(Wang, 2010) 기초로 충돌위험평가식(Kobayashi & Endoh, 1976)을 계산하였다. 그리고 이렇게 구해진 충돌위험평가식을 전자해도에 적용하여 해상교통위험성을 분석하였다. 특히, 전자해도 기반의 해상교통위험성평가는 선박운항안전 측면에서의 최적 항로 및 선속 등을 선정하는데 도움이 된다. 또한, 실시간 상대선과의 충돌 방지를 위한 피항 항로 선정 및 향후 자율운항선박 개발에 필요한 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다.

† Corresponding author : 051-610-0301, kdavid73@gmail.com,

II. 해상교통위험성 평가모델

해상교통위험성평가시스템에 적용한 해상교통 위험성평가의 이론적 모델은 Kim et al.(2017)의 연구인 “ 항해위험평가모델에 의한 연안역 항해의 안전 제고에 관한 연구”를 적용하였다.

해상교통위험성 평가지표를 설정하기 위해 선박의 위험영역에 대해 주목한다. 선박의 위험영역이란 이 영역 안에 타 선박이 진입할 경우 충돌의 위험성이 있다는 뜻으로 선박의 길이를 기준으로 한 정적선박영역(Fujii, 1971; Coldwell, 1983)과 선박의 길이 뿐 만 아니라 선속, 조종성능과 상대선의 주변 환경을 반영하는 동적선박영역(Kijima & Furukawa, 2001, 2003)으로 분류된다. 이때 위험영역은 경계영역과 한계영역으로 나누어지며 운항자는 경계영역에 진입한 장애물에 대해서 위험을 느끼고, 특히, 한계영역에 도달하면 아주 큰 위험을 느낀다(Arimura et. al., 1988; Kijima & Furukawa, 2003). 선박의 전방에 형성되는 경계영역 및 한계영역의 각각의 최대값인 무차원 경계영역거리 D_w/L (L 은 자선의 길이) 및 무차원 한계영역거리 D_b/L 를 다음 식으로 나타낸다(Arimura et. al., 1988; Kijima & Furukawa, 2003).

$$D_w/L = 2D_b/L - 1 \dots\dots\dots (1a)$$

$$D_b/L = 1 + 1.34 \times \sqrt{[10^{(0.3591 \log v_k + 0.0952)}]^2 + [10^{(0.5441 \log v_k - 0.0795)}]^2} / 4 \dots\dots\dots (1b)$$

여기에서, v_k 는 노트(kts)로 나타낸 자선의 속력이다. 식(1a)와 식(1b)는 자선의 조종성능 및 속력이 반영된 거리를 나타낸 것으로, 선박의 충돌 위험이 발생하는 자선의 전방영역에 주목한다.

이 위험영역을 이용하여 Kim et al.(2017)의 식(2)에 의하면 자선 침로전방(정선수방향)에 정지하고 있는 장애물을 고려할 때, 다음 식(1)과 같이 표현된다.

$$CJ = \frac{v_R}{R} \dots\dots\dots (1)$$

$$= \frac{v_o}{R}$$

여기에서, $v_R = v_o$ 이다.

식(1)의 거리 R 에 Kim et al.(2017)의 식(1)에서 구한 D_w 또는 D_b 를 대입하여 다음 식과 같이 해상교통위험을 평가한다.

$$CJ_w = \frac{v_0}{D_w} \dots\dots\dots (2a)$$

$$CJ_b = \frac{v_0}{D_b} \dots\dots\dots (2b)$$

식(3)은 자선의 길이, 속력 및 조종능력 등을 반영하여 항해위험의 최소값을 산정한 것이다. 구체적으로는, 고정 장애물이 존재할 때 자선 정선수를 기준으로 -90° 에서 90° 까지 1° 간격으로 식(2)를 산정하여 CJ 값이 CJ_w 이상인 값을 평균하고, 평균한 값을 다음 식에 의해 지표화한다.

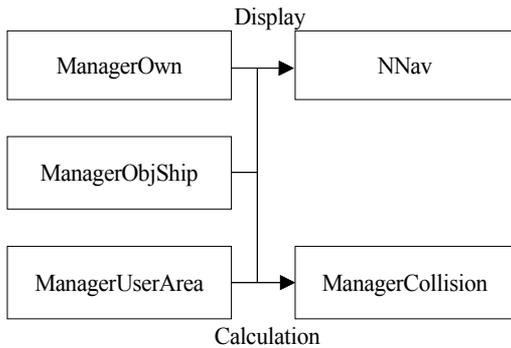
$$0 \leq CJ < CJ_w : [\text{주의}]$$

$$CJ_w \leq CJ < CJ_b : [\text{위험}] \dots\dots\dots (3)$$

$$CJ_b \leq CJ : [\text{매우위험}]$$

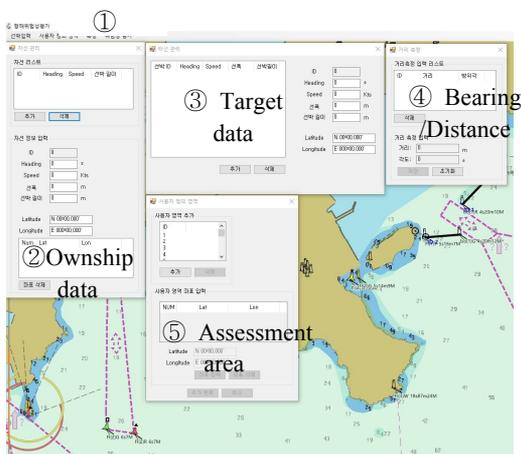
III. 개발 방법

해상교통위험성평가시스템은 Microsoft Visual Studio 2010를 사용하였고 Microsoft .NET Framework 4 기반의 C#언어로 개발하였다(McConnell, 2003; Leffingwell, 2007). 개발 내용으로 각 클래스를 역할별로 캡슐화하여 관리가 용이하게 설계하였다. [Fig. 1]은 해상교통 위험성 평가시스템을 Class Design Pattern을 도식으로 나타낸 것이다.



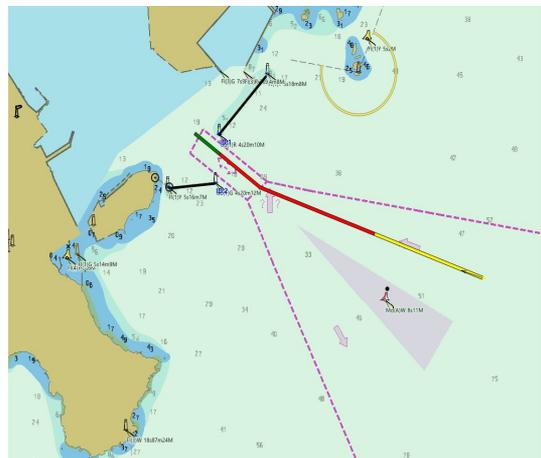
[Fig. 1] Class Design Pattern

해상교통위험성평가시스템은 [Fig. 2]에서 보는 바와 같이 메뉴바(①)에 선박입력창, 사용자정의 영역창, 측정창, 위험성평가창으로 구성되어있다. 선박입력창에는 자선(②)과 타선(③)의 전장 및 선속을 입력한다. 측정창(④) 특정 지점에 방위와 거리를 측정한다. 그리고 사용자정의영역창은 위험성평가(⑤)가 필요한 구역을 설정하는 기능을 담당한다. 그리고 이러한 시나리오가 완성된 경우 해상교통위험성평가를 이용하여 위험성을 평가한다. 이때 녹색은 [주의], 노란색은 [위험], 붉은색은 [매우위험]으로 표현된다.



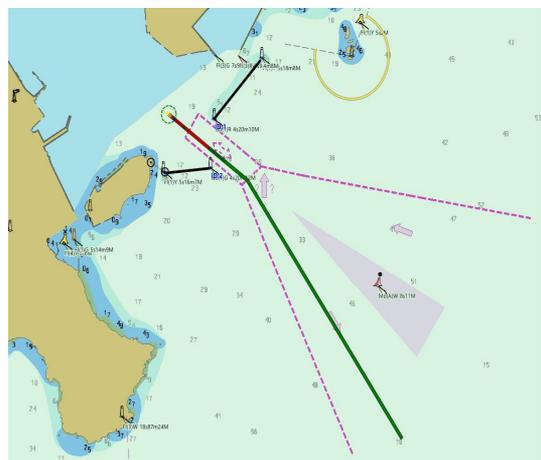
[Fig. 2] Maritime Traffic Risk Assessment System

[Fig. 3] & [4]는 해상교통위험성평가시스템을 이용하여 부산항에 대한 입출항 평가를 수행한 것이다. 이때 대상선박의 전장은 100m, 선속은 10kts이다. [Fig. 3]은 입항의 경우로 진입항로에 막 진입한 경우는 [위험]상태, 중간쯤 진입한 후 부터 방파제 입구 약간 전까지 [매우위험]상태에 도달하고 그 이후 [주의]상태로 변한다.



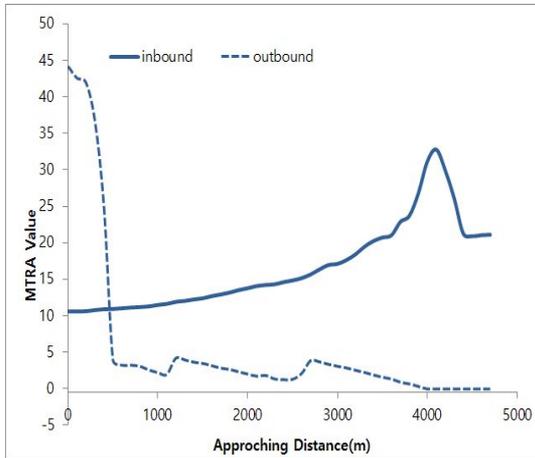
[Fig. 3] LOA 100m, 10kts inbound (Busan)

[Fig. 4]는 출항의 경우로 방파제를 통과한 후 운항상 장애물이 사라지면서 [주의]상태로 분석되었다.



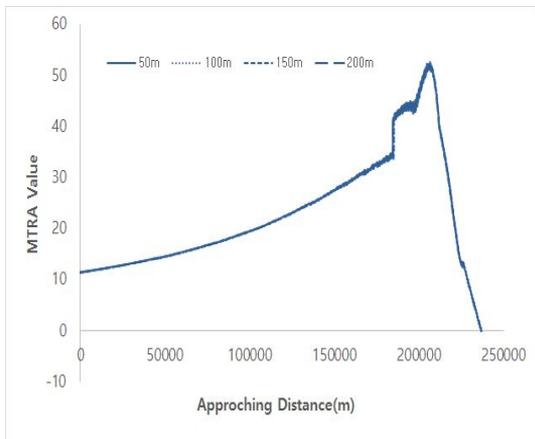
[Fig. 4] LOA 100m, 10kts outbound (Busan)

[Fig. 5]는 [Fig. 3] & [4]의 결과를 해상교통위험성평가시스템의 메뉴인 그래프 기능을 이용하여 분석한 것이다. 그 결과 출항의 경우는 방파제부근에서 위험을 느끼다가 감소하고 있고 입항의 경우는 위험감이 서서히 증가하다가 방파제부근에서 최대값을 나타내고 감소하고 있다.



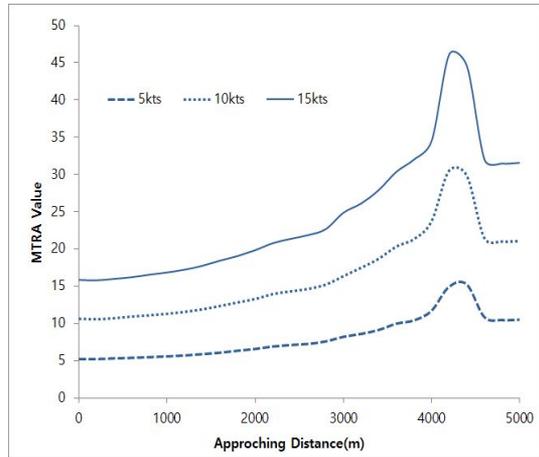
[Fig. 5] Maritime Traffic Risk Assessment graph (Busan port inbound & outbound)

[Fig. 6]은 부산항 입항 시 전장별(이때 선속은 10kts)로 해상교통위험성 평가를 수행한 결과인데 위험도 차이는 거의 없는 것으로 분석되었다.



[Fig. 6] Maritime Traffic Risk Assessment graph according to LOA

[Fig. 7]은 전장이 200m인 동일한 선박을 대상으로 선속별로 구분하여 해상교통위험성 평가를 수행한 결과이다. 그 결과 선속 증가에 따라 위험도는 빠를수록 급격하게 증가하였다.

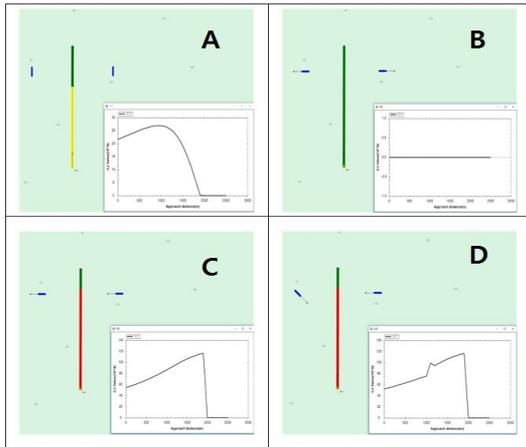


[Fig. 7] Maritime Traffic Risk Assessment graph according to speed

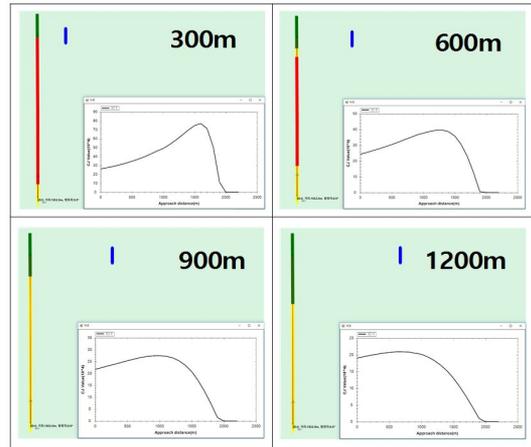
[Fig. 8]은 타선에 대한 해상교통위험성평가를 나타낸 것으로 자선은 전장 200m, 선속은 10kts이다. 이 경우 실제 상황과 동일하게 정지한 타선과 움직이는 타선에 대해 각각 분석을 실시하였다. 시계방향의 제일 첫 번째 그림은 자선의 진행방향 1.0nm에 좌현과 우현에 정지한 선박이 0.5nm에 위치한 경우이며, 두 번째는 자선의 진행방향과 반대로 270도와 090도로 10kts로 운항하는 경우이다. 세 번째는 좌현 선박은 130도, 우현선박은 090도로 자선의 진행방향에 제한요소가 되는 경우이다. 마지막은 좌·우현 선박이 모두 270도로 운항하는 경우에 대한 결과이다.

[Fig. 9]는 [Fig. 8]의 해상교통위험성평가 분석 결과를 그래프로 자세히 나타낸 것이다.

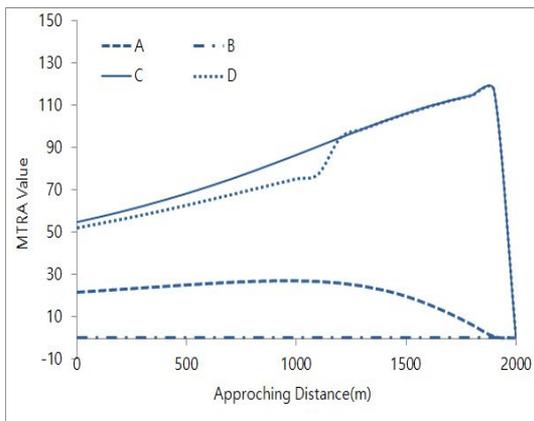
[Fig. 10]은 자선의 진행방향 우현에 정지한 선박이 시계방향으로 300m, 600m, 900m, 1,200m로 300m간격으로 멀어지는 경우에 대한 해상교통위험성평가이다.



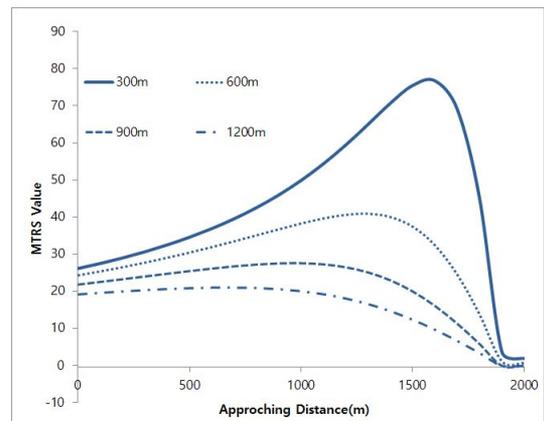
[Fig. 8] Maritime Traffic Risk Assessment (Traffic vessel)



[Fig. 10] Maritime Traffic Risk Assessment (Stopping vessel)



[Fig. 9] Maritime Traffic Risk Assessment (Traffic vessel)



[Fig. 11] Maritime Traffic Risk Assessment (Stopping vessel) graph

[Fig. 11]은 정지된 선박에 대하여 거리별로 해상교통위험성평가를 그래프로 자세히 나타낸 것으로 300m와 600m와의 위험도 차이는 크나 600m은 그 차이가 크지 않다. 실제 항해사들은 타선과 어느 정도 거리로 떨어진 경우 그 차이에 관계없이 비슷한 위험도를 느낀다.

IV. 결론

이 연구는 선박의 길이, 속력 및, 조종성능 등

의 변화에 적용할 수 있는 항해위험성평가모델을 구축하여 전자해도에 적용한 것이다. 이를 이용하여 부산항 및 타선과의 관계를 분석한 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 입항의 경우 방과제 진입 전까지는 거리에 따라 [주의], [위험], [매우위험] 단계를 유지하다가 방과제 통과 후에는 [주의] 단계로 위험의 정도가 낮아짐을 알 수 있었다.

2) 출항의 경우는 방과제 통과 전까지는 [매우 위험] 단계를 유지하다가 통과와 동시에 [주의] 단

계로 급격하게 낮아졌다.

3) 타선과의 관계에서는 자신의 진로에서 가까울수록, 진행방향에 접근할수록 위험도가 증가함을 알 수 있었다.

4) 즉, 선박이 위험물에 가까울수록, 전장이 길수록, 선속이 빠를수록 위험도가 증가되는 평가값이 실제 운항형태와 일치하여 해상교통위험성 평가에 대한 신뢰성을 검증하였다.

이 연구에서 고찰한 해상교통위험성평가시스템에 추가로 레이더 및 AIS데이터를 수집하여 분석할 경우 실시간 운항 안전을 고려한 최적항로 선정, 상대선과의 충돌 방지를 위한 피항 항로 선정이 가능할 것이다. 그리고 미래의 스마트선박 증에 하나인 자율운항선박의 기초 자료로 사용될 수 있을 것이다.

References

Arimura, N., K. Yamada, K. Watanabe, N. Shiota and K. Ohtani(1988), A Study on Man-machine System in Vessel Traffic Flow, Ship's Research, Vol 25, No. 3, \Research Report, 55~71(in Japanese).

Coldwell, T. G.(1983), Marine traffic behaviour in restricted waters, The Journal of Navigation, 36, 431~444.

Fujii, Y. and K. Tanaka(1971), Traffic capacity, The Journal of Navigation, 24, 543-552.

Kijima, K. and Y. Furukawa(2003), Automatic collision avoidance system using the concept of blocking area, Proc. of IFAC Conf. on Manoeuvring and Control of Marine Craft, Girona, Spain. pp. 262~267

KIM, Won-Ouk · KANG, Song-Jin · YOUN, Dae-Gwun · BAE, Jun-Young and KIM, Chang-Je(2017), A Study on the Coastal Navigation Safety by Navigational Risk Assessment Model, Journal of Fishier and Marine Educational Research 29(1), 201~207

Kobayashi H. and M. Endoh (1976), “Analysis of Collision Avoiding Action of Ship”, Journal of Japanese Navigation Research, No. 55, 101-109(in Japanese).

Leffingwell, D.(2007), Scaling Software Agility, Part II, 102~114.

McConnell, S.(2003), Professional Software Development: Shorter Schedules, Higher Quality Products, More Successful Projects, Enhanced Careers, 161~181.

Wang, N.(2010). An Intelligent Spatial Collision risk Based on the Quaternion Ship Domain, The Journal of Navigation, 63, 733~749.

-
- Received : 06 July, 2017
 - Revised : 21 July, 2017
 - Accepted : 15 September, 2017