

선박충돌사고의 AIS 데이터를 이용한 선박 충돌위험도 추정 알고리즘 검증에 관한 연구

†손남선 · 김선영*

†한국해양연구원 해양시스템안전연구소, *한국해양연구원 해양시스템안전연구소

Validation on the Algorithm of Estimation of Collision Risk among Ships based on AIS Data of Actual Ships' Collision Accident

†Nam-Sun Son · Sun-Young Kim*

†MOERI/KORDI, 171 Jang-dong, Yuseong-ku, Daejeon 305-343, Korea

*MOERI/KORDI, 171 Jang-dong, Yuseong-ku, Daejeon 305-343, Korea

요 약 : 해양사고에서 선박간의 충돌사고가 많은 부분을 차지하고 있으며, 상당수가 인적오류에 의해 발생되고 있다. 본 논문에서는 선박에서 항해사의 안전운항을 효과적으로 지원하고 충돌사고를 방지하기 위해 다중선박의 충돌 위험도를 추정하는 알고리즘을 개발하였다. 선박 충돌위험도 추정 알고리즘은 선박들의 항행정보로서 AIS 정보를 사용하고 퍼지 이론을 이용하여 충돌위험도를 계산한다. 지난 연구에서는 고안된 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 울산항 해상교통관제(VTS) 센터로부터 실제 울산항에서 운행된 선박들의 AIS데이터를 수집하였고, 이를 기반으로 검증 시뮬레이션을 수행한 바 있다. 본 논문에서는 선박 충돌위험도 추정 알고리즘을 좀더 정밀하게 검증하기 위해 실제 해상충돌사고 데이터에 적용해 보고자 하였다. 이를 위해, 2009년 부산항에서 발생한 석유제품 운반선과 화물선간의 충돌사고에 대한 AIS 데이터를 수집하였고 이를 이용하여 선박운항 시뮬레이터 기반 재생 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 결과, 실제 사고 상황에 적용할 경우 충돌 사고가 일어나기 전에 충돌 위험을 표시하여 충돌사고를 경고할 수 있음을 확인할 수 있었다.

핵심용어 : 충돌위험도, 퍼지알고리즘, 선박충돌사고, 재생시뮬레이션, 선박자동식별시스템(AIS), 해상교통관제

Abstract : An estimation algorithm of collision risk among multiple ships has been developed in order to reduce human error and prevent collision accidents. The algorithm is designed to calculate the collision risk among ships based on Fuzzy theory by using AIS data as traffic information. In this paper, to validate the algorithm, the AIS data of actual collision accident, which occurred between a product carrier and a cargo carrier in Busan harbor in 2009 are collected. The replay simulation is carried out on the actual AIS data and the collision risk is calculated in real time. In this paper, the features of the estimation algorithm of collision risk and the results of replay simulation based on AIS data of actual collision accident are discussed.

Key words : collision risk, fuzzy algorithm, ship collision accident, replay simulation, automatic identifaciton system (AIS), vessel traffic control

1. 서 론

선박에서 근거리의 충돌 위험상황은 항해사의 견시를 통해서 인지되고, 레이더(Radar)와 ECDIS(Electronic Chart Display and Information System)와 같은 운항지원 장비를 통해 좀더 넓은 범위의 충돌상황이 식별된다. 또한, 연안 해역에서 충돌 좌초의 정보는 해상교통관제센터와 VHF 음성 통신을 통해 획득될 수 있다. 그러나, 충돌 위험상황의 최초 인지시점부터 회피 기동시점까지, 항해사가 수동으로 항해장비들을 일일이 확인하고 대처해야 하기 때문에, 시간이 많이 소요된다. 해양사고의 30% 정도가 충돌사고이며 그 사고의

90% 이상이 인적오류에 의해 발생되고 있다(해양안전심판원, 2009).

선박의 충돌 위험을 추정하는 목적은 두 가지로 나뉘 볼 수 있는데, 첫 번째 목적은 선박 관점에서 충돌상황을 인지하고 안전한 피항 경로를 탐색하기 위함이다. 다른 하나는 관제센터 관점에서, 충돌 없이 선박들의 경로를 안전하고 효과적으로 유도하기 위함이다.

기존 연구에서는, 선박 충돌위험도를 정량화하기 위해, 레이더와 같은 시스템의 오차특성을 이용하여 충돌 확률을 정의한 바 있다(Imazu and Koyama, 1984; Koyama and Yan, 1987). 자동 충돌 회피 시스템에서는 선박들 간의 충돌 위험을

† 연회원, namsun76@moeri.re.kr 042)866-3646

* 종신회원, sykim@moeri.re.kr 042)866-3641

평가하기 위해 블록영역을 도입한 바 있다(Furukawa and Kijima, 2003). 또한, 타선과 자선을 연결한 주시선(Line-of-sight, LOS)을 이용하여 충돌위험을 평가하기도 하고(Wilson and Harris, 2006), 원형의 선박영역(Circle-shaped ship domain) 개념으로 선박 충돌 위험을 정의한 사례(Szlapczynski, 2006)도 있다. 그러나 이와 같은 알고리즘은 선박간의 충돌거리 혹은 충돌시간을 기반으로 두 선박간의 충돌위험을 고려하고 있는데, 물론 확장시 다중 선박도 고려가 가능하나, 일단 두선박만을 고려하고 있기 때문에, 실제 해역과 같은 수십 척의 선박간의 위험성을 동시에 평가하기 어려운 점이 있다.

충돌 위험을 효과적으로 추정하기 위해 퍼지 이론이 사용되기도 하는데, 선박간 최근접시간(Time to the closest point of approach, TCPA) 및 최근접거리(Distance to the closest point of approach, DCPA)를 바탕으로 충돌위험을 추론하고 충돌위험의 범위를 추론한 바 있다(Hasegawa, 1989; Hara, 1993). 이 결과를 바탕으로 선박 충돌 회피 시스템에 적용한 사례들(Lee and Rhee, 2001; Kijima and Furukawa, 2001)도 있다. 또한, 퍼지 알고리즘을 이용하여 자선 주위의 방향별 충돌 위험도를 추정하고 주관적 위험도인 환경 스트레스 모델에 의한 결과와 비교 연구(손 등, 2009)를 수행한 바 있다. 퍼지 이론에 의한 충돌 위험평가는 충돌 상황시 수십 척의 선박간의 정량적 충돌위험을 실시간 추정할 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는, 퍼지이론을 이용한 다중선박의 충돌위험도 추정 알고리즘을 설계하고, AIS(Automatic Identification System) 해상교통데이터를 이용하여 그 성능을 검증하고자 하였다. 지난 연구(Son et al., 2009)에서는, 울산항 VTS 센터에서 수집된 25척의 선박에 대한 2시간 가량의 해상교통 데이터를 기반으로 평시 통항 상황에 대한 충돌위험도 추정성능을 검증하여 보았다. 이를 통해 전방조우상황, 추월상황 및 항로 교행 상황시 다중선박의 충돌위험도가 잘 추정됨을 확인한 바 있다. 본 논문에서는, 2009년에 부산에서 발생한 석유제품운반선과 화물선간의 선박 충돌시 AIS 실제 데이터를 수집하고, 이를 기반으로 충돌위험도 추정 성능을 검증하고자 하였다. 본 논문에서는, 다중선박 충돌위험도 추정 알고리즘의 특징과 선박충돌사고 AIS데이터 기반 재생 시뮬레이션 결과에 대해 소개한다.

2. 다중 선박의 충돌 위험도 추정 알고리즘

2.1 다중 선박 충돌위험도 모니터링 시스템의 설계

선박에서 항해사의 운항을 안전하고 효율적으로 지원하기 위해, 선박 탑재형으로 다중 선박 충돌위험도 모니터링 시스템을 설계하였으며, Fig.1은 그 개념을 보여준다.

자선박(Own ship)은 AIS를 이용하여, 주위 타선박(Traffic ship)의 해상교통정보를 받을 수 있다. AIS 정보를 이용하여

추정된 선박간의 최근접거리 및 최근접시간, 그리고 선박 특성정보인 속도 및 제원을 바탕으로 퍼지 기반 다중선박들의 충돌위험도를 추정하게 된다. 본 알고리즘에서는 다중선박들의 교통정보를 모두 고려한 개별 선박의 충돌위험도(Collision Risk, CR)를 산출하고, 이를 통해 수십 척의 선박들이 운항되는 복잡한 상황에서, 어느 선박들 그리고 어느 해역이 가장 위험한가를 쉽게 인지할 수 있도록 지원하고자 한다.

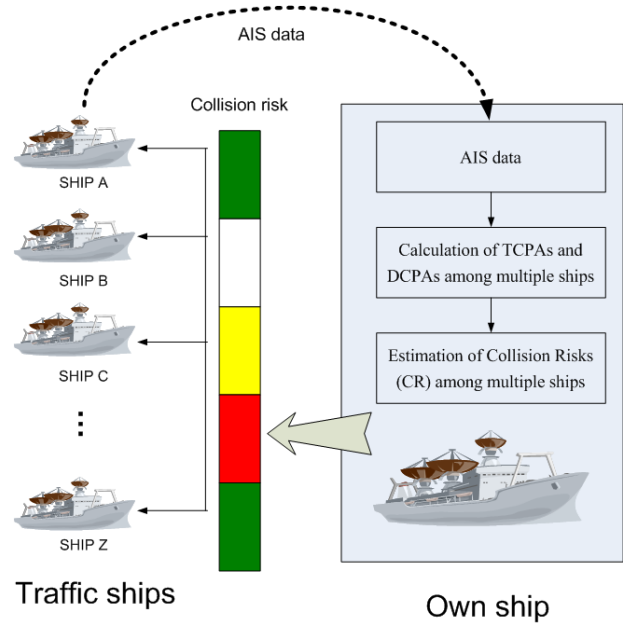


Fig. 1 Procedure of a monitoring system of collision risks among multiple traffic ships

Fig. 2는 다중선박 충돌위험도 모니터링 시스템의 사용자 인터페이스를 보여준다. 전자해도 기반의 표시화면상에 타선들이 표시되고, 충돌위험도 수준(CR:0.0-1.0)별로 색상이 표시된다. 위험이 거의 없는 선박(CR:0.0-0.4)의 경우 흰색으로, 위험은 있으나, 안전한 선박(CR:0.4-0.6)의 경우 녹색으로, 주의를 요하는 선박(CR:0.6-0.8)의 경우 황색으로, 충돌이 임박한 선박(CR:0.8-1.0)의 경우 적색으로 표시하도록 하였다.

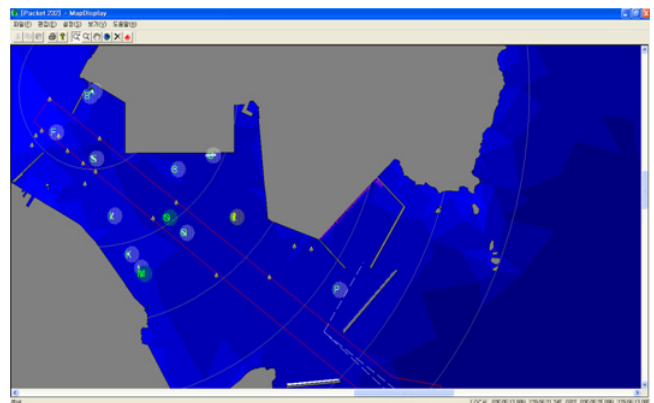


Fig. 2 GUI of monitoring system of collision risk

2.2 퍼지 기반 다중선박 충돌위험도 추정 알고리즘

Fig.3은 퍼지알고리즘을 이용한 충돌 위험도 추정 흐름을 보여준다. 여기에서 i 는 충돌위험도가 계산되는 선박의 순번이며, 이를 자선이라고 가정하면, j 는 i 번째 자선박의 충돌위험도를 계산하는 경우, 조합되는 타선박의 순번으로서, i 번째 선박, 즉 자선을 제외한 타선박의 순번을 의미한다. k 는 i 번째 자선박의 방향별 위험도를 계산하는 경우 사용되는 방향별 순번을 의미한다. 방향별 위험도는 좌현 90도에서 우현 90도의 범위를 상정하였다. 그리고, P_i 는 i 번째 선박의 AIS 정보를 의미하는데, 이를 구성하는 X_i, Y_i, ψ_i, V_i 는 각각 경위도 위치값, 침로(Course of Ground)와 속도를 의미한다. N_T 와 N_θ 는 각각 모든 선박의 척수와 단위방향의 총수를 의미한다. 단위각은 변경이 가능하며, 본 논문에서 단위각은 15도이고, N_θ 는 13을 가정하였다. k 가 0이면, 방향각은 좌현 90도, 즉 -90도를 의미한다.

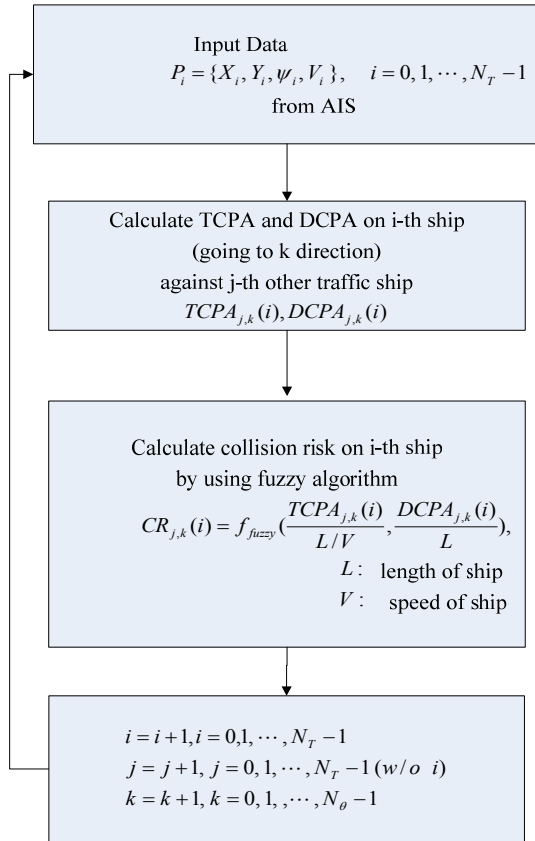


Fig. 3 Flow chart of estimation algorithm of collision risk among multiple ships

Fig.3에 도시된 다중 선박 충돌위험도 추정은 다음과 같은 알고리즘을 이용하여, 계산된다.

(1) i 번째 선박의 충돌 위험도를 계산하기 위해서는, i 번째 선박이 k 번째 방향으로 이동한다고 가정하고, j 번째 선박과의

최근접시간, $TCPA_{j,k}(i)$ 와 최근접거리, $DCPA_{j,k}(i)$ 를 계산한다.

(2) j 를 증가시키면서, 퍼지 알고리즘을 이용하여, $CR_{j,k}(i)$ 를 계산한다. 이 때, $CR_{j,k}(i)$ 는 식(1)에 보는 바와 같이, 앞서 계산한 최근접시간과 최근접거리, 그리고 선박의 길이(L)와 속도(V)를 이용하여 계산된다. 퍼지알고리즘의 상세한 내용은 이전 연구(손 등, 2009)에서 설명하였다.

$$CR_{j,k}(i) = f_{fuzzy}\left(\frac{TCPA_{j,k}(i)}{L/V}, \frac{DCPA_{j,k}(i)}{L}\right) \quad (1)$$

그리고, i 번째 선박의 k 방향의 충돌 위험도는 식(2)와 같이, 모든 타선박과의 조합들 중에 가장 높은 충돌위험도가 선택된다.

$$CR_k(i) = \max(CR_{j,k}(i)) \quad (2)$$

여기서, $|CR_{j,k}(i)| \leq 1.0$ 이다.

(3) k 를 증가시키면서, (2)의 절차를 반복하면서, i 번째 선박의 k 번째 방향의 충돌위험도 $CR_k(i)$ 를 모두 계산한다.

(4) 결국, 다중선박을 고려한 i 번째 선박의 충돌위험도, 즉 $CR(i)$ 는 식(3)과 같이, 방향별 가중합수를 고려하여, 계산된다(공, 2003).

$$CR(i) = \frac{\int_{\theta_0}^{\theta_f} CR_k(i) \cdot w(\theta_k) d\theta_k}{\int_{\theta_0}^{\theta_f} 1 \cdot w(\theta_k) d\theta_k} \quad (3)$$

여기서, k 번째 방향각 θ_k 는 식 (4)와 같다.

$$\theta_k = \psi_i + \theta_{unit} \cdot k - \frac{\theta_f - \theta_0}{2} \quad (4)$$

본 논문에서, θ_0 는 -90도, θ_f 는 +90도이며, θ_{unit} 은 단위 방향각으로서, 15도이다. ψ_i 는 i 번째 선박의 침로(Course of Ground)를 의미한다.

$$\text{또한, } |\theta| \leq 90\text{deg, } w(\theta) = \cos\left(\frac{90}{110}\theta\right).$$

(5) i 를 증가시키면서, (4) 절차를 반복하면, $CR(i)$ 를 모두 계산할 수 있으며, 이는 모든 선박을 고려하여, N_T 개의 선박 각각에 대한 충돌위험도를 모두 계산할 수 있음을 의미한다. 여기서, 충돌위험도는 $|CR(i)| \leq 1.0$ 의 범위를 갖는다.

3. 선박 충돌사고의 AIS 데이터를 이용한 선박 충돌위험도 추정성능 검증 기법

3.1 AIS 데이터의 재생 시뮬레이션 기법

다중 선박 충돌위험도 추정 알고리즘의 성능 검증을 위해,

실제 AIS 데이터를 재생하는 검증 기법을 고안하였다. Fig.4에서 보는 바와 같이, MOERI의 선박운항 시뮬레이터를 사용하여, 테스트베드를 구축하였다.

AIS 데이터를 선박운항 시뮬레이터의 타선 데이터베이스에 맞도록 변환작업을 수행하고, Fig. 2에서 설명한 충돌위험도 추정 시스템을 선박운항 시뮬레이터와 네트워크로 연결하였다. 이를 통해, 충돌위험도 추정 시스템은 마치 실제 AIS 신호가 들어오는 것처럼 시뮬레이터를 통해 모사된 타선 정보를 실시간 입력받을 수 있다. 또한, 추정 시스템은 입력된 타선정보를 바탕으로 개발된 추정 알고리즘을 통해 실시간 다중선박 충돌위험도를 추정하여 화면상에 표시한다.

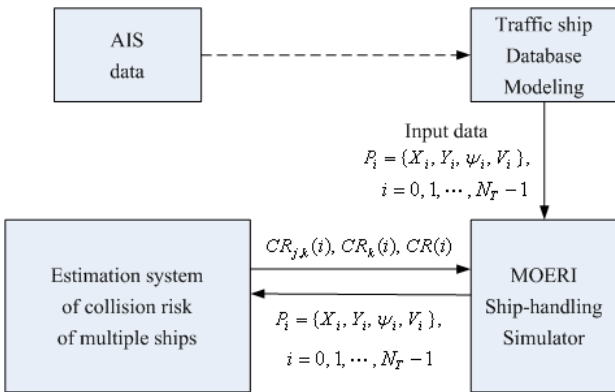


Fig. 4 Configuration of test-bed based on ship-handling simulator in MOERI

3.2 부산항 선박 충돌사고 AIS 데이터

다중 선박 충돌위험도 추정 알고리즘의 성능 검증을 위해, 실제 AIS 데이터를 확보하였다. 지난 연구에서는 충돌사고가 없는 일반적인 통항상황에 대한 성능검증을 위해, 울산항 VTS센터로부터 획득한 AIS 데이터의 재생 시뮬레이션을 수행한 바 있다. 여기서, 전방조우상황과 추월상황 및 항로 교차상황과 같은 사례에 대해 충돌위험도를 잘 추정하고 있음을 확인하였다(Son et al., 2009).

본 논문에서는, 실제 충돌사고와 같이, 긴급한 상황에서 충돌위험도를 잘 추정하는지 그리고, 사전에 충돌 위험을 식별하고 해당 위험선박을 추정할 수 있는지 검증하기 위해, 2009년 부산항에서 발생한 석유제품운반선과 화물선간 충돌사고의 AIS 데이터를 수집하였다. 해당 AIS 데이터는 국토해양부의 협조를 받아, 해양안전종합정보시스템(GICOMS)에서 추출하였다.

Fig. 5는 사고 당시 부산항 사고해역 근처의 AIS의 궤적을 보여준다. 실제 확보된 244척의 AIS 데이터 중 사고해역과 멀리 떨어져 있거나, 정지해 있는 등 사고와 직접적인 관련이 없는 선박은 제외하였으며, Table 1에 최종 구축된 19척의 선박의 종류와 주요제원을 정리하였다. Table 1의 R선박과 E선박이, 본 충돌사고의 대상선박인 석유제품운반선과 화물선이다.

Table 1 Main dimensions of traffic ships

ID of database	Ship type	Length(m)
A	Tugboat	30
B	Tugboat	32
C	Tugboat	32
D	Tugboat	43
E	Cargo Carrier	87
F	Tugboat	21
G	Tanker	109
H	Tugboat	21
I	Tugboat	30
J	Pilot-boat	30
K	Tugboat	32
L	Tanker	68
M	Tanker	79
N	Chemical carrier	121
O	Cargo Carrier	93
P	Tugboat	19
Q	Product Carrier	49
R	Product Carrier	99
S	Cargo Carrier	134

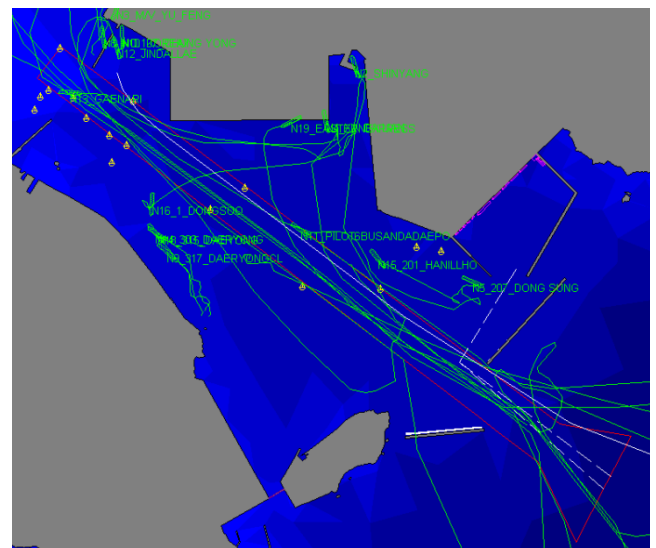


Fig. 5 Traffic database modeling based on actual AIS data of VTS center in Busan, Korea

Fig. 6는 당시 석유제품운반선(이하 제품운반선)과 화물선간의 충돌사고 개요를 보여준다(중앙해양안전심판원, 2009). 제품운반선은 동명부두를 출항하여 항로로 진입하고 있었고, 화물선은 부산항 제7부두를 출발하여 항로상에서 출항 중이었다. 제품운반선은 입항선만 주의하다가 경계소홀로 출항중인 화물선을 인지하지 못하였고, 화물선은 항로상 과속을 하면서 적절한 피항 동작을 하지 못하여 충돌사고가 발생하였다. 상대 선박의 초인은 사고 3분 전에 가서야 이루어졌고, VHF를

통한 경고도 사고 불과 1분 20초전에는 이루어져 상호 대응이 늦었다. 본 사고사태에 대해, 본 연구에서 개발된 다중선박 충돌위험도 추정 알고리즘을 적용하여, 충돌위험도의 적절한 추정여부와 사고 시각 이전의 위험선박 식별성을 검증하여 보고자 한다.

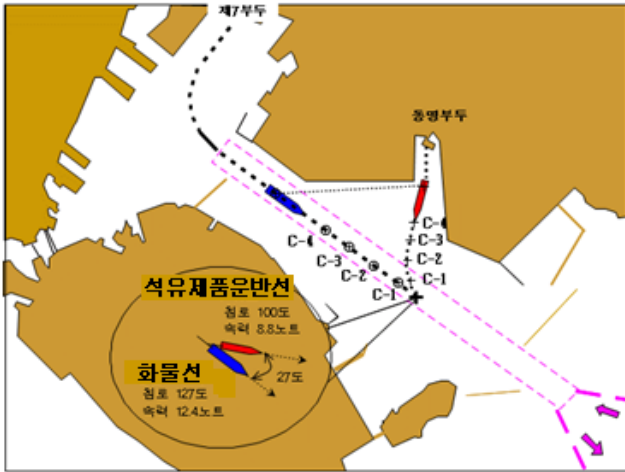


Fig. 6 Summary of actual collision accident between a product carrier and a cargo carrier in Busan, Korea (KMST, 2009)

4. 시뮬레이션 결과

다중선박의 충돌위험도 추정 알고리즘의 성능을 시험하기 위해, 부산항에서 발생한 석유제품운반선과 화물선의 충돌사고에 대한 AIS 데이터를 수집하였다. 그리고 선박운항 시뮬레이터 기반으로 선박 충돌사고 AIS 정보를 재생하는 시뮬레이션을 수행하였다.

Fig. 7부터 Fig. 12까지는 재생 시뮬레이션을 수행 중 충돌위험도 표시화면을 저장한 장면을 보여준다. Fig. 7부터 Fig. 12는 각각 석유제품운반선(R-ship)과 화물선(E-ship)의 충돌사고 15분전, 10분전, 6분전, 5분전, 3분전 및 사고 순간의 장면을 보여준다. 화면상의 선박들에는 Table 1에서 정리한 선박 ID가 표시되어 있으며, 앞서 2절에서 서술한 바와 같이, 충돌위험도 별로 색깔이 반투명 원형에 입혀져 있다. 흰색에서 녹색, 황색, 적색으로 갈수록 충돌위험도가 높은 것을 보여준다.

우선, 충돌사고 15분전에는 Fig. 7에서 보는 바와 같이, 제품운반선(R-ship)은 동명부두에서 항로 사이의 중간해역에서 항로를 향해 출항하고 있으며, 화물선(E-ship)은 7부두에서 출발하여, 항로를 따라, 출항을 하고 있었다. 실제 사고에서는, 제품운반선은 입항선만 주의하다가, 출항중인 화물선을 인지하지 못하였다. 그러나 재생 시뮬레이션에서는, Fig.7의 화면에서 보듯이, 선박 충돌위험도 추정 알고리즘을 이용하면, 다른 선박과는 달리 동명부두에서 출항하여 접근 중인 제품운반선(R-ship)이 주의를 요하는 황색으로 표시되고 있음을 알 수

있다. Fig. 8에서 보듯이, 사고 10분전에는, 제품운반선(R-ship)이 항로에 가까워지는 순간으로, 제품운반선(R-ship)은 적색으로서, 충돌이 임박한 선박으로 표시되고 있다. 실제 사고에서는 입항하는 선박만을 주의하다가 출항하는 화물선(E-ship)을 인지하지 못하지만, 선박 충돌위험도를 이용하면, 항로로 진입하는 제품운반선(R-ship)의 위험성을 사전에 인지할 수 있음을 알 수 있다.

사고 6분전과 5분전으로 진행하면서, Fig. 9와 Fig. 10에서 보는 바와 같이, 출항선인 화물선(E-ship)도 황색에서 적색으로 변하면서, 충돌위험도가 주의에서 충돌임박으로 표시되고 있다. 이를 통해, 충돌사고 이전에 충돌위험도가 순차적으로 증가하고 있음을 확인할 수 있다. 그러나 실제 사고에서는 사고 5-6분전에도 모두 상대선박을 인지하지 못하고 있었다.

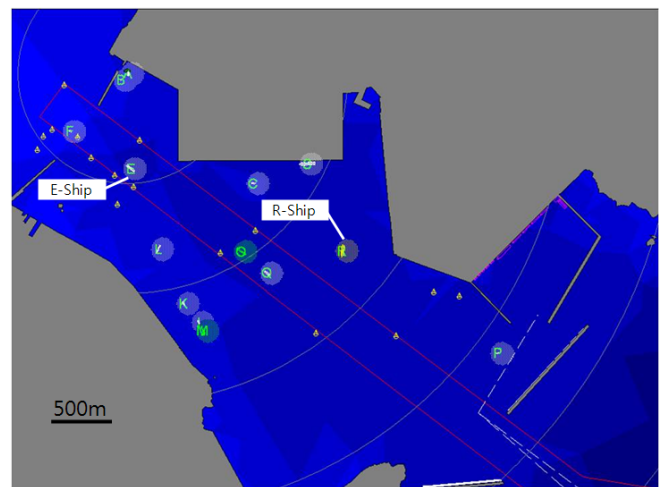


Fig. 7 Photograph of replay simulation at 15 minutes before collision between R-ship(product carrier) and E-ship(cargo carrier)

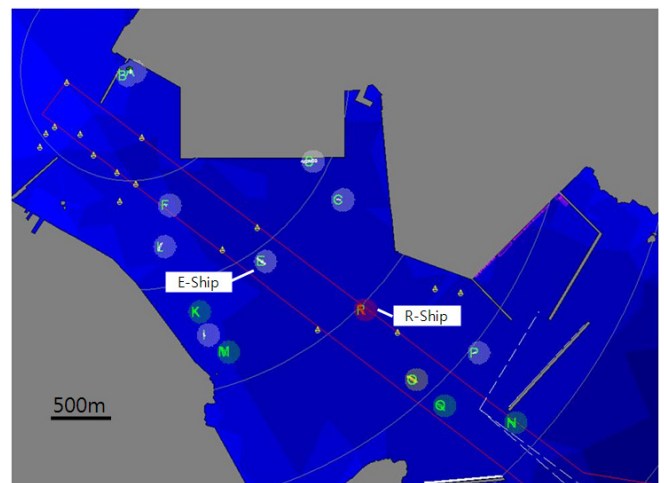


Fig. 8 Photograph of replay simulation at 10 minutes before collision between R-ship(product carrier) and E-ship(cargo carrier)

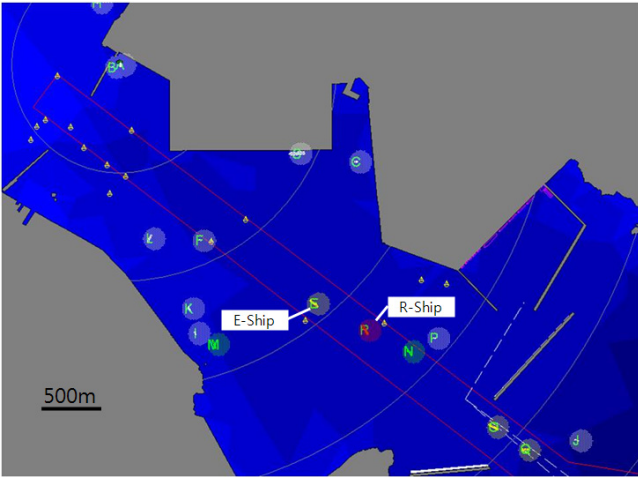


Fig. 9 Photograph of replay simulation at 6 minutes before collision between R-ship(product carrier) and E-ship(cargo carrier)

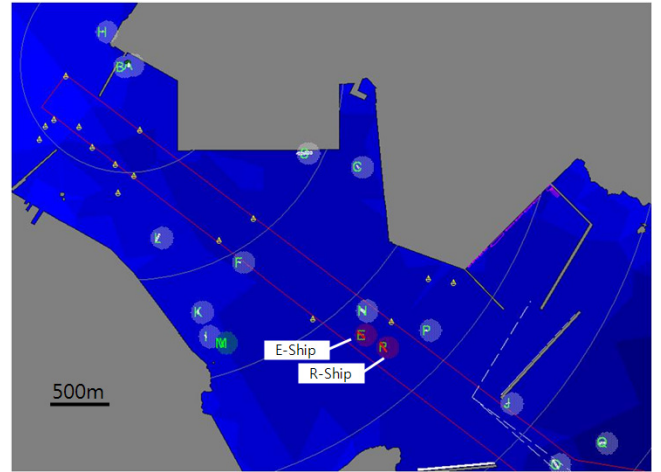


Fig. 11 Photograph of replay simulation at 3 minutes before collision between R-ship(product carrier) and E-ship(cargo carrier)

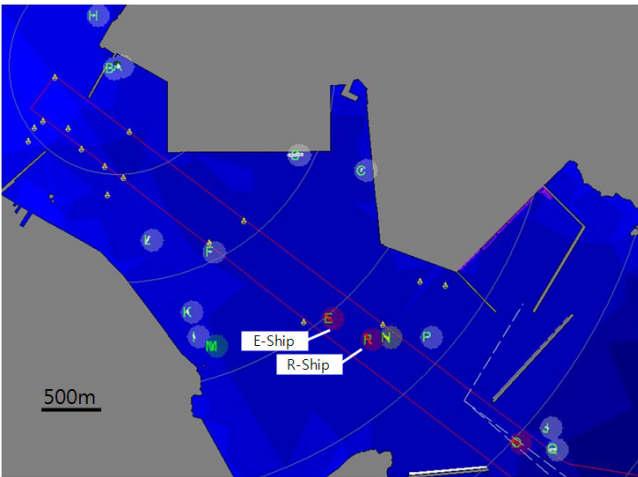


Fig. 10 Photograph of replay simulation at 5 minutes before collision between R-ship(product carrier) and E-ship(cargo carrier)

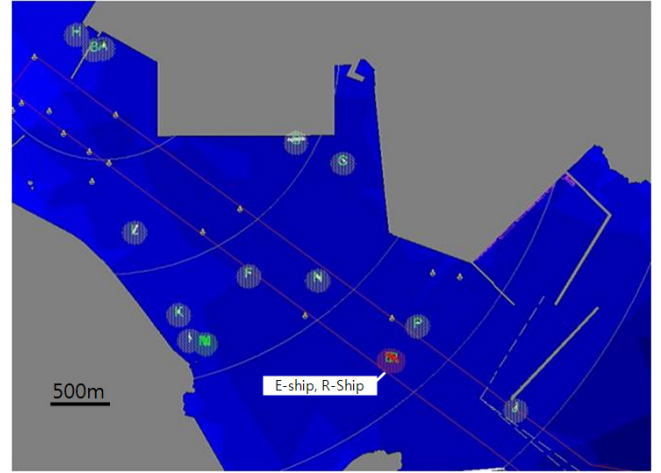


Fig. 12 Photograph of replay simulation at the time of collision accident between R-ship(product carrier) and E-ship(cargo carrier)

충돌이 임박하면서, 실제 사고 3분전에 화물선(E-ship)이 제품운반선(R-ship)을 육안으로 발견하였으나, 상대선의 선미가 자선의 선수방향으로 향하여, 상대선이 자선의 선미로 지나갈 것이라고 속단하고 주의를 소홀히 하였다. 재생 시뮬레이션에서는, Fig. 11에서 보는 바와 같이, 충돌이 임박한 두선박의 위험상황을 잘 확인할 수 있다.

충돌 1분 20초전에는, 제품운반선(R-ship)도 화물선(E-ship)을 확인하고, VHF로 진로방해를 경고하였으나, 상호대응이 너무 늦어 Fig. 12에서 보는 바와 같이, 충돌사고가 발생하였다.

Fig.11과 Fig. 12를 통해 사고 임박상황에서, 다중 선박 충돌위험도가 잘 추정되어, 충돌에 관계없는 선박은 안전하게 표시하고 있으며, 충돌과 관련한 두 선박만의 위험상황을 잘 표시하고 있음을 확인할 수 있다.

이와 같이, 다중선박 충돌위험도 추정 알고리즘을 실제 선박 충돌사고에 적용한 결과, 다중 선박의 운항정보를 반영하여, 개별 선박의 충돌위험도를 잘 추정하고 있다. 이를 통해 충돌이 임박한 선박들의 충돌위험을 사고 이전에 추정하고 이를 특징적으로 표시할 수 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 실제 사고 상황에 적용할 경우, 충돌 사고 이전에 충돌 위험을 표시하여 경고할 수 있다.

5. 결 론

선박에서 항해사의 운항을 안전하고 효율적으로 지원하기 위해 다중선박 충돌위험도 추정 알고리즘을 설계하였다. 충돌위험도 추정 성능 검증을 위해, 2009년 부산에서 발생한 선박충돌사고의 AIS 데이터를 수집하고, 재생 시뮬레이션을

수행하였다. 시뮬레이션 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 다중선박 충돌 위험도 추정 알고리즘을 통해, 충돌상황이 임박한 상황에서, 실제 충돌에 관계된 선박의 위험성을 특징적으로 표시하고 이를 사전에 경고할 수 있음을 확인할 수 있었다.
- (2) 다중선박 충돌 위험도 추정 알고리즘은 충돌위험이 발생한 경우, 주의를 요하는 단계부터, 임박한 단계까지 순차적으로, 그리고 점증적으로 위험도를 추정하여 제공함으로써, 사용자가 사전에 위험을 신속하고 효과적으로 인지하게 지원할 수 있음을 알 수 있었다.

향후, 다양한 선박충돌사고 AIS 데이터를 추가적으로 확보하여, 다중선박 충돌위험도 추정 알고리즘을 지속적으로 검증해 나갈 계획이다.

후 기

본 논문은 국토해양부 해양수산특정 연구개발사업 “차세대 해양안전관리체계 구축 및 운영기술 개발” 과제의 협동연구인 “지능형 항행을 위한 선박 충돌위험도 식별기술 개발 (PMS1950, PMS2150)” 과제의 지원으로 수행되었습니다. 선박 충돌사고 AIS 데이터 확보를 위해 협조해 주신 국토해양부 항행안전정보과 및 GICOMS 관계자분들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] 공인영(2003), 해상교통 안전성 평가를 위한 환경 스트레스 모델의 특성 고찰(I), 한국항해항만학회지 27권 5호, pp. 479-486.

[2] 손남선, 김선영, 공인영(2009), “시뮬레이터 기반 퍼지알고리즘과 환경스트레스모델을 이용한 선박 충돌위험도 추정에 관한 연구”, 한국항해항만학회지 33권 1호, pp. 43-50.

[3] 해양안전심판원(2009), <http://www.kmst.go.kr>

[4] Hara, K. and Hammer, A. (1993), "A Safe Way of Collision Avoidance Maneuver based on Maneuvering Standard using Fuzzy Reasoning Model", MARSIM '93. pp. 78-87.

[5] Hasegawa, K., Kouzuki, A., Muramatsu, T., Komine, H. and Watabe, Y. (1989), "Ship Auto-navigation Fuzzy Expert System (SAFES)", Journal of the Society of Naval Architecture of Japan, Vol. 166, pp. 445-452.

[6] Imazu, H. and Koyama, T. (1984), "The Determination of Collision Avoidance Action", Journal of Japan Institute of Navigation, pp. 31-37.

[7] Kijima, K. and Furukawa, Y. (2001), "Design of Automatic Collision Avoidance System using Fuzzy

Inference", Proceeding of CAMS 2001.(CDROM)

[8] Kijima, K. and Furukawa, Y. (2003), "Automatic Collision Avoidance System Using the Concept of Blocking Area", Proceeding of MCMC 2003, pp. 262-267.

[9] Koyama, T. and Yan, J. (1987), "An Expert System Approach to Collision Avoidance", 8th Ship Control System Symposium.

[10] Lee, H. J. and Rhee, K. P.(2001), "Development of Collision Avoidance System by using Expert System and Search Algorithm", Journal of International Shipbuilding Progress, Vol. 48, No. 3, pp. 197-212, 2001.

[11] Son, N., Kim, S., Oh, J. (2009), "Study on an Algorithm for the Estimation of Collision Risk among Ships by using AIS Database", 9th Asian Conference on Marine Simulator and Simulation Research(ACMSSR), pp.81-87.

[11] Szlapczynski, R.(2006), "A Unified Measure Of Collision Risk Derived From The Concept Of A Ship Domain", The Journal of Navigation, Vol.59, pp. 477-490.

[12] Wilson, P. A. and Harris, C. J.(2006), "A Line of Sight Counteraction Navigation Algorithm for Ship Encounter Collision Avoidance", The Journal of Navigation, Vol.56, pp. 111-121.

원고접수일 : 2010년 10월 8일
 심사완료일 : 2010년 12월 6일
 원고채택일 : 2010년 12월 7일