

선박안전영역에 기반한 충돌회피 알고리즘에 관한 연구

† 김 동 균 · 정 중 식* · 박 계 각*

† 목포해양대학교 해상운송시스템학 석사, *목포해양대학교 해상운송시스템학 교수

요 약 : 과거 충돌회피를 위한 알고리즘은 충돌위험을 결정하는데 항해사 대신 위험도를 판단하여 충돌회피를 하려고 한다. 그러나 경우에 따라서 국제해상충돌예방규칙에 맞지 않게 충돌 회피를 시행한다. 또한 타선과의 피항 관계를 항해사가 주시하고 기억해야 하는 것은 항해사에게 부담을 줄 수 있다. 따라서 국제해상충돌예방규칙에 맞게 피항 관계를 정의하여 항해사에게 알려줌으로써 피항 행동을 결정하는데 시간 및 인적 실수를 줄여줄 것으로 기대한다.

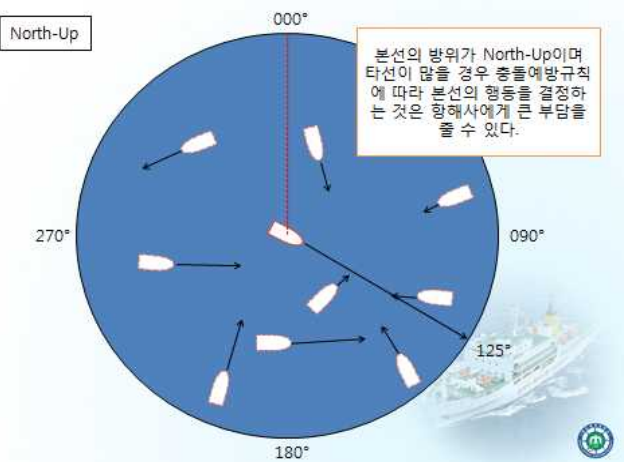
핵심용어 : 충돌회피, 국제해상충돌예방규칙, 피항관계

1. 서론

- 충돌회피를 위한 알고리즘은 충돌위험을 결정하는데 국제해상충돌예방규칙을 활용하여 항해사 대신 결정하려고 함
- 경우에 따라서 충돌위험을 줄이기 위해 국제해상충돌예방규칙에 맞지 않게 충돌회피를 시행
- 항해사가 타선과의 관계에서 항상 피항 관계를 주시하고 기억해야 하는 것은 항해사에게 부담을 줄 수 있음
- 또한, 기상악화 등으로 레이더 화면으로만 항해해야 할 경우, 타선과의 피항 관계를 파악하는 것은 항해사에게 부담을 줄 수 있음
- 국제해상충돌예방규칙에 맞게 피항 관계를 정의하여 항해사에게 알려 줄 경우, 급박한 상황 등에서 피항 행동을 결정하는데 시간과 인적 실수를 줄여주는 효과 기대됨

2. 충돌회피관련 선행연구분석

- 선박 안전 영역 기반 충돌회피알고리즘
- Fuji 의 논문에서 선박의 안전 영역을 타원으로 설정하여 위험을 결정



2. 충돌회피관련 선행연구분석

- 퍼지이론을 이용한 충돌회피알고리즘

- 김은경의 논문에서 선박의 충돌위험도를 계산하기 위해 DCPA, TCPA, VCD를 사용하여 결정
- * VCD(Variation of Compass Degree)

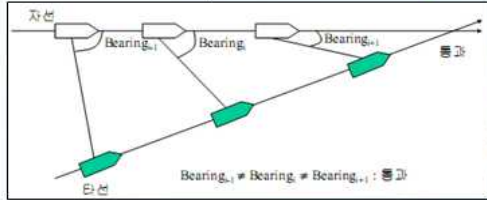
Bearing_{i-1} = Bearing_i = Bearing_{i+1} : 충돌

방위의 변화가 없을 경우

2. 충돌회피관련 선행연구분석

- 퍼지이론을 이용한 충돌회피알고리즘

- 김은경의 논문에서 선박의 충돌위험도를 계산하기 위해 DCPA, TCPA, VCD를 사용하여 결정
* VCD(Variation of Compass Degree)



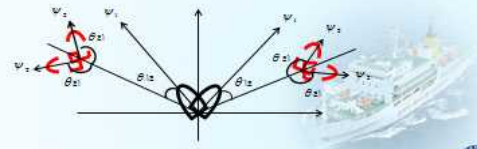
방위의 변화가 있을 경우

3. 국제해상충돌예방규칙에 따른 충돌회피알고리즘 제안

본선과 타선의 위치에 따른 항해등 식별 관계

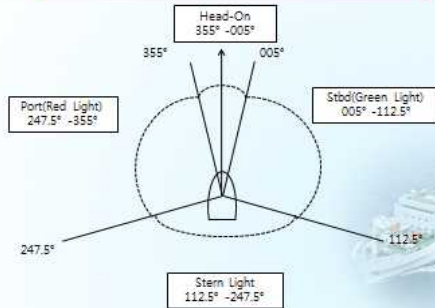
결과를 정리하면 본선과 타선의 침로 및 상대방위는 다음과 같은 식을 만족한다.

$$\varphi_1 \pm \theta_{12} + 180 = \varphi_2 \pm \theta_{21}$$



3. 국제해상충돌예방규칙에 따른 충돌회피알고리즘 제안

선박 항해등의 식별 범위



3. 국제해상충돌예방규칙에 따른 충돌회피알고리즘 제안

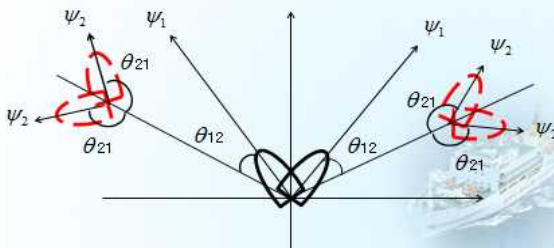
본선과 타선의 피할 관계 정리

```

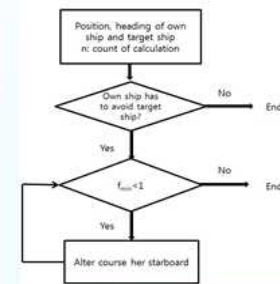
%%2nd cosine rule to find out theta12
a_theta12=sqrt(DM_TaLong^2 + (DM_TaLat - cos(phi1))^2);
b_theta12=sqrt((phi1)^2) + (cos(phi1))^2;
c_theta12=sqrt(DM_TaLong^2 + (DM_TaLat)^2);
Result_theta12=((b_theta12^2)+(c_theta12^2)-(a_theta12^2))/(2*b_theta12*c_theta12);
theta12=acos(Result_theta12);
%%To define theta12 + or -
if 0<=(phi1-180)/p)<=180
    theta12 = +theta12
else theta12 = -(theta12)
end
elseif 180<=(phi1-180)/p)<=339
    if (phi1-180)/p<=(theta12+180)/p) || 0<=(theta12+180)/p)<=(phi1-180)/p)
        theta12 = +theta12
    else theta12 = -(theta12)
    end
end
theta21=(phi1-180)/p)+theta12+180-(phi2-180)/p)
    
```

3. 국제해상충돌예방규칙에 따른 충돌회피알고리즘 제안

본선과 타선의 위치에 따른 항해등 식별 관계

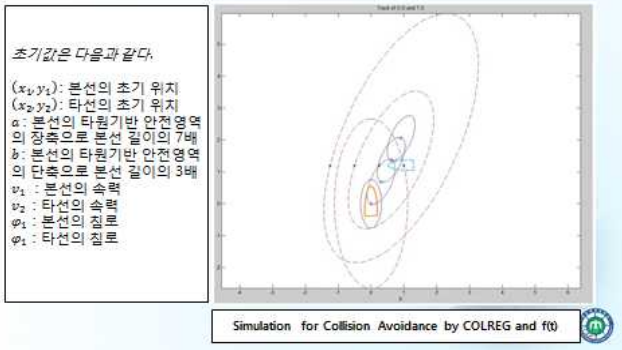


3. 국제해상충돌예방규칙에 따른 충돌회피알고리즘 제안



Proposed algorithm for Collision Avoidance

3. 국제해상충돌예방규칙에 따른 충돌회피알고리즘 제안



Alteration Manoeuvre in a Multi-Target Encounter Situation for a Given Ship Domain Model”, Annual of Navigation 12/2007, pp.75-85, 2007.

- [3] Fuji J., Tanaka K., “Traffic capacity”, The Journal of Navigation, vol 24, pp.543-552, 1971.
- [4] 윤집동, “1972 국제해상충돌예방규칙에 관한 협약”, 2008.
- [5] 김은경, 강일권, 김용기, “충돌회피를 위한 충돌위험도 결정 시스템”, 퍼지 및 지능시스템학회 논문지, Vol. 11, No. 6, pp. 524-527, 2001.

4. 충돌회피알고리즘 적용

No.	NO	f_{min}	T_{min}	Risk
1	30.7	0.99	1.81	0.033
2	30.3	8.88	0.06	0.034
3	28.8	1.84	4.86	0.034
4	27.9	1.59	11.48	0.033
5	28.2	1.31	8.68	0.038
6	27.6	1.81	8.88	0.038

15	24.5	1.34	18.17	0.038
16	24.7	0.97	8.30	0.040
17	23.6	0.12	0.79	0.648
18	25.0	0.18	0.88	0.640
19	11.8	0.06	0.88	0.787
20	6.8	0.03	0.14	0.847
21	0.9	0.00	0.06	1.002

고속선은 17번항에 해당되는 위치에서 크게 변질하였을
 f_{min} 은 16번항까지 문제가 되지 않으나 17번에서 크게 감소함
 => 본선의 안전영역 침범
 => 충돌의 위험이 있음을 보여줌

Calculation for safety information for fishing boat

5. 결론

- 요약
 - 피항규칙에 따른 충돌회피알고리즘을 이용하여 항해사에게 선박간 위치관계를 알려줌으로써 피항행동을 결정하는데 도움을 주고 인적 실수를 줄일 수 있음
- 논문의 기여
 - 1. DCPA와 TCPA에 기반한 충돌 회피 알고리즘에 대해서 정리
 - 2. 국제해상충돌예방규칙에 따른 충돌회피알고리즘을 제안
 - 3. 제안된 알고리즘을 활용하여 실제 사고사례에 적용하여 피항 의무를 항해사에게 알려주고 충돌위험을 회피하기 위한 권고 정보를 제시
- 향후 연구과제
 - 다수의 선박간 적용 가능한 충돌회피 알고리즘의 설계가 필요

참고 문헌

- [1] Rafal Szlapczynski, “A unified measure of collision risk derived from the concept of a ship domain”, The Journal of Navigation, Vol. 59, pp.477-490, 2006.
- [2] Rafal Szlapczynski, “Determining the Optimal Course