

교항하는 두 선박간의 충돌회피에 관한 해석적 접근

박정홍* · † 김진환

* 한국과학기술원 해양시스템공학전공, † 한국과학기술원 해양시스템공학전공 교수

An Analytical Approach to Collision Avoidance between Two Encountering Ships

Jeonghong Park · † Jinwhan Kim*

* Division of Ocean Systems Engineering, KAIST, Daejeon 305-701, Korea

† Division of Ocean Systems Engineering, KAIST, Daejeon 305-701, Korea

요약 : 본 연구에서는 교항하는 두 선박 간의 충돌 회피에 적용 가능한 해석적 기법에 바탕을 둔 피항 조건 알고리즘을 소개한다. 충돌 회피를 위하여 두 선박 간의 최소이격거리를 설정하고 교항하는 두 선박의 적절한 피항 조건을 통해 안전하고 효과적인 피항이 가능하도록 하였다. 이의 구현을 위하여 1) 선박의 운항속도를 조절하는 속도 변화에 의한 충돌회피 기법과 2) 선박의 선수각을 변경하여 침로를 변경하는 충돌회피 기법을 고려하였고, 두 선박의 기하학적 배치를 감안하여 충돌 회피를 위해 조건 동작을 개시하는 피항 개시거리를 해석적으로 전개하였다. 제안한 기법의 타당성 검증을 위하여 다양한 교항 시나리오를 설정하고 이에 대한 수치 시뮬레이션을 수행하였다.

핵심용어 : 충돌회피, 최소이격거리, 속도변화, 선수각 변경, 피항 개시거리

ABSTRACT : In this study, an analytical algorithm for collision avoidance is proposed, which is applicable to designing collision avoidance maneuvers for two encountering ships. The minimum separation distance is defined and an appropriate maneuver sequence is computed for safe and effective collision avoidance. Two approaches: 1) collision avoidance through speed change and 2) collision avoidance through heading change, are considered, and the initiation point of the avoidance maneuver is computed analytically using the geometric configuration of the two encountering ships. To verify the feasibility of the proposed algorithm, numerical simulations are carried out using a set of ship-to-ship encountering scenarios.

KEY WORDS : collision avoidance, minimum separation distance, speed change, heading change, initiation point

1. 서 론

최근 5년간 항만 또는 연안에서 발생한 해양사고들 중에서 선박간의 충돌사고는 전체 해양사고의 50.39%를 차지할 정도로 빈번하게 발생하고 있으며 선박충돌사고의 원인으로는 인적운항과실이 전체 충돌사고의 96.7%를 차지하고 있다(중앙해양안전심판원). 인적운항과실에 의한 선박간의 충돌 사고를 줄이기 위한 충돌회피 알고리즘에 관한 연구가 진행되어 왔으며, 운항 중인 두 선박이 조우하는 경우에 충돌위험도를 파악하고, 침로를 변경하여 충돌을 회피하는 방법 등이 제안되었다(양형선,

2008). 이미 항공교통 분야에서는 침로의 변경뿐만 아니라 항공기간의 속도변경, 고도변경을 통하여 항공기간의 충돌을 회피하는 해석적 기법 연구가 진행된 바 있는데(Billimoria, 1996), 해상교통 분야에서는 제한수역과 같은 특정영역에서의 침로변경에 의한 충돌회피 동작의 범위가 제한적이기 때문에 속도변화에 의한 충돌회피동작이 더욱 유용할 수 있다.

본 논문에서는 두 선박 간의 최소이격거리를 설정하고, 선박의 동역학 운동특성 및 조종성능을 고려하여, 조우하는 두 선박의 운항속도를 조절하는 속도 변화에 의한 충돌회피 기법과 선박의 선수각을 변경하여 침로를 변경하는 충돌회피 기법에 따른

† 교신저자, jinwhan@kaist.ac.kr 042)350-1519

* 학생회원, jeonghong@kaist.ac.kr 042)350-1597

알고리즘을 제안하고, 수치 시뮬레이션을 통해 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

2. 충돌회피알고리즘

본 논문에서 제안하는 충돌 회피 알고리즘의 과정은 Fig. 1과 같다. 교항하는 선박의 기하학적 배치 정보와 설정한 최소이격거리로부터 피항 동작을 개시하는 피항 개시거리를 결정한다. 그리고 일정한 주기마다 계측한 두 선박간의 거리와 비교하여, 충돌회피 동작을 개시하게 된다.

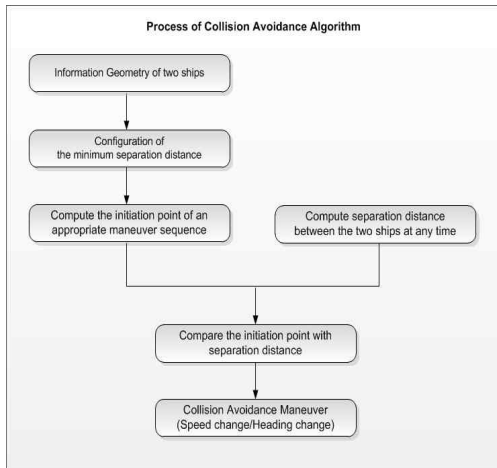


Fig. 1 Collision Avoidance Algorithm

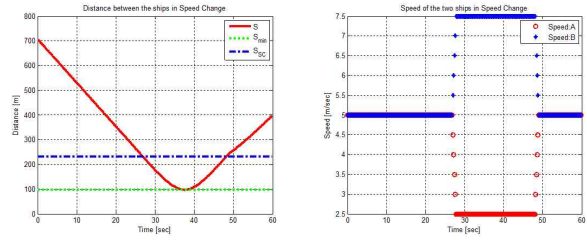
3. 피항개시거리

속도변화에 의한 피항 개시거리는 각 선박의 현재 시점에서의 운항속도, 위치, 조우각도, 증감속도 정보들을 바탕으로 결정되며, 피항하는 동안에는 선박의 선수각은 동일하게 유지된다. 반면에, 선수각 변경에 의한 침로변경 충돌회피 기법의 피항 개시거리는 운항속도, 위치, 조우각도, 선수각 변화량 정보들로부터 결정되며, 선박의 속도는 동일하게 유지된다. 각 피항 개시거리를 해석적 수식의 형태로 유도하는 과정에서 각 선박의 가속속도 및 선박의 선회반경과 같은 선박의 운동특성이 반영될 수 있도록 하였다.

4. 시뮬레이션

본 논문에서 제안하는 속도변화 및 선수각 변경에 의한 충돌 회피기법의 타당성을 검증하기위해 수치 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 위하여 크기, 성능 및 초기 운항속도가 동일한 두 선박이 교항하는 상황을 고려하였고, 각 선박의 동역학 계수들은 일반 선박을 기준으로 설정하였다. Fig. 2 (a)는 속도 변화에 의한 충돌회피를 위한 피항 개시거리, 최소이격거리 및 두 선박간의 거리를 나타내며, (b)는 피항 시점에서 두 선박의

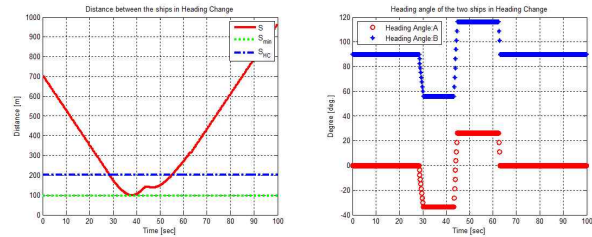
속도의 변화를 나타낸 그림이다. 피항 후, 초기 예상 충돌지점을 지나치면, 두 선박은 초기의 운항속도로 변경하여 운항한다. 또한, Fig. 3 (a)는 선수각 변경에 의한 침로의 변경으로 충돌을 회피하기 위한 피항 개시거리, 최소이격거리 및 두 선박간의 거리를, (b)는 피항 시점에서 두 선박의 선수각 변화를 나타낸 그림이다. 초기 예상 충돌지점에서 원래의 경로로 복귀하기 위해 각 선박의 선수각을 변경하여 초기 선수각으로 되돌아오는 것을 볼 수 있다.



(a) Distance

(b) Speed of ships

Fig. 2 Collision Avoidance by Speed Change



(a) Distance

(b) Heading angle of ships

Fig. 3 Collision Avoidance by Heading Change

5. 결론

본 연구에서는 선박간의 충돌사고를 사전에 방지하기 위해 선박의 속도변화 및 선수각 변경에 의한 침로변경을 통해 충돌을 회피하는 알고리즘을 제안하였다. 각 선박의 기하학적인 배치 정보와 각 선박의 동역학 특성 및 조종성능을 반영하여, 충돌회피 알고리즘의 개시를 위한 피항 개시거리를 해석적으로 전개하였다. 아울러 교항하는 선박간의 다양한 충돌 시나리오를 설정하고, 이에 대한 수치 시뮬레이션을 수행하여 제안한 알고리즘의 적용 타당성을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] 중앙해양안전심판원(2010), 최근5년간 해양사고 통계자료
- [2] 양형선(2006), “속력을 고려한 선박충돌회피모델에 관한 연구”, 한국항해항만학회지 제30권 10호, pp. 779~785.
- [3] K.D. Bilimoria, B. Sridhar, G.B. Chatterji(1996), “Effects of conflict resolution maneuvers and traffic density on free flight,” In Proceedings of the AIAA, Guidance, Navigation and Control Conference, San Diego, CA.