

충돌회피를 위한 충돌위험도 결정 시스템

Collision Risk Decision System for Collision Avoidance

김은경* · 강일권** · 김용기*

Eun-kyoung Kim*, Il-kweon Kang**, and Yong-gi Kim*

*경상대학교 컴퓨터학과

**경상대학교 해양과학대학 해양산업연구소

요 약

본 논문은 충돌회피 시스템을 위한 충돌위험도를 결정하는 충돌위험도 결정시스템을 제안한다. 충돌회피 시스템은 선박이 장애물을 만났을 때 영역전문가인 항해사를 대신하여 피항 행위를 하는 시스템으로 피항의 판단 기준을 각 장애물에 대한 충돌위험도에 둔다. 따라서 본 연구에서는 선박의 충돌회피 시스템의 보다 안전한 충돌회피를 도모하기 위해 충돌회피를 위한 충돌위험도 결정 시스템을 구성하였다. 기존에는 DCPA와 TCPA를 이용하여 충돌위험도를 산출하였는데, 본 연구에서는 DCPA, TCPA, VCD를 이용하는 새로운 충돌위험도 결정 기법을 이용하여 충돌위험도를 결정하였다. 입력변수가 되는 DCPA, TCPA, VCD의 퍼지 소속함수를 산출하고, 이를 기반으로 퍼지 추론을 이용하여 세부적인 충돌위험도를 결정한다. 본 연구에서 제안하는 기법은 기존의 DCPA와 TCPA만으로 충돌위험도를결정한 경우보다 상세한 충돌위험도 결정이 가능하다는 장점과 국제해상충돌예방규칙의 내용이 적용되었다는 장점을 지닌다.

Abstract

In this paper, we propose a collision risk decision system for collision avoidance system. A collision avoidance system carries out collision avoidance based on collision risk of unknown obstacle. In the traditional researches, using DCPA and TCPA for calculating the collision risk has a problem that they produce a same collision risk for ship which located in the given distance. The solves the problem, we use DCPA, TCPA and VCD for calculating collision risk. A proposed system has two advantages that it produce more detailed collision risk and reflects the International Regulations for Preventing Collision at Sea.

Key words : DCPA, TCPA, VCD, 충돌위험도, 국제해상충돌예방규칙

1. 서 론

최근 들어 선박업계에서 발생하고 있는 승조원의 승선 기피현상에 따른 항해 인력 부족 현상을 해결하기 위하여 선박의 항해 전반에 대한 지능화 및 무인화 연구가 활발하게 진행되고 있다. 지능형 선박에서는 무엇보다도 선박의 안전성을 보장할 수 있는 충돌회피 시스템의 역할이 강화되었다. 충돌회피는 자선에서 이루어지는 해상 장애물에 대한 피항행위로 충돌위험도를 기준으로 피항 여부를 결정한다. 따라서 지능형 선박에서는 보다 정확하고 신뢰성이 보장된 충돌위험도가 제공되어야 한다.

현재까지 충돌회피 시스템에 대한 연구는 활발히 진행되어 왔으나 충돌회피의 판단 기준이 되는 충돌위험도 결정에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 충돌위험도 결정에 대한 연구는 하나의 시스템을 구성하는 것이 아니라 충돌회피 시스템을 구현하는데 부가적인 과제로 연구가 되어왔다. 아래에 열거된 기존 연구는 충돌회피 시스템을 구현하는 가운데 진행

된 연구들이다.

Hasegawa[1]는 DCPA(Distance of the Closest Point of Approach), TCPA(Time of the Closest Point of Approach)를 입력 변수로 사용하고 퍼지 이론을 이용해 충돌위험도를 추론하였다. Hara와 Hammer[2][3]는 사람이 느낄 수 있는 타선의 상대 거리와 상대 각속도를 이용하여 충돌위험도를 추론하였는데, 자선이 어느 방향으로 항해하면 안전한지에 대한 정보를 제공하지 못하는 단점을 가진다. Imazu[4][5]는 Radar의 오차 특성을 이용하여 충돌위험도를 결정하였다. 그러나 Radar의 사양이 결정되면 선박의 특성과 무관하게 충돌위험도가 결정된다는 단점을 지닌다. 이한진[6]은 Hasegawa의 기법을 기반으로 현시점의 충돌위험도를 추정하여 현시점의 위험도를 사용하는 것이 아니라 다음 시간까지의 위험도를 추론하고 그 중에서 가장 위험한 경우를 현재의 충돌위험도로 사용하였다. 하지만 일정한 범위 안에 존재하는 선박에 대해 동일한 충돌위험도를 산출하는 단점을 보였다.

본 연구에서 제안하는 충돌위험도 결정 시스템은 선박의 속도계, GPS, ARPA RADAR로부터 얻어낸 센서 자료의 모델링 하는 과정과 모델링 된 정보를 이용하여 충돌위험도(Collision Risk)를 결정하는 과정으로 구성된다.

본 연구에서는 기존의 연구에서 일정한 범위 내에 존재하는 타선들에 대해 동일한 충돌위험도를 결정하는 단점을 보

접수일자 : 2001년 9월 15일

완료일자 : 2001년 12월 1일

감사의 글 : 본 연구는 국방과학연구소 2000 대학기초 연구(ADD-00-6-2)에 의해 지원 받았습니다.

완하기 위한 충돌위험도 결정 시스템을 구성한다. 본 연구의 2장에서는 충돌위험도 결정 시스템의 구조에 대해 살펴보고, 3장에서는 국제해상충돌예방규칙을 적용한 충돌위험도 결정에 대하여 살펴보고 4장에서 기존의 연구와 비교, 평가하고 5장에서는 결론에 대해서 살펴본다.

2. 충돌위험도 결정 시스템

그림 1은 충돌위험도 결정 시스템의 구조를 보여주고 있다. 충돌위험도 결정 시스템은 선박에 장착되어 있는 속도계와 GPS, ARPA RADAR로부터 자선과 타선 등의 주변 정보를 받아들이며 장애물 모델링 과정을 통하여 가상세계에 저장한다. 가상세계는 여러 정보를 저장하는 일종의 공유 메모리로서 여기에 저장된 정보 중 일부는 충돌위험도 결정에 입력으로 사용되며, 산출된 충돌위험도는 다시 가상세계에 저장되어 되고 이를 충돌회피 시스템에서 사용하게 된다.

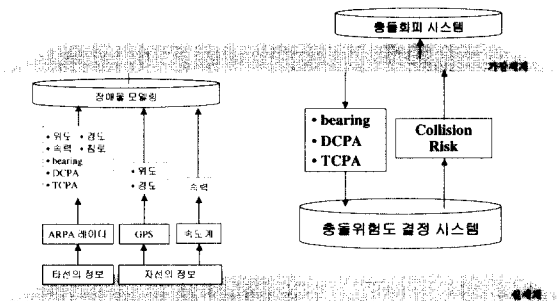


그림 1. 충돌위험도 결정 시스템 구조
Fig. 1. Collision Risk Decision System Structure

본 연구에서 장애물은 해상에 항해하는 타선을 의미한다. 장애물 정보 중 침로는 타선의 진행방향을, bearing은 자선에서 타선을 바라볼 때 발생하는 각도, DCPA는 자선이 현 상황을 유지하면서 타선이 가장 가까이 지나갈 때까지 걸리는 시간, TCPA는 현시점에서 가장 가까운 지점을 지나갈 때까지 걸리는 시간을 의미한다.

3. 충돌위험도 결정

충돌위험도란 해상 장애물에 대해서 자선이 느끼는 위험 정도를 의미하며, 충돌회피 시스템에서 충돌회피 여부를 결정하는데 입력으로 이용된다.

3장에서는 기존의 연구[7]에서 일정한 범위 안에 존재하는 선박들에 대한 충돌위험도가 동일하게 산출되는 단점을 보완하기 위해 국제해상충돌예방규칙의 내용을 반영하여 VCD변수를 추가하였으며, DCPA, TCPA, VCD를 입력으로 하여 해상 장애물에 대한 충돌위험도를 산출하였다.

3.1 국제해상충돌예방규칙

국제해상충돌예방규칙의 제 2장 항법규정 1절 5조에는 “장애물의 방위 변화가 없고 장애물과 자선 사이의 거리가 가까워질수록 충돌위험성이 있다”라고 규정하고 있다[7].

ARPA Radar에서는 장애물과 자선 사이의 거리에 대한 정보는 DCPA에서 포함하고 있으며, 장애물의 방위 변화에 대한 정보는 Bearing에서 포함하고 있다. 그림 2는 자선과 타선 사이의 컴퍼스 방위 변화에 따른 충돌의 위험성을 나타낸 것인데 Bearing_{i-1}, Bearing_i, Bearing_{i+1} 값이 동일한 값으로 유지가 된다면 충돌의 위험성을 지닌 것이며, 그 차이가 클수록 충돌의 위험성이 감소한다고 할 수 있다.

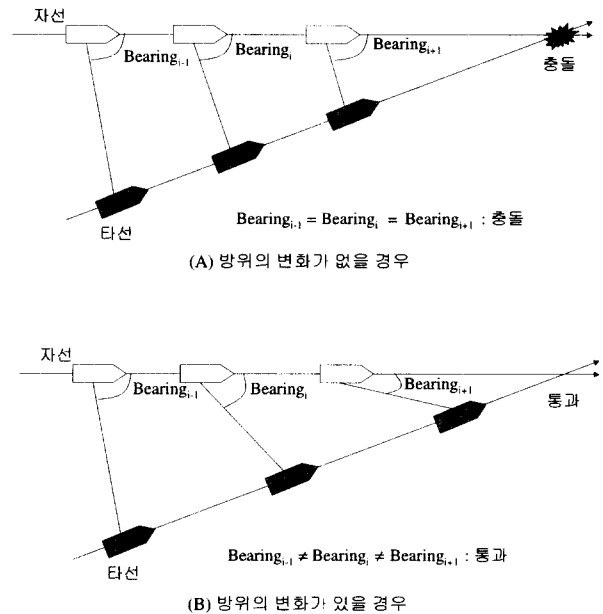


그림 2. 방위 변화와 충돌위험도
Fig. 2. Compass Degree Variation and Collision Risk

3.2 충돌위험도 결정

충돌위험도란 항해 전문가가 느끼는 장애물에 대한 위험 정도를 의미하기 때문에 주관적이며 수치화하기 어렵다는 단점을 지닌다. 이러한 이유로 충돌위험도 결정에는 퍼지이론 [8]을 이용한 방법이 이용되었다. 본 연구에서는 Bearing, DCPA, TCPA를 가상세계로부터 입력으로 받으며 Bearing은 수식(1)에 의해 VCD로 변환하여 입력으로 사용한다.

$$VCD_i = |Bearing_i - Bearing_{i-1}| \quad (1)$$

충돌위험도는 DCPA, TCPA, VCD를 입력으로 퍼지 추론을 행하여 산출하였으며, 조건부에서는 min연산을 결론부에서는 product연산을 사용하였으며 비퍼지화는 무게중심법을 사용하였다. 소속함수의 레이블의 의미는 다음과 같다.

- P : Positive N : Negative
- S : Small M : Medium B : Big

그림 3에서 그림 6은 본 연구에서 사용된 DCPA, TCPA, VCD, Collision Risk의 소속함수이며, 소속함수에서 음의 부호는 상대방의 선박이 자선으로부터 멀어지고 있음을 의미한다.

표 1은 VCD가 PS인 경우의 추론규칙 테이블이다. VCD의 값에 따라 PS, PMS, PM, PMB, PB의 다섯 가지 경우로 나누어 규칙 테이블을 구성하였다.

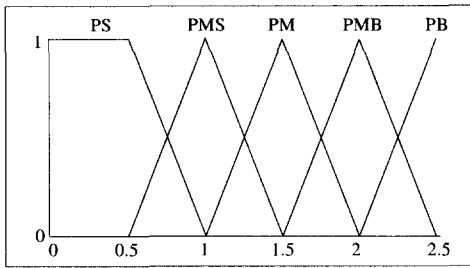


그림 3. DCPA의 소속함수
Fig. 3. Membership Function of DCPA

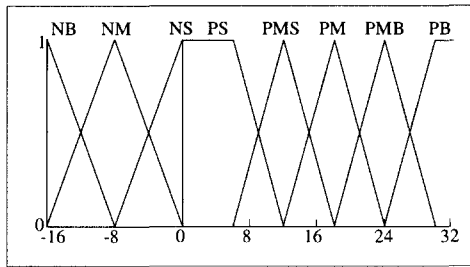


그림 4. TCPA의 소속함수
Fig. 4. Membership Function of TCPA

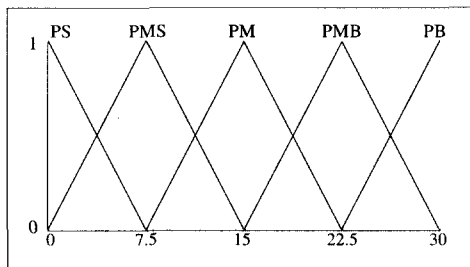


그림 5. VCD의 소속함수
Fig. 5. Membership Function of VCD

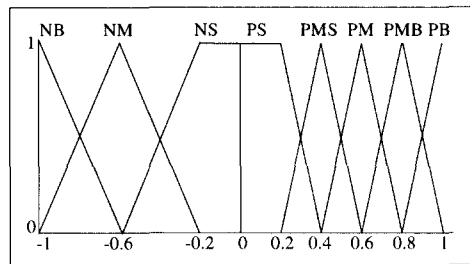


그림 6. Collision Risk의 소속함수
Fig. 6. Membership Function of Collision Risk

표 1. 충돌위험도 추론규칙(VCD = PS)
Table 1. Inference Rules of Collision Risk Case of VCD Equal to PS

		T C P A							
		NB	NM	NS	PS	PMS	PM	PMB	PB
D C P A	PS	NS	NM	NB	PB	PMB	PM	PMS	PS
	PMS	NS	NS	NM	PMB	PM	PMS	PS	PS
	PM	NS	NS	NS	PM	PMS	PS	PS	PS
	PMB	NS	NS	NS	PMS	PS	PS	PS	PS
	PB	NS	NS	NS	PS	PS	PS	PS	PS

4. 시뮬레이션

본 연구에서 제안한 기법의 성능 검증을 위해 DCPA, TCPA만으로 충돌 위험도를 산출해 낸 결과와 DCPA, TCPA, VCD를 입력으로 충돌위험도를 산출한 결과를 비교, 평가한다. 시뮬레이션을 위해 자선을 중심으로 항해하는 선박을 배치하고 각 타선의 DCPA, TCPA, VCD를 받아들여 충돌위험도를 결정하였다. 자선과 타선의 항해 속력은 20knot로, 충돌위험도 결정 주기는 3min으로 설정하였으며 자선과 타선의 course는 각각 다르게 설정하였다.

표 2는 본 연구에서 제안하는 기법과 기존의 기법[6]으로 결정된 충돌위험도를 나타내며, 그림 7은 자선과 타선의 이동경로를 보이고 있으며 그림 8은 타선이 자선을 지나가는 시점까지의 경로를 확대한 것이다. 그림 7을 보면 시간이 경과함에 따라 충돌위험도는 변하는 것이 정당하다. 그러나 기존의 기법에서는 충돌위험도를 판단하는 기준을 DCPA와 TCPA의 거리와 시간에 기반 함으로써 t_1 에서 t_7 까지의 충돌위험도를 1로 산출하였다. 이에 반해 제안된 기법에서는 0.89에서 0.29까지의 다양한 충돌위험도를 산출하였다.

이는 충돌위험도 결정에 VCD변수를 추가하여 자선과 타선 사이의 방위 변화각을 반영함으로써 세부적인 충돌위험도 결정이 가능함을 보이고 있다.

표 2. 충돌위험도 결정의 예
Table 2. Example of Collision risk Decision

시점	DCPA	TCPA	VCD	제안된 기법	기존의 기법
1	0.16	0.10			
2	0.15	0.09	0.45	0.89	1.00
3	0.14	0.07	0.63	0.85	1.00
4	0.14	0.05	0.98	0.77	1.00
5	0.14	0.04	1.82	0.62	1.00
6	0.13	0.02	4.85	0.46	1.00
7	0.13	0.00	47.32	0.40	1.00
8	0.14	-0.01	41.45	0.00	-1.00
9	0.14	-0.03	7.08	-0.06	-1.00
10	0.14	-0.05	2.24	-0.01	-0.98
11	0.15	-0.06	1.13	-0.01	-0.98
12	0.16	-0.08	0.70	-0.01	-0.98
13	0.17	-0.10	0.48	-0.01	-0.98
14	0.18	-0.11	0.37	-0.01	-0.98
15	0.19	-0.13	0.29	-0.02	-0.96
16	0.21	-0.15	0.24	-0.02	-0.96
17	0.23	-0.16	0.21	-0.02	-0.96
18	0.24	-0.18	0.18	-0.02	-0.96
19	0.26	-0.20	0.17	-0.02	-0.96
20	0.29	-0.21	0.15	-0.02	-0.94

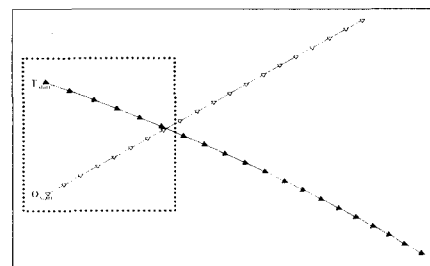


그림 7. 자선과 타선의 항해 경로
Fig. 7. Navigation Route of Own Ship and Other Ship

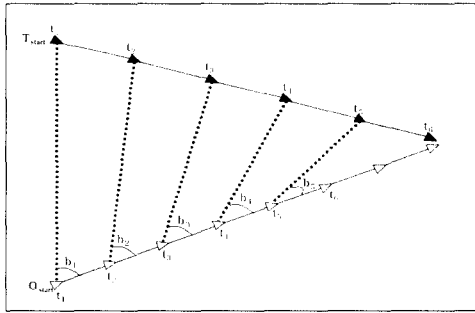


그림 8. 항해 경로의 확대

Fig. 8. An Enlarged Figure of Navigation Route

5. 결론

본 연구에서는 충돌회피를 위한 충돌위험도 결정 시스템을 제안하였다. 충돌위험도 결정 시스템은 센서로부터 받아들인 정보를 바탕으로 장애물 모델링을 하고, 국제해상충돌예방규칙을 적용하기 위해 bearing을 VCD로 변환하였으며, DCPA, TCPA, VCD를 이용하여 충돌위험도를 결정하였다.

시뮬레이션의 결과 분석을 통해 제안하는 기법은 첫째, 기존의 DCPA와 TCPA만으로 충돌위험도를 결정하는 기법보다 상세한 충돌위험도 결정이 가능하며 둘째, 충돌위험도 결정 시 거리와 시간에 기반한 기존의 기법에 비해 자선과 타선 사이의 방위 변화각을 고려함으로써 국제해상충돌예방규칙의 내용을 적용하여 보다 신뢰성 있는 충돌위험도의 결정이 가능하였다.

참고 문헌

- [1] Hasegawa, K. "Automatic Collision Avoidance System for Ship using Fuzzy Control", 8th Ship Control System Symposium, Hague, 1987.
- [2] Hammer, A. and Hara, K, "Knowledge Acquisition for Collision Avoidance Maneuver by Ship Handling Simulator", MARSIM & ICSA 90, Tokyo, 1990.
- [3] Hara, K and Hammer, A. "A safe Way of Collision Avoidance Maneuver based on Maneuvering Standard using Fuzzy Reasoning Model", MARSIM 93, St. John's, 1993.
- [4] Imazu, H. and Koyama, T., "The Determination Collision Avoidance Action" The Journal of Japan Institute of Navigation, Jan., 1984.

- [5] Imazu, H. and Koyama, T., "The Optimization of the Criterion for Collision Avoidance Action" The Journal of Japan Institute of Navigation, Sep., 1984.
- [6] 이한진, "FUZZY 이론을 이용한 충돌 회피 기법 연구", 서울대학교, 1993.
- [7] 박정정, "최신 국제해상충돌예방규칙", 연문출판사, 1985.
- [8] 이광형, 오길록, "퍼지 이론 및 응용 II", 홍릉과학출판사, 1997.

저자 소개



김은경(Eun-Kyoung Kim)

2001년: 경상대학교 컴퓨터과학과 졸업
2001년~현재: 동 대학원 컴퓨터과학과 석사 과정

관심분야: 인공지능, 퍼지 이론
E-mail : elsa@ailab.gsnu.ac.kr



강일권(Il-Kweon Kang)

1976년: 부산수산대학교 어업학과(학사)
1987년: 부산수산대학교 수산물리학과(석사)
1997년: 한국해양대학교 해수수송학과(박사)
현재: 경상대학교 실습·조사선 새바다 선장, 조교수

관심분야: 어선 선형연구, 선체운동, 세계 해양사

E-mail : ikkang@gaechuk.gsnu.ac.kr

김용기(Yong-Gi Kim)

1978년: 서울대학교 공과대학(공학사)
1987년: University of Montana(전산학석사)
1992년: Florida State University(전산학 박사)
1982년~1984년: KIST시스템공학연구소 연구원
1992년~현재: 경상대학교 컴퓨터과학과 교수

관심분야: 인공지능, 지식기반시스템, 자율무인잠수정, 지능 항해시스템