

변침도를 고려한 지능형 선박의 퍼지 충돌 위험도 산출

Computing the Fuzzy Degree of Collision Risk for Intelligent Ship with VDH

김은경* · 강일권** · 김용기*

* 경상대학교 컴퓨터과학과, ** 경상대학교 실습선

Eun-Kyoung Kim, Il-Kweon Kang and Yong-Gi Kim
Department of Computer Science, Gyeongsang National University
E-mail : elsa@ailab.gsnu.ac.kr

ABSTRACT

최근 들어 두드러지고 있는 승조원의 승선 기피현상에 따른 항해인력 부족현상을 근원적으로 해결하기 위하여 선박 항해 전반에 걸친 자동화 및 지능화에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히 선박의 자동화된 항해를 위해서는 영역전문가 수준의 안전성과 정확성이 보장된 충돌회피 시스템이 요구된다. 충돌회피는 자선에서 이루어지는 해상 장애물들에 대한 피항 행위로 그 판단 기준은 각 장애물에 대한 충돌 위험도에 기반한다. 본 연구에서는 DCPA와 TCPA를 이용한 기존의 기법에 변침도(VDH:Variation Degree of Heading)의 개념을 추가하여 새로운 충돌 위험도 산출 기법을 제안한다. 입력변수가 되는 DCPA, TCPA, VDH의 퍼지 소속함수를 산출하고, 이를 기반으로 퍼지 규칙을 이용하여 세부적인 충돌 위험도를 산출한다. 본 연구에서 제안하는 기법은 충돌 위험도 산출시 장애물의 직선운항 뿐만 아니라 곡선운항에 대한 경로예측이 가능하다는 장점을 지닌다. 과거의 변침도가 다음 시점의 변침에 영향을 끼침으로써 장애물의 이동 경로에 대한 예측이 이루어지고, 이를 기반으로 보다 세분화된 충돌위험도 산출이 이루어진다. 제안된 기법은 DCPA와 TCPA만으로 충돌위험도를 산출해 낸 연구와 비교·평가하여 성능을 검증한다.

Key Words : 변침도, 퍼지충돌위험도, 지능형 자율운항

I. 서 론

최근 들어 두드러지고 있는 승조원 기피현상에 따른 항해인력 부족현상을 근원적으로 해결하기 위하여 선박 항해 전반에 걸친 자동화 및 지능화에 대한 연구가 활발히 전개되고 있다. 특히 선박의 자동화된 항해를 위해서는 영역전문가 수준의 안전성과 정확성이 보장된 충돌회피 시스템이 요구된다. 충돌회피는 자선에서 이루어지는 해상 장애물들에 대한 피항 행위로 그 판단 기준은 각 장애물에 대한 충돌 위험도에 기반한다.

충돌 위험도(CR : Collision Risk)란 해상 장애물에 대해서 자선이 느끼는 위험 정도를 의미한다. 현재까지 충돌회피 시스템에 대한 연구는 활발히 진행되어 왔으나 충돌회피의 판단 기준이 되는 충돌 위험도에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 충돌 위험도에 대한 기존 연구

는 다음과 같다. 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 충돌 위험도를 추론하였다. Hara와 Hammer[2][3]는 사람이 느낄 수 있는 타선의 상대 거리와 상대 각속도를 이용하여 충돌 위험도를 추론하였는데, 자선이 어느 방향으로 항해하면 안전한지에 대한 정보를 제공하지 못하는 단점을 가진다. Imazu[4][5]는 Radar의 오차 특성을 이용하여 상대방 선박이 가장 가까이 지날 때의 위치 분포를 예측한 후 자선을 중심으로 어느 일정한 반경 안에 들어올 확률을 구하여 위험도를 결정하였다. 그러나 Radar의 사양이 결정되면 선박의 특성과 무관하게 충돌 확률이 결정되기 때문에 실제 운항자의 필요에 따른 충돌 확률 결정 방법의 수정이 어렵다. 이한진[6]은 Hasegawa의 기법을 기반으로 현시점의 충돌 위험도를 추정하였다. 그러

나 피항행위에 현시점의 위험도를 사용할 경우 선박의 느린 응답성으로 인한 문제가 발생한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 현시점의 위험도를 사용하는 것이 아니라 다음 시간까지의 위험도를 추론하고 그 중에서 가장 위험한 경우를 현재의 충돌 위험도로 사용하였다.

본 연구에서는 DCPA와 TCPA를 이용한 기존의 기법에 변침도(VDH: Variation Degree of Heading)의 개념을 추가하여 충돌 위험도를 산출을 하는 기법을 제안한다. II.1장에서는 본 논문의 기반이 된 DCPA, TCPA를 이용한 충돌 위험도 추론법에 관하여 살펴보고, II.2장에서는 본 연구에서 제안하는 변침도의 개념을 추가하여 충돌 위험도를 산출하는 방법에 대해 살펴보고, II.3장에서는 시뮬레이션을 수행하고 제안된 기법과 DCPA와 TCPA만으로 충돌 위험도를 산출해 낸 연구와 비교, 평가한다. 마지막으로 III장에서는 결론 및 향후 과제에 대해 논한다.

II. 본론

1. DCPA, TCPA를 이용한 충돌 위험도 산출

충돌 위험도란 항해 전문가가 느끼는 장애물에 대한 위험 정도를 의미하기 때문에 주관적이며 수치화하기 어렵다는 단점을 지닌다. 이러한 이유로 충돌 위험도 산출에는 퍼지 이론을 이용한 방법이 이용되었다.

대표적인 기법으로 본 연구의 기반이 된 DCPA와 TCPA를 입력으로 하여 충돌 위험도를 산출한 기법이 있다[1][6][7]. DCPA와 TCPA는 선박에 장치된 ARPA Radar로부터 산출되는 정보로서, DCPA란 현 상황을 그대로 유지하면서 상대방 선박이 가장 가까이 지나갈 때 그 선박까지의 거리를 의미하며, TCPA는 현 시점에서부터 가장 가까운 거리를 지나갈 때까지 걸리는 시간을 나타낸다. Fig. 1은 TCPA와 DCPA를 산출하는 방법을 나타낸다[8][9].

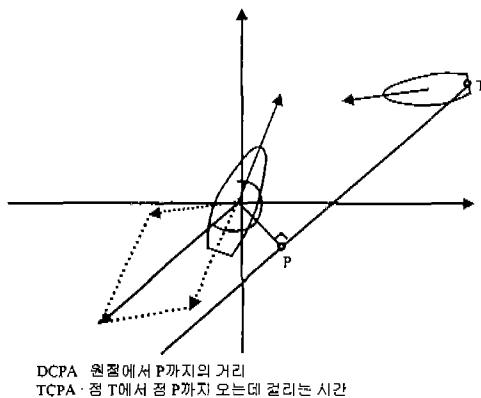


Fig. 1 DCPA와 TCPA의 계산

[6]에서는 DCPA, TCPA를 입력으로 받아들이고 퍼지 추론을 통해 충돌 위험도를 출력한다. Fig. 2과 Fig. 3는 선박의 속도와 길이로 무차원화 된 TCPA와 DCPA의 소속함수를 나타낸다. Fig 2.에서 TCPA가 음수의 값을 가지는 것은 이미 타선이 최근접점을 지나갔음을 의미하는 것이다.

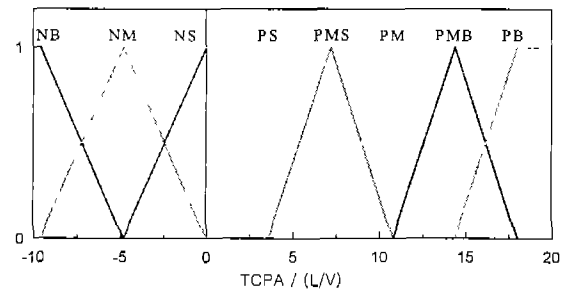


Fig. 2 TCPA의 소속함수

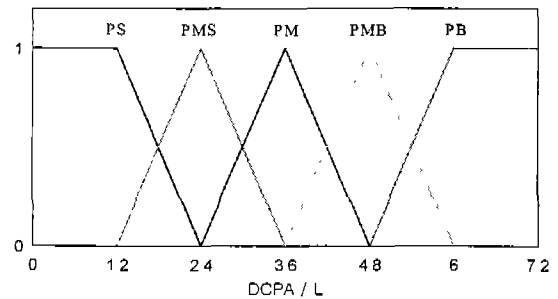


Fig. 3 DCPA의 소속함수

Table. 1은 충돌 위험도의 추론 규칙을 나타내며 충돌 위험도는 -1에서 1의 값을 갖게 된다. 그 값이 클수록 충돌 위험도가 높으며, 음의 부호는 TCPA에서 상대방 선박이 이미 최근접점을 지나갔음을 의미한다.

		T C P A							
		NB	NM	NS	PS	PMS	PM	PMB	PB
D	PS	-0.2	-0.6	-1.0	1.0	0.8	0.6	0.4	0.2
	PMS	-0.2	-0.2	-0.6	0.8	0.6	0.4	0.2	0.2
C	PM	-0.2	-0.2	-0.2	0.6	0.4	0.2	0.2	0.2
	PMB	-0.2	-0.2	-0.2	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2
P	PB	-0.2	-0.2	-0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

Table. 1 충돌위험도의 추론 규칙

기존의 DCPA와 TCPA를 입력으로 하여 충돌 위험도를 산출하는 연구의 조건부에서는 Min 연산을 사용하였고, 결론부에서는 product 연산을 사용하였다. 타선이 여러 척인 경우에는 각 선박에 대한 위험도를 구한 후 그 중 가장

큰 값을 현 상황에서의 충돌 위험도로 사용한다[6].

2. 변침도(VDH)가 추가된 충돌 위험도 추론

기존의 DCPA와 TCPA를 입력으로 하여 충돌 위험도를 산출하는 연구는 타선에 대한 직선 운항만을 고려하는 것으로 곡선 운항에 대한 고려가 미흡하다. 본 연구에서는 이러한 단점을 보완하기 위해 변침도(VDH)의 개념을 추가하였다. 과거는 미래를 예측할 수 있는 열쇠이다. 즉 선박이 항해해온 과거의 경로를 추적함으로써 그 선박의 진행 방향에 대한 예측이 가능하다. 곡선운항을 해 온 선박의 경우 다음 이동 경로로 직선 경로 보다는 곡선 경로를 유지하는 것이 보다 합리적이다. 본 연구에서 제안하는 기법은 VDH의 개념을 도입함으로써 이러한 예측이 가능하다. 현재시간 t_i 의 충돌 위험도 산출을 위하여 먼저 t_{i-1} 시점에서 t_{i-3} 시점까지 변각의 합(SVD : Sum of Variation Degree)을 구한다. 예를 들어 타선의 변화각이 $10^\circ, 2^\circ, 6^\circ$ 로 변해 왔다면 변각의 합은 18° 가 되는데 식으로 표현하면 다음의 식(1)과 같이 주어진다.

$$SVD_i = \sum_{k=i-1}^{i-3} angle_k \quad (1)$$

이와 같이 SVD를 구한 후, 각 시점의 변각이 자선에 대한 충돌 위험도 산출에 영향을 끼치는 정도에 따라 VS(Very Sensitive), SE(Sensitive), NS(Non Sensitive)로 나누어 VS와 SE의 경우에는 변각을 더하고 NS인 경우에는 변각을 빼서 변각의 위험도(RVD : Risk of Variation Degree)를 구한다. 예를 들어 타선의 변각이 $10^\circ, 2^\circ, 6^\circ$ 로 변했을 경우 첫 번째 변각이 자선에 대해 VS의 값을 갖는다면 이는 현시점의 변각이 자선에 매우 위협적임을 의미하므로 +10의 값을, 두 번째 변각이 자선에 대해 NS의 값을 갖는다면 이는 충돌 위험도를 감소시키는 변각이므로 -2의 값을 갖는다. 이렇게 해서 산출된 SVD와 RVD에 해당하는 언어 변수를 찾고 Table. 2의 표에 대응시켜서 변침도에 대한 퍼지 정도를 구한다.

퍼지 추론과정에서는 다음과 같은 추론합성이 이루어지게 되는데 여기서는 MAX·MIN 합성 방법을 사용하였다.

RULE 1.
 IF ((TCPA is PMB) and (DCPA is PM)
 and (VDH is PM))
 THEN (CR is PMB) (2)

N:Negative, P:Positive, B:Big, S:Small, M:Medium.

		RVD		
		VS	SE	NS
S V D	NB	-0.2	-0.2	-0.2
	NMB	-0.2	-0.2	-0.4
	NM	-0.2	-0.4	-0.2
	NMS	-0.4	-0.6	-0.8
	NS	-0.6	-0.8	-1.0
	PS	1.0	0.8	0.6
	PMS	0.8	0.6	0.4
	PM	0.6	0.4	0.2
	PMB	0.4	0.2	0.2
	PB	0.2	0.2	0.2

Table. 2 VDH의 추론규칙

충돌 위험도 산출에는 IF-THEN형식을 이용하여 계산하였는데 IF-THEN형식은 여러개의 규칙들로 특성이 기술되므로 비선형성이 강한 모델링에 적합하다는 장점이 있다.

충돌위험도 산출시 피항의 대상인 타선이 여러척 존재 할 경우 각 선박에 대한 위험도를 구한 후 그 중 가장 큰 값을 선택하여 그 상황에서의 충돌 위험도로 사용한다.

3. 시뮬레이션 및 평가

본 연구에서 제안한 기법의 성능 검증을 위해 DCPA, TCPA만으로 충돌 위험도를 산출해 낸 결과와 변침도(VDH)의 개념을 추가하여 충돌 위험도를 산출한 결과를 비교, 평가한다.

시뮬레이션을 위해 자선을 중심으로 항해하는 세 척의 타선을 배치하고, 각 타선의 TCPA, DCPA, VDH값을 입력으로 받아들여 충돌 위험도를 산출하였다. 선박들의 항해 속력은 20knot로 설정하며 충돌 위험도 산출 주기는 1분으로 하였다.

Table. 3은 본 연구에서 제안하는 기법과 기존의 기법[6]으로 산출된 충돌 위험도를 나타낸다. 그림 4에서 보여지듯 시간 1에서는 타선 2가 가장 큰 충돌위험도를 산출하는 것이 합리적이다. 그러나 기존의 기법에서는 타선 2나 타선 3의 충돌 위험도가 모두 1로 나타나는 반면 제안하는 기법에서는 타선 2의 값이 가장 높은 충돌 위험도를 산출하였다. 이는 기존의 기법보다 더욱 세밀한 충돌 위험도 산출이 가능함을 의미한다. 시간 6에서 타선 1은 자선의 후방에 위치하고 있어 낮은 위험도가 산출되는 것이 합리적이다. 하지만 기존의 기법에서는 0.8의 큰 위험도를 산출하였는데, 이는 충돌 위험도 판단 기준을 TCPA와 DCPA에 기반한 시간과 거리에 두기 때문이다. 따라서 타선이 어느 정도 일정 범위 안에 위치하면 진행 방향을

타선 시간	제안한 기법			기존의 기법		
	ship 1	ship 2	ship 3	ship 1	ship 2	ship 3
1	0.6	1	0.8	0.8	1	1
2	0.2	1	0.8	0.8	1	1
3	0.2	-0.2	0.8	0.8	1	1
4	0.2	-1	0.8	0.8	-1	1
5	0.2	-1	0.8	0.8	-1	1
6	0.2	-1	0.8	0.8	-1	1
7	0.2	-1	0.8	0.8	-1	1
8	0.2	-1	0.8	0.8	-1	1
9	0.2	-1	0.8	-1	-1	1
10	-0.4	-1	0.8	-1	-1	1
11	-0.6	-1	0.8	-1	-1	1
12	-1	-1	-0.2	-1	-1	1
13	-1	-1	-0.2	-1	-1	-1
14	-1	-1	-0.2	-1	-1	-1
15	-1	-1	-0.2	-1	-1	-1
16	-1	-1	-0.2	-1	-1	-1
17	-1	-1	-0.4	-1	-1	-1

Table. 3 시뮬레이션 결과

고려하지 않고 높은 위험도를 산출한다. 이에 반해 제안하는 기법은 타선의 변각이 자선에 위협적인가 아닌가를 판단하여 그 정보를 누적하여 왔으므로 충돌 위험도가 0.2로 산출되었다.

III. 결론 및 향후과제

본 연구에서는 해상에서 존재하는 장애물인 선박들 사이의 충돌 위험도 산출에 대해 살펴보았다. 충돌 위험도 산출 시 변침도의 개념을 추가함으로써 선박의 곡선 운항에 대한 고려가 가능하게 되었다.

시뮬레이션의 결과 분석을 통해 제안하는 기법은 첫째, 세밀한 충돌 위험도 산출이 가능하며 둘째, 충돌 위험도 산출시 거리와 시간에 기반한 기존의 기법에 비해 과거 경로의 변각 위험도를 고려할 수 있다는 특징을 나타내었다.

본 연구에서 해결해야 할 향후과제로는 국제 해상 충돌 예방 규칙을 적용시켜 보다 사실적인 충돌 위험도를 산출하는 것이다.

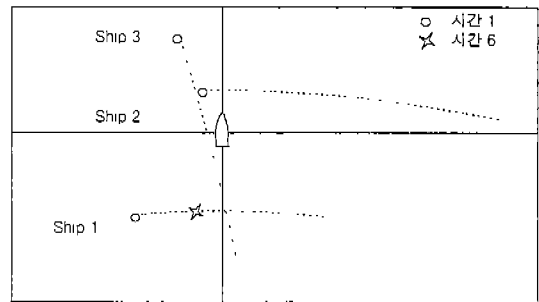


Fig. 4 타선의 이동경로

IV. 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] 이한진, "유전자 알고리즘을 이용한 충돌 회피 시스템의 최적화" 서울대학교, 1997.
- [8] 송재욱, PC를 이용한 ARPA RADAR SIMULATOR의 개발에 관한 연구, 한국해양대학교, 1995.
- [9] 임남균, 이용한 ARPA RADAR SIMULATOR의 개발을 위한 기초 연구, 한국해양대학교, 1998.
- [10] 이광형, 오길록, "퍼지 이론 및 응용 II", 홍릉과학출판사, 1997.