

실시간 위치기반 선박 충돌 위험도 모델 개발에 관한 연구

† 이진석 · 송재욱* · 정민** · 이정진*** · 박수지***

† 한국해양대학교 대학원, *한국해양대학교 항해학부, **한국해양수산연수원, ***한국해양대학교 대학원

요 약 : 실시간 위치 기반 선박 충돌 위험도는 자신의 관점에서 선박충돌의 위험을 판단하는 것이 아니라 VTS(Vessel Traffic Service)의 관점에서 충돌 위험이 있는 선박을 식별하고 충돌 위험 지역을 전자 해도에서 실시간으로 확인하여 해당 해역 전체의 선박 교통흐름과 통항하는 선박간의 위험도를 평가하는 것이 목적이다. 항해사로써의 승선 경험과 관제사로써의 근무 경험, 그리고 다 년간 VTS 관제 업무를 수행하고 있는 관제사들로부터 충돌의 위험이 있는 선박을 식별하는 방법으로 주로 선박간의 벡터(코스와 속도)를 실시간으로 모니터링하여 충돌 위험이 있는 선박에게 피항 조치를 취하도록 정보를 제공하는 것으로 확인되었다. 따라서 DCPA(Distance to Closest Point of Approach)와 TCPA(Time to Closest Point of Approach), 그리고 최근접시간을 변수로 하는 충돌 위험 함수식(최대값=100)을 연구하여 최대 위험값을 가지는 지점과 주변의 위험값을 계산하여 해역 전체의 위험도를 실시간으로 표시 하는 기초 모델을 연구하였다.

핵심용어 : 위치기반, 실시간, 선박 충돌 위험도, DPCA, TCPA

발표순서

- 01. 배경
 - 해양사고통계 분석, 2012
- 02. 교통평가모델 비교분석
 - PAWSA
 - IWRAP
 - ES model
 - 충돌 위험도 평가법
- 03. 실시간 충돌 위험도
 - 두 선박간 충돌 위험도
 - 한 경(P)에서 충돌 위험도
 - 함수 $g(x)$ 와 $h(x)$
- 04. 적용 및 결론
 - 마주침 상황일 때 P점 위험도
 - 추돌 상황일 때 P점 위험도
 - 교차각 45도일 때 P점 위험도
 - 교차각 45도일 때 P점 위험도

충돌사고 현황분석 (제결본)

충돌 해역별 분석 5년간(08~12) 충돌사고 436건 중 해역별 사고현황

해역	비율 (%)
영해내	58.1%
원양구역	21.1%
항내	19.7%
기타	0.1%

해상교통평가모델 및 충돌위험도 비교

모델 비교분석

1 PAWSA <ul style="list-style-type: none"> - 접근특성비율의 경과 도출 - 주관적일 평가 결선 - 시간과 인력소요 	2 IWRAP <ul style="list-style-type: none"> - 충돌/피착륙 위험 예측 모델 - 사전 조사 및 데이터 필요 - 실시간 예측은 어려움
3 ES model <ul style="list-style-type: none"> - 부하의 정도를 정량적으로 평가 - 운항자가 느끼는 위험도의 함수 - 모든 국적/자적/대국능력/특성 - 파고 고려가 없음 	4 Sech함수/베이지안을 이용한 충돌위험도 <ul style="list-style-type: none"> - DCPA로 위험도 값이 1을 유지 - 최적화된 계수 값 미검정 - Bayes's rule 기반 충돌위험도 - 분당위로 충돌위험 추정

실시간 충돌 위험도 평가 모델

- 평가 대상 해역 내를 항해하는 선박들의 충돌 위험을 실시간으로 각 위치에 표시하는 것이 목적임.
 - 항내 구역뿐 아니라 연안 및 원양구역에서도 AIS 수신이 가능하다면 선박의 충돌 위험을 실시간으로 전자 해도상에 표시하며 VTS에게 충돌 위험을 알려주어 관련 선박이나 여선에게 조치를 할 수 있는 정보를 제공하여 충돌 사고를 예방
 - 선박의 피항 영역이나 선박의 조종 성능과는 무관하게 해상 의 각 포인트가 중심인 위치기반 방식

† 교신저자 jslee118@gmail.com

* 종신회원, songcu@kmou.ac.kr 051)410-4272

충돌 위험도 고려 요소



- 두 선박간의 DCPA, TCPA와 두 선박의 최단접근시간

$$TCPA_i(n \text{ sec}) = \frac{R_i \cdot \cos \alpha_i}{|v_i - v_j|} \quad DCPA_i(n \text{ sec}) = R_i \cdot \sin \alpha_i$$

$$t_{ij}(\text{min}) = \frac{R_{ij}}{|v_i - v_j| \cdot \cos \beta}$$
- 선박의 위치, COG, SOG
- 한 점 (P) 과 각 선박과의 최근접거리와 최단접근시간

$$d_{cpa,ij} = R_i \cdot \sin \alpha_i \quad d_{cpa,ij} = R_j \cdot \sin \alpha_j$$

$$t_{ij} = \frac{R_{ij}}{|v_i - v_j| \cdot \cos \beta} \quad t_{ij} = \frac{R_{ij}}{|v_i - v_j| \cdot \cos \beta}$$
- $g(x)$ = 거리에 대한 함수
- $h(x)$ = 시간에 대한 함수

두 선박간 충돌 위험도

$$P_{c,ij} = \begin{cases} 10\sigma(DCPA_{ij}) \times 10^h(t_{ij}), & TCPA \geq 0 \text{ 일 때} \\ 10\sigma(R_{ij}) \times 10^h(t_{ij}), & TCPA < 0 \text{ 일 때} \end{cases}$$

$$\sigma(x) = \begin{cases} 10 \operatorname{sech}(ax), & TCPA \geq 0 \text{ 일 때, } x = DCPA_{ij} \\ 10 \operatorname{sech}(bx), & TCPA < 0 \text{ 일 때, } x = R_{ij} \end{cases}$$

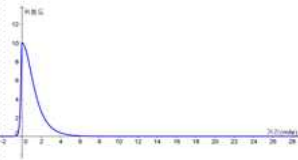
$$h(x) = \begin{cases} 10 \operatorname{sech}(cx), & x \geq 0 \text{ 일 경우, } x = t_{ij} \\ 10 \operatorname{sech}(dx), & x < 0 \text{ 일 경우, } x = t_{ij} \end{cases}$$

$$t_{ij} = \frac{R_{ij}}{|v_i - v_j| \cdot \cos \beta}$$

→ R_{ij} : 선박과 j선박의 실시간 거리
→ β : $|v_i - v_j|$ 와 같가이루는 각

거리에 대한 함수 $g(x)$

위험도 평가대상인 두 선박(와 j)과 P점이 연안구역에 있다고 가정하여 $g(x)$ 의 계수를 $a=0.1, b=5$ 로 입력



- DCPA가 6~7마일부터 위험도가 계산
- 서서히 증가하다가 1마일 이내부터는 급격하게 증가
- 연안 항해에서 DCPA가 1마일 이내면 충돌의 부담을 느끼고 적절한 피항 조치를 취하는 것을 반영
- TCPA가(-)가 되면 DCPA에서 R로 전환되며 충돌 위험이 사라짐

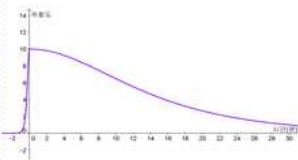
한 지점에서의 충돌 위험도

$$P_{c,p} = P_{c,ij} \cdot \frac{1}{2} [g(dcpa_{ij,p})h(t_{ij,p}) + g(dcpa_{jp,p})h(t_{jp,p})]$$

$$\begin{cases} dcpa_{ij,p} = R_{ij} \cdot \sin \alpha_i \\ dcpa_{jp,p} = R_{ij} \cdot \sin \alpha_j \\ t_{ij,p} = \frac{R_{ij,p}}{|v_i - v_j| \cdot \cos \alpha_i} \\ t_{jp,p} = \frac{R_{ij,p}}{|v_i - v_j| \cdot \cos \alpha_j} \end{cases}$$

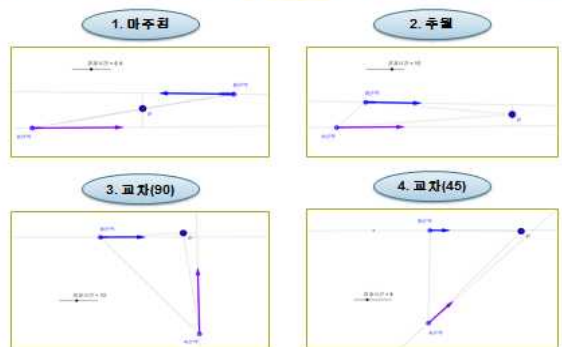
시간에 대한 함수 $h(x)$

위험도 평가대상인 두 선박(와 j)과 P점이 연안구역에 있다고 가정하여 $h(x)$ 의 계수를 $a=1, b=10$ 로 입력



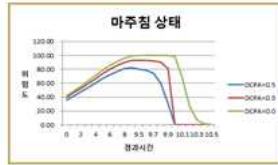
- 최근접시간이 30분 인 경우, 위험도가 낮다가 시간이 단축될수록 점점 위험이 증가
- 최근접시간 5~6분 남았을 때부터는 위험도가 높게 유지됨
- 연안 항해에서 늘어도 5~6분전에는 위험을 알려 피항 조치를 취하는 것을 반영
- 최근접시간이 (-)가 되면 충돌 위험이 사라져 위험이 급격히 감소됨

실시간 충돌 위험도의 적용



마주침 상태일 때 P점 위험도

별도 사양(%)	P점 통과 위험도(%)		
	DCPA=0.5	DCPA=0.3	DCPA=0
0	33.63	23.41	42.33
1	41.26	45.88	46.73
2	47.34	52.44	53.34
3	53.71	58.52	61.51
4	60.17	66.72	71.19
5	66.43	73.72	78.88
6	72.24	80.19	85.59
7	77.19	85.78	91.54
8	80.91	90.02	96.12
9	82.63	92.94	99.02
9.5	78.80	92.88	93.94
10	74.51	92.07	93.31
10.5	69.03	90.24	91.95
11	63.15	87.27	89.59
12	56.00	83.00	85.00

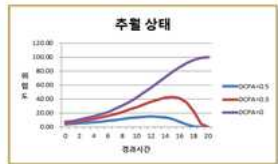


결론

- ❖ 두 선박이 최근접시간으로 접근할수록 P점에서의 위험도는 증가하며 최대값 이후부터는 TCPA가 음수가 되기 전임에도 위험도가 감소한다. 이는 두 선박이 일정거리 떨어진 상태에서 지나치게 되면 충돌 위험이 그만큼 줄어들 수 있다.
- ❖ DCPA가 가까워질수록 P점에서의 충돌 위험도는 증가, 단, 교차 상태일 때는 그 차가 크지 않다.
- ❖ 교차 상태일 때, P점의 충돌 위험도가 다른 조우 관계일 때보다 급격하게 위험도가 증가함을 알 수 있다.
- ❖ 충돌 위험을 실시간으로 전자해도 상에 표시하므로 VTS 또는 제 3자가 선박 충돌 위험을 보다 빠르고 쉽게 확인할 수 있어 관련 선박에게 필요한 조치를 취할 수 있는 시간적 여유를 확보할 수 있다.

추월 상태일 때 P점 위험도

별도 사양(%)	P점 통과 위험도(%)		
	DCPA=0.5	DCPA=0.3	DCPA=0
7	10.06	10.26	25.75
8	11.30	21.43	31.51
9	12.51	24.78	35.33
10	13.50	28.39	42.01
11	14.41	32.12	48.70
12	14.78	35.84	55.32
13	14.40	39.21	61.48
14	13.30	41.80	71.17
15	11.80	42.30	78.88
16	7.85	43.31	85.59
17	3.79	38.10	91.52
18	0.94	21.78	96.11
19	0.01	3.37	99.01
20	0.00	0.00	100.00



교차 상태일 때 P점 위험도

별도 사양(%)	P점 통과 위험도(%)					
	DCPA=0.5		DCPA=0.3		DCPA=0	
7	21.68	20.87	21.68	23.45	25.36	25.34
8	25.91	24.72	26.49	27.60	30.60	30.84
9	30.50	28.13	33.30	33.77	35.62	35.38
10	35.62	31.08	38.30	38.34	41.61	41.41
11	41.30	34.54	43.51	41.54	48.69	49.62
12	47.43	45.45	50.33	51.88	55.30	55.88
13	53.81	52.66	58.45	58.30	62.81	63.77
14	60.26	58.05	66.70	65.49	70.49	70.45
15	66.71	61.28	73.80	72.50	78.01	77.87
16	73.20	70.10	80.39	78.21	85.49	85.90
17	77.62	75.00	86.10	85.60	91.61	91.61
18	81.60	78.07	90.54	88.20	95.70	95.79
19	83.38	79.02	93.30	91.10	96.82	96.91
20	83.00	82.41	91.20	91.02	100.00	100.00

