

실시간 위치기반 선박 충돌 위험도 알고리즘 개발에 관한 연구

† 이진석 · 송재욱* · 정민** · 김종철***

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

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. 항해사로서의 승선 경험과 관제사로서의 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 각 지점의 위험도를 실시간으로 표시하는 기초 모델을 연구하였다.

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

발표순서

<p>01. 연구배경</p> <ul style="list-style-type: none"> - 충돌사고현황 분석, 2012 - 배경 	<p>02. 실시간 위치기반 충돌 위험도 모델</p> <ul style="list-style-type: none"> - 고려 요소 - 함수 $g(x)$와 $h(x)$ - 두 선박간 충돌 위험도 계산 - 한점에서의 실시간 충돌 위험도
<p>03. 실시간 충돌 위험도 적용</p> <ul style="list-style-type: none"> - 제주항 입항 - 수협항 입항 - 고창항 입항 (주라) - 고창항 입항 (45도) - 실패한 입항 	<p>04. 결론</p> <ul style="list-style-type: none"> - 결론 - 향후 연구 과제

2 실시간위치기반 충돌 위험도 모델

목적
항해하는 선박의 충돌 위험을 실시간으로 각 위치에 표시

```

    AIS → 선박 위치, SOG, COG
    ↓
    선박간 실시간 충돌 위험도 계산
    ↓
    한점에서의 실시간 충돌 위험도 계산
    
```

3

1. 연구 배경

① 충돌사고 현황 분석 (재경분)

<p>해역별</p> <p>1% 21% 52% 26%</p> <p>• 발나 • 울리나 • 칠말부리 • 기타</p>	<p>상대선 조만거리별</p> <p>8% 6% 28% 18% 27%</p> <p>• 10미만 • 10~20미 • 2~5미 • 50미 이상</p>	<p>1% 충돌 원인별</p> <p>2% 20% 78%</p> <p>• 방향미판유 • 속도미판유 • 기타 • 기타</p>
---	---	--

② 배경

수많은 선박 충돌사고가 위험상황을 동반한 시간적 여유를 두고 인지하지 못하여 발생
 이는 Endsley(1995)의 상황자각이론에서 1단계 (SA1-Preception) 부터 실패
 수 VTS는 선박이 충돌 위험을 미리 인지할 수 있도록 도움을 줄 수 있음
 수 관제사에게 강제구명뿐 아니라 밖에서도 충돌 위험을 알려줄 수 있는 모델 고안

1

2 실시간위치기반 충돌 위험도 모델

① 고려 요소

- 두 선박간의 DCPA, TCPA와 두 선박의 목표점근접경로(2003)
- AIS - 선박 위치, SOG, COG

$$DCPA_{(min)} = \sqrt{d^2 - (v \cdot \sin \alpha)^2}$$

$$TCPA_{(min)} = \frac{d \cdot \cos \alpha}{v}$$

충돌 위험도

• 한 점 (P)과 각 선박과의 최근접거리와 목표점근접시간

$$d_{cp} = \sqrt{d^2 - (v \cdot \sin \alpha)^2}$$

$$t_{cp} = \frac{d \cdot \cos \alpha}{v}$$

• $g(x)$ = 거리에 대한 함수
• $h(x)$ = 시간에 대한 함수

4

† 주저자, jslee118@gmail.com 010)5093-2414

* 교신저자, songcu@kmou.ac.kr 051)410-4272 **공동저자, seamini@naver.com 010)9953-0400

2 실시간위치기반 충돌위험도 모델

㉔ 두 선박간 실시간 충돌 위험도

$$Pc(x, y) = g(x) \cdot h(y)$$

$$g(x) = 10 \operatorname{sech}(ax), \quad x = \begin{cases} DCPA_{ij} & (\text{if } TCAP_{ij} \geq 0) \\ R_{ij} & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

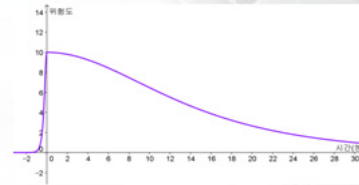
$$h(y) = 10 \operatorname{sech}(by), \quad y = t_{ij}$$

5

2 실시간위치기반 충돌위험도 모델

㉕ 시간에 대한 함수 h(x)

$$h(y) = 10 \operatorname{sech}(by), \quad y = t_{ij}$$



8

2 실시간위치기반 충돌위험도 모델

㉔ 두 선박간 실시간 충돌 위험도

$$Pc(x, y) = g(x) \cdot h(y)$$

$$g(x) = 10 \operatorname{sech}(ax), \quad x = \begin{cases} DCPA_{ij} & (\text{if } TCAP_{ij} \geq 0) \\ R_{ij} & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

$$h(y) = 10 \operatorname{sech}(by), \quad y = t_{ij}$$

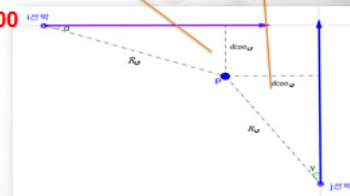
5

2 실시간위치기반 충돌위험도 모델

㉖ 한 점에서의 실시간 충돌 위험도

$$Pc_p = \begin{cases} \frac{1}{2} Pc_{ij} [g(dcpa_p)h(t_{ij,p})/100 + g(dcpa_p)h(t_{ij,p})/100], & tcap \geq 0 \text{ 일 때} \\ \frac{1}{2} Pc_{ij} [g(R_{ij,p})h(t_{ij,p})/100 + g(R_{ij,p})h(t_{ij,p})/100], & tcap < 0 \text{ 일 때} \end{cases}$$

=Max 100

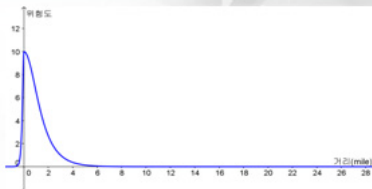


9

2 실시간위치기반 충돌위험도 모델

㉗ 거리에 대한 함수 g(x)

$$g(x) = 10 \operatorname{sech}(ax), \quad x = \begin{cases} DCPA_{ij} & (\text{if } TCAP_{ij} \geq 0) \\ R_{ij} & (\text{otherwise}) \end{cases}$$



7

3. 실시간 충돌 위험도의 적용

■ 실험 조건

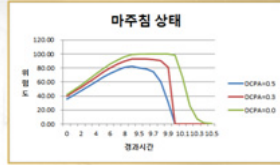
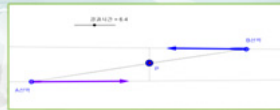
선박 조우 관계	<ul style="list-style-type: none"> • 마주침 상태, • 추월 상태 • 교차 상태(90 & 45°)
선박속력	<ul style="list-style-type: none"> • A선박 - 16kts • B선박 - 13kts
DCPA 값	<ul style="list-style-type: none"> • 0.5 마일 • 0.3 마일 • 0 마일
P점의 위치	<ul style="list-style-type: none"> • 두 선박이 최근접할 때 DCPA를 속력비로 나눈 지점

10

3. 실시간 충돌 위험도의 적용

㉠ 마주침 상태

경로 사양(초)	P-면 실시간 충돌 위험도		
	DCPA=0.5	DCPA=0.3	DCPA=0
0	25.85	22.41	42.02
1	41.28	45.88	48.73
2	47.34	52.44	55.94
3	53.71	59.52	63.51
4	60.17	66.72	71.32
5	66.45	73.72	78.98
6	72.24	80.72	86.70
7	77.12	87.72	94.36
8	82.21	94.72	101.92
9	87.51	101.72	109.32
9.5	93.02	108.72	116.54
9.7	94.52	110.72	118.51
9.8	95.02	111.72	119.35
9.9	95.12	111.72	119.32
10	0.00	0.00	0.00



11

4. 결론

- 해상 각 지점이 중심인 위치 기반 방식으로 선박 충돌 위험도를 실시간으로 표시하는 모델 개발
- 선박정보, DCPA, TCPA, 목표접근시간 그리고 g(x)와 h(x) 함수를 이용하여 선박간 충돌 위험도와 한 점에서의 충돌 위험도를 정의함
- 실시간 위치기반 충돌 위험도

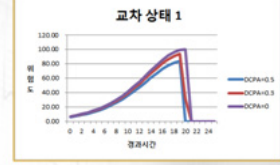
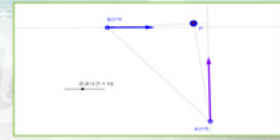
$$P_{c,p} = \begin{cases} \frac{1}{2} P_{c,p} [g(dcpa_{p,p})h(t_{p,p})/100 + g(dcpa_{p,p})h(t_{p,p})/100] \cdot tcpx \geq 0 \text{ 일 때} \\ \frac{1}{2} P_{c,p} [g(R_{p,p})h(t_{p,p})/100 + g(R_{p,p})h(t_{p,p})/100] \cdot tcpx < 0 \text{ 일 때} \end{cases}$$
- 마주침, 추월 그리고 교차상태에 따른 한 지점에서의 실시간 충돌 위험도를 실험 및 비교

16

3. 실시간 충돌 위험도의 적용

㉢ 교차 상태 (교차각 90)

경로 사양(초)	P-면 실시간 충돌 위험도		
	DCPA=0.5	DCPA=0.3	DCPA=0
0	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00
7	21.80	24.04	25.36
8	25.91	28.19	30.00
9	30.50	33.56	35.12
10	35.62	39.26	40.74
11	41.22	45.21	46.80
12	47.34	51.34	53.20
13	53.91	57.65	59.91
14	60.36	64.14	66.74
15	67.71	70.81	73.61
16	75.24	77.54	80.54
17	82.91	84.34	87.51
18	90.74	91.21	94.54
19	98.74	98.14	101.61
20	0.00	0.00	0.00



13

5. 추후 연구 과제

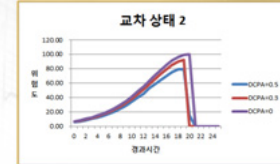
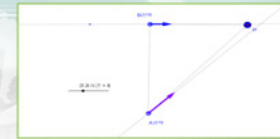
- VTS 지원**
 - 관제사의 상황분석 영역 확대
 - VTS의 역할과 실력 증명 가능
- 저장 기능**
 - 일정 기간 동안 일정 레벨 이상의 위험도만 저장
 - 충돌에 임박했면 관련 선박과 상황은 확인 가능
- 시스템 구축**
 - 협력 업체의 실시간 충돌 위험도 모니터링
 - 실제 VTS 관제 상황과 비교 분석
- 계수 a, b**
 - 항내, 항로 및 항수로, 연안경계계수
 - 실문조사 및 관련 연구 자료 분석

17

3. 실시간 충돌 위험도의 적용

㉣ 교차 상태 (교차각 45)

경로 사양(초)	P-면 실시간 충돌 위험도		
	DCPA=0.5	DCPA=0.3	DCPA=0
0	0.15	0.15	0.15
1	0.15	0.15	0.15
2	0.15	0.15	0.15
3	0.15	0.15	0.15
4	0.15	0.15	0.15
5	0.15	0.15	0.15
6	0.15	0.15	0.15
7	20.07	22.45	25.24
8	24.73	27.00	30.04
9	29.13	32.77	35.28
10	34.00	38.36	40.91
11	39.21	44.24	46.85
12	44.74	50.42	53.22
13	50.50	56.81	59.91
14	56.51	63.41	66.74
15	62.74	70.21	73.61
16	69.10	77.21	80.54
17	75.50	84.41	87.51
18	82.07	91.81	94.54
19	88.74	99.41	101.61
20	0.15	0.15	0.15



14