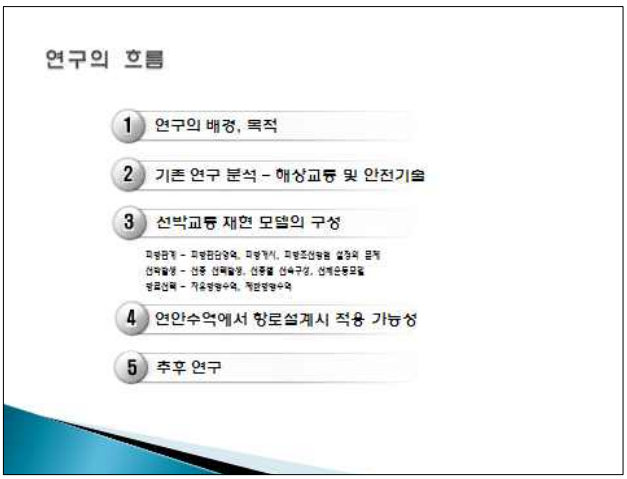
연안수역에서 선박교통 재현프로그램 개발과 그 응용에 관한 연구

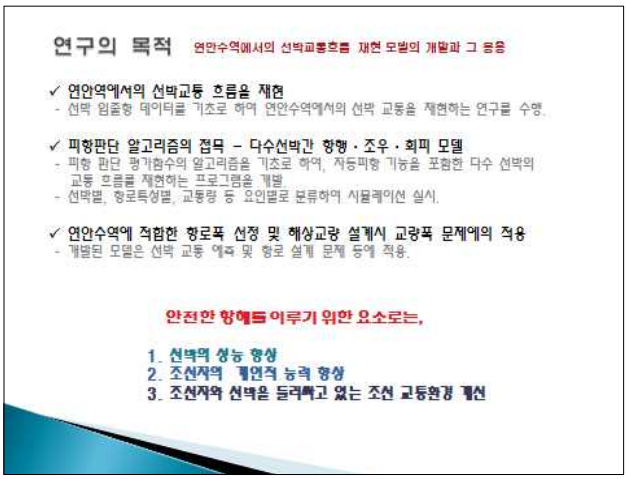
성유창* · 윤대근** · 정중식*** · 박계각****

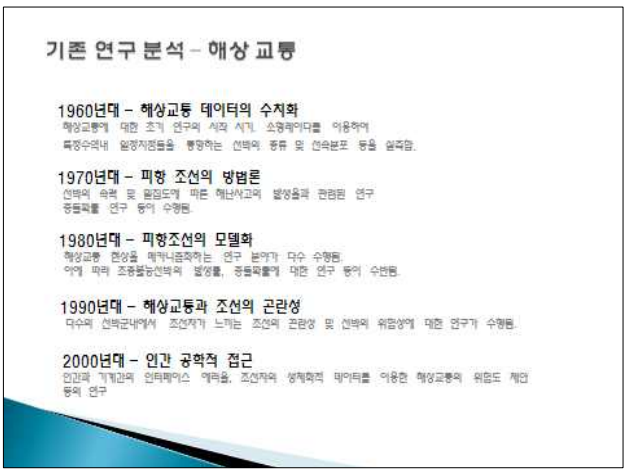
*,**,***,**** 목포해양대학교 해상운송시스템학부

요 약 : 현재 우리나라에서 해상 수송은 무역 수출입의 90%이상을 담당하고 있으며, 지정학적인 측면에서도 많은 중요한 역할을 하고 있다. 해상에서의 교통시스템 기능이 안정적으로 유지되고, 더욱 발전되기 위해서 무엇보다 연안 해역에서의 선박 교통에 대한 정확한 이해가 필요하다. 본 논문에서는 선박별 항적과 같은 선박 교통의 자료들을 기초로 하여, 우리나라의 각 수역별로 선박 흐름을 재현해 보는 연구를 수행하였다. 구체적으로 선박종류·항로특성·실제교통량 등을 해상 교통의 구성요소별로 분류하고, 자동피항 기능을 포함한 다수 선박간의 흐름을 재현하는 프로그램을 개발하였다. 개발된 프로그램은 목포항의 선박교통 자료를 기본으로 시뮬레이션을 실시하여 검증하였다. 또한 개발된 모델을 수역의 교통안전성 예측, 항로내 시설물 설치시 적정성 문제 등에 적용가능한 지를 고려하였다.

핵심용어 : 해상교통, 선박교통의 재현, 다수 선박간 충돌회피, 시뮬레이션, 해역안전성 평가



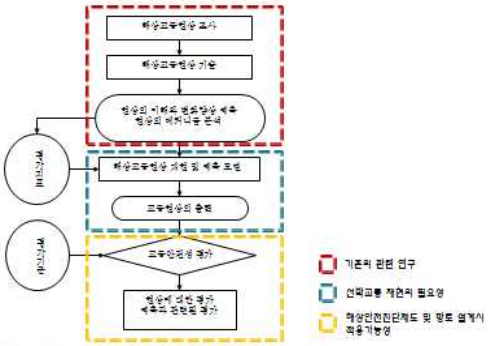




*,**,***,**** 종신회원 : 목포해양대학교 해상운송시스템학부

061-240-7150

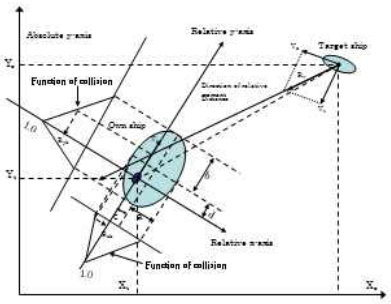
기존 연구를 토대로 한 해상교통 연구의 프로세스



해상 교통 평가의 순서와 선박교통 재현의 필요성

자동피항을 고려한 선박흐름 재현의 프로그램 구성

1. 피항의 원리 – 점유영역에 의한 피항판단



점유영역 및 피항판단 함수를 이용한 피항조선의 개념도

연안수역에서의 선박흐름 재현의 필요성

- 해상교통의 현상에 대한 조사
- 해상교통 현상에 대한 기술
- 현상의 메커니즘 분석

⇒

- 해상교통 안전성평가
- 해역안전 관리제도

해상교통현상에 대한 재현 및 예측 모델이 필요

선박교통 흐름에 필요한 구성 요소

- 피항관계 – 피항판단영역, 피항개시, 피항조선방법 결정의 문제
- 선박물성 – 선종 선박물성, 선종별 선속구성, 선체운동모델
- 항로선택 – 자유항행수역, 제한항행수역

자동피항을 고려한 선박흐름 재현의 프로그램 구성

1. 피항의 원리 – 피항판단 평가함수

$$u(X_{i,j}) = Pb(X_{i,j}) - a \times \underset{k=1,m}{Max}\{R_k(X_{i,j})\}$$

여기서,

$u(X)$ 최적 조선방법을 선택하기 위한 평가함수
$Pb(X)$ 피항조선을 위한 원침로 및 침로유지 선택함수
$R_k(X)$ 충돌위험도 함수
$X_{i,j}$ 피항공간 영역

$i=1\sim s$ 변침을 통한 피항조선 방법군
$j=1\sim t$ 변속을 통한 피항조선의 방법군
a 가중치계수
m 조우관계에 따른 선박의 발생 척수

자동피항을 고려한 선박흐름 재현의 프로그램 구성

1. 피항의 원리 – 안전거리 확보

항행시의 피항동작의 기본 메커니즘을 충돌 회피 동작으로 정리하여 분석.

❖ 피항 원리 (안전항과를 위한 안전 거리 확보, 점유이론)

안전항과거리 :

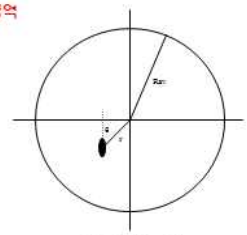
자선이 타선 혹은 물표와 안전한 항과를 위해 필요한 최소한의 이격거리를 지칭. 이 거리는 자선이 타선 및 물표의 침범을 허용치 않는 공간적 거리. (점유공간이론)

자동피항을 고려한 선박흐름 재현의 프로그램 구성

2. 피항개시영역 설정 – 피항영역

$$R_{ac} = (3.3 \cdot V_R + 6) \cdot \left(\frac{L_O^2 + L_T^2}{2}\right)^{1/2}$$

R_{ac} 피항개시영역 (m)
V_R 상대속력 (m/s)
L_O 자선전장 LOA(m)
L_T 타선전장 LOA(m)
$R_{ac}/L_O = 3$ 이상



피항개시영역의 개념

3. 피항판단영역과 충돌시간

피항판단영역과 타선과의 상대운동궤적이 교차하는 충돌 판정에는 시간이 개념이 없는 이유로, 이 모델에서는 가까운 20분 이내에 발생하는 선박을 대상으로 함.

자동피항을 고려한 선박흐름 재현의 프로그램 구성

4. 선박운동모델 – KT model

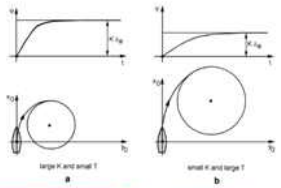
각 선박은 가설정된 항행경로에 따라 피항을 하며 가설정된 속력으로 운동모델에 의거하여 항행함.

$$T\ddot{r} + r = K\delta$$

$$T_v\dot{V} + V = V_{order}$$

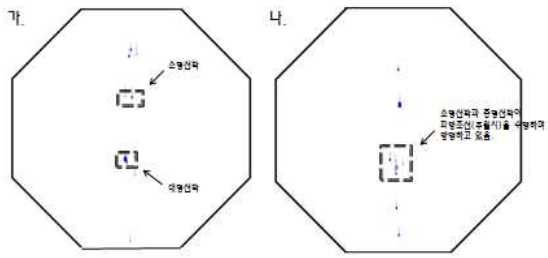
$$T_E\dot{\delta} + \delta = \delta_{order}$$

V : 선속 (m/s)
V_{order} : 지시된 속도
K, T : 조종성지수
T_E : 조타기 시정수
T_v : 선속의 시정수
δ : 타각
R : 선회각속도(rad/s)



Turning Test시 K와 T에 따른 ship's path의 영향

예 1. 모델화된 선박흐름 재현의 장면



설정된 통항로에서 발생된 선박의 항행 모습.

자동피항을 고려한 선박흐름 재현의 프로그램 구성

5. 선박 발생 모델 – 발생시간간격의 설정

- 일정한 수역내에서 임의의 지점으로부터 선박의 통과간격은 지수분포를 따르고 있음.
- 선박 발생 모델은 설정된 선박발생 확수를 기본으로 하여 평균시간간격을 구함.
- 그 평균치로부터 지수분포 난수를 이용하여 선박을 생성시키는 모델을 적용함.

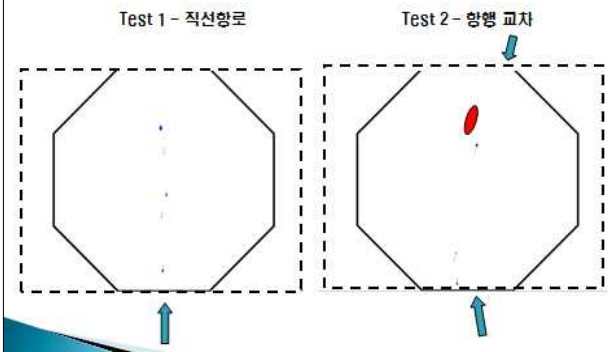
단위시간에 발생하는 선박의 확수가 평균 λ회의 포아송분포를 따를 때, 선박의 발생시간간격의 확률밀도함수는,

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

t 는 임의실수이고, 그 평균치와 표준편차는 각각 $1/\lambda$ 이다. 그 따른 $1/\lambda$ 와 $1/\lambda$ 를 교환이 가능함.

누적분포 $F(t)$는 $1-e^{-\lambda t}$ 이 되어 $1-F(t)=R(t)$ 이 되, 분포시키는 $e^{-\lambda t}$ 이 됨. 따라서 $R(t)$는 어떠한 하나의 선박이 발생되지 않을 확률을 의미하며, 따라서 발생확률을 교환할 수 있음.

예 2. 모델화된 교통흐름 재현 test



자동피항을 고려한 선박흐름 재현의 프로그램 구성

6. 선형, 선박길이

- 설정된 선형구성비를 이용하여, 난수를 이용하여 선형을 결정하여 발생시킴.
- 선형별 평균선박길이의 분포는 정규분포로 가정함.
- 선박길이(선장)의 표준편차를 이용하여 정규난수에 의하여 발생시킴.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}$$

정규분포는 기우스분포라고도 불리며,자연계에서 많은 현상이 이 분포를 따르고 있음.

위식에서는 평균치를 m 으로, 표준편차를 σ 로 표현함.

7. 선박 속력

- 선박의 속력은 정규분포로 가정하고,
- 설정된 속력 V의 평균치와 표준편차 σ 를 이용하여, 정규난수가 이용되어 속력이 결정되도록 함.

추후 연구

1. 선박교통흐름 재현 모델의 보완 및 실해역에의 적용 가능성
   - 자유항행수역에서 적용 가능성
   - 제한수역에서 적용 가능성
2. 항로폭 설계시에 적용 가능성 연구
   - 일방통항로(위험수역), 교차통항로(VTS관제구역)
3. 해역안전평가의 한가지 방법론으로써 적용 가능성