

## 네트워크 기반의 예선사용 지원 시스템 개념 설계

† 김연규\* · 김선영\* · 박세길\* · 공인영\* · 양영훈\*

\*한국해양연구원 해양시스템안전연구소

**요약** : 선박이 부두에 이접안할 경우 쓰러스터나 특수 추진기가 없는 선박은 예선의 도움을 받아 이접안을 하게 된다. 이접안시 예선들은 도선사의 명령에 의하여 선박의 이접안을 도와주게 된다. 이때 본선과 예선의 위치가 2차원 지도에 표시되고 부두와의 상대적인 거리가 나타난다면 이접안에 매우 도움이 될 것으로 생각된다. 본 연구에서는 이러한 예선사용 지원 시스템에 대해서 개념 설계를 수행하였다. 예선사용 지원 시스템은 본선, 예선 및 부두의 상황을 모니터링하는 예선사용 모니터링 기능과 해양환경을 고려할 때 필요한 예선력을 계산하여 나타내주는 예선사용 자동화 기능을 갖고 있다. 이러한 예선사용 지원 시스템은 항만에 설치된 네트워크를 기반으로 설계되었으며, 추후 한국해양연구원의 선박운항 시뮬레이터를 이용하여 검증될 계획이다.

**핵심용어** : 네트워크 기반, 이접안, 예선사용 모니터링, 예선사용 자동화, 선박운항 시뮬레이터

KORDI

### 연구 내용

- 예선사용 지원 시스템(Network-based Pilot Support System, NPSS)
  - 예선사용 모니터링 기능
  - 예선사용 자동화 기능
- 예선 및 본선 운동 모형
- 예선사용 지원 시스템 활용 방안

KORDI

### 예선사용 지원 시스템 하드웨어 구성도

KORDI

### 예선사용 지원 시스템(NPSS) 기능

- 무선 네트워크를 기반으로 구성
- 기능
  - 예선사용 모니터링
  - 예선사용 자동화
- 예선사용 모니터링 기능
  - 본선과 예선의 위치를 화면의 지도에 표시
  - 본선 및 예선의 현재 상태 표시
  - 부두와의 거리를 계산하여 표시
- 예선사용 자동화 기능
  - 본선, 해양환경 및 항로계획 자료 이용
  - 계획된 항로를 진행하기 위한 본선의 필요 출력 및 타각과 예선의 필요 예인력 계산

KORDI

### 예선사용 지원 시스템 구성도

† 교신저자 : 김연규(중신회원) ygkim@mmoeri.re.kr

## 예선사용 지원 시스템(NPSS)

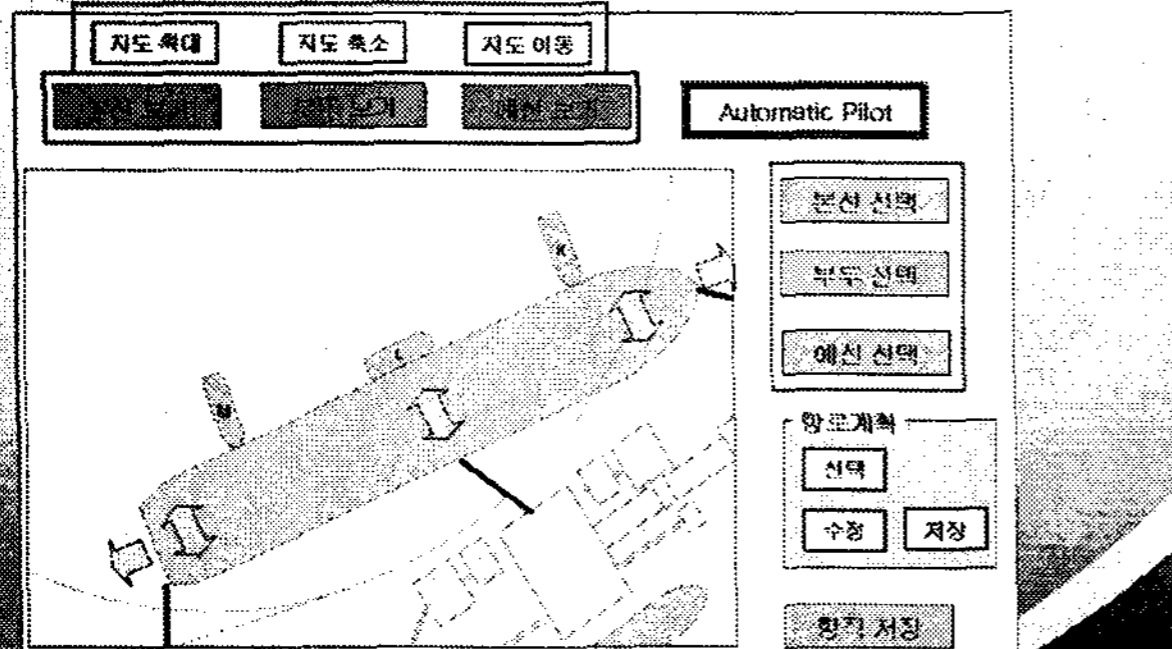
- 전처리 프로그램 (각 DB 제작)
  - 본선 DB 제작 프로그램
    - 본선의 기본제원, 타, 추진기, 품압자료
  - 예선 DB 제작 프로그램
    - 예선의 기본제원, 추진기 형식, 품압자료, Bollard Pull
  - 부두 및 항로계획 DB 제작 프로그램
    - 항만 2D 지도 선택, 부두 관련 자료, 해양환경 IP 선택
    - 항로계획 : Waypoints와 각 Waypoint에서의 선속 및 선수각

## NPSS 예선사용 자동화 기능

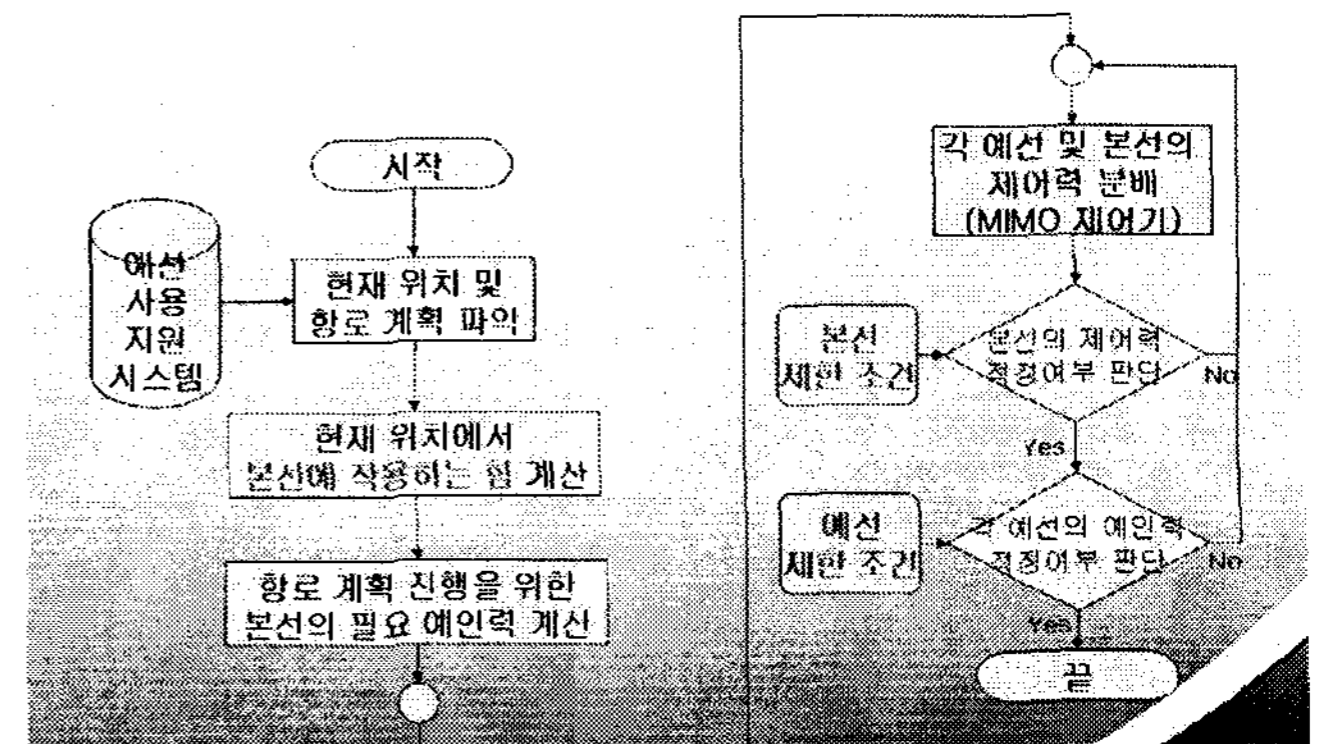
- 본선과 예선 연결
  - 각 예선에 대해서 본선의 예인 위치 설정
- 각 예선의 예인력 계산
  - MIMO 제어기 이용 : 해양 위해도 통합관리 시스템 기반 기술 개발
  - 본선의 조선 능력 이용 : 조타 및 추진 성능 이용
  - 본선의 Thruster 및 예선의 예인력 계산
  - 각 예선의 최대 예인력을 고려한 예인력 분배
    - 본선의 선속 고려
    - 예선의 유체동역학적 특성과 Bollard Pull 고려

## 예선사용 지원 시스템(NPSS)

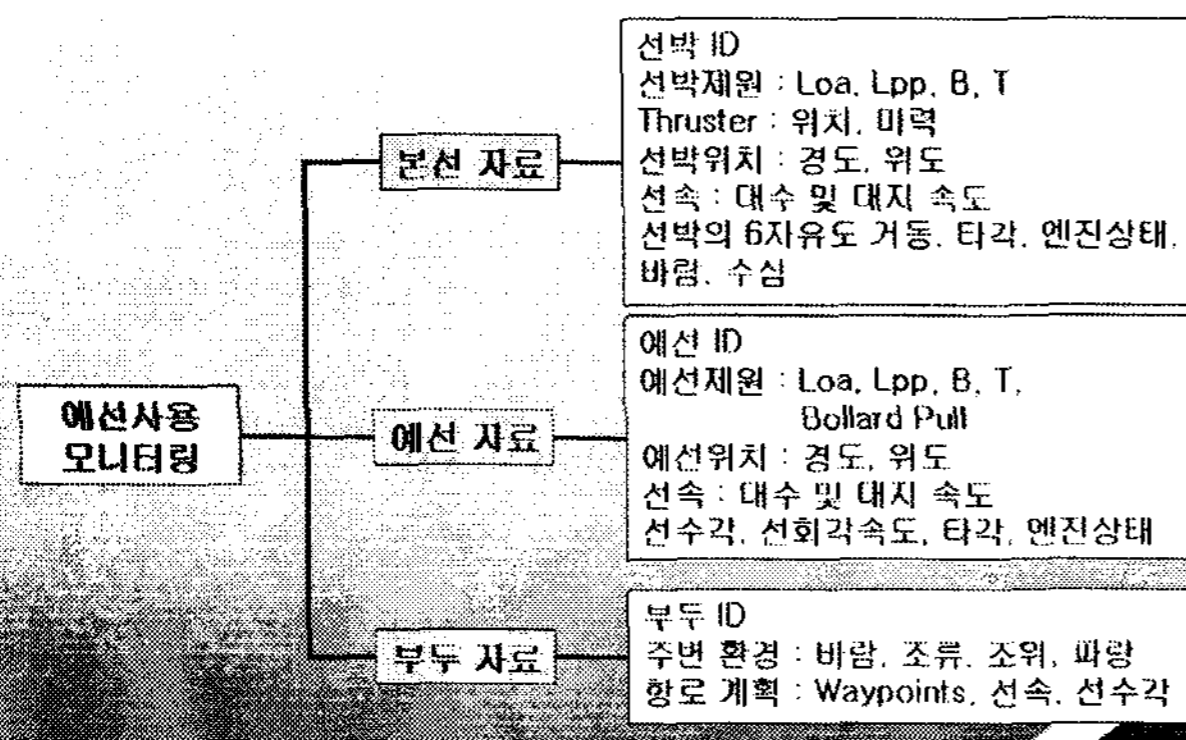
### NPSS 주 프로그램



## 예선사용 자동화 알고리즘



## NPSS 예선사용 모니터링 기능



## 예선 및 본선 운동 모형(1)

$$X = X_H + X_T + X_{Wave} + X_{Wind}$$

$$Y = Y_H + Y_T + Y_{Wave} + Y_{Wind}$$

$$N = N_H + N_T + N_{Wave} + N_{Wind}$$

$$K = K_H + K_T + K_{Wave} + K_{Wind}$$

- H : 유체에 의하여 선박에 작용하는 힘과 모멘트
- T : 추진기 및 타에 의한 힘과 모멘트
- Wave : 파도에 의한 힘과 모멘트
- Wind : 바람에 의한 힘과 모멘트



### 예선 및 본선 운동 모형(2)

$$X_H = -m_x u + (m_x + X_{xx})vr + X_H(t) + X_H(r=0)$$

$$Y_H = -m_y v + Y_{yy}r - m_y ur + Y_H(r=0) - \frac{\rho}{2} d C_{Dy} \left[ \int_{-L_w/2}^{L_w/2} |v + C_{y1}rx|(v + C_{y2}rx) dx - L_w v |v| \right]$$

$$N_H = -J_{zz} \dot{r} + N_{zz}r + N_H(r=0) + N_H(v, r, \phi) - \frac{\rho}{2} d C_{Dz} \left[ \int_{-L_w/2}^{L_w/2} |v + C_{z1}rx|(v + C_{z2}rx) dx \right]$$

$$K_H = -J_{\psi\psi} \dot{\phi} + K_{\psi\psi} \phi + K_{\psi} \dot{\phi} - Y_H v^2$$

$$F_{H,AVE} = \frac{1}{2} \rho g L \sum C_{H,AVE}(A/L)$$

$$X_{H,AVE} = -\frac{1}{2} \rho u_{AV}^2 A_L C_{x,AVE}(A/L)$$

$$Y_{H,AVE} = \frac{1}{2} \rho u_{AV}^2 A_L C_{y,AVE}(A/L)$$

$$N_{H,AVE} = \frac{1}{2} \rho u_{AV}^2 A_L L C_{z,AVE}(A/L)$$

$$K_{H,AVE} = Z_H Y_{H,AVE}$$

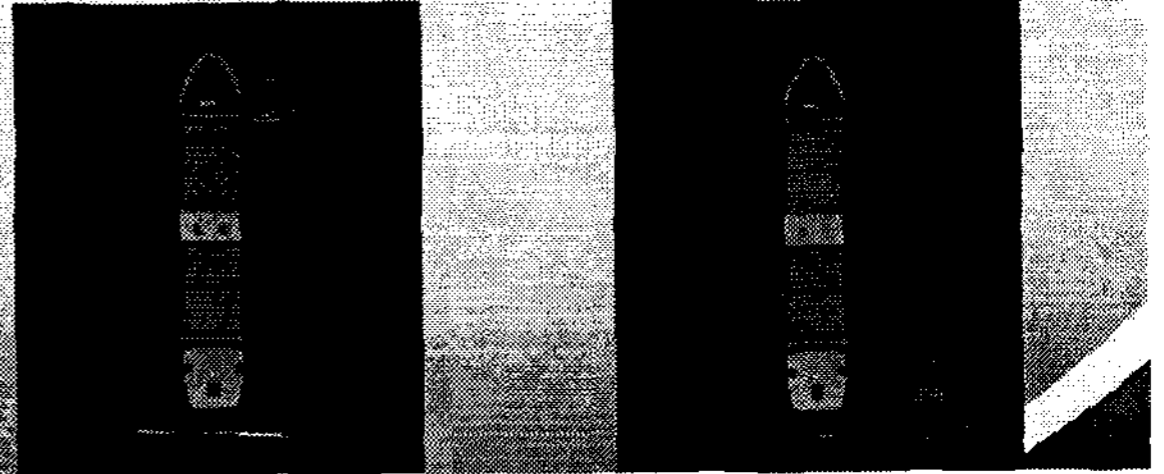
$\rho$  : 해수의 밀도,  $g$  : 중력가속도  
 $L$  : 선박의 전장,  $C_x$  : 좌 진폭  
 $C_{H,AVE}(A/L)$  : 표류력 계수

파도에 의한 힘  
 (착륙기 포함력만 고려)

바람에 의한 힘

### 예선 모델링 검증

- 선박운항 시뮬레이터에 적용하여 검증
  - 1척의 예선을 사용하여 기존의 모델링과 비교 검증
  - 기존의 모델링에서 고려하지 못한 상황(본선의 선속, 예선의 추진기 특성)에 대한 비교 검증



### 예선 모델링(1)

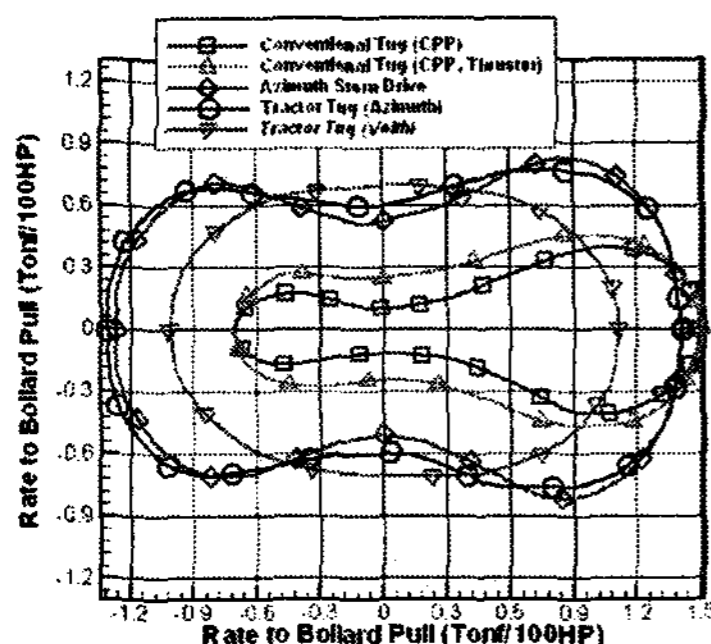
- Vector Tug 모델링 +  $\alpha$
- $\alpha$ 
  - 예선 종류 : 추진기 특성 고려
  - 운용 모드 : Push, Pull on a Line
  - 운용 상황 : 유체역학적 특성 고려(간접 예인)
  - 본선에 의한 영향 고려

### 예선사용 지원 시스템 활용 방안

- 항만 어디에서나 예선사용 현황을 모니터링할 수 있음.
- 위험물 운반선 부두에 적용
  - 유류, 화학제품, LNG, LPG 등의 위험물
  - 안전성 향상 및 위험요인 감시
- 원격 이접안 작업 가능
  - 본선에 승선하지 않은 상태에서 예선사용 가능
- 무인 자동 이접안 시스템 구성
  - 예선사용 자동화 기능을 이용한 무인 시스템 구성

### 예선 모델링(2)

Thrust Vector Diagram (BP in Tons/100BHP)



Captain Henk Henser "Tug Use in Port - A Practical Guide", 2007

### 최종 결과

- 예선사용 지원 시스템(NPSS) 설계
  - 무선 네트워크를 기반으로 시스템 설계
  - 예선사용 모니터링 기능과 예선사용 자동화 기능
  - 선박운항 시뮬레이터와 연동하여 성능 검토
  - 선박운항 시뮬레이터의 예선 모델링 개선
- 위험물 운반선 전용부두에 예선사용 지원 기술 적용 검토