

## 네트워크 기반의 예선사용 지원 시스템 개념 설계

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

†, \*,\*\*,\*\*\*,\*\*\*\* 한국해양연구원 해양시스템안전연구소

### Conceptual Design of Network-based Pilot Supporting System

Yeon-Gyu Kim† · Sun-Young Kim\* · Se-Kil Park\*\* · In-Young Gong\*\*\* · Young-Hoon Yang\*\*\*\*

†, \*,\*\*,\*\*\*,\*\*\*\* Maritime and Ocean Engineering Research Institute/KORDI, Daejeon 305-343, Korea

**요 약** : 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 고려하여 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

**Abstract** : The ship without thrusters and special propulsion system is supported by the tug boats during berthing and unberthing. The orders to tug boats are made by a pilot. If the positions of ship, tug boats and port are displayed in 2D map, it will be helpful to pilots. In this research, a network-based pilot supporting system(NPSS) has been conceptually designed. NPSS, necessary for safe and efficient pilot, has two main functions. One is the monitoring of the situation of berthing and unberthing. And the other is the automatic calculation of the tug forces considering environmental conditions. The NPSS is designed on the basis of network system around the harbor. The NPSS will be validated using ship-handling simulator in the future.

**Key words** : network-based, berthing and unberthing, pilot supporting monitoring, automatic pilot, ship-handling simulator

### 1. 서 론

선박이 부두에 이접안하기 위해서는 쓰러스터나 특수 추진기가 있는 선박들은 쓰러스터와 특수 추진기를 사용하여 이접안을 수행할 수 있지만, 일반적으로 쓰러스터와 특수 추진기가 없는 선박들은 예선의 도움을 받아서 이접안을 한다. 이접안 작업을 도와주는 예선들은 도선사 또는 자력 이접안을 수행하는 선장의 명령을 받아서 예선의 추진기 및 예선의 방향을 설정하여 본선을 이동시킨다. 이때 도선사나 선장은 주로 눈으로 직접 상황을 확인한다. 위험물(LNG, 유류, 화학제품 등) 운반선 전용 부두의 경우에는 부두 근무자에 의한 보고 또는 부두에 설치된 선박과의 거리 표시 장치를 이용하여 선박과 부두간의 거리 및 상대 각도를 파악하기도 한다. 이러한 정보를 얻기 위해서는 부두에 사람을 근무하게 하거나, 별도의 장치를 설치해야하며, 또한 도선사가 직접 조타실 밖으로 나가서 눈으로 확인해야하는 번거로움이 있고, 정확도도 떨어진다.

이러한 부두 상황 및 해상관련 기능들의 효율과 효과를 개선하기 위한 작업이 미국의 Coast Guard R & D Center의 IWS(Intelligent Waterways System) 연구에서 IT 기술을 이용하여 수행되고 있다(홈페이지 <http://www.rdc.uscg.gov/iws>). IWS에서는 해양관련 정보를 네트워크를 통하여 연속적이고 즉각적으로 전달하는 방식을 취하고 있다. 그리고 이러한 정보를 개인이 사용가능하도록 PDA 기반의 해상정보 시스템(AMERGIO)을 개발한 바 있다. 또한 일본의 NMRI(National Maritime Research Institute)에서는 시뮬레이션 프로그램을 기반으로 하는 최적예향지원시스템(Optimum Towing Support System, OTSS)을 개발하여, 파도, 바람 및 조류가 있는 상황에서의 예인선과 피예인선의 예인 조건을 계산하여 줄 수 있도록 하였다. 개발된 OTSS의 성능평가를 위하여 일본해상보안대의 순시선을 이용하여 실험역에서의 시험도 수행하였다(Kuruda, 2006).

본 논문에서는 이러한 이접안 상황에서 예선을 사용하여 이접

† 교신저자 : 김연규(중심회원), ygkim@moeri.re.kr 042)868-7262  
\* 중심회원, sykim@moeri.re.kr, 042)868-7113  
\*\* 정회원, skpark@moeri.re.kr, 042)869-0435  
\*\*\* 중심회원, iygong@moeri.re.kr, 042)868-7261  
\*\*\*\* 정회원, mmu77@moeri.re.kr, 042)868-7907

안 작업을 수행할 때 도움을 줄 수 있는 예선사용 지원 시스템(Network-based Pilot Supporting System, NPSS)에 대하여 설계하였다. 예선사용 지원 시스템은 예선사용 모니터링 기능과 예선사용 자동화 기능을 갖고 있으며, 예선사용 모니터링 기능은 도선사의 이접안에 도움을 줄 수 있고, 예선사용 자동화 기능은 선박의 자동 이접안을 위한 기초 입력 자료로 사용될 수 있다.

이러한 예선사용 지원 시스템을 운용하기 위해서는 기본적으로 본선, 각 예선 및 부두간의 정보 전달이 필수이며, 본 연구에서는 본선, 각 예선 및 부두간을 무선 네트워크로 연결하고(서 외, 2007) 이를 통하여 실시간으로 도선에 필요한 정보를 주고받으며 효과적인 도선을 수행할 수 있도록 예선사용 지원 시스템을 설계하였다. 예선사용 지원 시스템은 본선과 각 예선 및 부두의 위치를 2차원 지도에서 볼 수 있고, 또한 각각의 실시간 정보를 볼 수 있는 예선사용 모니터링 기능과 본선이 이접안 상황에서 해양 상태를 고려하여 정해진 항로계획에 맞추어 이접안을 수행할 수 있도록 예선과 본선의 제어력을 자동으로 계산해서 알려주는 예선사용 자동화 기능을 갖고 있다. 추후 예선사용 지원 시스템은 개발이 완료된 후에 한국해양연구원의 선박운항 시뮬레이터와 연결되어 성능 검증 및 보완 작업이 수행될 예정이다. 현재까지 이동형 장비 등에 의한 이접안 지원 장비가 개발되어 왔지만 네트워크를 기반으로 개발된 것은 없었으며, 네트워크 기반의 예선사용 지원 시스템은 IT 강국인 우리나라에 최우선적으로 적용 가능한 시스템으로 생각된다.

## 2. 예선사용 지원 시스템의 필요성

선박이 부두에 이접안하는 경우 쓰러스티 및 특수 추진기 또는 예선을 이용하여 이접안하는 선박에 대해서 도선사 또는 자력 도선의 경우 이접안 경험이 많은 선장 등이 이접안 작업을 수행하게 된다. 이접안 작업중 도선사 또는 선장은 항상 부두와의 상대 거리 및 상대 각도에 주의를 기울이고 있으며, 이러한 정보들을 얻기 위하여 조타실 밖으로 나가거나 무전기를 이용하여 부두 관리자로부터 정보를 얻는다. 이러한 불편을 없애기 위하여 일부 항만에는 선박과의 거리를 자동으로 측정하여 전광판에 보여주는 장치가 설치되어 있다. 하지만 부두 근무자로부터의 거리 및 각도 정보는 대부분 목측에 의한 정보이기 때문에 정확도가 떨어지며, 선박과의 거리 측정 장치는 측정할 수 있는 한계가 있어서 부두에서 멀리 떨어진 경우에는 사용이 불가능하다. 특히 예선을 사용할 경우 각 예선들의 위치 등에 대한 정보는 직접 눈으로 확인하거나, 무전기로 확인해야만 알 수 있으며, 물론 이러한 것을 고려하여 각 예선의 위치를 기억하여 사용하지만 이러한 것에 의하여 이접안 상황에 대한 부담감은 증가할 것이다.

선박운항 시뮬레이터를 이용한 이접안 상황에서 부두 앞에서의 거리감이 실제 상황보다 좋지 않은 것을 보상해주는 방법이 조감도(Bird's eye view)를 이용하는 것이다. 항로 및 항만 안전성 평가에 참여한 모든 도선사와 선장들은 이접안 상황을 조감도처럼 모니터링할 수 있는 시스템이 있다면 이접안

에 매우 도움이 될 것으로 조언하였다. 또한 부두 운영 측면에서도 이접안 상황을 원격으로 모니터링할 수 있다면 부두에서의 작업 안전성이 향상될 것으로 생각되며, 각 예선에서도 이접안 상황을 모니터링할 수 있게 됨에 따라 전체적인 이접안 안전성이 향상될 것으로 생각된다.

Fig. 1에는 통영 LNG 부두에 접안중인 상황에 대한 조감도를 보여주고 있다(공 외, 2007). 접안중인 본선과 본선 주위의 예선 및 부두의 위치가 잘 나타나 있으며, 부두와의 거리 및 각도도 눈으로 확인이 가능하다. 여기에 본선의 속도, 예선의 출력 현황, 부두까지의 거리 등이 수치로 보여진다면 이접안 작업은 더욱 손쉽고 안전하게 수행될 수 있을 것이다.

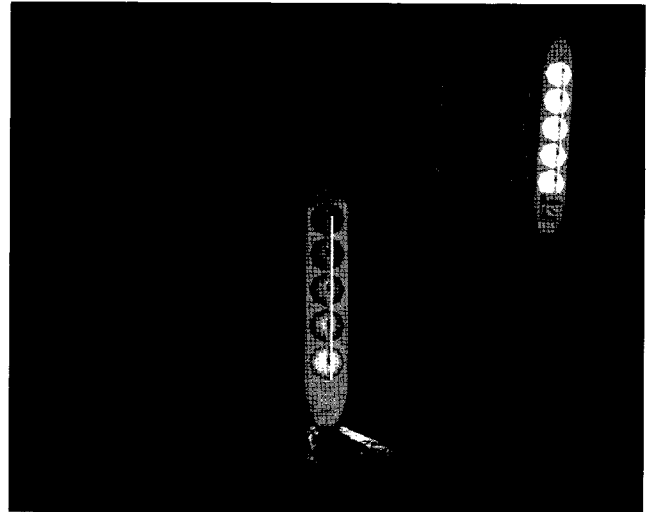


Fig. 1 Bird's eye view of berthing at Tongyoung LNG port

## 3. 개념 설계

앞에서 언급한 이접안 상황에 대한 지원 시스템의 필요성에 의하여 예선사용 지원 시스템에 대한 개념 설계를 수행하였다. 기본적으로 예선사용 지원 시스템은 본선, 각 예선 및 부두간의 정보 통신이 이루어져야 하며, 이를 위하여 무선 네트워크(Long range WLAN)를 기반으로 개념 설계를 수행하였다. 다음 절들에는 예선사용 지원 시스템의 기능과 구성에 대해서 정리하였으며, 각각의 기능에 대해서 상세하게 나타내었다.

### 3.1 예선사용 지원 시스템의 기능

본선, 각 예선 및 부두에 설치된 무선 네트워크를 기반으로 하는 예선사용 지원 시스템의 기능은 다음과 같이 크게 2가지이다.

- 예선사용 모니터링 기능 : 본선, 각 예선 및 부두의 위치를 화면에 있는 2차원 지도에 표시하여 예선을 이용한 이접안 상황을 모니터링
- 예선사용 자동화 기능 : 부두 주변의 해양환경 자료와 항로계획을 이용하여, 계획된 항로를 본선이 이동하기 위한 본선의 필요 출력(타, 프로펠러, 쓰러스티 등)과 각 예선의 필요 예인력 자동 계산

### 3.2 예선사용 지원 시스템의 하드웨어 구성

예선사용 모니터링 기능과 예선사용 자동화 기능을 갖기 위해서는 예선사용 지원 시스템은 RTK-DGPS, 무선 네트워크 송수신장치, 선속, 엔진상태, 타각, 선수각 등의 계측장치, DB Server, 해양환경 계측장치, 예선사용 지원 주 시스템이 본선, 각 예선 및 부두에 설치되어 있어야 하며, Fig. 2에 예선사용 지원 시스템의 하드웨어 구성도가 나타나 있다.

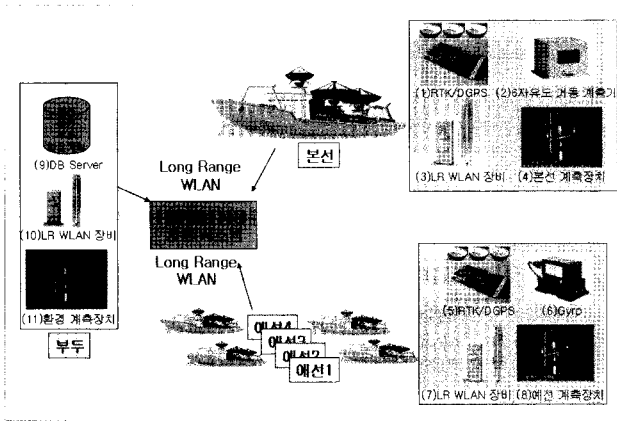


Fig. 2 Hardware design of NPSS

본선, 각 예선 및 부두는 항만 무선 네트워크로 연결되어 있으며, 본선과 각 예선에는 위치를 계측할 수 있는 RTK-DGPS를 설치한다. 본선에는 본선의 운동과 자세, 선속, 엔진상태, 타각 등을 계측할 수 있는 장치가 설치되어 있으며, 또한 각 예선에도 예선의 선속과 선수각, 엔진상태 및 타각을 계측할 수 있는 장치가 설치되어 있다. 부두에는 예선사용 지원 시스템의 간편 작업을 위한 본선, 각 예선 및 부두와 예선사용 자동화를 위한 항로계획에 대한 DB가 있는 DB Server가 설치되어 있으며, 부두 주변의 해양환경을 계측할 수 있는 계측장치가 설치되어 있어 부두 주변의 상황을 알려준다. DB Server로부터 선택된 본선, 각 예선, 부두 및 항로계획을 이용하여 본선과 각 예선의 위치, 엔진상태, 타각, 선수각 등을 무선 네트워크로 수신하여 화면에 나타난 2차원 지도에 표시하여 이접안 상황을 모니터링하고, 정해진 항로계획에 따라 이접안을 하기 위하여 필요한 예인력을 계산하여 보여줄 수 있는 주 시스템이 본선, 각 예선 및 부두에 설치되어 있다.

### 3.3 예선사용 지원 시스템의 소프트웨어 구성

예선사용 지원 시스템의 중심이 되는 주 시스템은 무선 네트워크를 기반으로 본선, 각 예선 및 부두의 정보를 받아서 각각의 위치를 2차원 지도에 그려주고, 각 정보를 화면에 보여주는 모니터링 기능과 항로계획에 따른 각 예선 및 본선의 필요 제어력을 자동으로 계산해주는 기능을 갖고 있다. 이러한 주 시스템이 제 기능을 수행하기 위해서는 대상이 되는 본선과 각 예선 및 부두를 우선 선택하여야 하고, 부두를 선택할 때 부두 주변의 해양환경에 대한 자료를 받을 수 있는 환경 계측 장치의 무선 IP를 설정하여야 한다. 이렇게 선택된 본선, 각 예

선 및 부두에 대한 자료는 우선적으로 항만에 설치된 DB로부터 기본 자료를 얻으며, 실시간으로 위치, 제어 관련 계측 값과 해양환경 계측 값들을 수신하게 된다. 이러한 일련의 주 시스템 절차가 Fig. 3에 나타나 있다.

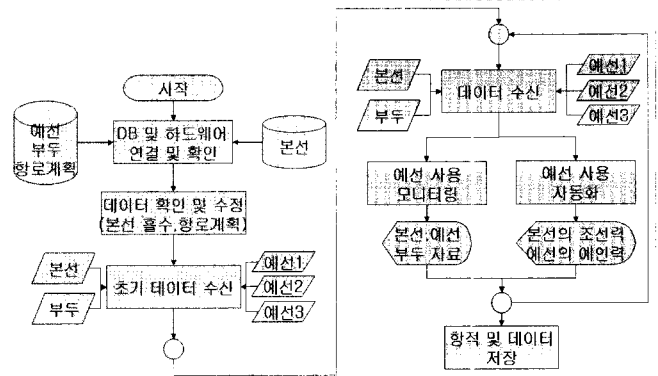


Fig. 3 Software flow chart of NPSS

예선사용 지원 주 시스템은 부두에 설치되어 있는 DB Server, 무선 네트워크 장비와 해양환경 계측장치, 본선에 설치되어 있는 RTK-DGPS, 무선 네트워크 장비, 선속, 엔진상태, 타각, 선수각 등을 계측할 수 있는 장치, 그리고 각 예선에 설치되어 있는 RTK-DGPS, 무선 네트워크 장비, 선속, 엔진상태, 타각, 선수각 등을 계측할 수 있는 장치로부터 항만 무선 네트워크를 이용하여 DB Server로부터 얻는 자료와 실시간으로 계측되는 부두의 해양환경, 본선 및 각 예선의 위치, 선속, 엔진상태, 타각, 선수각 등을 주 시스템의 화면에 표시하여 선박의 이접안 상황을 모니터링할 수 있도록 하며, 부두에서의 이접안 항로계획에 따라 해양환경을 고려하여 선박을 이동시키기 위한 각 예선의 예인력을 자동으로 계산해주는 작용을 해준다. Fig. 4에는 예선사용 지원 시스템의 모니터링 기능에서 보여줄 수 있는 대표적인 정보에 대해서 정리한 그림이 나타나 있다.

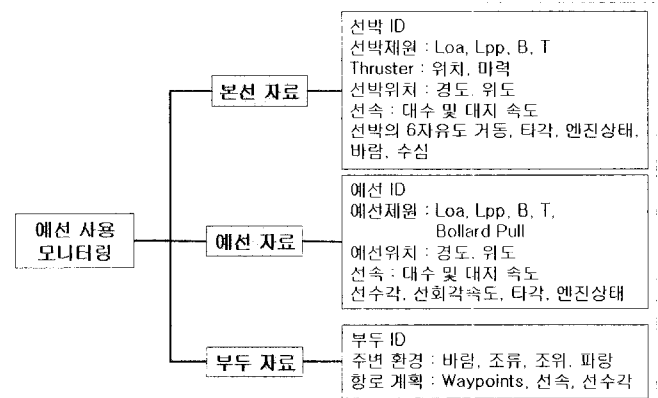


Fig. 4 Informations obtained from NPSS monitoring function

Fig. 5에는 예선사용 자동화 기능의 자동화 알고리즘에 대한 그림이 나타나 있다. 예선사용 자동화 기능을 사용하기 위해서는 우선 부두에 이접안 작업을 위한 항로계획이 설정되어

있어야 한다. 설정된 항로계획에 따라 본선의 위치 및 제어력 상태와 해양환경을 고려하여 현재 위치에서 본선에 작용하는 힘을 계산하고, 항로계획에 따라 본선이 항행하기 위한 필요 예인력을 계산한다. 필요 예인력은 결국 본선에 작용하는 외력에 대해서 본선이 설정된 항로계획을 따라 이동하는데 필요한 힘이다. 이렇게 계산된 예인력을 이용하여 본선의 선수방향 속도, 횡방향 속도 및 선회방향 속도를 입력으로 하여 MIMO 제어기(홍 외, 2007)를 이용하여 본선의 제어력(프로펠러, 스티어링, 타 등에 의한 힘)과 각 예선의 제어력을 구한 후에, 본선 및 각 예선에 분배된 제어력이 본선 및 각 예선의 제한 조건내에 있는지 판단하여 제한 조건내에 있으면 그대로 사용하고, 제한 조건보다 크면 제한 조건만큼만 사용하는 것으로 설정하여 다시 분배한다. 이러한 작업을 반복하여 본선 및 각 예선이 제한 조건을 만족하도록 한다. 최종적으로 분배하여도 제한 조건을 만족하지 못하면, 불만족하는 것에 대한 안내와 함께 최종 결과를 알려준다. 이상이 Fig. 5에 있는 알고리즘에 대한 설명이며, 이러한 알고리즘을 완성하기 위해서는 본선과 각 예선의 제한 조건을 미리 알고 있어야 한다. 이 제한 조건은 현재 상태에 대한 본선과 각 예선의 조종운동 수학적모형을 이용하여 구하며, 본선과 각 예선의 조종운동 수학적모형은 한국해양 연구원의 선박운동 시뮬레이터의 수학적모형을 사용하였으며 (Yoshimura, 1988), 파도에 의한 영향(Hirano, 1980)과 바람에 의한 영향(Isherwood, 1973)을 고려하도록 하였다. 또한 각 예선의 제한 조건을 설정하기 위해서는 예선에 대한 운용 방법에 대한 조사(Hensen, 2003)와 실제 현장에서의 경험에 의한 도선사, 예선 선장 등의 전문가의 도움도 필요하다. 전문가의 도움은 일반적인 상황에서의 예선 사용 방법이나, 특수 상황에서의 예인력 크기에 대한 경험적인 의견 등을 의미하며, 또한 시스템 개발 과정중의 검증 작업에도 필요하다.

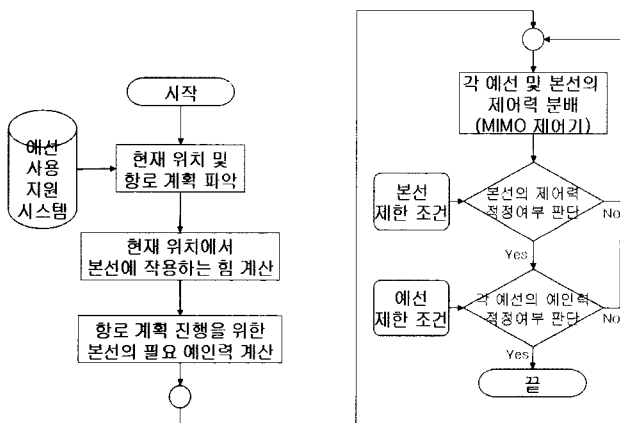


Fig. 5 Algorithm of NPSS automatic pilot function

이와는 별도로 본선, 각 예선의 이동시 더 정확한 위치를 지속적으로 얻기 위한 연구가 수행되고 있으며(조 외, 2007), 무선 네트워크 기술과 이러한 기술들은 추후 예선사용 지원 시스템의 기반 기술로 사용되어질 것이다.

### 3.4 예선사용 지원 주 시스템 GUI 설계

앞에서 설명한 예선사용 지원 주 시스템이 모니터링 기능과 자동화 기능을 갖도록 주 시스템의 GUI 설계를 수행하였다. 주 시스템의 모니터링 기능이 2차원 지도화면에서 수행되는 것을 고려하여 지도 화면을 확대, 축소 및 이동을 할 수 있는 지도 기능과 예선사용 지원 시스템의 초기 상태를 설정하기 위한 본선, 각 예선, 부두 및 항로계획을 선택할 수 있는 기능을 화면에 표시하였다. 여기에 본선, 각 예선 및 부두의 정보를 볼 수 있는 기능, 예선사용 자동 계산 기능을 수행할 수 있도록 GUI를 설계하였으며, 최종적으로 예선사용 지원 시스템을 끝내면서 본선, 각 예선 및 부두로부터 수신된 정보와 항적을 저장할 수 있는 기능을 갖고 있도록 설계하여 추후 항로계획 수정이나 이접안시의 문제점 검토 등에 사용할 수 있도록 설계하였다. Fig. 6에 설계된 GUI 화면이 나타나 있다. 추후 개발 완료된 주 시스템의 화면이 이와 다를 수는 있지만 최소한 Fig. 6에 나타난 기능은 구현할 계획이다. Fig. 7에는 개발중인 프로그램의 기본 화면이 나타나 있다. 이러한 주 시스템은 네트워크가 작동하는 영역내에서는 사용할 수 있으며, 본선, 예선, 부두, VTS 센터 등에 설치하여 사용할 수 있다.

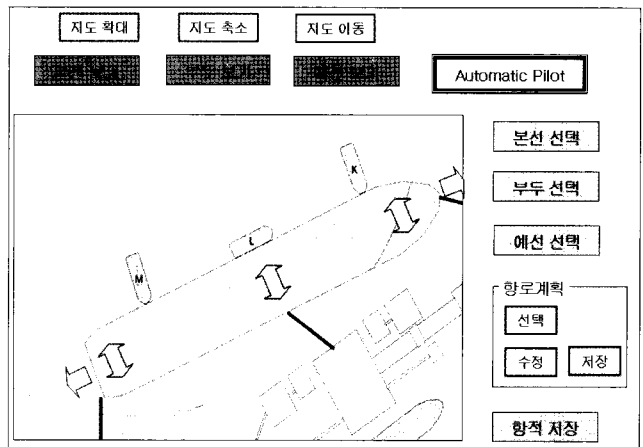


Fig. 6 GUI design of NPSS main system

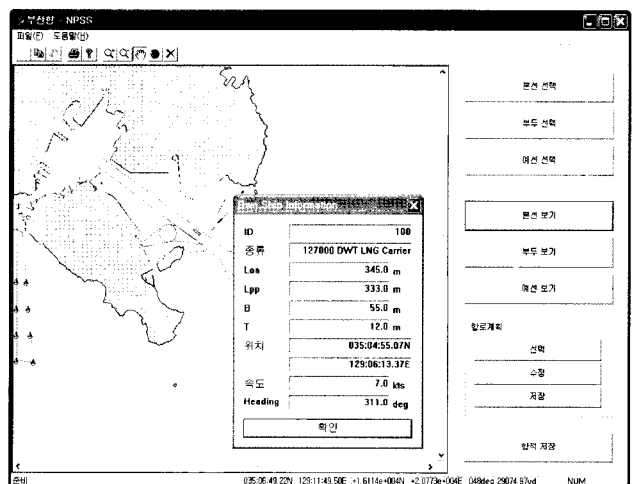


Fig. 7 GUI screen of NPSS main system

## 4. 결 론

본 논문에서는 선박이 이접안 작업을 수행할 때 이접안 작업을 지원해주는 예선사용 지원 시스템의 개념 설계에 대한 내용을 정리하였다.

예선사용 지원 시스템은 본선, 각 예선 및 부두에 설치된 무선 네트워크를 기반으로 설계된 시스템으로 선박의 이접안 상황에 대해서 본선과 각 예선의 위치, 선수각 및 부두와의 상대 거리, 상대 각도 등의 여러 자료들을 모니터링하고, 항로계획에 따른 각 예선의 예인력을 자동으로 계산해주는 기능을 가지고 있으며, 예선사용 지원 시스템을 사용함에 따라 이접안시의 안전성과 예선사용 효율성을 향상시킬 수 있다.

이 시스템은 항만 무선 네트워크가 가능한 곳에서는 어디에나 설치가 가능하므로, 본선, 부두 및 각 예선에서도 이접안 상황을 모니터링할 수 있으며, 특히 위험물(유류, LNG, LPG 등) 운반선 전용부두에 적용될 경우 안전성 향상에 도움이 될 것으로 생각된다. 추후 본 시스템이 완전하게 구현될 경우 도선사가 본선에 승선하지 않은 상태에서 원격 도선도 가능하며, 예선사용 자동화 결과를 활용할 경우 무인 자동 이접안 시스템의 구성도 가능하다.

추후 예선사용 지원 시스템을 완성하여 선박운항 시뮬레이터를 이용한 검증 및 보완 작업이 수행될 계획이다.

## 후 기

본 논문은 한국해양연구원 해양시스템안전연구소에서 기본 과제로 수행한 “네트워크 기반 항만관제 및 항법체계기술 개발(III)”과제와 “예부선의 사고분석 및 예방기술 개발” 과제에 대한 연구결과의 일부이다.

## 참 고 문 헌

[1] 공인영, 김연규, 양영훈, 김혜진, 박세길(2007), “통영 생산기지 제2부두 항만설계 및 감리기술 - 선박조종 시뮬레이션”, 한국해양연구원 해양시스템안전연구소 보고서 BSPI0409A-3-2.

[2] 김선영, 김혜진, 박상현, 김연규, 손남선, 서기열, 조득재(2007), 네트워크 기반 항만관제 및 항법체계기술 개발(II), 한국해양연구원 연구보고서.

[3] 서기열, 오세웅, 조득재, 박상현, 서상현(2007), “Mesh Network 기반의 해상 정보 네트워크 시스템 설계”, 한국항해항만학회지 제31권 제6호, pp.497-502.

[4] 조득재, 박상현, 최진규, 서상현(2007), “DGPS 기준국 무결성 감시 체계 고도화 방안 연구”, 한국항해항만학회지 제31권 제6호, pp.509-514.

[5] 홍성국, 정윤하, 원문철, 김선영(2007), “조이스틱을 이용한 선박의 입출항 및 접이안 시스템의 제어 알고리즘 개발”, 한국항해항만학회지 제31권 제5호, pp.325-332

[6] Captain Hensen, H.(2003), “Tug Use in Port - A Practical Guide”, The Nautical Institute 2nd Edition.

[7] Hirano, M., Takashina, J., Takaishi, Y., and Saruta, T.(1980), “Ship Turning Trajectory in Regular Waves”, Trans. of the West-Japan Society of Naval Architects, Vol. 60, pp.17-31.

[8] Isherwood, R.M.(1973), “Wind resistance of merchant ships”, Transactions of the Royal Institution of Naval Architects (RINA) no.115, pp.327-338.

[9] IWS homepage, <http://www.rdc.uscg.gov/iws>.

[10] Kuroda, T., Hara, S., Hoshino, K., and Yukawa, K.(2006), “Evaluation of Performance for the Optimum Towing Support System”, Journal of the Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers Vol. 4, pp.147-154.

[11] Yoshimura, Y.(1988), “Mathematical model for the manoeuvring ship motion in shallow water(2): Mathematical model at slow forward speed”, Trans. of the West-Japan Society of Naval Architects, Vol. 210, pp.77-84.

원고접수일 : 2008년 3월 7일  
 심사완료일 : 2009년 1월 20일  
 원고채택일 : 2009년 1월 30일