



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

휴대형 도선 지원 시스템 개발에 관한
연구

A Study on the Portable Docking Support System

指導教授 芮秉德



2010年 8月

韓國海洋大學校 大學院

海上交通情報學科

李鎮錫

本 論文을 李鎮錫의 工學碩士 學位論文으로 認准함

委員長 工學博士 朴 鎮 洙



委 員 工學博士 蔡 良 範



委 員 工學博士 芮 秉 德



2010年 8月

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

海 上 交 通 情 報 學 科

李 鎮 錫

목 차

표 목 차	iii
그림목차	iv
Abbreviations	v
Abstract	vii
제 1 장 서 론	1
1.1 연구 배경 및 목적	1
1.2 연구 구성과 기대효과	2
제 2 장 선행연구 고찰	3
2.1 PPU	3
2.2 DUKC SYSTEM	6
2.3 NOAA's PORTS	8
2.4 국내 관련 연구	10
제 3 장 POADSS 구성 및 기능	11
3.1 POADSS의 구성	12
3.1.1 선박시스템	13
3.1.2 육상시스템	15
3.1.3 데이터 채널 구조	16
3.1.4 Dynamic Passage Modelling & Planning	17

3.2 POADSS의 기능	19
3.2.1 Information 모드	19
3.2.2 Navigation 모드	19
3.2.3 Docking 모드	20
3.2.4 Dynamic Passage Planning 모드	21
제 4 장 휴대형 도선 지원 시스템	22
4.1 PDSS 개요 및 구성	23
4.1.1 개요	23
4.1.2 H/W 구성	24
4.1.3 S/W 구성	35
4.2 PDSS 작동 실험 및 결과	40
4.2.1 실험 대상 선박	40
4.2.2 실험 과정 및 결과	41
제 5 장 결 론	46
참 고 문 헌	48

표 목 차

<표3-1> IU 장비목록과 특징	13
<표4-1> H/W 구성 및 기능	24
<표4-2> 지향성 안테나 상세	26
<표4-3> Access Point 상세	28
<표4-4> 선박 데이터 처리장치 상세	30
<표4-5> GPS 수신기 특징 및 성능	32
<표4-6> 선박 무선 안테나 상세	33
<표4-7> Client Bridge 상세	34
<표4-8> 한나라 주요 제원	40



그림 목 차

<그림3-1> POADSS 전체 시스템 구성도	12
<그림3-2> IU의 내부 구성도	14
<그림3-3> UIU와 관련된 Interface	15
<그림3-4> POADSS 육상 시설	15
<그림3-5> POADSS 데이터 채널	16
<그림3-6> POADSS와 DPM/DPP 관계	18
<그림4-1> PDSS 구성도	23
<그림4-2> 육상 시스템 설치 모습	25
<그림4-3> 부산항 무선 안테나 통신반경 예상도	27
<그림4-4> 선박 시스템 설치 모습	29
<그림4-5> PolaRx 2@ 모습	31
<그림4-6> PDSS 데이터 흐름	35
<그림4-7> 프로그램 실행 화면 일부	37
<그림4-8> AIS 신호를 통해 표시된 타선 모습	38
<그림4-9> North up/Head up 비교 화면	39
<그림4-10> GPS 안테나 설치 모습과 선수/선미 거리	41
<그림4-11> Main GPS 안테나 위치 입력 모습	42
<그림4-12> AIS 정보 표시	43
<그림4-13> Docking 모드 실행 화면	44

Abbreviations

2D	Two-dimensional
AIS	Automatic Identification System
COG	Course over Ground
dBi	decibelisotropinantenna
DGPS	Differential Global Positioning System
DPM	Dynamic Passage Model
DPP	Dynamic Passage Plan
DUKC	Dynamic Under Keel Clearance
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
ENC	Electronic Nautical Chart
GGA	Global Positioning System Fix Data
GLL	Geographic Position – Latitude/Longitude
GPS	Global Positioning System
HDT	Heading, True
HRP	Attitude information : Heading, Roll, Pitch
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IPPA	Innovative Portable Pilot Assistance
IU	Instrumented Unit
MarNIS	Maritime Navigation Information Services
NMEA	National Marine Electronics Association
NOAA	The National Ocean Service
NPSS	Network-based Pilot supporting System
PBU	Portable on Board Unit
POADSS	Portable Operational Approach and Docking Support System
PORTS	Physical Oceanographic Real-Time System
PPU	Portable Pilot Unit

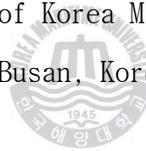
ROT	Rate of Turn
RTK	Real Time Kinematics
SOG	Speed over Ground
UHF	Ultra High Frequency (300~3,000MHz)
UIU	UserInterfaceUnit
UKC	Under Keel Clearance
VHF	Very High Frequency (156-162 MHz, maritime)
VTG	Course Over Ground and Ground Speed
VTMIS	Vessel Traffic Management and Information Services
VTS	Vessel Traffic Services
WAN	Wide Area Network
WiFi	Wireless Fidelity
ZDA	Time & Date



A study on the Portable Docking Support System

by Lee, Jin suk

Department of Maritime Traffic Information
Graduate School of Korea Maritime University
Busan, Korea



Abstract

The size of the ships involved in international trade has increased dramatically over the years, but many ports have been unable to match the increase, largely because of the huge costs involved in overcoming topographical constraints. The result is that the operating clearances have become progressively more restrictive. However, even where major capital works are cost-prohibitive, new technology can help by providing a plan view of the vessel's position at all times, allowing the pilot to manoeuvre more precisely than would otherwise be possible.

Although ships have become more automated, pilots must still rely on their own resources for critical information during pilotage. The pilot brings local knowledge and ship-handling expertise, but often has to cope with not only be unfamiliar but is also potentially unreliable. Under pressure, the system can break down sometimes with catastrophic results.

In most situations, support for the confirming the position and predicted movement of the ship is done primarily by eyes. Ships which are ECDIS-fitted can provide a real-time position display but the quality of the chart is often uncertain and its scale not always appropriate for harbour work, and few ports have proper ENC charts available.

For these reasons, we proposed the PDSS(Portable Docking Support System) that seeks to develop a technology demonstrator portable pilot equipment for the first time in Korea that can receive data from a shorebased system, such as track and environmental data, and thus, together with its stored data, and, at sea, other vessel's AIS, display a comprehensive traffic image. The equipment will meet the user's needs, be stand alone and function autonomously. With a variety of communications interfaces, the equipment will also be capable of transmitting back to a VTS centre data required for traffic and port management. The effect will be to improve both navigational safety, reduce voice radio communications and provide a beneficial impact on the efficiency of traffic flow.

1장. 서론

1.1 연구 배경 및 목적

지난 몇 년 동안 국제항해에 종사하는 선박이 점점 대형화되면서 항만에서는 선박 대형화에 따른 지리적 한계를 극복하기 위해 막대한 비용을 투자하고 있으나 많은 항만에서는 경제적인 부담으로 인해 항로 및 수심 확장 공사를 제때에 하지 못해 대형선 입출항에 많은 어려움을 겪고 있다.

현재 협수로 및 항내의 상황과 관련된 정보는 VTS Centre에서 VHF를 통해 음성으로 선박에 전달되고 있지만 음성만으로 수시로 바뀌는 정보를 입출항하는 모든 선박에 전달하기에는 한계가 있다.

도선사는 그 항구에 대한 풍부한 지식과 도선 경험을 가지고 있지만, 본선과 의사소통에 어려움을 겪거나 익숙하지 않은 항해장비 또는 장비가 고장난 경우에도 선박을 도선하게 되는 경우가 있다. 예로 ECDIS를 장착한 선박 중에서 전자해도 업데이트를 제때에 하지 않거나 항내 도선 용으로는 부적절한 축척을 사용하는 경우가 있다. 또한 항해 중 Radar나 기타 주요항해장비의 고장으로 입항 후 수리가 가능한 선박을 도선하는 경우도 있다.

이에 따라 논문에서는 항만 정보 및 주변 환경 정보를 무선 네트워크를 통해 육상으로부터 실시간으로 제공받아 수심의 변화를 예측하여 대형선의 안전을 확보하고 선박의 위치 정보와 AIS 정보를 표시하여 선박을 도선하는 사용자에게 도움을 주어 항행 안전 증진에 기여할 수 있는 시스템 도입이 필요하다고 판단하여 국내에서는 처음으로 휴대형 도선 지원 시스템(PDSS)를 제안하고 시제품을 개발하여 실습선 한나라호가 부산항 입항 시 시스템을 실험하였다.

1.2 연구 구성과 기대효과

먼저 2장에서는 세계 주요 항만에서 사용되고 있는 PPU 및 관련 시스템의 개발사례와 이용사례를 소개하고 국내 관련 연구를 알아봄으로써 이 장비의 국내 도입 필요성을 확인하고, 3장에서는 현재 유럽에서 개발 중이며 PPU 차세대 시스템으로 연구되고 있는 POADSS의 구성과 주요 기능을 이용하여 4장에서 국내 실정에 맞는 PDSS를 제안하고 개발하여 실험한 결과와 향후 연구 방향을 제시하였다.

이 연구에서 제안하는 시스템을 이용하게 되면 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

- 도선사와 선교팀에게 정확하고 믿을 수 있는 정보를 제공한다.
- 독립적인 선박 센서로 본선 시스템에 오류가 발생해도 믿을 수 있는 정보를 얻을 수 있다.
- 제한된 시계 상황에서도 활용할 수 있다.
- 정보가 실시간으로 제공되기 때문에 조기에 변화를 감지하고 정확하고 신속한 대처가 가능하다.
- 항만시설의 효율적인 사용을 가능하게 하여 선박의 안전한 통항을 보장한다.
- 자력 도선 선박 및 해군/해경 함정에 설치하여 선박 접·이안 시 사용할 수 있다.
- 저장과 재생 기능으로 선박 도선 상황을 모니터링 할 수 있으며 이를 통하여 도선 능력을 향상시킬 수 있다.

2장. 선행연구 고찰

국내에서는 휴대형 도선 장비의 사용이 전무하지만 해외에서는 유럽과 호주, 미국 등을 중심으로 활발하게 개발되고 이용되고 있으며 이 시스템에 대한 외국 기업들의 적극적인 투자와 연구로 이미 상용화하는데 성공하였다.

이에 따라 이 장에서는 주요 외국항에서의 PPU 및 관련 시스템 개발 사례와 이용사례를 소개하고 국내에서는 휴대형 도선 장비와 관련된 연구는 없지만 유사한 연구 사례가 있어 소개하도록 하겠다.

2.1 PPU

PPU는 특정 수로나 항구에서 도선사가 선박을 도선하는데 도움을 얻기 위해 선박에 가지고 승선하는 휴대형 컴퓨터 시스템이다. 이 시스템은 GPS/DGPS와 같은 위치 측정 센서와 전자해도간의 인터페이스를 통해 선박의 위치와 움직임을 실시간으로 도선사에게 보여주고 AIS 인터페이스를 통해 타 선박의 위치와 움직임에 관한 정보를 제공한다. 게다가 PPU는 주변해역의 수심 및 조류 변화 등 안전항해와 밀접한 관계가 있는 정보를 표시하여 줄 뿐 아니라 인터넷을 통해 항만 및 수로 정보를 제공하기도 한다.

PPU는 현재 세계 주요 항만, 특히 유럽과 북미 지역에서 많이 사용되고 있으며 사용자인 도선사들에 의해 PPU에 대한 평가가 활발히 이루어지고 있다. 그 중에서 2008년 개최된 'Canadian Hydrographic Conference and National Surveyors Conference'에서 New Hampshire 대학의 L. Alexander 교수의 PPU에 대한 연구를 살펴보면, 현재 세계 주요 항만에서 도선사들이 사용하고 있는 PPU를 지역별/제품별, 그리고 하드웨어, 소프트웨어, 인터넷 접속 및 다른 항해 장비나 시스템과의 인

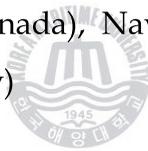
터페이스 등으로 나누어 비교하고 조사하였으며 그 결과를 요약하면 아래와 같다. 이를 통해 현재 사용되고 있는 PPU의 대략적인 성능을 알 수 있고 향후 필요한 연구와 기능을 확인할 수 있다.

- 조사 지역

- Fraser River (British Columbia), Columbia River (Oregon), Mississippi River (New Orleans), Scheldt River (The Netherlands), Rotterdam(Netherlands), Halifax(Canada), Houston(USA), Tampa Bay(USA), Antwerp(Belgium), Le Havre(France), Napier (New Zealand), 그리고 Queensland (Australia)

- PPU Maker(Nationality)

- VOLPE(USA), ARINC(USA), RAVEN(USA), Marimatech(Denmark), QPS(Netherlands), ICAN(Canada), Navicom Dynamics(New Zealand), AD NAVIGATION(Norway)



- Hardware

- 500여개 이상의 PPU 장비를 조사하였고 그 중 절반 이상이 Hardware로 노트북을 사용함. 도선사 협회에서는 도선사 각자가 자신의 노트북을 선택하여 사용하도록 함.

- 화면크기는 10~15인치로 다양하고 12인치를 가장 많이 사용.

- Windows XP를 운영체제로 사용하고 메모리는 1 Gbyte 이상 사용.

- 선박 전원을 사용하거나 3시간 이상 사용할 수 있는 배터리 지참.

- 장비의 무게는 별로 중요하게 생각하지 않음.

- Software

- 대부분의 북미 지역 도선사들은 작동하기 간편한 장비를 선호하고

일부는 다양한 기능이 있는 것을 원함.

- Electronic Chart Data

- 대부분 S-57 ENC를 사용하지만 정확한 수심 정보를 알고 접이안 작업에 사용하기 위해서 정부 기관에서 제공하는 가장 최근의 정보와 오차범위가 1m 이내인 대축척 해도를 사용함.

- Sensor Interfaces

- GPS/DGPS/RTK : 대부분의 도선사들은 AIS Pilot Plug를 통해 선박의 GPS/DGPS 위치를 얻지만 유럽의 일부 도선사들은 RTK GPS를 사용함.

- Heading : 거의 모든 도선사들이 Pilot Plug를 통해 선박의 Heading 값을 얻지만 유럽의 일부 도선사들은 Dual DGPS 안테나를 가지고 승선하여 Heading 값을 얻거나 접안 작업을 위해 ROT 센서를 사용함.

- AIS : Pilot Plug를 통해 AIS 정보를 얻음.

- VTS : 대부분 PPU와 VTS를 통합하는 것에 대해 급한 일은 아니라고 생각함.

- 인터넷 접속 : 일부 도선사들은 항해 중 인터넷 접속이 필요하다고 생각하지만 대부분은 관망하는 태도임.

- Wireless : 현재 Bluetooth와 WiFi가 있지만 무엇이 사용하기 적당한지는 의견차이가 큼.

- 작동

- 도선사가 PPU를 작동하는데 보통 2~3분이 소요되고 DGPS를 가지고 승선할 경우 추가로 5분정도가 더 소요됨.

- 유지보수는 매년 또는 필요에 따라 실시함.

2.2 DUKC[®] SYSTEM

이 시스템은 호주 OMC International Pty Ltd에서 개발한 장비로써 협수로를 입출항하는 대형 벌크선과 컨테이너 선박의 효과적이고 안전한 통항을 위해 UKC에 영향을 주는 주요 요소인 파도, 조류, 조석 그리고 선박 운동 성능 등을 실시간으로 계산하여 UKC를 예측하는 시스템이다. OMC에서는 1993년부터 호주와 뉴질랜드 주요 항구 14곳에 이 시스템을 개발/설치하였고, 지금까지 100억불 이상의 경제적인 효과를 이루었다.

시스템은 육상 시스템으로 DUKC[®] SYSTEM와 DUKC[®] VTS, 그리고 선박 시스템으로는 DUKC[®] PPU로 구성되어 있다.

DUKC[®] SYSTEM은 안전한 최대 흘수를 알기 위해 항로 주변 환경 정보, 선박 정보를 모아서 선박 운동 성능을 계산하는 시스템이다. DUKC[®] PPU는 선박 휴대형 장비로써 협수로를 안전하게 통항하기 위한 최적의 속력을 계산하고 최저 UKC, 선박의 조종성능, 수로 상태 그리고 선박 교통량에 대한 정확한 정보를 도선사에게 제공한다. 마지막으로 DUKC[®] VTS는 실시간 UKC 데이터를 VTS 요원에게 제공하여 협수로/항구를 입출항하는 대형선박의 위치, 속력, 선저여유수심을 모니터링 할 수 있다.

DUKC[®] 시스템은 1993년 개발된 이래 지금까지 아래 주요 항만에 설치되어 지금까지 운용되고 있다.

- o Hay Point, Qld (1993, 2003년 신환함.)
- o Fremantle, W.A. (1994)
- o Port Hedland, W.A. (1995)
- o Dampier, W.A. - - Rio Tinto Iron (1995)

- o Brisbane, Qld (1996)
- o Bunbury, W.A. (1996)
- o Geraldton, W.A. (1999)
- o Taranaki, N.Z. (2001)
- o Napier, N.Z. (2003)
- o Marsden Point, N.Z. (2004)
- o Newcastle, N.S.W. (2004)
- o Lisbon, Portugal (2007)
- o Port Kembla, N.S.W. (2008)
- o Weipa, Qld (2008)
- o Torres Strait (2008)
- o Melbourne, Vic (2008)
- o Bremerhaven, Germany (2008)
- o Nordenheim, Germany (2008)
- o Brake, Germany (2008)
- o Bremen, Germany (2008)



수심 때문에 입출항이 자유롭지 못했던 대형선박이 이 시스템의 도입으로 UKC 범위가 넓어졌고 그로 인해 각 항만이 얻은 경제적인 효과는 실로 엄청나다. 예로 Hay Point는 연간 6천만 달러, Port Hedland는 연간 2억 4천만 달러의 이익을 얻고 있다. 또한 대형선 통항에 이 시스템을 40,000번 이상 운용한 결과 단 한 번의 사고도 발생하지 않았다.

2.3 NOAA's PORTS®

PORTS®(Physical Oceanographic Real-Time System)는 실시간 환경 변화에 대해서 관측, 예측하고 주변의 지리적 정보를 통합하여 해상 무역과 연안 자원 관리의 안전성과 효율성을 개선하기 위해 개발한 시스템이며 현재 아래 지역에 설치되어 성공적으로 운용되고 있다.

- Narragansett Bay Los Angeles/Long Beach
- New Haven, CT San Francisco Bay
- New York/New Jersey Harbor Lower Columbia River
- Delaware Bay and River Tacoma, WA
- Chesapeake Bay Anchorage
- Tampa Bay Soo Locks, MI
- Houston/Galveston Mobile Bay
- Cherry Point Sabine Neches
- Pascagoula Gulfport



이 시스템은 안전항해에 필요한 수심, 조류, 염분 그리고 다양한 기상 변수를 관측, 예측하여 VHF/UHF, VTS, AIS 또는 인터넷, 음성 전화 서비스, 무선전화 서비스 등을 통해서 수로나 항구를 통항하는 도선사와 항해사들에게 매 6분마다 업데이트된 정보를 제공한다.

PORTS®를 통해 제공되는 실시간 조석, 조류 정보는 항행 안전 증진을 위해 NOS(The National Ocean Service)에서 통합된 정보로 사용자에게 전달이 되며 최신 해도와 정확한 위치 정보가 함께 표시됨으로써 안전항해에 위협이 되는 잠재적인 위험요소에 대한 명확한 정보를 항해사에게 제공하게 된다.

이 시스템을 적용하게 되면 실시간 조석/조류 및 관련 정보를 가지고 선박의 UKC 예측이 가능한데 이를 통해 항만과 항구를 통항하는 선박의 제한 흘수를 확장하여 화물 물동량을 증가시키게 된다. 예로 선박이 1feet의 흘수만큼 화물을 더 운송하면 척당 \$36,000에서 많게는 \$288,000까지의 경제적인 이득을 얻을 수 있다.

PORTS[®]는 각 지역의 사용 목적에 따라 다양한 크기와 구성으로 되어 있는데 가장 큰 시설로는 50여개 이상의 관측 장비로 구성되어 있고 가장 작은 시설은 한 개의 수심 측정기와 관측 장비로 구성되어 있다. 각각의 PORTS[®] 시설은 그 크기에 관계없이 미국항구를 입출항하는 대형 선박이 안전한 여유 수심을 유지할 수 있도록 항해사에게 관련 정보를 제공함과 동시에 항만 처리량이 최대가 될 수 있도록 항만 관계자에게도 정보를 제공한다.

PORTS[®]에서 수집된 정보는 다양한 분야에서 사용되는데 NOAA's Global Ocean Observing System과 NOAA's National Weather Service에 제공되며 US Coast Guard에서 기름 유출 경로를 예측하기 위한 기초 자료로도 사용되고 있다.

2.4 국내 관련 연구

국내에는 PPU와 관련 시스템 개발이 아직까지 이루어지지 않고 있다. 다만 한국해양연구원에서 한국항해항만학회지에 기고한 '네트워크 기반의 예선사용 지원 시스템 설계'와 관련이 있다고 판단되어 그 내용을 간략히 소개한다.

선박이 부두에 접이안할 때 예선의 도움을 받아 접이안을 하게 되는데 이때 본선과 예선의 위치가 2차원 지도에 표시되고 부두와의 상대적인 거리가 나타나도록 네트워크 기반의 예선 사용 지원 시스템(Network-based Pilot supporting System, NPSS)의 개념 설계를 수행하였다. 이 시스템은 본선, 예선 및 부두의 상황을 모니터링하는 예선 사용 모니터링 기능과 해양환경을 고려하여 필요한 예선력을 계산하여 나타내주는 예선사용 자동화 기능을 갖고 있다. 이러한 예선 사용 지원 시스템을 운용하기 위해서는 기본적으로 본선, 각 예선 및 부두간의 무선 네트워크로 연결하고 이를 통하여 실시간으로 도선에 필요한 정보를 주고받으며 효과적인 도선을 수행할 수 있도록 예선 사용 지원시스템을 설계하였다.

3장. POADSS 구성 및 기능

2000년 11월부터 2003년 2월까지 European Commission에서 추진된 IPPA 프로젝트는 선박 휴대형 장비를 통하여 선박 사용자에게 주변 환경과 상황 판단에 도움을 주는 정보와 교통상태를 알려주어 선박 통항의 안전성과 효율성을 증대하기 위해 실시된 연구 프로그램으로 현재 전 세계적으로 통용되고 있는 휴대형 전자 장비인 PPU의 기본 요건과 표준 그리고 특성에 대해서 정의하였다. 그리고 이 IPPA 개념을 토대로 2000년대 초반부터 몇몇 회사에서 PPU를 개발하여 세계 시장에 내놓기 시작하였다.

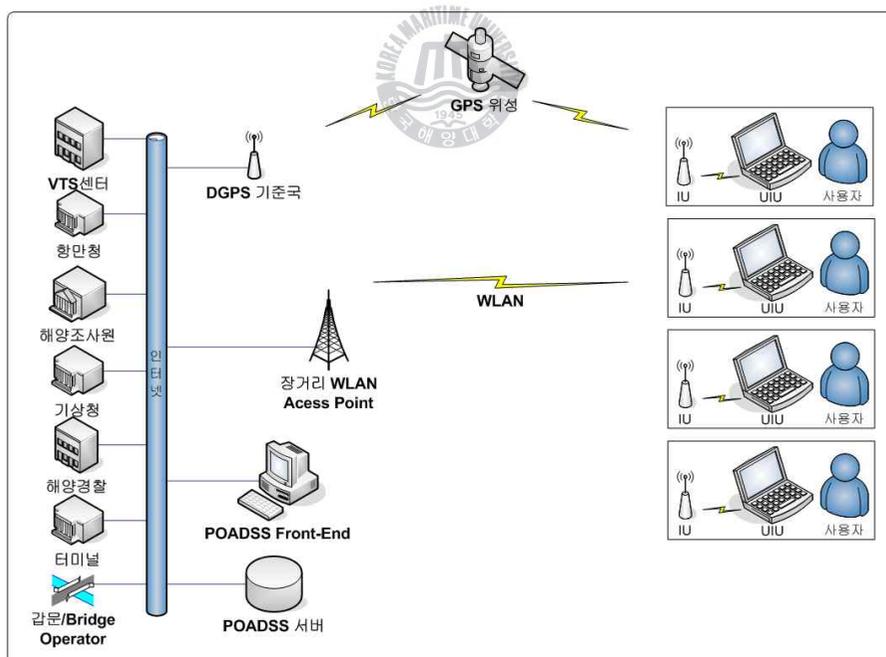
그리고 유럽 해상에서의 항해정보 서비스를 발전시키기 위해 European Commission에서 2004년 11월부터 MarNis 프로젝트가 시작되었는데 이 프로젝트의 일부에서 VTMISS의 안전성과 효율성을 실행하기 위해 필요한 중요 장비 중 하나인 차세대 PPU의 요건과 표준, 특성에 대해서 정의하고 있다. 이 차세대 PPU를 POADSS라고 한다.

POADSS는 선박뿐 아니라 육상에 VTS 등 여러 분야에 적용할 수 있을 뿐 아니라 선박휴대장비를 통해 관련정보를 VTS 센터나 다른 관련 기관으로부터 수신할 수 있어 VTS 센터에만 의존하지 않아도 된다. 이 프로젝트는 선박 도선 능력을 향상시키고 유럽의 항만과 수로 교통흐름의 안전에 기여할 수 있도록 고안되었다. 이 시스템은 항구와 협수로를 통항하는 선박의 안전성과 효율성을 향상시키기 위해 선박과 주변 환경의 다양한 변수를 측정하고 계산하여 대형선박이 항로(항구)에 안전하게 접근할 수 있도록 지원하는 시스템이다. 또한 VTS 센터와 다른 관련기관으로부터 수집된 정보를 무선인터넷을 통해 항만(협수로, 항만, 갑문 등)을 출입하는 모든 선박에 제공함으로써 도선에 도움을 준다.

POADSS의 선박사용자는 대형선박을 접이안하거나 협수로와 갑문 등을 통항할 때 유용하게 이용할 수 있고 육상이용자는 교통관제, 항만관리 및 갑문/브릿지 그리고 터미널 관리 등의 업무에 효율을 증대시키는데 용이하다.

3.1 POADSS의 구성

POADSS는 육상시스템과 선박시스템으로 나누어 생각할 수 있다. 육상시스템은 각 관련 부서로부터 필요한 정보를 인터넷을 통해 POADSS 서버1)에 전달하고, POADSS Front-End2)에서 무선 네트워크 장비를 이용하여 선박에 정보를 송신하는 시스템으로 구성되어 있다. 선박시스템은 육상에서 송신된 정보를 수신하는 통신설비와 선박위치를 측정하고 AIS 정보를 표시하는 시스템으로 IU와 UIU로 구성되어 있다.



<그림3-1> POADSS 전체 시스템 구성도

- 1) 집중된 데이터와 데이터 채널을 관리
- 2) 시스템 관리를 위한 사용자 인터페이스

3.1.1 선박시스템

POADSS의 선박시스템을 PBU³⁾라고 하며 POADSS의 주요 시스템으로써 IU와 UIU로 구성되어 있다. PBU는 항구/협수로를 입출항하기 위해 필요한 정보를 육상 데이터베이스에서 무선랜을 통해 다운로드 할 수 있으며, Pilot plug를 통해서 AIS 정보를 받을 수 있다. 또한 PBU 자체에 저장되어 있는 데이터를 이용하거나 필요에 따라 사용자(도선사/선장)가 직접 입력하기도 한다.

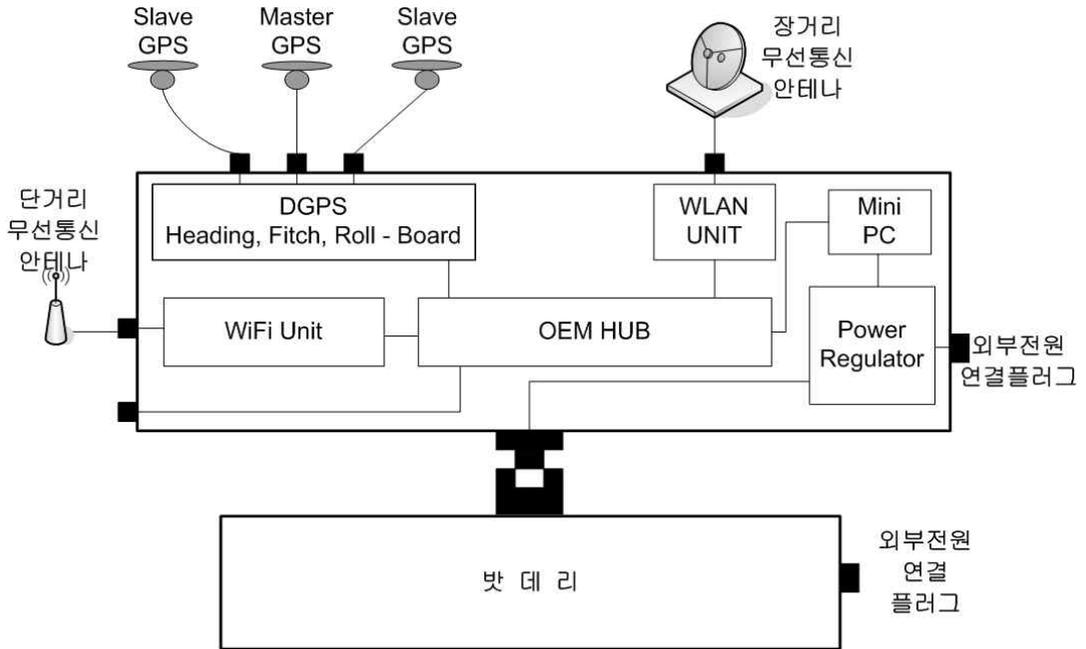
(1) IU

IU는 선박의 위치를 측정하는 장비와 육상과의 장거리 데이터 송수신이 가능한 무선 통신장비로 구성되어 있다. 상세내용은 <표3-1>과 같고 IU의 내부 구성은 <그림2-2>와 같다.

<표3-1> IU 장비목록과 특징

장비목록	특 징
RTK/DGPS 안테나	1개의 MASTER 안테나와 2개의 SLAVE 안테나로 구성
데이터 처리장치	3개의 GPS 안테나 위치 변화의 차이를 이용하여 선박의 위치, Heading, COG, SOG, ROT 등을 계산하는 장비
통신 장비	육상과 직접 데이터를 송수신할 수 있는 장거리용 통신설비와 선박의 UIU와 단거리 무선통신(WiFi)이 가능한 설비로 구성
전원 장치	충전기와 충전이 가능한 배터리(spare 포함)로 구성되며 배터리 충전상태를 확인할 수 있어야 함

3) 시스템과 사용자간 인터페이스 기능을 제공, UIU와 IU가 있다.



<그림3-2> IU의 내부 구성도

(2) UIU



UIU는 도선사/선장에게 필요한 모든 정보를 표시하여 알려주는 장비로 다음의 기능을 가지고 있다.

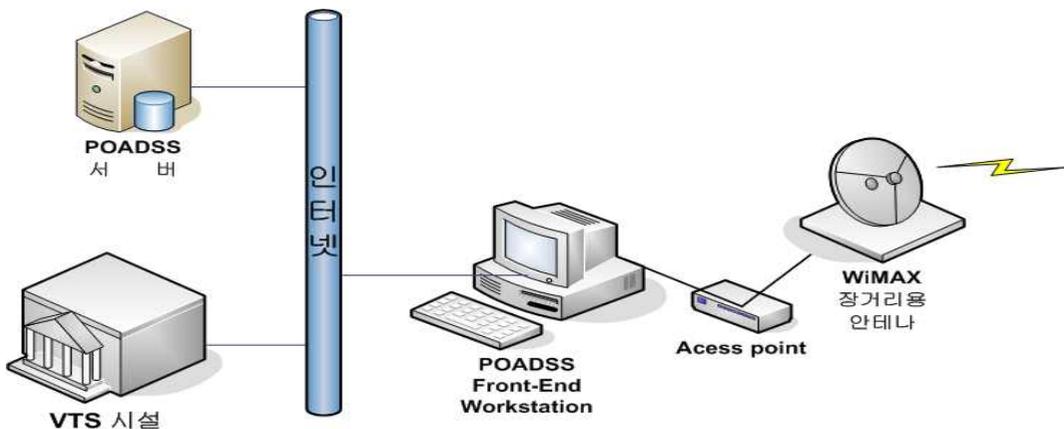
- ECDIS/ENC상에 선박의 실시간 위치 정보(위치, Heading, COG, SOG, ROT 등)를 표시한다.
- IU를 통해 직/간접적으로 얻은 정보를 노트북 화면에 표시하고, 선박 AIS에서 데이터를 얻기 위한 인터페이스 기능과 선박 레이더에서 트랙 정보를 얻기 위한 시리얼 링크 기능을 가지고 있다.



<그림3-3> UIU와 관련된 Interface

3.1.2 육상시스템

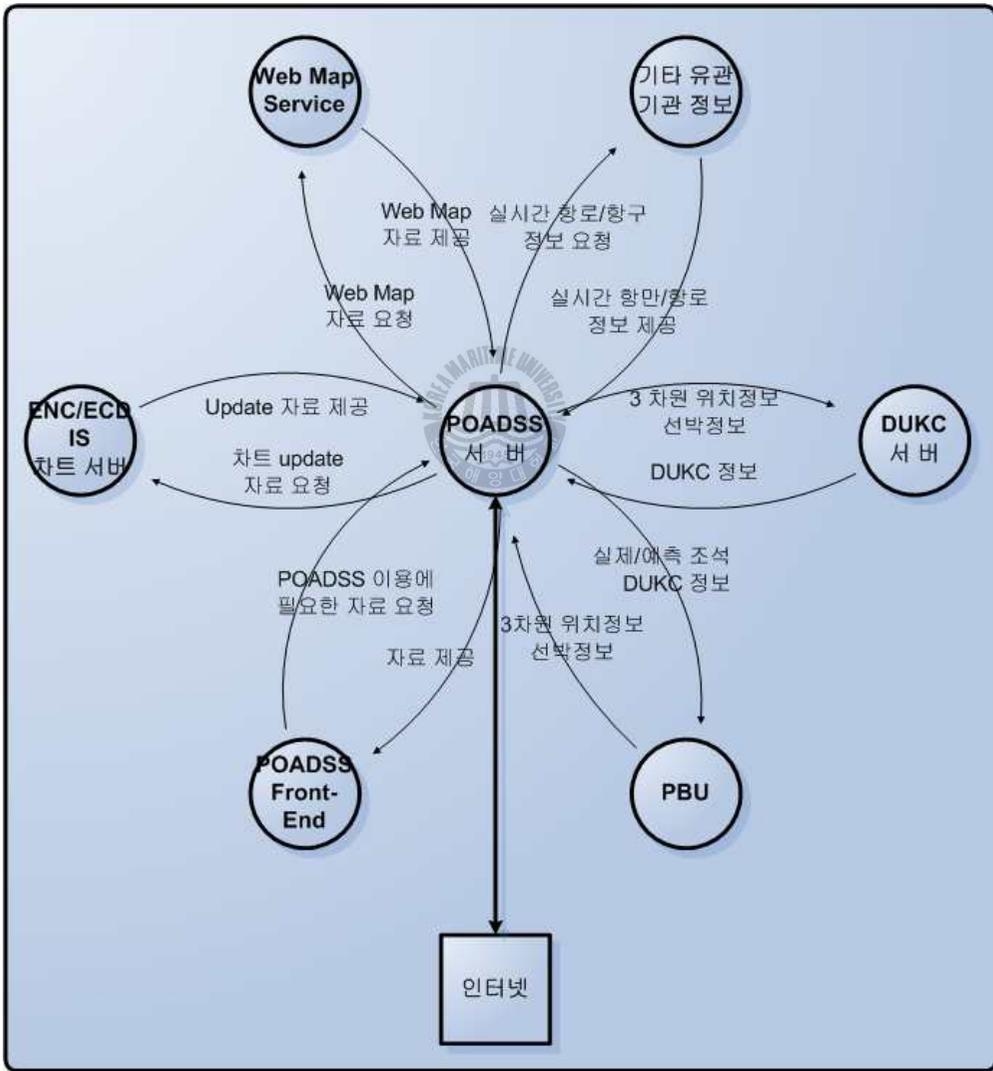
선박이 항구/협수로를 입출항하는데 필요한 정보를 인터넷을 통해 관련 기관 및 부서로부터 POADSS 서버에 집중되고, 이 정보는 VTS 센터가 중심이 되어 선박 PBU로 무선으로 송신한다. 그리고 각 선박에서 전송된 정보를 수신하여 다른 선박에 전송하거나 육상 서버에 저장하여 항만/항구의 안전성과 효율성을 향상시키는데 이용한다. 무선 안테나는 통신두절이 되지 않도록 적절한 장소에 설치하여 항 전체를 커버할 수 있어야 한다.



<그림3-4> POADSS 육상 시설

3.1.3 데이터 채널 구조

선박 안전운항과 항만 운영에 필요한 모든 자료와 정보는 각 관련 기관을 통해 실시간으로 POADSS 서버에 집중된다. 이 정보는 유선 또는 무선 통신망을 통하여 POADSS를 이용하는 선박과 육상 사용자에게 필요한 정보를 실시간으로 제공된다. POADSS 서버는 VTS 센터나 이와 동등한 시설에 설치하여 관리하고 유지하여야 한다.



<그림3-5> POADSS 데이터 채널

3.1.4 Dynamic Passage Modelling & Planning

DPM은 선체 운동의 특성과 통항로의 환경적인 변화를 실시간으로 측정하여 통합 계산하는 모델이다. 각 선박의 특성과 각 지역의 환경적인 상황을 모니터링함으로써 선박흘수와 수심변화에 대하여 선박의 안전을 최대화한다. DPM에는 수직적인 요소와 수평적인 요소가 있는데 수직적인 요소는 UKC며 수평적인 요소는 바람과 조류의 변화다. 이를 실시간으로 측정하여 선박이 협수로를 통항할 때 미치는 영향 등을 예측하는 것을 DPM이라 한다. 이 시스템은 UKC가 충분하지 않고 정밀한 선박조종을 요하는 항구를 통항하는 선박이 안전하게 운항할 수 있도록 도와준다.

이 모델의 주요 기능으로는;

- 조석변화에 따른 UKC의 안전 범위를 알려주고,
- 협수로, 항구, 갑문, 부두 등에 접근 또는 출입하는데 있어 안전한 시간대를 결정하는데 도움을 준다.

DPM 시스템은 육상(항만청, 선사 그리고 도선사협회 등)에 의해 운영되고, 다음의 데이터를 이용하여 DPP를 세우며 POADSS 서버에 의해 실행된다.

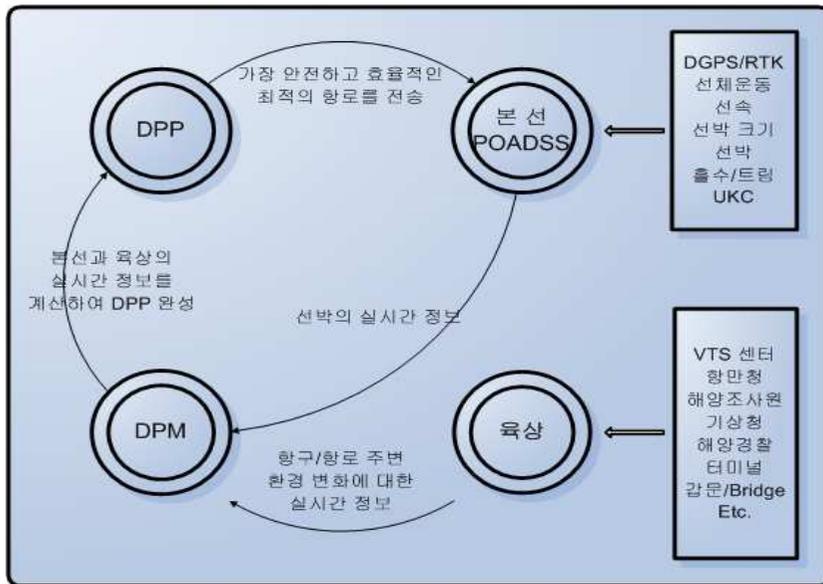
- 특정화물과 선적상태에 따른 선박 복원력 변화
- 선박의 트림, 그리고 이것의 선체침하와 heel의 영향
- 대수/대지속력, 그리고 이것의 선체침하와 heel의 영향
- 물에 의한 선박의 가속/감속, 이로인한 선체침하와 heel의 영향
- 선박 교통 상황
- 바람의 영향
- 실시간 조석 변화
- 해상상태(높이, 방향, 주기) 그리고 위험 지역 통과 시 바다상태에

따른 선체 동요에 대한 UKC 허용범위

- 실시간 조류의 속력과 방향 그리고 위험지역에서 조류가 선박 조종에 미치는 영향
- 해저 지형도, 특히 위험지역 근처와 선박에 의해 변형된 해저지형이 미치는 영향

DPM은 DPP에 영향을 줄 수 있는 모든 데이터에 대해 실시간으로 계산하고 최적의 세팅을 선박 시스템에 전송한다. 선박 시스템은 통항 중 무선 network에 접속할 수 없는 지점을 지날 때에도 독립적으로 작동할 수 있어야 하고 선박이 통신범위 안으로 다시 돌아오면 선박과 육상의 데이터가 자동으로 일치되도록 하여야 한다.

선박용 POADSS 소프트웨어는 선박이 통항하는 동안 선박위치(DGPS/RTK)와 속력, UKC 정보를 육상 서버에 계속해서 전송한다. 실제 선박이 항로/협수로를 통항 중에 전송된 모든 정보는 기록되고 저장되어 항구의 DPM과 각 선박의 DPP 개선을 위해 사용된다.



<그림3-6> POADSS와 DPM/DPP 관계

3.2 POADSS의 기능

3.2.1 Information 모드

시스템을 시작할 때마다 업데이트된 ENC를 확인하고 다운로드할 수 있으며, 특히 수심과 관련하여 지역 수로측량국에서 업데이트된 최신 정보가 포함되어 있어야 한다. Information 모드에서는 다음의 내용들을 화면상에 표시한다.

- 평균수심
- 동적수심
- 예측되는 동적수심
- 수심측량자료
- 조속, 조향
- 풍향, 풍속
- 해면상태, 방향과 swell의 높이
- 안전 수심의 윤곽선
- 항해경보, 제한구역, 환경적 제약 등 표시



3.2.2 Navigation 모드

이 기능은 선박이 비교적 넓은 해역을 항해하거나 고도의 위치 정확도를 필요로 하지 않는 지역을 항해할 때 사용한다.

AIS와 VTS 센터에서 받은 AIS 정보를 자동으로 매칭하여 ENC/ECDIS 상에 표시하거나 본선에 위치만 단독으로 표시할 수도 있다. 그리고 무선 네트워크 접속으로 VTS센터의 Radar 영상 및 통항 정보를 별도로 표시할 수 있다.

3.2.3 Docking 모드

이 기능은 선박이 갑문, 부두, 터미널, 방파제, mooring buoy 등 고도의 선박 조종 능력이 요구되는 곳을 접근하고 통과할 때 정확한 위치정보를 제공하기 위하여 사용되며 다음의 정보를 표시한다.

- 위치(위도/경도)
- Heading, Rolling, Pitching
- 대지침로, 대지속력
- ROT
- Cross track error
- 최소 DUKC 값과 선박에서의 위치 표시
- 선박(PBU)에서 마우스 포인트까지 방위와 거리
- 선/수미의 접근속력/접근방향
- 선/수미 속력
- 평균접근속력



PBU와 POADSS Front-End의 ENC상에 아래의 데이터가 표시되어 선박 접안을 용이하게 한다.

- bollards
- mooring hooks
- fenders
- 갠웨이 위치
- loading arm 위치
- mooring buoys
- 사운딩 정보

3.2.4 Dynamic Passage Planning 모드

POADSS Front-End를 거쳐 POADSS 서버에 의해 DPP가 실행되며, DPP에서 기본적으로 정해진 항로를 보여주며 사용자는 필요에 따라 항로를 수정/추가할 수 있다. 항로 수정은 마우스나 Point marker로 간단하게 수정이 가능하며 기존의 항로와 자연스럽게 연결된다. 만약 사용자가 안전구역이나 제한구역을 가로지르거나 벗어나는 항로계획을 세우면 이를 경보음을 통하여 알려주고, 마우스나 pen marker를 이용해서 변침점을 추가하거나 변경할 수 있다. 이때 새로운 변침점까지의 방위와 거리, 변침점 위치 그리고 항로 전체의 총거리 데이터도 자동으로 계산되어 표시된다.

또한 정해진 항로상에 예상되는 UKC가 실시간으로 계산/예측되어 심흘수 선박(deep draft vessel)의 안전한 운항을 지원한다.



4장. 휴대형 도선 지원 시스템

앞에서 살펴본 바와 같이 선진국에서는 PPU와 관련 시스템 개발을 통해 항만을 통항하는 선박의 안전을 향상시키고 선박 사고율을 경감시킬 뿐 아니라 막대한 경제적인 이득을 얻고 있다. 또한 European Commission에서는 PPU를 선박교통관리의 안전성과 효율성을 극대화하기 위한 중요 장비로 판단하여 차세대 PPU인 POADSS를 제안하여 개발하고 있다.

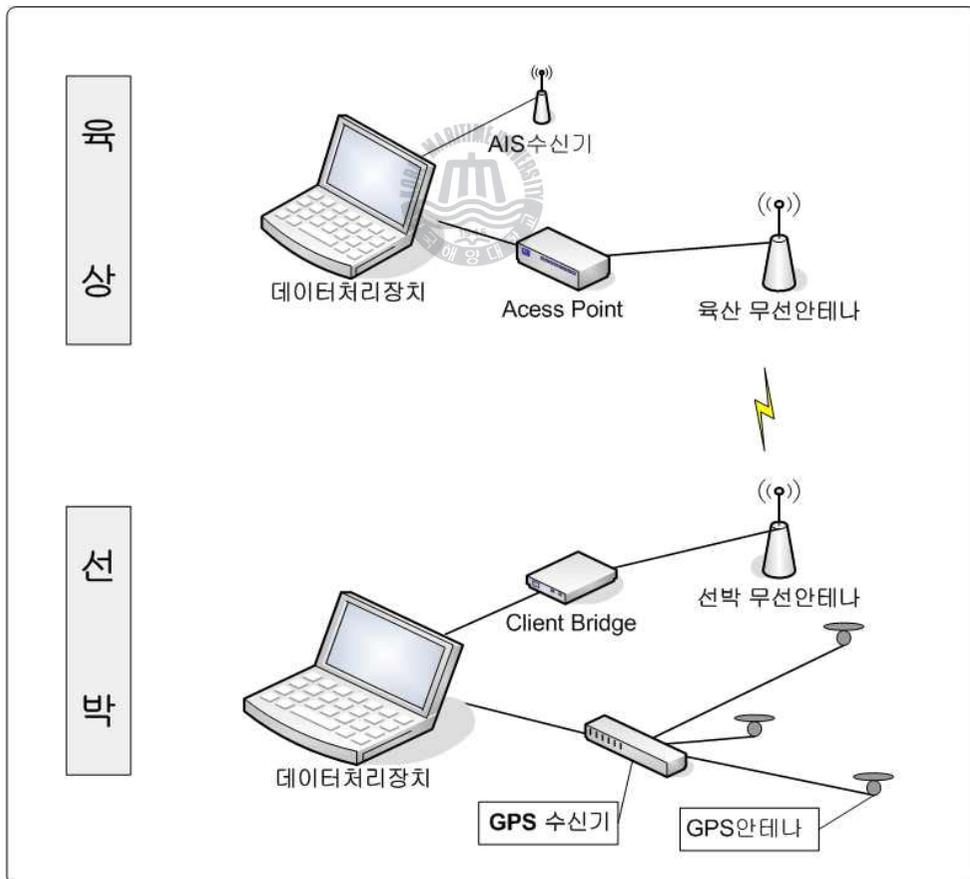
이 논문에서 제안한 PDSS(Portable Docking Support System)는 이 POADSS를 토대로 국내 실정에 맞는 휴대형 도선 지원 시스템을 설계하였다. 국내항의 경우는 바다와 인접한 항이 많고 항계 또는 방파제를 통과한 후 접안 작업이 바로 이루어지기 때문에 이 연구에서는 Docking 모드를 우선적으로 개발하여 부산항에 입항 중인 선박에 설치하여 실험을 하였다. PDSS는 선박과 육상 시스템을 무선 네트워크로 서로 연계하여 입출항하는 선박에게 육상의 필요한 정보를 실시간으로 전달해줌으로써 선박 통항의 안전을 확보하고, 접안 시 선박의 부두 접근 속력과 부두까지의 거리 등을 사용자에게 전달함으로써 선박 접안 작업에 부담을 줄여주고 도움을 주게 될 것이다.

이 시스템을 정상적으로 실행하기 위해서는 육상 정보를 수집하고 처리하는 육상 서버 구축이 필요하나, 이러한 서버를 구축하기 위해서는 관계 기관(VTS, 항로표지당국, 해양조사원, 해양경찰, 기상청 등)의 협조와 정보 공유가 필요하고 비용과 시간도 상당히 소요되므로, 이 연구에서는 육상시스템에 AIS 수신기를 연결하여 여기서 받은 정보를 수집된 육상 정보로 가정하여 무선 통신을 통해 선박에 정보를 전송하는 방식으로 시스템을 설계하고 테스트하였다.

4.1 PDSS 개요 및 구성

4.1.1 개요

이 연구에서 구현하고자하는 시스템의 구성은 아래 그림과 같이 크게 육상과 선박시스템으로 나누어진다. 육상은 선박 시스템에 송신할 데이터를 입력하고 AIS 정보를 처리하는 데이터 처리장치와, 관련 데이터를 송수신하는 무선 통신 장비로 구성되어 있다. 선박시스템은 데이터를 송수신하는 무선통신 장비와, 본선의 위치 데이터(위치, heading, speed, ROT)를 실시간으로 측정하는 장비, 그리고 위의 장비로부터 수집된 데이터를 표시하여 도선사에게 정보를 제공하는 장비로 구성되어 있다.



<그림 4-1> PDSS 구성도

4.1.2 H/W 구성

PDSS에 사용된 H/W 구성을 간략히 정리하면 다음 표와 같다.

육상 데이터 처리장치는 AIS 정보를 처리하여 선박 시스템에 송신하는 기능과, 선박 시스템에서 수신한 선박의 위치 정보를 저장하는 기능을 수행한다. AIS 수신기는 데이터 처리장치의 USB port와 무선 안테나는 데이터 처리장치의 LAN port에 각각 연결되어 있다.

선박 데이터 처리장치는 GPS 수신기로부터 본선 위치 정보와, 육상 시스템으로부터 무선통신을 통해 AIS 정보를 NMEA 신호 방식으로 받아 PDSS 소프트웨어에서 처리되어 실행화면에 표시한다.

<표4-1> H/W 구성 및 기능

위 치	구 성	기 능
육 상	데이터 처리장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ AIS 정보 처리 ■ 선박 시스템에서 수신된 선박위치 정보 저장
	육상 무선 안테나	<ul style="list-style-type: none"> ■ PM-SEC14 지향성 무선안테나, AP-5131 Access Point, 손실보상기로 구성 ■ 해상에서 3마일(90도 coverage) 이상 무선 통신 가능
	AIS 수신기	<ul style="list-style-type: none"> ■ 타선의 AIS 정보 수신
선 박	데이터 처리장치	<ul style="list-style-type: none"> ■ PDSS 프로그램 설치 및 실행 ■ 선박 위치정보 처리 ■ AIS 정보 처리
	GPS 수신기	<ul style="list-style-type: none"> ■ 선박위치, Heading, ROT, COG, SOG 측정 ■ NMEA 메시지 지원 <ul style="list-style-type: none"> - GGA, GLL, VTG, ZDA, HDT, HRP
	선박 무선 안테나	<ul style="list-style-type: none"> ■ PM-OM16 무지향성 안테나, CB3000 Client Bridge, 손실보상기로 구성 ■ 해상에서 2마일(전방향)이상 무선 통신 가능

(1) 육상 시스템

육상 시스템은 데이터 처리장치, 무선 안테나, Access Point 그리고 AIS 수신기로 구성되어 있고 설치 모습은 아래와 같다.



<그림 4-2> 육상 시스템 설치 모습

육상 데이터 처리장치는 무선 안테나와 AIS 수신기를 동시에 연결하여 데이터를 처리하여야 하므로 확장 포트에 USB 2.0 2개 이상과 유선 LAN을 지원하는 노트북을 사용하였다. 그리고 메모리가 1GB 이하인 컴퓨터를 사용할 경우, AIS 정보와 선박 위치 정보를 동시에 처리하면서 끊김 현상이 나타나므로 2GB 이상의 메모리를 가진 컴퓨터를 사용했다.

육상 무선 안테나는 안테나와 Access point로 구성되어 있고 육상 안테나로는 통신 거리를 높이기 위해 지향성 안테나를 사용하였다.

이 시스템에서 사용한 지향성 안테나는 기상이 양호한 해상에서 이론상 3마일이상 통신이 가능하다. 그러나 실제 실험에서는 선박이 부산항 방파제를 통과한 뒤 통신이 가능했으므로 최소 1.5마일까지는 통신이 가능한 것으로 확인하였다. 안테나의 구체적인 사양은 다음 표와 같다.

<표4-2> 지향성 안테나 상세

모델명	PM-SEC14	사진
주파수 대역	2400~2483 MHz	
밴드폭	83 MHz	
안테나 이득	14 dBi	
빔폭	H : 90° , E : 15°	
F/B	≥25 dB	
VSWR	≤1.5	
최대출력	100 W	
접속 형태	N-Female	
크기	600*160*90 mm	
무게	2.5 Kg	
적용	2.4GHz UNII 2.4GHz ISM 2.4Hz 무선랜 시스템 IEEE 802.11 g,b,n 지원 WiFi Wireless Internet Provider	

지향성 안테나는 원거리까지 무선통신이 가능한 반면 통신반경이 제한적이므로, 추후 부산항 전체가 무선 통신이 가능하도록 하기 위해서는 다음 그림과 같이 각 지역에 3대 이상의 안테나로 전방위(360도, 2마일)를 커버하도록 하고 여러 지역에 안테나를 적절히 설치하여 항구 전체가 무선 통신이 가능하도록 하여야 한다. 실험에서는 육상 안테나 1대만을 사용했고 선박이 입항하면서 통신 반경에서 벗어나 통신 두절이 되지 않도록 육상에서 안테나를 선박이 움직이는 방향으로 조금씩 조절하였다.



<그림 4-3> 부산항 무선 안테나 통신반경 예상도

Access Point는 유선 LAN과 무선 네트워크 사이를 연결하는 Bridge 역할을 하는 장비로써 최대 54Mbps의 데이터 전송률을 가지고 있다.

다음 표에서 보는 바와 같이 Access Point의 데이터 전송률은 IEEE 전송 방식에 따라서 차이가 있다. IEEE 802.11은 현재 주로 쓰이는 유선 LAN 형태인 이더넷의 단점을 보완하기 위해 고안된 무선 네트워크 기

슬로써 802.11 b/a/g/n 방식 등이 있다.

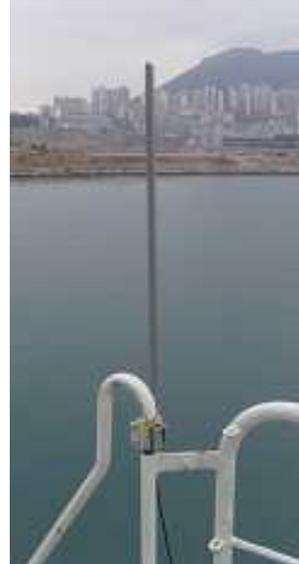
육상 시스템인 노트북과 Access Point, 그리고 무선 안테나에 공통으로 지원하는 전송 방식은 IEEE 802.11g 방식으로 2.4GHz 대역에서 54Mbps의 데이터 전송 속도를 가며 이 전송률은 육상과 선박 시스템간 정보를 송수신하는데 충분한 속도다.

<표4-3> Access Point 상세

모델명		AP-5131	사진
케 이 스		Metal, Plenum 케이스	
무게 / 크기		0.88 Kg / 135 * 240 * 45 mm	
작동 온도		-20 ~ 50℃, 28℃ 고도 2438m	
저장 온도		-40 ~ 70℃	
사용환경	고도	고도 2438m(28℃) 작동	
	습도	5~95%(작동), 5~85%(보관)	
송신전력		최대 22dBm 802.11b/g 19dBm+/-1 dBm@1, 2, 5.5, 11 Mbps 19dBm+/-1 dBm@6, 9 Mbps 18dBm+/-1 dBm@12, 18 Mbps 17dBm+/-1 dBm@24, 36 Mbps 16dBm+/-1 dBm@48, 54 Mbps	
데이터 송신률		802.11a - 6,9,12,18,24,36,48,54 Mbit/sec 802.11g - 6,9,12,18,24,36,48,54 Mbit/sec 802.11b - 1,2,5.5,11 Mbit/sec	

(2) 선박 시스템

선박 시스템은 데이터 처리장치선박, GPS 수신기, 무선 안테나로 구성되어 있고 선박 설치 모습은 아래와 같다.



<그림 44> 선박 시스템 설치 모습

선박 데이터 처리장치는 육상 데이터 처리장치와 마찬가지로 GPS 수신기와 무선 안테나를 동시에 연결하여 처리하여야 하므로 확장 포트인 USB 2.0 2개 이상, COM 포트 1개 그리고 유선 LAN을 지원하는 노트북을 사용하였다.

또한 PDSS 프로그램을 실행하면 ENC상에 선박의 위치가 표시되고 수심과 기타 전도해도 정보들이 잘 보여야 하는데 해상도가 1,000이하인 노트북을 사용하면 선박 윤곽과 수심 정보가 약간 퍼지게 보여 해상도가 1,280*800 이상인 장비를 사용하였다.

<표4-4> 선박 데이터 처리장치 상세

Memory		DDR2 800 2GB
저장장치		226G HDD
그래픽 컨트롤러		ATI Mobility Radeon HD3470
LCD	종류	35.6cm Wide
	해상도	1,280*800@32bit
통신	유선	1Gbps LAN
	무선	Intel 802.11(a/g/n)
기타	확장포트	USB2.0*3, eSATA port, IEEE1394, Lan, 9-in-1 지원

GPS 수신기로 사용한 PolaRx 2@ 장비는 GPS 안테나 2개를 연결하면 선박의 위치, Heading, SOG, COG, ROT 값을 NMEA 메시지로 선박 데이터 처리장비로 보내준다. 또한 GPS 안테나 3개를 연결할 경우 선박의 Heading, Rolling, Pitching 측정이 가능하여 위치뿐 아니라 자세 제어에도 사용할 수 있다.

NMEA는 미국 해상 전자 통신 협회에서 정한 신호의 표준형식으로서 주로 해상에서 사용하는 전자장비간의 정보를 교환할 수 있도록 한 신호 형식이다. 이는 Sentence라 불리는 텍스트 기반의 라인들로 구성되어 있으며 신호의 내용이 순서대로 그 장비에서 발신하는 신호에 대한 정보를 담고 있다.

이 GPS 수신기의 성능에서 알 수 있듯이 DGPS를 main 안테나로 사용할 경우 위치 오차는 0.6m 이내이고, Heading 오차는 GPS 안테나 간격에 따라 차이가 있지만 간격을 3m로 하면 0.1도의 오차범위를 갖는다. 이 오차범위는 도선사가 선박을 도선함에 있어서 크게 신경 쓰지 않아도 되는 범위지만, Docking 작업 등 좀 더 정밀한 위치 정보가 필요하다면 항만에 RTK 기준국을 설치하여 선박에서 사용할 수 있도록 설비를 갖추어야 한다.

이 실험에서는 main 안테나로 DGPS를, sub 안테나로는 GPS 안테나를 사용하였다. 선박이 정박 중 선박과 부두와의 거리오차를 측정해본 결과, 0.7m 오차가 있음을 확인했다.



<그림4-5> PolaRx 2@ 모습

<표4-5> GPS 수신기 특징 및 성능

<p align="center">특 징</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 동시에 GPS와 SBAS 48개 Channel 추적 가능 ▪ 1~3개 GPS 안테나로 하나/두개의 위성 주파수 동시 추적 ▪ L1/L2 사용 ▪ 위치, 고도 출력 (사용자 지정 가능) ▪ 자동 또는 수동으로 안테나 보정 가능 ▪ DGPS 지원 ▪ 4개 serial port (RS232), baudrate 115kbps 이상 ▪ NMEA v2.30 지원 ▪ SBF (Septentrio Binary Format) 출력 ▪ 상태 표시 (6개 LED) ▪ OEM 보드 					
<p align="center">선택사항</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DGPS Base station ▪ RTK (main 안테나) <ul style="list-style-type: none"> - RTCM v2.2, 2.3 또는 3.0 입/출력 - FKP (Referene Network compatible) - CMR 2.0 ▪ TCP/IP 					
<p align="center">성 능</p>	<p align="center">위치 정확도</p>		<p align="center">Horizontal</p>		<p align="center">Vertical</p>	
		<p align="center">Standalone</p>	<p align="center">1.1 m</p>		<p align="center">1.9 m</p>	
		<p align="center">SBAS</p>	<p align="center">0.7 m</p>		<p align="center">1.2 m</p>	
		<p align="center">DGPS</p>	<p align="center">0.6 m</p>		<p align="center">1.1 m</p>	
	<p align="center">RTK</p>	<p align="center">1 cm + 1 ppm</p>		<p align="center">2 cm +2 ppm</p>		
	<p align="center">속도 정확도</p>	<p align="center">Standalone</p>	<p align="center">1.5 mm/sec</p>		<p align="center">1.9 mm/sec</p>	
	<p align="center">자세 정확도</p>	<p align="center">안테나 간격</p>	<p align="center">1m</p>	<p align="center">3m</p>	<p align="center">10m</p>	
		<p align="center">Heading</p>	<p align="center">0.3°</p>	<p align="center">0.1</p>	<p align="center">0.03</p>	
		<p align="center">Pitch/Roll</p>	<p align="center">0.6</p>	<p align="center">0.2</p>	<p align="center">0.06</p>	
	<p align="center">동작 시간</p>	<p align="center">Cold start</p>	<p align="center">90 sec 이내</p>			
<p align="center">Warm start</p>		<p align="center">55 sec 이내 (reset시 20sec 이내)</p>				
<p align="center">Heading/ Attitude 최초 출력</p>		<p align="center">45 sec</p>				

선박 무선 안테나는 안테나와 Bridge로 구성되어 있으며 선박 안테나로는 육상과 달리 무지향성 안테나를 사용하였다. 이유는 항해 중인 선박은 이동 속도가 빠르진 않아도 계속해서 움직이고 선회를 하므로 360도 통신이 가능한 무지향성 안테나를 사용하는 것이 바람직하다.

이 안테나는 무지향성 안테나임에도 불구하고 안테나 이득과 주파수 대역이 육상 지향성 안테나와 비슷하며 실험에서 확인하였듯이 최소 1.5마일 이상 통신이 가능하였다.

<표4-6> 선박 무선 안테나 상세

주파수 대역		2400~2500 MHz	
안테나 이득		15.5 ± 0.5 dBi	
통신범위	수평	360°	
	수직	11°	
VSWR		1.5:1 max	
저항		50 Ω	
최대출력		50 W(cw)	
접속 형태		N-Female	
크기		120*25 mm	
무게		2.0 Kg	
사용 환경	온도	-40℃ ~ +80℃	
	습도	100%@25℃	
	풍속	180Km/hr	

무선 안테나의 주파수 대역이 2.4GHz이므로 Client Bridge는 IEEE 802.11b 방식으로 작동하며 이때 최대 안테나 이득은 3dBi가 된다. 데이터 전송률은 802.11b 방식으로 작동할 경우, DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum) 방식으로 변조되어 신호가 전송되므로 54Mbps가 된다.

DSSS란 원래의 신호에 주파수가 높은 디지털 신호를 곱하여 확산시키는 대역확산 변조방식으로 전송할 2진 데이터 신호를 2진 코드로 변조하여 사용 주파수 전역으로 확산시켜 전송시키는 특징을 가지고 있다.

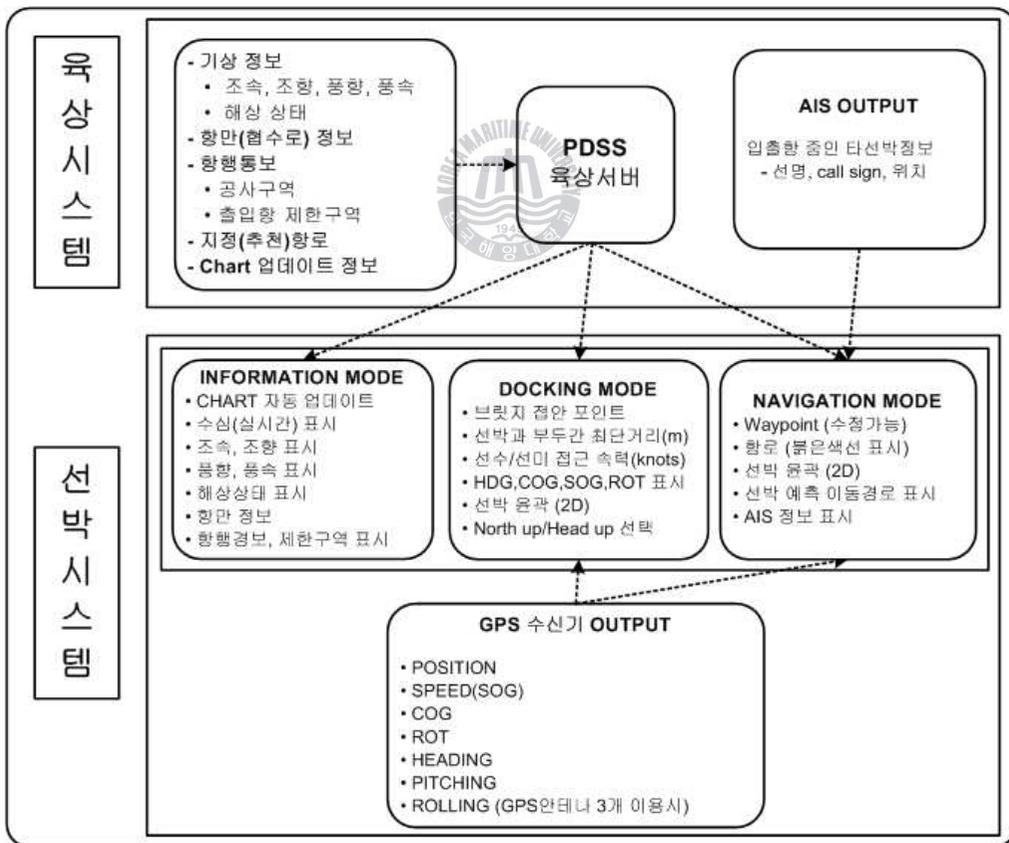
<표4-7> Client Bridge 상세

최대 안테나 이득	2.4GHz에서는 3dBi, 5GHz에서는 4dBi	
프로토콜 지원	TCP/IP, DHCP	
호환성	IEEE 802.1d IEEE 802.11a IEEE 802.11g IEEE 802.1x IEEE 802.3u	
작동 주파수	802.11a : 4.9-5.9GHz 802.11b : 2.4-2.5GHz	
LAN 연결	One 10/100 Base-T	
Ethernet Frame	Ethernet_II dhk IEEE 802.3	
Data Rate	IEEE 802.11a : 54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, 6 Mbps IEEE 802.11b : 54Mbps/DSSS IEEE 802.11g : Orthogonal Frequency Division Multiplexing (64QAM, 16QAM, QPSK 그리고 BPSK)	

4.1.3 S/W 구성

이 연구에서 구현하고자 하는 시스템의 데이터 흐름을 보면 육상 시스템에서는 항만 및 기상정보, 그리고 업데이트 정보 등을 PDSS 서버에서 처리하여 선박 시스템에 전달하고, 선박 시스템에서는 이 정보를 처리하여 Infomation 모드와 Navigation 모드에서 사용자에게 필요한 정보를 제공한다. 또한 선박 시스템에서는 GPS 수신기에서 측정된 선박 위치 정보를 처리하여 Docking 모드와 Navigation 모드에서 정보를 제공한다.

PDSS 프로그램은 Visual C++을 바탕으로 만들었으며 AIS와 GPS에서 받은 NMEA 값을 처리하여 도선사에게 필요한 정보를 제공한다.



<그림4-6> PDSS 데이터 흐름

이 연구에서 우선적으로 개발한 PDSS 프로그램의 Docking 모드에서는 다음과 같은 주요 기능을 수행한다.

- 접이안시 선수/선미 접근 속력 계산
- 접이안시 선수/선미에서 부두까지 최단거리 계산
- HDG, COG, SOG, ROT 표시
- 데이터 저장 기능
- AIS 정보를 이용하여 ENC상에 타선정보 제공
- North Up/Head Up 및 속력단위 선택 기능

프로그램을 실행하면 선수/선미 접근 속력이 ROT와 COG, SOG 값을 가지고 자동으로 계산되어 <그림4-7>의 ③과⑥란에 각각 표시된다.

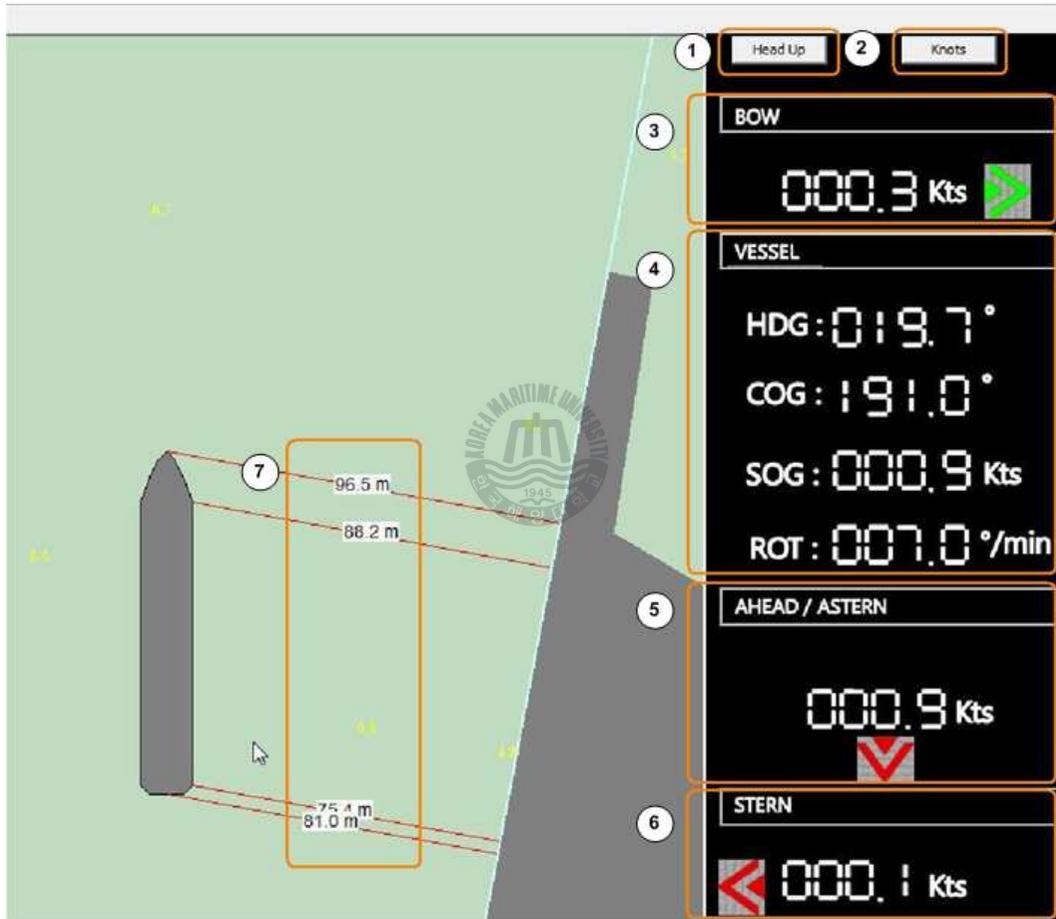
선박을 접안하는 도선사나 선장은 이 정보를 확인하면서 Bow Thruster 와 Tug Boat를 적절히 사용하여 선/수미 속력을 조절할 수 있다.

프로그램 실행 중 ENC상에 있는 부두 또는 안벽에 임의선을 그리면 부두와 선박까지의 최단 거리가 자동으로 계산되어 <그림4-7>의 ⑦과 같이 표시된다. 선박이 우현 접안을 할 경우는 부두에서 선박의 선수/선미와 우현 선수미 Quarter 4개의 지점까지의 거리가 계산되고, 좌현 접안 시에는 선수/선미와 좌현 Quarter까지의 거리가 자동으로 설정되어 계산된다. 실제로 선박이 부두 접안 시 F'cle의 일항사와 Poop의 2항사가 부두나 안벽까지의 거리를 육안으로 보고 대략의 거리를 선교에 알려주는데 이 장비를 이용하면 좀 더 정확한 거리를 실시간으로 확인 할 수 있다.

도선하는 선박의 Heading, COG, SOG 그리고 ROT는 GPS 수신기로부터 들어오는 NMEA 메시지를 변환하여 <그림4-7>의 ④와 같이 실시간

으로 표시된다.

실험에서는 선박 데이터 처리장치로 노트북을 사용하였지만 추후에는 PDA 등 휴대가 간편한 장비를 이용하여 이 시스템 사용자(도선사 또는 선장)가 선교, Wing Bridge 등을 자유롭게 다니면서 선박 입출항 및 접이안시에 필요한 선박 및 항만 정보를 실시간으로 제공받게 될 것이다.



<그림4-7> 프로그램 실행 화면 일부

사용자는 본 시스템을 통하여 입출항 및 접이안 상태를 저장할 수 있고 작업이 완료된 후 이 저장된 데이터를 실행하여 입출항 당시에 상황을 모니터링 할 수 있다. 이를 통해 사용자는 도선 당시의 문제점이나 위험

요소를 재확인할 수 있고 선박 도선에 도움을 받을 수 있을 뿐 아니라 교육 자료로도 활용할 수 있다.

육상 시스템을 통해 수신한 AIS 정보는 <그림4-8>과 같이 주위 선박의 위치를 본선과 마찬가지로 ENC상에 2D로 표시한다. 이 시스템에서는 AIS 정보를 통해 들어온 타선의 Dimension 정보와 위치 정보만을 가지고 ENC상에 2D로 표시하였지만 추후에는 해당 선박에 마우스를 클릭하면 모든 AIS 정보를 확인할 수 있는 기능을 추가할 것이다.



<그림4-8> AIS 신호를 통해 표시된 타선 모습

PDSS 프로그램 사용자는 필요에 따라 <그림4-7>의 ①을 클릭하여 ENC화면을 North Up/Head Up으로 변경할 수 있다. 변경한 실행 화면을 비교하면 아래 <표4-9>와 같다. 또한 <그림4-7> ②을 클릭하여 속력의 단위를 Knots 또는 m/s로 변경할 수도 있다.

이를 통해 사용자는 본인 취향에 맞게 간단한 조작만으로 원하는 기능을 쉽고 간편하게 선택/변경할 수 있다.

	축소 화면	확대 화면
North Up		
Head Up		

<그림4-9> North up/Head up 비교 화면

4.2 PDSS 작동 실험 및 결과

4.2.1 실험 대상 선박

PDSS의 정상 작동여부를 확인하기 위해 한국해양대학교 실습선 한나라호에 PDSS 선박 시스템을 설치하고 부산항 입항 시 작동 실험을 하였다.

실험에 사용된 한나라호의 주요 제원은 아래 표와 같다.

<표4-8> 한나라 주요 제원

SHIP'S NAME	HANNARA
WHEN BUILT	DEC. 23rd. 1993
CALL SIGN	D9GV
KIND OF SHIP	TRAINING VESSEL
NAVIGATION AREA	OCEAN GOING SERVICE
NATIONALITY	REPUBLIC OF KOREA
PORT OF REGISTRY	PUSAN
OWNER	KOREA MARITIME UNIVERSITY
BUILDER	DAESUN SHIPBUILDING & ENGINEERING CO., LTD
LENGTH (LOA)	102.70 M
LENGTH (LBP)	93.00 M
BREATH (MLD)	14.50 M
DEPTH (MLD)	SHELTER DECK : 9.5 M MAIN DECK : 7.0 M
DRAFT (SUMMER)	5.414 M
D.L.W.L (WLD)	5.20 M
GROSS TONNAGE	3,640 TON
NET TONNAGE	1,121 TON
MAIN ENGINE	TYPE : B&W 6L35MC OUTPUT MCR(100%) : 4000 BHP × 200 RPM
BOW THRUSTER	350 HP (260 KW)
SPEED Max. (MCR)	17.00 KTS
SERVICE (NCR, 15%)	15.25 KTS

4.2.2 실험 과정 및 결과

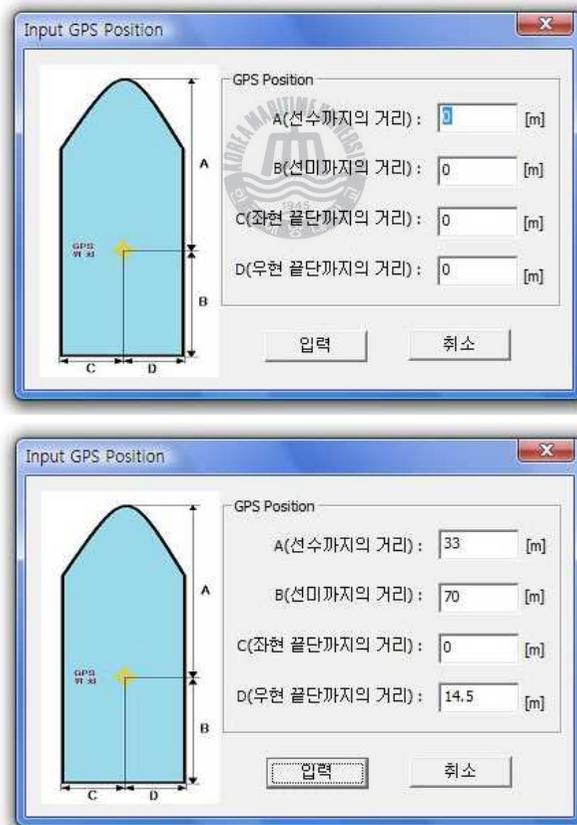
선박 시스템은 2010년 3월 18일, 한나라호가 전 출항지인 울산항을 출항하기 전에 설치를 하였고, GPS 안테나 2개를 <그림4-10>과 같이 Wing Bridge 끝단에 앞뒤로 설치하고 무선 안테나는 Top Bridge 핸드레일에 고정 설치하였으며 데이터 처리장치는 Bridge에 설치하였다.



<그림4-10> GPS 안테나 설치 모습과 선수/선미 거리

선박 시스템이 정상 작동하는지를 확인하기 위해 우선 선박 데이터 처리장치로 GPS 신호와 AIS 신호가 정상적으로 들어오는지를 확인하면 알 수 있는데, 실험에서는 부산항 방파제 입항 3마일 전 시스템을 처음 작동하였을 때 GPS 신호만이 들어왔고 선박이 방파제를 통과한 뒤 육상시스템으로부터 AIS 신호가 들어왔다.

선박을 ENC상에 2D로 표시하기 위해서는 <그림4-11>과 같이 선박에서 Main GPS 안테나의 위치를 입력한다. A(선수까지의 거리)와 B(선미까지의 거리) 값은 <그림4-10>과 같이 Wing Bridge에 표시되어 있는 선수미 길이를 기준으로 입력하고 선평(C+D)은 선교에 비치되어 있는 Pilot card등을 참조해서 입력한다.



<그림4-11> Main GPS 안테나 위치 입력 모습

육상 시스템은 한나라호가 부산 방파제 통과 1시간 전에 설치를 완료하였다. 선박이 방파제 통과하기 2-3마일 전부터 육상 시스템과 통신을 시도하였으나 조도에 가려서 통신이 이루어지지 않았고, 선박이 방파제를 통과하고 육상 시스템이 설치된 위치를 육안으로 확인한 13시 10분경부터 통신이 정상 작동되어 AIS 정보가 수신되었으며, 주위 선박의 위치가 2D로 <그림4-12>와 같이 표시되었다.

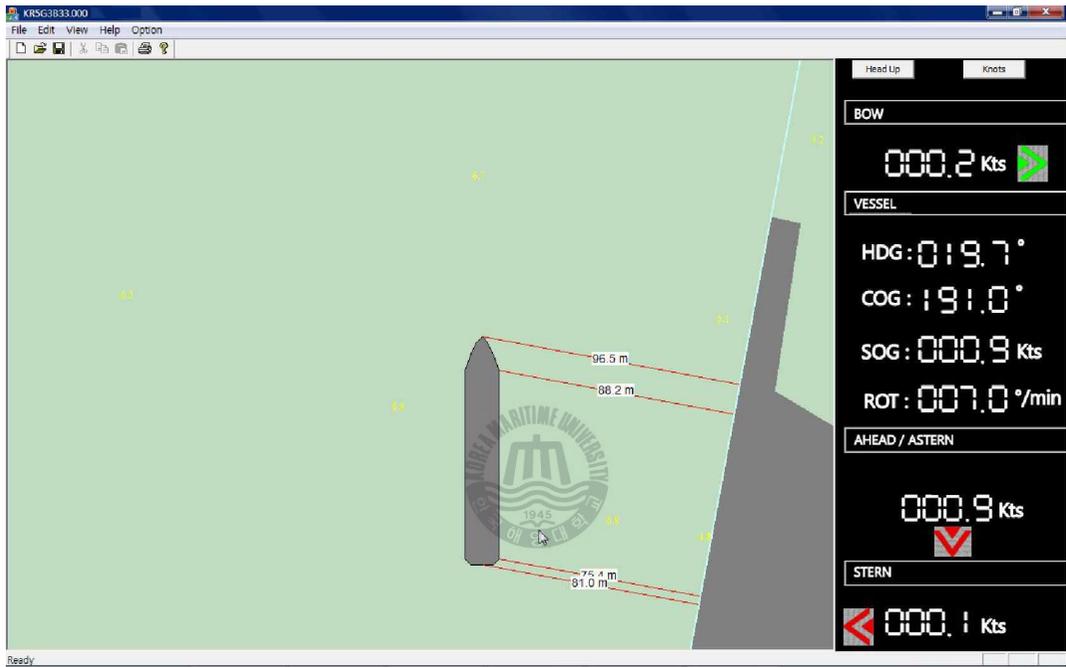


<그림4-12> AIS정보 표시

마지막으로 선박을 접안할 때 PDSS의 Docking 모드가 <그림4-13>와 같이 정상적으로 작동하였다.

시스템 실행화면에서 사용자에게 제공되는 HDG, COG, SOG 그리고 ROT 값은 선박의 자이로, DGPS 그리고 ROT 측정기와 비교하였을 때 그 값이 서로 일치하였다.

하지만 선박의 선수미 접근 속력과 부두/선박간 거리의 정확성 여부는 확인하지 못했다. 추후 선수와 선미에 GPS 수신기를 각각 설치하여 이 시스템에서 선수미 접근 속력이 정상적으로 계산되어 나오는지 확인하고, RTK 안테나를 선박과 육상에 각각 설치하여 이 시스템에서 계산되어 나오는 부두/선박간 거리의 정확도를 확인하여 검증할 필요가 있다.



<그림4-13> Docking 모드 실행 화면

5장. 결 론

국제항해에 종사하는 선박이 점점 대형화되면서 항만에서는 선박 대형화에 따른 지리적 한계를 극복하기 위해 막대한 비용을 투자하여 수심을 확보하고 있다. 또한 선박 통항도 날로 많아지고 복잡해지고 있다.

이러한 문제를 해결하고 선박 통항의 안전과 항만 효율성을 확보하기 위해 선진국에서는 PPU와 관련 시스템 개발이 활발히 이루어지고 있고, 시스템 개발을 통해 얻은 경제적인 이득과 선박 통항의 안전성 확보는 이미 입증되고 있다.

이 논문에서는 차세대 PPU로 유럽에서 개발 중인 POADSS를 토대로 국내 실정에 맞는 휴대형 도선 지원 시스템(PDSS)를 제안하고 개발하였으며, 실제 선박이 부두 접안 시 이 시스템을 가동하여 실험하였다.

제안한 시스템을 부산항 입항 시에만 실험하였지만 도선사와 협조하여 비교적 입항 수로가 길고 도선시간이 1시간 이상 소요되는 인천항, 광양항, 목포항, 마산항 등에서 장비를 테스트하여 문제점과 보완할 사항을 점검해 볼 필요가 있다.

국내 도선사들은 이와 같은 시스템이 도선에 많은 도움이 되리라 생각하고 있지만, 아직까지 도선사가 선박에 도선 지원 시스템을 휴대하여 승선하는 것에 많은 부담을 갖고 있는 것이 사실이다. 하지만 향후 지속적인 연구를 통해 장비를 좀 더 가볍고 작게, 그리고 사용하기 편리하게 개발하여 시스템의 편의성과 정확성이 입증된다면, 국내 선박 통항과 도선에 많은 도움이 되리라 기대한다.

이 PDSS는 도선용뿐 아니라 다음과 같은 용도로도 활용할 수 있으리라 생각된다.

첫째, 자이로 컴퍼스 보조 장비로 활용할 수 있는데, 자이로 컴퍼스는 현재 선박의 침로를 확인하는 매우 중요한 장비로 Auto Pilot, Radar, ECDIS 등 각종 항해장비와 연결하여 사용되고 있다. 하지만 자이로가 고장이 나면 육상 기술자에 의해 수리되기 전까지 항해사들은 항해하는데 많은 어려움을 겪는다.

하지만 이 시스템을 활용하면 2개의 GPS 안테나를 통해 측정된 선박의 Heading을 정확하게 확인할 수 있을 뿐 아니라, NMEA 메시지를 이용하여 각종 항해장비에 Heading 값을 보낼 수 있어 자이로 컴퍼스를 대체할 수 있다.

둘째, 국내항에 자주 입/출항하는 자력도선 선박과 해군/해경함정에 본 시스템을 고정 설치하여 선박이 무선 통신반경 내에 진입하면 항만에 대한 정보를 입항 전에 무선으로 수신할 수 있고 부두 접안 시 도선 보조 장비로 활용할 수 있다.

셋째, 이 시스템은 입출항 및 접이안 당시의 상황을 기록하여 모니터링 할 수 있는 데이터 저장 기능과 선박의 위치 정보(위치, COG, SOG, Heading 등)를 NMEA 포맷으로 저장하는 기능이 있어 선박 시뮬레이션에 활용할 수 있다.

이 기능을 이용하여 저장된 위치 정보를 선종별, 선박 크기별로 분류하여 선박 시뮬레이션에 활용할 수 있는 방안을 연구한다면, 외국에서 시뮬레이션용 선박 모델과 프로그램을 구입하지 않고도 자체 제작할 수 있을 것이다.

이 연구에서는 이동식 도선 지원 시스템의 전체 기능 중 Dcoking 모드만을 우선 개발하여 실험하였지만 이 시스템을 실제 현장에서 사용하기 위해서는 앞으로 더 많은 연구가 필요하다.

우선 Navigation 모드와 Information 모드를 추가로 개발하여야 한다. 그리고 육상서버 구축 방안을 마련해야 한다. 육상 서버를 구축하기 위해서는 어느 한 개인이나 기관의 노력이 아닌, 관련 기관의 적극적인 협조와 지원이 필요하다. 항만 관련 정보가 인터넷망을 통하여 실시간으로 공유하고 수집할 수 있는 육상서버를 구축하여야 하고, 이를 VTS 센터에서 관리하여 선박에 전송할 수 있는 시스템을 개발하여야 한다.

이 시스템을 실질적으로 이용하게 될 도선사를 위해서는, 선박 시스템의 부피와 무게를 최소한으로 줄이고 시스템 케이스는 방수기능과 부력이 있도록 개발하여야 한다. 또한 시스템의 설치와 조작을 간편하게 하여 시스템을 사용하는 도선사나 선장이 이 장비의 편리성과 유용성을 갖도록 하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] M.Q Betlem, "WP4.2. D4.2.C User Requirements information exchange POADSS", MarNis (2006)
- [2] M.Q Betlem, "WP4.2. User Requirements POADSS", MarNis (2007)
- [3] M.Q Betlem, "WP4.2. D4.2.D Interim Technical Research report", MarNis (2007)
- [4] Erik Brinch Nielsen, "A summary of the latest maritime navigation and information tools, the biggest lift ever to safety", MARIMATECH (2002)
- [5] 김연규 외 4인, “네트워크 기반의 예선사용 지원 시스템 개념 설계”, 한국항해항만학회지 제33권 제1호, pp. 21~25 (2009)
- [6] 정민, “해상교통관리 효율화 증진을 위한 e-VTS 체계에 관한 연구” 한국해양대학교 대학원 (2008)
- [7] Dr. Lee Alexander 외 1인, “Use of Portable Piloting Units by Maritime Pilots”, Proceedings of the Canadian Hydrographic Conference and National Surveyors Conference (2008)
- [8] OMC INTERNATIONAL, “The use of Real time marine navigation aids to help address port and seaway infrastructure bottlenecks”, (2008)
- [9] Australian Maritime Safety Authority, "Implementation of an Under Keel Clearance System for the Torres Strait", (2007)