지능형 디지털 선박의 구현방안

임용곤*, 박종원†*

한국해양연구원 해양시스템안전연구소*

An Implementation of an Intelligent Digital Ship

Yong-kon Lim* and Jong-won Park†*

Maritime & Ocean Engineering Research Institute, KORDI*

Abstract

This paper deals with an intelligent digital ship which aims at development to support economic and safe services through an integration into the hierarchically layered digital signals such as ship's navigation, maneuvering and control signal and establishing a one-man bridge system in order to provide a support systems between ship and land station. This paper introduces the results of the mid-term project sponsored from Ministry of Commerce, Industry and Energy which consists of three sub-project such as INS(Intelligent Navigation System), AIS(Automatic Identification System), and IMIT(Integrated Maritime Information Technology). The INS system that can allow ships to navigate economically and safely through the integration and analysis of national data within the ship. AIS is a system that reports automatically on the location of the ship in order to prevent the collision between ships and between the ship and the land. IMIT is a integrated system for providing an efficient and economic support system between ships and the land and a ship-land platform and technologies.

※Keywords: Digital ship(디지털 선박), Intelligent navigation system(INS, 자율운항시스템), Automatic identification system(AIS, 선박자동식별시스템), Integrated maritime information technology(IMIT, 위성통신망 원격제어기술)

1. 서론

해상운송이 육상운송, 항공운송에 비하여 대량 운송 및 운송비의 절감측면에서 중요한 위치를 차지하고 있으며, 해상교통체계는 인간의 복지가 향

상됨에 따라 국가간의 교역량 증대 및 해상 여가 활동 등으로 인해 더욱 복잡해지고 있다. 지난 20여년간 선박을 운항하는 선원의 규모는 대양을 항해하는 선박의 경우, 선원수는 60~70% 정도 줄었으나 선박의 선복량은 10배 정도로 증가하였다. 선박의 규모가 증가함에 따라 급격한 자동화 기술 발전을 이루었으나, 이에 따른 선박의 운용은 더욱 복잡해짐으로써 운용자의 오류(Human Error)에 의한 사고율이 증가하게 되었다(KORDI 2005).

따라서, 해난사고를 방지하기 위한 원인분석 및 방지대책이 강구되고 있고, 사고 방지대책의 일환으로서 각종 법적 환경을 강화시키는 한편 육상지원체제의 강화를 꾀함으로써 선박의 효율성 및 안전성을 제고시키기 위한 노력이 끊임없이 이어져 오고 있다(IMO 2002). 이에 대한 법적환경 변화의 일환으로서 ISM(International Safety Management) 코드가 탱커와 여객선에 대하여 1998년 7월에, 일반선에 대해서는 2002년 7월에 발효되었다(IMO 1997). ISM 국제협약은 21세기에는 이전부터 해오던 방식을 탈피하여 배가 출항하면 본선의 모든 관리책임을 선장이 진다는 무한책임제로부터 그 책임을 육상과 본선간을 명확히 분류하여 선장 책임의 일부를 육상 측으로 이양하는 것으로, 국제협약이 발효되면서 육상에서 선박에 대한 실시간 감시 및 관제에 대한 요구가 증대되고 있다.

특히, 선박과 육상간의 통신체계에 대양에서는 인공위성(INMARSAT, 저궤도 위성 등)을 사용하고, 근해에서는 CDMA/VHF/MF 등의 다양한 무선통신 수단이 사용되고 있다. 또한, 현재의 값비싼 통신요금을 효율적으로 이용하여 인터넷 및 E-Mail 서비스를 제공하는 어플리케이션들이 제품화되어 출시되고 있다. 향후, 고속의 위성 서비스가 실현될 것으로 예상됨에 따라서 고속의 데이터서비스를 받을 수 있기 때문에 새로운 기술 패러다임이 예상되고 있어 기존 선박이 디지털 IT를 기반으로 한 첨단화되고 있다.

이러한 변화에 능동적으로 대처하기 위해서 한국해양연구원에서는 2000년부터 산업자원부의 중기거점과제 “선박의 지능형 자율운항 제어 시스템 개발” 사업에서 GIS 프레임워크와 전문가 시스템

을 기반으로 하여 경제적 운항, 최적항로 계획, 충돌방지, 좌초예방의 기능을 갖는 통합 1인 선교 시스템인 자율운항제어 시스템(Intelligent Navigation System, INS), 자선정보를 주기적으로 보고하여 선박간의 충돌을 방지할 수 있는 선박자동식별시스템(Automatic Identification System, AIS), 위성통신망을 이용한 선박의 원격제어 및 선박의 통합 플랫폼을 구축하는 위성통신망 원격제어 기술(Integrated Maritime Information Technology)의 3개의 과제로 구분되어 수행되었다. 본 논문에서는 디지털 선박에 대한 개념 및 통합화와 디지털 GIS 프레임워크 기반에 위성 및 무선통신을 이용하여 자율운항제어 시스템, 선박간 충돌방지 위한 선박자동식별시스템, 선박-육상지원, 선박 통합 플랫폼이 구축된 디지털 선박 구현을 목표로 5년 동안 수행되었던 연구결과에 대해서 기술하고자 한다.

2. 디지털 선박의 개념 및 통합화

옛날의 선박들은 운항자(선장)가 직접 선교의 계기들을 보면서 운항자의 경험과 지식을 이용하여 배를 조종하게 된다. 이러한 경우는 운항자의 능력에 따라 선박조종 성능이 결정적으로 좌우되며, 항시 선박의 계기를 관측하고 있어야 하기 때문에 선박의 운항자들에게 과중한 업무부담을 줄 수밖에 없다. 근대의 마이크로 프로세서 기술과 센서기술의 발달함에 따라서 센서로 계속된 신호를 마이크로 프로세서가 자동 처리하여 운항자에게 처리 결과를 알려주어 운항자가 그 결과를 토대로 선박을 운항하는 자동화 선박이 건조되고 있다.

그러나, 자동화 선박 역시 운항자의 경험과 지식을 기반으로 선박이 운항되고, 각 세부 시스템별 처리결과를 사람이 판단하여 운항하여야 하기 때문에 운용자 오류를 크게 배제할 수 없다. 또한, 3교대의 근무조건과 오랜 운항시간은 결국 운항자의 순간적인 실수를 초래하게 되어, 해난사고가 발생하게 되는 주요 요인이 된다.

본 논문에서 제안하는 디지털 선박은 여러 센서로부터 계속된 정보는 Data Fusion 기법을 도용하여 Digital-IT 기반의 통합제어 시스템에서 처리

를 하게 되고, 각 세부 시스템별 전문가의 지식과 경험정보가 데이터베이스로 구축된 전문가 시스템(Expert System)의 정보를 이용하여 처리된 계측 결과를 판단하여 안전하고 효율적인 선박운항이 가능하도록 하는 차세대 선박이다. 이 경우는 사람이 판단하는 기능을 전문가 시스템이 대신하기 때문에 객관적인 판단을 내릴 수 있다.

또한, 디지털 선박은 위성통신망(인마셋, OrbComm, 해양관측위성 등)을 이용하여 육상의 기상청(영국, 일본 등)으로부터 수신한 기상정보와 해양상태정보 등을 선박에 준 실시간으로 제공하며, 선박의 통합정보를 실시간으로 육상의 관제센터에 위성통신망을 통해 공급하여 육상에서 선박의 현재 상태 및 전체적인 상황을 감시할 수 있는 선박-육상 원격지원체계가 갖추어진 선박을 의미한다.

선박의 통합정보를 구축하기 위해서는 선박 내에 통합 플랫폼을 구축하여 선박내에 사용되는 어떤 장비나 시스템이라도 정합장치를 이용하여 디지털 선박의 통합 시스템에 인터페이스 될 수 있게 하여, 선박내에 탑재된 모든 시스템의 정보가 선박내 통합 DB 및 서버 시스템에서 관리되고 이 정보가 육상으로 전송되게 하여야 한다. 그리고, 선박내에 자선정보를 VHF 주파수 대역을 이용하여 보고함으로서 상대 선박의 정확한 위치와 선박 정보를 파악하여 선박간의 충돌방지가 가능하여야 한다. 또한, 선박내의 모든 정보(항해정보, 엔진정보, 위성통신 정보, 자선정보 등)를 선박용 블랙박스에 기록하여 해난 사고시 사고원인 규명을 정확하게 할 수 기능을 갖추어야 한다.

Fig. 1은 디지털 선박이 갖추고 있는 모든 세부 시스템의 통합화와 위성통신망을 이용한 선박과 육상간의 원격제어 체계를 나타내고 있다. 그림에는 앞서 설명한 선박과 육상간의 위성통신망에 의한 원격 지원체계, 선박내 통합 인터페이스, 선박 통합정보 구축 및 관리 등의 기능을 포함하는 디지털 선박에 대한 내용을 포괄하고 있다.

Fig. 2는 디지털 선박에 세부 시스템이 탑재되어 운용되는 개념도를 보여주고 있다. 선박의 브릿지에는 INS, AIS, IMIT 등의 콘솔이 배치되고, 선박내에 디지털선박 제어룸에는 INS 감시서버,

Fig. 1 Integration and operation concept for a digital ship

Fig. 2 System configuration for a digital ship implementation

AIS 서버, 원격 기상·해양정보 실시간 처리 시스템(Marine Environment Information System : MEIS) 클라이언트, 디지털 선박 상태감시 서버, 전문가 데이터베이스 등의 시스템이 구축되어 운용되게 된다. 그리고, 육상관제센터는 선박에 무선통신(위성, 무선통신 모뎀 등)을 통해 수신된 선박의 상태를 표시하며, 선박으로 MEIS 기상정보와 제어명령 등을 전송하게 된다. 육상의 관제센터에는 선박내의 서버 시스템(INS, IMIT, MEIS 등)에서 운용되는 정보와 같은 통합정보를 위성통신망을 통해 수신하여 선박의 현재 상태를 실시간으로 감시할 수 있어야 한다.

3. 자율운항 제어 시스템(INS)

자율운항제어 시스템은 디지털 선박에서 안전항

Fig. 3 System configuration of INS

해와 경제적 항해와 관련된 시스템으로서 디지털 GIS와 전문가 시스템을 기반으로 경제적 최적항로 분석·계획, 충돌·좌초 방지 및 Bridge Alarm, 내항성, 감항성 시스템이 포함된 무인화를 목표로 한 One man Bridge 시스템을 일컫는다(KORDI 2005). Fig. 3은 INS 시스템의 구성도를 나타내고 있다.

INS 시스템에서는 항해에 반드시 필요한 전자 해도 즉, 디지털 GIS 프레임워크에 대해 IEC 60945, 61174, IMO61945 시험(제품설계, 기술문서, 제품검사)을 통해 독일 D.N.V 형식승인과 한국선급 형식승인을 취득하였다. 항해계획상의 변침점으로 구성된 네트워크를 구성하여 최단경로 알고리즘을 이용한 최적항로를 산출하였고, 네트워크의 각 교점간 비용은 기상상태를 적용한 항해 시간으로 계산하여 항해사에게 최적의 항로를 제공하는 최적항로 계획 알고리즘을 개발하였으며, 2005년 9월 한나라호 원양 항해시 실선탐재시험을 통해 성능을 확인하였다.

안전한 항해지원을 위해 플라히스토그램, 가상 장애물, 상대격자, 퍼지 관계급을 이용한 항로계획 및 항로감시 기능을 가지며, 영역전문가의 경험적 정보를 보다 사실적으로 적용하여 고정·이동 장애물에 대해 계산시간, 소요메모리 관점의 효율성과 이동경로관점의 안전성, 최적성을 구현하는 시스템을 개발하였다(Lee and Kim 2004). 여기서, 상대격자모듈은 가상 장애물을 상대격자에 [0,1] 사이의 위험도에 대한 퍼지값으로 표현하며, 플라히스토그램모듈은 상대격자의 정보를 이용하여 플라히스토그램을 생성하고 각 섹터별로 자선에 미치는 위험도를 계산하며 현 시점에서 자선이 행할

수 있는 모든 행동에 대한 선언으로 정의된다. 각 섹터들간의 의미적 관계를 분석하여 최적의 섹터를 선정하기 위해서 인지와 행동에 대한 분석·종합 방법론인 퍼지 관계급(Fuzzy relational products)을 이용하였고, 퍼지관계급을 이용하여 후보섹터를 선정하는 휴리스틱 탐색기법을 사용하였다. 경상대학교 실습선을 모델로 한 환경을 구축하고 퍼지관계급에 기반하여 설계된 휴리스틱 탐색기법을 이용한 충돌회피 좌초예방시스템 시뮬레이터를 개발하였다.

경제적 최적운항, 충돌·좌초 예방, 감항성 평가 등의 고신뢰의 자율운항 기법의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이터를 개발하였고, 자율운항 기능을 갖는 고신뢰도 자율운항 제어서버 시스템(INS)을 개발하였다. Fig. 4는 Fig. 3의 INS 기능을 갖는 INS 시스템의 사진을 보여주고 있다.

Fig. 4의 INS 콘솔에는 운항정보 시스템(Conning Information System, CIS) 표시, 항해계획 및 정보표시, 기상정보 연동, 충돌 회피 상황표시, RADAR 그래픽 표시, 디지털 GIS 기반의 AIS 정보연동, 엔진축 마력 시스템 정보표시 등의 기능이 구현되어 운용되고 있다. 특히, 위성통신을 이용한 기상정보를 받아(4회/일) 최적의 항해계획 설정 및 안전운항의 기능을 지원하고 있으며, 선박의 충돌회피 기술을 개발하여 선박의 운항에의 안정성을 높였다.

기존의 IBS(Integrated Bridge System)은 선박을 통합적으로 제어하는 시스템으로 한정되고, 상용화되어 있는 INS(Integrated Navigation System)은 선박내의 전자통신 장비(ECDIS,

Fig. 4 Integrated console of INS

RADAR, 자이로컴퍼스, GPS, Conning, AIS, 항해 통신장비 등)들을 통합 운영하여 항해사에게 최적의 정보와 운항에 필요한 정보를 제공하는 시스템으로 정의할 수 있다.

개발된 INS(Intelligent Navigation System)은 일반적인 INS가 기상에 대한 단편적 정보를 제공하는 것에 비해 위성원격시스템과 해양환경정보시스템과의 연동을 통해 기상에 대한 실시간 정보를 수신하여 경제적 항로설정 및 계획수립에 활용하고, 선박에 대한 운항정보를 실시간으로 육상에 있는 선단 감시시스템과 정보를 공유할 수 있다. 또한, 충돌 및 좌초 예방을 위한 전문가 시스템을 탑재하여 Auto-pilot, AIS, RADAR와 연동하여 충돌위험이 있는 목표물에 대한 경보 및 자율운항을 지원하는 시스템이다.

또한, 선박의 주기관 및 추진 성능에 대한 운항 상태를 점검하기 위해 프로펠러 축에 센서를 부착하고, 이 센서로부터 선박의 추진성능을 계산하기 위하여 축의 회전속도(RPM), 주기관의 연료 소모량, 연료유 온도, 선속, 풍향풍속, 배의 트림상태, GPS에 의한 배의 실제 운항 속도 등의 신호를 입력받아 여러 가지 상태의 운항 기록을 수집하여 사용자에게 이들 정보를 표시하여 주는 엔진축 마력 시스템이 개발되었다. Fig. 5에 개발된 엔진축 마력 시스템과 실제 선박에 탑재되어 테스트되고 있는 사진을 보여준다.

또한, 항해 경로설정, 최적 및 경제적 항로설정을 위해서 기존의 항해정보에 대한 DB로 구축된 전문가 시스템이 개발되었다.

Fig. 5 Propulsion realtime monitoring system

4. 선박자동식별시스템(AIS)

선박자동식별시스템(AIS)은 선박과 선박간, 선박과 육상국 간에 충돌사고 방지를 위해 운항정보, 또는 항만보고를 위한 정보들을 주기적으로 교환하도록 하는 시스템이며, 선박 충돌 사고방지 및 VTS(Vessel Traffic Service) 운영의 효율성과 신뢰성을 증대하는 기술을 필요로 한다(KORDI 2005). AIS 시스템은 Fig. 6과 같이 구성되며, 크게 통신 주제어 프로세서, SOTDMA(Self Organized Time Division Multiple Access) 알고리즘, VHF 송수신 시스템, GPS 시스템, 항적분배장치, I/O 인터페이스 모듈로서 구성된다.

AIS 시스템은 해난사고의 법적 강제화 조치에 의거하여 국제항해에 종사하는 300G/T 이상의 모든 선박과 비 국제항해의 500G/T 이상 화물선과 크기 불문한 모든 여객선에 탑재 의무화가 국제적으로 규정되어 있다(IMO 2002).

AIS 시스템에 대한 국제적 기술표준은 ITU-R M.1371-1(ITU 2001/2002)을 만족하여야 하며, IEC 61993-2(IEC 2001)의 AIS 시험표준을 만족하도록 규정되어 있다. AIS 시스템은 정보보고를 위해서 VHF 주파수(161.975 MHz, 162.025 MHz)를 이용하며, SOTDMA 채널 접속 알고리즘을 이용하여 슬롯을 할당받는다. AIS 시스템의 핵심기술로서는 AIS 채널접속 알고리즘, GPS 시간동기화 기법, VHF 송수신 설계 등이 있다.

Fig. 7은 ITU-R M.1371-1 국제표준을 만족하고 X-Scale PXA255 프로세서를 이용하여 제작된 AIS 시스템의 사진을 보여주며, Fig. 8은 전자해

Fig. 6 System configuration of AIS

Fig. 7 Photo of AIS

Fig. 8 AIS GUI based on ECDIS

도(ECDIS) 기반의 AIS 정보표시 소프트웨어의 구현결과를 보여준다.

그림에서 AIS 시스템은 AIS 채널접속 알고리즘을 수행하는 트랜스폰더 시스템(주제어 통신 시스템)과 AIS 정보를 그래픽으로 표시하는 MDK(Minimum Display Kit) 그래픽 모듈로서 구성된다. 또한, 전자해도를 기반으로 AIS 정보를 그래픽화하여 표시하는 소프트웨어가 개발되었다.

AIS 시스템의 SOTDMA 채널접속 알고리즘의 성능을 검증하기 위해서 시뮬레이터를 개발하여, 슬롯할당, 슬롯 충돌상황 등의 성능을 검증하였으며 Fig. 9는 개발된 시뮬레이터를 보여준다.

개발된 AIS 알고리즘 성능평가 시뮬레이터는 전자해도 및 VHF 셀 기반의 AIS 그래픽표시 기능, AIS 주파수 채널에 대한 슬롯정보 표시, 슬롯할당 및 충돌상태 표시, AIS 채널 주파수 충돌 시 사용에 대한 분석 그래픽 등으로 구성되어, 개발된 AIS 채널접속 알고리즘에 대한 성능을 검증할 수 있다.

AIS 정보와 INS 정보, IMIT 정보, 항해정보, 선박기관정보 등을 자동으로 기록하여, 해난 사고시 사고원인 규명이 가능한 데이터로거가 개발되었다. Fig. 10은 데이터 로거의 제품 구성을 보여주

Fig. 9 Simulator for the estimation of AIS performance

Fig. 10 Data logger

Fig. 11 Play-back GUI of a data logger

며, Fig. 11은 데이터 로거의 Play-back GUI 구현화면을 나타낸다.

데이터로거에 저장되는 정보는 INS 시스템의 항해계획, 항적기록, 항해관련 알람정보, IMIT 시스템의 선박통합 알람정보, 전력관리정보, 위성/무선통신 정보, 원격 기상정보, AIS 시스템의 IMO 식별번호/호출부호/선박정보/화물정보/시간위치정보/침로/속력/방위/흘수 정보, 카메라의 영상정보,

Fig. 12 Equipment and data interface of a data logger

항해장비의 GPS 정보(날짜, 시간, 위치), Speed Log 정보(속력), Gyrocompass(선수방위), RADAR 영상정보, Echo Sounder의 수심정보, 풍향풍속계의 풍향/풍속정보, Rudder의 상태설정 정보, 엔진의 엔진 Telegraph, Bow Thruster 정보, 음성통신시스템의 음성정보 등이 자동으로 기록된다. 이에 대한 시스템 정보 인터페이스 구성은 Fig. 12와 같이 나타낼 수 있다.

5. 위성통신망 원격제어기술(IMIT)

위성통신망 원격제어(IMIT) 시스템은 선박을 통합 운용하는 플랫폼 개발, 선박과 육상간의 지원 체계 및 원격 기상 해양정보 실시간 처리 시스템을 개발하는 시스템으로(KORDI, 2005) Fig. 13과 같이 구성된다.

IMIT 시스템에서는 상하위 계층 정합장치와 시스템 인터페이스를 위한 비동기 데이터 통신 시스템, 선박선단육상간 통합 통신 시스템, 전력선 통신 시스템, 발전상태 및 부하감시 시스템, 선박 위험상황 경고시스템, 선박 기관상태 감시 및 경고 시스템, 플랫폼-폼 및 데이터베이스 관리를 위한 IMIT 관리 시스템 등이 개발되었으며, 이를 중심으로 한 선박 통합 시스템 및 육상 통합 시스템을 개발하였다.

Fig. 14는 IMIT 시스템의 선박의 통합시스템 사진을 보여주며, Fig. 15는 육상 통합 시스템을 보여준다. 또한, Fig. 16은 선박통합 및 육상관리 시스템의 운용 GUI 구현화면을 보여주고 있다.

원격 해양환경 정보에 기초한 예정항로 상의 해양환경 예측, 최적운항 및 안전운항 확보, 환경 민감도 대응기술로서 원격 해양환경정보 취득 및 처리 시스템(MEIS)이 개발되었으며, 일본 기상청에서 실시간 해양환경 정보(파랑, 바람, 기압 등)를 받아서 6시간 간격으로 운항과 관련된 기상정보를 제공한다. Fig. 17은 원격 해양환경 정보취득 및 처리시스템(MEIS)의 대표적 구현화면을 보여준다.

Fig. 13 System configuration of the ship integration for IMIT

Fig. 14 Integration system of IMIT for ships

Fig. 15 Integration system of IMIT for lands

Fig. 16 Management GUI of IMIT for an integration system

Fig. 17 Implemented GUI of MEIS

6. 결론

본 논문에서는 산업자원부의 지원을 받아 중기 거점사업으로 수행된 디지털 선박에 대한 개념 및 통합화와 디지털 선박을 구성하는 자율운항 제어 시스템, 선박자동식별 시스템, 선박육상 통합 시스템, 원격 해양환경정보 취득 및 처리시스템 등에 대한 구현된 내용을 다루었다. 본 논문에서 다루는 디지털 선박을 구성하는 INS 시스템, AIS 시스템, IMIT 시스템은 디지털 선박을 구현하기 위해서 필수적으로 갖추어야 할 시스템으로 구성되며, 이 들 시스템의 구현내용을 기술함으로써 디지털 선박이 갖는 기능과 구현방안을 제시하였다.

마지막으로 본 논문은 각 세부 시스템에 대한 자세한 기술적인 핵심기술에 내용은 각 시스템의 상용화가 진행되고 있기 때문에 기술보호차원에서 다루지 않고 있음을 밝혀둔다.

후 기

본 연구결과는 산업자원부의 중기거점 과제로 수행된 “선박의 지능형 자율운항 제어 시스템 개발”, “자율운항제어시스템(INS) 개발”, “선박자동식별시스템(AIS) 개발” 및 “위성통신망 원격제어 기술(IMIT) 개발”의 연구결과임을 밝혀 둔다.

참 고 문 헌

- IEC, 2001, IEC 61993-2 International Standard, Maritime Navigation and Radiocommunication Equipment and Systems -AIS- Part 2: Class A Shipborne Equipment of the Universal AIS - Operational and Performance Requirements, Methods of Test and Required Test Results.
- IMO(International Maritime Organization), 1997, ISM Code and Guidelines on Implementation.
- IMO(International Maritime Organization), 2002, SOLAS Rules.
- ITU, 2001, Recommendation ITU-R M.1371-1, Technical Characteristics for a Universal Shipborne Automatic Identification System using Time Division Multiple Access in the VHF Maritime Mobile Band.
- ITU, 2002, Technical Clarification of Recommendation ITU-R M.1371-1 ed.1.2.
- KORDI, 2005, Development of Intelligent Navigation and Maneuvering for a Digital Ship, Final Report, MCIE.
- Lee, Y.I. and Kim, Y.K., 2004, "A Collision Avoidance System for Autonomous Ship using Fuzzy Relational Products and COLREGs," Lecture Notes in Computer Science, V. 3177, pp. 247-252.

< 임 용 곤 >

< 박 종 원 >