

# 선박의 디지털 인터페이스 표준화 현황 및 연동조건 분석

박종원<sup>1,†</sup> · 임용곤<sup>1</sup> · 윤창호<sup>1</sup> · 김옥수<sup>2</sup> · 이정우<sup>3</sup> · 정한나<sup>4</sup>  
한국해양연구원 해양시스템연구부<sup>1</sup>  
(주)마린디지텍 부설연구소<sup>2</sup>  
대양전기공업(주) 부설연구소<sup>3</sup>  
과학기술연합대학원대학교 해양정보통신공학<sup>4</sup>

## The Current Situation of the Digital Interface International Standards and an Analysis of Integration Condition of Ships

Jong-Won Park<sup>1,†</sup> · Yong-Kon Lim<sup>1</sup> · Changho Yun<sup>1</sup> · Ok-Soo Kim<sup>2</sup> · Jung-Woo Lee<sup>3</sup> · Hanna Chung<sup>4</sup>  
KORDI(Korea Ocean Research & Development Institute) Ocean System Engineering Research Department<sup>1</sup>  
Marine Digitech Co., Ltd.<sup>2</sup>  
Daeyang Electric Co., Ltd.<sup>3</sup>  
University of Science & Technology, Marine Information & Communication Engineering<sup>4</sup>

### Abstract

The paradigm that ships are navigated by means of analog navigation devices and captain's experiences is shifted to that ships can be navigated by digital and autonomous navigation systems due to the rapid development of electronics and communication technologies. Hence, all systems deployed in a ship are automated and integrated since corresponding ship systems are not individually operated but integrated and managed under common operating system. In this paper, we overview recent research projects targeted for digitally integrated ships (referred to as digital ships), outline IEC 61162 series, specifying digital interface standards for digital ships, and finally present several issues for further improvement of the IEC 61162 series. In addition, we broadly categorize digital ships into three systems consisting of multiple sub-systems, including a navigation system, a power system, and a automation system in the aspect of operation and function. Corresponding interfacing range and method, as well as interface specification and data types of one system in a digital ship are also described according to sub-systems, respectively.

**Keywords** : Digital ship(디지털 선박), Digital interface(디지털 인터페이스), Ship integration(선박 통합), Integration condition(연동조건)

## 1. 서론

전자통신 기술이 급격히 발전하면서 아날로그 항해 장비와 경험적 지식 기반의 선박운항 패러다임이 디지털 항해장비와 자동화 시스템을 기반으로 운항하는 개념으로 바뀌게 되었다. 기존의 단독 운용 시스템에서 통합 운용 개념이 도입되면서 통합항해시스템(Integrated Navigation System)이 선박에 탑재되고 있다. 국제적으로는 일반선에 대한 ISM(International Safety Management) 코드가 2002년에 발효되었다. 배가 출항하면 본선의 모든 관리책임을 선장이 진다는 무한책임제로부터 그 책임을 육상과 선박간을 명확히 분류하여 선장 책임의 일부를 육상 측으로 이양하는 것으로, 국제협약이 발효되면서 육상에서 선박에 대한 실시간 감시 및 관제에 대한 요구가 증대되고 있다(Park, et al., 2008).

최근에는 유럽을 중심으로 e-navigation이 제시되어 2012년

구현을 목적으로 활발히 국제적 규격화가 진행되고 있으나, 우리나라는 아직 관련된 기술이 부족하고 수동적으로 진행되는 상황을 지켜보고 있는 현실에 있다. 또한, 점차 IT 기술이 발전함에 따라서 선박에 탑재되는 시스템도 점차 첨단화, 통합화되고 있으며 다른 시스템(장비)에서 정보를 받아서 다양한 주변 환경을 고려한 최적화된 정보를 제공하고 있다.

디지털 선박과 관련된 연구는 선박에 탑재되는 항해시스템, 항해통신장비, 추진시스템, 각종 제어감시 시스템 등의 구현과 관련된 연구가 수행되었으며, 최근 NMEA 2000에 기반한 프로토콜 적용한 시스템 구현 (Hong, et al., 2011; Lee, et al., 2009; Park, et al., 2011), NMEA 2000 데이터 변환 (Lee, et al., 2010), 선박용 멀티 인터페이스 장치(Kim, 2010)가 연구되고 있으며 선박의 인터페이스와 관련해서는 주로 NMEA 2000을 기반으로 하는 구현 연구에 집중되고 있다. 디지털 선박은 수천 개에

서 수만 개의 센서·장비 시스템이 연동되어 운용자에게 지능화된 운항향해 및 자동화된 제어감시 기능을 제공하고 있으며, 네트워크를 기반으로 선박에 탑재된 모든 센서장비시스템을 하나로 통합하고 있다. 그 예로는 항해관련 정보를 모두 통합하여 운용하는 통합항해시스템(INS, Integrated Navigation System 또는 IBS, Integrated Bridge System), 운항과 관련된 엔진 및 보기류를 통합하여 운용하는 선박통합제어감시체계(Integrated Monitoring & Control System), 네트워크를 기반으로 항해시스템, 추진시스템, 선내무선통신체계, 선내 행정망 등을 모두 통합하는 선박광역네트워크(SWAN, Shipboard Wide Area Network) 등이 있다.

선박은 점차 통합화를 기반으로 종합적인 정보를 처리하고 제공하는 환경으로 변화되고 있으나 선박의 실제 장비의 인터페이스는 항해·통신장비를 제외하고는 대부분 제조사 고유의 연동방식과 연동규격을 따르고 있다. 선박의 장비 인터페이스와 관련해서는 인터페이스 장치나 프로토콜 구현에 대한 연구가 수행되었으나, 실제 통합 연동되는 장비에 대한 구체적 연동방식, 적용하고 있는 연동규격 연동규모 등에 대한 연구는 아직까지 진행되지 않고 있다. 본 논문은 디지털 선박의 통합화와 관련한 선진 외국의 프로젝트 개발현황과 선박 내 다양한 디지털 인터페이스 표준화 현황에 대해서 기술하고 있으며, 선박을 운용·기능별로 크게 항해 시스템, 전력시스템, 자동화 시스템으로 구분하고 각 세부 시스템을 구성하는 주요장비에 대한 연동범위, 연동방식, 연동규격 및 데이터 종류에 대한 분석 결과를 정리하여 기술하고 있다.

## 2. 디지털 선박 통합화 개발동향

선박의 통합화는 1995년 미국 정부 주도로 시작된 ISIT (Integrated Shipboard Information Technology) 프로젝트를 통

해 시작되었으며, Fig. 1은 ISIT 플랫폼의 구조도를 나타낸다. 이 프로젝트는 선박 시스템 통합화 및 육상 지원체계 시스템을 위하여 미국의 Marine Management System Inc.사 주도로 8개 회사, 8개 선주 및 운공사, 8개 조선소, 6개 통신회사, 7개 선급 및 정부기관으로 결성되어 개발을 진행하다가 1998년 초에 종결되었다. 선박 내 시스템 통합 통신 프로토콜을 위해 노르웨이의 Sintef Marine Control사에서 개발한 MITS(Maritime Information Technology Standard) 프로토콜을 적용하여 시스템 통합 플랫폼을 진행하였고, 윈도우 기반의 선단관리 시스템에 ISIT 플랫폼을 적용하였다 (Park, et al., 2009). 미국은 ISIT 프로젝트를 함정 승조원의 인원감소를 목적으로 하는 획기적인 기술을 구현하기 위한 Smart Ship 프로젝트에 도입하여 해군함정에 광대역 네트워크(Shipboard Wide Area Network)의 형태로 현재까지 적용시켜 오고 있다.

유럽 Telematics Application Programme 컨소시엄 프로젝트는 1998년에 시작되어 2001년까지 수행되었던 선박 시스템 통합화 및 육상 지원체계 시스템 프로젝트로 Fig. 2와 같은 구성으로 추진되었다. 이 프로젝트는 크게 PISCES(Protocols for Integrated Ship Control and Evaluation of Situation), DISC(Demonstration of Integration Ship Control System), COMMAN(Communication Manager System for Data Exchange for Ship Operation)의 세부 프로젝트로 구성되어 수행되었다.

PISCES 프로젝트는 1992년부터 노르웨이 SINTEF사가 개발한 MITS 프로토콜을 수정 및 보완하여 MITS-2 버전 혹은 PISCES라는 이름으로 결과를 도출하였다. DISC 프로젝트는 선박 시스템 통합화를 위한 서버 시스템 구성 및 선박 내 각종 관리 등 응용을 위한 프로젝트이고, COMMAN 프로젝트는 육상과의 지원체계 시스템 구축을 위한 부분을 담당하는 프로젝트로 구성되었다.

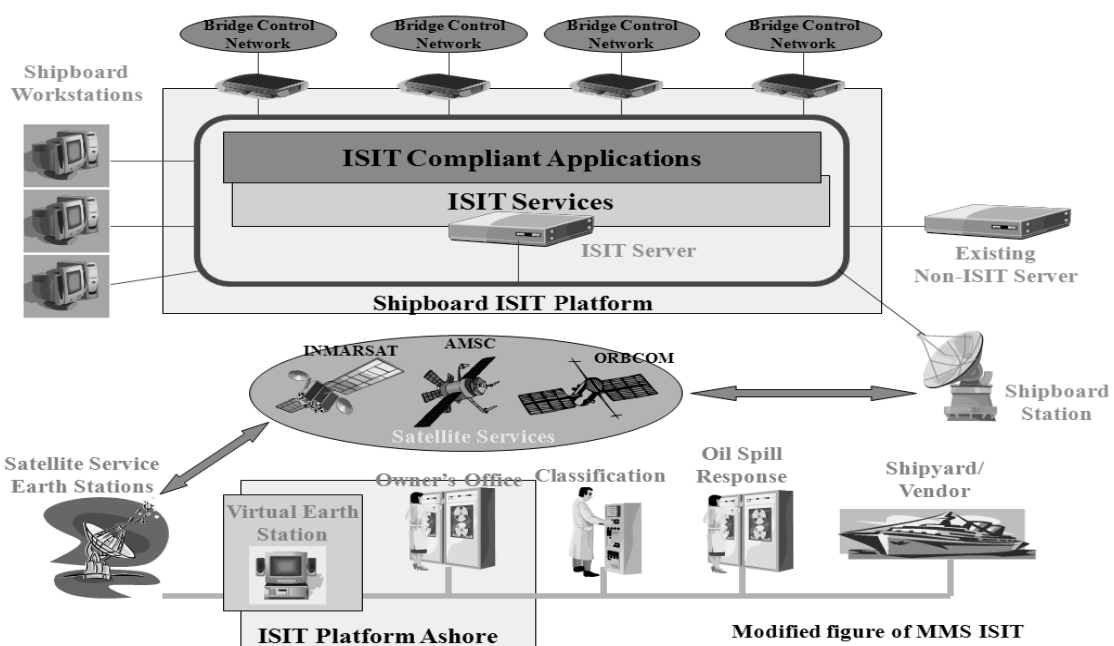


Fig. 1 System architecture of ISIT platform(source : MMS Co.)

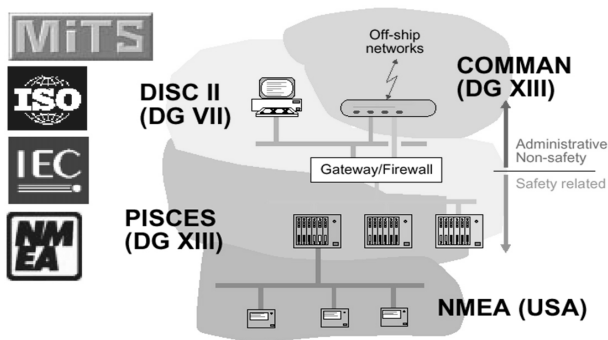


Fig. 2 Structure of EU platform project(source : MarNIS web site)

MITS 프로토콜은 1992년 노르웨이의 SINTEF사가 처음으로 주도한 선박 내 시스템 통신 프로토콜로서 1994년 V3.0이 발표되고 유럽 자체적으로 MITS Forum을 결성하였으며, 1995년 시작된 미국 ISIT 플랫폼 프로젝트에 적용되었다. 1996년 MITS V3.1을 기반으로 IEC 표준위원회에 IEC 61162-4 표준을 위해 상정을 하였고, 1998년 EU 컨소시움 프로젝트에서 MITS Mark-2 (MiTS2) 혹은 PISCES라 지칭되면서 보완 개발이 진행되었다. 현재 IEC 61162-4 국제 표준화 프로토콜로 공표되었다.

유럽 MarNIS(Marine Navigation Information Service) 프로젝트는 2004년부터 2008년까지 수행한 6차 EU Framework Program의 하나로 E-Maritime 2012라는 비전을 목표로 수행된 통합 프로젝트이다. Fig. 3은 MarNIS 프로젝트의 구성을 보여주고 있으며 이 프로젝트는 정부기관, 연구기관, 대학 등 56개 기관(13개국)으로 구성되어 해양정보 관리, 안전하고 효율적인 항해를 위한 통신, 정보시스템의 지원, 환경보호, 항구의 안전, 선내정보처리 등 다양한 주제에 대한 연구를 수행하였다. 각 클러스터는 다수의 Working 패키지로 나누어 활동하고 테스트베드를 만들어 개발된 기술을 시험하였다.

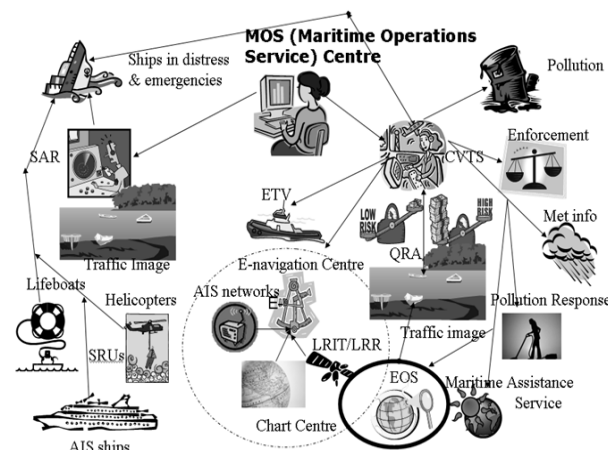


Fig. 3 Configuration of MarNIS project(source : MarNIS web site)

최근 전 세계적으로 선박에 대한 최대의 화두는 e-navigation이며, 2005년 11월 영국 교통부장관 Stephen이 e-navigation의

도입 필요성을 주장하여 2005년 12월 IMO(국제해사기구) MSC(해사안전위원회) 81차 회의의 공동의제로 제출하였다. 2006년 5월 MSC 81차 Work Program으로 승인되어 2008년 12월에 전략이 완성되었다. 현재 e-navigation과 관련하여 사용자 요구조건 초안이 작업되고 있으며, 2012년 구현시작을 목표로 작업이 진행되고 있다. 이 작업은 IMO내의 NAV(항해안전전문위원회), MSC, COMSAR(무선통신 및 수색구조전문위원회)에서 진행되고 있다.

선박 통합화 관점에서 현재까지의 동향을 분석해보면 미국의 ISIT 플랫폼은 현재의 미해군 함정의 함정네트워크로 발전되어 오고 있으며, 유럽의 통합화 프로젝트는 MarNIS를 거쳐 오면서 그동안 연구되고 축적되어 있는 기술을 e-navigation의 통합화라는 측면에서 다루어 국제 표준화를 추진하고 있음을 알 수 있다.

### 3. 선박의 디지털 인터페이스 표준분석

국제전기전자위원회(IEC)의 기술소위원회(TC) 80은 선박 항해기관 정보들을 취득하기 위해 선박 내의 각종 하위 디바이스나 시스템들을 인터페이스하기 위한 통신 프로토콜 규격(IEC 61162)을 제정하고 있다. IEC 61162 프로토콜은 Table 1과 같이 요약될 수 있다.

Table 1 Characteristics of digital interface standard(IEC 61162) in ship

Standards	Main Characteristics	ETC
IEC61162-1	Asynchronous 4,800 bits/s with ASCII type, one-way communication	NMEA 0183
IEC61162-2	Asynchronous 38,400 bits/s high-speed communication type of IEC 61162-1	
IEC61162-3	Multiple transmitting & receiving function, 250k bits/s, ISO 11898 standard	NMEA 2000, CAN
IEC61162-4	Access communication protocol of ship system, 10M bits/s	TCP/IP, UDP

#### 3.1 IEC 61162-1 디지털 인터페이스 표준

IEC 61162-1(IEC 61162-1, 2007)는 NMEA 0183(NMEA, 2008)을 근간으로 해서 2007년 4월에 3차 개정판이 공표되었으며, 해상 항해 및 통신장치와 시스템들의 단독으로 송신하고 다수의 장치들이 수신하기 위한 디지털 인터페이스를 정의하고 있다. 이 표준은 4,800bps 전송속도로 1초 이상의 전송주기를 요구하는 단방향 직렬 데이터 전송을 위한 인터페이스를 정의하고 있으나, 실제에서는 전송되는 데이터의 문장 형식자와 전송 장치의 ID를 포함하는 메시지 형식을 정의하고 있어 디지털 선박의 실질적 디지털 인터페이스의 핵심을 기술하고

있다. NMEA (National Marine Electronics Association)는 해양 전자장치 산업과 시장의 발전과 교육을 위해 노력하며, 해양 장비들 사이의 통신을 위한 전기적 인터페이스와 데이터 프로토콜을 정의하는 표준을 제정하였다(NMEA).

Table 2 Definition of representative talker device's ID (reference : IEC 61162-1)

Talker Device(Main Equipments)	Identifier
Automatic identification system(AIS)	AI
Bridge Navigation Watch Alarm System	BN
digital selective calling(DSC)	CD
satellite communication	CS
radio-telephone (MF/HF)	CT
radio-telephone (VHF)	CV
Electronic chart system (ECS)	EC
ECDIS	EI
Emergency position indicating radio beacon	EP
Engine room monitoring system	ER
Fire door controller/monitoring system	FD
Global positioning system (GPS)	GP
Global navigation satellite system (GNSS)	GN
compass, magnetic	HC
gyro, north seeking	HE
Hull door controller/monitoring system	HD
Hull stress monitoring	HS
Integrated instrumentation	II
Integrated navigation(INS)	IN
Navigation Light Controller	NL
Radar and/or radar plotting	RA
Propulsion machinery including remote control	RC
Sounder, depth	SD
Steering gear/steering engine	SG
speed log, water, magnetic	VM
Micorprocessor controller	UP
Voyage data recorder	VR
Watertight door controller/monitoring system	WD
Water level detection system	WL
Weather instruments	WI

IEC 61162-1에 정의되어 있는 문장형식은 주소필드, 데이터 필드, Checksum 필드로 구성되어 있으며, 주소 필드는 구획문자 "\$" 혹은 "!"로 시작되는 첫 번째 필드로 정의되며 승인주소필드, 질의주소필드, 소유(Proprietary)주소필드로 사용된다. 디지털 인터페이스를 위해 가장 많이 사용되고 있는 승인주소필드는 다섯 자리의 대문자로 구성되어 있는데, 처음 두 자리는 Talker ID(송신장치 ID)이고 나머지 세 자리는 데이터의 종류와 형태를 정의한 문장 형식자로 구성된다. 데이터 필드는 구획문자 ","와 "^"와

유효문자들이 사용될 수 있으며, 문장 형식자에 의해 정의된 데이터 값을 포함하고 있다. Checksum 필드는 문장에서 문장의 시작을 의미하는 "\$"와 "!"를 포함하지 않고 "\*"앞의 모든 문자들에 대한 8비트 배타적 논리합(XOR)로 정의된다.

Table 3 Definition of representative sentence formatter (reference : IEC 61162-1)

Formatter	Meaning
AAM	Waypoint arrival alarm
ABK	AIS addressed & binary broadcast ACK
ABM	AIS addressed binary & safety related message
ACA	AIS channel assignment message
ACK	Acknowledge alarm
ALR	Set alarm state
DBT	Depth below transducer
DDC	Display Dimming Control
DOR	Door status detection
DPT	Depth
DSC	Digital selective calling information
ETL	Engine telegraph operation status
FIR	Fire detection
FSI	Frequency set information
GGA	Global positioning system (GPS) fix data
GLL	Geographic position, latitude/longitude
HDT	Heading true
HSS	Hull stress surveillance systems
MTW	Water temperature
MWD	Wind direction and speed
MWW	Wind speed and angle
NRX	NAVTEX received message
OSD	Own ship data
PRC	Propulsion remote control status
ROR	Rudder order status
ROT	Rate of turn
RPM	Revolutions
RSA	Rudder sensor angle
RSD	Radar system data
RTE	Routes
SSD	AIS ship static data
TRC	Thruster control data
UID	User identification code transmission
VDO	AIS VHF data-link own-vessel report
VSD	AIS voyage static data
VTG	Course over ground and ground speed
WAT	Water level detection
ZDA	Time and date

정의된 문장구조는 문장의 시작은 "\$" 혹은 "!"로 시작되며 <CR><LF>로 종결되는 구조를 가지며, 최대 문자수는 82자로 시작문자와 종결문자 사이에 최대 79개의 문자로 구성된다. 선박의 디지털 인터페이스에 가장 많이 사용되고 있는 승인문장구조는

“\$aacc, c—c\*hh<CR><LF>”로 정의되며, \$는 문장의 시작, aa는 Table 2에 정의된 대표적인 송신장치 ID, ccc는 Table 3에 정의된 대표적인 승인된 문장형식자, c—c는 데이터 필드, \*hh는 Checksum 필드, <CR><LF>는 문장의 종료를 의미한다. 암호화된 문장구조는 “!aacc, x1, x2, x3, c—c, x4\*hh<CR><LF>”로 정의되며, !는 암호화된 문장의 시작, aa는 송신장치 ID, ccc는 문장 형식자, x1은 암호화된 문장필드의 전체 숫자(암호화된 정보는 종종 한 개 이상의 문장을 필요로 함), x2는 암호화된 문장 필드의 문장번호, x3은 연속적인 메시지 구분자(암호화된 메시지가 종종 한 개 이상의 문장으로 구성되는 경우 존재), c—c는 데이터 필드, x4는 암호화된 데이터의 채워진 비트표시 필드, \*hh는 checksum 필드, <CR><LF>는 문장종료를 의미한다.

IEC 61162-1은 4차 개정작업을 위해 표준화가 진행중이며 Table 2에서 파란색(이탈릭체)으로 표기된 송신장치는 이번 개정작업을 통해서 새로이 추가될 예정인 장치를 보여주고 있으며, Table 3은 대표적 문장형식자의 정의를 보여준다. 2000년에 공표된 2차 개정판과 3차 개정판을 비교해 보면, 디지털 선박의 활성화와 관련하여 새로운 시스템(함교항해감시(BNWS), 화재감시제어, Door 제어감시, Hull Stress Monitoring 등)에 대한 ID가 추가되었고, 선박자동식별시스템(Automatic Identification System, AIS) 등을 중심으로 하는 새로운 메시지들이 추가되었다.

### 3.2 IEC 61162-2 디지털 인터페이스 표준

IEC 61162-2(IEC 61162-2, 1998)는 최소 20ms 주기를 가지고 전송을 요구하는 고속통신(38.4kbps)을 위해 제정되었으나, IEC 61162-1의 메시지 형식(문장구조, 송신장치 ID, 문장형식자 등)을 따르도록 규정하고 있다.

### 3.3 IEC 61162-3 디지털 인터페이스 표준

IEC 61162-3(IEC 61162-3, 2008)은 CAN (Controller Area Network) 기술을 적용하여 선박의 해양 전자장비를 서로 연결하기 위한 직렬데이터 통신 네트워크의 손쉬운 구현을 제공하는 NMEA 2000(NMEA, 2004)을 기반으로 제정되었다. IEC 61162-3은 주로 상대적으로 간단한 메시지(위도·경도, GPS 상태, 타 제어명령, waypoint 등)에 사용하며, 높은 전송속도를 요구하는 응용(레이더, 전자해도, 비디오 정보, 데이터베이스 데이터, 파일전송 등)에 필수적으로 사용하지는 않는 것을 권고하고 있다. 이 표준은 ISO OSI(Open Systems Interconnect) 모델의 물리계층에서 응용계층까지 적절한 모든 계층을 포함하여 정의하고 있다.

IEC 61162-3에서 규정하고 있는 CAN 통신방식은 일반적으로 자동차에서 표준으로 규정하고 있는 방식을 대부분 만족하도록 규정하고 있다. 물리계층에서의 CAN 송신기의 환경조건은 IEC 60945(IEC 60945, 2002)를 충족하여야 하며, 데이터링크 계층은 ISO 11783-3(ISO 11783-3, 2007)와 NMEA 2000

의 3장을 충족하여야 한다. NMEA 2000에서는 ISO 11783-3에서 제공하는 싱글-프레임 메시지와 8~1,785 데이터 바이트를 포함하는 다중-패킷 메시지 전송방식 이외에도 고속 패킷 메시지를 정의하고 하고 있다. 고속-패킷 메시지 프로토콜은 트랜스포트 프로토콜을 이용하지 않으며 CAN 규격(ISO 11898)에서 정의한 것 이상의 프레임 간격을 필요하지 않고, 고속 패킷 파라미터 그룹은 파라미터 그룹의 설계 차원에서 정의되며 메시지에 할당된 PGN(page group number)은 싱글 프레임 메시지와 같은 방식으로 각 메시지의 ID 필드에 포함된다. Table 4는 IEC 61162-3에서 제시하는 3가지 전송방식에 대한 비교를 보여준다.

Table 4 Transmission method of ISO 11783 and NMEA 2000 (reference : NMEA 2000)

Single Frame	ISO 11783 Multi-Packet	NMEA 2000 Fast-Packet
8 bytes of data	Can convey up to 1,785 bytes of data	Limited to 223 bytes of data
Destination only as defined by PGN	Can be used to send any broadcast PGN (greater than 8 bytes) to a specific device	Destination only as defined by PGN
No handshaking	Contains handshaking, i.e. smart transfer methods	No handshaking
No transfer Protocol Delays	Takes longer to send the same amount of data as Fast Packet	Takes less time to send up to 223 bytes. No transfer Protocol Delays
Implemented by all industries	Implemented by all industries	New protocol

IEC 61162-3의 CAN 네트워크 계층은 NMEA 2000의 4장에 정의되어 있으며, 네트워크 관리는 ISO 11783-5(ISO 11783-5, 2001)에 정의되어 있으며 NMEA 2000의 8장에 기술된 추가적인 요구조건을 충족하도록 규정되어 있다. ISO 11783-5는 ECU (Electronic Control Unit)의 소스주소(SA)의 관리, 장치의 기능적 구분과 관련하는 주소, 네트워크와 관계되는 에러를 검출하고 보고하는 장치들의 관리에 대한 규정을 정의하고 있다. 또한, 네트워크에 연결되어 있는 ECU를 위하여 초기화 및 짧은 정전에 대한 응답의 최소요건과 절차에 대한 사양을 정의한다. NMEA 2000 디바이스들은 ISO 11783-5와는 달리 자기주소 변경가능형의 주소설정 능력을 가지고 있으며, 0에서 251사이의 252개의 주소요청이 가능하다. 따라서, 주소변경 불가능한 장치들은 NMEA 2000 네트워크상에서 사용될 수 없다. 응용계층은 응용계층은 파라미터 그룹 구조와 파라미터 그룹 숫자 내용으로 구성 되어 있다.

### 3.4 IEC 61162-4 디지털 인터페이스 표준

IEC 61162-4 표준은 해양시스템을 서로 연결하는데 사용하기 위한 통신 프로토콜들을 정의하고 있고 프로토콜들을 함께

사용하기 위한 인터페이스 표현 언어와 언어 사용을 위한 역할 및 언어로서 표현되는 인터페이스 표준 집합을 정의한다. 마지막으로 시험계획과 이 표준을 사용하는 장비들을 위해 요구되는 문서 목록을 제공한다. 이 표준은 레이다, 전자해도시스템(ECDIS), Conning 정보표시 등과 같이 상대적으로 큰 다양한 기능적 요소들을 서로 연결하는 시스템 레벨에서의 사용하는 것을 의도하고 있으며, 이를 위해서 장비 레벨(IEC 61162-1/2/3)과 관리레벨에서의 다른 프로토콜들을 보완하고 있다(IEC 61162-400, 2001).

비록 이 표준 문서들이 종합적으로 IEC 61162-4로 언급되고 있지만, 실질적인 표준 번호는 400 시리즈이다. 표준 번호별 기능과 역할이 Fig. 4에 나타내어진다. 그림에서 API 사양서와 사용자 매뉴얼은 이 표준의 한 요소는 아니며, 음영표시가 안되어 있는 문서들은 이 표준을 구현하기 위한 통신 라이브러리 개발자를 위해 필요하게 된다. 음영으로 표시되는 표준 문서들은 이 표준을 사용하는 장비의 설계자와 연동자를 위해 읽혀져야 하는 문서들로 구성된다.

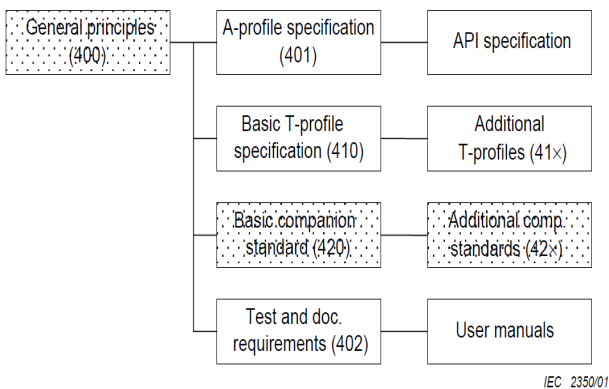


Fig. 4 Relationship between standard documents (reference : IEC 61162-400)

IEC 61162-4는 응용 서비스를 제공하는 서비스들에 대한 정의와 메시지들을 이용해 서비스가 어떻게 구현되는 지를 정의하고 있는 A-Profile, A-Profile에 대한 상대적인 트랜스포트 (Transport) 프로토콜과 네트워크 서비스들을 제공하여 실제 사용하는데 있어서 무엇을 할 것인지를 정의하고 있는 T-Profile을 정

의하여 사용하고 있다. 또한, 프로토콜을 통해 전송되는 데이터의 의미확한 방식의 해석을 제공하기 위해 데이터의 의미를 추가하고 이것을 정보로 변환하여 네트워크에 연결되는 모든 응용을 위해 이것을 유용하게 변환하는 동반(Companion) 표준을 제공한다.

IEC 61162-4 시리즈는 여러 개의 표준문서로 구성되며, IEC 61162-400 표준은 다수의 전송자와 다수의 수신시간의 선박 시스템 연동에 대한 소개와 일반적인 원리를 기술하고 있다. IEC 61162-401(IEC 61162-401, 2001)은 IEC 61162-4의 A-Profile에 대한 사양을 표준화하여 규정하고 있으며, ISO-OSI의 응용계층에 상응하여 프로토콜을 사용하여 어플리케이션을 수행하는 서비스들과 그 서비스들을 구현하기 위해 사용되는 메시지 내용과 시퀀스 등을 포함한다. IEC 61162-402(IEC 61162-402, 2005)는 IEC 61162-4의 프로토콜과 응용 소프트웨어 모듈 모듈에 대한 테스트와 문서화를 위한 일반적인 요구사항과 필수적으로 수행되어야 하는 테스트에 대해 정의하고 있다. 이 표준문서는 기본 소프트웨어 구현 시 어떻게 해야 할지 그리고 숨겨진 결함을 포함하고 있지는 않은지에 대해 확인하는 것을 지원한다. 또한 IEC 61162-4 표준을 사용하여 네트워크 인터페이스를 구현한 것을 확인하는 데 사용될 수 있다. 또한 이 표준은 안전한 통합 선박 시스템의 생산에 대해 확인 및 확인 과정에 일부를 포함하고 있다.

IEC 61162-410(IEC 61162-410, 2001) 표준은 상위 계층에 게 통신 서비스, 시간 서비스, 네트워크 관리 서비스, 적절한 기능 저하와 같은 서비스의 기능들을 제공하는 T-Profile과 인터넷 프로토콜(IPv4) 상에서 T-Profile의 구현에 대한 일반적인 요구조건을 정의하고 있다. IEC 61162-420 (IEC 61162-420, 2001) 표준은 IEC 61162-4의 관련 동반 표준으로 다대다 송수신을 위한 선박 시스템 연계에 대한 기술 표준을 기술하고 있으며, PCS(PISCES 동반 표준), PCSLDL(PCS 설명언어), 함수블록, PFS(PISCES 기초 사양)으로 크게 구성되어 있다. IEC 61162-450 표준(IEC 61162-450, 2009)은 소형선박에 대한 상호연결에 대한 내용을 다루고 있고, 공식적으로 IEC에 의해 공표가 되지 않았기 때문에 추가적으로 기술하지는 않도록 한다.

IEC 61162-4 모듈에 대한 사양은 IEC 61162-400, IEC 61162-401, IEC 61162-410에 있고, IEC 61162-4 네트워크와 어플리케이션 간의 인터페이스에 대한 사양은 IEC 61162-420 동반표준 문서로 서술되어 있다. IEC 61162 표준의 시리즈별로 갖는 중요한 차이와 특징은 Table 5와 같다.

Table 5 Comparison of IEC 61162 series standards(reference : IEC 61162-400)

Application	IEC 61162-1	IEC 61162-2	IEC 61162-3	IEC 61162-4
Data repetition rate	7 Hz	50 Hz	7 kHz	10 Hz
System bandwidth	4.8 kbits/s	38.4 kbits/s	250 kbits/s	10 Mbits/s
Number of Listeners	1	10	50	100
Message fragment length	71 byte	71 byte	8 byte	1400 byte
Cable length	500 m	500 m	200 m	500 m

선박의 디지털 인터페이스와 관련된 국제표준은 IEC의 TC 80 위원회에서 IEC 61162 시리즈를 통해 표준화를 제정 중에 있다. 현실적으로 선박에서 사용되고 있는 디지털 인터페이스는 물리적으로 대부분 직렬통신(RS232C/RS422/RS485), CAN 통신, Ethernet을 사용하고 있으며, 그 인터페이스 되는 데이터의 정보로는 IEC 61162-1( NMEA 0183)에서 규정하고 있는 문장 형식을 사용하고 있다. 따라서 IEC 61162-1이 가장 많이 참조되고 있는 디지털 인터페이스 표준이며, IEC 61162-4 표준은 네트워크와 응용시스템 간 인터페이스 표준으로 제정되고 있으나 실질적으로 1992년부터 유럽에서 개발된 MITS라는 프로토콜과 MarNIS 프로젝트의 PISCES 등의 결과를 적용한 표준으로 일반적으로 사용되고 있지 못하고 있는 현실이다. 이런 이유로 인해 최근 표준화 제정현황을 보면 IEC 61162-4 시리즈 표준은

450을 제외하고 사용하지 않는 것으로 협의되었다고 전해지고 있다(450만 유지, 2011년 6월 ed1.0 공표)

#### 4. 선박의 주요장비 연동조건 분석

앞 절까지는 주요 선진국의 디지털 선박의 통합화 프로젝트 동향 및 디지털 인터페이스 표준화에 대한 현황을 살펴보았다. 선박은 수천 개에서 수만 개의 센서 및 장비들이 서로 복잡하게 연동되어 운영되고 있으며, 최근에는 네트워크를 기반으로 하나로 통합하여 운영하는 개념으로 변화되고 있다. 따라서 본 절에서는 선박을 Fig. 5와 같이 운용 기능별로 향해 시스템, 전력 시스템, 자동화 시스템으로 구분하고 각 그룹별 주요장비의 운용되고 있는 연동방식, 연동규격 등의 현황을 조사하여 분석한 결과를 기술하고자 한다.

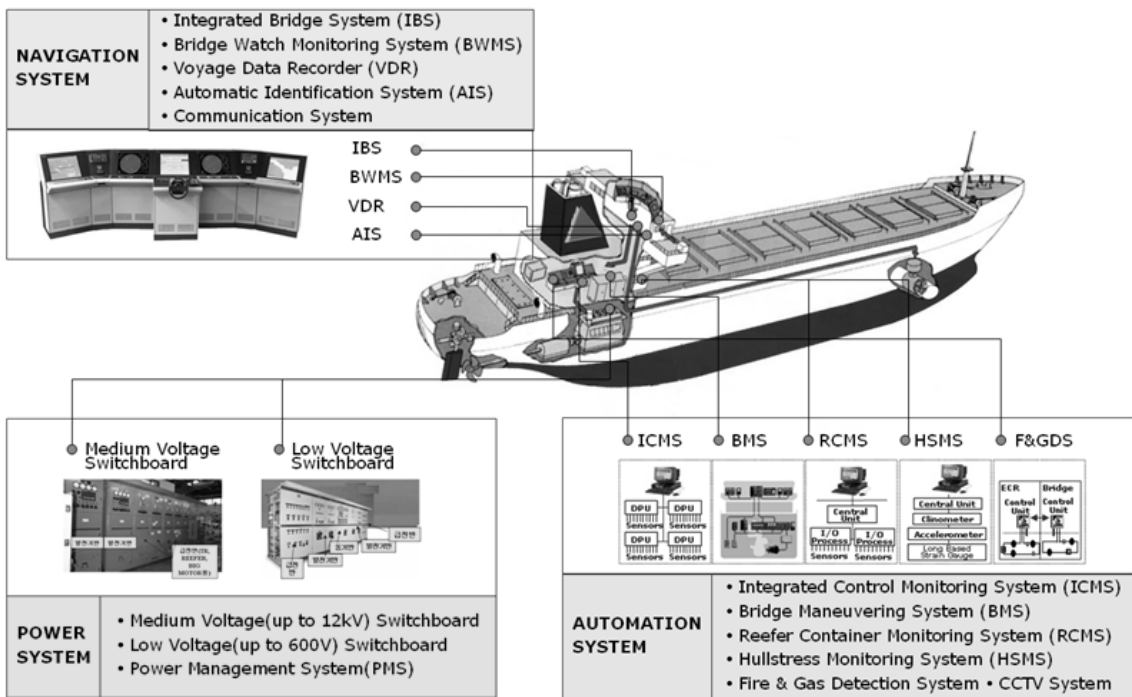


Fig. 5 System configuration of a digital ship by operation and function

향해 시스템은 선박통합항해시스템(Integrated Bridge System, IBS), 선박용 블랙박스(Voyage Data Recorder, VDR), 선박자동식별장치(AIS), 통신 시스템 등으로 일반적으로 구성되고 있으며, 전력 시스템은 선박에 사용되는 발전, 배전 등으로 구성되며 자동화 시스템은 엔진과 보기를 중심으로 하는 통합제어감시시스템(ICMS), Hull Stress Monitoring(HSM), 화재·가스 감시 시스템 등으로 구성된다.

Table 6은 Fig. 5의 시스템 구분에 따라 일반적으로 선박에서 사용되고 있는 주요 통신매체, 프로토콜 및 규격에 대한 현황을 나타내고 있다. 항해시스템은 대부분 IEC 61162 디지털 인터페이스에 따라 표준화된 인터페이스를 따르고 있으나, 전력시스템과 자동화 시스템은 감시제어 시스템은 표준화된 인터페이스와

제조사 제품별 비표준 인터페이스를 사용하고 있는 것을 알 수 있다. Table 7은 Table 6에서 항해시스템을 구성하는 주요 장비별 상세 연동범위 및 연동방식을 나타내고 있으며, 통합항해시스템(INS, IBS)내의 주된 인터페이스는 전자해도표시장치(ECDIS)와 Conning 시스템간의 정보교환, GPS와 GYRO 등과 같은 항해센서가 전자해도표시장치/Conning 시스템에 입력되는 인터페이스, RADAR 정보를 전자해도표시장치에 중첩하여 표시하기 위한 인터페이스, 통합항해시스템(INS, IBS)에서 선박통합운용시스템에 제공하는 항해 통합정보 등이 있다.

항해감시시스템(Bridge Watch Monitoring System, BWMS)내의 주요 인터페이스는 통합항해시스템에서 제공하는 항해정보와 각종 알람정보에 대한 인터페이스와 GPS와 GYRO 등과 같은 항

해센서가 항해감시시스템에 제공되는 인터페이스가 있다. 선박용 블랙박스(VDR)는 VDR의 데이터 정보를 별도의 그래픽 표시 유닛과 저장용기에 전달하기 위한 인터페이스, 통합항해시스템(INS, IBS)에서 VDR로 저장하기 위해 제공되는 각종 항해관련 정보 인터페이스, 선박자동식별시스템(AIS), GPS, GYRO, 수심측정용 Echo Sounder 등의 필수 정보를 VDR에 저장하기 위한 정보 인터페이스, 선내 중요 구역 및 장비의 감시를 위해 설치하여 운용하고 있는 CCTV 정보 인터페이스 등을 가지고 있다.

선박자동식별시스템(AIS)은 정확한 위치정보 획득을 위한 항해위치센서(GPS, DGNSS 등) 입력 인터페이스와 통합항해시스템(INS, IBS)의 전자해도시스템에 자선 주변의 선박정보를 표시하기 위해 제공하는 정보 인터페이스와 선박용 블랙박스에 자신의 정보를 저장하기 위해 제공하는 인터페이스를 갖는다. Table 8은 항해 시스템 내에 연동되는 센서, 장비들의 국제표준에 따른 인터페이스 상세내역을 기술한다. 표에서 알 수 있듯이 항해 시스템 내에 사용되는 대부분의 장비는 IEC 61162-1의 인터페이스 표준을 따르고 있으며, 연동 데이터 종류는 국제 인터페이스 표준에 의거하여 각 해당 장비에서 생성된 데이터의 헤더를 나타낸다.

Table 6 Communication method and standard of main equipment on a ship

Classification	Components	Communication Medium	Protocol and Standard
Navigation System	IBS/INS	Ethernet, RS232/422, CAN	TCP/IP, NMEA-0183 (IEC61162-1/2), NMEA2000(IEC 61162-3)
	BWMS	Ethernet, RS232/422	TCP/IP, NMEA-0183 (IE 61162-1/2)
	VDR	Ethernet, RS232/422	TCP/IP, NMEA-0183 (IEC 61162-1/2)
	AIS	RS232/422	NMEA-0183(IE 61162-1/2)
Power System	PMS	RS232/422, CAN	Modbus, CANopen, and One's Product Interface
Automation System	ICMS	Ethernet, RS232/422/485, CAN, ARCnet	TCP/IP, NMEA-0183 (IEC 61162-1/2), CANopen, ARCnet, and One's Product Interface
	BMS	Ethernet, RS232/422/485, CAN	TCP/IP, NMEA-0183 (IEC 61162-1/2), CANopen and One's Product Interface
	RCMS	Ethernet, PLC	TCP/IP, PLC (ISO 10368)
	HSMS	Ethernet, RS232/422	TCP/IP, NMEA-0183 (IEC 61162-1/2)
	Fire/Gas	Ethernet, RS232/422	TCP/IP, NMEA-0183 (IEC 61162-1/2)
	CCTV	Ethernet	TCP/IP

Table 7 Detailed interface range and method of navigation system in table 6

Components	Interface Coverage	Interface Methods
IBS/INS	Between ECDIS and CONNING system	TCP/IP(UDP)
	Between ECDIS/CONNING and navigation devices like as GPS/Gyro etc.	NMEA-0183 (IEC61162-1/2)
	Between ECIDS and RADAR	NMEA-2000(IE 61162-3)
	Interface with shipboard Integrated System	IEC 61162-4
BWMS	Interface with IBS/INS	TCP/IP(UDP)
	Interface with navigation devices like as GPS etc.	NMEA-0183 (IEC61162-1/2)
VDR	Between VDR and display system	TCP/IP(UDP)
	Interface with IBS/INS system	TCP/IP(UDP)
	interface with AIS, GPS, Gyro, Echo sounder etc.	NMEA-0183 (IEC61162-1/2)
AIS	Interface with DGNSS, DGPS, Sensor etc.	NMEA-0183 (IEC61162-1/2)
	Interface with VDR and IBS/INS system	NMEA-0183 (IEC61162-1/2)

Table 8 Interface equipments, standards, and approved sentence header of navigation system

Interfaced device	Interfaced Protocol and Standard	Interfaced Data Types
GPS	NMEA-0183(IEC61162-1/2)	GGA, GLL, VTG, ZDA, RMC, DTM
Loran-C	NMEA-0183(IEC61162-1/2)	RMA
Autopilot	NMEA-0183(IEC61162-1/2)	APB, HSC, HTR, XTE
Anemometer	NMEA-0183(IEC61162-1/2)	MWV
Gyrocompass	NMEA-0183(IEC61162-1/2)	HDT, ROT
Rudder	NMEA-0183(IEC61162-1/2)	RSA, HTC, HTD
Speed Log	NMEA-0183(IEC61162-1/2)	VBW, VHW
RADAR(2)	NMEA-0183(IEC61162-1/2)	RSD, TTM
Echo Sounder	NMEA-0183(IEC61162-1/2)	DPT
Engine	NMEA-0183(IEC61162-1/2)	RPM
ECDIS	NMEA-0183(IEC61162-1/2) RS232C/TCP/IP(UDP)	WNC, WPL, WDC, WDR
VDR	TCP/IP(UDP)->Capsule/INS	CCTV, RADAR Image etc
AIS	NMEA-0183(IEC61162-1/2)	VDM, VDO
BWMS	TCP/IP(UDP)->INS/IBS	Alarm Info.
BMWAS	TCP/IP(UDP)	Alarm Info.



Table 9는 Table 6의 전력감시제어 시스템을 구성하는 주요 장비별 상세 연동범위 및 연동방식을 나타내며, Table 10은 연동되는 장비, 프로토콜(규격) 및 연동되는 데이터의 종류 분석결과를 나타낸다. 표에서 전력감시제어 시스템의 발전기 3대에 대한 인터페이스는 CAN 또는 MODBUS 방식으로 인터페이스 되어, 내부 레지스터에 저장되어 있는 정보를 전달하거나 내부 그래픽 처리장치에 정보를 표시하기 위한 정보를 교환한다. 전력감시제어 시스템의 경우 IEC 61162-3의 CAN 인터페이스와 RS232/422의 IEC 61162-1의 국제표준과 비표준의 MODBUS 방식을 같이 사용하고 있다는 것을 알 수 있다. 특히 선박에 사용되는 시스템들 중 일반화된 센서나 계측장비 레벨은 국제표준에 의해 정확한 인터페이스를 지원하고 있으나 자사 제품내에서의 인터페이스, 자사 제품군의 인터페이스는 비표준의 인터페이스를 가지고 있는 것으로 분석되었다. 표에서 연동 대상 장비 항목의 ()안에 숫자가 표시된 것은 해당 연동 대상 장비의 수량을 의미한다.

Table 9 Detailed interface range and method of PMS

Components	Interface Coverage	Interface Methods
PMS	Operating data with generator controller	CAN/CANopen
	Operating data with Power Management Display	RS232/422, Own Interface format
	Interface data of AMS/ICMS for integration	Modbus-ASC/RTU

Table 10 Interface equipments, standards, and data types of PMS

Interfaced device	Interfaced Protocol and Standard	Interfaced Data Types
Generator(3)	CAN/CANopen/Modbus	Input Registers Info.
Display Equip.	RS232/422	Power Management Info.
System I/F	Modbus-ASC/RTU	Info. data

Table 11은 자동화 시스템 중에서 선박통합감시제어시스템(ICMS)의 상세 연동범위와 연동방식을 보여준다. 선박통합감시제어시스템에서 다루는 주요 인터페이스는 시스템 내부의 실시간 상태점검을 위한 통신용 인터페이스, Local Station과의 정보교환을 위한 통신 인터페이스, 선박용 블랙박스에 관련 정보를 기록하기 위한 인터페이스, 전력 감시제어 시스템간 정보교류 인터페이스, 액체화물의 레벨측정 시스템과의 인터페이스, Steering 기어와의 정보교류 인터페이스, CCTV 인터페이스, 주엔진 Local 제어기와의 인터페이스 등이 있다.

Table 12는 선박통합감시제어시스템의 실질적으로 사용되고 있는 계측센서, 계측시스템의 실질적 인터페이스를 제시하고 있으며, 출력되는 센서정보에 대한 인터페이스는 각 제조사별로 고유의 인터페이스 기준을 적용하고 있어 일반적으로 센서 ID와 정보를 교환하는 인터페이스가 제공된다. 표에서 주엔진 제어 시스템의 다양한 상태정보를 제공하기 위해서 18종의 데이터가 생성되고 있다는 것을 나타내고 있으며, 그 데이터로는 Auto Shut Down, Auto Slow Down, Telegraph System Power Fail

/Abnormal, M/E Start Fail, M/E Remote Control System Power Fail/ Abnormal, M/E Safety System Power Fail/Abnormal, M/E Wrong Way, M/E Critical RPM, Over Speed, Emergency Stop, BMS UPS Common Fail, M/E T/C RPM High, M/E RPM Detector Fail, M/E Governor System Power Fail/Abnormal이 있다.

Table 11 Detailed interface range and method of ICMS

Interface Coverage	Interface Methods
SYSTEM INTERNAL COMM.	TCP/IP, UDP
LOCAL STATION COMM.	CANopen, ARCnet, and One's Product Interface
VDR Interface	NMEA-0183(IEC 61162-1/2)
LOADING COMPUTER I/F	RS232/422/485(MODBUS, and One's Product Interface)
PMS Interface	RS422/485(Modbus-ASC/RTU)
LEVEL GAUGING SYSTEM I/F	RS232/422/485(MODBUS, and One's Product Interface)
STEERING GEAR I/F	RS232/422/485(Own Format)
MASTER CLOCK I/F	NMEA-0183(IEC 61162-1/2)
BMS Interface	RS232/422/485(Own Format)
CCTV Interface	TCP/IP
M/E LOCAL controller I/F	RS422/485(Own Format)

Table 12 Interface equipments, standards, and data types of ICMS

Interfaced device	Interfaced Protocol	Interfaced Data Types
M/E Control System(18)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
M/E Oil System(310)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
M/E J.C.F.W(9)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
M/E Air and Exhaust Gas(27)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
M/E Misc(10)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
Generator Engine(72)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
Boiler System(11)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
Purifier System(8)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
S/G System(14)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
MISC(73)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
Tank Level(83)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
Water Ballast(32)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
Water Ballast Valve(90)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
Cargo Pump(60)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
Cargo Valve(111)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
Cargo Tanks(64)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
System Error(108)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data

Table 13은 선박통합감시제어시스템(ICMS)를 제외한 자동화 시스템의 상세 연동범위 및 연동방식을 보여준다. 표에서 자동화 시스템을 구성하는 주요 요소로는 BMS(Bridge Maneuvering System), RCMS(Reefer Container Monitoring System), HSMS(Hull Stress Monitoring System), 화재/가스감시시스템,

CCTV 계통 등이 있다. Table 14는 자동화시스템의 실질적으로 사용되고 있는 계측센서, 계측시스템의 실질적 인터페이스 분석결과를 제시하고 있으며, 출력되는 센서정보에 대한 인터페이스는 각 제조사별로 고유의 인터페이스 기준을 적용하고 있는 경우에는 일반적으로 센서 ID와 정보만을 포함하고 있는 최소의 데이터량(약 10바이트)의 인터페이스를 갖는다. 또한, BMS와 같이 엔진관련 정보는 IEC 61162-1에서 요구하고 있는 국제표준에 따라 관련 정보를 포함한 헤더를 포함하고 있다.

Table 13 Detailed interface range and method of the automation system

Components	Interface Coverage	Interface Methods
BMS	SYSTEM INTERNAL COMM.	TCP/IP
	TELEGRAPH SYSTEM I/F	CANopen and own Format
	VDR Interface	NMEA-0183(IE61162-1/2)
RCMS	SYSTEM INTERNAL COMM.	TCP/IP
	REFER CONTAINER I/F	PLC(ISO 10368)
HSMS	SYSTEM INTERNAL COMM.	RS422/485(Own Format)
	LONG BEAM STRAIN GAUGE I/F	RS485(Own Format/ZENER BARRIER)
	LOADING COMPUTER / AMS I/F	RS232/422/485(Own Format)
Fire/Gas	SYSTEM INTERNAL COMM.	TCP/IP
	FIRE SENSOR & GAS DETECTOR I/F	NMEA-0183(IE61162-1/2)
CCTV	SYSTEM INTERNAL COMM.	TCP/IP

Table 14 Interface equipments, standards, and data types of the automation system

Components	Interfaced device	Interfaced Protocol and Standard	Interfaced Data Types
BMS	Engine RPM	NMEA0183(IEC61162-1/2)	RPM
	Engine Telegraph	NMEA0183(IEC61162-1/2)	ETL, ALA
	Propulsion/ Thruster	NMEA0183(IEC61162-1/2)	PRC, TRC, TRD, ALA, RPM
RCMS	Container Data(2000) Management	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
	Hull Measured Data(100)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
HSMS	Hull Data	NMEA0183(IEC61162-1/2)	ALA, HSS
	Fire Detection Sensor(100)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
Fire/ Gas	Gas Detection Sensor(100)	TCP/IP(UDP)	TAG, Data
	Fire/Gas Detection I/F	NMEA0183(IEC61162-1/2)	FIR, ALA
CCTV	IP-CCTV Image(20)	TCP/IP(UDP)	Image

## 5. 결론

본 논문에서는 디지털 선박의 통합화에 대한 주요 선진국의 개발동향과 인터페이스 표준에 대해서 살펴보고, 이를 기반으로 선박을 항해시스템, 전력시스템, 자동화 시스템으로 크게 구분하여 각 시스템별로 주요 장비간의 연동방식, 연동규격, 연동정보종류 등을 분석하여 살펴보았다.

본 논문은 정부가 IT-조선 융합의 로드맵의 대표 브랜드로 선정한 디지털 선박을 구현함에 있어 선박 통합화와 관련하여 실제 선박과 연동되어 운용되고 있는 분석결과를 제시하고 있다. 이 결과를 통해 선박의 각종 센서와 장비의 연동시 항해통신 시스템 외에는 대부분 제조사 특유의 방식이 적용되고 있어 많은 어려움이 존재하고 있음을 알 수 있다. 즉, 항해통신 시스템의 경우 다양한 제조사의 우수한 제품을 쉽게 표준화된 규격으로 인터페이스 할 수 있지만, 엔진, 보기 등의 기관과 전력시스템은 주요 공급사의 한정된 제품을 사용하여야 하는 한계를 가지게 된다. 따라서 항해통신 시스템과 같이 선박엔진, 전력 등의 많은 부분에서도 국제적 디지털 인터페이스 표준화 노력이 필요할 것으로 판단된다.

## 후 기

본 논문의 내용은 지식경제부 산업원천기술개발사업으로 수행 중인 “디지털 선박의 통합관리 플랫폼 개발” 사업의 연구내용을 다루고 있으며 위 기관의 후원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Hong, J.T. Park, D.H. & Yu, Y.H., 2011, A Study of NMEA 2000 Protocol Application for Ship Electrical Power Converter Monitoring System, *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, 35(2), pp.288-194.
- IEC 60945. 2002, *Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - General requirements-methods of testing and required test results*, IEC 60945 4th ed., International Electrotechnical Commission(IEC).
- IEC 61162-1, 2007, *Maritime navigation and radio communication equipment and systems - Digital interfaces, Part 1. Single talker and multiple listeners*, IEC 61162-1 3rd ed., International Electrotechnical Commission(IEC).
- IEC 61162-2, 1998, *Maritime navigation and radio communication equipment and systems - Digital interfaces, Part 2. Single talker and multiple listeners, high-speed transmission*, IEC 61162-2 1st ed.,

International Electrotechnical Commission(IEC).  
 IEC 61162-3, 2008, *Maritime navigation and radio communication equipment and systems - Digital interfaces, Part 3. Serial data instrument network*, IEC 61162-3 1st ed., International Electrotechnical Commission(IEC).  
 IEC 61162-400, 2001, *Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Digital interfaces, Part 400 : Multiple talkers and multiple listeners - Ship systems interconnection - Introduction and general principles*, IEC 61162-400 1st ed., International Electrotechnical Commission(IEC).  
 IEC 61162-401, 2001, *Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Digital interfaces, Part 401 : Multiple talkers and multiple listeners - Ship systems interconnection - Application profile*, IEC 61162-401 1st ed., International Electrotechnical Commission(IEC).  
 IEC 61162-402, 2005, *Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Digital interfaces, Part 402 : Multiple talkers and multiple listeners - Ship systems interconnection - Documentation and test requirements*, IEC 61162-402 1st ed., International Electrotechnical Commission(IEC).  
 IEC 61162-410, 2001, *Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Digital interfaces, Part 410 : Multiple talkers and multiple listeners -Ship systems interconnection-Transport profile requirements and basic transport profile*, IEC 61162-410 1st ed., International Electrotechnical Commission(IEC).  
 IEC 61162-420, 2001, *Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Digital interfaces, Part 420 : Multiple talkers and multiple listeners - Ship systems interconnection - Companion standard requirements and basic companion standards*, IEC 61162-420 1st ed., International Electrotechnical Commission(IEC).  
 IEC 61162-450, 2009, *Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Digital interfaces, Part 450 : Multiple talkers and multiple listeners - Light weight ship systems interconnection*, IEC 61162-450 1st ed., International Electrotechnical Commission(IEC).  
 ISO 11783-3, 2007, *Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network, Part 3: Data link layer*, ISO 11783-3 2nd ed., International Organization for Standardization(ISO).  
 ISO 11783-5, 2001, *Tractors and machinery for*

*agriculture and forestry - Serial control and communications data network, Part 5: Network management*, ISO 11783-5 1st ed., International Organization for Standardization(ISO).  
 Kim, Kab-Ki, 2010, The Design and Fabrication of Multi-Interface for Ship application, *Journal of Korean Institute of Information Technology*, 8(7), pp.1-6.  
 Lee, C.U. Kim, D.Y. Yu, Y.H. & Shin, O.K., 2009, Development of Embedded Vessel Monitoring System Using NMEA2000, *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, 33(5), pp.746-755.  
 Lee, J.H. Jang, N.J. Lee, J.W. Park, H.C. Lee, J.S. & Jang, K.W., 2010, Conversion and Storage of NMEA 2000 PGN Data into IEC 61162-4 Tag Format, *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, 34(4), pp.522-531.  
 NMEA, [www.nmea.org](http://www.nmea.org)  
 NMEA 2008, *NMEA 0183 Standard for Interfacing Marine Electronic Devices*, NMEA 0183 ver. 4, National Marine Electronics Association(NMEA).  
 NMEA 2004, *NMEA 2000 Standard for serial-data networking of marine electronic devices*, NMEA 2000 ver. 1.2, National Marine Electronics Association(NMEA).  
 Park, D.H. Hong, J.T. Kim, K.Y. Kim, J.H. & Yu, Y.H., 2011, A Study on Implementation of NMEA 2000 based Integrated Gateway using FPGA, *Journal of the Korean Society of Marine Engineering*, 35(2), pp.278-287.  
 Park, J.W. Lim, Y.K. & Kim, O.S., 2008, Suggest for intelligent future IT-Ship convergence, *The Magazine of the Institute of Electronics Engineers of Korea*, 35(5), pp.512-523.  
 Park, J.W. Han, J.H. Lim, Y.K. Kim, S.G. Choi, Y.C. Yun, C.H. & Park, J.Y., 2009, A Study on Integrated Platform Technology for the Digital Ship, *Proceedings of the Annual Autumn Meeting 2009 of the Society of Naval Architects of Korea*, 1(1), pp.512-517.

