

工學博士 學位論文

e-Navigation 도입에 따른 육해상통신망
개발전략에 관한 연구

A Study of Development Strategy of
Ship to Shore Communication Networks on e-Navigation

指導教授 金 潤 植

2008年 08月

韓國海洋大學校 大學院

機關시스템工學科

崔 春 成

本 論 文 을 崔 春 成 의 工 學 博 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함

委 員 長 : 工 學 博 士 李 成 根

委 員 : 工 學 博 士 宋 東 永

委 員 : 工 學 博 士 裴 正 哲

委 員 : 工 學 博 士 徐 東 煥

委 員 : 工 學 博 士 金 潤 植



2008年 6月

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

機 關 系 統 工 學 科

崔 春 成

목 차

목 차	i
List of Figures and Tables	iii
Abstract	vi
제 1 장 서론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
1.2 연구내용 및 방법	2
제 2 장 e-Navigation 개념 및 현황	5
2.1 항해환경변화	5
2.2 e-Navigation 개념	7
2.3 e-Navigation 국내현황	11
2.4 e-Navigation 해외기술개발현황	14
제 3 장 e-Navigation 핵심기술	28
3.1 선교통합기술	28
3.2 측위기술 분석 및 발전방향	40
3.3 육상지원 서비스 기술	52

제 4 장 e-Navigation용 통신망 기술개발전략	62
4.1 e-Navigation용 정보식별	62
4.2 무선 이동통신기술	66
4.3 e-Navigation 구현을 위한 무선통신시스템 기술개발전략 ..	69
제 5 장 결론	103
부 록	
1. 설문조사	105
2. 용어정의	109
3. 약어정의	114
4. 참고문헌	119

List of Figures and Tables

List of Figures

Fig. 2-1 Process of Developing e-Navigation Strategy	8
Fig. 2-2 e-Navigation System Architecture	10
Fig. 2-3 Results of Conference 11th COMSAR	11
Fig. 2-4 Current Navigation Architecture	12
Fig. 2-5 Evaluation of Current Navigation System from e-Navigation Model	13
Fig. 2-6 Components of MEH	15
Fig. 2-7 Canadian MEH	16
Fig. 2-8 Phases of MEH Project	17
Fig. 2-9 MEH Functional Diagram	19
Fig. 2-10 Partners and Members of MarNIS	20
Fig. 2-11 Layers of the Architecture	21
Fig. 2-12 Clusters of MarNIS	22
Fig. 2-13 Construction Plan of IWS	23
Fig. 2-14 Schematic Diagram of WIN	24
Fig. 2-15 Components of AIS	25
Fig. 2-16 An Operating Sample of ANS-AR	27
Fig. 3-1 Bridge Equipment and e-Navigation System Architecture	29
Fig. 3-2 Task Oriented Presentation	31
Fig. 3-3 Radar Display	31
Fig. 3-4 Conning Display	32
Fig. 3-5 Components of INS	33
Fig. 3-6 Primary Data Processing Diagram	35
Fig. 3-7 Layout of Bridge 1	38
Fig. 3-8 Layout of Bridge 2	38
Fig. 3-9 Layout of Bridge 3	39
Fig. 3-10 Layout of Workstation for Navigation Equipment	39
Fig. 3-11 GPS on Ground Station	41

Fig. 3-12 Principle of Finding Position 41

Fig. 3-13 Diagram of Propagation Delay 42

Fig. 3-14 Component of Galileo System 43

Fig. 3-15 Component of WAAS 46

Fig. 3-16 Korea Loran-C and Modernized Loren Chains 51

Fig. 3-17 Service Concept of Shore to Ship Communications on
e-Navigation 52

Fig. 4-1 In & Output Information at Each Layers 63

Fig. 4-2 Control Range of AIS Networks 66

Fig. 4-3 AIS Interface 66

Fig. 4-4 QPSK Modulation 76

Fig. 4-5 Modulation Symbol Order and Speed of PSK and QAM 76

Fig. 4-6 Antenna Diversity Effects 78

Fig. 4-7 Basic Block Diagram of MIMO-OFDM 79

Fig. 4-8 Antenna Diversity 80

Fig. 4-9 Directed Beam Forming Antenna 80

Fig. 4-10 Extension of Repeaters 82

Fig. 4-11 Repeaters 82

Fig. 4-12 ARQ Principle 84

Fig. 4-13 HARQ Concept 84

Fig. 4-14 ISI from Reflected Waves on Subcarrier of OFDM 86

Fig. 4-15 Guard Interval for ISI Problems of Subcarrier 86

Fig. 4-16 CP for Solving GI and ICI Problems 87

Fig. 4-17 Frequency Diversity and PAPR Appearance with 4 Subcarriers 88

Fig. 4-18 Propagation Delay 89

Fig. 4-19 Interference of Uplink and Downlink 89

Fig. 4-20 Optimized Frame Structure of TTG and RTG 90

Fig. 4-21 TDD Frame Structure of Wibro and WiMax from Intel 90

Fig. 4-22 Cell Coverage of Coastal Area for Wibro System 102

Tables

Table 3-1 Specification of GPS	42
Table 3-2 Details of Service Specification	44
Table 3-3 Technical Evolution of Loran	49
Table 3-4 Performance Evaluation of Loran	50
Table 3-5 Status of Chain	50
Table 3-6 Comparision of TRS with other System	55
Table 4-1 The Specification of AIS System	66
Table 4-2 Comparition Table of Major Wireless Protocols	67
Table 4-3 Categories of e-Navigation Technology and Limitations at Sea	70
Table 4-4 Difference of FDD and TDD	75
Table 4-5 Max. Data Speed of Mobile WiMax with 10MHz	91
Table 4-6 TTG/RTG Analysis for Max. Cell Coverage	93
Table 4-7 Max. Allowable Path Loss at Downlink (QPSK 1/2)	96
Table 4-8 Max. Allowable Path Loss at Uplink (QPSK 1/2)	97
Table 4-9 Cell Radius at Downlink	98
Table 4-10 Cell Radius at Uplink	98
Table 4-11 Max. Allowable Path Loss at 1.0W Output and 9dB of Antenna Gain (QPSK 1/2)	99
Table 4-12 Cell Radius at 1.0W Output and 9dB of Antenna Gain	100
Table 4-13 Matrix of Max. Path Loss with Changes of Output and Antenna Gain	101
Table 4-14 Analysis of Coverages in Major Port	102

A Study of Development Strategy of Ship to Shore Communication Networks on e-Navigation

by Chun Seong Choi

Department of Marine System Engineering
The Graduate School of Korea Maritime University
Busan, Republic of Korea

Abstract

There have been many large-scale accidents involving international maritime transportations causing environmental disasters. To prevent such terrible accidents on the sea, the International Maritime Organization has introduced Maritime Safety Management System. Today not only the concern for maritime safety but also the ever getting larger and faster ships to handle increasing volume of sea freight is posing more challenges for the navigation of the ships. To respond to this, 7 countries including the UK, the United States and Japan proposed development of strategic vision for e-Navigation with new technologies using the existing equipment and electronic means in the 81st meeting of the Maritime Safety Committee of IMO and the Committee decided to develop the strategy by 2008.

Top priority in developing such e-Navigation strategy is given to reducing maritime mistakes to prevent accidents and pollution on the sea and the communications work group is focusing on developing 3 core element technologies for the e-Navigation and those are building integrated bridge system, controlling ship traffic and providing comprehensive data from the shore, and enabling seamless authenticated information infrastructure for

communications on the ships, between the ships, ships to shore, between parties on shore and between multiple related parties.

This paper is to summarize systematically the concept of 'e-Navigation and the status of work that has been progressed up to now and propose a ship to shore communications network on the basis of the analysis of the issues found between the existing wireless communications system and e-Navigation' system for the purpose of developing the most crucial element in the e-Navigation, which is communications network covering both land and sea.

Strategic development of communications network technology for e-Navigation involves identifying various locational information required on shore and sea, conducting research on the way to collect and utilize the information, reviewing existing wireless cellular communications technology covering shore and sea, and determine the differences between shore communications and maritime communications. Through such study, we have identified the issues with satellite or radio systems which can handle very restrictive volume of communications and mobile wireless system, and looked into the possibility of applying Wibro system, developed in Korea and became one of the land cellular communications systems already adopted as a global standard, to ship to shore communications.

Current terrestrial Wibro system requires repeaters installed between the base stations and mobile stations, and handover technology for repeaters is used to overcome the problem of short coverage of the wavelengths. However on the sea, it is difficult to install repeaters, challenging the deployment of Wibro technology. This paper proposes a feasible solution to overcome the coverage limitations of Wibro technology through review on various technologies.

The biggest difficulty in using Wibro system on the ocean, which was developed by Korea and adopted as an international cellular communications standard, is to extend the coverage. On the ocean, unlike on the land, output of the base stations and mobile stations need to be enhanced and sensitivity

of antennas should be amplified to improve the gains of the antennas and optimize the frame structure of Wibro system. Through the research efforts, we wanted to learn the maximum possible distance of coverage extension and usable coastal areas in Korea to verify the applicability of Wibro for e-Navigation system linking the ships to shore.

This paper studies Wibro frame structure to come up with the way to extend the maximum coverage area and learned that the maximum coverage can be increased up to 19.7Km on the sea. Based on this, limitations on mobile station battery life and output and antenna can be easily removed on the sea by growing output of mobile station and gains of antennas, from 0.2W to 1.0W and from 3dB to 9dB respectively to extend the coverage distance from 5.4Km to 17.1Km according to the analysis by Cost231-Walfisch-Ikegami interpretation model of radio propagation. Therefore it is demonstrated that coverage extension can be achieved if performance of mobile station is upgraded with the improved system design, and the elevated mobile station output and antenna gains.

The study result confirms that Wibro can be utilized for e-Navigation in coastal areas as maritime wireless communications technology to provide real time broadband information with satisfying level of reliability and security. It is also hoped that the paper paves the way for more brisk research and development activities in the field of required communications system to link the land and the sea and to make our Wibro technology to lead such field.

제 1 장 서 론

1.1 연구배경 및 목적

21세기의 신인류 문명의 꽃이라고 할 수 있는 반도체의 기술은 모든 산업을 진화시키고 인류의 새로운 문명을 창출하고 있다고 볼 수 있다. 특히 전 세계가 하나의 공동체로 급속한 산업화에 의한 컴퓨터와 통신 기술의 발전은 지구촌을 일일 생활권으로 만들어 버렸다. 또한 WTO 체계에서 국가 간의 경계가 무너지고 지구가 하나의 공동시장으로 재편되면서, 무한경쟁의 세계로 변화되어 가고 있다. 이러한 무한 경쟁 체계에서 필요한 물류의 이동이 해상이나 육상 그리고 하늘에서 과거에는 상상할 수 없을 정도로 급속하게 이루어지고 있다. 물류 뿐만 아니라 이에 수반되는 운송 수단의 발전 및 통신 시스템이 급속토록 발전하였으며 특히, 육상의 통신시스템과 항공 운송 부분에서는 많은 발전이 있었다.

한편 해상 운송부분은 그동안 많은 대형사고로 인한 환경적인 재앙이 초래된 적이 있었으며, 이러한 인재에 의한 해양의 대형사고를 예방하기 위하여, 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)에서는 해양안전 관리시스템을 도입하였다. 최근에는 해양안전 뿐만 아니라, 해상물동량 증대로 선박의 대형화, 고속화 추세로 선박운항의 어려움을 더욱 가중시키고 있다. 이에 국제해사기구 해사안전위원회(MSC, Maritime Safety Committee) 제81차 회의에서 영국, 미국, 일본 등 7개국은 기존 장비와 전자수단을 이용하는 신기술을 도입한 새로운 통합전자항법시스템(e-Navigation)의 전략 비전개발을 제안하였고, 해사안전위원회에서는 2008년까지 전략 개발하기로 결정하였다^[1]. 이들은 먼저 항행안전전문위원회(NAV, Sub Committee on Safety of Navigation)와 무선통신 및 수색구조전문위원회(COMSAR, Radio Communications and Search and Rescue)의 work program에 e-Navigation 관련 항목을 추가하고, 전체적이고 시스템적인 방법으로 기존 및 새로운 항해 도구, 특히 전자적인 도구를 이용하기 위한 전략적인 비전 개발에 목적을 둬으로써, 정확하고 효율적인 항해 관련 표준을 제정하면서 '깨끗한 바다와 안전한 항해'라는 IMO의 아젠다 달성에 공헌할 것임을 주장하였다^[2].

이렇게 시작된 e-Navigation 전략개발에 대한 추진전략은, 2006년 5월 MSC 81차 회의에서 영국 등은 E-Navigation 전략적 비전의 개발을 제85차 MSC 회의 까지 완료할 것을 공식 제안하였으며, MSC 81차 회의에서 NAV와 COMSAR 전문위원회에 e-Navigation 전략 개발을 새로운 의제로 할당하여 2008년까지 검토할 것을 지시하였고, NAV 52차 회의에서 e-navigation에 대한 통신작업반을 구성하고 전략개발 검토에 착수하였으며, 통신작업반은 각국 및 기구 등의 대표 등 약 60명으로 통신작업반의 작업 결과를 NAV 53차 회의에 보고하고, 이에 대하여 WG(Working Group)를 구성하여 검토하였다.

가장 최근에 개최된 NAV 53차 회의 결과에 따라 NAV 54차 회의에서 e-Navigation 전략개발 작업을 마무리하기 위하여 영국을 co-ordinator로 통신작업반 구성하여 작업을 계속하여 추진키로 결정되었다^[3].

그동안의 진행 과정을 보면, 우리나라에서도 많은 연구기관들이 e-Navigation 개념을 정립하고, IT, 통신 등 e-Navigation 관련 핵심기술을 분석하여 e-Navigation의 전략 비전을 조기 개발함으로써, 체계적으로 관련 기술개발을 유도하고, 나아가 국제적으로 한발 앞선 기술 개발전략을 마련하고자 연구 중에 있다^{[4][5]}.

본 논문에서는 e-Navigation 개념 및 현황 분석을 체계적으로 정리한 다음 e-Navigation에서 가장 핵심적인 기술 요소인 육해상 통신망 개발을 위하여, 기존무선통신 시스템과 e-Navigation 체계간의 문제점을 분석하고, 새로운 육해상 통신망을 제안하고자 한다.

1.2 연구내용 및 방법

2005년 제24차 IMO 총회에서 e-Navigation의 도입이 제안된 후, 해사 안전위원회(MSC), 항행안전 전문위원회(NAV) 및 무선통신 및 수색구조 전문위원회(COMSAR)를 중심으로 활발한 논의를 통하여, e-Navigation의 전략비전 및 정책이 수립되었으며 핵심 목표를 11가지로 규정하였다^[6].

이러한 e-Navigation 전략 개발에서 가장 우선시 된 분야는 해양사고 및 해양 오염방지를 위하여 항해 실수를 감소해야 하는 부분이었고, 또한 통신작업반에

서는 선박, 육상 및 통신요소를 e-Navigation의 3가지 개발하여야 할 핵심요소로 그 초점을 맞추었다^[7].

본 논문에서는 3가지 핵심기술요소를 다루기 이전에 제 2장에서 e-Navigation의 개념과 그 배경이 되는 각 국가별 기술 개발 프로젝트를 분석하였다. 말라카와 싱가포르 해협을 대상으로 구축하고 있는 해양전자 고속도로 프로젝트(MEH, Maritime Electronic Highway), 범유럽 기반의 해상항해와 정보 서비스 개발(MarNIS, Maritime Navigation and Information Service), 미국 해안경비대 개발센터에서 수행하고 있는 지능수로 시스템(IWS, Intelligent Waterways System) 등 해외에서 개발 중인 기술개발 현황을 분석하였다. 그리고, 선박의 항해를 보조하여 해상안전 향상, 환경보호 및 선박운송 체계를 개선하기 위해서 IMO 주도하에 개발 중인 자동식별장치(AIS, Automatic Identification System)에 대한 기술과 각국에서 개발 중인 위성통신 시스템을 통하여 측위기술의 현황을 분석하였다^[8-10].

제 3장에서는 e-Navigation의 핵심 기술인 선박에서의 센서의 통합, 표준화된 이용자 인터페이스, 높은 무결성, 전자측위, 전자해도, 인적 실수를 분석하는 기능을 가진 항해 시스템이며, 항해자의 부주의 및 과부하를 예방하면서 항해의 과정에 적극적으로 개입하도록 선교 통합 정보표시 기술과 항행장비에 대한 기술검토를 하였다. 육상지원 시스템에 대해서는 선박의 안전과 효율성을 지원할 목적으로 육상 운영자가 더 쉽게 이용하고 이해할 수 있는 형태로 종합적인 데이터 제공, 조정, 및 교환을 통하여 육상에서 선박교통 관리를 할 수 있음을 알 수 있었다. 그리고, 가장 핵심이 되는 통신 시스템은 선상과 선박사이, 선박과 육상사이, 육상기관 사이에 사용되는 여러 가지 무선 및 이동통신에 관한 기술검토를 통하여 육해상 통신에 활용할 수 있는 통신 수단을 연구하였다^{[11][12]}.

제 4장에서는 e-Navigation용 통신망 기술개발전략으로 육해상에서 요구되는 각종 위치정보를 식별하고, 이를 수집하는 방법과 정보의 활용기술을 연구하고, 기존에 육해상 통신에 활용되었던 무선 이동 통신에 기술검토를 통하여 육해상 통신의 차이점을 식별하였다. 이러한 연구를 통하여, 기존 해상 통신의 한계점인 통신량에서 극히 제한적인 위성통신 시스템이나 무전기 또는 휴대전화의 문제점을 파악하고, 현재 우리나라에서 이미 국제적인 표준을 인정받은 육상 이동통신 시스템의 하나인 Wibro 시스템을 육해상 통신으로서의 적용 가능성에 대하여

연구하였다.

현재 활용중인 육상 Wibro 시스템은 기지국과 단말기 사이에 중계기를 설치하고, 중계기간의 핸드오버 기술을 이용하여 전파 도달거리가 짧은 무선이동통신 단점을 보완하고 있으나, 해상에서는 중계기가 설치가 곤란하여 그동안 Wibro 기술을 활용할 수 없었다.

본 논문에서는, 이러한 Wibro 기술의 통달거리의 한계점을 극복하기 위한 여러가지 기술들을 검토해 보고, 현실적으로 실현 가능한 방안을 제안하고자 하였다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 중요한 기술로써 다중화 접속 기술(Multi-Plexing Technic), 변복조 및 부호화 방식(Adaptive Modulation & Coding), 안테나 다이버시티 기술(Antenna Diversity), 스마트 안테나(Smart Antenna), 다중 안테나(MIMO, Multi-In Multi-Out), 에너지 접속기술(Beam forming), 중계기(Repeaters) 기술, 하이브리드 자동 에러보정 방식(HARQ)에 대한 기술 검토를 통하여, 해상 이동통신 분야에서 통달거리를 넓히기 위한 방안과 현재 기술의 핵심 요소를 파악하였다. 해상이나 일반적인 도심환경에서, 전파는 일직선으로 도착하는 직접파보다는 건물, 지형지물 및 물결이나 파도등 많은 반사파로 구성되는데, 이와 같은 다중 반사파에 의한 멀티패스 페이딩(Multipath Fading) 현상은 앞과 뒤의 심볼 겹침에 의해 상호 간섭이 발생하는 ISI(Inter Symbol Interference) 문제가 발생하고, 전송속도가 높은 광대역에서는 이와 같은 상호간섭이 더욱 심해지는데, 이러한 문제점을 해결함으로써 서비스 통달거리를 늘릴 수 있는 방안을 연구하였다.

우리나라가 이동 통신의 국제규격을 획득한 Wibro 시스템을 해상 이동 통신으로 이용할 때, 가장 큰 문제점은 통달거리를 늘리는 문제로, 육상과는 다른 환경인 해상에서 기지국과 단말기의 출력향상을 향상시키고, 안테나의 수신감도를 높여서, 안테나 이득의 개선과 Wibro 시스템의 프레임구조 최적화를 통하여 기술적으로 통달거리의 확장이 몇 Km까지 가능한 지를 연구하였으며, 우리나라 연안의 이용 가능한 지역을 식별해 봄으로써 e-Navigation의 육해상 통신시스템으로 Wibro 시스템의 적용가능성을 확인하였다.

제 2 장 e-Navigation 개념 및 현황

2.1 항해환경변화

e-Navigation이라는 용어의 등장과 그 개념 정립에 앞서, IMO의 정책방향과 선박의 항법의 발전과정에 대한 이해는 가까운 미래에 전개될 항해환경의 변화를 예측하기 위한 중요한 요소의 하나이다. 1974년 국제 해상인명 안전협약(SOLAS, Safety Of Life At Sea)의 탄생 이래, IMO에서는 해상안전과 해양환경 보호를 위하여 선체의 구조, 의장설비 및 항해장비 등의 하드웨어적인 많은 설비들에 대한 강제 탑재 조항을 부과하여 왔다.

인적 과실에 의한 해양사고가 발생하고 있다. 해양조사국의 보고에 따르면 2002~2005년 사이 해양사고의 50% 이상이 항해자의 인적과실에 의하여 발생한 것으로 알려졌다. 예를 들면, 대형 해양사고로 1987년 3월 188명이 사망한 여객선 Herald of Free Enterprise호 전복사건, 1989년 3월 4만5천 톤의 원유가 유출된 유조선 Exxon Valdez호 좌초사건, 1990년 4월 159명이 사망한 Scandinavian Star호 화재 전소사건은 항해자의 인적과실에 의한 대표적인 해양사고이다.

또한, 인적과실에 의한 사고를 줄이기 위하여 국제안전관리규약(ISM Code, International Safety Management Code)과 같은 소프트웨어적인 요소가 결합된 해운선사 및 선박의 안전관리조직, 절차 등에 관한 국제적인 통일기준에 관한 규정을 1993년 10월에 채택하여 1998년 7월부터 적용하기에 이른다. 또한 2002년 7월 1일부터 강제화된 선박 자동식별장치(AIS, Automatic Identification System)의 강제탑재를 통한 선박에서는 해상 안전확보 기능강화와 육상에서는 선박 모니터링 수역의 확대가 뒤따랐다. 911 테러 이후에 미국이 중심이 되어 발효시킨 항만시설 보안규칙(ISPS Code, International Ship and Port Facility Security)의 채택은 글로벌화 되어가는 테러 행위에 대응하기 위한 차원에서 이루어졌다. 또한, 2006년 MSC. 81차 회의에서 채택된 선박 장거식별 및 추적장치(LRIT, Long-Range Identification and Tracking)의 도입은 선박에 대한 항만국 또는 연안국의 입장에서 모니터링이 아니라 범국가적인 차원에서 선박 모니터링을 통한 해상보안 확보를 목적으로 하는 것이다. 이러한 IMO의 노력은 결국 선

박을 운항하는 선원들의 업무를 증대, 피로도의 증대, 장비, 설비, 운영 등의 복잡성 증가 등으로 오히려 해상 상황인식을 통한 안전확보에 악영향을 미칠 수 있는 요소들이 내재되어 있음을 간과할 수 없다^[13].

전자해도시스템(ECDIS, Electronic Chart Display and Information System)과 같은 항법시스템은, 통합항법시스템(INS, Integrated Navigation System)과 밀접하게 관련될 것이며, 이러한 항법시스템에 표현되는 정보는 다양한 디지털통신망을 통하여 지원될 수도 있을 것이다. e-Navigation은 이러한 IMO의 정책의 변화와 이러한 변화를 수용하기 위하여 변천되어 온 항법 체계의 발전 과정에서 탄생한 것이라고 보여진다. 그러나 여기에서 우리가 간과해서는 안될 점은 현재까지 모든 기술의 발전이 그렇듯이 신기술의 도입을 통한 새로운 장비가 IMO가 해결하고자 하는 해상 상황인식, 인적과실을 통한 항행 안전확보에 반드시 도움을 줄 수 있을 지는 의문이다. 이용자가 필요로 하는 서비스가 기술을 필요로 할 때만이 신기술 도입의 효과가 나타날 수 있을 것이다. 이것은 모든 신기술의 도입이 이용자의 요구에 의하여 이루어져야 하며, 이용자 중심으로 기술 개발이 이루어져야 한다는 것을 의미한다.

2.2 e-Navigation 개념

2005년 12월, IMO 제24차 총회에서 영국의 운수성 장관은 해상 안전과 환경 보호를 위하여 해상 전반에 걸친 종합적인 상황인식의 차원에서 글로벌 e-Navigation의 도입 추진을 제안하였다. MSC 82차 회의에서는 영국, 미국, 노르웨이, 일본, 마셜아일랜드, 싱가포르 등 몇몇 해운 선진국들이 중심이 되어 전자 항해 전략의 개발, Development of an E-Navigation Strategy이란 주제의 의제를 IMO 해사안전위원회(MSC, Maritime Safety Committee)에 문서 MSC 81/23/10을 제출하였다. MSC 81/23/10에서 전세계 모든 선박을 대상으로 정확하고, 안전하고, 비용이 적고 효과적인 시스템을 개발할 수 있고, 여러 가지 항해 통신 기술과 서비스에 따른 구조적인 방법으로 신기술의 사용을 도입하기 위한 광범위한 전략 비전을 개발할 것을 제안하고 있다. 2006년 5월 MSC 81차 회의에서는 항행안전전문위원회(NAV)를 조정자로 지정하여 2008년 완료를 목표로, e-Navigation 전략개발에 관한 의제를 NAV와 무선통신 및 수색구조전문위원회(COMSAR)의 작업 프로그램 및 잠정 의제로 포함시키기로 결정한 바가 있다. 이를 위하여 NAV 52차 회의에서는 영국을 조정국(Coordinator)으로 한 통신작업반이 결성되었다. 그리고 NAV 52차 전문위원회 e-Navigation의 개념의 정의 및 범위, 전략비전 및 정책들 안에서 논의되어야 하는 주요 사안 및 우선 순위 식별, 전략비전 및 정책들 개발에서 발생할 수 있는 이익 및 장애의 식별, IMO, 회원국, 기타 기구 및 산업의 역할 식별, 작업 프로그램 구성에 대한 코멘트 및 권고를 요청하는 업무분장을 승인하였다.

현재까지 IMO를 중심으로 진행된 e-Navigation의 논의 경과를 살펴보면 Fig. 2-1과 같다. NAV 제53차 회의에 제출된 통신작업반 활동결과 보고서에 따르면, e-navigation의 정의는 IALA e-Navigation 위원회에서 제출된 것을 수용하는데 합의하였으며, e-Navigation은 해상안전, 보안확보, 해양환경보호를 위하여 부두에서 부두까지 항해 및 관련된 서비스를 증진시키기 위한 전자적인 수단으로 선상 및 육상에서 해상 정보의 조화로운 수집, 통합, 교환, 표현, 분석하는 것이라고 정의하였다.

e-Navigation은 선박과 육상에서 해상정보의 생성에서부터 이용에 이르기까지

활용 효율의 극대화를 추구하고 있다. 전자데이터 입수, 통신, 조작 및 디스플레이를 사용한 e-Navigation의 핵심 목적을 규정하면 다음과 같다.

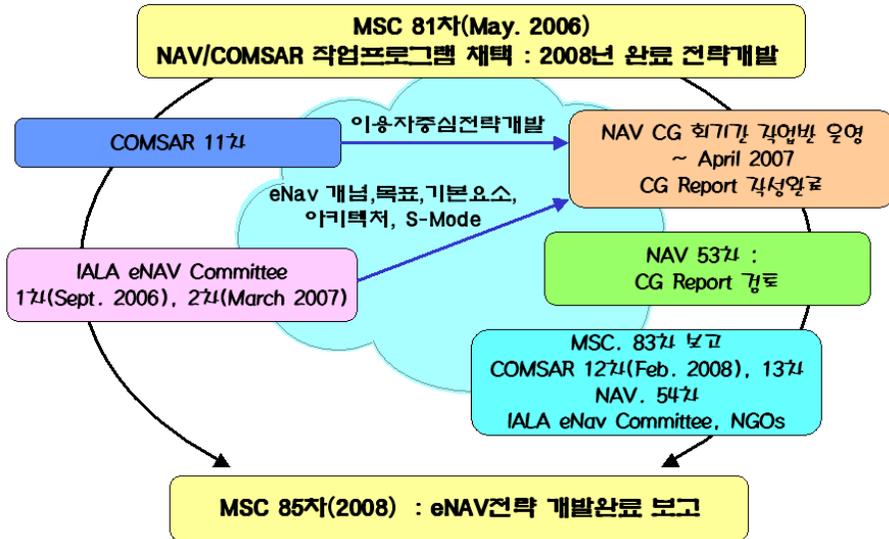


Fig. 2-1 Process of Developing e-Navigation Strategy

첫째, 수로와 항해정보 및 위험을 고려한 선박안전과 보안이 확보된 항행을 촉진해야 한다. 둘째, 적절한 수역 즉, 항내 및 항구접근 경우에 육상 및 해안 시설로부터의 선박 교통량 관측 및 관리를 촉진해야 하며, 셋째, 선박에서 선박으로, 선박에서 육상으로, 육상에서 선박으로, 육상에서 육상으로 연결하는 데이터 교환을 포함한 통신을 수월하게 해야 한다. 넷째, 해상 운송과 물류의 효율성을 개선할 기회를 제공한다. 다섯째, 긴급대응, 수색 및 구조서비스의 효율적인 운영을 지원해야 하며, 여섯째, 안전시스템에 적절한 정확도 수준, 무결성, 연속성을 예시해야 한다. 일곱째, 이용자들의 입장에서 잘못된 상황해석 또는 혼동의 위험을 최소화하는 형태로, 또한 이용자들에게 의사결정을 지원하면서 작업부하를 관리하기 위하여 선상 및 육상의 정보를 통합, 표현해야 한다. 여덟째, 개발과 구현과정을 통하여 이용자들에게 대한 훈련 및 친숙화 요구사항을 포함시켜야 하고, 아홉째, 이용자들 사이의 잠재된 불일치성을 피하기 위하여 글로벌 커버리지, 일치된 표준 및 배열, 그리고 장비, 시스템, 심벌, 운영절차에 관한 상호 호환성, 상호 운영성을 촉진해야 한다. 끝으로 모든 잠재적인 해상 이용자들의 이

용을 촉진하고 다양한 활용성을 갖도록 하는 것에 그 목적을 두고 있다.

이러한 e-Navigation 전략개발에서 가장 우선시되어야 할 부분은, 무엇보다도 해양사고 및 해양 오염방지를 위하여 항해실수를 감소해야 하는 부분일 것이다. 또한 통신작업반에서는 선박, 육상 및 통신요소에 초점을 맞추어 제시한 다음과 같은 e-Navigation의 3가지 핵심결과 요소를 수락하였다.

첫째, 선박에서는 선박의 센서의 통합, 지원정보, 표준화된 이용자 인터페이스, 보호대 및 경보를 관리하는 총체적인 시스템에 의하여 이익이 될 수 있는 항해 시스템을 들 수 있다. 그러한 항해시스템의 핵심요소는 높은 무결성, 전자측위, 전자해도, 인적실수를 분석하는 기능을 가진 시스템이며, 항해자의 부주의 및 과부하를 예방하면서 항해 과정에 적극적으로 개입하도록 한다. 둘째, 육상에서는 선박의 안전과 효율성을 지원할 목적으로 육상 운영자가 더 쉽게 이용하고 이해할 수 있는 형태로 종합적인 데이터의 제공, 조정, 및 교환을 통하여 육상으로부터 선박 교통관리 및 관련서비스를 향상시킨다. 셋째, 통신에서는 인적 실수의 감소를 포함하여 선상, 선박과 선박, 선박과 육상사이, 육상기관 상호간, 많은 관련된 이해 당사자 사이에 공인된 이음새 없는 정보전송을 위한 인프라를 제공한다.

항행안전전문위원회(NAV) 통신작업반의 논의결과로 e-Navigation에 관한 두 가지 상호보완적인 시스템 아키텍처를 개발하였다. Fig. 2-2는 안전 항행을 위한 표준화된 통합 브릿지 시스템을 중심에 두고 장비, 관련기관, 선박간의 데이터 교환을 나타내는 아키텍처이다.

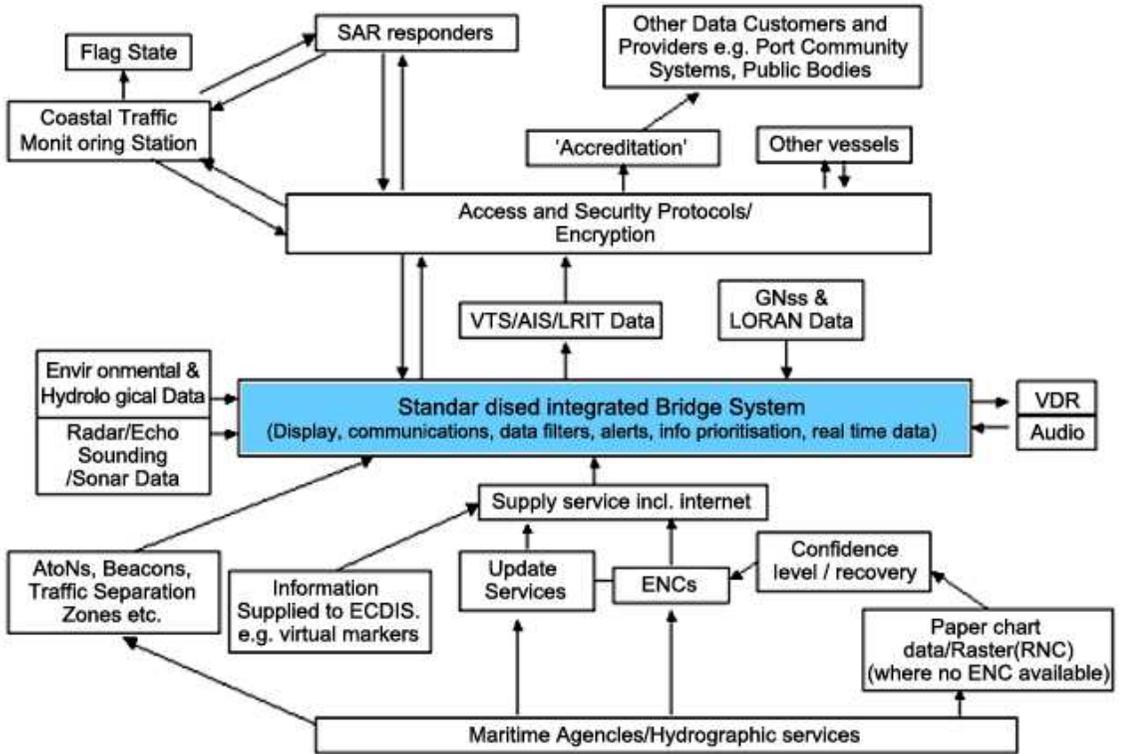


Fig. 2-2 e-Navigation System Architecture

Fig. 2-2를 보면, 표준화된 인터페이스와 기능을 가진 통합 브릿지시스템을 중심으로 기존의 선박 항해 장비에서 제공될 수 있는 데이터의 송수신, Fail-safe 기능을 가진 세계위성항법시스템(GNSS, Global Navigation Satellite System) /LORAN(Long Range Navigation)의 통합 수신기로부터의 정보 입력, 선박관제 서비스(VTS, Vessel Traffic Service) 및 연안관제국과 같은 국가 선박모니터링 시스템과의 정보교환, Non-SOLAS 선박을 고려한 정보 송수신, 수로국과 연계하여 전 세계적으로 전자해도(ENC, Electronic Navigation Chart) 데이터의 제공기능을 고려하고 있다.

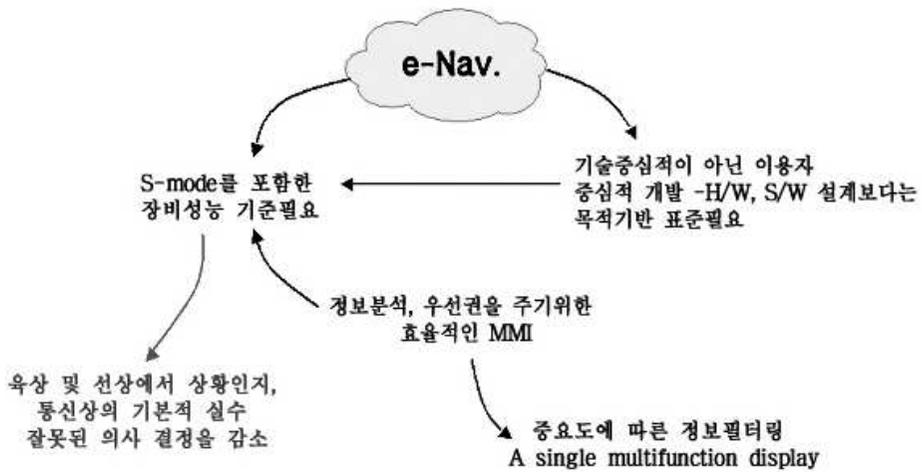


Fig. 2-3 Results of Conference 11th COMSAR

Fig. 2-2의 결과는 COMSAR 11차 회의에 제출된 바가 있으며, e-Navigation의 전략 개발에 있어서는 어느 한가지 아키텍처를 선택하기 보다는 이용자 입장에서 e-Navigation 비전과 아키텍처를 만들어 가는 것이 중요하다는 점이 강조된 바가 있다.

Fig. 2-3은 COMSAR 11차 회의의 결과를 잘 나타내고 있다. Fig. 2-3에서 보는 것처럼 가장 중요시되는 점은 하드웨어, 소프트웨어의 개발과 같은 기술 중심적인 접근 보다는 이용자 중심으로 S-mode를 포함한 장비의 성능 기준 마련, 효율적인 인간-기계 인터페이스, 인적실수의 감소를 위한 방안을 들고 있다는 점은 주시하여야 할 부분이다.

2.3 e-Navigation 국내 현황

NAV 52차 회의 이후로, e-Navigation 대응 국내전문가 그룹이 해양수산부 중심으로 결성되어, 2006년 9월에는 COMSAR 11차 회의 국내 대책반에서 e-Navigation 국내대응을 위한 논의가 시작되었으며, 2006년 11월에는 한국선박검사기술협회와 한국조선기자재연구원이 공동으로 주최하는 e-Navigation 대응 방안 마련을 위한 워크숍이 개최된 바가 있다. 또한 병행하여 IALA 국내전문가 그룹이 결성되어 e-Navigation 논의에 적극적으로 활동하고 있는 상황이다.

현재까지 국내전문가 그룹의 결과는 e-Navigation 전략 개발의 차원에서 육해상 통신망 개발 방안, S-mode를 포함한 표준 인터페이스 개발, 표준 운전자 모드 개발, 국내 IT 기술을 활용한 R&D 개발 사업 모색 중에 있다. 현황 파악의 측면에서 e-Navigation의 아키텍처와 비교한 현재의 항해에 관련된 아키텍처를 Fig. 2-4에 나타내었다.

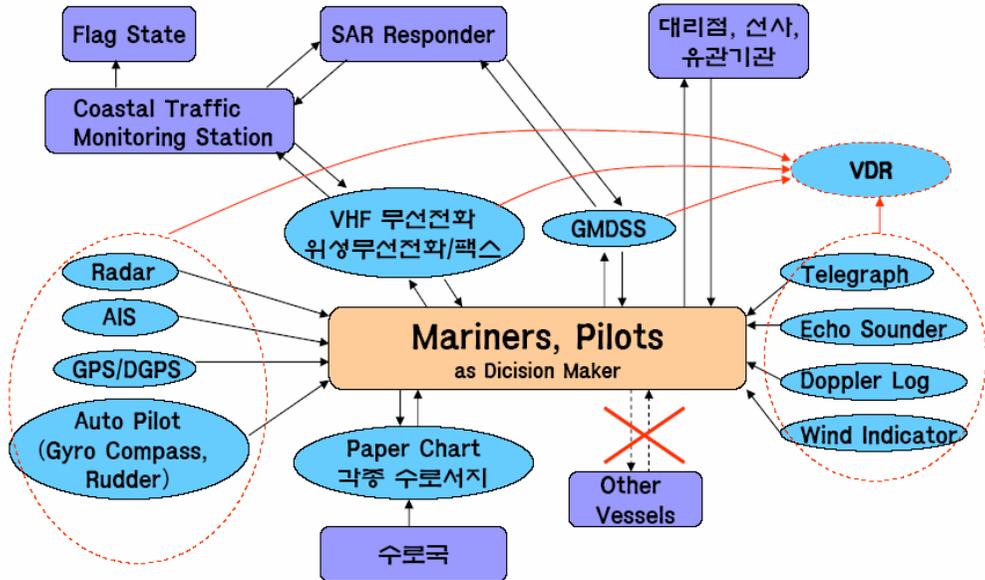


Fig. 2-4 Current Navigation Architecture

Fig. 2-4에서는 항해자가 브릿지에서 각종 항해 계기로부터 나타난 정보를 읽어들이어 상황에 대한 판단과 종이해도 중심으로 한 항법이 토대를 이루고 있으며, 외부와의 통신은 VHF 무선전화, 위성통신 수단에 따라 행하여지고 있는 것을 알 수 있다. 그러나 선박의 항해자의 입장에서 보면 신기술의 도입을 논의의 대상으로 하더라도 선박마다 탑재된 항해 장비들의 기능수준이 다르고 다른 표시 방법, 다른 운용절차를 가진다는 점은 개선되어야 할 것이다. 인적실수를 감소하고 상황인식에 대한 보다 명확한 정보를 제공해 준다는 측면에서 항해장비들의 기능수준에 대한 최소한의 가이드라인, 표준 운용절차, 표준모드, 표준화된 인터페이스와 같은 요소들의 개발은 e-Navigation의 필수요소로 작용할 것이다. 현재의 항해 아키텍처 수준에서 Fig. 2-4와 같은 e-Navigation에서 지향하는 모

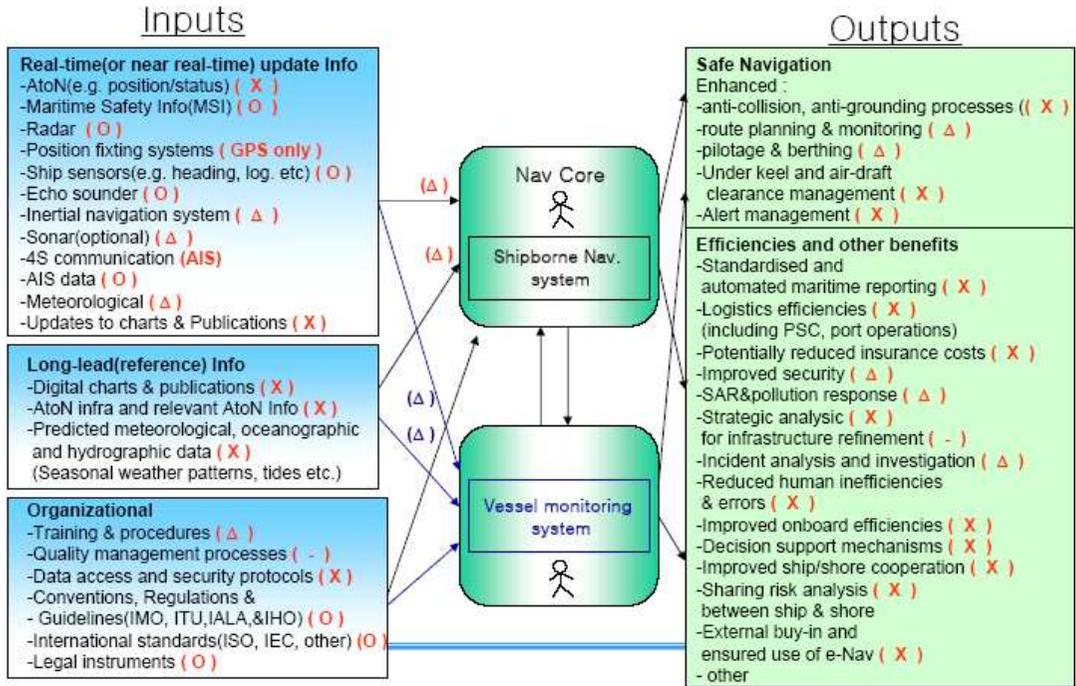


Fig. 2-5 Evaluation of Current Navigation System from e-Navigation Model

델을 비교 평가하면 Fig. 2-5와 같다. Fig. 2-5에서는 현재의 항해 수준에서 항행에 중요한 요소와 선박 모니터링 시스템에서 중요한 요소를 필요한 입력장치와 시스템을 통하여 나타내는 필요한 출력요소를 식별하고, 현재 제공여부를 분석하였다. Fig. 2-5에서 'X'로 표기한 부분은 현재 제공되지 않는 기능을, 'Δ'로 표기한 것은 부분적으로 채택하고 있는 기능을 표시하고 있다. 또한 입력부분과 Nav. Core 부분 사이에는 정보 교환이 데이터 통신에 의하여 이루어지고 있는 것을 나타내는 것으로, VHF 무선전화와 같은 아날로그 음성 통신망과 함께 일부 정보가 AIS 장비에 의한 VHF 데이터망이 이용되고 있다는 점에서 'Δ'로 표기된 것이다.

2.4 e-Navigation 해외기술개발현황

e-Navigation의 배경이 되는 세계 각국의 기술 개발 프로젝트 현황을 조사 분석하였다. 조사 범위는 MEH, MarNIS, IWS 세가지를 하였으며, 그 외 다수의 관련 자료도 검토하였다.

2.4.1 MEH

MEH(Marine Electronic Highway)의 개념은 1990년에 캐나다에서 항해, 특히 ENC(Electronic Navigation Chart) 및 ECDIS(Electronic Chart Display and Information System)의 개발에 있어서 디지털 기술 적용으로 시작되었으며, 극대화된 선박 교통 관리 의사결정 기반을 제공할 수 있는 육상 기반의 효과적인 데이터베이스와 ECDIS 및 선박자동식별시스템의 통합과 연계가 핵심이었다. 이러한 MEH의 개념은 캐나다는 물론이고, 유럽과 인도 등에 도입되어 다양한 사업을 통하여 해상 교통의 안전과 효율을 증진하여 왔다.

MEH는 말라카와 싱가포르 해협을 대상으로 구축 중인 해양 전자고속도 프로젝트로 널리 알려져 있다. MEH 프로젝트는 전자해도정보 시스템을 중심으로 항행 관제시스템, 선박 위치추적 시스템(VMS, Vessel Monitoring System), 전자해도, 선박 자동식별장치 및 조류와 조석 등 해양 기상정보 시스템 등을 통합운영하는 육상의 해양 안전 종합 정보 관제 시스템을 구축하고, 궁극적으로는 실시간 체계적이고 종합적으로 선박의 항행 안전을 유도함으로써 해양 사고를 방지하고, 해상에서의 인명과 재산과 해양 환경을 보호하기 위한 사업으로 정의된다.

MEH의 개념은 초기에는 디지털 수로데이터의 생산과 GPS를 이용한 선박의 정확한 측위 정보 취득 등에 초점을 두고 논의되었으며, 전자해도와 ECDIS 개발에도 영향을 주었다. 각 지역에서의 다양한 MEH에 대한 개념을 정리하면 Fig. 2-6과 같으며, 기술의 발전과 사용자의 요구 사항에 의해서 그 개념이 확장되거나 변천되고 있다.

Navigational Aids/System	Electronic Navigational Charts (ENCs) Differential Global Positioning System Broadcast Service (DGPS) Vessel Traffic Information System (VTS) Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) Universal Automatic Identification System (AIS) Automatic Radar Plotting Aids (ARPA)
Communications	Information and Communication Technology (ICT)
Information/Data to be processed and Delivered	ENCs and updates Vessel traffic information Environmental data (hydrographical and oceanographic data, meteorological information) Marine pollution data (oil spill/discharge, ballast water discharge, other contaminants) Ecological data (coastal and marine biodiversity, sensitivity mapping) Submarine geomorphology (sandwaves, precautionary areas) Bathymetric data GMDSS signals
Environmental systems	3-dimensional Hydrodynamic model Oil spill trajectory and fate model Coastal and ocean monitoring systems Environmental impact assessment/damage assessment model Sensitivity mapping
Monitoring and advisory services	Search and Rescue operation Oil pollution response operation Maritime services/assistance including port services

Fig. 2-6 Components of MEH

Fig. 2-7에서 나타낸 캐나다 MEH는 1992-2004년에 ECDIS와 DGPS 기술을 이용하여 구현된 시범 사업을 통하여 항해 안전성, ECDIS의 사용에 의한 운송비용 감소, 사고 감소의 효과와 함께 항해가 어려운 조건에서도 항해가 가능하도록 하는 등의 효과를 보았다. 이는 이후 캐나다 전역에서 ECDIS가 사용되는 계기를 마련하였으며, 이러한 전자해도 중심의 ECDIS로 시작된 캐나다의 MEH는 항법 지도의 생산을 위한 지리 공간 데이터의 중요성을 강조하게 되었다. 또한, 무결한 육지와 해양 데이터의 인터페이스와 공통의 좌표계를 사용한 지리 공간

데이터의 통합 및 데이터의 변환과 공유를 위한 표준 포맷 및 프로토콜에 대해 강조되면서 환경 데이터와 기타 과학적인 데이터를 포함하는 총체적인 해상 교통 데이터 통합에 대하여 강조하게 되었다.

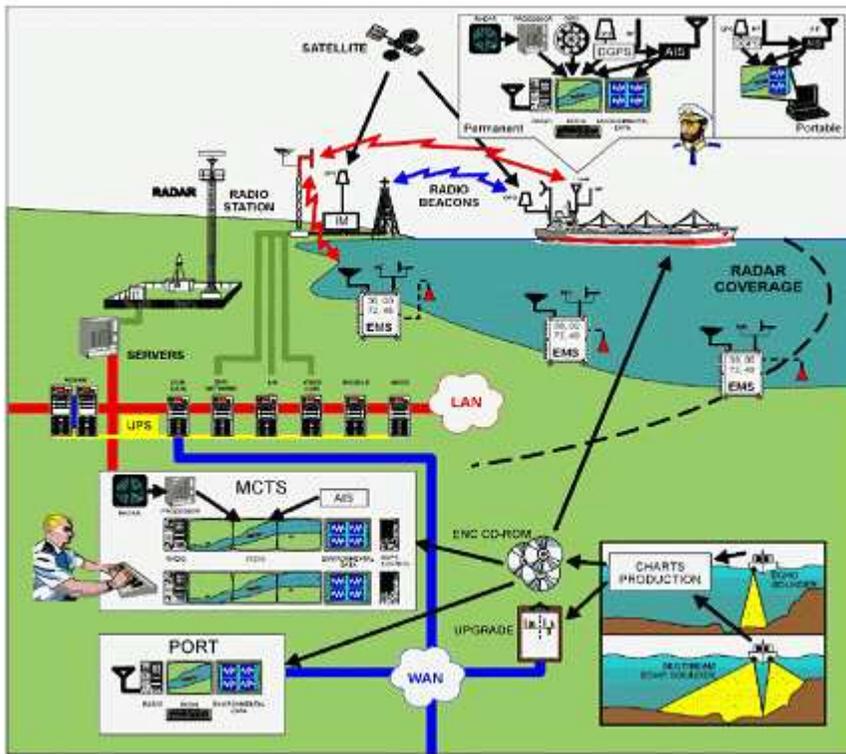


Fig. 2-7 Canadian MEH

지중해의 MEH는 항해 안전 및 보안과 환경 보호를 위해서 ECDIS와 결합한 ENC, AIS, VTS, ARPA(Automatic Radar Plotting Aids) 등의 모든 요소를 고려하여, 최신 정보통신 기술이 적용된 애플리케이션을 구현하였다. 또한 선박과 항만에 영향을 줄 수 있는 보안 사고에 대비하여, 항만 시설 보안 규칙(ISPS, International Ship and Port Facility Security) 코드를 발효하기도 하고, 인터넷, 개방형 시스템 구조, 상호 운용성, 웹 기반 맵핑 기술의 개발 등을 통하여 지리 공간 정보의 공유가 보다 강화되고 있다.

MEH는 계속해서 새로운 개념을 도입하여 변천하고 있으나, 해상 교통과 환경 보호 및 관리라는 기반을 토대로 하고 있다. 해상 교통은 항법 안전, 정밀 항법, 긴급 상황 대응으로 구분될 수 있다. ENC-ECDIS에 기반한 정밀 항법의 기술적

플랫폼은 해양, 육상, 선박의 다양한 장비를 통하여 정보와 데이터를 네트워크상에서 주고받는다. 이러한 장비의 대표적인 것으로 AIS와 선상에서 인터넷 액세스 등의 트랜스폰더를 들 수 있다. 이러한 장비를 이용하여 실시간 정보를 자동으로 수신하고, 선박에 대한 정보뿐 아니라 기상 정보나 수문 및 해양 데이터를 전송받을 수 있게 되어, 협수로나 제한 수로에서의 선박 운항이 용이하게 된다.

최근 말라카해협을 MEH 구축 사업은 협수로 등의 여러 자연환경적 요인, 선박 통행량 증가, 해적과 해상 범죄 증가 등의 선박 항행의 안전을 저해하는 요소와, 선박 좌초 그리고, 충돌 사고 및 그로 인한 해상 오염 사고의 증가로 막대한 경제적 손실과 환경적 손실에 대한 문제 해결과 예방을 위해 시작되었다. 이 사업은 지구환경기금(GEF)과 국제해사기구가 공동으로 추진 및 지원하고 있으며, 현재 말레이시아, 싱가포르, 인도네시아 등 연안국들이 참여하고 있다.

MEH 구축의 단계는 3단계로 구분되어 추진된다. 1단계는 말라카와 싱가포르 해협에서의 프로토타입 시스템 구현하고, 2단계는 해협과 동해까지의 우선 수로에서의 네트워크를 구축하며, 3단계는 기름과 가스 교통로에 초점을 둔 전체 네트워크를 완성한다.



Fig. 2-8 Phases of MEH Project

Fig. 2-8에 나타난 말라카 및 싱가포르해협에 대한 MEH 구축사업은 해협에서의 선박 안전운항을 위한 혁신적인 기술개발 및 연구축진을 통하여 전자해도 기반의 정보 네트워크를 구축함으로써 안전한 해상교통환경을 마련하여 해상 안전을 증진하고, 인근 국가간 업무조정 및 협력을 통하여 국제해협의 환경보호를 도모하는 등 해협이용자와 해협을 관리하는 주체가 모두 만족할 수 있는 고속도로를 건설하는 것이다. 또한 향후 아시아 전 지역에 대한 초고속도로 건설을 위한 모델이 되기 위해 GEF를 중심으로 추진되는 초기 시범사업이라고 할 수 있다. MEH를 구축하여 항해안전과 해양환경보전을 위한 기능을 시범 운영함으로써 해양 환경시스템과 데이터의 흐름 및 정보교환체계를 구체화하고, 지속적인 MEH 시스템 관리를 위한 운영 체계 수립, MEH 시스템의 사회적·경제적 효과 및 법적 문제의 분석, MEH 시스템 지원을 위한 이해 당사국들의 적극적 참여 방안 강구, 각국과 지역의 항해 안전과 환경 보전 능력의 향상 방안 및 전체 MEH 사업의 이행 방안과 추진 계획을 구체화하는 작업을 추진하게 된다.

환경보호 및 관리를 위해 MEH에서는 환경 모니터링, 보존, 관리, 사고대응 및 위험도 평가의 범주로 구분된다. 현재 환경보호와 관리를 위해 이용되는 기술들은 다양한 데이터 포맷과 함께 매우 다양하지만, GIS 시스템기술을 이용하여 데이터와 기술의 통합 및 상호운용성의 확보가 가능하다. 이러한 환경보호 및 관리기술과 해상 안전요소들의 통합은 해양 전자고속도로의 기반이 된다. MEH의 효율적 운영을 위해서 해상안전기술과 환경정보시스템의 시스템적 통합이 정밀 항법체계를 유지하도록 진행되고 있다. MEH의 시스템통합은 온라인 트랜잭션의 보안, 통신량, 액세스 비용, 사이버 범죄에 대한 보안 등의 문제를 해결하면서 완성될 것이다. Fig. 2-9에서는 MEH로 가능한 시스템의 기능들을 도시하고 있다.

2.4.2. MarNIS

MarNIS(Maritime Navigation and Information Services)는 범 유럽 기반의 해상 항해와 정보 서비스 개발을 위한 44개 파트너와 12개 서브 파트너로 구성된 6차 프레임 워크 프로그램의 통합 연구 사업으로 유럽 교통 정책 2010의 주요

요소들을 구현하는 것을 목표로 하고 있다. Fig. 2-10은 MarNIS 사업에 참여하는 국가들을 보여준다.

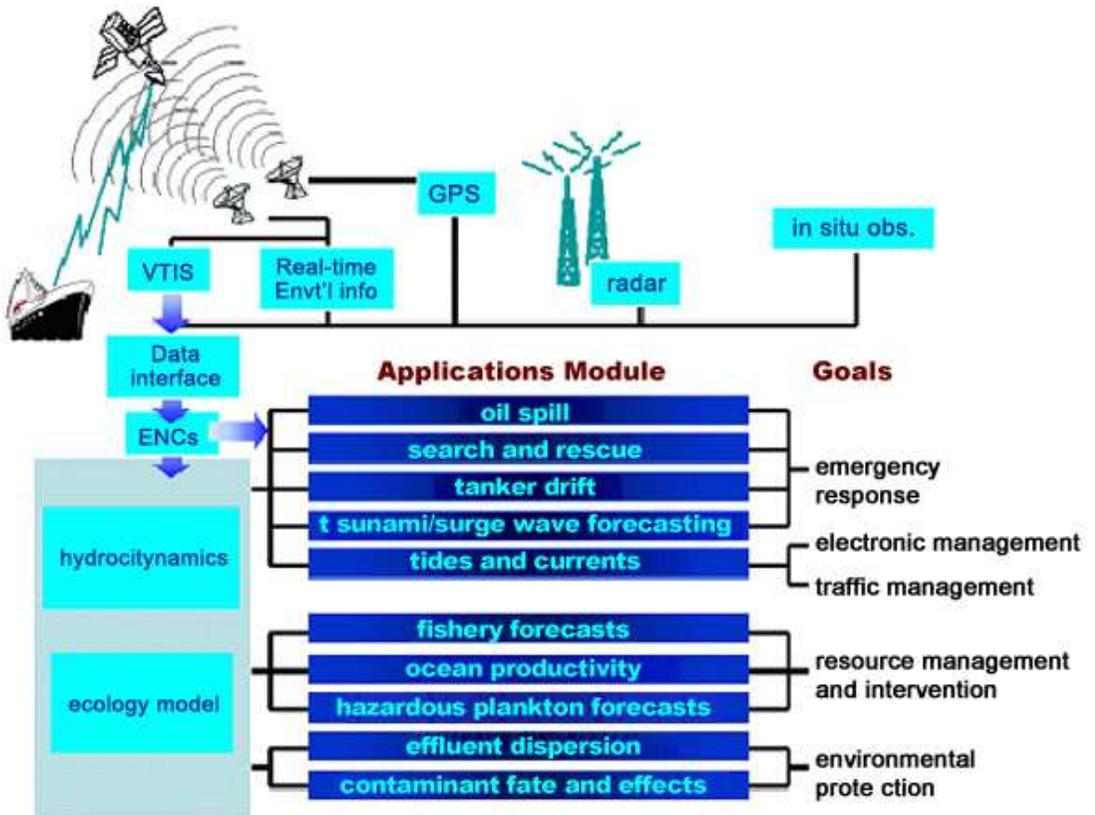


Fig. 2-9 MEH Functional Diagram

MarNIS는 기존의 VTS, VTMS, PCS 등에 기반을 두고 안전과 보안개선, 환경 보호, 효율성과 신뢰성 증가, 해양교통의 경제성 향상과 법적, 조직적 프레임워크 정비 등을 주요 목표로 하고 있다.

교통 안전개선을 위해 AIS와 Long Range(LR) 추적시스템을 사용하여 유럽 연안을 지나는 고위험 선박의 지속적 모니터링, 고위험 선박으로부터 위험을 최소화하는 방안을 마련하기 위한 연안국의 중재권, 안전한 항구에 대한 정보제공, 긴급 예인선박(ETV, Emergency Towing Vessels)의 제공, 적절한 해난구조 능력 제공, 유럽 연안의 사고예방 및 구조네트워크로 VTM과 SAR 기능의 통합 등을 포함한다. AIS 연안네트워크 사용과 유럽 항만으로 들어오는 선박을 위한 규제

정보를 요구하는 선사와 기관들을 위한 SafeSeaNet과 같은 정보교환 네트워크를 위한 기능적 요구사항이 고려될 것이다. VTM을 이용하여 선박의 모니터링과 관찰구역 내에서의 화물추적과 같은 보안강화를 위한 실용적 방안을 개발하고 있다.

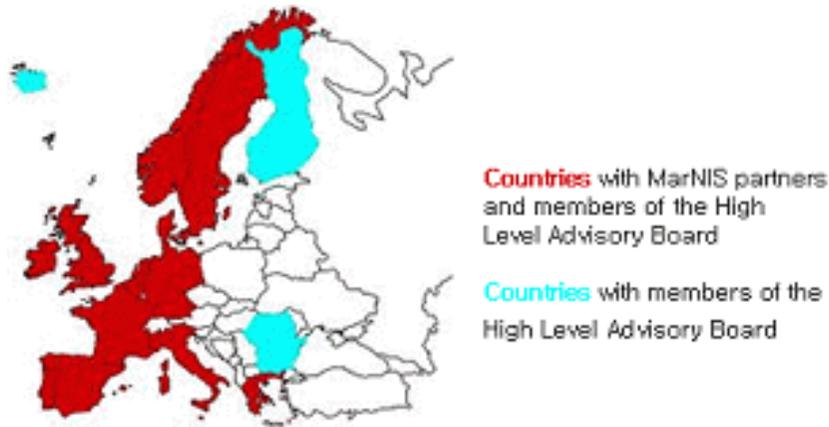


Fig. 2-10 Partners and Members of MarNIS

MarNIS는 법적, 조직적 프레임워크 준비를 위해서 유럽의 각 지역의 상황을 고려하여 국제법의 법적, 조직적 측면의 개선하고 통합된 유럽 정보시스템에 기초하여 잠재적인 법적, 조직적 요구사항의 도출한다. MarNIS는 안전, 효율, 보안, 환경보호를 개선하는 해상교통과 운송도메인을 위한 범 유럽적 방안을 모색하는 것이므로 연구와 그 성과가 정책적, 조직적, 법적, 기술적 레벨에서 공통의 권장사항과 방안에 대한 사항들과 통합이 가능해야 한다. 이러한 방안수립을 지원하기 위해서 MarNIS 상에서 공통의 합의와 각 클러스터 아래 워크 패키지간 연계가 필요하며, 다양한 운송 모드간 상호 운용성이 고려되어야 한다. 범 유럽의 총체적 해상 정보 시스템의 구축을 위한 아키텍처 레벨은 Fig. 2-11와 같다.

MarNIS는 유럽에서의 해상항법 정보구조를 수립하는데 목적이 있다. MarNIS는 각종 수송기관을 무결하게 통합하는 운송체계를 만들고 교통안전과 효율성을 개선하기 위한 정보교환에 목적을 두고 있다. MarNIS는 정보시스템의 기능적이고 기술적인 요구사항을 다루고 있으며, 개발될 서비스는 사고예방 및 대응서비스로 제공될 것이며, 해상의 VTM을 포함할 것이다. MarNIS는 SAR 운영의 효

율성을 증진하며 안전, 보안, 그리고 항만의 효율과 각종 수송기관 통합하고자 한다. 반자동적으로 이루어질 필요가 있는 선박의 위치와 목적지 보고와 기타 많은 정보들이 세관, 경비대, PSC 검사관과 같은 육상기관에 의해 요구되는데, 이러한 정보들의 교환체계를 수립하고, AIS가 최소 요구품질의 데이터 송수신을

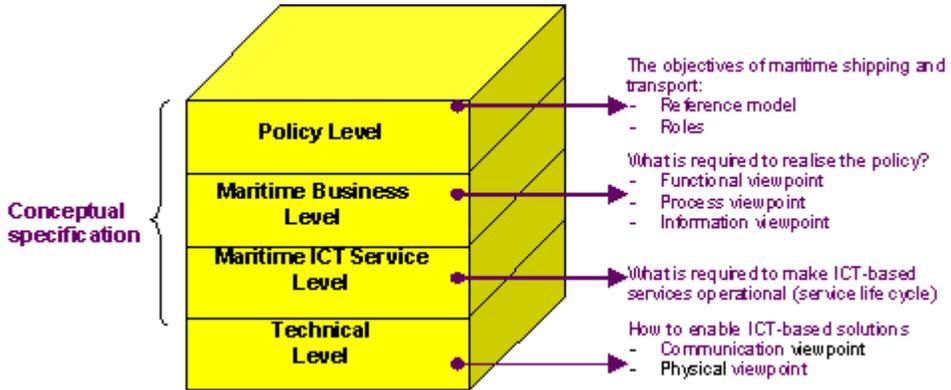


Fig. 2-11 Layers of the Architecture

하지 못할 때는 광대역 통신이 사용할 것을 고려하고 있다. 해상에서의 선박 안전성을 좌우하는 해상 기상 정보의 제공을 위해 MarNIS는 유럽 네트워크에서의 이들 정보의 표준화와 통합을 시도한다. 정보는 광역대를 사용하여 다운로드되고 안전 항로와 속도를 제안할 수 있다. MarNIS는 가용한 ENC의 보정을 위해서 광역대의 애플리케이션을 사용하여 선박에 갱신 정보를 제공할 것이다. 또한 MarNIS는 최신의 관제 기술을 고려하고 갈릴레오 애플리케이션으로 최신의 측위 기술을 수용한다.

MarNIS의 범위는 Fig. 2-12처럼 5개의 클러스터로 구분된다. 첫 번째 클러스터 해상정보관리(Maritime Information Management)는 교통안전과 효율성을 지원하는 사고예방 및 안전관련 정보서비스에 대한 부분이며, 안전관련 정보관리 부분, 해상관련 당국을 위한 정보관리, 항만에서의 정보서비스로 구분되어 진행된다. 두 번째 클러스터는 해상 교통의 안전과 효율을 증진하는 항법, 통신, 정보시스템을 위한 지원기술로서 AIS 기능의 통합, 선박용 광역 애플리케이션, 최신 관제기술, Galileo, AIS, ECDIS, 레이다 통합과 VDR(Voyage Data Recorder),

해도의 갱신과 관련정보 등으로 구분되어 진다. 세 번째 클러스터는 해상 교통 운영의 안전성과 환경보호를 개선하기 위한 선행체계 기술로서 위험도 및 환경영향분석과 해양에서의 경비체계를 포함한다. 네 번째 클러스터는 항만의 보안과 항만운영의 효율성을 다루는 정보서비스뿐 아니라, 항만 환경보호와 교통정보 서비스개선을 다루는데, 최신의 VTM, 항해 선박에서의 항만안전과 인프라정보, 항만보안을 포함한다. 그리고 다섯 번째 클러스터는 교통안전, 보안, 효율개선을 위한 선상 정보서비스를 다루는데, 항해 중 외부정보 흐름, 경로계획, ETA, 항해 중 긴급 상황대응으로 구분된다.

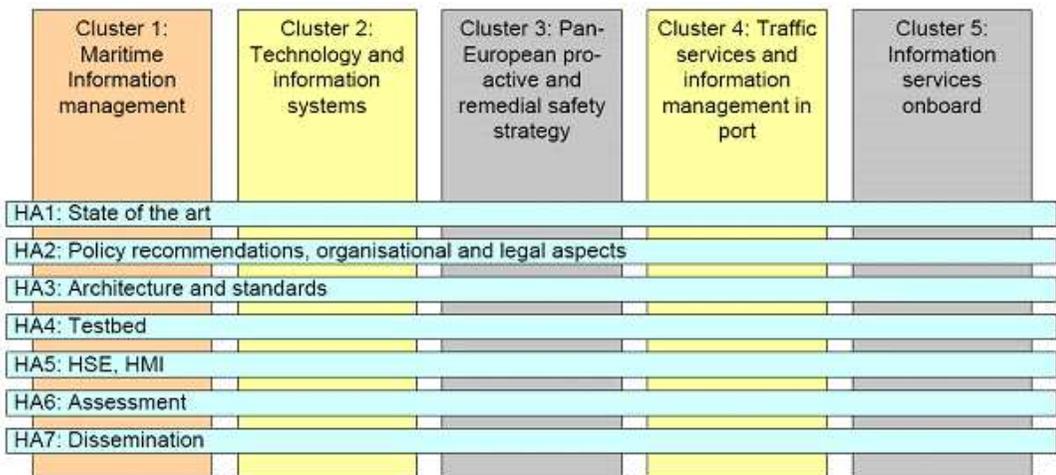


Fig. 2-12 Clusters of MarNIS

2.4.3 IWS

미국 해안경비대 개발센터에서 수행하고 있는 지능수로시스템(IWS, Intelligent Waterways System)은 정보기술(IT)을 이용한 해상관련 기능들의 효율과 효과를 개선하는 것을 개발목표로 하고 있다. 1999년 미국 의회에 제출한 해양수송시스템 2020(MTS2020) 보고서에 IWS에 대한 주요 관련 사항이 언급되어 있으며, MTS2020는 해상운송시스템(MTS, Marine Transportation System)의 경쟁 및 이동성과 정보의 관리 및 인프라에 대한 내용을 실고 있다. IWS에 대한 기대 효과는 적시에 정확하고 효율적인 정보전달이 가능해진다는 것이며, 이에 따른 파급

효과는 해상 상태감시, Guard 선박운용, 해상안전 및 보안, 항로이용 효율향상, 정보의 수집과 배분을 개선함에 따른 추가적인 보고 절차 간소화, MTS 이용자들의 해상정보의 업데이트가 가능해짐에 따른 이득, 실시간 항해정보의 증가로 인한 물류정보의 자동화와 음성 송수신, 전화 및 서류보고 절차의 간소화 등을 들 수 있다. IWS의 구성분야는 Fig. 2-13의 구성도와 같으며 수로정보네트워크와 자동식별장치 그리고 해상정보데이터 교환프로그램 및 보정실현성이 가미된 진보된 항행시스템 등이 포함되어 있다.



Fig. 2-13 Construction Plan of IWS

가. 수로 정보 네트워크(WIN, Waterway Information Network)

WIN의 목적은 해상 교통 시스템 정보의 배포를 용이하게 하는 네트워크를 생성하는 것이며 기존의 Peer to Peer와 Extensible Markup Language(XML) 인터넷 기술을 기반으로 한다. WIN은 사용자와 정보 제공자를 직접 연결시켜 주며, Maritime Information Markup Language(MIML)이라고 명명된 잘 갖추어지고 표준화된 XML의 생성에 다양한 해상 정보 제공자를 포함하고 있는 것이 중요한 점이다. MIML은 자동화된 해상 정보 인프라의 주요 개발품이며, 해상 정보 제공자와 수요자의 무결성 네트워크를 용이하게 한다. WIN은 관심 영역의 확대, 신속한 수정 및 연결 정보 라인의 중복 등에 따른 정보 전달의 개선에 대한 필요성이 증가됨에 따라 개발되기 시작하였다.

Fig. 2-14에서 보듯이 WIN에 있어서 네트워크는 Information Hub보다는 기존의 Peer to Peer 기법의 이용을 권장하는데, 이것은 내용 보안 및 제한된 배포가 가능하기 때문이다. WIN으로 인해 정보 제공자의 과도한 자료 입력을 줄일 수 있으며, 신속하고 정리된 정보 제공이 가능해진다.

WIN에 의하여 제공 가능한 정보는 수로 및 기상자료, 조석 및 조류자료, Coast Pilot 관련자료, 연안 VTS와 연계된 AIS 정보 등이 있으며, 관련 연구개발의 주요 추진내용은 WIN 개념의 개발 및 구축, Tool과 Prototype을 구축하는 것이며, 그후 이용 가능한 기술을 도입하고 WIN을 광역의 해상정보 제공자와 수요자에게 적용되도록 확대하는 HTML과 달리 MIML은 정보내용의 요소들을 나타내는 Markup Tag를 사용하며, 이의 응용은 선택된 정보를 기본의 DB 또는 검색 응용에 이동시키도록 개발되어지는 것이 가능하다. 이러한 기능은 여러 기관의 서로 다른 형식의 요구사항을 채워주는 것이 가능하게 해 준다.

모든 항구와 항로에서 보편적으로 운용되고 있는 환경을 생성하기 위한 자료 교환, 구성연결, 사용자연결에 대한 표준을 제정하는 것이 기본적으로 수행되어야 하며, 해상정보의 내용 및 이에 대한 이용자제한, 운용 및 유지보수, 연결 형태에 대한 정확한 조사와 표준제정이 필요하다.

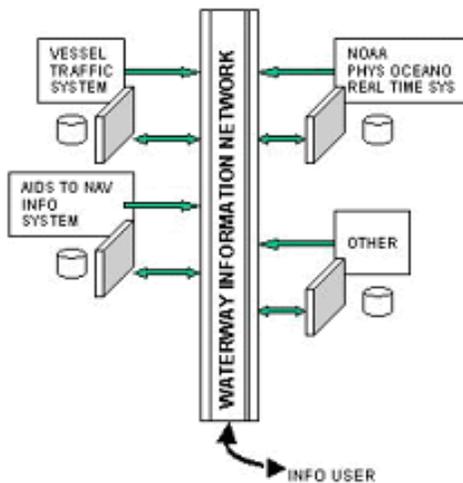


Fig. 2-14 Schematic Diagram of WIN

나. 자동식별장치(AIS, Automatic Identification System)

AIS는 IMO의 주도하에 개발되었으며, 선박의 항해를 보조하여 해상 안전향상, 환경보호, VTS(Vessel Traffic System) 운용을 향상시킨다. AIS는 해상교통 관리를 위한 Ship-to-Shore 방법, 선박과 화물에 대한 정보를 항만국에 제공하는 수단, 충돌 회피를 위한 Vessel-to-Vessel 모드를 제공하며, 전세계 항행위성시스템(GNSS, Global Navigation Satellite System) 수신기, 마이크로프로세서, VHF-FM 트랜스시버로 구성되어 있다.

Fig. 2-15는 AIS의 구성도를 보여준다. 마이크로프로세서는 선박의 센서로부터 자료를 받아 선박의 ID와 함께 디지털 시그널로 만들어서 자동으로 송신하고, 받은 자료는 표시하기 위하여 준비한다. 그리고 최소한의 자판과 화면이 포함되어 있다.

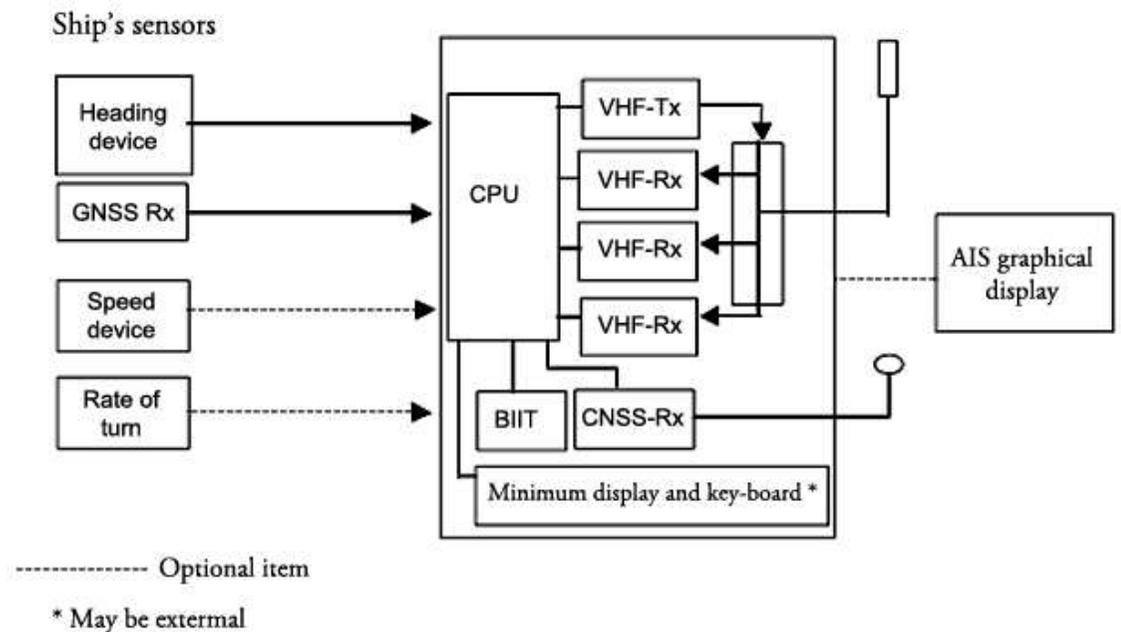


Fig. 2-15 Components of AIS

표준해양 연결기법에 의하여 AIS 정보는 전자해도(ECS, Electronic Charting System), 전자해도 표시 및 정보시스템(ECDIS, Electronic Chart Display and Information System), 레이더 화면 또는 컴퓨터에 나타낼 수 있으며, AIS 정보가 나타나는 레이더는 충돌위험 발생시 상대 선박에 연락을 취할 수 있어서 충돌

회피에 많은 도움이 된다.

IMO의 문서에는 2002년 이후 IMO SOLAS 요구사항을 만족하는 선박에 설치된 휴대용 장치인 Class A를 AIS로 정의하고 있다. IMO SOLAS 요구사항을 모두 만족하지는 않지만 Class A와 호환 가능한 선박에 설치된 휴대용 장치는 Class B로 표면 탐색 기능을 지원해주는 항공기에 설치된 휴대용 장치는 항공기 용수색구난(Search and Rescue Aircraft)로 분류하며, 항해를 위한 증대된 화상 보조 장치는 Aids to Navigation, 그리고 연안에 설치된 VTS와 감시를 지원하는 장치는 육상지원용(Shore Base Station)으로 분류하여 정의한다.

AIS의 주된 강점은 충돌회피이며, 레이더 및 ARPA와 비교하여 타 선박의 센서로부터 직접 얻어진 정보가 제공된다는 것이며, 선박의 이름을 알 수 있다는 장점이 있고, 환경보호, 연안보안 또는 통항관제를 위하여 선박의 이동상황을 효과적으로 보여준다. 또한 AIS 수신 네트워크의 형성으로 모니터링도 가능하다.

다. 해상 정보데이터 교환 프로그램

MIDEP(Marine Information Data Exchange Program)는 항해정보지원시스템(NSI, Navigation Safety Information)의 Prototype을 의미하며, 이를 위하여 미국해안경비대(USCG, US Coast Guard)의 항해지원용 정보시스템(AtoNIS, Aids to Navigation Information System)을 항해안전정보(NSI)로 변환하기 위한 과제를 수행하였다. 기존의 서류에 의한 정보 전달체계에 의한 시간지연과 오류를 방지하기 위한 작업으로 각 기관에 존재하는 DB의 교환에 의한 정보공유 및 신속제공과 해양안전 정보의 배포와 유지보수에 대한 정부의 능력을 신장시키는 것이 목적이다. 이를 위하여 미국 해상경비대 센터에서 NSI Prototype을 만들기 시작했으며, 이것이 추후 각 기관과 공공기관의 항해안전 정보교환의 새로운 방법으로 될 것이다. NSI Prototype은 WIN을 통하여 정보를 주게 될 것이다.

NSI Prototype의 이점은 해양정보의 정확성과 신속성이며, 배포된 정보의 네트워크에 대한 용이성과 효율성에 대한 검증이 가능하고, 추후 MTS 정보와 정보 인프라 개선에 도움을 주며, 해양안전정보 DB의 편집 및 유지보수, 정확도, 효율 및 일관성 개선에도 도움을 준다.

라. 진보된 항행시스템 - 보정실현성

진보된 항행시스템 보정실현성(ANS-AR, Advanced Navigation System Augmented Reality)은 Aids to Navigation(AtoN) 시스템을 개선하는 것으로 해상 정보를 적재적소에 제공하는 것을 의미한다. 이 시스템의 이점은 실제 현상에 대한 인지 정보에 가상의 정보를 더함으로써, 더 효과적이고 효율적인 관련 정보를 제공하고 다른 장치들의 다양함에 의한 정보의 산만함을 배제한다. 이를 위해서는 기능적인 정보 인프라(XML 기반, Peer to Peer WIN)와 화면 표시 장치가 필요하다. Fig. 2-16에는 브릿지에서 본 ANS-AR의 운영 예를 보이고 있다.



Fig. 2-16 An Operating Sample of ANS-AR

ANS-AR의 화면 표시 장치는 사용자의 필요와 예산에 맞추어야 하며, 유연성을 유지해야 한다. 화면 표시 장치로는 휴대폰, 음향장치, 데스크탑 컴퓨터, PDA, 전자해도, 고글 형태의 화면 장치 등이 사용될 수 있다.

제 3 장 e-Navigation 핵심기술

3.1 선교통합기술

3.1.1 선교통합기술의 항해장비

선교에는 선박의 항해를 위해 필요한 항해 장비류 즉, 레이더, 전자해도 표시기, GPS, 선속계, 자이로 컴퍼스, 타각지 시계, AIS, 오토파이럿, 수동 스티어링 스텐드, 측심기, 풍향풍속계 등이 있으며, 선박추진을 위한 엔진 등의 속도 조정 장치 및 모니터링 장비들, 선내 방송용장비 및 전화기 등의 선내통신 장비들, 세계 해상조난안전시스템(GMDSS, Global Maritime Distress and Safety System) 및 위성 통신 등 외부와의 통신기들, 화재경보기 및 수밀 개폐문 지시기 등의 선박 안전에 관계되는 장비류들, 항해등 및 선외등 스위치 및 점등 표시기 등이 설치되며, 선주 및 선형에 따라서 엔진룸의 보기들과 화물의 상태를 감시 제어할 수 있는 경보제어시스템, 엔진룸과 선수 선미 등을 쉽게 파악할 수 있는 CCTV시스템, 또한 해양에서 선박의 위치를 일정하게 유지하기 위한 다이내믹포지셔닝시스템 등이 설치되어진다.

이 중에는 항해와 직접적인 관계가 있는 항해 장비류를 통합하여 시스템을 꾸민 통합항해시스템(INS, Integrated Navigation System)의 핵심기술인 선위기술, 전자해도 표시기기술 및 통신시스템이 e-Navigation과 직접 관련이 있으므로 집중적인 기술분석이 필요하며, 또한 선박성능, 복원성, 엔진상태 및 안전과 관련된 정보들도 육상에서 e-Navigation 관련 필요 정보로 간주될 수 있으므로 이러한 정보의 통합체계인 선교통합시스템의 기술분석이 필요하다.

Fig. 3-1은 선교내 운영되고 있는 장비와 e-Navigation의 운영시스템간의 관계를 도식화하였다. 또한 인간 공학적인 선교의 배치설계 및 선교 인원관리에 대한 개념을 살펴보고, NAV 53에 제시된 선교의 배치와 운영에 대하여 검토해야 할 필요요소가 무엇인지를 파악하고 e-Navigation 정보 표시시스템의 미래를 제시하는 것이 필요하다고 사료된다.

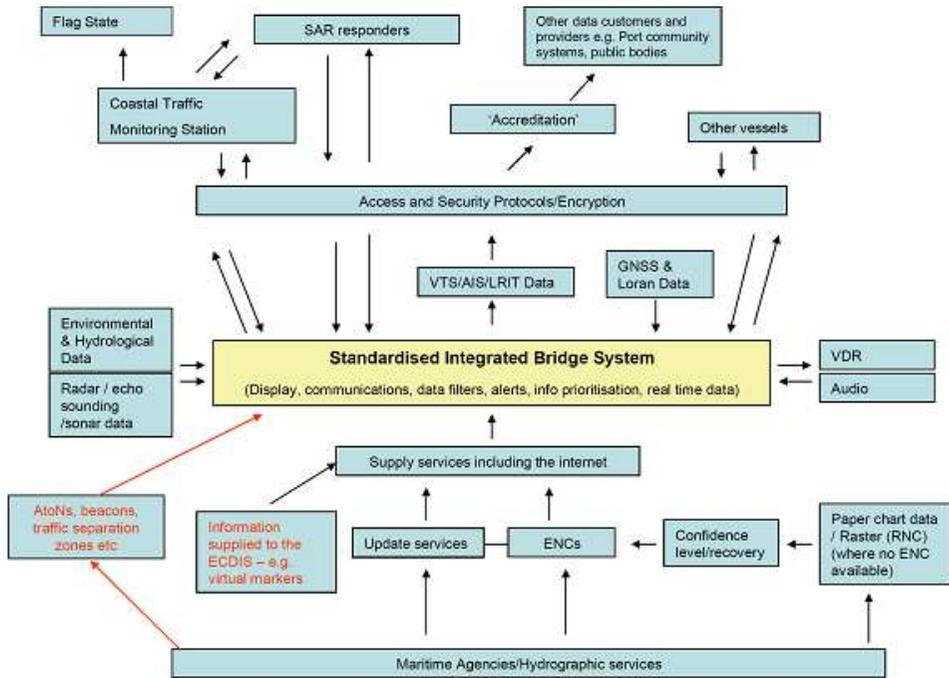


Fig. 3-1 Bridge Equipment and e-Navigation System Architecture

통합항해시스템이 IMO에서 인정하는 장비로 취급되기 전에 유수의 항해장비업체인 SAM등이 판매한 Total Navigation System이란 이름의 통합 항해 시스템이 사용되고 있었다.

그때의 Total Navigation System 내용은 각종 항해장비를 연결하여 요즘의 Conning Display라고 부르는 종합항해 정보디스플레이와 종이해도를 Digitizer로 디지털화하여 만든 전자해도 위에 미리 정한 위치로 선박이 움직이게 하는 Tracking을 할 수 있도록 되어 있었다. 인정되지는 않았지만 통합항해시스템의 기초가 되었다고 볼 수 있다.

IMO에서 1998년 MSC86(70) Annex3과 같이 INS 성능기준이 마련되어 공식적인 장비로 출발하였으나, 실질적인 사양 및 Test 기준을 기술 IEC(International Electrotechnical Commission)에서 기준을 준비하는데 많은 논란이 있어 2006년에야 겨우 IEC 61924로 공포되었다^[14].

그러나 IEC 61924를 준비하는 과정에 MSC86(70) Annex3로 규정된 IMO 성능기준의 많은 부분이 미흡한 것을 인지하여, 독일 주도하에 IMO MSC78차에서

개정하기로 결정하였다.

NA53에 제출된 새로운 INS의 성능기준 초안은 안전한 항해정보의 통합을 위한 데이터점검 및 무결성 점검 등의 방법과 INS를 하나의 기기컨셉으로 구성하는 것을 허용하는 것으로, 전체의 통합화와 부분적인 통합화를 모듈식으로 적용하는 것이다.

3.1.2 선교통합 정보표시기술

선교통합기술 중에 또 하나의 중요한 부분은 정보표시기술이다. 최근에 선박의 고속화, 대형화되면서 많은 정보가 제공되고 있으나, 한정된 운항사에게 효율적인 정보를 제공할 수 있는 기술이 바로 선교통합 정보표시기술로서, 최근 S-Mode라는 용어로 표현된다.

가. 화면구성

인간공학에 근거한 정보표시 시스템이란 각 운항 모드별 최적의 화면을 구성하여 선원들에게 화면 집중도를 높이는 것으로 INS에서 요구하는 HMI(Human Machine Interface)와 IEC에서 IMO에 NAV51/4/1의 문서에 화면구성에 관한 내용이 언급되어 있다. 여기에서 항해 관련 외의 시스템 즉 바다상태, 복원성, 엔진상태 및 안전에 관한 정보표시를 효율적으로 배치하면 된다.

Fig. 3-2에서 Fig. 3-4는 다양한 형태의 정보표시기술로서 하나의 화면에 다양한 모양의 표시 가능함을 보여준다.

나. e-Navigation을 위한 Bridge 표시 및 운영

e-Navigation을 위한 선교표시 및 운영 부분을 NAV53/13 자료에서 추출하여 검토할 사항은, 추후 목적과 인간 요소분석 프로세서와 부합되는 표현 규격으로 수정하며, 구조와 최소의 장비를 갖는 표준선교의 정의를 하며, 새로운 규정을 적용하고, 현황 표시와 업무량 감소, 새로운 IMO 표준개발, 간단한 항해계획 고려, 자동보고 시스템 등을 고려하여야 한다.

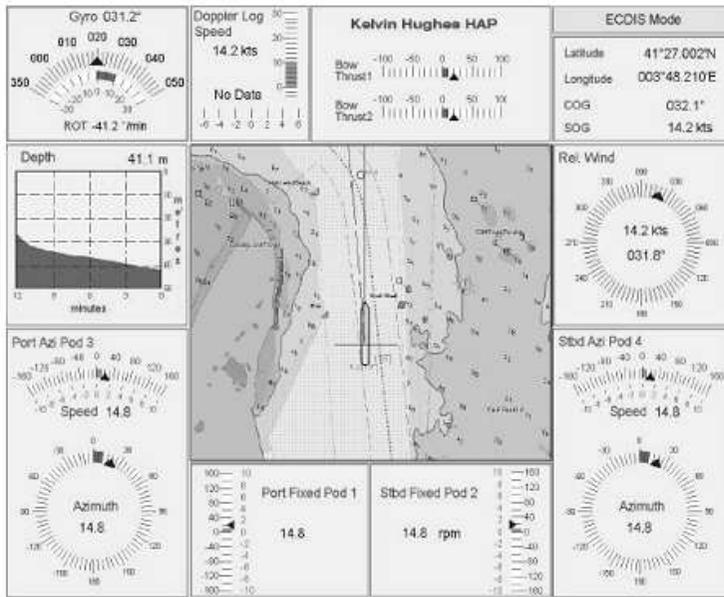


Fig. 3-2 Task Oriented Presentation

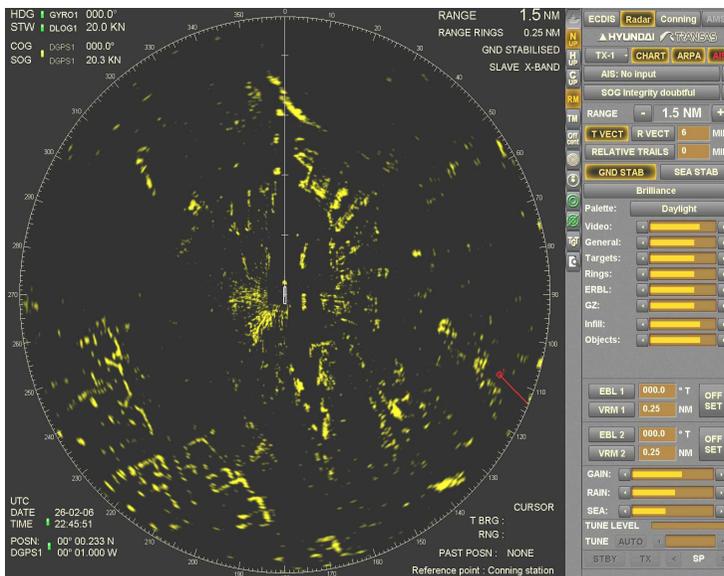


Fig. 3-3 Radar Display

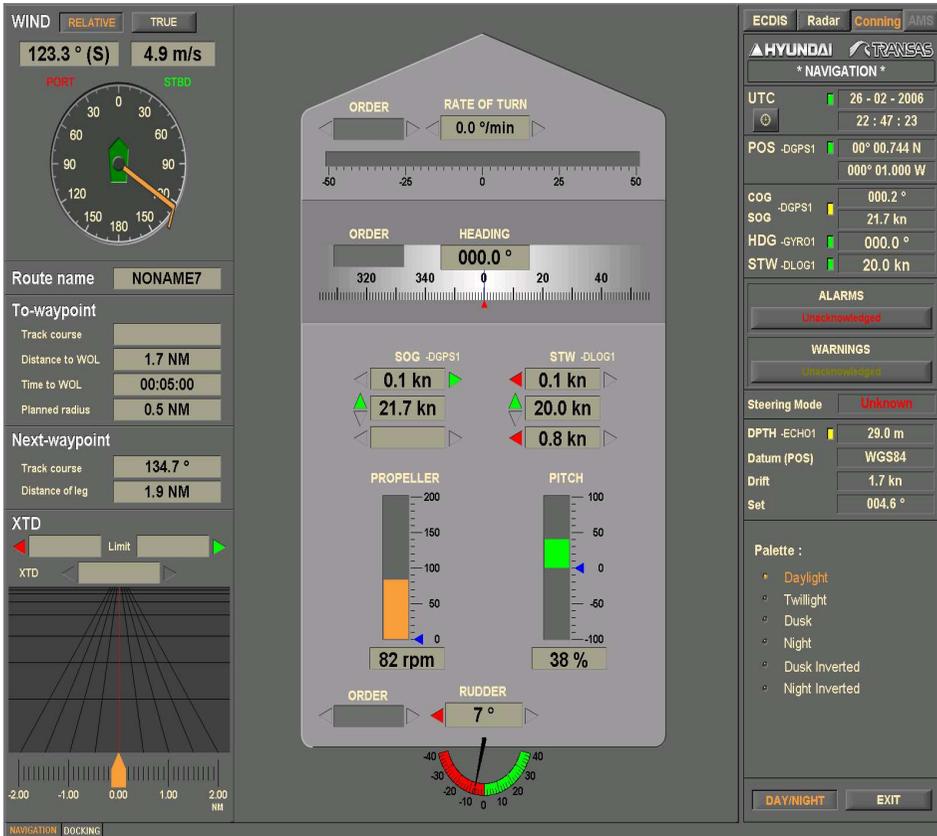


Fig. 3-4 Conning Display

3.1.3 통합항해시스템의 구성

NAV53에 제출된 새로운 통합항해시스템의 성능 기준 초안을 기준으로 통합항해시스템을 구성하면 개략적으로 아래와 같은 구성도 Fig. 3-5가 된다^[15].

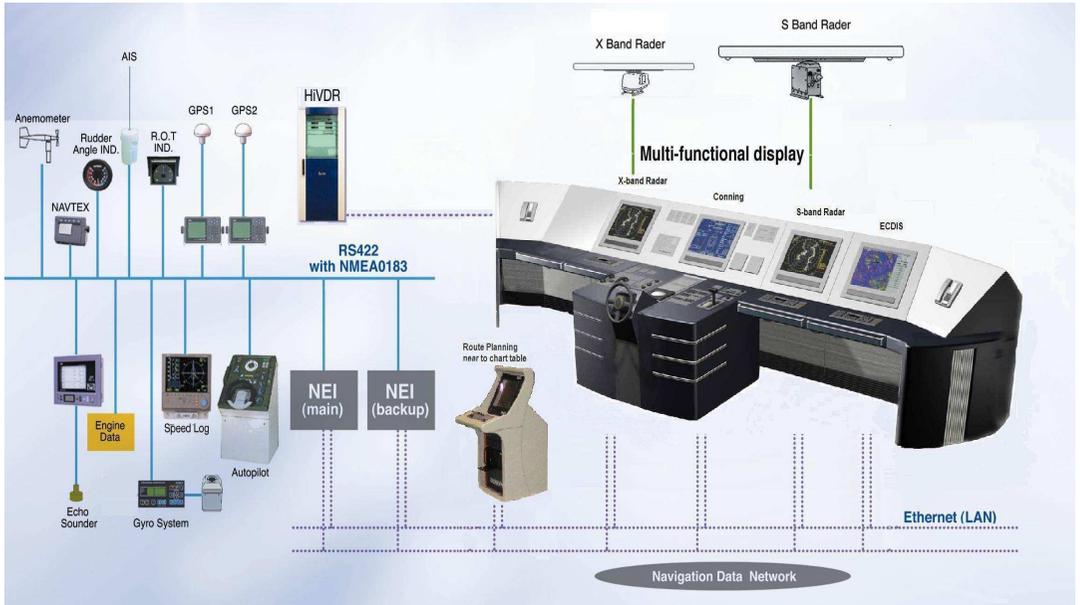


Fig. 3-5 Components of INS

가. 통합항해시스템의 성능 기준

성능 기준의 초안이므로 일부 요구 사항은 아직 일관성이 없는 부분이 있으나, 차츰 정리될 것으로 본다. 통합항해시스템의 목적은 선박 운항의 지리, 교통, 환경에 의한 위험을 피하기 위해 통합적이며, 증대된 기능을 제공하여 항해 안전을 이룩하는 것이다. 각종 항해 장비로부터 오는 데이터의 무결성 검사가 통합항해시스템의 핵심 기능이다. 안전하고 신속한 항해를 이루기 위해서 인간 공학적인 것을 고려하여 일량이 선원의 능력 이내의 것이 되도록 되어야 한다^[16].

통합항해시스템은 항로 계획, 항로 모니터링, 충돌 회피, 항해 운전, 항해 상태와 데이터 표시 및 경계 관리 등의 항해 태스크로 이루어지며, 한 개의 항해 시스템으로 통합되는 각 데이터 및 디스플레이도 포함된다. 여기서 적어도 항로 모니터링과 충돌회피의 항해 태스크가 포함되면 통합항해시스템라고 정의된다.

경계 관리와 수동 조정용 항해 데이터의 표시도 통합항해시스템의 필요한 태스크이다. 다른 항해 태스크도 통합항해시스템에 포함 될 수 있다.

단품의 항해 기기 대신에 통합항해시스템의 사용과 설치를 허용하는 것이고 또한 항해기능과 데이터의 통합 과정에 있어서 전체의 포괄적인 통합과 부분적인 통합 둘 다의 원만한 통합을 이루어져야 한다. 통합항해시스템은 4개의 모듈로 구성된다. 모듈 A는 정보의 통합을 위한 요구사항이 정리된다. 이것은 각각의 항해기로부터 받은 항해정보, 데이터가 어떻게 주고받는지 입증되고, 그 무결성 등이 표시되어야 하며, Module B는 통합항해시스템의 태스크 관련 요구사항으로 통합항해시스템에 통합되어야 하는 태스크와 기능에 대한 요구사항이며, 모듈 C는, 경계관리는 통합항해시스템내의 경계관리를 기준하나, 차후 Bridge까지 확장할 수 있어야 하며. Alarm, Warning, Caution의 3가지로 구별한다. 모듈 D는 선적서류비치에 관한 것으로 선박에 비치할 통합항해시스템 기기의 운전매뉴얼 및 설치매뉴얼 등에 대한 기준이다. 추가로 통합항해시스템으로 통합되는 각 태스크에 대해서는 모듈 B의 단품의 성능기준 중의 관련 부분을 만족해야 한다.

그리고 모듈 A의 정보의 통합에서 인터페이스와 데이터 교환은 다음과 같이 수행하여야 한다. 첫째, 통합항해시스템은 각 센서와 소스에 연결된 데이터를 결합하고 처리하며 평가해야 한다. 둘째, 통합항해시스템내의 데이터 교환의 모니터링은 확실해야 한다. 셋째, 데이터 교환의 실패는 어떠한 독립적 기능에 영향을 끼쳐서는 안된다. 넷째, 통합항해시스템 내의 인터페이스는 적당한 국제규격을 따라야 한다. 다섯째, 모듈 C에 언급된 경계 관리의 인터페이스 요구사항을 만족해야 한다. 그리고 다음 Fig 3-6의 과정을 거쳐 데이터가 분배되어야 한다.

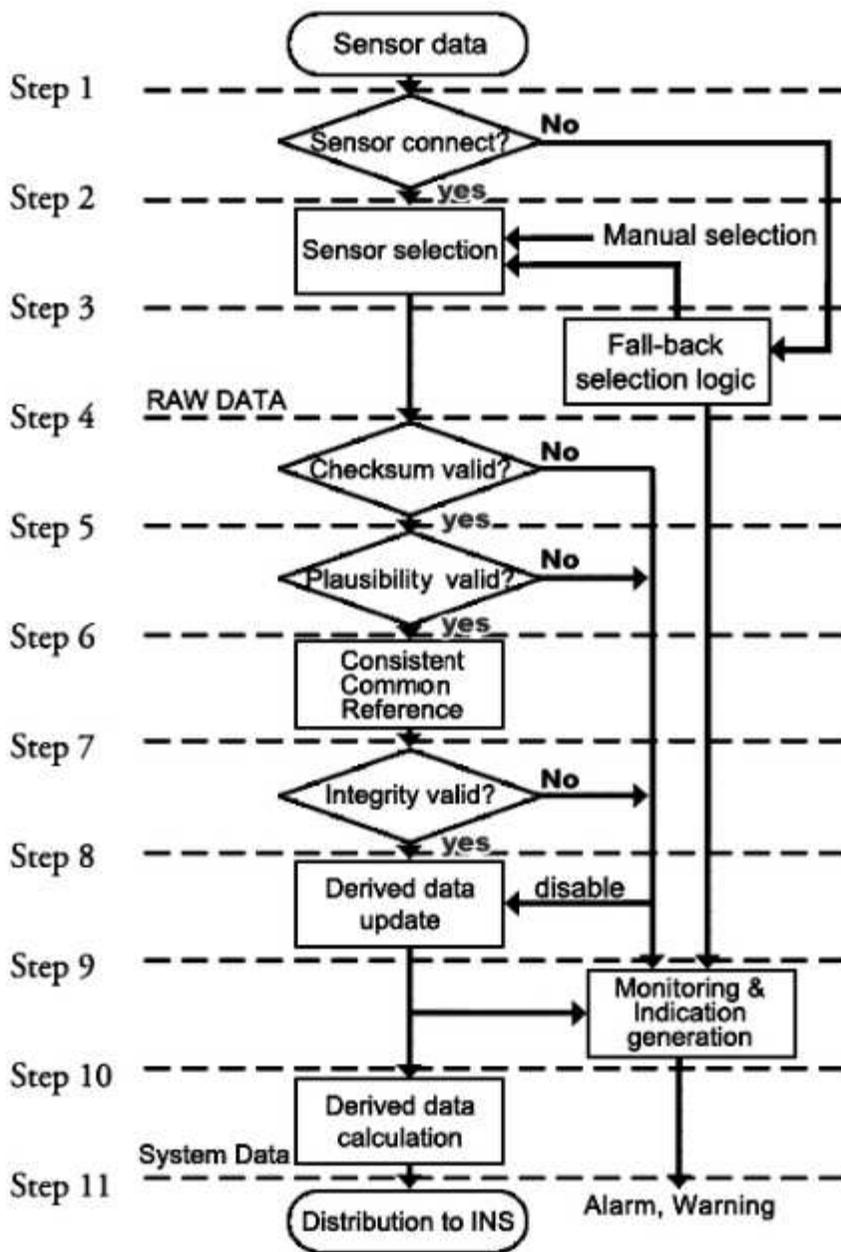


Fig. 3-6 Primary Data Processing Diagram

3.1.4 성능기준

통합선교시스템(IBS)에 대하여 IMO에서의 성능기준은 통합항해시스템보다 먼저 1996년 MSC64(67)로 제정되고, 그 성능기준에 따른 시험 기준IEC61209(1999)가 제정되었으나, 그 적용부분이 애매하여 이 성능기준과 시험기준에 맞추어 형식 승인된 통합선교시스템은 없으며, 이러한 내용을 잘 아는 독일과 노르웨이 정부는 2004년 MSC78에서 통합항해시스템 개정발의 시 통합선교시스템도 함께 검토하기로 하였다^[17].

NAV51의 Technical Working Group에서 통합항해시스템 개정을 완료한 후에 IBS에 대하여 협의하기로 함에 따라 새로 개정될 통합선교시스템은 아직 명확한 형태가 갖추어지지 않았다. 그렇지만 이전 MSC64(67)의 성능 요구조건에 의하면, 운항, 통신, 설비기계관리, 화물장치관리, 안전관리 부분에서 2가지 이상은 준비되어야 한다.

운항부분을 포함하여 타 시스템과 결합하거나 혹은 통합항해시스템과 다른 시스템들과의 인터페이스를 통합선교시스템 방향으로 추진하고자 하였다. 선박의 e-Navigation에서 요구되는 기능은 통합항해시스템과 통합선교시스템이 중심이므로 통합항해시스템 부분을 제외하고 나머지 필수 통합, 인터페이스 되어야 할 시스템을 통합선교시스템으로 구분하여 정리해 나가면 통합선교시스템에 대한 해법을 얻을 수 있을 것으로 본다.

해상 상태, 복원성, 엔진 및 안전 등이 e-Navigation 문서(NAV53/13)에서 언급된 부분이므로 이 부분부터 검토해 나가면 될 것이다.

3.1.5 설계 및 선교인원관리

선교설계에 대해서 처음으로 거론된 것은 지금부터 약 15 여년전 One Man Bridge 개념이 나올 때부터였다. 노르웨이 선급이 중심이 되어 선교 설계를 합리적으로 하고 선교 항행 감시경보 등의 장비를 갖추면 야간 당직을 1명으로 줄일 수 있다는 선급 Notation을 제정하고 나서부터였다. 그 후 IMO에서 sole lookout at darkness라는 안에 대하여 여러 번 협의한 결과 최종적으로 선교설

계는 선박안전을 위해 SOLAS Ch.5/Reg.15로 정리되었고, 선교항해당직경보는 Resolution MSC128(75)로 정리되었으며, NAV53에서는 법정 필수 장비화를 추진하고 있다. 하지만 야간 당직을 1명으로 하는 안은 선원들에게 부담을 줄 수 있는 안이므로 IMO에서는 다시는 논의하지 않는 안으로 정리되었다.

2000년에 개정된 SOLAS Ch.5/Reg.15에 의하면 선교설계는 Guidelines on ergonomic criteria for bridge equipment and layout (MSC/Circ.982)를 참조하라고 되어 있으나 적용시킬 때 어려움이 많아 한국의 조선소를 중심으로 MSC/Circ.982를 개정하거나 다른 기준을 만들도록 제안하였다. MSC78/11/4 그 때 IACS에서도 선교설계에 대한 통일해석 UI SC181을 제정하여 MSC78/11/3으로 IMO에 제출하였다. 그 후 IACS에서는 검토를 거듭하여 NAV53에 INF4,5,6,7로 IACS Recommendation No. 95로 제출하였다.

IACS Recommendation No. 95는 현재의 기기를 중심으로 선교설계에 대한 정리를 하였으며, 선교설계의 중요한 지침이 되었다. 선교의 Workstation배치는 Fig. 3-7에서 Fig. 3-9까지 여러가지 사례를 보여주고 있다^[18].

Navigating and Maneuvering Workstation은 항로 모니터링, 교통감독, 코스 변경, 속도조정을 수행할 때 항해사에게 조망시야를 제공하며, 선박의 안전상태를 모니터링 할 수 있게 한 곳이며, Monitoring Workstation은 당직 항해사, 보조 항해사 혹은 파일럿이 항로 모니터링을 위해 선박의 선수, 속도, 해상상태 및 교통상태를 관찰하는 조망시야를 확보하고 관련기기를 사용하는 곳이다.

Route planning Workstation은 출항에서 입항까지 전 항해의 항로를 계획하는 곳이며, Safety and Communication Workstation은 선박의 안전 상태와 관련하여 내외 통신기와 정보에 쉽게 접근할 수 있고, 선내비상 및 위급상태를 조치할 수 있는 곳과 GMDSS와 위성통신 및 선내통신을 할 수 있는 곳으로 구분된다.

Manual Steering Workstation은 수동조타를 위해 수동조타기와 관련기기가 있는 곳이며, Docking Workstation은 부두접안, 터그보트 및 계류할 때 필요한 시야 확보와 기기정보를 가진 곳으로 Bridge wing에 위치하여 있다. Conning Station은 협해역 등에서 조망시야, 해면의 근접전망 및 필요 기기정보를 제공하고, 선박의 움직임을 모니터링하고 지시하는 곳이다.

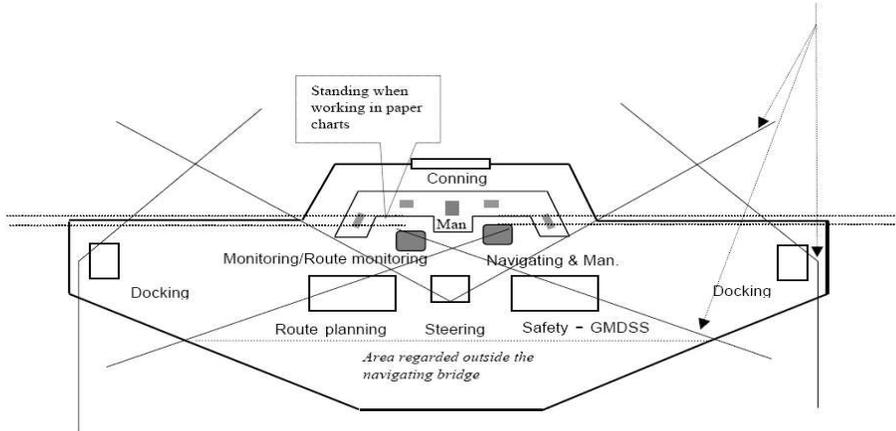


Fig. 3-7 Layout of Bridge 1

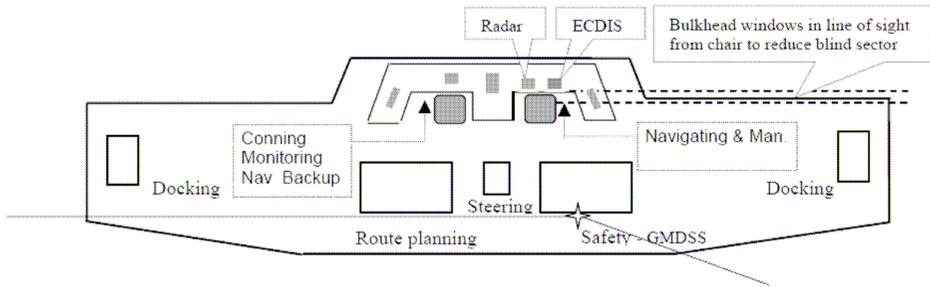


Fig. 3-8 Layout of Bridge 2

Fig 3-10은 Navigating and Maneuvering Workstation과 Monitoring Workstation을 결합한 Workstation의 항해기기의 배치를 살펴보면, Bridge 팀 운영은 ISM과 STCW Code의 요구사항을 만족하는 것으로, 각 선사에서 정하고 있으며, 브리지팀의 운영에 대하여 어느 정도 파악이 되어야 통합항해시스템, 혹은 통합선교시스템을 구축하는데 도움이 된다.

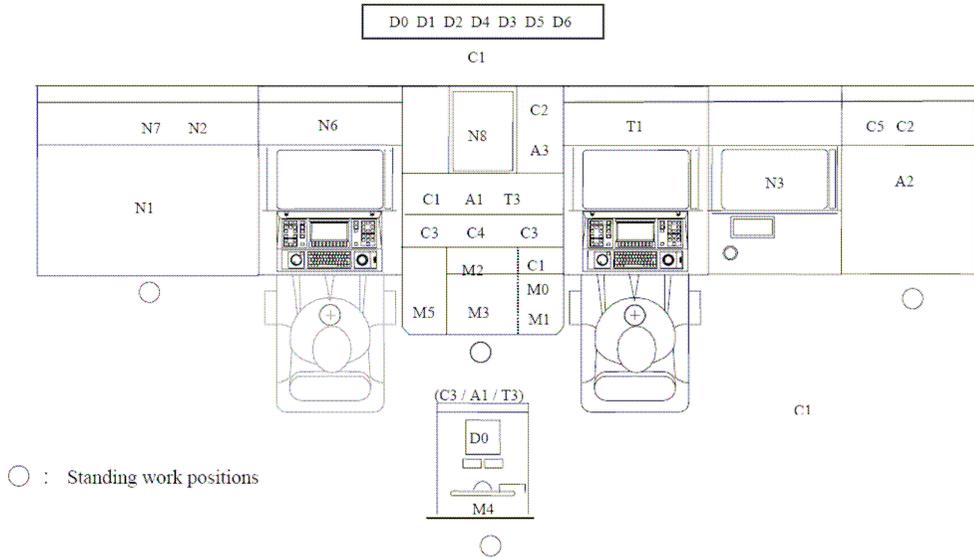


Fig. 3-9 Layout of Bridge 3

Indications on drawings

N1	Paper chart table	M0	Steering mode switch	C1	Whistle ctrl.
N2	GPS	M1	Override/steering tiller	C2	Sound reception syst.
N3	ECDIS	M2	Auto heading ctrl./track ctrl.	C3	Intercom (auto t1ph.)
N4	ECDIS back-up	M3	Propulsion ctr.	C4	VHF
N5	Pelorus/gyro repeater	M4	Main manual steering ctrl.	C5	GMDSS remote ctrl.
N6	Radar	M5	Thruster ctrl	C6	Internal command com. syst.
N7	Echo sounder				
N8	Conning display				
A1	Panel-warnings/alarms	D0	Heading display/gyro repater		
A2	Machinery systems	D1	Rudder angle indicator		
T1	Radar/ARPA	D2	Rate-of-Turn indicator		
T1+	Radar/ARPA w/ENC	D3	RPM/Pitch indicator		
T2	AIS	D4	Speed indicator		
T3	Window wipers	D5	Echo sounder display		

N: Means for Navigation
M: Means for Manoeuvring
C: Means for Communication
A: Alarm systems
T: Means for Traffic surveillance
D: Information-indicators/displays

Fig. 3-10 Layout of Workstation for Navigation Equipment

3.2 측위기술 분석 및 발전 방향

GNSS(Global Navigation Satellite System)는 4개 이상의 위성 신호를 수신하여 사용자의 위치를 결정하는 위성측위시스템으로서, 대표적인 시스템으로는 미국의 GPS, EU의 Galileo, 러시아의 GLONASS가 있다. 또한 이들 시스템의 정확성, 신뢰성 향상을 위한 시스템으로서 보정시스템이 있으며, 위성기반 및 지상기반 보정시스템이 있다^[19].

3.2.1 GPS(Global Positioning System)

미국방성에 의해 개발된 GPS는, 전세계를 대상으로 하는 위성을 이용한 무선 측위시스템으로서, 1993년도에 초도 운용 개시하였으며, 1995년도부터 정식운용 중에 있다. GPS 위성군 특성은 고도가 20,183 ~ 20,187 km인 지구 중궤도를 6개의 궤도와 24개 위성을 가지고 지구상 어느 곳에서도 6개의 위성관측이 가능하다. GPS의 특징은 3차원의 위치 및 시간 정보제공하며, 민간용 100m, 군사용 20m 정도의 정확도와 전지구를 대상으로 24시간 연속 서비스를 제공하고 기상 조건 및 간섭에 강하며 수동적이며 무제한 사용이 가능하다. GPS 위성 제원으로는 무게는 약 900~2,000kg이며, 원자시계로 작동하고 통신방식은 CDMA방식과 L밴드 반송파로 이루어지며 수명은 7.5년 정도이다. Fig. 3-11은 GPS의 지상부분의 시스템을 입체적으로 설명하고 있다.

Fig. 3-12는 위성을 이용한 위치측정원리로 세 개의 원이 교차하는 점이 측정하려는 위치를 나타낸다. 위치계산에 필요한 측정치는 위치측정 순간의 GPS 위성의 위치데이터와 의사거리로 계산된다. 수신기 시계오차가 위치측정오차로 작용하므로 최소 4개 이상의 위성신호를 수신하여야 3차원 위치측정 가능하다.

Fig. 3-13은 전파지연에 따른 실질적인 거리측정은 의사거리 측정방법은 GPS 위성을 이용, 사용자의 위치 및 시각 계산을 위한 기본 측정치 후 오차를 포함한 수신기와 위성사이의 거리를 다시 측정한다. 즉, 의사거리는 실제거리와 거리 오차를 합산하여 계산할 수 있다.

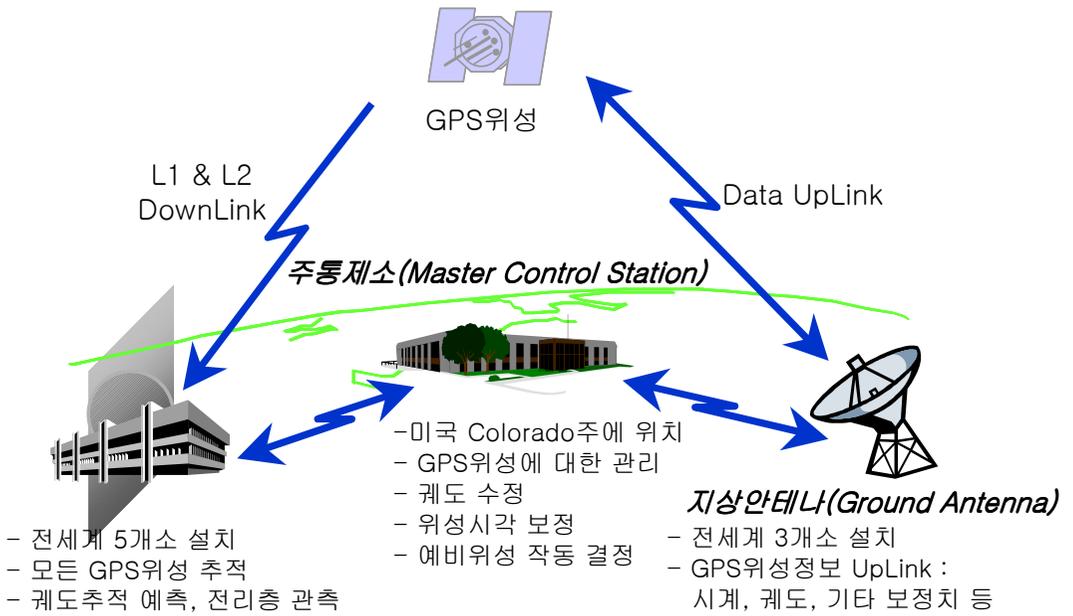


Fig. 3-11 GPS on Ground Station

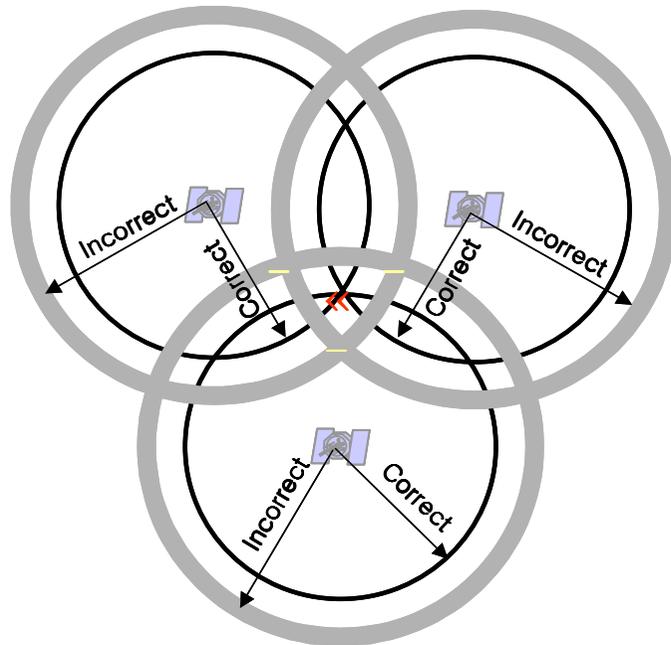


Fig. 3-12 Principle of Finding Position

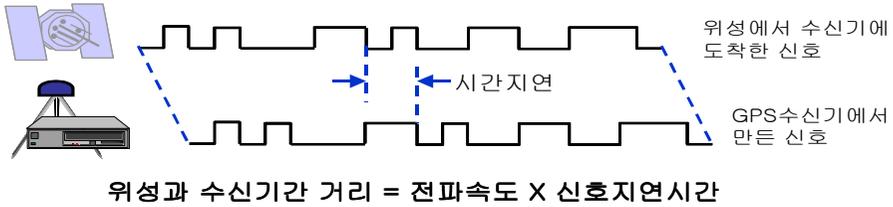


Fig. 3-13 Diagram of Propagation Delay

GPS는 두 종류의 서비스 즉, SPS 및 PPS를 제공하는데, 표준 측위 서비스 (SPS, Standard Positioning Service)는 민간용 서비스로 전세계적으로 연속적, 무제한 서비스를 하며, 정확도는 수평 100m이나 고의오차 중단으로 수평오차 15~40m 정도로 정확도가 향상되었다. 정밀측위서비스(PPS, Precise Positioning Service)는 군용 서비스로, P(Precise) 코드 해독 가능 수신기를 사용하고 정확도는 수평 22m 정도의 오차가 있다. 현재의 GPS는 위성의 상태데이터(SOH, State Of Health), 신호 신뢰도 등 정보가 제공되지 않아 성능상 제약 사항이 있으므로, 고정밀 위치기반 서비스인 항공기관제나 선박운항 그리고 LBS나 텔레매틱스의 활용상 제약 요인이 있으며, 상세 제약 사항은 Table 3-1에 명시되어 있다.

Table 3-1 Specification of GPS

구분	요구사항 (항공기 CAT-I)	제약사항	비고
GPS 신뢰도 통보시간	6초 이내	15분소요	광역보정시스템 사용으로 문제점 해소
위성가용성	99.9%	24개 위성 : 70% 21개 위성 : 98%	
정확도	7.6m	15 ~40m	
연속성	서비스 연속성 확보	서비스 연속성 확보 불가	

3.2.2 Galileo

Galileo는 GPS와 유사한 위성측위시스템이며, 30개의 중궤도 위성, 관련 지상국 및 광역지역 보정시스템으로서 Fig. 3-14처럼 구성되어 있다.

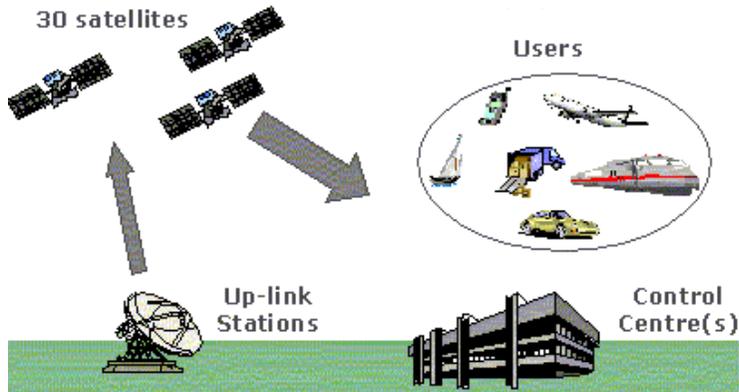


Fig. 3-14 Component of Galileo System

Galileo 우주 부문은 위성 무게가 680kg인 30기의 위성이 중궤도의 고도 23,616km의 높이에서 3개의 경사각 56도의 궤도면에 궤도당 10기의 위성을 배치하여, 14시간 4분 주기로 돌고 있다. 지상 부문의 Galileo 관제센터는 유럽의 중심부에 위치한 2기와 관제국 5기, Uplink Mission Station(C-band) 9기 및 감시국 30기가 전 세계적으로 위치하고 있다. Galileo 사업은 3단계로 이루어지며, 2007년까지 개발을 완료하고 2008년부터 정식 운용될 예정이었으나, 사업 추진 지연으로 2011년 이후에 정식 운용될 예정이다. Galileo 시험 위성인 GIOVE-A 위성이 2005년 12월 28일에 발사되어, 2007년 5월 최초의 항법 메시지가 위성으로부터 송출되었으며, 국내에서도 하루에 두 번씩 위성으로부터 신호를 수신할 수 있다.

Table 3-2 Details of Service Specification

서비스 구분	정의	측위 정확도
개방서비스 (OS)	<ul style="list-style-type: none"> - 무료서비스 - 서비스에 대한 보장 없음 - 무결성 정보제공 없음 	단일주파수 수평 15m/수직 35m 이중주파수 수평 4m /수직 8m
상용서비스 (CS)	<ul style="list-style-type: none"> - 유료 서비스 - 부가 기능첨가, 이동통신과 통합 - 서비스 보장, 무결성 정보제공 	m이하
인명안전서비스 (SOL)	항공기, 선박, 열차 등과 같은 치명적인 분야에 적용, 무결성 정보 제공	수평: 4m 수직: 8m
공공규제서비스 (PRS)	<ul style="list-style-type: none"> - 경찰, 소방 등 공공분야에만 제공 - 강건한 서비스, 신호 부호화 - 서비스 보장, 무결성 정보제공 	수평: 6.5m 수직: 12m
탐색및 구조서비스 (SAR)	<ul style="list-style-type: none"> - 기존 COSPAR-SARSAT 시스템 보장 	

가. Galileo 서비스 및 신호

Table 3-2는 서비스의 범위에 따른 신호 특성을 보여주고 있으며, 서비스의 구분에 따른 정의 및 측위 정확도를 보여주고 있다.

나. Galileo 시스템 보안 정책

Galileo 시스템에 대한 보호를 위하여, EC에 의하여 Galileo 보안 위원회(GSB, Galileo Security Board) 설립, 정부 기관의 고위 보안 담당관으로 구성하였다.

3.2.3 GNSS 광역보정시스템

광역보정시스템은 정지 궤도 통신위성을 이용하여 GPS 위성 감시국으로 부터 수신된 GPS위성의 신호무결성 및 측위보정치를 송신하는 기능을 하는 위성기반 시스템이다.

광역보정시스템으로는 미국의 FAA에 의하여 개발 중인 WAAS, 유럽연합에 의한 EGNOS, 일본 항공국에 의한 MSAS가 있으며, 이들 시스템에 의하여 전세계적인 커버리지가 가능하다. 현재의 GPS 성능상 제약사항을 보완하기 위하여, 신호에 대한 신뢰도 및 측위보정치 정보를 정지 궤도 통신위성을 통하여 사용자에게 제공하는 시스템으로서, 미국, 유럽 및 일본에 의하여 광역보정시스템이 개발되고 있다.

이에 따라 측위 정확도가 향상되어 3m 이내로 측위 신뢰도의 향상이 이루어지며 특히 측위의 필수적인 요소인 신뢰도, 정확도, 가용도 및 연속성이 향상될 것이다. 3개의 위성인 WAAS, EGNOS, MSAS의 광역보정시스템의 완성과 함께 선박, 항공기 등 운항에 대한 연속 서비스가 가능해 질 것이다.

3.2.4 미국의 WAAS

WAAS는 미국의 FAA에 의하여 개발 추진되었으며, 성능 개선을 위한 시험수행 및 현재 운용 중이며, GPS 위성의 상태 및 DGPS 보정치를 정지 궤도 통신위성을 통하여 제공할 예정이다. Reference Station에서 수집된 GPS 정보가 Data Link를 통하여 Master Station을 전달되며, GPS 오차를 포함한 메시지가 생성되어 정지 궤도 위성을 통하여 사용자에게 전달된다.

WAAS는 GPS와 같은 신호를 사용하므로, GPS 위성이 한 개 더 있는 것으로 간주될 수 있으며, GPS가 시스템적인 문제에 의하여 어느 지역에서 사용할 수 없는지를 사용자에게 알려준다. Fig. 3-15처럼 WAAS 시스템 구성은 정지궤도 위성 2개, Master Station 2개, Reference Station 25개와 Datalink인 Local & Uplink로 구성되어 있다.

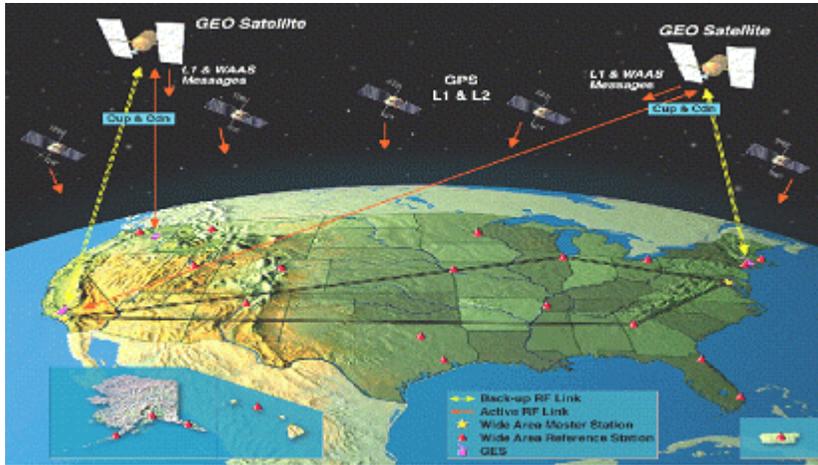


Fig. 3-15 Component of WAAS

3.2.5 유럽의 EGNOS

EGNOS는 WAAS와 유사한 위성측위 보정시스템으로 GPS와 GLONASS의 측위 오차 보정 신호 및 신호의 무결성을 정지 궤도 통신위성을 이용하여 사용자에게 제공하며 GPS L1과 동일한 주파수를 사용하나 메시지 포맷은 다르다. EGNOS는 ETG 회원인 ESA, EC 및 EURO CONTROL에 의하여 공동 개발되었으며, 2006년부터 운용 신호를 송출 중에 있으며, 2007년에 EGNOS SoL 서비스 개시가 될 것으로 예상된다.

EGNOS는 광역보정 정보송출에 의하여 측위 정확도 향상으로 수직 2-4m, 수평 1-3m까지 개선되었으며, 안전 관련 신뢰도 역시 향상되어 GPS 시스템 이상시 6초 이내 경고가 발령되며, 연속성 향상 및 GPS와 같은 신호를 송출함으로 측위 가용성이 향상되었다.

3.2.6 일본의 MSAS

일본 항공국(JCAB)은 아시아 태평양 지역에 서비스 제공을 목적으로 정지궤도 위성인 MTSAT을 이용한 광역 보정 시스템인 MSAS를 개발 및 시험 중에 있다. MTSAT-1은 1999년 발사 실패, MTSAT-1R은 2003년 초에 발사, MTSAT-2는

2006년에 발사하였으며, 주위성과 예비위성으로 운용될 예정이다. MTSAT에는 측위, 기상 탑재체가 탑재되어 있어 측위 탑재체를 이용한 음성통신, 자동항행 감시 시스템(ADS), CPDLC 기능을 조종사와 관제사에게 제공하는 항공이동 위성서비스, GPS 신호 무결성 및 오차보정 정보를 제공하게 된다.

MSAS의 서비스 범위는 아시아 태평양 지역의 대부분을 포함하며, 밀집지역에 대하여는 6개의 Spot 빔을 사용한다. MSAS는 독자적인 특성도 있지만 미국의 WAAS와 거의 유사하게 개발되고 있다. 따라서 WAAS의 변경시, MSAS도 따라서 개발될 것이다. 한 예로 WAAS에서 무결성 이슈가 발생됨에 따라 MSAS에서도 이를 검토 및 반영하였다.

3.2.7 측위기술의 국제적 이슈

국가별로 추진 중인 위성 기반 광역 보정 시스템의 상호 운용을 통하여 세계적으로 Seamless 서비스 제공이 가능하다. 이를 위하여 미국의 연방항공국과 국제민간항공기구 그리고 관련국가의 개발자들이 상호 운용성에 대한 관련 사항을 협의 중이다.

또한 상호 운용성 워킹그룹에 의하여 상호 운용성에 대한 검토가 진행 중이며, 상호 운용성에 대한 기능 정의, 국제적인 위성기반 광역보정시스템의 적합성, 위성 기반 광역보정시스템의 안전, 인증, 운용 및 제공자, 사용자 혜택, 서비스 커버리지 지역 사이에 위치한 중간지역에 대한 최소 서비스 수준 보증, 시스템 보안, 데이터 교환을 통한 시스템 성능 및 예측 기능향상, 최적 서비스 가용을 위한 개발 일정의 동기화 등이 그동안 수행되어 왔으며, 상호 운용성은 수신기 호환성과 병행되어 검토되고 있다.

3.2.8 Loran-C 기술 현황

Loran(Long Range Navigation)은 미국국방시스템으로 시작되었으며, 전천후 항법 및 측위 서비스를 제공하고 있다. Loran은 미국 해안경비대에 의하여 개발되어, 현재의 Loran-C는 1970년대에 해양항법시스템으로 승인되었다.

Loran-C는 미국 해안 및 5대호 주위에서 탁월한 커버리지를 하였으며, 폭넓게

사용되었다. Loran은 해양 분야뿐만 아니라 수송, 비수송 분야에도 사용되고 있으며, 최근에는 DGPS 보정 정보 변조에 대한 연구도 진행 중이며, Loran 현대화에 따라 측위 정확도 향상으로 400m에서 10m까지 성능 개선이 이루어지고 있다.

가. 시스템 구성 및 운용

Loran-C는 고전력, 저주파의 지상파 무선측위시스템으로서, 90~110kHz 주파수 밴드에서 작동되어진다. Loran-C는 송신기, 제어국 및 감시국으로 구성되며, Loran 항법시스템의 기본 구성요소는 Loran Chain이다. 각 체인은 3~6개의 송신국으로 구성되며, 각 체인은 지정된 주국 및 여러 개의 종국을 가진다.

현재 전 세계에는 우리나라가 운영하는 코리아 Loran-C 체인을 포함하여 25개 체인과 78개 송신국이 운영되고 있다. Loran-C 이용 범위는 약 2,200Km이며, 이 범위내에서 적합한 수신기를 갖춘 사용자는 전천후로 이용 가능하고, 100kHz의 안정된 저주파 사용과 장거리 전파 특성으로 무선측위시스템으로 우수성이 인정되고 있다.

GPS와 비교하면, 절대 측위 정확도는 비슷하지만, 반복정도가 좋아 특정 지점의 추적, 접근 등 연근해 어업과 선박항행용으로 유익하게 이용되고 있으며, 약 2200km 정도의 넓은 범위의 이용이 가능하므로, 유럽 연합에서는 각국의 협력으로 GPS 오차보정신호를 기존 구축된 LORAN-C 시스템에 실어 보내는 EUROFIX 시스템으로 발전되고 있는 추세이다.

나. Loran-C 기본원리

기본적으로 Loran은 전파의 전파 속도가 거의 불변이므로, 2개의 동기된 송신국이 쌍곡선 위치선을 제공할 수 있는 전파의 도착 시간차 측정의 원리로 동작한다. 위치 측정에는 2개 이상의 위치선의 교차점으로 가능하며, 각 위치선의 시간차 측정은 주국과 종국간 동기되고 그들 간의 경과 시간의 측정으로 수신된 펄스 포락선, 또는 싸이클 리딩엣지의 비교에 의해서 결정된다.

주국은 일정한 간격으로 송신하며, 이러한 신호의 수신 후에 종국이 시작하며 서로 동기되어 있다. 연속하는 주국 신호 사이의 지연 시간은 통달거리 내의 수

신기가 주국의 다음 전송이 있기 전에 중국의 전송을 수신할 수 있도록 충분해야 된다. Loran 체인은 보통 삼각형, 스타 결선형, 사각형 등의 송신국 배열로서 구성되며, 이러한 각 구성은 시스템 커버리지 및 정확도에 서로 장단점을 갖고 있다.

다. 미국의 Loran 동향

미국은 평가를 통하여 Loran이 새로운 복합 항법시스템에 부합하고 시각 및 주파수 동기 능력을 제공하며, GPS에 대한 백업 시스템으로서 역할이 가능한 것으로 판단한다.

미연방정부는 Loran-C를 장기적인 항법시스템으로 공고하고, 계속 지원하여, GPS 고장시 Loran-C의 이용하고, Loran-C의 잠재적 혜택을 극대화할 수 있도록 연구, 개발 및 평가를 계속하여 위치, 항법, 시각 동기 측면 뿐 아니라 백업 및 긴급 시스템으로서 활용할 계획이다. 미국의 e-Loran 현황은 장비의 소형화 등 개선이 이루어지고 있으며, 측위 성능도 400m에서 10m 정도로 향상되고 있다. 아래 Table 3-3과 Table 3-4는 Loran의 진화 과정을 보여주고 있다.

Table 3-3 Technical Evolution of Loran

	Loran-C	현대화된 Loran	e-Loran
송신기	진공관	반도체	반도체
수신기	체인별	전지역	전지역
부가 2차 위상계수	한계	내장기능 없으나 보정가능	예측 및 측정되어 수신기내부에서 보정됨
메세징	없음	없음	표준시,보정정보
보정정보	없음	없음	보정국
사용지역	서방권 5개 구소련권 2개	북유럽권 9개	준비중

Table 3-4 Performance Evaluation of Loran

	Loran-C	Modernized Loran	e-Loran
정확성	460m	100m	10m
무결성	25×10^{-8}	25×10^{-8}	1×10^{-7}
연속성	0.997	0.997	0.999
가용성	0.997	0.997	0.999

라. Loran-C 국내 현황

Loran-C 체인 운영 기관은 해양수산부, 일본의 해안경비대, 러시아의 국가항행위원회에서 관리하고 Fig. 3-16에서 Korea Loran-C의 영역을 표현하고 있으며, Table 3-5는 한국의 체인 현황을 보여주고 있으며, 안쪽 서클 e-Loran의 정확도가 100m 그리고 Loran-C의 400m의 정확도를 보여주고 있다. 베링 해협에서 남지나해까지 서비스 커버리지를 확대하기 위한 한국, 중국, 일본, 러시아 사이의 국제 협력체(FERNS, Far East Radio-Navigation)가 맺어져 있다.

Table 3-5 Status of Chain

구 분	송신국					통제국	감시국
	주 국	종 국					
국 명	포 항	광 주	계사시	니지마	우수리스크	대전(위성항법 중앙사무소)	울산, 평택
출력(kW)	150	50	1500	1600	700	-	-
운영국가	한국	한국	일본	일본	러시아	한국	



Fig. 3-16 Korea Loran-C and Modernized Loran Chains

호 연락을 하거나 VHF로 간단한 정보는 주고받고 있는 실정이다. 그리고 항만 컨테이너 터미널에서는 RFID 및 전자봉인시스템을 구축하여 물류추적 자동화 및 화물 컨테이너 보안을 강화하고 있다. 이는 테러용 위험물질의 국가간 이동 방지를 위한 수단으로 사용되어지고 있다.

다. 무선 인터넷 서비스(Wireless Ad-hoc Network)

육상의 무선 통신인 CDMA, Wibro, WLAN 등의 기술을 해양에 도입하여 e-navigation 지원용 연안 해상 통신망을 구축하고, 해상에서 음성 및 데이터 통신 서비스 제공 뿐 만 아니라 광대역의 영상정보와 멀티미디어 서비스가 가능하다. 예를 들면, 기존의 항로표지(AtoN)에 디지털 무선 데이터 통신 모뎀을 탑재하여 육상과 해상을 연결하는 해상 교통 통신망 인프라의 하나로 무인항로표지와 유인항로표지를 활용할 수 있으며, 해양 무선인터넷 서비스 망과 해양 VoIP 서비스 망의 활용도 가능하다. 예를 들어, 등대에 기상센서, 교통류 센서를 부착하거나 AIS, CDMA, WCDMA, Wibro의 통신을 위한 기지국, 중계국 설치하여 항로표지 역할을 강화하여 항로표지의 다기능화, 지능화를 위한 핵심적인 요소가 될 수 있을 뿐만 아니라, 육상 Wibro 이동통신망의 단점인 통달거리의 확보에 하나의 유효한 수단이 될 수 있다^[20].

3.3.2 육상 지원 통신망

가. TRS

TRS(Trunked Radio System)는 주파수 이용의 효율성을 높이기 위해 여러 개의 주파수를 다수의 가입자가 공동으로 이용하는 무선통신시스템이다. TRS는 이미 널리 사용되고 있는 차량전화나 휴대전화에 비해 서비스 종류가 다양하고 가격도 저렴하여 주로 기업 등에서 업무용으로 적합한 통신서비스이다. 즉, TRS는 하나의 단말기로 이동 전화는 물론 무선데이터, 양방향 무선통신 등의 기능을 발휘할 수 있으며, 다양한 부가서비스를 이용할 수 있는 장점을 갖고 있다. 특히 TRS가 일반 공중통신망과 연결되면 이동전화의 기능을 그대로 발휘할 수 있다.

TRS 서비스는 서비스 방식에 있어서는 기존의 워키토키라고 불리는 무전기와의

비슷하나, 통화권이 기지국을 중심으로 무전기는 2km 정도에 불과하지만 TRS는 최대 50km에 달한다. 또 혼신이 없고 보안성이 뛰어나다는 장점을 가지고 있다. 뿐만 아니라, TRS는 1개의 주파수 채널로 1대1 개별통신은 물론, 1백 30여명 이상이 동시에 통화를 할 수 있다. 즉, 그룹통화를 할 수 있다는 점이 TRS의 가장 큰 장점이라 할 수 있다.

TRS 서비스는 지난 1960년대 미국에서 무선통신서비스에 대한 수요가 폭증하면서 나타난 주파수 부족현상을 해결하기 위한 수단으로 개발되어 지난 1977년 8월부터 미국에서 본격적으로 상업용으로 이용되기 시작했다. 국내에서는 지난 1988년 서울올림픽을 계기로 TRS 서비스가 도입되어 올림픽 기간 동안 각국의 보도 기관을 위한 통신지원용으로 10개의 TRS 채널을 운영한 것이 국내 TRS 서비스의 효시이다. 이어서 연안 선박들에 대한 자동전화서비스를 목적으로 지금의 한국 TRS의 전신인 한국항만전화(주)가 지난 1991년 2월 정부로부터 허가를 받아 그해 12월부터 부산항만 일대를 대상으로 서비스에 들어갔다. 현재 한국통신과위텔이 TRS 시장의 90% 이상의 시장점유율을 가지고 있다.

나. TRS의 기술적 특징

국내 디지털 TRS 방식은 모토로라의 IDEN(Integrated Dispatch Enhanced Network)시스템, 지오텍(Geotek)의 FHMA 시스템은 주파수도약 다중접속방식을 사용하고 있다. 그러나 FHMA 방식의 원천기술 소유자인 미국 지오텍의 도산으로, FHMA 장비의 업그레이드가 불가능해진 것은 물론이고, FHMA 사업자들의 상황은 점점 더 열악해지고 있다. IDEN 시스템은 휴대전화와 데이터 서비스 기능은 물론, 광역 무전 기능이 부가된 한 차원 높은 통합 이동통신 시스템이며, 미국 모토로라에서 기술 개발하여, 1994년 상용화에 성공하였다. IDEN은 중앙 집중 제어 방식에 의한 시스템 체계로, 서비스 기능별로 시스템이 구성되어 있다. 시스템 구성을 보면 DAP을 중심으로 한 TRS Dispatch 시스템, MSC를 중심으로 한 이동 전화의 VMS, SMS등 Circuit 데이터와 MDG를 중심으로 한 패킷 데이터 시스템 등 크게 3개 시스템 구조로 구성되었다. IDEN 시스템은 무선 채널 접속 방식으로 모토로라사의 IDEN 시스템은, 유럽 이동통신의 표준 방식인 GSM과 호환이 가능하여, 한국통신과위텔이 국내에서는 유일하게 GSM 프

로토콜을 적용하고 있다.

TRS는 음성통신은 물론, 데이터통신도 실시간 그룹통화를 통해서 이루어진다. 패킷통신이기 때문에 서킷 방식보다 데이터의 오류가 적고 실시간 통신이 있는 반면, 축적전송의 기능이 있어 예약 전송이나 수신대기도 가능하다. 아울러 자바 게임을 다운로드하여 즐기다가 바로 대기상태에 들어가 데이터 송수신을 할 수 있으며, 업무상 충실한 비서를 둔 것과 같은 효과의 통신서비스를 이용할 수 있다. 이와 같은 K-java Application을 단말기에 로드할 수 있어 다양한 콘텐츠를 제공할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그룹 통화, 데이터 통신 및 이동전화의 하나의 단말기에서 구현되며, 기업내 시스템에 인터넷 통신기술을 접목시킬 수도 있고, IP 어드레스 방식의 접속까지 가능하다.

Table 3-6 비교표에서는 기술적 특성을 유사한 용도로 쓰이고 있는 기존무선시스템과 TRS의 차이점을 보여주고 있다.

Table 3-6 Comparison of TRS with other System

구 분	T R S	무 전 기	휴대전화
시스템 개발용도	· 그룹내 동시통화 · 그룹내 개별통화 · PSTN과의 접속통화(이동전화)	기업내업무연락	PSTN과의 접속통화
사용주파수	806~821MHz 851~866MHz	150,200,400MHz	824~849MHz 869~894MHz
채널수	600/800채널		832채널
통화방식	단신, 복신	단신	복신
기지국 송신출력	60~150W		10~30W
기지국당통화범위	20~30Km	5~10Km	3~10Km
호출방식	개별호출	일제호출	개별호출
로밍	가능	불가능	가능
핸드오버	가능	불가능	가능
주파수 활용효율	30명/채널	낮음	30명/채널
통화품질	높음	낮음	높음

3.3.3 CDMA

CDMA(Code Division Multiple Access)는 현재 우리나라에서 사용하고 있는 휴대전화 기본기술이며 1989년도에 미국의 Qualcomm사에 의해 제안되었고, TIA(Telecommunication Industry Association)에 의해 표준화되어, 현재 전 세계적으로 가장 널리 이용되고 있는 디지털 이동통신 기술이다. 그 기본 이론은 대역확산(Spread Spectrum) 기술을 활용하여 전체 대역 내에서 각각의 정보를 측정 부호 및 시간 차이로 분할하여 보내고, 수신 측에서도 전체 대역 내의 많은 정보 중 송신할 때 사용된 것과 동일한 부호와 시간 차이를 갖는 정보만을 골라내어 원래 신호를 재생해 내는 것이다. CDMA는 동일한 주파수를 많은 곳에서 사용할 수 있으며, 타방식보다 간섭이 적고, 통화자가 침묵하고 있는 시간 동안 전송을 중지함으로써 아날로그방식보다 수용 용량을 10배 이상 높일 수 있다^[21].

IMT-2000(International Mobile Telecommunication-2000)은 언제 어디서나 하나의 단말기로 음성-영상-데이터를 포함한, 유무선 통합의 초고속 멀티미디어 서비스가 가능한 차세대 이동통신 기술을 뜻한다. 범세계적으로 통화가 가능한 국제 로밍서비스나 동영상 멀티미디어의 고속 전송, 전자상거래와 UPT(Universal Personal Telecommunication) 기능 지원에 의한 이동성 제공 등이 IMT-2000의 실현으로 얻게 되는 다양한 서비스라 할 수 있다. IMT-2000의 기술 표준은 기지국과 단말기 사이에 주고받는 신호 규약을 명시하는 무선전송기술(RTT, Radio Transmission Technology)과 기지국, 제어국, 교환국 사이에 신호규약을 명시하는 핵심망기술(CNT, Core Network Technology)로 구분된다. 2000년 5월, ITU는 W-CDMA, CDMA-2000, TD-CDMA, UWC-136, DECT 등 5종류의 무선 접속 규격 권고안을 최종 승인하였으며, 현재는 크게 미국이 주도하고 있는 동기식과 유럽과 일본이 주도하고 있는 비동기식으로 구분되어 있다.

CDMA 방식의 특징은 다음과 같다. 첫째, 동일한 주파수를 많은 셀에서 사용할 수 있으며, 타방식보다 간섭이 적고 통화자가 침묵하고 있는 시간동안 전송을 중지함으로써 아날로그 방식보다 수용 용량을 10배 이상 높일 수 있다. 둘째, 아날로그 방식에서는 다중 경로로 들어오는 신호들이 통화에 상당히 나쁜 영향을 미친다. 그러나 CDMA에서는 이러한 다중 경로 신호를 각각 분리하여 양호

한 신호를 선택 사용하므로 아날로그 방식보다 품질이 우수하고 핸드오프시 통화의 절단이 없는 소프트 핸드오프 방식을 사용하므로 통신의 품질이 양호하다. 셋째, 고품질의 서비스 제공이 가능하다. 아날로그 신호의 디지털화에 따른 암호화, 광대역 방식에 따른 도청의 한계, 사용자마다 의사잡음 코드 사용에 의한 암호화 등으로 인해 통화 비밀을 유지할 수 있다. 넷째, 디지털 방식에서는 모든 신호가 디지털로 처리되므로, 이 방식을 이용해 데이터 서비스를 하기가 쉬워진다. 특히 팩스 등의 데이터 서비스에서 통화 절단이 없으므로 데이터 서비스 등에 상당히 우수한 방식이다. 다섯째, 이동국의 소비 전력이 적게 들고 소형 경량화가 가능하다. CDMA 시스템은 인접 셀이나 섹터에서도 같은 주파수를 사용하므로, 주파수 재배치 같은 문제가 발생하지 않아 주파수 계획이 간단하다.

3.3.4 Wibro

Wibro(Wireless Broadband Internet)는 휴대형 단말기를 이용하여 정지 및 이동 중에 언제, 어디서나 고속의 전송 속도로 인터넷에 접속하여 다양한 정보 및 콘텐츠 사용이 가능한 초고속 인터넷 서비스를 말한다. 즉, 실내의 유선 초고속 인터넷 서비스를 실외에서 이동 중에도 사용할 수 있도록 확장하는 개념이다. 이것은 2.3GHz 주파수 대역을 이용하여 셀 반경 1Km 이내, 이동 시 최소 60Km/h 이상에서도 끊김없는 무선 인터넷 서비스를 보장하고, 보다 저렴하게 무선 인터넷을 이용할 수 있는 새로운 서비스이다. 현재에는 70Km/h의 이동성과 가입자당 1Mbps의 전송 속도까지 지원하는 수준으로 개발되었으며, 그동안 수차례 연구개발을 거치면서 성능이 향상되어 이용자가 단말기로 느끼는 전송 속도는 이제 초당 4.2메가비트에 달한다. Wibro 전송 속도는 이론상으로는 270Mbps까지 빨라질 수 있다.

국제전기전자학회가 Wibro를 근간으로 하는 모바일와이맥스를 국제표준으로 승인함에 따라, 한국은 차세대 이동통신 분야에서 주도권을 잡을 수 있게 되었다. Wibro는 삼성전자가 한국전자통신연구원 등과 공동으로 개발한 기술이다. Wibro는 단순히 이동 중에 인터넷을 이용하게 하는 기술이 아니다. 인터넷은 물론 방송 이동전화 등 다양한 컨버전스 서비스를 제공할 수 있다. 따라서 이 기

술을 개발한 한국은 제2의 인터넷 혁명을 주도할 수 있다.

가. 핵심 기술 동향

정지 및 이동 중인 상태에서도 언제 어디서나 고속으로 무선 인터넷 접속을 가능하게 하는 개념으로 실내외 관계없이 가입자 당 최대 3Mbps 이상의 전송속도 지원을 목표로 하는 휴대 인터넷 서비스 제공을 위한 시스템에서 요구되는 핵심기술의 연구개발 동향은 다음과 같다.

Duplex 방식에서 보면, 주파수분할방식(FDD, Frequency Division Duplexing)은 상향 대역과 하향 대역 사이에 30~40MHz 정도의 보호 대역을 필요로 하고, 시분할방식(TDD, Time Division Duplexing)은 3dB에 해당하는 링크 버짓 감소 및 상향과 하향 사이에 라운드트립 지연을 흡수할 수 있는 보호시간을 필요로 하나 TDD 방식의 경우 상향, 하향이 동일한 주파수를 사용하므로 상하향 채널의 가역적이어서 MIMO(Multi-Input and Multi-Output), 스마트 안테나 등의 개념을 효과적으로 도입하여 주파수 사용 효율을 증대시킬 수 있으며, 패킷통신에서 요구되는 데이터량에 따른 상향과 하향의 비대칭 트래픽에서 효율적으로 이용될 수 있다.

다중접속 기술방식에서는 TDMA, FDMA, OFDMA, 주파수 호핑방식을 채택한 OFDMA 등이 비교 연구되어 구현 시험되고 있으며, 링크버짓 관점에서 OFDMA가 TDMA 보다 유리한 것으로 알려져 있다. 스마트 안테나 등을 이용하여 주파수 사용효율을 증대시키는 것과 함께 SDMA, TDMA, FDMA를 모두 이용하는 방법 등도 제안됨과 더불어 주파수 호핑 OFDMA, SFNOFDMA, TDMA 등의 다중접속 기술방식을 이용하여 셀 플랜을 쉽고 용이하도록 하는 방식에 대하여도 연구 제안되고 있다.

채널상황에 따라 변조방식을 달리 적용하는 적응형 변조방식을 의미하는 것으로 신호의 인접 심볼간 간섭을 제거하여 등화기를 간소화할 수 있는 광대역 전송에 적합한 OFDM 방식과 OFDM 신호를 구성하는 각부 반송파에 대한 멀티부호화기법으로 BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM 등의 변조방법의 적용방안에 대한 세부기술들이 제안되고 있다.

신뢰성 있는 데이터 전송을 위한 채널부호화 분야에서는 CTC(Convolutional

Turbo Code) 등의 코딩 방식, 변조 및 코딩 방식을 조합하여 시스템의 성능을 향상할 수 있는 Hybrid ARQ 등의 방안에 대하여 연구 제안되고 있다.

고속의 단말 이동 상태에서 초고속 인터넷 서비스를 지원하기 위해서 물리 계층에서의 빠르고 정확한 채널 추정 및 보상, 전력 제어와 상위 계층의 신속한 핸드오프 지원을 위한 시스템 구조 방식에 대하여 연구가 제안되고 있다.

도심의 hot spot 영역과 도심 외의 변두리 지역에서 휴대 인터넷 서비스의 전송 속도를 지원하기 위한 링크버짓 향상 방식이 연구 제안되고 있으며, 유선 인터넷에서 제공하는 다양한 형태의 IP기반 무선 데이터 서비스로 스트리밍 비디오, FTP, 메일, 채팅 등을 멀티 셀 환경에서 지정된 QoS(Quality of Service)를 보장하면서 동시에 지원할 수 있는 셀 당 가입자 수와 QoS의 지원을 위한 방안이 연구 제안되고 있다.

휴대 인터넷 서비스는 광대역 패킷 데이터 서비스를 기존 셀룰러 시스템보다 훨씬 저렴한 가격으로 제공하는 것을 목표로 하고, IP 기반의 서비스이므로, 기지국 및 무선망 구축 비용을 절감할 수 있는 규격 및 구현 설계에 대하여도 연구 제안되고 있다.

휴대 인터넷 서비스를 지원하기 위해서 OFDMA에서는 채널 구조에 기반을 둔 OFDMA의 무선 링크 자원의 효과적이고 가변적으로 할당할 수 있고, 다중 상태와 QoS 상태에 따른 빠른 천이, 사용자들 사이의 무충돌을 위한 여러 사용자들을 지원하기 위한 최적화, 대화형 응용 서비스를 지원하기 위한 빠른 ARQ와 낮은 지연, 공평한 제약과 QoS를 용이하게 실행할 수 있는 다중 스케줄링 지원 등에 대하여 연구 제안되고 있고, OFDMA 외의 여러 다중 접속 채널에 따른 미디어 접속 제어에 대해서도 연구되고 있다.

나. Wibro와 WiFi

Wibro는 광대역 무선인터넷 서비스시스템으로서, 휴대폰처럼 장소에 구애받지 않고 또한 이동하면서 초고속 인터넷을 이용할 수 있는 서비스인 반면, WiFi(Wireless Fidelity)는 이동하면서 사용하는 것은 거의 어렵다. 즉, Wibro는 무선랜인 WiFi와 휴대폰 서비스망인 CDMA망의 중간위치에 있는 것이라고 볼 수 있다. Wibro와 WiMax는 특성이 많이 비슷하지만, Wibro는 약 5-6km 거리에

서 4Mbps정도, WiMax는 30Km 정도의 거리에서 70Mbps 정도로서 도달 거리와 속도 면에서는 WiMax가 우위에 있다. 그러나 Wibro는 이미 통신 기술 자체의 개발은 끝나 있는 상황인데 비하여, WiMax는 통신기술이 아직 검증되지는 않고 이론적인 수준에 머물러 있다.

WiFi는 현재의 보편화된 무선인터넷으로 IEEE802.11b, g 규격의 다른 이름이기도 하다. WiFi 세부 규격은 각각 IEEE802.1a, IEEE802.1b, IEEE802.1g 이며, a는 5Ghz대 주파수 54Mbps, b/g는 모두 2.4GHz대 주파수 이고, b는 11Mbps, g는 54Mbps의 최고속도 가지고 있다.

WiFi가 IEEE 802.11표준에 근거한 무선랜 규격인 반면, WiMax는 IEEE 802.16에 근거한 광대역 무선랜으로서, 대역폭은 2.4Ghz또는 2.5Ghz 대에서 반경 약 30Km에서 70Mbps 급의 성능을 목표로 하고 있다. WiFi가 통달거리가 짧은 대신 고대역 서비스를 하는 반면, WiMax는 통달거리가 긴 대신 상대적으로 낮은 대역폭을 제공한다는 기술적인 차이점이 있다. 즉, 기존의 WiFi가 몇 십 미터밖에 되지 않는 도달거리 때문에 엄청난 액세스 포인트를 설치해도 가용성에 한계가 크다는 단점을 극복하기 위한 시스템이다.

3.3.5 WiMax

본래 802.16 기술 표준의 개발과 활성화를 위해 비영리 집단으로 구성된 단체의 이름으로 탄생한 WiMax는, 고정무선 서비스 기술로서 그 이름에서 알 수 있듯이 무선통신 기술인 WiFi보다 그 기능 및 범위를 확장한다는 개념에서 비롯하고 있다. 즉, WiFi가 국부적인 옥내 서비스로 규정된다면 WiMax는 광역, 옥외 서비스용 기술로 특징지을 수 있다. WiFi의 커버리지가 30~200m 정도에 불과한 반면, WiMax는 커버리지가 10km까지 확대가능하며 전송속도도 최대 40Mbps까지 가능하여 상당한 기술우위가 있는 최신기술로 주목받고 있다. 현재까지는 802.16 2004 버전을 기준으로 보면, 노매딕(Nomadic) 브로드밴드로서 기지국 커버리지 내에서는 이동성을 지원하지만, 움직이는 이동체 및 기지국간 핸드 오버는 지원하지 않는 수준이다.

802.16 WiMax 기술은 차세대 무선 광대역 통신기술로서, 기존의 유선 광대역

망의 보완재 개념으로 크게 주목받으며 등장하여 점차 이동성 확대를 통해 이동형 단말통신까지 지원한다는 계획을 가지고 있는 기술이다.

WiMax 기술은 802.16에서 비롯하여 점차 이동성이 강화된 802.16 기술로 진화 중에 있으며, 전송속도가 다소 떨어지고 양질의 주파수를 활용해야 하더라도 이동성 개선 및 안정적인 커버리지 확보에 주안점을 두는 방향으로 진행되고 있는 상황이다. 현재는 802.16 2004 버전이 한창 구체화되어 장비 인증이 시작되고 있는 상황이며, 동시에 802.16e 모바일 WiMax 버전이 표준안을 막 확정된 단계에 놓여 있다.

기술적으로 WiMax는 현실적으로 동일 주파수 대역과 출력에서 서비스가 되는 경우 전송속도, 커버리지 측면에서 WiFi 서비스와 전반적으로 대등한 것으로 알려져 있으며, OFDM/x-QAM 방식의 변조를 채택하고 있어 전체적으로 유사한 기술로 분석된다. 하지만 WiFi가 멀티셀 환경에서 복수 사업자가 사업에 참여하는 경우 상호 간섭의 문제로 인해 사업에 부적절한 측면이 존재하는 데 비해 WiMax는 프레임 동기 설정을 바탕으로 간섭 문제가 해결 가능하여 상대적으로 우월하며, 주파수 효율에 있어서도 WiFi에 비해 일반적으로 우수한 것으로 알려져 있다. 또한 상대적으로 서비스 품질 보장에 상당한 강점을 가지고 있으며, WiMax 포럼의 주장에 따르면 정책 환경을 배제한 순수한 기술적 차원에서 30마일, 약 50킬로미터의 커버리지와 70Mbps의 전송속도를 구현할 수 있으며, 음성과 데이터를 모두 구현할 수 있는 것으로 되어 있다^[22].

제 4 장 e-Navigation용 통신망기술 개발전략

4.1 e-Navigation용 정보식별

4.1.1 정보의 식별

e-navigation을 위한 해상 안전, 교통, 보안, 물류, 환경 등의 정보 식별을 위하여 e-navigation 시스템구조 중에서 육상 e-navigation 서비스 시스템 식별과 선박, 육상 연계 e-navigation 서비스 정보 식별 중에서 다음과 같이 추출할 수 있다^[23].

e-navigation 시스템을 운영하는데 필수적인 정보는 크게, 선박 운항정보, 안전 운항에 필요한 부가정보, 육상관리 정보 등으로 구분할 수 있다.

선박운항정보는 선박에 설치된 다양한 운항센서를 통한 데이터, 즉, 선박명, 선적 내용, 관련회사 등의 선박의 신원 정보, 방향, 속도, 위치 정보 등의 운항정보, 선박운항에 필요한 부가정보, 표지 위치, 정상 작동현황, 전력현황 등의 항로 표지의 현황정보, 기온, 기압, 풍향, 풍속, 강수량, 조석, 조류, 기타 해양환경정보 등의 해양 및 기상환경정보들이 해상 연안에 설치된 항로 표지시설로부터 획득되어진다.

4.1.2 육상에서 해사 정보 수집

VTS 등과 같이 특정한 e-navigation 서비스 구현에 필요한 해상 안전, 교통, 보안, 물류, 환경 정보들의 식별은 육상 e-navigation 지원 서비스를 어떻게 정리하는가에 따라 가변적이다. 따라서 먼저, 육상 e-navigation 서비스를 정의한 후, e-navigation과 육상 서비스 간에 상호 작용되어야 하는 입출력 정보를 체계적으로 정리할 필요가 있다. Fig. 4-1은 계층별 입출력 정보를 잘 나타내 준 것이다.

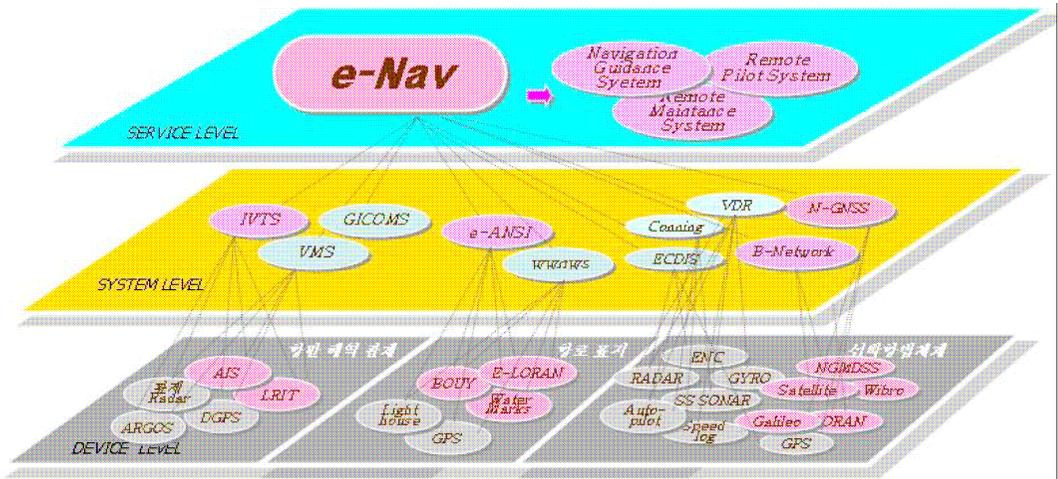


Fig. 4-1 In & Output Information at Each Layers

4.1.3 위치 정보 식별

e-Navigation이 도입되기 이전에 준비되어야 할 가장 기본적인 요소 중의 하나는 백업이 가능한 복수의 강인한 위치결정시스템의 제공이며, e-Navigation 시대에는 실시간 위치정보를 제공할 수 있는 위치결정시스템이 있어야 한다고 NAV 통신작업반에서는 보고하고 있다.

이러한 시스템으로 GNSS를 들 수 있지만, 신호 간섭에 의하여 서비스 방해를 받기 쉬운 취약성을 가지고 있다. GNSS의 취약성을 보완하기 위한 몇가지 방안이 고려되었다. 첫째, 복수 개의 주파수대에서 운용되고, 하나 이상의 서비스 제공자에 의한 위성의 운영, 간섭억압 기술의 제공을 들 수 있으며. 둘째, 위성항법보강시스템(DGNSS) 및 수신기 자체무결성감시(RAIM, Receiver Autonomous Integrity Monitoring) 기능과, Fail-safe 기능으로 위성항법시스템을 완전하게 대체할 수 있는 백업시스템은 없지만 몇 가지 후보 기술들은 있다. 셋째, 지상항법시스템으로 위성항법시스템과 통합된 e-Loran을 들 수 있으며, 위치 정도는 약 8-20m로 보고 있다. 넷째, GNSS 고장발생 초기에 운용 가능한 관성항법시스템을 들 수 있다. 관성항법시스템의 성능은 센서형태와 커플링 정도에 의존한다.

한편, 2005년 12월에 IMO에 제출된 e-Navigation 전략 개발에 관한 의제에서는, Fail-safe 성능을 가진 정확하고 신뢰할 수 있는 전자항법신호를 안전하고 중

합적인 e-Navigation 정책의 핵심구성 요소 중의 하나로 정의하고 있다. 또한 IMO가 e-Navigation 전략개발을 위하여 편성된 항해안전전문위원회(NAV) 통신 작업반의 2007년도 보고서에 따르면 e-Navigation의 핵심요소로서, 전세계 항해 수역을 커버하는 전자해도(ENC, Electronics Navigation Charter)의 보급과 고장이 발생한 경우에는 백업시스템이 가동되는 전자위치 결정장비, 육상에서 해상 트래픽의 관리 서비스 제공, 육상과 해상의 통신인프라를 들고 있다.

이것은 전자해도와 위성측위의 결합은 항법에 핵심이 된다는 점을 강조하고 있으며, 전자해도 시스템에 들어가야 할 정보로 측위정보는 위성에 의한 측위정보가 주로 사용될 것이지만, e-Loran 시스템에 의한 백업시스템의 필요성에 대한 논의도 국제항로표지협회(IALA, International Aids Lighting Association)에서는 지속적으로 해오고 있다. 우리나라는 미국의 GPS, 유럽의 GALILEO, 러시아의 GLONASS, 중국의 Beidou, 일본의 QZSS와 같은 위성시스템은 물론이고, 유럽의 EGNOS, 일본의 MSAS, 미국의 WAAS, 인도의 GAGAN, 캐나다의 CWAAS 등과 같은 위성항법 보강시스템조차 가지고 있지 않는 상황에서 e-Loran 시스템의 활용에 대해서는 지속적인 관심과 연구가 필요하다.

4.1.4 AIS 응용 정보의 식별

AIS 정보는 선박의 MMSI, IMO 식별 번호, 호출 부호, 선종, 길이, 폭 등의 정적 정보와 흘수, 화물 종류, ETA, 항로 계획 등의 동적 정보 뿐만 아니라 직항 침로, 속도, 선회률, 선수 방위, GPS 위치 등의 항해 상태 정보와 같은 유용한 많은 정보를 포함하고 있다. AIS에 의하여 수집된 정보는 항만 및 연안에서 통항 안전을 위하여 유용하게 활용된다.

따라서 AIS 정보는 통항 안전 및 항행안전정보의 효율적인 전송의 관점에서 유용하게 활용될 수 있는 응용서비스들이 발굴되어 질 것이므로 육상에서 선박 운항 안전 및 운항 효율성 지원의 관점에서 중요하게 다루어져야 할 정보들이므로 e-navigation에서는 식별되어야 할 정보로 포함한다^[24].

4.2 무선이동 통신기술 분석

IP 네트워크, 광대역 밴드, TDMA 및 CDMA 등의 디지털 무선 통신 기술, 해양 안전 정보 전달 방식에 대한 기술을 파악하고 분석하여 e-Navigation에 적용 가능성 여부를 분석하였다.

4.2.1 기존 해상 통신용 VHF시스템

현재 사용되고 있는 VHF, AIS 통신망이 전세계 해양 공통 통신망으로 사용되고 있다. 그러나 e-navigation 시대가 도래됨으로서, 다양한 정보 표시 즉, 운항자와 관리자에게 실시간 동시 다발적인 선박 운항 정보 및 해양 정보 표시, 고품질 영상, 음성, 문자, 인터넷 등의 환경을 맞추기 위해서는 해상 통신의 취약성을 극복할 수 새로운 디지털 무선 데이터 통신 방식이 필요하다.

VHF 통신 시스템은 음성 통신을 기본으로 서비스하면서, 선택호출장치(DSC, Digital Selective Calling)를 사용할 수 있는 채널도 갖고 있다. 즉, 누군가의 조작에 의해서 정보가 교환되거나 전송될 수 있는 시스템이다.

4.2.2 AIS 통신시스템

25kHz의 통신 대역폭을 이용하는 VHF 통신에서는 원거리 통신 제약, 해상 여건의 기상 및 해수면 변화, 다양한 통신 매체와의 혼신, 잡음 등으로 통신 장애가 발생된다. 이런 VHF 통신 시스템의 단점을 극복하고 더 많은 정보를 신뢰성 있게 동시 다발적이면서 운용자의 조작없이 중요한 정보를 자동적으로 교환할 수 있는 통신 시스템이 AIS 시스템이다.

Table 4-1은 AIS 통신시스템의 중요한 특성을 나타낸 표이며, Fig. 4-2는 AIS의 응용예로서 항로표지시설을 관리하는 시스템을 보이고 있고 Fig. 4-3은 AIS의 인터페이스를 도식화하여 보이고 있다.

Table 4-1 The Specification of AIS System

통신방식	표준	거리	타임슬롯	RF band
SOTDMA	ITU-R	32km-48km	26.6ms	25kHz
통신속도	변조	프로토콜	동기화	
9600 bps	GMSK	HDLC X.25	GNSS동기화	

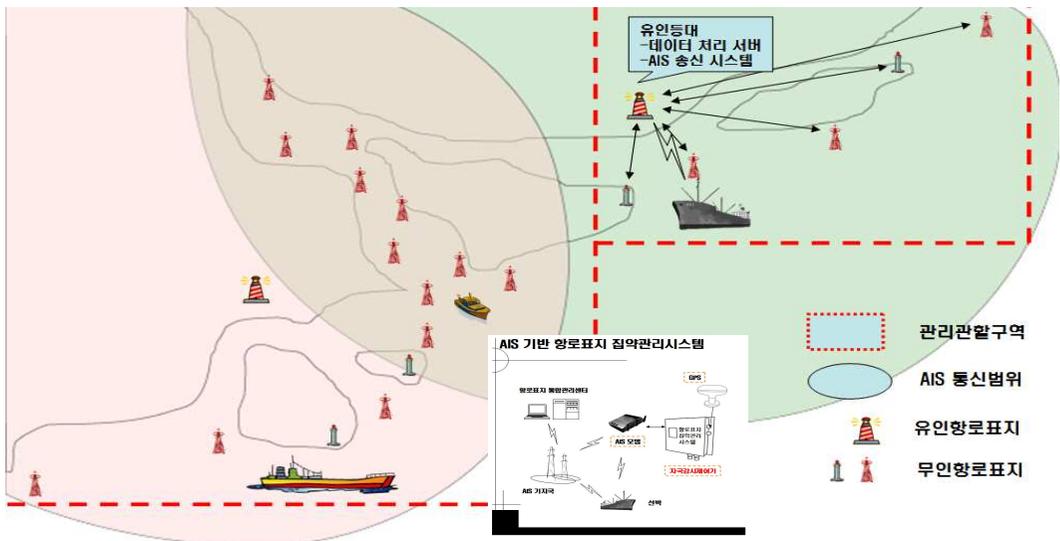


Fig. 4-2 Control Range of AIS Networks

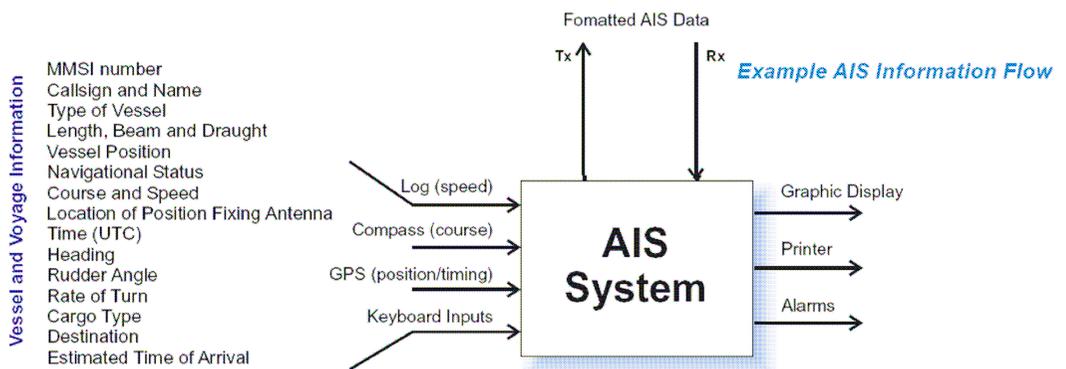


Fig. 4-3 AIS Interface

4.2.3 디지털 무선 통신 기술 비교 분석

해상에서 가장 효율적인 무선 통신 시스템을 구축하기 위해서 현재 일반화되어 상용 서비스가 이루어지고 있는 주요한 통신 방식을 비교하여 Table 4-2에 정리하였다.

Table 4-2 Comparison Table of Major Wireless Protocols

통신방식	Wibro(WiMax)	WiFi	WCDMA(HSDPA)
거리	수Km	지상 수백m	수십km
통신속도	3Mbps급	11M-150Mbps	384k - 2.4Mbps
주파수대역	2.3GHz	2.4/5Ghz ISM	2GHz
용도	- 무선 모바일 인터넷 - mobile VOIP	- 고속 무선인터넷 - wireless VOIP - 차량 통신망 (VANET)	- 고품질 음성(화상) 중심 - 저속 무선인터넷 데이터 부가 서비스
국제호환성(표준화)	ITU-R 진행중	ISO 표준	ITU-R 표준
통신모드	인프라 모드(기지국), Multihop-relay모드 (P2P)	인프라 모드 (접속장치), Multihop-Ad-hoc모드 (P2P)	인프라 모드(기지국)
통신 보안 방식	802.1x, AES	802.1x, AES	USIM-AKA
통신방식 (통신신뢰성)	CSMA/CA	CSMA/CA	CDMA
인터넷 응용 지원	TCP/IP 응용에 제한없음	TCP/IP 응용에 제한없음	WIPI 플랫폼등 인터넷 전용 플랫폼 필요
상호연동 (Interworking, Vertical Handoff)	WiMax/Wi-Fi, Wi-Fi-3GPP 상호간 핸드오프 추진 (IEEE802.21표준 방식) 듀얼모드(wi-fi & WCDMA) 칩셋 단말기를 통한 상호연동		
선박-육상 P2P통신지원	지원 - Relay 방식	지원 - 무선mesh 방식	지원못함

Table 4-2에서 보듯이 육해상 네트워킹이 호환되면서, 다중 전송 모드가 가능한 Wibro가 해상에서 가장 적합한 무선 통신 방식이다. 따라서 현재 수 Km인 통달거리를 확장하는 방법을 제시할 수 있다면, e-Navigation에 가장 적합한 육해상 통신 링크로 채택할 수 있다.

4.2.4 육해상 연결을 위한 링크

e-Navigation을 구현하기 위해서는 크게 3개의 기본 구성 요소, 즉, 선상, 육상, 통신으로 구성된다. 특히 통신은 권한을 부여받은 무결한 정보를 선상, 선박 상호간, 육해상간, 육상 관계기관, 사람의 오류를 줄이는 것을 포함한 많은 분야를 연결하는 기반요소이다.

가. 링크 개발요소

실시간으로 각 노드를 연결함에 있어 육상 상호간은 이미 많은 인프라가 형성되어 있으므로 크게 고려 사항이 아니나, 육해상간 및 선박 상호간의 통신은 통달거리, 정보 전송량 등에 한계점을 갖고 있다.

현재 사용 중인 해상 통신시스템인 전 세계 해상조난 안전시스템(GMDSS, Global Maritime Distress and Safety System) 통신 체계를 기본적으로 활용하면서 e-Navigation을 구현하여야 함으로 이러한 상황은 또 다른 구속요인이 된다. e-Navigation에서의 통신시스템은 서로 주고 받아야 할 정보량이 기하급수적으로 많아진다는 것은 모두가 예측할 수 있는 것이다. 또한 전 세계를 커버하는 통신 시스템은 위성을 이용하지 않을 수 없는데 많은 정보량으로 인하여 광대역으로 가고자 할 때 통신비용은 이용자에게 큰 고통을 주게 된다.

링크를 위한 개발요소로는 전 세계를 실시간으로 연결할 수 있어야 하고, 메가급 이상의 광대역이어야 하며, 신뢰성과 보안성이 확보되어 있어야 한다.

나. 링크방안 제시

우리나라는 우리나라가 영역위주의 서비스를 위한 무궁화위성을 운용하고 있으나, 전 세계를 서비스영역으로 하지는 못하고 있다. 따라서 선박의 위치를 실시간으로 모니터링하여, 선박의 위치에 따라 다양한 통신망을 자동으로 변화시켜 경제적이고 광대역통신을 구축하는 것도 하나의 대안으로 제시한다.

4.3 e-Navigation 구현을 위한 무선 통신시스템 기술개발 전략

4.3.1 e-Navigation의 기술 분류와 기존 해상통신의 문제점

현 단계에서의 e-Navigation은 구체적인 실체를 가진 하나의 기술, 시스템 혹은 서비스라는 개념 보다는 현재의 해사 안전 관련 시스템들의 운용상 문제점을 해결하기 위한 요구 사항들을 반영하여 그 형상을 정의해 나가는 하나의 추상적인 개념으로 볼 수 있다. 따라서 현재 e-Navigation 구성 핵심 기술을 정확히 결정하여 이에 대한 로드맵을 정의한다는 것은 현실적으로 어려울 뿐만 아니라 위험 부담도 큰 작업일 수 있다. 그리고 IMO에서 이에 대한 논의도 어느 하나의 아키텍처를 선정하기 보다는 이용자 입장에서 e-Navigation의 비전과 아키텍처를 만들어 가는 것이 바람직하다는 선에서 결론지어진 상태이다. 현재 e-Navigation의 정의, 11개의 핵심 목적, IALA가 제시한 핵심 결과 요소 등에 대한 부분만 추상적으로 언급되고 있는 실정이다. 따라서 e-Navigation의 핵심 기술요소를 설정함에 있어 대상이 되는 항목은 통신시스템이 필요한 Onboard, Ship to Shore, Shore to Shore, AtoN에 필요한 통신수단과 그리고 e-Navigation에 활용할 정보의 대상으로 어떤 데이터를 이용할 것인지 여부, 그리고 데이터 교환을 위한 통신 기술, 데이터의 상호 교환과 시스템간의 상호 연동을 위한 표준화 기술, 이를 통한 e-Navigation을 활용한 응용분야로 구분할 수 있다.

Table 4-3에서는 e-Navigation 핵심 기술을 통신이나 정보의 종류, 필요한 표준화 기술 그리고 응용 분야에 대한 현재의 통신 수단과 고려해야 할 내용을 간략히 기술하였다.

Table 4-3 Categories of e-Navigation Technology and Limitations at Sea

대분류	소분류	대상 항목	고려 사항
Communication	On board	WiFi	- 표준화 완료
		AIS/LRIT	- AIS/LRIT 대역을 이용한 데이터 전송을 부가 고려
	Ship to Shore	Inmarsat Broadband, VSAT	- Broadband Communication 및 Internet Access 요구 지원 대역폭의 결정
	Shore to Shore	Inmarsat Broadband, VSAT	- Shore2Shore는 궁극적으로 지상통신 기준 Internet 이용 가능성 검토 필요
	AtoN	GNSS	- Deployment 시기 불확실
		DGNSS, SBAS,RAIM	- Harmonized integration or operation
		e-Loran	- International support
	Universal radar beacon	- New technology development needed	
Data Source	Navigation Chart	ENC	- ENC확산 시까지 중단기적으로 RNC 고려 - Real Time Update Internet Access 필요 - Symbol: Global Standard 필요
	Nautical Pub.	Pilots, Tide, Light	- Real time update Internet Access 필요
	Anti-Collision	AIS	- Real-time update
		RADAR	- Enhancement of current technology such as
		ARPA/RADAR	- Automatic gain adjustment - Automatic acquisition of target
		INT-NAV	- Automatic target data management - Provision of collision warning
Vessel State	Sea performance, stability, engine and safety	- Full integration with navigation - New IMO PS/Guidelines	
표준화기술	통신	ITU-R, IMO, IEC	- WiFi: IEEE 표준 - Long time-scale for standardization
	교환 데이터포맷	XML	- e-Navigation에 적합한 실제 XML 정의 필요 - Which data exchanged
	Presentation	S-Mode, Single window/one shop	- Which data, How
응용	Bridge	E-INS/IBS	- Including ECDIS, IMO PS update or system adjustment - e-Navigation의 형상
	Shore	SAR	- Need upgrade according to e-Navigation
		SRS(VTS, VTMS – AIS/LRIT)	- Single window/one shop

앞서 분석된 e-Navigation의 핵심 기술 분류의 해상통신시스템에서는 추후 e-Navigation의 도입에 필요한 광대역의 통신량, 통달거리의 확장 및 보안성의 확보 측면에서는 다음과 같은 문제점들이 있다.

가. 통신량

현재의 통신시스템인 GMDSS 체계는 구난 통신에 주안점을 두고 있으며, VHF, MF, IMMARSAT등 통신 장비로 구성되어 있다. 이들 장비는 주파수대역이 짧고, 통신속도가 빠르지 않아서 많은 통신량을 요구하는 e-Navigation 시스템에서의 이용은 사실상 한계가 있을 뿐만 아니라, 이용요금에 있어서 부담이 크다.

나. 통달거리

INMARSAT는 정지궤도위성에 의한 서비스의 단점인 남, 북위 70도 이상의 극지방은 위성통신이 불가능하며, VHF, MF등의 장비는 전파 특성상 전리층을 이용하게 됨으로 통신 신뢰성이 떨어지고, 통달거리도 일정하게 보장되지도 않는다. 극지방의 통신 불감 지역을 해소하기 위한 방법으로, 중궤도, 저궤도 위성간의 로밍기술을 활용할 수도 있으나, 디지털 방식의 단파대 통신기술을 도입한 광대역 전송 네트워크를 구축이나 새로운 개념의 이동통신의 기술이 요구된다.

다. 보안성의 확보

현재 GMDSS에서의 통신개념은 가능하면 다수의 노드에 많이 전송되어 선박 사고 발생 시에 구난이 쉽게 이루어지도록 하는 점에만 초점을 두었으나, e-Navigation 체계가 도입되면, 상업적 정보도 유통됨으로써 보안과 신뢰성이 더욱 요구되어진다.

라. 기존 해상 통신 기술의 e-Navigation 활용의 문제점

Table 4-3에서 보여준 Ship to Shore 또는 Shore to shore의 통신기술인 Inmarsat나 VSAT는 대양에서 사용할 수 있는 위성통신시스템이며, 기상 정보나 항행정보, 전화나 구난통신에 주로 사용되는 극히 속도나 대역폭이 제한적인 해

상통신 시스템이다. 육상의 Wibro의 상용화, 그리고 IPTV의 보급, 쌍방향의 디지털 방송 등 광대역의 초스피드의 정보전달시스템과는 거리가 있다.

4.3.2 해상에서의 이동통신 도입

지금까지 검토된 다양한 요구사항이나 기존 해상통신의 한계점을 바탕으로 e-Navigation에 필요한 해상통신방식을 검토해 보았다. 현재까지 어떠한 시스템을 사용해야 한다는 요구사항이 없을 뿐만 아니라, 53차 NAV의 논의결과, 사용자 요구 사항을 먼저 식별하는 것이 우선적인 과제로 도출되었기에, IMO차원에서 전세계적으로 활용할 무결점의 완벽한 통신시스템이나 e-Navigation 시스템을 제안하기는 이른 시점이다.

현재 시점에서는 먼저 우리나라에서 어디에서든지 먼저 e-Navigation 시스템을 구현해 보고, 먼저 활용해 보는 것이 앞으로 시장을 선점할 수 있는 기회를 얻을 수 있고, 기술 우위를 지켜 나아갈 수 있기 때문에, 현재까지 검토된 통신방식을 정리해 본 결과, 경제적이고 신속한 보급이 가능하고, 육상과 선박의 기지국간 무선 인터페이스가 제공되고, 허가가 필요없어 통신비용이 들지 않은 방식중의 하나인, 육상의 현재 Wibro 방식을 해상에 도입하는 것이 하나의 대안이 될 수 있다.

Wibro 기술을 해상 이동통신의 수단으로 도입하는 것에 대한 타당성을 확보하기 위하여 전문가의 의견 수렴을 실시하였다. 현재 NAV의 e-Navigation 기술적인 검토를 담당하는 COMSAR의 전문위원들의 e-Navigation에 대한 설문조사를 통하여 기술적인 문제와 통달거리의 극복방법 그리고 Wibro의 활용에 대한 전문적인 의견을 수렴하고, 타당성 여부를 조사하였다.

조사를 위한 설문지는 부록 1과 같았으며, 조사 결과 e-Navigation을 도입하기 위해서는 어떤 기술 분야가 가장 핵심이라고 생각합니까? 라는 항목과 가장 핵심 기술 분야를 묻는 질문, 그리고 우리나라가 가장 앞서갈 수 있는 기술 분야를 묻는 설문에도 모두 육해상 통신 링크 기술을 답함으로써 중요한 부분이라는 것을 알 수 있다.

특히 추후 우리나라에서 가장 빠르게 구현 가능한 육해상 통신링크기술로서

어떤 방식 기술이 될 것이라고 생각하십니까? 라는 설문에는 85%가 WiBro 통신 기술이라고 답하였다.

2.3GHz WiMax 표준의 하나인 Wibro는 우리나라가 원천기술을 확보하여 국제표준을 선도하고 있기 때문이다. Wibro는 시분할방식(TDD)으로 하나의 안테나에서 Tx/Rx가 시간차를 두고 송수신을 함으로써, 많은 장점과 고속 이동시 그리고 육상에서는 안정적인 서비스를 자랑하고 있어서, 여러 국가에서 Wibro 기술을 채택하고 있으나, 해상에 적용 시 통달거리의 한계가 있어서, 본 논문에서는 통달거리를 해결하기 위한 방법을 찾아보고, 현재의 기술에서 조금 더 나은 환경과 적용 가능한 기술을 제시하였으며, 현재 사용 중인 Wibro의 환경에 현실적으로 적용이 가능한 두 가지 부분인, 단말기의 출력과 안테나의 이득을 개선한 모델을, 통상적인 단말기 개발에 사용되는 전파 해석 모델을 이용하여 분석하였다. 통달거리의 확장을 위해서 육상에서 실제 사용하는 장비와 그의 실험적인 데이터 값을 그대로 적용하여, 최대한 허용 에러를 감소시키고, 해상 환경에 접목하는 방법 중 현실적으로 적용 가능 부분만을 도출하여, 최대 통달거리를 산출하는 방법을 연구하였다.

다음은 기존 육상의 Wibro 기술에서 통달거리의 한계점을 극복하기 위한 여러 가지 기술적인 검토를 해보고, 추후 연구 개발에 적용 방안을 고찰하였다.

4.3.3 통달거리 확장을 위한 기술 검토

우리나라가 이동통신에 대한 국제 규격을 획득한 WiBro와 모바일 WiMax를 중심으로 해상 이동통신에 활용 시 검토해야 할 문제점은, 가장 문제가 큰 통달거리를 늘리는 문제, 기지국과 단말의 출력 향상, 안테나의 수신 감도와 전송 지연이나 반사파에 따른 신호간의 간섭을 줄이기 위한 방법, 그리고 TDD 방식인 Wibro의 경우 TX/Rx의 스위칭 전환에 요구되는 보호기간 내 송수신전환갭(TTG, Transmit to receive Transition Gap)을 최대화하여 통달거리를 늘리는 방법이 중요한 이슈로 검토되고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 중요한 기술로서, 다중화 접속기술, 변복조 및 부호화 방식, 안테나 다이버시티 기술, 스마트안테나, 다중안테나(MIMO), 에너

지 접속기술(Beam forming), 중계기기술(Repeaters), 하이브리드 자동에러 보정 방식(H-ARQ) 등 여러 가지 최신 기술이 활용되고 있거나 연구되고 있다. 본 논문에서는 각각의 기술검토를 통하여 해상 이동통신 분야에서 통달거리를 넓히기 위한 방안과 현재 기술의 핵심 요소를 파악하여 해상통신에서의 문제점과 이용 가능한 이동통신 기술을 파악 하고자 한다.

가. 무선 통신에서의 다중화방식

양방향 통신 시스템에서 한 개의 안테나를 공유하는 다중 통신 방식은 주파수분할방식(FDD)과 시분할방식(TDD)이 있으며, 이에 대한 간단한 비교가 필요하다. FDD방식에서 Tx는 2,300~2,310Mhz, Rx는 2,370~2,380Mhz로 송수신 주파수 사이에 70Mhz가 보호대역이 유지되는 상태라서, 보호대역이 넓어서 좋으나 주파수 활용 측면에서 비효율적이며, 타 국가에서 다른 용도로 활용시 전파 간섭이 발생할 수 있으며, 송수신기의 회로가 복잡하나 별도의 전환스위칭 시스템이 필요없어 시스템이 간단하고, 통달거리가 긴 장점이 있다. 현재는 WCDMA 방식이 FDD 방식을 취하고 있다.

이에 반하여 TDD 방식은 송수신기의 회로가 단순하여 경제적이고, Tx/Rx의 주파수 대역이 2,300~2,310Mhz로 보호주파수 대역이 짧아서 주파수 활용 측면에서 효과적이나, Tx/Rx 전환시 RF스위치가 있어야 하며, 또한 전환에 필요한 보호시간이 필요하다. 보호시간 즉, 송수신전환갭(TTG, Transmit to Receive Transition Gap)에서 A기지국의 송신이 B기지국의 수신에 간섭을 일으킬 수 있음으로, 기지국과 사업자간의 시간동기가 필요하며 이로 인하여 통달거리를 늘리는데 한계가 발생한다. TDD는 현재 Wibro의 표준으로 활용하고 있으며 FDD에 비하여 통달거리가 상대적으로 짧다. 아래의 Table 4-4는 FDD와 TDD방식의 차이점을 보여주고 있다.

Table 4-4 Difference of FDD and TDD

<p>듀플렉싱</p>	<ul style="list-style-type: none"> - 양방향 통신 시스템에서 한 개의 안테나를 공유하기 위한 기술 방식 - 시분할방식(TDD), 주파수분할방식(FDD)으로 구분 <ul style="list-style-type: none"> • TDD 방식의 표준 시스템 : DECT, PHS, WLAN, CT-2, IMT-2000, WiBro • FDD 방식의 표준 시스템 : PCS, TRS, 셀룰라, GSM, WLL, B-WLL, M/W, IMT-2000
<p>TDD</p> <ul style="list-style-type: none"> - Time Division Duplexing - 송수신을 시간적으로 구분 - Guard Time 필요 	<p>채널</p> <p>Tx/Rx가 시간적으로 구분 (RF 스위치 필요)</p>
<p>FDD</p> <ul style="list-style-type: none"> - Frequency Division Duplexing - 두개의 다른 주파수 사용 - Guard Band 필요 	<p>Tx Guard Band Rx</p> <p>f_1 f_2</p> <p>Tx/Rx가 주파수로 구분 (Guard Band, Duplexer 필요)</p>

나. 변조방식 및 코딩기술

정보에 따라 반송파의 크기를 변화시켜 정보를 전달하는 ASK(Amplidude Shift Keying) 변조방식은 무선채널을 통과하면서 발생하는 진폭의 변화와 및 잡음에 매우 민감하기 때문에 안정적인 수신을 피하기 어렵고 무선 채널의 페이딩과 잡음에 매우 취약한 특성을 가지고 있다. 반면에 FSK(Frequency Shift Keying) 변조 방식은 잡음에 강한 특징을 갖지만, 서로 다른 데이터를 보내려면 서로 다른 주파수를 사용하여야 하므로 한정된 주파수 자원 내에서 데이터를 고속화하는 데에는 근본적으로 한계를 갖는다.

이에 비하여 PSK(Phase Shift Keying) 변조 방식은 제한된 주파수 대역폭 내에서 전송 속도와 잡음에 대한 내성이라는 두 가지 목표를 잘 고려하여 변조등급을 선택할 수 있다. 이 방법은 정보를 오직 Phase에만 실어서 보내는 방식으로, Fig. 4-4처럼 QPSK 변조는 반송파 신호의 90도 단위의 위상 변화에 의하여 2비트의 데이터를 전달한다. QPSK 이후부터는 주로 PSK와 ASK을 혼합하는 QAM(Quardrature Amplitude Modulation) 방식으로 발전하고 있다. 잡음에 대한 내성이 중요할 경우에는 BPSK나 QPSK와 같은 속도가 낮으면서 내성에 강하고 멀리 가는 변조 방식이 사용될 수 있으며, 잡음 내성보다는 전송 속도를 높

이는 것이 더 중요할 경우에는 16QAM이나 64QAM과 같은 변조등급이 높은 방식이 사용될 수 있다. Fig. 4-5처럼 BPSK, QPSK, 8-PSK, 16-PSK로 발전시키면서 동일한 원위에 더 많은 심볼을 넣으면 넣을수록 심볼 사이의 거리는 좁아지므로 수신 에러 확률이 증가한다. 64QAM은 2비트의 QPSK에 비하여 3배의 전송 효율로써 심볼당 6비트의 정보가 전달되기 때문에 앰프의 높은 선형성이 요구된다. 따라서 변조율이 낮은 방식이 통달거리 확장에 유리하다고 볼 수 있다

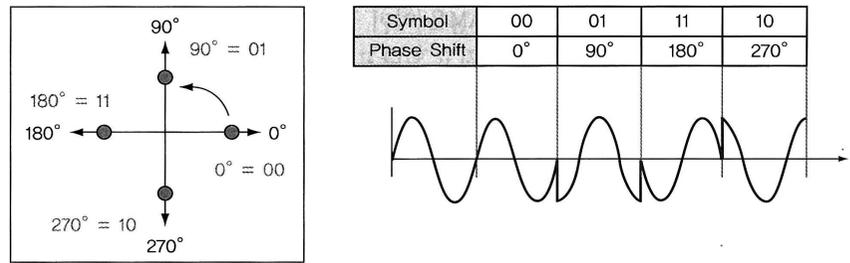


Fig. 4-4 QPSK Modulation

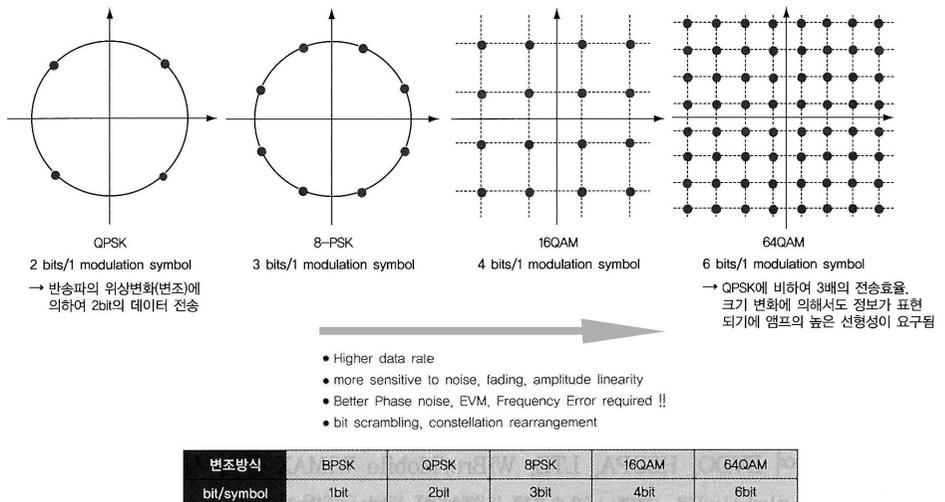


Fig. 4-5 Modulation Symbol Order and Speed of PSK and QAM

다. MIMO, 안테나 및 다이버시티 기술

이동통신 기술에서 무선 구간의 페이딩을 극복하기 위한 대표적인 기술로는

채널코딩과 및 자동재전송요청(ARQ, Automatic Retransmission Query)과 함께 다이버시티 기법을 들 수 있다. 다이버시티 기술은 보내고자 하는 신호를 복수개로 만들어서, 시간 축 상에서, 주파수 축 상에서, 또는 공간에서, 때로는 안테나의 Polarization 상에서 서로 다른 전달 특성을 가질 것으로 여겨지는 채널로 송신함으로써, 수신측에서는 서로 다른 특성의 채널들을 거쳐 온 신호들을 이용하여 보다 신뢰성 있는 수신을 확보하려는 기술이다. 시간 축상으로 다이버시티 효과를 획득하려는 시간 다이버시티(Time Diversity) 기법은 인터리빙과 결합된 채널코딩 및 ARQ/HARQ 등 통신기술에 사용된다. 주파수 다이버시티는 협대역보다 비교적 대역폭이 넓은 시스템에서 특성을 얻을 수 있고, 공간 다이버시티 및 편파 다이버시티는 안테나 다이버시티를 의미하며, 송수신측이 서로 상관값이 낮도록, 즉, 서로 채널 특성이 많이 다를 정도의 거리를 두고 복수개의 안테나를 설치함으로써 공간적으로 혹은 편파적으로 다이버시티 효과를 얻을 수 있다. 안테나 간의 상관도가 1이면 두 안테나의 신호가 똑같아서 다이버시티의 이득이 없음을 알 수 있다. 두 개의 안테나는 최소한 파장의 약 40%이상이 이격되어야 하며 수신안테나는 보통 50% 이상의 거리를 두는 것이 적절한 이득을 얻을 수 있다^[21].

MRC(Maximal Ratio Combining)는 두 개의 안테나로 수신된 신호에 대하여 간단한 EGC(Equal Gain Combining)보다 더 우수한 수신 성능을 얻기 위한 방법으로 MRC 방법이 제시되었다. MRC 방식은 두 개의 수신 안테나를 사용하여 수신 SNR(Signal Noise Ratio)이 최대가 될 수 있도록 동작한다.

Fig. 4-6은 안테나 다이버시티의 효능을 보여 주고 있는데, 각각 다른 주파수 선택적 특성을 갖는 두 안테나 신호를 결합함으로써, 각 안테나 별 신호들은 특정 주파수 대역에서 깊은 페이딩에 빠져 있는 모습을 볼 수 있으나, 결합된 신호(Total Composite Power)는 전대역에서 고르게 우수한 주파수 특성을 보이는 것을 확인할 수 있다. 송신 안테나에서의 다이버시티는, 대체적으로 하향 링크에서는 기지국이 좀 더 높은 송신출력으로 전송이 가능하기 때문에 하향 링크가 상향링크에 비하여 더 큰 링크 버짓을 가지게 되고, 상향링크대비 하향 링크의 SNR이 더 좋은 특성을 나타내었다.

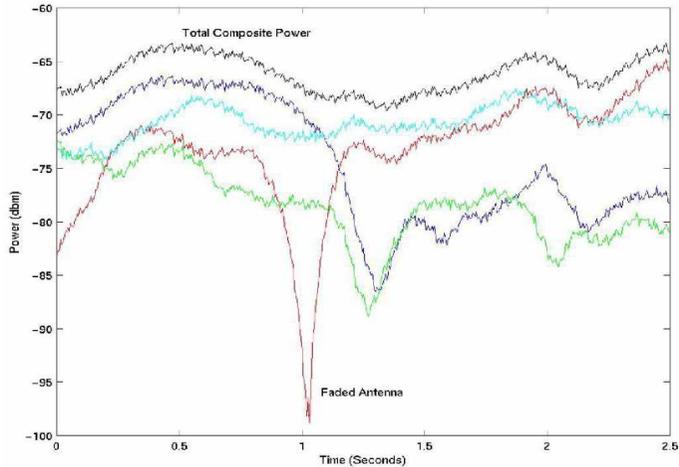


Fig. 4-6 Antenna Diversity Effects

따라서 상대적으로 안테나 설치에 공간적 여유가 있는 기지국 수신단에 수신 안테나를 두 개 설치하여 상대적으로 열악한 환경인 상향링크의 성능향상을 꾀하는 상향링크 수신안테나 다이버시티가 대안이 될 수 있다.

또 송신안테나 다이버시티에 의한 이득이 수신안테나 다이버시티에 의한 이득보다 작은 데에는 3dB의 전력손실이 주요한 원인이다. 예를 들어 하향링크 수신안테나 다이버시티의 경우 기지국은 한 개의 안테나를 사용하며 20W의 전력으로 신호를 전송하며 단말은 두 개의 수신 안테나를 통하여 신호를 수신하게 된다. 반면에 하향링크 송신 다이버시티의 경우는 다이버시티 채널을 형성하기 위하여 기지국이 두 개의 안테나를 사용하여 신호를 전송하여야 하는데, 그렇게 하기 위해서는 기지국별 유효방사전력(EIRP, Effective Isotropic Radiation Power)를 동일하게 유지하기 위하여 부득이하게 각 안테나별로는 전체 출력의 1/2인 10W로 전송하여야 한다. 이렇게 전송된 신호를 수신하는 단말 입장에서는 수신 안테나 다이버시티에 비하여 각 경로별로 3 dB의 SNR열화($3\text{dB} = 10 \times \log(20\text{W}/10\text{W})$)를 겪게 되는 것이다. 이러한 전력손실은 다중 안테나를 사용하여 수신하는 MIMO 에서도 동일하게 적용된다.

다중 안테나기술은 크게 송신과 수신 다이버시티와 적응형 안테나시스템(AAS, Adaptive Antenna System) 혹은 스마트 안테나, 빔포밍, 그리고 MIMO Spatial Multiplexing로 크게 나누어진다. 적응형 안테나 시스템은 Antenna

Array와 이를 제어하는 Process Block을 사용하여 안테나 방사 패턴을 원하는 방향으로 제어시스템을 말한다. 여기서 Process Block은 소프트웨어 일수도 있고, 하드웨어이거나, 이들의 혼합으로 이루어 질 수 있다. 빔포밍은 적은형 안테나의 일부분으로 기지국의 빔을 특정 사용자에게만 향하도록 형성하여 그 사용자에게는 신호의 전달이 크게 되도록 하며 SINR 중 Signal Power를 키워줌으로 상대적으로 다른 사용자들에게는 간섭으로 작용할 여지를 줄여주고 Interference Power는 줄여줌으로써 SINR를 향상시키는 방법이 된다. 따라서, 이를 이용하면 셀 커버리지의 향상은 물론 셀 용량 증대도 가능하게 된다.

MIMO Spatial Multiplexing은 무선 구간에서 반사파에 의한 다중 반사파 현상은 통신 시스템의 수신 성능을 저하시키는 주요한 요인이기도 하지만, ODMA 수신기에서는 이러한 다중 반사파를 잘 이용하여 합치면 수신 신호에서 다중 반사파 다이버시티 이득을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 다중 반사파 현상을 잘 이용하면 주파수 효율을 N배까지 올릴 수 있는데, 같은 주파수, 같은 공간, 같은 시간을 사용하면서, 다중 안테나를 통하여 각기 다른 정보를 전송할 수 있게 됨으로써 정보 전송 능력을 높게 하는 기술 방식이 바로 MIMO 시스템이다. 즉, 송신 측과 수신 측에 모두 복수 개의 안테나를 사용하여 시스템의 성능 향상시켜 전송속도, 용량증대, 커버리지 증대를 꾀하는 방법이다.

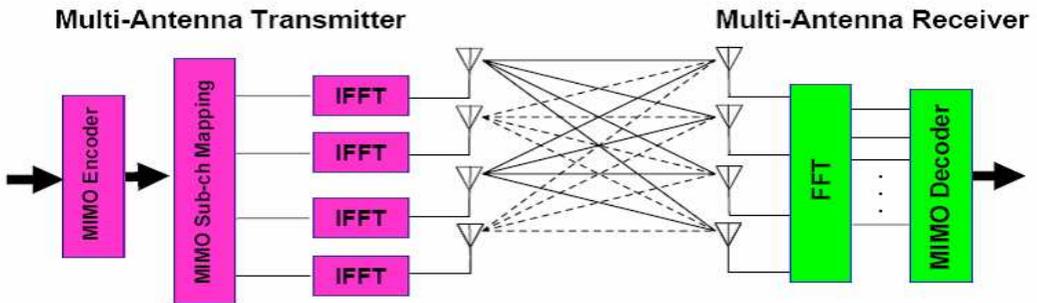


Fig. 4-7 Basic Block Diagram of MIMO-OFDM

Fig. 4-7은 MIMO 안테나에서 동시에 보낼 수 있는 서로 다른 데이터 스트림의 개수는 송신 안테나 개수와 수신 안테나 개수 중 더 작은 것에 의해 제한되는데, 일반적인 형태인 송수신 안테나 개수가 동일한 구조를 보여주고 있으며 4배로 정보전송을 높일 수 있는 것을 보여주고 있다.

Fig. 4-8은 안테나 다이버시티 방법 중, 안테나 다이버시티 이용 기술은 공간적 다이버시티 (STC, Space Time Coding) 방법으로, OFDM의 주파수 축 상에서 각 부반송파를 나누어 송신하고 IFFT와 DAC/RF 회로를 통하여 각 부반송파들이 서로의 간섭없이 완벽하게 자기 신호를 다시 복원하는 다이버시티 합성을 블록 다이어그램을 통하여 개념을 보여주고 있다.

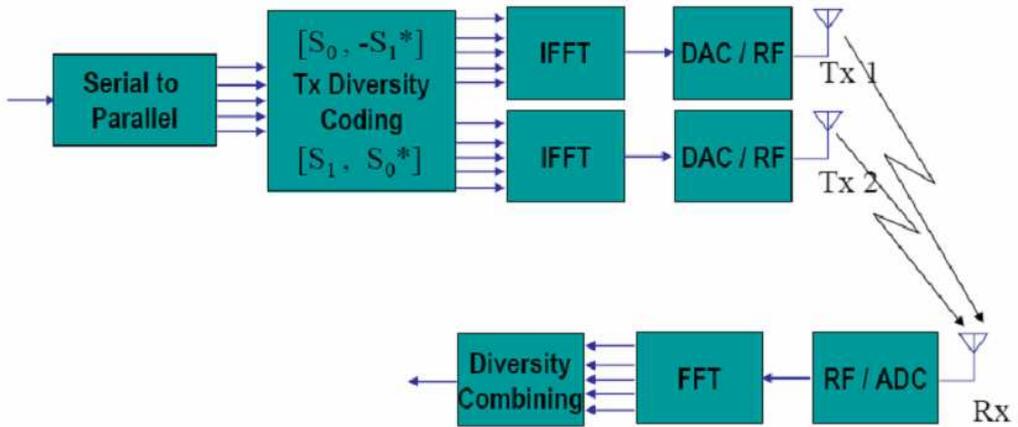


Fig. 4-8 Antenna Diversity

에너지 집중화 기술인 안테나 빔포밍과 같은 전파 에너지를 한곳으로 집중하여 최대의 에너지 전송하는 보편적으로 사용하는 기술로 Fig. 4-9와 같이 안테나의 빔을 좁게 형성하는 방식으로 빔형성에 의한 이득을 상승시키는 방법이다.

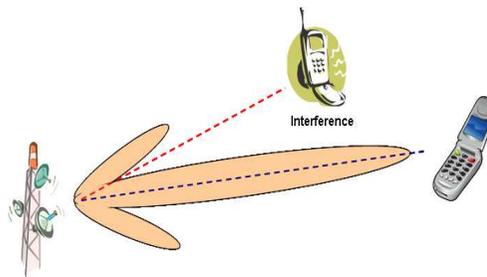


Fig. 4-9 Directed Beam Forming Antenna

라. 중계기에 의한 기술

모든 전파는 공간 손실에 의해 거리가 멀어질수록 감쇄가 일어날 수 밖에 없기 때문에 약해진 신호를 다시 증폭하여 서비스 범위를 확장하는 방법으로 중계기를 설치하는 방법이다. Fig. 4-10과 같이 서비스 대역을 확장하기 위하여 중계기를 사용하는 개념도를 보이고 있다.

WiBro의 네트워크 구조에서 RAS(Radio Access Station)는 다양한 사용자 단말들과 무선접속을 한다. ACR(Access Control Router)은 RAS의 상위에 위치하며 복수개의 RAS에 대한 무선 자원관리를 수행하며 코어망에 연결된다. ACR과 RAS를 합친 것을 모바일 WiMAX에서 정의한 기지국(BS, Base Station)이라고 정의하고 있지만 현재는 Wibro에서는 RAS을 기지국으로 보고 개인단말기(PSS, Personal Subscriber Station)이나 단말기(MS, Mobile Station) 또는 SS로 명명되는 개인 휴대 단말기 사이에 중계기를 설치하여 약한 RF신호의 음영지역 서비스를 위한 재전송 장비로 커버리지 확대와 통화감도 향상에 지대한 역할을 하고 있다.

Fig. 4-11에서 보여주고 있는 ICS(Interference Cancellation System) 중계기는 DSP(Digital Signal Processing)의 기술을 이용하는 새로운 개념의 중계기로 다중 경로간섭을 일으키는 Direct Feedback, Long Term Fading과 Short Term Fading을 자동적으로 제거해 주는 해결책으로 서비스 안테나와 직접적인 피드백을 받는 도우너 안테나를 사용하는 ICS 중계기는 추후 Wibro 기술에 핵심적으로 적용될 것이며, 옥외형, 옥내형, 지하철형 그리고 선박형에 향후 사용이 예상되는 모델이다.

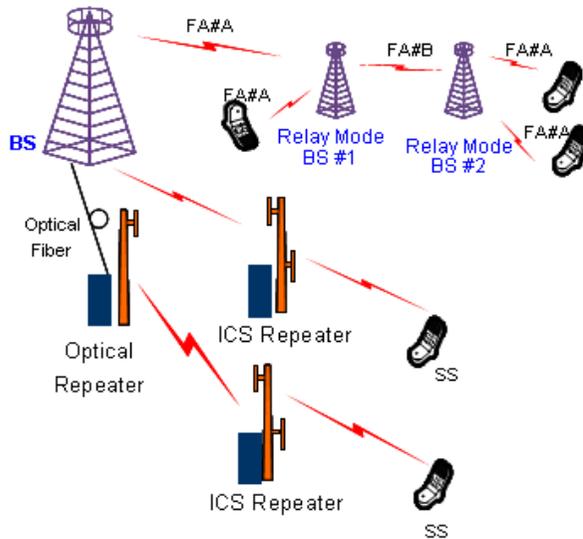


Fig. 4-10 Extension of Repeaters

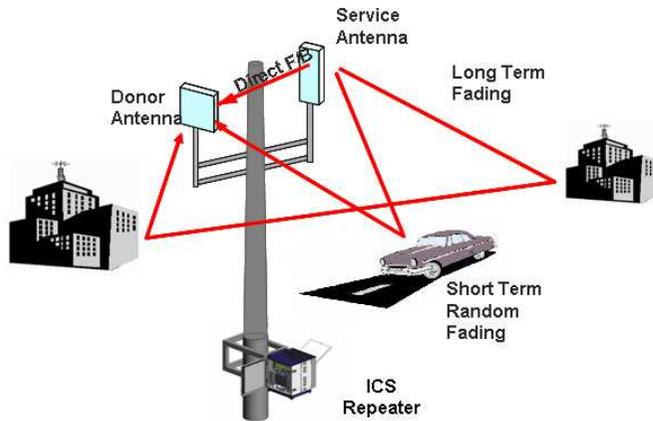


Fig. 4-11 Repeaters

마. HARQ(Hybrid-ARQ, Automatic Retransmission Query)

유선 통신에 비하여 무선통신은 전송 신호가 무선 공간으로 전파되는 특성에 의하여 다양한 형태의 오류가 발생하여 데이터 전송의 어려움이 증가하게 된다. AWGN(Additive White Gaussian Noise)으로 모델링 되는 열 잡음이외에도, 무선 채널에서는 기지국에서 멀리 떨어질수록 증가하는 경로감쇄와 빌딩 등에 의해 전파가 가려지는 현상을 나타내며, 로그 정규분포로 모델링되는 Shadowing

현상 및 Rayleigh 또는 Rician 분포를 갖는 다중 경로 페이딩 등이 존재하며 신뢰성 있는 신호 전송을 어렵게 한다.

이와 같이 무선 구간에서의 다양한 채널 상태의 변화와 오류 발생에 대하여 전송의 신뢰성을 확보할 수 있는 방법으로 다음 두 가지 기술이 가장 많이 사용된다.

하나는 순방향 오류정정(FEC, Forward Error Correction) 혹은 채널코딩과 ARQ(Automatic Retransmission Query) 시스템이 가장 많이 사용된다.

채널 코딩은 피드백 경로를 필요로 하지 않은 개루프 오류 정정 방법의 하나이다. 기본적인 개념은 송신단에서 정보를 송신하기 이전에 이 정보가 안전하게 수신단까지 도달할 수 있도록 일정한 보호비트를 추가해서 보내는 방법이다. 보호비트 추가에 의하여 채널 코딩을 마친 부호화 비트들은 이전의 정보비트에 비하여 비트수가 늘어나서 사용자 정보 전송속도가 낮아지지만, 결과적으로는 더 좋은 성능을 나타낼 수 있다.

ARQ는 피드백을 기반으로 한 오류 정정 방법으로 폐루프 방식으로 기본적인 개념은 수신단에서 정보를 수신하여 검사 결과 오류가 없는 경우에는 송신단 측에 ACK(ACKnowledgement)를 보내 주고, 오류가 있을 경우에는 NACK(No-ACKnowledgement)를 보내주어 송신단이 오류가 난 신호를 다시 보내주도록 하는 방법이다. 위와 같이 데이터를 전송하면서 발생하는 에러를 미연에 방지시키거나 또는 수신측에서 효율적으로 감지하고 에러를 복원하도록 절차를 채널 코딩이라 한다.

Fig. 4-12에서는 ARQ는 피드백을 기반으로 한 폐루프 오류 정정 기법이다. 물리 계층에서 우선적으로 FEC로 오류가 난 경우에는 무선링크제어(RLC, Radio Link Control) 계층에서 ARQ에 의해서 오류가 난 패킷을 다시 재전송함으로써, 결과적으로 RLC 계층 상위로 데이터를 올려줄 때에는 오류가 없는 패킷만으로 정보를 복원하여 올려 준다.

기존의 ARQ는 크게 두 가지 단점이 있는데, 첫째는, 재전송이 RLC 계층에서 이루어지기 때문에 시간지연이 클 수 있다는 점이며, 둘째는, 최초 수신시 오류가 발생한 패킷은 바로 버림으로써, 그 패킷에 어느 정도 담겨있는 송신 신호에 대한 정보를 이후 재전송 패킷을 수신할 때는 전혀 사용하지 않는다는 점이다.

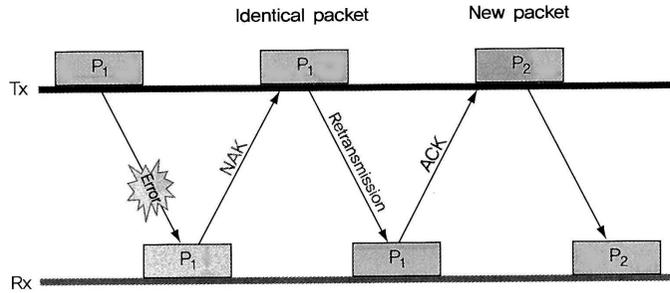


Fig. 4-12 ARQ Principle

위와 같은 ARQ의 단점을 보완한 것이 HARQ이다. HARQ는 그 이름에서 유추할 수 있듯이, 기존의 MAC 계층의 ARQ 기술과 물리 계층의 채널 코딩 기술이 결합된 하이브리드기술이다. 기존 기술과 차이점은 비록 오류가 났더라도 최초 전송되었던 패킷 역시 어느 정도는 정보량을 지닌 신호이므로 이를 버리지 않고 Soft Combining을 하거나 혹은 다른 방법으로 함께 사용하여 보조한다는 점이다. HARQ는 오류가 발생한 고속의 패킷들을 한 동안 저장하고 있어야 함으로 고속 고용량의 저장매체를 필요로 하는 기술이다. 최근 반도체 메모리 기술의 발전으로 HARQ를 상용 시스템에서 구현할 수 있고, 메모리 소자의 크기에 따라 단말기의 등급이 나누어진다. 전형적인 에러보정방식과는 다르게 에러 발생시 다이버시티로 입력된 신호를 재 수신하여 에러를 보정하는 방법이 HARQ이고, Fig. 4-13은 그 개념도를 보여주고 있다.

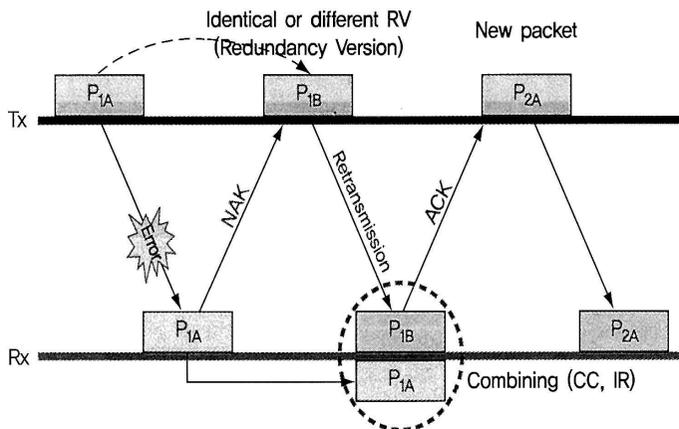


Fig. 4-13 HARQ Concept

바. 다중반사파의 문제점과 OFDM 기술

해상이나 일반적인 도심 환경에서, 전파는 일직선으로 도착하는 직접파 보다는 건물, 지형지물 및 물결이나 파도 등 많은 반사파로 구성된다. 직접파와 반사파간 또는 짧은 반사파와 긴 반사파간의 신호는 서로 도착 시간이 다르기 때문에 시간차가 다른 신호간의 겹침 현상으로 수신단에서 간섭량이 증가하게 된다. 이와 같은 다중 반사파에 의한 멀티패스 페이딩(Multipath Fading) 현상은 앞뒤 심볼의 겹침에 의해 상호 간섭이 발생하는 ISI(Inter Symbol Interference) 문제를 심화시키게 되며, Fig. 4-14에는 현재 심볼의 앞부분이 지연된 반사파에 의하여 방해받고 있는 것을 보여주고 있다.

아나로그 방식에서는 다중 반사파에 대하여 효율적으로 대응하기가 어렵지만, 디지털 이동통신에서는 적극적인 대책이 필요하며, CDMA 방식에서는 대표적으로 다수 안테나를 사용하는 안테나 다이버시티 기법이나 레이크(Rake) 수신 기법을 들 수 있다. CDMA와 같이 단일 반송파 광대역 시스템에서 이퀄라이저를 사용하면 데이터의 속도가 증가함에 따라 복잡도가 기하급수적으로 증가하지만, 다중 반송파를 사용한 OFDM 시스템에서는 데이터의 증가에 따라 복잡도가 선형적으로 증가한다. 현재의 3세대 이동통신이 4세대로 진화하기 위해서는 데이터의 속도가 최소 100Mbps 이상이어야 함을 정의하고 있기 때문에 4세대 이동통신을 위해서는 CDMA가 아닌 다른 방식의 무선 기술이 요구되는데, 광대역 고속 통신에 적합한 OFDM 기술로 옮겨 가고 있다.

다음은 GI(Guard Interval)와 CP(Cyclic Prefix)에 대하여 알아보자. OFDM 기술이 고속의 데이터를 저속의 데이터로 변환하고 다수개의 부 반송파로 병렬 전송하여 고속 데이터에서의 ISI 문제점을 완화하더라도, 저속의 부 반송파에서 역시 반사파에 의한 ISI 문제가 여전히 남아 있다. 이러한 부 반송파 상의 심볼간 반사파 문제는, 반사파들이 지연되어 도착하는 시간만큼은 사용하지 않도록 정의하면 원론적인 해결이 가능하다. 즉, 반사파에 의한 ISI 영향을 받는 때 심볼의 앞부분의 일정 구간을 사용하지 않으며 이를 GI이라 하고 부 반송파의 반사파가 GI 구간 내에만 도착 한다면 반사파에 의한 영향을 받지 않게 되는 것이다.

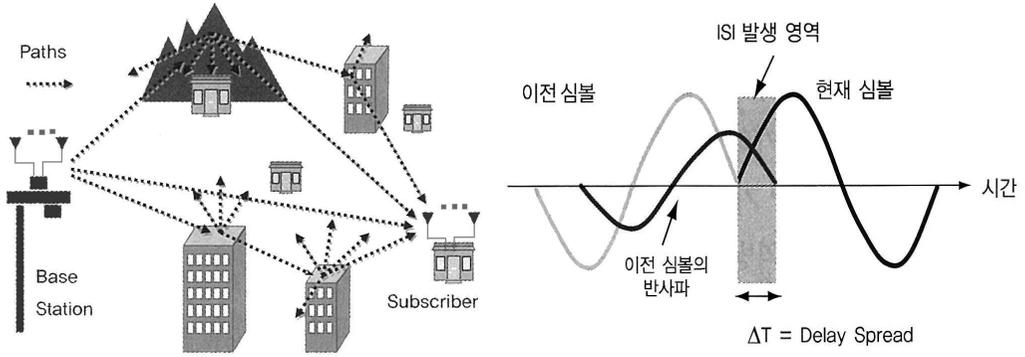


Fig. 4-14 ISI from Reflected Waves on Subcarrier of OFDM

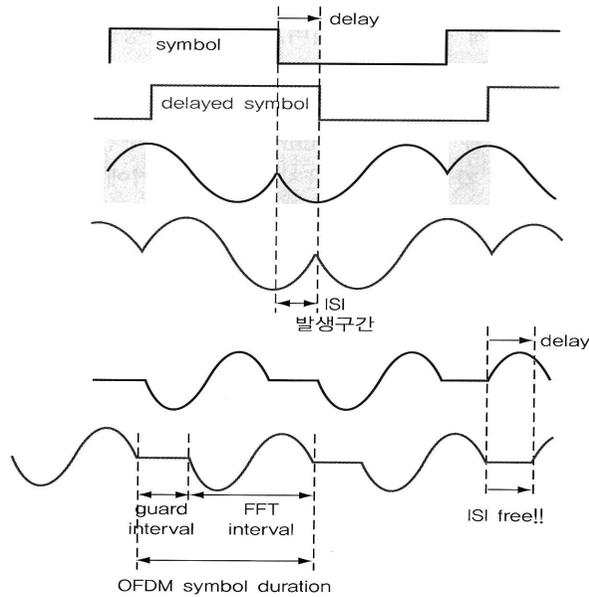


Fig. 4-15 Guard Interval for ISI Problems of Subcarrier

GI는 보통 심볼주기의 20%이하가 되도록 하는데, GI로 설정된 심볼기간은 사용하지 않기 때문에 0Hz의 신호처리가 되고, Fig 4-15처럼 0Hz로 처리된 구간이 반사파에 의해서 시간지연이 발생하게 되면 부 반송파간의 직교성 원칙의 손상이 발생하여 부 반송파간의 간섭인 ICI(Inter Carrier Interference)가 발생된다.

즉, 부 반송파의 주파수 특성인 sync함수의 피크와 널의 위치가 교차하여야 하는 기본 규칙이 지켜지지 않아서, 더 이상 직교성의 원칙을 잃어버리게 된다.

이러한 ICI 문제는 Fig. 4-15처럼 GI를 ISI Free로 처리했기 발생한 문제이므로 이것을 ISI Free 대신에 무의미한 원래의 부 반송파의 주파수로 채워주면 된다. Fig. 4-16은 데이터 심볼의 맨 마지막 부분을 복사하여 앞의 GI 구간에 삽입한 경우이며, 이러한 특성을 이용하여 ICI를 해결하는 방법을 CP라고 부른다. 보통 GI 혹은 CP의 길이는 심볼 에너지 저하가 약 1 dB 이내가 되도록 정하며, 이는 앞서 말한 심볼 길이의 20%정도가 된다. GI를 정의하더라도 GI를 초과하여 도착하는 반사파에 의한 심볼 SINR 저하는 필연적이다.

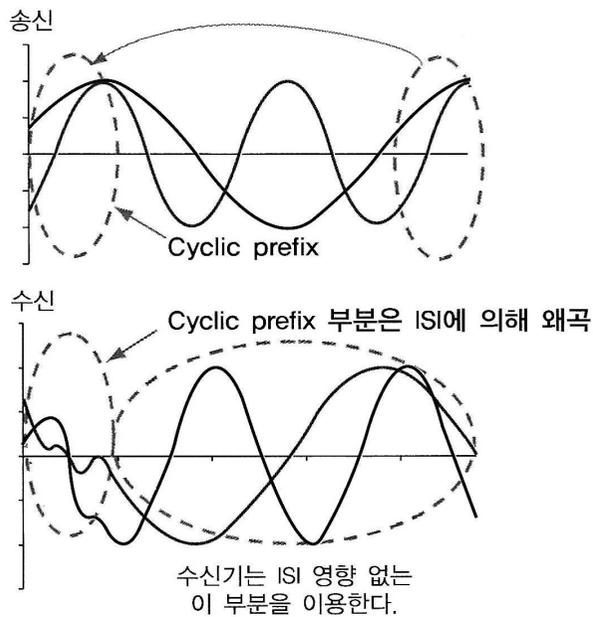


Fig. 4-16 CP for Solving GI and ICI Problems

OFDM 기술에는 데이터의 고속화에 따른 반사파의 문제가 심각해진 근본적인 요인은 채널의 지연특성에 따라서 반사파들의 심볼이 겹치는 절대적인 시간은 그대로인데, 속도가 올라감에 따라 심볼의 폭이 좁아져 심볼 간에 겹치는 부분의 비율이 증가하기 때문에 생기는 문제이다. 고속속도를 유지하면서 심볼의 폭을 유지하는 방법으로, 고속의 데이터를 저속의 데이터로 쪼개어 병렬 전송하고,

수신측에서는 수신된 병렬 저속 데이터를 합쳐서 고속의 직렬 데이터로 복원하는 MCM(Multi Carrier Modulation) 기법이 있다.

MCM 방식은 상용 이동통신에 사용하는 데에는 크게 두 가지 문제가 있었는데, 하나는 단말기 내에 부 반송파 회로를 수백 개씩 구현해야 하는 비현실성 때문에 군용으로 많이 사용되었으나, 최근 반도체 기술의 발달로 아날로그 회로를 디지털 회로로 구축할 수 있고, 부 반송파 회로를 수백이 아니고 수천 개까지도 한 개의 IC 칩에 구현함으로써 고속 데이터를 저속 병렬로 전송이 가능해졌으며, 특히 FFT 신호처리 기술을 이용하여 연산이 더욱 간단해져 상용화에 대한 문제점들이 해결되었다. 또한 주파수 축상의 싱크함수의 널(Null)과 피크(Peak)의 위치에 대한 특성을 이용하면, 기존의 FDMA에서 발생하는 부 반송파간 주파수 이격에 의한 주파수 효율의 저하를 겪지 않으면서 매우 촘촘하게 부 반송파들을 주파수축상에 배열할 수 있으며, 인접한 부 반송파간의 피크와 널이 상호교차하도록 부반송파의 중심 주파수를 배치하면 주파수 간격을 크게 띄우지 않아도 상호간섭을 최소화할 수 있게 되어 주파수 효율저하를 방지할 수 있다.

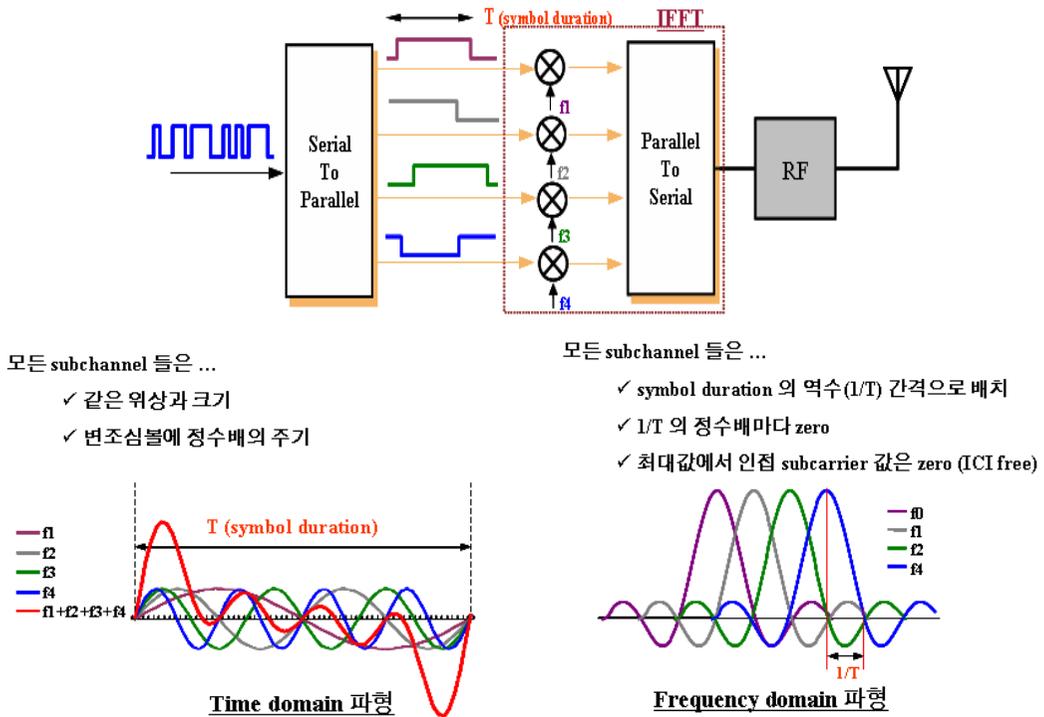


Fig. 4-17 Frequency Diversity and PAPR Appearance with 4 Subcarriers

Fig. 4-17과 같이 어떤 부반송파는 페이딩에 빠졌지만 다른 부반송파는 매우 좋은 채널상태를 가질 수 있어서 주파수 다이버시티 효과를 얻을 수 있고, 이렇게 수신된 신호들은 다시 채널 코딩을 거치면서 페이딩에 빠진 신호를 복원하여 안전한 복조가 가능하게 된다.

사. 프레임 구조의 최적화

TDD 방식에서 DL/UL의 중첩을 방지하기 위한 전송지연과 SS Switching Time(SSTT, SSRTG)을 고려한 최적 프레임 구조를 고려하여야 하며, CP는 확장된 채널 지연을 수용할 수 있도록 충분히 길어야 한다. 아래의 Fig. 4-18은 Cell Coverage를 늘릴 경우, Max Delay Spread도 증가되며, 이러한 증가된 전송 지연이 CP의 Length 보다 길 경우 전파방해가 발생하는 것을 보여주고 있다. 또한 아래의 Fig. 4-19는 TDD 방식에서 단말 기간에 송수신시 발생할 수 있는 Downlink and Uplink 시 오버랩되는 간섭부분을 보여 준다

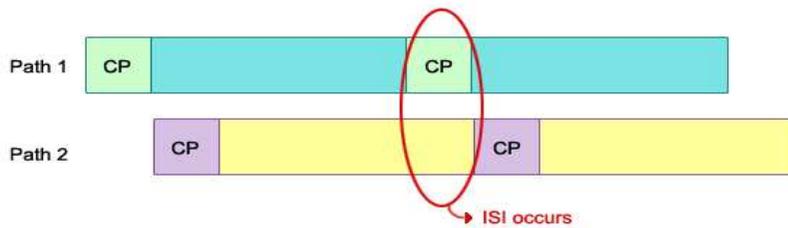


Fig. 4-18 Propagation Delay

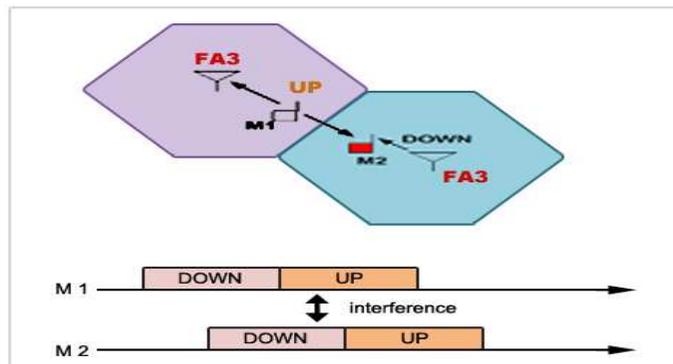


Fig. 4-19 Interference of Uplink and Downlink

아래의 Fig. 4-20은 실제적으로 기지국과 단말기간에 최적의 프레임구조를 갖기 위한 프레임간의 요구되는 BS와 MS간의 송수신간의 전송갭(Transmit to receive Transition Gap)을 자세히 도표로 명시하였다.

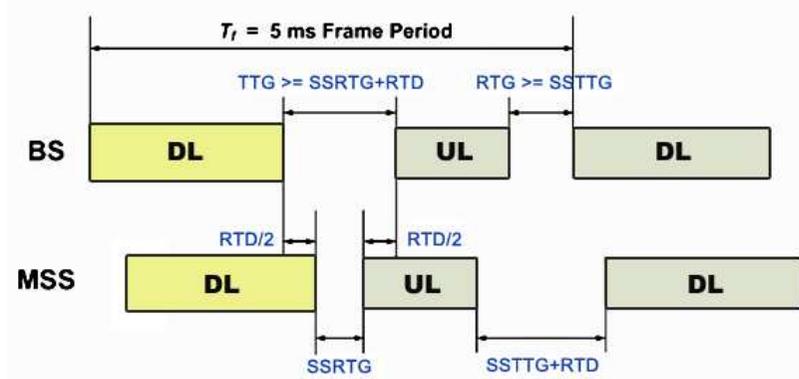


Fig. 4-20 Optimized Frame Structure of TTG and RTG

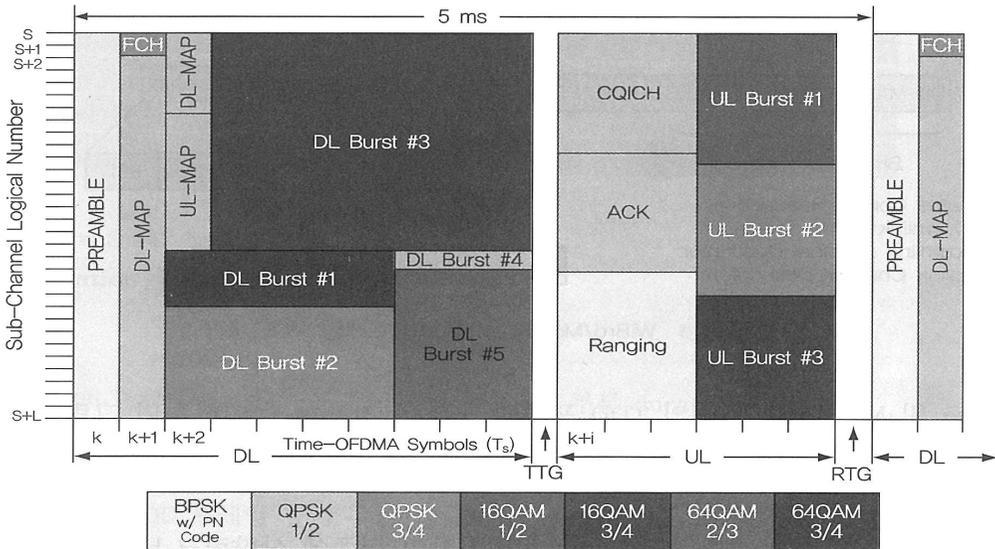


Fig. 4-21 TDD Frame Structure of Wibro and WiMax from Intel

Fig. 4-21의 Wibro와 WiMax의 TDD 프레임 구조를 보여주고 있는데 두 시스템간의 차이는 5ms 프레임 당 OFDMA 심볼의 개수가 다르다는 것뿐이다. 프레임 앞부분에 하향 링크 Burst가 위치하며 뒤쪽에 상향 링크 Burst가 위치한다.

두 개의 링크 Burst 사이에는 TDD 시스템의 상향 링크 신호와 하향 링크 신호의 충돌을 방지하기 위한 송신에서 수신으로 절체 시간인 TTG (Transmit-to-receive Time Gap)가 있으며, 상향 링크 Burst와 다음 프레임의 하향링크 Burst 사이에도 RTG(Receive-to-transmit Time Gap)의 절체 시간이 존재한다. 하향 링크 Burst의 맨 앞에는 Preamble이 위치하며, 그 뒤에 FCH(Frame Control Header)와 DL-MAP, UL-MAP이 뒤따른다.

여기서 TTG와 RTG는 보호시간으로 TDD 시스템의 내재적인 물리계층 Overhead이다. 한편 TTG와 RTG는 기지구단을 위주로 한 용어이며, 단말단에서는 이와 비슷한 SSTTG와 SSRTG의 개념이 있다. SSTTG는 단말이 송신에서 수신으로 절체하는 시간이며, SSRTG는 단말이 수신에서 송신으로 절체하는 시간이다.

Table 4-5 Max. Data Speed of Mobile WiMax with 10MHz

파라미터	WiBro 시스템 값	Mobile WiMAX 시스템 값
다중 접속 방식	OFDMA	
Duplexing 방식	TDD	
대역폭	8.75 MHz	10 MHz
Sampling factor	8/7	28/25
Sampling frequency	10 MHz	11.2MHz
FFT point 수	1024	
Tone spacing	9.765625 kHz	10.9375 kHz
Effective 신호 대역폭	8.447 MHz	9.188 MHz
Date 부분 대비 cyclic prefix 비율	1/8	
OFDMA date 부분 duration	102.4 μ s	91.4 μ s
OFDMA CP 부분 duration	12.8 μ s	11.4 μ s
OFDMA symbol duration	115.2 μ s	102.9 μ s
TDD 프레임 길이	5 ms	
TTG + RTG	161.6 μ s	
프레임 당 OFDMA symbol 개수	42	47
DL/UL	가변	

Table 4-5는 Wibro와 Mobile WiMax의 시스템 파라미터를 보여주고 있으며, Mobile WiMax에서는 1.25MHz에서 20MHz까지 다양한 대역폭에 대한 시스템 파라미터가 정의되어 있으나, 여기서는 대표적인 10MHz 대역폭의 시스템과

Wibro의 8.75MHz 시스템 파라미터인데, 연계된 시스템 파라미터는 모두 대역폭의 차이에서 기인한다. 여기서 TTG + RTG의 소요시간이 $161\mu s$ 이며, OFDMA의 CP부분의 Duration이 $12.8\mu s$ 임을 알 수 있었다.

4.3.4 서비스 통달거리 확장방안

앞절에서는 현재 이동통신의 상용 시스템에 대한 기술 분석을 통하여, 해상통신을 위한 실제적인 서비스 반경을 확장하기 필요한 여러 가지 기술적인 대안을 검토해 보았다. 가능하면 현재의 기술에서 큰 변화 없이 최소한의 장비 개선으로 e-Navigation에 필요한 통신 기술을 확보하는 것이 관건임으로, 본 논문에서 검토 중인 Wibro의 기술은 이미 통신 기술 부분에서는 국제적으로 공인을 받았고, 이미 상용화되어 많은 기술적인 문제점은 이미 다 해결되어 있다고 볼 수 있다. 다만, 해상에 적용할 때 중계기 설치가 어려워서 통달거리를 확보하는 가장 큰 문제점인데 이러한 통달거리를 확장하는 방안을 본 논문에서 고찰하여 보았다.

통달거리확장을 위해서는 Wibro의 프레임구조에 새로운 설계와 송신 출력의 증대와 송신 안테나이득을 향상시켜 유효반사전력을 최대한으로 올리고 그리고 단말기의 수신감도를 좋게 함으로서 통달거리를 확장할 수 있다^[25].

최대 확장 가능한 통달거리에 대한 분석은 기지국과 단말기간의 링크버짓 분석을 통하여 최대경로손실(Max Allowable Path Loss) 값을 찾아내고 자유공간에서의 전파손실에 분석 방법 중의 하나인 COST231-Walisch-Ikegami Model을 이용하여 이를 분석하여 해상에서의 최대 통달거리를 구할 수 있다^[26].

1차적으로 해상에서는 도심과 같이 건물이나 장애물이 거의 없으므로, 자유공간에서의 손실로 보고, 단지 파도에 의한 반사와 회절을 고려한 LOS(Line of Sight) 환경에서 전파 해석 모델을 도입하여 통달거리를 분석 후 실제적으로 도입할 경우 우리나라에서 수신 가능한 영역을 식별하여 보았다

가. 프레임구조에 의한 통달거리의 제한

Table 4-6의 Current Wibro Profile에 나와 있는 TTG 및 RTG는 규격에서 제

시한 수치이며, SSTTG 및 SSRTG는 규격에 최대 50 μ s를 넘지 않도록 권고하고 있으나, Extended Cell로 변경 시 제시한 수치는 SSTTG 및 SSRTG가 15 μ s까지 구현 가능한 것으로 판단할 수 있다. 이것은 단말기 성능 문제인데, Table 4-5의 시스템 파라미터에서 OFDMA의 CP부분 Duration이 12.8 μ s까지 가능하게 되어 있다^[28].

Table 4-6 TTG/RTG Analysis for Max. Cell Coverage

Item	Current Wibro Profile	For extended cell	Unit
RTG	74.4	15.0	usec
TTG	87.2	146.6	usec
SSRTG	50.0	15.0	usec
SSTTG	50.0	15.0	usec
MARTD	37.2	131.6	usec
Maximum Cell Radius	5.6	19.7	km

Frame Structure Optimization Example; TTG/RTG length for supporting a large cell radius
 MARTD = Maximum Allowable Round Trip Delay
 Propagation Delay : 3.3 μ s/km

현재 육상에서 사용하고 있는 기존 통신 프레임 구조에서는 최대 5.6Km밖에 안되기 때문에, 통달거리를 늘리기 위해서는 먼저 통신 프레임 구조를 개선하여 시스템간의 마진을 확보해야 하는데, Table 4-6에서 보여주는 것처럼 현재의 Wibro의 TTG/RTG를 확장된 셀 개념으로 분석 시, 또 $TTG + RTG = 161.6\mu$ s로 일정함으로, $TTG \geq X/(300000)s + 15\mu$ s + $X/(300000)s = X/150000 + 15\mu$ s, $RTG \geq 15\mu$ s이며, 여기서 X가 기지국과 단말간의 거리이므로 X가 최대가 되기 위해서는 TTG가 최대가 되어야 하고 RTG는 최소가 되어야 한다.

위 내용을 좀 더 자세히 풀어 보면 BS로부터 X라는 거리만큼 떨어진 곳에 있는 MS는 전자기파의 속도가 초당 30만km이므로 $X/(300000)s$ 후에 기지국의 신호를 수신하게 된다. 그리고 단말은 송신 모드로 변경을 해서 신호를 송신하게 되는데 이 변경에 필요한 시간을 단말의 SS Switching Time이라 하며 최소 15 μ s가 필요하고. 그 이후 단말의 송신신호는 $X/(300000)s$ 후에 기지국으로 수신 된다^[27].

따라서 DL 신호가 단말까지 가는데 걸린 시간과 단말의 SS Switching Time, UL 신호가 기지국까지 가는데 걸린 시간은 TTG보다 작거나 같아야 하며 RTG는 단말의 SS Switching Time보다 크거나 같아야 한다. RTG가 $15\mu\text{s}$ 일 때, 최소이므로 그 때 TTG는 $146.6\mu\text{s}$ 이고 그 때 X는 약 19.74km가 된다. 즉 5.6Km에서 19.74Km까지 통달거리의 확장이 가능한 것을 알 수 있다.

나. 해상통신의 최대서비스반경을 위한 조건

Down and Uplink Path Loss 분석 시, 변조방식은 QPSK 1/2를 활용하였으며, 실제 서비스 반경을 결정짓는 Uplink 시 각 Unit의 값은 Baseband에 해당하는 부분은 수치에 변동이 없으며, 조정 가능한 PSS단말기의 출력을 일반적인 0.2W에서 1.0W까지 키우고, 수신 안테나의 이득은 3.0dB에서 최대 9.0dB까지 올려서 계산을 하여 보았다. 그 외 변수인 RAS(Radio Access Station)의 수신 안테나 이득은 BS와 거의 같다고 보고, 다이버스티 이득은 최상으로 설정하고, 케이블 손실은 20미터로 산정하였으며, 열손실은 실제값을 대입하였고, CINR(Carrier to Interference Noise Ration)도 최상의 조건으로, 시스템 로딩 마진은 고정된 값을 사용하였고, 페이드 마진은 10.0dB을 설정하였다. 해상조건에서 최대허용 경로손실을 구할 때, 다른 변수는 거의 육상 조건과 변하지 않는다고 보고, 조정이 가능한 변수인 단말기의 출력과 안테나 이득만을 변경하여, 실제 서비스 가능 반경을 도출하였다^[28]. 새로운 장비를 개발하여 서비스를 할 경우에는, 기지국의 BS Tx Power를 20W에서 더 증가시켜 Downlink의 최대 허용 경로 손실을 높일 수도 있다.

다. Cost 231-Walisch-Ikegami Model에 의한 Cell Coverage 산출

다음은 기존 사용하고 있는 육상 장비를 이용하여 해상에서의 서비스 반경을 계산한 도표들이다. DL와 UL시 최대허용 경로손실을 구하고 그에 따른 통달거리를 각각 산출하였다. 전파 해석 모델은 LOS 환경에서 COST231-Walfisch-Ikegami Model을 식 4-1을 이용하여 최대 통달거리는 식 4-2에서 d값을 구하여 통달거리로 해석하였다^[26].

$$L(r) = 42.64 + 26\log(d) + 20\log(f) \quad (\text{식 4-1})$$

$$26\log(d) = \text{Max Allowable path Loss(dB)} - 42.64 - 20\log(f) \quad (\text{식 4-2})$$

여기서 최대허용 경로손실(Max Allowable Path Loss)은 Table 4-8에서 나타난 Max EIRP + RAS Rx ant agin + RAS Rx Diversity Gain - RAS Cable loss - PSS Receiver Sensitivity - Log-normal Fade Margin 6가지 변수를 합하여 계산하여 정리하면 되고, 최대유효방사전력(Max EIRP, Effective Isotropic Radiation Power)는 PSS Total Power + PSS Tx Ant Gain이고, 단말기의 수신감도(PSS, Receiver Sensitivity)는 RAS thermal Loss + Allocation BW + RAS Noise Figure + CINR Required Per Ant + System Loading Margin으로 계산할 수 있다.^[28]

Table 4-7과 Table 4-8은 최대 경로 손실을 하향일 때와 상향일 때를 각각 계산한 표이다. 최대 허용 Path Loss는 시스템 이득에서 페이드 마진을 뺀 값으로 계산되었음을 알 수 있다.

Table 4-7 Max. Allowable Path Loss at Downlink (QPSK 1/2)

Item	Unit	Value	Remark
Subcarrier spacing	kHz	8.8	
	dB	39.4	c
BS Tx Power	W	20.0	
	dBm	43.0	d
Tx. Power per carrier	W	0.0	
	dBm	10.5	e
Tx ant gain	dB _i	17.0	f
Tx cable loss	dB	3.0	g
Max. EIRP	dBm	57.0	h=d+f-g
Max. EIRP per carrier	dBm	24.5	I=e+f-g
Rx ant gain	dB _i	3.0	j
Diversity gain	dB	0.0	k
Rx Thermal noise	dBm/Hz	-174.0	l
Noise figure	dB	6.0	m
CINR required	dB	2.9	n
Rx sensitivity	dBm	-95.1	o=l+70(BW)+m+n
Fast. fading margin	dB	0.0	p
Log-normal fade margin	dB	10.0	q
Max Allowable Path Loss	dB	145.1	r=h+j+k-o-p-q

이 계산 결과를 보고 Downlink의 경로 손실보다 Uplink의 경로 손실이 실제 통신에서 셀 반경이 Downlink에 비해 거리가 적게 나타남으로, Uplink시 단말기의 PSS Total Power나 PSS Tx Ant gain을 향상시켜서 Max Path LOSS 허용 손실을 증가시켜 주는 것이 통달거리를 확장할 수 있는 것임을 알 수 있다.

Table 4-8 Max. Allowable Path Loss at Uplink (QPSK 1/2)

Item	Unit	Value	Remark
kbps/user at cell edge	kbps	64.00	
	bps/Hz	51.10	a
Sub-Carrier Spacing	kHz	9.766	
Allocated Sub-Carrier		216.00	9 subchannel 가정(entry) 3 subchannel 가정(no entry)
Allocation BW	MHz	2.11	
	dB	63.24	b
PSS total Power	W	0.20	
	dBm	23.01	c
PSS Tx ant gain	dBi	3.00	d
Max.EIRP (effective isotropic radiation power)	dBm	26.01	f=c+d
RAS Rx ant gain	dBi	17.00	g
RAS Rx Diversity gain	dBi	3.0	g
RAS Cable loss	dB	3.00	h
RAS Thermal noise	dBm/Hz	-174	i
RAS noise figure	dB	6.00	j
CINR required per ant	dB	2.90	k
System Loading Margin dB	dB	6.00	l
PSS receiver sensitivity	dBm	-98.86	M=i+b+j+k+l
Log-normal std deviation	dB	0.00	
Log-normal fade margin	dB	10.0	0
Max Allowable Path Loss	dB	128.96	s=f+g+g'-h-m-o

Table 4-9 Cell Radius at Downlink

Item	Unit	Value	Remark
Freq	MHz	2,300.00	
Max Allowable Path Loss	dB	145.10	s1
20*log(f)	dB	67.23	t1
Log(d)	dB	1.35	$x=(s1-t1-42.64)/26$
Radius	Km	22.64	

Table 4-9에서 보듯이 최대 허용 Path Loss를 구한 후, LOS 환경에서의 COST231-Walfisch - Ikegami Model을 이용하여 셀 반경을 구할 수 있다. 그 공식은 $L(r) = 42.64 + 26 \text{Log}(d) + 20\text{Log}(f)$ 으로 나타낼 수 있으며, LOS 해상에서 다른 장애물이 없고 수면의 파도에 의한 반사와 회절을 고려한 COST231-Walfisch- Ikegami Model에 현재 사용 중인 2.3GHz의 Wibro기반에 최대 경로 손실이 145.1dB일 때 최대 셀 반경을 구하면 22.64Km까지 도달하는 것을 알 수 있다. 하지만 Table 4-10에서 상향 시 전파 통달거리를 계산해 보면, 주파수는 2,300MHz, 최대 허용 경로 손실을 128.96dB를 적용할 경우, Uplink시 최대 셀반경은 5.42Km가 된다.

Table 4-10 Cell Radius at Uplink

Item	Unit	Value	Remark
Freq	MHz	2,300.00	
Max Allowable Path Loss	dB	128.96	s1
20*log(f)	dB	67.23	t1
Log(d)	dB	0.73	$x=(s1-t1-42.64)/26$
Radius	Km	5.40	

이는 대부분의 통신이 연안에서 이루어지기는 하지만 너무 통달거리가 짧아 실제 e-Navigation 환경에 적용하는 선박에는 통달거리의 한계로 인하여 그 실용성이 제한을 받음으로 상향시 단말기의 출력을 0.2W에서 1.0W로 해상에서의 단말기의 출력은 키우고, 안테나를 최상의 조건으로 OMNI 안테나를 사용하여

3dB을 9dB까지 안테나 이득을 높일 경우, 최대 경로 손실이 141.96dB까지 올라감을 Table 4-11에 계산되어 있다.

Table 4-11 Max. Allowable Path Loss at 1.0W Output and 9dB of Antenna Gain (QPSK1/2)

Item	Unit	Value	Remark
kbps/user at cell edge	kbps	64.00	
	bps/Hz	51.10	a
Sub-Carrier Spacing	kHz	9.766	
Allocated Sub-Carrier		216.00	9 subchannel 가정(entry) 3 subchannel 가정(no entry)
Allocation BW	MHz	2.11	
	dB	63.24	b
PSS total Powe	W	1.0	1.0W from 0.2
	dBm	30.00	c
PSS Tx anat gain	dBi	9.00	d(9dB from 3dB)
Max.EIRP (effective isotropic radiation power)	dBm	39.00	f=c+d
RAS Rx ant gain	dBi	17.00	g
RAS Rx Diversity gain	dBi	3.0	g'
RAS Cable loss	dB	3.00	h
RAS Thermal noise	dBm/Hz	-174	i
RAS noise figure	dB	6.00	j
CINR required per ant	dB	2.90	k
System Loading Margin dB	dB	3.00	l
PSS receiver sensitivity	dBm	-98.86	M=i+b+j+k+l
Log-normal std deviation	dB	0.00	
Log-normal fade margin	dB	10.0	0
Max Path Loss	dB	141.96	s=f+g+g'-h-m-o

최대 서비스 반경의 계산은 최대 경로 손실값을 COST231-Walisch-Ikegami Model에 대입하여 산출하면 Table 4-12와 같다.

Table 4-12 Cell Radius at 1.0W Output and 9dB of Antenna Gain

Item	Unit	Value	Remark
Freq.	MHz	2,300.00	
Max Allowable Path Loss	dB	141.96	s1
20*log(f)	dB	67.23	t1
Log(d)	dB	1.234	$x=(s1-t1-42.64)/26$
R	Km	17.13	

다. 해상에서의 최대 서비스반경의 검토

COST 231-Walfisch-Ikegami Model를 이용하여 단말기의 출력, PSS Total Power를 0.2W에서 1.0W로 올리고, PSS Tx ant gain을 Omni 안테나를 사용할 경우, 가정하여 최상조건인 3dB을 9dB까지 올려서 계산한 경우, Max Path Loss는 141.95 dB, 그리고 최대서비스반경은 17.13Km까지 늘어남으로 e-Navination 체계하에서 육해상 통신 시스템은 Wibro의 활용하는 것이 가능함을 확인하였다.

아래의 Table 4-13은 출력을 0.1W에서 1.7W까지 0.1W 간격으로 출력을 높여 가면서, 수신 안테나의 이득을 각 3dB씩 향상 시켜서, 최대경로손실 늘려, 최대 통달거리를 계산하여 보았다. 프레임 설계의 전제조건인 와이프로 시스템 파라미터에서 $TTG - SSRTG = MASTD(\text{Max Allowable round Trip Delay})$ 가 $131.6\mu s$ 인 경우, 전파의 통달거리가 19.74Km까지가 최대허용 거리임으로, 최대 통달거리를 얻기 위해서는 안테나 이득이 9dB인 경우 출력을 1.45W까지 올리면 최대 통달거리에 근접할 수 있다는 것을 보여 주고 있다.

Table 4-14는 우리나라의 주요 항만의 Coverage을 분석한 자료인데, 항로표지 시설물을 고려하지 않을 경우, 최대 10Km 통달거리가 확보되면 주요 항만에서는 충분히 활용이 가능하다는 분석이 있었으며, 추가적으로 Fig. 21에서 15Km, 20Km범위로 확대시 대부분의 우리나라 연안에서 Wibro의 활용을 통한 연안 광대역 이동통신 서비스가 가능하다는 것을 보여주고 있다.

Table 4-13 Matrix of Max. Path Loss with Changes of Output and Antenna Gain

함수식	$d=10^{((23.08+(10\log x+y)/26))}$			
y(dB)=PSS Tx ant gain	3dB	6dB	9dB	12dB
-	d(km)=Max. Cell Radius			
x(w)=PSS total power	d1	d2	d3	d4
0.10	4.15	5.42	7.07	9.22
0.20	5.42	7.07	9.23	12.03
0.30	6.34	8.27	10.78	14.06
0.40	7.08	9.23	12.04	15.71
0.50	7.71	10.06	13.12	17.12
0.60	8.27	10.79	14.08	18.36
0.70	8.78	11.45	14.94	19.48
0.80	9.24	12.06	15.72	20.51
0.90	9.67	12.61	16.45	21.46
1.00	10.07	13.14	17.13	22.35
1.10	10.45	13.63	17.77	23.18
1.20	10.80	14.09	18.38	23.97
1.30	11.14	14.53	18.95	24.72
1.40	11.46	14.95	19.50	25.44
1.45	11.61	15.14	19.74	25.75
1.50	11.77	15.35	20.03	26.12
1.60	12.07	15.74	20.53	26.78
1.70	12.35	16.11	21.01	27.41

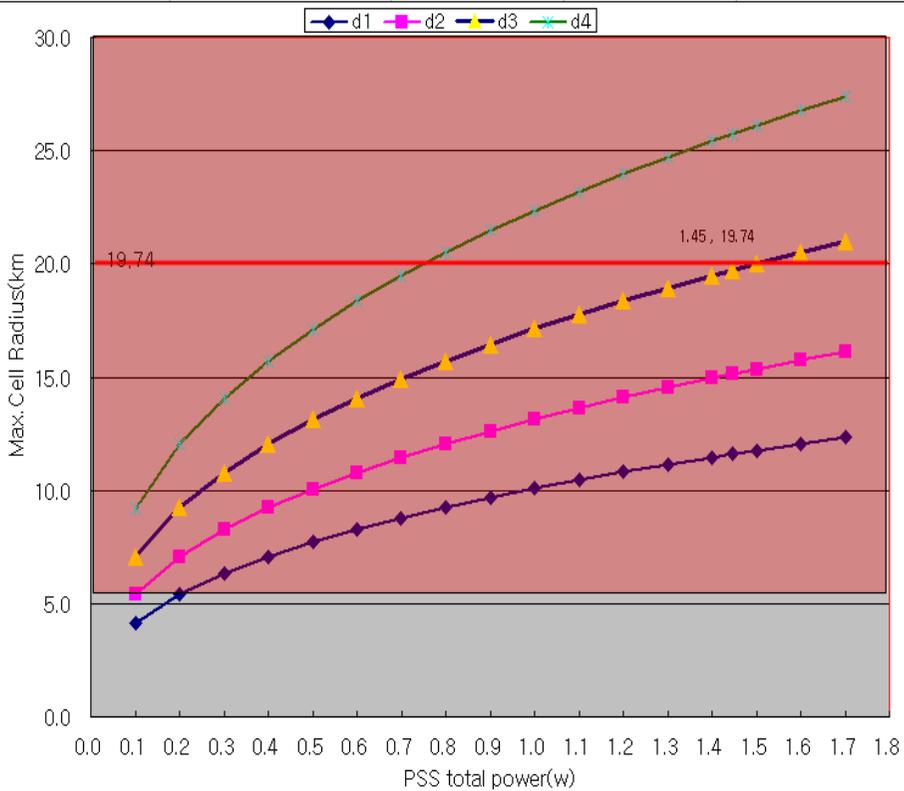


Table 4-14 Analysis of Coverages in Major Port

구분	울산	부산	여수/광양	목포	평택	인천
항로표지시설물을 고려 할 경우	3.6	3	2.9	2.4	2.2	4
항로표지 시설물을 고려하지 않을 경우	6	7	10	5	5	10
최소 커버리지 (Km)	1.8	1.5	1.5	1.2	1.1	2

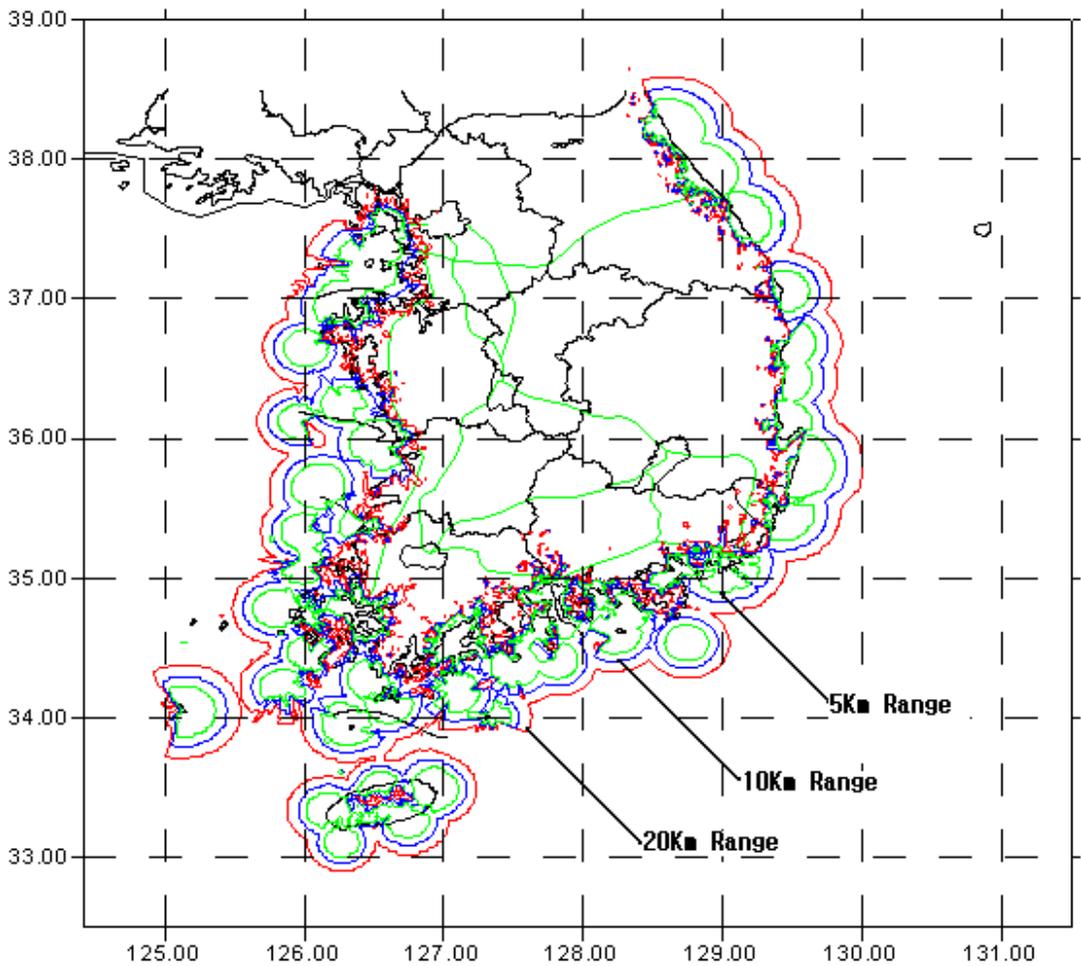


Fig. 4-22 Cell Coverage of Coastal Area for Wibro System

제 5 장 결 론

본 논문에서는 e-Navigation에 대한 개념과 현황, 핵심기술사항 등을 분석하였고, 구현함에 있어 필수요소인 통신시스템에 관한 구현전략을 제시하였다.

현재까지 논의된 핵심기술로 선교통합기술인 항행장비와 정보표시기술, 통합항해시스템의 구성과 통합선교시스템인 성능기준, 측위기술 및 육상지원 통신시스템에 대한 검토를 하였으며 e-Navigation을 도입함에 있어서 필요한 국내외 기술개발현황을 분석을 통하여 그중에서 가장 핵심 요소기술 중 하나인 육해상 간 정보교환을 위한 육해상 통신링크기술에 대한 개발제안을 위한 논리적 접근을 시도하였다.

본 논문에서 제안하고 있는 Wibro 통신기술은 육상에서 보편화되어 있는 기술로서, 주파수 허가문제나 통신방식의 표준문제가 제기되지 않으며, 우리나라가 기반기술을 확보하고 있다는 점에서 해상통신 분야에서도 전 세계를 주도해 나갈 수 있다는 장점과 COMSAR에 참여한 국내통신 관련연구소의 연구요원, 관련대학 교수, 정부 관련부처의 담당관등 국내 전문가들에게 설문을 조사한 결과, 육해상 통신링크기술이 우리나라가 가장 앞서고 있는 기술이라는 점과 Wibro 통신방식이 추후 해상에서도 주요 통신기술이 될 것이라는 인식이 본 논문의 연구과제가 되었다.

그러나 현재의 육상용 Wibro 시스템을 해상에 적용할 때, 바다에서 육상처럼 많은 중계기를 설치할 수 없다는 문제점이 걸림돌이 되고 있음으로 통달거리를 확장하는 것이 가장 큰 기술적인 문제로 인식되고 있다. 본 논문에서는 통달거리를 확장하기 위한 방안으로 Wibro 프레임구조에서 제한되는 최대통달거리를 확장하는 방안을 연구하여 최대통달거리를 해상에서 19.7Km까지 늘릴 수 있다는 것을 알 수 있었으며, 이를 바탕으로 통달거리 문제에서 육상의 단말기의 한계인 배터리의 수명이나 출력 그리고 안테나의 제한적인 문제가 있는 것들이 선박에서는 쉽게 가능함으로, 단말기의 출력 향상과 수신 안테나 이득을 각각 0.2W에서 1.0W로 출력을 올리고 안테나는 3dB에서 9dB로 높일 경우 COST-231-Walfisch-Ikegami Model 전파해석 모델을 사용하여 분석하면, 5.4Km에서 17.1Km까지 통달거리를 확장할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 그리고 안테

나 이득이 9dB로 높은 상태에서 단말기의 출력을 0.2W에서 점진적으로 1.5W까지 올린 경우 통달거리가 20.0Km 이상 증가하지만 Wibro 시스템 파라미터의 프레임구조 설계에서 19.7Km로 제한됨으로써, 시스템설계 방법이나 출력 향상과 안테나 이득을 적절히 고려해서 단말기 성능을 향상 시키면 통달거리를 현재보다 더 높일 수 있다는 것이 입증되었다.

이와 같은 결과는 대부분 연안에서 이루어지고 있는 선박과 육상간의 정보교환이나 항구의 입출항 시 필요한 정보 수집과 활용이 쉽게 가능하고 특히 선박의 안전 항해와 e-Navigation에서 요구하는 신뢰성과 보안성을 만족하면서 광대역 실시간 정보이용이 가능한 해상 이동통신 기술로 Wibro의 활용이 가능하다는 것을 입증하였다. 국제적으로 e-Navigation 전략개발이 진행되고 있는 시점에 가장 중요한 육해상 통신링크를 우리나라에서 가장 앞서나가고 있는 기술을 이용하여 개발 전략을 수립하는 것은 국가적으로 큰 의미가 있다고 생각하며, IMO에서 본 작업이 진행되어 국제해사 인명안전협약이 변경되면 모든 국가에서 수용하여야 함으로 그 경제적 파급효과가 클 것으로 기대된다.

본 논문의 연구결과는 주로 연안에서 이루어지는 많은 통신수요를 효과적으로 수용하기 위한 방안을 제시하였으나, 실제 e-Navigation을 위한 통신 시스템을 구축하기 위해서는 연안뿐만 아니라 연근해 통신문제와 대양에서도 많은 정보를 주고 받을 수 있는 통신시스템이 필요하며 이들 통신 시스템 간에 효과적인 인터페이스를 통하여 디지털 유목민처럼 연안에서는 광대역의 빠르고 저렴한 시스템을 활용하고, 대양에서는 속도가 다소 떨어지나 안정적이며 끊음이 없는 지속적인 통신이 가능하여야 할 것이다. 따라서 연안과 대양 항해에서 필요한 연계된 통신 체계에 대한 연구와 Wibro 기술이 육해상 통신 링크 분야를 선도할 수 있도록 더 많은 연구 개발이 이루어지길 기대한다.

부록1 e-Navigation의 해상통신 전문가 설문조사

COMSAR Workshop at Gyeongju, 7th of Dec., 2007.

1. Wibro의 경우 통달거리의 한계를 어떻게 극복할 수 있을 것이라고 생각하십니까?

- 도서 중계소 및 기지국 추가 설치
- 전파가 잘 되는 위치 선정
- 연안 섬을 이용한 기지국 범위 확충
- 기지국 확장 및 음영지역 커버
- 중계기술, 위치기반 자동 통신망 접속 기술
- Yimax Version에 해저 Long Range를 Cover하는 시스템을 구축할 수 있는 (약 40~50Km), 부의를 Best Station으로 사용하면 약 100Km Coverage를 수용 가능
- 백롤이나 부이 등 해상에서 이동가능하거나 고정된 중계기를 활용
- Coverage 확장 기술 적용
- 안테나 다이버시티 및 Multi: In Multi: Out(MIMO) 기술을 이용하는 방법
- 중계기 활용
- 안테나 빔 포밍 및 위성 이용
- VHF 대역 이용(TZTRA, ALS등)
- 주파수의 이용제한, 출력제한 등으로 이용에 한계를 극복하기 어려움

2. 국내고유의 Wibro기술을 이용하여 e- Navigation 구현을 위한 국제표준의 핵심통신망으로 채택되기 위한 기술적 검증방법(선박탑재 연근해통신실험 등), 표준화방안 및 절차(국내 및 국외) 어떤 것이 있을 수 있다고 생각하십니까?

1) 기술적 검증방법

- 우리나라의 해안 특성(서, 남해안)은 복잡한 구조와 도서로 이루어져 정밀한 시험이 요구
- 연안 항해 정기 운항선(여객 및 화물선)을 이용한 장기적 실험
- 부산, 인천, 광양 등 주요 한구 정기선(컨테이너선)을 통한 정보 교환 실험
- 국내 여객선 중심 인터넷 접속 시험
- Wibro는 Yimax의 한 Version으로 이미 다른 Version의 Yimax가 기술적 검증을 거친 상태

- 통신 거리(Range), Dynamic 에 대한 실선 검증
- 선박 탑재 연근해 통신 실험 및 해상 실험(선박이용)

2) 국내 표준화방안 및 절차

- 실질적 시험 및 검증 후 그리고 문제점 해결 후 육, 해상 공유 시설로 가는 방향
- 통신 방식을 단일화 할 수 없을 것이므로 Wibro 망을 이용할 수 있는 단말기를 많이 제공하도록
- 해양수산부, 정통부, 산자부의 기표원의 공통 관심으로 표준 제정 및 TTA에 표준안 제안기고서
- Wibro는 국제 표준화 된 방식
- TTA 단체 표준 → 국내 표준 → 기술 기준

3) 국제 표준화방안 및 절차

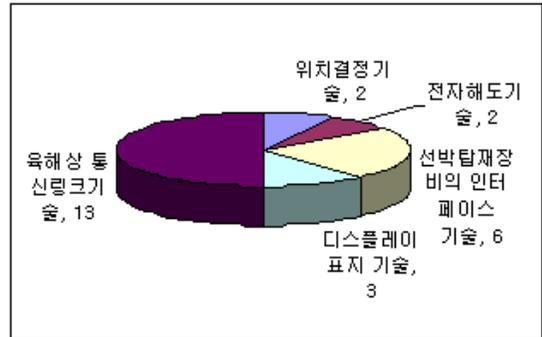
- 국내에서 문제점 보충이 없을 시 국제 표준화 준비 필요
- 통신 방식을 단일화할 수 없을 것이므로 Wibro 망을 이용할 수 있는 단말기를 제공하도록 준비 필요
- IAVA, IMO, ISO활동을 통한 국제 표준 노력
- 기 표준화된 Wibro방식을 적용하는 데는 통신사업자들이 Wibro를 서비스 시스템으로 확정토록 국제 로밍 협정 필요
- IALA e-NAV Committee에 Presentation, IMI NAV COMSAR에 Presentation→IEC TC 80시험 표준 제안

3. 향후 10년 이내 e-Navigation이 선택 우향에있어 핵심적인 요소가 될 것이라고 봅니까?

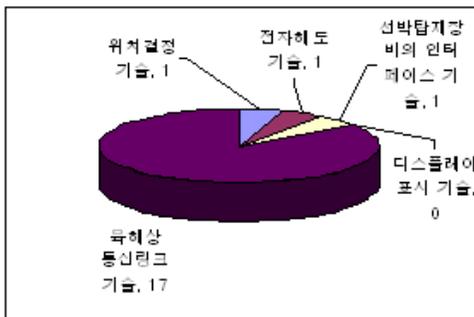


4. e-Navigation을 도입하기 위해서는 어떤 기술 분야가 가장 핵심이라고 생각합니까?

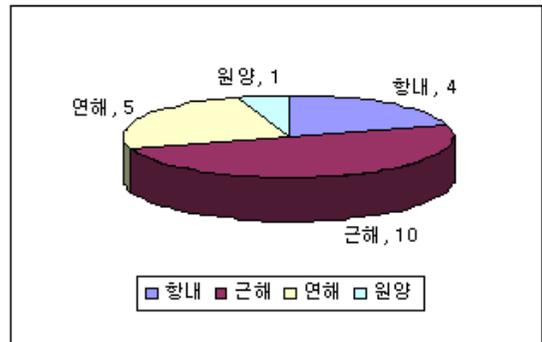
(중복표기가능)



5. e-Navigation의 요소기술 분야에서 우리나라가 가장 앞서갈 수 있는 기술 분야는 무엇이라고 생각하십니까?(중복표기가능)

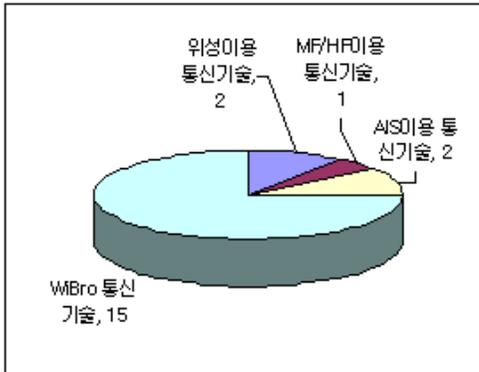


6. 육해상간 정보교환은 어느 해역에서 가장 많이 이루어 질 것으로 예상합니까?

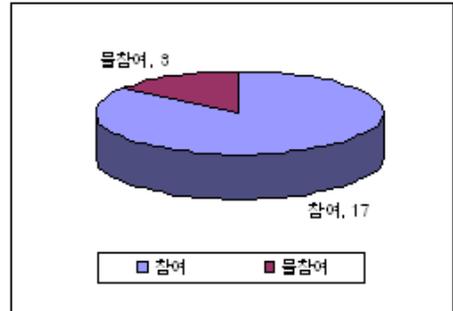


총 조사 인원 : 20명

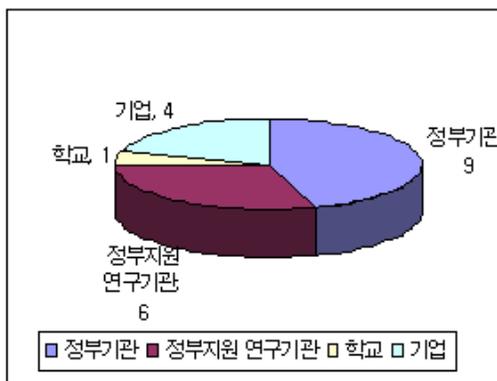
7. 추후 우리나라에서 가장 빠르게 구현 가능한 육 해상 통신링크기술로서 어떤 방식/기술이 될 것이라고 생각하십니까?



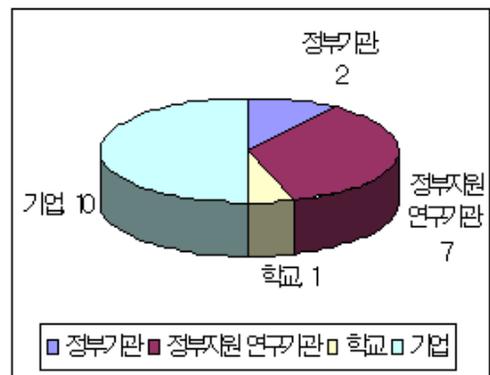
8. 국내의 기술을 국제표준으로 채택하기 위한 활동의 일환으로 COMSAR 국내대책반 중심으로 가칭 'e-Navigation용 통신망구축 연구반' 구성되어 일정의 예산이 주어진다면 적극 참여하시겠습니까?



9. 국내 e-Navigation 구현을 위한 통신망 개발에 관한 연구개발 활성화를 위하여 어느 기관에서 더욱 활동을 많이 하여야 한다고 생각하십니까?



10. 현재 전문가께서는 어떤 기관에서 연구 활동을 하고 계십니까?



조사 일자 : 2007년 12월 7일

부록2 용어정의

1. 해양안전종합국가망(GICOMS)

GICOMS(General Information Center on Maritime Safety & Security, 해양안전종합국가망)는 기상, 해류, 항로 등 바다에 관한 모든 자료와 정보를 선박과 수요자에게 제공하여 안전사고를 예방하고, 선박의 위치를 실시간으로 추적, 사고시 신속한 수색 구조와 항행 안전을 지원하는 해양안전종합국가망이다. 전국 통합 통신망으로 31개의 AIS 선박 자동식별장치가 연결한 인프라가 구축되었으며, VMS 전세계 선박 모니터링, SSAS 선박 보안감시시스템, LRIT 선박장거리위치추적 등과 연계한 시스템을 2002년부터 2008년까지 구축하는 것을 목표로 하고 있다.

2. 선박자동식별장치(AIS)

AIS(Automatic Identification System 선박자동식별장치)는 International Maritime Organization(IMO)의 주도하에 개발되었으며(IMO, 2001), 선박의 항해를 보조하여 해상 안전 향상, 환경 보호, Vessel Traffic System(VTS) 운용을 향상시킨다. AIS는 해상교통 관리를 위한 Ship-to-Shore 방법, 선박과 화물에 대한 정보를 항만국에 제공하는 수단, 충돌 회피를 위한 Vessel-to-Vessel 모드를 제공한다. AIS는 Global Navigation Satellite System(GNSS) 수신기, 마이크로프로세서, VHF-FM 트랜스시버로 구성되어 있다. 마이크로 프로세서는 선박의 센서로부터 자료를 받아 선박의 ID와 함께 디지털 시그널로 만들어서 자동으로 송신하고, 받은 자료는 표시하기 위하여 준비한다. 최소한의 자판과 화면이 포함되어 있다.

3. 전세계 선박 모니터링(VMS)

VMS(Vessel Monitoring System, 전세계 선박 모니터링)은 선박에 설치된 무선 장치 또는 AIS에서 발사된 위치 신호를 전자해도 화면에 표시하도록 하는 시스템이다.

4. 선박보안감시시스템(SSAS)

선박보안감시시스템(SSAS, Ship Security Alert System)는 선박에 긴급 상황이 발생했을 때 육상의 해당기관과 선사에 이 사실을 전달, 선원과 선박을 보호할 수 있는 선박안전경보시스템이다.

이 시스템은 테러범이 선박에 침입할 경우 배의 브릿지와 선장실 등에 숨겨진 버튼을 누르면 2분 이내에 선박 이름과 시간, 위치, 방향 등의 선박정보를 육상의 관계기관 및 선사에 인공위성을 통하여 전달하여 구조요청이 되는 장비로 보다 정확하고 빠르게 위험상황에 대처할 수 있도록 고안되었다.

5. 선박장거리위치추적(LRIT)

선박장거리위치추적(LRIT, International Association of Maritime Aids To Navigation and Lighthouse Authorities)은 국제항해 선박은 통과 또는 입항예정인 연안국과 항만국에 정해진 거리에 따라 위성을 이용, 선박ID, 위치 및 시간을 자동으로 송신해야 하며, 보고받은 당국에서는 선박의 위치를 추적한다.

6. 세계해상조난안전시스템(GMDSS)

세계해상조난안전시스템(GMDSS, Global Maritime Distress and Safety System)은 모스 코드에 의한 SOS 신호를 사용한 구해상조난·안전시스템을 확대 발전시킨 제도로서 위성통신기술과 디지털통신기술을 사용한 보다 고도화된 해상조난·안전시스템이다. GMDSS는 선박사고시 조난통신이 종전과 달리 부근의 항해중인 선박뿐만 아니라 육상 및 위성을 통하여 수색구조기관에 신속히 전달됨으로 하여 가능한 빨리 구조활동이 이루어질 수 있도록 하는 것에 그 목적이 있다. GMDSS는 배에서 첨단 장비를 이용, 조난 신호를 보내면 국제해사위성기구(INMARSAT)의 인공위성이 이 신호를 지상의 통합구조센터로 중계한다.

국제해사기구(IMO)는 SAR(International Convention On Maritime Search and Rescue : 해상에 있어서 수색 및 구조에 관한 국제조약)조약에 따라 GMDSS를 300톤 이상의 모든 선박에 1991년부터 단계적으로 수용, 1999년 2월 1일부터 전면 시행하였다.

7. 전자해도(ENC)

전자해도(electronic navigational chart)는 해안선, 등심선, 수심, 위험물, 등대, 항계 등 선박의 안전 항해에 필요한 정보를 전자해도 제작의 국제기준(S-57)에 따라 각국 정부기관이 제작한 디지털 해도. 선박이나 항공기의 항행 중 전자적으로 위치 정보를 표시하거나 지상 또는 위성 방식으로 측정된 위치 정보를 전자 지도상에 표시되게 하여 사용한다.

8. 전자해도시스템(ECDIS)

전자해도시스템(Electronic Chart Display and Information System)는 바다 속의 지형, 지물 정보를 지도상에 종합적으로 표시하고 검색할 수 있는 전자 해양 지도(ENC:Electronic Navigational Chart), 항해 중인 선박의 위치 확인과 항로 설정을 위한 인공위성 위치 확인시스템(GPS), 항해 중인 다른 선박의 위치 확인을 통해 해양 사고를 예방할 수 있는 레이더 시스템 및 자동 항법 장치 등을 갖춘 선박용 종합 정보 체계이다.

9. 세계위성 항법시스템(GNSS)

위성 항법시스템(GNSS, Global Navigation Satellite System)은 인공위성네트워크를 이

용해 지상에 있는 목표물의 위치를 정확히 추적해내는 시스템(러시아 GLONASS, 유럽 Galileo Project, 미국GPS 등)이다.

10. e-LORAN

e-LORAN(long range navigation)은 펄스 전파를 이용하는 쌍곡선 항법(航法)으로 무선(無線) 원거리 항행방식을 말한다.

11. 국제해사기구(IMO)

국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)은 유엔(UN) 산하기관으로 1948년 IMCO로 시작하여 1982년에 IMO로 명칭을 변경하였으며, 해상 안전, 해양 오염 방지 등 국제해사기구이다.

IMO 산하에 해사안전위원회(MSC, Maritime Safety Committee)를 비롯한 5개의 위원회가 있다.

항해안전전문위원회(NAV, Sub-Committee on Safety of Navigation)를 비롯한 9개의 전문위원회가 있다. 9개의 전문위원회는 다음과 같다.

Bulk Liquids and Gases (BLG)

Carriage of Dangerous Goods, Solid Cargoes and Containers(DSC)

Fire Protection (FP)

Radio-communications and Search and Rescue (COMSAR)

Safety of Navigation (NAV)

Ship Design and Equipment (DE)

Stability and Load Lines and Fishing Vessels Safety (SLF)

Standards of Training and Watchkeeping (STW)

Flag State Implementation (FSI)

12. 해사안전위원회(MSC)

해사안전위원회(MSC: Maritime Safety Committee)는 IMO 산하 5개의 위원회중의 하나이다.

13. 항해안전전문위원회(NAV)

항해안전전문위원회(NAV, Sub-Committee on Safety of Navigation)는 IMO 산하 9개의 전문위원회 중의 하나이다.

14. 무선통신 및 수색구조 전문위원회(COMSAR)

무선통신 및 수색구조 전문위원회(COMSAR, Radio-communications and Search and Rescue)는 IMO 산하 9개의 전문위원회 중의 하나이다.

15. 국제항로표지협회(IALA)

국제항로표지협회(IALA, International Association of Maritime Aids to Navigation and Lighthouse Authorities)는 1957년에 설립된 국제 기술 협력을 위한 비영리 단체이다. IALA에는 다음과 같은 4개의 기술위원회를 갖고 있다.

e-NAV(Electronic Navigation)

ANM(Aids to Navigation Management - concentrating on management issues experienced by members)

EEP(Engineering, Environmental and Preservation - concentrating on the preservation of traditional aids to navigation as well as the engineering aspects of all aids to navigation)

VTS(Vessel Traffic Services - concentrating on all issues surrounding VTS)

16. 국제해상인명안전협약(SOLAS)

국제해상인명안전협약(SOLAS)은 배의 구조, 구명 설비, 무선 전신 따위의 설비 기준과 항해의 안전을 위한 원조 따위를 1974년에 규정한 국제조약 (<http://www.sychut.com/nav/doc/SOLAS.html#1>)이다.

17. 국제안전관리규약(ISM Code, International Safety Management Code)

국제안전관리규약(ISM Code, International Safety Management Code)은 국제해사기구(IMO) 환경오염 방지 차원에서 500톤 이상의 선박에 적용될 수 있도록 1993년에 제정한 기준이다.

18. MRC(Maximal Ration Combining)

두 개의 안테나로 수신된 신호에 대하여 간단한 equal gain combing보다 더 우수한 수신 성능을 얻기 위한 방법

19. 시공간 부호화STC(Space Time Coding)

송신다이버시티의 완전한 다이버시티 이득을 얻기 위해서는 안테나(space)상의 프로세스뿐만 아니라, 시간(time)상의 프로세스가 병행되어야 한다는 발견에서 비롯되었으며, 따라서 Space and Time Coding이라 하며, 제안의 이름을 따서 Alamouti Code라고 불리기도 한다.

20. 다이버시티(Diversity)

다이버시티기술은 보내고자 하는 신호를 복수개의 신호로 만들어서, 시간축상에서, 주파수축상에서, 또는 공간축상에서, 때로는 안테나에서 서로 다른 전달특성을 갖는 채널

로 송신함으로써 수신측에서는 서로 다른 특성의 채널들을 거쳐서 온 신호들을 이용하여 보다 신뢰성있는 수신을 확보하는 기술이다.

21. PN코드 (Pseudo Noise Code)

유사잡음, 의도성을 갖는 잡음.

22. ISI (Inter Symbol Interference)

직접파와 반사파간 또는 짧은 반사파와 긴 반사파의 신호는 서로 도착시간이 다르기 때문에 시간차가 다른 신호간에 겹침현상으로 수신단에서 간섭량이 증가하며 이와 같은 다중반사파에 의한 멀티패스페이딩 현상은 앞뒀 심볼의 겹침에 의해 상호간섭이 발생하는 현상

22. 비트와 심볼(bit and symbol)

데이터 bit가 전파에 실릴 수 있도록 가공된 형태를 symbol이라 한다. 개념상으로 변조후 신호를 심볼, 변조 전을 비트라고 한다.

23. MCM(Multi Carrier Modulation)

고속 데이터를 저속의 병렬데이터로 변환하여 전송하는 기술로 부반송파 개수를 늘려주면 다중반사파 문제를 완화시킬 수 있다.

24. CP(Cyclic Prefix)

Cyclic Prefix는 인접 부반송파의 반사파에 의한 ICI를 방지하기 위하여 자신의 심볼의 뒷부분을 복사하여 Guard Interval구간에 삽입하여 주는 방식으로서 보가사된 신호는 의미를 갖지 않으며 단지 주파수영역에서 부반송파간의 직교성을 유지하기 위한 용도로 사용된다.

25. FFT(Fast Fourier Transform)기법

시간영역의 아나로그 신호를 주파수 영역에서 분석하는 수학적 기법을 푸리에 변환이라 하며, 디지털 신호에 대해서는 DFT(Discrete Fourier Transform), DFT의 반복적 계산의 복잡도를 대폭 줄여 실제 구현이 가능하도록 하는 효율적인 구현 기법을 FFT라 한다.

부록3 약어정리

16QAM	16 Quadrature Amplitude Modulation
2G	Second Generation
3G	Third Generation
3GPP	3rd Generation Partnership Project
3GPP2	3rd Generation Partnership Project 2
4G	Fourth Generation
64QAM	64 Quadrature Amplitude Modulation
8PSK	8 Phase Shift Keying
ACK	ACKnowledgement
ACR	Access Control Router
AGW	Access GateWay
AIS	Automatic Identification System
AMC	Adaptive Modulation and Coding
ARPA	Automatic Radar Plotting Aids
ARQ	Automatic Repeat reQuest
ARQ	Automati Retransmission Query
ASN-AR	Advanced Navigation System - Augmented Reality
ASN-GW	ASN GateWay
AtoN	Aid to Navigation
BGAN	Broadband Global Area Network
BPSK	Binary Phase Shift Keying
BS	Base Station
BTS	Base Transceiver Station
CDMA	Code Division Multiple Access
CG	Correspondence Group
CHRIS	Committee on Hydrographic Requirements of Information System
C/I	Carrier-to-Interference radio
CC	Chase Combining
CC	Convolutional Code
CDMA	Code Division Multiple Access
COG	Course Over Ground
COLREG	International Regulations for Preventing Collision at Sea
COMSAR	Sub-Committee on Radiocommunications and Search And Rescue
CP	Cyclic Prefix

CQI	Channel Quality Information
DGPS	Differential GPS
DL	DownLink
DPCH	Dedicated Physical CHannel
DSC	Digital Selective Calling
DSS	Decision Support System
ECDIS	Electronic Chart Display and Information System
ECR	Effective Code Rate
EGNOS	European Geostationary Navigational Overlay System
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power
ENC	Electronic Navigation Chart
EPIRB	Emergency Position Indicating Radio Beacon
ETRI	Electronics and Telecommunications Research Institute
EVDO	EVolution Data Only
EVDO	EVolution Data Optimized
FDD	Frequency Division Duplex
FDMA	Frequency Division Multiple Access
FEC	Forward Error Correction
FER	Frame Error Ratio
FER	Frame Erasure Rate
FFT	Fast Fourier Transform
GB	GigaByte
GBR	Guaranteed Bit Rate
GI	Guard Interval
GICOMS	General Information Center on Maritime Safety & Security
GLA	the General Lighthouse Authorities
GLOSNASS	GLOBal NAVigation Satellite System - the Russian Ministry of Defense version of GPS
GMDSS	Global Maritime Distress and Safety System
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
HARQ	Hybrid Automatic Repeat reQuest
HC	Handover Control
HEAP	Human Element Analysing Process
HMI	Human Machine Interface
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
IALA	International Association of Lighthouse Authorities

IBS	Integrated Bridge System
ICS	International Chamber of Shipping
IEC	International Electro technical Commission
IFFT	Inverse Fast Fourier Transform
IFSMA	International Federation of Ship Masters Association
IHO	International Hydrographic Organization
IMO	International Maritime Organization
INMARSAT	International Maritime Satellite Organization
INS	Integrated Navigation System
IP	Internet Protocol
ISI	Inter-Symbol Interference
ISM	International Safety Management
ISO	International Organization for Standardization
ITS	Intelligent Transport System
ITU	International Telecommunication Union
ITU	International Telegraphic Union
ITU-R	ITU Radiocommunication sector
IWS	Intelligent Waterways System
LAN	Local Area Network
(e) LORAN	(enhanced) Long Range Navigation
LOS	Line-Of-Sight
LRIT	Long-Range Identification and Tracking
LTE	Long-Term Evolution
MAC	Medium Access Control
MAC-d	dedicated MAC
MarNIS	Maritime Navigation and Information Services
MAS	Maritime Assistance Services
MB	MegaByte
MCM	Multi Carrier Modulation
MEH	Marine Electronic Highway
MIMO	Multiple Input Multiple Output
MOS	Maritime Operations Services
MRC	Maximal Ratio Combining
MS	Mobile Station
MSAS	Multi-functional Satellite Augmentation System
MSC	Maritime Safety Committee
MSI	Maritime Safety Information

MSS	Mobile Subscriber Station
MT	Mobile Terminal
MUX	Multiplexing
NAV	Sub-Committee on Safety of Navigation
NBDP	Narrow Band Direct Printing Telegraphy
NLOS	Non Line-Of-Sight
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	Orthogonal Frequency Division Multiple Access
OOW	Officer Of the Watch
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
PAPR	Peak-to-Average Power Ratio
PAR	Peak-to-Average Ratio
PNT	Positioning, Navigation and Timing
PS	Performance Standard
Q	Quadrature
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
QoS	Quality of Service
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring
RAS	Radio Access Station
RF	Radio Frequency
RLC	Radio Link Control
RNAV	Area Navigation
RNC	Raster Navigation Chart
RTG	Receive/transmit Transition Gap
SAR	Search And Rescue
SBAS	Satellite-Based Augmentation System
SCH	Sync CHannel
SF	Spreading Factor
SINR	Signal-to-Interference-plus-Noise Ratio
SIR	Signal to Interference Ratio
SM	Spatial Multiplexing
SNR	Signal to Noise Ratio
SOG	Speed Over Ground
SOLAS	Safety Of Life At Sea
SPI	Scheduling Priority Indicator
SRS	Ship Reporting System

SS	Subscriber Station
SSAS	Ship Security Alert System
STC	Space Time Coding
STCW	International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers
STW	Sub-committee on Standards of Training and Watchkeeping
TCP	Transmission Control Protocol
TDD	Time Division Duplex
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
TE	Terminal Equipment
TRS	Trunked Radio System
TTG	Transmit/receive Transition gap
TWG	Technical Working Group
UE	User Equipment
UL	UpLink
VDR	Voyage Data Recorder
VoIP	Voice over IP
VMS	Vessel Monitoring System
VSAT	Very Small Aperture Terminal
VTM (IS)	Vessel Traffic Management (Information System)
VTs	Vessel Traffic Service
WAN	Wide Area Network
WASS	Wide Area Augmentation System
WCDMA	Wideband CDMA
WEND	The Worldwide Electronic Navigational Chart Database Committee
WiBro	Wireless Broadband
WiMAX	Worldwide Interoperability for microwave access
WIN	Waterway Information Network
WLAN	Wireless Local Area Network
WWW	World Wide Web
XML	eXtended Markup Language

부록4 참고문헌

1. IMO Maritime Safety Committee, "IMO e-Navigation Strategy", MSC 81/23/10, Dec. 18, 2005.
2. IMO NAV Subcommittee, "A method for identifying essential function of shipboard system under the e-Navigation strategy", NAV 53/13/1, May 18, 2007.
3. IMO NAV Subcommittee, "Report of the Correspondence Group on e-navigator", NAV 53/13, April 20, 2007.
4. IMO e-Navigation 국내대응방안마련을 위한 워크숍, 선박검사기술협회, 한국조선기자재연구원, Nov. 2006.
5. IALA 제2차 e-Navigation 기술위원회 대응방안, 해양수산부, March, 2007.
6. IMO NAV Subcommittee, "IALA and e-navigation", NAV 53/13/3, May 18, 2007.
7. IMO NAV Subcommittee, "An approach to E-Navigation", NAV 52/17/4, May 12, 2006.
8. 김선영, E-Nav. workshop , KORDI, Nov. 7, 2006.
9. IMO NAV Subcommittee, "Comment on the report of the Correspondence Group in e-navigation", NAV 53/13/6, May 18, 2007.
10. 김혜진, 김선영, 이문진, 황호진, "MarNIS 정보체계에 대한 고찰", 해양환경학회, p.121-126, 2007.
11. IMO NAV Subcommittee, "Position Fixing for E-Navigation", NAV 53/13/2, May 18, 2007.
12. IMO NAV Subcommittee, "Position fixing in e-navigation" NAV 53/13/5, May 18, 2007.
13. 해양수산부, "해양환경보전종합계획", p.241, June 2006.
14. IMO Resolution, "Recommendation on Performance Standards for an Integrated Navigation System (INS)", MSC 86(70) Annex3, Dec. 8, 1998.
15. "Hyundai-Transas Integrated Bridge System" Workshop자료, 2006.
16. IMO NAV Subcommittee, "Revision of the Performance Standard for INS and IBS, Report on the presentation of navigational information Submitted by the International Electrotechnical Commission (IEC)", NAV51/4/1.4 March, 2005.
17. IMO Resolution, "Recommendation on Performance Standards for an Integrated Bridge System(IBS)", MSC64(67) Annex1, Dec. 4, 1996.
18. IMO NAV Subcommittee, "Revision of the Performance Standard for INS and IBS, Recommendation for application of SOLAS regulation V/15 for new buildings Submitted by the International Association of Classification Societies (IACS)", NAV53/INF.5, April 20, 2007.

19. Sally Basker, "e-Navigation & eLoran," REsearch & Radionavigation, June 30, 2008.
20. A Weintrit, et al, "An approach to e-Navigation," Gdynia Maritime University, Oct. 2004.
21. 이상근, 조봉열, 여운영, "3G/4G 이동통신시스템", 홍릉과학출판사, Feb. 20, 2008.
22. "Wibro 표준기술과 MIMO" KT Wibro Technology, Korea IT Business Association, April 14, 2008.
23. IMO NAV Subcommittee, "Development of an E-Navigation Strategy, Report of Working Group", NAV53/WP.4, July 26, 2007.
24. IMO NAV Subcommittee, "Display of Automatic Identification System (AIS) as an Aid to Navigation(AtoN)", NAV 53/13/4, May 18, 2007.
25. "Hata Path Loss Model에서 Long-normal Distribution을 가정한 CDMA시스템의 Cell반경산출", 한국통신학회 논문지 99-9, vol24-No.9A, Sept. 1999.
26. Minseok Jeong, Bomson Lee, "Comparison Between Modified Cost231-Walfisch-Ikegami Model and Cost231-Hata Mode", Department of Radio & Broadcasting system engineering, Kyunghee University, Sept. 2003.
27. Dong-Soo Har, "Radio propagation measurement and Path Loss Formulas for Microcellular systems", 한국통신학회논문지 03-4 vol28.No.4A, Apr. 2003.
28. "Coverage Extention Technology for Wibro Systems" COMSAR workshop, R&D Center, SK Telesys, Dec. 7, 2007.