

# 해상용 VHF 디지털통신 시스템의 성능평가 방안

주 양 로\*, 김 갑 기\*, 최 조 천\*\*, 이 성 로°

## Performance Evaluation Plan of Maritime VHF Digital Communications System

Yang-ro Ju\*, Kab-ki Kim\*, Jo-cheon Choi\*\*, Seong Ro Lee°

### 요 약

IMO (International Maritime Organization)와 IALA (International Association of Lighthouse Authorities)는 VHF (Very High Frequency) 해상이동업무에서 음성과 데이터를 효율적으로 전송하는 향후의 디지털통신 시스템을 구현하기 위한 GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System) 현대화와 E-navigation 등의 프로젝트를 진행하고 있다. IALA는 해상무선통신 계획을 발표하고 E-navigation을 위한 시스템 구성, 신기술 및 표준을 검토하고, ITU (International Telecommunication Union) R은 해상통신 시스템의 기술적 특성에 관해 규정하고 있다. ITU-R에서는 선박운항과 항만보안 및 항해안전을 지원하기 위한 스펙트럼의 효율적인 활용 연구로 WRC (World Radiocommunication Conference) 07, Resolution 357을 의결하고, IALA와 ITU WP5B는 기술개발 및 스펙트럼 문제를 협력하고 있다. WP5B는 권고문 ITU-R M.1842-1을 승인하여 VHF 해상이동업무에서 50kHz와 100kHz의 광대역으로 데이터 서비스를 제공할 수 있도록 규정하였다. 본 논문은 E-navigation을 위한 VHF 데이터 교환, VHF 육상이동업무에서 기지국과 이동국간 데이터전송, 권고문 ITU-R M.1842-1에 대한 분석 및 육상이동업무의 표준을 근거로 해상이동업무의 데이터전송 요구를 만족하는 시스템의 성능평가 방안에 대하여 제시하였다.

**Key Words** : VHF Digital, RR Appendix 18, ITU-R M.1842, E-navigation

### ABSTRACT

IMO and IALA have undertaken projects that GMDSS Modernization and E-navigation, which refer to "Future digital communications systems" for a more efficient transmission of voice and data communications in the VHF maritime mobile service. ITU has also resolved in WRC-07 Resolution 357 to study the use of spectrum-efficient technologies in order to provide for the operation of ship and port security and maritime safety systems. IALA and ITU WP5B have coordinated for the technical developments and the spectrum issues. Recommendation ITU-R M.1842-1 has approved by WP5B meeting. This revision provides a wideband data service both 50kHz and 100kHz in the VHF maritime mobile service. This paper has studied E-navigation, its needs for data exchange that includes explanations of the current methods for transmitting data by VHF that based in land mobile radio service. A further technologies trend is estimated for Recommendation ITU-R M.1842-1, that is based on the land mobile radio standards with some tailored to fit the needs of the maritime mobile service.

※ 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2014-H0401-14-1009), 또한, 이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2009-0093828).

♦ First Author : Mokpo Maritime University Dept. of Marine Electronic and Communication Engineering, yr9367@hanmail.net, 정회원

° Corresponding Author : Mokpo National University Dept. of Information & Electronics Engineering, srlee@mokpo.ac.kr, 정회원

\* 목포해양대학교 해양정보통신공학과, microkim@mmu.ac.kr

\*\* 목포해양대학교 해양컴퓨터공학과, choijo@mmu.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2014-05-173, Received May 8 2014; Revised June 12, 2014; Accepted June 12, 2014

## I. 서 론

GMDSS는 1999년에 본격적으로 개발된 이후 해상 통신에 커다란 변화를 가져왔다. 그러나 조난정보의 실패율이 높고, 운용이 복잡하며, 위치추적 거리가 짧은 단점 때문에 최근 들어 현대화의 필요성이 제기되었다. 특히, 해상통신에서 직면하고 있는 문제는 주파수 자원의 부족과 점차 증가해가는 정보량을 전송해야 한다는 것이다. 그리고 급속도로 발전한 육상 무선통신과 마찬가지로 해상통신 시스템도 아날로그에서 디지털로 음성에서 데이터 통신으로 변화시키고자 하는 사용자들의 요구가 증가하고 있다.

이러한 문제점을 해결하고 전 세계적으로 호환 가능한 해상 무선통신 프레임워크를 구축하기 위해 IMO는 2006년에 E-navigation 전략을 수립하였다.

이를 지원하기 위해 IALA는 해상무선통신 계획을 발표하고 E-navigation을 위한 초기 시스템 구조와 신규기술 규정 및 표준을 검토하고 있고, ITU-R은 해상통신 시스템의 기술적 특성에 관해 규정하고 있다.

WRC-07, Resolution 357은 선박의 운용과 항만보안, 해상안전시스템을 지원하는 스펙트럼 효율적 기술에 대한 운용 연구로 ITU와 IMO 그리고 IALA에 의하여 요청되었다<sup>[1]</sup>. 이 보고서를 초안으로 Report ITU-R M.2010-1과 Recommendation(이하 Rec.) ITU-R M.1842-1에 의한 향후 VHF 해상디지털 통신 시스템은 IMO와 IALA에 의하여 적절한 연구와 관련 연락문서의 교환을 고려하며, 제안된 작업문서는 새로운 보고서 초안으로 IMO에서 E-Nav 위원회를 위하여 IALA에 연락사항으로 전달되었다<sup>[2,3]</sup>.

E-navigation 이란 선박의 안전 및 보안과 해양환경 보호와 관련된 서비스를 개선하기 위해 선상이나 육상에서 해상정보의 수집, 통합, 교환, 표현, 및 분석을 전자적으로 융합하고 통일된 포맷으로 보여주는 자동화된 전자항법 체계이다

광대역 데이터교환 서비스를 제공한다.

그림 1은 현재의 해상용 VHF 채널배치 규정인 RR (Radio Regulation) 부록 18에서 25kHz 협대역주파수 배치의 블록이며, 여기에서 2개의 25kHz 채널과 광대역을 위한 4개의 25kHz 채널을 사용하는 150kHz 대역의 업무에 대한 기술을 고려하여 그림 2와 같은 형태로 주파수가 재배치되었다.

또한, Report ITU-R M.2122와 Rec. ITU-R M.1842-1은 EMC 호환성의 관점에서 RR Appendix 18과 25kHz 채널의 기술적 사항들 및 EMC와 스펙트럼 효율성의 부분을 포함하며, 해상이동 표준에 선택된 육상이동통신 표준을 활용하기 위한 VHF 데이터 전송에 관한 시스템을 서술한다<sup>[4-6]</sup>.

E-navigation에서 데이터 교환을 위한 용량평가는 노르웨이 해양기술연구소(MARINTEK)의 보고서에서 번잡한 항만은 200[kbps] 이상이 필요함을 예상하였고, RR 부록 18의 각주에 몇몇 중요한 권고의 변경으로 Rec. ITU-R M.1842-1의 활용이 실행 가능하도록 제공된다<sup>[7]</sup>. 고속통신 문제는 Rec. ITU-R M.1842-1 Annex 4의 사용으로 가능하며, 작은 항구는 1/2 대역폭과 데이터율을 가지는 Annex 3으로 가능하다. 넓은 영역과 더 작은 용량에는 단일채널시스템의 Annex 1 과 Annex 2 방식으로 충분하다.

E-navigation의 실현을 위하여 VHF 해상밴드가 갖는 가장 큰 장점은 우수한 VHF 전파특성이며, 선상안테나의 유용성과 지구상 전체의 해상안전서비스에 위한 기존의 VHF 해안지구국 인프라가 이미 존재하

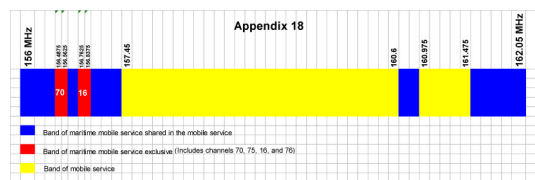


그림 1. RR 부록 18의 VHF 주파수배치  
Fig. 1. VHF frequency arrangement of RR Appendix 18

## II. 해상용 VHF 디지털통신

### 2.1 기술 동향

VHF 대역 해상디지털 통신시스템의 기술동향은 Rec. ITU-R M.1842-1의 Annex 1과 2는 각각 43.2kbps와 21.2kbps의 중속 데이터율을 제공하며, 이것은 음성과 AIS 업무가 같은 범위로 25kHz 대역의 채널상에서 사용되는 반면, 50kHz 대역의 Annex 3은 153.6kbps 데이터율로 100kHz 대역의 Annex 4는 307.2kbps 데이터율로 다중접속이 가능한 양방향

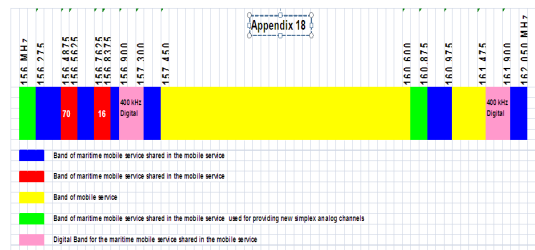


그림 2. 새로이 재배치된 RR 부록 18  
Fig. 2. VHF band by new Appendix 18

는 점 그리고 셀룰러 전화의 급격한 증가로 VHF 공공통신업무가 감소하여 RR 부록 18의 해상채널은 통신의 가용성이 증가되었다.

### 2.2 국내의 추진 동향

국내의 해상 VHF 디지털통신은 어업정보통신국에서 시작되었다. 2013년 동해안의 어선을 상대로 VHF DSC(Digital Selective Calling)에 의한 위치정보를 자동으로 수신하는 시스템을 구축하여 운용중에 있고, 남해안을 대상으로 동일한 시스템을 완료한 상태이며 현재는 서해안에 설치중에 있다<sup>8)</sup>. 그리고 방송통신위원회는 본격적인 VHF 해상디지털통신을 추진하기 위하여 표 1과 같이 현재의 복신채널 11개를 2017년부터 단신채널로 분리하여 운용할 수 있도록 재배치하였고, 표 2와 같이 현재의 복신방식 채널 13개를 2개의 그룹으로 나누어 묶어서 2017년부터 광대역 300kHz 디지털채널로 사용할 수 있도록 재배치하였다.

표 1. 해상용 VHF 대역 채널의 재배치  
Table 1. Reallocation of VHF maritime band channels

| Channel | Frequency(MHz) | Frequency(MHz) |
|---------|----------------|----------------|
| 60      | 156.025        | 160.625        |
| 01      | 156.050        | 160.650        |
| 61      | 156.075        | 160.675        |
| 02      | 156.100        | 160.700        |
| 62      | 156.125        | 160.725        |
| 03      | 156.150        | 160.750        |
| 63      | 156.175        | 160.775        |
| 04      | 156.200        | 160.800        |
| 64      | 156.225        | 160.825        |
| 05      | 156.250        | 160.850        |
| 65      | 156.275        | 160.875        |

표 2. 해상용 VHF 광대역 디지털채널의 재배치  
Table 2. Reallocation of VHF wide band digital channel using maritime

| Channel | Frequency(MHz) | Frequency(MHz) |
|---------|----------------|----------------|
| 80      | 157.025        | 161.625        |
| 21      | 157.050        | 161.650        |
| 81      | 157.075        | 161.675        |
| 22      | 157.100        | 161.700        |
| 82      | 157.125        | 161.725        |
| 23      | 157.150        | 161.750        |
| 83      | 157.175        | 161.775        |
| 24      | 157.200        | 161.800        |
| 84      | 157.225        | 161.825        |
| 25      | 157.250        | 161.850        |
| 85      | 157.275        | 161.875        |
| 26      | 157.300        | 161.900        |
| 86      | 157.325        | 161.925        |

### 2.3 기술 표준

Rec. ITU-R M.1842-1은 VHF 해상이동업무 RR 부록 18의 채널들에서 E-mail과 데이터교환에 사용하는 무선시스템과 장비의 특징을 기술하며, 해상이동업무에서 다른 대역폭의 VHF 시스템에 의한 디지털기술의 적용 방법을 제공한다. 각각의 Annex 에는 전송률 21.1~307.2kbps과 대역폭 25~100kHz의 방식들이 기술되어 있으며, 송신출력은 RR 부록 18에서 인접한 25kHz 채널을 보호하기 위하여 설정되고, 변조방식은 육상이동업무에서 사용되는 ETSI (European Telecommunication Standards Institute) 표준을 취하고 있다

2.3.1 Annex 1 : 25kHz narrowband system  
전파형식은 16K0F1DDN으로 25kHz 단일채널에서  $\pi/4$  DQPSK(Differential Quadrature Phase Shift Keying) 방식으로 28.8kbps &  $\pi/8$  D8PSK 방식으로 43.2kbps의 데이터율을 가지며, 접속방식은 CSTDMA (Carrier Sensing Time Division Multiplex Access)를 사용한다. -70dB의 ACPR (Adjacent Channel Power Ratio)을 만족하며, BER (Bit Error Rate)  $10^{-3}$  에 의한 수신감도는 -107dBm 이상이다.

2.3.2 Annex 2 : 25kHz narrowband system  
전파형식은 16K0F1DDN으로 RR 부록 18에서 9개의 duplex 25kHz 채널상에서 운용되며, 4-level GMSK (Gaussian Filtered Minimum Shift Keying) 방식으로 21.1kbps 데이터율로 접속방식은 TDMA (Time Division Multiplex Access)를 사용한다. -70dB의 ACPR과 BER  $10^{-3}$  에 대한 수신감도는 -107dBm 이상이어야 한다.

2.3.3 Annex 3 : 50kHz wideband system  
전파형식은 50K0F1DDN으로 RR 부록 18에서 인접한 2개의 25kHz 채널상에서 동작하도록 설계되었다. ETSI 표준 EN300 392-2 v.3.2.1(2007-09)의 서술대로 각 부반송파의 16-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 변조로 50kHz 대역에서 16개의 동등전력 부반송파를 사용하는 시스템이다<sup>8)</sup>. 데이터율 153.6kbps를 제공하며, 인접한 25kHz 채널보호로 -23dBm ACPR를 제공하고, 수신감도 레벨은 ETSI 표준대로 해안국에 대하여 -106 dBm, 선박국에 대하여는 -103dBm 이상이 되어야 한다.

2.3.4 Annex 4 : 100kHz wideband system  
전파형식은 100K0F1DDN으로 RR 부록 18에서

인접한 4개의 25kHz 채널상에서 동작하도록 설계되었다. ETSI 표준 EN300 392-2 v.3.2.1(2007-09)의 서술대로 각 부반송파의 16-QAM 변조로 100kHz 대역에서 32개의 동등전력 부반송파를 사용하는 시스템이다. 307.2kbps의 데이터율을 가지며 인접한 25kHz의 채널보호로 -23dBm ACPR을 제공하고, 수신감도 레벨은 ETSI 표준에 따라 해안국에 대하여 -103 dBm, 선박국에 대하여는 -98dBm 이상이 되어야 한다.

### III. 성능평가 방안

#### 3.1 25kHz 대역폭

협대역 시스템은 통신용량이 적은 곳에서 선호되며, 커버리지 범위는 낮은 데이터율, 협대역 그리고 향상된 수신감도 때문에 다소 좋아진다. 많은 트래픽 지역에서는 광대역 시스템이 높은 데이터율 때문에 선호되지만 서비스범위는 수신감도의 손실 때문에 감소될 수 있다. 그러나 안테나 높이를 증가시킬 수 있는 지역에서는 확실하게 서비스 범위를 확장시킬 수 있으며, 높은 데이터율에서 수신감도의 손실을 보상할 수 있다. Annex 1과 2에 사용되는 협대역 시스템의 중요한 차이는 Annex 2는 고정진폭 가변위상 변조방식을 사용하는 반면 Annex 1은 비고정 진폭변조에 의한 진폭과 위상 다이버시티를 수행하므로 Annex 2와 동등한 수신감도와 같은 대역폭에서 높은 데이터율을 실현할 수 있다.

그림 3의 a)는 RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services)에서 RR 부록 18에 대한 IEC 61993-2의 25kHz 마스크 채널에 대하여 Annex 1에 의한 28.8kbps의  $\pi/4$ -DQPSK와 43.2kbps의  $\pi/8$ -D8PSK, 32kbps의  $\pi/4$ -DQPSK와 48kbps의  $\pi/8$ -D8PSK 및 36kbps의  $\pi/4$ -DQPSK와 54kbps의  $\pi/8$ -D8PSK 등의 방식으로 변조된 파형의 스펙트럼이며, 그림 3의 b)는 28.8kbps의  $\pi/4$ -DQPSK와 43.2kbps의  $\pi/8$ -D8PSK를 구현하여 실험으로 보인 것

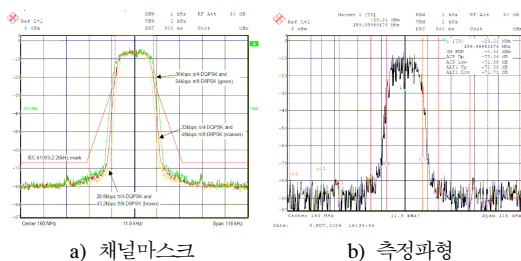


그림 3. 디지털변조 파형의 스펙트럼  
Fig. 3. Spectrum of digital modulation wave

이다. 스펙트럼의 측정은 중심주파수 160MHz이고 스펙은 118kHz로 설정한 것이다<sup>9)</sup>.

Annex 3과 4의 광대역 시스템은 같은 변조 방식을 사용하며 RR 부록 18에 표기된 2개 또는 4개의 인접한 25kHz 채널들을 필요로 하며, 동등한 스펙트럼 효율상수 3.072bps/Hz를 만족한다. 열악한 무선주파 환경을 극복하고 채널페이딩 효과를 감소시키기 위하여 EN2 v.3.2.1(2007-09)의 표준으로 설계되어야 한다. Annex 4 시스템은 선박국에 대하여 5dB의 수신감도 손실에서 307.2/153.6kbps 로 2배의 데이터율을 제공한다. 시스템은 커버리지 범위, 사용자 수, 데이터처리 요구사항과 미래성장 예상들에 대한 서비스지역의 필요를 충족시키도록 설계되어야 하며, 스펙트럼 요구사항들은 RR 부록 18의 각주에 표기된 2개에서 4개 및 서비스 지역에 따른 채널들을 사용해야 한다.

#### 3.2 전파 방사

해상에서 커버리지에 대한 평가는 Rec. ITU-R P.1546-4를 기반으로 데이터교환을 위하여 Rec. ITU-R M.1842-1의 상세내역을 적용하고, 데이터전송은 전형적인 VHF 해안국과 선박국의 설비에 관계된 대<sup>10)</sup>. 다음은 전형적인 VHF 해안국의 안테나의 전파방사 제원을 나타낸 것이다.

- 해수면상 안테나 높이 : 150m
- 안테나 송신전력 : 50W (Rec. ITU-R M.1842)
- 안테나 타입 : DB222E (typical antenna type)
- 안테나 이득 : 바다방향으로 6.3dBd (8.3dB)

그림 4는 모델 DB222E 안테나의 사진과 복사특성을 나타낸 것으로 전방향 이득은 6.3dB, 좌우방향은 4.5dB, 후방향은 -7.0dB를 보이고 있다. 해상의 유효방사전력(Ps, e.r.p.)과 유효전계강도(Fe)는

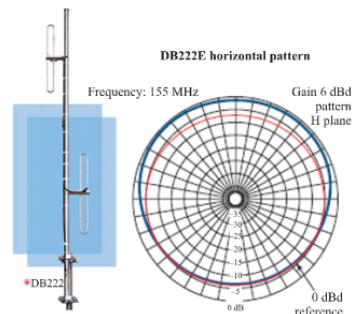


그림 4. 전형적인 VHF 해안국 안테나  
Fig. 4. Typical VHF antenna of coast station

(1)  $P_s(\text{유효방사전력}) = P_t + G - L$   
 $P_t(\text{송신전력}) = 10\log 50 - 30$   
 $= -13\text{dBkW} (-13\text{dB relative to 1kW})$   
 $G(\text{바다방향 안테나이득}) = 8.3\text{dBi}$   
 $L(\text{피더손실}) = 0\text{dB} (\text{전력은 안테나에서 측정})$   
 $P_s = -13 + 8.3 - 0 = -4.7\text{dBkW}(\text{바다방향})$

(2)  $F_e = F(\text{필요전계강도}) - P_s$   
 $F = +12\text{dBu} \quad (\text{Annexes 1,2})$   
 $= +16\text{dBu} \quad (\text{Annex 3})$   
 $= +21\text{dBu} \quad (\text{Annex 4})$

여기에서 그래프의 수직축은

$F_e(\text{Annexes 1, 2}) = F - P_s = 12 - (-4.7) = 16.7\text{dB}$   
 $F_e(\text{Annex 3}) = F - P_s = 16 - (-4.7) = 20.7\text{dB}$   
 $F_e(\text{Annex 4}) = F - P_s = 21 - (-4.7) = 25.7\text{dB}$

이와 같은 계산을 통하여 해상에서 안테나 높이에 따른 서비스 범위를 평가하도록 지원한다.

그림 5는 표준화된 전파모델에 따라 해상 VHF 해안국의 서비스범위를 평가하는 방법을 제공하는 그래프로 Rec. ITU-R P.1546-4에 따른 것이다. 해안국 안테나의 높이는 해수면상으로 정의하며, 150m 안테나의 해안국에서 Rec. ITU-R M.1842-1의 Annex 1 과 2에 기술된 데이터통신을 운용할 경우, 서비스 범위를 평가하는 방법은 그림의 8개 커브 중에서 150m 안테나(좌측에서 5번째 커브)는 수직축 이득의 16.7dB 점으로 정해지고 여기에서 수평축의 눈금을 읽으면 그 거리는 대략 150km를 나타낸다. 같은 방법으로 150m의 안테나에서 Annex 3과 4의 시스템에 대한 서비스 범위는 각각 120km와 107km이다. 이때 운용주파수

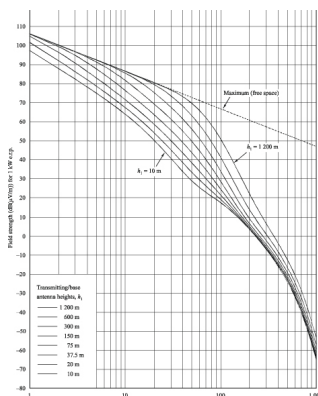


그림 5. 송신안테나 높이에 따른 전계강도와 거리  
 Fig. 5. Electric field strength and distance according to height of transmission antenna

는 100MHz이고, 선박국의 안테나 높이는 10m로 설정된 것이다.

표 3은 그림 5를 기준으로 해상에서 안테나의 높이에 따른 도달거리를 계산하여 정리한 것이며, 표 4는 E-navigation에서 제시하는 것으로 해역해서 사용하는 무선통신 기술의 도달거리를 6개 해역으로 구분하고 있다<sup>[11]</sup>.

표 3. 해상에서 안테나의 높이에 따른 도달거리  
 Table 3. Effective distance according to antenna height in maritime

| Antenna Height | Distance    |
|----------------|-------------|
| 10~150m        | About 120km |
| 300m           | About 180km |
| 600m           | About 200km |
| 1,200m         | About 250km |

표 4. E-navigation 해역 정의  
 Table 4. Water definitions of e-Navigation

| Region | Range   |
|--------|---|
| 1      | Inside port   |
| 2      | Approaching port area                               |
| 3A     | Coastal navigation put to cell phone coverage (5nm) |
| 3B     | Coastal navigation VHF coverage (25nm)              |
| 4      | Coastal approach (100nm)                            |
| 5      | High seas   |
| 6      | Polar regions                                       |

#### IV. 결 론

서비스 범위의 평가에서 해안국의 안테나 높이는 Rec. ITU-R M.1842-1에서 데이터전송 시스템을 선택하는 것보다 훨씬 중요한 효과를 가지며, 제시된 데이터전송 시스템의 서비스 범위에 대한 평가는 운용 중인 AIS (Automatic Identification System)와 함께 GMDSS에서 사용되는 VHF 음성통신 서비스의 범위와 비교할 수 있다. 즉, Annex의 모든 시스템은 현재의 해상 VHF 통신인프라를 장래의 E-navigation 데이터교환 서비스에 통합될 것으로 전망된다. Annex 1 과 2에 기술된 단일채널 협대역 시스템은 낮은 데이터율 때문에 특성이 확실하고, Annex 3과 4의 높은 데이터율을 지원하는 시스템은 다중경로와 다른 요소들의 영향 때문에 페이딩 효과를 감소시키는 설계가 필요하다. 육상이동무선 표준 EN2 v.3.2.1 (2007-09)은 열악한 무선주파 환경에 잘 견디며, 채널페이딩 효과를 감소시키는 설계 시스템을 기술하고 있으며,

Annex 3과 4의 시스템에도 이러한 설계 조항을 포함하고 있다. 특히, Annex에는 RR 부록 18의 세부사항에서는 4개의 채널을 100kHz까지 차별화된 광대역으로 디지털통신을 운용하는 표준기술을 제공하고 있으며, MARINETEK 보고서의 제시대로 E-navigation을 위한 데이터 교환용 채널로 사용시에는 반드시 이득이 고려되어야 한다<sup>[12]</sup>.

### References

[1] Resolution 357, Consideration of regulatory provisions and spectrum allocations for use by enhanced maritime safety systems for ships and ports, WRC-07, Agenda and References (Resolutions and Recommendations), pp. 45-46, 2012.

[2] Report ITU-R M.2010-1, Improved efficiency in the use of the band 156-174MHz by stations in the maritime mobile service, 1997.

[3] Recommendation ITU-R M.1842-1, Characteristics of VHF radio systems and equipment for the exchange of data and electronic mail in the maritime mobile service RR Appendix 18 channels, 2009.

[4] ITU-R, Radio Regulation APPENDIX 18, Table of transmitting frequencies in the VHF maritime mobile band.

[5] RECOMMENDATION ITU-R M.1084-4, Interim solutions for improved efficiency in the use of the band 156-174 MHz by stations in the maritime mobile service, 1994-1995-1997-1998-2001.

[6] REPORT ITU-R M.2122, EMC assessment of shore-based electronic navigation (eNAV) infrastructure and new draft Standards for data exchange in the VHF maritime mobile band (156-174 MHz), 2007.

[7] Beate Kvamstad, A Case for Shore Based Digital Radio as Basis for e-Navigation, MARINTEK Report, 2008.

[8] J. C. Choi, Y. C. Jeong, J. U. Kim, M. S. Choi, and S. R. Lee "A design on radio communications operation of the fishery VMS by VHF DSC in the East sea area," *J. KICS*, vol. 38C, no. 04, pp. 373-375, Jun. 2013.

[9] EN300 392-2 V3.2.1, Terrestrial Trunked Radio (TETRA); Voice plus Data (V+D); Part 2: Air Interface (AI), ETSI, p. 58, 2007-2009

[10] RECOMMENDATION ITU-R P.1546-4, Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30MHz to 3,000MHz, 2009.

[11] IALA, "e-Navigation FAQ," Sept. 2011. www.ialaism.org

[12] G. U. Kim and J. C. Choi, "Standardized trend for digital communications of maritime VHF band," in *Proc. KICS ICC*, pp. 72-75, Gwangju, Korea, May 2012.

### 주 양 로 (Yang-ro Ju)



2004년 : 목포해양대학교 대학원 해양전자통신공학과 공학석사  
 현재 : 목포해양대학교 해양전자통신공학과 박사과정, 대양정보통신(주) 대표

<관심분야> 해상통신, 해양전자

### 김 갑 기 (Kab-ki Kim)



1980년 : 광운대학교 통신공학과(공학사)  
 1984년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
 1998년 : 건국대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)  
 2001~2002년 : 뉴욕시립대학 전자공학과 연구교수

현재 : 목포해양대학교 해양정보통신공학과 교수  
 <관심분야> 마이크로파 통신, 초고주파 회로설계, 해상무선통신, 이동통신, 위성통신



최 조 천 (Jo-cheon Choi)



1986년 : 서울과학기술대학교  
전자공학과

1990년 : 조선대학교 컴퓨터공  
학교 공학석사

1998년 : 한국해양대학교 전자  
통신공학과 공학박사

1989년~현재 : 목포해양대학교  
해양전자통신공학부 교수

<관심분야> 해양전자통신, 계측제어

이 성 로 (Seong Ro Lee)



1987년 2월 : 고려대학교 전자  
공학과 공학사

1990년 2월 : 한국과학기술원 전  
기 및 전자공학과 공학석사

1996년 8월 : 한국과학기술원 전  
기 및 전자공학과 공학박사

1997년 9월~현재 : 목포대학교  
공과대학 정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시  
스템, USN/텔레매틱스응용분야, 임베디드시스템