

선내 항해통신장비 및 추진장비에 대한 전자과환경 연구

A study on the Electromagnetic Environment for the Navigation Device and Propulsion Device in Ship

조 형 래* (Hyung-Rae Cho) (Korea Maritime And Ocean University)
최 기 도** (Gi-Do Choi) (Korea Maritime And Ocean University)
김 중 우*** (Jong-Woo Kim) (Korea Marine Equipment Research Institute)

요 약

육상에서의 전자과 환경에 대한 연구는 지속적인 투자와 연구가 이루어지고 있지만 해상의 환경인 선박의 전자과 환경에 관한 시험 및 분석은 연구되어 지지 않는 실정이다. 선박은 최상층 갑판구역, 선교, 기관실로 구성되어있다. 최상층갑판구역은 안테나 및 레이더가 탑재되어 있다. 선교는 안전한 항해를 위한 항해장비가 탑재되어있다. 마지막으로 기관실에서는 선박의 추진시스템에 사용되는 배전반이 탑재되어있다. 따라서 본 연구는 선박이라는 특정 공간에서의 전자과 환경을 분석 후 해상환경에 적용 가능한 최적 기준을 제안하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 국내외 전자과 기준을 활용하여 실선 한국해양대학교 실습선 한바다 호를 측정 후 측정결과를 국내 기준, 이탈리아 기준과 분석하여 선박의 기관실에 대한 국내 기준 적용에 한계가 있음을 확인하였다. 본 연구의 결과는 추후 선박의 전자과 인체 보호 기준 정립을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

핵심어 : 선박, 전자과 강도, 전기장 강도, 자기장 강도, 조선 기자재

ABSTRACT

Although studies and investments on electro-magnetic fields in terrestrial areas are being conducted, they are not applied to a ship. Especially ship is consist of Top Side, Bridge, and Engine Room. Top Side is mounted Antenna and radar. Bridge is mounted navigation and navigation equipment that have a safe voyage. Finally, Engine Room is mounted switchboard and this is used to ship propulsion system. Therefore the purpose of this paper is for suggesting optimized standard to apply to marine environment through analyzing electromagnetic wave environment in ship. For this, we were measured EMF in Hanbada ship in Korea Maritime and Ocean University and we compared and analyzed to measured values in Korea standards and international standards. Consequently, Engine Room of ship for the identified that there are limits to apply. The proposed results of this research will be expected to utilize for establishing standard a plan for EMF in ship.

Key words : Ship, EMF Strength, Magnetic field Strength, Electronic field Strength, Maritime Equipment

† 본 과제(결과물)는 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업의 연구결과입니다.

* 주저자 : 한국해양대학교 전파공학과 교수

** 공저자 : 한국해양대학교 전파공학과 석사과정

*** 공저자 : 한국조선해양기자재연구원 팀장

† Corresponding author : Choi, Gido(Korea Maritime And Ocean University), E-mail : Radiol@kmou.ac.kr

† Received 18 September 2015; reviewed 7 October 2015; Accepted 17 February 2016

I. 서론

최근 수년간 우리나라 뿐 아니라 세계적으로 전자·통신 산업의 발전이 필수적이고, 이를 위한 주파수 대역의 확장이 전 세계적인 추세이다. 그 결과 전자파 상호의 간섭과 전자파 환경에서의 인체에 대한 전자파 유해도가 사회전반에서 가장 뜨거운 화두가 되었다.

전자파에 과다 노출되면 인체에 유해할 수 있다는 연구결과 이후 WHO(World Health Organization)는 1996년부터 International EMF Project를 수행하고 있으며, IARC(International Agency for Research on Cancer)에서는 2002년도 극 저주파 전자계를 발암물질 2B등급(Possibly Carcinogenic)으로 <Table 1>과 같이 분류하였으며, 2011년 5월에는 Interphone Study의 연구결과에 따라서 이동 단말기(휴대폰)의 전자파도 발암물질 2B로 분류하였다. 전자파의 인체 영향에 대한 연구는 지금도 지속되고 있는 상태이며, 전자파에 대한 발암물질 등급에 대한 논란도 지속되어지고 있다.

<Table 1> Possibly Carcinogenic to humans

Classification	Explanation	Substance
2B	Possibly Carcinogenic to humans	Radio frequency electro-magnetic Lead Keulloreudan

따라서 미국, EU, 일본을 중심으로 한 선진국에서는 EMF/EMI/EMC 대책 부품 및 소재를 개발하기 위한 정부차원의 집중적이고 지속적인 투자가 이루어지고 있다.

육상의 전자파 환경에 대한 연구는 지속적인 투자와 연구가 이루어지고 있지만 해상에서의 환경인 선박의 전자파 환경에 관한 시험 및 분석은 연구되지 않는 실정이다. 선박은 안테나 및 레이더가 탑재되어 있는 최상층 갑판구역(Top Side), 무선설비 및 선박의 안전 항해를 위한 항해장비가 내재되어 있는 선교 (Bridge), 선박의 추진을 위해 탑재되어있는

고출력 모터, 발전기 및 배전반 등의 기자재들이 사용되고 있다.

따라서 본 연구는 선박이라는 특정 공간에서의 전자파 환경을 측정 분석 후 국내기준과 해외 기준에 측정한 결과를 비교 분석하여 해상환경에 적용 가능한 최적 기준을 제안하는 것을 목적으로 한다 [1-3].

II. 전자파 강도 국내의 규격

여기에서는 현재 전파법으로 규정되고 적용하고 있는 국내 전자파 규격 및 측정방법과 국외 전자파 강도 규격을 소개하고자 한다.

1. 국내 전자파강도 기준

국내 전자강도 규격은 전파법 제 47조의 2제1항의 규정에 의하여 전자파 인체보호 기준에 관하여 필요한 사항을 일반인, 직업인으로 구분하여 규정하고 있다. <Table 2>, <Table 3>은 국내 전기장강도 일반인 기준 직업인 기준을 보여준다.

여기서 “일반인”이라 함은 전자기장에 노출되고 있는 사실을 모르거나 조치를 취할 수 없는 자를 말하며 의료목적으로 노출 받는 자는 제외한다.

국내 전파법 제 47조의 2의 기준에 대한 요건은 다음과 같다. 주파수(f)의 단위는 주파수 범위란에 표시된 단위와 같고 자속밀도는 자기장강도에 자유공간의 투자율 ($4\pi \times 10^{-7}$)을 곱한 것이다. 100kHz 이

<Table 2> Human for Intensity Criterion in EMF

Frequency range	Magnetic flux density (mG)
1 Hz	4×10^5
1 Hz ~ 8 Hz	$4 \times 10^5 / f^2$
8 Hz ~ Hz	$5 \times 10^5 / f$
0.025 kHz ~ 0.82 kHz	50/f
0.82 kHz ~ 65 kHz	62.5
0.065 MHz ~ 1 MHz	62.5
1 MHz ~ 10 MHz	9.2/f
10 MHz ~ 400 MHz	9.2/f
400 MHz ~ 2,000 MHz	$0.046 f^{1/2}$
2 GHz ~ 300 GHz	2

하의 주파수 대역에서는 측정을 위해서는 시간평균을 취하지 않은 최대값으로 한다. 단 60Hz 주파수 대역의 송전선로는 이 기준을 적용하지 아니한다.

직업인 기준은 직무상 작업수행 과정에서 자신이 전자기장에 노출되고 있음을 알고 있고 이의 잠재적인 위험성을 알고 주의하도록 훈련받은 자를 말한다[4].

<Table 3> Worker for Intensity Criterion in EMF

Frequency range	Magnetic flux density (mG)
1 Hz	2×10^6
1 Hz ~ 8 Hz	$2 \times 10^6 / f^2$
8 Hz ~ Hz	$2.5 \times 10^5 / f$
0.025 kHz ~ 0.82 kHz	250/f
0.82 kHz ~ 65 kHz	307
0.065 MHz ~ 1 MHz	20/f
1 MHz ~ 10 MHz	20/f
10 MHz ~ 400 MHz	2
400 MHz ~ 2,000 MHz	$0.1f^{1/2}$
2 GHz ~ 300 GHz	4.5

2. 국외 전자파강도 기준

본 논문에서는 국가별 전자파 강도 기준을 유럽 4개 국가의 기준을 <Table 4>와 같이 표현하였으며 국가별 주파수 범위는 60Hz 이고 단위는 밀리가우스이다.

스웨덴은 전자파 기준을 학교, 주택, 병원, 요양 시설 등에 0.2 mG 로 권고 하고 있으며 이는 어린이 및 전자파 취약 계층을 따로 분류하여 적용하고 있다. 스위스는 신규로 건축한 건물(학교,

유치원, 침실)에 대한 경우에는 시설한계치 10 mG 를 적용하고 있으며 일반인 기준은 ICNIRP의 기준인 1000 mG를 적용하고 있다. 이탈리아는 하루 4시간 이상 체류가 예상되는 건물에 따라 주의값 100 mG, 품질목표 30 mG를 적용하고 있다. 네덜란드는 학교 및 송전선로 신설 근처 주거지에 4 mG를 적용하고 있다 [5-7].

III. 측정 방법

1. 측정기기 요건

측정기기는 다음 조건을 만족하여야 한다. 측정기기는 기기의 교정절차에 따라 적절히 교정되어야 하며 유효기간 이내에 것을 사용해야 한다. 수신기는 주파수 선택적인 협대역 측정이 가능하여야 한다. 수신기는 전자파 강도의 실효값을 환산과정 없이 직접 측정할 수 있어야 한다. 프로브와 수신기를 연결하는 케이블은 이중 차폐 등 적절히 차폐된 것을 사용하여 외부전자파에 의한 영향을 받지 않도록 하여야 한다.

2. 프로브 요건

프로브는 다음 조건을 만족하여야 한다.

첫째 측정프로브는 편파에 상관없이 측정이 가능한 등방성 프로브여야 한다. 둘째 프로브 동장영역의 최소값은 0.05V/m 이하, 최대값이 100V/m 이상이어야 한다. 셋째 프로브의 등방성 특성은 $\pm 2.5\text{dB}$ 이내 이어야한다. 넷째 프로브 고정용 지지대는 낮은 유전체 손실 탄젠트 ($\tan\delta \leq 0.05$) 와 낮은 상대유전율 ($\epsilon_r \leq 5.0$) 값을 가져야 한다[8].

3. 측정 과정

본 논문에서의 전자파 강도 측정은 전파법 제 47 조 2에 의해 이루어 졌으며 측정 절차는 다음 각 세목의 순서를 따른다.

측정기기의 적합 여부를 확인한다. 측정환경을 확인하고 기록한다. 측정 시작지점을 선정한다. 프

<Table 4> Four country Intensity Criterion in EMF

country	Criteria
Sweden	0.2 mG
Switzerland	1,000 mG
	10 mG
Italy	100 mG (Attention Value)
	30 mG (Quality Target)
Netherlands	4 mG

로브의 높이를 지면으로부터 1.5m에 위치시킨다. 프로브와 수신기 1.0m 이상 이격시킨다. 수신기를 다음과 같이 조정한다. 측정결과가 가장 높은 지점에서 전자파강도를 6분간 측정하여 평균값을 산출하여 기록한다. 측정된 3개의 값 중 최대값을 현측한다. 계산된 노출지수를 모두 합하여 총 노출지수를 구하고 그 결과를 기록한다.

4. 측정 장비

공간이 협소한 선박의 특성 때문에 측정 장비 및 부대품은 현장에서 측정 용이성 확보를 위해 휴대형 및 소형으로 구성하였으며 측정된 데이터는 신뢰성을 확보하기 위해 노트북에 내장된 프로그램을 통해 사용자의 임의적인 조작 없이 전산화된 서버로 전송하도록 구축하였다. 측정은 수신기 및 측정안테나로 구성되어 있다. 시험장비는 <Table 5>와 같이 구성하였다[9].

<Table 5> EMF Test Equipment on the ship

Equipment	Marker	Model
EMF TEST Antenna	Narda	-
H-Field Analyzer	Narda	EFA-200,300
E-Field Analyzer	Narda	SRM-3000

IV. 실선 측정 및 분석

1. 측정 대상



<Fig. 1> Test of Hanbada Ship

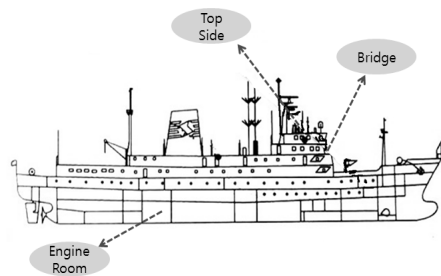
본 논문에서의 전자파 강도 측정 대상 선박으로는 한국해양대학교 실습선 한바다 호, 조양운수 차도선에서 측정하였다. 측정방법으로는 전파법 제 47조 2에 의해 이루어 졌으며 <Table 6>은 측정대상 선박인 한바다 호의 주요 제원을 보여주고 있다 [10].

<Table 6> Hanbada ship

Shipping	Hanbada Ho
Structure	Training Ship
Tonnage	6,686 Tons
The length	102.70 m
Capacity	202 person

2. 한바다 호의 측정 구역

본 논문에서 <Fig. 2>는 한바다 호의 전자파 환경측정을 위해 선원들이 거주 및 작업하는 3가지 구역으로 측정 장소를 선정하였다. 측정은 실제 선원이 작업하는 작업 위치에서 측정하였으며 국내 전자파 강도 측정 고시(전파법 제 47조의 2)에 따라 각 높이별 측정결과가 가장 높은 위치에서 측정하였다.

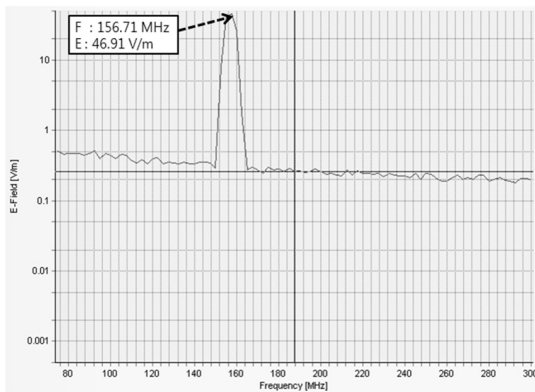


<Fig. 2> Test area of Hanbada Ship

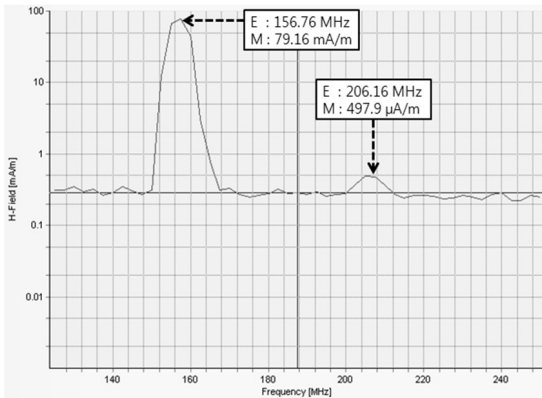
Narda EMF Test 장비인 EFA-300, SRM-3000에서 측정된 결과값은 실습선 한바다 호에서 측정된 전자파 강도를 실선과 측정값으로 표현하고 있다. 실선은 전체적인 스펙트럼을 보여주고 있으며 측정된 숫자의 값은 최대값(Max)으로 선박에 탑재되는 장비로부터 방사되는 전자기장강도이다.

3. 최상층 갑판구역(Top Side)의 측정결과

최상층 갑판구역은 선박의 항해를 위해 송수신하는 통신 안테나가 탑재되어 있는 구역이다. 수신기에서 측정된 결과값은 실선과 측정치로 표현되며 실선은 측정된 측정 안테나 대역의 주파수 스펙트럼 값이다. 최상층 갑판 구역에서 측정된 측정값을 나타내면 <Fig. 3>, <Fig. 4>와 같다.



<Fig. 3> Measurement result on VHF antenna in Top Side(Electronic field Strength)



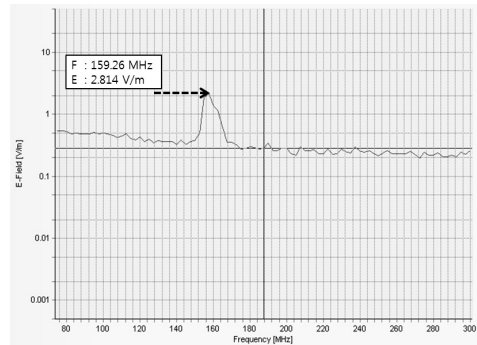
<Fig. 4> Measurement result on VHF antenna in Top Side(Magnetic field Strength)

<Fig. 3>는 최상층 갑판구역(Top Side)의 VHF 장비 안테나를 측정된 결과이다. VHF안테나의 동작 주파수 전기장 강도 156.76 MHz에서 46.91 V/m가 측정 되었다. 이는 국내 직업인 기준 61 V/m에 약

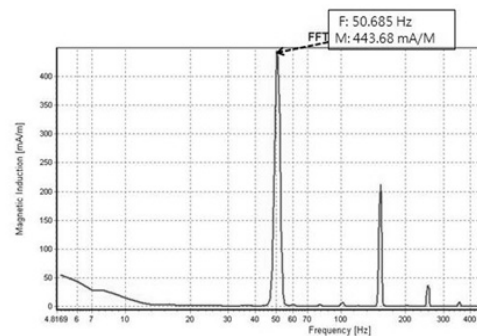
14 V/m의 차이를 나타내고 있다. <Fig. 4>는 최상층 갑판구역의 VHF 장비 안테나를 측정된 결과이며 156.76 MHz에서 자기장 강도 79.16 mA/m가 측정되었다. 이는 국내 직업인 기준 160 mA/m와 약 80 mA/m의 차이를 나타내고 있다.

4. 선교(Bridge)의 측정결과

선교는 선박의 항해를 위해 각종항해 장비 및 통신 안테나가 탑재되어 있는 구역이다. 통신을 위한 VHF 장비에서의 측정된 결과는 <Fig. 5>, <Fig. 6>과 같다.



<Fig. 5> Measurement result on VHF in Bridge (Electronic field Strength)



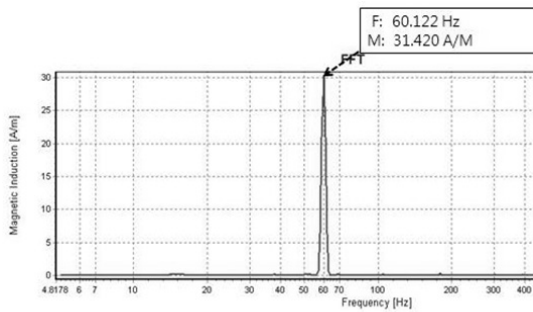
<Fig. 6> Measurement result on VHF in Bridge(Magnetic field Strength)

<Fig. 5>는 선교(Bridge)의 VHF 장비를 측정된 결과이다. VHF안테나의 동작주파수 전기장강도 156.76 MHz에서 2.814 V/m가 측정 되었다. <Fig. 6>

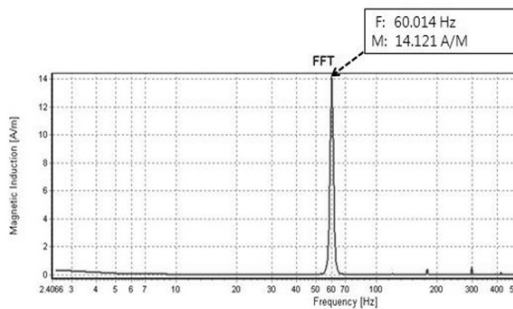
은 선교(Bridge)의 VHF 장비를 측정 한 결과이며 전 원 주파수 50Hz에서 자기장강도 443.68 mA/m가 측 정 되었다. 이는 국내 직업인 기준에는 만족하는 기 준이며 국내 기준에 비해 노출량 2%로 육상장비의 LED 모니터 수준이다.

5. 기관실(Engine Room)의 측정결과

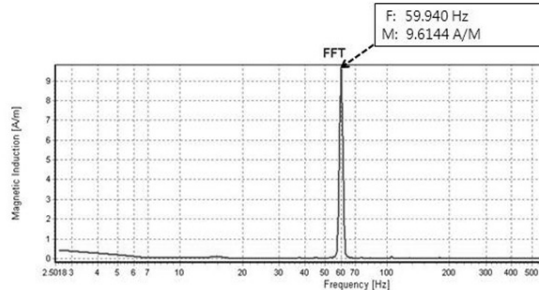
기관실(Engine Room)에서는 전원을 분배하는 배 전반, 추진 컨트롤러 등이 탑재되어 있는 구역으로 배전반에서의 고 전압, 고 출력을 사용하는 구역이 다. 본 논문에서는 전원주파수 60Hz 대역에서의 자 기장 강도를 측정하였다.



<Fig. 7> Measurement result on Switch Board in Engine room (Magnetic field Strength)



<Fig. 8> Measurement result on transformer in Engine room (Magnetic field Strength)



<Fig. 9> Measurement result on transformer in Cable (Magnetic field Strength)

<Fig. 7>는 기관실(Engine Room)의 배전반을 측 정한 결과이다. 전원 주파수 60Hz에서 자기장강도 31.42 A/m가 측정 되었다. 이는 국내 직업인 기준 (610 A/m)의 약 9%에 해당한다. <Fig. 8>은 기관실 (Engine Room)의 트랜스포머를 측정 한 결과이며, 전원주파수에서 60Hz에서 자기장강도 14.12 A/m가 측정되었다. <Fig. 9>는 기관실(Engine Room)의 케 이블을 측정 한 결과이며 전원주파수 60Hz에서 자 기장강도 9.61 A/m가 측정되었다.

6. 기관실(Engine Room)의 국내기준과 이탈리아 기준의 상관관계

측정 결과 국내 전자파강도기준에는 모든 구역 에서의 <Table 7>과 같이 측정값이 만족하였고, 4시 간의 시간을 고려한 이탈리아 기준에는 <Table 8> 과 같이 측정값이 모두 만족하지 않았다.

이는 선박의 최상층 갑판구역, 선교에서는 안전 한 항해를 위해 단기적으로 항해 및 통신장비를 사 용하므로 국내 기준적용이 적합 하지만 하루에 6시 간 이상 기관실에서 근무하며 추진 및 전기 공급을 위해 24시간 동작하고 있는 추진 및 전기설비에 대 해서는 국내 기준을 적용하는 점에는 한계가 있다.

또한 한바다 호의 배전반 위치는 <Fig. 1>과 같이 기관실의 선원들의 작업 공간의 바로 뒤편에 배전 반이 위치하고 있어 선박의 배전반에 대한 충분한 전자파 인체보호 기준의 충분한 고려가 이루어 지 지 않음을 알 수 있다.

〈Table 7〉 Possibly Carcinogenic to humans

	Equipment	freq (Hz)	Limit	Measurements
			(mG)	mG
Hanbada Ship	switch board	60.1	833	392
	Transformers	60.0	833	176
	Cable	59.9	833	120

〈Table 8〉 Possibly Carcinogenic to humans

	Equipment	freq (Hz)	Limit		Measurements
			(mG)	(mG)	mG
Hanbada Ship	switch board	60.1	100	30	392
	Transformers	60.0	100	30	176
	Cable	59.9	100	30	120

V. 결론

본 논문은 최근 이슈화 되고 있는 전자파 환경에서의 인체에 대한 전자파 유해도에 대하여 특정 공간인 선박에 대하여 전자파 환경을 측정 후 측정 결과를 바탕으로 국내 기준과 시간을 고려한 이탈리아 기준을 분석하였다. 측정결과 비록 국내 전자파 인체보호 기준에는 측정결과가 만족하였지만, 이탈리아의 전자파 인체보호 기준 적용 시에는 제한치를 초과하는 자기장 강도를 확인 할 수 있었다.

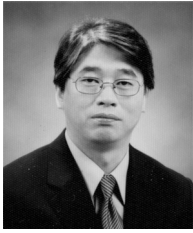
또한 한바다 호의 기관실의 전자파 환경을 보면서 각 구역에 전원을 분배하는 배전반 위치가 기관실 선원들의 작업공간에 위치하고 있는 점으로 보아 선박 설계에 충분한 전자파 영향이 고려되어 있지 않음을 알 수 있었다.

따라서 추가적인 연구를 통하여 선박의 기관실에 대한 새로운 전자파 인체보호 기준 지정과 기관실에서의 설계 개선 및 배전반 장비에 대한 충분한 차폐가 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] Kim J. W.(2012), "Marine Electrical and Electronic Equipment for Optimum EMI Measurement Study," Yeungnam for University Press, pp.1-10.
- [2] RRA(Radio Research Agency)(2012) Examination Article No. 2012-21(EMF Standard).
- [3] KCA(Korea Communications Agency)(2012) EMF Exposure Standard No. 2012-2.
- [4] Hwang T. W.(2013), A Study on the Proposal for Human Protection Regulation of EME, Korea institute of Communication and information sciences, pp.1029-1030.
- [5] Electromagnetic Management Agency and Regulations in nation(2013).
- [6] RRA(Radio Research Agency)(2012) Examination Article No. 2012-21(EMF Measure Method).
- [7] Kim H. B., Kim W. K., Lee Y. S. and Jun W. P.(2013), "Exposure Level Analysis of EMF Strength on Human Around Base station," *Korea Electromagnetic Engineering Society*, pp. 525-533.
- [8] Song H. Z., Kim S. Y. and Lee M. H.(2010), "Analysis for Measured Results in EMF Strength Exposure Level under Base Station Environment for Mobile Communication," *Korea Electromagnetic Engineering Society*, pp. 601-609.
- [9] Cho E. H. and Park J. K.(2012), "Electromagnetic Wave in all Base Stations," *The Korea Contents Society*, pp. 26-44.
- [10] Park J. S., Choi G. D., Kim J. W. and Cho H. R.(2014),"A study on the EMI in special power distribution zone on ship," *Korea Society of Marine Engineering*, pp 730-736.

저자소개



조 형 래 (Cho, Hyung-Rae)

1989년 연세대학교 박사과정 졸업(통신공학전공)
1996년 4월 ~ 현 재 : 한국해양대학교 교수 (전파공학전공)
2015년 2월 ~ 현 재 : 한국 ITS 학회 회장
2012년 4월 ~ 현 재 : 산업기술혁신 평가단 위원(위원장)
2012년 2월 ~ 현 재 : 그린ICT포럼 부위원장
e-mail : hrcho@kmou.ac.kr



최 기 도 (Choi, Gi-Do)

2014년 한국해양대학교 학사과정 졸업
2014년 2월 ~ 현 재 : 한국해양대학교 석사과정 (전파공학과 전공)
e-mail : radio1@kmou.ac.kr



김 중 우 (Kim, Jong-Woo)

2012년 영남대학교 석사과정 수료
2013년 2월 ~ 현 재 : 영남대학교 박사과정 (전기전자전공)
2007년 7월 ~ 현 재: 한국조선해양기자재연구원 팀장
e-mail : kim0307@komeri.re.kr