무선센서통신망과 전력선 통신망의 선내 및 실험실 실험결과 비교

백부근*, 조성락*, 박범진*, 조인성*, 이동곤*, 윤종휘**, 배병덕**

한국해양연구원 해양시스템안전연구소*
한국해양대학교**

Experimental Tests on the Wireless Sensor Network and the Power-line Communication in a Real Ship and Laboratory

Bu-Geun Paik*, Seong-Rak Cho*, Beom-Jin Park*, In-Sung Cho*, Dongkon Lee*,
Jong-Hwui Yun** and Byung-Dueg Bae**

Maritime & Ocean Engineering Research Institute, KORDI*
Korea Maritime University**

Abstract

Basic performances of wireless sensor network (WSN) and power line communication (PLC) confirmed in the test bed ashore are investigated in the 3000-ton class training ship of Korea Maritime University. The ubiquitous technologies can be considered for the provision of safety and convenience in a ship. We employed WSN and PLC, as the ubiquitous technologies, at the two areas within the training ship to estimate the realization of the ubiquitous environments in a ship. The experiments show rather good results in terms of data transfer rate. However, more detailed studies concerning the connection between WSN and PLC, noises induced to power line and fading effects are required to improve the quality and the stability of the communication for the ubiquitous environments.

※Keywords: Ship(선박), Wireless sensor network(무선센서통신망), Zigbee(지그비), Power line communication(전력선 통신), Ubiquitous(유비쿼터스)

1. 서론

언제 어디서나 필요한 정보를 얻어 필요한 서비

스를 받을 수 있게 하는 유비쿼터스 기술은 이미 육상에서 적용되어 사람들에게 편리함을 다양하게 제공하여 왔다. 예를 들어 유비쿼터스 기술을 이용한 홈오토메이션 또는 홈네트워크 시스템(Hakem and Misson 2002)과 위치추적, 보안/안전 시스템, 헬스케어(Hodges et al. 2006) 등이 널리

접수일: 2007년 12월 3일, 승인일: 2008년 5월 6일

† 교신저자: ppaik@moeri.re.kr, 019-358-0255

이용되거나 개발되고 있어 많은 사람들이 편리하고 안전한 삶을 영위할 기회가 많아졌다. 특히 자동차와 같은 운송 수단에도 모바일(mobile)이나 RFID와 같은 유비쿼터스 기술이 적용되어 필요한 정보를 제공받거나 자동 요금징수시스템의 서비스를 받을 수 있게 되었다.

그러나 해상을 항행하는 선박의 경우 여러 가지 요인들로 인하여 육상의 경우와 같이 유비쿼터스 기술의 혜택을 충분히 누리지 못하고 있다. 비록 다양한 해상 조건을 경험하며 고유의 목적에 맞는 임무를 수행하는 선박을 위하여 인공위성이나 인터넷, 저주파 대역의 무선통신 서비스가 개발되어 사용되고는 있으나 궁극적으로 선박의 안전성이나 승무원 또는 승객에게 편리한 서비스를 제공한다는 측면에서 선박 내 환경은 육상의 그것에 비해 질적으로 열악한 형편이다.

지금까지 선박 운용의 효율성 및 안전성을 높이고자 하는 기술은 많은 연구자들에 의해 제안되고 개발되어 왔다. Lee et al.(2005)은 여러 가지 계측값을 이용한 내항성 감시 방법을 제시하였으며 궁극적으로 운항 선박의 운동 안전성 및 효율성을 높이고자 하였다. Kim and Yu(2004)는 여객선의 화재 발생 시 안전성 제고를 위한 기초 연구로서 화재 거동 해석에 수치해석 방법을 도입하기도 하였다. 승무원 및 승객에게 해상 근무의 고충을 덜어주려는 시도로서 Jang et al.(2005)은 선박 내 조타실과 선실에 대하여 온열 근무 환경을 평가하기 위해 온도와 상대 습도에 대한 실제 계측치와 설문조사 결과 등을 이용하였으며 추후 냉난방 시스템의 설계를 위한 기초 자료를 마련하였다. 비록 많은 연구자들이 선박의 운용과 안전, 선박에 승선한 승무원과 승객들을 위한 서비스를 제공하기 위해 적지 않은 노력을 해왔으나 육상의 건물이나 운송 수단을 위해서 제공되고 있는 대물 및 대인 서비스에 비해 많이 낙후된 것이 사실이다. 최근 건조되는 선박에서 자동화율이 높아지고 안전성이 높아지고 있다고는 하나 아직도 많은 선박들이 선박 운용 비용의 절감을 위해 많은 시간과 인력의 희생을 감수하고 있고 선박의 노후화 등으로 인해 효율적인 선박 운용에 어려움을 겪고 있다.

선박의 근무환경이나 내항성 등에 대한 조사 및 감시가 유비쿼터스 기술을 이용하여 이루어진다면 현재보다 편리한 근무 환경을 선박 내 작업자들에게 제공할 수 있을 것이다. 지그비(Zigbee)와 같은 무선통신망과 PLC와 같은 유선 통신망이 혼합된 유비쿼터스 기술은 기존의 유무선통신망에 비해 적은 설치 비용으로써 선박의 질적 수준을 한층 높일 수 있을 것이다(Paik et al. 2007, Cho et al. 2007). 지그비란 무선통신 중 하나의 프로토콜 이름으로서 2.4GHz의 전파를 사용하며 무선통신 기능뿐 만 아니라 센서를 내장하여 센싱 기능을 포함한다. 또한 지그비 노드들 간에 망(network)을 구성하여 통신하게 함으로 비교적 먼 거리까지 통신이 가능하다. PLC란 주택, 사무실 및 공장 등에 기설돼 있는 전력선을 이용하여 신호를 전송하고 수신하여 통신하는 방법으로, 가로수 조명 제어, 가정에서의 홈네트워크, 자동 원격 전력 검침 등의 응용을 통해 급속히 기술이 발전하고 있는 차세대 통신 방법이다. 본 연구에서는 지그비를 이용한 WSN(wireless sensor network)과 PLC를 실제 선박에 적용하여 보고 선박 내 무선통신 및 유선통신을 위한 환경을 조사하여 보았다. 또한 유비쿼터스 기술의 실선 적용에 따른 문제점들을 도출하고 적절한 유비쿼터스 환경 구성을 위한 참고 자료를 구축하기 위하여 육상에서도 실험을 수행하였고 실선 실험에서 얻은 결과와 비교하였다.

2. WSN을 이용한 실선 실험

2.1 거주구 내 전송률 실험

본 연구를 위해 선정된 대상 선박의 제원은 Table 1에 나타나 있다. 한나라호라고 명명된 본 선박은 배수량이 3000 톤이며 학생들의 실습을 위해 운용되기 때문에 비교적 많은 수의 선실을 보유하고 있다.

선박 한나라호의 전경을 Fig. 1에 나타내었다. 한나라호의 거주구(deck house)는 선박의 바닥부터 수직으로 나열해 볼 때 주기판이 자리하고 있는 바닥 갑판, 2층 갑판, 학생들의 거주 공간인 주 갑판, 일반 선원들이 거주하는 사관 갑판, 교수

Table 1 Particulars of ship Hannara

Length (m)	102.7
Width (m)	14.5
Height (m)	7
Tonnage (ton)	3640
Speed (Knot)	15 (Max. 17)
Main engine	Diesel engine 4000HP

Fig. 1 Hannara for full-scale ship tests

등의 직원이 거주하는 보트 갑판, 학생들의 운항 훈련을 위한 훈련 갑판 그리고 실제 선박의 조타실로 사용되는 조타실과 같은 층별 구성을 하고 있다. WSN 기초 실험은 선박이 안벽에 계류되어 있으며 주기관이 정지해 있고 단지 발전기만 가동되는 환경에서 수행되었다.

선박 내부에서 무선통신 전송률이 얼마나 되는지 살펴 보기 위하여 한나라호의 중심 갑판인 사관 갑판에서 기초 실험을 수행하였다. 전송률 실험을 위하여 사관 갑판의 선실 하나를 선정하였다. Fig. 2에 해당 선실의 문을 보였다. 선실 문은 첼로 이루어져 있으나 문의 표면은 부드러운 재료의 재료로 마감되어 있었다. 전송률 시험을 위하여 한 ZPA(Zigbee Protocol Analyzer)에서 10 byte의 패킷(packet)을 100개 보내고 다른 ZPA에서 이 패킷들을 수신하는 형태로 진행하였다. 또한 패킷 수를 통한 전송률 측정뿐 만 아니라 RF 강도도 같이 측정하였다. 송신 ZPA는 선실 문 안 쪽에 있고 수신 ZPA가 선실 문 바로 바깥 쪽 1m 거리에

있을 경우 98 ~ 100%의 전송률을 보였으며 RF 강도는 -27 ~ -30 dBm이 측정되었다. dBm이란 데시벨(decibel)로 나타낸 통신전력이며 0 dBm은 최대 통신전력인 1 mW를 의미한다. 수신 ZPA를 문 앞에서 좌측으로 8m 이동 시킨 곳에 놓았을 경우 전송률은 76%이었고 RF 강도는 -37 dBm이 측정되었다. 이러한 실험을 통하여 선실 문이 닫힌 경우라도 선실 밖 복도에 센서노드(sensor node)를 근거리에서 설치하게 되면 통신이 가능하다는 것을 알게 되었다. 그러나 선실 문은 완벽한 철문이 아니라 선실 내 환기를 위하여 문의 하단부에 환기창이 설치되어 있고 벽과 문 사이에 미세한 틈이 존재하기 때문에 전자파를 완벽하게 차단하지 못한 것으로 판단된다.

다음으로 수행한 실험은 계단 및 deck 사이에서의 전송률을 측정하는 것이었다. 사관 갑판에서

Fig. 2 Door of the cabin **Fig. 3** Entrance of the stairs to the boat deck

boat deck으로 올라가는 계단은 수직으로 약 3m 정도의 높이를 가지며 계단 좌우의 벽은 두께가 15mm 이상의 철판으로 되어 있어 전자파가 완벽히 차단되는 공간을 구성한다. Fig. 3과 같이 사관 갑판 계단 입구의 문을 개방하고 입구의 상부에 송신 ZPA를 배치시켰으며 boat deck의 입구가 개방된 상태에서 수신용 ZPA를 입구 상부에 배치하여 전송률을 측정하였다. 이 때 전송률은 100%이었으며 RF 강도는 -10dBm이었다. Boat deck의 수신 ZPA를 목시선(line of sight)에서 벗어나게 하여 계단으로부터 1m 떨어진 위치에 배치할 경우 전송률 100%, RF 강도 -18dBm, 2m 떨어진 위치에서는 전송률 100%, RF 강도 -14dBm이었다. Boat deck의 수신 ZPA를 계단에서 완전히 벗어나게 하여 사관 갑판의 송신 ZPA의 바로 위까지 평면 상에서 이동시킬 경우에도 전송률 98%, RF 강도 -21dBm을 기록하였다. 보트 갑판의 입구는 상시 개방되어 있으나 사관 갑판 아래의 주 갑판의 계단 입구에는 개폐를 위한 철판이 설치되어 있다. 주 갑판 계단의 문을 폐쇄한 상태에서 사관 갑판과의 전송률을 측정하였을 때 전송률은 63%이었고 RF 강도는 -46dBm이었다. 이상의 실험을 통하여 계단이 개방되어 있는 경우 계단을 통한 무선통신이 원활하게 이루어질 수 있으며 철판의 폐쇄는 비록 작은 틈이 존재한다 할지라도 무선통신의 신뢰성을 심각하게 감소시킬 수 있음을 알 수 있었다. 따라서 계단의 철판이 닫힌 경우 무선통신이 두절되지 않도록 안테나를 배치시키거나 관련 구역에서 무선통신을 유선통신으로 대체하는 방법을 강구해야 한다.

2.2 주 기관실 내 무선통신 실험

센서노드를 포함한 무선통신망 실험은 많은 장비들이 설치되어 있으며 환경 요소의 감시가 매우 중요한 주기관실에서 수행되었다. 주기관은 정지되어 있는 상태였으며 선박 내 전원을 공급하기 위한 발전기가 가동되는 상태이었다. Fig. 4는 주기관 제어실에서 바라 본 기관실 전경을 나타내며 모니터링을 위한 랩탑 컴퓨터와 싱크노드가 제어판넬(panel) 위에 배치되어 있다.

기관실 내부에는 주기관뿐 만 아니라 주기관을

Fig. 4 Control room for main engine operation

Fig. 5 Employment of WSN routers and sensor nodes at bottom deck (top view)

위한 여러 장비, 밸브, 배관 등이 복잡하게 배치되어 있기 때문에 라우터(router) 및 센서노드의 위치를 적절하게 배치하는 것이 매우 중요하다. 본 기초 실험에서는 전자파의 회절에 따른 데이터 전송률의 사전 자료가 없었기 때문에 목시선이 보장되는 범위 안에서 각 라우터와 센서노드를 배치하였다.

바닥 갑판에 구성된 센서 네트워크를 Fig. 5에 간략하게 나타내었다. 싱크노드(gateway)는 주기관 제어실 안쪽 1.7m 높이에 제어실 윈도우와 약 1m 정도 떨어져 배치되었다. 라우터 1은 제어실 밖의 1.7m 높이에 싱크노드와 대략 직선거리 6m

정도 떨어진 장비 위에 설치하였다. 라우터 2는 라우터 1으로부터 대략 직선거리 7m의 근처 기동 받침 구조물 위에 설치하였는데 2층 갑판으로 올라가는 계단 아래에 위치한다. 라우터 3은 2층 갑판의 계단 입구 쪽에 라우터 2와 직선거리 대략 4m 정도 떨어져 설치하였다. 센서노드들의 경우 각 라우터에서 5 ~ 7m를 두고 각 통신 depth에 맞추어 설치되었다. 또한 센서노드들은 기관실에서 2층 갑판까지 홉핑(hopping)을 통해 통신이 되도록 하였다. 센서노드 1번과 3번은 온도/습도를 측정하며 센서노드 2번과 4번은 조도를 측정한다. 이 때 라우터 2번에 센서노드 1과 2번이 child로서 연결되고 라우터 3번에 센서노드 3번과 4번이 child로서 연결된다. Second deck의 빈공간(empty space)은 주기관의 흡배기를 위한 대용량의 배관이 지나가는 통로를 의미한다. WSN 가동 결과 무선통신이 잘 이루어짐을 확인하였으며 센서노드를 이용한 주요 장비의 감시 시스템이나 화재 감시 시스템 등의 구성을 위해 WSN이 유용하게 사용될 수 있음을 알 수 있었다.

3. WSN과 PLC를 이용한 실선 실험

3.1 주 기관실과 사관 식당에서의 통신 실험

선박의 항해 중 WSN과 선박 내 통신 백본망(backbone network)으로서의 PLC가 정상 작동하는지 살펴 보기 위하여 부산-목포 간 연안항해 기간 동안 모든 시스템을 선박 내에 설치한 후 환경 측정 데이터들을 취득하였다. 본 연구에서는 선박 내 두 개의 구역을 설정하여 WSN을 설치하였다. 주기관실과 사관 식당(bosun restaurant)에 Fig. 6과 같이 WSN을 구성하였고 각 구역에서 얻어진 환경측정 데이터들은 동일 구역에 설치된 전력선 통합장치(PGW)로 취합된 후 9600 bps (bits per second)의 전송속도를 갖는 PLC를 거쳐 중앙 컴퓨터로 취합되고 미들웨어 (middleware)의 데이터베이스에 저장된다. 해당 선박은 3상 3선식의 전원 체계를 가지고 있기 때문에 주기관실의 배전반(Fig. 7(a))에 3상 커플러 (coupler, Fig. 7(b))를 설치하고 이더넷 (Ethernet) 게이트웨이 (gateway)와 연결하여 취합된 데이터들을 감시할

수 있게 하였다.

전력선을 통하여 전송된 데이터들은 어댑터(adaptor)를 거쳐 미들웨어에 도착한 뒤 데이터베이스에 저장된다. 두 개의 구역에 설치된 환경측정 센서들은 온/습도, 조도, 적외선, O₂, CO, CO₂, Gas 등이었다. Fig. 8은 주기관실 내에서 야간에 약 3시간 동안 취득된 온도 값이다. 센서노드가 설치된 장소에 따라 주변 온도가 1 - 2도 정도 차이가 나는 것을 볼 수 있으며 주기관실 내의 온도가 시간에 따라 변화하고 있음을 잘 알 수 있다.

(a) Main engine room

(b) Bosun restaurant

Fig. 6 Sensor node topology at two areas

(a) Switchboard for 110V power

(b) Phase coupler for 9.6kbps PLC

Fig. 7 Switchboard and phase coupler for PLC

Fig. 8 Sensing data from sensor node at the main engine room

3.2 선박과 육상에서의 통신 실험 결과 비교

실선 실험 결과에 대한 검증 및 사용된 시스템의 신뢰성 검토를 위하여 육상에서도 같은 WSN과 PLC를 배치하여 환경측정 데이터들을 취득하였다. 육상에서는 선박 내 환경과 유사하게 구축된 테스트 베드와 일반 시멘트(cement) 구조로 된 사무실 내에서 실험을 수행하였다. 각 데이터들의 비교를 위해서 WSN의 말단 노드(end device)로부터 중앙컴퓨터까지의 전송 주기 13초 및 총 계측 시간을 이용하여 각 구역에서 얼마나 많은 데이터들이 손실 없이 중앙컴퓨터로 전송되는가를 조사하였다. 이 값은 정보통신 분야에서 데이터 전송률을 평가하는 PER(packet error rate)과 유사하다. 실선 실험의 경우 밤과 아침에 각각 약 3시간씩 데이터를 저장하였고 육상의 경우에도 실선 실험과 같은 시간대, 같은 시간 동안 데이터를 계측하였다.

Table 2는 각 조건에서 계측된 데이터 패킷들로부터 얻은 전송률을 보인다. Fig. 8과 Table 2에 보여진 결과를 볼 때 실선 실험이 성공적으로 이루어졌음을 알 수 있다. 즉, 통신이 두절되지 않고 계속적으로 환경측정을 할 수 있음을 볼 수 있어 추후 선박 내 유비쿼터스 환경을 구축하는데 유용한 참고자료로서 사용될 수 있을 것이다. 그러나 실선의 주기관실에서의 실험 결과는 육상의 실험결과와 비교해 볼 때 대부분의 센서노드에서 약 5% - 10% 정도 전송률이 감소되는 것을 알 수 있다. 주기관실에 많은 철구조물, 즉 배관, 펌프, 모터, 필터, 발전기 등이 많이 배치됨으로 인해 나타나는 전자파의 페이딩(fading) 효과가 주요 요인으로 추정되고 있다. 작은 척도의 페이딩-다중경로(multi-path) 및 지연확산(delay spread)-효과에 대해서는 심도 깊은 후속 연구가 필요하다.

Bosun 식당의 경우에는 내부에 철구조물이 많지 않아 육상의 테스트 베드와 유사한 환경을 가지고 있다. 선박 내 bosun 식당과 육상의 테스트 베드의 결과를 비교해 보면 실선의 경우가 육상의 경우보다 전송률이 약 1% - 5% 정도 감소하였다. 이러한 bosun 식당의 결과를 볼 때 실선 항해 시 전송률이 감소되는 또 하나의 이유가 주기관 가동에 의해 PLC에 나타난 잡음(noise)이라고 생각된

Table 2 Data delivery ratio at the two areas

area	node	Ship (%)	Test bed(%)	Office (%)
M/E	Router	71.9	86.8	86.7
	Router	63.7	75.3	75.3
	Temp.	41.4	52.6	40.3
	Router	47.6	35.6	69.8
	Light	64.1	78.8	66.9
	CO	58.7	62.4	59.3
	Gas	37.9	54.7	45.5
	Light	55.9	72.0	57.8
	Temp.	52.1	65.4	51.0
	O ₂	66.7	81.1	70.9
	CO ₂	58.7	64.8	59.5
Bosun Rest.	Router	—	97.6	81.1
	Light	93.8	98.1	95.2
	Temp.	95.6	97.3	94.8
	Light	95.8	98.2	94.4
	Temp.	94.6	97.3	94.4

Fig. 9 Data delivery ratio at the main engine room after the modification of the interface module

다. 또한 육상의 테스트 베드나 실선 결과와 비교해 볼 때 사무실의 결과가 대체적으로 실선의 경우 보다는 높거나 비슷하고 테스트 베드 보다는

약간 낮은 전송률을 보인다. 선박의 재질과는 달리 육상에 있는 사무실의 경우 벽 재질이 시멘트였다. 이 결과는 사무실 내에서도 페이딩 효과가 발생할 수 있으며 벽이 철로 된 테스트 베드보다 전자파의 감쇄가 더 크게 나타날 수 있음을 보여준다.

이상에서 언급한 특징들 외에도 Table 2를 통해 생각해 볼 수 있는 점은 주기관실에서 얻은 전송률이 bosun 식당에서 얻은 전송률 보다 대체적으로 낮다는 것이다. 주기관실에는 라우터를 포함하여 총 11개의 노드를 배치하였고 bosun 식당에는 총 5개의 노드를 배치하였다. WSN에 속하는 노드들의 개수가 증가함에 따라 전송률이 감소한 것으로 생각되며 WSN과 PLC 사이에서 데이터 전송을 더 원활하게 할 수 있다면 데이터의 전송률이 더욱 높아질 것이라고 예상되었다.

본 연구에서는 WSN과 PLC를 연계하기 위하여 인터페이스 모듈을 사용하였는데 PLC로의 데이터 전송을 더욱 원활하게 하기 위하여 인터페이스 모듈 내 PLC 입력부에 대한 버퍼(buffer) 용량을 최대로 증가시킨 후 육상에서 같은 실험을 반복하였다. Fig. 9는 버퍼 용량을 증가시킨 후 측정한 데이터 전송률을 보인다. Fig. 9에서 before 및 after의 의미는 인터페이스 모듈의 수정 전과 후를 각각 의미한다. 비록 수정된 인터페이스 모듈을 이용하여 선박에서 재실험을 수행하지는 않았지만 육상에서 반복하여 수행된 결과를 살펴 볼 때 데이터 전송률이 크게 증가된 것을 알 수 있다. 새롭게 수정된 인터페이스 모듈을 이용하게 되면 실제 선박에서도 데이터 전송률이 증가될 것으로 기대된다.

4. 결론

본 연구에서는 WSN과 PLC 등의 유비쿼터스 기술이 실선에 적용되어 적절한 유비쿼터스 환경을 구성할 수 있는지 조사하기 위해 실제 선박 내에서 관련 실험을 수행하였다. 두 개의 구역에 WSN을 분포시키고 취합된 정보들을 PLC를 통하여 중앙 컴퓨터로 전송하였다. 실험 결과 선박 내

구성된 유비쿼터스 환경은 각종 센싱 데이터들을 잘 인지하고 있어 선박 내 다양한 분야에 적용될 수 있을 것이라고 사료된다.

그러나 선박 내 철구조물이 많이 분포되어 있는 곳은 페이딩으로 추정되는 효과가 나타날 수 있고 선박의 운항 및 주기관의 작동에 따라 전력선에 잡음이 인가될 수 있어 유무선 데이터 전송률 감소의 원인이 될 수 있다. 앞으로 더욱 신뢰성 있는 유비쿼터스 환경을 구축하기 위해서 선박 고유의 특성에 따른 페이딩 효과를 감소시킬 수 있어야 하고 WSN에서 취득된 정보를 손실 없이 PLC로 전송하는 문제를 해결해야 할 것이다. 또한 PLC에 인가되는 잡음의 원인을 파악하여 전송률 감소의 원인을 제거하는 작업이 필요할 것이다.

후 기

본 연구는 “선박의 스마트 운용기술 개발 (PE0120A)”의 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Cho, S.R., Paik, B.G., Park, B.J. and Lee, D.K., 2007, "Development of Application of Ubiquitous Computing Technologies to Ship and Design of the Test Bed," Proceedings of the Annual Spring Meeting, SNAK, Seoul, pp. 1494-1499,
- Hakem, N. and Misson, M., 2002, "Study of the Throughput of Wireless Home Automation Network Using the Encapsulation of Two Medium Access Methods," Proceedings of Communication Systems and Networks, 9-12 September, Spain.
- Hodges, S., Williams, L., Berry, E., Izadi, S., Srinivasan, J., Butler, A., Smyth, G., Kapur, N. and Wood, K., 2006, "SenseCam: a Retrospective Memory Aid," Proceedings of Ubiquitous Computing, 17-21, September, Orange County, CA, USA.

- Jang M.S., Gho, C.D., Moon, I.S., Lee, C.J. and Kim, S.H., 2005 "Thermal Environment-based HVAC Operating Design in Cabins on Naval Ships," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 42, No. 4, pp. 402-410.
- Kim, S.C. and Ryu, H.S., 2004, "A Numerical Study of Fire Development Characteristics on a Ro/Ro Ferry Vehicle Deck," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 41, No. 5, pp. 48-54.
- Lee, J.H., Choi, K.S., Park, G.I., Kim, M.S. and Bang C.S., 2005, "Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 42, No. 1, pp. 57-63.
- Paik, B.G., Cho, S.R., Park, B.J. and Lee, D.K., 2007, "Application of Ubiquitous Computing Technology to Ship," Proceedings of the Annual Spring Meeting, SNAK, Seoul, pp. 1488-1493.

< 백 부 근 >

< 조 성 락 >

< 박 범 진 >

< 조 인 성 >

< 이 동 곤 >

< 윤 종 휘 >

< 배 병 덕 >