

선박 내 통신네트워크 구축을 위한 전력선 기반 무배선통신시스템

김현식¹ · 강석근^{2*}

A Powerline-based Legacy-line Communication System for Implementation of a Communication Network in Ship

Hyun-Sik Kim¹ · Seog Geun Kang^{2*}

¹Mattron Corp., Gyeongnam 630-724, Korea

²Department of Semiconductor Engineering, Gyeongsang National University, Gyeongnam 660-701, Korea

요 약

본 논문은 전력선 기반 무배선통신시스템을 이용하여 선박에 통신네트워크를 구축하는 방안을 제시한다. 이를 위하여 전력선과 데이터통신 기기의 연결을 위한 유도성 결합장치와 복합통신장치를 개발한다. 실제 운항되는 선박을 대상으로 시험한 결과, 구현된 무배선통신시스템은 최장 200 m 거리에서 25.8 Mbps 이상의 전송속도를 제공하고, 통신 성공률은 100%인 것으로 측정되었다. 따라서 제시된 시스템은 전송채널의 추가 설치 없이도 선박에 통신네트워크를 구축할 수 있는 유용한 대안인 것으로 판단된다. 또한 설치가 용이하고 데이터통신을 위한 다양한 인터페이스를 지원하므로 미래 디지털 선박에 실시간 모니터링 시스템을 도입하는 경우 매우 효과적인 것으로 기대된다.

ABSTRACT

In this paper, a method of implementing a communication network in ship, which exploits a powerline-based legacy-line communication system (LLC), is presented. We develop an inductive coupling unit and a multi-interface device to connect a data communication terminal to the powerline. As a result of operation tests for the ship under working, the implemented LLC shows a transmission rate of at least 25.8 Mbps in the distance of 200 m away with 100% success rate. Thus, the system can be a useful alternative to implement a communication network in ship without additional channels. Being easy to be implemented and supporting various interfaces for data communication, the presented system will be very effective when a real-time monitoring system is launched in future digital ship.

키워드 : 무배선통신, 전력선통신, 결합장치, 선박 통신네트워크, 디지털 선박

Key word : Legacy-line communication, powerline communication, coupling unit, communication network in ship, digital ship

Received 30 April 2015, Revised 20 May 2015, Accepted 01 June 2015

* Corresponding Author Seog Geun Kang(E-mail:sgkang@gnu.ac.kr, Tel:+82-55-772-1737)

Department of Semiconductor Engineering, Gyeongsang National University, Gyeongnam 660-701, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2015.19.8.1831>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서론

우리나라는 조선·해양산업의 1등 국가로서의 위상 유지와 관련 산업분야의 고부가가치화 및 신성장 동력 창출을 위하여 미래형 에너지 수송선박, 고부가가치 선박 등 5대 핵심 분야의 원천 기술 확보에 주력하는 조선해양산업 분야 기술로드맵을 2012년 제시하고 정책적으로 지원해 왔다[1]. 특히, 경쟁국에 비하여 상대적으로 강점이 있는 선박 건조 분야와 정보기술(information technology, IT) 분야를 융합한 「조선+IT」 융합산업은 지능형 운항제어 및 선박 자원과 운항 정보의 통합 관리가 가능한 신개념 디지털 선박 건조와 이에 필요한 핵심 원천기술의 확보를 목표로 하고 있다.

선박 내 다양한 유무선 통신시스템의 통합 통신네트워크 구축은 디지털 선박(digital ship)을 위한 핵심 기술 가운데 하나이다. 특히, 선박 영역 네트워크(ship area networks, SAN)는 디지털 선박에 설치된 다양한 센서, 액추에이터, 운항제어장치 등과 지능형 통합 모니터링 시스템 간의 데이터 통신을 지원한다[2]. 이를 위하여 선박 통합네트워크는 기간통신망(backbone networks)과 각종 장치 간의 유무선 통신뿐만 아니라 초고속 및 고신뢰성 광통신까지 지원할 수 있도록 발전되고 있는 추세이다.

이와 같은 통합 통신네트워크는 디지털 선박의 설계 단계부터 포함되는 것이 가장 바람직하다. 하지만 유조선 등과 같은 대형 선박의 평균 수명이 30년 가량인 점을 감안하면 현재 운항되고 있는 대부분의 선박과 건조 중인 다수의 선박에 통합 통신네트워크를 적용하기 위해서는 이미 설치된 통신선로나 전력선을 이용하는 방법이 적절한 대안이 될 것으로 판단된다. 특히, 대형 선박의 경우 수십 킬로미터에 이르는 전력선이 선박 내의 모든 구역에 전력공급을 위하여 치밀하게 매설되어 있다. 따라서 이러한 자원을 충분히 활용하는 것은 이미 운항되고 있는 선박에 데이터통신 네트워크를 구축하는 유용한 방안 가운데 하나이다.

이에 따라 본 논문에서는 선박 내에 설치된 전력선을 기반으로 하는 무배선통신(legacy-line communication, LLC)시스템 구축 기술을 제시하고, 현재 운항되고 있는 선박을 대상으로 무배선통신시스템을 이용한 데이터 전송실험을 수행하여 이의 실제적인 적용 가능성을 검토한다. 여기서 무배선통신은 데이터 전송을 위한 선

로가 전혀 없는 것이 아니라 선로의 추가적인 설치 요구되지 않는 것을 의미한다[3-6]. 이를 위하여 본 연구에서는 이미 설치되어 있는 전력선과 데이터통신 기기를 연결하는 결합장치와 다양한 유무선 통신장치들의 인터페이스를 위한 복합통신장치를 개발한다. 개발된 장치들은 설치와 제거가 용이하여 전력선이 설치된 어떠한 장소에서도 데이터통신 서비스를 제공할 수 있다. 따라서 제시된 무배선통신시스템은 선박 내 모든 구역에 실시간 모니터링 시스템을 도입하여 안전과 재난 감시용 센서 데이터의 송수신에 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 서론에 이은 II절에서는 선박 내에 전력선 기반 무배선통신시스템 구축을 위한 핵심 장치인 결합장치와 인터페이스장치에 대하여 자세히 기술한다. III절에서는 유도성 결합장치와 복합통신장치의 제작과 성능평가를 위한 시험 결과를 제시하고 분석한다. 그리고 마지막으로 IV절에서는 본 논문에 대한 결론과 향후 적용 가능 방향을 제시하면서 글을 맺는다.

II. 전력선 기반 무배선통신시스템

무배선통신시스템은 선박, 철도, 건축물 등의 시설물에 이미 설치된 전도성 매체를 통신선로로 활용함으로써 시설물의 외형을 거의 손상시키지 않으면서도 데이터통신을 위한 선로를 확보할 수 있는 기술이다[4-6]. 따라서 이는 추가적인 통신선로의 설계와 구축에 필요한 시간과 비용 그리고 시설물의 구조 변경을 크게 줄일 수 있는 장점을 가진다. 이와 같은 무배선통신의 대표적인 예로는 전력선통신이 있으며, 전화선이나 동축케이블 등과 같이 이미 통신선로로 활용되고 있는 전송매체를 이용할 수도 있다[7-9]. 또한 냉난방기용 배관 등과 같이 전력 공급이나 통신을 목적으로 하지 않으면서도 시설물의 거의 모든 지역에 매설된 전도성 매체를 데이터통신 선로로 이용하는 기술도 소개된 바 있다[5].

이와 같은 무배선통신시스템을 개념적으로 간단히 나타내면 그림 1과 같다. 여기서 종단장치(terminal unit)는 서버 또는 클라이언트 컴퓨터와 같이 데이터를 생산, 처리, 저장하는 기능을 가지는 단말기기를 나타내며, 전송매체(transmission medium)는 전력선, 전화

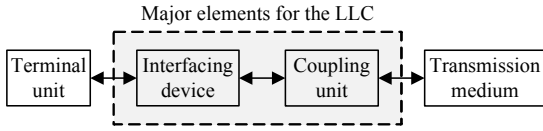


그림 1. 무배선통신시스템의 개념적인 블록도
Fig. 1 A conceptual block diagram of the LLC

선 등 전기적으로 변환된 신호가 실제로 전송되는 선로이다. 인터페이스장치(interfacing device)와 결합장치(coupling unit)는 시스템 구축을 위한 핵심 요소이다. 전자는 데이터통신 단말기에 접속되어 직렬통신(serial communication)이나 이더넷(ethernet) 통신과 이를 위한 간단한 신호변환 기능을 수행하고, 결합장치는 전송매체와 연결되어 전기신호를 선로에 인가하거나 선로로부터 신호를 수취하는 기능을 수행한다.

2.1. 결합장치

무배선통신시스템을 위한 결합장치로는 전도성 결합장치와 유도성 결합장치가 있다. 전자는 선로의 동선과 물리적으로 직접 연결되는 방식으로 접촉식 장치라고도 한다. 이에 비하여 후자는 그림 2에 나타난 것처럼 링형 구조를 가지며 통신선로는 링 내부를 관통하도록 설치된다. 이는 결합장치와 선로 사이의 전자기유도 현상을 이용하여 신호를 인가하고 수취한다. 여기서 ID (inner diameter)와 OD (outer diameter)는 결합장치의 내경과 외경을 각각 나타내고, H는 높이이다. l_e 와 A_e 는 결합장치로 사용되는 자심재료에서 자로의 길이와 단면적을 각각 나타낸다. 이러한 파라미터들은 다음에 나타난 투자율 μ 를 결정하는 주요 변수로 사용된다[6,10].

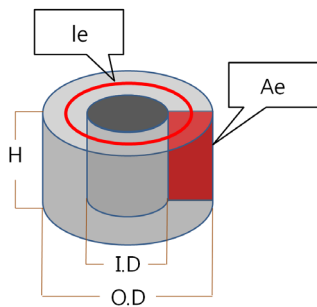


그림 2. 유도성 결합장치의 자심재료 구조와 주요 변수
Fig. 2 The structure and major parameters of a magnetic core material for an inductive coupling unit

$$\mu = \frac{10^9 \times Ll_e}{4\pi N^2 A_e} \tag{1}$$

여기서 L 은 인덕턴스이고 N 은 인덕터의 권선 수이다. 일반적으로 전도성 결합장치는 통신 선로에 직접 연결되므로 전송 특성은 우수하나 선로피복의 절개가 요구되므로 선박과 같이 염도와 습도가 높은 환경에서는 부식에 의한 특성 변화가 쉽게 발생하는 문제점이 있다[10]. 따라서 본 논문에서는 부식의 위험이 적고 진동에 강인한 특성을 가지는 페라이트를 자심재료로 사용하여 표 1에 나타난 가장 중요한 사양을 만족시키는 유도성 결합장치를 개발한다.

표 1. 선박 내 무배선통신시스템을 위한 유도성 결합장치의 주요 사양

Table. 1 The major specifications of an inductive coupling unit for the LLC implemented in ship

Measure	Unit	Specification
Operating frequency range	MHz	1.7 ~ 30
Attenuation in the frequency range	dB	$\leq -5 \pm 2$
ID×OD×H	mm	45×93×83

향후 다양한 센서 데이터의 송수신이 요구되는 실시간 모니터링 시스템에의 응용을 위하여 결합장치의 동작 주파수 범위(operating frequency range)는 광대역성을 가지도록 1.7 ~ 30 MHz로 정하고, 이 영역에서 삽입손실(attenuation)은 -5 ± 2 dB의 범위로 정하였다. 그리고 선박에서 사용되는 다양한 굵기의 전력선에 적용하기 위하여 유도성 결합장치의 내경은 45 mm로 하였다.

2.2 복합통신장치

인터페이스장치는 결합장치와 통신 단말기를 연결하여 통신과 간단한 형태의 신호변환 기능을 수행한다. 현재까지 개발된 무배선통신시스템을 위한 인터페이스장치는 이더넷 통신만을 지원한다. 따라서 RS-232 등과 같은 직렬통신 기능을 갖춘 측정기기, 센서, 디스플레이 기기를 선박 내 무배선통신 네트워크에 접속하기 위해서는 이더넷통신 프로토콜로의 변환을 위한 컨버터의 추가 장착과 직렬통신용 전용 선로의 설치가 요구되는 문제점이 있다.

무선 개인통신망(wireless personal area network) 표

준[11]을 이용한 재난 감시 및 대피 유도 등을 위한 소규모 센서네트워크 구축을 고려하면 이더넷통신뿐만 아니라 직렬통신과 지그비(zigbee) 등 제한된 범위 내에서 더욱 다양한 통신 기능이 인터페이스장치에 필요하다. 이에 따라 본 논문에서는 표 2에 제시된 목표 사양을 갖춘 복합통신장치를 개발한다.

표 2. 복합통신장치의 목표 사양

Table. 2 The target specifications of a multi-interface device

Measure	Unit	Target specification
Maximum data rate	Mbps	200
Power dissipation	Watt	4.7
Frequency band	MHz	2 ~ 30
Interface type	-	TNC, RS-232/485, RJ-45, 3.3 V TTL, Zigbee

III. 시스템 제작 및 성능 평가

3.1. 유도성 결합장치 및 복합통신장치의 제작

유도성 결합장치에 사용되는 자심재료는 투자율 및 자속밀도가 높고, 공진주파수가 수십 MHz 대역에 존재하며, 고주파 대역에서 낮은 전력 손실 특성을 가지는 것이 바람직하다. 일반적으로 많이 사용되는 자심재료 재료 가운데 하나인 금속은 투자율과 자속밀도가 높은 장점을 가지는 반면 전력 손실이 크고 공진주파수가 형성되는 주파수대역이 낮은 단점도 가진다. 이에 비하여 페라이트 자심재료는 전력 손실과 공진주파수대역 측면에서는 우수한 특성을 가지지만 투자율과 자속밀도가 낮은 단점이 있다.

자심재료의 내경과 외경에 따라 결정되는 평균 자로 길이는 삽입손실 특성에 영향을 미치는 요인이다. 따라서 전력 손실과 공진주파수 특성은 재료의 고유한 특성에 의존하는 특성이 있는 반면 투자율, 자속밀도, 삽입손실 특은 정밀한 형상 설계를 통하여 제어 가능한 요인이 되므로 여기서는 그림 3(a)에 나타난 벌크형 페라이트 자심재료를 이용하여 결합장치를 설계하였다. 최종적으로 제작된 유도성 결합장치의 외관은 그림 3(b)에 나타내었으며, 주파수대역에 따른 제작된 결합장치의 삽입손실 측정치는 그림 4에 나타내었다.

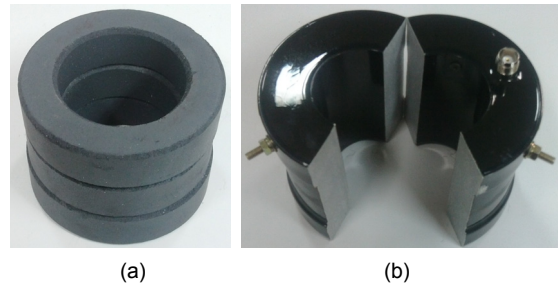


그림 3. (a) 유도성 결합장치를 위한 페라이트 자심재료 (b) 실제 제작된 결합장치
Fig. 3 (a) Ferrite magnetic material for an inductive coupling unit (b) a practically manufactured device

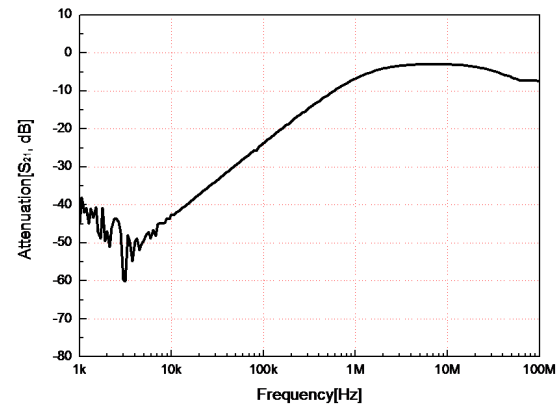


그림 4. 주파수대역 따른 제작된 결합장치의 삽입손실 특성
Fig. 4 Attenuation of the manufactured coupling device according to the frequency band

제작된 유도성 결합장치는 10 kHz 이하의 저주파 대역에서는 입력 신호가 -40 dB보다 작도록 감쇄되는 것으로 나타났다. 이에 비하여 목표 동작 주파수대역인 1.7 ~ 30 MHz에서는 거의 평탄한 신호 감쇄가 발생되며, 손실 특성은 약 5 dB 이하인 것으로 측정되었다. 따라서 제작된 결합장치는 표 1에 제시된 목표 사양을 충족하는 것으로 판단된다. 결합장치와 데이터통신 단말기를 연결하는 복합통신장치는 기존의 이더넷통신을 위한 RJ-45단자뿐만 아니라 여러 가지 형태의 직렬통신을 위한 RS-232, RS-485, 3.3 V transistor-transistor logic (TTL) 통신 인터페이스를 지원하도록 설계하였다. 그리고 향후 다양한 감시센서 기반 실시간 모니터링 시스템의 운용에 대비하여 근거리 무선 센서네트워크 구축을 위한 지그비 통신 기능도 지원하는 기능을

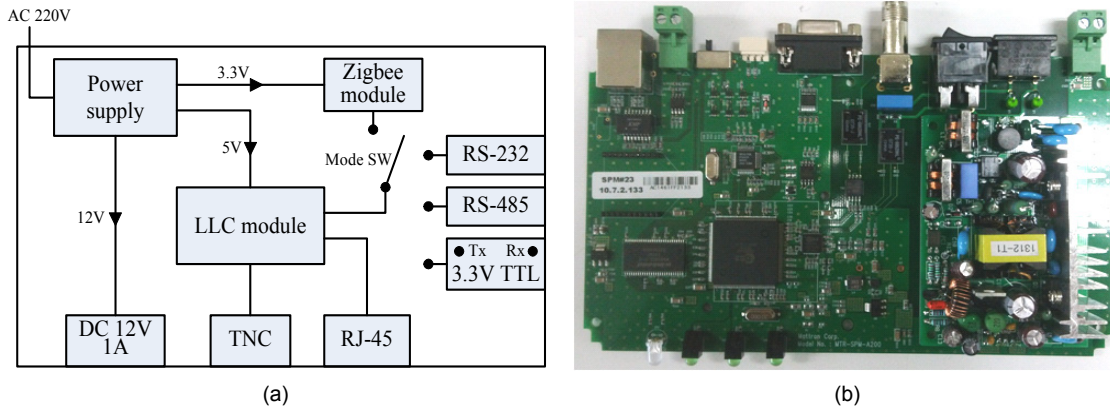


그림 5. 선박 내 무배선통신을 위한 복합통신장치 (a) 블록도 (b) 실제 제작된 장치
 Fig. 5 The multi-interface device for the LLC in ship (a) a block diagram (b) the practically manufactured device

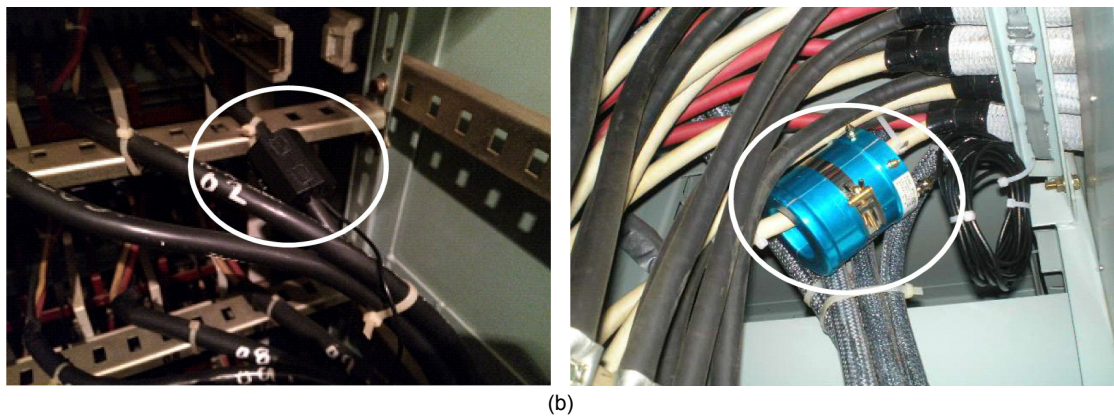
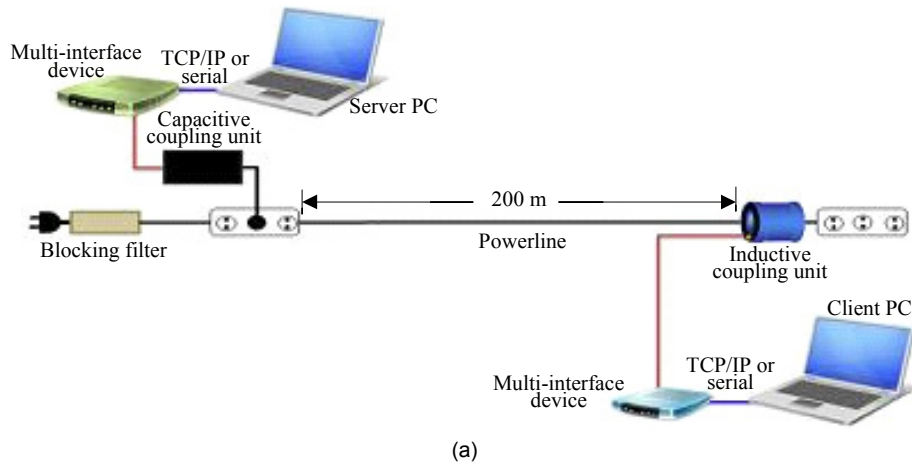


그림 6. 선박 내 무배선통신시스템 동작실험 (a) 구성도 (b) 유도성 결합장치의 실제 설치 예
 Fig. 6 The operation tests of the LLC in ship (a) test configuration (b) an example of practical installment of the inductive coupling unit

포함하였다. 이와 같은 복합통신장치의 내부 블럭도와 실제 제작된 장치를 그림 5에 보였다.

3.2. 성능평가를 위한 시험

개발된 장치들의 동작과 성능을 평가하기 위하여 실제 운항되고 있는 선박에 복합통신장치와 유도성 결합 장치를 설치하고 선내 전력선을 기반으로 무배선통신

시스템을 구축하여 데이터통신 속도와 통신 성공률을 측정 실험을 수행하였다. 실험에서는 상선 Amber II호와 한국해양대학교 해양실습선이 사용되었으며, 시험은 정보통신 관련 공인인증 기관인 한국정보통신기술협회(telecommunication technology association, TTA)에 의뢰하여 공동으로 진행되었다. 성능시험을 위한 선박 내 무배선통신시스템의 구성과 유도성 결합장치를

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
[128] 55.0-60.0 sec 16.7 Mbytes 28.0 Mbits/sec
[128] 0.0-60.1 sec 208 Mbytes 28.0 Mbits/sec

C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\W>iperf -c 10.7.2.200 -w 300k -i 5 -f n -t 60

Client connecting to 10.7.2.200, TCP port 5001
TCP window size: 0.29 MByte

[128] local 10.7.2.10 port 49665 connected with 10.7.2.200 port 5001
[ ID ] Interval      Transfer      Bandwidth
[128] 0.0- 5.0 sec 16.7 Mbytes 28.1 Mbits/sec
[128] 5.0-10.0 sec 16.6 Mbytes 27.8 Mbits/sec
[128] 10.0-15.0 sec 16.6 Mbytes 27.8 Mbits/sec
[128] 15.0-20.0 sec 16.5 Mbytes 27.7 Mbits/sec
[128] 20.0-25.0 sec 16.5 Mbytes 27.7 Mbits/sec
[128] 25.0-30.0 sec 16.5 Mbytes 27.7 Mbits/sec
[128] 30.0-35.0 sec 16.8 Mbytes 28.1 Mbits/sec
[128] 35.0-40.0 sec 16.5 Mbytes 27.7 Mbits/sec
[128] 40.0-45.0 sec 16.6 Mbytes 27.8 Mbits/sec
[128] 45.0-50.0 sec 16.6 Mbytes 27.8 Mbits/sec
[128] 50.0-55.0 sec 16.5 Mbytes 27.7 Mbits/sec
[128] 55.0-60.0 sec 16.5 Mbytes 27.7 Mbits/sec
[128] 0.0-60.1 sec 199 Mbytes 27.8 Mbits/sec
C:\W>
    
```

(a)

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
C:\W>iperf -c 10.7.2.200 -w 300k -i 5 -f n -t 60

Client connecting to 10.7.2.200, TCP port 5001
TCP window size: 0.29 MByte

[128] local 10.7.2.10 port 50005 connected with 10.7.2.200 port 5001
[ ID ] Interval      Transfer      Bandwidth
[128] 0.0- 5.0 sec 15.6 Mbytes 26.2 Mbits/sec
[128] 5.0-10.0 sec 15.4 Mbytes 25.9 Mbits/sec
[128] 10.0-15.0 sec 15.4 Mbytes 25.8 Mbits/sec
[128] 15.0-20.0 sec 15.4 Mbytes 25.9 Mbits/sec
[128] 20.0-25.0 sec 15.4 Mbytes 25.9 Mbits/sec
[128] 25.0-30.0 sec 15.4 Mbytes 25.8 Mbits/sec
[128] 30.0-35.0 sec 15.4 Mbytes 25.8 Mbits/sec
[128] 35.0-40.0 sec 15.4 Mbytes 25.8 Mbits/sec
[128] 40.0-45.0 sec 15.4 Mbytes 25.9 Mbits/sec
[128] 45.0-50.0 sec 15.4 Mbytes 25.8 Mbits/sec
[128] 50.0-55.0 sec 15.4 Mbytes 25.9 Mbits/sec
[128] 55.0-60.0 sec 15.4 Mbytes 25.9 Mbits/sec
[128] 0.0-60.1 sec 185 Mbytes 25.8 Mbits/sec
C:\W>
    
```

(b)

```

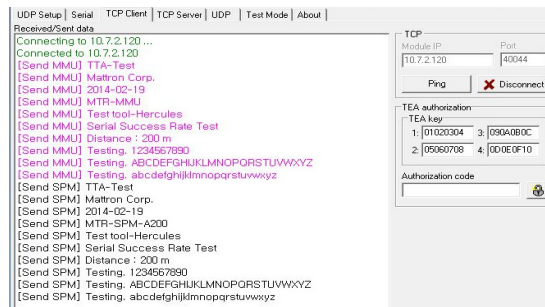
C:\Windows\system32\cmd.exe
10.7.2.120에 대한 Ping 통계:
패킷: 보낸 = 1000, 받음 = 1000, 손실 = 0 (0% 손실),
평균 시간<밀리초>:
최소 = 3ms, 최대 = 13ms, 평균 = 3ms
C:\W>
    
```

(c)

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
10.7.2.120에 대한 Ping 통계:
패킷: 보낸 = 1000, 받음 = 1000, 손실 = 0 (0% 손실),
평균 시간<밀리초>:
최소 = 3ms, 최대 = 15ms, 평균 = 3ms
C:\W>
    
```

(d)



(e)

그림 7. 무배선통신 시험 결과의 콘솔 화면 (a) TCP/IP 50 m의 통신 속도 (b) TCP/IP 200 m의 통신 속도 (c) TCP/IP 50 m 성공률 (d) TCP/IP 200 m 성공률 (e) 직렬통신 200 m 성공률

Fig. 7 The console displays of test results of the LLC (a) transmission rate of TCP/IP communication at the distance of 50 m (b) transmission rate of TCP/IP communication at the distance of 200 m (c) transmission success rate of TCP/IP communication at the distance of 50 m (d) transmission success rate of TCP/IP communication at the distance of 200 m (e) transmission success rate of the serial communication at the distance of 200 m

전력선에 실제로 설치한 예를 그림 6에 나타내었다. 여기서 blocking filter는 회로보호와 잡음 억제를 위한 차단필터이다.

전력선의 길이는 50 m와 200 m로 하여 통신 속도와 성공률을 측정하였다. 여기서 전송제어프로토콜/인터넷프로토콜(transfer control protocol/internet protocol, TCP/IP) 통신은 데이터통신 네트워크 속도 측정에 빈번하게 사용되는 소프트웨어인 Iperf 프로그램을 이용하였으며, 통신 성공률을 측정하기 위한 방법으로는 ping 명령어를 이용하였다. 또한 직렬통신의 경우에는 허큘리스 프로그램을 이용하여 통신 성공률을 측정하였다. 실험이 진행되는 동안 측정된 결과를 디스플레이 하는 콘솔 화면을 그림 7에 나타내었으며, 표 3에 실측된 통신 속도의 최소값과 성공률을 나타내었다. 시험 결과, 제시된 시스템은 Amber II호 전장(length overall, LOA)인 103 m 거리의 1/2에 해당하는 50 m 길이의 전력선을 이용한 TCP/IP 통신에서 전송속도는 27.7 Mbps 인 것으로 측정되었다. 전장의 약 2배인 200 m 거리로 전력선 길이가 증가되었을 때 데이터통신 속도는 약 25.8 Mbps로 측정되었으며, 모든 시험에서 데이터통신 성공률은 100%인 것으로 나타났다.

표 3. 복합통신장치의 통신 속도 및 성공률 측정 시험 결과
Table. 3 The test results of transmission and success rate of the multi-interface device

Distance (m)	Test		
	TCP/IP data rate (Mbps)	TCP/IP data com. success rate (%)	Serial com. success rate (%)
50	27.7	100	100
200	25.8	100	100

*com.: communication

IV. 결론

본 연구에서는 이미 운항 중인 선박에 무배선통신시스템을 이용한 통합 통신네트워크를 구축하는 방안을 제시하였다. 이를 위하여 여기서는 선박 내에 설치된 전력선을 기간통신망으로 활용하고, 전력선과 데이터통신 기기 간의 무배선통신을 위한 유도성 결합장치와 복합통신장치를 개발하였다. 실제 운항되는 선박들을

대상으로 개발된 장치들의 성능을 시험한 결과, 구현된 무배선통신시스템은 200 m 거리에서 25.8 Mbps 이상의 전송속도를 제공하고, 통신 성공률은 100%인 것으로 측정되었다. 따라서 제시된 무배선통신시스템은 선로의 추가 설치 없이도 선박에 통합 통신네트워크를 구축할 수 있는 효과적인 방안인 것으로 판단된다.

한편, 본 논문에서 제시된 무배선통신시스템은 설치와 제거가 용이하고 다양한 형태의 인터페이스를 지원한다. 따라서 미래 디지털 선박에 실시간 모니터링 시스템을 도입하는 경우 전력선이 설치된 모든 구역에서 발생된 데이터의 획득, 처리, 전송 등에 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENTS

A part of this work was supported by the Basic Science Research Program through the National Research Foundation (NRF) of Korea funded by the Ministry of Education (MOE) (No. 2013-013013). This work was also supported financially by the Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) and Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) through the Promoting Regional Specialized Industry (No. R0002667). And another part of this work was supported by the Convergence Technology Development through the Small and Medium Business Administration (No. S2097997).

REFERENCES

- [1] W. S. Kang et al., 2012 *Industrial Technology Roadmap: Shipbuilding & Marine*, KIAT, Dec. 2012.
- [2] Y.-S. Moon, Y.-C. Bae, J.-K. Park, and S.-H. Roh, "The implementation of wire and wireless integration module of zigbee and optical communication for ship area network (SAN)," *Journal of the Korea Institute of Electronic and Communication Sciences*, vol. 5, no. 5, pp. 428-434, Oct. 2010.
- [3] M. Gulari, L. Moll, and J. Keller, *Transmitting Data from a*

- Plurality of Virtual Channels via a Multiple Processor Device*, US Patent 10/356348, Jan. 2004.
- [4] H.-S. Kim, J. R. Kim, H. Y. Lee, K. U. Kim, J. S. Huh, J. H. Lee, Y. W. Oh, W. B. Byun, K. Y. Gwak, and S. H. Ju, "Signal transmission properties of the inductive coupler using the high permeability magnetic materials," *Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineering*, vol. 19, no. 4, pp. 339-343, Apr. 2006.
- [5] H. S. Kim and C. H. Byun, "Development of IBS network system using copper line of air conditioner," Mattron Corp., Gyeongnam, Technical Report, 2013.
- [6] H.-S. Kim, S. H. Park, and S. G. Kang, "Development of communication joint tools for implementing a legacy-line communication system in a train," *Journal of the Korean Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 4, pp. 877-887, Apr. 2015.
- [7] K. Dostert, *Powerline Communications*, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2001.
- [8] IEEE Std. 1901, *IEEE Standard for Broadband over Power Line Networks: Medium Access Control and Physical Layer Specifications*, IEEE, Piscataway, N.J., 2010.
- [9] D. Duche and V. Gogate, "Signal attenuation in power-line communication channel," *International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science*, vol. 3, no. 2, pp. 123-130, Feb. 2014.
- [10] Y.-W. Oh, H.-Y. Lee, and H.-S. Kim, "Electromagnetic properties of magnetic core materials and attenuation of blocking filter," *Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineering*, vol. 16, no. 6, pp. 490-495, June 2003.
- [11] IEEE Std. 802.15.4, *IEEE Standard for Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs)*, IEEE, Piscataway, N.J., 2006.



김현식(Hyun-Sik Kim)

1998년 8월: 경남대학교 대학원 재료공학과 (공학박사)
 1995년 3월 ~ 2000년 3월: 한국전기연구원, 선임연구원
 2000년 4월 ~ 현재: (주)매트론, 대표이사
 ※ 관심분야 : 광대역 전력선 통신, 에너지 하베스팅, 나노 자성 재료



강석근(Seog Geun Kang)

1999년 8월: 경북대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 2003년 4월 ~ 현재: 경상대학교 공과대학 반도체공학과, 교수
 2003년 4월 ~ 현재: 경상대학교 공학연구원, 책임연구원
 ※ 관심분야 : 디지털통신, 무선통신, 오류정정부호, 디지털 신호처리