

무배선 통신을 위한 선박 네트워크용 바이패스 장치 개발

전호익¹ · 김현식² · 정균식³ · 손경락[†]

(Received February 23, 2015 ; Revised March 9, 2015 ; Accepted March 10, 2015)

Development of Bypass Unit for Ship Area Network Based on Legacy-line Communication

Ho-ik Jun¹ · Hyun-Sik Kim² · Kyun Sik Jung³ · Kyung-Rak Sohn[†]

요약: 본 논문에서는 통신 장애 영역 또는 통신 불량 지점을 우회하기 위하여 선박 네트워크를 위한 바이패스 장치를 개발하였다. 바이패스 장치는 전원 차단, 보호회로 및 결합 변압기 회로의 세 부분으로 구성되어 있다. 결합 변압기는 바이패스 장치의 성능에 지배적인 영향을 미치기 때문에 본 연구에서는 최적의 자심 재료와 크기를 결정하는데 많은 노력을 기울였다. 개발된 장치는 삽입 손실, 온도 특성 및 진동 성능 시험을 통과하였으며, 삽입 손실은 90kHz ~ 30 MHz 범위에서 -2 dB 부근이고 평균 데이터 속도는 실험실 환경에서 59.2 Mbps 이었다. 또한 한국해양대학교의 실습선을 이용한 현장 적용시험을 수행하였다. 실험결과 전력선 모델기반 이기종 링크간 선박 네트워크 구성은 바이패스 장치를 사용함으로써 가능하다는 것을 보여주었고, 이를 이용한 ~ Mbps 급 고속 통신이 서비스될 수 있음을 보였다.

주제어: 바이패스 장치, 무배선 통신, 선박 네트워크, 결합 변압기, 전력선 통신

Abstract: In this paper, we reported the bypass unit for ship area networks in order to detour the communication failure regions and poor communication links. The device was composed of three parts of circuits for power cut-off, protection, and coupling transformer. Since the coupling transformer exerts a dominant influence on the performance of the by-pass unit, we have tried to find the optimal magnetic core materials and its dimensions. The prototype was passed through the performance test of insertion loss, temperature, and vibration characteristics. The insertion loss was around -2 dB in the range of 90 kHz ~ 30 MHz and the average communication speed was 59.2 Mbps in the laboratory. A pilot communication test using the developed tool was conducted in the training ship of the Korea Maritime and Ocean University. As a results of experiment, we showed that the wired communication among the heterogeneous-links in the ship area networks are possible by the bypass unit and also a high speed communication services are available in ~ Mbps by using a power-line.

Keywords: Bypass unit, Legacy-line communication, Ship area network, Coupling transformer, Power-line communication

1. 서론

현대의 선박은 인적 오류 감소와 안전한 운항 및 효율적인 선박 관리를 위해 브리지에서 선박의 모든 정보를 수집하는 통합선교 시스템(Integrated Bridge System: IBS)과 통합항해 시스템(Integrated Navigation System: INS)의 필요성이 증가하고 있다. 이러한 시스템의 구축을 위해서는 기본적으로 선박 내부의 네트워크가 필요하나, 무선 네트워크 기술은 보안에 취약하고 금속 장애물 등에 의한 통신 안정성의 문제가 있으며, 전용선을 이용한 네트워크 기술은 선박 특성상 설비의 어려움과 장기 시공기간 및 높은 비용의 문제점을 가진다. 특히 운항 중 선박의 경우, 선박 전체에

연결되는 신규 통신 선로 가설을 위해서는 대규모의 내부 공사를 진행해야 하므로 상당한 설치비와 시간이 소요되며 이는 선로 가설을 위해 정박해야 하는 시간까지 고려한다면 매우 큰 경제적 손실로 이어진다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 선박 내부에 설치되어 있는 전력선, 전화선, 스피커선 등의 기존 선로를 이용하는 무배선 통신(LLC : Legacy Line Communication)은 새로운 선로를 추가로 설치하지 않고 통신 네트워크를 구성할 수 있다[1][2]. 무배선 통신 네트워크 기술은 이미 가설되어 있는 선로를 이용하기 때문에 시공 시간과 비용이 낮고 광범위한 네트워크를 구성하는데 가장 알맞은 솔루션이라고 할 수 있다. 그러나

[†] Corresponding Author (ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8888-1241>): Department of Electronics and Communications Engineering, Korea Maritime and Ocean University, 727, Taejong-ro, Yeongdo-gu, Busan 606-791, Korea, E-mail: krsohn@kmou.ac.kr, Tel: 051-410-4312

1 Matttron Corporation, E-mail: hijun@matttron.kr, Tel: 055-232-5941

2 Matttron Corporation, E-mail: hskim@matttron.kr, Tel: 055-232-5941

3 Training ship, Korea Maritime and Ocean University, E-mail: vikings99@kmou.ac.kr, Tel: 410-4477

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.

선박 내부에는 수많은 분기와 분전함, 변압기 등의 통신을 방해하는 요소들이 존재하기 때문에 원활한 통신을 위해서 통신에 장애요인이 되는 구간 및 장치를 우회할 필요가 있다[3][4].

본 연구에서는 선박 및 해양플랜트 내부에 설치되어 있는 전력선 등의 기존 선로를 이용하는 무배선 통신 시스템에 적합한 선박 네트워크용 바이패스 장치를 개발하였다. 바이패스 장치는 통신 장애 요인 및 구간에 설치하여 통신 신호를 우회시킴으로써 최적화된 네트워크를 구현할 수 있는 핵심적인 장치라고 할 수 있다. 그러므로 선박 내의 기존 선로들에 연결이 가능하여 다양한 인터페이스가 적용될 수 있도록 선내 전력선과의 직접 연결을 위한 전력 차단 회로, 과전류 방지 회로, 그리고 커플링 트랜스포머 회로로 구성된다. 제작된 시작품은 삽입손실, 온도, 진동 특성 등의 성능 시험을 통과하였고 이를 선박에 직접 설치하여 통신 성능 시험을 진행하였다. 기존의 전력선으로는 통신이 불가능한 회선을 바이패스 장치를 사용하여 전화선과 연결함으로써 Mbps급의 통신 서비스가 가능함을 보였다.

2. 선박 네트워크용 바이패스 장치

2.1 회로 설계

본 연구에서 제안한 바이패스 장치는 모뎀의 통신 신호를 기존 선로에 전달하거나 기존 선로에 흐르는 모뎀 통신 신호를 수집하는 장치이므로 전력선과의 연결을 위하여 전력 차단 회로, 보호회로 및 통신 주파수 대역 설계를 위한 커플링 회로로 구성되며 외부 연결단자로 동축선 단자와 상용전원 연결부를 가진다. Figure 1은 바이패스 장치의 회로도이며 커패시터와 저항, TVS (Transient voltage suppressor) 다이오드, 트랜스포머로 구성되어 있다. 커패시터는 고주파의 통신 신호는 통과시키고 60 Hz 교류 신호를 차단하는 역할을 하며, 커패시터와 병렬로 구성된 저항은 커패시터에서 충전된 전압을 방전시키는 역할을 한다. TVS 다이오드는 안전회로라고 볼 수 있는데, 과전압이나 역전압 등의 비정상태에 회로를 차단하여 전체 커플링 회로를 안정화시키는 역할을 한다. 그리고 토로이달 (Toroidal) 자심재료를 이용한 커플링 트랜스포머는 1차 코일과 2차 코일이 동일한 권선수를 가지는 인덕터이며 1차와 2차 권선을 통해 신호를 주고받는 역할을 한다.

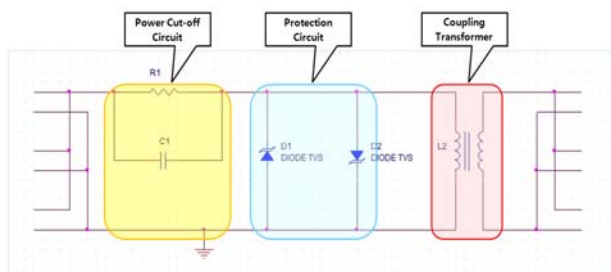


Figure 1: Schematic of bypass units

2.2 커플링 트랜스포머 조건 설정

바이패스 장치 내부에서 최종적으로 통신 신호를 송수신하는 커플링 트랜스포머는 바이패스 장치의 특성에 지배적인 영향을 미친다[5]. 1 ~ 30 MHz 광대역 주파수 범위에서 우수한 특성을 보유한 트랜스포머를 구현하는 것은 주어진 주파수 대역에 가장 적합한 자심 재료를 선택하고 최적의 인덕턴스 구현을 위해 자심의 크기를 설계하여 통신 신호의 손실을 최소화함으로써 가장 효율적으로 통신 신호를 전달하는 것이다. Figure 2는 바이패스 장치 개발을 위해 후보로 선택된 자심들을 보여준다. 8 개의 자심 재료의 크기와 자로 길이 및 단면적의 형상 변수는 Table 1에 나타내었다.

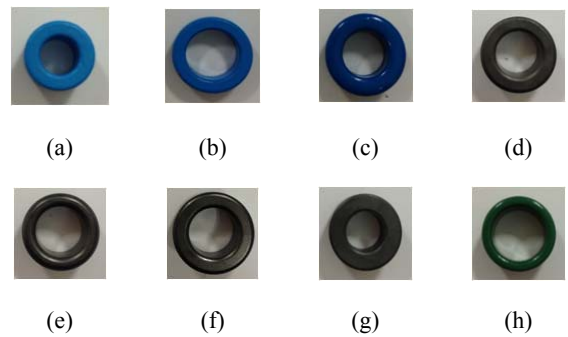


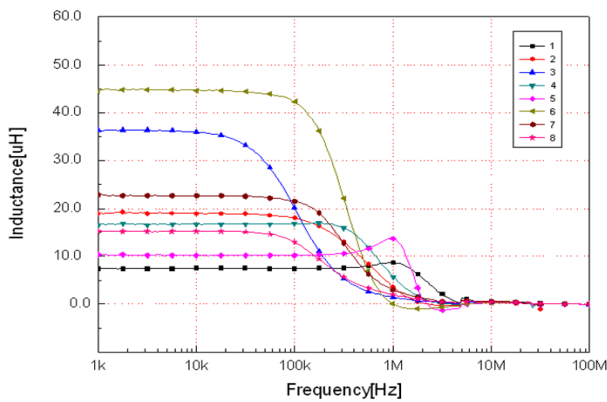
Figure 2: Photographs of toroidal magnetic cores tested in this work

Table 1: Dimension of the toroidal magnetic cores

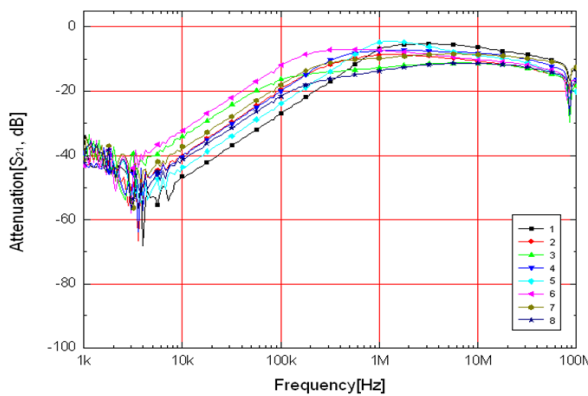
No.	외경 (mm)	내경 (mm)	높이 (mm)	길이 (mm)	단면적 (mm ²)	형상비
(a)	12.9	7.2	8.28	31.57	23.60	0.75
(b)	18.9	12.5	6.10	49.32	19.52	0.40
(c)	25.4	14.5	10.40	62.67	56.68	0.90
(d)	24.7	15.0	11.90	62.36	57.72	0.93
(e)	28.1	18.3	14.70	72.88	72.03	0.99
(f)	24.6	15.0	11.80	62.20	56.64	0.91
(g)	13.8	7.4	6.87	33.30	21.00	0.66
(h)	15.9	11.7	8.00	43.35	16.80	0.39

Figure 3은 Table 1의 자심 코어들의 주파수에 대한 인덕턴스 및 삽입손실의 변화를 측정된 결과를 보여준다. 인덕턴스 특성은 임피던스 분석기 (Agilent 4294A)를 이용하여 측정하였으며 삽입손실 특성은 네트워크 분석기 (HP 8751A)를 이용하여 측정하였다. 인덕턴스 측정 시에는 결과 값의 측정 오차를 최소화하기 위해 2회 권선하여 측정하였으며 측정 결과 그래프에는 이러한 권선 수를 반영하여 보정하였다. 결론적으로 이음매 역할을 하는 장치의 성능은 통신 주파수 대역 내의 삽입 손실 최소화에 의해 결정되므로 전력선 통신 대역인 1 ~ 30 MHz에서의 삽입 손실 특성이 가장 우수한 자심 재료의 선정이 필요하다. 측정된 각 자심 재료들의 인덕턴스 특성 및 삽입 손실 특성 그래프를 비교한 결과,

kHz 대역에서의 인덕턴스 특성이 높은 자심 재료일수록 삽입 손실 특성이 향상되는 것을 확인할 수 있었으며, 고주파 대역에서 최대한 높은 주파수까지 인덕턴스 특성이 유지될수록 MHz 대역에서의 삽입 손실 특성이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에 적합한 바이패스 장치 개발 목표를 달성하기 위해서는 kHz 대역의 인덕턴스 특성 보다는 MHz 대역까지 인덕턴스 특성이 유지되는 자심 재료가 최적의 삽입 손실 특성을 구현할 것으로 판단하여 인덕턴스 값은 작지만 1.5 MHz 까지 그 값이 유지되는 **Table 1의 (a)** 자심 재료를 선정하였다.



(a) Inductance



(b) Insertion loss

Figure 3: Frequency responses of toroidal core used in the bypass unit

바이패스 장치의 삽입 손실은 커플링 트랜스포머뿐만 아니라 커플링 트랜스포머에 병렬로 기생하는 커패시터의 용량에 따라 특성이 변한다. 또한, 토로이달 자심 재료에 감기는 권선 수에 따라서 삽입 손실이 주파수에 따라 변한다. 그러므로 선정된 자심 재료를 기반으로 커패시터 및 권선 수의 조건 선정을 통해 최소의 삽입 손실 특성을 가지는 회로 설계가 필요하다. **Figure 4**는 적용되는 커패시터의 용량에 따른 삽입 손실을 측정된 그래프이다. 삽입 손실이 증가하다가 일정하게 유지되는 변곡점이 커패시터 용량증가에 따라 저주파 대역으로 이동함을 볼 수 있다. 본 연구의

주파수 대역은 1 ~ 30 MHz이지만 현재 상용화되는 무배선 통신 기술 중의 하나인 전력선 통신의 경우 90 ~ 450 kHz 대역의 통신도 이용하기 때문에 추후 확장성을 위해 저주파 대역의 통신도 고려하여 커패시터를 선정하였다. 무배선 통신은 전력선 또는 전화선 등 기존에 사용되는 선로의 신호에 영향을 주어서는 안 되므로 90 kHz 이하의 대역에서는 삽입 손실이 높아야한다. 상기의 조건들을 만족하고 주파수 대역에서 우수한 삽입 손실 특성을 가지며 노이즈로 구분되는 90 kHz 이하의 통신 신호를 차단시키기 위해 68 nF의 용량을 최적의 커패시터스로 선정하였다.

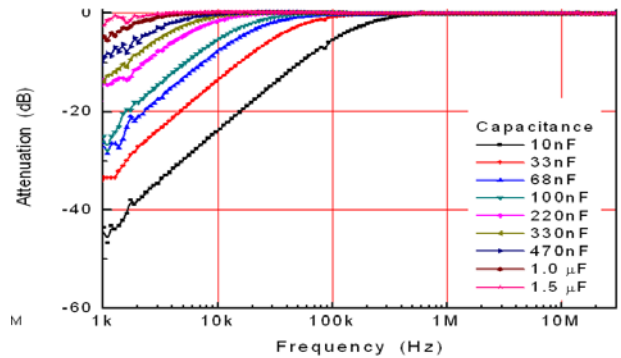


Figure 4: Insertion loss of capacitor vs. frequency

Figure 5는 커패시터 용량까지 고려하여 설계한 바이패스 장치에 자심 코어의 권선 수를 달리했을 때 주파수에 따른 삽입손실의 변화를 보여준다. 권선 수 변화에 따른 특성 변화는 **Figure 4**의 커패시터 용량의 변화에 따른 특성의 변화와 유사하게 권선 수의 증가에 따라 변곡점의 주파수 대역이 저주파 대역으로 이동하였으며 삽입 손실 특성이 권선 증가에 따라 전체적으로 개선되나, 10 MHz 이상의 고주파 대역에서는 감소하는 경향을 나타내었다. 최종 권선의 설계는 추후 제작 과정에서 몰딩에 의한 커패시턴스 증가에 따른 변곡점의 저주파 대역으로의 이동을 고려하여 목표 주파수 대역 1 ~ 30 MHz을 포함하는 90 kHz ~ 30 MHz 주파수 대역 및 삽입 손실 특성 -2 ± 1 dB를 만족하는 6 회 권선을 최적의 조건으로 선정하였다.

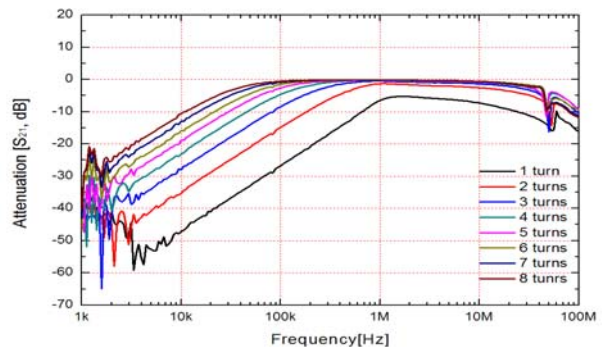
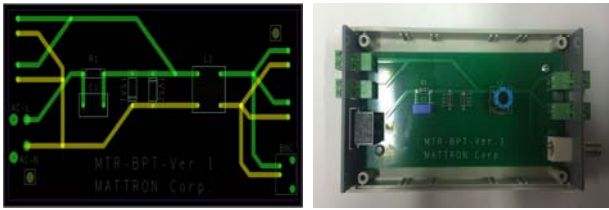


Figure 5: Insertion loss of inductor in terms of the number of turns

3. 실험결과 및 고찰

3.1 바이패스 장치 제작

Figure 1의 회로도와 실험을 통해 선정된 커플링 트랜스 포머의 조건을 기반으로 Figure 6 (a)와 같이 바이패스 장치용 PCB를 설계하였다. 다양한 인터페이스의 적용을 고려하여 공간을 배치하였으며 무배선 통신 중 전력선 통신을 고려하여 패턴의 사이즈를 결정하였다. 고주파 대역의 통신 안정성을 위해 각 소자 간의 배치를 최적화 하였다. 최종 제작된 PCB에 자심재료 및 권선 수 설계를 통해 개발된 커플링 트랜스를 적용시키고 TVS 다이오드, 저항, 68 nF 커패시터를 실장하여 Figure 6 (b)와 같이 바이패스 장치의 시제품을 완성하였다.



(a) Printed circuit board (b) Sample of prototype

Figure 6: Photograph of bypass unit

3.2 성능 평가

3.2.1 삽입 손실 및 통신 속도

제작이 완료된 바이패스 장치의 삽입 손실 및 통신 속도 비교를 위한 실험 구성도는 Figure 7과 같다. 두 개의 전력선 모뎀을 동축케이블로 직접 연결하였을 때의 삽입손실과 통신 속도를 기준으로, 두 전력선 모뎀 사이에 바이패스 장치가 연결되었을 때의 측정값을 비교하는 방법을 사용하였다. 측정 결과 바이패스 장치에 의한 추가 삽입손실은 1 ~ 30 MHz 주파수 대역에서 ± 2 dB 비교적 양호한 특성을 보였다.

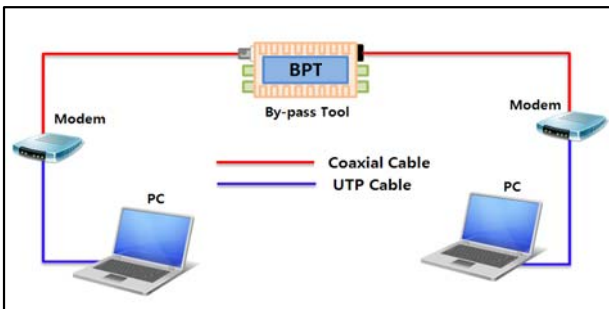


Figure 7: Configurations for measuring the insertion loss and data rate

통신 속도 측정은 Iperf 프로그램을 이용하였으며 오차를 최소화하기 위해 60초씩 3번에 걸쳐 측정하여 평균값을 통해 최종 통신 속도를 비교하였다. 바이패스 장치 없이 동축

케이블로만 연결된 두 모뎀 사이의 평균통신 속도는 61 Mbps이었다. 두 모뎀 사이에 바이패스 장치를 삽입한 후 평균 통신 속도는 59.2 Mbps로 측정결과는 Figure 8과 같다. 바이패스 장치에 의한 통신 속도 감소는 약 3 % 정도임을 알 수 있으며 선박의 무배선 통신에 충분히 적용할 수 있는 수준이다.

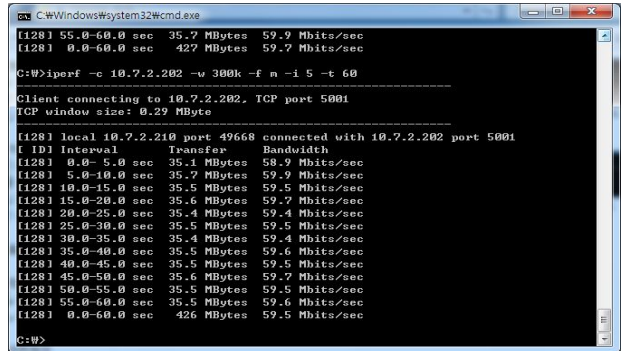


Figure 8: A captured screen to show the data transmission rate by the bypass unit

3.2.2 온도 특성

개발된 바이패스 장치의 온도 특성을 확인하기 위하여 가열건조기로 온도 변화에 대한 삽입 손실을 주파수의 함수로 측정하였다. 상온에서 80 °C까지 10 °C씩 온도를 변화시키면서 측정한 결과는 Figure 9와 같다. 80°C까지의 온도 변화에도 주파수에 대한 삽입손실이 거의 유사한 특성을 보임에 따라 제작된 바이패스 장치의 온도 안정성은 보장할 만한 수준이었다.

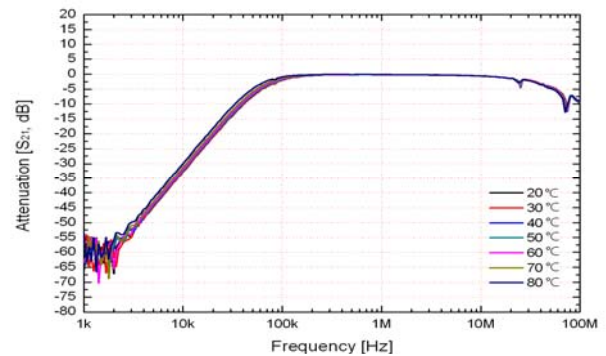


Figure 9: Temperature characteristics of the bypass unit

3.2.3 네트워크 통신 속도 특성

네트워크상에서 바이패스 장치에 의한 통신 속도 측정을 위한 실험 구성도는 Figure 10과 같다. 200m 길이의 전력 케이블로 선로를 형성하고 마스터/슬레이브 모뎀과 접촉식/비접촉식 커플러 및 바이패스 장치를 이용하여 일반적인 네트워크를 구성하였다.

통신 성능의 시험은 Iperf 프로그램으로 통신 속도를 측정하고 Ping 명령어로 응답 속도 및 통신 성공률을 측정하

였다. 실험결과 바이패스 장치가 삽입된 최종 네트워크의 평균 통신 속도는 20.8 Mbps이고 응답속도는 Figure 11와 같이 2.7 ms, 통신 성공률은 100 %로 아주 우수한 특성을 보였다.

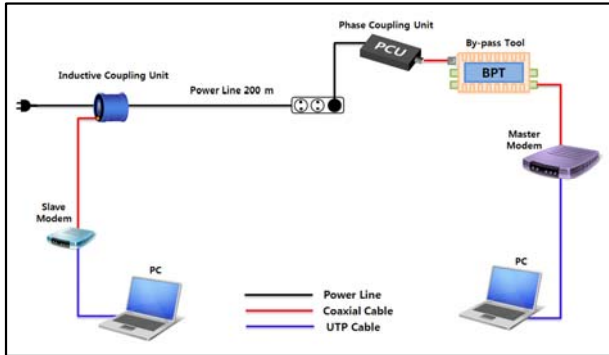


Figure 10: Configurations of the PLC-based communication network using bypass units

```
C:\Windows\system32\cmd.exe
10.7.2.202 > ping -l 1000 10.7.2.202
Pinging 10.7.2.202 with 32 bytes of data:
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=1ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=1ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=4ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=4ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=4ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=2ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=4ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=4ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=3ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=4ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=4ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=3ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=4ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=4ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=3ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=4ms
10.7.2.202: icmp: 32 bytes TTL=128 time=2ms
10.7.2.202에 대한 Ping 통계:
패킷: 보낸 = 60, 받은 = 60, 손실 = 0 (0% 손실),
영역 시간(밀리초):
최소 = 1ms, 최대 = 4ms, 평균 = 2ms
C:\>
```

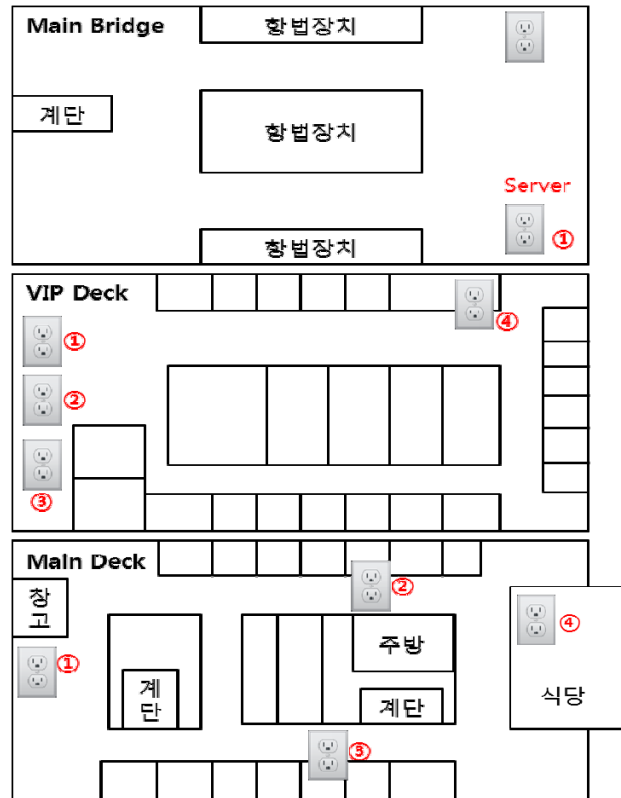
Figure 11: Captured screen for showing the network response time

3.2.4 선박 적용 시험

선박적용 시험은 한국해양대의 실습선인 한나라호를 이용하였다. 이 배는 전체 7개 층으로 구분되고 기본적으로 110 V의 전력이 분배되어 있으며 일반적인 선박과는 다르게 브릿지가 2개 층으로 구분되어 트레이닝 브릿지에서는 실습을 진행하고 실제 선박의 운항은 메인 브릿지에서 수행한다. 전력의 배선 구조는 엔진실에서 440 V 3상 3선 전력이 발전되어 기관실 쪽에 분배되며 변압기를 통해 강압된 110 V의 전력은 기관실의 급전선을 통해 선박 전체에 분배 된다. 선원 및 전자 장치를 위한 기본 전력 분배가 110 V로 이루어져 있으나, 선원들의 편의상 각 개소에서 벽 내부에 내장 설치된 변압기를 이용하여 220 V로 승압하여 사용 중이다.

Figure 12 (a)는 무배선 통신 시험을 수행한 선박 내 110 V 콘센트 위치를 번호로 나타내었으며 Figure 12 (b)는 바이패스 장치를 포함한 실험 장치도이다. 전력선만을 이용하여 구성된 통신망에서는 서로 다른 상의 경우 기관실의 급전선까지 통신 신호가 돌아서 전달되었으나, 바이패스

장치를 이용한 구성에서는 전회선을 이용하여 통신 신호를 급전선까지 전송하지 않고 Main bridge와 VIP Deck 및 Main Deck 사이의 네트워크를 구성할 수 있었다. 선박에서 전력선-전회선간 이중 선로 네트워크 구성이 바이패스 장치에 의해 가능함을 보인 것이다. 본 실험에서는 Main Bridge와 두 개의 Deck 사이의 전회선을 이용하여 바이패스 장치에 의해 통신 거리를 최소화하였고 통신 성능을 저하시키는 분기의 우회를 시도하였다.



(a) Location of power outlets for communication test



(b) Experimental setup with bypass tool in the training ship

Figure 12: Ship communication field test

바이패스 장치의 유무에 따른 통신 성능은 Table 2와 같다. 메인 브릿지와 VIP 데크 간 통신은 바이패스 장치에 의해 5 Mbps 이상의 통신 속도 향상을 가져왔다. 메인 브릿지와 메인 데크간 통신에서는 전력선 통신이 불가능한 콘센트에서도 바이패스 장치를 이용하여 Mbps급의 통신을

확인하였다. 그러나 실험실 환경에서 측정한 성능에 비해서는 속도의 증가가 낮은 편이었다. 이것은 전회선과 전력선 사이의 임피던스 및 선박 내부의 전회선 배선 구성에 따른 분기 및 선로 길이에 의해 발생한 통신 장애 요인이 발생된 것으로 판단된다. 더 나은 무배선 통신 성능은 이기 중간 임피던스 매칭 및 전회선 네트워크 구조 분석을 통해 개선이 필요할 것으로 사료된다. 그러나 본 시험을 통해 바이패스 장치의 효용성을 충분히 확인할 수 있었으며 특히, 한나라호와 같이 배선이 복잡한 기존 선박의 경우 고속 통신의 추가 네트워크 구축을 위해서는 바이패스 장치가 매우 유용함을 확인할 수 있었다.

Table 2: Comparison of the data rate before and after the by-pass device application

통신경로	바이패스 장치	전원 콘센트 위치별 통신속도			
		①	②	③	④
Main Bridge ↔ VIP Deck	적용전	2 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	0.2 Mbps
	적용후	7 Mbps	6 Mbps	6 Mbps	5 Mbps
Main Bridge ↔ Main Deck	적용전	0.1 Mbps	×	×	×
	적용후	5 Mbps	1 Mbps	2 Mbps	4 Mbps

4. 결 론

무배선 통신을 위한 선박 네트워크용 바이패스 장치를 개발하여 선박적용 시험을 성공적으로 수행하였다. 선박의 전력선 망을 고려한 통신을 위하여 최적의 커플링 트랜스 포머를 얻기 위한 자심 재료를 설계하고 이를 이용하여 내부 회로 제작을 통해 시작품 개발을 완료하였다. 최종 개발된 바이패스 장치는 무배선 통신을 위한 주파수 대역에서 삽입 손실 특성, 온도특성, 진동특성 및 통신 속도는 실제 선박 네트워크에 적용할 수 있을 정도로 우수한 성능을 보였다. 개발된 바이패스 장치의 선박 네트워크 적용의 효용성 검증을 위해 한국해양대의 한나라호에 적용하였으며, 시험 결과 전력선-전회선으로 이루어진 이중선로 네트워크에서 기존의 전력선 통신의 통신 불량 문제점을 해결할 수 있다는 결론을 도출하였다. 이것은 전력선만으로 구성된 단일 선로 네트워크에 비해 바이패스 장치를 이용하는 이중 선로 네트워크는 통신 거리를 단축시키고 분기를 우회하는 통신 수단을 제공할 수 있음을 의미한다. 바이패스 장치에 의해 전력선 통신의 서비스 품질을 향상시킬 수 있으므로 향후 본 기술을 적용할 수 있는 응용 분야가 다양화 될 것으로 기대한다.

후 기

본 연구는 산업통상자원부, 한국산업기술진흥원, 동남지역사업평가원의 광역경제권 선도산업과 한국연구재단의 산학협력선도대학 육성사업의 연구결과입니다.

References

- [1] S. Barmada, L. Bellanti, M. Raugi, and M. Tucci, "Analysis of power-line communication channel in ships," *IEEE Transactions of Vehicular Technology*, vol. 59, no. 7, pp. 3161-3170, 2010.
- [2] M. Antoniali, Andrea M. Tonello, M. Lenardon, and A. Qualizza, "Measurements and analysis of PLC channels in a cruise ship," *IEEE International Symposium on Power Line Communications and Its Applications*, pp. 102-107, 2011.
- [3] 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, 2014.
- [4] A. Pinomaa, *Power-Line-Communication-Based Data Transmission Concept for an LVDC Electricity Distribution Network - Analysis and Implementation*, Ph. D. Dissertation, Department of Electrical Engineering, Lappeenranta University of Technology, 2013.
- [5] 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 Electronics Material Engineering*, vol. 16, no. 6, pp. 490-495, 2003 (in Korean).