

전력선 통신의 실선시험 및 신호특성 분석

조성락^{†*}, 백부근^{*}, 이지은^{**}, 이동곤^{*}, 배병덕^{***}

한국해양연구원 해양시스템안전연구소^{*}
LIG 넥스원^{**}, 한국해양대학교^{***}

Ship Tests of PLC and Analysis of Its Signal Characteristics

Seong-Rak Cho^{†*}, Bu-Geun Paik^{*}, Ji-Eun Yi^{**}, Dong-Kon Lee^{*}
and Byung-Dueg Bae^{***}

Maritime & Ocean Engineering Research Institute, KORDI^{*}
LIG Nex1^{**}, Korea Maritime University^{***}

Abstract

In this paper, PLC which can be installed easily and is stable to transfer datum, is tested for approving its application in a real ship. Internet access service, CCTV monitoring, light control and huge sensor communications are needed for enhancing the convenience and safety of passengers and crew in ships. In order to apply PLC in ships, we surveyed some noises interrupting PLC in ships and investigated the PLC characteristics. The Hannara, a training ship of Korea Maritime University, was used for the test. We measured and analyzed blocking noises using by NI's SCXI-1001. When noises of specific frequency band occurred near the PLC frequency band, PLC transfer capacity was low for mass datum. We developed and verified some methods to apply PLC in a ship under lots of noises.

※Keywords : Power-line communication(전력선 통신), Ship(선박), CCTV monitoring(CCTV 감시), Sensor(센서)

1. 서 론

최근 새로운 대용량 통신 전송 수단으로 떠오르

고 있는 전력선 통신은 주택, 사무실 및 공장 등
에 시설돼 있는 전력선을 이용하여 신호를 전달하
기 때문에 추가적인 통신선이 필요하지 않고, 쉽
게 적용할 수 있는 장점을 가지고 있기 때문에 차
세대 통신수단으로 각광을 받고 있다.

특히, 선박에서 전력선 통신은 데이터 전송을

접수일: 2009년 7월 6일, 승인일: 2009년 12월 30일

†교신저자: scho@moeri.re.kr, 042-866-3431

위한 선박의 구조적 변경이 필요하지 않으며, 선박 내 전구역에 대부분 전력선이 설치되어 있기 때문에 전력선 통신의 장점을 최대한 살릴 수 있는 적용사례가 될 수 있다.

국외에서 Wade and Asada(2005)는 착용할 수 있는 센서를 이용하여 사람의 건강 정보를 수집하고 전력선 통신을 이용하여 전송하는 연구를 수행하여 무선을 이용하는 시스템보다 더욱 신뢰성을 높이고 전체 시스템을 간단하게 구성할 수 있음을 실험하였다.

또한 전력선 통신을 선박에 적용하기 위해 Paik et al.(2008)은 소량의 무선 통신 데이터를 전력선 통신으로 변환하여 데이터를 전송하기 위한 실선 무선 통신 연구를 수행하였으며, Cho et al.(2008)은 선박 내에서 전력선 통신 시에 발생하는 노이즈 특성에 대한 기초 조사 및 노이즈에 의한 전력선 통신의 성능 저하에 대한 연구 등을 수행하였다.

육상에서 전력선 통신을 실제로 적용한 사례를 살펴보면, 대부분 공항 및 발전소의 원거리 전동 제어, 최신 아파트에서의 간단한 홈네트워크, 전력선 통신의 상태가 우수한 가정 내의 인터넷 접근 서비스(IAS: Internet Access Service) 등으로 국한된다. 그리고 큰 부하가 걸리는 공장 및 발전소, 전력선 상태가 복잡하고 노이즈가 많이 발생하는 가정 밖의 고속 전력선 통신 등에서는 적용하는데 많은 어려움을 나타내고 있는 실정이다. 또한 꾸준히 전력선 통신의 정량적 전송 속도 향상이라는 목표에만 치중하여, 현장에서 전력선 통신의 문제 발생 시 즉각적이며 종합적으로 대응하지 못해 전력선 통신의 안정성 및 신뢰성에 큰 타격을 입고 있다.

선박은 무선 통신의 신뢰성이 떨어지는 해상 환경에서 운항하며, 강제로 건조된 선박에서는 무선 통신의 왜곡현상 및 유선 통신망의 추가 설치가 어렵기 때문에 전력선 통신에 의한 선박 내 각 구역 간의 대용량 통신에 대한 관심이 높아지고 있다. 하지만 선박 내 전력선 통신의 환경이 다양한 노이즈로 인해 육상보다 더욱 열악하고, 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization) 등에 규정된 국제 표준화 등의 문제로 인하여 기술

개발에 소극적으로 대처하고 있다.

이에 본 논문에서는 실제 선박의 정박 및 항해 중에 전력선 통신 기술을 적용하여 데이터 통신을 수행하고, 선박에서 전력선 통신 적용시 문제점으로 대두되고 있는 전력선 통신의 방해 노이즈들을 분석하였다. 또한 전력선 통신 신호 특성을 주파수 분석을 통하여 계측하고 실제 선박에 전력선 통신을 적용할 경우 필요한 기술에 대해 검토하였으며, 쉽게 적용할 수 있는 방안을 정리하였다.

2. 실선시험

2.1 시험선



Fig. 1 Training ship, Hannara.

시험선은 Fig. 1에 보이는 한국해양대학교 실습선인 한나라호를 이용하였다. 한나라호는 약 200여명이 승선하여 해상생활에 적응할 수 있도록 훈련용으로 건조되었으며, 많은 선실과 강의실, 식당, 도서관 등 전력선의 구조 및 배치가 복잡하다.

또한 실습시에 사용되는 대형 원치와 크레인 등이 설치되어 있어 전력선 통신 적용시 선내전력의 급격한 부하변동으로 통신의 질을 떨어뜨리는 환경을 가지고 있다.

Table 1에는 한나라호의 주요 제원을 보여주며 2대의 주발전기와 1대의 비상발전기를 통하여 전원이 공급된다.

Table 1 Main specifications of Hannara

Ship name	Hannara
LOA	102M
Breadth	14.5M
Depth	9.5M
G/T	3640 ton
Speed	Max. 17 Knot
Engine	Diesel 2,942KW

2.2 시험 장비

시험장비는 AC85-265V(50/60Hz)에서 작동하는 9.6kbps 급의 전력선 통신장비로서, 주파수 대역이 60k-132.5kHz 인 SPIM 모뎀과 주파수 대역이 120k-400kHz 인 PGW 모뎀으로 나뉘 선박의 노이즈에 따른 두 장비의 신호특성을 분석하였다. 두개의 개발된 모뎀사양은 Table 2 에 나타내었다.

Table 2 Specifications of prepared modems

Modem	SPIM	PGW
Carrier Freq.(kHz)	60-132.5	120-400
Modulation	FSK	CSK
Bit Rate(bps)	9600	9600
Input Voltage(V)	85-265	85-265
Consumption Power(W)	2	2.8

오실로스코프를 이용하여 선박 각 구역에서 실제 전력선 노이즈를 측정 한 후, 송신 모뎀과 수신 모뎀이 인가되어 있는 전력선 근처에서 NI SCXI-1001 을 이용하여 전력선 통신 파형을 500k-1MHz 의 샘플링 주파수로 획득하였다. 이를 다시 Matlab 의 FFT(Fast Fourier Transform) 함수를 이용하여 주파수를 분석하였다.

2.3 시험 결과

Fig. 2 와 3 에서는 한나라호의 Control room 과 Boatswain 에 대한 전력선 통신 전송 전의 노이즈 상태를 분석하기 위해 50k-500kHz Band pass filter 를 이용하여 전력선 상태를 측정하였다.

Fig. 2 와 3 을 비교하면 선박 내에서도 전력선

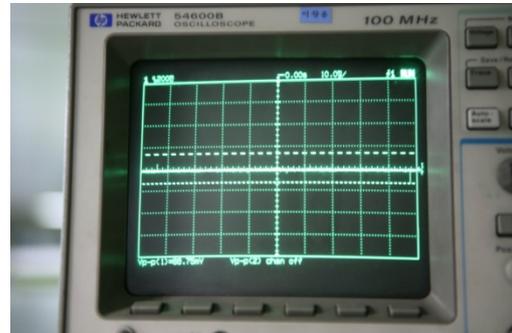


Fig. 2 Power line noise at control room



Fig. 3 Power line noise at boatswain

노이즈의 신호레벨이 큰 차이를 보이며 계속되었고, 시간의 흐름과 선박의 운항 상태에 따라 약간씩 노이즈 레벨이 변동하지만 각 구역에서의 전력선 노이즈 특성은 크게 바뀌지는 않았다. 결론적으로 선박 각 구역에서는 주파수 대역별로 다양한 전력선 노이즈들이 존재하며, 전력선 통신의 전송률 및 속도에 큰 영향을 주게 된다.

전체선박의 배전상황을 살펴보면, 발전기에서 전력이 발생되고 주배전반에서 분기되어 선실과 조타실에 분전반이 위치한다. 또한 크레인 및 윈치 시스템을 구동하는 대용량 전원도 별도로 설치되어 있다. 주배전반이 위치한 Control room 및 Training control room 주위에서는 발전기에서 직접 전달된 안정된 전원상태로 인하여 전력선 노이즈 레벨이 낮게 측정되었으며, 물건 등의 적하역에 필요한 크레인과 계류 시 필요한 닻 등이 있는 Boatswain 구역 및 대형 윈치 시스템이 있는 선미 구역에서는 노이즈 레벨이 높게 측정되었다. 또한 선박의 운항에 필요한 수많은 펌프와 모터류

등이 위치한 기관실도 큰 전력선 노이즈를 발생하는 것으로 측정되었다.

Table 3 에서는 선박 각 구역에서 측정된 노이즈 레벨과 PGW 모뎀을 이용하여 각 구역과 회의실 사이의 전력선 통신 전송률을 정리하였다.

Table 3 Noise vs. transfer rate

Area	Noise level(mV)	PLC transfer rate(%)
Office Saloon	493	81.0
Stern	2430	0
Boatswain	2984	0
Lecture room	796	83.4
Restaurant	1344	90.5
Cabin	1281	66.6
Engine room	1516	58.3

Table 3 을 살펴보면, 전력선 노이즈의 크기와 PGW 모뎀을 이용한 경우의 전력선 통신 전송률(PLC transfer rate)이 깊은 관계가 있음을 알 수 있다. 약 2V 이상의 전력선 노이즈가 발생할 경우 전력선 통신이 불가능함을 알 수 있었다. SPIM 모뎀의 경우, 육상 환경에서는 작동이 잘 되었으나, 실제 선박에서는 각 구역 내의 근거리 통신만 이루어졌고, 각 구역 간의 원거리 통신은 거의 이루어 지지 않았다.

Fig. 4 와 5 에서는 실제 선박에서 SPIM 모뎀과 PGW 모뎀을 이용하여 실제 전력선 통신 전송시에 전력선 신호 파형을 NI SCXI-1001 장비를 이용하여 획득한 신호를 나타내 보았다.

Fig. 4 에서는 대략적으로 약 1000mV의 노이즈 레벨이 형성되어 있고, 약 50byte의 데이터를 보낼 때 SPIM 모뎀에서는 신호가 전달되지 않고 노이즈에 묻히는 반면, Fig. 5 에서는 약 500mV의 노이즈 레벨에서 PGW 모뎀을 이용하여 데이터가 전송됨을 알 수 있다. 실제 SPIM 모뎀을 이용하여 육상에서 통신시 Fig. 5 와 거의 비슷한 파형을 가지고 통신을 하고 있지만 선박에서는 노이즈에 의해 Fig. 4 와 같이 왜곡되어 정상적으로 작동하지 않았다.

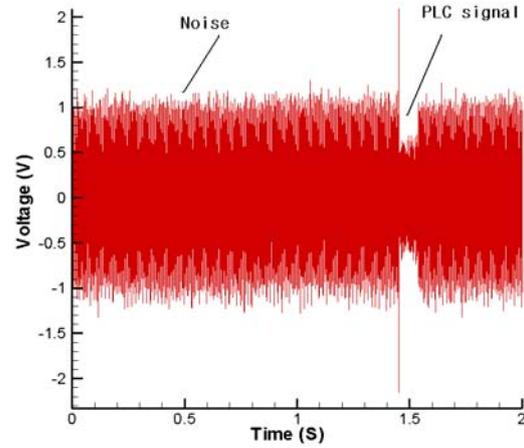


Fig. 4 SPIM modem signal in real ship

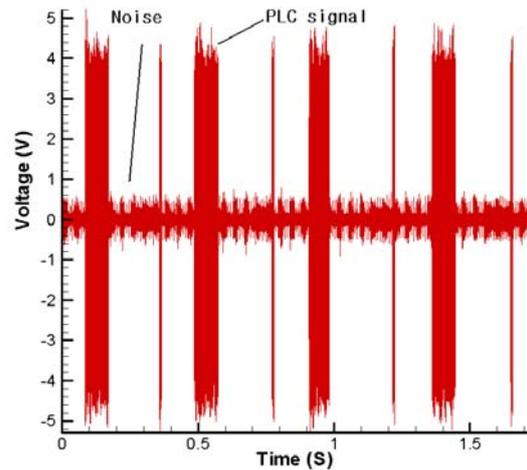


Fig. 5 PGW modem signal in real ship

PGW 모뎀의 경우 100k-400kHz 대역의 신호를 1 차적으로 필터링 한 후 증폭을 하고, 다시 2 차 필터링을 한 후 2 차 증폭을 통해 변조하는 방식의 복잡한 선처리 과정을 지니지만, SPIM 모뎀의 경우, 60k-132.5kHz 대역으로 필터링만 한 후 변조를 하기 때문에 쉽게 노이즈에 노출되는 단점을 보였다. 결론적으로 선박에서 발생하고 있는 노이즈 레벨에 따라 전력선 통신 모뎀의 신호 필터링과 증폭의 수가 달라져야 하며, 또한 계속된 전력선 노이즈 레벨의 주파수 대역을 피하여 전력선 통신 모뎀의 전송 대역을 설정하면 충분히 선박에서 사용이 가능한 전력선 통신 시스템을 구성할

수 있다.

Fig. 6 과 7 은 SPIM 모뎀과 PGW 모뎀을 이용하여 Fig. 4 와 5 의 신호를 FFT 분석을 통하여 파워 스펙트럼을 표시하였다. 각 모뎀의 주파수 대역에서 파워 스펙트럼이 형성되고 있으며, 한나라호 선상에서는 저주파 노이즈가 많이 형성되고 있다. SPIM 모뎀의 경우 좁은 대역의 주파수 전송 영역 주위로 많은 노이즈들이 파워를 가지고 형성되고 있으나, PGW 모뎀의 경우, 고주파의 영향을 차단하여 전송에 더 유리함을 알 수 있다.

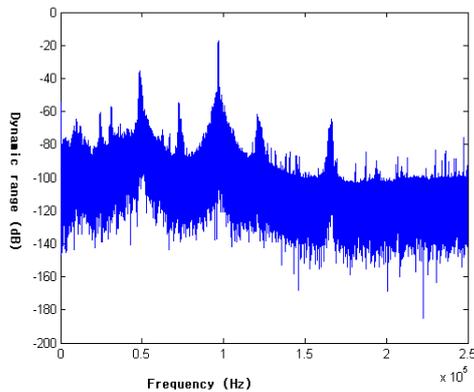


Fig. 6 FFT analysis of SPIM modem signal

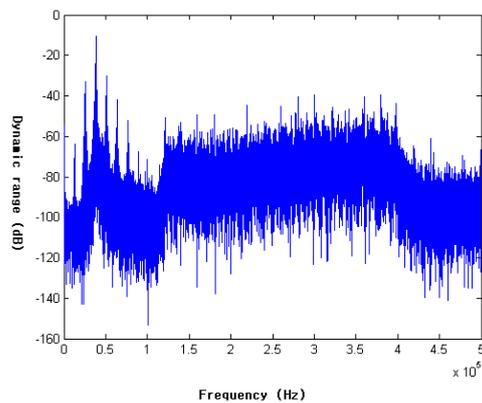


Fig. 7 FFT analysis of PGW modem signal

2.4 시험 고찰 및 적용방안

SPIM 모뎀과 PGW 모뎀은 Table 2 에서와 같이 주파수 전송 대역이나 주파수 변조 방식에 차이를 가지며, 선박에 9.6kbps 급의 전력선 통신 목적으

로 개발되었다. 모뎀 선택 시, 선박 각 구역에서 노이즈 분포에 따른 각 주파수 전송 대역의 설정 및 전송 파워에 따른 안정성 등이 고려되어야 한다. 또한 주파수 변조 방식에서는 채널특성이 충분히 평탄하지 않는 FSK(Frequency Shift Keying) 방식보다는 채널 왜곡에 강한 CSK(Code Shift Keying)방식의 사용이 권장된다.

또한 오실로스코프나 측정 장비를 이용하여 실제 적용한 구역에서 노이즈를 측정하고 주파수 분석을 통하여 적합한 모뎀 방식을 결정하며 전송 데이터 량과 관련된 채널 특성을 파악해야 한다. 또한 주파수 분석을 통하여 필요한 필터 및 증폭기를 사용하여 전송 이득을 높일 수 있는 방안을 마련해야 한다.

3. 실선 전력선 통신 적용방안

육상에서 쉽게 적용되고 있는 전력선 통신을 선박에 쉽고 올바르게 적용하기 위해서는 크게 3 부분으로 나누어 분석단계, 시험단계, 적용단계를 거쳐야 한다.

3.1 분석단계

선박은 육상과 달리 전력을 생성하는 발전기 자체가 육지의 발전소나 변전소와 달리 매우 유동적이기 때문에 사전에 면밀한 조사를 통해 정확한 정보를 알고 있어야 한다. 또한 선박에 기설되는 배전 상태를 확인하여 적용 가능 구간과 불가능 구간으로 나누어서 적용 아이템을 설정해야 한다. 그리고 선박에서는 필요 시 배전을 임의적으로 추가하거나 절연하여 사용하고 있기 때문에 배전도에만 의존하지 말고 직접 연결 시험을 통해 확인해야 한다. 그밖에 선박의 전력선 노이즈를 발생시키는 장비 및 기기들을 고려하여 2 장에서 사용한 방법을 이용하여 적절한 모뎀 장비를 선정해야 한다.

3.2 시험단계

분석단계에서 분석된 자료를 통하여 선박에 전력선 통신을 적용하기 위해 필요한 데이터 양에 따른 적절한 통신 대역과 변조 방식을 선택하여

개발된 모형을 시험하는 단계이다. 개발되고 선정된 모형은 육상에서 우선 시험하고 난 후 선박에서 여러 운항 상태에 따라 반복적으로 시험해야 하며, 간단한 장비를 이용하여 전력선 노이즈 레벨 및 전력선 통신 전송 상태를 확인할 수 있다. 또한 고속 전력선 통신의 경우, 패킷(Packet) 전송을 통하여 선박 내 각 구역간의 통신 상태를 확인할 수 있으며, 고속의 주파수 전송 대역으로 이동할수록 노이즈에 약하기 때문에 필터링과 증폭기를 여러 개 사용하여 전처리를 해주어야 한다.

3.3 적용단계

적용단계의 경우, 시험단계에서 충분히 시험한 장비를 실제 선박에 적용하는 단계이다. 시험단계에서 전력선 통신 상태가 양호하였다고 하지만 실제 적용 시에도 많은 주의를 기울여야 한다. 실제 적용 시에 여러 가지 예기치 않은 노이즈 발생 및 데이터 채널의 통신 감쇄 현상에 대비해 여러 커플러 등을 배치하여 통신의 증폭 방안을 마련하고 실제 여러 노이즈에 대비하여 쉽게 사용할 수 있는 필터들을 준비해야 한다. 또한 항해장비, 기타 다른 장비들과의 간섭으로 인한 오작동은 추후 지속적으로 적용하면서 검증하여야 한다.

4. 결론

본 논문에서는 실제 선박에 전력선 통신 모형을 설치하여 그 신호특성을 조사하였고 선박에 전력선 통신을 적용 시 적절한 모형의 선정 및 적용 메커니즘을 분석하고 기술하였다. 선박의 배전 상태를 면밀히 체크하여 그에 따른 적절한 전력선 통신 기법을 찾고 실제 선박에서 시험을 통해 문제점을 보완해야 한다. 전력선 통신을 선박에서도 쉽고 간편하게 적용할 수 있는 기술 및 방안에 대해 설명하였다.

후 기

본 연구는 해양연구원 기본연구 개발과제인 ‘U 기반 탐사선단의 스마트 운용 기술 개발 (PES120A)’의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사

드립니다.

참 고 문 헌

- Cho, S., Paik, B., Lee, D., Bae, B. and Yoon, J., 2008, "A Study on Ship Application of Powerline Communication," Proceeding of the Spring Meeting, SNAK, pp. 1846-1851.
- Paik, B., Cho, S., Park, B., Cho, I., Lee, D., Bae, B. and Yoon, J., 2008, "Experimental Tests on the Wireless Sensor Network and the Power-line Communication in a Real Ship and Laboratory," Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 45, No. 3, pp. 329-336.
- Wade, E.R. and Asada, H.H., 2005, "DC Powerline Communication Network for a Wearable Health Monitoring System," 2005 International Symposium on Power Line Communications and Its Applications, pp. 172-175.



< 조 성 략 >



< 백 부 근 >



< 이 지 은 >



< 이 동 곤 >



< 배 병 덕 >