# 전력선통신이 단파대 해상이동통신에 미치는 영향에 관한 연구

김정년* · 최조천* · 조학현*

# A Study on the Interference of HF Maritime Mobile Telecommunication by the PLC

Jeong-nyun Kim* · Jo-cheon Choi* · Hag-hyun Jo*


## 요 약

본 연구는 2005. 7. 1 시행 공포된 전파법 시행령 개정안 내용 중 전력선통신설비의 주파수 대역이 9㎑~450㎑에서 그 상한선 범위가 30㎒까지 확대 시행됨과 관련하여 전력선통신설비가 단파대 무선통신에 혼신을 야기할 수 있음에 따라 그 영향여부를 평가하는 방법을 제시하고 향후 전력선통신설비를 운용함에 있어서 단파대 무선통신에 영향을 회피하기 위한 대책방안을 제안하는데 있다.

전력선통신의 운용주파수 확대와 관련하여 정보통신부 전파연구소에서 전력선통신이 단파대 무선통신의 혼신여부에 대하여 측정 관찰해 왔으며 그 간섭정도를 판단하기 위해 노력해 왔다. 본 연구에서는 전파수신기, 신호발생기 및 SINAD(Signal to Noise and Distortion) Meter를 사용한 측정방법을 제시하고 있으며 이는 무선(RF : Radio Frequency) 환경에 적합한 측정방법으로 기존의 EMC(electromagnetic compatibility) 환경에 의한 한계를 극복할 수 있다.

또한, 본 연구에서는 전력선통신설비가 단파대 해상이동통신에 영향을 최소화하기 위하여 보호구역을 설정 또는 해당 주파수에 대하여 운용금지하는 방안을 제시함으로써 무선통신환경을 보호하는데 그 목적이 있다 하겠다.

## ABSTRACT

The revision of radio waves act, which took effect on July 1, 2005, widened the bandwidth of PLC from 9kHz~450kHz to 9kHz~30MHz. This high upper limit of frequency may cause the interference in HF wireless communications. From this point of view, the goal of this research is to suggest the estimation method of whether-or-not the interference occurs and furthermore offer countermeasures to avoid it hereafter.

Ministry of Information and Communication Radio Research Laboratory(MIC-RRL)has been researching for the interference and devoting themselves to turn out how much it affects to HF wireless communications since the revision took effect. This research suggests some estimation methods with receivers, signal generators, or SINAD(Signal to Noise and Distortion) Meter which is so suitable for the RF environment that we can overcome the existing limit to the EMC environment.

In addition, this research is focused on securing the environment for wireless communications by establishing the safety zone or suggesting the ways to prohibit the use of the bandwidth, which may cause serious interference, in order to minimize the effect of PLC on HF maritime mobile telecommunications.



키워드

PLC, SIAND, EMC, RF.


* 목포해양대학교

접수일자 : 2005. 11. 7

## Ⅰ. 서 론

정보통신부는 개정 전파법 시행령(2005.07.01 시행)에서 전력선통신설비 주파수를 기존의 9㎑~450㎑에서 그 상한선 범위를 30㎒까지 확대 운용할 수 있도록 시행령을 공포했다.

동 시행령 후속 하위법령 등 개정조치인 세부기술기준에서는, 『3m 떨어진 거리 및 30㎒ 미만의 주파수에서 500㎶/m 이하의 전계강도』를 가지는 정보통신기기를 "미약 전계강도 무선기기" 규정하여 미신고 가능토록 개정안을 제시하고 있으며, 별도 고시를 통하여 PLC(Power Line Communication) 운용금지대역을 설정할 수 있도록 하고 있다

정보통신부 전파연구소에서는 시행령 검토를 위하여 약 2년 6개월간 '전력선 통신용 주파수 연구반'을 운영하여 무허가 기기에 대한 기준과 타 통신에 방해를 주지 않도록 하기 위한 사용금지대역 설정 등에 관한 연구를 추진하여 왔으며, 전력선통신을 행하기 위하여 전기통신설비 위해방지 등에 관한 세부기술기준(안) 의견 수렴과정에서 AM(Amplitude Modulation)방송과 아마츄어무선통신은 혼신야기를 우려하여 그 주파수 대역을 운용금지대역으로 설정하기로 하였다.

운용금지 주파수 대역을 살펴보면, AM방송의 경우 526.5㎑~1,605.5㎑의 대역과 아마츄어무선통신의 경우 9개 대역으로 운용하는 전체 주파수를 대역으로 보호하기로 하였으나 해상통신 주파수대역은 그 보호범위에서 제외됨에 따라 해상이동통신을 운용하고 있는 해경 및 수협중앙회에서 동 주파수도 운용금지 설정을 요구하였으며, 이에 전력선통신 수신장해평가단을 구성하여 전력선통신이 단파대 해상통신에 간섭 등 영향을 주는지에 대하여 현장실험을 하였다.

전력선통신이 단파대 해상통신에 혼신을 주는지 여부를 증명하기 위해 여러 가지 측정방법이 시도되었으나 기존의 측정방법으로 그 혼신여부를 명백히 밝혀내지 못하였다. 본 연구에서는 전파수신기, 신호발생기 및 SINAD Meter를 사용한 측정방법을 제시하고 있으며 이는 무선환경에 적합한 측정방법으로 기존의 EMC 측정방법의 한계를 극복할 수 있다.

또한, 본 연구에서는 전력선통신설비가 단파대 무선통신에 영향을 최소화하기 위하여 보호구역을 설정 및 단파대 주파수에 대하여 운용금지하는 방안을 제시함으로써 무선통신환경을 보호하는데 그 목적이 있다 하겠다.

## Ⅱ. 전력선통신 채널 분석 및 측정 개요

### 2.1. PLC 채널 분석

전력선통신(PLC: Power Line Communication)은 전기가 공급되는 전력선을 활용하여, 데이터를 실어 나르는 기술이다.

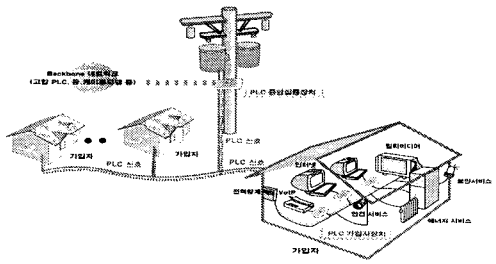


그림 1. PLC 시스템 구성도
Fig. 1. System of PLC

최근 수년간 각 국에서 필드 테스트를 거쳐 <그림 1>과 같이 Access 및 Home networking을 PLC로 구성해 Internet, Voice over IP, 보안 서비스 등 여러 가지 다양한 응용분야에 사용되기 시작했고, 유럽 등지에서는 상용화 서비스가 진행 중에 있다.

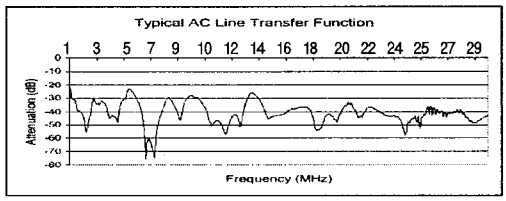



그림 2. 주파수에 따른 전력선 전달 특성
Fig. 2. Typical AC line transfer function

전력회사의 경우, 원격 자동검침 (AMR : Automatic Meter Reading), 전력품질 관리, 배전자동화 (DAS : Distribution Automatiion System) 등에 PLC를 쉽게 응용할 수 있다. 대부분의 고속 PLC 상용화는 전력회사를 중심으로 진행되고 있다.

인터넷 서비스 제공자의 경우, 일반인들을 상대로 인터넷 엑세스, 전력선 전화(VoPL: Voice over Power Line),

홈 오토메이션 및 보안 서비스 등을 제공할 수 있다.

가전사의 경우, 댁내에서 디지털 가전기기들 간의 홈 네트워킹 솔루션으로 PLC를 사용할 수 있다. 홈 RF, 무선랜, 블루투스 등 무선 홈 네트워킹 기술의 경우 댁내에서의 반사와 감쇄 등의 영향으로 음영지역이 존재하는 단점이 있다. 또한 IEEE1394, 이더넷, 홈 PNA 같은 유선 홈 네트워킹 기술의 경우에는 댁내 통신을 위해 새로운 선을 포설해야 하는 문제점이 있다. PLC는 이러한 유, 무선 통신방식의 단점들을 모두 극복할 수 있으므로 홈 네트워킹에서 훌륭한 대안으로 부상하고 있다. 또한 최근 200Mbps급 초고속 PLC 기술을 사용해 홈 내 고품질 멀티미디어 네트워크 구축이 검토되고 있으며, 무선의 음역지역을 극복하는 대안으로 평가되고 있다.

전력선에서 신호의 감쇄를 살펴보면, 대용량 전열기기 등의 부하들은 낮은 임피던스 루프를 형성함에 따른 신호의 싱크(Sink)로 작동하게 되어 손실이 커지며, 손실특성은 대략 1km당 10~15dB 정도로 잡고 있다. 이와 같이 정형화되기 어려운 채널특성은 전력선 통신을 고난이도의 기술로 만들어 왔다. <그림 2>는 주파수에 따른 일반적인 전력선의 전달함수를 나타내고 있다.[1]

### 2.2 측정환경 및 방법

해상조난통신주파수를 수신기에 셋팅(Setting)하고 조난호출 수신에 가장 영향을 줄 수 있는 상태로 PLC를 셋업(Set-up)한 후, 조난호출 수신 시스템 보호거리(D)를 적용하고, 선박국과 해안국 직선 지향 방향으로 PLC 시스템을 셋업하여 보호거리 D와 +측정거리 d(10, 30, 50, 100m) 간격으로 평가한다.

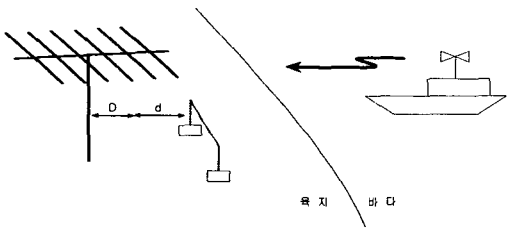



그림 3. 전파간섭 측정개요
Fig. 3. Method of Measurement

방사되는 전계강도 측정은 수신안테나로부터 3m 떨어진 위치에 PLC시스템을 셋업하여 PLC시스템의 반송파와 해상용주파수를 일치시키고(즉, PLC대역 내에 기존 해상용주파수가 위치하여야 함), 3m 떨어진 위치에서 1m 미소다이폴로서 측정한 스펙트럼 지시치가 500$\mu V$/m(54dB$\mu V$)로 되도록 PLC시스템을 세팅한 후 측정하여야 한다. 이때 스펙트럼 분석기 설정 조건에서 실제 무선통신의 채널 대역에 준하도록 SPAN 10㎑, 평균치검파(통상적 계측) 하여야 한다.

전력선통신이 단파대 해상통신에 대한 간섭여부 측정에서 전력선 모뎀이 기준치 이상의 누설방사전력이 발생하는지를 검정하기 위하여는 기준이 되는 송신출력(전계강도)이 우선적으로 획정되어야 한다. 혼신 평가 시 SINPO 코드에 의한 측정은 주관적인 평가가 되므로 객관적평가를 위해서 SINAD Meter를 이용한 S/N의 변화를 측정하여 위해여부를 판단해야 할 것이다.

## Ⅲ. 측정방법에 대한 분석

### 3.1 전계강도 측정 방법

고시제정은 옥외에서 운용되는 전력선통신설비의 3m의 거리에서 전계강도 16($\mu V$/m) 이상인 경우를 기준으로 하고 있기 때문에 전계강도의 측정은 상당히 중요한 부분이다.

공간중에 분포되어 있는 전기장의 세기를 측정하기 위해서는 공간중의 전자파를 측정기를 통하여 양으로 측정할 수 있도록 안테나를 사용하고 이것의 출력을 케이블을 통하여 측정기에 연결한다. 사용되는 안테나가 얼마나 전자파를 잘 잡느냐하는 특성을 나타내는 용어로는 안테나 인자, 실효길이, 이득, 실효면적 등이 있다.

안테나인자는 식1에 의해 구하고

$$AF(1/m) = \frac{\text{전기장의세기}\,(V/m)}{\text{수신기입력전압}\,(V)} \qquad (식1)$$

전기장의 세기는 다음의 관계식으로부터 구할 수 있다.

$$E(\mathrm{dB}\mu V/m) = V_R(\mathrm{dB}\mu V) \times AF(1/m) \qquad (식2)$$

임피던스를 50Ω으로 설정하여 이득에 대한 안테나 인자를 다음과 같이 구할 수 있으며,

$$AF = \frac{4\pi}{\lambda}\sqrt{\frac{30}{Z_{in}G}} = \frac{\pi f(\mathrm{MHz})}{75}\sqrt{\frac{30}{Z_{in}G}} \qquad (식3)$$

$$AF(\mathrm{dB}(1/m)) = 20\log f(\mathrm{MHz}) - G_{dB} - 29.8\mathrm{dB}$$

이득 G를 알고 수신전력 $P_R$을 측정할 경우 아래의 식에 의해서 전계강도를 측정해야 한다.

$$E(\mathrm{dB}\mu V/m) = 20\log f(\mathrm{MHz}) - G_{\mathrm{dB}} - 29.8\mathrm{dB} + P_R(\mathrm{dB}_m) + 107\mathrm{dB} \quad (식4)$$

전계강도 측정 시 기존의 Active 루프안테나를 사용하는 경우는 반드시 안테나인자에 의한 보정을 해주어야 한다.[2]

### 3.2 SINAD에 의한 측정 방법

수신감도란 무전기에서 수신 신호가 규정 값 이상으로 되기 위한 최소한의 신호 입력을 말한다. 여기서 규정 값이란 신호, 잡음과 왜율의 비를 상용대수로 표시한 값에 20배한 형태로 나타내고 단위는 dB SINAD로 표시하며 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.[3]

$$dBSINAD = 20\log\left(\frac{S+N+D}{N+D}\right) \quad (식5)$$

여기서 S는 신호이며, N은 잡음 그리고 D는 왜율을 의미한다.

일반적으로 12dB SINAD라 말하는 것은 완전한 신호에 25%의 정도의 잡음이 부가됨을 나타내고 이것은 잡음이 존재하지만 수신자가 충분히 구별 가능한 지수를 나타내므로 감도는 수신 신호가 12dB SINAD를 나타낼 때 무선 수신기의 신호 입력 세기이다. 여기서 입력 신호 세기 즉, 무선 입력 신호의 세기의 단위는 보통 dBm이나 $\mu V$를 사용한다.

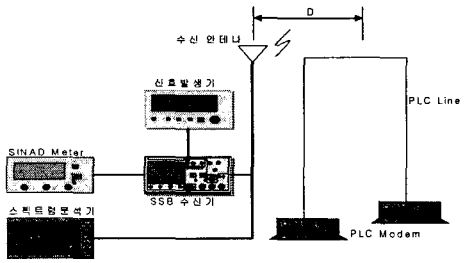


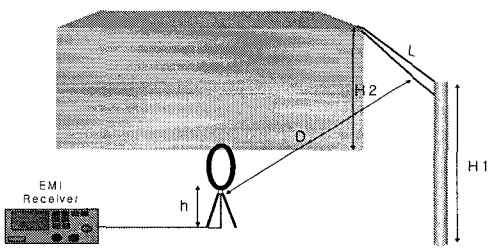

그림 4. SINAD Meter에 의한 측정 구성도
Fig. 4. Measurement by SINAD Meter

해상이동통신은 대부분 SSB(Single Side Band)무전기를 사용하는 무선환경이므로 SINAD 의한 수신감도 측정으로 혼신여부를 판단하는 것이 가장 객관적인 방법이라 하겠으며 측정 방법은 <그림 4>와 같으며 PLC Modem을 on/off 해가면서 SINAD Meter의 레벨이 변화하는지를 확인한다. 이때 영향을 주는 거리를 측정하기 위하여 거리 D는 10, 30, 50, 100m 간격으로 측정을 실시하였다.

## Ⅳ. 측정 및 결과분석

### 4.1 EMC 환경에서의 측정 및 결과

옥내에서 두 대의 전력선 통신 모뎀을 사용하여 전력선 통신을 운용했을 때, 인입선에 의해 외부로 복사되는 불요파는 옥외에서 운용시보다 레벨이 미약한 것을 확인했으며, 외부 전력선으로 복사되는 불요파 측정한 결과 초크코일(Blocking Filter) 설치했을때 배경잡음보다 약 3 ~ 7dB 정도 노이즈 레벨이 상승하였다.[4]




주) L : 전신주에서 옥내로 유입되는 전력선의 길이(14m)
D : 전력선과 측정 안테나 거리 (전력선 아래(6m), 10m)
H1 : 전신주의 높이 (6m)
H2 : 옥내로 유입되는 전력선의 높이 (6m)
h : 루프 안테나의 설치 높이 (1m, 2m)

그림 5. EMC 환경에서의 PLC 측정
Fig. 5. Measurement of PLC in EMC

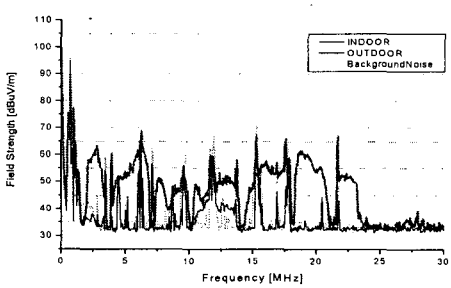



그림 6. 초크코일 설치 전 측정 파형
Fig. 6. Wavy pattern without blocking filter

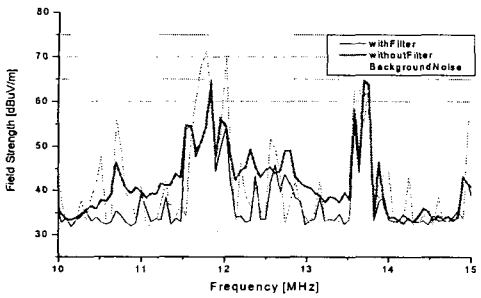



그림 7. 초크코일 설치 후 측정 파형
Fig. 7. Wavy pattern with blocking filter

전력선 통신 설비 종단에 초크코일 설치시 외부로 복사되는 불요파는 발생하지 않는 것을 확인할 수 있었지만 SPAN을 넓게 함으로써 신호가 백색잡음(AWGN : Additive White Gaussian Noise)에 묻혀버리는 것과 초크코일에 대한 검증은 더 필요한 부분이다.

표 1. 옥내 및 옥외 측정결과
Table 1. Result of measurement in house & access BPL

| 주파수 (㎒) | In-house (dB㎶/m) | Access (dB㎶/m) | 차이 (dB) | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 18.8 | 32.4 | 61.0 | 28.6 | 셀라인 모뎀 D : 6m, h : 2m |
| 13.1 | 40.1 | 51.6 | 11.5 | |
| 18.7 | 32.9 | 61.7 | 28.8 | 셀라인 모뎀 D : 6m, h : 1m |
| 13.3 | 39.3 | 50.6 | 11.3 | |
| 19.4 | 32.7 | 56.1 | 23.4 | 셀라인 모뎀 D : 10m, h : 1m |
| 13.1 | 35.7 | 42.0 | 6.3 | |
| 20.7 | 34.7 | 61.2 | 26.5 | C4라인 모뎀 D : 6m, h : 2m |
| 13.4 | 42.8 | 49.7 | 6.9 | |

### 4.2 무선환경에서의 측정 및 결과

조난호출 및 기타 어업통신용 신호와 PLC 방사레벨 측정으로 S/N비를 추출하는 객관적평가로 수행한다

조난호출 및 기타 어업통신용 수신안테나를 이용, 그 수신안테나에 스펙트럼 분석기를 연결하여 조난호출 신호 등과 전력선 신호의 S/N 비 및 백색잡음과 전력선 신호의 S/N비로 평가한다.

그림 8. SINAD 측정장치 구성도
Fig. 8. System of measurement by SIAND

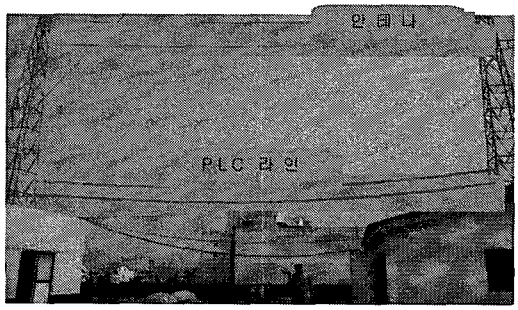



그림 9. 안테나 및 PLC 셋팅
Fig. 9. Arrangement of antenna & PLC

SSB의 경우 1㎶/m, SINAD 20dB가 최대수신감도이며, 백색잡음은 통상지역에서의 실측값인 3㎶/m(10dB㎶)를 기준으로 측정한다

수신안테나에 기존 운용중인 수신장치를 연결하여 조난호출 신호 등과 전력선 신호의 S/N 비 및 백색잡음과 전력선 신호의 S/N비로 평가하며, 조난호출신호의 레벨은 PLC 무신호상태에서 SINAD 12dB 또는 20dB를 얻을 수 있도록 공급되어야 한다.

PLC신호는 백색잡음 레벨 이하로 되어야 한다. 즉, PLC신호 on-off가 기존 AWGN을 더욱 악화시키는 상태로 되지 않아야 하며, PLC on 했을때 SINAD Meter의 레벨치가 변화한다면 상호 간섭이 있는 것으로 평가한다

백색잡음 레벨을 통상 지역에서 실측값을 얻기 위해 스펙트럼은 SPAN 10㎑, 평균치 또는 실효치검파로 측정한다.

<그림 8>은 SINAD Meter를 이용한 실측 사진이고 <그림 9>는 PLC 와 안테나 배치도를 나타내고 있으며 10, 30, 50 및 100m의 거리를 두고 PLC를 on/off 하면서 간섭여부를 측정하였다.

표 2. 측정 결과(10m)
Table 2. Result of measurement(10m)

| 주파수 (㎒) | 측정치(dB) | | 측정 시간 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | ON | OFF | | |
| 2.132 | 17 | 20 | 16:37 | 영향 미침 |
| 4.164 | 20 | 20 | 16:39 | 영향 없음 |
| 6.830 | 10.5 | 20 | 16:41 | 영향 극심 |
| 8.680 | 1.5 | 20 | 16:45 | 영향 극심 |
| 12.373 | 19.5 | 20 | 16:46 | 영향 미침 |
| 16.898 | 5.5 | 20 | 16:48 | 영향 극심 |
| 22.449 | 1.5 | 20 | 16:49 | 영향 극심 |
| 27.038 | 14.5 | 20 | 16:51 | 영향 극심 |

표 3. 측정 결과(50m)
Table 3. Result of measurement(50m)

| 주파수 (㎒) | 측정치(dB) | | 측정 시간 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | ON | OFF | | |
| 2.132 | 21 | 20 | 17:48 | 영향 미침 |
| 4.164 | 20 | 20 | 17:50 | 영향 없음 |
| 6.539 | 19 | 20 | 17:52 | 영향 미침 |
| 8.854 | 20 | 20 | 17:53 | 영향 없음 |
| 12.373 | 19.5 | 20 | 17:55 | 영향 미침 |
| 16.898 | 15 | 20 | 17:56 | 영향 많음 |
| 22.449 | 19.5 | 20 | 17:57 | 영향 미침 |
| 27.038 | 20 | 20 | 17:59 | 영향 없음 |

<표 2> ~<표 4>는 무선(RF)환경에서 측정한 것으로 PLC를 on/off 시키면서 SINAD Meter의 레벨변화를 기록한 데이터이다.

측정 결과 주파수와 거리에 따라 다소 차이는 있지만 10m ~ 100m까지는 PLC가 해상이동통신 주파수에 상당한 간섭을 일으킨다는 것을 확인할 수 있다.

표 4. 측정 결과(100m)
Table 4. Result of measurement(100m)

| 주파수 (㎒) | 측정치(dB) | | 측정 시간 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| | ON | OFF | | |
| 2.132 | 19.5 | 20 | 19:30 | 영향 미침 |
| 4.164 | 20 | 20 | 19:39 | 영향 없음 |
| 6.539 | 19.5 | 20 | 19:46 | 영향 미침 |
| 8.854 | 20.5 | 20 | 19:47 | 영향 미침 |
| 12.373 | 20 | 20 | 19:49 | 영향 없음 |
| 16.898 | 19.5 | 20 | 19:51 | 영향 미침 |
| 22.449 | 15.5 | 20 | 19:52 | 영향 많음 |
| 27.038 | 20 | 20 | 19:53 | 영향 없음 |

## V. 결 론

실험 및 평가에 의해서 PLC가 단파대 해상통신 주파수에 간섭을 미치는 것이 증명되었으므로 해상통신에 대한 보호는 필수적이라 하겠다. 이에 대한 조치로 옥내의 경우 Twisted pair cable 이나 blocking filter로 그 간섭을 최소화 하여야 할 것이며, 옥외의 경우 AM방송이나 아마츄어 통신처럼 주파수 대역으로 보호 또는 미국 연방통신위원회(FCC : Federal Communication Commission) 권고안에서 제시하고 있는 해안국에서 1km 이내의 거리에 PLC를 사용하지 못하게 하는 지역보호 등의 방안이 마련되어야 할 것이다.[5]

주파수대역을 보호할 경우 「무선설비규칙」 제24조 관련 해상고시에 의거 수신기 형식검정기준에서 정한 대역폭으로 보호하는 것이 바람직할 것이다.

실용단계에서 전력선에 PLC 신호가 무수하게 전송될 때 일어날 수 있는 하모닉스(Harmonics), 상호변조(Intermodulation) 등에 의한 영향은 미지수이므로 향후 추가적으로 연구되어야 할 과제이다. 또한, 지역으로 보호하는 경우에도 추후 해안국 이설시 간섭을 회피하기 위한 관련기관끼리 협의체를 구성하는 등의 방안이 검토되어야 할 것이다.[6]

## 참고문헌

[1] 현덕화외 , "전력선을 이용한 통신기술의 동향", 전기저널, 2000년 9월

[2] 김정환, "전자기장의 세기 측정", 한국표준과학연구원, 1993년 10월

[3] L. Rohde, "RF Microwave Circuit Design Wireless Application", John Wiley & Suns, inc. 2000년

[4] 장동원외, "옥내전력선 통신에 의한 외부복사 전계강도 측정결과", 정보통신부 전력선통신 연구반, 2005년 8월

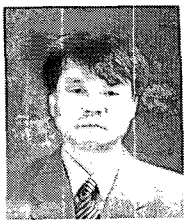
[5] http://www.fcc.gov.

[6] 전파연구소, 「무선설비규칙」에 의한 해상고시, 전파연구소고시 제2005-22호.

## 저자소개

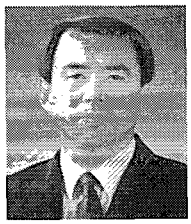
**김 정 년(Jeong-nyun Kim)**

1997년 목포해양대학교 전자통신공학과 공학사
1999년 한국해양대학교 전자통신공학과 공학석사
2001년~현재 목포해양대학교 해양전자통신공학과 박사과정
※ 관심분야 : GMDSS, 해상이동통신



**최 조 천(Jo-cheon Choi)**

1978년 목포해양전문학교 통신과
1986년 서울산업대학교 전자공학과 공학사
1990년 조선대학교 컴퓨터공학과 공학석사
1998년 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사
1989년~현재 목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수
※ 관심분야: 해양전자통신, 계측제어



**조 학 현(Hag-hyun Jo)**

1975 광운대학교 학사(무선통신공학)
1980년 건국대학교 대학원 행정학석사(통신행정)
1992년 호서대학교 대학원 공학석사(정보통신공학)
1998년 한국해양대학교대학원공학박사(전자통신)
1980년 ~ 현재 목포해양대학교 해양전자통신공학부 교수
※ 관심분야 : 회로망, 통신이론, 통신시스템, 회로 및 시스템, 정보이론