

# 전력선을 이용한 음향전달 시스템의 구성 및 특성 분석

(Analysis of Sound Transmitting System using Power line Communication Technique)

김호수\* · 이명섭 · 구경완 · 한상옥

(Ho-Soo Kim · Myung-Sub Lee · Kyung-Wan Koo · Sang-Ok Han)

## 요 약

본 연구에서는 전력선통신 기술을 이용하여 전송주파수에 음성신호를 변조한 후 전력선으로 전송하고 전력선으로부터 수신 및 복조하여 변조된 음성신호를 검출하는 음향전달 시스템을 제작하였다. 제작된 시스템으로부터 변복조 및 주파수 특성을 분석하여, 어학실습 교육을 위한 용도로서의 활용 가능성을 평가하였다. 그 결과 전달된 음성신호가 최적상태는 아니지만 어학실습 교육용으로 청취하기에 충분한 수준으로 판단되었다.

## Abstract

This paper presents a result of sound transmitting system with power line communication technique. Sound transmitting system is a transmitter which transmits modulated audio signal to power to power line and receiver which is capable of detecting it with earphone or speaker. It has been evaluated with the frequency characteristics and spectrum analysis. And, from the result of evaluation on the developed system, we confirmed the superior sound transmitting characteristics, and the possibility of application on a language laboratory.

Key Words : Power line Communication, Sound Transmitting, Transmitter, Receiver, Frequency Characteristic

## 1. 서 론

전력선통신(Powerline Communication; PLC)이란 일반가정이나 사무실에 전기를 공급하는 전력선을 이용하여 음성과 문자데이터, 영상 등을 전송하는 신기술로 1920년대부터 연구되어 왔으며, 최근 전력선통신을 응용한 고속 액세스(Access) 기술과 홈 네트워크를 통한 저속 제어 기술은 차세대 통신 기술로 관심이 고조되고 있다[1, 2].

전력선통신에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으나, 초고속 인터넷과 같이 많은 양의 데이터를 아주 빠른 전송속도로 전력선을 통하여 주고받기에는 다소 어려움이 따른다[3, 4]. 반면, 적은 양의 데이터 및 전송속도가 다소 느려도 지장이 없는 아날로그 통신의 경우에는 잡음이나 임피던스의 변화에 강한 잇점을 지니고 있어 음성전달에는 쉽게 접근이 가능할 뿐만 아니라 센서 등에서 수집된 아날로그 정보를 디지털화하지 않고 아날로그 자체로 전송할 경우 잡음이나 임피던스 변화에 의한 실제 측정값의 변화는 시간평균 등과 같은 방법으로 실제 측정값과의 편차를 크게 줄일 수 있는 장점을 지니고 있다[5, 6].

본 연구에서는 디지털통신의 한계를 대신할 수 있

\* 주저자 : 충남대학교 공학석사  
Tel : 042-821-7604, Fax : 042-823-7970  
E-mail : lake7875@cnu.ac.kr  
접수일자 : 2004년 1월 20일  
1차심사 : 2004년 1월 27일  
심사완료 : 2004년 3월 30일

는 전력선을 전송매체로 부하에 따른 임피던스의 감소와 서지전압 등과 같은 잡음에 강한 특성을 나타내는 아날로그 통신시스템, 즉, 500[kHz]의 전송주파수에 음성신호를 변조하여 전력선으로 전송하고 전력선으로부터 다시 수신 및 복조하여 변조된 음성신호를 검출해 내는 시스템을 개발하여, 어학실습 교육용로의 활용 가능성을 평가 하기위해 변복조 특성 및 주파수 특성을 분석하였다.

## 2. 시스템의 구성

본 실험은 밀링머신, 선반, 드릴링 머신, 방전기 등이 동작하는 공장 내에서 상용교류전원 220[V]가 인가된 500[m]의 전력선을 통신매체로 이용하였으며, 음향을 전송하기 위한 시스템을 그림 1과 같이 구성하였다. 송신기에는 시스템에 전원을 공급하는 전원부, 음성신호를 송신주파수에 실어 전력선으로 전송하는 진폭변조기 그리고 송신주파수를 발생시키는 발진부로 구성하였다. 수신기는 전원을 공급하는 전원부, 송신주파수만을 선택하는 동조회로, 동조된 미약한 주파수를 증폭해 주는 전치증폭기, 증폭된 주파수에 실려있는 음성신호를 검출하는 검파기, 검파된 음성신호를 이어폰이나 스피커로 들을 수 있게 하는 전력증폭기로 구성하였다. 시스템은 직류전압 12[V]로 동작하게 설계하였고, 상용전원인 교류 220[V]를 변압기를 이용하여 전압을 낮춘 다음 다이오드로 전파정류와 캐패시터로 평활시킨 후 12[V]1.2[A] 정전압 IC 7812로 12[V] 전원을 만들어 시스템에 공급하였으며, 송신기에는 AM 및 FM 라디오 그리고 녹음기를 장착하여 라디오 청취나 녹음 테이프로 음악이나 어학 등의 송신이 가능하도록 하였다.

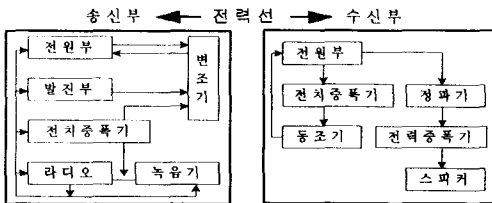


그림 1. 음향전달 시스템의 블록도  
Fig. 1. Block diagram of sound transmitting system

## 2.1 송신기의 전송주파수 발진회로

음성신호를 송신하기위해 발진기와 변조기는 캐리어 주파수를 수정진동자인 CMOS IC의 4069를 이용하여 1[MHz]를 발진시키고 4040으로 1/2 분주하여 500[kHz]를 얻은 다음 4016의 컨트롤 입력단에 공급하였다. 4016은 일종의 로직으로 구동되는 스위치로 그림 2와 같이 4016의 스위치 입력 단에 전치증폭기에 들어 온 음성신호를 입력하고 발진부에서 공급되는 500[kHz]의 송신주파수를 스위치 콘트롤 단에 입력하여 진폭변조를 시켰다. 그러나 이 파형은 구형파이므로 많은 체배 주파수를 함유하고 있어서 TR과 인덕터를 사용한 공진회로를 구성하여 정형파로 만들었다.

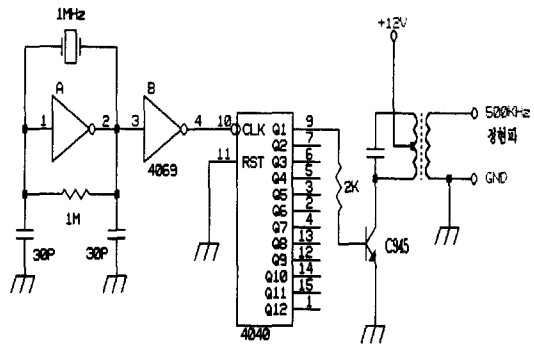


그림 2. 전송주파수의 발진회로도  
Fig. 2. Oscillation circuit of Transmission frequency

## 2.2 진폭변조기 및 전력선으로의 전송

미약한 신호를 큰 신호로 바꾸어 주기 위해서는 전치증폭기가 필요하며, 그림 3과 같이 연산증폭기 LM741로 반전증폭기를 구성하고, 단전원으로 동작하게 하였다. 이때 TR은 2SC945를 사용하였으며, 인덕터는 헤테로다인 AM라디오에 사용되는 중간주파트랜스를 이용하여 1차와 2차를 절연시킨 다음 캐패시터로 전력선과 연결하여 송신되도록 하였다.

## 2.3 전력선으로부터의 수신 및 동조회로

수신하고자 하는 특정한 주파수(음성신호)만을 선별하기 위해서는 동조기가 필요하며, 이는 공진회로로 구성된다. 본 시스템에서는 그림 4와 같이 커패

전력선을 이용한 음향전달 시스템의 구성 및 특성 분석

시터와 중간주파트랜스를 이용하여 전력선과 절연시키고, 커패시터를 부가하여 LC 공진회로로 구성하여 500[kHz]를 동조시켜 신호를 받아 들였다. 이때 중간주파트랜스에 내장되어 있는 페라이트 코어를 회전시켜 인덕턴스 값을 바꾸어줌으로 해서 공진주파수의 미세조정을 하도록 하였다.

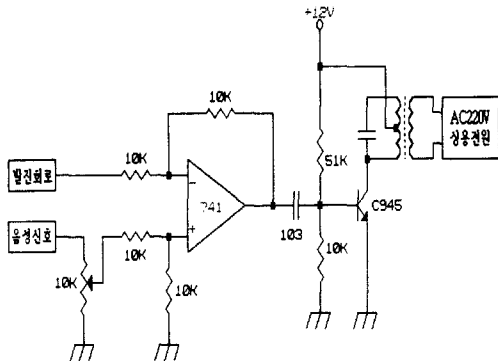


그림 3. 진폭 변조기  
Fig. 3. Amplitude modulator

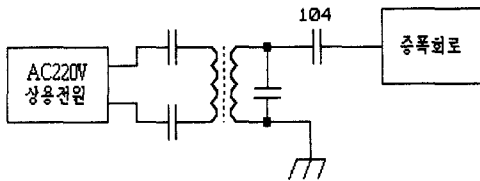


그림 4. 커패시터를 이용한 수신 및 동조회로  
Fig. 4. Receiving and tuning circuit of the transmission frequency using capacitor

2.4 수신주파수의 증폭 및 복조

수신되고 동조되어 나온 신호 또한 매우 미약하므로 그 주파수를 증폭하여야 한다. 그림 5와 같이 비디오 증폭기 또는 중간주파증폭기로 많이 사용되고 있는 모토롤라사의 MC1350P와 455[kHz]용 중간주파트랜스를 이용하여 증폭하고 중간주파트랜스의 2차 측에서 다이오드로 검파하여 음성신호를 복조하였다.

복조된 신호는 고주파에 해당하는 수신주파수가 실려 있기 때문에 커패시터와 저항을 사용하여 차단주파수가 30[kHz]인 1차 저역필터를 구성하여 음성신호만 출력되도록 하였다.

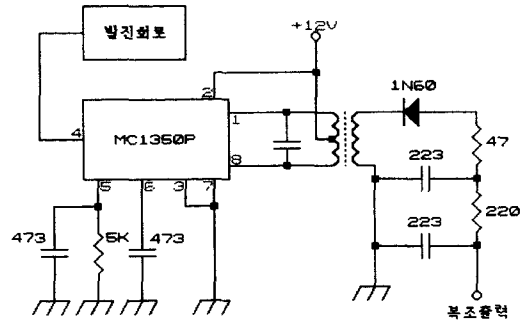


그림 5. 수신주파수의 증폭기 및 복조기 회로도  
Fig. 5. Gain & demodulation circuit of receiving-frequency

2.5 전력증폭기

검파된 음성신호는 이어폰이나 스피커를 구동하지 못하기 때문에 스피커를 구동할 수 있는 전력 증폭기를 구성하였다. 단전원 동작의 전력증폭기는 OTL방식으로 여러 개의 TR로 구성되는 것이 일반적이거나 요즘은 이러한 전력증폭기가 출력별로 패키징되어 있는 IC가 있어서 본 시스템에서는 헤드폰 드라이버용 전력증폭기인 KEC사의 KIA6206F를 사용하여 그림 6과 같이 제작하였다.

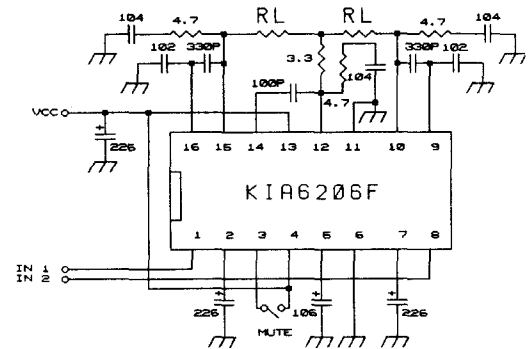


그림 6. 전력증폭기  
Fig. 6. Power amplifier

3. 실험결과 및 고찰

3.1 송신기의 부하(전력선)가 없는 상태

송신기의 특성은 우선적으로 전력선으로 송신하기 전 즉, 전력선에 연결하지 않은 상태에서의 주파

수 특성을 살펴보았다. 송신기에 무변조 상태에서의 캐리어 주파수와 신호발생기로 1[kHz], 5[kHz], 10[kHz], 20[kHz] 정현파를 입력하였을 때의 출력파형과 스펙트럼을 측정하였다.

그림 7은 무부하 상태에서의 송신기의 주파수 특성과 스펙트럼을 본 것이다. 그림에서와 같이 무변조시 캐리어주파수의 파형은 정현파로 일그러짐 없이 측정되었으며, 스펙트럼을 본 결과 2차 주파수가 나타나지 않았다. 그리고 1[kHz], 5[kHz], 10[kHz], 20[kHz]의 정현파를 변조시켰을 때의 파형 또한 깨끗하게 나옴을 볼 수 있었으며, 스펙트럼 또한 변조주파수와 캐리어 주파수 외에는 보이지 않았다. 또한 변조된 주파수 스펙트럼을 살펴보면 억압진폭변조 특성인 하측파대와 상측파대의 스펙트럼이 중심주파수인 캐리어 주파수의 좌우로 관측되는 것을 볼 수 있다. 그림 7의 (C), (D), (E)를 보면 중심주파수 500[kHz]에서 변조주파수를 뺀 하측파대와 변조주파수를 더한 상측파대 스펙트럼이 뚜렷하게 보이고 있다.

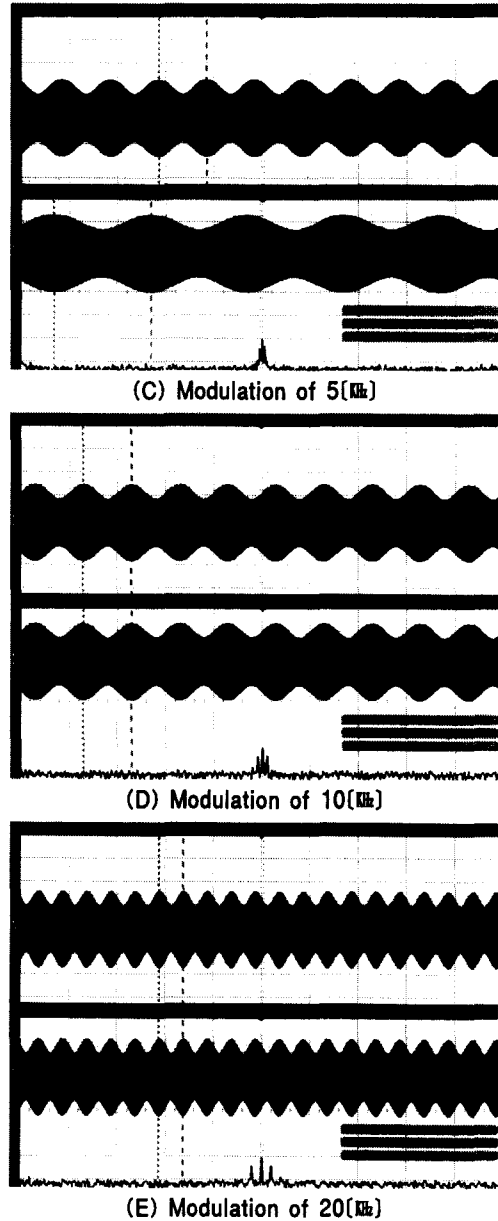
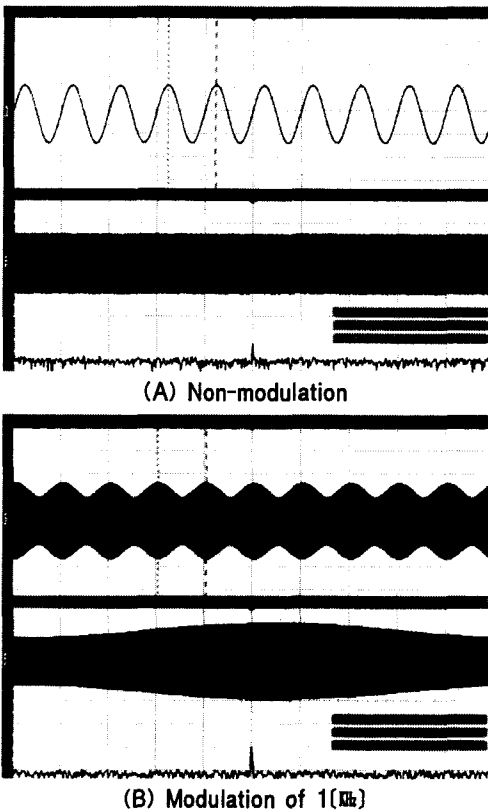


그림 7. 무부하시 주파수 및 스펙트럼 특성  
 Fig. 7. Modulation wave form & frequency spectrum at the unload

다시 말해서 500[kHz]의 캐리어주파수에 5[kHz], 10[kHz], 20[kHz]를 변조시키면 495[kHz]와 505[kHz], 490[kHz]와 510[kHz], 480[kHz]와 520[kHz]의 스펙트럼이 나오는 것이다. 이는 음성신호의 가청주파수는 최고 20[kHz]

전력선을 이용한 음향전달 시스템의 구성 및 특성 분석

로 하고 있기 때문에 주파수분할 다중통신으로 활용할 시 주파수 분할은 최소 40[kHz] 이상이 되어야 한다는 것을 알 수 있다.

### 3.2 송신기의 부하(전력선)에 의한 주파수 특성

송신기에 무부하 상태와 마찬가지로 무변조시와 정현파를 입력하고 출력 단을 전력선에 연결했을 때의 파형과 스펙트럼의 변화를 살펴보았다. 그림 8에서 무변조 시의 파형을 보면 캐리어주파수 500[kHz]가 상용전원 주파수 60[Hz]에 실려 있는 것을 볼 수 있다. 마찬가지로 변조된 주파수 또한 60[Hz]에 실려 전력선에 송신되고 있는 것을 알 수 있으며, 스펙트럼 또한 무부하 시에 상용전원 주파수 60[Hz]가 나타남을 볼 수 있었다.

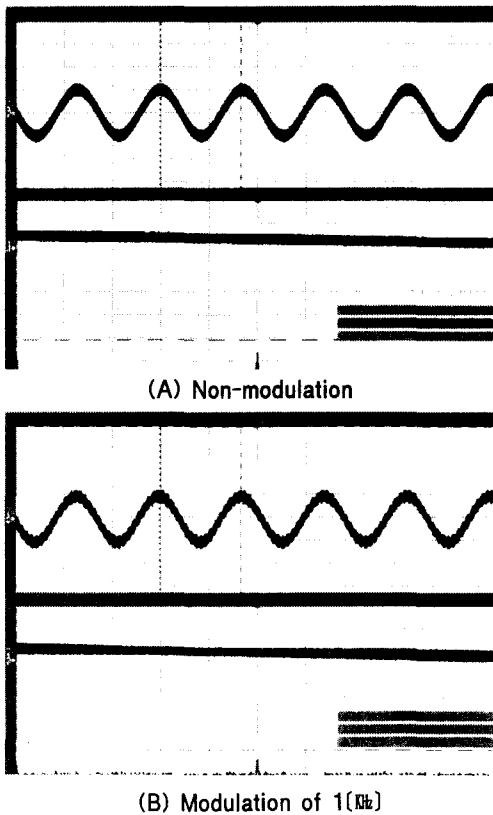


그림 8. 부하시 파형 및 스펙트럼 특성  
Fig. 8. Modulation wave form & frequency spectrum by load 2-2 수신기

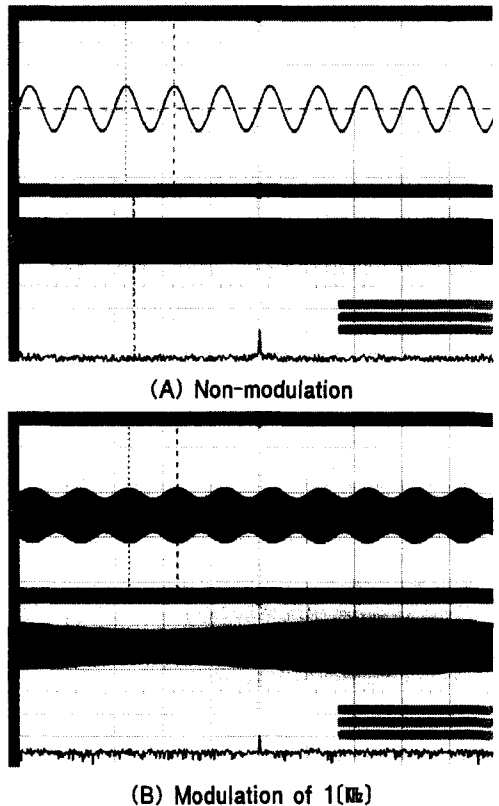
### 3.3 수신기의 동조 후 주파수 특성

송신기에 무변조 상태와 1[kHz], 5[kHz], 10[kHz], 20[kHz]의 정현파를 변조시켜 전력선으로 송신하고 이를 수신기로 받아 들여 송신 주파수를 동조시킨 다음 그 파형과 스펙트럼을 관찰하였다.

그림 9에서와 같이 무변조 시에는 캐리어주파수의 스펙트럼만 관측되었으며, 변조 상태에서는 송신기에서 변조한 파형과 같은 변조 파형이 그대로 검출됨을 볼 수 있었으며, 스펙트럼 또한 잡음으로 작용하는 60[Hz]가 전혀 나타나지 않았다.

### 3.4 수신기의 복조 후 주파수 특성

그림 10은 동조되어진 주파수를 증폭기로 입력되어 출력되었을 때의 파형과 스펙트럼이다. 그림에서 보는 바와 같이 무변조 시에는 파형이 관측되지 않았으며, 변조시켰을 때는 변조시킨 주파수 파형이 관측되었으며, 스펙트럼 또한 변조주파수 외의 캐리어나 상용전원 주파수 같은 것이 나타나지 않았다.



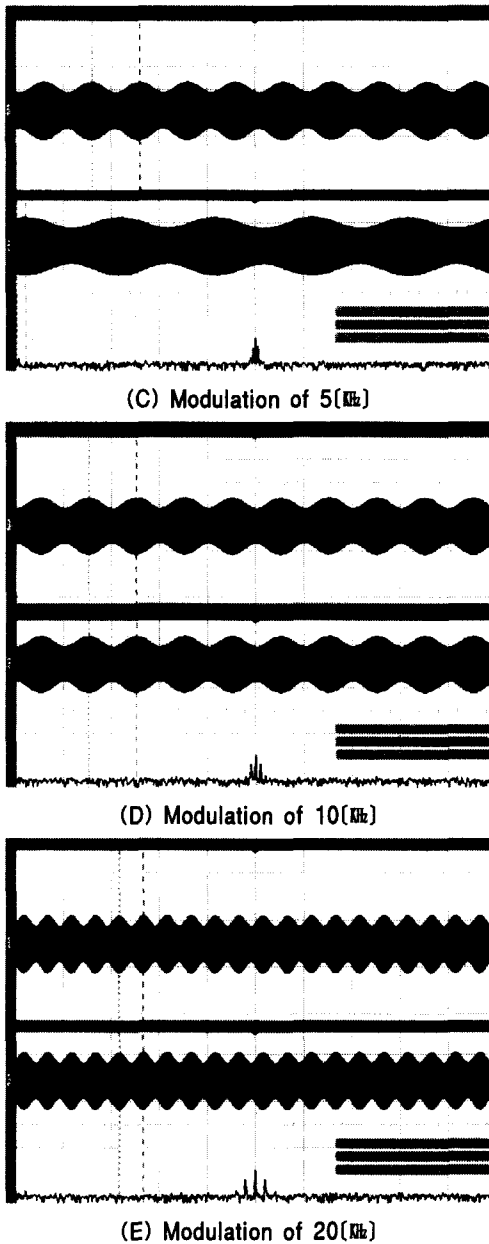


그림 9. 동조 후 파형 및 스펙트럼 특성  
 Fig. 9. Wave form & frequency spectrum after tuning

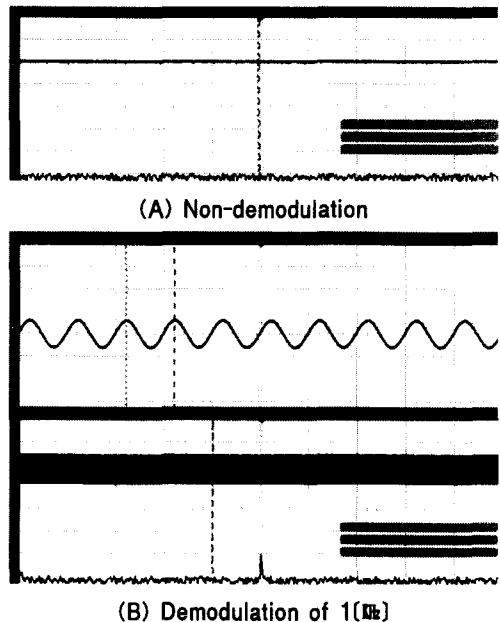
#### 4. 결 론

전력을 수송하는 매체로만 인식되던 전력선을 공

장내 밀링머신, 선반, 드릴링 머신, 방전기 등이 동작하는 열악한 주위환경에서 통신매체로 이용하여 캐리어방식의 송신기로 음성신호를 진폭변조하여 전력선에 송신하고 이를 다시 송신주파수를 수신기로 동조하여 검파하여 음성신호로 변환시켜 그 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

송신기에서 송신하는 500[kHz]의 캐리어주파수는 2차 스펙트럼이 나타나지 않았으며, 부하(전력선)가 없을 경우 캐리어와 변조주파수 외의 스펙트럼이 없었으며, 부하상태에서는 60[Hz]의 스펙트럼이 나타났다. 이는 변조된 캐리어주파수가 60[Hz]에 실린다는 것을 알 수 있다. 그러나 캐리어 송신방식에서 60[Hz]의 영향을 받지 않는다. 또한, 수신기는 송신주파수에 대한 동조가 잘 이루어졌으며, 검파한 결과 변조신호(음성신호)는 깨끗하게 복조되었다. 또한 캐리어주파수인 500[kHz] 만을 선국하므로 60[Hz]의 잡음이 전혀 없었다.

이상과 같은 결론으로 본 연구에서 개발하여 제작한 시스템은 아날로그통신에 있어서 우수한 성능을 보였으며, 나아가 많은 연구를 진행한다면 별도의 전용선이 아닌 전력선을 이용한 어학실습실, 방송시스템 및 홈시어터, 아날로그제어 시스템 등 다방면에 적용이 가능하리라 사료된다.



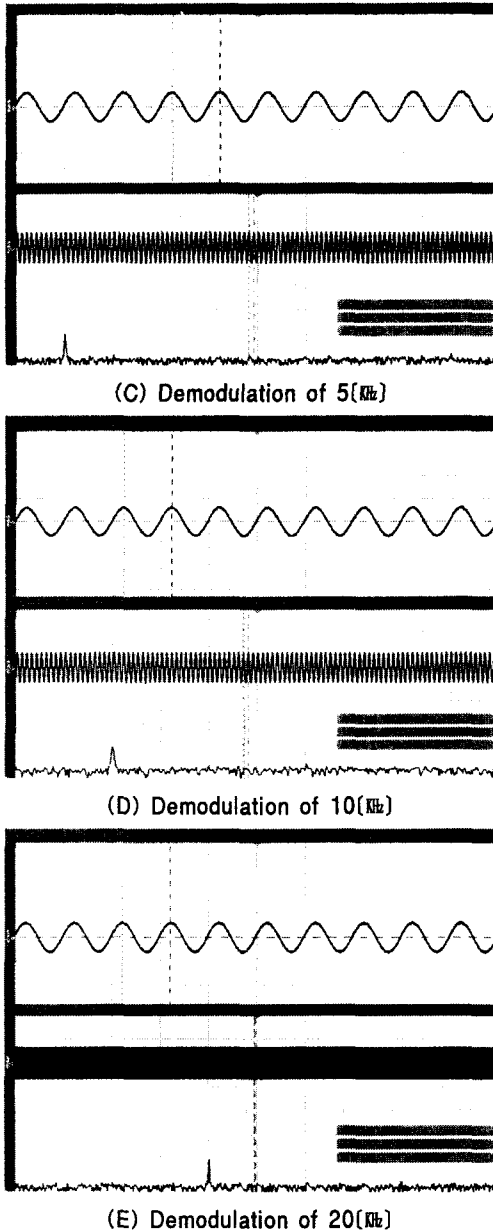


그림 10. 복조 후 파형 및 스펙트럼 특성  
 Fig. 10. Wave form & frequency spectrum after demodulator & LPF

이 논문은 산업자원부에서 시행한 전력산업인프라구축지원 사업으로 수행된 논문입니다.

### References

- [1] Morgan H.L., Chan and Robert W. Donalson, "Amplitude, Width, and Interarrival Distributions for Noise Impulses on Intra-building Power Line Communication Networks," IEEE Trans. on Electro-magnetic Compatibility, Vol. 31, No. 4, August 1989.
- [2] Klaus M. Dostert, "Frequency Hopping Spread Spectrum Modulation for Digital Communication Over Electrical Power Lines," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.8, No. 4, May 1990.
- [3] K. R. George, "Load Management and Feeder Automation through the Use of Power Line Carrier", Pennsylvania Electric Association, Spring Meeting Meter Committee, May. 15(1981).
- [4] Roger M. Vines, H. Joel Trussell, Louis J. Gale, and J. Ben O'neal Jr., "Noise on Residential Power Distribution circuits," IEEE trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. EMC - 26, pp16-168, 1984.
- [5] Peter K. Van Der Gracht and Robert W. Donalson, "Communication Using Pseudonoise Modulation on Electric Power Distribution Circuits," IEEE Trans. on Communication, Vol. COM-33, pp964-975, September 1985.
- [6] Morgan H.L., Chan and Robert W. Donalson, "Attenuation of Communication Signals on Residential and Commercial Intra-building Power-Distribution Circuits," IEEE Trans. on Electro-magnetic Compatibility, Vol. EMC-28, No. 4, November 1986.

### ◆ 저자소개 ◆

#### 김호수 (金鎬洙)

1977년 9월 15일생. 2002년 2월 영동대학교 전자공학과 공학사. 현재 충남대학교 공과대학 대학원 전기공학과 sd석사과정 재학중.

#### 이명섭 (李明燮)

1961년 2월 12일생. 1983년 충남대학교 물리학과 이학사. 2003년 동 대학원 물리학과 졸업(이학박사). 1988~1991년 표준연 천문우주연구소 연구원. 현재 (주)사람과 사람들 개발부 제품개발 이사.

#### 구경완 (丘庚完)

1961년 2월 5일생. 1983년 충남대학교 전자공학과 공학사. 1992년 동 대학원 전자공학과 졸업(공학박사). 1987~1989년 현재전자(주) 반도체연구소 선임연구원. 현재 영동대학교 전자공학과 교수.

#### 한상옥 (韓相玉)

1946년 5월 12일생. 1974년 충남대학교 공업교육과(전기)졸업. 1986년 인하대학교 전기공학과 졸업(공학박사). 1985년 독일 하노버대 객원교수. 1989년 일본 나고야대 객원교수. 현재 충남대학교 전기공학과 교수.