

## 전력선과 조명등을 이용한 음향신호 전달

Sound Transmitting System using Power Line and Lamp

주경돈\*, 강민우\*, 구경완\*, 이승권\*\*, 이명섭\*\*

(Kyung-Don Joo\*, Min-Woo Kang\*, Kyung-Wan Koo\*, Seung-Kwon Lee\*\*, Hyung-Sup Lee\*\*)

### Abstract

전력선과 조명등을 이용한 음향전달 시스템을 구성하여 어학실습 교육용으로의 활용 가능성을 평가하였다. 음성신호를 변조하여 전력선에 실어 보내는 송신기와 조명등의 빛으로부터 음성신호를 검출하여 이어폰 또는 헤드폰 등으로 들을 수 있는 수신기로 구성하였다. 제작한 송신기와 수신기의 주파수 특성과 스펙트럼분석을 하였다. 스피커로 출력되는 음질상태는 최적상태는 아니지만 음성이나 노래 등을 이용한 어학실습 교육용으로는 충분한 수준이었다.

**Key Words** : 전력선 통신, 조명등, 음향신호전달, 송신기, 수신기, 주파수 특성

### 1. 서론

외국어의 조기교육 열풍 속에서 특히 영어의 조기교육 필요성이 대두되면서 초등학교에서 영어교육이 실시되고 있지만, 제대로 갖추어진 어학실습실을 갖추고 있는 학교는 드문 실정이다. 실제로 영어교육은 하고 있으나 그 학습효과와 학습만족도가 매우 떨어지고 있다. 그 이유 중의 하나는 전문교사와 원어민 교사의 부족에 따라 녹음기를 많이 사용하는데 있다고 할 수 있다. 녹음기로 발음을 청취하기에는 방음장치, 외부소음, 거리의 한정, 산만한 학습분위기 등에 많은 제약을 받고 있다. 특히 녹음기와 멀리 떨어져 앉아있는 학생들은 또렷한 음질이 아닌 웅웅거리는 소리만 들려 학습효과가 크게 떨어지는 실정이다. 이러한 문제점을 안고 있는 어학실습교육을 보다 합리적이면서 간편하고 학습효과를 극대화할 수 있는 방안으로

로 전력선을 이용하여 음성신호를 보내고 그 음성신호를 백열등 또는 형광등과 같은 조명등의 빛으로 나오게 한 후, 수신기로 그 음성신호를 검출하여 이어폰 또는 헤드폰 등으로 들을 수 있게 구현하였다.

현재 상용교류전원으로 동작하는 형광등을 직류로 구동시켰으며, 이 때 두 경우에 있어서의 광특성을 비교하였으며, 제작한 송신기 및 수신기의 주파수특성을 살펴보았다. 또한 송신기에서 보낸 음성신호를 수신기로 검출한 다음 수신파형과 그때의 스펙트럼을 측정하였으며, 스피커로 출력되는 음질 상태를 청취해 본 결과, 음질상태가 최적상태는 아니지만 음성이나 노래 등을 이용한 어학 교육용으로는 전혀 문제가 없었다.

### 2. 시스템 구성

본 시스템은 그림 1과 같이 크게 송신부와 수신부로 이루어져 있다. 송신부에는 상용전원인 교류 220V 전압을 직류로 바꾸어주는 정류 및 평활회로, 음성신호를 증폭하는 전력증폭기, 증폭된 음성신호를 정류된 직류전압에 실어주는 AM 변조기, 변조된 음성신호를 빛으로 변환해 주는 형광등으

\*영동대학교 정보·전자공학부

\*\*충남대학교

(충북 영동군·읍 설계리 산 12-1 영동대학교,

대전광역시 유성구 궁동 220 충남대학교

Fax: 043-740-1129

E-mail : alramkoo@youngdong.ac.kr

로 구성되어 있다. 수신부는 음성신호가 실려 있는 빛을 검출할 수 있는 포토센서, 잡음을 제거하는 필터회로, 이어폰이나 스피커로 들을 수 있게 하는 전력증폭기로 구성되어 있다. 또한 송신부에는 AM 및 FM 라디오 튜너 그리고 녹음기를 장착하여 라디오 청취나 녹음테이프로 음악이나 어학 등을 송신하도록 하였으며, 수신부는 cds를 이용하여 거리에 따라 빛의 세기가 달라지는 것에 따른 검출감도를 자동으로 조절되도록 하였다.

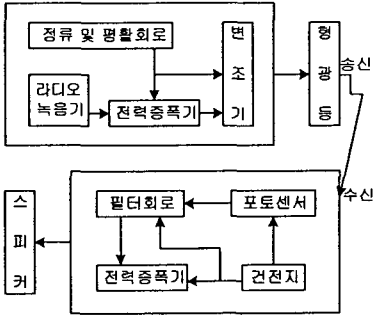


그림 1. 시스템 개요도

## 2.1. 송신기

### 2.1.1 정류 및 평활회로

상용전원인 교류 220V를 브릿지 다이오드로 전파 정류하고, 캐패시터를 이용하여 평활시켜 형광등을 직류로 구동할 수 있게 하였다.

### 2.1.2 전력증폭기 및 진폭변조기

마이크나 튜너 그리고 녹음기 픽업에서 나오는 신호는 매우 미약하므로 직접 전력선에 신호를 실기에는 매우 어렵다. 따라서 전치증폭기를 제작하여 입력된 신호를 크게 한 다음 이를 전력증폭하여 전력선에 변조시켰다. 이때 전치증폭기는 2개의 트랜지스터를 이용하여 전압을 증폭하였으며, 전력증폭기는 단전원용 OTL 30W급으로 설계 제작하였다. OTL 전력증폭기는 출력단이 트랜스포머가 아닌 캐패시터로 구성된 것으로 그 캐패시터의 출력에 변조용 트랜스포머를 연결하였다. 변조용 트랜스포머는 일반적인 100W급 96-40 규소강판형으로 사용하였으며, 1차는 직경 0.7mm인 에나멜선을 N회, 2차는 직경 1.2mm 에나멜선을 M회를 감아 전압을 4배정도 올렸다. 다시 말해서 전력증폭기에서 출력되는 신호의 첨두치가 10V라면 변조를 위

한 전압은 40V가 되나 이는 변조 전압이 커서 조명등의 밝기에 크게 영향을 주므로 전력증폭기의 입력단에 가변저항을 이용하여 사람의 눈에 영향을 미치지 않도록 조절하도록 하였다.

또한 정류회로와 진폭변조기, 조명등을 직렬로 연결하여 음성신호가 조명등의 빛에 직접 실리게 하였다.

## 2.2 수신기

### 2.2.1 광검출 및 자동증폭회로

빛을 검출하는 센서로는 cds, sola-cell, 포토다이오드, 포토트랜지스터 등이 있다. cds는 빛의 세기에 따라 그 저항값이 달라지는 소자로 응답속도가 느리고 빛의 세기에 따른 저항변화의 직선성이 다소 떨어지며, 이에 반해 포토다이오드나 포토트랜지스터는 빛의 세기에 따른 출력전류의 직선성이 우수할 뿐만 아니라 고속의 응답성, 암전류와 온도에 대한 특성변화가 적고 또한 신뢰성이 높다. 특히 포토트랜지스터는 전류이득을 가지고 있어서 바이어스전압을 걸어 구동시키면 전류를 증폭할 수 있어 cds나 포토다이오드와 같이 별도의 증폭회로가 필요치 않게 구성할 수 있다.

본 시스템에서는 형광등에 실린 음성신호를 검출하기 위해 포토트랜지스터를 사용하였으며, 나아가 cds를 포토트랜지스터의 바이어스저항으로 사용하여 빛의 평균세기에 의한 포토트랜지스터의 전류의 포화를 방지하고 검출감도 즉, 증폭도를 자동으로 조절되도록 하였다.

### 2.2.2 필터회로 및 전력증폭기

형광등은 다른 조명등과 마찬가지로 빛을 발하기 시작하면 동시에 열잡음을 발생하며, 특히 전자식 형광등과 같은 경우에는 높은 주파수로 스위칭하여 동작시키고 있으므로, 이에 대한 대책이 필요하여 저역필터를 사용하여 제거시켰다. 이때 저역필터의 차단주파수는 20KHz로 하였다.

수신기는 9V 건전지를 사용하였으며, 전력증폭기는 IC로 패키징되어 있는 삼성반도체의 KA2201을 사용하였다.

## 3. 성능실험 및 결과

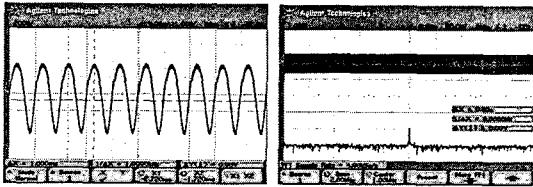
### 3.1 송신기

#### 3.1.1 무부하시 주파수특성

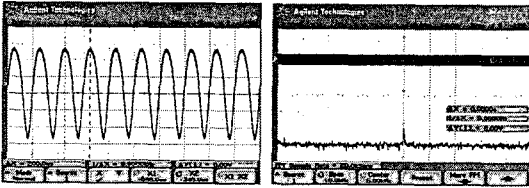
송신기에 대한 주파수특성을 보기 위해 송신기에 신호발생기로 1KHz, 5KHz, 10KHz, 15KHz, 20KHz 정현파를 입력하고 그 출력파형과 스펙트럼을 측정하였다.

그림 2에서와 같이 형광등 즉, 무부하 상태에서의 송신기의 주파수 특성과 스펙트럼을 본 것이다. 그림에서와 같이 정현파의 출력파형은 일그러짐 없이 측정되었으며, 스펙트럼을 본 결과 2차 주파수가 약하게 나타나는 것을 볼 수 있었다.

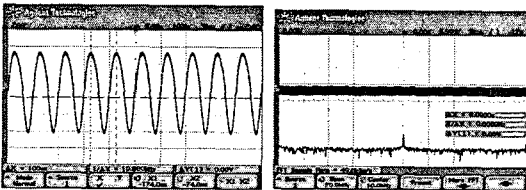
그러나 15KHz에서는 10KHz의 스펙트럼이 관측되었는데 이는 트랜스포머의 약한 공진현상으로 사료된다.



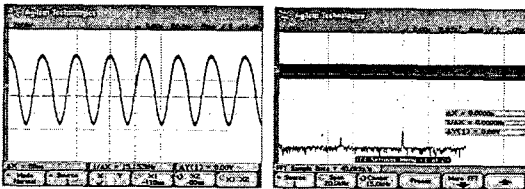
(A) 1KHz



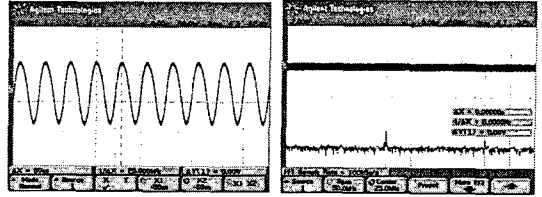
(B) 5KHz



(C) 10KHz



(D) 15KHz



(E) 20KHz

그림 2. 무부하시 송신기의 출력파형 및 스펙트럼

### 3.1.2 부하(형광등)에 따른 주파수특성

송신기에 정현파를 입력하고 출력 단에 전자식 형광등을 연결하여 이때의 출력파형과 스펙트럼을 측정하였다.

그림 3과 그림 4는 부하에 의한 송신기의 출력의 결과로 그림3은 신호를 입력하지 않고 부하만 건 상태에서 측정한 것으로 43KHz의 높은 주파수를 볼 수 있었다. 이는 전자식안정기에서 형광등을 켜기 위해 스위칭하고 있기 때문이다.

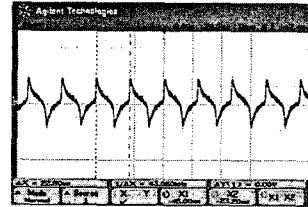
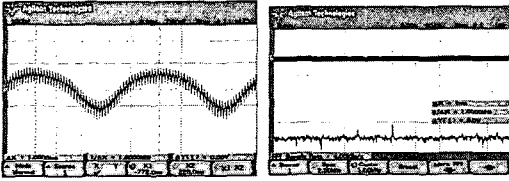


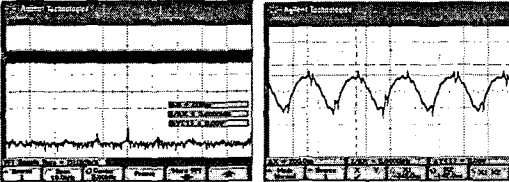
그림 3. 무신호에 의한 부하시 송신기의 출력파형

그림 4는 무부하시와 마찬가지로 1KHz, 5KHz, 10KHz, 15KHz, 20KHz를 각각 입력하고 그때에 출력되는 파형과 스펙트럼을 측정한 것으로 (A)에서 보는 것과 같이 1KHz 입력신호에 전자식안정기의 스위칭 주파수가 같이 실려 있는 것을 볼 수 있으나 입력주파수가 높아짐에 따라 스위칭 주파수가 사라지고 있는 것을 볼 수가 있었으며, 20KHz에서는 체배가 되어 40KHz의 주파수가 측정되었다.

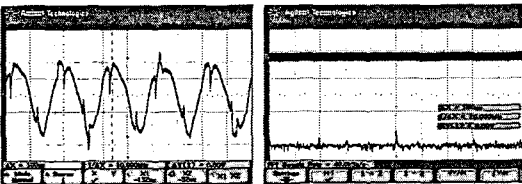
입력주파수가 높아짐에 따라 전자식 안정기의 스위칭 주파수가 나타나지 않는 것은 신호변조를 위한 변조트랜스와 입력신호 그리고 전자식안정기의 스위칭 주파수들이 상호작용에 의해 공진되거나 상쇄되어 나타나는 것으로 생각된다.



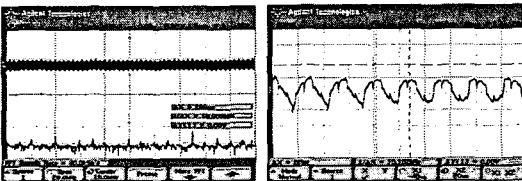
(A) 1KHz



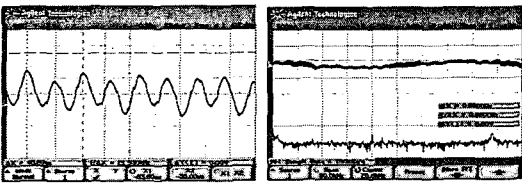
(B) 5KHz



(C) 10KHz



(D) 15KHz



(E) 20KHz

그림 4. 부하시 송신기의 출력파형 및 스펙트럼

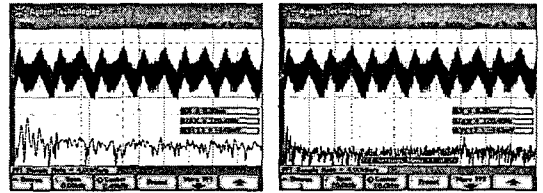
### 3.2 수신기

#### 3.2.1 상용교류전원과 직류전원에서 형광등의 광 특성

일반 상용전원에서 동작하는 전자식형광등에서 나오는 빛을 포토트랜지스터를 이용하여 검출하고 그 파형과 스펙트럼을 측정하였다.

그림 5에서와 같이 형광등에서 동작되는 주파수는 120Hz이지만 빛을 통해 검출되는 주파수는 그 두배인 240Hz이며, 이때의 스펙트럼은 40KHz 근처의 스위칭 주파수와 1KHz 이내에서 많은 스펙트럼이 측정되었다. 특히 500Hz 이내에 스펙트럼이 집중되어 있는 것을 볼 수 있는데 이는 상용전원의 60Hz와 형광등의 동작주파수인 120Hz 그리고 빛으로 나온 240Hz 등의 스펙트럼과 그 체배 주파수의 스펙트럼이 관찰되어진 것으로 생각되어진다.

그림 6은 본 연구에서 제작한 필터회로를 장착하였을 때의 파형으로 스위칭 주파수의 파형이 제거되었으며, 스펙트럼 또한 나타나지 않았다.



(A) 스위칭 주파수 (B) 120Hz 부근 확대

그림 5. 상용전원에서 전자식형광등의 광파형 및 스펙트럼

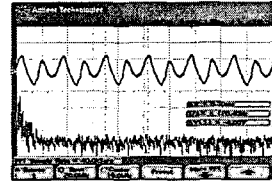
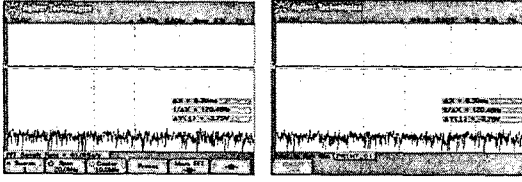


그림 6. 필터회로를 통한 전자식 형광등의 파형 및 스펙트럼

다음으로 직류전원 측, 신호를 인가하지 않은 송신기로 동작시킨 형광등의 빛의 파형과 스펙트럼은 그림 7과 같다.

필터를 통하지 않은 상태에서 측정한 그림인 (A)에서 스펙트럼을 보면 14KHz 근처에서 미약한 신호가 나오고 있는 반면 필터를 통한 (B)에서는 그 신호가 완전 제거됨을 볼 수 있었다.

14KHz 근처의 주파수는 앞서서도 언급한 바와 같이 트랜스포머와 스위칭 주파수 등에 의한 상호작용에 의해 생긴 것으로 추정된다.



(A) 필터를 안 통한 상태 (B) 필터를 통한 상태  
 그림 7. 무신호시 직류전원에 의한 형광등의 광파형 및 스펙트럼

### 3.2.2 송신기를 통한 수신기의 특성

수신기의 특성은 빛이 없는 상태와 송신기에 1KHz, 5KHz의 정현파 신호를 인가하여 그 신호가 형광등에 실리게 한 다음 나온 빛을 검출하여 증폭하고 필터링한 상태에서 송신기에 인가한 정현파 신호가 제대로 나오는지 보았다.

그림 8은 빛이 없는 상태에서 측정된 것이며, 그림 9는 송신기에 1KHz, 5KHz 정현파를 인가하여 수신기로 검출한 파형과 스펙트럼을 측정된 것이다.

그림 8에서 보면 빛이 없는 상태에서도 60Hz의 잡음이 발생하고 있는 것을 볼 수 있는데 이는 수신기의 감도가 민감하여 외부로부터 들어오는 것으로 보여지며, 그림 9에서는 60Hz 잡음이 원래 신호에 섞여있는 것을 볼 수가 있지만 원래 신호의 스펙트럼이 크게 나타나고 있음을 알 수 있다.

또한 60Hz의 잡음은 스펙트럼 상에서는 나타나지만 실제 스피커로 출력되어 음향으로 전달될 때는 거의 들리지 않았다.

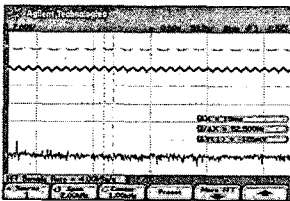
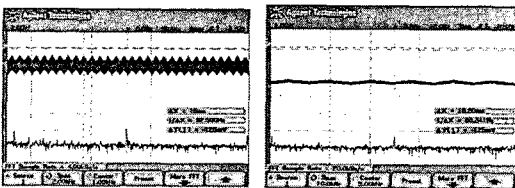


그림 8. 암실 조건에서 수신기의 특성



(A) 1KHz (B) 5KHz

그림 9. 송신기에 의한 수신기의 출력파형 및 스펙트럼

## 4. 결론

이상과 같이 형광등을 직류로 구동하고 음성신호를 변조한 송신기와 빛을 검출하여 음성신호를 복조하여 다시 음성신호로 변환해 주는 수신기를 제작하여 그 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 일반 할로겐램프와 마찬가지로 형광등도 직류 동작이 가능하였다.
- 무부하시 입력신호 외의 스펙트럼이 없었다.
- 부하상태에서는 영향을 받는다.
- 부하상태에서 스위칭 주파수인 43KHz 스펙트럼이 있었다.
- 15KHz 입력 시 10KHz의 스펙트럼이 발생하였다.
- 20KHz 입력 시 체배가 되었다.
- 상용전원에서 동작하는 형광등은 많은 잡음을 지니고 있다.
- 필터를 통과한 빛의 신호는 깨끗해졌다.
- 암실 조건에서 고감도에 의한 외부잡음의 영향을 받았다.
- 송신기에 의한 수신시 60Hz의 외부잡음 스펙트럼이 나타났으나 증폭되지 않은 상태로 스피커로 출력되어 음향으로 전달될 때 거의 들리지 않았다.

### [참고문헌]

- [1] 손승만, 류지원, 연제문, 구경완, 이명섭  
 “태양전지를 이용한 송·수신기” 한국전기전자재료학회 2000년도 추계학술대회 pp417~420, 2000
- [2] 구경완, 이명섭, 김홍덕  
 “전력선과 조명기기를 통신 매체로 하는 송·수신기” 특허출원 10-2000-0081424