

빛을 이용한 음성통신시스템 특성에 관한 연구

윤만영[†], 신종순

[†]중부대학교 공과대학 정보통신학과, 중부대학교 공과대학 인쇄미디어학과
(2005년 10월 10일 접수, 2005년 11월 4일 최종 수정본 접수)

Study on the Characteristics of Voice Communication System using Lights

Man-Young Yoon[†], Jong-Soon Shin

[†]Dept. of Information & Communications, College of Engineering, Joong-Bu University,
Dept. of Graphic Arts & Media, College of Engineering, Joong-Bu University
(Received 10 October 2005, in final form 4 November 2005)

Abstract

This analog communication system overcomes a limit of the digital communication that used an electric power line, and shows a strong characteristic by decrease of impedance along a load or surge-voltage and the same noise. this system is to detect an sound signal added to light through an photo-sensor and a filter circuit. And a signal detected in this way is transmitted to sound through a speaker of an earphone again.

1. 서 론

디지털 혁명을 통한 정보화 사회에서는 다양한 정보가 생산되고 생산된 정보를 고속으로 전송하는 고속통신시스템이 요구되며, 이에 부응하기 위하여 통신관련 산업도 기존의 아날로그통신 방식에서 고속전송에 유리한 디지털통신 방식으로 대체되었으며, 현재도 디지털통신 시스템을 중심으로 지속적인 연구 및 개발이 진행되고 있다.

일반적으로 통신방식과 전송매체는 데이터양과 전송 속도 등을 고려하여 선택하며, 주고받는 데이터양이 적고 전송속도도 크게 문제가 되지 않는 음성통신의 경우에는 전력

선 반송을 통한 아날로그 통신으로서 통신선로 확보에 대한 부가설치 비용, 네트워크 드라이버를 위한 파워공급 절감, 유동적인 네트워크 노드활용 등의 많은 이점을 근거로 최근 HA(home automation), OA(office automation)등을 목적으로 전력선을 전송매체로 활용하여 고속의 디지털 데이터 통신시스템으로 연구개발이 진행되고 있으나, 잡음장애를 극복하지 못하고 있는 실정이다.¹⁻³⁾

전력선통신(Power Line Communication, 이하 PLC)이란 전력을 공급하는 전력선을 매체로 음성과 데이터를 수백 KHz ~ 수십 MHz 이상의 고주파 신호에 실어 통신하는 기술을 의미한다. 이 기술을 응용할 경우 홈 네트워킹, 정보 가전, 전력망 관리 등이 가능하다.

PLC는 전력선을 매체로 통신하기 때문에 전용 통신용 케이블이나 광섬유를 이용한 데이터 전송에 비해 높은 부하와 간섭현상, 잡음, 수시로 변하는 임피던스(Impedance)와 신호 감쇠 현상 등의 특수한 환경을 극복하고 제한된 전송 전력을 통해 데이터를 전달해야 하는 어려움이 따른다.^{4, 5)} 따라서 전력선을 활용한 개발이 대부분 디지털중심으로 이루어지고 있으나 적은 양의 데이터, 전송속도가 다소 느려도 지장이 없는 시스템에서는 전력선의 활용도 또한 높은 반면, 초고속 인터넷 같이 많은 데이터양을 아주 빠른 전송속도로 전력선을 통하여 주고받기에는 해결되어야 할 어려움이 많다. 다시 말해서 각종 잡음이나 임피던스의 변화에 대한 대처 방안에 대해서 현재 많은 연구 및 개발이 활발하게 진행되고 있으나 다만 데이터 에러율을 줄이는데 그 초점이 맞추어져 있어 근본적인 문제 해결을 위한 실마리가 그리 쉽게 풀리지 않고 있는 실정이다.

반면에 아날로그 통신의 경우에는 잡음이나 임피던스의 변화에 강한 이점을 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

따라서 전력선을 이용한 디지털통신의 한계를 대신할 수 있는 전력선과 조명등을 전송매체로 부하에 따른 임피던스의 감쇠와 서지전압 등과 같은 잡음에 강한 특성을 나타내는 아날로그 통신시스템, 즉 전력선에 음성신호를 변조하여 형광등과 같은 빛으로부터 나오는 빛에 그 음성신호가 실리도록 하고 이를 다시 광필터로 검출하고 음성신호만을 분리하여 이에 따른 주파수 특성을 조사하였다.

2. 실 험

2-1. 시스템의 구성

본 시스템은 Fig. 1과 같이 크게 송신기와 수신기로 구성하였다. 송신기에는 상용전원

인 교류 220V를 직류로 바꾸어주는 정류 및 평활회로, 음성회로를 증폭하는 전력증폭기, 증폭된 음성신호를 정류된 직류전압에 실어주는 AM 변조기, 변조된 음성신호를 빛으로 변환해 주는 형광등으로 구성하였으며, 수신기는 음성신호가 실려 있는 빛을 검출할 수 있는 포토센서, 잡음을 제거하는 필터회로, 이어폰이나 스피커로 들을 수 있게 하는 전력증폭기로 구성하였다. 또한 송신기에는 AM 및 FM 라디오 튜너 그리고 녹음기를 장착하여 라디오 청취나 녹음테이프를 음악이나 어학등을 송신하도록 하였으며, 수신기는 cds를 이용하여 거리에 따라 빛의 세기가 달라지는 것에 따른 검출감도를 자동으로 조절되도록 하였다.

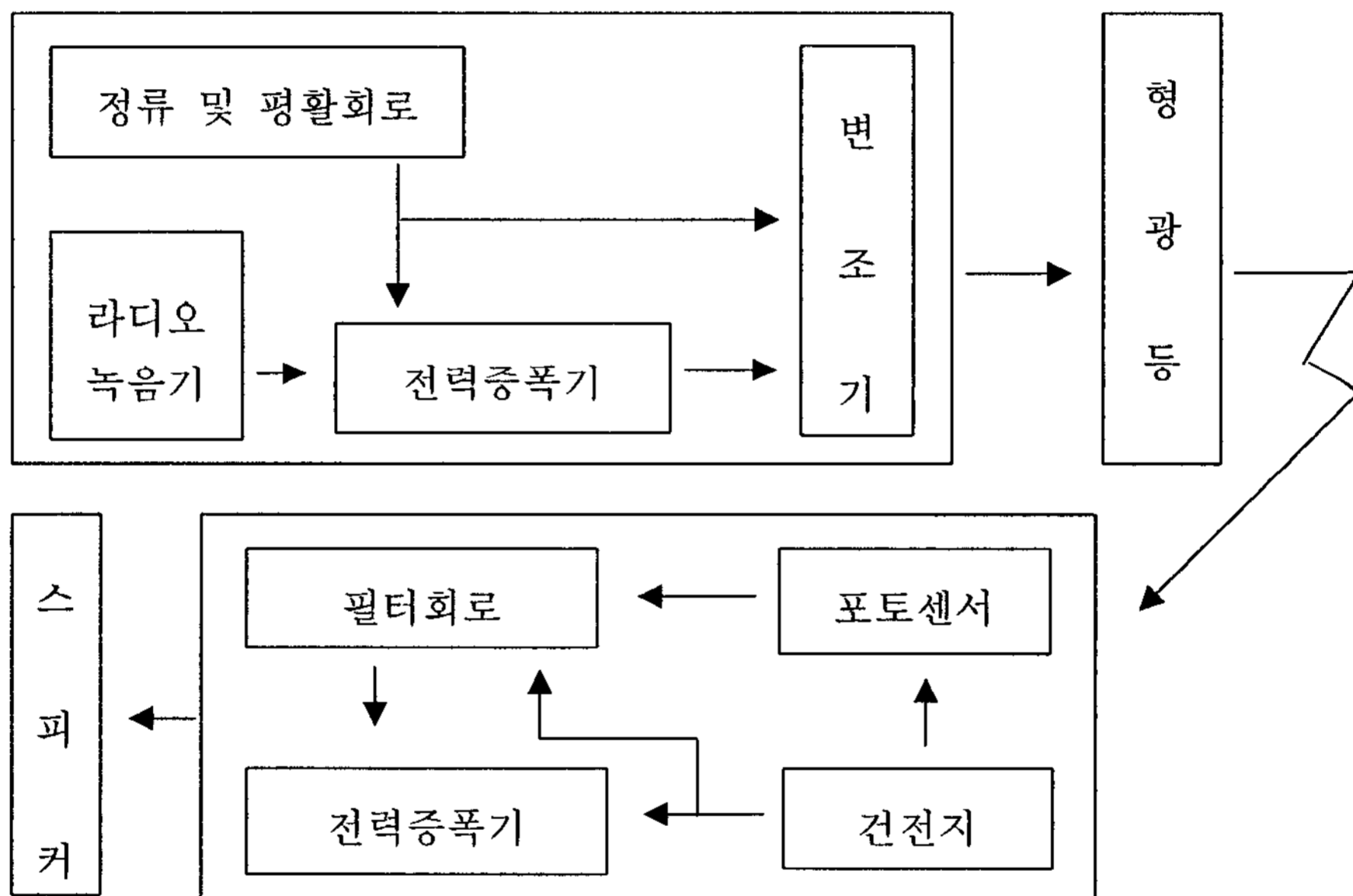


Fig. 1 Block diagram of system.

2-2. 송신기의 정류 및 평활회로

교류를 직류로 바꾸어주는 정류회로는 반파정류와 전파정류회로가 있으며, 효율은 전파정류회로가 더 높은 장점을 지니고 있다. 이러한 정류회로로 정류된 교류는 맥류형태로 되기 때문에 직류전원으로 바로 사용할 수 없으므로 평활을 시켜주어야 하며, 평활회로에 사용되는 것으로는 인덕터와 캐패시터가 있으나 주로 캐패시터를 사용을 하였다.

Fig. 2는 조명등을 직류로 구동시키기 위한 정류 및 평활회로로 사용전원인 교류 220V를 브릿지다이오드로 전파정류를 하고 캐패시터를 이용하여 평활시켜 형광등을 조

작성했다.

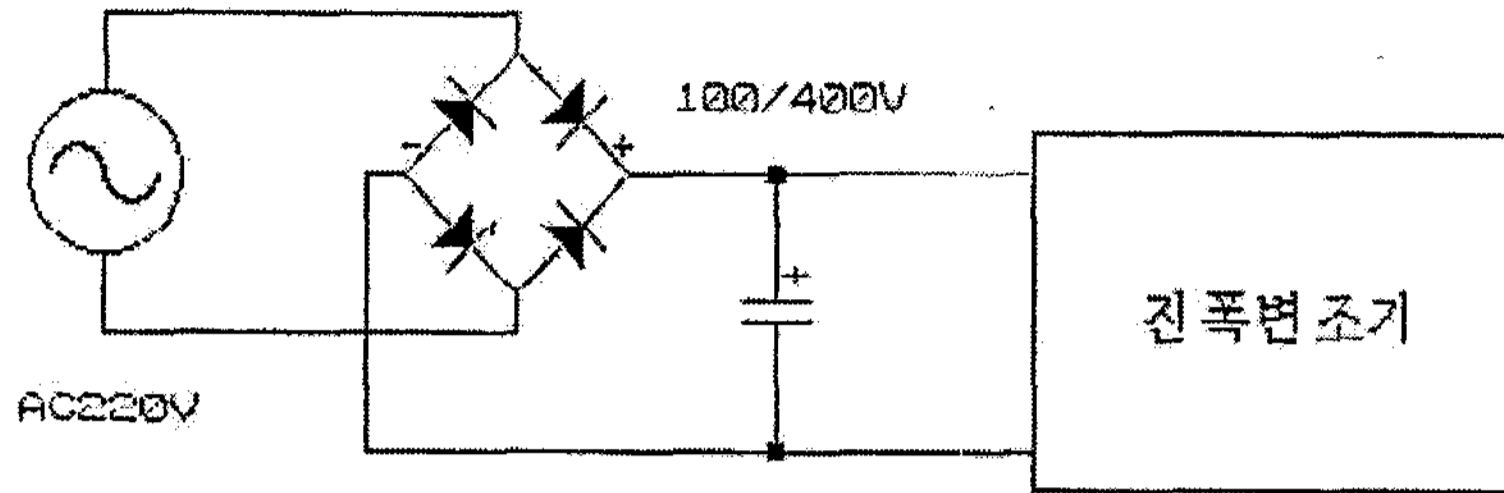


Fig. 2. Rectifier.

2-3. 수신기의 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 위하여 Fig. 3과 같이 구성을 하였으며, 광검출 소자로는 광전자의 ST3811 포토트랜지스터를 사용하였다. 나아가 cds를 포토트랜지스터의 바이어스저항으로 사용하여 빛의 평균세기에 의한 포토트랜지스터의 전류의 포화를 방지하고 검출감도 즉, 증폭도를 자동으로 조절되도록 하였다.

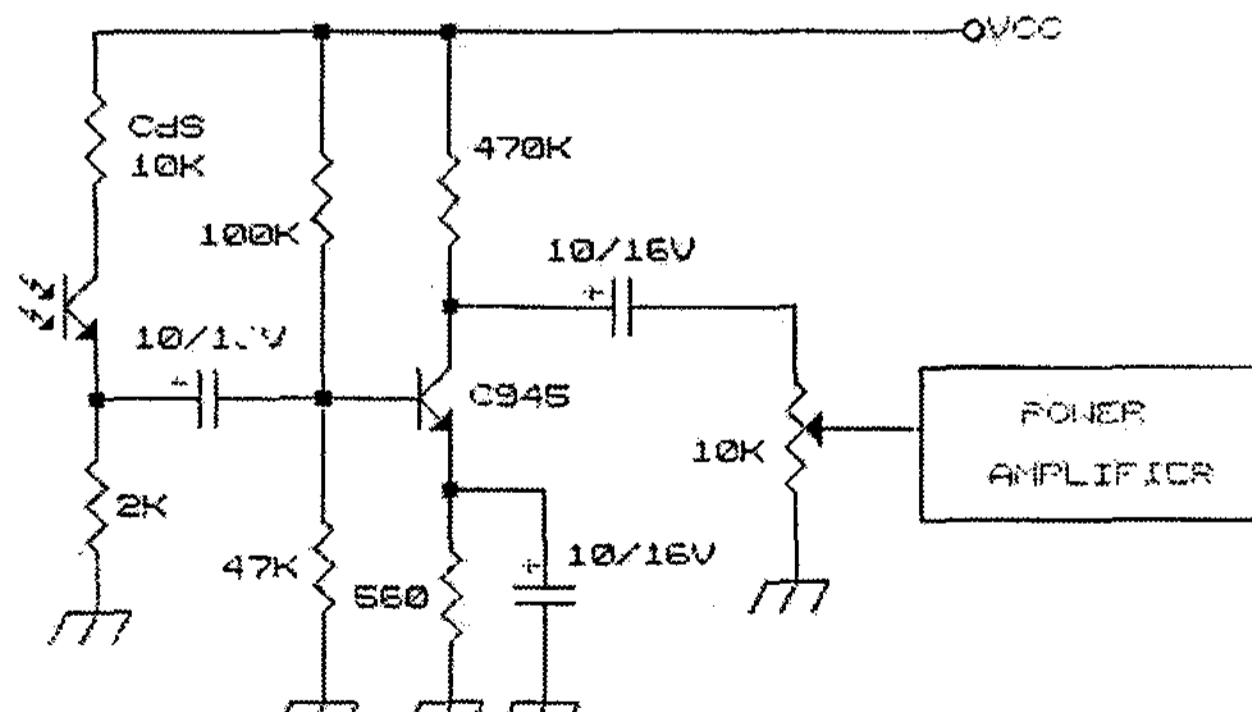
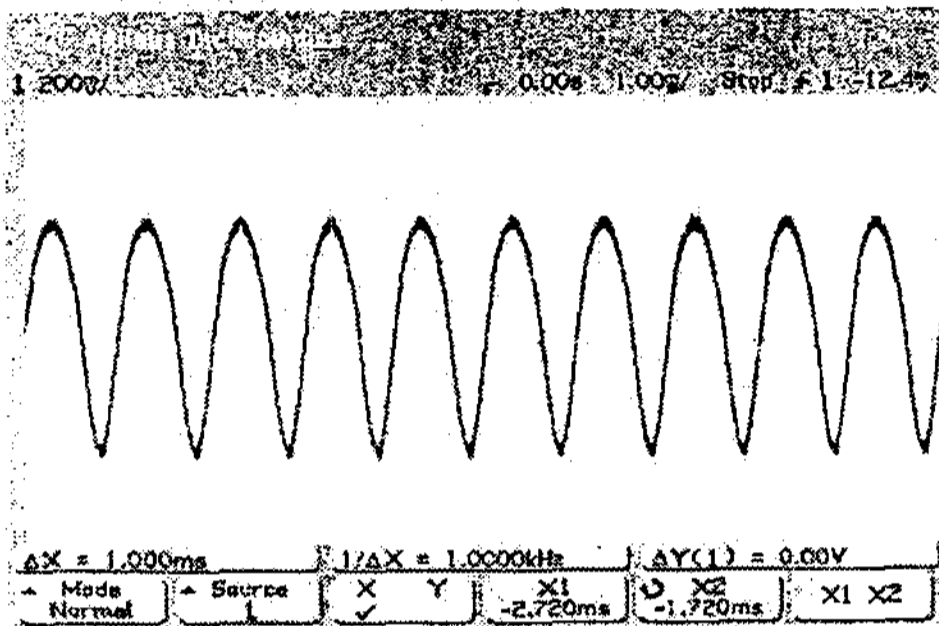


Fig. 3. Photo-detector and auto-gain circuit.

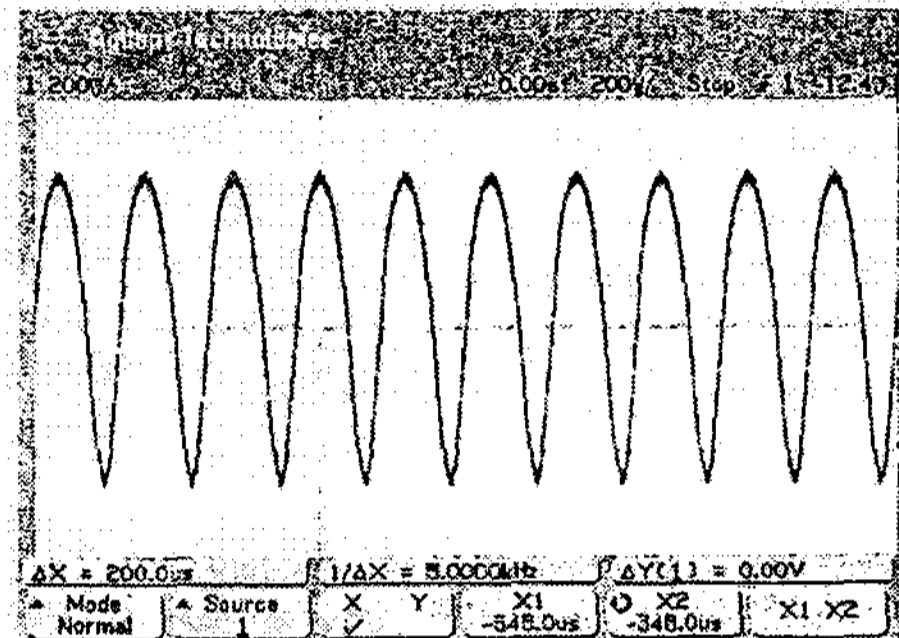
3. 결과 및 고찰

3-1. 송신기 무부하에 따른 주파수 특성

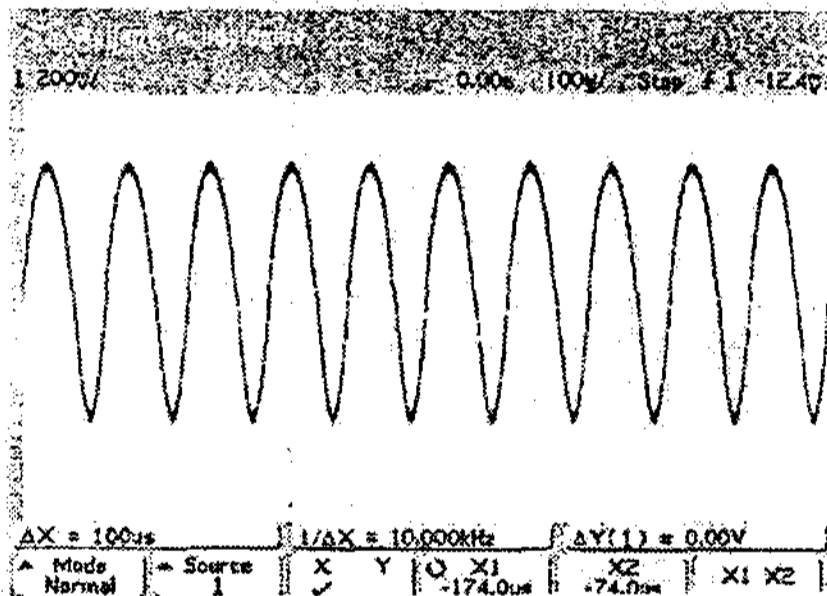
송신기에 대한 주파수특성을 보기 위해 송신기에 신호발생기로 1 KHz, 5 KHz, 10 KHz, 15KHz 정현파를 입력하고 그 출력파형과 스펙트럼을 측정하였다.



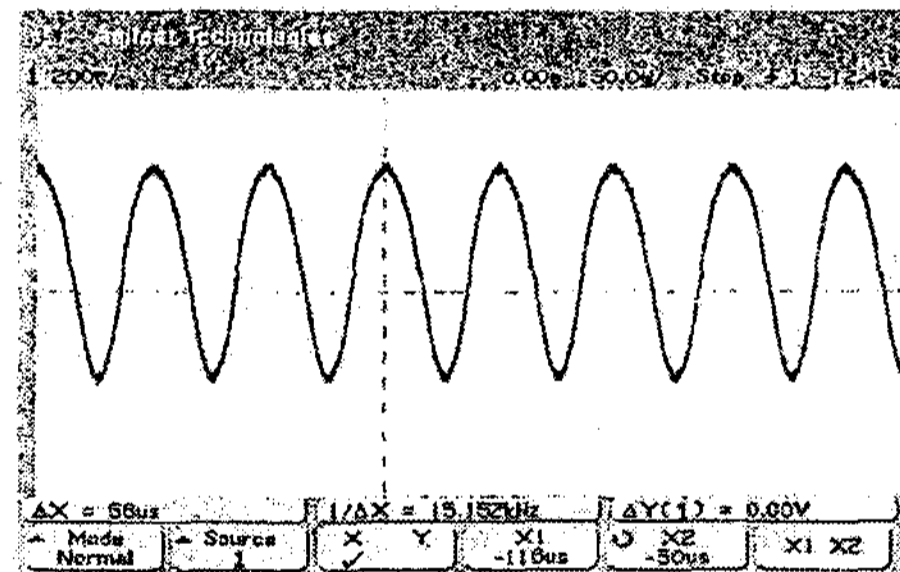
(a) 1 KHz



(b) 5 KHz



(c) 10 KHz



(d) 15 KHz

Fig. 4. Wave form of transmitter at the unload.

Fig. 4는 형광등 즉, 무부하 상태에서의 송신기의 주파수 특성을 측정한 것이다. Fig. 4와 같이 정현파의 출력파형은 일그러짐 없이 깨끗하게 측정되었다.

3-2. 송신기 부하에 따른 주파수 특성

송신기에 정현파를 입력하고 출력 단에 전자식 형광등을 연결하여 이때의 출력파형을 측정하였다. Fig. 5와 Fig. 6은 부하에 의한 송신기 출력의 결과로 Fig. 5는 신호를 입력하지 않고 부하만 건 상태에서 측정한 것으로 43 KHz의 높은 주파수를 볼 수 있었다. 이는 전자식안정기에서 형광등을 켜기 위해 스위칭하고 있기 때문이다. Fig. 6은 무부하

시와 마찬가지로 1 KHz, 5 KHz, 10 KHz, 15 KHz, 20 KHz를 각각 입력하고 그때에 출력되는 파형과 스펙트럼을 측정한 것으로 (a)에서 보는 것과 같이 1KHz 입력신호에 전자식안정기의 스위칭 주파수가 같이 실력 있는 것을 볼 수 있으나 입력주파수가 높아짐에 따라 스위칭 주파수가 사라지고 있는 것을 볼 수 있었으며, 20 KHz에서는 체배가 되어 40 KHz의 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 판단된다.

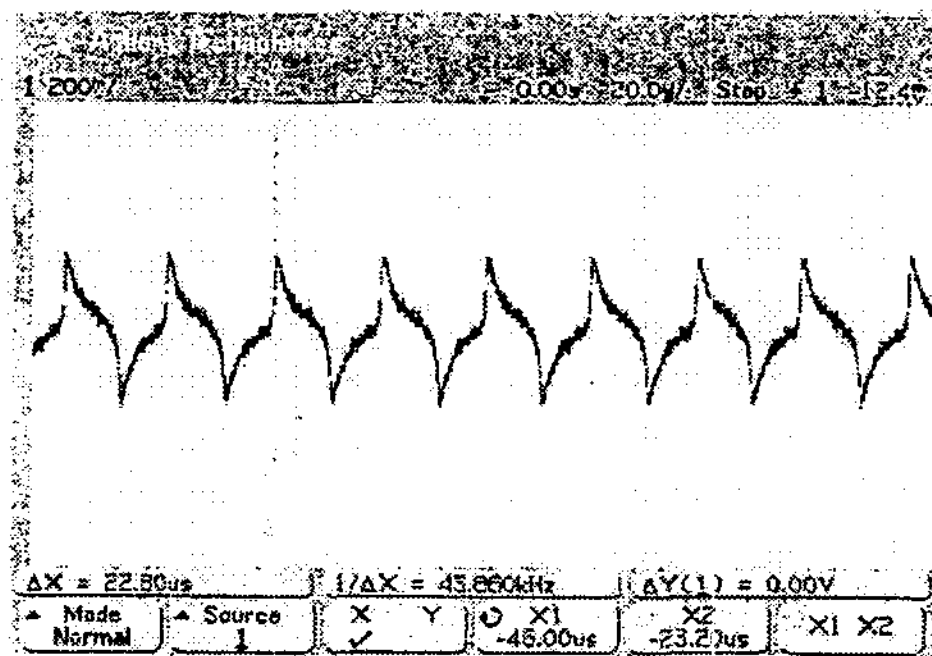
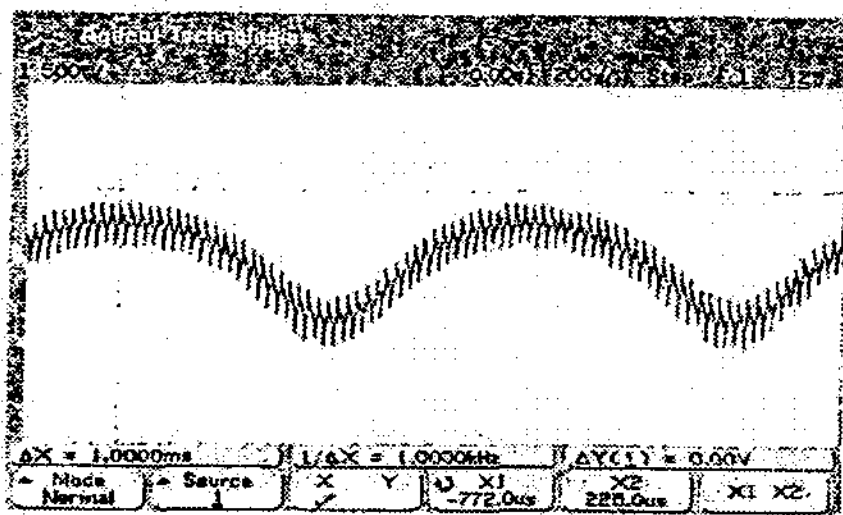
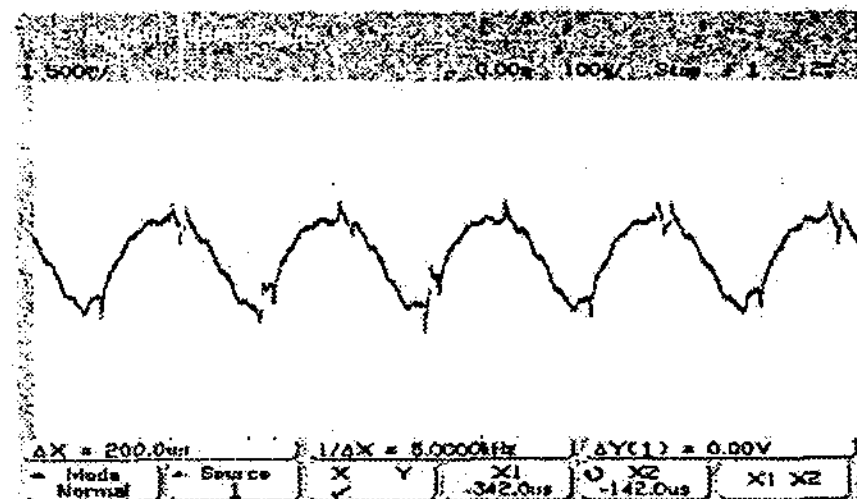


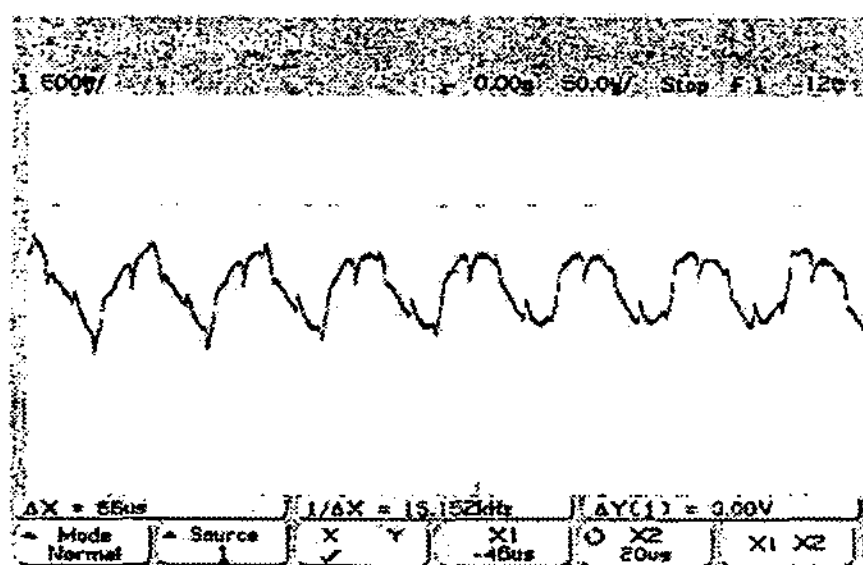
Fig. 5. Wave form of transmitter at the load by non-signal.



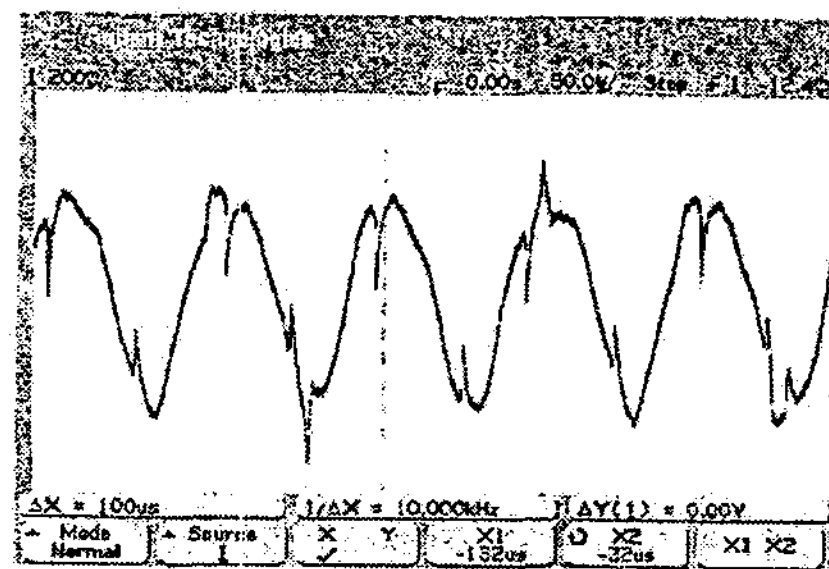
(a) 1KHz



(b) 5KHz



(c) 10KHz



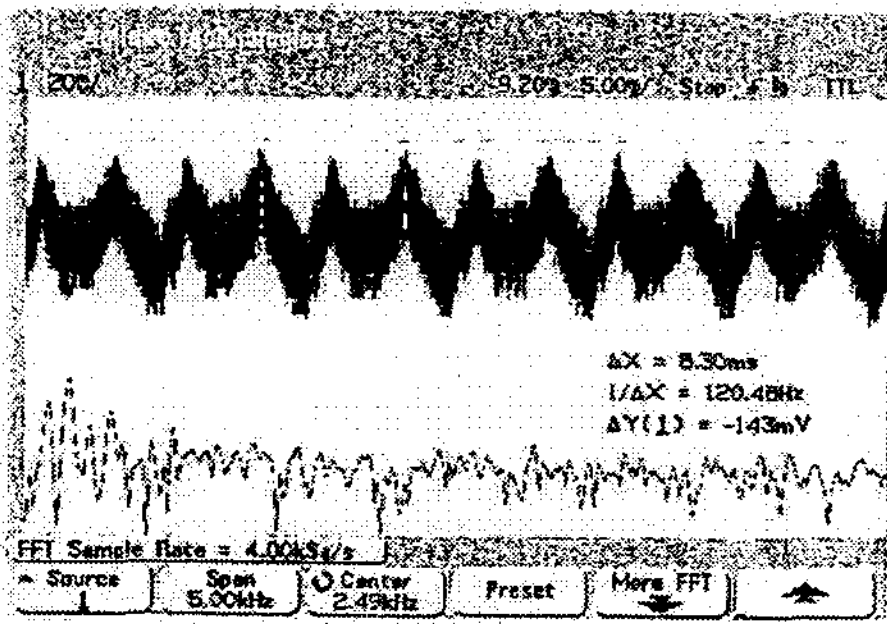
(d) 15KHz

Fig. 6. Wave form of transmitter at the load.

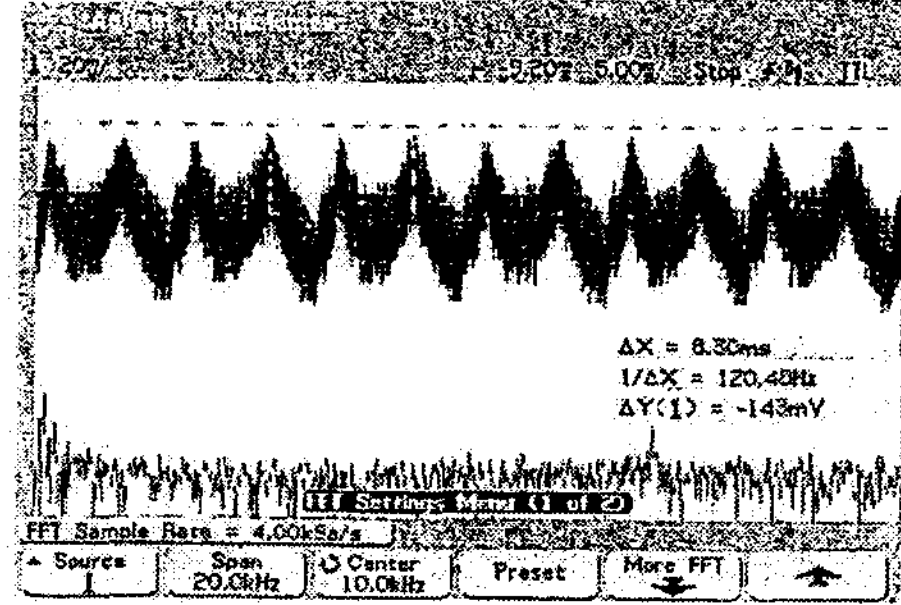
3-3. 수신기 상용교류전원과 직류전원 구동시의 주파수 특성

일반 상용전원에서 동작하는 전자식형광등에서 나오는 빛을 포토트랜지스터를 이용하여 검출하고 그 파형과 스펙트럼을 측정하였다. Fig. 7의 (a)는 형광등에서 나오는 빛의 파형을 측정한 것으로 방전관의 특성으로 보이는 240 Hz에 전자식 안정기에서 발생하는 스위칭 주파수가 복잡하게 실려 있는 것을 볼 수 있으며, (b)는 좀더 확대하여 그 스펙트럼을 측정한 것으로 특히 500 Hz 이내에 스펙트럼이 집중되어 있는 것을 볼 수 있는데 이는 상용전원의 60 Hz와 형광등의 동작주파수인 120 Hz 그리고 빛으로 나온 240 Hz 등의 스펙트럼과 그 체배 주파수의 스펙트럼들이 나타난 것으로 생각되어 진다.

다음으로 직류전원 즉, 신호를 인가하지 않은 송신기로 동작시킨 형광등의 빛의 파형과 스펙트럼은 Fig. 8과 같다. 필터를 통하지 않은 상태에서 측정한 그림인 (a)에서 스펙트럼을 보면 14 KHz 근처에서 미약한 신호가 나오고 있는 반면 필터를 통한 (b)에서 그 신호가 완전히 제거됨을 볼 수 있다. 14 KHz 근처의 주파수는 앞서도 언급한 바와 같이 트랜스포머와 스위칭 주파수 등에 의한 상호작용에 의해 생긴 것으로 추정된다.

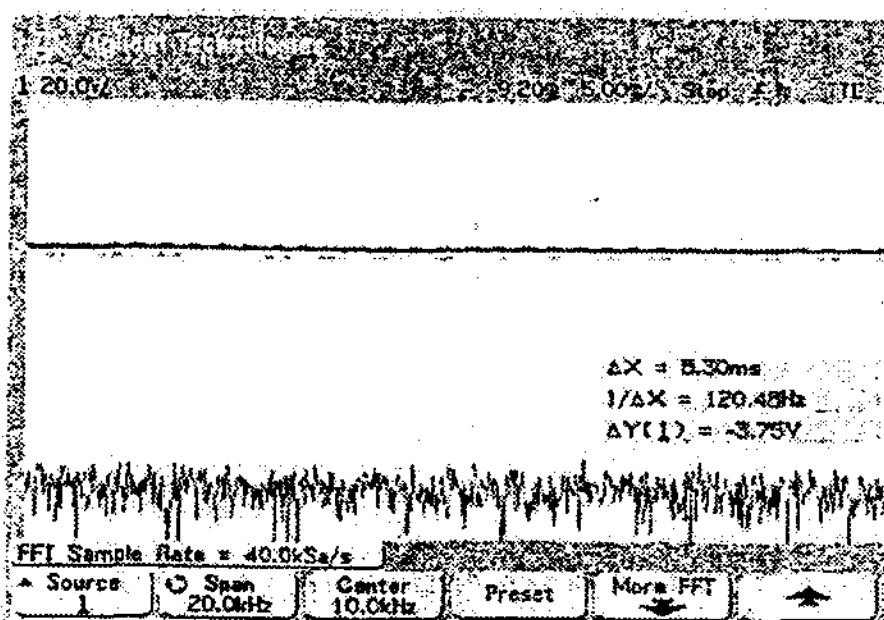


(a) Switching frequency

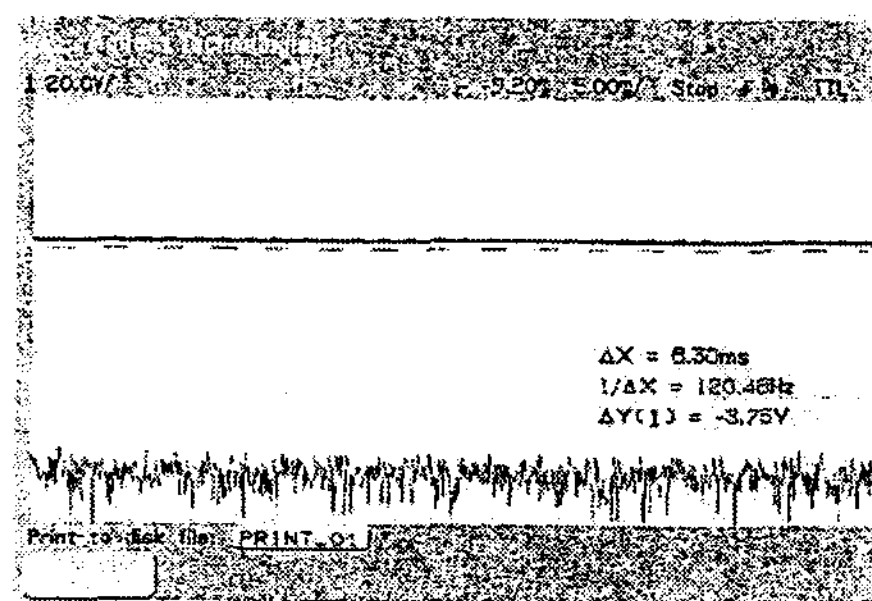


(b) Enlargement of the near 120 Hz

Fig. 7. Wave form and spectrum of fluorescent lamp from AC-line.



(a) non-filtering



(b) filtering

Fig. 8. Wave form and spectrum of fluorescent lamp through a filter circuit.

3-4. 송신기를 통한 수신기의 특성

수신기의 특성은 빛이 없는 상태와 수신기에 1 KHz, 5 KHz의 정현파 신호를 인가하여 그 신호가 형광등에 실리게 한 다음 나온 빛을 검출하여 증폭하고 필터링한 상태에서 송신기에 인가한 정현파 신호가 제대로 나오는지 확인하여 보았다. Fig. 9은 빛이 없는 상태에서 측정된 것이며, Fig. 10는 송신기에 1 KHz, 5 KHz 정현파를 인가하여 수신기로 검출한 파형과 스펙트럼을 측정된 것이다. Fig. 9에서 보면 빛이 없는 상태에서도 60 Hz의 잡음이 발생하고 있는 것을 볼 수 있는데 이는 수신기의 감도가 민감하여 외부로부터 들어오는 것으로 보여지며, Fig. 10에서는 60 Hz 잡음이 원래 신호에 섞여 있는 것을 볼 수 있지만 원래 신호의 스펙트럼이 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 60 Hz의 잡음은 스펙트럼 상에서는 나타나지만 실제 스피커로 출력되어 음향으로 전달될 때는 거의 들리지 않았다.

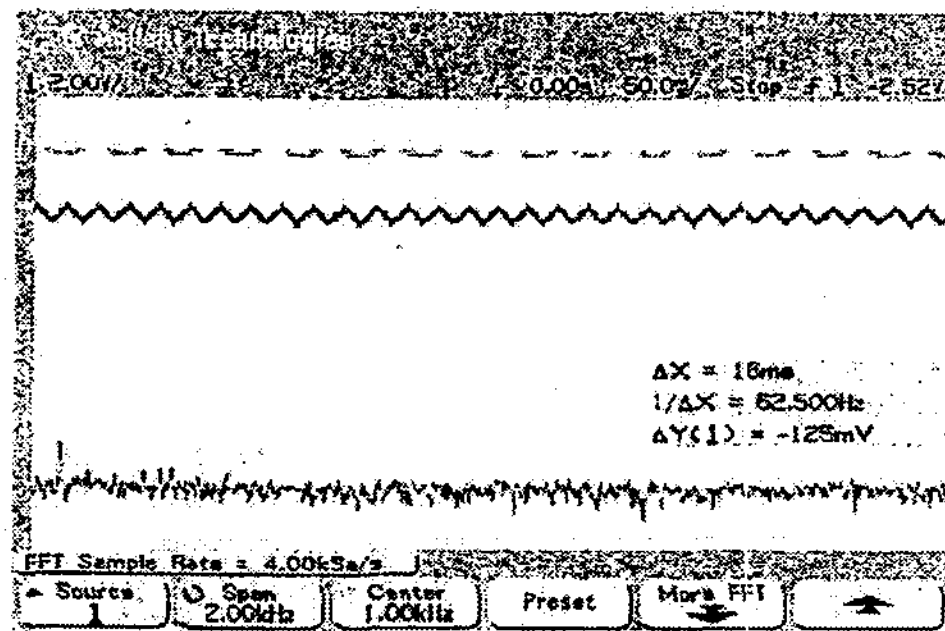
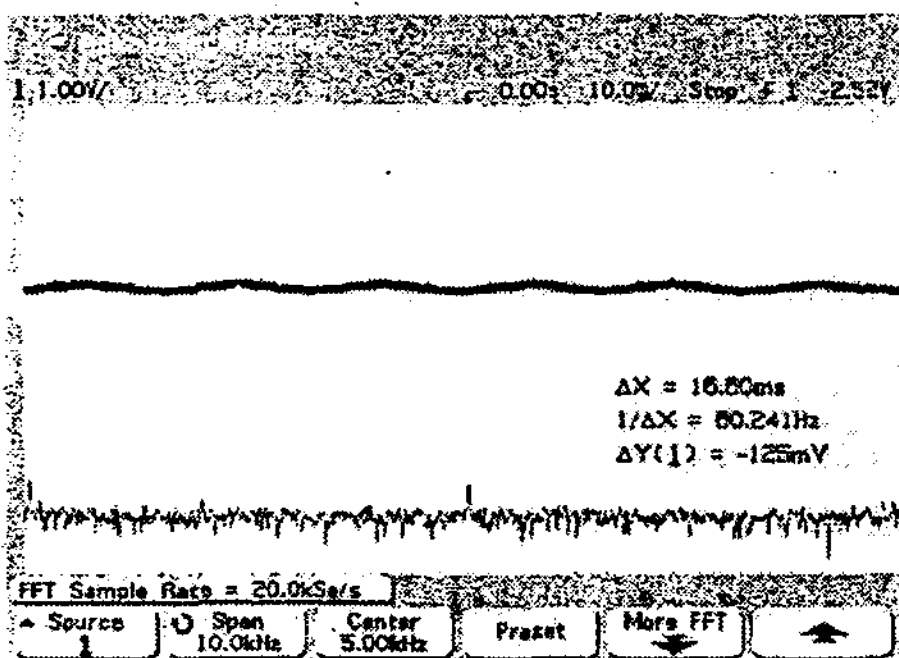
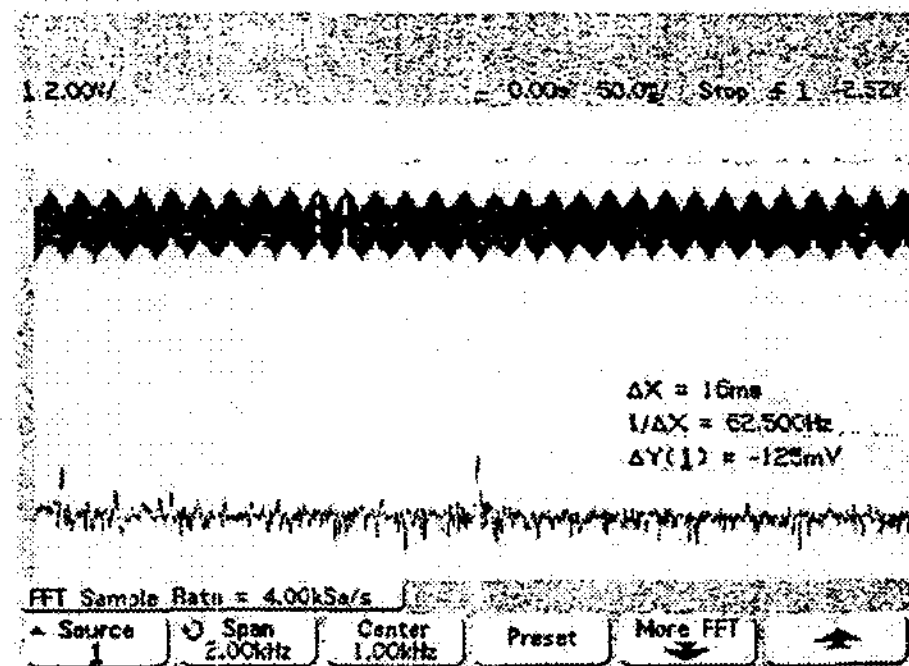


Fig. 9. Characteristics of transmitter at the dark room condition.



(a) 1 KHz



(b) 5 KHz

Fig. 10. Wave form and spectrum of receiver by transmitter.

4. 결 론

형광등을 직류로 구동하고 음성신호를 변조한 송신기와 빛을 검출하여 음성신호를 복조하여 다시 음성신호로 변환해 주는 수신기의 특성을 조사하였다.

송신기를 통한 형광등도 직류동작이 가능하였으며, 무부하시 입력신호외의 신호는 나타나지 않았다. 그러나 부하상태에서는 형광등의 방전특성에 의한 120 Hz와 전자식안정기의 스위칭 주파수인 43 KHz의 스펙트럼이 발생하였다. 또한 이것에 의한 영향으로 입력신호의 파형이 많이 일그러지고 잡음에 해당하는 많은 스펙트럼이 나타났으며, 특히 15 KHz와 20 KHz의 입력신호를 인가했을 경우에는 스위칭 주파수인 43 KHz의 상호 작용으로 각각 10 KHz와 40KHz의 스펙트럼을 보였다. 수신기를 이용하여 상용전원에서 동작하는 형광등의 스펙트럼을 살펴본 결과 많은 잡음이 있었으며, 직류구동 시에는 잡음이 대폭 감소되었다. 송신기를 통해 직류로 구동된 형광등의 빛을 수신기로 검출하고 필터를 통과한 결과 신호는 깨끗해졌다. 또한 암실조건에서 고감도에 의한 잡음과 송신기에 의한 수신시 60 Hz의 외부잡음 스펙트럼이 나타났으나 증폭되지 않은 상태로 스피커로 출력되어 음향으로 전달 될 때 거의 들리지 않았다.

참고문헌

- 1) Albert A Smith, Jr., "Power Line Noise Survey", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Feb. (1972).
- 2) R. M. Vines, H. J. Trussell, L. J. Gale, "Noise on Residential Power Distribution Circuit", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. EMC-26, No. 4, Nov (1984).
- 3) H. J. Trussell, J. D. Wang, "Cancellation of Harmonic noise in Distribution Line Communications", IEEE Trans. on Power Apparatus and Systems, vol. PAS-104, No. 12, Dec. (1985).
- 4) 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).
- 5) R. M. Vines, H. J. Trussell and L. J. Gale, J. Ben O'neal Jr., "Noise on Residential Power Distribution circuit", IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Vol. EMC-26, pp. 16~18 (1984).
- 6) R. C. Dixon, Spread Spectrum, John Wiley & Sons (1984).