

원격 심전도 모뎀 개발에 관한 연구(II)

김남현 · 고한우 · 유선국 · 양 호 · 김원기

= Abstract =

Development of Telemetry ECG Modem(II)

Nam-Hyun Kim, Han-Woo Ko, Sun-Kook Yoo, Ho-Yang, Won-Ky Kim

In this study, we improve the performance of telemetry ECG modem using acoustic coupler.

The results are as follows:

- (1) General active filter is replaced by SCF(switched capacitor filter) improving the LPF and BPF characteristics.
- (2) ECG pre-amplifier is installed in ECG modem.
- (3) The interface circuit is designed to store the ECG waveform in cassette recorder.

1. 서 론

전자공학이 발달함에 따라 이를 의료장비에 응용하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 환자의 심전도를 측정하고 감시하는 심전도 기록장치와 감시장치는 계속 발달하고 있으나 원격으로 이루어지는 원격 심전도 모뎀장치의 개발은 아직 미흡한 상태에 있다.

심장질환으로 인한 응급환자의 경우 수분안에 응급조치를 할 수 있는 경우 사망률을 감소시킬 수 있다. 또한 pacemaker를 부착한 환자의 경우 정기적으로 환자의 상태를 측정할 수 있어야 효과적으로 조치를 취할 수 있다. 이에따라 최근 발달하고 있는 carphone등에 원격 심전도 모뎀을 부착하여 구급차안에서 환자의 심장상태를 감시, 측정하고 기록할 수 있는 장치와 pacemaker를 부착한 환자

가 일반 가정에서 유선전화를 통해 자신의 심장상태를 송신할 수 있는 장치를 개발하였다.

1987년에 기본 연구를 통해 원격 심전도 모뎀장치를 개발하였으나 성능의 개선을 위하여 이번 연구에서는 첫째 모뎀장치안에 심전도 증폭기를 설계하여 별도로 외부에 심전도 증폭장치를 설치하지 않고도 심전도 신호를 전송할 수 있도록 하였다.

둘째 수신측에서 송신되는 환자의 심전도 파형을 일반 카세트 녹음기에 계속 저장할 수 있도록 하였다. 세째 전화기로 송수신되는 동안 음성과 심전도 파형이 서로 간섭되는 현상을 없애기 위해 일반 소자로 구성된 능동 필터 대신 최근 실용화된 switched capacitor filter를 사용하여 정확한 필터링이 되도록 하였다.

2. 송신 모뎀부

송신 모뎀부는 환자의 심전도 파형을 전송하는 부분과 음성을 송수신하는 부분으로 나눌 수 있으며 송신모뎀부의 블록선도는 그림 1과 같다.

<접수 : 1988년 12월 6일>
연세대학교 의과대학 의용공학과
Dept. of Biomedical Eng., Yonsei Univ.
(위 논문은 1988년도 연세대학교 의과대학 교수연구비 지원으로 연구되었음)

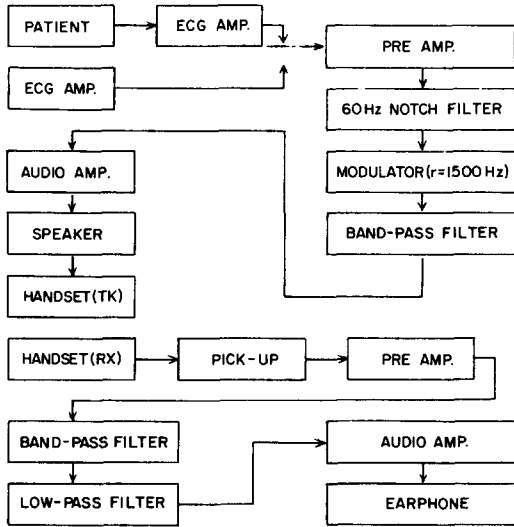


그림 1 송신 모델부의 블럭선도

2-1 심전도 증폭부

심전도 증폭기가 따로 갖추어지지 않은 상태일 경우에 환자의 심전도 파형중 기본 lead인 I, II, III를 얻기위해 심전도 증폭회로를 구성하였다. 또한 평형 입력신호를 불평형신호로 변환하기 위해 아나로그 스위치를 사용하여 신호를 넘긴뒤 고역통과 필터에서 심전도신호의 직류성분을 제거하고 심전도 증폭부의 최종출력이 1Vp-p가 되도록 하였다. 이때의 주파수 응답범위는 0.5~100Hz로 하였다.

한편 윈도우 비교기를 구성하여 출력이 포화되어 일정전압을 초과하면 심전도신호를 다시 기준전압에서 시작하도록 하였다.

2-2 노치 필터

내부 또는 외부의 심전도 증폭기로부터 나온 심전도 신호에는 60Hz 잡음신호가 섞이게 되므로 깨끗한 심전도 신호만을 얻기위해 노치필터를 구성하여 60±1Hz주파수를 차단시키도록 하였다.

2-3 심전도 변조부

저주파수 특성을 갖는 심전도신호를 전파선을 통해 직접 전송하기 위해서는 변조기를 통하여 적절한 중심주파수를 갖는 신호로 변조시켜야 한다. 여기서는 PLL 소자인 4046을 사용하여 중심주파수 1500Hz로 심전도신호를 변조시켰으며 ±1V에

대하여 ±100Hz로 변조되도록 하였다.

2-4 대역통과 필터부

변조기에서 출력된 신호는 변조된 신호와 더불어 고주파수 성분이 섞여있게 되므로 깨끗한 심전도 신호를 얻기위해 중심주파수 1500Hz의 대역통과필터를 구성하였다. 종래에는 대역통과필터를 2 pole의 저역 및 고역통과필터로 구성하였으나 주파수 응답특성을 좋게하기위해 switched capacitor filter 중 PF5614A 1/3 octave bandpass filter를 사용하여 6pole chebyshev형태를 이루도록 하였다.

2-5 음성전송부

전화선을 통해 전송되어질 신호는 환자의 심전도신호외에 음성의 송신도 포함되어야 하므로 심전도 전송 주파수 대역인 1500±100Hz를 차단시켜야 한다. 먼저 마이크를 통한 약 30mVp-p의 음성신호를 1Vp-p로 증폭한 후 1450Hz와 1550Hz의 노치필터를 직렬로 접속하여 대역차단필터를 구성하였다.

2-6 가산증폭기 및 신호의 전송

전화선을 통한 심전도 신호와 음성신호의 전송을 위해서는 두신호를 합성하는 가산증폭기가 필요하다. 여기서 가산증폭기는 음성과 심전도 신호를 2:1의 비율로 더하여 구성하였고 이렇게 합성된 신호는 다시 증폭된 후 스피커를 통해 출력되어지고 송신기를 통해 전송되게 된다.

2-7 분리전원부

송신모델부의 전원은4개의recharge battery(1.2V, 500mA)나 DC adaptor를 사용하게 되는데 adaptor를 사용할때는 환자의 안전을 위하여 전원을 분리시킬 필요가 있다. 여기서는 4047를 사용한 20KHz의 발진으로 트랜스를 통해 전원을 분리시켜 5V의 전원을 공급한다.

3. 수신 모델부

수신모델부에서는 송신모델부와 전파선을 통해 전송된 심전도 신호와 음성신호를 분리 수신하는 부분으로서 블럭선도는 그림 2와 같다.

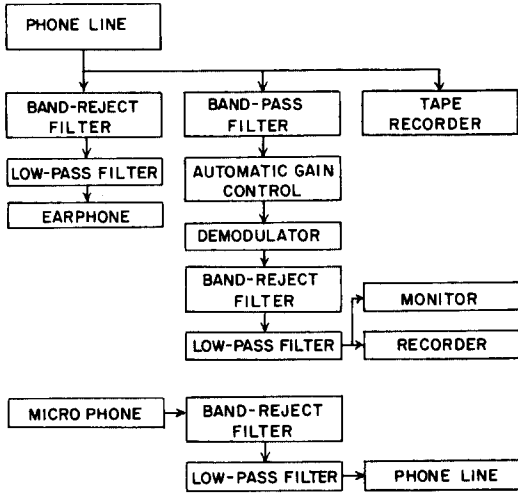


그림 2 수신 모뎀부의 블럭선도

3-1 음성수신부

전화선을 통해 수신된 FM신호는 1:1의 트랜스를 통하여 전화기와 전원이 분리된 상태로 신호만 버퍼로 넘겨지게되며, 수신된 신호는 신호의 저장을 위하여 테이프 레코더에 입력된다. 또한 릴레이를 통과하여 음성수신부로 넘겨진다. 한편으로 음성수신부는 테이프 레코더로 부터 재생된 신호를 받아들일게 된다.

이와같이 전화선 또는 카세트로부터 넘어온 신호는 심전도신호의 간섭과 고주파에서의 잡음이 없는 깨끗한 음성을 얻기 위하여 1450Hz와 1550Hz를 중심주파수로 갖는 대역차단필터와 차단주파수가 1.2KHz인 저역통과필터를 통과하게 된다. 이때 저역통과필터는 7pole, 6zero의 elliptic filter인 RF 5609A를 사용하였다. 이렇게 필터를 통과한 신호는 증폭기를 통하여 증폭된 다음 이어폰을 통해 음성만이 수신되어진다.

3-2 대역통과 필터부

버퍼로부터 릴레이를 통하여 받아 들여진 신호는 변조된 신호와 고주파 신호 성분이 섞여있게 되므로 깨끗한 심전도 신호를 얻기위해 중심주파수 1500Hz의 대역통과필터를 구성하였다. 필터의 구성은 송신모뎀부에서 사용한 것과 같은 RF 5614A를 사용하여 필터의 성능을 개선하였다.

3-3 자동 이득 조절기

대역통과필터를 통과한 FM 심전도신호는 복조기로의 일정한 입력을 위하여 자동이득 조절기를 통과하게 된다. 여기서 자동이득 조절기는 신호의 입력범위가 20mV~2V의 광범위한 범위에서 찌그러짐이 없는 1Vp-p의 일정한 출력을 얻도록 하였다.

3-4 심전도 복조부

변조된 심전도신호로부터 원래의 심전도신호를 얻기위해서는 복조기를 통하여 복조시켜야 한다. 여기서는 PLL소자인 4046을 사용하여 중심주파수 1500Hz의 FM 심전도 신호를 0.5~100Hz의 신호로 복조시켰다.

3-5 노치필터및 심전도 신호의 출력

복조기를 통하여 복조된 심전도신호는 전치증폭기를 통해 1Vp-p의 심전도신호로 만들어지게 되며 이러한 신호는 다시 심전도신호에 섞인 60Hz 성분을 제거시키기 위한 60Hz 노치필터를 통과하게 된다. 이렇게 전원성분이 제거된 신호는 차단주파수가 100Hz인 저역통과필터를 통과하여 출력단자를 통해 심전도 기록기나 감시장치를 통해 표시되게 된다.

3-6 음성전송부

송화기를 통한 음성은 트랜스를 거쳐 전화기와 전원이 분리된 상태로 신호만 버퍼로 넘겨지게 되고, 음성신호는 대역차단필터를 통해 심전도신호에의 간섭을 줄이기 위해 1500Hz부분에서 차단되어지고 다시 고주파에서의 잡음을 없애기위해 저역통과필터를 통과한뒤 증폭기에서 증폭되어 트랜스를 통해 전화기의 전화선으로 신호를 송신하게 된다.

3-7 분리전원부

수신모뎀부의 전원도 송신모뎀부에서 사용한 분리전원부와 같은 것을 사용하고 감전에 대한 안전을 도모하도록 하였다.

4. 실험및 결과 고찰

송신모뎀부와 수신모뎀부를 설계 제작하여 완성

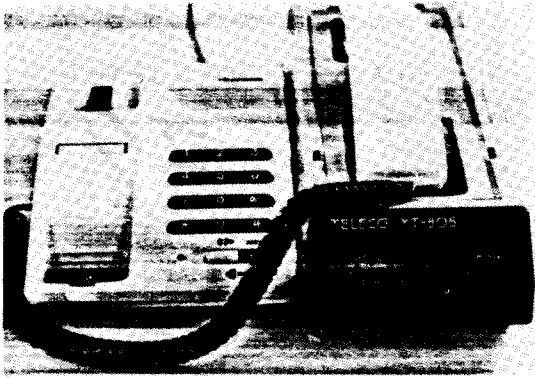


그림 3 완성된 송신 모뎀부

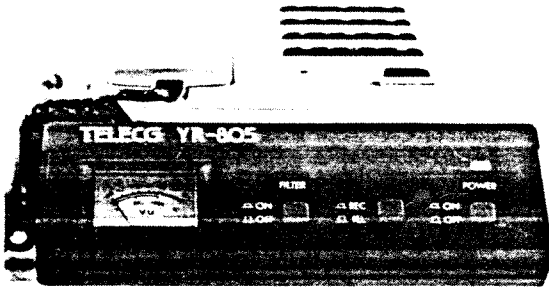


그림 4 완성된 수신 모뎀부

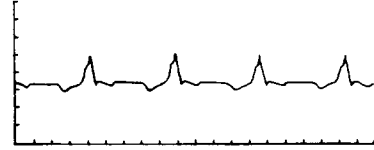


그림 6 pacemaker 부착 환자의 수신파형

수신측은 연세의료원의 응급실과 심전도실에 전용국선을 설치하여 심장환자의 신호를 수신하도록 하였다. 송신측은 구급차에 설치된 카폰과 일반 가정에서 할 수 있도록 하였다.

그림 5는 pacemaker를 부착한 환자를 일반전화기를 사용하여 송신하고 심전도실에서 수신하여 심전도 기록기로 기록한 파형이며, 그림 6은 구급차에서 카폰을 통하여 송신하고 응급실에 설치된 기록기로 파형을 기록한 결과이다.

이상과 같이 개발된 원격 심전도 모뎀은 응급환자의 심전도 파형과 일반가정에 설치된 전화기를 통해 환자의 심전도 파형을 정확히 그려낼 수 있음을 알 수 있다.

5. 결 론

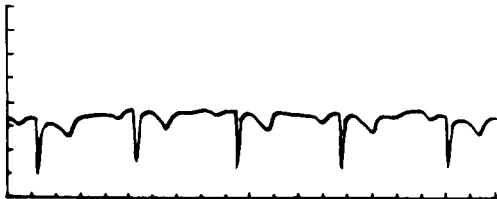
본 연구는 일반전화기나 카폰을 통해 원격으로 심전도신호를 송신 및 수신할 수 있도록 심전도 모뎀장치를 개선한 것으로 얻어진 결과는 다음과 같다.

1) 구급차에 설치된 카폰이나 일반전화기를 통해 가정에서 환자의 몸에 간단히 전극만 부착함으로써 간단하고 편리하게 심전도 신호를 송신할 수 있게 되었다.

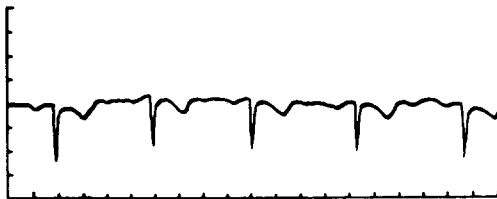
2) 기존의 능동필터 대신 switched capacitor filter를 사용함으로써 음성신호와 정확한 분리 및 잡음이 없는 심전도 파형을 얻을 수 있게 되었다.

3) 수신측에 일반 카세트 녹음기를 통해 수신된 심전도신호를 장시간 저장할 수 있음으로써 환자의 상태를 보다 정확히 파악할 수 있게 되었다.

4) 일반가정에서 심전도신호를 송신할 수 있게 됨으로써 환자가 병원에 직접 오지 않더라도 지방에서도 자신의 상태를 측정할 수 있게됨과 아울러 지금까지 주로 수송역할만 담당하던 구급차에서 필요시 응급조치를 취할 수 있게 되었다.



(a) 카폰 송신



(b) 수신 파형

그림 5 카폰에 의한 송, 수신 파형

된 시스템은 그림 3, 4와 같으며 일반 전화기에 간단히 부착하여 편리하게 사용할 수 있게 하였다.

참 고 문 헌

- 1) 김원기 "반도체식 chopper를 이용한 정밀 직류증폭기의 설계, 의공학회지 2(1), pp. 55~62, 1981.
- 2) 김원기, 김남현 "수술실용 EKG monitor의 개발에 관한 연구", 의공학회지 3(1), pp. 31~33, 1982.
- 3) H.M. Berlin "*Design of phase looked loop circuits*", H.W. Sams Co., 1978.
- 4) 유선국, 김남현, 김원기 "음향커플러를 이용한 원격 심전도 모델개발에 관한 연구", 한국음향학회지 7(1), pp. 46~52, 1988.
- 5) "*Analog signal processing intergrated circuits*", EG & G RECTICON, pp. 3.5~3.10, 1985.