

TRS에 의한 生體信號의 傳送에 대한 研究

A Study on the Transmission of Bio-Signal by TRS

곽준혁 · 최조천

목포해양대학교 해양전자·통신공학부

June-hyuk Gwak · Jo-chen Choi

Faculty of Marine Electronic & Communication Engineering

Mokpo Maritime Univ.

ABSTRACT

Tele-medicine and emergency medical system are necessary for moving from an accidental point or far distance to a hospital and emergency treatment or home treatment before a hospital. Emergency treatment is extremely important in the case of death before arriving a hospital and deformed or disabled by medical treatment delay.

A necessary element for this medical system is the emergency communication system. This system is on preparing for an ability of furnishing patient status to a corresponding health service by monitoring the patient at an ambulance of the accident place. This is the transportation of basic biological information of a patient to a medical center by wireless communication system and the corresponding hospital or medical center examine the patient by monitoring, then they can send emergency medical order to the patient for emergency treatment.

The TRS is most efficient way of emergency medical communication system, which is currently used with popularity. In this paper studied simultaneously a way of detecting and transporting bio-logical signals, and monitoring of transporting data with communication of voice in the accident place or ambulance.

I. 서 론

Tele-medicine은 진료의 공간적인 한계성을 극복해주는 것으로 도서, 산간, 벽지 등에서도 실시간으로 진료혜택을 받을 수 있도록 하는 시스템이다. 원격의료의 대상은 거동불편, 특수환경, 격리수용 등의 환경에서 진료 및 치료가 필요한 환자로서 이들에게는 혁신적인 진료방법이라고 할 수 있다. 원격의료의 기술적인 요소는 의료정보의 취득, 정보의 저장 및 전송, 정보의 표현과 분석 등으로 구성할 수 있다. 본 연구의 목적은 TRS를 이용하여 생체신호의 데이터를 전송하며, 동시에 통화가 가능한 저비용의 전송모듈을 개발하는데 있다. 또한, TRS는 통합응급의료체계에서 그룹통화 및 응급차량의 위치추적이 가능하므로 보다 효과적이고 신속한 원격진료시스템을 구축할 수 있는 장점이 있다. 연구의 내용은 원격진료서비스를 위하여 응급환자나 재택환자의 생체신호 data를 취득하고, 취득한 data를 TRS를 통하여 무선으로 전송하고, 병원측이나 전문의료기관은 전송되어온 data를 PC를 통하여 모니터하므로써 원격진찰과 처방이 가능하도록 하는 것이다. 환자의 자료는 다양하게 표현될 수 있지만 여기에서는 긴급환자의 경우에 가장 중요한 생체신호인 심전도(ECG ; Electrocardiogram)를 검출하고, 이것을

데이터로 변환하여 TRS를 통하여 의료진에게 전송하는 모듈을 중점적으로 연구하였다.

II. 원격진료시스템

원격진료의 역사는 1920년대에 전화로부터 시작해 무선통신의 시작으로 모르스 부호를 사용한 선박무선에서 원격진료로 발전하고 우주비행사의 혈압, 맥박, 호흡 등 건강을 체크하는 원격진료로 발전되어 왔다.[1-3] 원격진료 시스템은 사고현장에서 환자의 상태나 생체신호 검출, 검출자료의 전송과 수신 그리고 전송자료의 분석에 의한 의료진의 지시에 따라 현장에서 응급조치하는 형태로 구성된다. 원격진료의 적용대상은 임산부, 노인, 도서벽지, 심장질환, 전염병, 교도소, 장애인 등에게 효과적으로 활용되고 있으며, 원격교육, 원격회의, 원격자문 등에 의한 사전예방과 후속지원이 계속되는 과정을 포함하고 있다.[4-5] 현재는 정보전송 통신망을 사용하므로 의료정보의 기술도 디지털표시, 파형, 화상, 영상, 조음파, 로봇수술 등으로 발전되어 가고 있다.

다만, 원격진료의 결과로 발생하는 의료사고

시의 법적문제와 의료정보의 신뢰성에 대한 문제는 해결되어야 할 과제로 남아 있다.[6] 그림1은 원격진료 시스템의 기본개념을 나타낸 것이다.

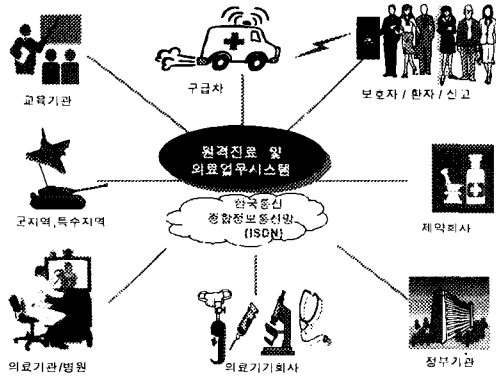


그림 1. 원격진료 시스템의 기본개념
Fig.1. The base concept of tele-medicine system

정도, 이완시 혈압은 80(mmhg) 정도가 정상으로 심부전증, 고혈압, 합병증, 심근경색, 뇌졸중은 지속적인 모니터링이 필요하다. 체온은 모든 환자의 건강상태를 점검하는 척도이며 정상인은 36.5 °C로 나타낸다. 이러한 생체신호들 중에서 긴급환자의 상태를 파악하기 위해서는 심전도 신호가 가장 중요하게 사용되고 있으므로 본 연구에서도 이 신호의 전송에 대하여 중점적으로 연구하였다.

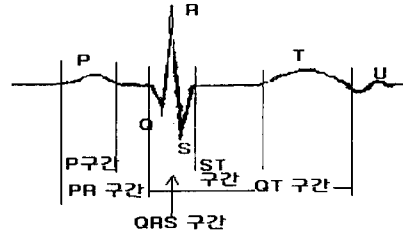


그림 2. 심전도 신호의 기본파형
Fig. 2. The base wave of ECG-signal

III. 생체신호의 검출

1. 생체신호 특성

환자의 모니터링에 필요한 생체신호정보(VSMS ; Vital Sign Monitoring Service)에는 심전도, 뇌전도, 근전도, 혈압, 혈당, 체온, 호흡, 산소포화도 등이 있으며, 이것들은 생체신호로 취득이 가능하다.[7-9]

환자의 일반자료는 인적사항, 병력, 혈액형, 환경, 습관 등으로 볼 수 있으며, 데이터 정보로는 음성, 정지화상, 동화상의 의료자료를 멀티미디어를 통해 구현시킬 수 있는 자료이다. 즉, 대화, 상담, 사진, X-ray, CT, FRI, 방사선자료, 초음파 등으로 표현되는 다양한 자료가 있을 수 있다. 그림 2는 환자의 생체신호 중에서 심전도를 나타내는 그래프로써 심장에서 발생하는 미세한 전압의 변화를 보통 5~20초 동안 5~20개의 주기를 관찰한다. 심장에 대한 검사는 부정맥 진단, 심장전환, 폐순환장애, 심장돌연사, 조기진단 등이 있으며, 연속적인 모니터링에 의하여 적절한 조치로 질병과 사망을 예방한다. 심전도의 기본파형은 P, Q, R, S, T, U로 나타내고 이것은 환자의 상태를 진단하는 아주 중요한 신호로 사용하고 있다.[9]

뇌전도는 정상인의 경우 100(Hz)이하이며 진폭은 5~300(μ V)로 환경에 따라 불규칙적이며, 장애나 질병을 갖고 있는 경우에는 특정한 형태가 나타난다. 근전도는 근골격의 수축과 이완에 수반되어 생기는 활동전위(20 μ V~30mV)를 증폭하여 기록하며, 20~300(Hz)로 시변성과 잡음이 많기 때문에 신호해석에 어려움이 많다.

혈압은 심장에서 피를 전신으로 내보낼 때 혈관벽이 받는 압력으로 수축시 혈압은 140(mmhg)

2. 심전도의 검출과 A/D 변환

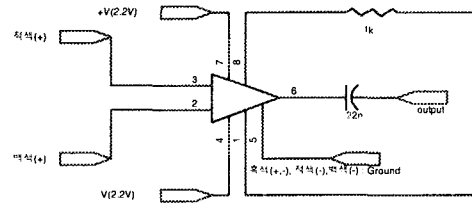


그림 3. 심전도 검출회로
Fig. 3. Detection circuit of ECG

생체신호의 출력은 아주 미약한 소신호이므로 이것을 검출하기 위한 별도의 소자가 필요하며, 심전도 등의 미약신호 검출용 증폭기로 AD627 소자가 있다.

그림3은 AD627를 사용한 심전도의 검출회로이며, 그림4와 같이 입력센서를 가슴의 2곳에 그리고 어스선을 발목에 접촉시켜 심전도 신호를 검출한다.[14] 검출된 신호에 포함된 잡음을 제거하기 위하여 출력측에 간단한 저역필터를 삽입하였다.[10-11] 그림5는 건강한 사람의 인체에서 심전도를 측정할 것으로 검출전압은 평균 400(mV) 정도였으며, 1분에 80여회의 pulse로 심장의 박동을 표현하는 형태로 나타났다.

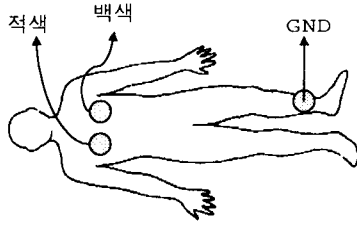


그림 4. 심전도 신호 검출 방법
Fig. 4. Detect method of ECG-signal

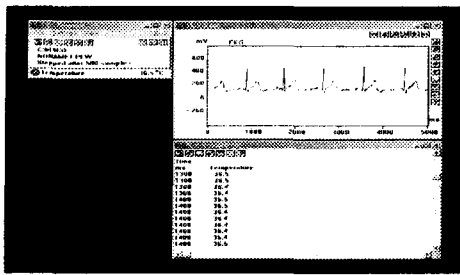


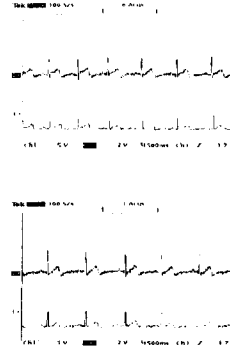
그림 5. 심전도 생체신호의 검출데이터(PC 프로그램)
Fig. 5. Detection data of ECG-signal(PC program)

A/D 변환회로는 ADC0801을 사용하여 free-run 방식으로 구성하였으며, 변환을 수행할 때 입력신호는 클럭펄스 640(KHz)에서 약100(μ s)의 변환시간을 갖는다. 심전도의 생체신호를 데이터화 하는 과정에서 파형이 손상되지 않는 범위에서 샘플링의 주기를 설정하는 것이 중요하다. Free-run 방식은 연속적으로 변하는 신호에서 약 100(μ s)의 간격으로 데이터를 자동변환하여 계속적으로 출력하며, 출력데이터들 중에서 임의의 일정한 간격으로 데이터를 샘플링하여 취득할 수 있는 방식이다. 심전도 신호는 미분형태의 펄스를 포함하는 파형이므로 이것을 A/D변환과 D/A변환의 과정을 통하여 최종적으로 파형의 복원상태를 분석하는 실험적인 방법으로 최적의 샘플링 주기를 설정하였다.

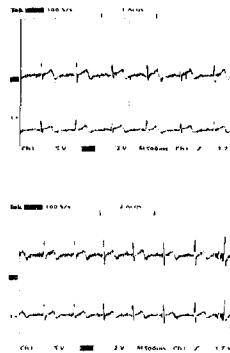
IV. 실험 및 분석

1. 심전도 파형의 샘플링

그림6은 심전도파형을 30~1(ms)의 주기로 샘플링하여 복원한 것으로 5(ms) 이상의 주기로 샘플링을 하면 본래의 파형을 얻을 수 없었으며, 5(ms) 이하의 샘플링에서는 본래의 파형을 재생할 수 있었다. 본 실험에서는 샘플링 주기를 5(ms)로 설정하여 취득한 데이터를 전송하도록 설계하였다.[12-13]



a) 30(ms) 샘플링 b) 10(ms) 샘플링



c) 5(ms) 샘플링 d) 1(ms) 샘플링

그림 6. 심전도 파형의 샘플링
Fig. 6. Smpling of ECG-wave

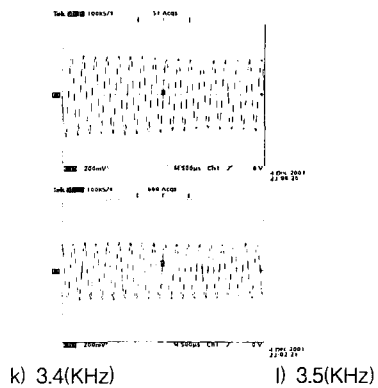
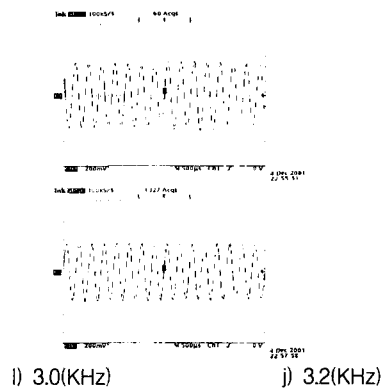
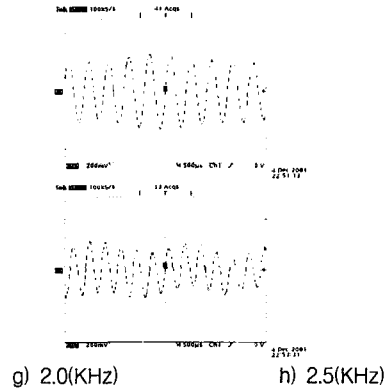
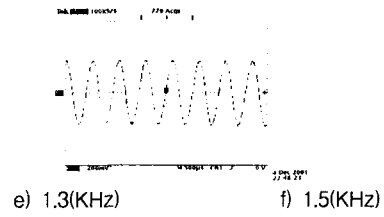
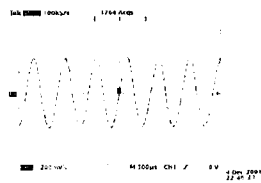
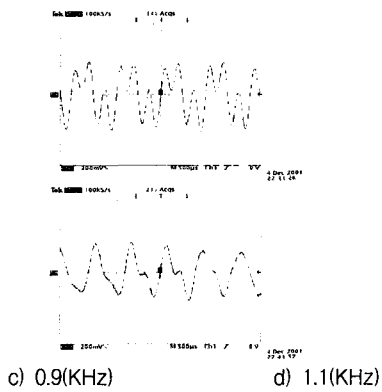
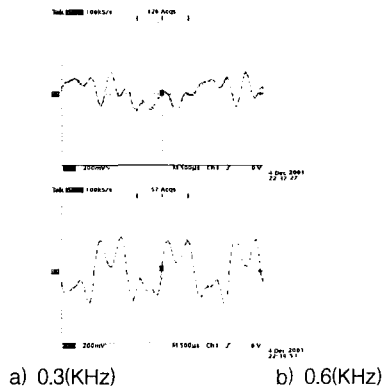
2. TRS 음성대역의 전송특성

TRS(Trunked Radio System)는 주파수의 효율성을 높이기 위해 여러 개의 주파수를 다수의 가입자가 공동으로 이용하는 무선통신 방식으로 항만전화 및 기업전용의 통신으로 사용되어 왔으나 점차 이용자가 확대되면서 현재는 아날로그방식에서 디지털방식으로 변환되어 가고 있다. 특히 TRS 휴대전화기는 본체를 무선모뎀으로 사용이 가능하므로 음성통신, 데이터통신이 동시에 수행된다. 특히, MDT 단말기를 사용하면 자동위치 추적장치 및 카드조회기, FAX전송, 화상전송 등 다양한 응용서비스의 지원을 받고 있다. TRS의 특징은 통화품질, 보안성, 주파수효율 등이 좋으며, 위치추적이 가능한 개별·일괄·그룹통신이 가능하다. 그러므로 물류차량 관제시스템, 무선인터넷, 모빌검침시스템, 보안유지 방법경비시스템, 이벤트 행사진행, 교통시스템 등의 분야에 다양하게 사용되고 있다. 국내에는 800(MHz)대 200CH과 380(MHz)대 400CH의 TRS용 주파수가 확보되어 있다.[9]

그러나 데이터통신을 이용하기 위해서는 통신 소프트웨어를 구입하여야 하며, 이에 관한 프로토

콜이 상당히 복잡하며, 아직은 open 되어있지 않은 상태이다.

그러므로 여기에서는 TRS의 음성채널에서 FSK 방식으로 데이터를 전송하기 위하여 TRS의 음성 주파수 전송 특성을 실험하였다. 그림7의 a)부터 n)까지는 5Vp-p의 사인파로 주파수를 변화시키며 수신측에서 전송된 파형을 관찰한 것으로 안전하게 전송되는 대역내에서 2개의 FSK 주파수를 선정하여야 한다. 그림7에서 0.3~1.1(KHz)까지의 전송과정에서는 신호가 증폭되어 수신되는 현상이 나타나면서 입력신호의 피크치에서는 포화되어 굴곡되는 현상이 나타났으므로 이 대역에서의 데이터 전송은 불가능하다고 판단되었다.



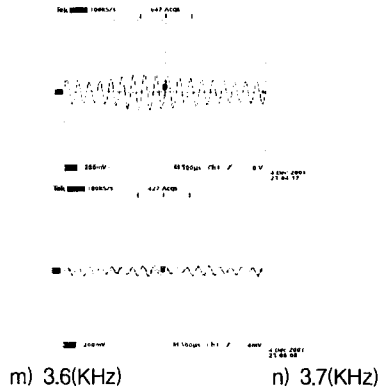


그림 17. 주파수 전송특성
Fig. 17. Transmission feature of frequency

그러나 1.3~3.5(KHz)에서의 전송특성은 매우 양호하였고 3.6(KHz) 이상에서는 급격하게 감소하는 특성을 나타내었으므로 이 대역에서도 사용이 불가능하였다. 실험의 결과로 음성주파수 대역의 전송특성을 그래프로 나타낸 것이 그림8이며, 데이터전송은 1.3~3.5(KHz)의 범위에서 FSK 신호를 안정하게 전송할 수 있을 것으로 분석하였다.

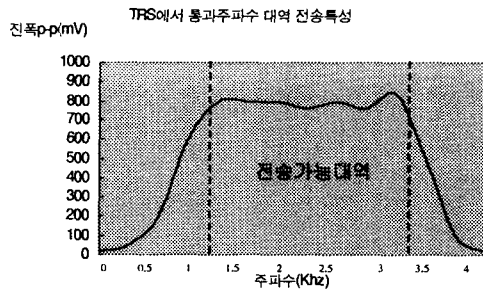


그림 8. TRS에서 주파수 대역 전송특성
Fig. 8. Transmission feature of frequency in TRS

3. FSK의 전송특성

FSK 전송에서 중심주파수는 그림 18에서 실험한 TRS의 주파수 대역 전송특성에서 보는바와 같이 1.3(KHz)에서 3.5(KHz)사이에서 안정하게 동작할 수 있도록 f_1 과 f_2 의 주파수 범위를 $2,500 \pm 400(\text{Hz})$ 로 설정했기에 f_1 은 2,100(Hz)이고 f_2 는 2,900(Hz)이다.

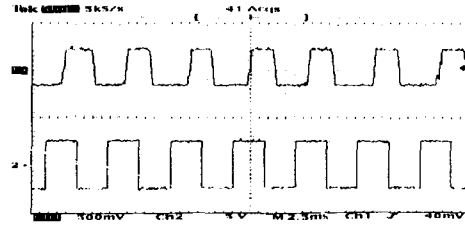


그림 9. 1000(bps)의 FSK 전송 파형
Fig. 9. FSK transmission wave of 1000(bps)

잡음과 혼신을 방지하고 정확히 전송하기 위한 TRS의 FSK 데이터 전송실험 결과는 그림9에서 1000(bps)의 전송속도 이하에서 데이터의 안정한 전송을 확인할 수 있었으며, 그 이상에서는 전송 데이터가 파괴되었다.

4. 전송모듈의 구성

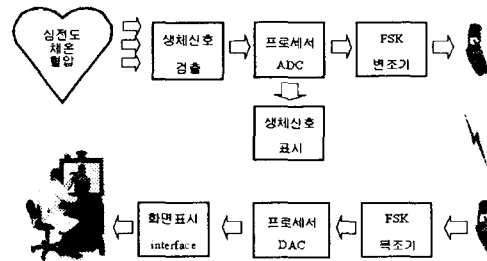
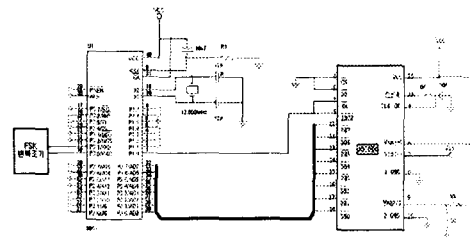
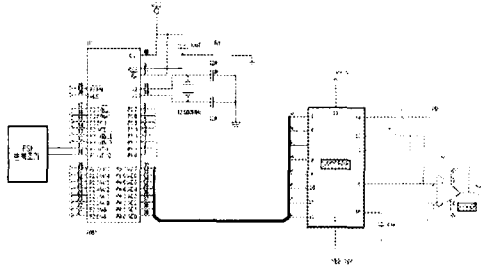


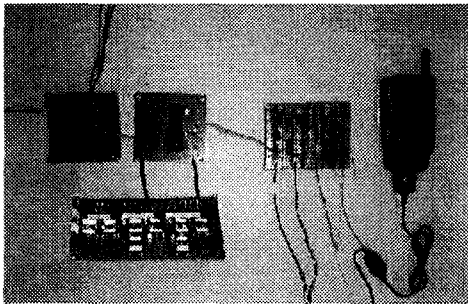
그림 10. TRS를 이용한 생체신호 전송
Fig. 10. Transmission of bio-signal by TRS



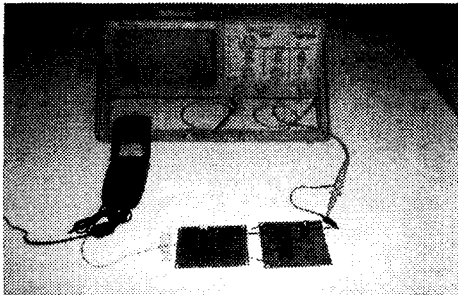
a) 송신측 프로세서와 A/D 변환 회로도



b) 수신측 프로세서와 D/A 변환 회로도
그림 11. 프로세서와 A/D, D/A 변환회로
Fig. 11. Circuit of processor & ADC, DAC



a) 송신부



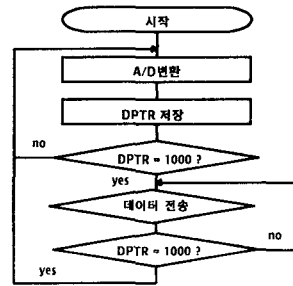
b) 수신부

그림 12. 실험사진
Fig. 12. Experimental photograph

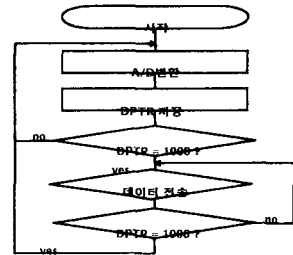
그림10은 TRS를 이용한 생체신호의 전송을 위한 전체 구성도이다. 생체신호의 재현은 Pico社의 RH-02 모델을 사용하였고, 여기에는 PC를 이용하여 display를 지원하는 프로그램을 제공하고 있다. 그림11은 전송모듈의 회로도로서 프로세서는 MCS-51계열을 이용하였다. 그림11의 a)는 송신측 전송 프로세서와 연결된 A/D 변환회로이며 b)는 수신측 프로세서와 연결된 D/A 변환회로이다. 그림12는 송신부와 수신부의 실험사진이다.

5. 전송알고리즘

심전도신호를 샘플링하여 부호화한 후, FSK 전송으로 송신측 프로세서와 수신측 프로세서가 직렬통신을 수행하는 알고리즘을 구현하였다. 그림 13은 송수신을 위한 알고리즘이다. 송신측에서 검출된 생체신호의 데이터 1,000개를 프로세서의 메모리에 저장하고 저장된 데이터를 송신 TRS를 통하여 전송한 후, 다시 다음의 생체신호를 메모리에 저장하도록 구성하였다. 수신측에서는 TRS를 통하여 수신된 데이터를 프로세서의 DPTR의 증가에 따라 1,000개의 번지를 사용하여 저장하고, 저장이 완료되면 저장된 데이터를 5(ms)의 간격으로 D/A 변환기에 입력한다.



a) 송신알고리즘



b) 수신알고리즘

그림 13. 데이터 송수신 알고리즘
Fig.13. Algorithm of data transmission and receive

6. 실험분석

생체신호의 송신과 수신에 의하여 취득한 데이터를 오실로스코프에서 재생한 파형을 그림14와 같이 얻었다.

심전도를 AD627을 사용하여 약 400(mV)로 검출하였고 이것은 4~5배 정도를 증폭하여 5(ms) 샘플링 주기로 저장하여 전송하였다. TRS 전송주파수 대역특성의 실험결과에서 전송가능 대역은 1.3~4.5(KHz)로 나타났다. 전송주파수는 2,500 ± 400(Hz)로 설정하여 FSK 모뎀을 제작하였고, 전송속도는 1000(bps)이하에서 안정하게 데이터를

전송하였다. 오실로스코프의 1화면에는 5초 동안 6개의 심전도 파형이 검출되었고, 전송시간은 약 10초가 소요되므로 거의 실시간으로 파형이 전송되었다.

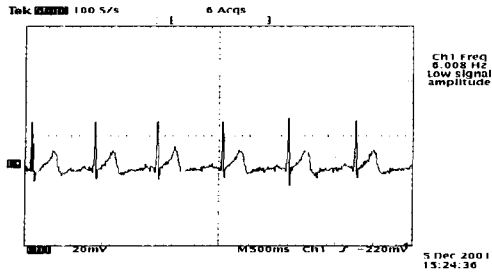


그림 14. 생체신호의 전송화면
Fig. 14. Transmission display of bio-signal

생체신호의 검출에 비해 전송속도가 느리므로 데이터를 저장하여 전송하였지만, 맥박, 혈압, 체온 등의 다중 데이터 또는 실시간 전송을 위해서는 최소 2,000(bps) 이상의 모뎀을 사용하면 실시간으로 재생이 가능하다.

즉, PC나 MDT(Mobile Data Terminal ; 이동데이터 단말기)를 사용한 TRS의 데이터 채널을 사용할 때에는 다중데이터를 실시간으로 전송이 가능하다.

V. 결 론

TRS 음성채널에서 주파수 전송특성을 실험한 결과 1.2~3.5(KHz)의 범위에서 전송 가능대역으로 나타났으며, FSK 전송주파수 f1과 f2를 평탄한 특성범위의 2,500±400(Hz)로 설정하였고, 신뢰성 있는 데이터의 전송을 위하여 속도는 약 1000(bps)의 저속으로 설정했을 때 에러가 없는 데이터로 전송할 수 있었다.

심전도의 파형을 TRS로 전송하기 위하여 샘플링 주기를 5(ms)로 설정하였고, 초당 200개의 데이터를 취득하여 메모리에 5초간 저장한 다음 전송하였으며, 수신측에서는 수신데이터를 순서대로 메모리에 저장한 후, 5(ms)의 간격으로 데이터를 꺼내어 D/A 변환으로 출력하므로써 본래의 파형을 재생하였다. 즉, 환자로부터 5초 동안에 샘플링 데이터를 취득하였고, 이 데이터는 약 10초 동안에 의료진 측으로 전송되었으며, 수신된 데이터는 5초간 화면상에 나타나는 시스템으로 완성하였다.

그러므로 5초 동안의 심전도 파형이 의료진에게는 약 20초 후에 화면상으로 전달되므로 거의 실시간으로 음성통신을 포함한 원격진료가 가능하다고 판단된다.

추가적으로 뇌전도 및 기타의 생체데이터와 음성을 포함하는 다중 데이터를 전송하기 위하여

모뎀의 전송속도를 향상시키면 실시간으로 생체신호를 판독하면서 원격진료를 수행할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Anonymous, 「Classic episodes in telemedicine」, Journal of Telemedicine and Telecare, Vol.3, No4, 1997, p223.
- [2] 유태우, 「원격진료시대」, 대한전자공학회지, 제25권12호, 1998, pp29-37.
- [3] 최형식, 「Teleradiology」, 대한전자공학회지, 제25권12호, 1998, pp42-49.
- [4] 백철화, 「tele-medicine의 현황」, 대한전자공학회지, 제25권 12호, 1998, pp38-41.
- [5] 이명호, 황선철, 「Tele-medicine을 위한 통신기술」, 대한전자공학회지, 제25권 12호 1998, 12, pp66-70.
- [6] 대한적십자사, 「전환기의 129 응급환자정보센터의 역할 제고」, 직무연수 교재, 1996, 7.
- [7] 박승훈, 「재택환자 모니터링시스템」, 대한전자공학회지, 제25권12호, 1998, pp50-55.
- [8] 이건기, 「ECG 신호의 분석과 BEAM」, 전자공학회지, p21권 12호 1994, pp1207-1214.
- [9] 이명호, 「심전도 신호의 처리 및 분석」, 전자공학회지, p21권 12호 1994, pp1198-1206.
- [10] 오승환, 최진명, 나승유, 이희영, 「가변대역폭 필터를 이용한 생체신호의 잡음제거의 연구」, 대한전자공학회광주전남지부 2001년도 학술발표회는문집, pp9-12.
- [11] Gre, P.S., J.W. Hill, J.F. Jensen, and A.Shah, 「Telepresence Surgery」, IEEE Engineering in Medicine and Biology, May/June 1995, pp324-329.
- [12] 이규택, 김영길, 「무선공중망을 이용한 의료정보데이터 원격모니터링 시스템에 관한 연구」, 한국해양정보통신학회 춘계종합학술대회 제4권 제2호.
- [13] Shimizu,k, 「Telemedicine by Mobile communication」, IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 1999. 8.
- [14] Darold Wobschall, 「Circuit Design for Electronic Instrumentation」, McGraw-Hill, 1979, pp169-171.