

원격진료를 위한 생체신호의 무선전송에 대한 연구

김정년 · 곽준혁 · 최조천 · 조학현

A Study on the Radio Transmission of Bio-Signal for Tele-Medicine

Jeong-nyeon Kim · June-hyuk Gwak · Jo-chen Choi · Hag-hyun Jo

요약

원격의료는 사고현장이나 원거리에서 병원까지의 후송중에 응급처치 및 재택치료에서 필요로 하며, 응급환자가 현장에서 병원에 도착하기 전에 응급치료의 지연에 의하여 사망하거나 불구 및 장애자가 될 수 있는 상황이 전개중이라면 이때의 응급조치는 매우 중요하다고 하겠다. 우리나라 1991년 응급환자 정보센터의 설립으로 응급의료 통신망이 운영되어 오고 있으며, 여기에 119의 구조·구급활동은 환자의 후송을 주임무로 하고 있다. 최근에 발족된 1339응급의료 정보센터는 현실적으로 병원에 위치해 있으면서 유선·무선·컴퓨터 등의 응급통신망을 통하여 질병상담 및 전국의 병원자료 구축 그리고 119구급대와의 정보교환으로 신속한 응급의료 서비스가 이루어지도록 하고 있다. 이러한 응급의료 서비스에서 사고현장의 구급차에서 환자의 생체신호를 검출하여 해당 의료기관에 환자의 상태를 모니터링 할 수 있도록 정보를 제공하는 기능이 요구되고 있다. 즉, 환자의 기본적인 생체정보를 무선으로 전송하고 병원이나 전문의료기관에서 이것을 모니터링하여 원격진료를 수행하고, 환자에게 긴급한 응급조치를 취하도록 지시하는 것이다. 여기에 TRS(Trunked Radio System) 무선통신은 의료통신체계에 가장 효율적인 방식으로 현재에 이 분야에서 가장 많이 사용되고 있다. 본 논문에서는 구급차에서 환자의 생체신호 검출, TRS에 의한 신호의 전송 및 수신된 자료의 모니터링 그리고 필요한 음성통신이 동시에 가능하도록 TRS에 생체신호 검출기를 조합하여 휴대형으로 구성되는 모듈을 설계하고 구현하여 그 성능을 실험하였다.

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.

키워드

원격진료, 생체신호, TRS, 데이터취득 및 전송

I. 서 론

Tele-medicine은 진료의 공간성을 극복해주는 것으로 도서, 산간, 벽지 등에서도 실시간으로 진료혜택을 받을 수 있도록 하는 시스템이다. 또한 거동불편, 특수 환경, 격리수용 등의 환경에서 진료가 요구되는 환자에게도 반드시 필요한 진료방법이라고 할 수 있다. 원격의료의 기술적인 요소는 의료정보의 취득, 정보의 저장 및 전송, 정보의 표현과 분석 등으로 구성할 수 있다.

본 연구의 목적은 TRS의 무선통신 방식을 이용하여 생체신호의 데이터를 전송면서 동시에 음성통화가 가능한 저비용의 전송모듈을 개발하는 데 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 모니터링 하므로써 원격진찰과 처방이 가능하도록 하는 것이다. 환자의 건강상태에 대한 자료는 다양하게 표현될 수 있지만 긴급환자의 경우 가장 중요한 생체신호인 심전도(ECG; Electrocardiogram)를 검출하고, 이것을 데이터로 변환하여 TRS를 통하여 의료진에게 전송하는 모듈을 중점적으로 연구하였다.

II. 원격진료시스템

원격진료의 역사는 1920년대에 전화를 이용하여 처음 시작되었으며, 모로스 부호를 이용한 무선전신의 선박통신에서 의료통신으로 발전하였고, 우주비행사의 혈압, 맥박, 호흡 등 건강을 체크하는 원격진료로 발전되어 왔다.^[1~3] 원격진료 시스템은 사고현장에서 환자의 상태나 생체신호 검출, 검출자료의 전송 그리고 의료진의 수신자료 분석에 따른 지시에 의하여 현장에서 응급조치를 취하는 형태로 구성된다. 원격진료의 적용 대상은 임산부, 노인, 도서벽지, 심장질환, 전염병, 교도소, 장애인 등에게 효과적으로 활용하고 있으며, 원격교육, 원격회의, 원격자문 등에 의한 사전예방과

후속지원이 계속되는 과정을 포함하고 있다.^[4~5] 현재는 정보통신망을 사용하므로 의료정보도 디지털화하여 패형 및 영상의 전송, 원격 초음파진단, 로봇수술 등으로 발전되어 가고 있다.

다만, 원격진료의 결과로 발생하는 의료사고시 법적 문제와 의료정보의 신뢰성에 대한 문제는 아직도 해결해야 할 과제로 남아 있다.^[6] 그럼1은 원격진료 시스템의 기본개념을 나타낸 것이다.

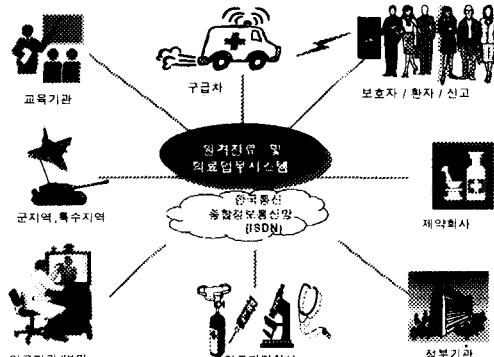


그림 1. 원격진료 시스템의 기본 개념
Fig. 1 The base concept of tele-medicine system

III. 생체신호의 검출

1. 생체신호 특성

환자의 진료에 필요한 생체신호정보(VSMS ; Vital Sign Monitoring Service)에는 심전도, 뇌전도, 근전도, 협박, 혈당, 체온, 호흡, 산소포화도 등이 있으며, 이것들은 생체신호로 검출과 취득이 가능하다.^[7~9] 환자의 일반자료는 인적사항, 병력, 혈액형, 환경, 습관 등으로 볼 수 있으며, 데이터 정보로는 음성, 정지영상, 동영상 등의 의료자료를 멀티미디어를 통하여 구현시키고 있다.

즉 대화, 상담, 사진, X-ray, CT, FRI, 방사선자료, 초음파 등으로 표현되는 다양한 자료가 있다. 그림2는 환자의 생체신호 중에서 심전도를 나타내는 그래프로써 심장에서 발생되는 미세한 전압의 변화는 보통 5~20초 동안 5~20개의 주기로 검출된다. 심장에 대한

검사는 부정맥 진단, 심장질환, 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(μV)로 환경에 따라 불규칙적이고, 장애나 질병을 갖고 있는 경우에는 특정한 형태가 나타난다. 근전도는 근활격의 수축과 이완에 수반되어 생기는 활동전위(20μV~30mV)를 증폭하여 기록하며, 20~300(Hz)로 시변성과 잡음이 많기 때문에 신호해석에 어려움이 많다. 혈압은 심장에서 피를 전신으로 내보낼 때 혈관벽이 받는 압력의 수치로 수축시에는 140(mmhg) 정도, 이완시에는 80(mmhg) 정도가 정상으로 심부전증, 고혈압, 합병증, 심근경색, 뇌졸중의 진료를 위하여 지속적으로 모니터링이 필요한 요소이다. 체온은 모든 환자의 건강상태를 점검하는 척도이며 정상인은 36.5(°C)로 나타낸다.

이러한 생체신호들 중에서 긴급환자의 상태를 파악하기 위해서는 심전도 신호가 가장 중요하게 사용되고 있으므로 본 연구에서도 이 신호의 전송에 대하여 종점적으로 연구하였다.

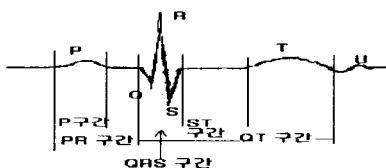


그림 2. 심전도 신호의 기본 파형
Fig. 2 The base wave of ECG-signal

2. 심전도의 검출과 A/D 변환

생체신호의 출력은 아주 미약한 신호이므로 이것을 검출하기 위해서는 심전도 등의 미약신호 검출용 증폭기로 AD627 소자를 사용한다.

그림3은 AD627를 사용한 심전도의 검출회로이며, 그림4와 같이 입력센서를 가슴의 2곳에 그리고 어스선을 발목에 접착시켜 심전도 신호를 검출한다.^[13] 검출된 신호에 포함된 잡음을 제거하기 위하여 출력측에는 간단한 저역필터를 삽입하였다.^[10] 그림5는 건강한 사람의 인체에서 심전도를 측정한 것으로 검출전압은

평균 400(mV) 정도였으며, 1분에 80여회의 pulse로 심장의 박동을 표현하는 형태로 나타났다.

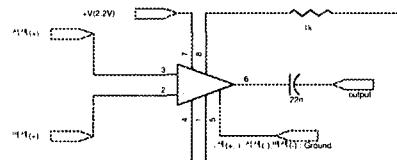


그림 3. 심전도 검출회로
Fig. 3 Detection circuit of ECG

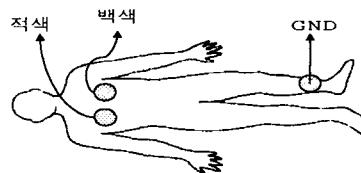


그림 4. 심전도 신호 검출 방법
Fig. 4 Detect method of ECG-signal

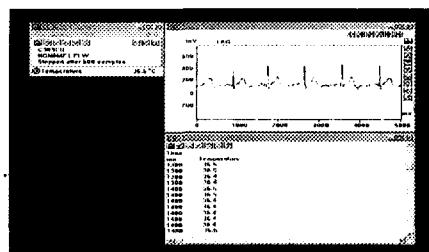


그림 5. 심전도 생체신호의 검출데이터
Fig. 5 Detection data of ECG-signal

A/D 변환회로는 ADC0801을 사용하여 free-run 방식으로 검출하였으며, 변환시 입력신호는 클럭펄스 640(KHz)에서 약100(μs)의 샘플주기를 갖는다. 심전도의 생체신호를 데이터화하는 과정에서 파형이 손상되지 않는 범위에서 샘플링의 주기를 설정하여야 한다. Free-run 방식은 연속성의 아나로그신호를 약 100(μs)의 간격으로 샘플하여 변환되는 데이터를 자동적으로 계속 출력하는 방식이며, 이러한 출력데이터 중에서 임의의 간격으로 데이터를 연속적으로 취득할 수 있

다.

심전도 신호는 미분형태의 펄스를 포함하는 파형으로 A/D변환과 D/A변환의 과정에서 펄스형태가 손상되지 않고 정상적으로 복원될 수 있도록 파형의 데이터를 취득하여야 한다.

IV. 실험 및 분석

1. 심전도 파형의 샘플링

그림6의 상측채널은 심전도의 검출파형이며, 이것을 각각 30, 10, 5, 1(ms)의 주기로 샘플링하여 A/D→D/A 변환을 통한 후, 하측채널에 복원한 것이다. 5(ms) 이상의 주기로 샘플링하면 본래의 파형을 재생할 수 없었으며, 5(ms) 이하의 샘플링에서는 본래의 파형에 근접한 파형을 재생할 수 있었다. 본 실험에서는 5초간 1,000개의 데이터를 취득하는 데 목표를 두어 샘플링 주기를 5(ms)로 설정하여 실험회로를 설계하였다.^{[11][12]}

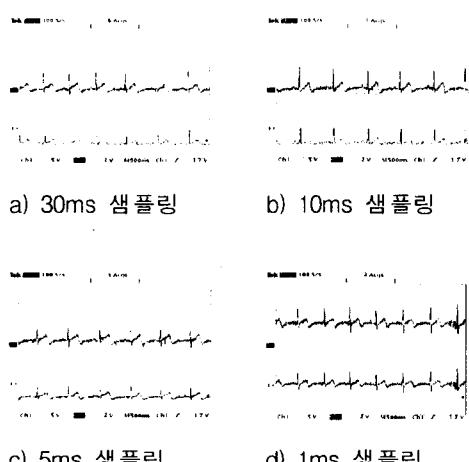


그림 6. 심전도 파형의 샘플링
Fig. 6 Smpling of ECG-wave

2. TRS 음성대역의 전송특성

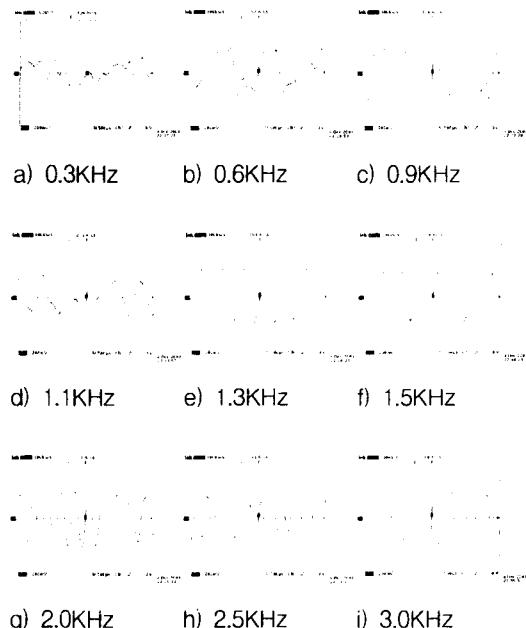
TRS는 주파수의 효율성을 높이기 위하여 여러 개의 주파수를 다수의 가입자가 공동으로 이용하는 무선통신방식으로 항만전화 및 기업전용의 통신방식으로 많이 사용되어 왔으나, 서비스영역의 확대와 디지털방

식의 도입에 따라 일반 가입자가 점차 확대되어 가는 추세에 있다. 특히, TRS 휴대전화기는 본체를 무선모뎀으로 사용이 가능하므로 음성통신, 데이터통신이 동시에 수행되며, MDT(Mobile Data Terminal) 단말기를 사용하면 자동위치 추적 및 카드조회, FAX전송, 화상전송 등 다양한 응용서비스를 지원받을 수 있다.

또한, TRS는 통화의 품질과 보안성 등이 우수하며, 개인·일관·그룹통신이 가능하므로 물류차량 관제시스템, 무선인터넷, 모바일검침시스템, 보안유지 방범경비시스템, 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 MDT 단말기와 통신소프트웨어를 구입하여야 한다.

본 연구에서는 저속의 데이터전송을 목표로 TRS의 음성채널에서 FSK 방식으로 데이터를 전송하기 위한 모듈을 설계하기 위하여 TRS의 음성주파수 대역에서 주파수의 전송특성을 실험하였다. 그림7의 a)부터 l)까지는 TRS의 음성통화에 영향이 적은 영역에서 FSK의 데이터전송을 수행하고자 전체 통과대역에서 5Vp-p 사인파가 전송되는 특성을 관찰한 것이다.



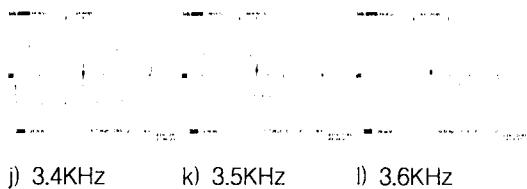


그림 7. 주파수 전송특성

Fig. 7 Transmission feature of frequency

그림7에서 0.3~1.1(KHz)의 전송과정에서는 수신신호가 TRS 내에서 증폭되어 입력파형의 피크부분이 포화되어 굴곡되는 현상이 나타난 것으로 이 대역에서의 데이터전송은 불가능하다고 판단된다. 1.3~3.5(KHz)에서의 전송특성은 매우 양호하였고, 3.6(KHz) 이상에서는 급격하게 감소하는 특성을 나타내었으므로 이 대역에서도 사용이 불가능하다. 실험의 결과에 따라 음성대역의 전송특성을 그래프로 나타낸 것이 그림8이며, 1.3~3.5(KHz)의 범위에서 FSK의 데이터신호를 안정하게 전송할 수 있을 것으로 판단하였다.

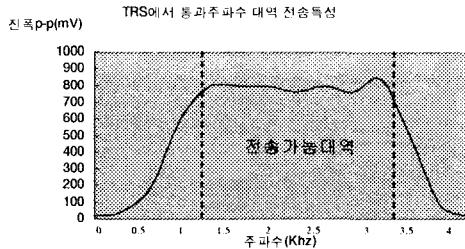


그림 8. TRS의 음성주파수대 전송특성

Fig. 8 Transmission feature of frequency of TRS

3. FSK의 데이터전송

FSK 데이터전송에서 중심주파수는 그림8에서 실험한 TRS의 대역전송 특성에서 음성대역을 고려하면, 1.3(KHz)에서 3.5(KHz)사이에서 안전하게 동작할 수 있으므로 FSK의 f_1 과 f_2 의 주파수를 중심주파수 2,500에서 ± 400 (Hz)로 설정하여 각각 2,100(Hz)와 2,900(Hz)로 설계하였다.

4. 전송모듈의 구성

잡음과 혼신에 영향을 배제하고 정확한 전송을 실험하기 위하여 그림9와 같은 계통의 실험장치를 구성

하였다. 생체신호의 재현은 일본 pico社의 RH-02 모뎀을 사용하였고, 여기에는 PC상에서 display를 지원하는 S/W를 제공하고 있다.

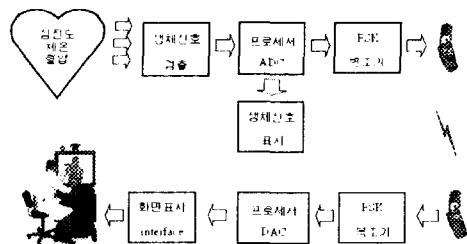
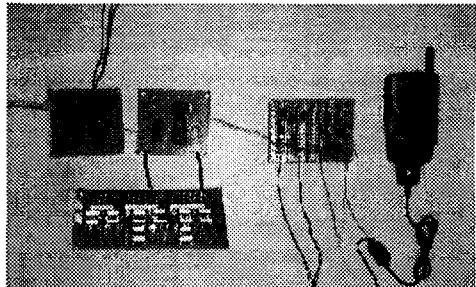


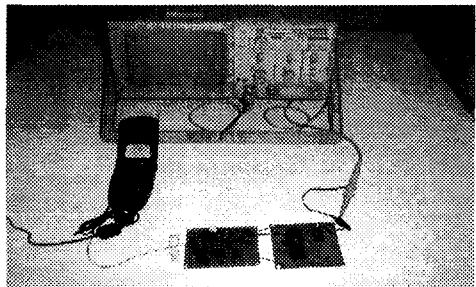
그림 9. TRS를 이용한 생체신호 전송

Fig. 9 Transmission of bio-signal by TRS

프로세서는 MCS-51계열을 이용하였으며, 송신측은 생체신호의 검출, 프로세서와 A/D 변환, 모뎀부로 그리고 수신측은 모뎀, 프로세서와 D/A 변환, display부로 구성되어 있다. 그림10은 제작하여 완성된 송신부과 수신부의 실험사진이다.



a) 송신부 실험set



b) 수신부 실험set

그림 10. 실험사진
Fig. 10 Experimental photograph

5. 통신프로그램

심전도 파형을 샘플링하여 부호화한 후, FSK 전송으로 송신측 프로세서와 수신측 프로세서가 직렬통신을 수행하는 프로그램을 작성하였다.

그림11은 각각 송수신 프로그램이다. 송신측에서 5초간 5(ms) 주기로 변환하여 검출된 생체신호 데이터 1,000개를 프로세서의 메모리에 저장하고 저장된 데이터를 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 입력하여 파형을 재현하게 된다.

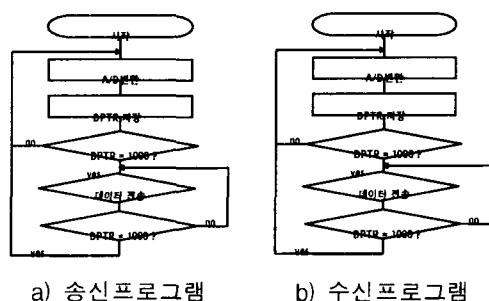


그림 11. 데이터의 송수신 프로그램
Fig. 11 Program for transmission & receive of data

6. 분석

생체신호의 송신과 수신에 의하여 취득한 데이터를 오실로스코프에서 재현한 파형을 그림12에 제시하였다.

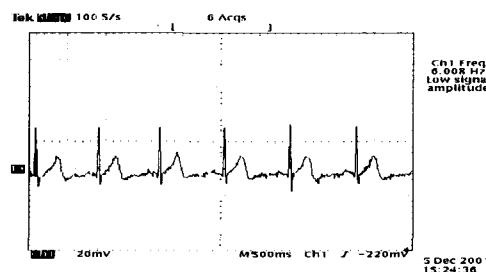


그림 12. 생체신호의 재생화면
Fig. 12 Refresh display of bio-signal

심전도는 AD627을 사용하여 약 400(mV)로 검출하였고 이것은 4~5배 정도를 증폭하여 5(ms) 샘플링 주기로 저장하여 전송하였다. TRS에서 전송이 가능한 대역은 실험에서 1.3~4.5(KHz)로 판단되었으며, 음성 대역을 고려한 FSK의 전송주파수는 $2,500 \pm 400$ (Hz)로 설계하여 모뎀을 제작하였다. 전송속도는 1000(bps)에서 에러없이 안정하게 데이터를 전송하였다. 오실로스코프의 1화면에는 5초 동안 6개의 심전도 파형이 검출되었고, 전송시간은 약 10초가 소요되므로 거의 실시간으로 파형이 전송되었다.

즉, 전송실험 결과는 1000(bps)의 전송속도 이하에서 데이터의 안정한 전송을 확인할 수 있었으며, 그 이상에서는 전송데이터가 파괴되었다.

제작된 모뎀은 생체신호의 검출에 비해 전송속도가 느리므로 데이터를 저장하여 전송하였지만, 맥박, 혈압, 체온 등의 다중 데이터 또는 실시간 전송을 위해서는 최소 5,000(bps) 이상의 모뎀을 제작하여야 실시간으로 전송이 가능할 것이다.

V. 결 론

심전도 파형을 TRS로 전송하기 위하여 샘플링 주기를 5(ms)로 설정하여 초당 200개의 데이터를 취득하여 메모리에 5초간 저장한 다음 전송하였으며, 수신측에서는 수신데이터를 순서대로 메모리에 저장한 후, 5(ms)의 간격으로 데이터를 출력하여 D/A 변환함으로써 본래의 파형을 재생하였다. 즉, 환자로부터 5초 동안 샘플한 데이터를 취득하여 약 10초 동안에 의료 진찰으로 전송하였으며, 수신된 데이터는 5초간 화면으로 재현되는 모듈을 완성하였다. 5초 동안에 검출한 환자의 심전도 파형이 의료진에게 약 20초 후에 화면상으로 전달되며, 동시에 음성통신이 가능하므로 실시간의 원격진료가 충분하다고 판단된다.

실험한 모듈의 성능은 모뎀의 전송속도에 전적으로 의존되므로 심전도를 포함한 다중의 생체데이터를 전송하기 위해서는 모뎀의 전송속도를 향상시켜야 한다. 만약, TRS의 데이터통신 프로토콜이 제공되면 모바일용 PC나 MDT를 사용하여 10,000(bps) 정도의 데이터 전송이 수행되므로 본 연구의 결과에 의하면 다중의 생체신호를 실시간으로 모니터링하는 원격진료가 가

능할 것이다.

특히, 해상의 선박에서 원격진료용으로 사용하려면 송수신프로그램을 인마세트 및 타 통신장비의 적렬통신 특성에 적합하게 수정하므로써 충분히 실현시킬 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Anonimous, "Classic episodes in telemedIci- ne", Journal of Telemedicine and Telecare, Vol.3, No4, 1997, p223.
- [2] 유태우, "원격진료시대", 대한전자공학회지, 제25권 제12호, 1998, pp29~37.
- [3] 최형식, "Teleradiology", 대한전자공학회지, 제25권 제12호, 1998, pp42~49.
- [4] 백철화, "tele-medicine의 현황", 대한전자공학회지, 제25권 제12호, 1998, pp38~41.
- [5] 이명호, 황선철, "Tele-medicine을 위한 통신기술", 대한전자공학회지, 제25권 제12호 1998, 12, pp66~70.
- [6] 대한적십자사, "전환기의 129 응급환자정보센터의 역할 제고", 직무연수 교재, 1996, 7.
- [7] 박승훈, "재택환자 모니터링시스템", 대한전자공학회지, 제25권 제12호, 1998, pp50~55.
- [8] 이건기, "ECG 신호의 분석과 beam", 전자공학회지, 제21권 제12호 1994, pp1207~1214.
- [9] 이명호, "심전도 신호의 처리 및 분석", 전자공학회지, 제21권 제12호 1994, pp1198~1206.
- [10] Gre, P.S., J.W. Hill, J.F. Jensen, and A.Sh- ah, "Telepresence Surgery", EEE Engineering in Medicine and Biology, May/June 1995, pp324~329.
- [11] 이규택, 김영길, "무선공중망을 이용한 의료정보데이터 원격모니터링 시스템에 관한 연구", 한국해양정보통신학회 추계종합학술대회 제4권 제2호.
- [12] Shimizu.k, "Telemedicine by Mobile communication", IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, 1999. 8.
- [13] Darold Wobischall, "Circuit Design for Electronic Instrumentation", McGraw-Hill, 1979, pp169~171.

저 자 소 개



김정년(Jeong-nyeon Kim)

1996년 목포해양대학교 통신공학과
공학사
1999년 한국해양대학교 전자통신공
학과 공학석사
2001년 ~ 현재 목포해양대학교
해양전자통신공학과(박사과정)

2000년 ~ 현재 목포어업무선국 근무

※주관심분야 : 통신이론, 초고주파, 해상통신



곽준혁(June-hyuk Gwak)

2001년 목포해양대학교 해양전자통
신공학부 공학사
2001년 ~ 현재 목포해양대학교 해양
전자통신공학과(석사과정)

※주관심분야 : 정보통신, 초고주파, 계측제어, VHDL



최조천(Jo-Cheun Choi)

1978년 목포해양전문학교 통신과
1986년 서울산업대학교 전자공학과
공학사
1990년 조선대학교 컴퓨터공학과 공
학석사

1998년 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사

1989년 ~ 현재 목포해양대학교 해양전자통신 공학부
부교수

※주관심분야 : 해양전자통신, 계측제어, 임베디드



조학현(Hag-Hyun Jo)

1973년 광운대학교 무선통신공학과 공
학사
1980년 건국대학교 행정대학원 행정학
석사
1992년 호서대학교 전자통신공학과 공
학석사

2000년 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사

1980년 ~ 현재 목포해양대학교 해양전자통신 공학부
교수

※주관심분야 : 회로 및 시스템, 통신이론, 해상통신