

디지털 통신방식을 이용한 심전도 텔레메트리 시스템의 개발

이준하, 이상학, 신현진, 유동수
영남대학교 의료원 생체의공학과
서희돈
영남대학교 공과대학 전자공학과
박정연
신일전문대학 전산과

초 록

현재 임상에서의 추세는 감시 장비의 증가와 인력의 부족으로 인하여 각 환자마다에 부착되어 있는 장비들을 감시하는 것이 상당한 부분을 차지하고 있으므로 시간과 인력적인 요소를 보완하기 위하여 본 연구에서는 원격으로 감시 할 수 있는 디지털 통신 방식에 의한 심전도 텔레메트리 시스템을 제작하였다. 환자로부터 추출된 심전도 신호는 A/D변환하여 디지털 형태로 오차 감시 방법을 적용한 새로운 데이터로 변환한다. 변환된 데이터는 기존의 아날로그 통신방식에서의 잡음과 혼신에 의한 부정확한 데이터전송을 극복하였다. 그리고 동일 주파수대를 사용함으로써 주파수의 낭비를 제거하였으며, 주파수 공유으로 인한 cross over의 단점은 본 논문에 제안한 송, 수신 gateway 방식을 채용 함으로써 해결하였다.

1. 서 론

텔레메트리 시스템은 계측한 정보를 멀리 떨어진 지점에 전송하여 지시나 기록을 하거나 정보처리 시스템에 입력시켜 최종적으로 원하는 목적물의 관리, 감시 및 조정을 행하는 것이다. 이러한 텔레메트리 방식에는 병동이나 병원의 구내에서와 같이 비교적 근거리에서 전용선을 이용하여 신호를 소리로 변환하여 송화기를 통하여 전송하는 전화회선을 이용하는 통신 방법과, 무선을 이용한 방식으로 송신기로 부터의 신호를 안테나를 이용하여 전파의 형태로 전송하는 방법이 있다. 그리고 광을 이용한 방식으로 정보를 가진 빛을 공간을 통하여 전송하거나, 대기로부터 신호의 손실을 방지하기 위하여 광섬유를 이용할 수가 있는데 이 방식은 매우 먼 거리까지 전송이 가능하므로 여러 분야에서 깊이 연구 중이다.

텔레메트리기술을 사용하는 목적은 피측정자를 속박하지 않으므로 피측정자가 자유롭게 활동하는 가운데 생리적 데이터를 얻을 수 있고, 스포츠를 하고 있을 때에 심전도, 뇌파, 근전도 등의 측정 같은 것이 목적에 가장 적합한 것이고, 노동이나 일상생활 중에서의 각종 생리 데이터를 있는 그대로 포착 할 수 있으며, 피측정자에 접근할 수 없는 경우, 예를들어 우주비행사, 탄광이나 터널내의 노동자, 유해가스내에서의 작업자, 고온, 고압 환경의 작업자 등의 건강 관리나 생리적 모니터링, 의료시설이나 의료진이 부족한 도서지방, 농·어촌 환자의 의료 데이터를 전문의에게 보낼 수 있으므로 보다 정확한 진단과 즉각적인 조치가 가능하다. 또한, 중환자의 생체정보를 집중감시 할 때에도 이러한 방법을 사용하면 편리하다.

바이오텔레미터란 이러한 기술을 생체에 적용한 것으로 의학, 생리학 및 관련 분야에 필수 불가결한 기술로서 그 사용범위가 급속히 확산되는 추세이다. 특히 체내삽입식 바이오텔레미터는 현재까지는 동물 실험에서 인체에 적용하기 위한 초기단계에 있지만 점차 각종 인공장기의 기술이 발달하여 체내에 삽입되게 되면 원격자극(Telestimulation)이나 원격제어(Telecontrol)등의 수단으로 체내삽입형 바이오텔레미터가 아주 중요한 기술이 된다.¹⁾

현재의 임상에서의 추세는 감시 장비의 증가와 인력의 부족으로 인하여 각 환자마다에 부착되어 있는 장비들을 감시하는 것이 상당한 부분을 차지하고 있고, 치료를 위하여 환자가 움직일 경우가 빈번히 발생하므로 보다 더 강력한 Telemetry 시스템과 넓은 범위의 수신 시스템이 요구되고 있다. 따라서, 이러한 시간과 인력적인 요소를 보완하기 위하여 하나의 집중화된 시스템을 구성하여, 스테이션에서 집중 감시(central monitoring) 시스템으로 여러명의 환자들을 동시에 감시함으로써, 환자의 감시가 더욱 편리해진다.

본 연구에서는 이러한 시간, 인력적인 측면과 더불어 환자의 집중 감시가 가능하도록, 동일한 주파수를 사용한 다수의 휴대용 텔레메트리 시스템 (Ambulatory Telemetry System : ATS)과 하나의 집중감시 시스템으로 구성하여 디지털 통신방식을 이용한 체외식 텔레메트리 시스템을 구현하고, 환자의 데이터를 개인용 컴퓨터를 이용하여 긴 시간동안의 연속적인 data의 처리 및 보관이 용이하도록 하고자 한다.

본 연구에서 구현한 하드웨어는 생체신호 증폭기, A/D CONVERTER, 통신용 프로세서, ID-DECODER, 게이트 및 송·수신 회로로 구성된 터미널부와 송·수신 회로, IO 모듈, 개인용 컴퓨터와 주변장치로 구성된 스테이션부로 나눌 수 있다. 터미널부에서는 생체로부터의 미약한 심전도 신호를 전달받아 생체신호 증폭기를 통하여 신호처리가 용이하도록 정수배하고 이 신호를 A/D 컨버터에서 디지털신호로 변환한 다음 8096 마이크로 프로세서의 제어에 의해 병렬의 디지털신호를 직렬형식의 신호로 변환하여 게이트의 동작 여부에 따라 송·수신회로로 전달한다. 스테이션부는 이러한 직렬의 신호를 송·수신회로를 통하여 수신하여 PC로 신호를 전달할 수 있도록 하기위해 병렬의 데이터로 변환하고 PC에서는 이러한 각 터미널의 심전도 신호를 디스플레이 및 진단에 응용한다.

2. 시스템 구성 및 처리 알고리즘

디지털 통신방식을 이용한 EKG 텔레메터링 시스템을 구현하기 위해서는 휴대용 텔레메터링 시스템(Ambulatory Telemetry System : ATS)과 집중 감시 시스템(Central Monitoring System : CMS)으로 구성하였다.

2-1. ATS

ATS는 환자의 심전도 신호를 추출, 변환하여 무선통신 방식으로 심전도 데이터를 집중 감시 시스템에 전송하는 역할을 하며, 여러 대의 ATS를 사용할 경우 ID-Decoder를 사용하여 각각의 ID를 식별하여 심전도 신호의 전송 여부를 결정하는 역할을 하는 특성을 가지고 있다. ID-Decoder를 사용 함으로써 주파수는 단일 주파수대를 사용할 수 있으므로 주파수 관리에 효율성을 가하도록 하였다. ATS는 휴대에 간편하도록 소형, 경량화 했고, 배터리에 의해 동작 될 수 있도록 전력 소비능력을 극소화 했으며, 고도의 신뢰성과 높은 주파수 안정도를 갖도록 설계하였다. ATS는 환자의 심전도 신호를 실시간으로 측정하여 제어 프로세스의 메모리에 저장하고 집중감시 시

시스템에서 요구할때 순서적으로 데이터를 전송하는 방식으로 하였다. ATS의 구성은 심전도 전치증폭기, 제어프로세스, A/D 변환부, 전송 데이터 변환부, ID-Decoder 및 신호 Gateway, 무선 송수신 모듈등으로 되었다. 그림 1에 ATS의 구성도를 나타내었다.

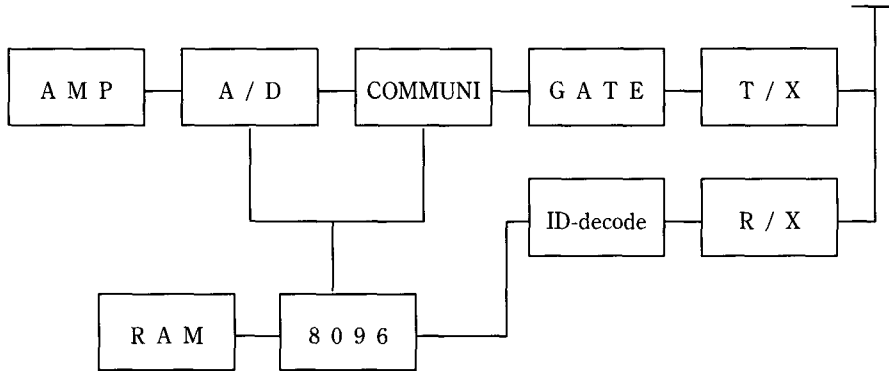


Fig. 1-1. Block-diagram of ATS

ID 디코더와 Gateway는 다수의 ATS 가운데 집중 감시 시스템에서 원하는 ATS를 인식하기 위하여 수신기를 통하여 전달받은 데이터에서 데이터 비트와 지정된 ID 비트를 체크하여 해당 ATS의 심전도 데이터를 송신하기 위해 Gateway를 open 시킨다. 그림2가 집중감시 시스템에서 전송 되어진 ATS확인 데이터 형식이다. 데이터 비트는 FF이고 ID Bit는 0~7까지의 8대의 ATS를 식별 할 수 있도록 되어있다.

ATS에서 심전도 데이터를 송신하기 위한 처리 알고리즘은 수신기를 통해 입력된 ATS확인 데이터를 제어 프로세스가 읽어서 자기 ID가 확인 되면 Gateway를 ON시키고 메모리에 저장된 심전도 데이터를 전송 메모리 포인터에 의해 데이터를 읽어서 송신 데이터 레지스터에 전달한다. 전달된 데이터는 송신기의 FM변조의 입력으로 연결되어 데이터가 집중감시 시스템으로 송신 이된다. 이의 흐름도는 그림 3과 같다.

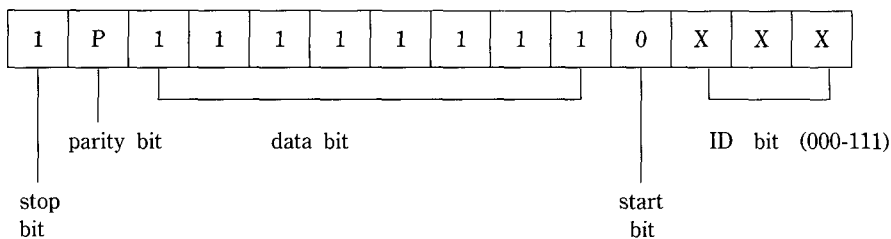


Fig. 1-2. ATS Call data format

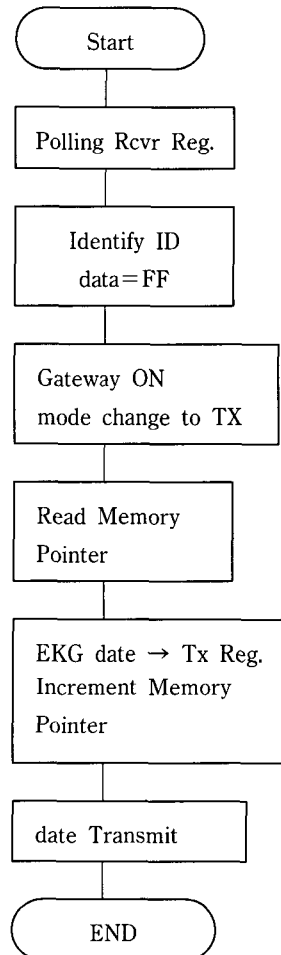


Fig. 1-3. ATSDATA transmission flowchart

생체신호 증폭기는 환자의 가슴에 부착된 전극으로부터 생체신호를 받아들여 심전도 신호를 추출 증폭하는 장치로서 증폭기의 이득을 1000배이고, 대역폭은 0.5Hz-110Hz로 설계하였다. 또한 기저선의 변동, 1-10Hz의 motion artifact, 60Hz 교류전원 잡음, 50Hz-2KHz 사이의 근 잡음을 줄이기 위하여 CMRR (Common Mode Rejection Ration)을 90dB이상 되도록 설계하였다.²⁾ 또한 양질의 데이터를 얻기 위해서는 환자 몸에 부착하는 전극의 선정이 매우 중요하기 때문에 nonpolarizeable 전극인 Ag-AgCl재질의 일회용 전극을 이용하였다.³⁾

제어 프로세서는 시스템의 전반적인 제어를 수행하는 부분으로서 구조 및 제어가 간단한 80C196 one chip microprocessor를 이용하였다. 프로세서의 5개의 I/O 포트중에서 포트 0은 A/D변환을 위한 아날로그 입력으로 사용되고, 포트 1과 2는 I/O데이터의 입출력으로 사용한다. 포트 3과 4는 프로세서가 인터럽트 펄스가 인가될 때마다 실시간으로 입력 채널의 A/D 변환된 데이터를 받아들여 메모리에 데이터를 저장하기 위한 어드레스와 데이터 버스에 사용된다. 메모리는 64

Kbyte의 프로그램 메모리와 32Kbyte 작업 메모리로 구성 되어있으며, 메모리들은 저전력 소비를 위하여 CMOS종류를 사용하였다. A/D컨버터는 80C196에 내장되어있는 8 채널 10 Bit를 사용하는데 이것의 샘플링 주기는 22 μ sec이다. 심전도 신호를 변환하기 위해서는 A/D 1 채널과 250 Hz로 샘플링 주파수를 선택하였다. 본 연구 시스템은 휴대용 저전력 시스템이기 때문에 시스템의 전원은 7.2V의 충전용 전지를 사용하였으며, 시스템에 정전압을 공급하기 위하여 5V의 출력을 갖는 Low-drop 전압 레귤레이터를 사용하였다. 전원 감시회로는 히스테리시스 특성을 갖고, 저전력을 소비하는 LTC1041을 사용하여 CPU로 감시신호를 보낸다.

데이터 변환부는 A/D 변환된 파라렐 심전도 데이터를 전송하기 쉬운 시리얼 데이터로 변환하며, 전송 에러처리 및 데이터 확인을 위해 그림 4와 같은 데이터 형식으로 전송 데이터 비트를 재구성한다.

이것은 8096 마이크로 프로세서에 의하여 제어되며 동작은 다음과 같다. 먼저 A/D 컨버터로부터의 8비트의 병렬 데이터를 TxR의 데이터 비트에 D₀에서 D₇까지 순차적으로 보낸다. 이외의 제어 비트들은 데이터를 받은 다음 제어 프로세서에 의해 추가된다. 이렇게 하여 완성된 하나의 데이터는 클럭신호에 동기하여 송수신 모듈의 FM(Frequency Modulation : FM) 변조부로 전송하여 무선으로 집중감시 시스템에 전달한다.

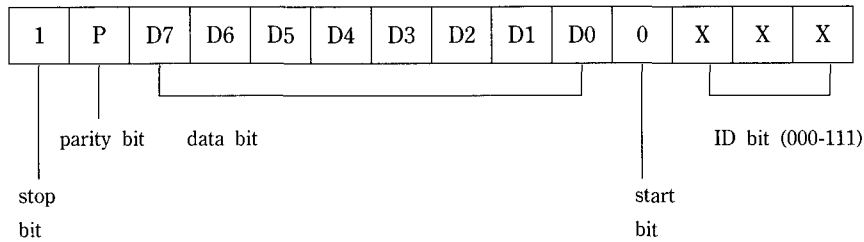


Fig. 1-4. ATS Transmission data format

2-2 집중감시 시스템

집중감시 시스템의 구성은 송수신 모듈과 ID-엔코드 PC, 및 디지털 I/O모듈로 구성하였다. 구성도는 그림 5와 같다.

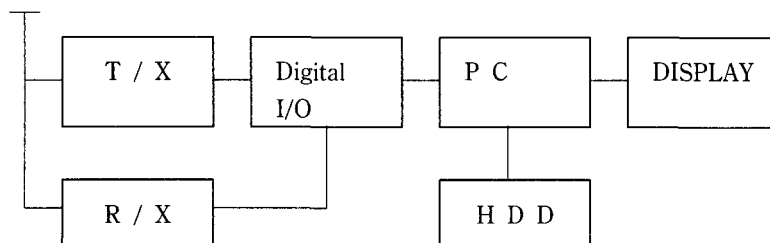


Fig. 1-5 Block-diagram of CMS

집중감시 시스템에서 ATS를 호출하기 위해서는 원하는 ATS의 ID와 ATS호출 데이터를 송신기의 FM변 조부의 입력으로 전달하여 송신 한다. 호출 데이터 형식은 그림 2와 같으며 응답은 수신기를 통해 입력된 심전도 데이터는 디지털 I/O모듈을 통해 PC의 메모리에 저장이 된다. PC에는 각 ATS별로 미리 메모리를 확보해두고 있으며, 입력되는 심전도 파형을 각 ATS별로 화면을 분할하여 전체적으로 파형을 재현한다. 디지털 I/O모듈은 Bio-Pac사의 DIO모듈을 사용하였다. 본 연구에서는 8대의 ATS를 사용하는 관계로 ATS에서의 심전도 샘플링 주파수가 250Hz이므로 호출 데이터를 500 μ sec주기로 전송하고 심전도 데이터를 수신하게 되어있다. 수신된 데이터가 불량이거나 에러가 발생 할 경우에는 그 데이터는 무시하고 다음의 ATS를 호출하게 되어있다. 이는 심전도 데이터의 변화가 급격히 변하지 않는다는 가정에서 이러한 처리를 해도 파형을 재현하는 데는 문제가 없다.

송수신 모듈은 ATS와 집중감시 시스템에서 동일한 것을 사용하며, 주파수는 320MHz FM 방식을 사용한다.⁴⁾

3. 실험 결과 및 고찰

본 연구에서 구현한 ATS의 핵심적인 부분은 정확한 심전도 데이터의 디지털 전송이며 이 과정은 일반적으로 3단계로 구성이 된다. 첫번째 단계는 지정된 ATS의 식별코드를 수신하여 데이터를 송신 할 수 있는 gateway를 open하는 기능이며, 두번째 단계는 환자로 부터 추출된 심전도 데이터를 A/D변환하여 통신용 데이터로 재구성 하는 기능이며, 세번째 단계는 통신용 데이터를 FM변조하여 집중감시 시스템으로 송신하는 기능이다. 그림 6은 본 연구에서 구현한 ATS의 하드웨어를 나타내었다. 집중감시 시스템의 디지털 I/D모듈은 BIOPAC사의 제품을 사용하여 수신된 환자의 심전도 데이터를 처리하였다. 본 연구에서는 2채널의 ATS와 하나의 집중감시 시스템으로 구성하여 실험한 결과 그림 7과 같이 환자의 심전도 신호를 원격으로 측정 하는데 만족할 만 한 결과를 얻을 수 있었다.

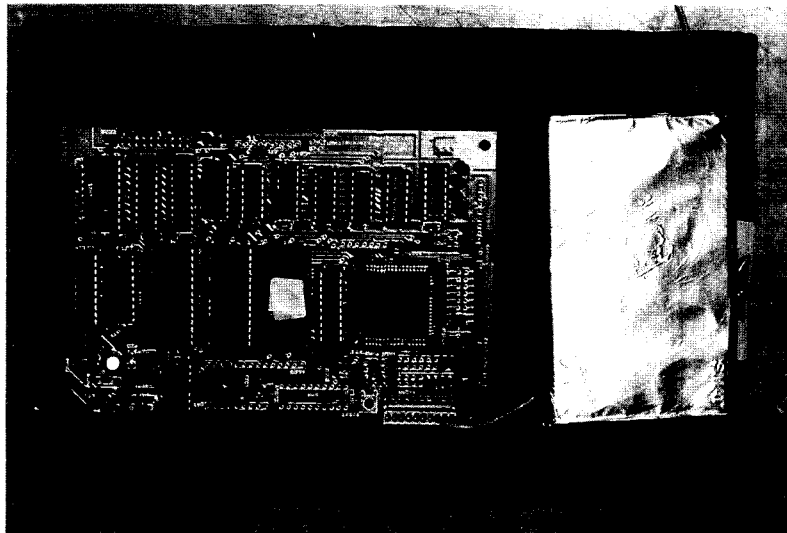


Fig. 2-1. The picture of the ATS

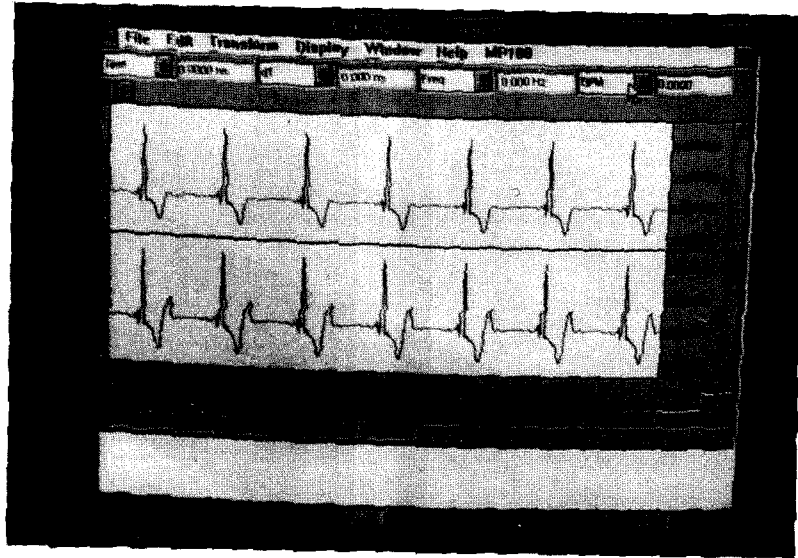


Fig. 2-2. CMS monitoring screen display by 2 channel ATS

4. 결 론

본 연구에서는 디지털 통신 방식을 이용한 심전도 텔레메트리 시스템을 개발하였는데 하나의 집중화된 시스템을 구성하여, 스테이션에서 집중 감시(central monitoring) 시스템으로 여러 명의 환자들을 동시에 감시함으로써, 환자의 감시가 더욱 편리해진다.

본 연구에서 구현된 시스템은 시간, 인력적인 측면과 더불어 환자의 집중 감시가 가능하도록, 동일한 주파수를 사용한 다수의 ATS와 하나의 집중 감시 시스템으로 구성하여 디지털 통신방식을 이용하였다. 동일한 주파수를 사용함으로써 주파수의 이용도를 높이고 집중감시 시스템에서 PC를 사용하여 환자의 데이터를 긴 시간 동안의 연속적인 data의 처리 및 보관이 용이하도록 한다.

향후 본 시스템은 실용화를 위해 주파수의 안정도를 높이는 연구와 데이터 통신시 발생할 수 있는 전송오차를 줄이는 알고리즘의 연구 및 입력 채널수를 증가하여 다른 생체 감시신호를 전송하는 연구를 보완하여 환자의 다중 생체신호를 분석해야 하는 분야에 적용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Mackay R. S. : Bio-medical telemetry : IEEE Press, NewYork(1993), pp. 1-20
2. Joseph R. H. : Designing Microprocessor based Instrumentation : Reston, NewYork(1982), PP. 248-262.
3. Willis J. T., John, GW : Design of Microcomputer based Medical Instrumentation : PrenticeHall, NewYork(1981), pp. 148-159.
4. Motorola semiconductor technical data : MC13175 UHF FM/AM Transmitter : Motorola, Texas(1988)

Development of E.C.G. Telemetry System Using Digital Communication Method

Joon-ha Lee, Sang-hag Lee, Hyun-jin Shin, Dong-su You, Hei-don Seo*,
Jeong-yun Park**

Department of Biophysics & Medical Engineering,

Yeungnam University Medical Center, Taegu, KOREA

Department of Electronics Yeungnam University, Taegu, KOREA *

Department of Computer Science, Shinil Junior College, Taegu, KOREA * *

Abstract

In this study, we developed E.C.G telemetry system by using a digital communication method. This system is composed of a number of Ambulatory Telemetry System(ATS)'s that use for the same frequency and one center monitoring system(CMS) utilized the personal computer. The purpose of the ATS is, Therefore, to present for acquisition ECG data and transmitting to CMS. The ATS hardware is based on one chip microprocessor (8096) included A/D convert, ECG pre amplifier, ID-decoder, TRX Gateway and FM TRX module. Using the PC can be convinet to processing and deposite for long terms continued patient data.