

# 모듈형 환자 모니터 시제품의 개발

우응제, 박승훈, 김 경수\*, 최근호\*, 김승태\*, 문창욱\*, 전병문\*, 이희철\*, 김형진\*, 서재준\*, 박종찬\*  
건국대학교 의과대학 의공학과  
\*삼성종합기술원 의료기기팀

## Development of a Prototype of a Module-Based Patient Monitor

Eung Je Woo, Seung Hun Park, Kyung Soo Kim\*, Keun Ho Choi\*, Seung Tae Kim\*, Chang Wook Moon\*,  
Byung Moon Jun\*, Hee Cheol Lee\*, Hyung Jin Kim\*, Jae Joon Seo\*, and Jong Chan Park\*  
Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Kon Kuk University  
\*Samsung Advanced Institute of Technology, Medical Electronics Team

### ABSTRACT

We have developed a prototype of a module-based patient monitor. In this paper, we describe the design methodology and specifications of the developed module-based patient monitors. The monitor consists of a main unit and module cases with various parameter modules. The main unit includes a 12.1" TFT color LCD, a main CPU board, and peripherals such as a module controller, Ethernet LAN card, video card, rotate/push button controller, etc. The main unit can connect at maximum three module cases, each of which can accommodate up to 7 parameter modules. They include the modules for electrocardiograph, respiration, invasive blood pressure, noninvasive blood pressure, temperature, and SpO<sub>2</sub> with plethysmograph.

### I. 서론

중환자의 경우에는 환자의 상태에 대한 연속적이고 집중적인 모니터링이 필요하다. 따라서, 이러한 기능을 제공하는 환자 모니터(patient monitor)는 주요한 의료 장비로서 활용되고 있다. 환자 모니터의 가장 기본적인 기능은, 환자에 부착한 각종 센서들로부터 여러 종류의 생체 신호들을 측정하고, 이를 처리 분석하여 환자의 상태에 관한 정보를 추출하여 의료진에게 출력하는 것이다. 환자 모니터는 통상 환자 당 1대씩 설치되며, 여러 개의 환자 모니터로부터 수집된 정보는 중앙 환자 모니터로 전송되어, 여러 명의 환자들에 대한 통합적인 환자 모니터링이 이루어 지기도 한다[1].

환자의 현재 상태를 모니터링하기 위해서 측정하는 변수들로는 심전도, 혈압, 호흡, 체온, 동맥 산소 포화도, 정맥 산소 포화도, 심박출량, 호기 시 이산화탄소, 흡기 시 산소, 기타 가스 농도와 이산화탄소 및 산소 분압 등이 있다. 환자의 상태와 진료의 목적에 따라서 이러한 변수 중에서 몇 가지가 선택적으로 사용된다. 따라서, 환자 모니터는 필요에 따라 그 구성을 달리할 수 있는 모듈형의 구조를 가지는 것이 바람직하다. 또한, 각종 신호의 단순한 수집 및 도시의 기능에서 한걸음 더 나아가 기기 자체가 이러한 신호를 처리, 분석하여 위급한 상황을 검출하거나 또는 그러한 상황을 예견하여 의료진에게 전달하는 정보의 기능이 필수적이다[1,2].

이를 위하여는 환자 모니터링 시스템은 반드시 전산화되어야 할 것이며, 전산화된 환자 모니터링 시스템에서는 여러 대의 환자 모니터를 전산망으로 연결하여 각종 데이터를 통합 관리하고, 여러 환자들을 중앙 집중 관리하는 등 다양한 부가 기능들을 구현하는 것이 가능하다. 본 논문에서는 이러한 기술 동향의 분석에 따라 기본 설계 및 개발을 추진하여 개발 완료한 모듈형 환자 모니터의 시제품에 대하여 기술한다[2].

다음의 표 1은 개발한 모듈형 환자 모니터의 전체적인 사양을 기술하고 있다. 모듈은 단일 모듈과 2가지 이상의 생체 신호를 제공하는 복합 모듈로 나뉘어 진다. 전기적인 안전도 및 성능에 있어서, 전체적인 시스템의 기본 규격 및 사양은 AAMI와 ANSI의 각종 관련 규격에 맞추었다[3].

표 1. 모듈형 환자 모니터의 전체적인 사양.

항목	사양
본체 주 CPU	Pentium, 133MHz 이상
본체 통신 CPU	80C152, 16MHz
화면 도시	800×600, 12.1" TFT 컬러 LCD 추가 CRT 모니터 장착 가능
보조 기억 장치	하드 디스크
사용자 입력 장치	Rotate/push 버튼 (기본) 키보드 (장착 가능) 마우스/트랙볼 (장착 가능)
출력 장치	레코더 또는 프린터
본체 프로그램	모듈형 환자 모니터 프로그램
생체 신호 종류	심전도, 호흡, 관혈적 혈압, 체온, 비관혈적 혈압, 동맥 산소포화도(plethysmograph 포함)
모듈 케이스	최대 3 개
전체 장착 모듈	최대 21 개
모듈 주 CPU	80C196, 16MHz
모듈 통신 CPU	80C152, 16MHz
인트라베드 통신망 (intrabed network)	RS-485 (multi-drop, NRM, 1Mbps) HDLC 프로토콜
인터베드 통신망 (interbed network)	Ethernet (10Base-T, 10Mbps) TCP/IP 및 UDP 프로토콜

위의 표 1에서 모듈형 환자 모니터의 각 모듈들과 본체 사이의 통신망을 인트라베드 통신망 (intrabed network)이라 하고, 여러 대의 모듈형 환자 모니터와 중앙 환자 모니터, DB 서버 및 임상 의 사용 워크스테이션들 사이의 생체 신호와 각종 관련 데이터의 전송을 위한 통신망을 인터베드 통신망(interbed network)이라 한다.

## II. 하드웨어 구조

### 1. 전체 구조

다음의 그림 1과 같은 전체 구조를 가지는 모듈형 환자 모니터는 각종 모듈 및 모듈들과 모듈 제어기 사이의 인트라베드 통신망, 모듈 제어기, 주 프로세서 부, 주변장치, 및 모니터 등으로 구성된다.

각 모듈에는 2개의 프로세서가 내장되어, 각각 신호의 수집, 처리 및 저장과 통신의 기능을 수

행하며, 이러한 분산처리 기법의 적용을 통하여 많은 개수의 모듈들을 사용하여 시스템의 기능을 확장하는 것이 용이하도록 하였다. 또한, 새로운 모듈의 추가에 따른 시스템의 과부하 현상을 미연에 방지하였다.

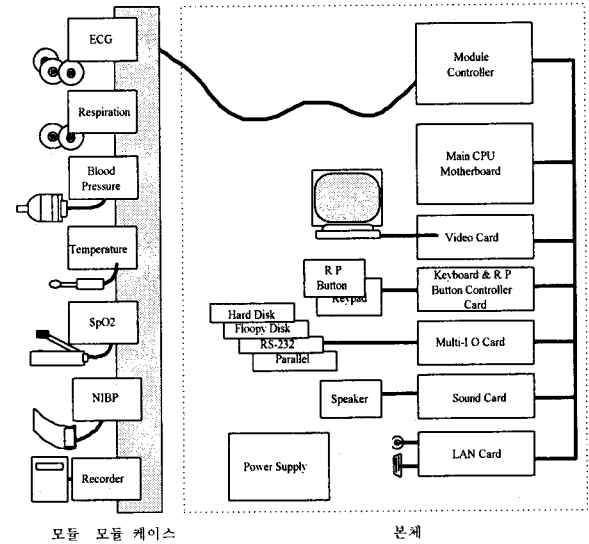


그림 1. 모듈형 환자 모니터의 구조. 'R/P Button'은 rotate/push 버튼을 의미함.

### 2. 본체

모듈형 환자 모니터의 본체는 펜티엄 프로세서가 장착되는 주 기판을 기본으로 하여 구성된다. 본체에는 인트라베드 통신망을 위한 통신 장치인 모듈 제어기와 rotate/push 버튼 및 버튼 제어기, 그리고 인터베드 통신망을 위한 Ethernet 통신 장치가 내장된다.

모듈형 환자 모니터에서는 사용자의 기본적인 입력장치로 rotate/push 버튼을 사용한다. 이것은 좌회전, 우회전 및 선택의 3가지 기능을 가지고, 이 3가지의 기능은 환자 모니터 프로그램의 메뉴 선택 및 대화상자에서의 각종 선택 사항을 제어하는데 사용된다.

### 3. 모듈 제어기

본체에 장착되는 모듈 제어기는 장착되는 또는 탈착되는 모듈의 인식과 각 모듈들과의 데이터 송수신을 담당한다. 통신 방식은 RS-485 및 HDLC를 이용하고, NRM(normal response mode)에 의한 시분할 통신 방식을 구현하였다.

### 4. 모듈 케이스

모듈 케이스는 최대 3개 까지 연결이 가능하고, 하나의 모듈 케이스에는 최대 7개의 모듈을 장착할 수 있다. 각 모듈 케이스는 본체의 모듈 제어기와 연결하는 콘넥터가 설치된 기판이 내장되고, 이 기판에는 전원선들과 인트라베드 통신망용 통신 선로 및 각 모듈의 개별적인 인식을 위한 제어 신호가 배선되어 있다.

5. 모듈

그림 2와 같은 모듈은 센서로부터의 생체 신호를 처리하는 아날로그 회로 부분과 제어 및 상태 확인, 신호의 A/D 변환과 디지털 신호처리 등을 담당하는 마이크로컨트롤러 부분, 그리고 인트라베드 통신망용 마이크로컨트롤러 부분 및 전원 분리용 DC-DC 변환기의 4부분으로 구성된다.

본체로부터 공급된 전원은 DC-DC 변환기에 의해 분리 전원으로 바뀌어 모듈에 공급된다. 또한 인트라베드 통신 선로는 광 결합기에 의해 접지 분리를 하여 "isolated patient connection"을 구현하여 전기적 안전도에 관한 규격을 만족시켰다[3].

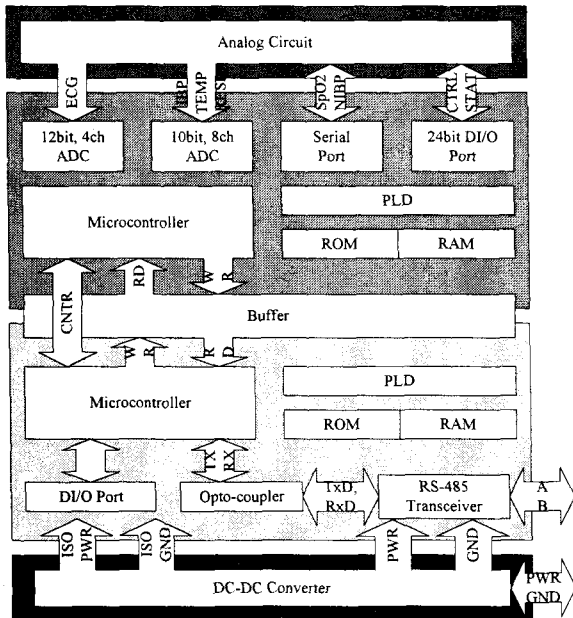


그림 2. 모듈의 구조.

III. 소프트웨어 구조

1. 요구 사항 및 소프트웨어 설계 원칙

최근의 급격한 병원 환경의 변화는 병원 정보의 디지털화 및 전산망의 효율적인 활용으로 특징지어질 수 있다. 따라서, 환자 모니터는 기본 기능

들 이외에 이러한 환경 변화를 수용할 수 있는 기능들도 갖추어야 한다. 다음은 환자 모니터가 갖추어야 할 기능적 요구 사항들을 열거한 것이다.

- 측정 모듈에서 수집한 모든 생체 신호 데이터를 실시간으로 화면에 출력한다.
- 생체 신호들을 처리하여 얻은 숫자 및 사건 정보들을 원래의 신호와 동기화하여 출력하고, 일정 기간 동안에 발생한 정보를 저장하여 보여준다.
- 위급 상황 및 오동작 상태를 통지한다.
- 측정 모듈들의 하드웨어들을 제어한다.
- 생체 신호 및 추출 정보 데이터들을 전산망을 통해 다른 컴퓨터로 실시간 전송한다.
- 일관성 있고 사용하기 쉬운 사용자 인터페이스를 제공한다.
- 새로운 생체 신호 측정 모듈들을 쉽게 추가할 수 있어야 한다.

본 연구에서는 위에서 열거한 기능적 요구 사항을 만족하기 위하여 다음과 같은 소프트웨어 설계 원칙을 따랐다.

- 여러 작업이 동시에 실행되는 듯한 느낌을 줄 수 있도록 multithreading 기법을 사용한다.
- 신호 데이터와 여기에서 추출된 정보들을 서로 동기화 시킬 수 있는 표현 방식을 사용한다.
- 인터넷 표준 통신 방식인 TCP/IP를 채용하여 인터넷에 직접 연결할 수 있도록 한다.
- 직관적인 사용자 인터페이스 표준을 준수하고, 최대 3단계의 조작으로 모든 작업을 완료한다.
- 시스템 개발을 위한 분석, 모델링, 설계 및 구현에 객체 지향 개념을 적용하여, 프로그램 코드를 재활용하고, 확장 및 유지 보수가 쉽게 한다.

2. 소프트웨어 구조 및 구현

환자 모니터가 갖추어야 할 기본 기능들과 사용자의 각종 사용 예들을 분석하여 주요한 객체들의 종류들을 밝혀낸 다음, 객체 지향형 분석 및 설계 도구인 Rose/C++(Rational사, 미국)를 사용하여 Booch 표현 방법으로 각 구성 객체들의 속성들과 처리 방법들을 나타내었다[4]. 각 객체들의 속성과 처리 방법들은 C++의 클래스 형태로 구현되었고, WIN 32 API를 사용하여 각종 사용자 인터페이스를 구현하였다. 인터넷을 통한 통신은 WinSock을 사용하여 구현하였다. 그림 3은 환자 모니터 소프트웨어를 구성하고 있는 중요한 클래스들의 종류

와 각 클래스들 간의 관계를 Booch Method 를 사용하여 나타낸 것이다.

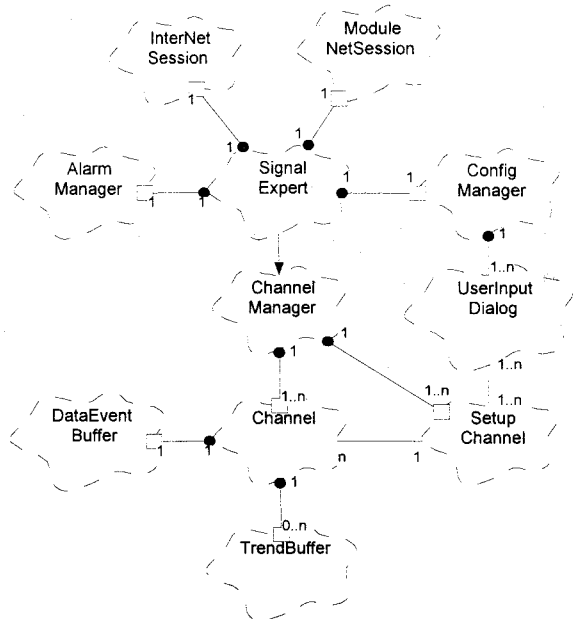


그림 3. 클래스들의 종류와 관계.

#### IV. 기구 설계

모듈형 환자 모니터의 기구는 본체, 모듈 케이스, 각종 모듈, 그리고 케이블 및 센서 등의 부속품들로 구성된다. 전체적인 크기를 최소화하면서 설치 후 안정감이 있도록 디자인 및 기구 설계를 하였다. 그림 4는 본체의 전면을 보여주고 있다.

그림 5의 모듈 케이스는 7개의 기본 크기 모듈을 장착할 수 있도록 하였고, 기본적으로는 본체와 분리되도록 설계하였으나, 그 위에 본체를 설치하는 것도 가능하도록 하였다. 그림 6은 기본 크기와 2배 크기의 모듈 한 종류씩을 각각 보여주고 있다. 각 모듈의 전면에는 센서 케이블 접속부와 동작 상태를 나타내는 지시등 및 소형 키패드들이 설치되어 있다.

#### V. 실험

개발된 모듈형 환자 모니터에 대한 실험실 차원에서의 모든 성능 검증 실험은 완료하였다. 실제 상황에서의 안정성과 정확성 및 신뢰성을 검증하기 위하여, 그림 7과 같이 본 대학 부속병원 중환자실에 환자 모니터를 설치하고, 20여명 이상의 환자에게 적용하여 임상실험을 진행하였다.

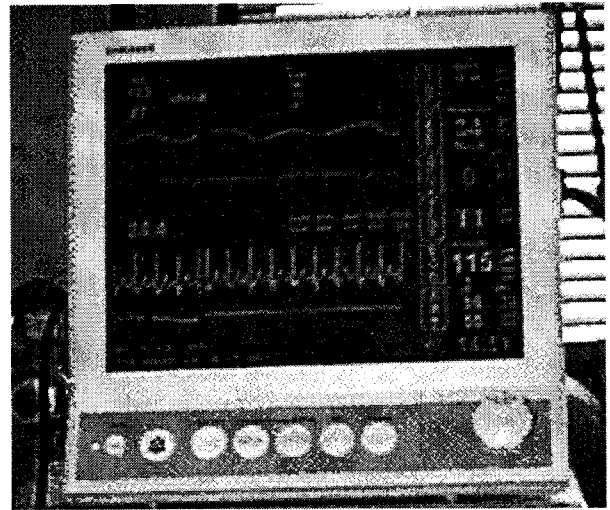


그림 4. 본체의 전면 모습.

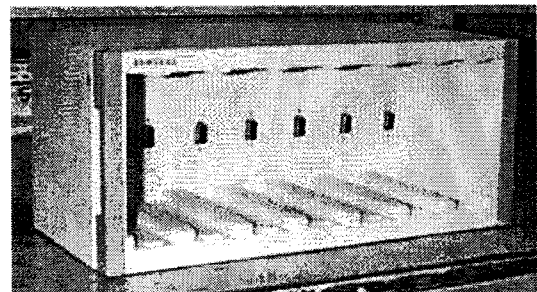


그림 5. 모듈 케이스의 전면 모습.

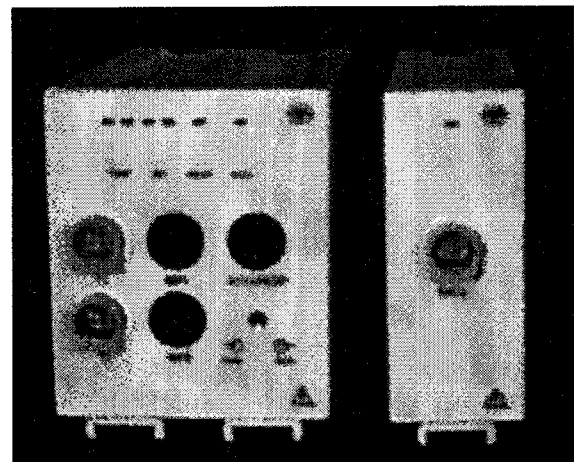


그림 6. 기본 크기 및 2배 크기 모듈의 전면 모습.

그림 8은 동작 중인 환자 모니터의 화면 중 일부를 보여주고 있다. 현재에도 임상실험이 계속 진행 중에 있으나, 지난 약 3개월 이상의 임상실험 기간을 통하여 전반적인 시스템의 안정성을 확인할 수 있었고, 중환자실에서 기존에 사용하던 타 회사 제품들과의 성능 비교를 통해서 개발된 모듈

형 환자 모니터의 정확성과 신뢰성을 검증할 수 있었다.

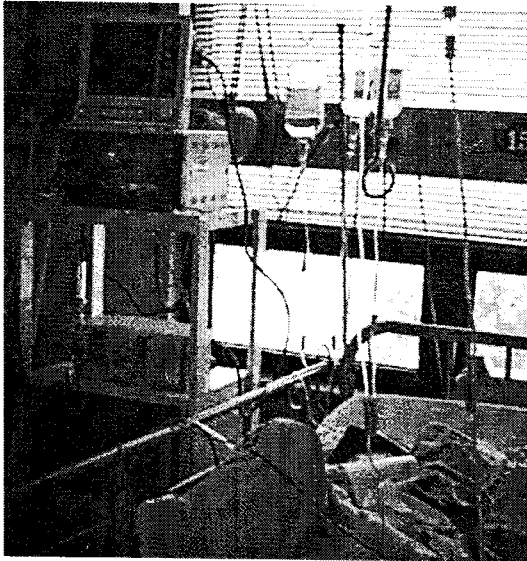


그림 7. 중환자실에 설치된 모듈형 환자 모니터

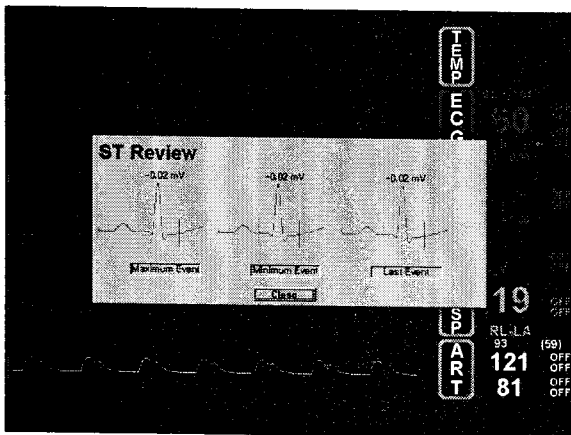


그림 8. 모듈형 환자 모니터의 동작 중 화면 (ST review 기능)

## VI. 토의

지금까지 기술한 모듈형 환자 모니터의 개발에 있어서는, 가장 필수적인 6 종류의 생체 신호 측정 기능을 기본으로 하고, rotate/push 버튼 및 그래픽 사용자 인터페이스에 의한 사용의 편리성과 기능의 다양성을 강조하였다.

앞으로는 다양한 기능을 제공하는 모듈의 추가가 필요하다. 심박출량 측정 모듈과 호기 시 이산화 탄소( $\text{EtCO}_2$ ) 측정 모듈의 개발이 현재 진행 중이며, 다양한 가스 농도 분석기와의 인터페이스를 추진 중에 있다. 또한, 정맥 산소 포화도( $\text{SvO}_2$ ),

흡기 시 산소( $\text{FIO}_2$ ) 측정 모듈 등의 추가 개발을 계획하고 있다.

통신의 면에서 보면 앞으로 인트라베드와 인터베드 통신망의 모두에 있어서 무선 통신 기능을 추가하여, 이동 중인 환자에 대해서도 연속적인 모니터링이 가능하도록 하여야 할 것이다.

## VII. 결론

모듈형 환자 모니터는 환자 모니터링 시스템에서 한 환자의 상태에 대한 여러 가지 정보를 수집, 처리, 출력, 전송하는 가장 핵심적인 역할을 담당한다. 본 논문에서 기술한 환자 모니터는, 사용자의 요구에 따라 시스템의 구성을 달리할 수 있으며, 그래픽 사용자 인터페이스에 의해 사용의 편리성을 강조하였다.

또한, 심전도, 호흡, 관혈적 혈압, 비관혈적 혈압, 체온, 동맥 산소 포화도 등의 6 가지의 생체 신호를 측정하고 처리 및 출력하여 중환자실에서 사용하기에 충분한 기능을 제공하도록 하였다. 관련된 각종 경고 상태 및 선택 사항들을 효율적인 방법으로 사용자들이 설정할 수 있도록 하였고, 데이터 통신 기능을 강조하여 중앙 환자 모니터 및 DB 서버 등과의 접속이 용이하도록 하였다.

## VIII. 참고문헌

1. J. G. Webster, ed., *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*, New York, John Wiley & Sons, 1988.
2. 우 응제, 박 승훈, 김 경수, 최 근호, 김 승태, 문 창욱, 전 병문, 이 희철, 김 형진, 서 재준, 채 경명, 박 종찬, "환자 모니터링 시스템의 개발: 전체구조 및 기본사양," 의공학회지, 인쇄중, 1997.
3. AAMI, *Standards and Recommended Practices*, Arlington, VA, AAMI, 1993.
4. Grady Booch, *Object-Oriented Analysis and Design*, 2nd ed., The Benjamin Cummings Publishing Company, Redwood City, California, 1994.