

모듈형 환자감시기와 중앙 환자감시기로 구성되는 환자감시시스템 시제품의 개발: 전체구조 및 사양

우응제, 박승훈, 전병문*, 문창욱*, 이희철*, 김승태*, 김형진*, 서재준*,
채경명*, 박종찬*, 최근호*, 이왕진*, 김경수*
건국대학교 의과대학 의학공학과
*삼성종합기술원 의료기기팀

Development of a Prototype Patient Monitoring System with Module-Based Bedside Units and Central Stations: Overall Architecture and Specifications

E. J. Woo, S. H. Park, B.M Jun*, C. W. Moon*, H. C. Lee*, S. T. Kim*, H. J. Kim*, J. J. Seo*,
K. M. Chae*, J. C. Park*, K. H. Choi*, W. J. Lee*, and K. S. Kim*
Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Kon Kuk University
*Samsung Advanced Institute of Technology, Medical Electronics Team

ABSTRACT

We have developed a prototype patient monitoring system including module-based bedside units, interbed network, and central stations. A bedside unit consists of a color monitor and a main CPU unit with peripherals including a module controller. It can also include up to 3 module cases and 21 different modules. In addition to the 3-channel recorder module, six different physiological parameters of ECG, respiration, invasive blood pressure, noninvasive blood pressure, body temperature, and arterial pulse oximetry with plethysmograph are provided as parameter modules.

Modules and a module controller communicate with up to 1Mbps data rate through an intrabed network based on RS-485 and HDLC protocol. Bedside units can display up to 12 channels of waveforms with any related numeric informations simultaneously. At the same time, it communicates with other bedside units and central stations through interbed network based on 10Mbps Ethernet and TCP/IP protocol.

Software for bedside units and central stations fully utilizes graphical user interface techniques and all functions are controlled by a rotate/push button on bedside

unit and a mouse on central station. The entire system satisfies the requirements of AAMI and ANSI standards in terms of electrical safety and performances.

In order to accommodate more advanced data management capabilities such as 24-hour full disclosure, we are developing a relational database server dedicated to the patient monitoring system. We are also developing a clinical workstation with which physicians can review and examine the data from patients through various kinds of computer networks for diagnosis and report generation.

Portable bedside units with LCD display and wired or wireless data communication capability will be developed in the near future. New parameter modules including cardiac output, capnograph, and other gas analysis functions will be added.

서론

환자감시시스템(PMS, patient monitoring system)의 기본이 되는 환자감시기(bedside unit)는, 환자에 부착한 각종 센서로부터 여러 종류의 생체신호들을 측정하고, 이를 처리 분석하여 환자의 상태에

관한 정보를 추출하여 의료진에게 출력해 주는 장치이다. 환자감시기는 환자 당 1대씩 설치되며, 여러 개의 환자감시기로 부터 수집된 정보는 중앙 환자감시기(central station)로 전송된다. 이와 같이 여러 대의 환자감시기와 중앙 환자감시기에 의해, 환자의 옆에서 뿐만 아니라, 별도의 특정 장소에서 많은 환자의 상태를 집중 감시할 수 있도록 구성된 시스템을 환자감시시스템이라 한다 [1, 2].

환자감시시스템은 각종 중환자실, 수술실, 응급실 등에서 기본적인 의료장비의 하나로서 활용되고 있다. 환자에게는 연속적인 집중 감시에 의한 안정적이고 수준 높은 의료 서비스를 제공하고, 의료진에게는 중환자의 감시에 수반하는 인력과 노력 및 부담의 절감이라는 효과를 제공한다. 그림 1은 중환자실 환경에서의 환자감시시스템의 구성도를 보여주고 있다.

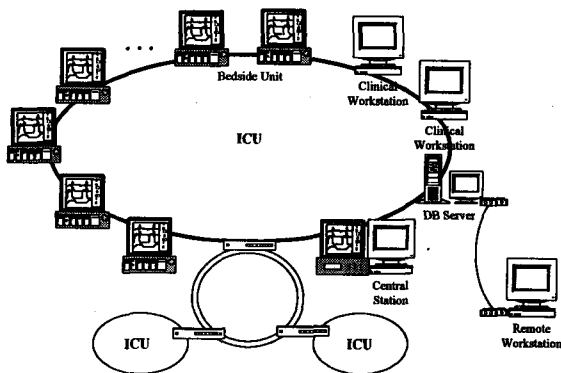


그림 1. 중환자실 환경에서의 환자감시시스템.

Fig. 1. Patient monitoring system in ICU.

본 논문에서는 모듈형 환자감시기와 중앙 환자감시기(central station) 및 통신망으로 구성되는 환자감시시스템의 시제품 개발에 관하여 기술한다. 본 논문에서 기술하는 환자감시시스템의 설계에 있어서는, 첫째로 상품화를 전제로 하여 관련된 규격을 엄격히 적용하였고, 둘째 기존 의 환자감시시스템들의 장단점 분석을 바탕으로 하였으며 [3-6], 셋째 빠른 속도로 발전하는 컴퓨터 및 통신기술 그리고 소프트웨어 기술의 신속한 적용에 의한 기능의 향상이 가능한 구조를 채택하였고, 네번째로는 기존의 제품들과 차별화할 수 있는 새로운 개

념들을 도입하였다. 이렇게 하여, 시스템의 확장성, 사용의 편리성, 기능의 다양성을 강조하였다 [7].

모듈형 환자감시기

모듈형 환자감시기는 컬러 모니터와 주 프로세서 및 보조기억장치, 비데오장치, 모듈제어기 등의 주변장치들로 구성된다. 모듈제어기에는 7개의 모듈을 장착할 수 있는 모듈 케이스를 3개 까지 연결할 수 있고, 3 채널의 레코더 모듈을 포함하는 9 종류의 모듈이 개발되어 있다. 이러한 모듈들은 현재 가장 많이 사용되고 있는 심전도, 호흡, 관혈적혈압, 비관혈적혈압, 체온, 동맥산소포화도 및 plethysmograph 등 6 종류의 생체신호 파라미터들을 측정할 수 있다. 모듈들은 단일 모듈과 2가지 이상의 파라미터를 동시에 제공하는 복합 모듈로 나뉘어 진다. 그림 2는 모듈형 환자감시기의 전체 구조를 보여주고 있다.

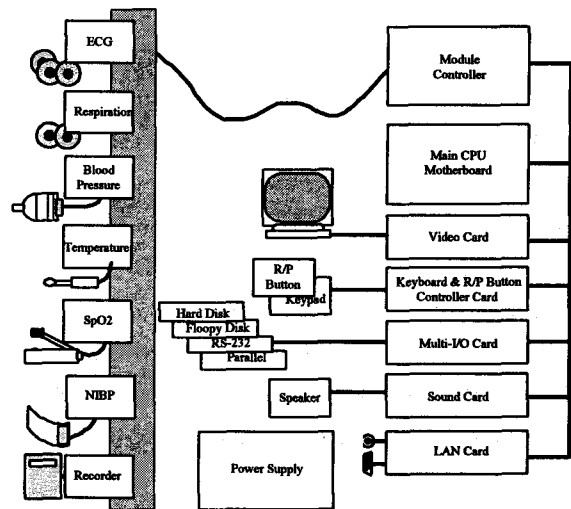


그림 2. 모듈형 환자감시기의 구조.

Fig. 2. Block diagram of a module-based bedside unit.

각 모듈에는 2개의 프로세서가 내장되어, 신호의 수집, 처리, 저장, 및 통신의 기능을 수행하며, 이러한 분산처리 기법의 적용을 통하여 많은 갯수의 모듈들을 사용하여 시스템의 기능을 확장하는 것이 용이하도록 하였다. 또한, 새로운 모듈의 추가에 따른 시스템의 과부하 현상을 방지하였다.

모듈형 환자감사기와 중앙환자감시기로 구성되는 환자감사시스템 시제품의 개발 : 전체구조및 사양

모듈제어기와 각 모듈들 사이의 통신(intrabed network)은 최대 1Mbps 의 전송속도를 가지는 RS-485 및 HDLC 프로토콜로 구현하였다. 모듈들의 장, 탈착에 대한 자동인식 및 그에 따른 화면상의 적절한 환경설정 등이 구현되어 있다. 그림 3은 모듈의 구조를 보여주고 있다.

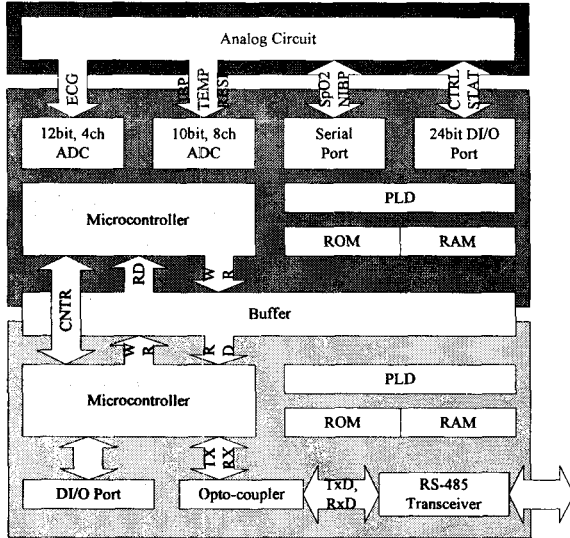


그림 3. 모듈의 구조.

Fig. 3. Structure of a module.

모듈형 환자감사기의 화면에는 최대 12 채널의 파형 및 그와 관련된 모든 숫자 정보들을 동시에 도시할 수 있다. 모든 기능의 선택은 아이콘과 메뉴의 선택에 의해 이루어지며, 사용자의 입력은 rotate/push 버튼의 사용을 기본으로 하였다.

모든 생체신호에 대하여 임상적으로 중요한 변수들은 그 각각에 대하여 경보를 설정할 수 있도록 하였다. 또한, 여러 가지의 변수들에 관한 복합적인 경보를 구현하기 위하여, 각 변수의 상태에 대한 논리적인 조합에 의해서 경보를 발생시키는 초보적인 지능형 경보시스템을 구현하였다. 그림 4는 모듈형 환자감사기의 화면을 보여주고 있다.

전기적인 안전도 및 성능에 있어서, 전체적인 시스템의 기본 규격 및 사양은 AAMI 와 ANSI 의 각종 관련 규격에 맞추었다 [8].

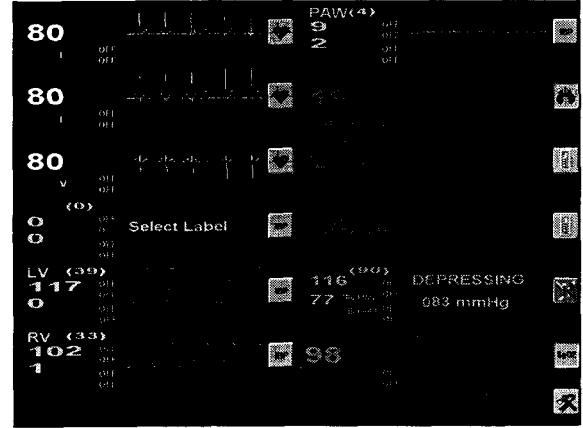


그림 4. 모듈형 환자감사기의 화면.

Fig. 4. Screen of a module-based bedside unit.

Interbed Network

여러개의 모듈형 환자감사기들과 중앙 환자감사기들 사이의 통신(interbed network)은 10Mbps 의 Ethernet 과 TCP/IP 프로토콜에 의해 구현하였다. 통신망의 구성을 위해서는 현재 병원에서 가장 많이 사용되고 있는 일반적인 LAN 구축 기술을 그대로 채용하여, 기존의 병원 정보망에 직접 접속하거나 확장할 수 있도록 하였다. 따라서, 여러 종류의 통신 장비 및 배선 방식을 사용할 수 있어서, 중환자실이나 수술실, 응급실 등의 고유한 환경에 맞추어 통신망을 구성할 수 있다.

본 논문에서 개발한 시범 시스템에서는 10BASE-T 를 사용하였다. 중앙 환자감사기들의 사용 양태에 따라 통신량이 달라져서 차이는 있으나, 보통 한 개의 LAN 세그먼트에 최대 100 여대의 모듈형 환자감사기들을 접속할 수 있다.

중앙 환자감시기

중앙 환자감사기는 대형 모니터를 채택할 수 있고, 한 순간에 최대 18 채널의 파형 및 그와 관련된 숫자 정보들의 실시간 도시가 가능하다. 각 중앙 환자감사기는 현재 통신망에 접속된 모듈형 환자감사기들 중에서 접속을 원하는 것들을 선택할 수 있고, 각각의 모듈형 환자감사기가 전송하는 정보 중에서 선택적으로 도시 및 저장을 할 수 있

도록 하였다.

기본적으로는 접속된 모듈형 환자감시기들로부터 수집된 모든 정보의 입수가 가능하며, 각 환자감시기의 모든 상태 설정이 가능하다. 그러나, 사용자에게 허용되는, 중앙 환자감시기에 의한 각 모듈형 환자감시기의 상태 설정 및 변경 기능에 있어서는, 사용상의 오류를 방지하고자 하는 목적에서 일정한 수준으로 제한을 두었다.

중앙 환자감시기에는 키보드가 제공되고 프로그램의 전 기능을 마우스에 의해 제어하도록 하였다. 모든 소프트웨어는 객체지향형 프로그래밍 기법에 의해 개발하였고, 완벽한 GUI를 구현하였다. 또한, 현재 개발이 진행 중인 DB 서버를 사용하지 않는 경우에는 중앙 환자감시기에서 간단한 관계형 DB의 관리를 담당하게 하였다. 그림 5는 중앙 환자감시기의 화면을 보여주고 있다.

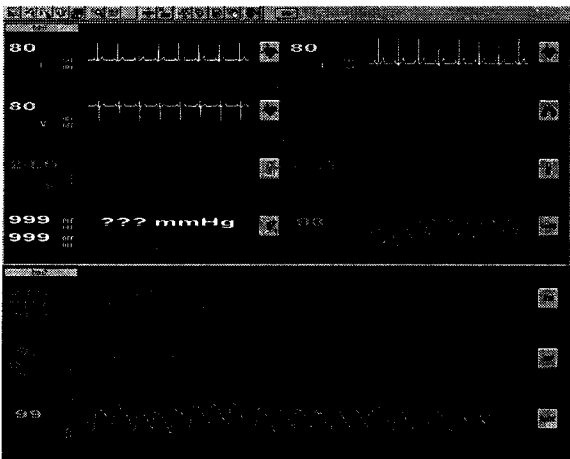


그림 5. 중앙 환자감시기의 화면.

Fig. 5. Screen of a central station.

토의

본 논문에서 기술한 환자감시시스템은 중환자실 환경에서 사용하기에 충분한 기능을 가지고 있다. 그러나, DB 서버, 임상용 워크스테이션 (clinical workstation), 원격지 워크스테이션 (remote workstation), 이동형 환자감시기 (portable bedside unit), 무선 통신 기능, 그리고 더욱 다양한 여러종류의 모듈 개발 등이 추가되어야 할 것이다.

Interbed network 상에 설치되는 DB 서버는 현재 개발 중에 있고, 규모가 큰 시스템에서는 중앙 환자감시기에서 DB 관리를 하는 것 보다는 전용의 서버를 이용하는 것이 바람직하다. DB 서버의 설치에 완벽한 관계형 DB 관리 기능 이외에도, 환자 데이터의 24시간 연속 저장 기능(24-hour full disclosure)을 제공한다. 저장된 데이터는 중앙 환자감시기에서 되돌려 볼 수 있고, 통신망에 접속된 개인용 컴퓨터에서도 필요한 소프트웨어를 설치하면 볼 수 있다.

Interbed network에 직접 연결되거나 또는 모뎀을 통하여 DB 서버에 접속될 수도 있는 임상용 워크스테이션도 개발 중에 있다. 워크스테이션에서는 특정 환자 1인의 현재 데이터를 실시간으로 관측하는 것이 가능하고, 이와 동시에 이미 수집된 데이터들을 검색, 처리, 관찰, 측정하고 진단 보고서를 작성하는 기능 등을 수행할 수 있다.

워크스테이션은 일정한 수준 이상의 개인용 컴퓨터에서 수행되는 프로그램으로 개발하여, 낮은 가격으로 임상용 워크스테이션의 활용이 가능하게 할 예정이다.

결론

본 논문에서는 모듈형 환자감시기와 중앙 환자감시기 및 통신망으로 구성되는 환자감시시스템에 대하여 기술하였다. 모듈형 환자감시기에서는 6종류의 생체신호 측정과 레코더 출력기능을 모듈의 형태로 제공하며, 다양한 신호처리 및 경보 시스템이 구현되어 있다. 완벽한 GUI를 이용한 편리한 사용자 인터페이스는, 단순한 기능의 선택에서부터 복잡한 환경의 설정에 이르기까지 동작의 전과정을 쉽고 빠르게 하였다.

두 단계의 통신망 (intrabed 및 interbed network)은 모두 그 하층구조에 있어서는 IEEE P1073 MIB (medical information bus) 규격을 따라 구현하였다 [9,10]. 따라서, 앞으로 P1073의 완전한 사양이 결정되면 관련 업체에서의 선택 여부에 따라서 그 채용이 하드웨어의 변경이 없이 가능하다.

모듈형 환자감사기와 중앙환자감시기로 구성되는 환자감사시스템 시제품의 개발 : 전체구조및 사양

중앙 환자감사기는 통신망에 접속된 어떠한 모듈형 환자감시기에 대해서도 그 상태를 한곳에서 집중적으로 관찰할 수 있는 기능을 제공한다. 환자와 직접 접속되어 있는 각 모듈에서 검출한 신호 데이터와 관련 정보 및 모든 사건의 발생기록은 중앙 환자감시기 까지 투명하게 전달될 수 있다. 또한, 환자의 신상정보 및 각 모듈들을 통하여 수집된 모든 자료는 관계형 데이터베이스 관리 시스템(RDBMS)에 의해서 체계적으로 관리되며, 사용될 수 있다.

앞으로 계획되어 있는 임상시험을 통하여 사용자의 의견을 시스템에 반영하고, 심박출량, 이산화탄소 등의 새로운 모듈들을 추가적으로 개발할 예정이다. 또한, 시스템의 완성도를 증가하기 위해서는 무선 통신의 기능을 가지는 환자감시기 및 이동용 소형 환자감시기의 개발을 계획하고 있다.

참고문헌

1. J. G. Webster, ed., *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*, New York, John Wiley & Sons, 1988.
2. 의공학교육연구회, *의용계측공학*, 서울, 여문각, 1993.
3. Fukuda Denshi Co., Ltd., *Service Manual for DS-3300 Hardwire Bedside Monitor*, Tokyo, Fukuda Denshi Co., Ltd., 1992.
4. SpaceLabs Medical Inc., *Service Manual for PC Bedside/Central Monitors*, Redmond, WA, SpaceLabs Medical Inc., 1993.
5. Marquette Electronics, *Service Manual for Transcope 12 Monitor*, Jupiter, FL, Marquette Electronics Service and Supplies, 1993.
6. Hewlett Packard, *Service Manual for HP Component Monitoring System*, Waltham, MA, Hewlett Packard, 1993.
7. 건국대학교 의학공학과, *생체신호 종합처리 및 관리 시스템(SIMACS) 기술개발에 관한 연구 (공업기반기술개발사업 최종보고서)*, 서울, 상공자원부, 1994.

8. AAMI, *AAMI Standards and Recommended Practices Volume2: Biomedical Equipment*, Arlington, VA, AAMI, 1993.

9. C. H. Salvador, N. Pulido, J. A. Quiles, and M. A. Gonzalez, "An implementation of the IEEE medical information bus standard," *IEEE EMBS Mag.*, vol. 12, No. 2, pp. 81-88, 1993.

10. IEEE, *IEEE Standard for Medical Device Communications 1073.3.1*, New York, NY, IEEE, 1994.