

환자 모니터링 시스템에서의 통신 방식(I) : 인트라베드 통신망

우응제·박승훈·김경수*·최근호*·김승태*·이희철*·서재준*·김형진*

= Abstract =

Intrabed Networks in a Patient Monitoring System

Eung Je Woo, Seung Hun Park, Kyung Soo Kim*, Keun Ho Choi*, Seung Tae Kim*,
Hee Cheol Lee*, Jae Joon Seo*, and , Hyung Jin Kim*

In this paper, we describe the intrabed network in a patient monitoring system we developed. The intrabed network handles data communication between the main unit of a bedside patient monitor and parameter modules plugged in it. We designed the intrabed network based on RS-485 and HDLC protocol with 1Mbps data rate. Message exchanges are implemented based on three data structures of packet, frame, and stream. We present the specification and the performance of the data communication network for the developed patient monitor.

Key words : Patient monitoring, Intrabed network

서 론

환자에 부착한 각종 센서로부터 여러 종류의 생체 신호들을 측정하고, 이를 처리 분석하여 환자의 상태에 관한 정보를 추출하여 의료진에게 출력해 주는 장치를 환자 모니터(patient monitor)라 한다. 환자 모니터는 통상 환자당 1대씩 설치되며, 여러 개의 환자 모니터로부터 수집된 정보는 중앙 환자 모니터(central station)로 전송된다. 중앙 환자 모니터는, 소수의 의료 인력이 한꺼번에 한곳에서, 여러 환자들의 중요한 생체 신호 변수들을 모니터링하는 것을 가능하게 해준다. 이와 같이 여러 대의 환자 모니터와 중앙 환자 모니터에 의해, 환자 옆에서 뿐만 아니라, 별도의 특정 장소에서 많은 환자의 상태를 집중 감시할 수 있도록 구성된 시스템을 환자 모니터링 시스템(patient monitoring system)이라 한다[1-3]. 환자 모니터링 시스템은 각종 중환자실, 수술실, 응급실 등에서 가장 기본적인 의료 장비의 하나로서 활용되고 있다. 환자에게는 연속적인 집중 감시에 의한 고급의 의료 서비스를

제공하고, 의료진에게는 중환자의 감시에 수반하는 인력과 노력 및 부담의 절감이라는 효과를 제공한다.

그림 1은 중환자실을 사용 환경으로 가정한 경우에 대하여 개발된 환자 모니터링 시스템의 구성도를 보여주고 있다[4-8]. DB 서버는 환자들의 신상 정보 및 각 환자 모니터들을 통하여 수집된 모든 자료의 체계적인 관리를 담당하며, 임상 의사 용 워크스테이션은 특정 환자의 현재 데이터를 실시간으로 관측하거나, 이미 수집된 데이터들을 검색, 처리, 관찰, 측정하고 진단 보고서를 작성하는 기능 등을 수행한다.

본 논문에서 기술하는 환자 모니터링 시스템에서는, 특정 환자의 모니터링에 사용하는 생체 신호의 종류는 각각 다를 수 있어야 한다는 요구 조건에 기초하여, 환자 모니터는 경우에 따라 그 구성을 달리 할 수 있도록 모듈형으로 개발하였다. 따라서, 각 생체 신호 측정 모듈들과 환자 모니터 본체 사이에서의 데이터 교환을 위한 통신망이 필요하게 되고, 본 논문에서는 이를 인트라베드 통신망(intrabed network)이라 한다. 또한, 여러 대의 모듈형

건국대학교 의과대학 의공학과

Department of Biomedical Engineering, College of Medicine, Kon Kuk University

*삼성종합기술원 의료기기팀

*Samsung Advanced Institute of Technology, Medical Electronics Team

통신저자 : 박승훈, (380-701) 충북 충주시 단월동 322 건국대학교 의과대학 의공학과,

Tel. (0441)840-3763, Fax. (0441)851-0620

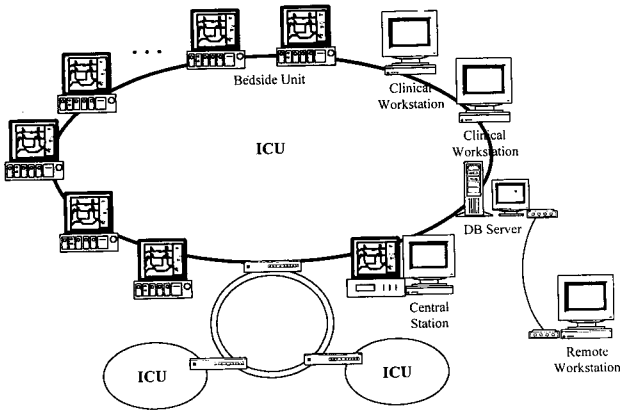


그림 1. 중환자실 환경에서의 환자 모니터링 시스템의 전체 구성도
 Fig. 1. A configuration of a patient monitoring system in ICU(intensive care unit)

환자 모니터와 중앙 환자 모니터(central station), DB 서버 및 임상 의사 용 워크스테이션 사이의 통신망을 인터베드 통신망(interbed network)이라 한다. 본 논문에서는 개발된 환자 모니터링 시스템의 구성에 필요한 이러한 두 가지 단계에서의 통신망 중에서 인트라베드 통신 방식에 대하여 기술하고, 인터베드 통신 방식은 별도의 논문에서 기술한다[9].

통신망의 전체 구조

환자 모니터링 시스템에서의 통신망은 인트라베드 통신망과 인터베드 통신망으로 구성할 수 있다. 그림 2는 본 논문에서 기술하는 환자 모니터링 시스템에서의 통신망의 구조를 보여주고 있다. 한 환자에게는 여러 종류의 생체 신호 측정 모듈들이 사용되며, 이러한 모듈들은 신호 데이터를 수집, 처리하여 전송하기도 하고, 환자 모니터 본체로부터의 명령을 수신하여 각 모듈의 동작에 관한 여러 가지 변수들을 조정한다. 이렇게 한 환자로부터 여러 종류의 생체 신호 데이터들을 수집, 처리, 전송, 관리하기 위한 통신망을 인트라베드 통신망이라 한다. 인트라베드 통신망은 모듈형 환자 모니터 이외에도 해당 환자의 진단과 치료에 사용되는 별도의 단독형 진단 기기들이나 약물 주입기와 마취기 등의 기기들을 포함할 수도 있다. 이렇게 여러 개의 독립적인 기기들이 한 환자에게 혼용되는 경우에는, 이러한 기기들 사이의 인트라베드 통신 방법이 상호 호환성을 가진다는 것을 전제로 한다.

통상 환자 1인 당 1대 씩 설치되는 환자 모니터 여러 개를 하나의 통신망으로 묶어서, 여러 환자에서 발생한 신호 데이터를 중앙 집중 모니터링 및 관리하는 기능을 구현하기 위해서는 또 다른 통신망이 필요하다. 이것을

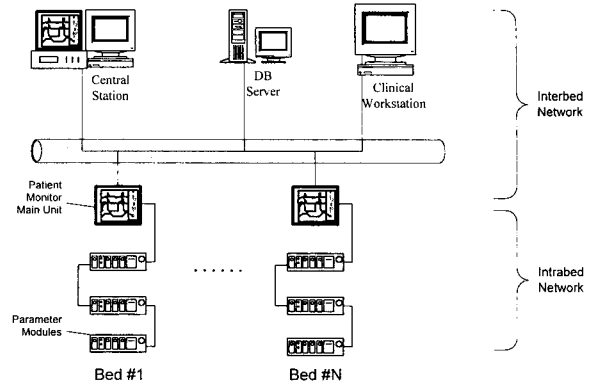


그림 2. 환자 모니터링 시스템에서의 통신망의 구조
 Fig. 2. Network configuration in the developed patient monitoring system

인트라베드 통신망이라 하고, 여기에는 여러 대의 환자 모니터들과 중앙 환자 모니터, DB 서버, 및 임상 의사 용 워크스테이션 등이 상호 연결된다[9].

현재 사용되고 있는 환자 모니터링 시스템들에서는 이러한 두 단계의 데이터 통신망이 각 업체 별로 나름대로 개발한 방식에 의해 구현되어 있다. 인트라베드 통신망의 경우에는 고속 직렬 통신 방법[10], RS-485 및 HDLC (high-level data link control) 프로토콜[11], 또는 1Mbps IEEE 802.3 규격[12] 등이 채용되고 있으며, 비교적 오래된 시스템에서는 별도의 통신망을 따로 사용하지 않고 멀티플렉서(multiplexer)에 의해 구현한 경우가 대부분이다.

현재에는 환자 모니터링 시스템 뿐 아니라, 거의 모든 의료 기기들이 전산화되고 컴퓨터 통신망에 직접 접속할 수 있는 형태로 개발되고 있으나, 구체적인 통신 규격의 통일이 이루어 지지 않아서 서로간의 연동에는 많은 문제가 발생하고 있다. 단순한 RS-232C의 경우 만 하더라도 다양한 변종들에 의해 많은 문제를 발견하게 된다. 그러므로, 의료기기의 각 분야 별로 데이터 통신 규격의 제정이 활발히 논의되고 있으며, 이미 상당한 진척을 이룬 분야도 있다. 현재 제정되고 있는 의료기기 관련 통신 규격들 중에서, 환자 모니터링 시스템과 같은 1차원 신호를 대상으로 하는 의료기기에 관한 규격은 IEEE 1073 MIB (medical information bus) 규격이다[13-16]. 본 논문에서는 환자 모니터링 시스템의 개발에 있어서 이러한 규격을 참조하여, 인트라베드 통신망을 설계하고 구현하였다.

인트라베드 통신망의 설계

인트라베드 통신망의 설계에 있어서 가장 중요한 것은, 모듈형 환자 모니터에서 필요로 하는 요구 성능을 충분히 제공할 수 있도록 하여야 한다는 점이다. 본 논문에서는

현재 모듈로서 개발되어 있는 심전도, 관혈적 혈압, 비관혈적 혈압, 호흡, 체온, 동맥 산소 포화도 등의 6가지 생체 신호 뿐만 아니라 심박출량, 정맥 산소 포화도, 호기 시 CO₂ 및 capnograph 등의 앞으로 추가될 모듈들도 모두 수용할 수 있도록 하기 위한 요구 성능 분석을 수행하였다.

이를 위해서, 각 생체 신호 별로, 데이터의 발생량, 신호처리의 결과에 따른 특징점 및 관련 메시지(message)의 발생량, 센서의 상태나 경보의 발생 등에 관한 사건의 발생량 등을 분석하였다. 또한, 신호의 실시간 도시 및 정보 전달이 가능한 범위 내에서의 허용 가능한 지연 시간(delay time)들을 구하였다. 한 종류의 생체 신호를 측정하는 모듈들 뿐 아니라, 여러 종류의 생체 신호들을 하나의 모듈에서 측정하는 복합형 모듈의 경우에 대해서도 동일한 요구 성능 분석을 시행하였다.

모든 신호 데이터는 16-bit로 표현하고, 각종 사건(event)의 표현은 뒤에서 기술하는 정해진 메시지 구조에 따라 표현한다. 모듈형 환자 모니터에서는 3채널의 심전도 신호와 2채널의 관혈적 혈압 신호, 1채널의 호흡 신호, 2채널의 체온 신호, 1채널의 비관혈적 혈압 신호, 1채널의 동맥 산소 포화도 신호, 그리고 3채널의 레코더가 통상 기본적으로 사용된다. 그러나, 인트라베드 통신망의 성능은, 가장 많은 데이터와 사건을 발생시키고, 명령의 전달을 위한 메시지의 양이 가장 많은 3채널의 심전도 모듈을 21개 까지 처리하는 것이 가능한 수준으로 설계하였다. 이는 환자 모니터링 시스템에서도 뇌파, 정맥 산소 포화도, capnograph, 심박출량, 각종 가스 농도 등 측정하는 생체 신호의 종류가 크게 증가하고 있으며, 또한 경우에 따라서는 한 종류의 생체 신호(예를 들면, 관혈적 혈압)를 동시에 여러 채널을 관측하는 경우도 빈번하게 발생하기 때문이다.

다음의 표 1에서는 모듈별 1초당 발생하는 생체 신호 데이터 만의 양을 나타내었다. 레코더 모듈과 함께 6종류의 생체 신호 측정 모듈을 1개씩 사용하면, 1초당 발생하는 신호 데이터 만의 양은 4,380Byte 또는 35,040bit이

다. 만약, 21개의 심전도 모듈들이 사용된다고 가정하면, 데이터의 양은 37,800Byte 또는 302,400bit이다. 신호 데이터 이외의 메시지들은 그 양이 상대적으로 적고, 또 패킷, 프레임, 스트림의 구성에 따른 추가적인 데이터의 증가분을 고려하더라도 전체 데이터 발생량은 초당 500,000bit 이내가 된다.

이러한 분석을 기초로 하여 인트라베드 통신망의 기본 사양을 다음과 같이 결정하였다.

1. 최대 21개의 모듈이 multi-drop 구조로 접속
2. 1Mbps의 기본 통신 속도 (최대 2Mbps 까지 가능)
3. RS-485의 물리 계층
4. NRZI(nonreturn-to-zero-inverted) 엔코딩 및 NRM(normal response mode) 사용
5. 누설전류의 최소화를 위해 광 결합기 사용
6. HDLC 프로토콜에 의한 데이터 링크 계층
7. 모듈들의 HDLC 주소를 동적으로 할당
8. 모듈의 장착 및 탈착을 자동 인식

위의 기본 사양 중에서 RS-485와 HDLC 프로토콜 등은 IEEE 1073 MIB 규격에 따른 것이다. 그러나, 이 규격에서 제안한 스타(star) 구조와 특수 용도의 제어 신호 선들(SENSE/SYNC/INT-OUT과 SENSE/SYNC/INT-IN)은 배선을 최소화 하기 위하여 채용하지 않고 대신에 뒤에서 기술하는 메시지 교환 방식에 의해 그 기능을 대신하였다. 또한, 이 규격에서 제안한 MDDL(medical device data language)은 채택하지 않고 일부 내용만을 참조하였다[13]. 그 대신에 본 시스템에서 필요로 하는 인트라베드 통신과 관련된 모든 기능의 구현을 위해서는 뒤에서 기술하는 메시지들을 별도로 정의하여 사용하였다. HDLC 주소를 미리 정해 놓지 않고 동적으로 할당하는 이유는, 어떠한 모듈이라도 모듈 케이스의 빈 자리 아무데나 장착할 수 있도록 하기 위한 것이다.

인트라베드 통신망의 구현 및 데이터 흐름

인트라베드 통신망의 물리 계층은 RS-485로서, 1Mbps

표 1. 모듈 별로 나타낸 1초당 발생하는 생체 신호 데이터의 양
Table 1. Amount of raw data generated by each module

모듈	채널 수	샘플링 주파수(Hz)	1초 당 발생 데이터 양(Byte)
심전도	3	300	1,800
호흡	1	50	100
관혈적 혈압	2	100	400
체온	2	10	40
비관혈적 혈압	1	20	(측정 도중에만 발생) 40
동맥 산소 포화도	1	100	200
레코더	3	없음	(최대) 1,800

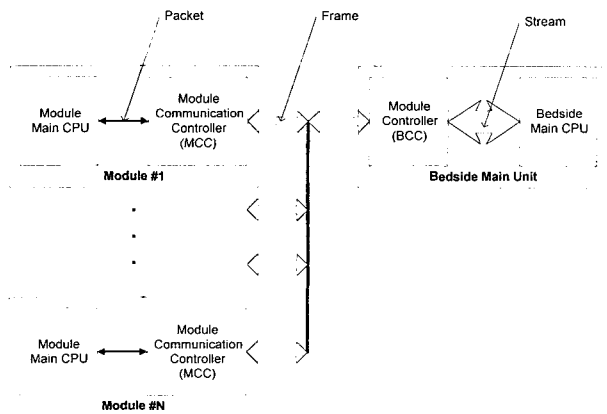


그림 3. 인트라베드 통신망에서의 데이터 교환
Fig. 3. Data exchange in the intrabed network

의 전송 속도에서 최대 30m의 케이블을 사용할 수 있도록 하였고, 최대 21개의 모듈을 연결할 수 있도록 하였다. 차폐 케이블을 사용하며, 말단에는 터미네이터(terminator)를 사용하도록 하여 파형의 왜곡에 의한 통신 오류의 가능성을 감소시켰다. 배선 구조는 multi-drop의 형태를 취하여 배선 상의 복잡도를 최소화하였다[17]. 환자 모니터 본체와 모듈 사이의 배선 중에서, 전원선은 자체 제작한 DC-DC 변환기에 의해, 그리고 통신 신호선은 광 결합기에 의해 접지 분리 결합하여, 전기적 안전도 기준이 만족되도록 하였다[18].

각각의 모듈에서 인트라베드 데이터 통신을 처리하는 부분을 모듈 통신 제어기(MCC, module communication controller)라 한다. 환자 모니터 본체에는 모듈 제어기(module controller) 또는 환자 모니터 통신제어기(BCC, bedside communication controller)가 이러한 각종 모듈들과의 인트라베드 통신 기능을 수행하게 된다. 그림 3은 인트라베드 통신망에서의 데이터 교환 구조를 보여주고 있다. 각 모듈 내에서 MCC는 모듈의 주 CPU와 공유 메모리를 통하여 패킷(packet)의 형태로 데이터를 교환한다. MCC와 BCC 사이의 데이터 교환은 RS-485 전송 선로를 통하여 HDLC 프레임(frame)의 형태를 취하며, 프레임은 여러 패킷의 내용을 포함할 수도 있다. 환자 모니터 본체에서 BCC와 본체 CPU 사이의 데이터 교환은 공유 메모리를 이용하며, 스트림(stream)의 형식을 취하고, 스트림은 여러 개의 프레임을 포함할 수 있다.

인트라베드 통신망에서 데이터 교환의 기본 단위는 메시지이다. 메시지의 전달자가 패킷과 프레임 및 스트림이고, 메시지에는 "COMMAND"와 "CONTENT"의 두 종류가 있어서, 각각 명령이나 상태의 전달과 데이터 및 사건의 전달을 담당한다. 다음의 그림 4는 메시지와 패킷, 프레임, 및 스트림의 표현 형식을 보여주고 있다. 메시지의 종류와 채널의 개수는 최대 2¹⁶개가 가능하도록 하여,

확장성을 충분히 가지도록 하였다. 사용되는 여러 개의 메시지들 중에서 몇 가지만 예를 들어보면 다음과 같다.

- PS_ARE_YOU_CONNECTED : BCC가 MCC의 접속을 확인하는 폴링(polling)
- PS_POLL_WITH_MESSAGE : BCC가 메시지를 보내면서 MCC를 폴링
- PS_POLL_WITHOUT_MESSAGE : BCC가 송신 메시지 없이 MCC를 폴링
- PS_SEND_MESSAGE : BCC가 메시지만을 송신하고 MCC의 응답은 원하지 않음
- PS_TIME_INDEX_A : BCC가 MCC의 time tag를 A로 설정 (A부터 G까지 사용)
- SP_RESPONSE_WITH_ADDRESS_REQUEST : MCC가 BCC에게 보내는 주소 요청 응답
- SS_NOTIFY_HDLC_ADDRESS : MCC가 모듈 주 CPU에게 HDLC 주소를 알림
- SS_ACKNOWLEDGE_HDLC_ADDRESS : 모듈 주 CPU가 MCC에게 HDLC 주소를 확인
- SS_REQUEST_MODULE_ID : MCC가 모듈 주 CPU에게 모듈의 종류 확인·요청
- SS_NOTIFY_MODULE_ID : 모듈 주 CPU가 MCC에게 모듈의 종류를 알림

각 모듈 내에서 패킷의 교환과 환자 모니터 본체 내에서의 스트림의 교환은 특별한 제약이 없고, 일정한 시간 간격으로 또는 각자의 어떠한 요구에 의해서 이루어질 수 있다. 예를 들면, 모듈의 주 CPU는 신호 데이터를 A/D 변환하고 이중 버퍼에 저장하다가, 정해진 분량의 데이터가 모이면 MCC로 패킷을 전송한다. MCC는 모듈 주 CPU의 패킷 전송 신호를 확인하고, 패킷을 읽어 온 후, BCC로 프레임을 전송할 수 있는 시점까지 버퍼에 보관한다. 이렇게 여러 번의 패킷을 수신한 MCC는 BCC에 의해 프레임 전송이 허용되면 그동안 저장된 패킷들을 프레임으로 전송한다.

이때, 한 개의 BCC와 여러 개의 MCC 사이의 HDLC 프레임의 교환은, 이들이 multi-drop 구조로 하나의 직렬 통신 채널을 공유하므로, 한 순간에는 하나의 장치(BCC 또는 MCC)만이 프레임을 전송할 수 있다. 따라서, 일정한 시분할 방식에 의해 통신 채널의 사용권을 제어해야 한다. 이를 위해서, BCC가 주(primary)이고 MCC들이 종(secondary)이 되는 NRM를 사용하였다[18]. BCC는 정해진 규칙에 따라 순서대로 특정 MCC에게 폴링 프레임을 송신하여, 그 MCC에게 응답 프레임을 전송할 기회를 준다. 각 MCC는 이렇게 폴링이 된 경우에 한하여 BCC로 프레임을 전송을 할 수 있다. BCC와 MCC는

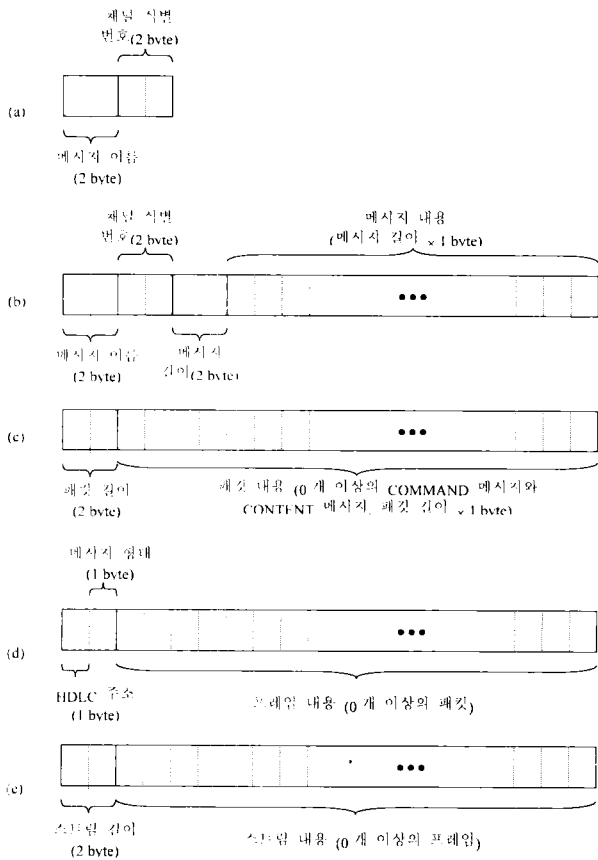


그림 4. 인트라베드 통신망에서 사용되는 데이터 표현 형식. (a) COMMAND 메시지, (b) CONTENT 메시지, (c) 패킷, (d) 프레임, (e) 스트림
 Fig. 4. Data formats used in the intrabed network (a) COMMAND message, (b) CONTENT message, (c) Packet, (d) Frame, and (e) Stream

HDLC 프로토콜을 지원하는 마이크로컨트롤러를 기본으로 하여 구현하였다[19].

모듈의 장착과 동시에 각 모듈에서는 모듈 주 CPU와 MCC 사이에 패킷을 교환하여, 모듈의 종류 확인과 기타 필요한 초기화를 수행한다. 이후, MCC는 하드웨어적인 배선에 의해 자신이 선택되면, 그때 BCC의 브로드캐스팅(broadcasting) 프레임을 수신하고, 그 프레임을 해석하여 자신의 HDLC 주소를 할당받는다. MCC는 곧바로 15ms 이내에 BCC로 응답 프레임을 보내는데, 이때 할당 받은 자신의 HDLC 주소를 다시 돌려보낸다. 그러면, BCC는 응답 프레임을 확인하고 오류가 없을 때, 새로운 모듈의 장착을 인정하게 된다. BCC는 새로운 모듈의 장착을 확인하는 브로드캐스팅 프레임을 약 200ms 간격으로 전송한다. 따라서, 모듈의 장착 후 그 모듈의 인식까지는 약 200ms 정도의 시간이 걸린다.

HDLC 주소 할당 후, BCC는 MCC와 몇 개의 프레임들을 교환하는 초기화의 과정에서 그 모듈의 종류를 파악

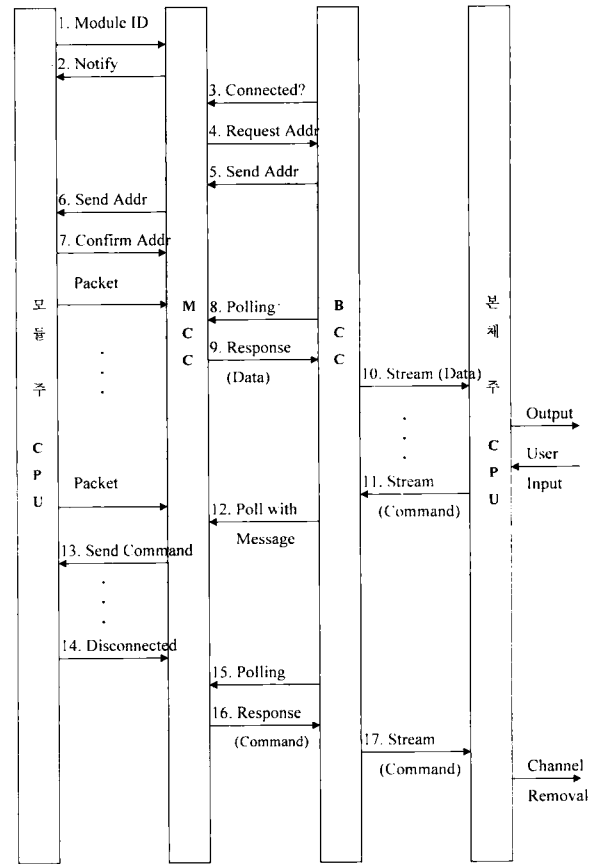


그림 5. 인트라베드 통신망의 동작 예
 Fig. 5. Typical data flow in the intrabed network

하고, 현재의 인트라베드 통신망을 구성하는 모든 MCC들과 BCC 사이의 가장 효율적인 시분할 통신 방식을 추정하여, 실시간 데이터 통신을 위한 최적의 폴링 간격을 결정한다. 이때, 복합 모듈과 같이 데이터의 발생량이 많은 모듈은 자주 폴링을 하고, 체온 모듈 등과 같이 데이터 발생량이 적은 모듈의 폴링 간격은 크게 한다. 이후에는 모듈이 탈착되거나, 그 모듈의 채널을 삭제하라는 요구가 있을 때 까지 패킷, 프레임 및 스트림에 의한 3단계 각각에서의 데이터 교환은 계속된다. BCC는 폴링 프레임 전송 후, 15ms 이내에 응답 프레임이 수신되지 않으면, 해당 모듈이 탈착된 것으로 판단하고, 환자 모니터 본체 프로그램으로 하여금 화면의 재배치 등 적절한 조치를 취하도록 한다. 이러한 과정의 한 예를 그림 5에 간략하게 묘사하였다.

심전도나 혈압 등과 같이 특정 생체 신호용 모듈들과는 다르게 센서 및 아날로그 신호 측정 부분을 가지지 않고, RS-232C 포트와 A/D 변환기 및 디지털 입출력 기능 등만을 가지는 범용 인터페이스 모듈을 이용하면, 약물 주입기나 인공호흡기, 마취기 등의 기존의 의료 기기들 중에서 RS-232C 통신 기능을 가지는 것들은 본 시스템

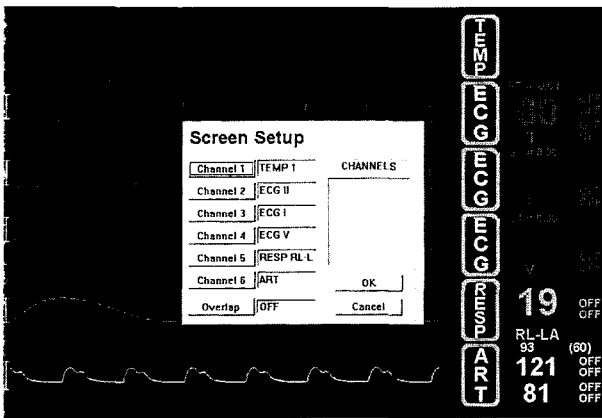


그림 6. 인트라베드 통신에 의해 전달된 생체 신호 데이터의 모듈형 환자 모니터 화면 출력

Fig. 6. Screen output of biological signal data collected through the intrabed network in a module-based patient monitor

템의 인트라베드 통신망에 인터페이스하는 것이 가능하다. 또한, 아날로그 출력만을 제공하는 의료 기기들도 인터페이스가 가능하도록 하였다. 따라서, 환자 모니터 본체의 프로그램에서 지원이 된다면, 이미 사용하고 있는 의료 기기들을 본 논문에서 개발한 인트라베드 통신망에 연결하여 함께 사용하는 것이 가능하다.

실 험

모듈형 환자 모니터를 본 대학 부속병원의 중환자실에 설치하였고, 현재 3개월째 임상실험을 진행하고 있다. 모듈형 환자 모니터를 시동하면, 본체 프로그램에서 인트라베드 통신을 담당하는 ModuleNetSession을 생성하여 모듈들과 양방향으로 통신한다. 그림 6은 인트라베드 통신을 통하여 모듈로부터 전달된 데이터를 화면에 출력하는 모듈형 환자 모니터의 실행 화면을 보여주고 있다. 그림 6에서는 현재 접속된 모듈들의 종류와 그 모듈들에서 전송하는 신호들을 알려주는 대화상자를 보였다. 이러한 대화상자에 의해 화면상의 적절한 위치에 원하는 파형과 숫자 정보를 도시하게 된다. 모니터링 도중에 새로운 모듈이 장착되면, 그 모듈을 자동 인식하고, 화면 상의 파형 도시 공간에 여유가 있는 경우에는 자동으로 새로운 파형이 화면에 나타나도록 화면을 재배치한다.

환자 모니터 본체에 부착된 rotate/push 버튼과 그림 7과 같이 그래픽 사용자 인터페이스가 제공하는 메뉴 시스템에 의해, 사용자는 모듈의 설정 사항을 변경할 수 있다. 예를 들어서, 사용자가 심전도의 리이드를 변경하거나, 비관혈적 혈압의 측정을 즉시 시작하라는 메뉴를 선택할 수 있고, 이는 해당 모듈에 메시지로써 전송되고,



그림 7. 메뉴에 의해 선택되는 내용은 인트라베드 통신망을 통해 모듈로 전달되어, 모듈의 하드웨어를 제어한다

Fig. 7. Hardware in each module is controlled by a message from the main unit of a patient monitor through the intrabed network

모듈의 주 CPU는 전송된 메시지를 해석하여 적절한 동작을 취하게 된다. 본 논문에서 기술하는 모듈형 환자 모니터는 모듈의 모든 기능을 이러한 방법으로 제어할 수 있도록 하였다.

역으로, 모듈에서 본체 쪽으로 메시지를 보내는 경우도 있다. 예를 들면, 비관혈적 혈압의 측정 도중에 즉시 측정을 취소하기 위해서는 메뉴에서 측정 취소를 선택할 수도 있으나, 모듈 전면에서 설치된 취소 버튼을 누르는 방법을 사용할 수 있다. 이와 같은 경우에는 본체의 프로그램에 이 메시지가 전달되고 이에 따라 적절한 화면 상의 출력이 이루어진다. 기타, 센서들의 접속 여부를 알리거나, 또는 심전도 리이드의 탈락 등과 같은 상태의 전달 등도 정의된 메시지를 통하여 본체로 전송된다.

모듈형 환자 모니터를 시동할 때 초기에 수행되는 또 다른 작업은 환자 위치 결정 서비스로서 이는 해당 환자 모니터의 존재를 인트라베드 통신망에 연결된 다른 모니터링 세션들에게 알리는 것이다[9]. 이렇게 하여 인트라베드 통신망에 까지 연결이 되면, 인트라베드 통신망과 인트라베드 통신망이 연동하게 되고, 중앙 환자 모니터는 연결된 특정 환자 모니터의 특정 모듈의 모든 기능을 제어하는 것이 가능해진다.

토 의

인트라베드 통신망은 그 구현 방법이 여러 가지가 있을 수 있고, 또 어떠한 방법들은 특허로 출원되어 있기도 하다. 본 논문에서 개발한 방법은 현재까지의 방법들과는 다른 새로운 방법이며, 배선의 복잡도를 감소시키고자 노력하였다. 그러나, 각 모듈에 하나씩 별도의 제어 신호

신을 사용한 것은, 기존의 특허에 저촉되지 않으면서, 모듈의 장착을 자동으로 인식하여 동적으로 HDLC 주소를 할당하기 위한 것으로, 앞으로 더 나은 방법의 고안에 의해 배선을 최소화할 필요가 있다.

현재 구현된 인트라베드 통신망은 기본적인 사양에 있어서는 IEEE 1073 MIB의 규격을 따랐으나, 세부적인 부분에 있어서는 차이를 가진다. 최근에는 인트라베드 통신망용 IEEE 1073 MIB 소자들이 상용화되었고, 앞으로 그 채용이 늘어날 것으로 추정된다[13]. 그러나, 전용 소자의 사용과 통신 프로토콜의 완전한 공개를 의미하는 IEEE 1073 MIB의 전면적인 채용은 관련 의료 기기들의 변화 추세를 보아 가면서 결정하여야 할 것이다.

결 론

본 논문에서는 개발이 완료되어 현재 임상 실험 중인 환자 모니터링 시스템의 인트라베드 통신 방법에 대해 기술하였다. 인트라베드 통신망은 1Mbps의 RS-485와 HDLC 프로토콜을 기반으로 하였다. 접속이 가능한 모듈은 최대 21개이다. 데이터의 교환은 자체적으로 정의한 메시지를 기본으로 하였고, 메시지의 전달은 패킷, 프레임 및 스트림이라는 3단계의 데이터 구조에 의해 구현하였다. 개발된 심전도, 관혈적 혈압, 비관혈적 혈압, 호흡, 체온, 동맥 산소 포화도 및 plethysmograph 등의 6가지 생체 신호 측정 모듈들과 복합형 모듈 및 레코더 모듈을 사용하여 장기간의 작동 실험을 수행한 결과 부족한 기능과 성능을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

1. J. G. Webster, ed., *Encyclopedia of Medical Devices and Instrumentation*, New York, John Wiley & Sons, 1988.
2. L. A. Geddes and L. E. Baker, *Principles of Applied Biomedical Instrumentation*, New York, John Wiley & Sons, 1989.
3. 의공학교육연구회, *의용계측공학*, 서울, 여문자, 1993.
4. 건국대학교 의공학과, *생체 신호 종합처리 및 관티 시스템(SiMACS) 기술개발에 관한 연구 (공업기반 기술개발사업 최종보고서)*, 서울, 상공자원부, 1994.
5. 우응제, 박승훈, 전병문, 문창욱, 이희철, 김승태, 김형진, 서재준, 채경명, 박종찬, 최근호, 이왕진, 김경수, "모듈형 환자 모니터와 중앙 환자 모니터로 구성되는 환자 모니터링 시스템 시제품의 개발 : 전체구조 및 사양," 대한의용생체공학회 춘계학술대회 논문집, 제18권, 제1호, pp. 315-319, 1996.

6. 우응제, 박승훈, 김경수, 최근호, 김승태, 문창욱, 전병문, 이희철, 김형진, 서재준, 채경명, 박종찬, "환자 모니터링 시스템의 개발 : 전체구조 및 기본사양," 의공학회지, 제18권, 제1호, pp.17-24, 1997.
7. 우응제, 박승훈, 김경수, 최근호, 김승태, 문창욱, 전병문, 이희철, 김형진, 서재준, 박종찬, "모듈형 환자 모니터의 개발," 의공학회지, 제18권, 제2호, pp.133-146, 1997.
8. 박승훈, 우응제, 김경수, 최근호, 김승태, 김형진, 서재준, "집중 환자 모니터링을 위한 중앙 환자 모니터의 개발," 의공학회지, 투고 예정, 1997.
9. 박승훈, 우응제, 김경수, 최근호, 김승태, 이희철, 서재준, 김형진, "환자 모니터링 시스템에서의 통신 방식(II) : 인트라베드 통신망," 의공학회지, 제18권, 제4호, 1997.
10. Hewlett Packard, *Service Manual for HP Component Monitoring System*, Waltham, MA, Hewlett Packard, 1993.
11. SpaceLabs Medical Inc., *Service Manual for PC Bedside/Central Monitors*, Redmond, WA, SpaceLabs Medical Inc., 1993.
12. Marquette Electronics, *Service Manual for Tramscope 12 Monitor*, Jupiter, FL, Marquette Electronics Service and Supplies, 1993.
13. M. Glass and L. Costa, "IEEE 1073 MIB : standardized connectivity for patient connected devices," *Medical Electronics*, September, pp. 44-53, 1996.
14. 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.
15. R. J. Kennelly and J. Wittenber, "New IEEE standard enables data collection for medical applications," *SCAMC Proc.*, Am. Med. Informatics Assoc., pp. 531-535, 1994.
16. ILC Data Device Corporation, *1073 Prototype Development Kit DD-51002X3-300 Instruction Manual*, Bohemia, NY, ILC Data Device Co., 1995.
17. J. H. Spragins, *Telecommunications : Protocols and Design*, NY, Addison Wesley, 1991.
18. AAMI, *Safe Current Limits for Electromedical Apparatus (ANSI/AAMI ES1)*, Arlington, VA, AAMI, 1993.
19. T. Housley, *Data Communications and Teleprocessing Systems*, 2nd ed., London, Prentice-Hall, 1987.

== 국문초록 ==

본 논문은 개발된 환자 모니터링 시스템에서 사용하고 있는 인트라베드 통신망에 대하여 기술한다. 인트라베드 통신망은 모듈형 환자 모니터의 본체와 이에 연결되는 여러 종류의 생체 신호 측정 모듈들 사이의 데이터 통신망을 의미한다. 모듈형 환자 모니터에서의 데이터 통신에 대한 필요 사항들에 대한 분석을 기초로 하여, 인트라베드 통신망은 1Mbps의 통신 속도를 가지도록 하였고, RS-485와 HDLC 통신 규격을 채용하였다. 데이터의 교환은 패킷, 프레임 및 스트림의 세가지 데이터 구조에 의해 구현하였다. 개발된 환자 모니터에서의 인트라베드 통신망의 설계 및 구현과 그 사양 및 성능을 기술한다.