

모듈화된 의료장비들의 효율적 제어를 위한 통신 프로토콜 설계

신창민* · 김영길*

*아주대학교

The design of communication protocol for controlling efficiently modular medical instruments

Chang-min Sin* · Young-kil Kim*

*Ajou University

E-mail : wild_atom@hanmail.net

요 약

최근 개발되고 있는 의료기기들은 사용자의 상호 복합적인 요구사항을 반영하기 위하여 모듈(Module)화되는 추세이다. 이는 환자의 상태를 관찰, 진단, 치료를 위해 여러 기기들로부터 데이터를 수집하고, 이에 따르는 동작을 제어하기에 가장 효율적인 방법이기 때문이다. 이와 같은 모듈화 경향은 여러 개의 단일 시스템들을 쉽게 통합 관리할 수 있기 때문에 더욱 일반화되고 있다. 본 연구에서는 모듈화된 의료장비들을 하나의 통신 시스템으로 묶어 중앙 집중형 제어를 할 수 있는 통신 프로토콜을 구현하였다.

본 연구에서 구현된 시스템은 모든 기기들을 제어하고 통신을 관장하는 하나의 마스터(Master) 모듈과 각각의 의료기기들에 해당되는 여러 개의 슬레이브(Slave)모듈로 구성된다. 각 모듈간 통신은 데이터의 정확한 송, 수신을 위해 여러 동기 직렬 통신방식 중 SPI(Serial Peripheral Interface)를 사용하였다. 모든 통신은 패킷(Packet)형태로 이루어지고, 통신중 에러를 검출할 수도 있다. 또한, 마스터 모듈은 자동으로 특정 슬레이브 모듈의 연결 및 동작 유무를 알 수 있는 PNP(Plug And Play)기능이 있다.

본 연구에서 구현된 프로토콜은 컴퓨터와 연결하여 데이터 전송 확인을 통해, 1Mbps이상의 빠른 속도에서 정확한 송, 수신이 이루어지며, 인공호흡기와 같은 실시간 데이터의 송, 수신이 이루어져야 하는 의료장비에서도 모듈이 수행하는 본래의 일에 방해하지 않고 실시간 통신이 이루어지는 것을 실제 호흡기 시스템에 적용하여 확인하였다. 또한, 중앙 집중형 제어에 의한 다양한 기능을 편리하게 구현할 수 있었다.

ABSTRACT

Recently, developing medical devices have a tendency becoming the module for satisfying user's mutual complex needs. Because the most effective method for the observation of patient's condition, a diagnosis and a treatment is collecting data from various devices and controlling operation following it. Module tendency is more popular due to manage easily totally many individual systems. This study implemented communication protocol to control by one control system connecting modular medical devices.

Implemented system consists of one master module controlling all module and managing communication and many Slave modules. Communication between each modules introduced SPI(Serial Peripheral Interface) among many synchronous serial communication methods for the exact transmission and receipt of data. All communication executes by packet format. This can detect error. And, this protocol introduced PNP(Plug And Play) function that auto-detect connecting or removing module during running. This protocol exactly transmitted and received in faster speed more than 1Mbps. And in practical application to the ventilator this confirmed to give and take real-time data. And various functions by th central control system is implemented in this protocol.

1. 서 론

환자의 상태를 알아내기 위해 의료기기는 여러 가지 의학적 또는 생리학적 매개변수들을 측정하

도록 설계된다. 여러 데이터로부터 상호 복합적인 처리가 요구되는 목적에 따라서 이러한 매개변수들은 하나에서 많게는 수십 종이 될 수도 있다. 이러한 특징은 환자의 생명과 직접적인 연관이 있어 경우에 따라서 다양한 환자의 상태를 알아

아하는 인공호흡기에서 더욱 두드러지게 나타나고 있다[1].

앞에서 말한바와 같이 의료기기의 생체 신호 계측의 다양함을 만족하도록 모든 기능이 포함된 기기를 만든다는 것은 시스템 설계 측면에서 매우 비효율적이다. 결국, 의료기기의 복합적인 특성을 가장 효율적으로 구현하기 위해 최근에 개발되고 있는 의료기기는 모듈로 세분화, 전문화되어지는 추세이다.

본 연구에서는 이러한 모듈화 추세에 맞추어 여러 모듈을 한 시스템으로 통합하여 각 모듈을 체계적으로 관리, 통제할 수 있도록 모듈간 통신을 위한 프로토콜을 제안하였다. 본 논문에서 구현한 프로토콜은 기존의 여러 방식의 프로토콜에 비해 간단하기 때문에 시스템에 부하를 적게주고 고속의 전송에서도 뛰어난 성능을 발휘한다. 또한, 에러 검출, 현재 동작중인 장치검출 기능이 있어서, 잘못된 데이터가 전송되어도 오동작을 일으키지 않으며, 전체 시스템에서 장치의 연결과 제어가 용이하다. 의료기기에서 사용하는 대부분의 생체신호는 과거의 값은 무의미하다. 의미있는 데이터는 환자의 현재 상태를 나타내는 값들이다. 즉, 일정 시간마다 환자의 생체신호를 갱신해야 한다. 본 프로토콜은 이러한 의료기기의 실시간성을 고려하였기 때문에 정확한 환자의 상태를 전송하는데 유리하다.

II. 본 론

1. 하드웨어 구조

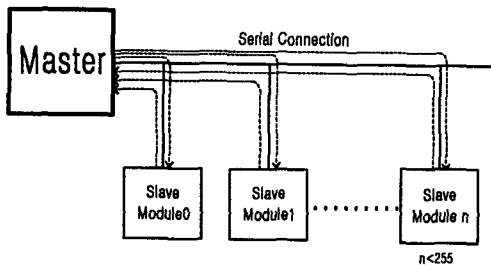


그림 1. 하드웨어 구조 블록도

그림1에서와 같이 본 프로토콜을 구현할 하드웨어는 하나의 마스터 모듈과 다수의 슬레이브 모듈로 구성된다. 마스터 모듈은 통신을 관장하고 있기 때문에 모든 슬레이브 모듈을 제어할 수 있다. 슬레이브 모듈은 마스터 모듈의 허락없이 통신이 불가하며, 슬레이브 모듈간의 통신을 할 수 없다.

데이터 통신은 크게 병렬(Parrel) 데이터 전송과 직렬(Serial) 데이터 전송 방식으로 나뉜다. 병렬 데이터 전송은 CPU의 데이터 버스(bus)와 같이 한번에 한 바이트 또는 한 워드(word)의 단위로 데이터를 전송한다. 따라서, 전송속도가 빠르

다는 장점이 있지만, 전송선의 수가 많이 사용되어 경제성 면에서 불리하다. 특히, 데이터 선이 핀(Pin)으로 나오지 않는 프로세서(Processor)들은 사용하기가 힘들며, 모듈이 추가될 때마다 많은 연결선이 필요하므로 비효율적이다. 이에 비해, 직렬 데이터 전송방식은 데이터 전송속도가 느리기는 하지만, 모듈의 개수에 상관없이 항상 일정수의 연결선만 있으면 되고, 병렬 방식보다 훨씬 먼 거리의 전송이 가능하기 때문에 여기서는 직렬 데이터 전송방식을 사용하였다.

2. 패킷의 구성

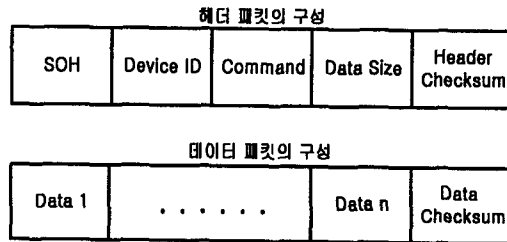


그림 2. 패킷 구조

모든 통신은 패킷 형태로 이루어진다. 그림 2에서 보는 바와 같이 패킷은 크게 헤더(Header) 패킷과 데이터 패킷으로 나뉜다. 각 패킷은 바이트(byte)단위로 구분된다. 헤더 패킷은 SOH(Start Of Header), 디바이스 ID(Device Identification), 명령코드(Command), 데이터 크기(Data Size), 체크섬(Checksum)의 5바이트로 구성된다.

슬레이브 모듈은 자신만의 고유 ID를 가지고 있다. 헤더 패킷에서 이 ID는 지금 전송되는 패킷이 어떤 슬레이브 모듈에게 보내는 것인지를 알 수 있도록 하기 위해 사용된다. 이는 마스터가 통신을 원하는 슬레이브를 지칭하는 것이다.

데이터 패킷은 헤더 패킷에서 지시한 개수만큼의 데이터와 체크섬으로 구성된다. 헤더 패킷이 잘못된 경우 엉뚱한 결과를 초래하기 때문에 헤더 패킷에 따로 체크섬을 두어 에러를 좀더 정확하게 검출해 낼 수가 있다.

3. PNP기능

본 프로토콜은 마스터 모듈에 현재 어떤 슬레이브 모듈들이 연결되어있고, 동작하고 있는 지를 알아낼 수 있는 PNP기능을 구현하였다. 이 기능은 시스템 동작중에 새로 모듈을 추가하거나 제거했을 때 별도의 절차없이 자동으로 인식한다. 마스터 모듈은 주기적으로 Ping 명령을 실행하여 현재 시스템에 연결되어있는 장치들을 알아낸다. 이것은 수술실이나 중환자실의 인공 호흡기와 같이 도중에 동작이 중단되면 환자에게 큰 영향을 주는 시스템에 사용하여, 시스템의 동작 중에 모듈을 추가나 제거할 수 있기 때문에 없어서는 안 될 중요한 기능이다.

4. 송, 수신 알고리즘

모든 통신은 마스터 모듈이 제어하여 슬레이브 모듈간의 통신이 불가능하기 때문에 한 슬레이브 모듈이 오동작을 일키더라도 딴 모듈에 영향을 주지 않는다. 특히, 인공호흡기와 같은 의료기기에서의 오동작은 생명과 직결되기 때문에 통신의 성능이 저하되어도 오동작의 영향을 최소화 줄이는 방향으로 설계하였다[2].

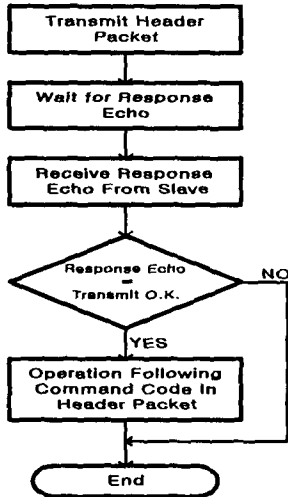


그림 3. 마스터의 기본 동작

그림 3은 마스터 모듈이 어떻게 슬레이브 모듈과 통신을 하는지를 보여주고 있다. 이 과정이 송, 수신 초기에 행해진다.

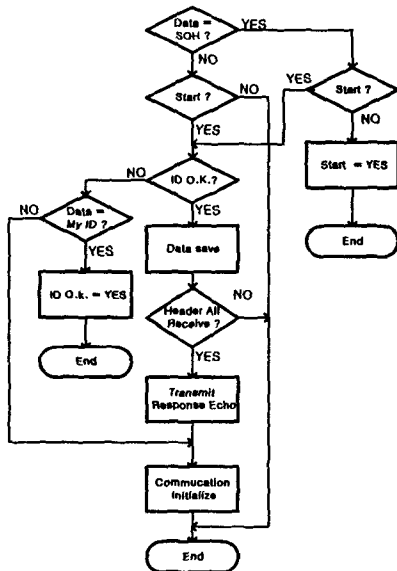


그림 4. 슬레이브의 헤더 수신 과정

그림 4는 슬레이브 모듈이 헤더 패킷을 수신,

분석하는 과정을 나타내고 있다. 슬레이브 모듈이 마스터 모듈로 데이터를 전송하고자 할 때에는 해당 슬레이브 모듈로 Ping이 왔을 때 에코 신호로 전송할 데이터가 있다는 것을 뜻하는 코드를 보낸다.

III. 실험 및 결과

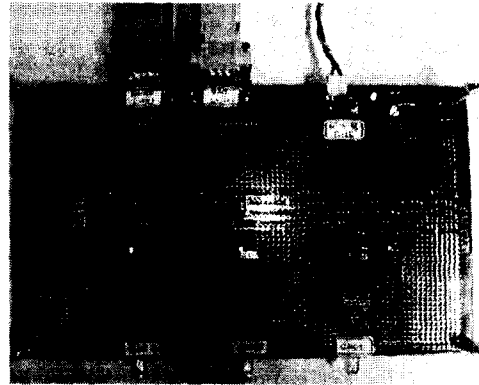


그림 5. 구현한 모듈 시스템

그림 5는 위에서 제안한 프로토콜을 구현하기 위해 실험적으로 구현한 시스템이다. 프로토콜을 시험하기 위한 최소 사양인 마스터 모듈과 2개의 슬레이브 모듈로 구성되어 있다. 육안으로 데이터를 관찰하기 위하여 마스터, 슬레이브를 PC(Personal Computer)의 널 모델과 각각 하나씩 연결하였다.

구현된 시스템에서 사용한 직렬 통신방식은 동기 직렬 통신방식이다. 비동기 통신방식은 각 전송문자의 앞뒤에 스타트(start) 비트 및 스톱(stop) 비트가 추가되므로 전송효율이 낮고, 별도의 동기용 클럭을 사용하지 않으므로 송신측과 수신측의 타이밍(timing)이 어느 정도의 오차를 허용할 수 있는 비교적 낮은 속도의 데이터 통신에만 사용된다. 그러나, 동기 통신방식은 데이터 문자에 비하여 전송시 부가되는 비트가 적으므로 전송효율이 높고, 전송 데이터선과 별도로 1개의 선을 이용하여 클럭이 전송되고 이를 사용하여 동기를 맞추게 되므로 빠른 클럭을 사용하여 송신측과 수신측의 타이밍이 일치해야 되는 고속 데이터 전송에 유리하여 본 시스템에서 사용하였다[3]. 여러 동기 직렬 통신방식 중에서 많이 쓰이고, 여러 프로세서에서 제공하고 SPI(Serial Peripheral Interface)를 사용하여 고속의 정확한 송,수신을 할 수 있었다.

그림 6은 SPI 시스템에서 마스터와 슬레이브 간의 전체적인 데이터의 흐름을 보여주고 있다. SPI는 SDO(Serial Data Out), SDI(Serial Data In), SCK(Serial Clock)의 3개의 핀으로 제어 가능하며, SDO는 출력, SDI는 입력, SCK는 전송을 위해 사용하는 클럭이다[4].

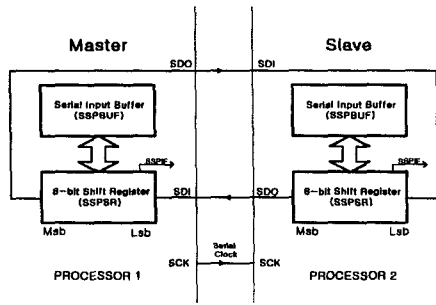


그림 6. SPI 마스터/슬레이브 연결도

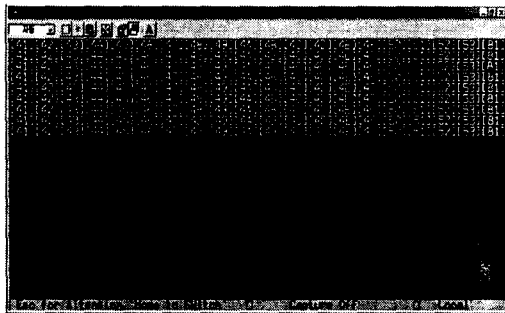


그림 7. 수신 데이터 모니터링(Monitoring)

그림 7은 PC와 RS-232로 연결하여 패킷이 정확하게 송, 수신되는지를 확인해 볼 수 있도록 화면에 데이터를 출력한 모습을 보여주고 있다.

표 1. 데이터 길이에 따른 에러 발생회수(1000회 반복)

데이터 길이(바이트)	16	21	26	32
에러 회수(회)	10	10	30	50

표 1은 데이터의 길이에 따라 에러가 얼마나 발생하는지를 보여준다. 의료기기에서의 데이터는 대체로 32바이트가 넘지 않기 때문에 32바이트까지 실험을 하였다. 최대로 에러가 발생한 경우는 32바이트를 100회 전송했을 때이며 50번의 에러가 발생하여 에러 발생율이 5%이하의 비교적 낮은 에러율을 보이고 있다.

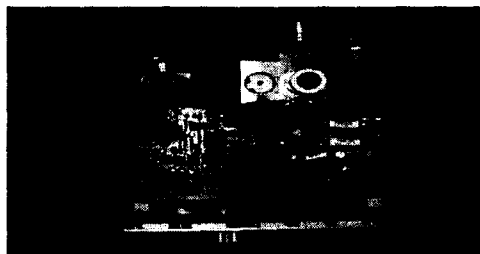


그림 8. 실제 적용한 인공호흡기

그림 8은 본 프로토콜을 적용하여 실시간 데이터 전송을 확인한 시스템이다. 프로토콜을 사용하여 호흡기 동작에 필요한 분당 호흡수, 흡·배 비율, 여러 알람(alarm) 설정치들을 전송하여 시스템을 외부에서 제어할 수 있었고, 호흡기로부터 환자의 압력, 호흡상태, 알람상태등을 수신받아 마스터 모듈에서 관찰할 수 있었다. 이 모든 과정이 실시간으로 이루어 졌으며, 여러 시간동안 관찰하여 마스터의 제어에 의한 호흡 동작이 정상 동작함을 확인하였다.

IV. 결 론

본 논문에서는 모듈화가 일반화되고 있는 의료 기기들을 한 시스템으로 묶어서 제어할 수 있는 프로토콜을 제안하였다. 의료기기의 특성상 실시간 처리가 가능하여야 하는 경우가 대다수이므로, 통신이 모듈 본래의 작업에 최소한의 부하가 걸리도록 간소화하는데 중점을 두었다.

본 프로토콜은 1Mbps이상의 고속 전송이 가능하고, 각 모듈을 자동으로 인식하는 기능이 있다. 또한, 서로 분산되어 있는 장치들을 모아서 모니터링하는 중앙 집중형 시스템에도 유용하게 쓰일 수 있다. 프로토콜의 간단하고 일반화된 특징은 저가의 낮은 성능을 가진 프로세서(Processor)에 적용, RF통신이나 적외선 통신등 여러 통신 분야로의 응용이 가능해 보인다.

참고문헌

- [1] John G. Webster. 의공학 교육연구회 역편, "의용계측공학", 청문각. pp 3-10, 1999
- [2] "BEAR1000 INSTRUCTION MANUAL", BEAR MEDICAL. 8.19-8.20 1994
- [3] Fred Halsall, "Data Communications, Computer Networks and Open Systems", ADDISON-WESLEY. pp 101-125, 1998
- [4] "PIC16/17 Microcontroller Data Book", Microchip Technology Inc. pp 65-66, 1998