

USB를 이용한 생체 신호 계측용 데이터 수집보드의 설계

황언주, 박민제, 김동연*, 유재하*, 김수찬
 국립한경대학교 생물환경·정보통신 전문대학원
 *국립한경대학교 전자공학과

The Design of Biosignal Acquisition Board Using USB

Eonju Hwang, Minje Park, Dongyeon Kim, Jaeha Yoo, Soochan Kim
 Graduate School of Bio & Information Technology, Hankyong National University
 *Department of Electronic Engineering, Hankyong National University

Abstract - 본 연구에서는 USB(Universal Serial Bus)통신과 전기적 절연을 이용하여 생체신호계측이 가능한 USB 데이터 수집(DAQ, Data acquisition)보드를 설계 및 구현한 것이다. 대부분의 데이터 수집보드는 전기적 절연이 되어 있지 않기 때문에 의용계측에 있어서 적합하지 않다. 보드를 평가하기 위해 설계한 USB DAQ 보드와 PC를 사용하여 사인파와 펄스신호 그리고 생체신호중 하나인 ECG 신호를 측정하였다. 제한한 USB 데이터 수집보드는 AD변환부, 전기적 절연부, 전송부, 디지털 입·출력부 그리고 DC-DC변환기(DC DC Converter)로 구성되었고, 최대 1KHz의 샘플링 주파수와 12비트 분해능과 8채널의 성능을 가진다.

송한다. USB 데이터 수집보드는 컴퓨터에서 STOP명령 데이터가 전송될 때 까지 AD변환이 이루어진다. 디지털 입력 모드는 AD모드와 비슷한 방식으로 디지털 입력 데이터를 수집하고 변수에 저장한 후 컴퓨터로 전송 된다 디지털 출력은 컴퓨터에서 채널선택 데이터를 받아 USB 데이터 수집보드에서 디지털 출력이 이루어진다.

USB 데이터 수집보드를 평가하기 위해 컴퓨터에서 Visual Studio C++ 6.0을 이용하여 DAQ 수집 보드와의 통신 프로그램을 작성하였다. 아날로그 입력 신호로는 함수발생기 신호와 심전도 데이터를 받아 MATLAB으로 수집된 데이터를 관찰하였고, 디지털 입·출력 제어도 정상적으로 동작하는 것을 확인하였다.

1. 서 론

데이터 수집(DAQ : Data acquisition)보드는 컴퓨터를 기반으로 데이터 측정이 가능하여, 저렴한 가격으로 높은 성능을 낼 수 있는 장점이 있기 때문에 각광 받고 있다. 컴퓨터 기술발전과 함께 데이터 수집 보드 기술도 함께 발전해 가면서 다양한 버스 방식을 이용해 전자, 전기, 의료, 화학, 생물, 농업, 건축, 환경 및 기타 여러 산업에서 사용되고 있다[1]. 센서로부터 나오는 신호는 아날로그 신호이다. 그러나 아날로그 신호는 컴퓨터에서 직접 처리할 수 없기 때문에 아날로그 신호를 디지털 데이터로 바꾸어 주기 위한 데이터 수집보드가 필요하다. 이러한 데이터 수집 보드는 빛, 온도, 힘, 속도 등의 아날로그 신호를 컴퓨터가 처리할 수 있는 디지털 형태의 데이터로 변환하거나 컴퓨터가 제어 및 디지털 입/출력을 필요로 할 때 활용되는 장비이다.

데이터 수집 보드는 AD변환(Analog to Digital Converter), DA 변환(Digital to Analog Converter), 디지털 입·출력 구조로 구성되어 있다[2-3].

본 논문에서는 USB 통신을 기반으로 생체 신호 계측이 가능한 데이터 수집보드를 설계하고자 한다. 대부분의 데이터 수집보드는 전기적 절연이 되어 있지 않기 때문에 안전성을 중요시 하는 의용계측에 있어서 추가적인 절연(Isolation)이 요구된다. 이러한 이유로 전기적 절연기능이 내장되어 있고 생체 신호 계측이 가능한 데이터 수집보드를 설계하여 구현하였다. 구현된 보드는 일반적인 데이터 수집뿐만 아니라 대표적인 생체 신호 중 하나인 심전도(ECG : electrocardiogram)를 측정하여 보드를 평가하였다.

2. 본 론

2.1 USB(Universal Serial Bus) 통신

USB(Universal Serial Bus)는 7개 업체(IBM, Interl, Microsoft, Compaq, DEC, Northern, NEC)가 공동으로 연구하여 1996년 1월 USB 1.0을 시작으로, 1998년 9월 1.1을, 그리고 2000년 4월에는 USB2.0까지 발표 하였다. USB 1.0은 low speed로 1.5Mbps, 1.1은 12Mbps, 그리고 2.0은 480Mbps를 지원하며, 최근에 사용하는 컴퓨터의 USB 컨트롤러는 USB 1.0, 1.1, 2.0을 모두 지원하고 있다. USB 1.1 발표이후 USB포트가 의무화 되면서 사용이 용이하게 되어 이때부터 훨씬 많은 업체가 USB 주변기기를 출시함에 따라 USB가 널리 사용되기 시작하였다[4-6].

2.2 시스템 구성

그림 1은 USB 데이터 수집보드의 전체 프로그램 흐름도이다. USB 컨트롤러(FT232D)가 마이크로컨트롤러(ATmega128)를 통해 AD변환(MCP3208)과 디지털 입력(디지털 입출력 칩 : MCP23S08)데이터를 컴퓨터로 전송하고, 디지털 출력 데이터를 처리한다. 컴퓨터와 USB 데이터 수집보드가 USB 포트로 연결되면 USB 데이터 수집보드에 전원 공급이 이루어져 초기화 상태가 된 후 컴퓨터에서 사용목적에 따라 AD변환, 디지털 입력, 디지털 출력 모드선택을 전송 할 때 까지 대기한다. AD변환모드에서는 AD변환 데이터를 수집하고 수집된 데이터를 변수에 저장하고 컴퓨터에 전

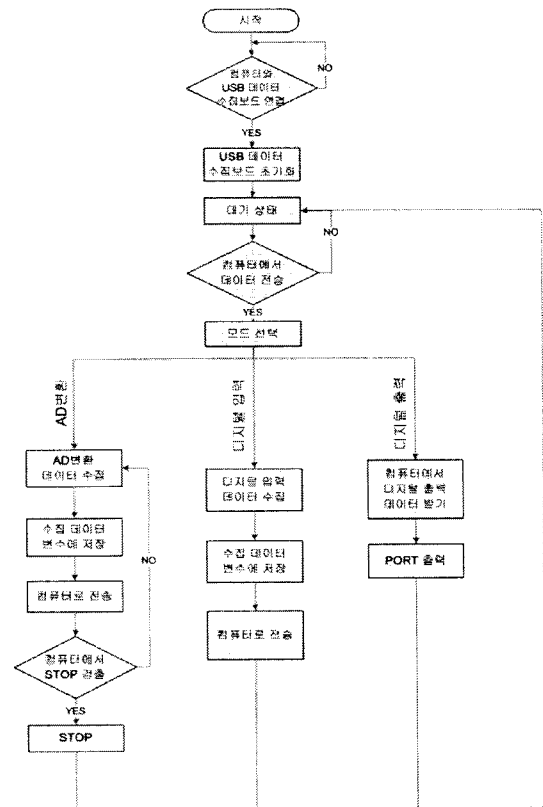


그림 1. 프로그램 흐름도

3. 실험 및 고찰

3.1 AD변환의 샘플링 주파수 확인

AD변환부는 100ksps 샘플링 속도와 12비트 분해능을 지원하지 않지만, USB 데이터 수집보드에 포함된 마이크로컨트롤러의 프로그래밍 기술부족으로 인해 제어시간이 길어지면서 중앙처리부와 AD변환부, USB 데이터 전송부의 전송시간을 오실로스코프 (Tektronix사의 TDS3032B)로 측정한 결과 USB 데이터 수집보드는 9kHz의 샘플링 주파수를 이루게 됨을 확인할 수 있었다.

향후 USB 데이터 수집보드의 보다 빠른 데이터 처리를 위해 AD변환부의 샘플링 주파수를 높여줄 필요가 있고, 그 방법으로 마이크로컨트롤러의 제어 시간을 조절하여 11us정도로 샘플링 하게 되면 약 80~90kHz 정도의 샘플링 주파수가 이루어 질것으로 예상

된다.

USB 데이터 수집보드로부터 입력된 데이터 처리 및 제어를 위해 실험에 사용된 컴퓨터로는 인텔 펜티엄 3.0GHz, 512 RAM을 사용하였다. USB 데이터 수집보드에서 컴퓨터로 1kHz 이상일 경우 컴퓨터 수집 프로그램에서 제어신호의 문제점으로 인한 오류가 발생하였다.

앞으로 고속 데이터 전송을 위한 USB 데이터 수집보드를 구현하기 위해서 컴퓨터 프로그램상의 문제점을 수정하여 보완하고, 고 사양의 컴퓨터를 사용함으로써 USB 데이터 수집보드에서 지원하는 AD변환 샘플링 주파수로의 데이터 수집이 이루어 질것으로 예상된다.

3.2 전기적 절연의 평가

그림 2는 절연칩(Texas Instruments사의 ISO722M)이 동작하는데 걸리는 시간을 측정 한 결과이다. 첫 번째 채널은 입력 신호, 두 번째 채널은 출력 신호이다.

ISO722M의 스펙과 USB 데이터 수집보드에서 측정 한 시간을 비교하여 정리한 것이다. 스펙에서 t_{PHL} 와 t_{PLH} 의 최대 걸리는 시간은 16ns이고 측정 한 시간은 t_{PHL} 이 11.26ns, t_{PLH} 가 11.95ns 정도 되고 t_r , t_f 는 스펙에서 일반적인 시간이 1ns인데 비해 측정 한 시간은 t_r 이 2.045ns, 그리고 t_f 가 2.256ns임을 확인 하였다. 그 결과 USB 데이터 수집보드의 전기적 절연부가 ISO722M의 스펙과 비슷한 성능으로 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

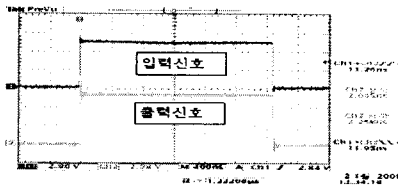


그림 2. 전기적 절연부의 동작 특성

3.3 컴퓨터에서 데이터 수집

데이터 수집보드의 AD변환을 평가하기 위해서 함수발생기와 대표적인 생체신호인 심전도 신호를 사용하였다. USB 데이터 수집보드의 샘플링 주파수는 1kHz로 설정하고, AD변환부에 Tektronix사의 AFG310 함수 발생기로 정현파와 램프(Ramp) 신호를 각각 0-5V 10Hz와 0-5V 100Hz를 입력하여 확인할 수 있었다. 그림 3은 정현파 10Hz일 때 100개의 샘플링과 100Hz일 때는 10개의 샘플링이 되는 것을 각각 확인 할 수 있었다.

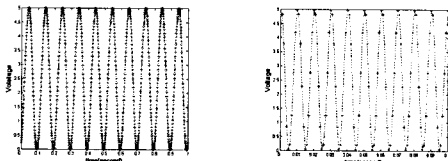


그림 3. 정현파를 10Hz(좌), 100Hz(우)를 입력시 DAQ 결과

그림 4는 각각 크기가 5V_{pp}인 100Hz와 110Hz의 램프 신호를 입력으로 넣었을 때의 결과이다. 이 결과를 보면 그림 3과 달리 신호의 최소와 최대치가 정상적으로 측정되지 않음을 알 수 있다. 이것은 샘플링 주파수가 충분히 높지 않기 때문에 발생하는 현상으로 샘플링 주파수를 높이면 해결될 것이다.

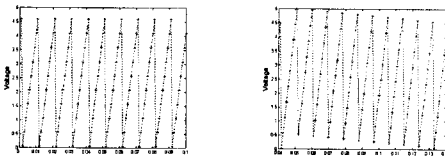


그림 4. 램프 100Hz(좌), 110Hz(우)를 입력시 DAQ 결과

그림 5(상)은 10초 동안 성인 남성 27세의 심전도 신호 심전도 실험을 통해 측정 한 파형이다. 그림 5(하)는 구간을 확대하여 7-9초 동안을 관찰한 것이다.

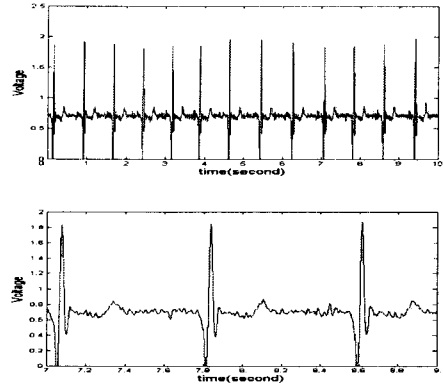


그림 5. 심전도를 10초(상), 7~9초(하)동안 DAQ로 측정 한 결과

3. 결 론

본 연구에서는 USB(Universal Serial Bus)통신과 전기적 절연(isolation)을 이용해 생체신호계측이 가능한 USB 데이터 수집보드(DAQ : Data acquisition)를 설계 및 구현하였다. 대부분의 데이터 수집보드는 전기적 절연이 되어 있지 않기 때문에 전기적 안전성을 중요시하는 의용계측에 있어선 전기적 절연이 반드시 필요하다.

구현한 USB 데이터 수집보드는 전송부, 중앙처리부, 전기적 절연부, AD 변환부, 그리고 디지털 입·출력부로 구성하였고 생체신호계측을 위해 전기적 절연부는 DC-DC변환기를 사용하여 전원분리를 하였으며 전기적 절연 칩을 사용하여 AD변환부로부터 입력되는 입력신호를 수집하였다. 데이터 수집보드는 최대 1kHz의 샘플링 주파수와 12비트 분해능과 8채널의 성능을 가진다.

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (KRF-2007-331-D00596)

[참 고 문 헌]

- [1] 이진중, "데이터 수집의 무선 기술 동향에 관한 연구" 호남대학교 석사 학위 논문, 호남대학교, 2006.
- [2] X. H. Hu, and W. Q. Yang, "Design of a data acquisition and function generation unit with USB," Measurement Science and Technology, N17-N23, 2006.
- [3] FTDI Chip, Knowledgebase, <http://www.ftdichip.com/>
- [4] Jan Axelson, USB 완전정복, 어어콘, 2006.
- [5] 이정욱, USB 개발 전문가 과정, 한국 산업 기술대학교, 교육과정 자료, 2006.
- [6] FTDI Chip, FT232D Dual USB UART/FIFO IC Data Sheet, <http://www.ftdichip.com/>