
Mechano sensor를 이용한 신경자극반응 측정 플랫폼에 관한 연구

김우람* · 김영길**

*아주대학교

A Study on Neuroactive Response Measurement Platform using Mechano Sensor

Woo-ram Kim* · Young-kil Kim**

*Ajou University

E-mail : dnfka1514@ajou.ac.kr

요 약

본 연구는 근육의 기능을 조절하는 신경말단에 전기적인 자극을 가하여 신경의 반응 정도를 측정하는 플랫폼 구현에 관한 연구로써, 전기 자극에 대한 신경반응이 가해지는 전류량, 가해진 전류 지속시간, 전극위치에 따른 반응을 측정하였다. 신경자극의 전극 위치는 표면 말단에 운동신경이면 어느 신경이든지 가능하고, 신경자극 양식에는 단순연축자극(Single Twitch Stimulation), 사연축자극(Train-of-four, TOF), 두 집단 발사자극(Double Burst Stimulation, DBS)이 있다. 임베디드 시스템기반으로 가기 위한 저전력 MCU를 선정하고, 기본적인 신경자극반응 측정 센서의 민감도를 알아보기 위해 센서 인터페이스를 구성하여 반응정도를 측정해야 한다. 그리고 측정된 Data의 정확도를 높이기 위해 고성능의 AD Convertor 선정하여 플랫폼을 구현하였다. 또한 본 논문의 플랫폼은 의료기기용으로 개발되었기 때문에 시스템 이용자의 안전을 고려하여 전원회로 구성 시 전원 Isolation를 고려하여 설계하였다.

ABSTRACT

This is a study about a platform realization measuring the extent of reaction in nerve, as giving a electrical impulse

on a nerve pulp regulating a function of muscle, about a measurement of nerve reaction in the amount of current, the lasting time of current, and the position of electrode from a electrical impuls.

The position of an electrode in a electrical nerve impuls have nothing to do with all nerves from exercise to all things. There is the Single Twitch Stimulation, Train-of-four, and Double Burst Stimulation in the form of nerve stimulation. This report is needed for selecting MCU of low electric power for a base in embedded system and measuring the extent of reaction after making a sensor interface to know sensitivity of measuring sensor in basic reaction of nerve impuls. The platform is realized to select a high efficiency AD Convertor for raising accuracy in measured data. As the platform in this report was developed for a medical appliances, it was designed to consider user safety in electric power Isolation when making electric power circuit.

키워드

Neuro Stimulus, Neuromuscular, EMG, TOF, Mechanosensor

I. 서 론
에 의해 1942년에 처음 소개된 이래 보편화되었
다. 이로 인한 신경근 차단 양상 및 회복의 정
도를 평가하기 위한 방법으로 말초신경에 대한
임상마취에 있어서 근이완제의 사용은 Griffith

train-of-four(TOF) 자극법등이 사용되고 있다.[1] 마취통증의학과영역에서 논하는 근이완이란 신경근접합부에서 일어나는 현상을 말한다. 신경접합부 중 신경말단은 근섬유에 도달하게 되면 수초를 상실하고 근육표면에 대하여 말단분지를(myelin) 형성하며 세포에 의하여 둘러싸여진다[2]. 신경말단의 주된 작용은 근육의 기능을 조절하여 신경전달물질을 활성화시키는 것이다. 앞에 설명한 근이완은 마취에서의 회복기에 잔여 근이완 작용으로 인해 호흡 억제, 저산소증과 같은 심각한 합병증을 유발할 수 있다. 그렇기 때문에 수술시 환자의 신경근육 반응 상태를 확인하는 것은 중요하다[3].

본 연구는 마취 시 근이완에 대한 신경말단의 근섬유를 자극해 신경근육의 반응을 신경자극 패턴에 대비해서 알아본다.

으로 바꾸어주는 센서이다.



그림 2. Mechno Sensor
Picture 2. Mechno Sensor

II. 관련 연구 및 시스템 설계

2.1 신경자극 패턴

신경자극 신호는 여러 가지 분야에서 사용 목적에 따라 다양한 형태가 있다. 그림 1은 현재 임상에서 널리 사용되고 있는 monophasic의 Single pulse, T.O.F pulse, tetanic pulse 및 double brust pulse이다[4].

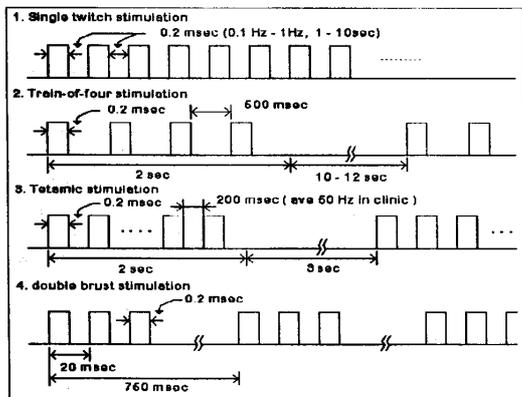


그림 1. 고정된 신경자극 패턴
Picture 1. Fixed Nerve Stimulational Pattern

말초신경에 역치이상의 전기자극을 가하여 그 반응을 측정하기 위하여 표면 근전도를 사용한다. 표면근전도(sEMG)는 피부표면에 전극을 부착하는 무통증, 비침습적인 방식으로 측정하는 방법이다. 따라서 근운동단위 한 개의 전기적 활동만을 측정하는 바늘 근전도(nEMG)와는 달리 고통없이 편안하게 근운동단위 집합체의 총체적인 시너지 활동을 정량적으로 분석할 수 있다. 그림 2는 이 플랫폼에서 사용하고 있는 MechanoSensor로써 신경자극에 대한 반응을 Piezo로 받아들여 전압

2.3 전체 시스템 구성

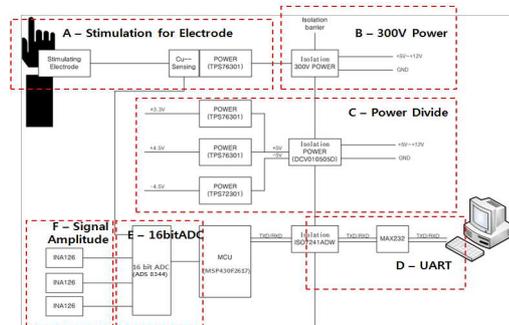


그림 3. 시스템 블록 다이어그램.
Picture 3. System Block Diagram.

위 그림 5의 Block Diagram에서 중요한 부분은 환자의 마취 상태를 확인하기 위해 300v전압의 전기 자극을 인체에 가하기 때문에 환자의 보호를 위하여 전원 Isolation이 확실히 되어야한다. 그리고 MCU칩 내부에 16bit ADC가 존재하지만 본 실험에서는 더욱 향상된 성능과 세밀한 ADC 값을 구하기 위하여 외부 ADC인 ADS1256을 회로에 추가하였다. MCU칩은 TI에서 저전력 기반으로 개발된 MSP430을 채택하였고, MSP4301612 칩은 내부에 Analog to Digital과 Digital to Analog가 있기 때문에 본 실험에 적합하다. 그림 5의 A Part부터 살펴보겠습니다. A part는 DAC에서 나온 전류Control전압 값과 저항 값으로 전류 값을 조절해서 전기 자극을 주는 부분이다. B Part는 5v 전압을 트랜스에 통과시켜 300v 전압을 얻어낸다. C Part는 전압 분배 부분이다. 5v와 -5v 전압은 OPAMP 전압으로 주로 쓰이고, 3.3v 전압은 MCU칩 전압이다. D Part는 실험 결과 값을 PC에 보내기 위한 UART통신 부분이다. E Part는 외부 24bit ADC를 SPI통신으로 보낸다. F Part는 MechanoSensor값을 받아와 INA칩으로 증폭하고, LowPass 필터를 거쳐서ADS1256으로 보낸다.



그림 4. 측정 모듈
Picture 4. Measuring Module

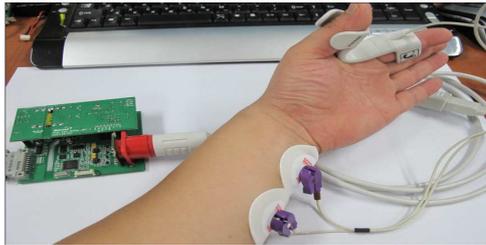


그림 5. 모듈 TEST
Picture 5. Module Test

그림 4는 측정 모듈의 PCB Board 사진이고 그림 5는 Module과 Sensor를 연결하고 Test하는 사진이다.

III. 시스템 구현 및 실험

본 연구의 구성 중에서 핵심적인 부분을 들자면 첫 번째 환자의 말초신경이 반응 할 수 있는 정도의 충격을 가하는 Stimulation for Electrode 부분과 두 번째 기본의 측정 장비 보다 더 자세한 AD값을 측정할 수 있는 16bit AD Converter 부분이 있다.

3.1 Stimulation for Electrode

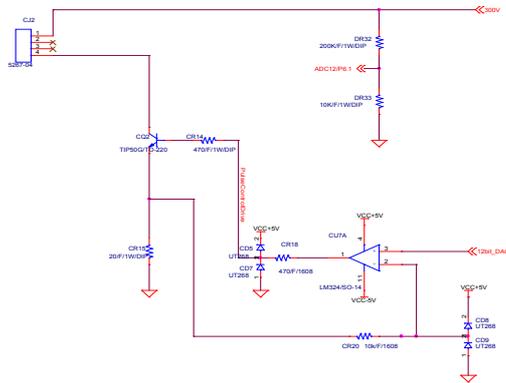


그림 6. 전류Control전압 회로도.
Picture 6. Current Control Voltage Circuit Diagram.

그림 5의 회로도를 전체적으로 설명하면 우선 전기자극을 주기위한 300v전압이 제대로 들어가고 있는지 확인하기 위한 AD Convert는 내부 12bitADC를 활용하였고, CPU 칩 내부 Timer0과 Timer1를 이용해서 Pulse width 0.1~0.3msec을 인체 내에 인가해 준다. DAC로부터 온 전류 Control전압이 Tr의 base로 들어가면서 Pulth에 따라 on/off작동을 한다. 본 연구에서는 플랫폼이 프로토타입으로 개발되었기 때문에 임상실험단계는 들어가지 않고 외부에 1kΩ저항으로 인체를 대신해서 Test하였다.

$$V_{Control전압} = (CR17 \times i_{CE}) \dots \dots \dots (1)$$

$$i = \frac{V_{Control전압}}{CR17} \dots \dots \dots (2)$$

인체에 흐르는 전류는 DAC출력 전압을 1.5V로 하였을 때 $\frac{1.5V}{20\Omega} = 75mA$

3.2 16bit AD Converter

실제 300V의 전압을 인체에 인가하여 흐르는 전류의 세기 만큼 Mechano Semsor의 Piezowafer의 구부러짐을 AD Conversion하여 근 이완체가 투여 되지 않은 정상 근육에 임상 실험한 data이다.

TIME(YYYY)Count	T0	T1	T2	T3	T4	TOF
14:05:48	0	29470	0	0	0	0
14:05:48	0	29216	0	0	0	0
14:05:48	0	29506	0	0	0	0
14:05:48	0	29312	0	0	0	0
14:05:48	0	29342	0	0	0	0
14:05:48	0	29504	0	0	0	0
14:05:48	0	29214	0	0	0	0
14:05:48	0	29488	0	0	0	0
⋮						
⋮						
⋮						
⋮						
⋮						
14:06:50	4	29326	95	99	99	106
14:06:50	4	29326	95	99	99	106
14:06:50	4	29344	95	99	99	106
14:06:50	4	29304	95	99	99	106
14:06:50	4	29342	95	99	99	106
14:06:50	4	29310	95	99	99	106
14:06:50	4	29344	95	99	99	106
14:06:50	4	29390	95	99	99	106
14:06:50	4	29326	95	99	99	106
14:06:50	4	29376	95	99	99	106
14:06:50	4	29318	95	99	99	106
14:06:50	4	29376	95	99	99	106

그림 9. 실험 결과.
Picture 9. Test Result.

3.3 신경자극 패턴별 모니터링

여러 가지 신경자극 패턴 중 TOF 자극에 대한 실험 결과에 대해 알아보자. TOF 자극에 의한 첫

번째 연속높이(T1)에 대한 네 번째 연속높이(T4)의 비(%), 즉 T4비를 측정하여 근 이완제가 투여되지 않은 정상 근육에 test하여 fade 정도를 비교 관찰하였다.

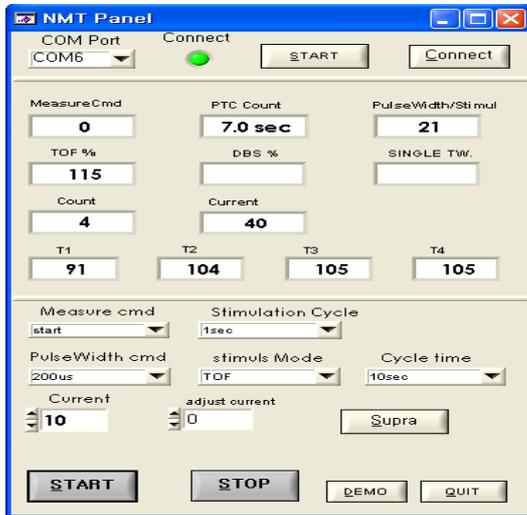


그림 10. 실험 결과.
Picture 10. Test Result.

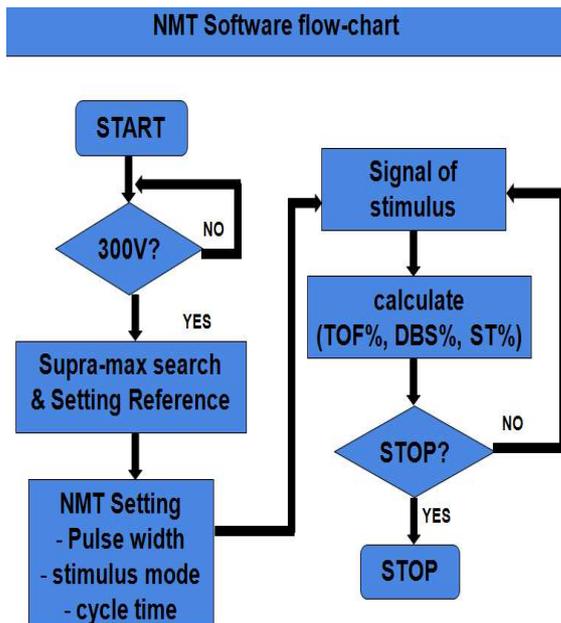


그림 11. 소프트웨어 흐름도.
Picture 11. Software flowchart.

IV. 결 론

본 연구는 차세대 복합생체감시시스템개발 과제 진행중 얻은 결과로써 신경자극 반응 관련 센서의 특성과 동작 원리를 이해하고 이를 이용하여 우리 몸에 생체 신호를 측정할 수 있는

h/w를 제작할 수 있다. 의료기기에서 중요한 전원 Isolation기술과 생체 특성에 대해 알아 볼 수 있다. 이런 기술은 의용공학의 기반이 되며 이를 이용하여 다른 여러 특성을 가진 새로운 의용 계측기 및 장비를 개발 할 수 있다. 현재 센서를 통해 받은 Law Data에 대한 값이 실제 임상 실험이 아닌 가상의 값으로 모니터링 되기 때문에 이부분을 보완하여 더욱 완성도를 높임으로 신뢰성 있는 의료기기를 만들 수 있을 것이다.

본 연구를 통해 신경자극 반응 측정 센서를 이용한 마취 시 잔여근이완 감지 플랫폼을 개발함으로써, 해당 플랫폼에 대해 고가의 외산 장비를 대체함으로써 기술적 발전과 경제적 비용의 절감을 동반한 국산화를 도모할 수 있다. 본 연구의 국산화를 통해 향후 유사한 연구에 적용함으로써 점차 많은 장비로의 국산화를 진행함에 수월함을 가질 수 있다.

참고문헌

- [1] 한찬수, 황경호, 박욱, 김성열, “각 비탈분극성 근이완제에 의한 Train-of-four Fade의 비교”, 순천향대학교 의과대학 마취과학교실
- [2] “수술 후 잔여 근이완 효과”, 2009 대한 마취약리학회 학술대회 및 대한신경근연구회 심포지엄.
- [3] 최승호, 김미경, 이우경, 심연희, 신양식, “Sevoflurane이 Rocuronium의 신경근차단에 대한 Neostigmine의 길항작용에 미치는 영향”, 대한마취과학회지 Vol. 48, No. 3, March, 2005.
- [4] 김건우, 엄상희, 이상열, 장용훈, 전계록, “프로그램 가능한 신경 자극기 개발”, 대한의용생체공학회 학술대회논문집 1996.