

ZigBee 무선통신 기술을 이용한 뇌졸중 환자 치료용 뇌자극기 개발

A Plastic Cortex Stimulator for Stroke Recovery Using ZigBee technology

김국화*, 양윤석**, 이상민**, 김남균***
G. H Kim, Y. S Yang, S. M Lee, N. G Kim

Abstract - The purpose of this paper is to develop the Plastic Cortex Stimulator(PCS) for stroke patients using ZigBee technology. The PCS consists of an implantable neuro-stimulator and a user controller. The neuro-stimulator has the stimulus circuit which is the H-bridge circuit to generate a bipolar pulse. The bipolar pulse is known to be effective for stroke recovery. The user controller sends several wave-shape parameters (amplitude, pulse width, cycle, etc.) to the neuro-stimulator for variable stimulation using ZigBee technology. The CC2420 and atmega128L was used to implement ZigBee protocol stack. The wireless control of PCS based on ZigBee can help the tele-rehabilitation of the stroke patients. The most effective pulse shape parameters are being investigated through animal experiments. The bio-compatibility and user-friendly interface are supposed to be handled in further study.

Key Words : ZigBee, Plastic Cortex Stimulator, stroke, rehabilitation

1. 서 론

뇌졸중은 뇌혈관에 순환장애가 일어나 갑자기 의식장애와 함께 신체의 편측에 마비를 일으키는 질환으로 암, 심근경색과 더불어 우리나라의 주요 사망 원인이다. 2002년 9월 26일 발표된 통계청 사망원인 통계를 보면 뇌혈관 사망인구 10만명 당 73.8명인 것으로 나타났다. 사망 뿐 아니라 뇌졸중에서 회복된다 하여도 대부분의 경우 후유장애를 남기기 때문에 이해 관계되는 사회적 경제적 손실이 지대하며 후유 장애를 극복하기 위해서는 장기간의 재활을 필요로 한다.

재활을 위해 현재 사용하는 방법으로는 수술과 약물 그리고 운동 치료 요법과 이 보다 효과적인 재활을 위해 뇌자극기를 뇌 병변 부위에 삽입하여 뇌 세포의 가소성을 높이는 방법이 있다. 뇌가소성이란 뇌졸중 등으로 손상된 뇌기능을 정상적인 다른 뇌 부위가 보상하는 것을 일컬으며 이러한 뇌가소성을 통하여 손상된 뇌기능을 기능적으로 재구성하여 기능의 회복이 일어나게 되며, 장애의 정도를 감소시킨다는 것이 최근 입증되었다. 이 방법은 현재 Eplipsy 환자 치료에 사용 되는 방법으로 뇌졸중 환자의 재활 치료에도 이 방법을 병행 한다면 재활의 효과는 더욱 커질 것으로 예상된다.[1][2]

현재의 뇌자극기의 형태는 전자기장을 이용한 근거리 RF

통신을 이용하여 자극기와 제어기의 거리에 대한 제약이 없어 이번 연구에서 ZigBee 통신을 이용하였다.

ZigBee 무선 통신은 최대 250Kbps의 낮은 전송 속도와 매우 저렴한 가격, 그리고 매우 긴 배터리 수명과 간단한 구조 및 연결성을 제공하여, 20m 이내의 작은 범위 내에서 무선 연결을 요구하는 분야에 적합하게 표준화 되었다.[3]

본 연구에서는 ZigBee 무선 통신을 이용하여 생체 내 삽입되어지는 뇌자극기와 자극 발생기 그리고 사용자가 자극을 제어 할 수 있는 제어기를 개발하였다.

2. 송수신기 설계 및 구현

2.1. 하드웨어 구성

본 논문에서 송/수신기 시스템은 그림 1과 같이 구현되었다. CHIPCON의 CC2420 ZigBee Development Kit을 이용하여 우리가 제작하고자 하는 자극기와 제어기를 구현하였다. 모듈의 구성을 살펴보면 마이크로컨트롤러는 Atmel사의 ATmega128L을 사용하였으며, 고성능이면서 저소비 전력형의 8비트 마이크로 컨트롤러이다.[4] 다음으로 CHIPCON의 무선통신모듈 CC2420을 이용하여 RF(2.4Hz) 통신으로 데이터를 송수신하였다.

수신기 부분은 자극회로와 함께 집적화되어 신체 내에 삽입될 것이고, 송신기 부분은 자극 제어기로서 사용자가 자극의 패턴과 강도, 지속시간을 제어할 수 있도록 한다.

저자 소개

*全北大學 醫用生體工學科 碩士課程

**全北大學 生體工學部 助教授 · 工博

***全北大學 生體工學部 教授 · 工博

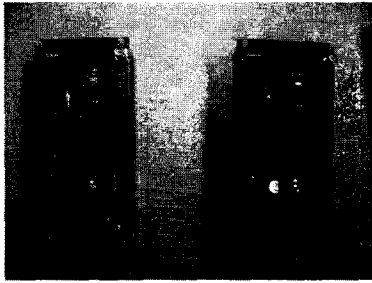


그림 1. System Hardware

2.2 소프트웨어 프로그래밍

AVR-GCC 를 사용하였다. 다운로드 프로그램은 AVRStudio를 사용하였다. ZigBee 스택은 CHIPCON사의 ZStack을 사용하여 구현하였다. 그림 2는 구현한 소스 프로그램이다.

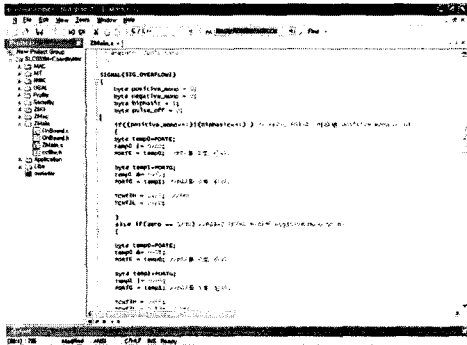


그림 2. AVR-GCC 컴파일러를 사용하여 작성한 소스 프로그램

뇌자극기 프로그램 동작 순서는 그림 3과 같다. 먼저, 송신기와 수신기 전원을 켜 다음에 서로 통신 설정(Hand bind function / Auto match function)을 하게 된다. 두 디바이스에서는 가까운 거리에 있는 ZigBee 디바이스를 자동적으로 인지하여 연결한다. 자극 패턴(Positive Pulse, Negative Pulse, Bipolar Pulse) 중 한 가지를 조이스틱을 이용하여 선택 한다. 선택된 패턴은 수신기에 연결된 자극 회로를 통해 자극파형을 만들어 낸다.

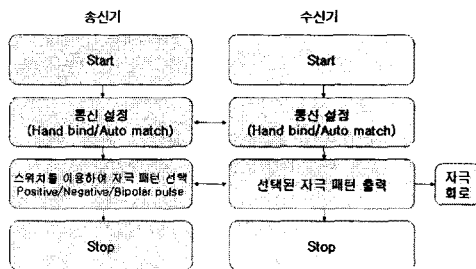


그림 3. 송신기 프로그램 동작 순서

2.3 자극회로 설계

수신부와 함께 신체 삽입되는 자극회로는 그림 4와 같다. 자극 회로는 bipolar pulse를 구현하기 위해 H-bridge 회로를 사용하였다.

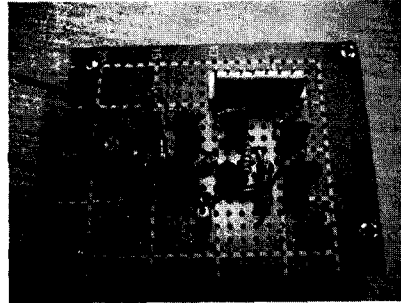


그림 4. 자극 회로

송신부로부터 전송되어진 2개의 출력 bit에 의해 자극 회로를 거쳐 Monopolar Stimulation 과 Bipolar Stimulation 을 만들어 낸다. Monopolar Stimulation 은 Positive Pulse 와 Negative Pulse 가 있다. Bipolar 자극 펄스를 줄 때 Positive 전극 과 Negative 전극은 자극 하고자 하는 뇌 병변 주위 신경조직 가까이에 두어야 하며 두 전극은 같거나 비슷한 표면적을 갖게 한다. bipolar pulse로 자극하게 되면 nerve axon 과 cell body를 선택적으로 자극 시킬 수 있고, charge balance compensation pulse 부분을 만들어 전극의 corrosion을 줄일 수 있으며, tissue 의 손상도 줄일 수 있다.[6]

뇌자극 펄스의 대략적인 범위는 다음과 같다. 주기는 50Hz, 펄스 폭은 220 μ s, 펄스의 크기는 0.08-8.0V 이다. 최적의 자극 펄스를 찾기 위해 동물실험을 수행중이다.

3. 동물 실험을 통한 예비연구

뇌졸중 환자에 맞는 전기 자극 펄스를 연구하기 위하여 rat 20마리를 대상으로 실험 하였다. 약물과 광을 이용하여 앞다리를 조정하는 Cortex의 motor area를 손상 시킨 후 앞 다리의 사용정도를 정량적으로 측정하여 회복의 정도를 살펴본다.

뇌졸중을 일으키고 아무런 치료를 하지 않은 쥐 그룹의 경우 정상 의 50% 정도의 회복률을 보였다. 또한 cathodal pulse 와 anodal pulse를 뇌 병변 부위에 자극 한 쥐의 경우 거의 90-100%의 회복률을 보이며 전기 자극이 뇌졸중 rat의 회복에 높은 영향이 미침을 확인하였다.

앞으로 보다 좋은 회복양상을 위한 효과적인 펄스의 파라미터를 찾기 위한 연구가 계속 이루어 질 것이다.

4. 결 과

자극 패턴에는 positive pulse 와 negative pulse 그리고 bipolar pulse 세 가지로 나뉜다. 그림 8는 ZigBee 무선 통신을 통해 송신부에서 패턴을 선택하고 수신부에서 자극회로를 통해 bipolar pulse가 발생함을 보여 주고 있다.

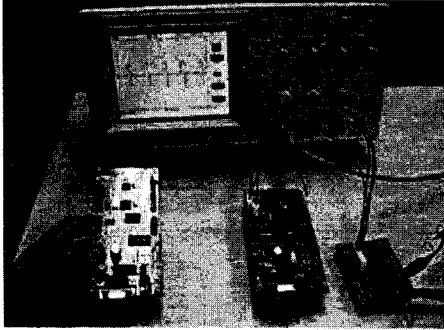


그림 8. ZigBee통신으로 Bipolar 펄스 발생

그림 9은 ZigBee 통신으로 positive pulse를 전송하였다.

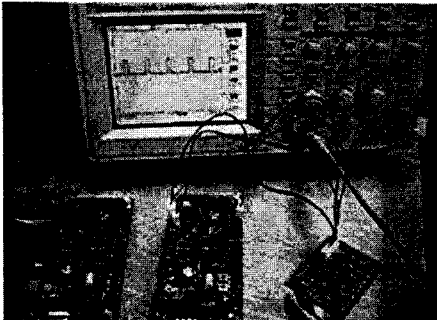


그림 9. ZigBee통신으로 Bipolar 펄스 발생

그림 10는 Negative 펄스가 전송되었다.



그림 10. ZigBee통신으로 Negative 펄스 발생

ZigBee 무선 통신은 자극을 발생시키기 위한 작은 파라미터들의 전송에 사용되어 전송속도가 느리지만 아무런 문제가 되지 않았다. 전송된 파형은 끝림 없이 깨끗한 파형을 가졌다.

간단한 ZigBee 응용 Stack을 올려 통신환경을 구현 할 수 있어 ZigBee 통신은 작은 범위 내에서 무선 연결을 요구하는 분야에 적합함을 보였다.

5. 결론 및 토의

앞으로 ZigBee 통신에만 사용되는 CC2420과 마이크로 컨트롤러 부분만을 떼어 내어 소형화 시킬 것이며, 자극회로 또한 압축하여 초소형화 시켜 생체 실험에 가능하도록 해야 할 것이다. 생체 실험을 통해 생체 뇌 자극에 최적화된 파라미터를 연구 해 나갈 것이며, 이번 연구에서는 정해진 패턴을 전송하여 자극 하도록 개발 하였으나, 보다 다양한 자극 패턴의 효과를 실험하기 위해 임의적으로 패턴을 조정 할 수 있도록 제작 되어야 할 것이며, 자극 제어기는 사용자 편의에 맞게 매뉴얼화 시켜 제작해야 할 것이다.

또한, 유비쿼터스 환경에서 대표적인 모바일 기기인 PDA 나 휴대폰은 최근 많은 종류와 기술이 개발되고 통신 기술 또한 발전 하면서 언제 어디서나 무선 인터넷 등 통신을 할 수 있는 유비쿼터스 도시가 구축되어 지고 있어, 앞으로 유비쿼터스 환경에서는 체내 의료기기를 시술 받은 환자가 PDA/휴대폰을 이용하여 환자의 상태를 의사에게 전송하거나 시간과 공간의 제약 없이 의사의 재활/치료를 받을 수 있게 된다.[7]

참 고 문 헌

- [1] 김금순, 노국희, "재가 뇌졸중 환자의 환경상태, 기능적 독립, 질병으로 인한 장애 영향에 관한 연구", Journal of the Korea Gerontological Society, Vol. 25, No. 2, pp. 143-154, 2005. 4
- [2] <http://user.chollian.net> (중앙대 신경외과 석종식 교수)
- [3] 정성훈, 전호인, "IEEE 802.15.4 and ZigBee Protocol: 유비쿼터스 센서 네트워크를 위한 Active RFID 기술", 한국통신학회지, 제21권 6호, 67-88쪽, 2004. 6
- [4] http://www.atmel.com/dyn/general/site_search.asp
- [5] <http://winavr.sourceforge.net/>
- [6] Hans O Luders MD PhD, "Deep barin stimulation and epilepsy", 2004
- [7] 권오진, 김동욱, "유비쿼터스 환경에서의 체내 내장형 의료기기를 위한 경치적 에너지 및 데이터 전송 시스템 개발에 관한 기초 연구" 대한의용생체공학회 32회 춘계 학술대회, 233-237쪽, 2005