

무선 요실금 치료기의 구현

이승직¹, 김경아, 이태수, 김원재², 차은종

¹대원과학대학, 충북대학교 의과대학 의공학교실, ²충북대학교병원 비뇨기과
(Received July 31, 2006. Accepted August 18, 2006)

Implementation of Urinary Incontinence Therapy Device with Wireless Bluetooth Communication

Seung-Jik Lee¹, Kyung-Ah Kim, Tae-Soo Lee, Wun-Jae Kim², Eun-Jong Cha

¹Daewon Science College, Biomedical Engineering Department, School of Medicine, Chungbuk National University, ²Department of Urology, Chungbuk National University Hospital, Cheongju 361-763, Korea.

Abstract

Devices in current market to perform electrical stimulation therapy of the urinary incontinence frequent in aging women are very much impractical to use due to the wired configuration. The present study implemented new wireless device to enhance self as well as in-hospital therapy with the easiest and the most convenient application. The therapy system consisted of two modules, called "master" and "slave", communicating with each other by the wireless Bluetooth protocol. The patient controls therapy processes on the master module in hand, transmitting the required informations to operate the slave module placed within her pants with the vaginal electrode connected, delivering appropriate electrical stimulation. Wireless communication enabled self therapy with clothes on, leading to a great convenience for the patient. The stimulation output signal was comparable to commercialized products in both waveform and stimulation capacity.

Key words : urinary incontinence, wireless bluetooth communication, therapeutic device.

1. 서 론

요실금은 사회적 암이라고 불릴 정도로 많은 여성들에게 고통을 주고 있으며, 질환의 특성상 삶의 질이 저하되고 활동이 위축될 수밖에 없으므로 사회활동에 많은 지장을 초래한다. 요실금 환자들이 사회활동을 하기 위하여는 적극적으로 치료해야 하지만, 대부분의 여성들이 자연스러운 현상으로 생각하거나, 적절한 치료방법을 모르거나, 또는 수치스러움을 느껴서 적절한 치료를 받지 못하고 있는데 심각성이 있다. 적절한 치료를 통하여 보다 적극적으로 사회생활을 영위하기 위해서는 요실금에 대해서 환자본인이 좀 더 자세하게 알아야 하고, 적절한 치료방법을 찾는 것이 현명한 방법이다.

요실금 치료방법으로는 병원에서 치료하는 방법과 가정에서 자

가 치료하는 방법이 있다. 거의 대부분의 경우 병원에서 치료하고 있지만, 병원에 가지 않아도 되는 편리함 때문에 가정에서 자가 치료하는 방법에도 관심이 크다. 그러나 가정에서는 환자 본인이 자가 치료해야 하므로 보다 사용이 편리한 치료기가 필요하다. 즉, 가정에서 보다 편리한 방법으로 치료할 수 있는 기기가 개발된다면 좀 더 효율적인 치료가 가능할 것으로 생각된다.

일반적으로 요실금의 치료에는 수술치료법과 비수술 치료법이 있다[1]. 특별히 증상이 심한 경우에는 수술치료를 받아야 하지만 대부분의 경우에는 비수술 치료법인 약물치료나 자기장 치료 또는 전기자극을 이용한 치료가 이용된다. 그러나 현재 많이 사용되고 있는 전기자극 치료기는 유선으로 동작하며 병원 환경 하에서만 사용이 가능하다[2, 3]. 가정용으로 사용할 수 있는 제품이 출시되어 있으나 옷을 벗고 사용해야 하기 때문에 불편하고 환경의 제약을 받는다. 요실금 치료기가 무선 방식으로 동작한다면 이러한 실용상의 문제점들이 상당 부분 해소될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 무선 방식의 요실금 치료기는 컴퓨터 네트워크에 접속하여 환자의 치료 정보를 수시로 전송함으로써 주치의와의 의사소통도 매우 효율적으로 이루어질 수 있다. 따라서 본 연구에서는 무선 요실

본 연구는 2006년도 보건복지부 보건의료기술진흥사업 지원과 2006년도 교육인적자원부 지방연구중심대학 육성사업의 지원에 의하여 연구되었음.

Corresponding Author : 차은종
(우) 361-763 충북대학교 의과대학 의공학교실, 충북 청주시 흥덕구 개신동 12번지
Tel : 043-261-2856 / Fax : 043-273-0848
E-mail : ejcha@chungbuk.ac.kr

금 치료기를 구현하고자 하였다.

마스터(master)와 슬레이브(slave)라고 명명한 두개의 보드를 개발하였고, 각 보드 간에는 Bluetooth 무선 방식으로 통신하게 하였다. 슬레이브 보드는 요실금 환자의 내의에 부착하고 질 내 삽입용 전극을 연결하였다. 전극을 통한 치료 자극의 강도는 손에 들고 조작하는 마스터 보드에서 무선 제어하게 하였다. 기존 제품과 비교한 결과, 동일한 자극 강도 출력을 얻을 수 있었고, 무선 요실금 치료기의 상용화 가능성을 확인하였다.

II. 요실금의 병인과 치료

1. 뇨저장과 배뇨원리

뇨는 신장에서 여과된 노폐물이 방광 내에 일정기간동안 저장되고 필요한 시기에 몸 밖으로 배출되는 것이다. 방광의 위치는 남성의 경우 치골 결합과 직장 사이에 위치하고, 여성은 치골 결합과 질 사이에 위치한다. 신장에서 생산된 뇨가 방광 내에 일시 저장되는데, 방광 내에 뇨가 충만하면 방광 내압이 상승하고 방광 내압이 일정 수준에 이르면 내장 간막 신경총을 흥분시키고, 이 흥분이 대뇌를 자극하여 배뇨의지를 느끼게 한다. 평상시 요도는 골격근으로 구성된 외방광 괄약근이 긴장을 유지함으로써 방광으로부터 뇨의 배출을 막는다. 방광 내의 뇨가 충분히 저장되어 압력이 충분히 상승하고 의식적으로 방광의 긴장을 풀면 외방광 괄약근의 긴장이 풀어지고, 배뇨근의 수축과 내방광 괄약근이 이완되며 배뇨하게 된다.

2. 요실금의 원인과 치료

요실금은 배뇨 과정에 이상이 있는 질환으로써 방광이나 요도괄약근 등에 문제가 발생하면 나타난다. 앞에서 설명한 뇨저장과 배뇨의 기능적 관계가 잘 이루어지지 않을 때 요실금이 발생하며, 방광 배뇨근의 과활동성(overactive)이 나타날 때와 방광 용적이 증가할 때 또는 배뇨근의 압력이 급격히 상승할 때, 즉 방광의 저유선도가 나타날 때 요실금이 발생한다. 또한 요도 괄약근이 과활동성을 보일 때 또는 요도괄약근의 기능이 저하되었을 때 요실금이 발생한다.

요실금 치료는 크게 수술적 치료와 비수술적 치료로 구분할 수 있으며, 수술치료를 하는 경우는 증상이 아주 심한 경우에 국한된다. 통상 수술을 하지 않는 비수술 치료를 일차적으로 실시한다. 비수술치료는 가장 간단하고 널리 알려진 방법으로 골반저근을 운동할 수 있는 케겔의 콘을 이용한 운동치료가 있고[4], 그 외에는 전기자극을 이용하여 전기적으로 신경을 자극하는 전기자극 치료, 자기장을 이용하여 치료하는 체외자기장 신경치료 및 약물을 이용한 약물치료를 실시하는 방법들이 있다. 비수술적인 방법 중에서 병원 또는 가정에서 가장 널리 시행하고 있는 방법으로는 전기자극 치료가 있다. 전기적으로 주로 음부신경을 자극하여 유발되는 골반근의 수축으로 배뇨근의 수축을 억제하고, 괄약근의 저항을

증가시켜 뇨의 배출을 제어하게 된다[5]. 전기자극 치료는 일반적으로 여성의 체강 내에 전극이 연결된 봉을 삽입하여 전기 치료기에서 발생하는 전기자극을 체강 내의 음부신경으로 전달하여 자극한다. 이때 환자는 전기자극의 강도를 스스로 적절하게 조절하여 치료한다. 일반적으로 사용하는 주파수는 5~10Hz, 35~40Hz 범위이다. 이러한 치료방법이 효과적이긴 하지만, 환자들이 치료를 위해서 옷을 벗어야 하기 때문에 치료 장소에 많은 제약을 받는다. 따라서 반드시 병원 내의 제한된 치료실에서 또는 아무도 없을 때 가정에서 사용할 수밖에 없다. 이는 기본적으로 요실금 치료기가 유선 방식으로 동작하기 때문이며, 결과적으로 유선 방식은 치료과정에서 많은 불편함을 야기한다. 이에 본 연구에서는 무선 동작방식의 요실금 치료기를 구현함으로써 실용성의 문제를 해결하고자 하였다.

III. 시스템 구현

1. 시스템 구성

본 연구에서 개발한 시스템은 두 개의 보드로 구현하였고 이 두 보드가 상호 Bluetooth 무선 방식으로 통신하게 하였다. 부여된 기능에 따라 각각 마스터(master) 보드와 슬레이브(slave) 보드라고 명명하였다. 마스터 보드는 제어보드로써 외부에서 무선으로 슬레이브 보드를 제어한다. 슬레이브 보드는 마스터 보드의 제어 신호를 수신하여 적절한 전기 자극 펄스를 생성하고 전극 봉에 연결된 질 삽입용 전극을 통해 출력한다. 이때 출력되는 자극신호의 강도를 마스터 보드로 무선 전송하고, 마스터 보드에서는 LED 열상에 해당하는 출력강도를 디스플레이하게 하였다. 치료를 시행하고자 하면 환자는 슬레이브 보드를 내의에 부착하고 슬레이브 보드에 연결된 전극 봉을 자신의 질 내에 삽입한다. 치료 준비가 끝나면 옷을 입고, 제어보드인 마스터 보드를 손에 휴대하고 체강 내 전극을 통해 피부로 전달되는 전기자극의 강도를 적절하게 조절한다.

가능한 경제적으로 구현하기 위하여, 각 보드는 서로 다른 회로로 구성되지만, 마스터보드와 슬레이브 보드를 하나의 PCB 내에 들어갈 수 있도록 제작하였다. 동일보드에서 마스터 보드인 경우에는 마스터 보드를 동작시키는 부품만을 장착하고, 슬레이브 보드는 슬레이브 동작을 담당하는 부분에만 부품을 장착하여 구현하였다. 또한 향후 무선 인터넷 기능을 추가하여 컴퓨터 네트워크 접속이 가능하도록 설계하였다. 그림 1에 전체 시스템의 구성도를 보였다.

2. 하드웨어(Hardware)

전체적인 하드웨어는 각 보드별로 제어부분과 무선통신 부분으로 구분할 수 있다. 제어부분은 CPU로서 AVR-M32(ATMega32-44-TQFP, ATMEL, U.S.A.)를 사용하였고 무선통신 부분은 시장에서 판매되고 있는 Bluetooth 통신모듈(Acode, Comfile Technology, Korea)을 사용하였다[6]. 두 보드별로 각각 회로를

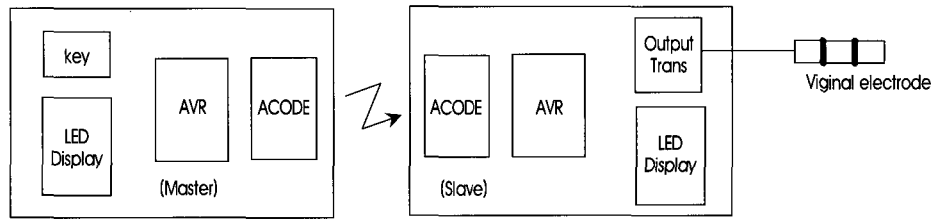


그림 1. 시스템 구성도.
Fig. 1. System configuration.

설계하였으나 PCB는 하나로 설계하였다. 제작 시에는 각각의 보드에 해당하는 부품만을 사용하였으므로 보다 경제적으로 제작하도록 하였다. 전원부는 휴대형을 고려하여 건전지(+9V)를 채택하였다.

마스터 보드에서는 슬레이브 보드가 전극으로 전달하는 전기 자극의 강도를 LED열 상에서 해당하는 LED의 개수만큼 켜지도록 하였고, 강도에 따라 LED의 색을 달리하기 위하여 가장 약한 경우에는 노란색(3개의 LED), 중간 정도는 연녹색(3개의 LED), 그리고 가장 강한 경우에는 붉은색(2개의 LED)이 켜지도록 하여 시각

적으로 쉽게 인식되게 하였다. 또한 7-Segment를 사용하여 전기 자극의 강도를 숫자로도 표시하였다. 마스터 보드에는 Mode 설정과 전기 자극의 강도를 조절하기 위한 두 개의 key를 부착하였다. 슬레이브 보드는 마스터보드에서 전달하는 자극지시 내용에 따라 전기 자극 펄스를 생성하고 질 내에 삽입된 자극봉의 전극으로 전달하여 자극하도록 하였다. 또한 실험 시 송수신 모두에서 전기 자극 출력을 함께 확인하기 위하여 슬레이브 보드에도 동일한 LED 열(display)을 부착하였고, 출력모드를 나타내기 위하여 7-Segment를 부착하였지만 상용으로 제작하는 경우에는 슬레이브 보드의 표

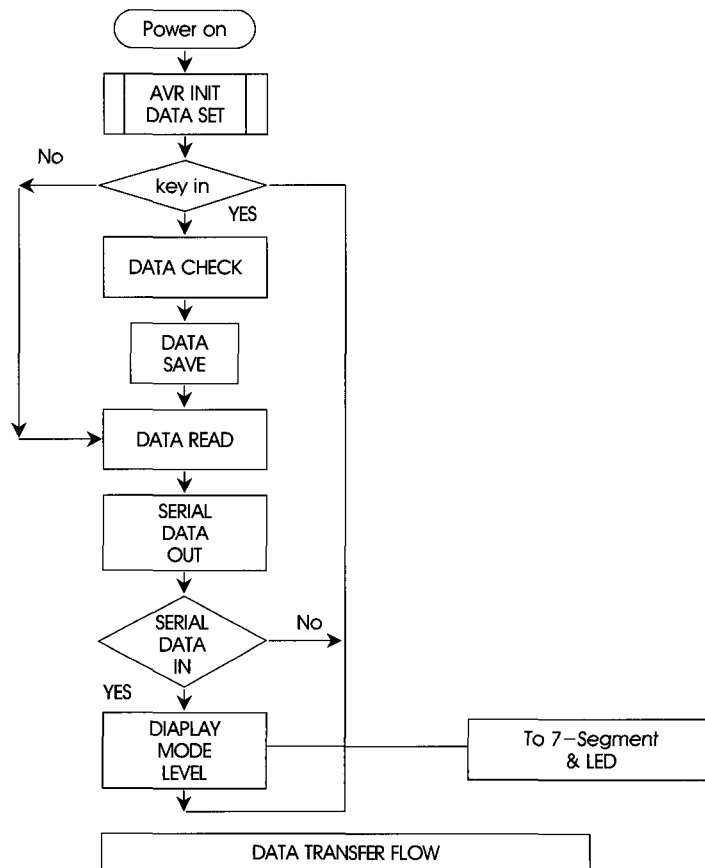


그림 2. 마스터 보드의 동작 플로우 차트.
Fig. 2. Master board operation flow chart.

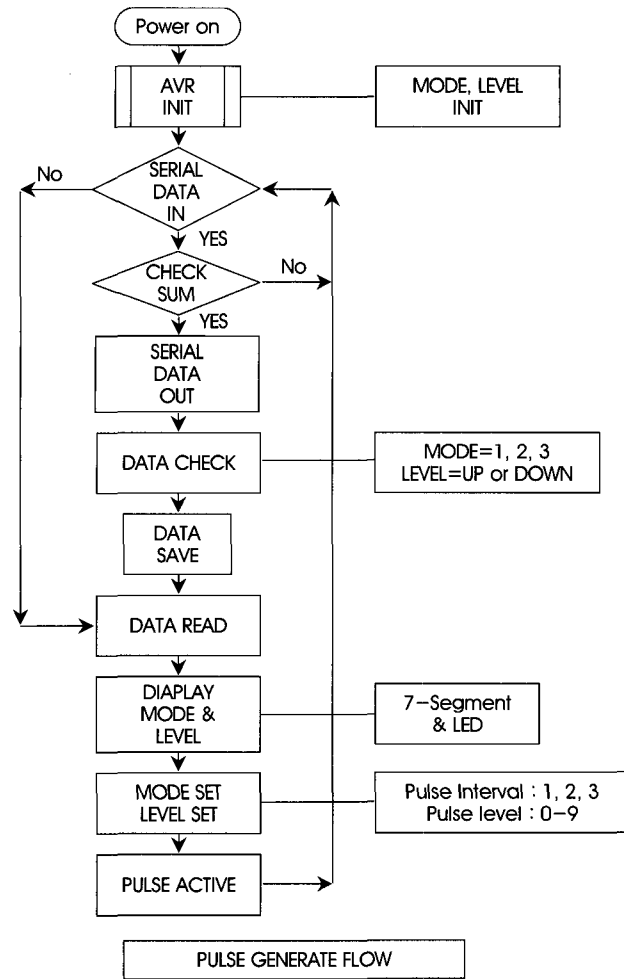


그림 3. 슬레이브 보드의 동작 플로우 차트.
Fig. 3. Slave board operation flow chart.

시장치(LED 및 7-Segment)는 필요 없다.

치료시 환자는 슬레이브 보드를 내의 고정하고 슬레이브 보드에 연결된 자극봉을 질 내에 삽입한다. 옷을 입은 상태에서 손에 휴대하는 마스터 보드를 이용하여 전기자극의 강도를 조절하며 사용한다. 본 연구의 무선 요실금 치료기는 환자가 가정에서도 매우 편리하고 효율적으로 치료 목적을 달성할 수 있을 것으로 사료된다.

3. 소프트웨어(Software)

시스템 소프트웨어는 C 언어로 개발하였으며, 마스터 보드와 슬레이브 보드용 소프트웨어로 각각 개발하여 각 보드의 조절장치인 AVR에 저장하였다. 출력 펄스는 Mode 1, 2, 3, 4로 구분하여 출력하였으며, 선택 스위치를 조작하여 원하는 Mode를 선택할 수 있다. 전기 자극의 강도는 Up, Down 스위치로 조절하도록 프로그래밍하였다. 또한 양 보드 간에 데이터를 통신함에 있어서 설정된 Mode와 펄스출력의 크기를 두 보드에서 모두 출력할 수 있도록 설계하였다. 그림 2에 마스터 보드의 동작 플로우 차트(flow chart)를, 그림 3에 슬레이브 보드의 동작 플로우 차트를 각각 제시

하였다.

마스터 보드에서는 먼저 AVR을 초기화시키고, Mode를 선택하는 키의 입력을 받아들인 다음, 7-Segment에 Mode를 출력한다. 이때 설정된 Mode의 자극강도를 LED로 출력한다. 또한 이들 데이터는 Bluetooth 무선방식으로 슬레이브 보드로 전송된다. 시스템 동작 중에도 Up, Down 스위치를 사용하여 자극의 강도를 변화시킬 수 있게 하기 위하여 key의 입력이 있을 때에는 항상 출력의 변화가 가능하도록 하였다.

슬레이브 보드에서는 먼저 AVR을 초기화하고, 마스터 보드로부터 무선 전송 받은 정보에 따라 전기자극 펄스를 생성하여 자극봉의 전극으로 출력한다. 또한 실험을 위하여 부착한 7-Segment에는 선택된 Mode를 표시하고 LED에는 전극의 강도를 표시한다. 슬레이브 보드에는 key가 없기 때문에 AVR에서 key 입력을 받는 부분은 필요 없고, 마스터 보드에서 전달하는 정보에 따라서 전기자극을 출력한다.

그림 4와 그림 5에는 각각 자체 제작한 마스터 보드와 슬레이브 보드의 실물 사진을 보였다. 각 보드는 모두 9V 건전지로 동작하

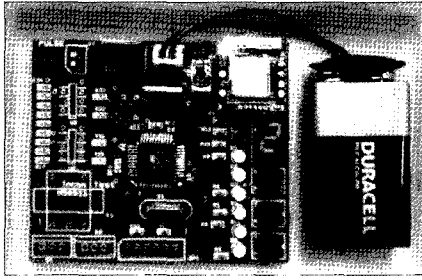


그림 4. 마스터 보드 실물사진.
Fig 4. Picture of the mater board.

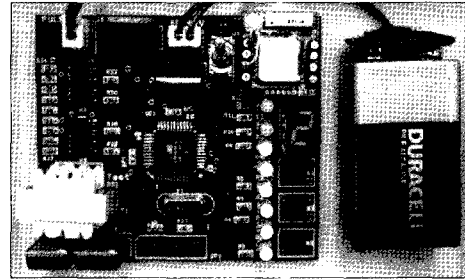


그림 5. 슬레이브 보드 실물사진.
Fig 5. Picture of the slave board.

며, 7개의 LED와 FND를 장착하였다. 각 보드의 중앙에는 보드를 제어하는 AVR이 위치하고, 우측 상단에는 무선 모듈을 부착하였다[7]. 사용하지 않을 때 전원의 소모를 없애기 위하여 주 전원 스위치를 부착하였고, 마스터 보드에는 슬레이브 보드를 제어할 수 있는 스위치를 부착하였다. 슬레이브 보드에는 출력 트랜스를 부착하여 자극 펄스를 전극으로 출력하였다.

IV. 출력실험

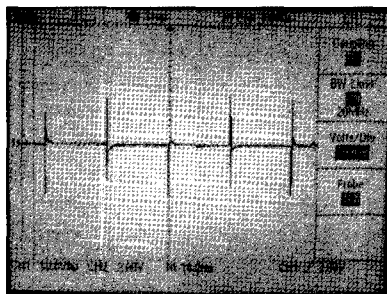
편 의상 4가지 Mode로 전기 자극 신호를 출력하게 하였다. 일정폭의 펄스 진폭전압을 -90~+90V까지 가변할 수 있도록 하였으며, 인접한 두 펄스 간의 간격에 따라 각 Mode를 분류하였다. Mode 1, 2, 3의 경우 인접한 두 펄스 간격을 각각 13, 20, 38msec로 하여 일정 빈도의 자극 펄스를 출력하는 반면, Mode 4에서는 Mode 1, 2, 3을 순환하며 반복해서 출력하도록 하였다. 본 시스템의 자극 출력신호를 현재 시판되고 있는 제품(Dr. Gyno 101, (주)닥터스, 대한민국)과 그림 6에 비교하였다. 시판되는 제품의 자극신호와 동일한 파형 및 진폭을 갖는 출력을 얻었지만 본 연구에서는 펄스 간격의 조정 기능을 보다 더 세분화하였다. 인접한 두 펄스간 간격이 20msec이고 진폭이 80V일 때 본 개발품의 출력 파형을 상용제품과 비교하였다. 그림 6에 보인 것처럼 본 연구에서 자체 제작한 시스템은 상용 제품과 거의 동일한 파형을 출력하고 있음을 알 수 있다. 그림 6(a)는 상용 제품의 Mode 2 기능

에서의 출력 파형을 나타낸 것으로서 펄스 간격은 20msec이고 순간 출력은 80V 정도이다. 그림 6(b)는 구현된 시스템의 출력으로써 순간출력은 80V로써 시판되는 제품과 동일하고 펄스 간격 역시 20msec로 동일하다. 또한 그림 7에서는 마스터 보드에서 Up, Down key를 사용하여 출력전압을 85V로 설정하고, 그 결과 출력된 단일 펄스의 파형을 상용제품(a)과 본 개발품(b) 간에 비교하였다. 비교결과 거의 동일한 파형을 나타냄을 확인할 수 있었다.

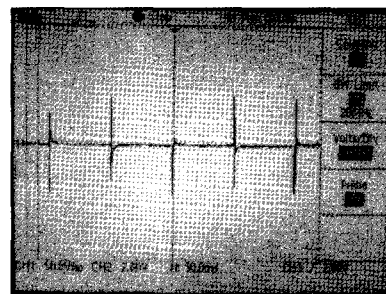
V. 고찰 및 결론

요 실금은 자신의 의지와는 관계없이 요도를 통하여 소변이 나오는 증상으로, 많은 여성들이 요실금으로 고통받고 있는 것이 현실이다. 요실금은 질환의 특성상 사회활동에 많은 지장을 주는 등 삶의 질을 저하시킨다. 요실금의 치료는 수술 및 비수술 치료법이 있는데, 대부분의 경우에는 비수술 치료법인 약물치료나 전기자극 치료 또는 전기자극을 이용한 치료가 적용되고 있다. 이중 전기자극을 이용한 치료방법이 가장 많이 사용되고 있는데, 유선으로 동작하며 주로 병원 환경 하에서만 사용되고 있다. 가정에서 사용할 수 있는 제품이 출시되어 있지만 유선 방식으로 동작하기 때문에 특정 장소에서 옷을 벗고 사용해야 하는 불편함이 있다.

본 연구에서는 요실금 치료기를 무선으로 개발하여 병원 및 가정에서 요실금 환자들이 자가치료를 수행할 때 편리하게 사용할 수 있도록 하고자 하였다. 마스터 보드와 슬레이브 보드, 그리고



(a)



(b)

그림 6. 상용제품(a) 및 자체제작품(b)의 자극 출력 신호 비교.

Fig. 6. Comparison of the stimulation signal outputs between a commercialized product(a) and the present system(b).

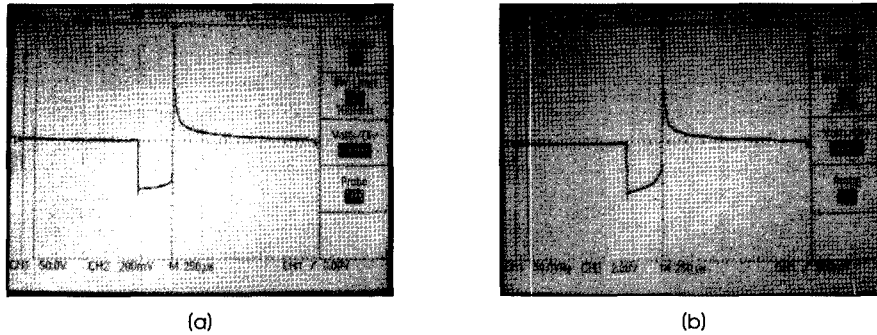


그림 7. 상용제품(a) 및 자체 제작품(b)의 단일 자극 출력 파형 비교.

Fig. 7. Comparison of the single stimulation signal waveforms between a commercialized product(a) and the present system(b).

슬레이브 보드에 연결된 질 삽입용 전극봉으로 구성하였으며, Bluetooth 무선방식을 채택하여 상호 무선통신 하도록 하였다. 마스터 보드는 외부에서 무선으로 슬레이브 보드를 제어하는데, 슬레이브 보드는 마스터 보드의 제어신호를 수신하여 적절한 전기자극 펄스를 생성하고 전극봉에 연결된 질 삽입용 전극을 통해 출력한다. 치료시 환자는 슬레이브 보드를 내의에 부착하고 전극봉을 질 내에 삽입한 후 옷을 입고 마스터 보드를 손에 휴대하면서 전극을 통해 피부로 전달되는 전기자극의 강도를 적절하게 조절할 수 있으므로 매우 편리하게 사용할 수 있다. 또한 시스템 동작 중에도 자극의 강도 조절이 가능하게 하여 옷을 입은 상태에서 자유롭게 사용할 수 있다. 편의상 4가지 Mode로 출력되는 전기자극 신호는 -90~+90V의 범위에서 가변할 수 있도록 하였으며, 동일한 펄스 간격과 펄스 출력 크기의 자극신호에서 현재 상용화된 요실금 치료기와 본 연구에서 개발한 무선 요실금 치료기의 출력을 비교한 결과 동일한 파형이 출력됨을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 유선 요실금 치료기를 사용하여 치료할 때의 번거로움과 불편함을 개선하기 위하여 무선 요실금 치료기를 구현하였으며 상용 제품의 개발 가능성을 확인하였다. 마스터 보드와 슬레이브 보드는 서로 무선 통신하므로, 손에 휴대하는 마스터 보드만으로 자극의 강도를 조절할 수 있고, 전극봉이 연결된 슬레이브 보드는 내의에 부착함으로써 옷을 입은 상태에서 자가치료가 가능하다. 자극강도는 피부로 느끼면서 적절히 조절할 수 있으며, LED의 발광 개수 및 색 그리고 동시에 수치로 표시하여 시각적으로도 확인할 수 있도록 사용자 편의기능을 제공하였다. 또한 구현된 개발품과 상용 제품간에 자극신호 출력을 비교한 결과 시판중인 제품과 동일한 파형을 출력하였을 뿐 아니라 보다 세분된 신호

를 생성할 수 있었다. 본 연구는 임상실험 전 단계까지의 무선 요실금 치료기의 가능성을 확인하는 연구이었으나, 향후 보다 개선된 시스템을 사용한 임상실험을 수행한다면 사용자 편의성이 최대화된 무선 요실금 치료기가 개발될 것으로 기대되며, 요실금 환자의 효율적인 치료에 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] Korean Continence Society, *Text of Voiding Dysfunction and Female Urology*, Ilchokak Press, 2003, pp.31-47, pp.162-201,
- [2] Jong-Guk Lee, "Development incontinence therapy system using silicone electrodes," *Master degree report in Konkuk University*, pp.4-11, 1999.
- [3] Doctor's company, *Dr. Gyno101 User's Manual*, 2003, pp.1-8.
- [4] Ha-Na Yoon, Ju-Tae Soe, Jong-Hyun Kim, Young-Ho Kim, Tack Lee, Jae-Yup Hong, Hyun-Suk Moon, Jeong-Ok Park, Hee-Sun Ryu, "A Randomized Prospective Study comparing the Outcome of the New Vaginal cone and Functional Electrical stimulus(FES)-Biofeedback in female stress Urinary Incontinence", *J. Korean continence Society*, vol.6, no.1, pp.73-80, June, 2002.
- [5] Young-Tae Jung, Kyung-A Jung, Moon-Ju Kim, Mi-Ryung Park, Jong-Whan Park, Sung-Nae Lee, Aei-Soon Lee, Young-Soon Choi, *Human Anatomy & Physiology*, Chunggu Munwhasa, pp.188-203, 2003.
- [6] Kyung-Man Kim, Tae-Wol Jun, Kwang-Wol Shim, Chun-Soo Lee, Tae-Young Munwhasa, pp.1-300, 2004.
- [7] Seung-Jik Lee, Kyung-Ah Kim, Sung-Sik Kim, Tae-Soo Lee, Eun-Jong Cha, "Wireless Implementation of woman's incontinence therapy", in *Proc. the International Sensors Conference*, 2005, pp.111-114.