

악습관 개선을 위한 자기인지 저작근 이완장치 개발

한 경호*, 남 현도*, 김 기석**

*단국대학교 전기공학과, ** 단국대학교 치과대학 구강내과학교실

Development of Masticatory Muscle Relaxation Appliance to Improve the Tooth Clenching Habit

Kyongho Han*, Hyun-Do Nam*, Ki-Suk Kim**

Dankook University. *Department of Electrical Engineering **Department of Oral Medicine

Abstract: The masticatory muscle relaxation appliance is developed to improve the malhabit of tooth clenching of the wearer. The repeated clenching of the tooth causes excessive attrition of tooth set. The intraoral appliance measures the tooth clenching pressure data and transmits the data to masticatory muscle relaxation appliance. The appliance compares the pressure data with the reference value and generates the warning signal. The relaxation appliance also stores the clenching pressure data for clenching habit analysis. The appliance is designed with a microprocessor, real time clock, nonvolatile read write memory and dual serial communication ports.

이완장치는 무선 변조된 치아 맞물림 정보를 받아 복조하는 무선 수신기능, 치아 맞물림 압력을 측정하는 기능, 측정된 압력 정보를 저장하는 기능, 소음, 진동장치를 구동하는 기능, 저장된 정보를 RS232C 통신으로 전송하는 기능 그리고 장치의 제어기능을 갖는다.

1. 서 론

본 논문에서는 치아를 반복적으로 강하게 악무는 습관으로 인하여 야기되는 치아의 마모를 방지하기 위하여, 악습관을 개선하기 위한 저작근 이완장치의 개발을 다루었다. 치아의 악물림을 감지하고 압력 값을 측정하는 장치는 구강 내에 위치하며 측정된 압력 값을 무선 통신 채널에 의하여 본 저작근 이완장치로 전송한다. 좌, 우 견치의 압력은 8비트를 가지며 1비트의 좌, 우 구분 값과 7비트의 압력 값으로 구성된다. 치아의 압력 데이터는 1200 bps의 전송 속도의 직렬 데이터로 변환되고 주파수 변조 방식의 ON-OFF KEYING 방식에 의한 무선 통신 채널로 전송된다. 저작근 이완장치는 전송된 치아의 악물림 압력 값을 저장하고 악물림 압력 값이 기준 값 이상일 경우 소음 또는 진동에 의한 경고 신호를 발생하여 착용자로 하여금 치아의 계속적인 악물림을 방지하도록 하였다. 또한 치아의 악물림 정보는 악물림 값 측정 일자 및 시간 과 함께 저장되며 직렬통신을 통하여 호스트 컴퓨터에 전송되어 착용자의 악물림 습관을 분석하는데 사용된다. 저작근 이완장치는 8비트 마이크로 프로세서, Real Time Clock, 비휘발성 메모리 그리고 직렬통신 포트 로 구성되어 있다. 설계된 회로는 직접 인쇄회로 기판을 제작하여 부품을 실장하고 이완장치의 여러 가지 기능을 실현하기 위하여 하드웨어 및 관련 프로그램을 작성하였다. 이완 장치의 기능을 확인하기 위하여 시제품을 제작하고 주파수 발생기를 압력센서 장치의 무선 송신부와 연결하여 무선 전송에 의한 데이터의 전송 기능과 주파수의 변화에 따른 무선전송시 왜곡에 의한 오류의 정도를 확인하였다. 시제품과 기능확인 실험을 거쳐 회로 및 프로그램을 보완하여 시제품을 완성하였다. 연구결과로는 제작한 시제품, 프로그램 그리고 여러 가지 데이터 전송 속도에 대한 실험결과를 얻었다.

2.1.1. 무선 수신기능:

무선 수신기능은 10Khz 의 반송주파수로 전송된 신호를 복조 하여 치아 압력 값을 얻는다. 무선 전송 방식은 ON-OFF-KEYING 방식으로 디지털 신호가 '1'인 동안에는 10Khz의 반송주파수가 송신되고 디지털 신호가 '0'인 동안에는 송신부는 반송주파수를 송신하지 않는다. 무선신호가 전송되는 과정에서 직진경로와 주변 여러 장애물에 의한 반사되어 전달되는 경로가 있으며 반송주파수가 높아지면 무선전송파의 다중경로에 따른 각 경로에 의한 파형 들의 간섭효과로 인하여 신호의 왜곡이 증가한다. 이때 주변 장애물에 반사된 경로의 신호가 직진경로의 신호보다 지연된 시간을 가지며 이들 신호들은 서로 간섭하여 수신신호의 왜곡을 일으키게 된다. 이처럼 무선신호의 다중전달 경로에 의한 왜곡은 원래의 무선신호를 감소시키며 무선신호의 송신출력이 작을수록 또한 주변 환경의 잡음이 클수록 그리고 신호의 주파수대역폭이 좁을수록 무선신호의 다중전달경로에 의한 왜곡은 증가한다. 무선신호의 공중파 전력은 송신안테나로부터 구형으로 전달되므로 거리의 제곱에 반비례하며 송신안테나로부터 거리가 멀어질수록 수신되는 무선신호는 급격히 감소하여 신호 대 잡음비가 크게 감소하며 신호의 왜곡도 증가한다. 이러한 왜곡현상은 복조된 치아 압력 값 신호의 파형에 영향을 주며 주로 파형의 모양이 변동하여 정확한 압력 값을 얻지 못한다. 디지털 신호의 주파수가 증가하려면 무선반송파 주파수도 증가하여야 하지만 이때 디지털 신호의 왜곡도 증가하므로 복조시 추가된 회로가 필요하다. 따라서 다중 경로에 의한 디지털 신호의 왜곡을 최소화하며 회로를 간단하게 하기 위하여 디지털 신호의 전송속도를 1200 bps로 하였다.

2.1.2. 치아 악물림 압력 정보:

치아의 압력 값은 좌, 우 견치의 압력 값을 나타내며 8비트로 나타내며 최상위 1비트를 사용하여 좌, 우를 구분하고 7비트로 압력 값을 나타내었다. 압력 값의 범위는 128단계로 나뉘어 지며 표 1 과 같이 표시된다.

표 1. 좌, 우 치아 악물림 압력 값의 범위

	최소값 (0)	최대값(127)
좌측 압력 값 (최상위 비트: 0)	0 (0x00)	127 (0x7F)
우측 압력 값 (최상위 비트: 1)	128 (0x80)	255 (0xFF)

2. 본 론

2.1 저작근 이완 장치의 기능

수신된 치아 압력 값은 과다한 악물림을 판단하기 위한 기준값과 비교하여 기준값이상의 치아 압력에 대하여 진동 또는 소음의 경고 신호를 발생하여 착용자가 저작근을 이완하도록 한다. 착용자의 치아 악물림 습관을 파악하기 위하여 월, 일, 시, 분, 초, 1/8초로 표시되는 악물림 발생 시간과 치아 압력 값을 함께 비휘발성 메모리에 저장된다. 한정된 메모리의 용량에 보다 많은 데이터를 저장하기 위하여 데이터의 비트 수를 줄여 월 정보는 4비트, 일, 시 정보는 5비트, 분, 초 정보는 6비트, 1/8초는 3비트로 나타내어 29비트로 구성된다. 이를 4바이트로 나타내고 압력 값, 1바이트와 함께 5바이트의 프레임을 구성하여 저장한다. 사용되는 메모리는 전원이 차단되어도 데이터를 보존할 수 있는 비휘발성 메모리(NVSRAM)이며 용량은 32K 바이트로 6400프레임의 데이터를 저장한다. NVSRAM은 필요에 따라 용량을 64K 바이트까지 증가할 수 있다.

2.1.3. 소음 및 진동 신호 발생

이완장치는 수신되는 치아 압력을 기준값과 비교하여 압력이 기준값 이상이면 CPU의 2개의 출력포트에서 각각 1의 신호를 출력하며 2개의 신호는 포토커플러에 직렬로 연결되어 2개 출력이 모두 1일 때만 릴레이 구동신호를 발생하도록 하였다. 이는 출력포트 2개의 신호중 한 개가 오동작 및 잡음에 의하여 구동되어도 릴레이 구동신호를 발생하는 것을 방지하며 출력포트 2개의 신호가 모두 구동되어야 릴레이 구동신호가 발생하도록 하여 오동작 및 잡음에 의한 오동작 발생의 가능성을 감소시켰다.

2.1.4. 직렬 통신에 의한 호스트 컴퓨터로 데이터 전송

RS-232-C 직렬통신에 의하여 이완장치의 NVSRAM에 저장된 치아 맞물림 압력정보를 호스트 컴퓨터로 전송할 수 있다. 전송방식은 19200 baud의 전송속도를 가지며 8비트의 데이터, 1비트의 시작 비트 그리고 1비트의 종료 비트를 갖는다. 전송이 시작되면 이완장치에서 호스트 컴퓨터로 전송당시의 날짜와 시간으로 이루어진 파일명을 전송한다. 호스트 컴퓨터는 파일명을 받은 후 이완장치에 응답신호(ACK)를 전송한다. 이완장치는 응답신호를 받은 후 NVSRAM에 저장된 치아 맞물림 압력정보가 호스트 컴퓨터로 전송된다. 초당 19200비트 즉 1920 바이트의 전송 속도로 32K 바이트의 데이터를 모두 전송하는데 약 18초정도 소요된다. 모뎀을 사용할 경우 원격지에 있는 호스트 컴퓨터에 데이터를 전송할 수 있으며 원격 진료 시스템으로 이용할 수 있다. 호스트 컴퓨터에 전송된 치아 압력은 그래픽으로 나타낼 수 있으며, 데이터 베이스를 구축하여 착용자의 악물림 습관을 파악할 수 있다.

2.1.5. 기능 제어

이완장치의 기능은 치아 맞물림 압력 정보 저장, 소음 및 진동장치 구동 기능 이외에 Real Time Clock의 날짜 및 시간의 조정, 소음 및 진동 구동 기준값 설정, 직렬 통신에 의한 정보의 전송 기능 및 LCD화면에 정보 표시기능을 가지고 있으며 이를 선택하기 위한 키보드 입력장치가 있다. 키보드 입력에 의하여 선택되는 기능은 날짜 조정기능, 시간 조정기능, 치아 압력표시 및 구동 기준값 설정 기능 그리고 데이터 전송기능 4가지이며 기능 선택키를 누를 때마다 다음 기능으로 순환되어 선택된다. 각 기능에 대하여 세부기능 선택기능은 표 2와 같다.

표 2. 키보드 선택에 의한 주요 기능 및 세부기능

기능	세부기능	기능설명
날짜조정기능 (Real Time Clock 함의 날짜를 변경 하고 저장)	연도 조정	연도를 1900년에서 1999년까지 증감
	월 조정	월을 1에서 12까지 증감
	일 조정	일을 1에서 31까지 증감
	요일 조정	요일을 SUN에서 SAT까지 증감
시간조정기능 (Real Time Clock 함의 시간을 변경 하고 저장)	시간조정	시간을 1에서 12까지 증감
	분 조정	분을 0에서 59까지 증감
	초 조정	초를 0으로 설정
	오전/오후 조정	AM/PM 가운데 선택
치아 압력표시 및 구동 기준값 설정	치아 맞물림 압력 표시	현재 치아 맞물림 압력 측정값과 시간 표시
	구동 기준값 조정	현재 치아 맞물림 압력 측정값과 구동 기준값 증감 (16진수)
데이터 전송 기능	전송 시작 기 능	NVSRAM에 저장되어 있는 치아 맞물림 압 력 데이터를 전송 시작함
초기화변 복귀 기능	초기화변 복귀 기능	현재의 상태에서 무조건 초기화변으로 복귀 하여 현재 날짜 및 시간 표시함

2.2. 저작근 이완 장치의 구성

이완장치는 장치의 제어기능을 담당하는 CPU, 실시간을 발생하는 Real Time Clock, 치아 맞물림 압력 값을 저장하는 NVSRAM, 키보드 및 표시장치, 전송장치 및 데이터 수집장치, 무선 수신부로 구성되며 +5V, +12V의 전원을 사용하고 전력의 소모를 2 Watt 이하가 되도록 CMOS 소자를 사용하여 설계하여 상용전원 또는 충전용 전원에 의하여 동작할 수 있다. 이완장치의 구성은 그림 1과 같다.

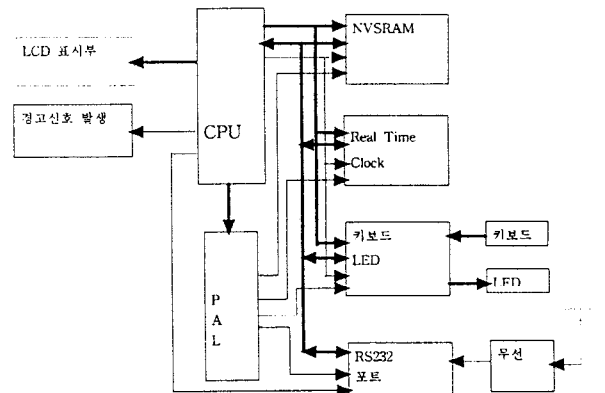


그림 1. 이완장치의 구성

2.2.1. CPU

이완장치의 주 제어를 담당하는 소자이며 ATMEL사의 8비트 마이크로 콘트롤러 89C51을 사용하였다. CPU는 11.0952Mhz의 클럭에 의하여 동작하며 내부에 4K 바이트의 프로그램 메모리와 128바이트의 데이터 메모리를 가지고 있다. 외부 데이터 메모리 영역은 64K 바이트의 범위를 가지며 직렬통신을 위하여 직렬데이터의 송신 포트와 수신포트를 설정할 수 있다. 내부의 4K 바이트의 프로그램 메모리에는 이완장치를 제어하는 프로그램이 저장되어 실행되며 내부의 128바이트의 데이터 메모리에는 프로그램에서 사용되는 변수 값들이 저장된다. ATMEL사의 89C51은 내부 프로그램 메모리가 Flash형태로 프로그램의 내용을 전기적으로 삭제하고 다시 기록할 수 있어 프로그램의 변경 및 업그레이드가 용이하며 내부 프로그램의 복사를 방지하기 위한 소프트웨어 잠금기능이 있다. 직렬 통신을 위하여 11.0592Mhz의 클럭을 내부 카운터에 의하여 분주하여 19200 baud의 속도와 1비트의 시작 비트, 8비트의 데이터, 1비트의 종료

비트를 갖는 직렬통신을 하도록 초기화 하였다. 직렬 송, 수신 데이터는 직렬 송신 포트와 직렬 수신 포트를, 그리고 접지선의 3선에 의하여 호스트 컴퓨터와 데이터 통신을 할 수 있다. 89C51 CPU는 5개의 외부 인터럽트를 처리 할 수 있다. 외부 인터럽트는 키 입력이 발생하는 인터럽트, Real Time Clock이 128 msec 마다 발생하는 인터럽트, 그리고 데이터 수신시 발생하는 인터럽트 3가지를 처리하도록 하였다. 키 입력 인터럽트는 기능 및 세부 기능을 선택하는 키 입력이 발생할 때마다 키보드 및 LED컨트롤러(Intel 8279)가 CPU에 발생하는 신호로써 CPU는 키보드 인터럽트 발생시 발생한 키 입력정보를 컨트롤러로부터 받아 기능 및 세부기능을 선택하며 선택된 기능 및 세부 기능에 따라 해당하는 프로그램을 수행한다. 데이터 수신 및 송신시 발생하는 인터럽트 신호는 직렬 포트의 수신 버퍼에 호스트 컴퓨터에서 전송된 데이터가 들어 있음을 나타내며 인터럽트 발생시 CPU는 수신버퍼에 있는 데이터를 읽어 들인다. 호스트 컴퓨터로 데이터를 전송할 때에는 수신버퍼의 상태를 나타내는 플래그의 상태를 검사하여 송신 버퍼가 비어 있을 때까지 기다린 후 CPU는 다음에 송신할 데이터를 송신 버퍼에 넣어 데이터를 호스트 컴퓨터로 전송한다. CPU와 연결된 주변장치로 Real Time Clock, NVSRAM, 키보드 및 LED컨트롤러, 주파수 카운터가 있으며 장치들의 주소는 CPU의 외부 데이터 메모리 영역에 할당되어있다. 외부 데이터 메모리의 64K 바이트의 영역에서 각 장치에 할당된 메모리 맵은 표 3 과 같다. CPU의 주소를 디코딩하여 각 장치의 칩 선택 신호를 발생하기 위하여 PAL을 사용하였다. PAL에 의한 칩 선택 신호의 발생은 PAL의 프로그램을 변경하여 용이하게 변경할 수 있으므로 시스템의 확장 및 변경이 용이하다.

표 3. CPU 메모리 맵

주소	장치
0000-7FFF	NVSRAM
8000-FFBF	사용되지 않음 (NVSRAM확장시 사용)
FFC0-FFCF	키보드 LED 컨트롤러
FFD0-FFDF	Real Time Clock
FFE0-FFEF	주파수 카운터

2.2.2. Real Time Clock:

실시간 날짜 및 시간을 얻기 위하여 전원이 차단되었을 때에도 날짜 및 시간정보를 보존하는 Dallas사의 Real Time Clock 칩인 RTC2785를 사용하였다. Real Time Clock칩은 년, 월, 일, 요일, 시, 분, 초의 값을 각각의 해당 번지에 데이터를 실시간으로 유지하며 전원 차단 시에도 날짜와 시간은 계속 유지한다. CPU에서는 치아 맞물림 압력 데이터를 읽어들일 때 RTC의 날짜와 시간을 읽어 압력 데이터와 함께 NVSRAM에 저장한다. 날짜 및 시간을 변경하는 경우 RTC의 해당 데이터의 번지에 변경된 값을 저장하면 된다.

2.2.3. 데이터 저장 메모리:

치아 압력 데이터를 날짜, 시간 정보와 함께 NVSRAM에 저장한다. NVSRAM은 DALLAS 사의 DS2559Y 칩으로 SRAM에 백업용 배터리가 내장된 것으로 SRAM과 같은 속도를 가지며 전원이 차단되어도 저장된 데이터를

보존할 수 있다. NVSRAM은 32K 바이트의 데이터를 저장할 수 있으며 1 바이트의 치아 맞물림 압력 데이터가 4 바이트의 날짜, 시간 정보와 함께 5 바이트로 1 프레임 구성한다. 32K 바이트의 NVSRAM에는 6400 프레임의 정보를 저장할 수 있다. 저장할 프레임이 6400이상일 경우 32K 바이트보다 큰 용량의 NVSRAM을 사용해야 한다. 이 경우 NVSRAM에 대한 메모리 맵이 변경되므로 PAL 로직의 프로그램을 변경하여야 한다.

2.2.3. 키보드 및 LED 컨트롤러:

이완장치의 표 3 의 여러 가지 기능을 선택하고 각 기능에 대한 세부 기능을 선택하기 위하여 기능선택 키, 세부기능선택 키, 값의 증가 키, 감소 키 그리고 현재의 기능을 취소하고 초기 기능으로 복귀하는 키의 5개의 키 입력을 받아 해당되는 기능을 수행한다. 키가 눌러짐을 감지하고 눌러진 키에 대한 코드를 입력하고 CPU에 키보드 입력 인터럽트를 발생하여 CPU가 입력된 키 코드를 읽어가도록 한다. 선택된 기능의 상태를 LED로 표시하였다. 이러한 기능을 수행하도록 키보드 및 LED 컨트롤러 칩(Intel 8279)를 사용하였다. 키보드 및 LED컨트롤러는 32-64개의 키 입력 및 32-128개의 LED 출력을 제어할 수 있다.

2.2.4. LCD 표시장치:

날짜 및 시간, 그리고 기능 선택시 메시지 표시, 그리고 날짜, 시간 및 소음, 진동장치 구동 기준값의 변경시 변경 내용을 표시하고 측정된 치아 맞물림 압력값을 숫자와 문자를 16x x 2행 으로 표시할 수 있는 LCD를 사용하였다. LCD는 배경에 LED로 점등되어 야간에도 LCD표시를 볼 수 있는 것을 사용하였다.

2.2.5. 호스트 컴퓨터 접속 장치:

CPU의 기능선택에 의하여 NVSRAM에 저장되어 있는 치아 맞물림 압력정보를 RS232C 직렬통신에 의하여 PC 등의 호스트 컴퓨터로 전송하는 장치이다. CPU의 직렬 통신포트의 +5V레벨의 송,수신 데이터를 Maxim사의 MAX232칩을 사용하여 +12V/-12V레벨의 RS232C 신호 전위로 변환하여 DB-9 코넥터를 사용하여 외부와 연결하도록 하였다. 송,수신 속도와 전송 데이터의 형식은 CPU의 직렬통신을 위한 내부 레지스터의 설정에 의하여 결정되며 본 장치는 19200 baud의 전송 속도를 가지며 1 비트의 시작 비트, 8 비트의 데이터 그리고 1 비트의 종료 비트를 갖는 전송형태를 갖는다.

2.2.6. 무선 수신부:

압력 센서와 발진회로에 의하여 치아의 맞물림 압력의 변화는 발진 구형파의 주파수의 변화로 변환되어 10Khz의 반송파에 의한 ON-OFF keying 방식으로 변조되어 무선 전송된다. 전송된 무선 신호는 이완장치는 Dipole 안테나에 수신되어 필터와 복조회로를 거쳐 디지털 신호로 복조 된다. 복조된 디지털 신호는 압력센서 장치의 발진 구형파를 복구하며 디지털 신호의 주파수에 서 치아의 맞물림 압력 정보를 얻을 수 있다.

2.3. 프로그램

이완장치의 기능을 8051어셈블리어언어에 의하여 프로그램 하여 CPU 내부 메모리에 실장 하였다. 직렬통신에 의한 데이터의 수신, 키보드 입력은 인터럽트 루틴

에서 처리되며 데이터의 전송은 Polling 방식으로 처리된다. 주 프로그램은 현재 선택된 기능에 따른 LCD에 정보를 표시한다. 그림 2에서 프로그램의 구성을 보인다.

주 프로그램		
직렬통신모드 설정		
키보드, LED, RTC, LCD 모드 설정		
현재 모드의 정보 표시(LCD)		
키보드 입력 인터럽트	압력값 수신 인터럽트	호스트와 직렬통신
기능선택키: 주기율선택	치아압력값 수신	호스트로 파일이름 전송
세부기능 선택키: 세부기능선택	기준값과 비교	호스트의 승인 대기
데이터 변경키: 일자, 시간 기준값의 증감	소용,진동 구동신호발생	호스트로 데이터 전송
데이터 전송: 데이터 전송기능	남작,시간, 압력값을 NVSRAM에 저장	
초기화 키: 장치의 초기화		
주 프로그램으로 복귀		

그림 2. 제어 프로그램 구성도

2.4. 실험

이완장치의 시제품을 인쇄회로 기판에 제작하여 실험하였다. 시제품은 그림 3에서 보이며 크기는 5cm x 10cm이며 무선 수신부는 무선 잡음의 차단을 위하여 CPU등의 디지털 회로와 분리하였으며 알루미늄 박지에 의하여 안테나를 제외하고 외부와 차단하였다.

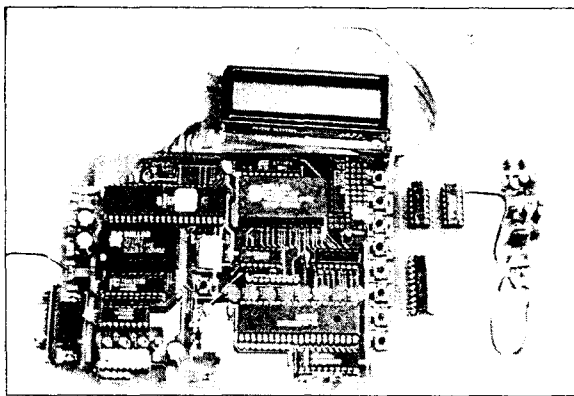


그림 3. 저작근 이완장치의 시제품

이완장치와 압력센서 장치 사이의 송, 수신 파형을 그림 4부터 그림 7에 걸쳐 보인다. 파형에서 채널 1의 파형은 송신 파형이며 각 그림의 상부에 위치하며 채널 2의 파형은 수신 파형으로 각 그림의 하부에 위치한다. 보이는 바와 같이 그림 4부터 그림 6의 4Kbps 이하의 송신 파에 대하여 수신 파형은 송신 파를 충실히 복조함을 알 수 있다. 그림 7에서 보이는 것은 4Kbps의 송, 수신 파형을 확대한 것이며 관측시 이완장치의 위치에 따라 파형의 모양이 구형파가 아닌 왜곡된 모양을 보였다. 실험에 의하여 2Kbps이하의 주파수에서 이완장치의 수신 파형은 왜곡이 거의 없이 송신 파형을 충실히 복구함을 보였다.

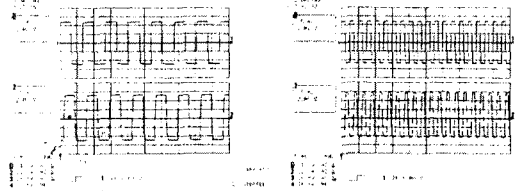


그림 4. 750Hz 반송파 그림 5. 2.0KHz 반송파

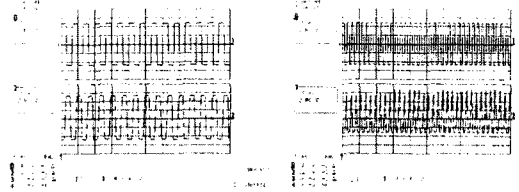


그림 6. 1.5KHz 반송파 그림 7. 4.0KHz 반송파

제작된 시제품을 실제 작동시켜본 결과 이완장치와 압력센서가 작동하는 환경에 대하여 무선통신 채널의 잡음에 의한 데이터의 오류가 발생할 가능성이 높다. 이완장치 및 압력센서의 무선반송파의 출력을 낮출수록 잡음에 대하여 영향받기 쉬우며 이완장치와 전달되는 거리도 적게는 1미터 이하로 줄어들며 송신 방향에 따른 주위환경의 영향도 크게 받는다. 따라서 임상실험을 거쳐 실제 사용자가 활동하는 환경에서 압력 센서와 이완장치 사이의 무선데이터 전송의 신뢰성을 높이면서 전력소모를 줄여 배터리의 사용시간을 늘이도록 개선할 필요가 있다.

3. 결 론

본 연구를 통하여 치아 악습관을 개선하기 위한 저작근 이완장치를 개발하고 시제품을 제작하였다. 임상 실험을 통하여 치아의 압력 데이터 베이스를 구축하여 치아의 습관을 파악하는데 사용할 악습관진단 프로그램이 필요하다. 본 연구의 결과 치아 압력 정보를 받아 경고신호를 발생하여 착용자의 저작근을 이완하도록 하며 압력 정보를 저장하여 호스트 컴퓨터에서 치아 악습관을 파악할 수 있는 이완장치를 개발하여 설계목표에 적합한 시제품을 설계하고 제작하였으며 당해연도의 성과에 의하여 차기 년도에 임상실험을 할 수 있는 장치가 개발될 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 장태규, 남현도: 생체신호 자동해석 기술해석에 관한 연구, 한국과학재단 연구보고서, 1994
- [2] 한경호, 이기식, 황석영, 김종철: 분산형 방재 시스템을 위한 다중접속방식 제어기 개발, 조명,전기설비학회지 11권 2호, 1997
- [3] Stephen B. Wicker: Error control systems for digital communications and storage, Prentice Hall, 1995
- [4] Lim JS and Oppenheim AV: Advanced topics in signal processing, NJ. Prentice Hall, 1988
- [5] Tarik Ojkul, Data acquisition and process control using personal computer, Dekker, 1996
- [6] Intel, Embedded microcontroller II, 1994

본 연구는 1996년 보건복지부의 G7연구개발사업에서 연구비를 지원 받아 수행되었습니다.