

## 청진 훈련 모형용 청음판 검출 알고리즘 개발

### The Development of Chestpiece Detecting Techniques for Physical Assessment Trainer

장인배<sup>1,✉</sup>, 오수환<sup>2</sup>, 이영석<sup>2</sup>

In Bae Chang<sup>1,✉</sup>, Soo Hwan Oh<sup>2</sup>, and Young Seok Lee<sup>2</sup>

1 강원대학교 기계메카트로닉스공학과 (Department of Mechanical · Mechatronics Engineering, Kangwon Univ.)

2 강원대학교 융합시스템공학과 대학원 (Department of Convergence system Engineering, Kangwon Univ.)

✉ Corresponding author: inbae@kangwon.ac.kr, Tel: +82-033-244-6375

Manuscript received: 2014.4.8 / Revised: 2014.5.7 / Accepted: 2014.5.8

*The control system of human torso model and driving system of stethoscope for physical assessment trainer are developed. The detecting characteristics of circular pickup coil which is driven by square wave voltage signal with resonance frequency of LC circuits are investigated and it is confirmed that the pickup coil can detect the existence of chestpiece near the coil region. The control system of human torso model is composed of 8 channel pickup coils, Mp3 and Bluetooth module. The driving system of stethoscope is composed of chestpiece with contact switch and Bluetooth headset. The chestpiece detecting algorithm check the contact of chestpiece with human body model first and excite the pickup coil sequentially to find the location. The proposed system can be applied the physical assessment trainer.*

Key Words: Physical assessment trainer (청진훈련 모형), Chestpiece (청음판), LC resonance circuit (LC 공진회로), Pickup coil (픽업코일)

#### 기호설명

N = Number of active coils.

$\Phi$  = Diameter. [mm]

ADC = Analog to digital converter.

CPR = Cardiopulmonary resuscitation.

MPU = Microprocessor unit

MIPS = Million instructions per second.

PWM = Pulse-width modulation.

#### 1. 서론

활력징후란 체온, 맥박, 호흡, 혈압, 의식 및 정신상태, 신경반사 등 인간의 살아 있는 상태를 나타내는 징후이며 특히, 간호활동에서는 체온, 맥박,

호흡, 혈압 등의 측정을 통하여 환자의 상태를 관찰 및 평가토록 하고 있다.<sup>1</sup>

청진이란 체내 음향의 관독을 통해 활력징후 판단을 위한 의료 행위 중 하나로, 청진기를 사용하여 심음(심장음), 폐음(호흡음), 장음 등의 생체음을 청취하여 각 장기의 이상 여부를 판단하는 검진행위로,<sup>1</sup> 의료인에게 청진 기술은 기본 의료술기로서, 다양한 증례에 대한 많은 청음경험이 필요하다. 기존의 교육기관에서는 다양한 생체음향을 수록한 CD 등을 사용하여 청진 술기교육을 시행하고 있지만, 스피커로 듣는 음향은 청진기로 듣는 음향과 차이가 있고, 특히, 청음판을 정확한 위치에 밀착시키는 술기행위에 대한 실습이 필요하기 때문에 청진기를 사용하여 인체 모형의 각 부위에 대한 생체음향을 청음 할 수 있는 청진 시

플레이터의 개발이 필요한 실정이다.

청진 실습은 크게 심음, 폐음 및 장음으로 나눌 수 있다. Fig. 1(a)에 도시되어 있는 인체 토르소 모델에서 심음의 경우에는 A(Aortic: #1), P(Pulmonic: #2), T(Tricuspid: #3), M(Mitral: #4)의 4 부위를 청진하도록 되어 있다.<sup>2</sup> 폐음은 폐로 감싸인 기관지와 폐 전체(#5, #6, #7, #8)에 대해서 청진하도록 되어 있다. 마지막으로 장음은 늑골 아랫부분의 소장, 대장을 포함한 부분에 대해서 실시하도록 되어 있다. 따라서 청진훈련장치는 인체모형(주로 토르소)과 청진기를 구비하고, 청음판을 인체모형에 밀착시키면 해당 위치의 생체음향을 청진기를 통해 송출하는 방식을 택하고 있는데, 장치를 모형 또는 청진기 중 어느 곳에 설치하느냐에 따라 2가지 형태가 상용화되어 있다. 하나는 청진기에 장치가 설치되고 인체 모형은 더미로 인식되며, 리모컨을 이용해 청진기를 가진 실습자가 인체모형에 청진판을 접촉하면 평가자가 해당 소리를 리모컨을 통해 재생시키는 방식이고, 다른 하나는 인체모형에 장치가 설치되고 청진기를 통해 소리를 듣는 것으로 Fig. 1(b)에 도시되어 있는 Kyotokagaku사의 LSAT(Lung Sound Auscultation Trainer) 모델이 있다. 이 경우, 인체 토르소 모델의 내부 15개소의 청진 위치에 스피커를 내장하여 청진기 또는 별도의 스피커로 생체음을 들을 수 있다. 하지만 청음판의 위치나 밀착 여부를 감지할 수단이 없기 때문에 조작자가 실습자의 행위를 관찰하면서 수작업으로 해당위치의 음원을 출력해야 한다.<sup>3</sup> 특히 정보<sup>4,5</sup>에서는 인체모형 내부에 격자구조의 센서망을 설치하고, 청진기에 이와 동조되는 장치를 설치하여 청음판의 위치를 인식하며, 인체모형 내부에 설치된 별도의 음원 발생장치에서 신호를 보내 청진기에서 출력되도록 한 것이다. 이런 방식의 경우, 불필요한 영역을 포함한 넓은 감지 영역으로 회로망 유지에 과도한 전력이 소모되며, 선 하나의 단선이 전체 시스템에 영향을 준다. 또한 청음판의 밀착 여부를 판정할 기준이 모호하다는 문제가 여전히 존재한다.

본 논문에서는 스위치 소자를 청음판의 다이어프램에 설치하여 청음판의 밀착 여부를 판정하며, LC 공진형 픽업 코일을 체내 각 청음부위에 설치하여 공진진폭의 변화로 청음판의 위치를 측정하는 청음판 위치검출 알고리즘을 구축하였다. 이 알고리즘에서는 청음판이 밀착되기 전에는 픽업일에 검출용 신호를 송출하지 않으며, 일단 청음

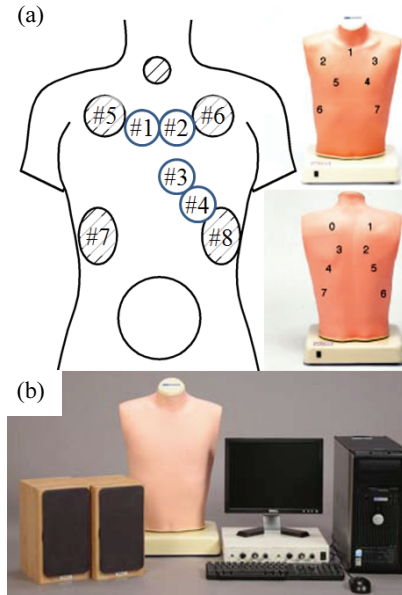


Fig. 1 (a) Auscultation position (b) LSAT model2

판 위치가 검출되고 나면 청음판 밀착이 종료되진까지는 다시 위치검출을 수행하지 않기 때문에 전력소모가 최소화되어 장시간의 실습을 진행할 수 있게 되었다.

## 2. 본문

### 2.1 기본구조 및 동작원리

청음판의 위치검출을 위해서 Fig. 2(a)에서와 같이 원형 픽업코일을 센서 소자로 사용하는 LC 공진 회로를 구축하였다. 인덕터(L)와 커패시터(C)가 직렬로 연결된 회로의 인덕터 측에 전압진폭이 일정하며 주파수(f)가 변하는 가진신호를 입력하면 Fig. 2(b)에서와 같이 특정한 주파수에서 입력 전압의 진폭보다 커패시터 양단에서 측정된 출력전압 진폭이 더 커지는 공진 현상이 발생한다. 이 때의 공진 주파수는 식(1)에서와 같이 주어진다.

$$f_n = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \tag{1}$$

청음판의 위치를 검출하기 위해서 사용되는 원형 픽업코일의 인덕턴스는 식(2)에서와 같이 주어진다.

$$L = \frac{1}{l} \mu\mu_0 KN^2 A \tag{2}$$

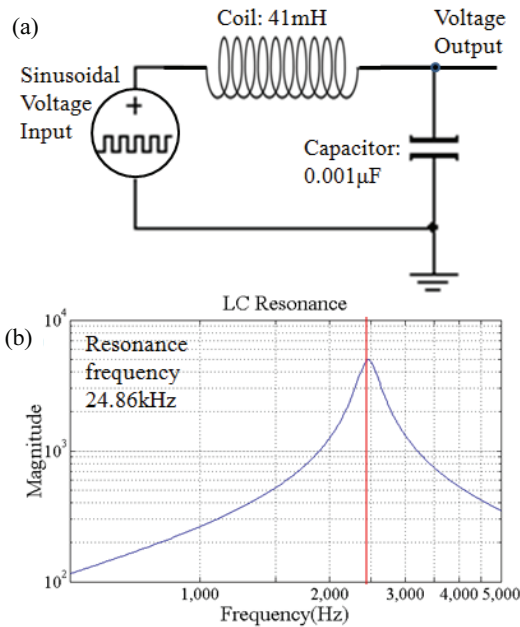


Fig. 2 (a) LC resonance circuit (b) Bode plot

여기서  $l$  은 코일의 길이,  $\mu_0$ 는 진공중에서의 투자율( $4\pi \cdot 10^{-7}H/m$ ),  $\mu$ 는 코어 내부에 존재하는 물질의 비투자율이며,  $K$ 는 장강계수(Nagaoka coefficient),  $N$ 은 권선 수,  $A$ 는 코일의 단면적이다.

원형 픽업 코일의 내부가 비어있는 공심코일 상태에서 LC 회로가 공진을 일으키도록 주파수가 조절된 정현파 가진 전압신호를 인덕턴스측에 입력한 후에, 커패시터 양단의 출력전압 진폭을 모니터링 하면 청음판이 코일 영역으로 접근함에 따라서 코일 내부의 비투자율( $\mu$ )이 변화하게 되므로 LC 회로의 공진 주파수는 변하게 된다. 따라서, 청음판이 코일 영역으로 접근하면 커패시터 양단의 출력전압은 공진진폭보다 낮아지게 되며, 이런 특성을 청음판 위치 검출 센서로 할 수 있다.

**2.2 픽업코일의 검출특성 고찰**

픽업코일을 청음판 위치검출 센서로 활용하기 위해서 픽업 코일의 직경, 권선수 및 청음판 위치 변화에 따른 LC 공진회로의 출력전압 변화특성을 고찰하였다.

청음판의 위치변화에 따른 픽업 코일의 정량적인 출력전압 변화특성을 고찰하기 위해서 Fig. 3에서와 같이 권선수와 코일 내경이 각각 N:250,  $\phi$  60mm, N:500,  $\phi$  60mm, N:500,  $\phi$  120mm 인 실린더형 공심코일을 제작하였다.

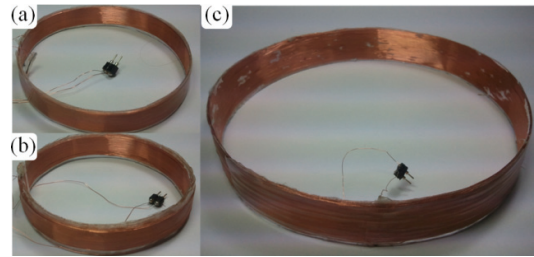


Fig. 3 The coreless circular coils for detecting the chestpiece. (a) N:250  $\phi$  :60 (b) N:500  $\phi$  :60 (c) N:500  $\phi$  :120

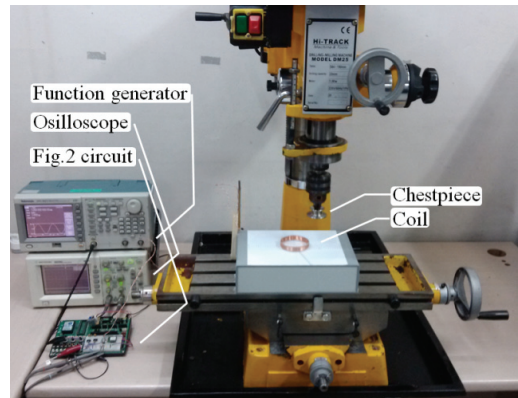


Fig. 4 Pickup coil characteristics test setup

LC 공진회로의 픽업코일에 가진신호를 입력하기 위해서 Fig. 4에서와 같이 함수발생기(AFG3021, Tektronics Inc.)를 신호원으로 사용하였고, 공진 진폭을 계측하기 위해 오실로스코프(DSO3202 Agilent Inc.)를 사용하였다.

코일에 대한 청음판의 상대위치를 조절하기 위해서 Fig. 4에서와 같이 0.03mm의 이송 정밀도를 가지고 있는 3축 밀링(DM 25 Milling M/C, Hi-Track Inc.)을 사용하였다. 밀링축의 선단부에 청음판 ( $\phi$  45mm)을 고정시키고, 밀링베드 위에는 코일을 설치하였다. 이 때, 픽업코일의 인덕턴스가 강철로 제작된 밀링베드에 의해 영향을 받지 않도록 높이 80mm인 플라스틱 박스 위에 픽업코일을 설치하였다. 좌표축은 원형 픽업코일의 최상부 중심을 원점으로 하여 우측 방향을 양의 x 방향으로 위쪽 방향을 양의 y 방향으로 정의하였고, 코일을 원형으로 제작하였기 때문에 축 대칭으로 가정하였다. 밀링기의 구조상, x 방향으로의 이동을 위해서는 코일을 이동시키며 y 방향으로의 이동을 위해서는 청음판을 이동시켜야 했다. 각 방향으로의

Table 1 Driving conditions of LC circuits

Coil	Inductance [mH]	Capacitance [ $\mu$ F]	Driving frequency [kHz]
N:250 $\phi$ :60	8.28	0.001	55.3
N:500 $\phi$ :60	40.85	0.001	24.9
N:500 $\phi$ :120	91.92	0.001	16.6

최소 이송피치는 1.5mm 로 정하여  $\phi$  60mm 코일의 경우에는 x 방향 35피치(51mm), y 방향 26피치(39mm)로, 총 910점의 측정을 수행하였고,  $\phi$  120mm 코일의 경우에는 x 방향 56피치(84mm), y 방향 26 피치(39mm)로, 총 1456점의 측정을 수행하였다.

실험 시 24~26°C의 온도를 유지하였으며 가진 입력신호의 진폭은 5V로 일정하게 유지하였다. 정현파 및 구형파 모두를 가진신호로 사용해 보았으나, 픽업코일 민감도 측정결과에 큰 차이가 없고, 구형파가 디지털 마이크로프로세서로 구현하기 더 용이하므로 본 논문에서는 구형파에 대한 측정 결과만을 수록하였다.

픽업코일이 포함된 각각의 LC 회로들은 공심 코일 상태에서 최대진폭이 출력되는 공진 주파수를 측정하여 Table 1에서와 같이 가진 주파수를 결정하였다.

상기 조건으로 얻은 LC공진회로의 청음판 위치에 따른 출력전압특성은 Fig. 5와 같다. 각 그래프에서 좌측 하단이 원형 픽업코일의 최상부 중심이며, 수평방향인 x 축이 반경방향을 나타낸다. 특히, 코일 반경위치에는 수직방향으로 굵은 실선을 그려 놓았다. LC 회로의 커패시터 양단에서 측정된 출력전압의 교류진폭은 그래프에서 색으로 나타내었다. 밝은 색은 출력전압의 교류진폭이 큰 상태이며, 어두워질수록 진폭이 감소하는 것을 의미한다. 그래프들은 공통적으로 청음판이 코일에서 수평이나 수직 방향으로 멀어질수록 출력진폭이 상승하며, 코일의 중심에 근접할수록 출력진폭이 낮아짐을 확인할 수 있다.  $\phi$  60mm의 경우 N:250회인 코일은 청음판이 멀리 떨어져 있을 때 최대 출력전압 48V가 측정되고, 청음판이 코일의 최상부 중심에 위치할 때에 최소 출력전압 38V가 측정되어 편차가 10V에 달한다. N:500회인 코일의 최대 출력전압은 50V이며 최소 출력전압은 38V로서 편차는 12V이다. 두 코일 모두 청음판이 코일의 중심에서 멀어질수록 방사상으로 전압의 변화가 고르게 분포하고 있어 청음판의 위치검출이

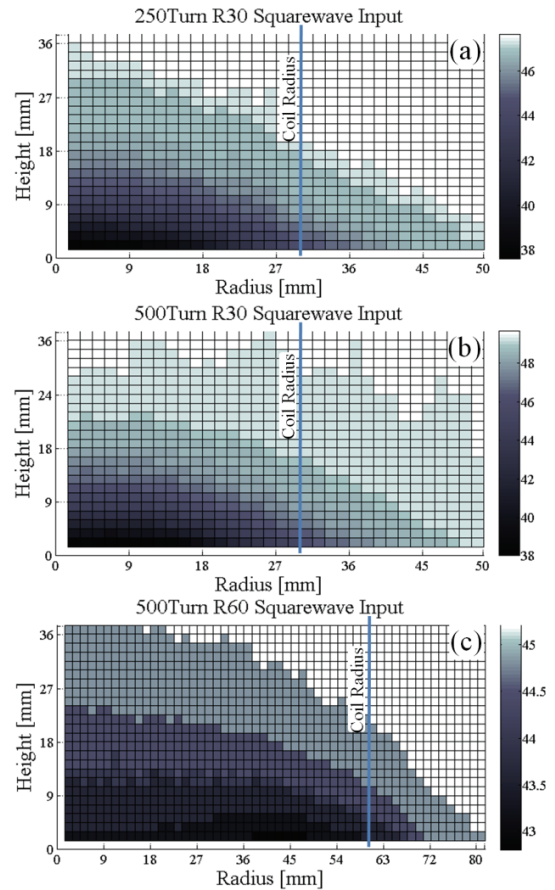


Fig. 5 2-dimensional chestpiece detecting characteristics of the pickup coils

매우 용이하게 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

$\phi$  120mm 코일의 경우에도  $\phi$  60mm 코일의 경우와 마찬가지로 청음판이 코일의 중심에서 멀어질수록 방사상으로 전압의 변화가 고르게 분포하고 있음을 확인할 수 있다. 하지만 측정된 코일의 최대 최소 출력전압의 편차가 2.5V 에 불과하여 청음판의 존재 유무를 검출하는 픽업코일로 사용하기에 부적합함을 알 수 있다.

청진 실습용 토르소 모델의 내부에 픽업코일을 장착한 후에 실리콘이나 우레탄 재질의 피부를 덮어 씌워 인체모형을 제작하는데, 피부의 두께는 대략 5~6mm 정도로 제작되기 때문에 코일로부터의 수직 높이  $y=6mm$ 에 청음판이 접촉된다고 가정하고, 그 때의 코일의 특성을 알아볼 필요가 있었다. Fig. 6은  $\phi$  60mm 코일을 사용하는 Fig. 5(a)와 (b)를  $y=6mm$  높이에 대해서 따로 분리하여 그래프로 표



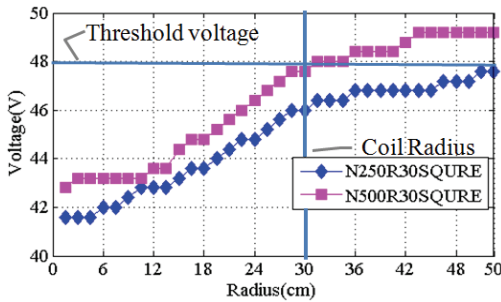


Fig. 6 Radial direction chestpiece detecting characteristics of the pickup coils(y=6mm)

시한 그림이다. 그래프의 수평축은 코일의 중심에서부터 반경거리이며, 수직축은 LC 회로의 커패시터 양단에서 측정된 출력전압의 교류진폭을 나타내고 있다. Fig. 6의 그래프들 중에서 사각 심별은 N:500회 권선, 마름모 심별은 N:250회 권선의 출력전압 특성을 나타내고 있다. N:250회 권선의 경우, 청음판의 위치가 코일 중심에서 멀어질수록 출력전압의 진폭이 점차로 증가하며, 청음판의 중심이 코일의 반경위치에 있을 때의 출력전압 진폭이 약 46V 이며, 만일, N:500회 권선이라면, 청음판이 코일의 반경위치에 있을 때의 출력전압은 48V 임을 알 수 있다. 이 값을 문턱전압(Threshold voltage)으로 사용할 수 있으며, 실제 실습용 토르소 모델에서도 이와 동일하게 청음판이 코일의 반경위치에 있을 때의 출력전압을 문턱전압으로 사용하였다. LC 회로의 출력전압이 문턱전압보다 낮아지면, 청음판이 해당 코일의 위치에 접근한 것으로 판정할 수 있다. 하지만 상기 실험의 경우 함수발생기를 사용하여 과도한 진폭에 영향이 적었으나, MPU의 경우 손상될 수 있기 때문에 실질적으로 사용될 때는 전압분할기를 통해 진폭을 줄이고 전압추종기를 사용하여 교류진폭을 직류로 바꿀 필요가 있다.

### 2.3 청진 실습 장치 구성

Fig. 5와 Fig. 6을 통해서 픽업코일을 장착한 LC 공진회로를 사용하여 청음판의 근접을 검출할 수 있음을 알 수 있다. 하지만, 청진 실습장치가 올바르게 작동하기 위해서는 청음판이 측정 대상인 토르소의 피부에 완전히 밀착되어야만 한다. 하지만, Fig. 2의 측정회로에서는 청음판이 코일 영역 내부로 들어가면 비록, 청음판이 피부에 완전히 밀착되지 않아도 출력 전압은 문턱전압보다 낮아지게

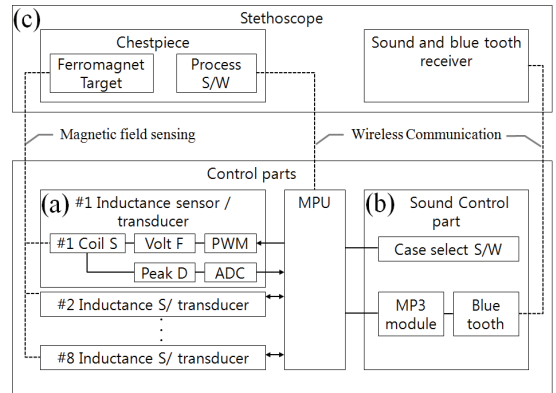


Fig. 7 Block diagram of the physical assessment trainer (a) Pickup coil driving circuits (b) Sound control part (c) Stethoscope driving circuits

된다. 이로 인한 오작동을 피하기 위해서는 청음판의 피부밀착 여부를 검출할 또 하나의 센서소자가 필요하다.

본 논문에서는 청음판의 앞 부분에 접촉식 스위치를 장착하여 이 문제를 해결하였다.

청진 실습 장치는 Fig. 7에서와 같이, 크게 인체 모형(토르소) 제어부와 청진기 구동부의 두 부분으로 구성된다. 인체모형 제어부에는 각 심음, 폐음, 장음 등의 생체음향 측정부위마다 설치되어 있는 다수의 픽업코일과 LC 공진회로, PWM 발진회로, 피크진폭 검출회로 및 A/D 변환회로 등이 설치되어 마이크로프로세서에 통제를 받으며, 생체음향 발생을 위한 MP3 음원발생 모듈과 음원 무선송출을 위한 블루투스 송신모듈이 설치된다. 청진기 구동부는 청음판 전면에 설치된 접촉 검출용 스위치, 블루투스 수신모듈 및 이어폰과 충전식 배터리 등으로 구성된다.

Fig. 8에서는 실제로 구현된 청진실습장치 구동 시스템을 보여주고 있다. Fig. 8(a)는 토르소 제어부이며, Fig. 8(b)는 청진기 구동부를 보여주고 있다. 특히, Fig. 8(a)의 #1은 마이크로프로세서, #2는 블루투스 모듈, #3은 Mp3송신모듈, #4는 LC 공진회로 및 피크전압 검출기 등 픽업코일 구동회로, #5는 픽업코일이다.

Fig. 8(b)에서는 청진기 구동부를 구성하는 청음판과 그 전면에 설치된 접촉식 스위치 및 Y-분기 위치에 설치된 블루투스 수신기를 보여주고 있다. 상용청진기(Littmann C2 S.E., 3M Inc.)에서 청음판과 귀꽃이를 사용하였고, 튜브는 자체 제작하였다. 인

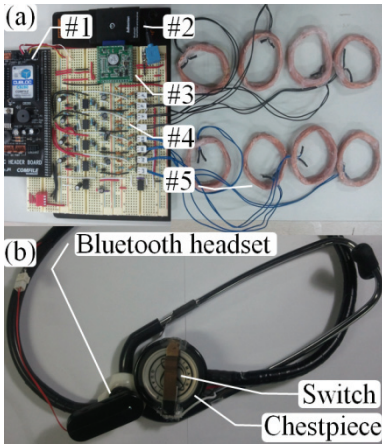


Fig. 8 The control system of physical assessment trainer

체 모형과 청음판의 접촉 유무를 판단하는 스위치는 정진용량식이나 접촉식(택트 스위치 또는 멤브레인 스위치) 등의 다양한 형태로 설치가 가능하며, 상용모델의 경우에는 멤브레인 스위치를 제작하여 청음판에 설치한다면 기존의 청진기와 동일한 외형을 구현할 수 있을 것으로 기대된다. 블루투스 수신기는 이어폰과 배터리가 일체형으로 제작된 모노타입 블루투스헤드셋 모듈(HBM-260, LG Inc.)을 사용하였으며, 청진기의 Y-분기 위치에 3D 프린터로 제작한 어댑터를 설치하고 여기에 헤드셋 모듈을 부착하였다.

제어장치로 사용된 MPU(CB280, Comfile Inc.) 8(#1)의 경우, 장치 구동에 적당한 명령실행속도(0.036 MIPS)와 ADC(8Ch, 10bit), PWM(6Ch, 8~16bit)을 지닌 컨트롤러로, 본 논문에서는 PWM 출력신호를 LC 공진회로 구동용 구형파의 주파수 발생원으로 사용하였다.

Fig. 9에서는 LC 공진회로 구동기와 LC 공진회로, 그리고 출력전압 진폭 검출기 등이 연결된 픽업 코일 구동회로를 보여주고 있다. MPU로부터 0V~5V의 PWM 신호를 입력받아 전력용 OP 앰프인 LM1875를 통해 ±5V의 개루프 구형파 출력을 인덕터 코일로 송출한다. LC공진회로의 커패시터 측 전압은 입력전압의 진폭보다 약 10배에 달하는 높은 전압의 공진을 일으키기 때문에 진폭 검출기(peak detector)의 입력단 앞에 측정 민감도가 가장 높은 96:4의 비율로 조절된 전압 분할기를 설치하였다. Fig. 9의 출력전압은 마이크로프로세서의 A/D 입력 전압으로 사용된다. 마이크로프로세서로 구동되는 LC 공진회로의 출력전압 변화폭은 진폭검출기 출력

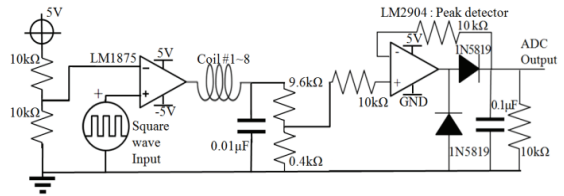


Fig. 9 Pickup coil driving circuits

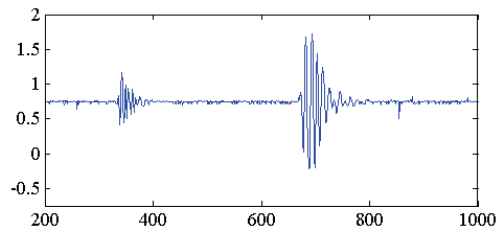


Fig. 10 Normal aortic sound

단에서 측정할 때, 1.5V~3.5V 범위를 나타내고 있으며 코일 반경위치와 노이즈를 감안하여 2.2V로 측정되어 이 전압값을 문턱전압으로 결정하였다.

본 논문에서는 심장의 4곳(APTM,#1,2,3,4)과 폐음의 4곳(#5,6,7,8)의 8개소의 위치를 검출하여 심음과 폐음을 송출하는 시스템을 구축하였으며, 장음을 포함한 다양한 부위에 대한 위치검출 및 음향송출은 포함하지 않았다. 하지만, 입/출력 채널의 확장 과 음원 추가를 통해서 간단히 확장할 수 있다.

Fig. 7(b)의 음원 회로부는 청진실습을 위해 성별, 연령별, 증례 및 다양한 청진 위치에 대한 음원을 저장하여 송출할 수 있다. 본 연구에서는 연구용으로 공개된 심음과 폐음<sup>6-8</sup>을 저장하여 송출하도록 시스템을 구축하였다. 제어 알고리즘에 따라서 검출된 청음판 위치에 따른 생체음을 재생, 송출하며, 증례의 선택은 마이크로프로세서에 설치된 증례선택 스위치를 통해 변경 가능하다. 음원 회로부는 MP3모듈(NA-MP3M, Neotics Inc.) 8(#3)과 블루투스 동글(BTT-0009, billionton Inc.) 8(#2)을 사용하였다.

Fig. 10에서는 블루투스를 통해서 송출되는 정상심음의 Aortic에 해당하는 음원의 파형을 사례로 보여주고 있다.

### 2.4 제어 알고리즘

Fig. 11에서는 청진 실습장치의 구동 알고리즘을 보여주고 있다. 전원을 켜면 시스템은 대기-절전-상태가 되며, 청음판의 스위치가 꺼진 상태에서

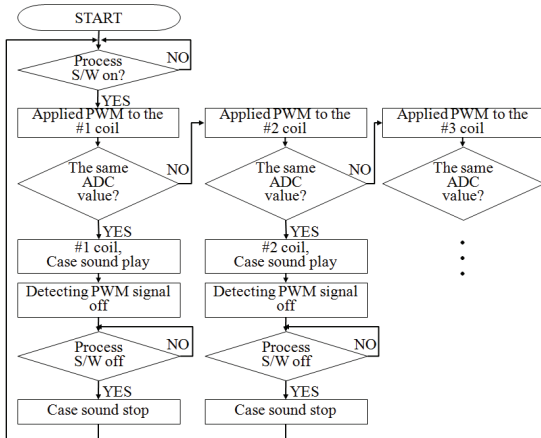


Fig. 11 Control Algorithm

는 대기상태가 유지된다. 증례는 이 과정에서 선택한다. 청진을 위해 청음판을 인체모형의 임의 위치에 접촉시키면 압축력에 의해 청음판 스위치가 켜지게 되고, 제어부에선 위치를 탐색하기 위해 제1픽업코일부터 제8픽업코일까지 순차적으로 발진신호를 송출하여 청음판 존재여부를 확인한다.

청음판 존재여부 검출은 제어부에서 1번 코일센서에 공진주파수로 설정된 구형파 PWM신호를 인가한 후 A/D 입력을 통해 검출한 전압값과 기존에 설정된 문턱전압과 비교를 실시한다. 검출된 전압이 문턱 전압보다 높다면 청음판이 해당 픽업코일 위치에 없는 것으로 판정하고 2번 픽업코일 위치에 대한 검출과정을 수행한다. 만일 특정 코일의 검출전압이 문턱 전압보다 낮다면 청진위치 탐색은 중단되며 청음판 스위치가 꺼질 때 까지 해당 위치의 생체음을 MP3로 재생하여 블루투스를 통해 송출한다. 송출된 생체음은 청진기의 수신부에서 수신되어 훈련자가 생체음을 들을 수 있게 된다.

본 논문에서 제안된 청음판 위치검출 알고리즘은 픽업코일과 여타 구동 시스템의 대기 중 전력 소비를 연속작동방식의 경우에 비해 약 85% 이상 절감할 수 있으므로 D셀(LR20) 배터리 6개를 사용하면서도 토르소형 인체모델에 내장된 모든 픽업코일과 제어회로를 10시간 이상 구동할 수 있어서 장시간의 학생실습이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

### 3. 결과의 고찰

2장에서 구성된 하드웨어와 구동 알고리즘의 타당성을 검증하기 위해서 Fig. 12에서와 같이 특

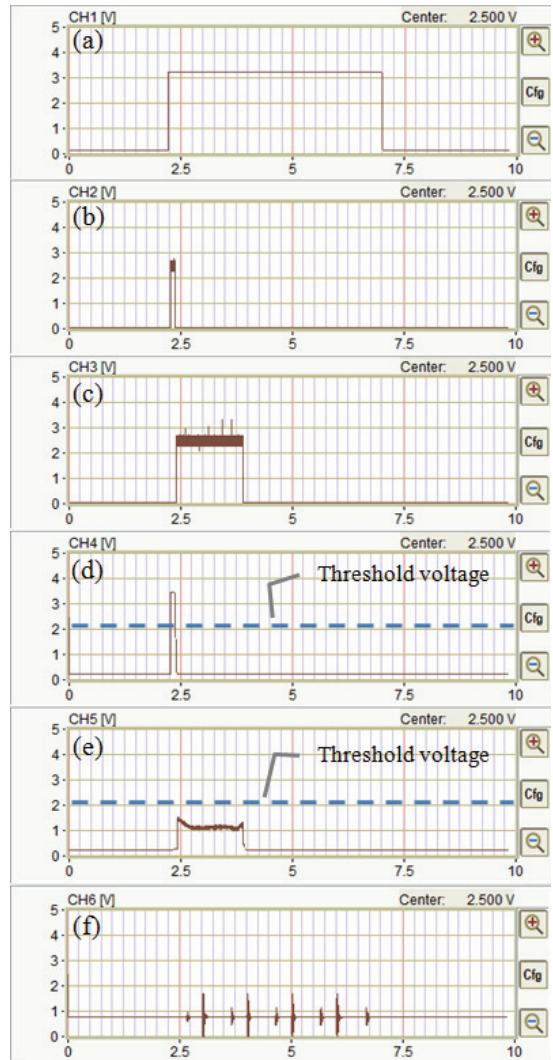


Fig. 12 The measured voltage charts for various locations

정 청진위치에 청음판을 접촉시켰을 때에 대한 시스템의 반응특성 측정시험을 수행하였다. 데이터 수집에는 8Ch 실시간 DAQ보드(uDAQ/SimDAQ-KIT, PhysioLab inc.)를 사용하였다. Fig. 12에서 (a)는 청진기 스위치, (b)는 1번 픽업코일 가진 PWM신호, (c)는 2번 픽업코일 가진PWM신호, (d)는 1번 픽업코일의 진폭검출기 출력전압, (e)는 2번 픽업코일의 진폭검출기 출력전압 그리고 (f)는 MP3 음원 출력전압을 나타내고 있다.

Fig. 12(a)에서 청음판 전면에 설치된 스위치가 접촉하면서 제어기는 (b) 및 (c)에서와 같이 순차적으로 픽업코일에 발진신호를 송출하고 (d) 및

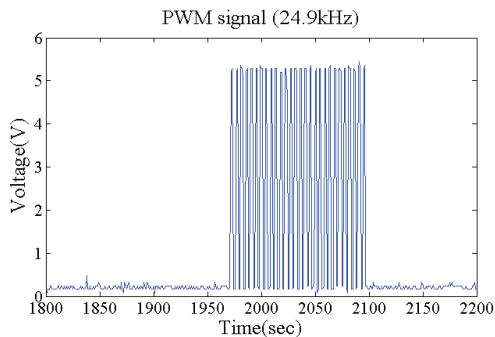


Fig. 13 PWM signal for pickup coil

(e)에서와 같이 해당 코일의 진폭검출기 출력전압을 검출하여 문턱전압과 비교한다. Fig. 12의 경우 1번 코일에 가진신호를 송출하면서 측정한 진폭검출기의 출력전압은 2.2V 로 정해진 문턱전압보다 높기 때문에 해당 코일에 대한 발진신호 송출은 중단하고 2번 코일로 넘어가고 있음을 확인할 수 있다. 이어서 2번 코일에 가진신호를 송출하면서 측정한 진폭검출기의 출력전압은 2.2V로 정해진 문턱전압보다 낮기 때문에 즉시 (f)에서와 같이 해당위치 음향을 송출하는 것을 확인할 수 있다. 특히, 2번 코일에 대한 발진신호 송출과 진폭검출을 약 2초 동안 지속하여 검출의 오류가 없음을 확인한 다음에는 청음판 스위치가 꺼질 때 까지는 픽업코일을 구동하지 않도록 하여 전력소비를 최소화시켰다.

Fig. 12(b) 및 (c)는 PWM 발진신호이나, 구형파 신호특성이 명확히 관찰되지 않고 있다. 시간분해능을 더 높여서 표시한 Fig. 13에서는 구형파 발진신호의 특성을 보다 명확하게 확인할 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 심음, 폐음 및 장음 등 생체음향의 청진 실습을 위한 청진 시뮬레이터의 인체모형 제어부와 청진기 구동회로를 개발하였다.

LC 공진 주파수로 조절되어 구형파로 가진되는 진원형 픽업코일 상에서 청음판의 위치를 변화시켜 가면서 커패시터 양단의 출력전압 진폭변화를 측정하여 문턱전압을 이용하여 청음판 존재 여부를 검출할 수 있음을 확인하였다.

마이크로 프로세서로 구동되며 8채널의 픽업코일을 구비한 인체모형 제어부와 청음판 스위치 및 블루투스 헤드셋을 내장한 청진기 구동부를 구축

하였고, 청음판과 인체모형의 밀착을 확인하고 전력소비를 최소화하면서 픽업코일을 사용하여 청음판의 위치를 검출하는 알고리즘을 개발하였다.

DAQ 보드를 이용하여 특정 청진위치에 청음판을 접촉시켰을 때에 대한 시스템의 반응특성 측정시험 수행을 통해서 제안된 시스템과 알고리즘이 안정적으로 작동함을 확인하였다.

향후 다양한 생체음향 채집을 통해 증례를 확보하고, 인체모형 및 청진기 기구의 개선을 수행한다면 완성도 높은 청진실습용 시뮬레이터를 구현할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 후 기

본 연구는 2013년도 강원대학교 학술연구 조성비로 연구 하였음 (과제번호 - 120131296)

#### REFERENCES

- Lynn, S., "Bates' Guide to Physical Examination and History Taking," Williams&Wilkins, 8th Ed., 2004.
- Tilkian, A. G., "Understanding Heart Sounds and Murmurs with an Introduction to Lung Sound: Understanding Heart Soun," 4th Ed., W. B. Saunders Company, 2001.
- Yoshii, C., Kaneko, H., Okabe, Y., Ominami, S., and Kido, M., "The Educational Effects of One-month Self-training using Lung Sounds Auscultation Trainer (Isat)," CHEST Journal, Vol. 124, No. 4, Meeting Abstracts, Paper No. 85S, 2003.
- Greg, J. A., "Electronic Auscultation System for Patient Simulator," US Patent, No. US6220866 B1, 2001.
- McChesney, J. A., and McChesney, J. W., "Auscultation of the Chest and Abdomen by Athletic Trainers," Journal of Athletic Training, Vol 36, No. 2, pp. 190-196, 2001.
- The Auscultation Assistant(UCLA), <http://www.med.ucla.edu/wilkes/inex.htm> (Accessed 12 May 2014)
- Health System(University of Michigan), <http://www.uofmhealth.org/health-library/list-all-h> (Accessed 12 May 2014)
- Heart sounds & Murmurs(University of Dundee), <http://www.dundee.ac.uk/medther/Cardiology/hsmur.htm> (Accessed 12 May 2014)