

초음파 센싱 방식의 이동형 호흡 측정 진단 시스템의 구현

김동학 · 김영길 · 정승호

아주대학교

An Implementation of Mobile Respiration Detection Diagnostic System Using Ultrasound Sensing Method

Dong-Hak Kim · Young-Kil Kim · Seung-Ho Chung

Ajou University

E-mail : classicrafty@hanmail.net

요 약

산소공급은 신체 요구 중 가장 기본적인 것이다. 호흡은 뇌의 연수(medulla oblongata)에 있는 호흡중추와 폐의 정상적 기능에 의해 조절된다. 즉 폐와 환경 사이의 공기 이동인 외 호흡과 헤모글로빈과 단세포 사이의 세포수준에서의 산소 이동인 내 호흡을 말한다. 성인의 호흡수는 보통 1분에 15-20회이나 연령, 운동, 기온, 심리적 변호, 질병상태, 대기의 산소 함량, 약물 투여 등에 따라 차이가 난다.

호흡측정은 대상자가 쉬고 있을 때 하는 것이 중요하다. 호흡 측정은 측정하고 있다는 사실을 대상자가 모르도록 기술적으로 해야한다. 현재 사용하는 방법은 주의를 끌지 않도록 대상자의 팔목에 손을 댄 채로 맥박을 측정한 바로 직후 계속해서 대상자의 가슴의 움직임을 관찰하면서 호흡을 측정하는 것이다.

본 논문에서 구현하고자 하는 것은 관성의 오차 및 압력의 오차에 영향을 거의 받지 않는, 그리고 반영구적으로 사용이 가능한 초음파 센서를 이용한 임베디드 환경의 호흡 량 측정기이다.

ABSTRACT

Oxygen supply is one of the most basic things in human body. Breathing is controlled by the lungs' stationary function and the respiratory center which is in the mesulla oblongata. Nothing but, the external breathing that air movement between the lungs and atmosphere and the internal breathing that cellular air movement between the hemoglobin and a single cell. The adult's number of times of the respirations is about 15-20 per 1 minute, but it depends ages, exercise, temperature, disease, etc.

The important thing in detecting the respiration is that doing it in object person's resting time. Detecting the respiration have to be done without attracting any attention of object person. In present using method is detecting the pulse with catching an object person's wrist and observing the object person's movement.

In this paper, we propose the mobile respiration detection diagnostic system using ultrasound sensing method that does not be influenced by the inertia error and the pressure error.

키워드

Ultrasound , Ultrasound sensing method, Respiration detection

1. 서 론

호흡 측정기는 수년동안 여러 연구 과제로 실행되어 왔지만 실용화 단계에 앞서서 만족할 만한 결과가 나오지 않는 경우가 많았다. 처음 실용화되었던 측정기는 터빈(turbine)을 이용한 것으로 그 회전율로 호흡의 흐름과 양을 측정하는 것이었다. 그러나 측정을 시작하면서와 끝내면서 터

빈의 관성 때문에 오차가 발생하는 문제점을 안고 있었다. 그 후에 이용되었던 방식은 압력센서를 이용하는 것으로 호흡시 저항체에 의한 간섭을 압력의 변화로 측정하는 것이다. 그러나 이 방식은 항상 외부환경의 변화에 따라 조정해 줘야 하는 문제점이 있었다.

본 논문에서 제한하는 방법은 초음파 센싱 방식을 이용한 방법인데, 이 방법은 관성의 오차 및 압력의 오차에 거의 영향을 받지 않는 그리고 반영구적으로 사용이 가능한 초음파 센서를 이용한 호흡측정 방식이다. 이 방식은 여러 생체진단시스템 개발 회사에서 많은 프로토타입의 형태를 선보이고 있지만 실용화하면서 소형화 및 휴대형의 소규모 형태로는 아직 개발이 진행되고 있는 실정이다.

II. 초음파 센서의 센싱 원리

본 논문에서 사용하는 초음파 센서는 초음파 음향 풍속계인데 그것의 기본 원리는 한 쌍의 트랜스듀서 사이에서 초음파를 전달하여 측정 공간 내의 매질의 밀도 차에 의해 그 전달 속도가 변화하는 것을 측정하는 것이다. 그림 1은 초음파 음향 풍속계를 보인다.

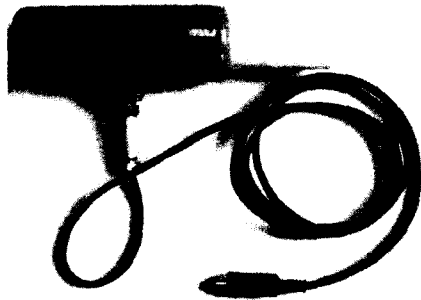


그림 1. 초음파 음향센서

한 방향으로 만의 전달시간을 측정한다면, 매질의 속도에 의한 유량 속도의 변화로부터 변하는 초음파의 속도를 구별해 낼 수 없기 때문에 upstream과 downstream 두 방향에서의 전달시간을 모두 측정하고 차이를 계산한다. 트랜스듀서의 구조를 간단히 하고 비대칭 경로를 피하기 위하여 한 쌍의 트랜스듀서는 교대로 상대편 트랜스듀서 방향으로 전송한다. 트랜스듀서의 개요도와 기본적인 수직을 그림 2에 나타내었다.

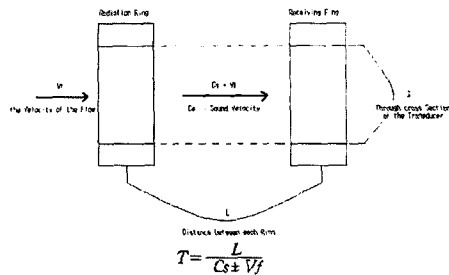


그림 2. Acoustic Phase

III. Front-End 단의 구성

본 시스템은 그림 3과 같이 크게 송신부와 수신부로 나눌 수 있다. 송신부는 초음파 센서의 발진 주파수에 맞는 신호를 주기적으로 전달하여 센서가 주기를 가지고 동작하도록 한다. 이때 양쪽에서 내보내는 신호를 구별하기 위해 그림 4에서 보는 것과 같이 리플의 수를 조절한다.

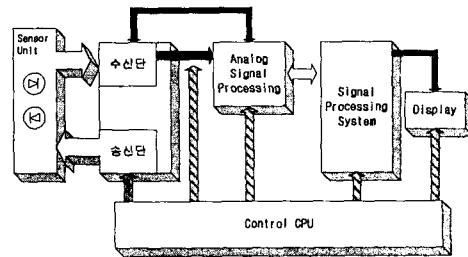


그림 3. 시스템 블록도

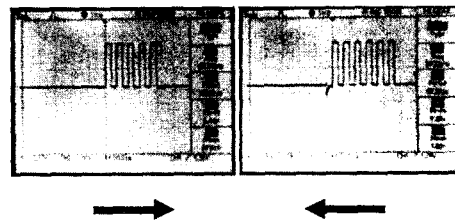


그림 4. 양쪽 트랜스듀서 출력 파형

수신부는 받아들인 신호를 필터링 처리하여 센서를 구동하기 위해 전달했던 신호성분을 제거하고 원하는 부분의 신호만을 뒤 단으로 전달한다. 다음은 신호 레벨이 작으므로 적어도 1Volt Peak to peak 정도는 되게 증폭한다. 마지막으로 AD converter를 이용하여 신호를 TTL 레벨로 만들어 신호처리 시스템으로 보낸다.

IV. 신호처리 알고리즘

신호처리 시스템은 기존의 디지털 신호 처리기 (DSP)를 사용하지 않고, 요즘 각광받고 있는 32bit RISC 프로세서인 ARM 프로세서를 사용하였다. 플래쉬 롬과 램을 내장한 삼성반도체 모델인 S3F441FX는 고성능을 발휘하면서도 저전력의 특징을 가지고 있다.^[9] 또한 DSP 명령어도 포함되어 있어 강력한 처리 능력을 보인다.

ARM은 위에서부터 받아들인 파형과 송신 파형을 이용하여 전달시간을 구한다. 호흡 방향과 같은 방향 그리고 반대방향으로 전파되는 초음파 변화의 두 값의 합과 차를 이용하여 원하는 속도

를 얻어 낼 수 있다. 트랜스 듀서의 반경과 트랜스 듀서간 거리등의 측정기기의 물리적인 변수와 온도, 습도, 기압 등의 환경적인 변수들이 정확한 값을 유도해 내기 위해서 사용된다. 전체 프로그램의 순서는 그림 5에 나타내었고, 기체 속도를 계산하는 알고리즘의 개략적인 순서는 그림 6에 나타내었다.

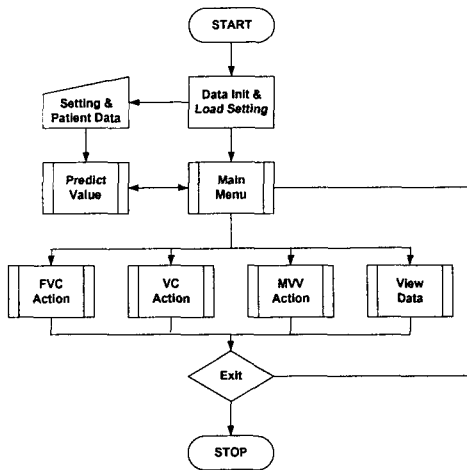


그림 5. Program Flowchart

Data Init & Load Setting은 측정에 사용되는 변수들을 설정하고 대상자 파라미터 데이터 구조체를 초기화하고, 기기의 프로토콜 설정 값과 알고리즘에 사용되는 계수 값을 설정 파일에서 읽어들인다.

FVC Action은 Serial 통신을 설정하고 인터럽트를 설정한다. 그리고 추출 파라미터를 표시하고, 출력신호를 받아 연산을 수행한다.

기기의 초기 값이 설정되면 정확한 기체의 속도와 기체의 온도에 의한 초음파 속도의 변화량을 계산하기 위해서 5개의 큐 메모리에 기기 출력 값을 추가한 후 추가된 데이터가 연속된 값인지, 통신상의 손실된 데이터 값을 검사한 후 허용 범위 내이거나 손실 데이터가 없는 경우 기준 속도의 변화량만을 계산하여 호식과 흡식 간의 변환 계수를 적용하여 적분하게 된다. 변화량을 계산하는 경우 초음파 기준 속도 값과 음파의 속도 변화량이 적용되어 정확도를 높였다.

알고리즘이 포함된 Processor와 센서 그리고 아날로그 신호 처리 부분이 연결된 전 시스템을 그림 7에 나타내었다.

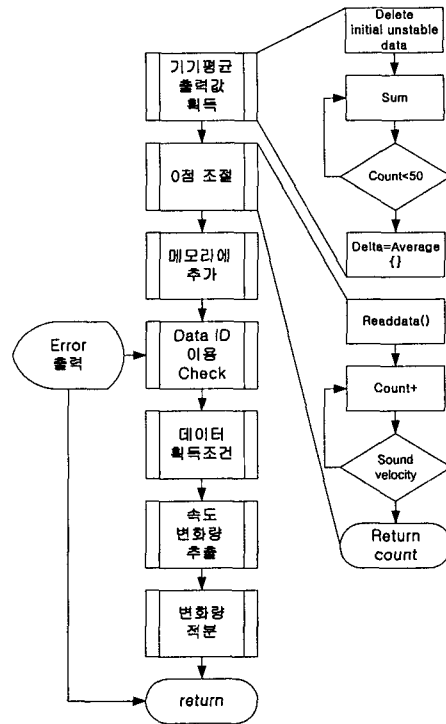


그림 6. 기체속도 계산 Algorithm

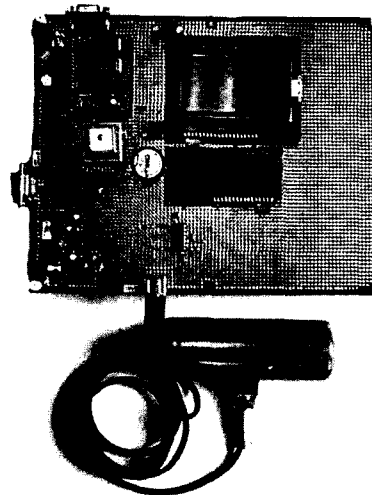


그림 7. 전체 구성 System

V. 결 론

초음파를 이용하여 유량을 측정하는 기술은 실제 적용된 지는 오래 되었지만 호흡측정에 적용을 하는 것은 드문 일이다. 본 논문에서는 초음파 센싱 방식의 호흡측정 프로브 기술을 바탕으로 stress 심전계의 respiration part의 실시간 적인 Application을 확보하였다. 그러나 호흡이 수증기의 포화 기체이므로 측정에 여러 가지로 어려움이 있어 정확도가 떨어지는 경우가 많았다. 이 장치는 고기능 환자 감시장치의 respiration 부분에 적용이 가능할 것으로 보이며, 마취기, 산소 호흡기 등 호흡 관련 측정 장비의 프로브를 이 장치의 프로브로 적용할 수도 있다. 그러나 위에서 언급한 것과 같이 프로브의 형태상 그리고 주변 환경 상 오차를 유발할 수 있을 만한 요인이 많이 있다. 따라서 새로운 형태의 센서로 평균 유속 측정에 정확도를 높이고, correlation 기술을 통해 유량계수를 얻어냄으로써 정확도를 개선하여, 호흡기에 적용이 가능하게 된다면 상당히 정확도가 높으면서 휴대가 가능한 시스템이 될 것이라고 생각한다.

참고문헌

- [1] Lawrence C. Lynnworth, "Ultrasound Measurements for Process Control : Theory, Techniques, Applications", 1989 Academic Press Inc.
- [2] Frank M. White, "Fluid Mechanics, Third Edition", 1995, McGraw-Hill Book Co.
- [3] Joh G, Webster 원저, 의공학 교육 연구회역편 "의용 계측 공학"
- [4] A.Worth, "A clamp-on ultrasound cross correlation flow meter for one-phase flow", Meas. Sci Technol. 9, 1998, p622-630, IOP Publishing Ltd.