

섬유 압력센서를 이용한 호흡 측정 시스템 구현

김대경, 최예호, 왕창원, 호종갑, 민세동
순천향대학교 의료IT공학과

Implementation of Respiration Measurement System using textile pressure sensor

Daegyeom Kim, Yeho Choi, Changwon Wang, Jong Gab Ho, Se Dong Min
Dept. of Medical IT Engineering, SoonChunHyang University

Abstract - 본 논문에서는 호흡 관리 시스템 개발의 기초 연구로 섬유 압력센서를 개발하였다. 개발한 센서로 흉부 용적의 변화를 측정하여 데이터를 획득한 다음 호흡수를 평가하기 위해 Biopac사의 MP150 호흡 측정 모듈에서 측정된 데이터의 호흡수를 평가한 것과 비교하였다. 실험은 앉은 자세에서의 호흡을 측정하였으며, 총 3명의 피험자를 실험하였다. 획득한 데이터는 잡음을 제거하기 위해 윈도우 크기를 10으로 설정하여 이동평균필터를 적용하였다. 그 결과 3명의 피험자 모두 우리가 구현한 센서와 MP150에서의 호흡 데이터가 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 본 실험을 통해 얻은 결과는 차후 호흡 관리가 필요한 환자들의 건강의 질을 높이는 데 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

1. 서 론

호흡이란 흡기일 때 산소를 들이마시고 호기일 때 이산화탄소를 내보내는 현상으로 가스교환을 통해 생물들이 유기물을 분해하여 생활에 필요한 에너지를 만드는 과정을 일컫는다. 호흡이 줄어들게 되면 몸 안에 산소가 부족하게 되어 세포가 제대로 된 기능을 하지 못하기 때문에 호흡을 유지 하는 것은 중요하다. 호흡은 무의식적으로 행해지는데 수면 중 호흡 정지가 빈번하게 발생하는 수면무호흡증처럼 질병을 가진 경우와 평소 호흡과 변화된 호흡이 생겼을 때 이를 조기 발견하지 않는다면 생명에 큰 지장이 생길 수 있다. 그러므로 우리는 호흡을 의식하지 않더라도 관리해 줄 수 있는 시스템을 필요로 한다. [1] 호흡을 관리하기 위해서는 호흡 정보를 요구하는데, 호흡 정보를 획득하기 위한 방법으로 이전에 활발히 연구되어 왔다. 예로 PPG 신호를 통해 호흡을 추출하는 방법 [2-3], 코에 센서를 부착하여 직접 흡기와 호기를 측정하는 방법, 스트레인 게이지를 이용한 호흡 측정 방법 [4] 등이 있다. 하지만 호흡은 상시 이루어지기 때문에 정보를 얻는 과정에서 부정확한 결과를 도출하거나 측정하는 과정에서 불편함이 있어서는 안 된다. 그러므로 본 연구에서는 인체 착용에 있어 불편함이 적은 전도성 섬유를 이용한 섬유 압력센서를 제작하여 호흡을 감지하는 센서 개발을 목적으로 하고 있다.

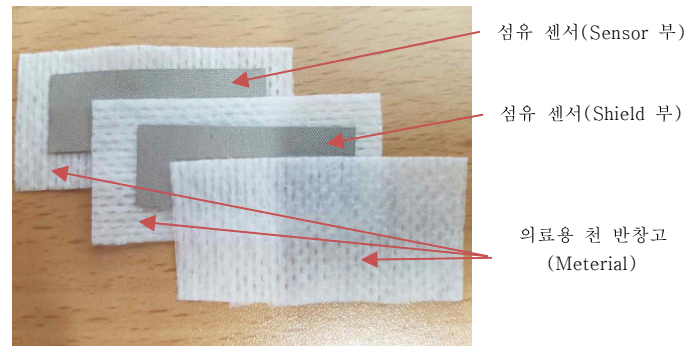
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템 구성 및 실험 방법과 데이터 처리, 분석, 실험 결과를 기술하였고, 3장에서는 간략한 요약 및 결론을 설명하고 있다.

2. 본 론

2.1 시스템 구성

본 연구에서는 호흡을 측정을 위해 호흡 과정에서 변화하는 흉부 용적을 감지할 수 있도록 섬유 압력센서를 제작하였다. 센서는 그림 1과 같은 형태로 제작하였다. 섬유 센서는 4x2(cm²) 크기를 가진 3개의 의료용 천 반창고와 3x1(cm²) 크기를 가진 2개의 섬유 센서로 구

성하였다. 각각의 전도성 섬유는 의료용 천 반창고 사이에 위치한다. 하나의 전도성 섬유는 압력을 측정하는 센서(Sensor) 역할을 하며 다른 하나의 전도성 섬유는 몸 바깥쪽에서 오는 신호에 의해 생기는 잡음을 막는 쉴드(Shield) 역할을 한다.



〈그림 1〉 섬유 압력센서 구성도

이렇게 구성한 섬유 압력센서는 모듈과 함께 흉부에 고정 시킨 상태로 흉부의 용적 변화를 감지한다. 모듈과 센서를 고정하기 위해 그림 2와 같이 벨트에 섬유 압력센서가 내장된 모듈케이스를 제작하여 부착한 뒤 흉부에 벨트를 착용하였다. 모듈은 Zigbee 무선통신을 제공하며 송, 수신부로 이루어져 있다. 위 모듈을 통해 섬유 압력센서에서 입력된 데이터를 무선으로 PC로 전송되도록 하였다. 전송되어진 데이터는 C# 어플리케이션을 통해 실시간으로 데이터를 볼 수 있도록 하였다.



〈그림 2〉 섬유 압력센서 측정모듈 및 모듈케이스

2.2 실험 방법

실험은 3명의 피험자를 통해 앉은 자세의 경우로 데이터 측정을 했으며 피험자의 호흡수가 섬유 압력센서를 통하여 정확한 결과 값을 가지는지 평가하기 위해 그림 3과 같이 생체신호 계측장비인 Biopac사의 MP150의 호흡모듈과의 데이터를 측정하였다. 피험자에게 MP150과 섬유 압력센서를 흉부에 착용시켜 주었다. 모듈 착용은 서로간의 영향을 줄이기 위해 1cm의 간격을 두었다. 실험에서 MP150의 호흡 측정밴드는 탄력성이 있는 반면 섬유 센서의 밴드는 탄력성이 낮아 호흡에 지장이 생기지 않도록 착용하였으며, 앉은 자세에서 2분 30

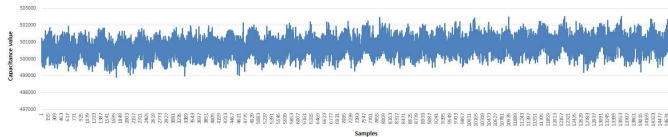
초 동안 동시에 데이터를 측정하였다.



〈그림 3〉 섬유 압력센서와 MP150의 호흡 측정 실험

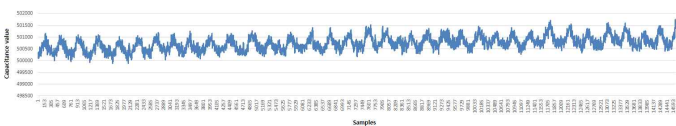
2.3 데이터 처리 및 분석

제작한 센서를 흉부에 고정 시킨 상태에서 모듈을 통해 측정 보드와 연결하고 Sampling rate가 100Hz인 섬유 압력센서의 주파수와 가장 근접하게 해주기 위하여 MP150의 주파수를 섬유 압력센서와 가장 근접한 125Hz로 Sampling rate를 설정하였으며 2분 30초에 해당하는 데이터를 측정하였다. 그림 4는 섬유 압력센서에서 획득한 Raw data를 나타내고 있다.



〈그림 4〉 섬유 압력센서 Raw data

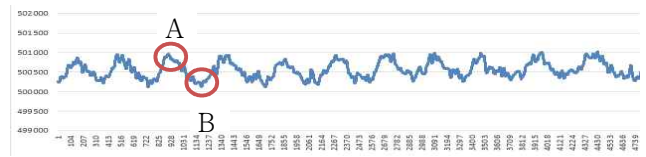
센서가 주변 환경에 민감하여 Raw data에 잡음이 많이 섞여있기 때문에 정확한 데이터 분석을 위하여 섬유 압력센서의 통신 과정에서 생긴 노이즈와 동시에 시작과 종료시간이 동일하지 못해 생긴 데이터의 차이를 동일하게 설정하기 위해 2분 30초의 데이터에서 처음과 끝의 15초간 데이터를 제거하여 총 2분간의 데이터를 사용하였다. 또한, 잡음을 제거하여 섬유 압력센서로 측정된 데이터의 호흡수 파악을 원활하게 하기 위하여 식 1과 같이 10 point의 이동 평균필터를 사용하여 Raw data의 잡음을 제거하였다. 그림 5는 이동평균필터를 적용한 섬유 압력센서의 데이터를 나타내고 있다.



〈그림 5〉 이동평균필터를 적용한 섬유 압력센서 데이터

$$y[n] = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} x[n-k] \quad (1)$$

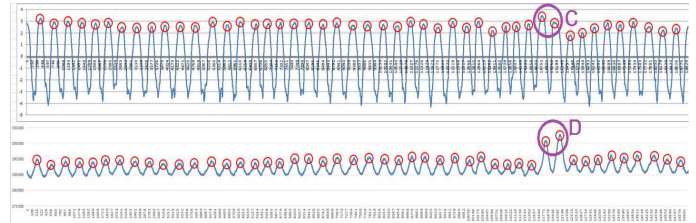
그림 6에서 A지점은 흡기가 된 상태로 흉부의 부피가 커지면서 벨트에 부착된 섬유 압력센서에 B지점보다 더 큰 압력이 가해진 상태이며 B지점은 호기가 된 상태로 흉부의 부피가 작아지면서 센서에 A지점 보다 작은 압력이 가해진 상태임을 알아낼 수 있다. 우리는 호흡수를 파악하기 위하여 MP150과 섬유 압력센서로 측정된 데이터에서 A와 B지점인 호기와 흡기를 한 주기로 하여 직접 호흡수를 계산하였다.



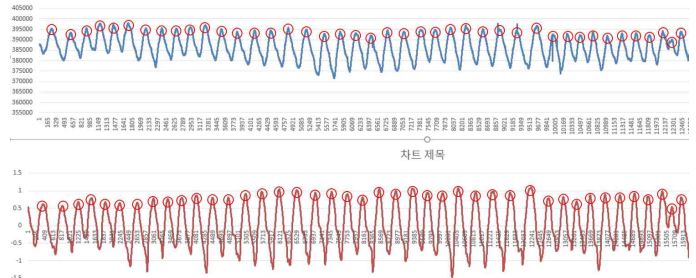
〈그림 6〉 섬유 압력센서 데이터

2.4 실험 결과

우리는 호흡수를 평가하기 위해 호기와 흡기를 한 쌍을 호흡 1회로 설정하여 섬유 압력센서와 MP150으로 측정된 데이터를 비교하였다.



〈그림 7〉 피험자(a) 섬유 압력센서와 MP150의 호흡 데이터



〈그림 8〉 피험자(b) 섬유 압력센서와 MP150의 호흡 데이터

그림 7과 그림 8에서 흡기 혹은 호기만 이루어진 호흡을 제외한 호흡 지점을 빨간색으로 표시하였다. 각 횟수는 47회, 42회로 섬유 압력센서와 MP150의 호흡수가 동일하게 나왔다. 주파수의 경우 섬유 센서는 100Hz이지만 MP150은 125Hz이므로 MP150의 Sample 수가 섬유 센서의 Sample 수보다 1.25배 높은 값을 가지게 된다. 그림 7의 C지점과 D지점은 동일한 시간대의 호흡이지만 C지점만 다른 지점에 비해 높은 압력 값을 가지고 D지점은 평균 압력을 가진 이유는 큰 호흡을 할 때의 흉부의 둘레보다 벨트의 둘레를 작게 착용했기 때문이다. 큰 호흡을 할 때 벨트에 부착되어 있는 섬유 센서에는 압력이 그대로 전해져 압력 값이 다른 지점보다 높았지만 MP150의 경우에는 벨트로 인하여 압력을 전부 전해 받지 못하였다. 벨트로 인하여 MP150의 경우 호흡량을 압력 값을 통하여 알 수 없지만 시간을 통해서 알 수 있었다. D지점이 다른 지점보다 폭이 넓은 이유는 큰 호흡을 했기 때문에 흡기와 호기의 시간이 보통 호흡보다 더 소요되기 때문이다.

섬유 근접 압력센서와 MP150으로 측정된 호흡 데이터를 비교해본 결과 호흡수가 동일하게 나왔을 뿐만 아니라 호흡 할 때 생기는 흉부의 부피 변화로 인한 센서에 가해지는 압력의 크기도 MP150과 상관관계를 가졌다. 표 1은 피험자 3명에 대한 MP150과 섬유 압력센서의 호흡 수 결과 값을 나타내고 있다.

피험자	MP150 (호흡)	Proximity Sensor	Precision
(a)	38	38	100%
(b)	42	42	100%
(c)	29	29	100%

〈표 1〉 피험자 별 호흡 수 측정 결과

3. 결 론

본 연구에서는 우리가 직접 제작한 섬유 압력센서를 이용하여 호흡수를 측정하고 평가하는 것을 목적으로 한다. 섬유 압력센서의 호흡수 평가는 Biopac사의 MP150의 호흡모듈에서 측정한 호흡수와 비교하여 평가하였다. MP150과 섬유 압력센서의 호흡수를 비교한 결과 호흡수가 동일하다는 결과를 통하여 제작한 섬유 압력센서의 호흡수 측정이 정확하다는 것을 알 수 있었다. 또한 호흡을 크게 했을 때는 흉부의 부피가 커지면서 섬유 근점 압력 센서에 호흡을 작게 했을 때 보다 압력이 크게 가해지는 결과를 통하여 호흡량과 압력의 크기에서도 상관관계가 있다는 것을 확인하였다. 하지만 실험을 하면서 벨트의 탄력성이 적어 느슨하게 착용했을 때는 고정이 제대로 되지 않았으며 딱 조여서 착용했을 때는 호흡에 지장이 생기고 결국에 호흡수에도 영향을 미친다는 문제를 발견하였다. 그러므로 향후 연구에서는 호흡수를 측정 시에 호흡에 지장이 발생하지 않도록 탄력성이 있는 밴드로 교체하여 추가적으로 실험을 진행하고 현재 3명의 피험자를 통해 결론을 도출했지만 보다 많은 피험자에 실험을 적용할 것이며 앉은 자세 외에도 다양한 측정 자세를 통해서 본 시스템의 신뢰도를 높이도록 추가 실험을 할 계획이다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 바이오·의료기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015M3A9D7067388).

[참 고 문 헌]

- [1] 이창관. "입원 호흡재활 프로그램이 만성 폐질환자의 호흡 곤란, 운동능력과 건강관련 삶의 질에 미치는 효과." 대한간호학회지 37.3 (2007): 343-352.
- [2] 김종화, 황민철, and 남기창. "U-Health Care 환경에서 호흡측정을 위한 PPG 최적필터기술." 대한인간공학회지 27.4 (2008): 95-101.
- [3] 김종화, et al. "PPG 센서를 이용한 실시간 호흡률 측정 시스템에 관한 연구." 대한인간공학회 학술대회논문집 (2007): 441-443.
- [4] Huh, Young-Jung, and Gil-Won Yoon. "Accuracy improvement of respiration rate based on photo-plethysmography by enhancing motion artifact." Journal of Sensor Science and Technology 17.6 (2008): 447-453.