

호흡 신호의 분류 연구를 위한 센서 모듈 개발

박진경¹, 안진수¹, 이정한¹, 김형식^{2,*}

¹건국대학교 글로벌캠퍼스 과학기술대학 ICT융합공학부 BK21플러스의공학실용기술연구소 바이오메디컬공학과

²건국대학교 글로벌캠퍼스 과학기술대학 ICT융합공학부 메카트로닉스공학과

Sensor Module for Respiratory Signal Classification Study

Jin-Kyung Park ¹, Jinsu An¹, Jeong-Han Yi¹, Hyung-Sik Kim ^{2,*}

¹Department of Biomedical Engineering, BK21+ Research Institute of Biomedical Engineering, School of ICT Convergence Engineering, College of Science & Technology, Konkuk University, Chungju, South Korea

²Department of Mechatronics Engineering, School of ICT Convergence Engineering, College of Science & Technology, Konkuk University, Chungju, South Korea

*hskim98@kku.ac.kr

Abstract

Patients with difficulty in spontaneous breathing help breathing by connecting intubation tubes and respirators in the trachea. However, if airway obstruction occurs due to foreign substances in the intubation tube, the patient's breathing may be disturbed. Since real-time monitoring of medical staff is difficult, rapid and accurate recognition of medical staff is required through the alarm function of the ventilator. Therefore, this study designed a sensor module to generate an accurate alarm by identifying the degree of clogging and clogging location of foreign substances in the intubation tube. In the module, a flow sensor, a pressure sensor, and a microphone were used to measure changes according to air and intake. In addition, a ventilator, an artificial intubation tube according to the degree of blockage and the location of the blockage, and a lung simulation phantom were used. Each breathing signal was simultaneously obtained using a LabVIEW. The degree of clogging (10%, 30% and 50%) and clogging positions (10cm, 20cm, and 30cm) were controlled by manufacturing three stages of artificial foreign substances, respectively. As a result, in the flow rate data, a waveform showing a difference according to the degree of clogging and the clogging position was confirmed. In this study, it is believed that the degree of clogging and the location of clogging can be distinguished through self-manufactured modules.

1. 연구 배경

인공호흡기는 호흡이 곤란한 환자의 폐에 공기나 기체를 불어넣고 빼내서 호흡을 도와주는 기계로, 자발적으로 호흡할 수 없거나 호흡이 불충분한 환자에게 주로 사용된다. 그 중 무호흡 및 중환자 또는 기도 유지가 필요한 환자에게 기관 내로 튜브를 삽입하여 기도를 유지하고 환기와 산소화가 효율적으로 이루어질 수 있도록 도와준다. 대부분 중증 환자에게 사용되기 때문에 삽관 튜브가 꺾이거나 이물질에 의해 막힌다면 환자의 생명까지 위협할 수 있는 매우 치명적인 결과를 초래할 수 있다[1]. 그렇기 때문에 의료진의 지속적인 관리 필요하다.

객담, 구토물, 출혈 등과 같은 폐내 분비물에 의해 삽관 튜브가 폐쇄되는 일이 종종 발생한다[2,3]. 삽관 튜브에 폐쇄가 발생되면 흡인용 카테터를 이용하여 이물질을 제거하거나, 삽관 된 튜브를 발관하여 다른 튜브로 교체 해주어야 한다. 그러나 삽관 된 튜브를 발관하는 과정은 환자 기도 손상, 감염 및 부작용이 발생할 수 있기 때문에 최대한 빠르게 제거해야 하여 환자 및 의료진에게 부담이 될 수 있다. 따라서 흡인용 카테터로 이물질 제거가 어려울 정도의 폐쇄가 진행되어 발관을 하기 전에 의료진이 수시로 확인하여 이물질을 제거해줘야 한다. 하지만 의료진의 실시간 모니터링이 어렵기 때문에 인공호흡기 알람 기능 등을 통해 의료진의 신속하고 정확한 인지가 요구된다.

인공호흡기를 시행하는 환자에게 호흡을 원활하게 제공하는데 문제가 발생하게 되면 환기기에서 경고 메시지와 경보음이 울려 의료진에게 알린다. 이러한 알람

기능은 환자의 위험 상태를 전달하는데 상당히 기여하고 있다. 기관 삽관 시 이물질로 인해 폐쇄가 일어날 경우, 고압 경고 및 분당 호흡량 감소 등에 메시지가 발생된다. 그러나 이러한 위험 경고가 인공호흡기의 오작동으로 인해 발생하는 경우가 있고, 정확성이 떨어진다는 문제점이 발견되었다[4,5]. 오작동하는 알람은 의료진의 위험도 인식 정도를 낮추기 때문에 매우 위험하다. 본 연구는 인공호흡기 알람 기능의 민감도 및 정확성을 향상시키고자 기도 삽관 튜브의 변화를 정확하게 측정할 수 있는 센서 모듈을 설계하였다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 압력센서, 유량센서, 마이크를 사용한 센서 모듈을 보여준다. 압력센서는 0~5kPa 압력 범위를 가진 센서를 선택하였다. 유량센서는 측정 범위 -100 ~ +250slm이며, 정확도 ±2%mv인 센서를 사용하였다. 마이크는 고성능 및 저전력의 마이크를 사용하였으며, 연결관에 부착될 수 있도록 케이스를 제작하였다. 그림 1과 같이 3개의 센서가 연결된 센서 모듈을 설계한다.



그림 1. 실험 연결도

연결관은 Solidworks와 3D 프린터 (Single Plus, CUBICON)을 이용하여 제작하였다. 연결관 위에는 마이크가 연결되고, 아래에는 압력센서, 우측에는 유량센서, 좌측에는 인공호흡기의 호흡 회로 튜브가 연결되도록 설계하였다. 연결관 내부는 모든 면에 굴곡을 만들어 인공호흡기와 폐 사이 공기 흐름을 최대한 방해하지 않도록 설계하였다. 그림 2는 센서 모듈의 디자인 도면과 실제 모습을 보여준다. 전체 센서 모듈의 크기는 대략 검지손가락 길이이다. 연결관과 유량센서 사이에서 공기가 새지 않도록 하기 위해 그림 2 (a)와 같이 유량센서가 연결관에 끼워질 수 있도록 이중으로 설계하였다.

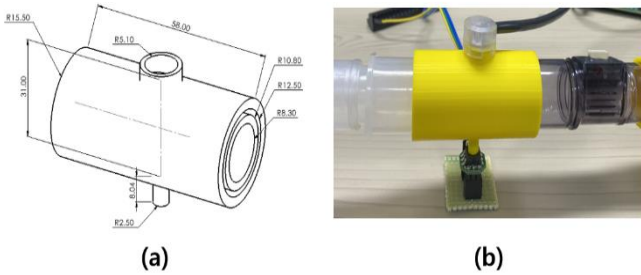


그림 2. (a) 센서 모듈 도면, (b) 실제 센서 모듈 연결 모습

마이크, 압력센서, 유량센서 모두 3.3V 전원 전압을 사용한다. 안정적인 전원 전압을 인가하기 위해 전압안정기 (Regulator)를 사용하였다. 센서의 데이터는 랩뷰 (LabVIEW)를 이용해 획득하였다. 각 센서의 샘플링 레이트 (sampling rate)를 다르게 설정해주기 위해 2개의 DAQ를 사용하였으며, 하나는 압력센서와 유량센서의 데이터를 받아드리고, 다른 하나는 마이크의 데이터를 획득하는데 사용되었다. 압력센서와 유량센서는 1kHz의 샘플링 레이트를 사용하였고, 마이크는 16kHz의 샘플링 레이트를 사용하여 데이터를 획득하였다. 인공호흡기와 센서 모듈, 랩뷰가 연결된 전체 실험 연결도는 그림 3에서 보여준다.

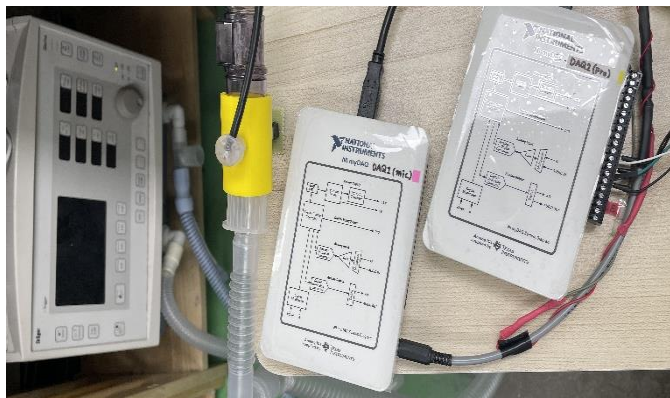


그림 3. 전체 실험 연결도

이물질에 의한 기도 삽관 튜브의 막힘 정도 및 막힘 위치는 실제 기도 삽관 튜브와 비슷한 고무 재질(Shore 95)을 이용하여 제작하였다. 막힘 정도는 막힘이 없는 0%를 기준으로 10%, 30%, 50% 막힘에 따라 인공 삽관 튜브를 제작하였다. 막힘 위치는 인공호흡기와 가까운 위치부터 실험1(10cm), 실험2(20cm), 실험3(30cm)으로 구분하였다. 본 연구 데이터는 막힘 정도 3가지와 막힘 위치 3가지에 따라 총 9번의 실험으로 데이터를 획득하였다.

3. 연구 결과

그림 4는 막힘 정도와 막힘 위치에 따른 센서의 출력 그래프를 보여준다. 유량센서는 노랑색, 압력센서는 주황색, 마이크는 파랑색으로 출력 파형을 나타내고 있다. 유량센서의 출력 그래프를 보면, 실험1 50% 파형과 실험3 50% 파형이 호기 부분에서 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 다시 말해, 인공호흡기와 가까운 곳에 이물질이 있는 경우 숨을 내뿜는 영역에서 유량의 파형이 다른 막힘 정도 및 막힘 위치 파형에 비해 크게 튀는 것을 확인할 수 있다. 따라서 유량 센서의 결과 파형 분석을 통해 막힘 정도와 막힘 위치를 분류할 수 있을 것이다.

또한 추후 압력 센서와 마이크 데이터에도 신호 처리 알고리즘을 적용한다면 막힘 정도 및 막힘 위치 별로 구별이 가능할 것을 예상된다.

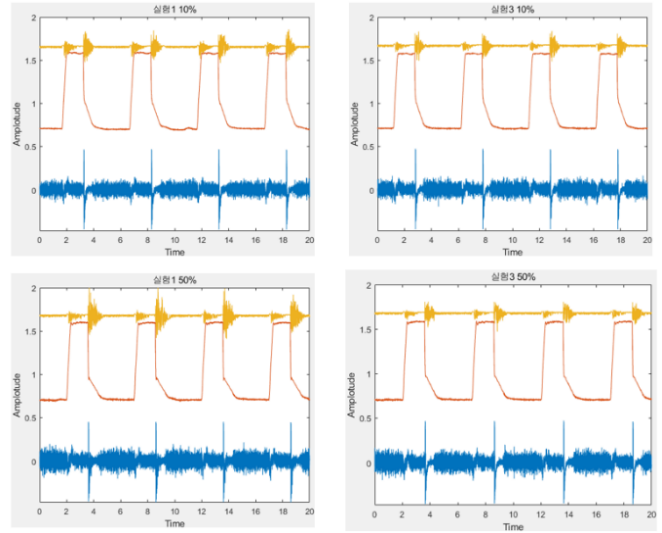


그림 4. 막힘 정도와 막힘 위치에 따른 압력센서, 유량센서, 마이크 출력 파형 그래프 (압력센서 주황 파형, 유량센서 노랑 파형, 마이크 파랑 파형)

4. Acknowledgements

이 논문은 범부처 전주기 의료기기 연구개발사업의 지원으로 수행된 것임(KMDF_PR_20200901_0079).

5.참고 문헌

- [1] 이문옥, et al. (1997). 이중관 기관내삽관에 의한 전신마취중 점액으로 인한 기도폐쇄-증례 보고. Korean Journal of Anesthesiology (구 대한마취과학회지), 32(1), 135-138.
- [2] Chon, Sungsik, et al. (2005). Delayed Obstruction of Endotracheal Tube by Previously Aspirated Foreign Body: A Case Report. Korean Journal of Critical Care Medicine, 20(2), 174-177.
- [3] 이상준, et al. (2009). 기도분비물에 의한 기관 내 튜브의 부분 폐쇄. 인제의학, 30(1), 91-96.
- [4] Chatwin, M., et al. (2010). Analysis of home support and ventilator malfunction in 1,211 ventilator-dependent patients. European Respiratory Journal, 35(2), 310-316.
- [5] Cvach, Maria M., et al. (2020). Ventilator alarms in intensive care units: frequency, duration, priority, and relationship to ventilator parameters. Anesthesia & Analgesia, 130(1), 9-13.