

스텝 모터 펌프를 이용한 맥진 가능한 시뮬레이터의 개발

류근택* · 우성희**

*강동대학교 **한국교통대학교

Development of pulse diagnosis possible simulator using the stepper motor pumps

Geun-Taek Ryu* · Sung-Hee Woo**

*Gangdong University, *Korea National University of Transportation

E-mail : gtryu@gangdong.ac.kr*, shwoo@ut.ac.kr**

요 약

의료산업의 급속한 변화와 의료 및 간호 인력의 증가로 인하여 가상 시험 장치에 대한 개발이 요구되고 있으며 심장 모델링할 수 있는 시뮬레이터와 혈관, 혈류에 대한 실습장비에 대한 개발의 중요성이 증가하고 있다. 따라서 본 연구에서는 스텝 모터를 이용하여 심장 펌프를 제작하여 동맥과 정맥 혈압, 혈류 시뮬레이션을 위한 장비를 개발하고 그 기능을 평가하고자 한다. 제안 시스템은 심장 시뮬레이션을 위한 펌프와 동맥, 정맥 혈관의 저항을 모사하기 위한 밸브장치 그리고 정맥계의 특성을 나타내는 저감장치로 구성한다. 심장 시뮬레이터는 룡거펌프(BOXER)를 사용하였으며 동맥과 정맥혈관은 실리콘 튜브를 사용하고 저감장치를 설계 및 제작하였다. 그리고 동맥혈압 측정을 위하여 압력센서를 사용하였다. 또한 제안 시스템의 평가를 위하여 심장 박동수는 분당 60회로 혈압의 범위는 50 ~ 100mmHg로 선정하여 측정 혈압과 사람의 혈압을 비교 평가하였다.

ABSTRACT

Virtual testing devices are required due to rapid changes in the health care industry and the increase of the medical or nursing workforce. The importance of devices such as the simulator, blood vessels, and lab equipment for modeling blood flow to the heart is increasing too. In this study, we made heart pump by using a step motor and developed device which simulates arterial, venous blood pressure, and blood flow. We finally evaluated the function of proposed device. The proposed system is composed of the pump for simulating, the valve device to describe the resistance of the artery and vein, and a reducing device showing the characteristics of the venous system. We used BOXER pump for heart simulator and silicon tube for arterial and venous vessels, and designed a reducing device. We also used the pressure sensor to measure arterial blood pressure. For the evaluation of the proposed system, we selected a range of 50~100mmHg of the blood circuit 60 per minute and then compared the blood pressure of a person and the measured blood pressure.

키워드

Arterial and Venous blood pressure, Heart pumps Simulation, Pressure sensor device

I. 서 론

의료산업의 급속한 변화와 의료 및 간호 인력의 증가로 인하여 가상 시험 장치에 대한 개발이 요구되고 있으며 심장을 모델링할 수 있는 시뮬레이터와 혈관, 혈류에 대한 실습장비에 대한 개발의 중요성이 증가하고 있다[1]. 다양한 원인들로 인해 발생하는 심혈관 질환의 여러 현상들을 규

명하기 위해 전 세계적으로 많은 연구들이 이루어지고 있다[2,3]. 심혈관 질환연구의 대표적 방법은 동물이나 사람을 이용한 임상시험이다. 그러나 임상연구는 막대한 비용과 오랜 시간이 걸린다는 단점이 있다[4,5]. 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션은 적은 비용으로 빠른 결과를 얻을 수 있지만 실험 조건이 까다로워 사용할 수 있는 범위가 매우 제한적이다. 따라서 시뮬레이터는 이와 같은 문제점들을 해결해주며 비교적 저렴한 비용으로 심혈관

계의 다양한 특성을 실험할 수 있다. 혈압은 심혈관 질환에서 가장 중요한 인자이며, 동맥계의 물리적 특성에 많은 영향을 받으나 기존의 심혈관계 시뮬레이터의 연구에서 혈관의 혈압특성에 초점을 맞춘 연구[6]는 매우 부족한 형편이다. 또한 혈압과형은 동맥의 위치에 따라 형태가 서로 다르므로 다양한 혈압과형을 구현할 수 있는 시뮬레이터가 필요하다. 혈압측정은 크게 침습적(invasive)방법과 비침습적(noninvasive)방법으로 분류되며 의사가 환자의 치료를 위한 전제조건으로 반드시 측정해야 하는 항목인 만큼 그 중요도는 매우 높다 할 수 있다. 그럼에도 불구하고, 교육현장에는 마땅한 혈압발생 시뮬레이터가 없는 실정이며 혈압계의 성능을 테스트하는 것도 용이치 못하다는 문제점이 있었다[7].

본 논문에서 동맥과 정맥에 관한 다양한 혈관 실습을 할 수 있는 시뮬레이터를 제안하였다. 제안 시스템은 스텝 모터와 통거 펌프를 이용하여 혈액펌프를 제작하고 동맥과 정맥의 압력차를 얻기 위하여 팔뚝 모형의 손목 부분에 감압장치를 추가하여 제작하였다. 또한 IBP-PC에서는 모터제어와 동맥혈압을 모니터링 할 수 있는 인터페이스 프로그램을 개발하였다. 이와 같이 제작된 제안 시스템은 동맥에서 맥진과 IBP 혈압을 정맥에서는 기존의 정맥 주사, 채혈 등의 실습을 할 수 있다. 제안 시스템의 평가는 모니터링 과형과 환자감시 장치의 과형 그리고 맥박수를 이용하여 평가하고자 한다.

II. 혈압과 맥박 계측 시스템

혈압측정은 보통 정상인의 경우에는 혈압을 주기적으로 측정할 필요성은 없으나 고혈압 환자의 경우에는 수시로 측정하여 약물이나 기타 의료처방을 해야 하며 응급실의 위급환자의 경우에는 지속적인 혈압 측정이 필요하다. 특히 수술실에서는 혈압에 따른 기만한 대응이 필요하므로 침습적인 방법을 써서 지속적으로 혈압을 측정한다 [8]. 제안 시스템의 구성은 그림1과 같이 심장 시뮬레이션을 위한 펌프와 동맥, 정맥 혈관의 저항을 모사하기 위한 밸브장치 그리고 정맥계의 특성을 나타내는 저감장치로 구성하였다.

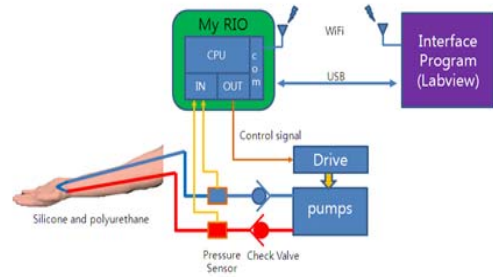


그림 1. 혈압 시뮬레이터 블록도

제안 시스템에서 중요한 것은 심장 모델링을 위한 펌프로 그림 2와 같은 스텝 모터 이용한 통거 펌프를 사용하였다. 이 펌프의 특성 파라미터는 Step과 Rate 그리고 Delay를 선정하여 회전 속도와 출력 과형을 결정하도록 하였다. 시스템의 구성은 심장을 시뮬레이션을 위한 펌프와 동맥, 정맥 혈관의 저항을 모사하기 위한 밸브장치 그리고 정맥계의 특성을 나타내는 저감장치로 구성하였다. 심장 시뮬레이터는 통거 펌프를 사용하였으며 동맥과 정맥 혈관은 실리콘 튜브를 사용하고 저감장치를 설계 및 제작하였으며 시스템의 동맥혈압을 모니터링 하기 위하여 IBP압력센서(IEC 60601-2-34)를 사용하였다.

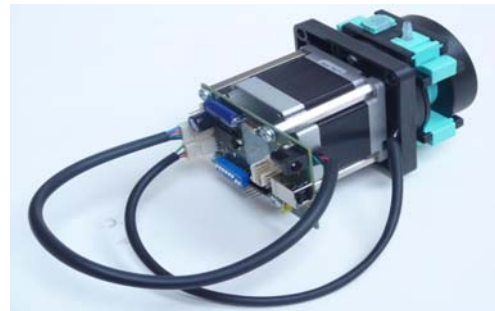


그림 2. 통거 펌프(BOXER pump)

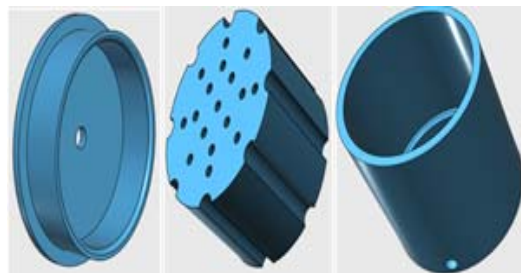


그림 3. 3D 프린터로 설계한 감압기

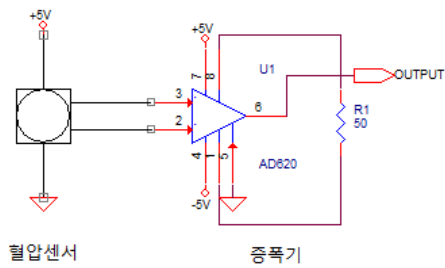


그림 4. IBP 혈압센서와 증폭기

혈압센서에서 튜브의 압력은 임상에서 사용하는 침습적 혈압계(1620 pressure sensor, MSI sensors, Inc.)를 사용하였으며 이 센서는 브리지 형태의 센서로 $5\mu\text{V}/\text{mmHg}$ 의 감도를 제공한다. 튜브의 압력은 펌프로부터 15cm 떨어진 지점에서 측정하였다. 증폭을 위하여 그림과 같이 AD620을 사용하여 500배 증폭하여 My-RIO 임베디드 시스템에서 아날로그 입력 신호를 12비트 A/D하여 모니터에서 확인할 수 있도록 프로그래밍 하였다.

III. 제안 시스템의 실험 및 고찰

제안 시스템의 혈압과 맥박 계측 시스템은 스텝 모터를 이용하여 모델링할 수 있는 심장 펌프를 제작하여 동맥과 정맥혈압, 혈류 시뮬레이션을 위한 장비를 개발하고 그 기능을 평가하고자 한다. 심장 시뮬레이터는 룡거 펌프를 사용하였으며 동맥과 정맥혈관은 실리콘 튜브를 사용하고 저감장치를 설계 제작하였으며 동.정맥 혈압 측정을 위하여 IBP 혈압센서(MEDTEQ)를 사용하였다. 제안한 심혈관 시뮬레이터 장치는 그림 5와 같이 제어부, 펌프 및 혈관 그리고 모세혈관을 모델링한 저감장치 그리고 각 시스템을 제어와 혈압 검출을 위한 인터페이스를 나타내었다. 제안 시스템에서 Ry-RIO 임베디드 시스템과 PC간에 인터페이스 위하여 Labview 프로그램으로 구현하였으며 펌프 조절부분과 혈압신호 출력부분으로 설계하였다.

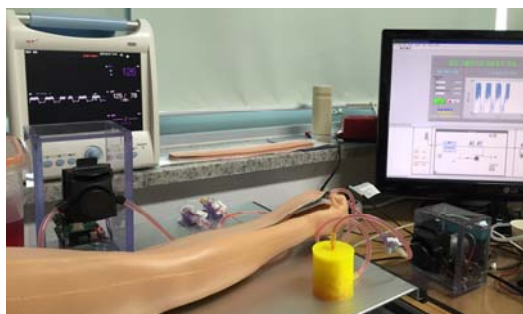


그림 5. 제안 심혈관계 시뮬레이터 장치

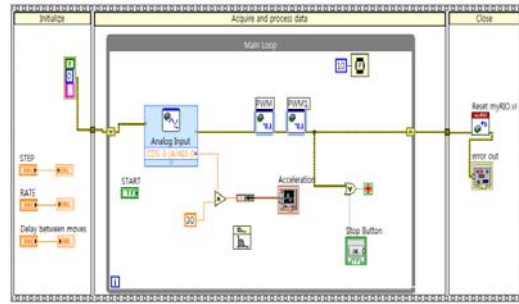


그림 6. 제어 프로그램

My-RIO 임베디드 시스템과 펌프제어 그리고 혈압센서에서 들어오는 신호를 증폭한다. 그림 6은 스텝 펌프를 제어하기 위한 소프트웨어로 각 파라미터는 다음과 같이 결정하여 실험하였다. Step의 범위는 50~100으로 하였으며 Rate는 800으로 하고 지연시간(delay time)은 0.5~1로 하여 시뮬레이션을 진행하였다. 여기서 Rate가 800이면 초당 4회전 하도록 파라미터들을 결정하였다.

본 연구에서 사용된 실리콘의 탄성계수는 $14 \times 10^6 \text{ dyn}/\text{cm}^2$ 이며, 동맥혈관의 탄성계수는 $4 \times 10^6 \text{ dyn}/\text{cm}^2$ 이다. 그림 7과 8는 제안 시스템의 실험 결과이며 그림8은 동맥혈관의 혈압을 측정된 결과이고 그림 9는 정맥혈관의 혈압을 측정된 결과이다. 그림에서 확인할 수 있듯이 동맥혈관과 정맥혈관이 사이에 모세혈관을 모델링하여 감압하는 장치를 설계 및 제작하여 실험한 결과 우수한 결과를 얻을 수 있다. 그림 9는 환자감시장치((주)MEK,MP-800)을 이용하여 동맥혈관의 혈압을 측정된 결과이다.

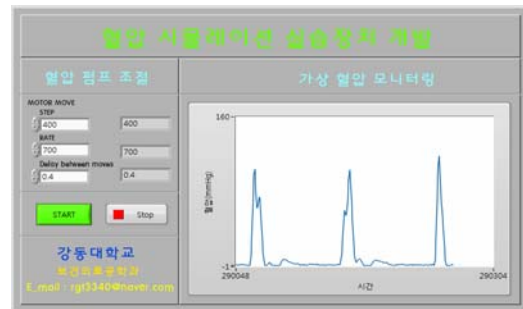


그림 7. 동맥혈관의 혈압측정 결과

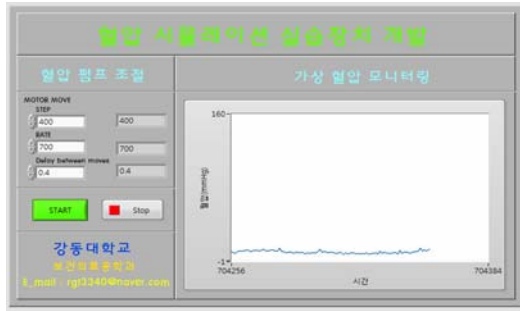


그림 8 . 정맥혈관의 혈압측정 결과



그림 9 환자감시 장치의 IBP 혈압 결과

이와 같이 제안 시스템의 타당성을 검증하기 위하여 컴퓨터에서 계측된 혈압신호 파형과 의료기에서 계측 신호 파형을 비교한 결과를 사람의 심장파와 유사하도록 하여 동맥과 정맥 혈압을 유사하게 얻을 수 있었다. 그리고 환자감시 장치에서 맥박수를 측정된 결과 60~65회로 얻을 수 있었다. 결과적으로 제안 시스템은 동맥과 정맥 혈압 그리고 모세혈관을 모델링하여 혈압 펌프와 감압장치를 구현하여 의료분야에서 정맥주사 연습이나 약물주입, 카테터 삽입으로 침습적인 혈압 계측, 혈액샘플 채취 등의 연습에 적합하며 다양한 의료 실습에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 스텝 모터를 이용하여 심장 펌프를 제작하여 동맥과 정맥 혈압, 혈류 시뮬레이션을 위한 장비를 개발하고 그 기능을 평가하고자 한 것이다. 제안 시스템의 구성은 심장 시뮬레이션을 위한 펌프와 동맥, 정맥 혈관의 저항을 모사하기 위한 밸브장치 그리고 정맥계의 특성을 나타내는 저감장치로 구성하였다. 심장 시뮬레이터는 룽거 펌프로 심장을 모델링하고, 동맥과 정맥 혈관은 실리콘 튜브의 두께를 기본적으로 0.8mm로 하여 실험적으로 결정하였으며 동맥과 정맥 사이에 저감장치를 설계하여 감압하므로 동맥혈관에서는 침습적인 혈압측정을, 정맥혈관에서는 정맥 주사

및 채혈 실습을 할 수 있다는 것이다. 제안 시스템의 평가를 위하여 심장 박동수는 분당 60회로 혈압의 범위는 50 ~ 100mmHg로, 환자감시 장치 MP-1000을 이용하여 측정된 결과 맥박수 50-55와 혈압범위는 30 ~ 150mmHg로 측정됨을 확인하였으며 실습장비로 활용하는데 유용할 것으로 평가되었다. 제안 시스템의 결과를 기반으로 향후에는 심혈관계 질환에 가장 큰 영향을 미치는 동맥계의 물리적인 특성을 잘 반영할 수 있는 심혈관계 시뮬레이터에 대한 연구가 요구된다.

참고문헌

- [1] 김병진, 박재훈, 장인배, “혈압 및 맥박 측정 혼력용 시뮬레이터 개발”, 대한 기계학회 2010년 춘계학술대회 논문집.
- [2] 고일선 외 7, “SimMan 시뮬레이션 학습 시나리오의 개발 및 학습 수행 평가”, 기본간호학회지, 제17권 제3호, 2010,8.
- [3] 이주연, 장민, 신상훈, “혈압파형에 초점을 맞춘 심혈관계 시뮬레이션의 개발”, 의공학연구 논문지 34, pp40-45, 2013.
- [4] K.H. Kim, C.M. Hwang, G.S. Jeong, C.B. Ahn, B.S. Kim et al., “assessment of Hemodynamic Properties of Trileaflet Polymer Heart Valve Manufactured By Vacuum Forming Process,” J. Biomed. Eng. Res., vol. 27, no. 6, pp. 418-426, 2006.
- [5] J. Bruma, D. Biab, N. Benecha, G. Balaya, R. Armentanob et al., “set up of a cardiovascular simulator: application to the evaluation of the dynamical behavior of atheroma plaques in human arteries,” Physics Procedia, vol. 3, pp. 1095-1101, 2010.
- [6] H. Schima, H. Baumgartner, F. Spitaler, P. Kuhn and E. Wolner E, “modular mock circulation for hydromechanical studies on valves, stenoses, vascular grafts and cardiac assist devices,” Int J Artif Organs, vol. 15, no. 7, pp. 417-421, 1992.
- [7] R.J. Rodeheffer, G. Gerstenblith, L.C. Becker, J.L. Fleg, M.L. Weisfeldt et al., “exercise cardiac output is maintained with advancing age in healthy human subjects: cardiac dilatation and increased stroke volume compensate for a diminished heart rate,” Circulation, vol. 69, no. 2, pp. 203-213, 1984.
- [8] GM. Pantalos, C. Ionan, SC. Koenig, KJ. Gillars, T. Horrell et al., “expanded pediatric cardiovascular simulator for research and training,” ASAIO J, vol. 56, no. 1, pp. 67-72, 2010.