

유전율 변화를 이용한 수액 기포 검출 및 성분 분류

강승진[○], 김경남, 이영재, 임민규, 이재호, 박희정, 이정환[†]

[○]건국대학교 의학공학부

e-mail:riversjin89@gmail.com*

Air Bubble Detecting and Impurity Classification by permittivity change

Seung-Jin Kang[○], Kyung-Nam Kim, Young-Jae Lee, Min-Gyu Lim, Jae-Ho Lee, Hee-Jung Park,

Jeong-Whan Lee[†]

[○]Dept. of Biomedical Engineering, Konkuk University

● 요약 ●

본 논문에서는 커패시턴스를 이용해 수액 내에 있는 공기방울을 검출하고 수액의 성분을 구분 할 수 있는 측정기의 원리에 대해 제시해보려 한다. 이 측정기의 원리는 유전율의 변화를 감지하여 수액의 종류를 판단하고, 수액 내부의 기포를 검출해내는 등 의원성 사고를 근본적으로 막는 데에 그 의의가 있다. 실험결과 본 연구에서 제작한 측정기로 수액에 따른 값의 차이를 확인하였고, 발생한 기포에 대한 출력 결과를 확인할 수 있었다. 본 연구를 통해 커패시턴스 차폐의 정도가 결과의 신뢰도 측면에 중요한 요인으로 작용하고 있음을 확인 할 수 있었다. 향후 외부 간섭에 따른 노이즈에 대한 추가적인 커패시턴스 차폐 연구가 필요한 것으로 판단된다.

키워드: 커패시턴스(capacitance), 기포 검출기(air bubble detector)

I. 서론

현대 의학과 의료기기의 발전에도 불구하고 의원성 사고들은 여전히 전문가들에게도 간혹 발생 하고 있다. 특히 병원에서 쉽게 볼 수 있는 수액 주사로 인한 사고 사례를 들 수 있으며 간경화 환자에게 아미노산 제제를 투여하면 대사가 제대로 이루어지지 않아 독성이 뇌에 영향을 끼쳐 혼수상태를 일으킬 수 있다[1]. 또한 노후화 된 장비로 인해 수액 주머니 안에 다량의 기포가 들어가게 되고 이것이 혈액 안으로 들어가 공기 색전증이라는 질병을 야기 할 수 있다. 즉, 환자의 상태를 정확하게 진단하지 못해 수액의 종류를 잘못 선택하거나 임상에서의 다양한 시술 안에서의 실수 혹은 기계적인 문제로 인해 변화하는 등의 여러 가지 요인이 수액 주사 의원성 사고 원인이 되어져 왔다. 이러한 실수에 대해 환자나 환자를 담당하는 의사들은 항상 사고 발생 가능성에 대해 인식하고 있는 것이 중요하지만 [2].

위에서 다루는 주된 문제는 두 가지다. 첫째는 기포유입에 의한 사고, 둘째는 적절치 못한 수액의 사용이다. 이러한 문제들을 해결하기 위해 투약되기 전에 미리 기포를 차단하거나 투약되는 수액

의 종류를 구별 하는 방법이 있다. 이미 광센서를 이용한 방법, 도플러 효과를 이용한 방법 등 여러 가지 방법들이 연구 되어왔지만 본 연구에서는 커패시턴스를 적용한 검출기를 이용해 수액 종류를 분류하고 기포를 검출해 내는 방법을 제시해본다.

II. 본론

유전율은 커패시턴스를 결정하는 요인 중 하나이다. 두 평행한 금속판을 두고 양 판에 전위차를 만들면 식 (1)과 같은 커패시턴스가 형성된다.

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d} \quad (1)$$

여기서 d는 두 판의 거리를 말하고, A는 각 판의 면적, ϵ_0 는 진공의 유전율, ϵ_r 은 사용된 부도체의 유전상수 혹은 상대 유전율을 말한다. 이러한 관계를 다음과 같은 구조로 측정 프로브(Probe)를 설계하였다.

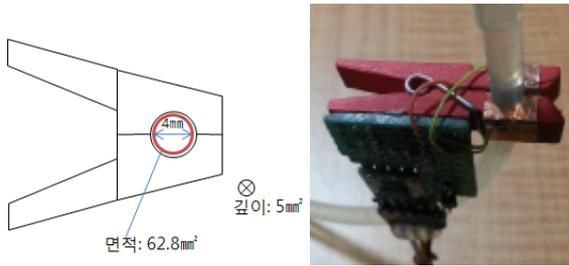


그림1. 커패시턴스 측정 부 클립
Fig. 1. Clip for capacitance measurement

직경 4mm의 관을 집어 수 있는 정도의 구멍을 뚫고 둥근 면을 면적 62.8mm²의 동판으로 둘러 붙여서 안쪽 면이 맞닿는 부분에서만 커패시턴스가 형성되도록 하였으며 외부의 전자기적 영향을 최소화하기 위한 방안으로 능동보호(Active shield)처리를 하였다(그림1).

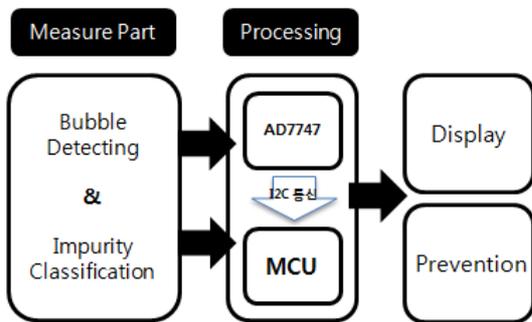


그림2. 시스템 구성도
Fig. 2. System Architecture

유전율에 따른 커패시턴스 데이터를 얻기 위해 AD7747소자를 선택했고 이 측정소자와 통신하기 위한 마이크로컨트롤러 MSP430F249를 함께 구성하였다. AD7747 데이터 시트를 참고해 각 수액 종류에 따른 출력 값의 차이와 기포의 유무에 따른 유전율 변화 여부를 확인하였다.

AD7747소자는 측정 범위로는 - 8.192pF 에서부터 +8.192pF까지의 범위를 측정하며 총 24bit의 해상도를 가지므로 각 비트당 1 aF 의 초정밀 간격을 나타낸다. 이 대응된 값으로 출력 값을 계산하여 표 1에 정리하였다.

표1. 수액 종류에 따른 커패시턴스 비교
Table 1. capacitance comparison of different types of saps

항목	값
물	4.4607pF±0.0033
생리식염수	4.4745pF±0.0020
기포	4.483pF

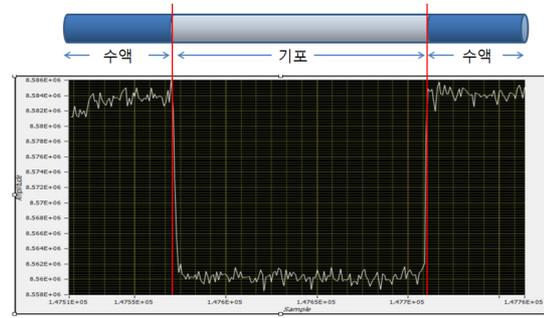


그림 3. 수액과 기포에서의 커패시턴스 변화 파형
Fig. 3. Waveform of capacitance change between sap and air bubble

실험 결과 그림 3처럼 기포가 지나갈 때 구형과와 같은 모습으로 진행되는 파형을 얻었다. 관 내부가 비었을 때 측정값은 4.483 pF 으로 물 일 때의 출력 값과는 약 0.021 pF, 식염수 일 때에는 약 0.007 pF 정도의 차이를 보였다.

기포 발생 시 측정된 파형이 즉각적인 값의 변화를 일으키므로 기포 검출을 위한 기준으로 중간 값 4.479 pF 을 정하여 기포의 발생 유무를 분별할 수 있었다.

III. 결 론

본 연구에서는 커패시턴스를 이용한 기포 검출기 모델을 제시하였으며 결과적으로, 커패시턴스를 이용한 방법으로 기포의 검출과 수액 종류의 분류가 가능하였다. 추가로 주변 영향으로 인한 노이즈가 측정할 때마다 오차를 발생하는 문제를 해결하기 위해 추가적인 커패시턴스 차폐 연구가 필요할 것으로 생각한다.

감사의 글

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임 (2013-A419-0009)

참고문헌

- [1] Moo Il Kwon, M.D. "The Types of Medical Accidents and Strategies for Prevention", Korean J Anesthesiol Vol. 53, No. 5, November. 2007.
- [2] S.W. Lee, H.H. Kang, M.H. Kim, H.M. Kwon, J.M. Lee, "Air in the Left Brachiocephalic Vein Accompanied with Pulmonary Edema," Tuberculosis and Respiratory Diseases Vol. 65, No. 1, Jul. 2008.
- [3] M.G. Abdalrahman, A.B. Adam and J.O. Dennis, "Capacitive Device for Air Bubbles Monitoring", International Journal of Electrical & Computer Sciences IJECS Vol. 9 No. 10.