

# AI 기반의 혈액투석기 모니터링 시스템 개발

김홍윤\*, 김서홍\*, 박해련\*

\*주식회사 제우기술

[kimhongyoon@naver.com](mailto:kimhongyoon@naver.com), [seuhong999@naver.com](mailto:seuhong999@naver.com), [irene0112@nate.com](mailto:irene0112@nate.com)

## Development of AI-based Hemodialysis machine monitoring system

Hong-youn Kim\*, Seu-hong Kim\*, Hai-lian Piao\*

\*R&D Lab, Zeus tech co.,ltd

### 요 약

본 논문에서 기존의 혈액투석기는 회전하는 모터를 사용하여 구성하였으나 이러한 모터는 정밀도, 반복정밀도가 50um 이하로 가공물 가공시에 치기공사나 치과의사가 사람에게 맞추어 다시 작업을 해야하는 불편함과 시간적, 작업자의 피로도를 높일수 있는데 이러한 모터에 스크류나 벨트를 연결하여 선형적으로 움직일 수 있는 리니어모듈과 리니어모터를 적용하게되면 20um수준의 고정밀의 위치 제어가 가능한 혈액투석기를 만들 수 있었다. 또한 MEMS센서를 이용하여 모터의 상태를 모니터링하고 임계값을 지정하여 이상 신호 발생시 모터를 멈추어 위험상황에 대해서 인공지능기법을 이용하여 정지하거나 관리자에게 알림을 주어 효과적으로 혈액투석기를 운영할 수 있도록 하였다.

### 1. 서론

최근 혈액투석기의 기술 및 시장은 기계, 로봇, PLC등의 기술들이 점차 발전하고 있다.

또한, 병원에서 사용하고 있는 기존의 혈액투석기를 이용해서 데이터를 받아 병원내의 데이터로 축적하고 이후 이런 데이터를 통해서 다음 방문시 효과적인 혈액투석을 위해서 환자에게 효과적인 치료를 제안하고 있는 것이 많아지고 있는 실정이다.

이렇게 기술이 발전하면서 단순히 혈액투석 솔루션 뿐만 아니라 관리자나 작업자가 실제 기기를 운영하면서 센서나 모터속도의 변수가 있어서 작업자가 설정하는 값이 달라서 실제 혈액투석을 하고서 후유증이나 심장질환이나 신장질환등의 문제가 발생하여 혈액투석 중 부작용으로 인한 분쟁이 발생하고 있다. 이러한 문제는 회전형 모터를 사용하기 때문에 낮은 정밀도를 갖게 되고 동시에 업무의 분업화 및 작업장비의 분리가 되어있고 환자마다의 데이터 값이 달라서 이를 직접 투석하기 위해서 작업시간이 증가되고 문제가 발생하고 있다.

이러한 문제점을 인식하여 환자의 혈액이 나가고 들어오는 값을 인지하기 위한 센서와 모터에 가속도 센서와 고정밀 위치제어가 가능한 리니어모터를 이

용하여 20 $\mu$ m수준의 정밀도로 헤파린이 주사될 수 있도록 하는 포터블 혈액투석기를 개발하였다. 또한 이러한 문제점을 모니터링하고 임계값을 정하여 확인할 수 있도록 MEMS센서를 모터에 부착하여 실제 운용을 하면서 데이터를 확인하고 이러한 데이터를 기반으로 AI기반의 혈액투석기를 개발해보았다.

### 2. 혈액투석기의 문제점 및 해결방안

본 논문에서는 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 기존 장비의 편의성을 증대시켜 유저의 생산성을 향상시키고, 물적/인적 자원의 소요를 감소시켜 비용을 절감할 수 있는 혈액투석기를 개발이며 다른 목표는 현재 환자의 혈액상태나 용도별로 사용하고 있는 장비를 개선하여 한 대의 장비로 어떤 환자든 상관없이 모두 데이터를 취합하고 피드백을 줄 수 있는 범용장비를 개발하고자 하는 것이다. 이러한 핵심 목표를 달성하기 위해서는 혈액 이송 및 장착시의 정확도와 리니어모터의 고출력으로 인한 진동을 제어하여 혈액 이송정밀도를 향상시키는 방안에 대한 개발이 핵심사항이다.

혈액투석시 헤파린양의 제어를 위한 리니어모터의 위치의 정확도는 원점을 모터의 어느 부위로 선정하더라도 동일한 위치로 투석되기 때문에 환자에게 미

치는 영향이 없지만, 하나의 기기로 환자가 바뀌는 것을 가정할 때 센서 및 모터의 임계값에 대한 데이터가 문제 발생시 원점으로 하여 이동되어야 하므로 혈액투석전 원점의 구동 및 위치선정이 필수적이다. 기존의 로터타입 투석기의 경우 지그에 장착 시 원점의 오차가 발생하였기에 디스크형태의 투석기는 가능하였으나, 혈액투석시 헤파린 제어 및 구동에 있어서는 정밀도가 충분하지 못하여 적용이 어려웠다. 따라서 혈액필터 및 혈액투석을 위한 리니어모터 장착 시 그 위치오차를 20 $\mu$ m 이내로 감소시켜 고정밀 위치제어가 가능한 리니어모터를 사용하여 혈액투석기의 범용성을 확보하고자 한다. 또한 Loader에 대한 센서는 최대 8개를 장착 할 수 있도록 개발하였다.

리니어모터의 출력에 대한 출력정밀도는 20 $\mu$ m 이내로 감소시키고 리니어모터의 출력이 어느 이상이 되어야 하나, 출력이 증가 할 경우 진동이 동반되어 혈액투석의 정밀도가 떨어지게 되므로 진동에 의한 구동성도 고려되어야 한다. 본 개발에서는 혈액투석기에서 혈액투석필터, 초순수, 센서를 포함하여 장착 시킴으로써 고풍력의 리니어모터를 채용함에 있어서도 가공물의 출력정밀도를 2/100mm 수준으로 제어하였다.

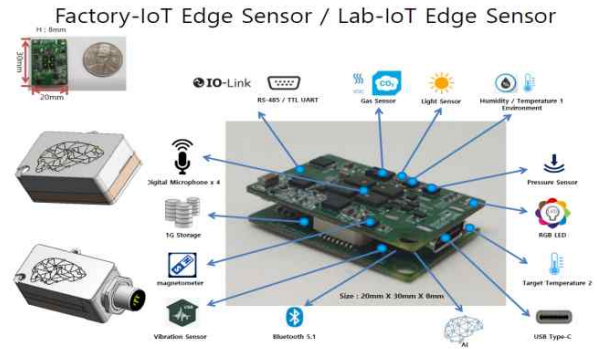
### 3. 혈액투석기 구조개선

기존의 혈액투석기는 회전하는 모터를 사용하여 구성하였으나 이러한 모터는 정밀도, 반복정밀도가 50 $\mu$ m 이하로 구동 시에 환자나 간호사에 의해 맞추어 다시 작업을 해야 하는 불편함과 시간적, 작업자의 피로도를 높일 수 있는데 이러한 모터에 스크류나 벨트를 연결하여 선형적으로 움직일 수 있는 솔루션이나 리니어모터를 적용하게되면 20 $\mu$ m수준의 고정밀의 위치제어가 가능한 포터블 혈액투석기를 만들 수 있었다.

### 4. 혈액투석기 모니터링 기술

혈액투석기에 고정밀 위치제어가 가능한 리니어모터를 제작하였으며, 설계를 통해서 기존의 선진사 제품을 분석, 해석(Reverse engineering)하였으며 [1,2], 모터내에 MEMS센서를 부착하여 리니어모터의 상태를 모니터링 할 수 있도록 구축하였다. 이를 통해서 최적 센서, application 기술 선별할 수 있었으며, 리니어모터의 게인값 최적화, 모터 드라이브 파라메타 연구할 수 있었다.

온도, 습도, 기압, RPM, FFT신호[3,4]를 자체 개발한 MEMS센서를 이용하여 스피들에 부착하고 아래 그림과 같이 모니터링 할 수 있는 프로그램을 만들어 확인할 수 있었으며 스피들 운용시 관련 데이터를 직접 모니터링 할수 있도록 구현하였다.



(그림 1) MEMS 센서 구조도

## 5. 결론

MEMS센서를 이용한 AI기반의 혈액투석기와 모니터링 시스템을 개발하여 리니어모터를 개발함과 동시에 센서 최적 위치에 부착하여 온도, 습도, 속도, FFT신호를 볼 수 있었다. 또한 MEMS 센서의 신호를 통해서 들어오는 데이터를 그래프화 하여 관리자가 쉽게 인식할 수 있도록 구현하였으며 동시에 임계값을 정하여 모터에 전달되는 외력 즉, 심각한 문제를 발생시킬 수 있는 요인에 대해서 미리 모니터링하여 장비에 문제가 없고 스피들에 문제가 없도록 데이터를 축적할 수 있었으며, 이러한 데이터를 기반으로 하여 AI기반의 혈액투석기를 제작 및 구성할 수 있었다.

## 참고문헌

[1] Hoon Heo, Yun Hyun Cho, Dae Jung Kim, "Stochastic control of Flexible beam in Random flutter. Journal of Sound and Vibration" Vol. 267, No. 2, pp335 ~ 354, 2003.  
 [2] 김홍윤, "복합시스템의 모델링 및 제어", 고려대학교, 2016.  
 [3] K. Ogata, Modern Control Systems, Prentice Hall, 2010.  
 [4] N. S. Nise, Control Systems Engineering, Wiley, 2010.