

# 가압식 오실로메트릭 측정법에서 정확한 평균 동맥압 측정을 위한 노이즈 제거 알고리즘

조인희 · 임정현 · 김영길

아주대학교

## Noise Removal Algorithm for Accurate Mean Arterial Pressure Measurement in Pressurized Oscillometric Method

In-hee Joh · Jung-hyun Lim · Young-kil Kim

Ajou University

E-mail : inhjoh@ajou.ac.kr

### 요 약

뇌경색의 예방 및 치료에 있어서 가장 중요한 요소는 대뇌 혈류량을 증가시키는 것이다. 대뇌 혈류를 증가시키는 방법으로는 기본적으로 약물에 의한 방법과 수술 또는 동맥 내에 의료 기구를 직접 삽입하는 침습적인 시술(NeuroFloTM) 등이 있다. 본 논문에서 제안하는 비 침습적인 대뇌 혈류 증가 장치는 합병증 유발 확률이 적고, 환자의 혈압 상태에 따라 치료 수준을 정할 수 있으므로 환자의 부담을 덜어줄 수 있다. 이러한 비 침습적인 대뇌 혈류 증가 장치 구현에 있어, 환자에게 알맞은 치료 수준을 제공하기 위한 정확한 평균 동맥압 값을 측정하는 것이 중요하다. 따라서 노이즈를 제거하기 위해 아날로그 필터 및 디지털 필터를 사용하였고, 피크 값 검출을 위한 알고리즘, 펌프제어 알고리즘 등을 사용하였다.

### ABSTRACT

The most important factor in the prevention and treatment of cerebral infarction is to increase cerebral blood flow. Methods for increasing cerebral blood flow include drug-based methods, the surgery, invasive procedures directly inserting medical devices into the artery(NeuroFloTM) and so on. The noninvasive cerebral blood flow increasing device proposed in this paper can reduce the burden on the patient because the probability of complication is low and the treatment level can be determined according to the blood pressure state of the patient. In implementing such a noninvasive cerebral blood flow increasing device, it is important to measure the accurate mean arterial pressure for provision the appropriate level of treatment for the patient. Therefore, to remove a noise, analog and digital filters were used and algorithm for peak value detection, pump control algorithms and so on were.

### 키워드

Noise removal, Mean Arterial Pressure, Cerebral infarction, Cerebral blood flow, Noninvasive

## 1. 서 론

뇌졸중은 뇌혈관이 막혀서 뇌세포가 죽는 뇌경색, 뇌혈관이 터져서 발생하는 뇌출혈 두 가지로 구성되어 있다. 뇌경색이 발생하는 비율은 뇌출혈보다 전 세계적으로 뇌졸중의 약 85%가 뇌경색이다. 시골이나 농촌지역 또는 후진국에서는 뇌출혈이 큰 비율을 차지하고 있고, 우리나라에서도 80년대까지는 뇌출혈 빈도가 더 많았으나, 서구화와

함께 점차 뇌출혈은 줄어들고 뇌경색이 많아지면서 현재 우리나라는 70% 정도로 뇌경색이 나타나고 있다. 뇌졸중은 사망률이 높고, 치료하는 데에 시간과 비용이 많이 들고, 치료 후에도 장애를 남기기 쉬운 질환이다. 또한 재발의 위험이 높은 질환이다. 따라서 무엇보다도 예방이 중요하다[1].

뇌경색의 예방 및 치료에 있어서 가장 중요한 요소는 대뇌 혈류량을 증가시키는 것이다. 대뇌 혈류 증가 치료는 약물치료와 수술 또는 NeuroFloTM

과 같은 침습적인 방법이 대표적이다[2]. 이러한 침습적인 치료법은 합병증을 유발할 확률이 크다는 문제점이 있다. 그래서 제안된 치료방법이 비침습적 대뇌 혈류 증가 장치이다. 이와 관련하여 아주대학교 병원 홍지만 박사의 특허가 출원되어 있다[3]. 다음은 특허 요약이다.

출원 번호 : 10-2013-0046870

등록번호: 1014569380000

발명자 : 홍지만

요약 : 본 발명은 환자의 각 사지 혈압을 정확하게 측정하여 측정된 혈압을 기준으로 사용자가 원하는 설정으로 사지압박을 실시, 사지로 가는 혈류를 막아 우회적으로 대뇌 관류를 증가시키는 것을 특징으로 하는, 비침습적 대뇌 관류 증강 장치를 제공한다.

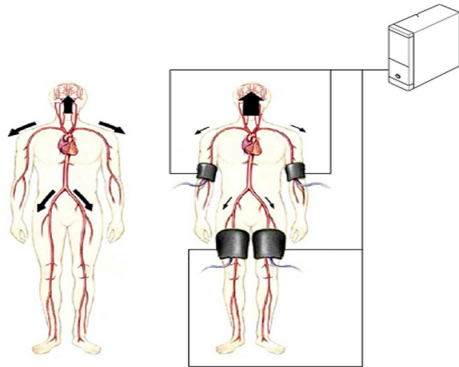


그림 1. 대뇌혈류 증가 장치의 원리.

그림 1은 대뇌 혈류 증가 장치의 원리를 나타낸 것이다.

기존 비침습적 대뇌 혈류 증가 장치는 감압식 오실로메트릭 측정법으로 혈압을 측정한다. 본 논문에서 제안하는 대뇌 혈류 증가 장치는 가압식 오실로메트릭 측정법을 바탕으로 측정하여 감압식 system과 비교하였을 때, 44초에서 25초로 측정시간이 단축되도록 설계하였다. 또한 측정 시 환자에게 가해지는 최대압력이 200mmHg에서 140mmHg로 줄어 환자에게 가해지는 부담을 줄일 수 있도록 설계하였다.

### 1.1. 오실로메트릭 측정법

시중에 판매되고 있는 대부분의 혈압계는 감압식 오실로메트릭 측정법을 채택하고 있다. 감압식 오실로메트릭 측정법은 보통 팔에 커프를 장착하고 혈액이 흐르지 않을 때 까지(약 200mmHg) 압력을 가한 후 서서히 공기를 배출시킬 때 발생하는 oscillation을 측정하는 방식이다. 이때 oscillation은 점점 증가하다 최댓값을 기록되고, 점점 감소하다가 소멸한다.

그림 2에서와 같이 oscillation의 크기가 최대가 되는 시점의 커프 내부압력(100%)을 평균동맥압(MAP)이라고 추정하고, 통계에 의한 비례식을 적

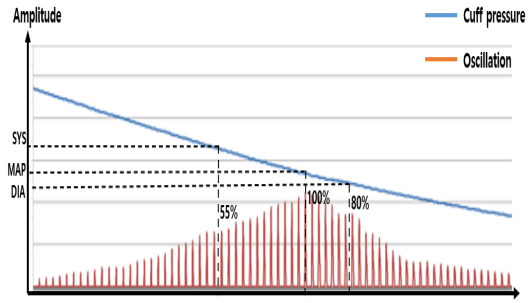


그림 2. 오실로메트릭 측정법 원리.

용하여 커프 내부압력의 55%에 해당하는 압력을 수축기혈압(SYS), 80%에 해당하는 압력을 이완기혈압(DIA)로 추정한다.

## II. 제안하는 대뇌 혈류 증가장치

### 2.1. System 개요

본 논문에서 제안하는 System은 사지를 압박하여 대뇌로 가는 혈류량을 증가시키는 우회적 증가 방식의 장치이다. 사지를 압박하는 압력정도는 측정된 각 사지의 평균동맥압(MAP)을 기준으로 설정한다. 평균동맥압(MAP)은 커프패드를 가압시키면서 발생하는 오실레이션을 측정하는 가압식 오실로메트릭법으로 측정한다. 기존 방식인 감압식과 달리 가압식으로 측정하면 혈압 측정 시간을 단축할 수 있고, 측정 시 환자에게 가하는 최대압박치가 감소하여 환자에게 주는 부담을 줄일 수 있다. 또한 비침습적인 방법이므로 합병증과 같은 부작용을 줄일 수 있다.

### 2.2. System 구성

본 논문에서 제안하는 System은 user interface, control part(마이크로프로세서), 사지를 각각 한 채널로 하여 4채널로 구성되어 있다. 그림 3은 본 시스템의 구성도이다.

각 채널은 커프, 커프패드를 압박하기 위한 에어 펌프, 커프패드 내부 공기를 배출하는 솔레노이드 밸브, 커프패드의 내부압력을 측정하기 위한 압력센서, 압력센서로부터 측정된 신호를 처리하

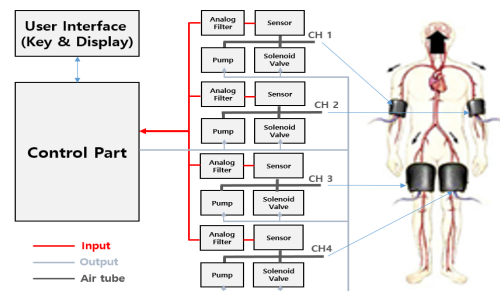


그림 3. 시스템 구성도.

기 위한 아날로그 필터로 구성되어 있다. 각 채널 모듈을 control part의 MCU가 제어한다.

### 2.3. System 동작원리

본 논문에서 제안하는 System의 동작원리는 각 채널 모듈에서 독립적으로 측정된 후 커핑패드의 내부 공기를 모두 배출시키고 측정된 평균동맥압(MAP)에 해당하는 압력을 커프에 가한다. 압력을 유지하여 3분 동안 가압기를 거쳐, 커핑패드 내부 공기를 모두 배출하고 2분동안 휴지기를 가진다. 이를 계속 반복하며 치료를 실시한다. 그림 4는 본 시스템의 동작원리를 나타낸 흐름도이다.

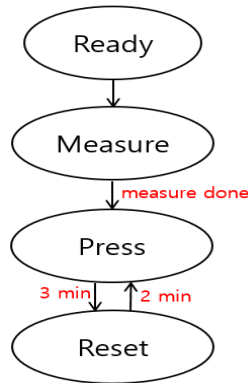


그림 4. 시스템 동작원리 흐름도.

## III. 신호처리 및 필터

### 3.1. 신호처리 및 아날로그 필터

압력 센서에서 측정된 신호는 커프 내의 실제 압력과 oscillation 신호가 합성된 신호이다. 따라서 두 성분을 분리하여 커프 압력과 oscillation 신호를 각각 측정한다. 그림 5는 압력센서의 두 성분을 나타낸 것이다.

실제 커프 내부 압력을 측정하기 위해서 Low Pass Filter를 적용하여 맥동에 의해 발생하는 노

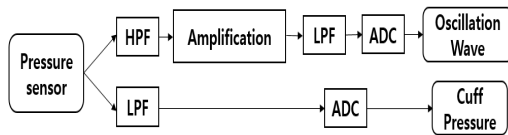


그림 5. 압력 센서 신호처리 흐름도.

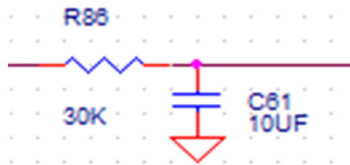


그림 6. Low Pass Filter 회로도.

이즈를 제거한다. 차단주파수 0.53 Hz 1차 수동 필터 형태로 설계하였다. 그림 6은 커프의 내부압력을 측정하기 위해 적용된 Low Pass Filter의 회로이다[4].

oscillation을 측정하기 위해서는 DC성분을 제거해야한다. 이를 위해 1.2 Hz 1차 수동필터를 설계하였다. High Pass Filter 적용 후 신호가 많이 제거되므로 HPF 뒷단에 증폭단을 설계하여 신호를 증폭 시킨 후 노이즈 제거를 위해 다시 LPF를 적용시켰다. 오실레이션의 경우 혈압에 의해 발생되기 때문에 혈압의 진동신호의 대역주파수가 7Hz 임을 감안하여 19.4Hz 1차 수동필터 형태로 LPF를 설계하여 노이즈를 제거하였다. 다음 그림 7은 HPF와 증폭단 및 LPF이다.

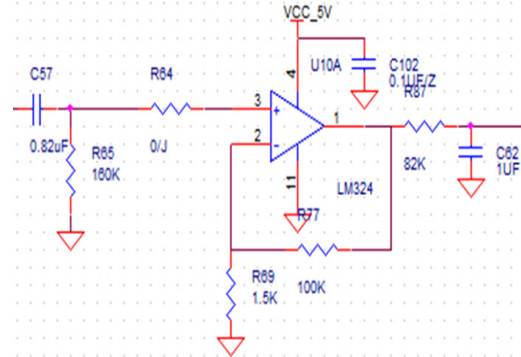


그림 7. HPF 1.2Hz, 증폭단, LPF 19Hz.

### 3.2. 디지털 필터

아날로그 필터 적용 후에도 남아있는 노이즈 제거를 위해 아날로그필터를 적용한 신호를 A/D 변환하여 디지털 필터를 다시 적용하여 노이즈를 최소화한다. 디지털 필터는 시간적인 딜레이를 줄이고자 평균이동필터를 사용하였으며 아날로그 전압 값을 100Hz로 A/D 변환하여 10 마다 평균을 내는 방식을 사용하였다.

## IV. 알고리즘

### 4.1. 정확한 평균동맥압(MAP)측정 알고리즘

정확한 평균동맥압 측정을 위해서는 피크값을 정확히 검출하는 것이 중요하다. 0.5초 동안의 신호 데이터 중 0이 아닌 신호가 들어 올 때 마다 동적메모리 변수를 할당하여 데이터를 저장하고 그 중 최댓값을 검출하여 피크로 지정하고 나머지 데이터는 모두 삭제한다. 다음 0.5초 동안 신호 데이터 중 최댓값과 현재 피크값을 비교하여 더 큰 피크값으로 갱신하는 방식으로 피크값을 검출한다. 0.5초 동안의 신호 데이터중 현재 피크값의 200% 이상 큰 값은 노이즈로 간주하여 제외한다. 가압식 오실로메트릭 측정법에서 정확한 평균동맥압을 측정하기 위해서는 커프의 내부압력을 선형적으로 상승시켜야 한다. 커프의 내부압력

이 급수적으로 상승할 경우 오실레이션을 정확히 측정할 수 없기 때문이다. 따라서 평균동맥압 측정 시 펌프의 pwm제어를 통해 커프의 내부압력을 선형적으로 상승시킨다. 또한 펌프 작동에 의한 전기 노이즈가 발생하게 되는데 펌프 구동시 계단식 가압법을 이용하여 전기 노이즈를 최소화한다. 다음 그림 8은 펌프제어 알고리즘을 이용하여 커프를 가압할 경우 시간에 따른 커프 내부의 압력변화를 표현한 그래프이다[5].

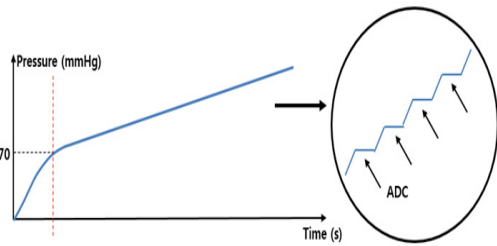


그림 8. 펌프제어.

#### 4.2. 측정시간 단축을 위한 가압식 알고리즘

가압식 오실로메트릭 측정법은 커프를 가압하면서 발생하는 oscillation의 최대가 되는 커프 내부압력을 평균동맥압으로 추정하여 측정하는 방식이다. 다음 그림은 감압식과 가압식의 측정시간 비교 그래프이다.

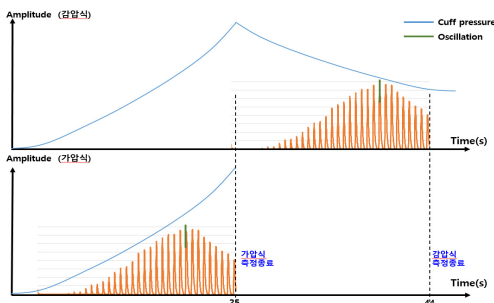


그림 9. 감압식과 가압식 오실로메트릭 측정시간 비교.

### V. 실험결과 및 분석

#### 5.1. 혈압 측정시간 실험결과 및 분석

측정시간의 단축정도를 알아보기 위한 실험이다. 기존의 감압식 대뇌혈류 증가 장치[6]와 비교하여 시간이 얼마나 단축되었는지 확인하였다. 실험은 정상지원자 5명을 대상으로 혈압을 재는데 걸리는 시간을 측정하고 평균값을 비교하였다. 표 1은 측정시간 실험 결과이다.

평균값을 비교하였을 때, 가압식이 약 2배 빠른 측정시간을 보임을 알 수 있다.

표 1. 측정 시간 실험 결과

Measuring time (s)		
No	감압식	가압식
1	41	30
2	48	24
3	42	27
4	51	28
5	40	25
Average	44.2	25.8

### VI. 결론

본 논문은 제안한 가압식 대뇌혈류 증가장치 구현에 있어서 가장 중요한 요소인 정확한 평균동맥압 측정을 위한 다양한 알고리즘을 제시한다. 기존 대뇌혈류 증가 장치와 비교하였을 때 정확한 평균동맥압 값을 얻어 환자에게 알맞은 치료수준을 제공할 수 있게 되었다. 또한 가압식 측정 알고리즘을 구현하여 측정시간을 단축하는 결과를 얻었다. 측정시간을 단축하는 것은 신체 압박 시간을 줄여주므로 환자의 부담을 덜어준다. 본 System은 비 침습적인 치료로 부작용이 없다.

### 참고문헌

- [1] [http://www.snuh.org/health/tv/view.do?seq\\_no=114](http://www.snuh.org/health/tv/view.do?seq_no=114) 서울대학교병원 건강TV.
- [2] <https://www.researchgate.net/figure/Dual-balloon-device-NeuroFlo-TM>.
- [3] J.M.Honget al, Noninvasive cerebral perfusion enhancing device, KR patent 10-1456938, Ajou University, Suwon, 2013.
- [4] 이필재, 석사, "이중 커프 오실로메트릭법을 이용한 비침습 동맥압 측정시스템의 설계," 건국대학교, 충청북도, 2012.
- [5] 오홍식, 석사, "계단식 감압을 적용한 오실로메트릭 방법에서의 혈압 검출," 한양대학교, 서울, 2008.
- [6] 서재길, 박사, "대뇌 혈류 증가 장치 구현의 관한 연구," 아주대학교, 경기도, 2017.