

마이크로프로세서를 이용한 AOC 방식에서 EOG 앰프 성능 개선

*고석남, *이상세, *정호준, *임승관, *이영석, *진달복, **박병립

*원광대학교 전자공학과, **원광대학교 의과대학 생리학교실

0653-850-6739

Improvement of the performance of EOC Amp in AOC method using microprocessor

*S.N Ko, *S.S Lee, *H.C Jeong, *S.K Lim, *Y.S Lee, *D.B Chin, **B.R Park

*Department of Electronics Engineering, Wonkwang University

**Department of Physiology, Wonkwang University School of Medicine

smallk@hanmail.net

Abstract

The electronystagmography(ENG) means to measure and record CRP(Corneal-Retinal Potential) whenever the eyeball is moved by using a skin electrode stuck to the bi-temporal and the difference of CRP. Both the horizontal and vertical movement are known according to the position of the stuck skin electrode. In this paper, the variable time-constances to record the eyeball signal of the conventional EOG(Electro-Oculograph) Amplifier is chosen. The shorter the time-constance is, the worse the distortion of a signal is. But the unbalanced impedance of the electrode stuck on the bi-temporal is reduced. Also, the longer the time-constance is, the less the distortion of a signal is. But it is sensitive to the change of base line according to the unbalanced impedance. In order to solve these problems, an DC-Amplifier, the distortion of the eyeball signal is globally used.

By solving unbalanced impedance problem of EOG amplifier, the distortion ratio of EOG amplifier is improved.

I 서 론

안구전도는 안외각체피에 전극을 부착하여 각막과 망막전위(CRP, corneal-retinal potential)를 측정하여 기록하는 것을 말한다. 기존의 EOG 앰프는 안구신호를 기록하기 위해서 다양한 시상수(time constant)를 선택할 수 있다. 이때 시상수가 적을수록 안구신호의 왜곡이 커지고, 왜곡의 정도는 전위의 변화가 느릴수록 더욱 커진다. 그러나 시상수가 무한대인 DC 증폭기로 기록하면 안구신호는 비례적으로 기록된다. 만일 시상수가 비교적 짧은 교류증폭기를 사용한다면 안구신호는 원래의 위치에서 벗어나서 어떤 위치에 있더라도 신호는 기저선에 떨어지게 된다. 이때 시상수가 짧을수록 기저선으로 떨어지는 속도는 더 빠르고, 안외각체피에 부착한 전극의 불균형한 임피던스는 해소되지만 신호의 왜곡을 초래한다. 시상수가 길수록 신호의 왜곡은 적지만 신호를 검출하기 위한 초기화 시간이 많이 걸리는 문제점을 갖고 있다. 사람의 안구신호(EOG)를 측정하기 위해서는 불균형한 임피던스와 시상수에 의한 안구신호의 왜곡이 적은 EOG 앰프의 개발이 요구되고 있다. 이 논문에서는 마이크로프로세서를 이용한 AOC(Automatic Offset Control)방식으로 EOG 앰프의 불균형한 임피던스 문제점을 해결함으로써 왜곡이 가장 적은 EOG DC앰프를 구현하고자 한다.

II 본 론

기존의 EOG 앰프는 안구신호를 기록하기 위해 시상수(time constant)를 이용하여 안외각체피에 부착한 전극의 불균형한 임피던스는 해소되지만 신호의 왜곡을 초래한다. 시상수가 길수록 신호의 왜곡은 적지만 콘덴서의 충·방전의 시간이 길기 때문에 신호를 측정하기 위한 초기화 시간이 많이 걸리는 문제점을 갖고 있다. 가장 적은 왜곡을 가진 신호를 기록하기 위해 DC 증폭기가 필요하지만 전극의 불균형한 임피던스로 인한 안구신호는 증폭기를 통과하면서 포화상태가 된다. 왜곡이 적은 DC 증폭기의 불균형한 전극 임피던스를 해소하기 위해 다음과 같은 시스템으로 구성한다.

1. 하드웨어의 구성

EOG 앰프에서 마이크로프로세서 제어방식을 이용한 AOC의 전체 구성도는 그림 1과 같이 안구신호를 얻기 위한 계측용(Instrumentation)앰프, 마이크로프로세서, offset 보정회로, 필터 및 증폭단으로 구성된다. 시스템의 동작은 안외각체피에 부착한 전극을 통해 수 mV의 정도로 아주 작은 생체신호를 측정하기 위해 매우 높은 입력 임피던스와 CMMR를 필요로 하는 계측용(Instrumentation)앰프와 증폭기를 이용하여 안구신호를 얻은 다음 offset 보정회로와 마이크로프로세서를 이용하여 안외각체피에 부착한 전극의 불균형한 임피던스에 의한 DC 전압을 제거한다.

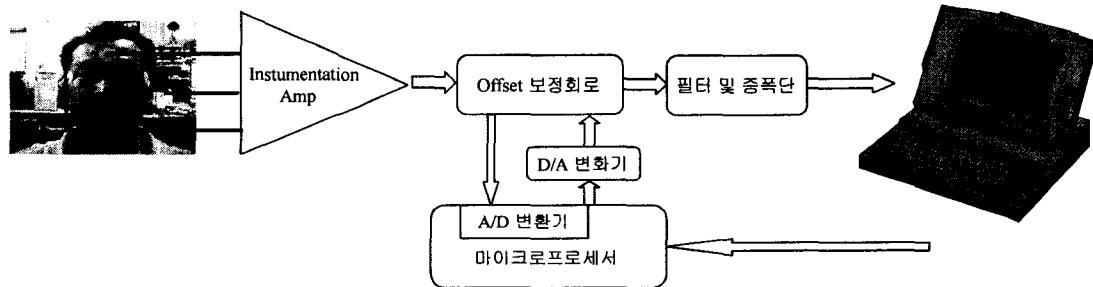


그림 1 EOG 앰프에서 마이크로프로세서 제어방식을 이용한 AOC의 전체 구성도

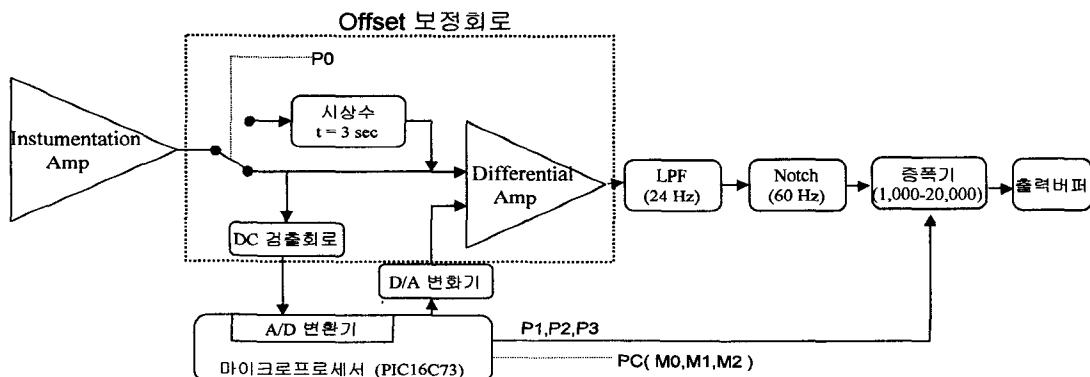


그림 2 AOC 방식을 이용한 EOG 앰프의 구성도

DC 전압이 제거된 안구신호는 LPF와 Notch 필터를 이용하여 고주파와 상용 노이즈를 제거한 후 안구신호를 증폭하고 출력된다. EOG 앰프는 차동 증폭기를 통해 안구 신호를 1차 증폭하고 안면근의 근전도 및 교류신호의 유입으로 인한 노이즈신호를 제거하기 위해 24 Hz의 LPF와 60Hz Notch 필터를 사용하였고, 이것을 다시 증폭하여 안구신호를 출력하도록 하였다.

그림 2에서 AOC 방식을 이용한 EOG 앰프의 구성도를 살펴보면 PC 컴퓨터에서 EOG 앰프내의 각종 모드를 제어하기 위해 프로칩사에서 개발한 마이크로컨트롤러인 PIC16C73과 서로 통신하면서 PC 컴퓨터나 외부의 제어단자에 의해 설정한 모드 값에 따라 제어된다. 안구위치신호의 DC 와 AC 성분을 선택적으로 출력하기 위해 마이크로프로세서는 DC/AC 제어단자(P0)에 의해 아날로그 스위치를 제어하고 안구신호의 이득은 마이크로프로세서의 이득조절단자(P1,P2,P3)를 통해 1,000~20,000배까지 자동이득 조절되며 안구신호가 설정한 범위에 들어오도록 한다. DC 모드에서 안구신호를 검출하기 위해 환자의 안외각체피에 부착한 전극의 임피던스가 조금이라도 차이가 생기면 Offset이 한쪽방향으로 DC 성분이 포함되어 안구신호가 출력된다. DC성분을 마이크로컨트롤러에 내장된 A/D 변환기(Analog to Digital Converter)를 사용하여 DC성분을 읽어들인 후 변환된 데이터를 D/A 변환기(Digital to Analog Converter)의 DC성분이 출력하여 차동 OP 앰프를 입력하면 DC 성분만 제거되므로 안구신호를 증폭단에서 많은 증폭하여도 포화된 상태를 방지할 수 있다.

2. 소프트웨어 구성

안외각체피에 부착한 전극의 임피던스의 불균형에 의한 DC 전압의 제거와 이득을 조절하여 EOG 신호의 왜곡 및 포화를 방지하도록 프로그램 되어있다.

프로그램의 전체적인 수행과정은 전원이 인가되면 시스템이 초기화되고 PC 컴퓨터나 외부의 제어단자에 의해 설정한 모드 값에 따라 DC/AC 모드 및 이득을 조절한다. PC에서 외부 제어단자에 제어명령을 보내면 마이크로컨트롤러는 제어명령에 해당하는 일을 처리하게 된다.

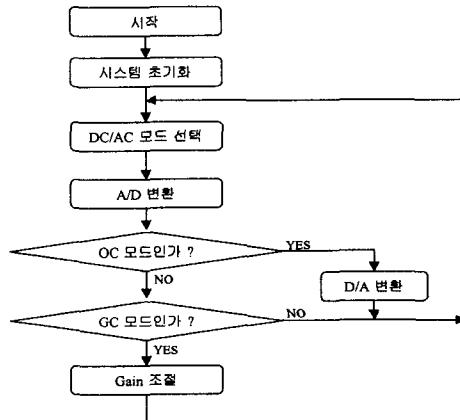


그림 3 AOC 구현하기 위한 시스템
제어 프로그램의 흐름도

DC 모드가 설정되면 DC검출회로에서 출력된 전압을 A/D 변환기를 통해 마이크로컨트롤러는 Offset 전압을 검출하게 되고 OC(Offset Control) 모드가 설정되면 Offset 전압을 D/A 변환기를 통해 출력되어 차동 OP 앰프의 입력단에 연결하여 Offset 전압을 제거하고, 만약 GC(Gain Control) 모드이면 표1의 설정한 값에 따라 Analog Multiplexer를 통한 8 단계의 이득을 조절한다.

표 1 GC 설정 모드에 따른 이득 조절

P1	P2	P3	Gain
0	0	0	1
0	0	1	1.5
0	1	0	2.5
0	1	1	4
1	0	0	6
1	0	1	9
1	1	0	13.5
1	1	1	20

III 실험 및 고찰

전술한 바와 같이 임피던스 불균형에 의한 DC 전압을 AOC 회로를 통해 제거하고 고주파와 상용노이즈 제거한 후 AGC 회로를 통해 정상인을 대상으로하여 EOG 파형을 측정하였다. 그림4(A)는 일본 히다

치사의 VC 6045 디지털 스토리지 오실로스코프 (digital storage oscilloscope)를 사용하여 측정한 파형으로 Offset 전압을 포함한 EOG파형을 보여주고 있으며, (B)는 AOC 방식을 적용하여 Offset 전압을 제거한 EOG 신호를 보여주고 있다.

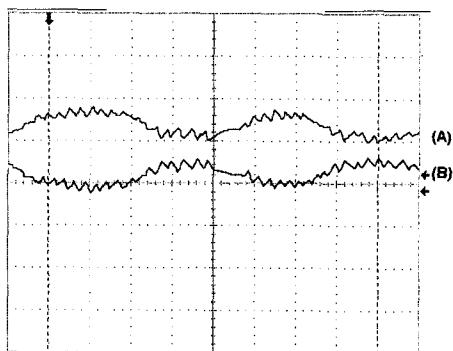


그림 4 (A) AOC 방식을 적용하기 전 파형
(B) AOC 방식을 적용하여 Offset 전압을 제거한 파형

안구신호를 기록하기 위해 시상수(time constant)를 이용하여 안외각체피에 부착한 전극의 불균형한 임피던스는 해소되지만 신호의 왜곡을 초래된다. 그림 5(A)는 시상수 3초를 통과한 파형을 보여주고 있으며, (B)는 AOC 방식을 적용한 DC 증폭기에서 출력된 파형을 보여주고 있으며 시상수에 의해 신호가 왜곡되는 문제를 해결할 수 있었다.

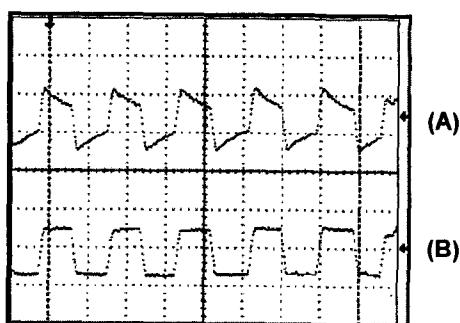


그림 5 (A) 시상수 3초에서 출력된 EOG 신호
(B) DC 앰프에서 출력된 EOG 신호

IV 결 론

본 논문에서는 기존의 EOG 앰프의 안구신호를 기록하기 위한 다양한 시상수를 선택할 수 있는데, 이때 시상수가 짧을수록 안외각체피에 부착한 전극의 임피던스 불균형은 해소되지만 신호의 왜곡을 초래하고, 시상수가 길수록 신호의 왜곡은 적지만 신호를 검출하기 위한 초기화 시간이 많이 걸리는 문제점을 갖고 있다.

왜곡이 가장 적은 DC 증폭기를 개발하기 위해 EOG 앰프의 마이크로프로세서 제어방식을 이용한 AOC를 구현할 수 있도록 다음과 같이 구성하였다.

- (1) 안외각체피에 부착한 전극의 임피던스의 불균형으로 인한 DC전압 신호 제거와 AGC 회로를 통해 EOG 신호의 포화상태를 방지할 수 있었다.
- (2) 시상수에 의한 EOG 신호의 왜곡을 제거할 수 있었다.

V 참고문헌

- [1] Ali Assi, Mohamad Sawan, and Jieyan Zhu, "An Offset Compensated and High-Gain CMOS Current-Feedback OP-AMP" IEEE Transactions on Circuit and Systems, vol 45, pp.85-90, 1998.
- [2] Tadashi Nakamura, Ryoji Kanayama, Masaru Aoyagi, Isao Kato, "Computer Analysis for Routine Electronystagmography Tests", Aeta Otolaryngol, vol 511, pp 109-113, 1994.
- [3] Takuya Uemura, Jun-ichi Suzuki, Jiro Hozawz, Stephen M. Highstein, "Neuro-Otological Examination" Igaku Shoin LTD, 1997.
- [4] A. F. Fuchs And E. S. Luschei "Firing Patterns Of Abducens Neurons Of Alert Monkeys In Relationship To Horizontal Eye Movement", Received For Publication, 1969.
- [5] Olli Vainio, Seppo J, "A Class of Predictive Analog Filters for Sensor Signal Processing and Control Instrumentation", IEEE transactions, Vol 44, pp.565-570, 1997