

피부 임피던스 신호 분석을 통한 졸음운전 판단 시스템 개발

論 文

56-2-32

Automobile System for Drowsiness Accident Detection using EDA Signal Analysis

李榮範* · 李明鎬†

(Young-Bum Lee · Myoung-Ho Lee)

Abstract - In modern society, automobile is necessary vehicle. Automobile is a series of modern convenient. And the number of automobile is on the increase. But from year to year, automobile accident is on the increase, also. One of most reason that cause automobile accident is drowsiness driving. So, we plan to construct automobile system for drowsiness accident prevention for decreasing automobile accident. In this research, we built a drowsiness detecting device using EDA (Electro Dermal Activity) signal which is electric response in the human body skin. There are SIL (Skin Impedance Level) and SIR (Skin Impedance Response) in EDA. Mostly, SIL consists of DC element. On the other hand, SIR consists of AC element. We could detect the drowsiness condition with SIL and SIR signal.

Key Words : 피부 임피던스, 졸음 운전, EDA, SIL, SIR

1. 서 론

현대 사회에서 자동차는 생활에 필수적인 이동수단이다. 또한 자동차는 갈수록 생활에 편리한 기능을 추가하고 있으며, 수요도 증가하고 있다. 그러나 그만큼 자동차 사고도 증가하고 있으며 그 주요 원인은 졸음운전이다. 그러므로 우리는 졸음운전으로 인한 자동차 사고를 방지하는 시스템을 개발하고자 한다.

졸음 상태를 감지하는 기존의 연구로는, 눈깜박임, 동공의 크기를 카메라를 이용하여 감시하면서, 화상처리를 통해 졸음상태를 감지하는 연구가 있었다[1]. 또한 스트레스와 말초 체온의 상관관계[2], 수면상태에서의 심박수 변화 등의 연구를 통한 다양한 접근이 시도되고 있다. 하지만, 이런 접근 방식은 전극을 부착하는 문제와 졸음을 인식하는 정도에 있어서 실제 자동차 상에서 구현하기 어렵다는 단점이 있다. 눈깜박임을 이용한 각성 측정 방식은 운전자석 앞에 카메라를 설치해야하는 불편함이 있고, 심박수 변화를 측정하여 각성 상태를 판별하는 방식은 전극을 심장 부근에 달아야 되는 불편함이 있다.

이번 연구에서는 기존의 졸음 운전 방지 시스템에서의 이러한 불편한 점을 보완하고 자동차에 구현하기 쉬운 방식을 하기 위해 피험자의 손에 생체 전극을 부착하여 EDA 신호를 측정한다. 이러한 방식은 핸들에 전극을 부착하여서 구현할 수 있기 때문에 더욱 실현성이 있다고 여겨진다. 그리고 피부 임피던스와 각성도의 상관관계에 관한 연구를 통해 얻어진 결과[3]를 이용하여 각성 상태를 판별하여 졸음 운전

판단 시스템을 구현한다.

2. 설계 및 제작

EDA 신호에는 SIL(Skin Impedance Level)과 SIR(Skin Impedance Response)이 있다[3]. 여기서 SIL 신호는 주로 DC 성분으로 이루어지며, 반면에 SIR 신호는 AC 성분으로 이루어진다. 우리는 SIL과 SIR 신호의 상관관계를 이용하여 졸음 상태를 판별할 것이다. SIL 신호는 0 ~ 5 Hz 의 주파수 성분을 가지는 신호이고, SIR 신호는 0.03 ~ 5 Hz 의 주파수 성분을 가지는 신호이다[3].

그림 1은 크게 3부분으로 생각할 수 있다. 첫 번째 부분은 Sin 파형의 정전류를 발전시키는 회로이다. Wien Bridge Oscillator와 Autogain Controller를 통해 교류 전압을 발전

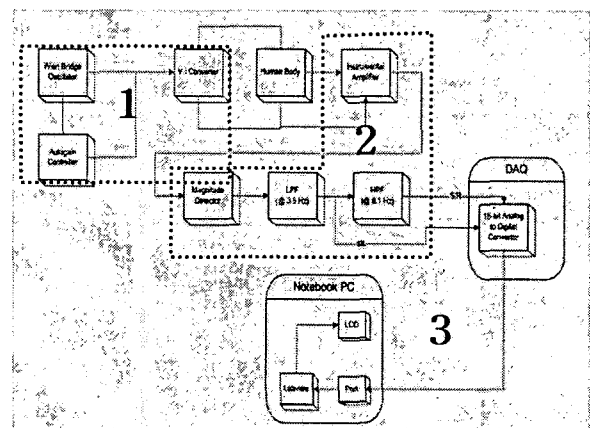


그림 1 피부 임피던스 측정 시스템 블록 다이어그램
Fig. 1 EDA measurement system block diagram

* 學生會員 : 延世大 電氣電子工學科 碩士課程

† 교신저자, 正會員 : 延世大 電氣電子工學科 正教授 · 工博

E-mail : mhlee@yonsei.ac.kr

接受日字 : 2006年 8月 21日

最終完了 : 2006年 11月 23日

시키고, V-I Converter를 통해 정전류가 발생한다. 발생한 정전류 신호는 그림 2와 같다.

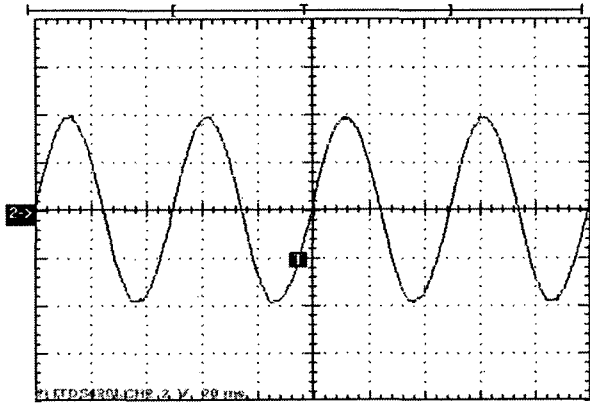


그림 2 정전류 신호 파형
Fig. 2 Constant current signal waveform

이 정전류가 피부에 인가된다. 변조 주파수 20 Hz, 3uA의 정전류 전원을 생체 전극을 통해 피부에 전달하고 다른 생체 전극을 통해 인체를 통과한 신호를 얻는다. 두 번째 부분은 계측 회로 부분이다. Instrumental Amplifier를 통해 신호를 계측하고 Lock-In Amplifier를 통해 계측된 신호를 정류화하였다. 이는 인체를 통과하여 감쇄된 피부 임피던스 신호의 진폭을 보다 쉽게 관찰하기 위해서이다. 이 신호를 필터링하여 SIR, SIL 신호를 얻어낸다. SIL은 3.5 Hz 주파수 특성을 갖는 LPF로 필터링하여 얻고, SIR은 이 신호를 다시 0.3 Hz의 HPF를 통과시켜 측정할 수 있다. 마지막 부분은 컴퓨터로 데이터를 처리하는 부분으로 Data Acquisition Board와 Labview를 이용하여 신호를 A/D변환하고 PC에서 실시간으로 관찰하였다.

3. Hardware 설계

Hardware 는 크게 구분하여, 피부 임피던스 측정에 필요한 정전류 발생 회로와 생체전극(AgCl)으로부터 입력되는 피부임피던스 신호를 계측하는 Instrument Amplifier 부분, 디지털 신호로 변환하는 ADC 회로 부분으로 나눌 수 있다. 먼저 정전류 발생 회로는 그림 3과 같다.

그림 3의 회로를 각 부분 별로 보면, Wien Bridge Oscillator, Autogain Controller, V-I Converter 세 부분으로 볼 수 있다. Wien Bridge Oscillator는 불안정한 noninverting input의 특성을 이용해서 공진이 일어나게 한다. 처음에 외부 노이즈나 신호에 의해서 Op-amp 에 신호가 인가된다. 그래서 어떤 임의의 신호가 증폭되고, 이 증폭된 신호가 귀환 저항(feedback resistor)을 거쳐서 다시 noninverting input channel 로 인가된다. 이 noninverting input channel 로 인가된 증폭된 신호와 다시 새롭게 들어오는 신호가 합쳐진다. 이 합쳐진 신호가 다시 증폭되고 이 증폭된 신호가 다시 귀환되어 인가된다. 이런 과정을 몇 번 거치면서 신호가 크게 증폭되게 된다. 이런 원리로 Wien Bridge Oscillator에서 교류 전압이 발진되게 되는 것이다. 우리는

여기서 20 Hz 의 교류 전압이 발진되도록 구현하였다. 교류 통전법에서 피부에 흘리는 정전류 전원의 변조 주파수는 2-30 Hz가 적합하며 임피던스 값의 범위는 20 kΩ ~ 200 kΩ 이다. Y. Yamamoto 에 의하면 20 Hz 의 변조 주파수가 피부 임피던스 변화에 대한 감도가 높고 피부 임피던스 변화 값과 측정값 간의 선형성이 좋다는 연구결과가 있기 때문이다.[3]

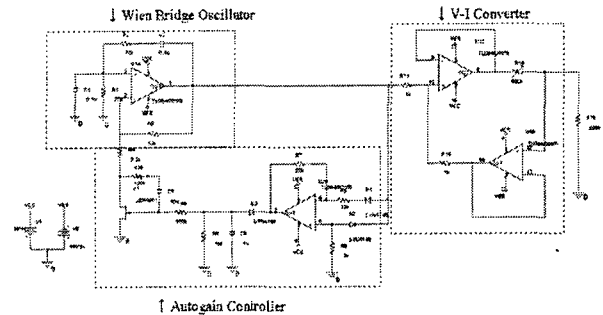


그림 3 정전류 발생회로
Fig. 3 Constant current generating circuit

Autogain Controller는 Wien Bridge Oscillator에서 발진된 교류 전압을 보정해주는 회로이다. Wien Bridge Oscillator에서 교류전압을 발진시키지만, 이 발진된 신호가 불안정한 noninverting channel에 의해 발진된 것이기 때문에 이 신호는 안정된 신호가 아닐 것이다. 즉, 이 신호의 크기가 일정하지가 않다는 것이다. 따라서 발진된 신호를 좋은 형태의 파형이 되도록 보정해줄 필요가 있다. 간단히 말해서 신호가 일정 크기 이상이 되면, 신호가 줄어들고, 일정 크기 이하가 되면 신호가 증폭되게 함으로써 일정한 전압을 유지할 수 있도록 하였다. V-I Converter 는 들어오는 전압에 비례해서 전류로 변환 시켜주는 회로이다. 이것을 사용하는 이유는 우리 인체에 유해한 요소는 전압이 아니라, 전류이기 때문이다. 즉, 일정 크기 이상의 전류가 흐르면 우리 인체는 위험하게 되는데 이것을 방지하기 위해 일정한 전압이 아닌, 일정한 전류를 내보내게 하는 것이다. 이것은 이 회로가 부하 저항에 대한 전류의 민감도(sensitivity)가 매우 낮아야 함을 뜻한다.

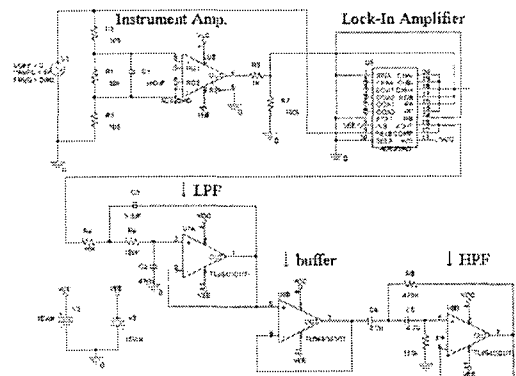


그림 4 피부 임피던스 계측 회로
Fig. 4 EDA measurent circuit

Instrumental Amplifier는 AD620을 이용하여, 회로를 구성하였다. AD620은 저비용, 저전압 Instrumentation Amplifier이며, 입력 임피던스 값이 높고(10 GΩ), 오프셋 전압 값이 낮으며(50 μV max), 저 잡음 특성(0.28 μV p-p noise)을 갖고 있다. AD630은 균형 잡힌 변·복조기로서, 위상차와 60 Hz의 노이즈를 최대한 차단하면서, 피부 임피던스 신호의 크기를 실시간으로 확인할 수 있게 변환한다. 필터부에는 3.5Hz LPF와 0.3Hz HPF를 연결하여 SIR 신호와 SIL 신호를 구분하였다. 여기서 피부 임피던스 신호를 실시간으로 확인하려면, Lock-In Amplifier가 필요하다. 왜냐하면 우리가 측정하는 신호는 교류 신호이기 때문에 실시간으로 신호 크기의 차이를 구별하기가 힘들다 그렇기 때문에 직류 형태의 신호로 변환해주면 신호 크기의 변화를 구별하기가 용이하기 때문이다. Lock-in amplifier는 인가되어져서 나온 signal을 알아보기 쉽도록 직류 수준(DC level)으로 바꿔주는 역할을 한다. 즉, 양성을 띄는 신호는 그대로 두고, 음성을 띄는 신호는 반전시키는 것이다. 이렇게 해주면 신호 크기의 변화를 구별하기가 쉬워지게 된다. 이렇게 해서 얻어낸 EDA신호(SIR, SIL)를 National Instrument사의 16 비트 DAQ 보드를 이용하여, 안정적으로 입력받은 피부 임피던스 신호, SIR, SIL을 컴퓨터상의 Labview 프로그래밍을 통해 계측하였다. 16 비트를 사용한 이유는 생체신호의 크기가 매우 작기 때문에 이것을 증폭시켜서 신호를 얻어내는데 8비트의 경우 해상도(resolution)가 좋지 않아서 좋은 파형을 얻기가 힘들기 때문에 16 비트의 해상도를 사용하였다.

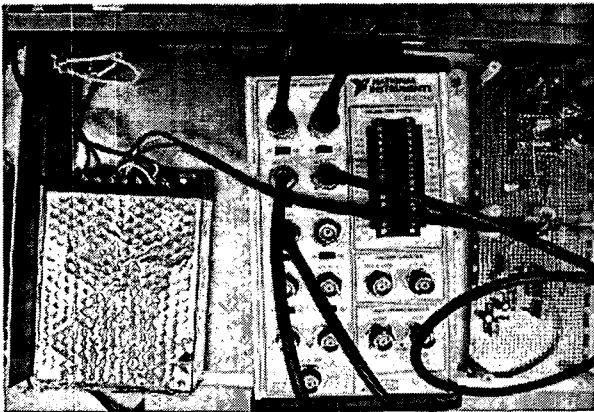


그림 5 최종 완성된 시스템
Fig. 5 Developed system appearance

4. 실험 및 검토

위와 같이 구현한 시스템을 이용하여 피부임피던스와 각성도의 상관관계를 확인하기 위한 실험을 하였다. 실험을 위한 프로토콜은 그림 6과 같다. 전체 실험은 30분간 진행되었고, 각성도는 크게 3단계로 구분하였다. 즉 깨어있는 상태(Small), 졸린 상태(Medium), 수면 상태(Big)이다. 표 1은 각성도의 판별 조건이다.

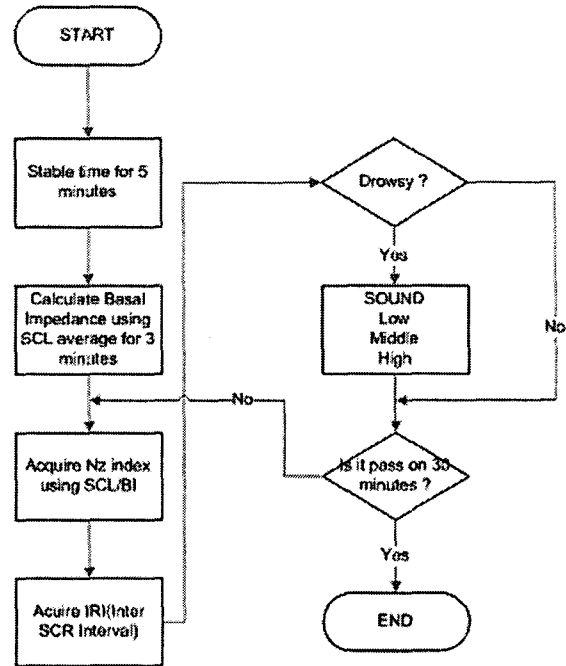


그림 6 실험 프로토콜[4]
Fig. 6 Experiment protocol

EDA 신호 측정이 시작되면 5분간 안정화 시간을 갖고, 피험자가 각성 상태를 유지하게 한다[4]. 이후 3분간 앞으로의 각성 상태 변화에 대해 기준이 되는 피부 임피던스값(Basal Impedance)을 SIL 평균값을 이용하여 측정한다. 그리고 나서, SIL 값을 BI로 나눈 값을 Nz index로 정의하여 이 값을 얻어낸다. 또한 SIR 발현 간격을 IRI(Inter SIR Interval)로 정의하고 IRI를 얻는다. 이 과정을 30분을 주기로 반복하면서, EDA신호를 측정한다.

표 1 피부 임피던스에 따른 각성도 구분[4]
Table 1 Decision table for drowsiness condition

		Nz(SIL/BI)		
		1.2<Nz<1.5	1.5<Nz<2.0	2.0<Nz
IRI (sec)	IRI<60	Small	Small	Medium
	60≤IRI≤90	Small	Medium	Big
	90<IRI	Medium	Big	Big

우리가 실험하면서 피험자가 각성 상태에서 저각성 상태로 되다가, 졸음 상태가 되어버렸다. 따라서, 우리가 기대하는 결과값은 어느 일정 시간이 지남에 따라서 SIL 값은 올라가고, SIR의 발현빈도는 감소하는 것이었다. 그림 7은 실험 초기 각성 상태에서의 SIL과 SIR을 나타낸다. 왼쪽이 SIL이고 오른쪽이 SIR신호이다. 그림 8은 실험 시작 10분 후 피험자의 각성 상태가 졸음 상태일 때의 SIL과 SIR이다. 그림 7과 비교했을 때 SIL 값이 올라갔고, SIR 발현 빈

도가 감소했음을 알 수 있다.

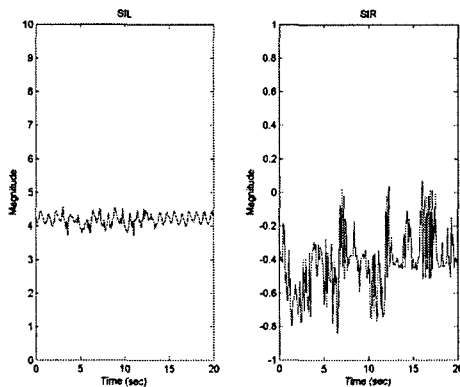


그림 7 각성 상태에서의 SIL과 SIR
Fig. 7 SIL and SIR signal in arousal condition

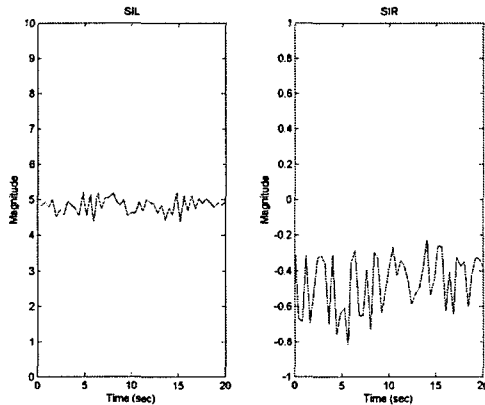


그림 8 졸음 상태에서의 SIL과 SIR
Fig. 8 SIL and SIR signal in sleep condition

각성상태와 졸음 상태를 비교해 보면, SIL 신호의 DC 성분이 더 커지고, SIR 신호의 AC 성분 즉, 발현빈도가 줄어든 것을 알 수 있다. 발현빈도가 줄어들었기 때문에 발현된 최고점 사이의 간격도 늘어나게 된다. 즉, SIR 발현 간격인 IRI가 늘어난 것이다. 이것은 각성 상태에서 저각성 상태로 상태가 전이될 때 나타나는 신호 변화로서 이를 통해 피부 임피던스와 각성도의 상관관계를 확인하였다. 그림 7에서 N_z 을 계산한 결과 약 1.3이고, IRI는 50이었다. 이는 표 1에 따르면, 각성상태임을 나타낸다. 또한 그림 8에서는, N_z 가 약 2.2였고, IRI는 100이었다. 이는 표 1에 따르면, 졸음상태를 나타낸다.

4. 결 론

본 연구에서는, 기존의 연구를 통해 피부 임피던스와 각성도의 상관관계를 파악하고, 피부 임피던스 신호 측정을 위한 시스템을 설계, 제작하였다. 앞으로 실험 프로토콜을 개선하고, 피험자의 각성도를 높일 수 있는 방안 대해서 연구할 것이다. 또한, 실차 환경에서 실험하여 실제적인 졸음 운전 방지 효과를 높일 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 정경호 외 3명, "운전자의 졸음감지에 관한 연구", 한국자동차공학회 1996년도 춘계학술대회
- [2] Hisanori Kataoka외 5인, "Development of a skin temperature measuring system for non-contact stress evaluation", Proceedings of the 20th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Vol.20, No 2, 1998
- [3] 고한우, 이완규, 이건기, "피부전기활동 변화에 의한 각성도의 측정(1)", 의공학회지 1995년도 춘계학술대회 논문집 제 17권 제 1호, 1995
- [4] 고한우, 김연호, "각성 상태에 따른 피부임피던스 신호와 반응시간 및 눈 깜박이의 상관관계(II)", 의공학회지 제18권 제 4호, 1997

저 자 소 개



이 영 범 (李榮範)

1979년 6월 16일생. 2005년 연세대 전기전자공학부 졸업. 2005년~현재 동 대학원 전기전자공학과 석사과정
Tel : 02-2123-4947
Fax : 02-312-2770
E-mail : youngtiger@yonsei.ac.kr



이 명 호 (李明鎬)

1946년 6월 11일생. 1972년 연세대 전기공학과 졸업. 1978년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1980년~현재 연세대 전기전자공학부 정교수
Tel : 02-2123-4946
Fax : 02-312-2770
E-mail : mhlee@yonsei.ac.kr