

주변 전기장 측정센서를 이용한 손동작 신호 검출을 위한 신호처리시스템 연구

(Study on Signal Processing Method for Extracting Hand-Gesture Signals Using Sensors
Measuring Surrounding Electric Field Disturbance)

천우영*, 김영철**

(Woo Young Cheon, Young Chul Kim)

요약

본 논문에서는 지구전기장 왜란신호를 전위차로 변환하는 EPIC(Electric Potential Integrated Circuit) 센서를 이용한 NUI(Natural User Interface) 기술의 요소기술인 신호검출 전자회로를 기반으로 LED 조명을 제어하는 시스템을 구현하였다. 기존에는 CIB 개발 장비를 통해서만 제한적인 형태로 이용 가능했던 신호를 모든 EPIC 센서 각각의 신호를 추출할 수 있도록 개발된 신호검출 전자회로를 이용하였다. 이렇게 추출한 신호는 이후 손동작 인식프로세스에서 특징추출 등의 과정에서 더 많은 자유도와 성능개선 효과를 보여준다. 설계되어 제작된 회로의 실제 응용시스템으로서 적용성을 검증하기 위하여 4개의 손동작으로 LED 조명의 on/off 와 밝기를 조정할 수 있는 시스템을 설계하였다. 기존의 EPIC 센서를 이용하여 명령체계를 구축하고 인터페이스 제어신호를 이용하여 보다 빠른 패턴인식 처리 속도를 얻을 수 있었다.

■ 중심어 : 지구전기장, EPIC 센서, NUI, LED, CIB, 패턴인식

Abstract

In this paper, we implement a signal-detecting electric circuit based LED lighting control system which is essential in NUI technology using EPIC converting surrounding earth electric field disturbance signals to electric potential signals. We used signal-detecting electric circuits which was developed to extract individual signal for each EPIC sensor while conventional EPIC-based development equipments provide limited forms of signals. The signals extracted from our developed circuit contributed to better performance as well as flexibility in processes of feature extracting stage and pattern recognition stage. We designed a system which can control the brightness and on/off of LED lights with four hand gestures in order to justify its applicability to real application systems. We obtained faster pattern classification speed not only by developing an instruction system, but also by using interface control signals.

■ keywords : Earth electric field, EPIC sensor, NUI, LED, CIB, Pattern recognition

I. 서론

최근 전자기기의 발달은 인간생활의 다양한 변화를 유발하였다. 특히 미디어의 발달로 개인이 접할 수 있는 정보의 다양성이 증가하였다. 정보를 전달하기 위한 기기들은 대부분이 인간의 요구사항을 반영하기 위하여 인터페이스를 가지고 있다. 인터페이스를 통하여 인간은 정보기에 입력을 전달하여 다양한 정보를 얻고 또한 저장한다. 하나의 예로써 PC의 입력장치인 마우스와 키보드를 들 수 있다. 또한 터치 패널을 손으로 누르거나 터치하는 입력방식도 예로 들 수 있다. 이 외에도 다양한 입력방식이 존재한다. 이러한 전자기기의 입력방식은 다양한 분류방법이 가능하지만 입력선의 구분으로도 구분이 가능하다. 입력선의 유무를 가지고 구분하면 유선방식과 무선방식으로 구분

할 수 있다. 무선의 방식으로는 RF를 이용한 방법이 주를 이루고 있다. 그러나 최근의 연구와 개발에 있어서 지능화된 기기들에 사용자의 자연스럽게 직관적인 행위를 인터페이스의 입력으로 이용하고자 하는 방법들이 연구되어지고 있다[1]. 또한 이러한 방식으로 제어하고 사용할 수 있는 인터페이스의 중요성이 대두되고 있다[2]. 인간과 정보기기간의 상호작용을 하던 인터페이스에서 발달한 NUI (Natural User Interface) 는 게임 등의 엔터테인먼트, 조명, TV 제어 등의 다양한 분야에 응용되고 있다. 이전의 것보다 발전된 NUI 구현을 위해 센서를 이용하여 다양한 인간의 생체신호나 몸짓, 동작 등을 인식하는 시스템이 꾸준히 연구되고 있다[3,4]. NUI 구현에 있어서 편리성을 위해 센서에 접촉하지 않고 인식이 가능한 범위 내에서 비접촉식으로 동작신호를 감지하며 다양한 동작을 인식하는 것은 NUI 구

* 준회원, 전남대학교 전자컴퓨터공학과

** 정회원, 전남대학교 전자컴퓨터공학과

이 논문(저서)은 2014년 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2014H1C1A1066771)

접수일자 : 2017년 06월 15일

게재확정일 : 2017년 06월 27일

수정일자 : 2017년 06월 26일

교신저자 : 김영철 e-mail : yckim@jnu.ac.kr

현에서 매우 중요한 부분을 차지한다[5].

EPS (Electric Potential Sensor)는 주변에 흐르고 있는 전 기장 내에 왜란이 생기고 이를 전위차로 변환하여주는 센서이다[6]. EPS에 손동작을 취했을 때 주변 지구전기장의 왜란에 의해 발생하는 전위차 신호를 얻어 동작 인식 시스템에 적용하여 동작을 인식할 수 있게 된다[7-9]. 다양한 기기들을 제어하기 위해서는 정확한 동작인식이 우선적으로 이루어져야 한다. ESP가 2개 이상 이용되어지면 다양한 동작인식을 할 수 있다.

본 연구팀은 EPIC 센서를 이용하여 사용자의 손동작으로 부터 발생하는 주변 지구 전자기장 신호의 입력을 인터페이스하기 위한 전자회로를 구현하였다[10]. 본 논문에서는 개발된 인터페이스 HW를 이용하여 신호를 검출하고 동작인식을 위한 전처리 신호처리 방법을 제안한다. 이를 이용하여 LED조명의 컨트롤 부분에 응용하였다. 손동작으로부터 발생하는 전자기장 신호의 입력은 아날로그 신호이므로 이를 디지털로 변환하는 과정이 필요하고 원하는 신호만을 추출하기 위해 필터의 적용도 필요하다. 디지털 신호로 변환은 2개의 채널에 대하여 Sampling Rate 3k Hz의 주파수로 A/D변환 하였다. 변환되어 이산화된 디지털 신호에 대하여 평균값 추출 방법을 사용하여 이상 신호 및 노이즈에 대한 검출 방법을 설계하였다. 신호 처리된 서로 다른 손동작 입력을 구분하기 위한 임계치 기법을 사용하여 threshold value를 가지고 연속 입력 신호에 대한 손동작으로부터 발생하는 전자기장 신호 입력의 데이터의 구분으로 사용하였다. 제안한 임계치 방법은 2개의 EPIC에 전자기장의 변화가 인가되었을 경우 동작을 보다 정확히 인식하기 위한 신호처리 방법이다. EPIC에 전자기장의 변화가 입력되지 않았을 때를 기준으로 하여 노이즈를 제거할 수 있는 방법도 제안한다. 제안된 신호처리 방법은 8dB 정도의 SNR 향상을 보였으며 이전의 시뮬레이터에는 없었던 손동작 판단에 대한 plug-in이 가능하여 기존의 장비와의 차별성을 가지고 있다.

본 논문의 구성은 제 2장에서는 EPIC 센서 및 인터페이스 회로를 통한 신호검출 및 신호처리 방법을 기술한다. 또한 손동작 인식처리를 위한 신호수집 알고리즘을 설명한다. 3장에서는 제안된 신호처리 알고리즘의 검증 결과를 기술한다. 이렇게 신호처리 된 동작신호는 LED 조명모듈 컨트롤러 설계에 적용한 결과를 기술한다. 마지막으로 5장에서 결론과 향후 연구방향을 기술한다.

II. EPIC 신호 인터페이스와 신호처리

1. A/D 변환 및 신호 전처리

본 연구에서 사용된 EPIC 센서는 0.1Hz ~ 10kHz 대역의 주변 전자기장의 전위에 매우 민감한 변화를 나타낸다. EPIC 센서를 이용하여 인체전자기장 변화를 감지하는 제어 어플리케이션을 구현하기 위해서는 감지 신호에서 동작신호를 추출 및 검출하는 과정

과 동작신호 이외의 무의미한 신호들을 제거하는 과정이 필수적이다. EPIC 센서의 출력이 60Hz 구형파 신호가 연속신호로 출력되기 때문에 60Hz가 기본 Base가 되어야 한다. 1초에 3,000회의 샘플링을 하였다.

2. NUI 구현을 위한 신호처리 S/W의 구현

EPIC 센서에 어떠한 전자기장의 변화를 주어서 변화된 전자기장의 신호를 측정하기 위하여 2개의 센서를 사용하고 두 개의 채널을 통하여 입력된 신호를 지속적으로 A/D 변환하여 양자화된 디지털 신호가 된다. 이렇게 수집된 신호는 그래프 상에 두 개의 신호로 나타나며, 두 개의 신호로부터 동상으로 입력되는 노이즈 및 유입신호에 대하여 적절한 감쇄 방법으로 평균값 산출과 differential 과정을 거치게 된다. 그림 1은 이에 대한 개념도를 보여준다.

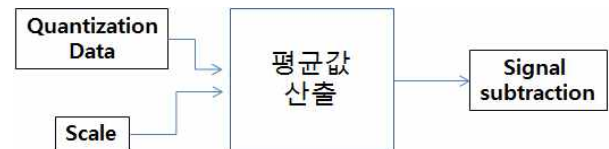


그림 1. 신호의 평균값 추출과 Differential을 위한 개념

신호의 처리과정에서 입력된 아날로그 신호는 양자화 되어 디지털 신호로 변환된다. 이러한 신호처리 과정에 이상신호와 노이즈가 유입되게 된다.

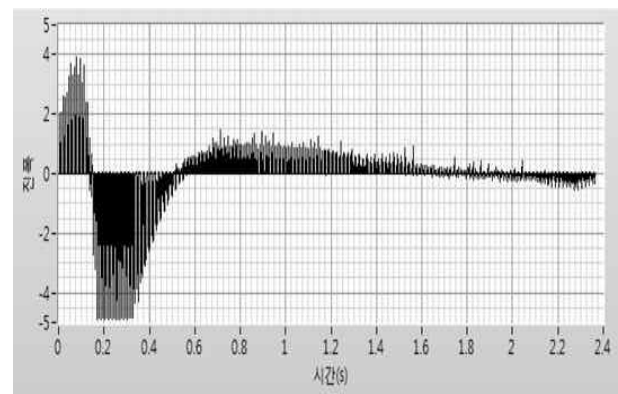


그림 2. 전처리 되지 않은 신호

대부분의 신호처리에 있어서 이러한 이상신호나 노이즈를 제거하기 위해서 다양한 필터를 적용한다. 그림 2는 전처리 되지 않은 상태의 신호를 보여준다. 평균값 추출에 대한 식을 식(1)에 나타내었다.

$$f(x) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m g(i) \quad (1)$$

식(1)에서 $g(i)$ 는 각 점에서의 신호값, $f(x)$ 는 산술 평균값이다.

평균값을 취하게 되면 원래 신호의 특성에서 이상신호와 노이즈에 대한 감쇄의 효과를 가져 올 수 있다. 또한 신호의 원래 특성은 유지하면서 data 양도 현저히 줄일 수 있는 방법이다. 그림 2를 보면 data에 평균값 추출 방법을 적용한 신호가 원래 특성은 유지되면서 육안으로도 구별 가능할 정도의 신호로 변환되는 것을 알 수 있다. 그림 3은 식(1)에 따른 평균값 추출 방법을 사용한 결과 얻은 신호를 보여준다.

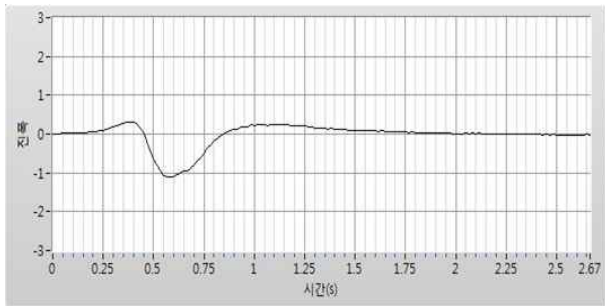


그림 3. 평균값 추출 방법에 의해 처리된 신호

제안한 전처리 신호처리 부분에 대하여 기존의 개발 장비와 비교하여 시험을 진행하였다. 동일 조건으로 시험해 보고자 하여 기존 장비와 제안한 방법 모두 움직임이 없을 때의 신호를 비교해 보았다. 기존의 장비는 평균값 추출 방식을 사용하지 않고 연속적으로 신호를 샘플링 하기 때문에 이상신호 및 노이즈를 모두 포함하고 있다. 그래서 신호의 특성 중 움직임이 없을 때 envelop 이 0.3V 정도 측정되었다.

이산화 된 신호에 대하여 평균값 추출 방식을 사용하여 신호 변환을 한 경우 기존의 장비와는 다르게 0.05V 정도의 envelop을 나타내었다. 기존의 장비에 비하여 우수한 SNR 비의 향상을 보이고 있음을 알 수 있다. 두 개의 envelop을 비교함으로써 나타낼 수 있는 SNR 관계식은 식(2)와 같다.

$$SNR = 10 \log \frac{E_{THIS}}{E_{CIB}} [dB] \quad (2)$$

식에서 E_{CIB} 와 E_{THIS} 는 기존 장비와 제안한 시스템으로부터 취득한 envelop을 나타낸다. 식(2)에 의해 SNR 비를 구할 경우 약 8 dB 정도의 향상을 얻을 수 있었다.

3. 손동작 인식을 위한 구현 방법

손동작을 파악하기 위하여 시뮬레이터를 설계하여 측정하였다. 여러 명의 교차실험을 통하여 데이터를 분석하여 손동작을 하였을 경우에 대한 신호의 특성을 파악하였다. 이를 위해 실험 데이터를 표현할 수 있는 UI를 따로 만들어 실험을 진행하였다. 예비 실험을 위한 UI를 그림 4에 나타내었다. 여러 사람의 손동작을 데

이터와 함께 그래프로 표현하였다. 또한 이산화 된 신호에 대한 수치 값을 배열에 저장하였다.

우선적으로 찾고자 했던 부분은 손동작을 하였을 경우 +부분에서의 최대값과 -부분에서의 최대값을 찾았으며, +부분에 있어서의 최대값을 peak라고 하였고 -부분에 있어서 최대값을 valley라고 표현하였다.

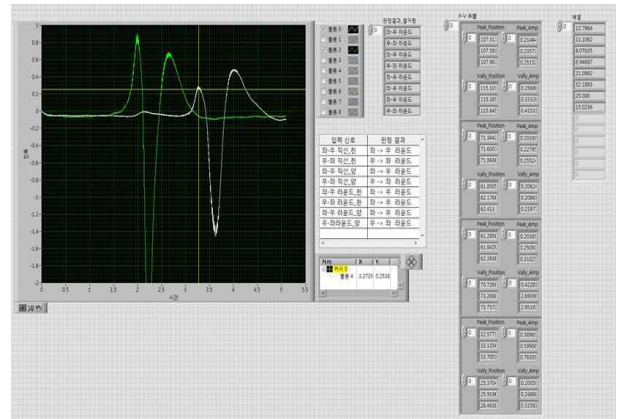


그림 4. 손동작 신호의 특징을 파악하기 위한 UI

그림 4에서와 같이 좌 -> 우 로 동작할 경우 peak 보다는 valley의 절대 값이 큰 것을 알 수 있다. 우 -> 좌 로 동작할 경우는 valley 보다 peak의 절대 값이 큰 것을 알 수 있다. 이러한 신호의 특성을 가지고 좌->우, 우->좌 직선의 동작에 대하여 구분할 수 있는 알고리즘으로 적용하였다.

구분하고자 한 동작 중 직선방향의 움직임 외에 라운드 동작하는 부분의 특성을 찾기 위하여 분석한 결과 peak와 valley가 나타나는 시간 간격을 가지고 판단하는 방법을 적용하였다. 직선 방향 움직임의 경우 peak 간의 시간차이는 0.35초 미만이었다. 라운드 움직임의 경우는 peak간 시간차이가 0.35초 이상이었다. 이를 기반으로 하여 라운드 움직임에 대한 판단을 알고리즘화 하였다.

움직임에 대한 구분을 하기 위한 신호처리에 있어서 또 하나의 방안으로 연구된 것이 아무 동작을 하지 않을 때와 예비 동작을 했을 때의 데이터를 적절하게 처리하는 부분에 대한 구현방법을 적용하였다.

먼저, 아무런 동작을 하지 않았을 때의 데이터를 무시하는 방법에 대하여는 진폭의 +부분과 -부분에 threshold값을 적용해서 입력된 신호가 threshold값 이상일 때부터 데이터를 저장하는 방안을 적용하였다. 이러한 threshold값 방법을 사용할 경우 예비 동작으로 나타나는 신호에 대해서도 적절한 처리가 되어 threshold 방법을 알고리즘으로 적용하였다. 이를 수식으로 표현하면 식(3)과 같이 표현될 수 있다.

$$|x_c(nT)| > |S_{th}| \quad (3)$$

여기서 $|x_c(nT)|$ 는 이산화 되어 저장되는 데이터, $|s_{th}|$ 는 threshold 값이다.

신호의 검출과 예비동작에 대한 탐지 및 삭제에 대한 개념은 그림 5와 같다 .

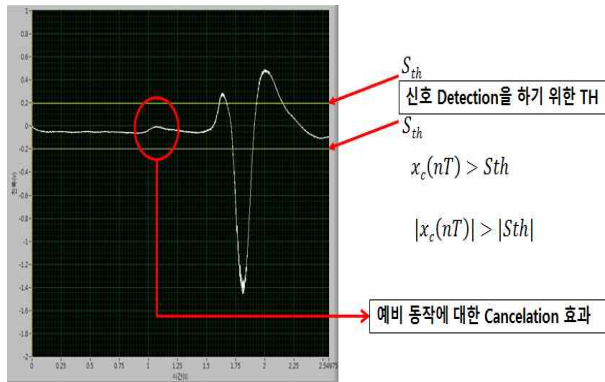


그림 5. 신호에 대한 threshold 값 적용 개념

손동작의 움직임을 판단하기 위해서 적용된 알고리즘을 구현하기 위하여 논리의 흐름순서도를 구성하였다. 이 부분은 판단만을 하기 위해서 구성된 것으로 시뮬레이터의 다른 부분들은 다른 흐름순서를 가지고 있다. 진행 단계는 처음에는 데이터의 입력을 받아서 그 값이 $|s_{th}|$ 보다 큰 값인지를 판단한다. 입력 받은 데이터가 $|s_{th}|$ 보다 작으면 다시 데이터를 입력 받아야 하고 $|s_{th}|$ 보다 크면 peak 인지 valley 인지를 판단한다. Peak 와 valley를 판단하여 어느 값이 더 큰지를 비교하고 이에 따라 좌->우 인지 우->좌 인지를 판단한다. 다음 단계로 max(peak) 와 max(valley)의 시간차이가 0.35초 이하인지, 이상인지를 판별하여 0.35초 이상이면 라운드, 이하이면 직선임을 판단한다.

III. 실험 및 검증

제안한 신호처리시스템의 전체 구성은 크게 3부분으로 나누어진다. 초기화 부분, 수집과 판단 부분, 그리고 통신 부분이다. 초기화 부분에서는 채널설정, 채널당 개수, 측정 범위, scale, 그리고 통신 초기화 등의 기능을 담당한다.

수집과 판단 부분에서는 신호의 평균값을 추출하고 신호의 차분을 구하는 일을 한다. 차분된 신호는 threshold값을 넘게 되면 3초 동안 저장되어서 어떤 손동작의 신호인지를 판별하여 동작 판단에 대한 명령을 메시지 큐에 저장한다. 메시지 큐에 저장된 명령은 시리얼 통신을 통하여 LED 조명의 컨트롤러와 연동된다.

이와 같은 기능 설정으로 구현된 시뮬레이터의 main GUI는 각 요소들에 대하여 그래픽 적으로 확인할 수 있는 컴포넌트 들을

가지고 있다. EPIC 센서로 부터 입력되어지는 2개의 신호에 대한 실시간 파형과 2개의 신호로부터 differential 되는 신호, 그리고 threshold 값 이상이 되어 3초간 저장되는 동작에 대한 신호를 보여주는 그래프 등을 가지고 있다. 텍스트 입력창에 threshold 값을 설정하는 부분과 어떤 동작을 행하였는지를 나타내는 창을 가지고 있다. 입력된 동작에 대하여 판단을 통한 동작 판단의 결과를 텍스트로 출력함으로써 결과를 바로 확인할 수 있다. 그림 6과 7은 제안한 시스템 시뮬레이터의 main GUI를 보여준다.

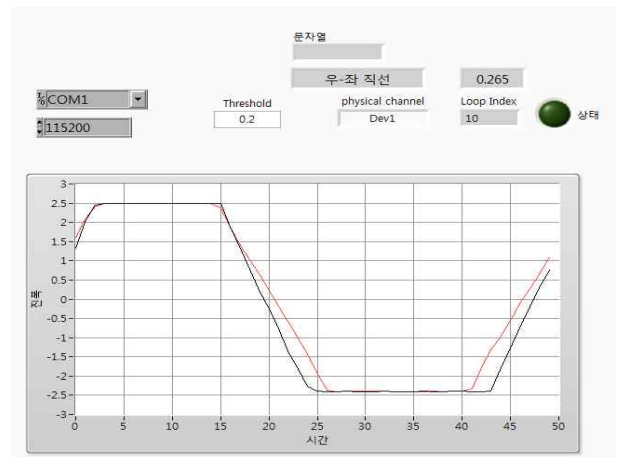


그림 6. Main interface GUI-1

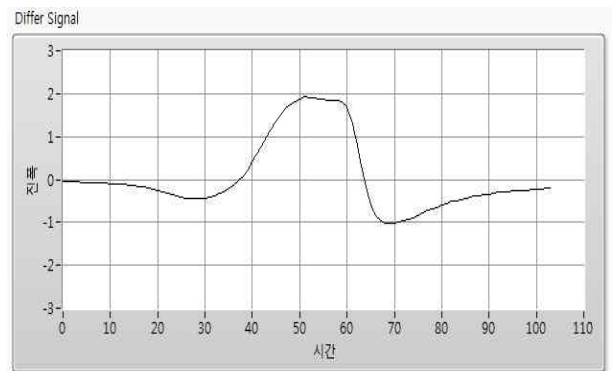


그림 7. Main interface GUI-2

1. 실험환경에 대한 구축 및 시뮬레이터 사양

아날로그 신호를 하드웨어 타이밍에 기준해서 연속적으로 측정하는 순서는 그림 8과 같다. 채널을 생성하고 하드웨어 타이밍을 설정하며, 설정을 끝내고 시작한 다음 데이터를 연속적으로 읽고 정지하고 지우게 된다

EPIC 센서는 센서 주변의 전자기장의 변화를 측정하는 센서로 주변의 환경에 즉각적으로 반응을 한다. 손동작 움직임에 대한 인식에 대한 연구보고 사례가 많지 않아 검증된 실험 data set이 따로 없으며 본 논문에서의 실험은 제한된 환경 상태에서 진행하

였다. 영향 요소로는 인체의 유전율 및 전기도전율, 착용중인 의류의 재질이나 주변 환경의 습도, 접근 속도와 접근 면적 등의 인체의 전기적 특성을 변화시키는 영향이 있다.

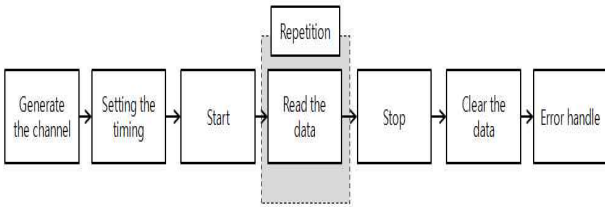


그림 8. 하드웨어 타이밍을 이용한 연속신호 측정 흐름도

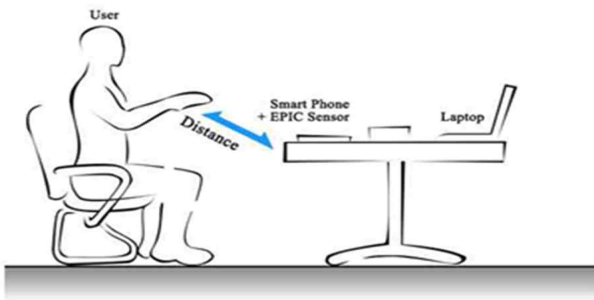


그림 9. EPIC 센서 이용 신호 수집을 위한 시험 환경

또한 실험자가 맨발이거나 실험자 위치의 바닥 재질 및 실험자의 절연체 접촉 상태 등의 목표물의 접지상태도 영향을 주는 요인에 포함된다. 센싱 데이터는 그림 9와 같이 센서와 사람의 거리는 30cm 이내, 실험자 이외의 모든 움직임을 정지하고 손을 움직이면서 수집하였다.

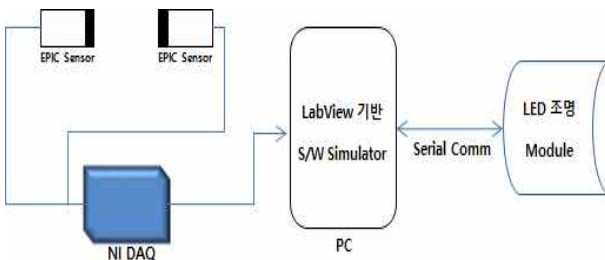


그림 10. 전체 시스템에 대한 구성도

그림 10과 같이 LabVIEW 기반 시뮬레이터에서 전송된 데이터를 기반으로 하여 전처리 과정 및 동작신호 검출 과정을 진행하였다.

2. 결과의 비교와 분석

EPIC 센서를 이용하여 전자기장의 변화를 측정하고자 하는 시스템은 기존의 EPIC 센서를 생산하는 영국의 Plessy사에서 CIB

box 형태의 개발장비를 개발하였다[11]. 그러나 기존의 장치는 하나의 box에 센서를 2개만 연결할 수 있었다. 확장성이 매우 떨어져 여러 개의 센서를 하나의 모듈에 사용하는 것이 불가능 하다.

기존의 장치의 문제점을 보면 지속적으로 신호를 입력 받아서 모니터링만 가능하도록 되어있다. 오직 모니터링만 가능하기 때문에 다른 부분으로 변화를 유도하기가 어렵다. 또한 움직임의 경우 예비동작에 대한 민감도가 있어서 신호파형에 즉시 반영된다. 기존 장치의 경우 신호의 envelop이 0.3V 정도 존재하여 이상 신호 및 노이즈의 포함이 당연시 되었다. 그리고 0.1V 정도의 offset을 가지고 있어서 차후 신호처리에 영향을 미칠 수 있는 조건을 가지고 있다. 그림 11은 기존의 CIB 장치로부터 얻은 신호 파형을 보여준다.

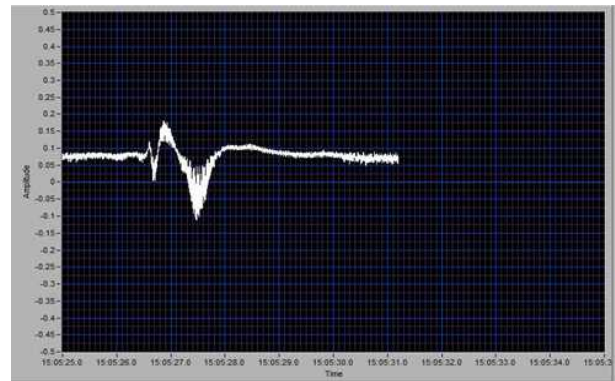


그림 11. 기존의 장치를 통하여 획득한 동작 신호 파형

본 연구에서는 이러한 제약 사항들을 극복하고자 확장성이 가능한 신호처리 장치를 제안하였으며, threshold 기능을 통하여 동작이 이루어 질 때 감지가 될 수 있도록 하였으며 평균값 추출 방법을 이용하여 원하지 않는 동작에 대한 감쇄 기능도 포함 하였다. 신호의 envelop은 0.05V 정도로 SNR 이 8dB 정도 향상 되었다. 동작판단에 대한 기능도 plug in 화 하였다. 그리고 offset이 거의 존재하지 않는다. 그림 12는 제안한 신호처리 방식에 의해 구현된 시뮬레이터를 통하여 획득한 움직임 신호에 대한 파형을 보여 준다.

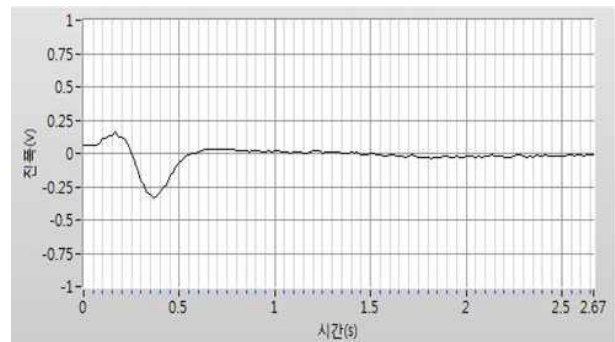


그림 12. 제안한 신호처리방법을 통해 획득한 동작 신호

제안한 시스템은 SNR 향상과 threshold voltage, 그리고 센서 입력에 대한 확장성을 갖는 것 등의 특징을 보여준다. 그림 13은 조명제어를 위한 4개의 서로 다른 손동작 신호가 잘 분리됨을 보여 주며, 손동작의 검출과 동작의 인식 결과가 향상되었다. 제안한 신호처리 시스템을 적용한 손동작에 의한 비접촉 조명의 제어 시스템의 제어가 원활하게 이루어 졌다. 그림 13에는 여러 번의 서로 다른 손동작을 보여주는 파형이며, 우측 부분은 동작분류에 대한 판정 결과를 보여준다.

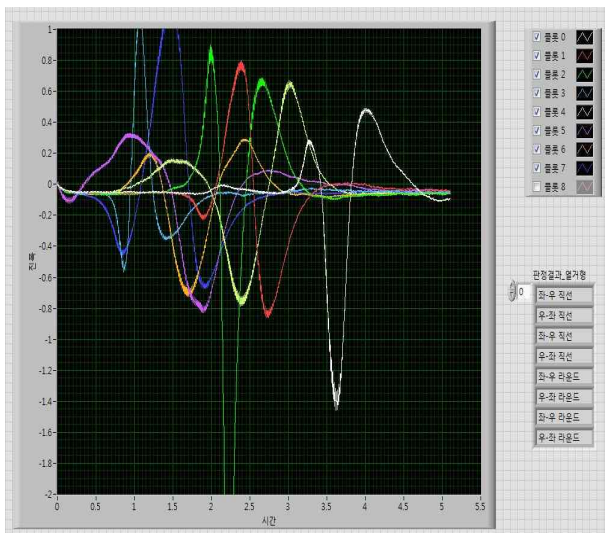


그림 13. 손동작 인식부분에 대한 판정 결과

시뮬레이터의 알고리즘 구현에 있어서 평균값 추출 방법과 threshold값을 이용하여 감지하는 방식이 손동작을 인식하는데 있어서 데이터 용량과 실행 속도를 개선할 수 있는 방법이라는 판단되며 4개의 동작이 적절히 구분되어 인식됨을 보였다.

제안한 EPIC 센서 신호처리 알고리즘을 검증을 위해 LED 조명 모듈의 컨트롤러를 설계하였으며 Atmega128을 이용하여 프로세서 시스템으로 구성하였다. 주요하게 사용된 인터럽트는 타이머 인터럽트와 UART 인터럽트이다. LED를 구동하기 위해서 driver IC를 이용하였으며 컨트롤러의 PWM 신호에 의해서 전체적인 밝기 및 ON/OFF가 제어되어진다. 기존에 EPIC 센서를 이용하여 명령체계를 구축하고 인터페이스의 제어신호로 이용하여 기존 장비에 비해 전체적인 시스템 성능은 향상된 처리 속도를 제공하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 EPIC 센서를 이용하여 손동작의 움직임을 파악하여 일련의 제어신호로 사용하고자 하는 NUI 개념의 시스템의 연구에 대하여 제안하였다. 기존의 선행 연구되던 패턴 인식 알고리즘 기반이 아닌 신호의 특성을 파악하여 분류하는 기법을 연구하였다. 제안한 기법을 통하여 센서로 부터 입력되

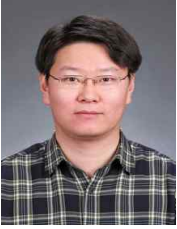
어진 신호에 대하여 4가지 패턴을 분류하여 명령체제로 만드는 인터페이스에 대하여 연구하였다. 2개의 센서를 이용하기 위하여 고정하여 신호를 전달할 수 있는 모듈에 대하여 설계하였다. 아날로그 신호를 디지털화 하여 PC로 전달할 수 있는 장치를 구성하였다. USB를 통하여 전달되어진 디지털 신호에 대하여 손동작 인식이 가능하도록 신호처리를 할 수 있는 시뮬레이터에 대하여 연구하였다. 시뮬레이터는 GL 기반의 컴파일러를 사용하였다. 초기 셋업과 변수 초기화 및 장치 초기화 하는 부분과 입력된 신호에 대하여 패턴을 분류하기 위해 판단하기 위한 알고리즘의 코드화 부분 그리고 인식된 패턴에 대하여 LED 조명모듈의 컨트롤러 시스템에 적용하였다.

마지막으로, 제안된 손동작 인식 예측 기법과 명령체계 처리 기법, 그리고 LED 조명 모듈을 제어하는 기법을 제안하고 구현하였다. 실험결과 정확한 움직임 예측 수행과 향상된 움직임 처리를 통하여 LED 조명 모듈을 제어 할 수 있었다.

References

- [1] A. Valli, "Notes on Natural Interaction", <http://www.citeulike.org/user/eckel/article/4324923>, 2005.
- [2] W. Liu, "Natural User Interface—Nect Mainstream Product User Interface," *IEEE, CAICD*, 2010.
- [3] 김형일, "모바일 단말에서의 가속도 센서 기반 제스처 인식 기술 개발," *경희대학교 박사학위논문*, pp. 1-99, 2012.
- [4] 홍동표, 우운택, "제스처기반 사용자 인터페이스에 대한 연구 동향," *Telecommunications review*, 제18권 제3호, pp. 403-413, 2008.
- [5] 하일근, "모바일 UI의 진화 : Beyond Touch," *LG 경제연구원 Weekly 포커스*, pp. 19-24, 2012.
- [6] Sean Connor, "EPIC : A New Epoch in Electric Potential Sensing", <http://www.sensorsmag.com/sensors/electric-magnetic/epic-a-new-epoch-electric-potential-sensing-8961>, 2011.
- [7] 조정재, 김영철. "EPIC 센서를 이용한 Hand Tracking 및 Calibration 알고리즘", *한국스마트미디어학회 스마트 미디어 저널*, 제2권, 제1호, pp. 27-30, 2013년 3월.
- [8] 장진수, 김영철. "전위차계 센서를 이용한 원격센싱을 위한 ELF대역 EMI 제거 및 PLN 응용연구", *한국스마트미디어학회 스마트 미디어 저널*, 제4권, 제1호, pp. 33-38, 2015년 3월.
- [9] 천우영, 이석현, 김영철, "LabVIEW 기반 EPS 동작신호 검출 및 분석시스템 구현", *한국스마트미디어학회 스마트 미디어 저널*, 제5권, 제3호, pp. 25-29, 2016년 9월.
- [10] 천우영, 이석현, 김영철, "인체전자기장 신호를 응용하여 손동작 인식을 위한 하드웨어 구현에 대한 연구", *한국스마트미디어학회 스마트 미디어 저널*, 제5권, 제3호, pp. 49-53, 2016년 9월.
- [11] Plessey Semiconductors Ltd, "EPIC Sensor Applications GuideBook", Document:292462, <http://www.plesseysemi.com>.

 저 자 소 개



천우영(정회원)

1998년 원광대학교 전기공학과 학사
 2000년 원광대학교 전기공학과.
 2012년 전남대학교 전자컴퓨터공학과
 박사수료

<주관심분야 : 스마트미디어 하드웨어, 생체신호처리
 정보처리 시스템, 사용자 인터페이스 시스템>



김영철(증신회원)

1981년 한양대학교 전자공학과 졸업.
 1987년 Univ. of Detroit, MS in EE.
 1993년 Michigan State Univ., Ph.D
 in EE.

1993년~현재 전남대학교 전자컴퓨터
 공학부 교수

<주관심분야 : 임베디드 SoC 설계, 스마트 인터페이스
 및 NUI, 저전력 설계>