

Arduino-MATLAB/Simulink 환경 기반 음향신호 이벤트 감지-반응 시스템

*이상현, 박대진

*한국과학기술원 전기 및 전자 공학과, 경북대학교 전자공학부
e-mail : sysmaking@gmail.com, boltanut@gmail.com

Acoustic Event Detection-Reaction System
Based on Arduino-MATLAB/Simulink Interoperation Environment

*Sang-Hyun Lee

Department of Electrical Engineering
Korea Advanced Institute of Science and Technology

Dae-jin Park

School of Electronics Engineering
Kyungpook National University

Abstract

The proposed research will present how pervasive interaction between humans and things can be recognized by gathering the repeated touch sequences and sharing the detected pattern across the all kinds of things. To extract meaningful information from the interaction, we will also aim to implement a newly designed sensor processor based on Arduino MCU, which can be integrated with cloud-side eco-system using MATLAB/Simulink inter-operation environment. In this paper, we will contribute the initial prototypes for sensor processor to provide the individualization for the touch-sensing and reaction for the user on purpose.

I. 서론

본 연구는 사물-사물 간 통신에 의한 관계성을 언

급하는 기존 연구와 달리, 사물-사람 간 터치 이벤트를 매개체로 사물-사람 간의 상호작용에 대한 연구 가능성을 탐색한다. 먼저 터치 이벤트를 통해 사물에게 사용자의 행동 기록을 전달한다. 이렇게 누적된 행동 패턴들을 사물끼리 공유함으로써 사용자가 사물로부터 서비스를 제공 받을 수 있도록 한다.

사물이 터치에 반응하기 위해서는 설계 단계부터 터치 인터페이스를 탑재해야 한다. 대부분의 기존 사물들은 이러한 기능이 없으며 사물에 터치 기능을 내장하기 위해서는 사물 표면의 특정 영역을 변형해야 한다. 디지털 기기뿐만 아니라 주변에 있는 보통 사물들에도 저렴한 비용으로 터치 이벤트 인식 기능을 수행할 수 있도록 표면 음향 감지 기반 터치 인식 기술을 이용한다. 그 예로, 피에조 센서가 부착된 사물에 일정한 신호 패턴이 송신 단과 터치 대상의 매질을 거쳐 수신 단으로 전송될 때, 사람의 터치에 의해 예측된 신호 패턴이 일정 기준 이상 왜곡 되었을 때, 이를 바탕으로 정보를 감지할 수 있다.

감지된 원자 단위 터치 이벤트는 더 이상 정보를

분해 할 수 없는 최소한의 정보를 지닌다. 터치 이벤트는 사용자의 터치 반응 패턴과 사물의 터치 경로를 공유함으로써, 사용자 주변의 사물들이 사용자의 의도를 인지하고 개인화된 서비스를 제공할 수 있다.

사물-사람 간 개인화된 상호 작용을 가능하게 하려면 터치 패턴 정보를 저장 할 수 있어야 한다. 더불어 인접한 사물들 사이에 수집한 패턴들을 공유할 수 있어야 한다. 또한, 각각의 패턴에 대응되는 사용자 서비스를 사물별로 제공할 수 있는 프로그래밍 인터페이스가 존재해야 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 본 연구와 관련 있는 기존 연구들을 소개하고, 3장에서는 시스템 구현 시 개발 환경 및 시스템 구조를 소개하고, 실제 피에조 센서를 이용하여 사물-터치 반응에 대응되는 신호 파형의 결과를 토대로 이벤트를 감지 할 수 있는 수단으로써 인터페이스로 활용될 수 있음을 언급한다. 끝으로 4장에서 결론을 맺도록 한다.

II. 사례 연구

음향 기반의 감지를 통한 터치인식에 대한 기본적인 이론들이 소개되었으나, [1-2] 기존 연구들은 신호 처리와 관련된 터치 센서 자체에 초점이 맞추어져 있다. 본 연구에서는 이 기술로부터 출발하여 사물 표면의 변형 없이 표면의 매질을 타고 전파되는 진동 신호를 전송하고 터치에 의한 신호 왜곡을 감지하는 원리를 이용한다.

본 연구에서는 사물에게 행위를 가한 사용자의 터치 자체에서 발생하는 마이크로 원자 단위의 터치 이벤트 인식을 확장한다. 장시간에 걸쳐 사용자의 터치 활동을 관찰함으로써 [3] 터치행위의 패턴을 파악하고 이를 주변 사물들에게 공유하게 한다. 이를 통해 사

물이 제공하는 서비스의 개인화가 가능하도록 프로그래밍 인터페이스를 구현하고자 한다. 기존에는 사용자의 행위를 분석하고 감성을 파악하는 선행 연구[4-6]가 진행되었다. 본 연구에서는 데이터 기반 통신이 아니라 사물과 사람간의 터치를 매개체로 상호작용할 수 있는 터치 이벤트 검출, 저장, 인식 가능한 MCU 기반 센서 시스템과 개인화된 서비스 제공이 가능한 클라우드 서버 연동 환경을 구축하는 것을 목표로 한다.

III. 본론

3.1 MATLAB-Arduino MCU 연동 기반 감지

센서로부터 실시간으로 데이터를 읽을 때, 이벤트 검출 기준에 준하여 이벤트를 발생시키기 위해 그림 1과 같은 구조를 제안한다. 보드 상에서 프로그램이 구동될 수 있도록 Matlab/Simulink 모델로 구현했고, 타겟 보드로 Arduino Mega 2560 모델을 사용했다. Matlab은 Arduino의 특정 핀에 데이터를 쓰거나, 특정 핀으로부터 데이터를 읽을 수 있도록 Arduino 전용 패키지(Simulink Support Package for Arduino Hardware)를 지원한다.

본 논문에서 이벤트를 검출하기 위해서 사용한 구체적인 방법은 다음과 같다. 송신부에서는 주파수가 일정 주기로 선형 증가 및 감소하는 Chirp 신호를 만들어 Arduino의 특정 디지털 핀('D9')으로 출력을 내보낸다. 발생된 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위해서, 먼저 Chirp 신호에 크기가 1인 바이어스를 주어 시간에 따른 신호의 세기가 0 이상의 값을 갖도록 한다. 이후, 제로 오더 홀드를 통해 일정 주기로 샘플링을 수행하고, 해당 주기만큼 신호 세기가 일정 값으로 유지될 수 있도록 한다. 끝으로 신호의 세기가

ADC(Tx part)

DAC(Rx part)

그림 1 원자 이벤트 취득 및 패턴 추적을 가능케 하는 Simulink 환경

기준치를 넘는 지 확인하여 5V와 0V로 변환한다. Duty rate는 Chirp 신호의 주파수 크기와 관계없이 항상 50%로 유지하기 위해 기준치를 아날로그 전압 기준으로 1V 근방으로 정했다.

수신 측의 경우, 아날로그 입력 핀('A0')에서 읽어들이는 값이 실제로 0~1023의 범위를 갖는 16비트 데이터이다. 이를 0~5V 사이의 아날로그 전압을 갖도록 증폭기를 통해 값을 변환한다. 송신부와 마찬가지로 제로 오더 홀드를 거치고, 시간 영역과 주파수 영역에서 그래프 결과를 확인할 수 있도록 데이터 형 변환을 수행한다. External 모드를 통해 실시간으로 송신 측에서 보내는 신호와 수신 측에서 받는 신호의 세기를 확인할 수 있도록 XY 그래프 블록을 이용했고, 일정 개수의 샘플이 모일 때마다 주파수 영역에 따른 전력을 확인하기 위해 스펙트럼 분석기를 활용했다. 스펙트럼 분석기 결과를 비교함으로써, 특정 주파수 성분의 전력의 크기에 차이가 보이는 경우 이벤트가 발생한다고 판단할 수 있다.

3.2 실험 환경 및 결과

본 논문에서 실험을 수행하기 위해 구성한 회로도는 다음과 같다.

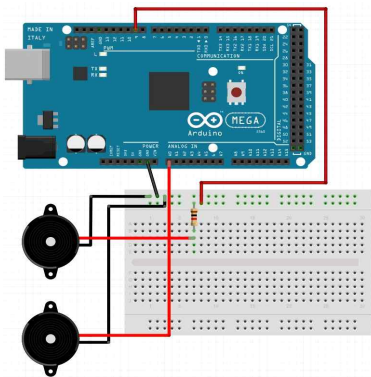


그림 2. 실험에서 사용한 회로

Signal type	Chirp
Frequency sweep	Linear
Sweep mode	Bi-direction
Initial frequency	1Hz
Target frequency	60Hz
Target time	2sec
Sweep time	5sec
Sampling time	1/8000sec

표 1. 송신 측 신호 파라미터

Total simulation time	15sec
Simulation mode	External mode

표 2. 시뮬레이션 파라미터

그림 2의 송신 측에서 사용한 저항은 1k로 피에조 센서에 과전류가 흐르지 않도록 하기 위해 사용되었다. 피에조 센서와 센서 사이의 거리는 약 1cm로, 검지를 장애물로 활용했다. 표 1과 표 2는 송신 측에서 피에조 센서로 전송하는 Chirp 신호에 대한 파라미터 값, 시뮬레이션 시간 및 수행한 시뮬레이션 모드를 나타낸다.

2. 실험 결과

PC 상에서 송신 부 측에서 피에조 센서로 인가한 시간에 따른 디지털 신호는 그림 3과 같다.

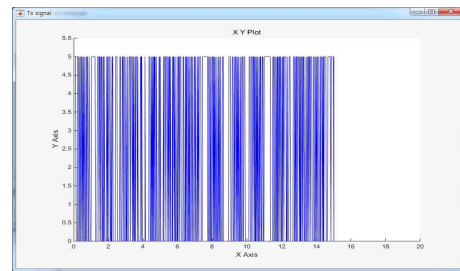


그림 3. 송신 측 디지털 신호

위 그래프에서 X Axis는 총 시뮬레이션 시간(단위: 초), Y Axis는 0V/5V의 전압(디지털 값)이 된다. 센서와 센서 사이에 검지가 없을 경우와 검지가 존재할 경우, 수신 측에서 변환되는 아날로그 신호는 각각 그림 4, 그림 5와 같다.

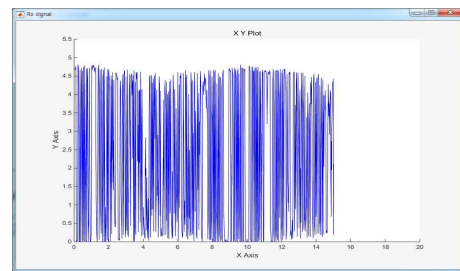


그림 4. 장애물 부재 시 수신 측 신호

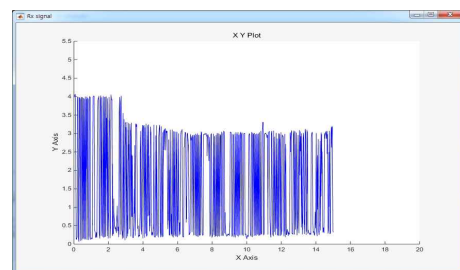


그림 5. 장애물 존재 시 수신 측 신호

그림 4, 5의 x축은 그림 3과 동일하고, Y축은 변환된 아날로그 전압(단위: V)을 의미한다. 검지가 존재하지 않은 경우에도 약 0.3~0.7V 정도의 신호 감쇄가 발생하는 모습을 그림 4를 통해 확인할 수 있다. 그런데 그림 5에서 신호 감쇄 폭이 처음 약 2.5 초 동안 1V에서 이후 2V로 단번에 증가한 사실을 미루어 볼 때, 장애물이 존재 하는 경우가 없을 때보다 감쇄 폭이 더 크며, 장애물이 매질에 미치는 영향에 따라 그 감쇄 폭 또한 달라지는 사실을 확인할 수 있다. 이를 통해, 감쇄 되는 정도의 차이를 기준으로 이벤트를 검출 기준을 마련할 수 있고, 이후에도 이와 유사한 형태의 아날로그 신호가 외부에서 들어온다면, 외부에서 손가락이 센서 사이에 놓인 사실을 이벤트로 생성할 수 있다.

그런데 시간 영역에서 이벤트 검출을 위한 기준을 마련하게 되면, 정확히 어느 주기로 이벤트 검출을 시행해야 할지 정하기 어려운 단점이 생긴다. 그림 4와 5를 보면 간혹 주변보다 작은 값을 갖는 시간 영역이 존재하는데, 짧은 시간대만으로 이후 시간대를 아우를 수 있는 이벤트를 검출하는 데 한계가 발생하기 때문이다. 이를 해결하기 위해, 주파수 영역에서 FFT 혹은 파워 스펙트럼을 통해 주파수 성분이 얼마나 차이 나는지를 비교함으로써 해결 할 수 있다. 그림 6은 주파수에 따른 송신 측 신호의 파워 스펙트럼을 나타낸다.

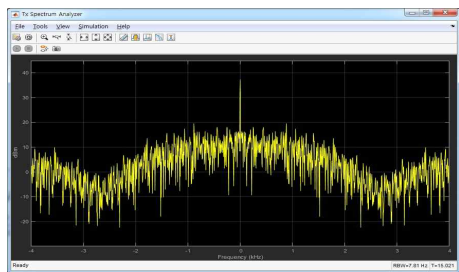


그림 6. 송신 측 주파수 성분

FFT가 아닌 스펙트럼 분석기를 활용한 이유는 다음과 같다. Matlab Simulink에서 FFT의 입력으로 벡터를 받는데, 샘플을 모아 벡터로 구성하기 위해서 버퍼를 사용해야 한다. 그런데 Simulink 모델이 컴파일되어 보드에 업로드 되는 과정에서 메모리 오버플로우가 발생할 수 있다. 이를 막기 위해 보드로부터 USB 케이블을 통해 PC로 오는 샘플을 모아, 일정 샘플이 모일 때마다 이를 스펙트럼 분석기를 거치게 하여 주파수에 따른 전력 성분을 확인할 수 있도록 했다.

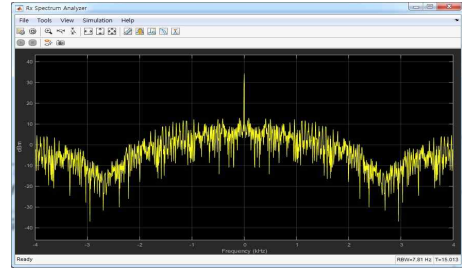


그림 7. 장애물 존재 시 수신 측 주파수 성분

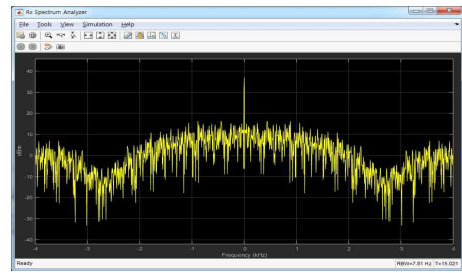


그림 8. 장애물 부재 시 수신 측 주파수 성분

그림 7과 8은 각각 센서와 센서 사이에 검지가 없을 때와 존재할 때, 주파수에 따른 수신 측 신호의 전력 성분을 나타낸다. 일정 수의 샘플이 모일 때마다 스펙트럼 분석기의 그래프가 업데이트가 되므로, 시간 영역과 달리 일정 시간 영역의 신호를 다룰 수 있는 장점이 있다. 하지만 일정 수의 샘플이 모이기 전까지 스펙트럼 분석기 내 그래프가 바뀌지 않기 때문에 항상 스펙트럼 분석기의 그래프가 바뀌는 시점에만 이벤트 검출 유무를 확인할 수 있다는 단점이 존재한다.

VI. 결 론

본 연구에서는 아날로그 회로 영역인 터치 감지, 취득된 신호처리 및 이벤트 추출에 관련된 MCU 시스템 및 처리 소프트웨어, 적재된 터치 이벤트를 사물과 공유하고 이벤트를 해석하는 서버 측 연동 환경을 구현한다. 개별 사물들에게 음향기반 터치기능을 내장시키고 사용자별, 사물 매질 특징에 따라 개인화된 터치 반응 정도를 분석하여 특정한 터치 이벤트에 대응되는 사용자 반응과 서비스를 제공할 수 있도록 프로그래밍 가능한 인터페이스를 제공하고 Matlab/Simulink와 동적인 연동제어 구조를 구현하여 사용자/관리자 레벨에서 사물터치의 개인화를 가능케 하는 구조를 제안하였다.

참고문헌

- [1] Collins, T., "Active acoustic touch interface," *Electronics Letters* 45, 20 (24 2009), 1055 - 1056.
- [2] Lopes, P., Jota, R., and Jorge, J.A., "Augmenting touch interaction through acoustic sensing," In *ITS '11*, 53 - 56.
- [3] D. J. Park, J. Cho, Accuracy-Energy Configurable Sensor Processor and IoT Device for Long-Term Activity Monitoring in Rare-Event Sensing Applications, *The Scientific World Journal*, 2014
- [4] Preeti Khanna, and M. Sasikumar, "Recognising emotion from keyboard stroke pattern," *International Journal of Computer Applications*, vol. 11, no. 9, Dec 2010
- [5] Jones, B.R.; Sodhi, R.; Campbell, R.H.; Garnett, G.; Bailey, B.P., "Build your world and play in it: Interacting with surface particles on complex objects," *Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, 2010 9th IEEE International Symposium on , vol., no., pp.165,174, 13-16 Oct. 2010
- [6] Resalind W. Picard, "Toward computers that recognize and respond to user emotion," *IBM Systems Journal*, vol. 39, nos 3&4, 2000.