

# FFT를 활용한 스마트 양육 시스템

김준회\* · 이정수\* · 주정우\* · 배지수\* · 이봉주\*\*

Smart Parenting System using FFT

Jun-Hoe Kim\* · Jeong-Soo Lee\* · Jeong-Woo Joo\* · Ji-Su Bae\* · Boong-Joo Lee\*\*

## 요약

본 논문은 스마트 베개와 스마트 기저귀에 관한 것이다. 스마트 베개는 아기 울음소리의 주파수를 분석하여 나온 디지털 값을 대역 통과 필터에 적용한다. 만약 300-600Hz 사이라면 백색 소음을 출력한다. 스마트 기저귀는 아기가 배변 시 기저귀 외부의 온도가 29℃이상, 습도가 99% 이상일 경우에 스마트폰에 경고 알람을 울린다. 또한 스마트 기저귀는 아기가 누워있는 위치를 감지하여 뒤집혔을 시 스마트폰에 경고 알람을 울려 아기의 질식사를 예방한다.

## ABSTRACT

This paper is about a smart pillow, and a smart diaper. The smart pillow analyzes the frequency of a baby's cry and applies its digital value to the band pass filter. If the crying is between 300-600Hz, the white noise comes out. The smart diaper alerts to the smart phone if the humidity outside the diaper is over 99%, or the temperature is over 29℃ after the defecation of the baby. The smart diaper also prevents choking of the baby by alert to smart phone if they are in a dangerous position by sensing the location of the infant.

## 키워드

Arduino, Band-Pass Filter, Bluetooth, Wifi, IoT  
아두이노, 대역 통과 필터, 블루투스, 와이파이, 사물 인터넷

## 1. 서론

정보를 얻을 수 있는 방법이 늘어가고, 정보의 수준이 급격히 변화하고 있는 현대 사회에서 맞벌이 부부가 증가함으로 인하여 부모의 육아 활동이 어려워지고 있다[1]. 이러한 시점에서 사물인터넷의 발전으로 육아용품에도 사물인터넷 기술이 적용되고 있는 추세이다[2]. 사물 인터넷은 센서들로 이루어진 데이터 네트워크 및 기기가 통신을 기반으로 서비스가 만

들어지는 것을 말한다[3].

본 작품은 육아용품에 사물인터넷 기술을 적용하여 부모가 더 나은 육아활동을 하도록 하였고, 주된 작품으로 스마트 베개 및 스마트 기저귀가 있다.

양육에 어려움을 느끼는 사람들이 육아에 있어서 어려워하는 부분 중 하나가 아기의 기저귀를 어느 시기에 갈아줘야 하는가이다. 대소변을 수시로 보는 아기들의 경우 기저귀를 제때 갈아주지 않는다면 요로감염 및 피부 발진 등의 문제가 발생한다[4]. 그러나

\* 남서울대학교 전자공학과 (cajh08@naver.com, koag0309@naver.com, jungwoo94\_@naver.com, gs7688@naver.com)

\*\* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2018. 06. 25  
• 수정완료일 : 2018. 07. 20  
• 게재확정일 : 2018. 08. 15

• Received : Jun. 25, 2018, Revised : Jul. 20, 2018, Accepted : Aug. 15, 2018

• Corresponding Author : Boong-Joo Lee  
Dept. of Electronic Engineering, Namseoul University,  
Email : bjlee@nsu.ac.kr

말을 하지 못하는 아기들의 기저귀를 수시로 체크하기란 쉬운 일이 아니다. 이러한 상황에서 스마트 기저귀는 기저귀에 부착된 센서를 통하여 아기가 배변을 했는지의 생리 상태를 즉각적으로 확인할 수 있기 때문에 여러 가지 질병으로부터 아기를 보호할 수 있다. 또한 신생아의 경우에 누워있는 상태에서 뒤집혀지더라도 한다면 자신의 힘으로 다시 뒤집기 힘들기에 질식사의 위험이 따른다. 이러한 경우에 스마트 기저귀에 부착된 센서를 통하여 아기가 어떤 자세로 누워있는지에 대한 상태도 확인할 수 있고, 뒤집혔을 시 위험이 되는 질식사도 방지할 수 있다.

스마트 베개는 마이크 모듈과 아두이노를 사용하여 주파수를 원하는 정보 형태로 분석하고[5], 아기의 울음소리를 감지해서 백색 소음을 들려줌으로써 아기의 울음을 잠재우도록 한다. 백색 소음이란, 특별한 의미를 가지고 있지는 않지만 인간의 가청범위(20Hz~20kHz) 내에서 모든 주파수를 포함하고 있는 소리이다. 백색 소음은 일반 소음과는 달리 청각 패턴이 특정하지 않고, 그저 전체적으로 소음레벨로서 받아들이는 소음으로 사람에게 기억력과 집중력을 향상시켜주고, 심신을 안정시켜주어 편안한 느낌을 갖도록 하는 영향이 있다. 백색 소음으로 알려진 소리는 여러 가지가 있으나 대표적으로 계곡물 흐르는 소리나 파도치는 소리에 들어있는 백색 소음의 경우에는 인간 뇌파의  $\alpha$ 파를 동조시켜서 심리적 안정과 수면을 촉진한다[6].

본 논문에서는 스마트 베개 및 스마트 기저귀 두 가지의 작품을 제작하여 양육자들이 보다 나은 육아를 하는 것을 목표로 한다. 즉, 스마트 베개가 아기의 울음소리를 인식하고 백색 소음을 들려줌으로써 아기의 울음을 멈추게 함과 동시에 심리적인 안정을 제공하고, 스마트 기저귀의 스마트폰 알람 연동 시스템을 이용하여 아기를 여러 가지 질병으로부터 보호하고, 질식사를 방지할 수 있는 작품을 만들고자 한다.

## II. 시스템

### 2.1 시스템 구성도

그림 1은 본 논문에서 설계하고자 하는 시스템의 전체적인 구성도이다.

구성도에서 볼 수 있는 것처럼 시스템은 센서부를

시작으로 온습도센서 및 자이로센서, 마이크센서의 신호를 입력받아서 제어부의 MCU의 역할을 하는 아두이노 나노를 거쳐서 통신부의 와이파이 모듈과 블루투스 모듈을 통해 스마트폰과 스피커센서로 출력된다.

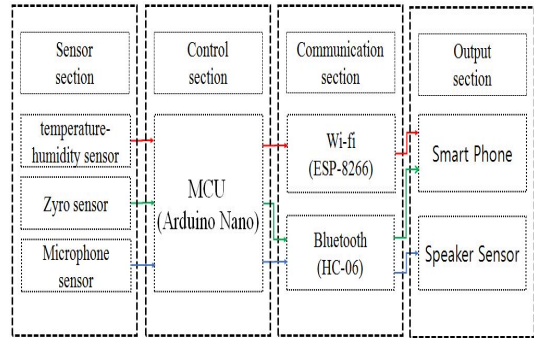


그림 1. 시스템 구성도  
Fig. 1 System configuration diagram

### 2.2 시스템 알고리즘

그림 2와 그림 3은 설계하고자 하는 스마트 베개 및 스마트 기저귀에 대한 시스템의 전체적인 알고리즘을 나타내고 있다.

스마트 베개는 음성 신호를 마이크센서를 통하여 입력 신호를 받고, 각 음성 신호의 주파수를 구별하기 위하여 아두이노 나노를 통해 아날로그 값을 디지털 값으로 변환하여 표현된다. 아기 울음소리의 경우, 평균적으로 300Hz에서 600Hz 대역의 주파수를 가지고 있기에 음성 신호가 300~600Hz에 해당되면 백색 소음을 출력하고, 해당되지 않는다면 다시 음성 신호를 받는 시스템을 구성한다.

스마트 기저귀는 온습도센서를 기저귀의 외부에 부착하여 측정하도록 하였고, 온도가 29℃ 이상이고, 습도가 99% 이상이면 와이파이 모듈을 통하여 스마트폰과 연결이 되어 알려주는 시스템과 자이로센서를 통해서 누워있는 아기의 기울기를 감지하여 뒤집혔을 경우에 블루투스 모듈을 통하여 스마트폰과 연결이 되어 스마트폰에 알려주는 시스템을 구성한다.

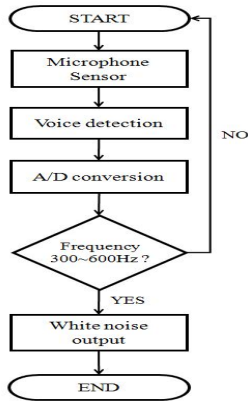


그림 2. 스마트 베개 시스템 알고리즘  
Fig. 2 Smart pillow system algorithm

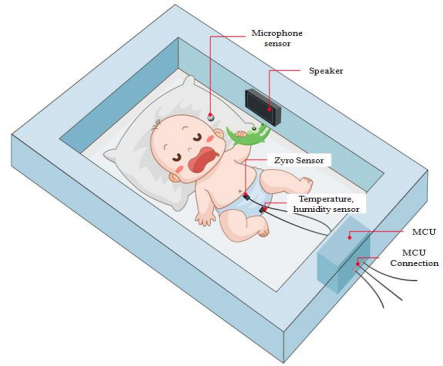


그림 4. 하드웨어 구성도  
Fig. 4 Hardware configuration diagram

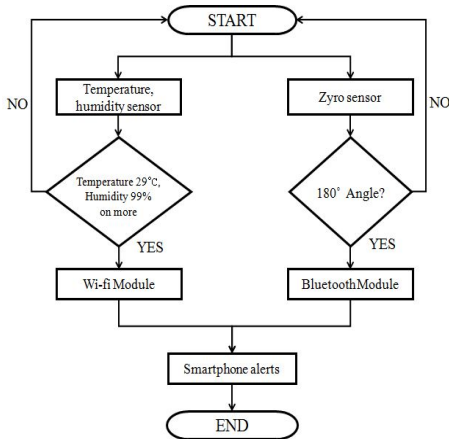


그림 3. 스마트 기저귀 시스템 알고리즘  
Fig. 3 Smart diaper system algorithm

### 2.3 하드웨어 구성도

그림 4는 본 작품의 하드웨어 구성을 나타낸다. 작품으로는 스마트 베개 및 스마트 기저귀 두 가지로 구성되어있고, 스마트 베개에는 마이크센서가 부착되어 있기에 외부에서 아기의 울음소리를 입력 받아 스피커센서를 통하여 백색 소음을 출력한다.

스마트 기저귀에는 온습도센서와 자이로센서가 부착되어 있어서 배변 활동 시에 기저귀 외부의 온도 및 습도를 측정하여 스마트폰에 아기의 배변 상황을 알려주고, 아기가 뒤집혔을 시에 스마트폰으로 경고 알람을 울리게 하여 아기의 질식사를 방지한다.

### 2.4 백색 소음

백색 소음은 ‘White Noise’라고도 불리고, 방대한 주파수의 범위에서 거의 규칙적인 주파수 스펙트럼을 가지고 있는 신호를 일컫는다[7].

일반적으로 발생하는 소음의 경우에는 그림 5와 같이 시간의 흐름에 따라서 발생하는 주파수와 세기가 불규칙하게 나타난다.

이에 반하여 백색 소음의 경우에는 그림 6과 같이 연속적인 스펙트라를 가진 소리로서 거의 균일한 주파수 스펙트럼을 가지고 있고, 단위 주파수대역에 포함되는 성분의 세기가 주파수와 관계없이 일정한 소리를 의미한다[8].

또한 백색 소음을 활용하게 된다면 정서를 안정시키는 효과를 기대할 수도 있다. 백색 소음은 사람들에게 익숙한 소음으로 주변의 소음을 덮어주기 때문에 몸과 마음을 안정시키는 역할을 수행한다. 그로 인하여 심리가 안정된 상태에서 발생하게 되는  $\alpha$ 파를 유도하고 산만한 상태에서 발생하게 되는  $\beta$ 파를 현저히 감소시키며 생성된  $\alpha$ 파를 오랜 시간동안 유지할 수 있도록 도와준다[9].



그림 5. 불규칙한 주파수와 크기를 갖는 일반소음  
Fig. 5 Generic noise with irregular frequency and magnitude

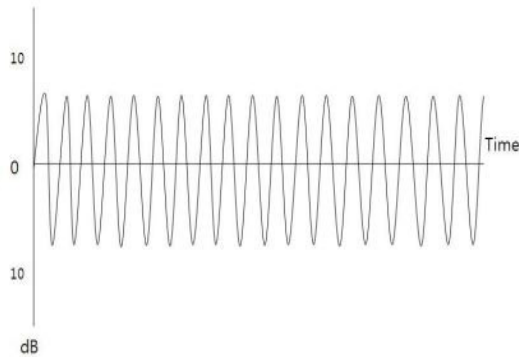


그림 6. 균일한 주파수와 크기를 갖는 백색소음  
Fig. 6 White noise with uniform frequency and magnitude

**2.5 대역 통과 필터**

잡음 환경에서 음성 구간을 검출할 경우에는 많은 어려움이 존재한다[10]. 이러한 상황에서 대역 통과 필터는 특정 주파수 대역의 신호만 통과시켜 출력하기 위한 필터의 한 종류로 저역 통과 필터와 고역 통과 필터의 속성을 단일 필터로 결합하여 하나의 대역을 통과시키는 작업을 수행하도록 필터 회로를 설계할 수 있다. 대역 통과 필터는 특정 대역과 스프레드 또는 주파수를 더욱 방대한 범위의 혼합된 신호 내에서 특정한 주파수를 분리하거나 필터링하는 경우에 사용 가능하다[11]. 그림 7은 저역 통과 필터와 고역 통과 필터의 직렬 결합으로 인하여 너무 높거나 낮지 않은 주파수만을 통과시키는 회로인 대역 통과 필터를 생성하는 블록 다이어그램이다.

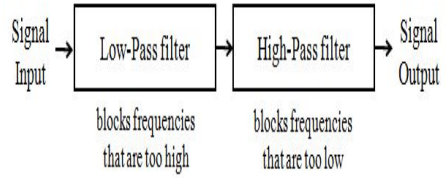


그림 7. 대역 통과 필터의 블록 다이어그램  
Fig. 7 Block diagram of band-pass filter

그림 8은 대역 통과 필터를 그래프로 나타낸 것이다. 대역 통과 필터는 저주파 차단 주파수  $f_1$ 과 고주파 차단 주파수  $f_2$  사이의 대역에서만 입력받은 신호가 통과되고, Band의 대역폭은 고주파 차단 주파수  $f_2$ 에서 저주파 차단 주파수  $f_1$ 를 뺀 값이다.

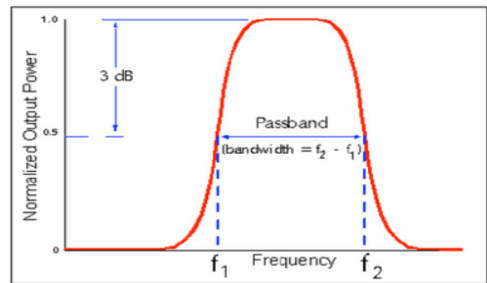


그림 8. 대역 통과 필터의 그래프  
Fig. 8 Graph of band-pass filter

**2.6 주파수 분석**

마이크센서를 통해 입력받은 아기 울음소리의 주파수를 분석하기 위해 음성 분석 프로그램 'Praat'를 사용하였다. 아두이노 나노에 마이크 모듈을 연결하고서 FFT( Fast Fourier Transform) 라이브러리를 적용시키면 입력 신호에 대한 주파수 정보를 얻을 수 있고, 얻어낸 정보를 원하는 용도와 목적으로 사용이 가능하다[12].

따라서, 일정 시간의 아기 울음소리가 녹음되어있는 음성 파일을 음성 분석 프로그램을 통하여 FFT 라이브러리를 적용하여 샘플링하게 되면 아기 울음소리에 대한 주파수와 스펙트럼에 대한 정보를 확인할 수 있다. 그림 9는 다양한 아기 울음소리 녹음 파일 중에서 한 가지를 표본화하여 얻어낸 주파수와 스펙트럼을 나타낸다.

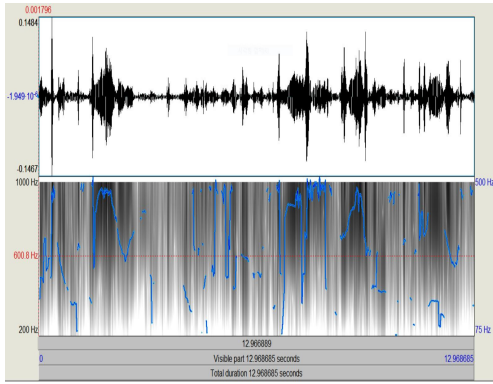


그림 9. 아기 울음소리의 주파수 및 스펙트럼  
Fig. 9 Frequency and spectrum of baby cries

### III. 실험 및 고찰

#### 3.1 온습도센서 목표 값 설정

아기의 대변 및 소변의 온도는 일반적으로 사람의 체온과 유사하다는 논문에 의거하여 본 논문에서 진행되는 실험에서는 대소변을 대신하여 물의 온도를 36.5℃로 맞추어 사용하였다[13]. 하지만 아기가 기저귀 내부에 배변 및 배뇨를 했을 시에 기저귀 외부에서 감지를 할 때에 동일한 값이 측정되지는 않을 것이다. 기저귀 외부에서는 온도 및 습도가 어느 정도의 값이 측정되는지 확인하기 위해 그림 10과 같이 기저귀 외부에 중간 위치를 기준으로 일정한 간격을 두고 총 다섯 군데의 위치에 위치1부터 위치5까지 십자선 표시를 새기고, 온도계로 대략 36.5℃를 맞춘 물을 기저귀 내부에 골고루 붓고 1분의 시간이 지난 후에 다섯 군데의 위치에서 온습도센서를 통해 온도와 습도의 측정값을 확인해 보았다. 그 결과, 온도는 평균적으로 30℃이상의 수치가 나왔고, 습도는 모든 위치에서 99%의 수치가 나왔다. 따라서, 표 1의 실험값에 준하여 -1℃의 오차를 주어 온도가 29℃이상이고, 습도가 99% 이상일 때 스마트폰에 알람이 울리는 것으로 목표 값을 설정하였다.



그림 10. 온습도센서 부착 위치  
Fig. 10 Location with temperature and humidity sensor

표 1. 온습도센서 목표 값 설정  
Table 1. Target value setting of temperature and humidity sensor

External Location	Temperature	Humidity
Target1	30.5℃	99.9%
Target2	30.7℃	99.9%
Target3	30.4℃	99.9%
Target4	30.2℃	99.9%
Target5	30.5℃	99.9%

#### 3.2 온습도센서 부착 위치 선정

아기가 기저귀 내부의 특정한 위치에 배뇨를 했을 시에 기저귀 외부에서 어느 위치에 온습도센서를 부착해야 감지가 잘 되는지 확인하고, 이에 따라 온습도센서를 어느 위치에 부착하는 것이 가장 적합할가를 선정하기 위하여 그림 11과 같이 기저귀 내부에 임시로 배뇨 위치를 ‘전면’, ‘중앙’, ‘후면’으로 나누었다. 기저귀 내부에 온도를 36.5℃로 맞춘 물을 각 위치별로 붓고, 기저귀 외부에 온습도센서를 접촉하여 온도와 습도가 목표 값인 29℃와 99%에 도달할 시에 스마트폰에 알람이 울리는 실험을 하였다.

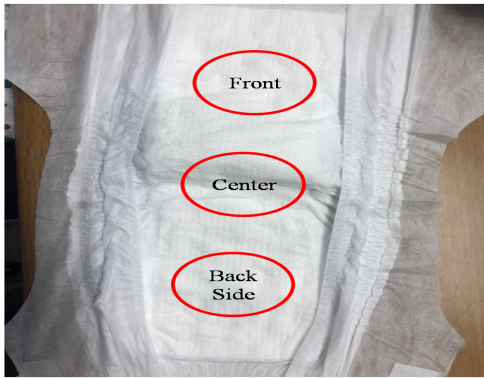


그림 11. 기저귀 내부의 배뇨 위치  
Fig. 11 The urination position inside the diaper

기저귀의 내부를 ‘전면’, ‘중앙’, ‘후면’으로 나눈 후에 기저귀 외부를 위치1부터 위치5까지 구분하였다. 온도계를 사용하여 물의 온도를 36.5℃로 조정 한 후에 물을 기저귀에 부어서 기저귀 외부에 온습도센서를 부착하였을 때, 앞서 기준한 온도 29℃ 이상, 습도 99% 이상의 목표 값에 도달하면 스마트폰에 알람이 울리는 실험 결과를 표 2에 나타내었다. 물을 기저귀 내부의 ‘전면’에 부었을 시에는 위치1, 위치2, 위치3 세 군데에서 알람이 울렸으며 ‘중앙’에 부었을 시에는 위치2, 위치3, 위치4에 알람이 울렸고, ‘후면’에 부었을 시에는 위치3, 위치4, 위치5에 스마트폰에 알람이 울렸다. 결과적으로 기저귀 내부 ‘전면’, ‘중앙’, ‘후면’의 위치 모두 기저귀 외부 위치3에서 목표 값까지 도달하여 스마트폰에 알람이 울렸기 때문에 위치3에 온습도센서를 부착하는 것이 적합하다.

표 2. 온습도센서 부착 위치 선정  
Table 2. Selection of position with temperature and humidity sensor

External Location	Front	Center	Back side
Target1	○	×	×
Target2	○	○	×
Target3	○	○	○
Target4	×	○	○
Target5	×	×	○

### 3.3 기저귀 종류 및 배뇨량에 대한 실험

본 작품의 기능이 한 종류의 기저귀에서만 아닌 모든 기저귀에서 동일한 기능이 적용되어야 하기 때문에 기존 실험에 사용되었던 B사의 기저귀를 포함하여 H사 기저귀 및 D사 기저귀에 아기의 배뇨량을 적용시켜 실험을 진행하였다. 신생아는 보통 하루 100ml에서 300ml의 소변을 배뇨하는 것이 정상적이다. 더불어 소변 횟수는 적게는 하루 서너 번에서 많게는 서른 번에 이르기까지 한다[14]. 이를 통하여 배뇨량을 10 ml, 20ml, 30ml, 40ml, 50ml로 나누어서 실험을 진행하였을 때 온도와 습도가 목표 값에 도달하는 가를 확인한 결과가 표 3에 있다. B사, H사, D사의 기저귀에 10ml부터 50ml까지 온도계로 36.5℃를 조정 한 물을 부어 실험한 결과, 세 종류의 기저귀 모두 다섯 가지로 분류한 모든 용량에서 온도와 습도가 목표 값 이상의 값이 측정되었다.

표 3. 기저귀 종류별 배뇨량에 따른 실험  
Table 3. Experiments based on urine volume by type of diaper

Volume	Company B		Company H		Company D	
	Temperature (°C)	Humidity (%)	Temperature (°C)	Humidity (%)	Temperature (°C)	Humidity (%)
10ml	29.2	99.9	29.2	99.9	29.2	99.9
20ml	29.2	99.9	29.6	99.9	29.7	99.9
30ml	28.9	99.9	29.7	99.9	29.9	99.9
40ml	29.9	99.9	30.2	99.9	30.5	99.9
50ml	30.6	99.9	30.5	99.9	30.6	99.9

### 3.4 아기 울음소리 음성 분석

아기 울음소리가 녹음된 음성 파일 10개를 ‘Praat’라고 하는 음성 분석 프로그램을 통하여 FFT 라이브러리에 적용시켜서 샘플링을 하고, 샘플링을 마친 데이터 값 중, 주파수의 최댓값과 최솟값 및 평균값을 그래프로 나타내었다. 그림 12, 그림 13과 같이 아기 울음소리의 주파수는 최대 500~600Hz, 최소 100~300 Hz, 평균적으로 300~400Hz의 대역으로 이루어져 있다. 따라서, 음성 신호를 마이크센서를 통해 입력 받아서 주파수를 측정하여 백색 소음을 출력하기 위한 주파수의 대역폭을 민감한 최솟값의 대역을 제외하고 평균값과 최댓값에 준하여 300~600Hz로 설정하였다.



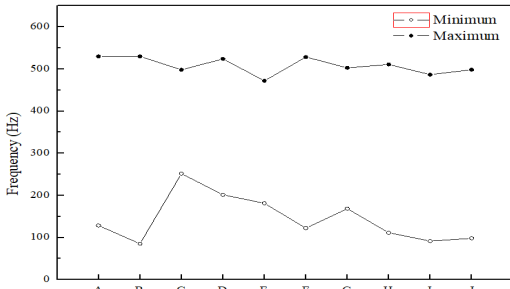


그림 12. 아기 울음소리 주파수의 최댓값, 최솟값  
Fig. 12 Maximum, minimum value of baby crying frequency

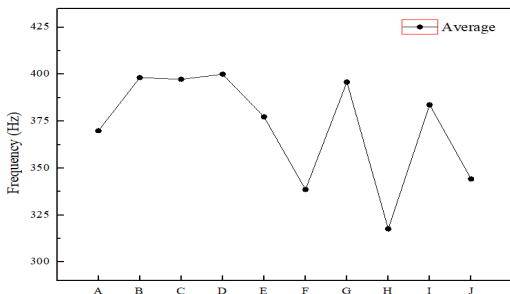


그림 13. 아기 울음소리 주파수의 평균값  
Fig. 13 Mean value of baby crying frequency

### 3.5 필터링 및 음성 출력

마이크센서를 통해 아날로그 값의 음성 신호를 입력 받아 디지털 값으로 변환 시킨 데이터 값을 디지털 대역 통과 필터를 거쳐 300~600Hz 대역의 주파수 내에서만 백색 소음을 출력하는 실험을 진행하였다.

그림 14와 그림 15는 웹사이트 'Youtube'에서 주파수를 출력하는 영상을 통해 주파수가 300~600Hz일 때에는 백색 소음이 출력되고, 그 외의 대역 범위에서는 백색 소음이 출력되지 않는 것을 확인한 것이다. 주파수의 값에 따라서 백색 소음의 출력 유무를 확인한 후에 실제 아기 울음소리가 녹음되어 있는 영상을 재생하여 동일하게 백색 소음이 출력되는지 확인한 결과, 그림 16과 같이 아기 울음소리에서도 300~600Hz의 주파수 대역에서 백색 소음이 출력되고, 그 이외의 주파수 대역에서는 반응하지 않는 것을 확인하였다.

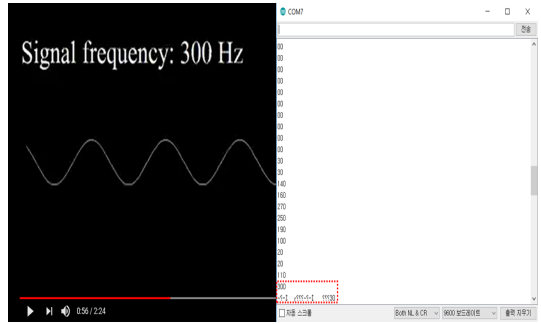


그림 14. 주파수 입력신호에 대한 출력 결과 (1)  
Fig. 14 Output result (1) for frequency input signal

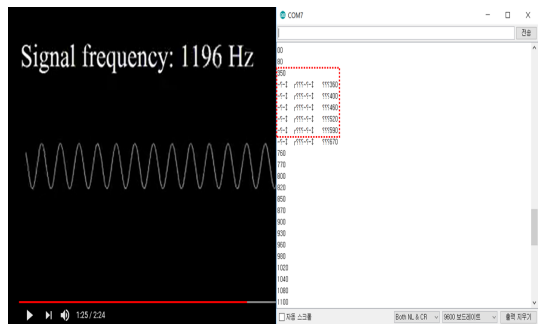


그림 15. 주파수 입력신호에 대한 출력 결과 (2)  
Fig. 15 Output result (2) for frequency input signal



그림 16. 아기 울음소리에 대한 백색소음 출력  
Fig. 16 White noise output for baby crying

## IV. 결 론

본 논문에서는 현대사회에서 맞벌이를 하면서 육아 활동에 어려움을 느끼는 양육자들을 위해 스마트 베

개 및 스마트 기저귀 두 가지의 작품을 만들고자 하였다. 스마트 배개는 디지털 대역 통과 필터를 설계하여 신생아 울음소리의 주파수와 유사한 300Hz~600Hz의 주파수 대역에서만 백색 소음을 출력하도록 하였고, 스마트 기저귀는 온도가 29℃, 습도가 99% 이상 일 때 배변활동의 유무를 스마트폰으로 알려주고, 아기가 뒤집혔을 시에 경고 알람을 울려줌으로써 질식사를 방지하도록 하였다. 초기에 작품 선정할 때에는 신생아를 대상으로만 고려하였지만 생각의 폭을 점차 넓히다보니 다양한 연령대의 사람들이 기저귀를 사용한다는 것을 확인하였고, 스마트 기저귀에 대한 활용성을 높일 수 있을 것 같다. 본 작품이 상품화가 된다면 기저귀를 통하여 발진 또는 기저귀에 관한 질병으로부터 벗어날 수 있을 것이며 그로 인하여 건강 또한 보호할 수 있을 것이다. 더불어 스마트 배개의 백색 소음 출력 시스템을 이용하여 아기의 울음을 달래기에 바쁘고 힘들었던 양육자들에게 도움을 주고자 하였다. 하지만 본 작품에서는 아기 울음소리의 주파수 대역을 분석하여 300~600Hz 사이의 음성 신호를 입력받아야만 백색 소음이 출력된다. 아무리 입력 신호의 감도를 둔하게 설정했다라도 같은 주파수 대역의 외부 소음에 반응하는 것은 배제할 수가 없다. 기존 기저귀는 시약 선을 통하여 배변의 유무를 알려줬지만 본 작품은 시각적인 부분뿐 아니라 청각적인 알람도 추가하고, 더불어 질식사 방지 기능까지 추가시켜 더욱 향상되었다. 차후에 더 나아가서 아기 울음소리의 주파수를 실시간으로 분석하고, 즉각적으로 스펙트럼의 패턴을 인식함으로써 아기 울음소리에는 반응하여 백색 소음을 출력하고, 외부 소음에는 반응하지 않도록 하는 시스템이 추가된다면 본 작품보다 더욱 발전된 작품이 될 것이고, 본 작품이 많은 사람들에게 활용이 되기를 기대해보는 바이다.

## References

- [1] K. Park, S. Ahn, K. Cho, S. Choi, and Y. Park, "Study on the multi-functional Cradle by Voice Recognitions," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, 2017, pp. 701-706.
- [2] S. Jamshid, G. Lee, J. Lee, and B. Kim, "Hardware Interlocking Security System with Secure Key Update Mechanisms In IoT Environments," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 4, 2017, pp. 671-678.
- [3] S. Park, C. Hwang, and D. Park, "Internet of Things(IoT) ON system implementation with minimal Arduino based appliances standby power using a smart phone alarm in the environment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 10, 2015, pp. 1175-1182.
- [4] J. Han, D. Kim, H. Shin, Y. Chung, T. Chung, and S. Chae, "The Study of Baby Diapers: Cost, Environment, and Skin Irritability," *Korean Maternal and Child Health*, vol. 4, no. 1, 2000, pp. 93-102.
- [5] H. Kim, O. Jeong, S. Ryu, S. Bae, G. Choe, H. Lee, T. Park, and D. Cho, "Design of Smart Infant Mobile Using Infant Crying Detection," *Korea Telecom Society 2017 Summer Summit*, Jeju, Korea, 2017.
- [6] J. Kim, H. Kwon, and M. Bae, "An Analysis of Waves Sound using Psychoacoustics", *2008 Electronics Engineering Society Summer General Conference*, Pyeong-chang, Korea, 2008.
- [7] B. Hyeon, B. Yang, and S. Oah, "The Effects of noise - masking and Task complexity on Performance and Psychological responses", *Korean Psychological Association: Industry and organization*, vol. 15, no. 1, 2002, pp. 147-167.
- [8] S. Kim, "Evaluation the effect of noise on mental work accomplishment," Master's Thesis, *Konkuk University Graduate School of Industrial Engineering*, 2010.
- [9] D. Ko, "Research on learners' perception of environmental white noise as a factor of learning environment," Master's Thesis, *Seoul National University Graduate School of Department of Education*, 2015.
- [10] J. Choi, "Voiced-Unvoiced-Silence Detection



Algorithm using Perceptron Neural Network," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 2, 2011, pp. 237-242.

- [11] I. Kim, J. Kim, K. Park, K. Kim, and Y. Kim, "A Study on Series Arc Detection Using Band-pass Filters," In *Korean Institute of Electrical Engineers The 39th Summer Conference of 2008*, Hoeng-seong, Korea, 2008.
- [12] H. Jang and D. Ko, "Acoustic characteristics related to communication intention of newborn crying," *Speech and speech science*, vol. 5 no. 3, 2013, pp. 55-60.
- [13] S. Hong and S. Moon, "Diagnosis of disease, urine notification function and luminescent diaper production map," *The 30th National Student Science Invention Contest*, Daejeon, Korea, 2008.
- [14] Y. Jung, *My dad was my father*, Seoul: ThinkSmart, 2017.

저자 소개



**김준희(Jun-Hoe Kim)**

2018년 남서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)

※ 관심분야 : 통신 시스템, 디스플레이 공학



**이정수(Jeong-Soo Lee)**

2018년 남서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)

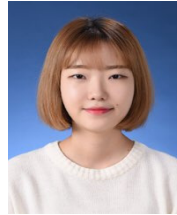
※ 관심분야 : 반도체 공학, 디스플레이 공학



**주정우(Jeong-Woo Joo)**

2018년 남서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)

※ 관심분야 : 반도체 공학, 디스플레이 공학



**배지수(Ji-Su Bae)**

2018년 남서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)

※ 관심분야 : 반도체 공학, 디스플레이 공학



**이봉주(Boong-Joo Lee)**

1996년 인하대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1998년 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

2003년 인하대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

전) LG전자 디지털디스플레이 연구소 선임연구원

현) 남서울대학교 전자공학과 부교수

현) 남서울대학교 전자공학과 학과장

※ 관심분야 : 유기/무기 전자소자, 차세대 디스플레이

