

IoT 플랫폼을 활용한 실시간 아기 울음분석 시스템

Real-time baby crying analysis system using IoT platform

최용훈, 이승현, 전지훈, 이동열, 이상준
송실대학교 컴퓨터학부

Choi Yong Hoon, Lee Seung Hyeonn, Jeon Ji Hoon,
Lee Dong Ryul, Sangjun Lee
School of Computing, Soongsil University

Abstract

A baby of 0 to 12 months will cry as soon as he or she feels a little uncomfortable. However, novice parents often find it hard to figure out why the baby is crying and what they want. This is the item that came out of the idea that 'if you know the cause of the discomfort of the babies and solve it right away'.

When you analyze the cries of babies according to the situation, the frequency and tone of the sound are different. This project is a child-rearing IoT device that identifies and analyzes the difference of each sound wave according to each baby's crying, and tells the novice parents whether the baby is hungry or discomfited or the body is sick. If the child starts to cry, the device immediately requests an alarm on the user's cell phone, analyzes the cry in real time, and sends the result to the application. You can see the results of the analysis of why your baby is crying.

요 약

0~12개월의 아기는 스스로 약간의 불편함을 느끼게 되면 바로 울음을 터트리게 된다. 그러나 초보 부모들은 아기가 왜 우는지, 무엇을 원하는지 파악하기가 쉽

지 않아서 애를 먹곤 한다. 이럴 때 ‘아기들의 불편함의 원인을 알고 바로 해결해 주면 어떨까?’라는 생각에서 나온 아이템이다.

아기들의 울음소리를 상황별로 분석해보면 소리의 주 파수나 톤이 다르다. 이 프로젝트는 아기 울음소리마다 각기 다른 음파의 차이를 파악하고 분석하여 아기가 배고파서 혹은 기저귀가 불편하거나 몸이 아파서 우는지 초보 부모들에게 구분해서 알려주는 육아용 IoT 기기이다. 아기가 울기 시작한다면 또우니 기기가 즉시 사용자의 핸드폰으로 알람을 요청하고 실시간으로 울음을 분석하여 애플리케이션으로 그 결과를 전송한다. 아기가 우는 이유에 대한 분석 결과를 확인할 수 있다.

1. 서론

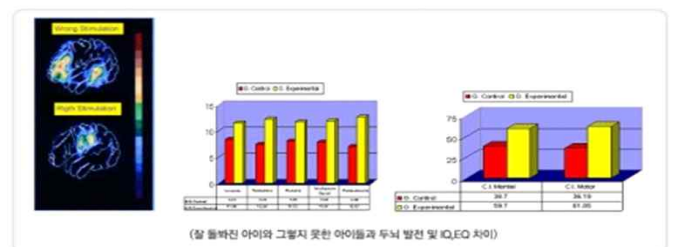
음성 대화는 사람들이 의사소통 할 때 효과적으로 사용되는 매체 중 하나이다.[1] 그렇다면 말을 할 수 없는 0~12개월의 아기들은 어떤 방법으로 의사소통을 하는지 생각해 본적 있는가? 다른 방법이 있겠지만 가장 효과적인 방법은 울음을 의사소통의 수단으로 사용하는 것이다. 이러한 취지에서 아기와의 의사소통을 돕고자 아기의 울음의 원인을 파악하고 해결방법을 알려주고자 이러한 시스템을 고안하게 되었다. 본 논문에서는 아기의 울음을 인식하고 그 원인을 분석하여 사용자의 설치된 애플리케이션을 통하여 결과를 전송하여 주는 IoT를 활용한 스마트 육아 솔루션을 제안하고자 한다.

2. 내용조사

아기는 태어났기부터 울음이라는 유일한 방법으로 의사소통을 하게 된다. 연구결과 아기들의 울음은 본능적으로 여러 행안별로 각각의 공통적인 다른 특징을 갖고 있으며 그러한 특징은 인종과 성별에 관계없이 같은것으로 판명되었습니다. 이러한 울음을 통해서 아기가 무엇을 간절히 원하는지를 정확하게 알고 그에 맞는 대응을 하는 것이 아기 성장에 무엇보다 중요합니다.

아기들 특히 신생아는 생후 2개월에서 4개월까지 두뇌 발전 및 성격형성에 가장 중요한 시기입니다. 이 시기에 가장 왕성하게 울기도 합니다. 무엇보다도 이 시기에 얼마나 아기와 교감을 갖고 아기가 무엇을 원하는지를 알고 이에 맞게 대응해주는 것이 매우 중요합니다.

* 아기와 커뮤니케이션이 잘되어서 아기의 니즈를 바로 바로 적절하게 대응한 아기와 그렇지 않은 아이간에 IQ,EQ의 차이가 많이 남



* 아기가 울면 흔히 아기를 달래는 방법으로 흔들거나 무조건 젖병을 물리는데 이는 크게 잘못된 대응입니다.

Fig. 1 Baby's brain development and IQ, EQ difference

그림 1 아이의 두뇌 발전 및 IQ,EQ 차이
언어능력이 부족한 아기들은 효과적인 의사소통을 하

지 못하기 때문에 각기 다른 패턴의 울음소리를 통해 자신의 상태를 표현한다.[2] 배가 고플 때도 아플 때도 모든 상황에서 울음으로써 의사를 표현하며 자신의 욕구를 해결하려 한다. 따라서 초보인 부모들은 아기가 울기 시작하면 당황하며 우는 이유를 찾으려고 하지만 어려움을 느낀다. 만약 이러한 아기의 울음이 길어진다면 아기에게 어떠한 영향을 미칠까?

육아 전문가 페넬로페 리치 박사는 최근 잠을 잘 이루지 못해 병원에 온 6세 연령의 아동 225명을 조사한 결과 젖먹이 때 울면 누군가가 달래준 아기들은 정신적으로 온전했고 행동발달에 문제가 없다는 것을 알아냈다. 리치 박사는 “아기가 20분 이상 우는 것을 방치하면 코르티솔이라는 스트레스 호르몬이 나오는데 이는 뇌에 안 좋은 영향을 미칠 수 있다”며 “아기가 울다가 결국 멈추는 것은 스스로 잠드는 법을 배워서가 아니라 도움을 받지 못한 것에 실망하고 지쳐서 잠드는 것”이라고 설명했다.[3]

아기가 우는 원인을 빠르게 파악하고 해결해준다는 것은 곧 아기와의 의사소통이 원활하단 것이고, 의사소통이 원활하게 자란 아기와 그렇지 못한 아기 사이에는 발달상의 차이가 있을 것이다. 그렇기 때문에 부모들은 아기가 우는 이유를 보다 빠르게 파악하기를 원할 것이다.

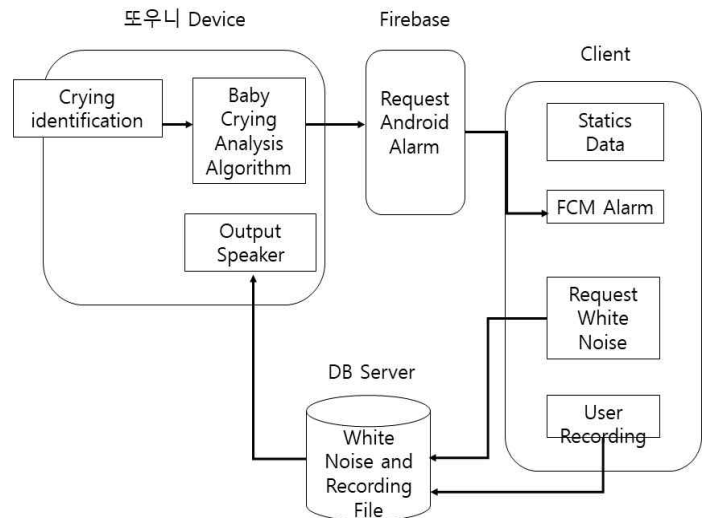
스페인의 바르셀로나 전자공학 교수인 페드로 모나가스(PEDRO MONAGAS)박사가 지난 98년부터 4년 여에 걸쳐 수많은 아기들의 울음소리를 분석한 결과 각 울음의 원인에 따라 강도, 패턴, 간격 등이 다르게 나타나는 것을 보고 이를 분석하는 소프트웨어를 개발하게 되었다.

아기의 울음의 음향학적인 특성을 분석하기 위한 매개변수로는 주로 기본주파수(fundamental frequency, F0)가 사용되고, 매개변수인 주파수 변동률(jitter), 진폭 변동률(shimmer), 스펙트럼(Spectrum)이 사용된다. 장효령(2012)의 연구 결과에 따르면, 기본주파수를 통해 살펴본 결과 배고픔의 울음은 400.54Hz, 표준편차는 19.33이었고 통증의 울음은 441.04Hz, 표준편차는 26.08로 두 울음간의 평균의 차이가 크게 나타났고 통계적으로 유의한 결과를 얻었다.[6] Murry & Amundson(1976)의 연구[5]에서는 배고픔과 통증에 따른 신생아 울음을 기본주파수를 중심으로 살펴본 결과

배고픔의 울음은 438.5Hz, 표준편차는 42, 통증의 울음은 441.0Hz, 표준편차는 47.03으로 나타났다.[6]

기본주파수는 분당 성대진동의 횟수를 나타내는 기본적인 음향 매개변수이며 발성의 피치를 나타낸다.[7] 통증의 울음이 배고픔의 울음보다 높게 나타났는데 이는 통증을 느끼는 것과 같은 스트레스를 받는 상황에서는 골격근(skeletal muscle)이 긴장하고 호흡의 속도가 증가하면서 기본주파수가 증가[8]한다는 것을 알 수 있었다. 또한 매개변수인 습관적 피치와 강도를 통해서도 살펴보았다. 먼저, 습관적 피치에서 배고픔의 울음이 307.72Hz, 통증의 울음이 328.87Hz로 평균의 차이가 나타났고 통계학적으로 유의한 결과를 얻었다.[6]


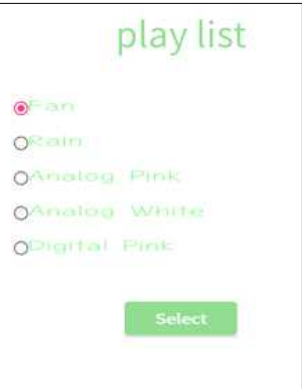


3. 시스템 구성



아기가 울게 되면 실시간으로 울음을 인식하는 또우니 디바이스가 아기울음인식을 하고, 그 즉시 녹음을 시작한다. 녹음5~7초간 지속되며, 녹음이 끝나면 울음분석 알고리즘을 통해 그 결과 값을 Firebase 서버에 요청한다. 요청을 받은 Firebase 서버에서는 사용자의 스마트폰으로 FCM 알람을 전송하게 된다.

사용자는 또우니 Application을 통해 사전에 화이트노이즈 또는 음성녹음파일을 선택할 수 있다. 아기 울음 녹음 종료 후에 화이트노이즈 또는 사용자 녹음 파일을 재생한다.

3 - 1. User Interface

Main menu	
	<p>또우니의 기본 메인 화면이며 Setting 과 Play list 화면으로 들어갈 수 있는 아이콘이 있다.</p>
Play list 화면	
	<p>아기가 울었을 때 아기를 달래줄 수 있는 백색소음을 선택할 수 있는 화면이다.</p>
Setting 화면	
	<p>알람의 진동 및 알람 on/off를 설정할 수 있는 화면이다.</p>
Result 화면	
	<p>아기 울음의 원인을 알 수 있는 화면이다. 그 아래 부분엔 아기 울음에 대한 해결 방법을 알려준다.</p>

3 - 2. 제안기법

실시간 울음 판단 알고리즘에는 FFT 알고리즘을 기반으로 설계한다.

입력되는 사운드를 실시간으로 받아들이어서 0.1초 간격으로 해당 사운드에서 영향력이 제일 높은 주파수를 뽑아낼 수 있도록 한다. 그러한 주파수가 50개 이상 쌓인다면 그 50개를 같은 주파수끼리 묶어서 저장을 하게 된다. 그 후 같은 것이 제일 많은 주파수를 그 5초간의 주요 주파수로 파악을 한다. 이때 400hz에서 440hz 정도의 사운드가 지속으로 입력되면 아기 울음이라고 판단하게 된다.

아기울음이라고 판단을 한 후에는 배고픔에 관련된 울음이라면 400hz를 기준으로 잡고 주파수간 차이가 20hz 이내라면 배고픔이 원인인 울음이라고 분석해낸다. 동일한 방법으로 원인별로 울음을 나누게 된다.

```

if len(self.freq1) > 50 :
    freqlist = [[0]*1 for row in range(50)]
    freqlist[0][0]=self.freq1[0]
    for freqlele in self.freq1:
        for index in range(50):
            if freqlele in freqlist[index]:
                freqlist[index].append(freqlele)
                break
            elif freqlele not in freqlist[index]:
                if len(freqlist[index+1])==1:
                    freqlist[index+1].append(freqlele)
                    break

        lenlist=[]
        for i in range(50):
            lenlist.append(len(freqlist[i]))

    max=0

    maxindex=0
    for j in range(50):
        if max<lenlist[j]:
            max=lenlist[j]
            maxindex=j

    print(freqlist[maxindex].pop(1))

```

```

if freqlist[maxindex].pop(1) == 400 :
    maxfreq = np.max(self.freq1)
    minfreq = np.min(self.freq1)
    if maxfreq-minfreq <= 20 :
        resultdata = OrderedDict()
        resultdata["type"]="hungry"

with open('result.json','w',encoding='utf-8') as
make_file:
    json.dump(resultdata,
make_file, ensure_ascii=False, indent='\t')
    elif freqlist[maxindex].pop(1) == 440:
        maxfreq = np.max(self.freq1)
        minfreq = np.min(self.freq1)
        if maxfreq - minfreq <= 20:
            resultdata = OrderedDict()
            resultdata["type"] = "hurt"
            with open('result.json', 'w',
encoding='utf-8') as make_file:
                json.dump(resultdata,
make_file, ensure_ascii=False, indent='\t')

elif (freqlist[maxindex].pop(1) >300) and
(freqlist[maxindex].pop(1) < 500):
    maxfreq = np.max(self.freq1)
    minfreq = np.min(self.freq1)
    if maxfreq - minfreq <= 100:
        resultdata = OrderedDict()
        resultdata["type"] = "gas"
        with open('result.json', 'w',
encoding='utf-8') as make_file:
            json.dump(resultdata,
make_file, ensure_ascii=False, indent='\t')

    freqlist.clear()
    self.freq1.clear()

```

기존의 작품들은 아기가 울 때 사용자가 직접 적극적인 행동을 취해야 한다는 단점이 있었지만, 또우니의 경우에는 실시간으로 아기의 울음을 감지하고, 그에 따라 일단 아기가 진정할 수 있도록 백색 소음을 제공한다. 또한 다양한 IoT 기기에 적용을 시킬 수 있도록 모듈화하여 범용성을 증가시킨다.

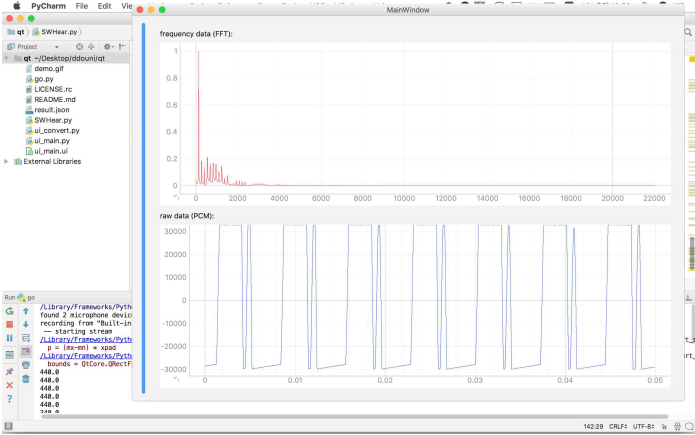


Fig. 3 Frequency–intensity graph with FFT algorithm
그림 3 FFT 알고리즘을 적용한 주파수-세기 그래프

위 스크린 샷은 입력되는 사운드의 주파수를 분석해낸 결과로 붉은 색의 그래프는 입력되는 사운드의 FFT 알고리즘을 적용한 주파수-세기 그래프이다. 푸른색의 그래프는 입력되는 사운드의 파형을 나타내는 그래프이다. 또 로그콘에 출력되는 숫자는 해당 사운드의 주파수 값을 나타내는 것이다. 이러한 방식으로 주파수를 추출해내어 아기울음을 판단하고 분석하게 된다.

4. 성능분석

- 크라이베베 애플리케이션 : 아이 울음소리 분석기능과 육아 커뮤니티가 결합된 형태의 애플리케이션이다.
- 마미링 : 또우니와 같은 IoT기기를 사용하고 아이가 우는 지를 신속하게 판단할 수 있는 기기이다. 하지만 울음 분석기능을 지원하지 않는다.

	또우니	크라이베베	마미링
울음 분석	O	O	X
실시간	O	X	O
아기 진정	O	X	X
애플리케이션	O	O	X

- 창의성 및 차별화 전략

- 기존 크라이베베는 아이가 울 때 애플리케이션을 실행을 해야만 울음소리를 분석을 하는 방식이다. 하지만 본 프로젝트는 장난감 형태 기기 내부의 마이크로 우는 동시 울음 분석을 시작하여 실시간으로 그 결과를 애플리케이션을 통해 알려준다. 그로 인해 더욱 빠르고 편리하게 아이와 떨어 있더라도 울음 분석을 수행할 수 있다. 또한 아이의 울음을 노래를 통해 일시적으로 멈춰줄 수 있다.
- 마미링은 토우니와 같은 IoT기기이다. IoT기기를 사용하기 때문에 기기를 꺼놓은 상태라면 비동기적으로 아이의 울음을 신속하게 파악할 수 있다. 하지만 아이가 울고 있다는 정보만 얻을 수 있고, 울음 분석 기능을 지원하지 않는다. 또한 기기의 크기가 커서 항상 휴대하기는 부담스럽다.

5. 결론

말을 할 수 없는 0~12개월의 아기들의 울음을 분석해본다면 원인에 따라 그 차이를 알 수 있다. 그렇기 때문에 아기들의 울음을 녹음하여 빠르게 분석하여 원인을 도출해 낼 수 있다 아기들이 우는 시간을 줄일 수 있다. 따라서 본 논문에서는 아기들의 울음을 빠르게 분석하고 그 결과를 사용자의 애플리케이션에 전송하여 주는 솔루션을 제안하였다. 아기의 평균 울음의 주파수 대역을 300 ~ 500hz대로 정해 아기의 울음만을 인식할 수 있도록 하고 이미 많은 연구를 통해 얻어진 아기 울음의 원인에 따른 주파수와 표준편차를 이용하여 원인을 빠르게 분석해낼 수 있도록 하였다. 본 논문에서 제안한 방법이 상용화되어 많은 이들에게 사용된다면 아기들의 울음에 당황하는 초보 부모는 더 이상 없고 아기들도 자신의 욕구를 빠르게 해결할 수 있게 되어 육아에 더욱 많이 도움이 될 것이라 판단된다.

6. 참고문헌

1) 백금란, 윤종진, 배명진, “동일 혈통의 목소리 유사성에 관한 연구”, 한국음향학회 학술대회 논문집, 29(2), 2010.

2) 이은영, 안익수, 배명진, “아기 울음소리의 음향 특징에 관한 연구”, 한국음향학회 춘계학술대회 논문집, 2010.

3) 퍼펙트 베이비, EBS <퍼펙트 베이비> 제작진, 와이즈베리, p177-p180

4) Parmelee AH. Infant crying and neurologic diagnosis. J Pediatr 1962;61:801-2

5) Murry T, Amundson P. Acoustical characteristic of infant cries: fundamental frequency. Child Lang 1976;4:321-328

6) 장효령, Acoustic characteristic of crying infants related to communicating inte

nt, 학위논문(석사) 연세대학교 대학원 : 언어병리학협 동과정 2012. 2

7) Drinnan MJ. Carding PN. Voice loudness and gender effects on jitter and shimmer in healthy adults. J Speech Hear Res 2008;15:1152-1160.

8) Fuller BF, Horii Y. Differences in fundamental frequency, jitter, and shimmer among four types of infant vocalizations. J Commun Disord. 1986;19:441-447.