Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 22 No. 11, pp. 49-55, November 2017
www.ksci.re.kr
https://doi.org/10.9708/jksci.2017.22.11.049

User Density Estimation System at Closed Space using High Frequency and Smart device

Myoungbeom Chung*

Abstract

Recently, for safety of people, there are proposed so many technologies which detect density of people at the specific place or space. The representative technology for crowd density estimation was using image analysis method from CCTV images. However, this method had a weakness which could not be used and which's accuracy was lower at the dark or smog space. Therefore, in this paper, to solve this problem, we proposed a user density estimation system at closed space using high frequency and smart device. The system send inaudible high frequencies to smart devices and it count the smart devices which detect the high frequencies on the space. We tested real-time user density with the proposed system and ten smart devices to evaluate performance. According to the testing results, we confirmed that the proposed system's accuracy was 95% and it was very useful. Thus, because the proposed system could estimate about user density at specific space exactly, it could be useful technology for safety of people and measurement of space use state at indoor space.

▸Keyword: Smart device, High frequency, Inaudible frequency, Crowd density estimation, Safety service

I. Introduction

최근 VR과 IT 기술의 발전에 따라 VR 카페, 스크린 야구존, 스포츠체험형 게임장, 볼링펍 등과 같은 밀실 구조의 특정 공간에서 여러 사람들이 함께 어울려 놀 수 있는 다양한 서비스들이 제공되고 있다. 2017년 7월 기준 전국 450여개의 스크린 야구 게임장이 생겼으며, VR 카페의 경우 40~50개의 오프라인 테마파크가 존재할 뿐 아니라 국내 새로이 뜨는 창업 아이템으로 VR Playce, YJM 게임즈의 VRIZ 등 창업 가맹점이 지속적으로 생겨나고 있다. 이에 따라 밀실 구조의 특정 공간을 이용하는 사람들이 점차 많아지기 시작하였으며, 이러한 시설을 이용하는 사람들의 안전을 위해 특정 공간에 사람들이 얼마나 밀집해 있는지 파악하는 기술들도 점차 요구되기 시작하였다.

특정 공간에 군중 밀집도를 측정하는 기술로는 크게 두 가지 방식의 연구가 이루어지고 있다. 첫 번째 방식은 비디오 이미지를 분석하여 사람의 수를 세거나 사람들의 움직임 방향(모션 벡터)을 검출하여 군중 밀도를 측정하는 방법이며, 두 번째 방식은 비디오 이미지를 사용하지 않고 RFID 태그, 스마트 기기, 센서 노드 등과 같은 라디오 디바이스(Radio device)를 이용하여 그 객체수를 계산함으로 군중 밀도를 측정하는 방법이다. 비디오 이미지를 분석하는 방법은 넓은 공공장소에서 주로 사용하는 것으로 영상 내의 얼굴 수를 검출하기 위해 Haar-wavelets, 기울기 히스토그램(HoG: Histogram of Oriented Gradients), 지역적 이진 패턴(LBP: Local Binary Pattern) 등과 같은 다양한 방법들이 제안되었다[1-3]. 그러나 이러한 방식은 하나의 영상만 이용 시 사람들이 겹쳐 정확한 인원을 파악할 수 없다는 것과 스모그나 어두운 곳에서는 정확성이 크게 떨어지는 단점이 있다. 또한 개인 사생활 침해라는

• First Author: Myoungbeom Chung, Corresponding Author: Myoungbeom Chung
*Myoungbeom Chung (nzin@sungkyul.ac.kr), Division of Computer Engineering, Sungkyul University
• Received: 2017. 09. 13, Revised: 2017. 10. 10, Accepted: 2017. 10. 28.
• This research project was supported in part by the Ministry of Education under Basic Science Research Program (NRF-2013R1A1A2061478) and (NRF-2016R1C1B2007930), respectively.

큰 문제를 갖고 있어 이 방법들을 적용하기에는 아직까지도 어려움이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 라디오 디바이스를 이용한 방법들이 많이 제안 되었다. RFID를 이용한 방법의 경우 실시간 지정 공간의 사람 수를 셀 수 있으며[4], 스마트 기기를 이용한 방법의 경우 WiFi와 블루투스 모듈, GPS(Global Positioning System)의 정보를 통해 별도의 추가적인 장비 없이 측정이 가능한 장점이 있다[5]. 그러나 RFID의 경우 각각 사람들에게 RFID 태그가 있는 별도의 장비를 제공해야 하는 단점이 있으며, 스마트 기기의 경우 GPS가 잘 동작하지 않는 실내에서는 기존 방법을 그대로 사용하기 어려운 문제가 있다. 게다가 위에서 언급한 제안 방법들은 지하철, 축구경기장 등과 같은 넓은 공공장소에서 활용하기 위한 방법이 대부분이기 때문에 최근 요구되는 실내 특정 공간에 사람들이 얼마나 밀집해 있는지 파악하는 기술로는 적합하지 않다.

따라서 본 논문에서는 실내 특정 공간에서 사용자 밀집도 측정을 위해 스마트 기기에 내장된 마이크와 실내 공간에 설치된 스피커에서 출력할 수 있는 고주파를 이용한 새로운 사용자 밀집도 측정 시스템을 제안한다. 스마트 기기에 내장된 마이크는 사람들이 일반적으로 들을 수 있는 가청주파수 범위인 20Hz ~ 22kHz를 인식할 수 있으며, 애플리케이션을 이용해 수신된 소리를 분석하여 특정 신호를 검출할 수 있다[6]. 이때 특정 신호는 시중에 판매되고 있는 기본적인 스피커를 사용하며, 고주파를 이용한 스마트 안내 애플리케이션, 데이터 통신 등과 같은 기존 연구에서 사용했던 18kHz ~ 22kHz 구간의 두 개의 고주파를 사용하여 신호가 발생하는 공간에 있는 사람들로 하여금 그 소리를 인식하지 않도록 한다. 다음으로 같은 공간에 위치한 각각의 스마트 기기들은 수신된 소리를 분석하여 지정된 신호가 검출된 경우 즉시 서버로 검출 정보를 전송함으로 해당 스마트 기기가 특정 공간에 있다는 것을 알려주고 서버는 이러한 정보들을 실시간 수집하여 통계를 냄으로서 그 신호가 발생하는 공간에 모여 있는 스마트 기기의 개수를 파악할 수 있으며, 이를 통해 실내 특정 공간에 밀집 인원을 측정할 수 있다. 우리는 제안 시스템의 성능을 확인하기 위해 스마트 기기 기반 고주파 검출 애플리케이션을 개발하였으며, 스마트 기기에 고주파 송출 및 특정 공간 밀집 인원 통계 처리를 위한 서버를 구축하여 총 10대의 스마트 기기를 이용한 밀집도 측정 실험을 진행하였다. 그리고 실험 결과 평균 95% 이상의 정확도를 나타냄으로 제안 방법이 실내 특정 공간에서의 사용자 밀집도 측정에 효과적인 것을 확인 하였다. 즉, 제안 시스템은 사람들에게 들리지 않는 고주파 영역과 스마트 기기의 마이크를 이용하여 실내 특정 공간의 사용자 밀집도를 정확히 측정할 수 있는 기술로써, 최근 급성장하고 있는 VR 카페, 스크린 야구존, 스포츠체험형 게임장, 볼링펍 등과 같은 밀실 구조의 특정 공간에서 사람들의 안전을 위한 유용한 기술이 될 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 군중 밀도 측정(Crowd Density Estimation) 관련 기존 연구와 가청주파수 영역에서의 고주파를 이용한 기존 연구들을 설명하며, 제 3장에서는 제안 애플리케이션과 서버를 이용한 사용자 밀집도 측정 시스템의 흐름과 절차를 설명한다. 제 4 장에서는 제안 애플리케이션과 사용자 밀집도 측정 시스템의 성능 확인을 위한 실험 및 그 결과를 보이며, 제 5 장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

II. Related Work

본 장에서는 군중 밀도 측정 관련 기존 연구를 소개하며, 가청주파수 영역에서의 고주파를 이용한 기존 다양한 연구들을 설명한다. 군중 밀도 측정이란 임의의 장소, 특정 공간에 사람들이 밀집해 있는 정도 즉, 실제 인원수를 측정하는 기법이다. 초기에는 영상 기반 사람의 얼굴을 검출하여 그 수를 세는 것에 기반 했었는데, 이는 사람의 몸에서 얼굴은 매우 두드러진 특징을 가지고 있고 다른 특징들에 비해 얼굴을 검출할 경우 보다 높은 정확성을 보였기 때문이다. 또한 Yin은 배경 이미지를 설정한 뒤 배경색과 상반되는 픽셀을 파악하여 객체 여부를 판별하여 군중 밀도를 측정하는 연구도 진행 되었다[7].

위와 같은 연구들은 사람들 자체의 움직임보다 특정 환경 내에서 소수 사람들의 인원수를 판단하는데 중점을 두었다. 그리고 점차 인원수가 아닌 사람들의 움직임에 초점을 맞추어 군중 밀도를 측정하는 연구가 활발히 진행되었다. Kim과 Song은 영상 내의 컬러 분포, 텍스쳐, 외곽선 등의 특징을 바탕으로 객체의 움직임에 따라 발생하는 가변 값을 추정하는 옵티컬 플로우(Optical Flow)와 움직인 영역에 해당하는 객체 외곽선 정보를 추출하여 모션 벡터(Motion Vector) 값을 구해 그 값들의 이동 속도, 밝기 패턴 등을 분석하여 군중 밀도를 측정하는 방법을 제안하였다[8,9].

그러나 영상을 이용한 방법은 스모그나 어두운 곳에서 얼굴이나 배경색의 구별이 어려워 정확성이 낮아지는 문제점이 있을 뿐 아니라 개인 사생활 침해라는 큰 문제를 갖고 있다. 따라서 점차 RFID, 스마트 기기, WiFi, 블루투스 등과 같은 라디오 디바이스를 이용한 다양한 방법들이 제안되었다. Jens은 스마트 기기의 내장 블루투스 스캔과 GPS 데이터를 이용하여 축구경기와 같은 공공장소에서의 특정 공간 당 군중 밀도를 측정하는 방법을 제안하였으며[10], Park은 영상 분석 기법과 RFID를 이용한 지하철 대기 장소에서의 하이브리드 군중 밀도 측정 방법을 제안하였다[11]. 그러나 앞선 대부분의 연구들이 GPS 신호를 손쉽게 받을 수 있는 외부 장소, 공공장소이기 때문에 높은 정확성을 필요로 하기 보다는 그 장소의 밀집 정도만을 측정하는데 초점을 맞춘 연구가 많았다.

가청주파수 영역에서의 고주파를 이용한 기존 연구들은 다음과 같다. 가청 주파수 범위인 20Hz ~ 22kHz 주파수 범위에서 사람들에게 거의 들리지 않는 고주파 대역인 18kHz ~ 22kHz 주파수를 사용하여 스마트 기기의 스피커, 마이크를 이용해 특정 신호를 전달하거나, 제어하는 연구들이 최근 활발히 이루어졌다. Bihler는 20kHz와 22kHz 두 개의 고주파를 이용하여 Frequency Shift

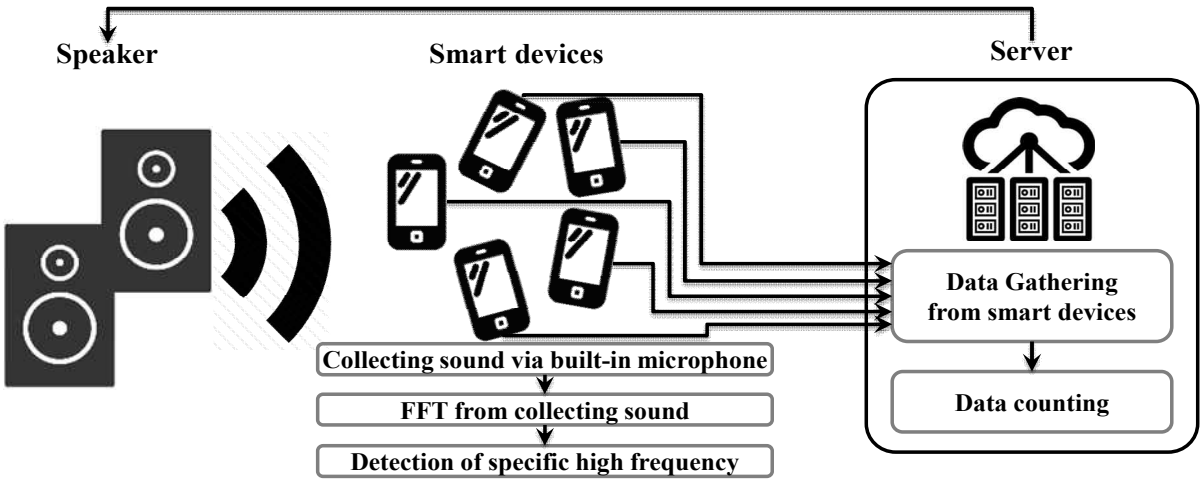

Fig. 1. The flow of the proposed application and server system

Keying(FSK) 기술과 해밍 코드를 적용한 방법으로 박물관에서 스마트 가이드를 제공하는 시스템을 제안하였다[12]. 또한 Kim은 15.8kHz ~ 20kHz 사이의 두 개의 고주파를 선정하여 2채널 비트 신호를 정의 한 후 그 값을 이용하여 스마트 기기와 PC 간의 새로운 사용자 인증 방법을 제안하였다[13]. 그리고 이와 같은 방법들의 단점을 개선하면서 Chung은 고주파와 WiFi를 이용하여 근거리에 위치한 스마트 기기들 간에 데이터를 공유하는 방법을 제안하였다[14]. 이 방법은 데이터 전송을 위한 신호 값으로 3개의 고주파를 이용하는데, 2개의 변하지 않는 기반 신호와 1개의 변경 되는 Low-latency를 사용한 것으로 고주파를 이용해 많은 데이터를 보내는 목적보다 스마트 기기에 특정 신호를 보내는 것에 목적을 두었다. 즉, 고주파를 이용한 기존 방법들은 대부분 스마트 기기에서 현재 위치에 있으면서 고주파와 같은 특정 신호를 받는 순간 그 신호를 분석한 후 스마트 기기의 상태, GPS 정보 등을 서버로 보내어 별도의 동작을 수행하는 기술들이 점차 제안되었다.

III. User Density Estimation System using High Frequencies

본 장에서는 스마트 기기와 고주파를 이용하여 실내 특정 공간 사용자 밀집도를 측정하기 위한 애플리케이션과 서버 시스템에 관하여 설명한다. 제안 시스템의 전체적인 흐름은 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 서버의 설정에 따라 스피커는 18kHz 이상의 특정 고주파 한 쌍을 일정 시간 발생하며, 실내의 특정 공간에 위치한 스마트 기기들은 주변에 발생하는 소리들을 내장 마이크를 통해 수집한다. 이때 수집한 소리들은 실시간 FFT 변환 처리를 진행하며, 18kHz 이상의 한 쌍 고주파가 검출되는 경우 스마트 기기는 수집한 고주파 한 쌍의 값과 자신의 GPS 정보를 함께 서버로 전달한다. 서버에서는 각 스마트 기기에서 전달받은 정보들을 수집하고 GPS 정보로부터 허용 범위 내에 있는 동일 시간대에 데이터를 전송한 스마트 기기의 개수를 파악한다. 그 후 서버는 스마트 기기의 개수와 고주파 발생 위치를 한눈에 파악할 수 있게 모니터를 통해 그 정보를 제공한다.

이때 서버에서 발생하는 18kHz 이상의 특정 고주파 한 쌍은 18kHz ~ 22kHz 범위에서 100 Hz 단위로 총 41개 중 2개를 선별하여 송출한다. 단, 한 쌍의 고주파 선별 시 근접 고주파를 선택한 경우 각 주파수 간의 간섭에 의한 오류가 발생 할 수 있기 때문에 두 주파수는 최소 600hz 이상 차이를 둔다. 그리고 100 Hz 단위로 나누는 이유는 기존 대부분의 고주파 연구가 100Hz 단위로 주파수 신호를 사용해 왔기 때문이며, 그보다 낮은 단위의 주파수 구분을 사용할 경우 주변 주파수 값의 간섭 오류가 빈번히 발생하기 때문이다. 즉, 한 쌍의 고주파는 18.0kHz와 18.7kHz, 18.0kHz와 18.8kHz, ... , 21.3kHz와 22.0kHz 등과 같이 총 595 가지 쌍을 구성할 수 있다. 이렇게 구성된 고주파 한 쌍은 서버의 신호에 따라 스피커를 통해 송출되며, k초 동안 n회 반복 송출 한다. 여기서 k초는 이후 4장에서 실험을 통해 적절한 송출 시간을 설정해야 하는 것이며, n회 반복 송출은 고주파 한 쌍의 신호를 수신한 스마트 기기의 개수를 n회 측정하여 정확성을 높이기 위함이다. 송출되는 형태는 Fig. 2와 같다.

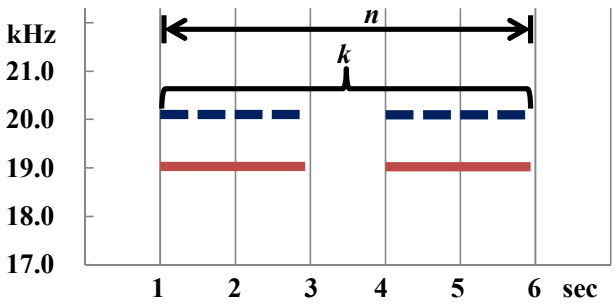

Fig. 2. An example of proposed a pair high frequencies for user density estimation

Fig. 2에서 한 쌍의 고주파는 19.0kHz와 20.0kHz로 이루어

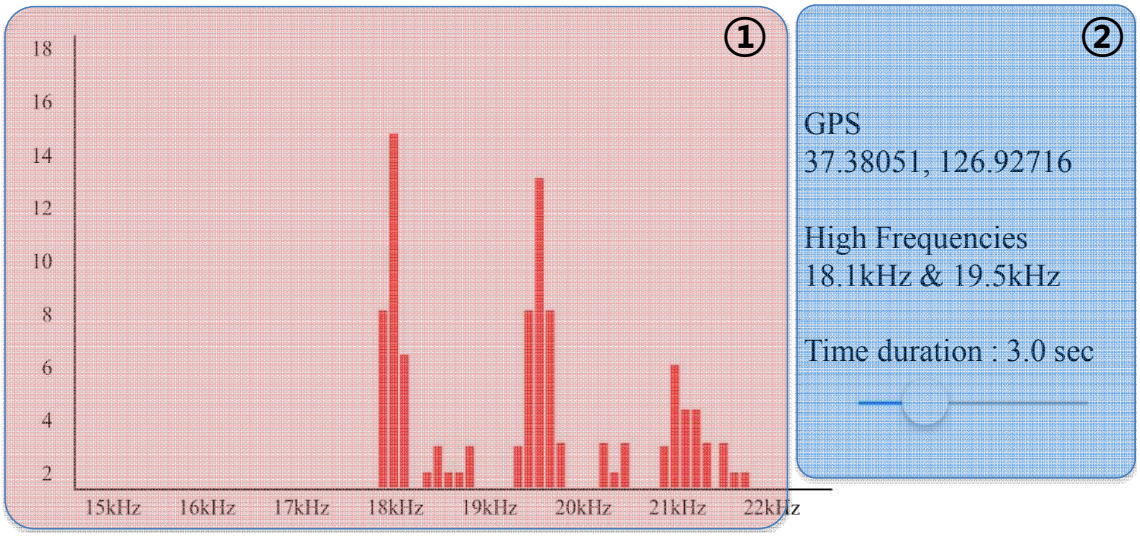

Fig. 4. Main screen composition of the proposed application for user density estimation

진 것이며, k는 5초, 그리고 n은 2회 반복을 나타내고 있다. 즉, 이러한 한 쌍의 고주파가 서버의 프로그램을 통해 스피커로 송출이 이루어지며, 실내 특정 공간에 위치한 스마트 기기들은 내장 마이크를 통해 18kHz 이상의 한 쌍의 고주파가 주변에 존재하는지를 지속적으로 확인한다. 그리고 고주파가 검출되는 경우 반복 검증을 위해 일정 시간(m초) 동안 검출 동작을 대기한 후 다시 한 번 검출 동작을 수행하여 초기 검출한 고주파 쌍과 같은 값인지를 확인 한다. Fig. 3의 의사 코드(Pseudo code)는 스마트 기기에서 한 쌍의 고주파를 검출하기 위한 수행 동작을 표현한 것이다. Fig. 3에서 a와 b는 스마트 기기에서 인식한 고주파 한 쌍에 관한 각각의 주파수 값을 저장할 변수이며, A_t는 스마트 기기에서 마이크를 통해 입력되는 t 시간의 오디오 데이터이다.

```
While(receive A_t)    Do
  a ← 0;
  b ← 0;
  F_t← FFT(A_t);
  If ( F_t has over 18.0 kHz) Then
    If ( F_t has two high frequencies) Then
      a ← first high frequency value of F_t;
      b ← second high frequency value of F_t;
      sleep(m)
      receive A_t+1
      F_t+1← FFT(A_t+1);
      If ( F_t+1 has over 18.0 kHz) Then
        If ( F_t+1 has two high frequencies) Then
          If ( a = first high frequency value of F_t+1 and
            b = second high frequency value of F_t+1)
            GPSdatasendtoserver;
            theHighfrequenciesdatasendtoserver;
          END If
        END If
      END If
    END If
  END If
END WHILE
```

Fig. 3. The pseudo code for high frequencies detection on smart device

A_t는 FFT에 의해 각 Hz별 주파수(F_t)로 변환되며, F_t 값들 중 18.0 kHz 이상의 고주파를 갖고 있는지 확인 후 한 쌍의 고주파를 갖고 있는 것을 확인하면 a, b에 각 고주파 주파수 값을 저장한다. 다음으로 일정 시간 m초 대기 후, 다음 시간($t+1$)에 해당하는 A_{t+1} 오디오 데이터를 수집 FFT 분석하여 F_{t+1} 값을 구한다. 그리고 F_{t+1}에서부터 18.0 kHz 이상의 고주파가 있는지 확인 후 한 쌍의 고주파가 존재 하는 것을 확인하면 기존 a, b에 저장된 값과 동일한지 확인하여 일치하는 경우 스마트 기기가 가지고 있는 GPS 데이터 값과 한 쌍의 고주파 주파수 값을 서버로 전송한다.

데이터를 전송 받은 서버에서는 수신 받은 스마트 기기들이 인식한 한 쌍 고주파 값과 스피커에서 발생한 고주파 값의 일치 여부를 확인한다. 그리고 동일한 값을 갖는 스마트 기기들의 GPS 정보 값들과 스피커의 위치가 정의된 GPS 값 간의 거리를 계산하여 임계 거리(r) 이내에 있는지를 확인한다. 이때 거리 값 계산은 유클리디안 디스턴스(Euclidean Distance)를 이용하며, 임계 거리 이내에 위치한 스마트 기기들의 개수를 확인하여 스피커가 위치한 실내 공간의 사용자 인원수를 파악함으로서 본 시스템은 실내 특정 공간에서의 사용자 밀집도를 측정한다.

IV. Experiments and Evaluation

본 장에서는 고주파를 이용한 사용자 밀집도 측정을 위해 개발한 스마트 기기 기반 애플리케이션을 소개하며, 제안 애플리케이션과 서버 시스템을 이용하여 사용자 밀집도 측정 실험 및 그 결과를 분석한다. 먼저 스피커로부터 발생한 한 쌍의 고주파를 인식하고 검출하는 스마트 기기 기반 애플리케이션의 화면 구성은 Fig. 4와 같다. Fig. 4에서 왼쪽에 위치한 그래프(①)는 현재 스마트 기기가 인식한 고주파 영역의 각 주파수 범위에

주파수 bin 값을 나타낸 것으로 18.1kHz와 19.5kHz 두 개가 가장 두드러지게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 그리고 오른쪽(②)에 위치한 각 항목은 현재 스마트 기기의 GPS 정보, 내장 마이크를 통해 수집한 주변 소리로부터 검출한 고주파 한 쌍 값, 그리고 주변 소리 검출 시 필요한 소리 인식 시간 k초를 사용자가 설정할 수 있는 것이다. 이때 k초는 n회의 고주파를 출력하는 것으로 제안 애플리케이션에서는 n을 2회로 설정하며, k초의 최적 시간을 설정하기 위해 첫 번째 한 쌍의 고주파 (k-1)/2초 발생 후 m을 1초 간격으로 설정 한 후 다시 한 쌍의 고주파 (k-1)/2초 발생하는 것을 인식하게 하였다. 예를 들어 Fig. 4에서와 같이 k가 3초로 설정된 경우 한 쌍의 고주파는 1초간 발생한 후 1초 간격을 두고 다시 1초를 발생하는 것이다.

즉, 제안한 애플리케이션의 k초 시간에 따라 고주파 인식의 정확성이 차이가 있을 것으로 예상하여 본 논문에서는 최적화된 k를 구하기 위해 다음과 같은 환경의 실험을 진행하였다. 가로 7m×세로 4m 연구실 공간에 스피커를 한쪽 끝에 설치 한 후 대각선 반대쪽 끝에 스마트 기기를 두고 애플리케이션을 실행하여 k초 시간 변화에 따른 검출 실험을 각각 100회 시도 하였다. 여기서 연구실 공간은 아래 그림과 같이 책상 4개, 책장 4개, 테이블 1개, 옷걸이 1개 등이 있는 공간이며 직사각형 구조이다. Fig. 5에서 왼쪽 위에는 옷걸이와 테이블이 위치해 있으며, 스피커는 오른쪽 아래 위치의 상단 부에 설치하였다. 그리고 스마트 기기는 왼쪽에 위치한 테이블에 올려둔 상태로 실험을 진행하였다. 이때 스피커에서 발생하는 한 쌍의 고주파는 서버에 의해 전체 595쌍 중 임의로 선택되어 송출되도록 하였다. Fig. 6은 k초 설정에 따른 검출 정확도를 나타낸 것이다.

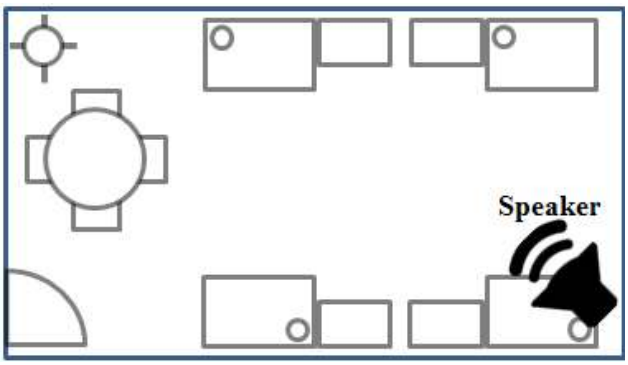

Fig. 5. The floor plan of laboratory for experiment

Fig. 6에서와 같이 제안 애플리케이션은 k 값이 2.8 초 이상에서 98~100회 한 쌍의 고주파를 검출하는 것을 볼 수 있다. 그리고 2.6초 이하에서는 평균 95회 검출되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 서버의 스피커에서 출력하는 한 쌍의 고주파와 애플리케이션의 k 값을 3.0초하여 사용자 밀집도 측정 실험을 진행하였다.

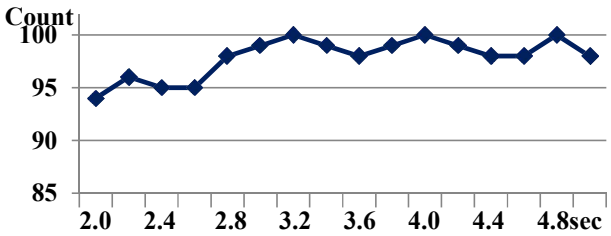

Fig. 6. The high frequencies detection result of proposed application according to k value

사용자 밀집도 측정 실험은 스마트 기기 총 10대(iPhone 7, iPhone 6, Galaxy s7 등)를 이용하였으며, 실험 환경은 앞선 연구실 공간을 동일하게 사용하였다. 스피커에 한 쌍의 고주파를 송출하고, 스마트 기기들로부터 GPS 정보와 고주파 값을 수신하는 서버 환경은 Apache 2.2.14, PHP 5.2.12, MySQL 5.1.39를 사용하였으며, Intel(R) Core(TM) i5 CPU 750, 8G Ram 하드웨어를 사용하였다. 그리고 스마트 기기의 상태는 모두 애플리케이션을 실행한 상태로, 책상 위, 의자 위, 옷걸이에 걸려 있는 상의 안주머니, 컴퓨터 모니터 앞, 바닥 등에 임의 위치에 놓았다. 스피커 한 쌍의 고주파를 통해 스마트 기기를 통한 밀집도 검출 실험은 총 100회 시도 하였으며, Fig. 7은 실험에 대한 결과를 각 스마트 기기 별로 나타낸 것이다.

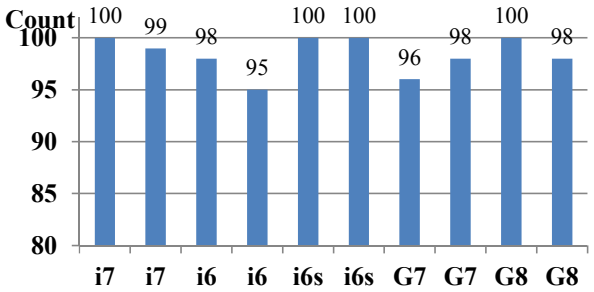

Fig. 7. The high frequencies detection result of received data from each smart device

Fig. 7에서 i7은 iPhone 7, i6은 iPhone 6, i6s는 iPhone 6s를 나타내며 G7은 Galaxy 7, G8은 Galaxy 8 모델명을 나타낸다. 그리고 각 기기별 한 쌍의 고주파 검출은 스마트 기기에서 검출된 것을 나타낸 것이 아니며, 각 스마트 기기가 고주파 검출을 완료한 후 사용자 밀집도 측정 서버로 GPS 정보와 고주파 값을 보낸 횟수를 표현한 것이다. 이때 대부분의 스마트 기기가 100회중 95회 이상의 고주파 검출을 나타냈으며, 이중 네 번째 i6와 일곱 번째 G7이 95회, 96회를 나타낸 것은 두 스마트 기기가 주머니 속에 있어 상대적으로 고주파를 인식하는데 어려움이 있었던 것으로 예상된다.

다음으로 10대의 스마트 기기가 서버로 보낸 GPS 데이터와 검출한 고주파 데이터 값을 바탕으로 3장에서 제안한 고주파 값 일치 여부 및 유클리디안 디스턴스를 이용한 실험 결과는 95회 모두 10대가 동일한 곳에 있는 것으로 표시되었다. 이때 유클리디안 디스턴스의 임계값 r은 10m 이내로 설정하였으며,

100회 중 95% 정확성을 나타내는 이유는 네 번째 i6 즉, 주머니 속에 있는 스마트 기기의 고주파 인식 어려움이 동일한 이유로 작용한 것이다. 그리고 마지막 실험으로 벽을 경계로 한 두 개의 연구실(지금까지 실험한 동일한 연구실과 유사한 구조를 갖는 스피커가 설치되지 않은 같은 크기의 연구실)에 스마트 기기를 각각 5대씩 두고 앞선 실험과 같은 방법으로 총 100회 시도 하였다. 이때 임계값 r은 10m 이내로 설정하였으며, 그 결과는 Fig. 8과 같다.

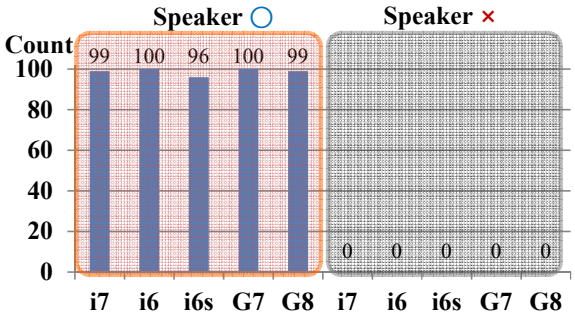

Fig. 8. The detection result of received data from each smart device between the separated spaces

Fig. 8에서 왼쪽의 Speaker ○은 스피커가 위치한 연구실의 스마트 기기들이 고주파를 인식하여 GPS 정보와 고주파 값을 보낸 횟수를 표현한 것이며, 오른쪽의 Speaker ×는 스피커가 위치하지 않은 벽을 사이에 둔 연구실에서의 스마트 기기들의 보낸 횟수를 표현한 것이다. 왼쪽의 스피커가 있는 공간의 경우 100회 중 iPhone 6s가 96회 데이터를 전달함으로써 96%의 정확성을 나타내는 것을 볼 수 있으며, 오른쪽의 스피커가 설치되지 않은 곳에서는 모든 스마트 기기가 실험을 진행하는 시간 동안 스피커 신호가 벽을 사이에 둔 연구실에는 전달되지 않아 데이터 전송이 모두 0인 것을 확인 할 수 있다. 즉, 바로 옆 공간임에도 다른 특정 밀집 공간으로 구분됨에 따라 스피커가 위치한 연구실의 신호 전달 및 밀집도 결과에 영향을 미치지 않는 것을 확인 할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 애플리케이션과 서버 시스템은 실내 특정 공간에서 스마트 기기 사용자들의 밀집도를 파악할 수 있는 유용한 시스템이다.

V. Conclusions

본 논문에서는 스마트 기기의 내장 마이크와 실내 공간에 설치된 스피커 및 이를 송출할 수 있는 서버를 이용하여 새로운 방법의 사용자 밀집도 측정 시스템을 제안하였다. 그리고 실험을 통해 제안 애플리케이션과 서버 시스템이 실내 특정 공간에 위치한 스마트 기기들에 한 쌍의 고주파를 송출하여, 스마트 기기의 종류와 상관없이 그 고주파 값을 검출해 내고 서버로 그 값을 전달함으로서 그 공간에 위치한 스마트 기기가 몇 대인지, 즉 그 공간에 위치한 사용자 인원수를 정확히 측정할 수 있는 것을 확인하였다. 즉, 제안 시스템은 실내 특정 공간에서 스마트 기기를 지닌 사용자 밀집도를 측정하는 유용한 시스템이 될 것이며, 기존 연구들의 단점들을 극복하여 최근 VR 카페, 스크린 야구존, 스포츠체험형 게임장, 볼링펍 등 다양한 곳에서 사용자의 안전을 위한 유용한 기술로 활용 될 수 있을 것이다.

추후 연구로는 제안 애플리케이션과 서버 시스템을 이용한 사용자 밀집도 측정 실험을 한 공간이 아닌 동일 건물 여러 공간에서도 동시에 각 실내 공간별 사용자 밀집도를 정확히 측정할 수 있는 서버 시스템을 추가 구현하여 실험을 진행할 것이며, 이와 동시에 측정 정확도를 높일 수 있는 방안을 연구할 것이다. 또한 한 건물 내에서도 어느 곳이 더욱 밀집되어 있는지에 대한 부분적 밀집 유무를 판단할 수 있는 서버 시스템의 시각적 개발을 연구할 것이다. 그리고 본 연구에서는 스마트 기기를 10대로 한정하였으나, 보다 많은 스마트 기기들이 함께 모여 있는 경우에도 제안 애플리케이션과 서버 시스템이 정확히 동작하는지에 대한 추가 연구가 필요하다. 따라서 여러 실내 공간에 더 많은 스마트 기기들이 존재하는 복합 실내 공간별 사용자 밀집도 추적 시스템에 관한 연구를 진행함으로써 본 제안 방법이 실 생활에 사용자의 안전을 위한 유용한 기술로 활용될 수 있도록 할 것이다.

REFERENCES

[1] J. Malik, S. Belongie, T. Leung, and J. Shi, "Contour and Texture Analysis for Image Segmentation," International Journal of Computer Vision, Vol. 43, No. 1, pp. 7-27, 2001.

[2] Arbelaez, Pablo, F. Charless, and M. David, "The berkeley segmentation dataset and benchmark," http://www.eecs.berkeley.edu/Research/Projects/CS/vision/bsds.

[3] Parate, P. Pratik, and S. Mandar, "Crowd Density Estimation Using Local Binary Pattern Based on an Image," International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, Vol. 5, No. 7, 2015.

[4] L. Ni, Y. Liu, Y.C. Lau, and A.P. Patil, "LANDMARC: Indoor Location Sensing using Active RFID," Wireless Networks, Vol. 10, No. 6, pp. 701-710, 2004.

[5] F. Li, C. Zhao, G. Ding, J. Gong, C. Liu, and F. Zhao, "A reliable and accurate indoor localization method using phone inertial sensors," Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing. ACM, September 2012.

[6] M.B. Chung, "An Advertisement Method using Inaudible Sound of Speaker," Journal of the Korea Society of

Computer and Information, Vol. 20, No. 8, pp. 7-13, 2015.
[7] J.H. Yin, A.V. Sergio, and C.D. Anthony, "Image processing techniques for crowd density estimation using a reference image," Asian Conference on Computer Vision. Springer, Berlin, Heidelberg, 1995.
[8] G.J. Kim, T.K. An, M.H. Kim, "A Study of crowd density estimation of railway platform," Proceedings of the KIEE Conference. The Korean Institute of Electrical Engineers, 2011.
[9] J.W. Song, T.K. An, M.H Kim, and Y.S. Hong, "Measurement of the Crowd Density in Outdoor Using Neural Network," The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication Vol. 12, No. 2, pp. 103-110, 2012.
[10] Weppner, Jens, and L. Paul, "Bluetooth based collaborative crowd density estimation with mobile phones," Pervasive Computing and Communications (PerCom), 2013 IEEE International Conference on. IEEE, 2013.
[11] P. Min-joo, L. Won-Jun, C. Eun-Ji, and L. Kang-Hee, "Hybrid crowd density estimation method for equalizing the subway passengers distribution and its application," Proceedings of the 2014 the Korea Society of Computer and Information Conference, The Korea Society of Computer and Information, 2014.
[12] P. Bihler, P. Imhoff, and A. B. Cremers, "SmartGuide - A Smartphone Museum Guide with Ultrasound Control," Procedia Computer Science, Vol. 5, pp.586-592, August 2011.
[13] J. B. Kim, J. E. Song, and M. K. Lee, "Authentication of a Smart Phone User using Audio Frequency Analysis," Journal of Korea Institute of Information Security and Cryptology, Vol. 22, No. 2, pp. 327-336, April 2012.
[14] M.B. Chung, I.J Ko, "Data-Sharing Method for Multi-Smart Devices at Close Range," Mobile Information Systems 2015.

Authors

Myoungbeom Chung received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Dept. of Digital Media from Soongsil University, Korea, in 2004, 2006 and 2010, respectively.Dr. Chung worked on BK21 project as a post-doctoral follow at the Soongsil University at Seoul, in 2010 and 2011. From 2012 to 2014, he was with the School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University (Korea). Since 2015, he is now an assistant professor of Division of Computer Engineering, Sungkyul University (Korea). His research interests include copyright protection technique, mobile computing, mobile software development, audio signal processing, and recommendation system.