

Implementation of a Crowding Measurement System Based on High Frequency Signal

Myoungbeom Chung*

*Associate Professor, Dept. of Faidea, Sungkyul University, Anyang-si, Korea

[Abstract]

As the number of coffee shops increases, many people are studying or working at coffee shops. Coffee shop operators have been required to analyze customer visits due to customer turnover and profit problems. Methods such as image analysis, QR code authentication, and Bluetooth beacon have been proposed for these statistics and analysis. However, it is difficult to use due to problems such as invasion of privacy and low accuracy. Therefore, in this study, to solve these problem and provide more accurate in-store congestion information, we propose a crowding measurement method of coffee shop using high frequency signal. There is an advantage in that a high frequency signal replaces the Bluetooth signal, and the transmission range of the signal is limited to the store, thereby increasing the accuracy of the method. To verify the performance of the proposed system, we conducted a comparative experiment with a Bluetooth based system, and as a result, the proposed method showed lower misrecognition rate. Thus, the proposed method will be an effective useful service for providing information on crowding at coffee shops and processing statistics.

▶ **Key words:** High frequency, Crowding measurement, Smart device, Bluetooth, Application

[요 약]

최근 커피전문점이 급격히 늘어남과 동시에 커피 전문점에서 공부나 작업을 하는 사람들이 많이 나타나게 되었으며, 커피전문점에서는 고객 회전율, 수익 등에 문제로 고객들의 매장 이용에 관한 분석이 요구되기 시작하였다. 이러한 분석을 위해 영상 분석, QR 코드 인증, 블루투스 비콘 등의 방법들이 제안되었으나, 사생활 침해 문제, 낮은 정확성 등의 문제점이 있어 활용이 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 이 문제점을 해결하며, 보다 정확한 매장 내 혼잡도 정보를 제공하기 위해 고주파 신호 기반 혼잡도 측정 시스템을 제안한다. 고주파 신호는 블루투스 신호를 대체하며, 신호의 전달 범위가 매장 내로 한정되어 정확도를 높일 수 있는 장점이 있다. 제안 시스템의 성능 검증을 위해 블루투스 기반 혼잡도 측정과 비교 실험을 진행하였고, 그 결과 제안 방법이 보다 높은 정확도를 나타내었다. 즉, 제안 방법은 커피 전문점에서의 혼잡도 정보 제공 및 통계 처리에 효과적인 유용한 서비스가 될 것이다.

▶ **주제어:** 고주파, 혼잡도 측정, 스마트 기기, 블루투스, 애플리케이션

-
- First Author: Myoungbeom Chung, Corresponding Author: Myoungbeom Chung
 - *Myoungbeom Chung (nzine@sungkyul.ac.kr), Dept. of Faidea, Sungkyul University
 - Received: 2024. 03. 18, Revised: 2024. 04. 26, Accepted: 2024. 04. 29.

I. Introduction

최근 커피전문점이 급속도로 보급되면서 커피전문점은 더 이상 커피만을 마시는 공간이 아닌, 만남의 장소, 업무와 공부를 하며 시간을 보내는 새로운 여가 공간으로 자리 잡게 되었다[1]. 그리고 커피전문점에서 1시간 ~ 3시간 체류를 하는 사람이 전체 이용객의 58% 이상을 차지할 만큼 많은 사람들이 커피전문점에 오랜 시간 머무르게 되었고, 그로 인해 커피전문점은 고객 회전율, 수익 등에 문제가 발생하기 시작하였다[2]. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 매장의 사용자 이용 현황을 파악하고 이를 분석하여 혼잡도를 측정하는 기술이 요구되기 시작하였다.

혼잡도 측정 연구는 혼잡도가 높아짐에 따라 고객의 감정 반응과 고객 행동에 다양한 영향을 미치기 때문에 혼잡도를 실제 해당 매장, 장소에 가서 눈으로 보고 수동으로 체크하는 것이 연구의 시작이었다. 혼잡도가 고객에 긍정적인 영향을 미치는 연구로 추미애는 점포 혼잡성(사회적 혼잡성)이 점포태도에 유의한 영향을 미친다고 하였으며[3], 강인호는 관광지 레스토랑의 혼잡도는 지각된 위험을 감소시켜 고객을 끌어들이는 작용을 한다고 주장하였다[4]. 통계 분석 작업을 간소화하기 위한 연구로 영상 분석, QR 코드 인증, 블루투스 비콘 등을 사용한 연구가 최근에는 활발히 이루어지고 있다. 김시하는 커피전문점 입구에 설치된 카메라 영상과 Amazon Interactive Video Service(IVS)를 사용하여 방문객의 입장, 퇴장을 계산 후 매장의 복잡 정도를 계산하는 시스템을 제안하였으며[5], 백정현은 영상처리를 활용하여 지하철 승객들의 혼잡도를 추정하는 기술을 제안하였다[6]. 코로나19 팬데믹 이후 QR 코드 인증, 전화 인증을 통한 인원 분석 방법이 제안되기도 하였으며, 애플의 아이비콘 기반 블루투스 비콘을 활용하면서, 전자출결 시스템, 사용자 실내 이동 추적 연구도 활발해지기 시작하였다. 그러나 영상 처리 기술의 경우 카메라 방향에 사람이 가려진 경우에 인식이 낮아지는 문제점과 개인정보보호, 프라이버시 침해 문제가 있다. QR코드 인증, 전화 인증은 매장 방문 시에 등록하는 것으로 방문 시작만을 측정하는 것으로 혼잡도를 위한 분석 데이터로 활용하기에는 문제가 있다. 블루투스 비콘을 활용한 혼잡도 분석의 경우 높은 정확도를 나타내고 있는 반면, 블루투스 신호의 전달 범위가 매장 밖까지 도달하기 때문에 매장에 있지 않은 사람들도 인식하는 오인식이 발생하는 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 커피전문점에 설치되어 있는 스피커와 PC(Pos)를 이용하고, 사람들에게 들리지 않는 고주파 신호를 이용하여 기존 방식보다 높은 정확성을 보이

는 혼잡도 측정 시스템을 제안한다. 제안 방법은 커피전문점에 설치되어 있는 기본 스피커를 사용하며 스피커에서 출력되는 소리 범위 중 사람들에게 잘 들리지 않은 18 kHz ~ 22 kHz를 사용한다. 그리고 기존 연구들에서 사용했던 듀얼 신호를 변형하여 하나의 베이스 신호와 두 개의 정보 신호를 사용하여 매장 내에 위치한 고객들의 스마트 기기를 통해 인원을 파악하며, 혼잡도를 측정한다. 고주파 신호는 매장에 설치된 PC를 사용하여, 분석을 위한 Web 사이트에 자바스크립트를 통해 발생한다. 이 신호는 비콘의 신호 도달 범위가 넓은 점을 보완할 수 있는 것으로 고주파 신호는 소리의 특성에 따라 문 밖, 벽을 통과하지 못하기 때문에 보다 정확히 혼잡도를 측정할 수 있다. 매장에 방문한 고객들은 주문을 위해 제안 애플리케이션을 실행하였을 때 서버로 그 매장의 방문 값을 전송한다. 그 이후 애플리케이션을 백그라운드 모드로 변경하여 지속적으로 고주파 신호를 수신하며 현재 매장에 위치해 있는 것을 확인한다. 그리고 고객이 매장을 나가는 순간 애플리케이션은 더 이상 고주파 신호를 수신하지 않는 것을 확인하여, 고객이 매장을 벗어난 것으로 파악하고 떠난 시간을 서버로 전송한다.

우리는 제안 기술의 성능을 확인하기 위해 기존 블루투스 기반 혼잡도 측정과 동일한 환경을 제작하고, 실험 참가자 20명을 대상으로 혼잡도 분석에 관한 실험을 진행하였다. 비교군인 블루투스 기반 시스템의 경우 매장 내 고객에 대한 인식 정확도가 높은 반면, 매장 밖에 고객까지 인식하는 문제점이 있기 때문에 모든 실험 참가자가 매장에 있는 경우와 일부 인원이 방문 후 밖에서 일정시간 머물러 있는 실험도 함께 진행하였다. 참가자가 모두 매장에 있는 실험에서 블루투스 기반 시스템은 100%의 정확도를 보인 반면, 제안 방법은 99%의 정확도를 나타냈다. 반면에 매장 방문 후 밖에서 대기하는 인원이 있는 실험에서는 블루투스 기반 시스템의 오인식이 자주 발생하는데 비해, 제안 방법은 낮은 오인식률을 나타내어 뛰어난 성능을 보이며 실제 혼잡도 측정에 활용 가능한 시스템임을 보였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2 장에서는 기존 연구된 커피전문점, 매장 등에서의 혼잡도 측정 기술들에 대하여 설명하며, 본 연구에서 사용한 고주파 신호 연구들을 함께 설명한다. 제 3 장에서는 스마트 기기와 고주파 신호를 이용한 혼잡도 측정 시스템의 흐름과 이를 위한 고주파 신호 및 시스템에 관하여 설명한다. 제 4 장에서는 제안 방법과 기존 블루투스 혼잡도 측정 시스템과의 비교 실험 및 그 결과를 보이며, 제 5 장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

II. Related Works

매장 혼잡도 측정은 특정 공간에 방문객의 입장과 퇴장에 관한 체류 시간을 측정하여 일정 시간 모여 있는 인원수를 분석하는 것이며, 기존 자연적 관찰(사람이 직접 보고 인원수를 세는 방식)에서 현재에는 다양한 방식으로 자동화하고 있다. 혼잡도를 측정하기 위해서는 자연적 관찰이 보다 정확하지만, 혼잡도를 제공하기 위해서는 매장 영업시간 내내 고객의 입장과 퇴장을 관리해야 하는 문제점이 있다. 자동화된 혼잡도 측정 시스템으로는 얼굴 인식을 활용한 영상 기반 기술이 많이 활용되었다. 영상정보처리를 이용하여 커피전문점의 빈자리 탐색하는 방법이 제안되기도 하였으며[7], CCTV 영상과 IVS를 사용한 딥러닝 기반 객체 탐지 기술 기반 카페 혼잡도 안내 애플리케이션이 개발되었다. 그러나 영상 기반은 얼굴이 겹쳐지는 경우 인원 추적 정확성이 떨어지며, 객체 탐지 기술 기반의 경우 출입구의 입장과 퇴장만을 추적하는 방식으로는 입구가 두 개 이상인 매장에서는 활용이 어려워진다.

Wifi AP기반 혼잡도 측정은 스마트 기기와 AP간에 전송되는 신호를 수집하여 이때 감지되는 스마트 기기의 수를 사용하여 혼잡도를 추정하는 방법으로, 현재 지하철 혼잡도 분석 및 정보 제공에도 활용되는 기술이다[8]. 그러나 이 기술의 경우 WiFi AP 기반 값과 빅데이터 분석에 의한 추정치를 제공하는 것으로 여유(0), 보통(1), 혼잡(2) 정도만을 나타낼 뿐 정확한 인원수를 제공하지 않는다[9]. 블루투스 기반 혼잡도 측정은 블루투스 4.0 BLE 기반 비콘을 사용한 기술이 대부분이며, Song은 10m × 10m 간격마다 비콘을 설치하고, 비콘을 Type A와 B로 나누어 화재대피 서비스를 위한 혼잡도 기반 서버 시스템을 제안하였다[10]. Kim은 비콘을 활용한 위치기반 지역축제 모바일 애플리케이션과 데이터 분석 시스템을 개발하였으며, 축제장 혼잡도 알고리즘, 방문객 통계분석 알고리즘, 맞춤형 정보 알고리즘 등 제안하였다[11].

가청주파수 영역의 고주파를 이용한 연구들은 가청주파수 범위 내에서 스마트 기기에 내장된 스피커가 출력하고, 내장 마이크가 인식할 수 있는 18 kHz ~ 22 kHz 범위를 사용한다. Bihler는 실내미술관에서 정보 전달을 위한 트리거 신호로 두 개의 고주파를 이용하여 Frequency Shift Keying(FSK)을 적용한 신호 전달을 제안하였다[12]. Won은 주변 소음에 강한 듀얼 주파수를 이용한 데이터 전송 시스템을 제안하였으며, 전송 정확도를 높이기 위해 Mary Frequency Shift Keying modulation scheme을 사용하였다[13]. Won은 16 kHz ~ 22 kHz 범위에서 200Hz 간

격을 갖는 두 개의 주파수를 이용하여 실험한 결과 12m 이내에 90% 정확성을 보였다. Chung은 근거리에서 보다 많은 데이터를 전송하기 위해 18 kHz ~ 22 kHz 범위에서 On-Off Keying 기법과 Cyclic Redundancy Check(CRC)를 활용한 근거리 데이터 전송 방법을 제안하였다[14]. Chung의 경우 다량의 데이터를 짧은 시간에 보낼 수 있는 반면 데이터 전송 거리가 2m 이내일 때 높은 정확도를 나타낸다. 즉, 고주파 신호는 신호의 도달 거리를 고려하여 그 목적에 따라 신호의 구성, 데이터 전송 방식 등을 조합하여 구성할 수 있는 장점이 있다.

III. A Crowding Measurement System Based on High Frequency Signal

본 장에서는 스마트 기기와 고주파 신호를 이용한 커피전문점의 혼잡도 측정 시스템 흐름을 소개하며, 혼잡도 측정을 위해 사용되는 고주파 신호 생성과 스마트 기기에서의 신호 인식, 혼잡도 측정 서버 동작에 관하여 설명한다.

1. The flow of crowding measurement based on high frequency signal

제안 시스템의 전체적인 흐름은 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 커피전문점의 혼잡도 측정을 위해 서버는 고주파 신호 값을 매장에 설치된 PC에 전달한다(①). 커피전문점에 설치되어 있는 PC는 HTML 5와 자바스크립트 기반 웹 애플리케이션으로 고주파 신호 값을 혼합 고주파로 생성하여 출력한다(②). 커피전문점의 방문객들이 소유한 스마트 기기들은 매장 내에서 발생하는 고주파 신호를 수신하고, FFT(fast Fourier Transform) 분석을 통해 신호 값을 발견한다. 고주파 신호가 발견되면 사용자 정보와 신호 값을 혼잡도 서버에 전송하며(③), 서버는 사용자가 전달한 정보를 수집하고 해당 매장의 혼잡도를 분석한다(④). 그리고 분석된 매장 혼잡도와 매장 정보는 사용자의 요청, 매장의 요청에 따라 스마트 기기, 매장에 설치된 PC로 즉시 확인할 수 있다(⑤). 이때 Fig. 1에서 사용되는 혼잡도 확인을 위한 고주파 신호 값은 매장 내에 음악이 켜져 있는 동안 지속적으로 발생한다. 그리고 방문객들은 입장→머물러 있음→퇴장, 입장→머물러 있음→잠시나감(화장실, 전화 등)→재입장→머물러 있음→퇴장 등의 총 2가지 패턴으로 움직이게 된다. 스마트 기기는 입장과 재입장에서 처음 고주파 신호를 발견하며, 머물러 있음에서 지속적으로 고주파 신호를 수신한다. 이후 잠시나감과 퇴장에서 지속적

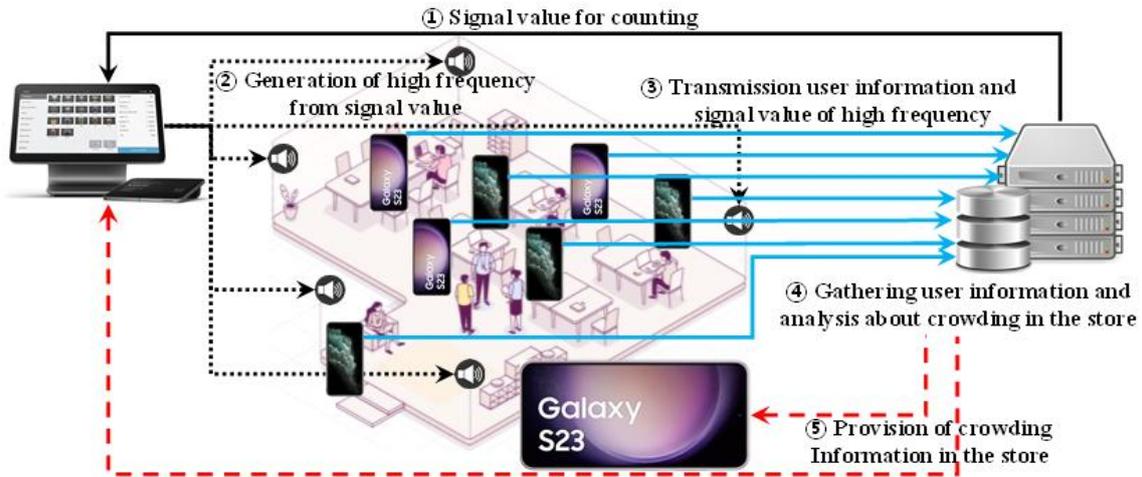


Fig. 1. The flow of crowding measurement of coffee shop using smart devices and high frequency signal

으로 수신되던 고주파 신호가 더 이상 수신되지 않는다. 따라서 스마트 기기는 고주파 신호를 초기 수신 했을 때 사용자 정보와 신호 값을 서버로 전달하여 방문객 1명이 입장(재입장) 한 것으로 계산하며, 이후 퇴장(잠시 나감)하여 신호 값을 더 이상 받지 않을 때 방문객 1명이 매장을 벗어난 것으로 계산한다.

2. The composition of high frequency signal and implementing signals using JavaScript

본 연구에 사용되는 고주파 값은 18 kHz ~ 22 kHz이며, 기존 연구들에서 전달 범위가 넓은 Won의 전송 방식을 응용한 새로운 방식의 신호를 사용한다. Won의 방식에서 신호 간격을 1초로 하여 12m까지 높은 전송 정확도를 보인 것을 참고하여 본 연구에서도 각 신호 간격을 1초로 한다. 본 연구에서는 20.7 kHz ~ 22 kHz 범위에서 100Hz 단위로 하나의 신호를 선택하며, 18 kHz ~ 20 kHz 범위에서 100 Hz 단위로 두 개의 신호를 선택한다. 이때 한 쌍의 고주파가 600 Hz 이내인 경우 주파수 간섭에 의한 오류가 생길 수 있기 때문에 그 간격은 600 Hz 이상 차이를 둔다. 즉, 18k Hz ~ 20 kHz 범위에서 한 쌍의 고주파는 105가지 쌍을 구성할 수 있으며, 20.7 kHz ~ 22 kHz 범위에서 하나의 신호를 결합하면 최대 1050 가지의 신호 값을 생성할 수 있다. Fig. 2는 제안한 방법으로 혼잡도 분석을 위한 고주파 신호를 시간과 주파수 값으로 나타낸 것이다.

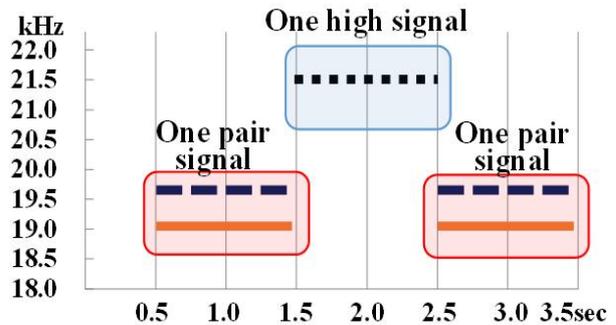


Fig. 2. An example of proposed high frequencies for measurement system crowding of coffee shop

Fig. 2에서 고주파 신호 한 쌍은 19 kHz와 19.7 kHz이며, 이 값은 1초 간격으로 1초간 발생한다. 발생하지 않는 1초 동안은 21.5 kHz 고주파 신호가 반복되어 발생한다. 이때 Fig. 2와 같은 고주파 신호는 혼잡도 측정을 위해 서버로부터 지정된 해당 커피전문점의 고정 값을 사용하며, 이 값은 혼잡도 측정을 위해 변경할 수 있게 그 값을 서버에서 관리한다. 서버에서 해당 고주파를 발생하기 위해서는 HTML5 기반 자바스크립트를 사용하여 혼합 고주파를 생성한다. 혼합 고주파를 생성하기 위한 자바스크립트 코드는 Fig. 3과 같다. Fig. 3에서 playFrequencies 함수는 지정 주파수와 전달된 시간만큼을 재생하는 함수이며, playSequence 함수는 한 쌍의 주파수와 하나의 고주파가 1초 간격으로 번갈아 출력되는 함수이다. 그리고 setInterval함수는 playSequence 함수를 2초 간격으로 반복해서 재생하도록 하는 함수이다.

```

<script>
var audioCtx = new (window.AudioContext ||
window.webkitAudioContext)();

function playFrequencies(frequencies, duration) {
  frequencies.forEach(function(freq) {
    var oscillator = audioCtx.createOscillator();
    oscillator.frequency.setValueAtTime(freq,
audioCtx.currentTime);
    oscillator.connect(audioCtx.destination);
    oscillator.start();
    oscillator.stop(audioCtx.currentTime + duration);
  });
}

function playSequence() {
  // 19.0 kHz and 19.7 kHz 1 second
  playFrequencies([19000, 19700], 1);
  setTimeout(function() {
    // 21.5 kHz 1 second
    playFrequencies([21500], 1);
  }, 1000);
}

// per 2 seconds loop
setInterval(playSequence, 2000);
</script>

```

Fig. 3. JavaScript code for generating high frequencies in a web browser

Fig 3.에서는 19.0 kHz와 19.7 kHz를 동시에 1초간 발생하고, 이어서 21.5 kHz 고주파를 1초간 발생하는 코드이며 setInterval에 의해 지속적으로 신호가 발생한다.

3. The work flow of the proposed server for crowding measurement

스마트 기기의 애플리케이션은 내장 마이크를 통해 18.0 kHz 이상의 고주파가 주변에 있는지 확인하며, 고주파가 검출될 때 고주파 수신 확인 값을 검출하여 매장 방문 정보를 서버로 전달한다. 서버에서는 Fig. 4와 같은 흐름으로 방문을 확인하며, 혼잡도를 측정한다. Fig. 4에서 서버는 방문객 스마트 기기로부터 전송 받은 신호 값을 이용해 커피전문점의 정보를 찾는다(①). 서버는 찾은 매장 정보와 스마트 기기에서 전달된 GPS 값을 비교하며(②), 일치 시 해당 매장의 인원수를 1명 증가한다(③). 이후 매장 입장 정보를 스마트 기기에 전달하여, 스마트 기기가 고주파 신호를 수신하는 동안 방문객이 매장에 머무르는

것으로 확인한다(④). 서버에서는 방문객의 정보를 해당 매장 데이터베이스 테이블에 저장한다(⑤). 그리고 방문객이 매장을 벗어나 스마트 기기가 더 이상 고주파 신호를 수신하지 않게 되면, 스마트 기기는 사용자가 매장을 나간 것으로 파악하고, 사용자 정보를 서버로 전달하여 해당 매장에 현재 인원수를 1명 감소한다(⑥).

IV. Experiments and Evaluation

본 장에서는 제안 방법의 성능 확인을 위해 기존 블루투스 비콘을 이용한 방식과의 비교 실험과 그 결과를 설명한다. 고주파를 이용한 일정 공간의 인원 파악 기술은 2017년 Chung에 의해 한 공간에서 스마트 기기 10대를 이용하여 실험한 결과 95% 정확도를 나타낸 바 있다[15]. 따라서 크기 않은 공간 내에서 혼잡도를 통계 내는 방법으로 고주파를 이용하는 것은 오인식률을 낮추며 높은 정확도를 나타낼 수 있을 것이다. 우리는 비교 실험을 위해 블루투스 비콘 Basbea i4를 총 2개 사용하였으며, 고주파 출력을 위한 PC는 Intel(R) Core(TM) i5 CPU 750, 8G Ram을 사용하였다. 방문 확인 및 혼잡도 측정 서버 환경은 PC와 동일한 하드웨어에 Apache 2.2.14, MySQL 5.1.39, PHP 5.2.12를 사용하였다. 실험은 참가자 20명, 실험 공간은 Fig. 5와 같이 A, B 두 공간을 사용하였다.

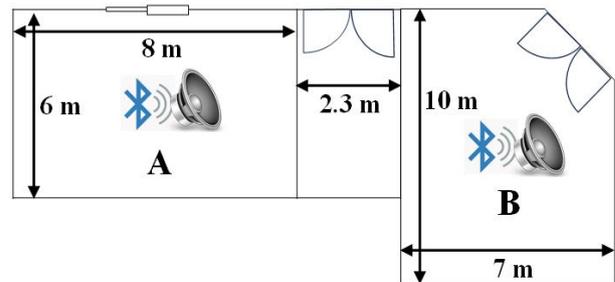


Fig. 5. The environment for comparative experiments of crowding measurement of coffee shop

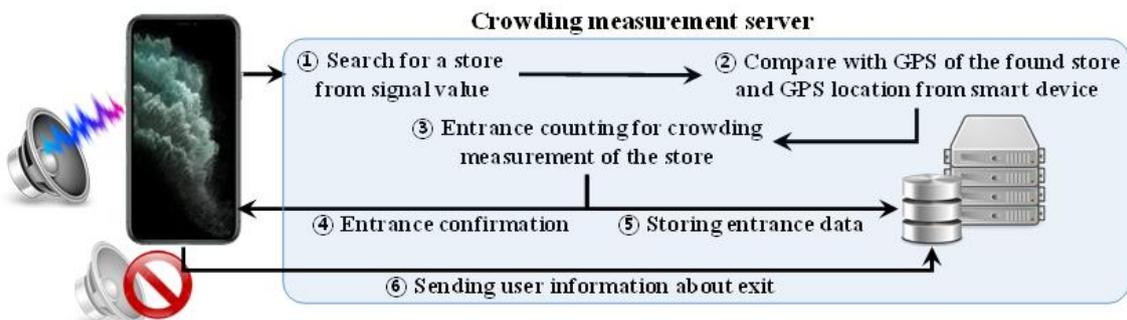


Fig. 4. The work flow for entrance counting between crowding measurement server and smart device

Fig. 5에서 A 공간은 가로 8m × 세로 6m 빵과 커피를 함께 판매하는 곳이며, 커피전문점과 유사한 형태로 8개의 테이블을 배치하고 있다. B 공간은 가로 7m × 세로 10m 커피전문점이며 10개의 테이블을 배치하고 있다. 그리고 A 공간과 B 공간 사이에는 건물 내부를 들어가기 위한 가로 폭 2.3m의 복도가 있다. 1차 실험으로 Fig. 5의 A 공간에서 비콘 1개를 매장 중앙에 위치시키고, 실험 참가자들은 비콘을 이용한 방문 인식 애플리케이션을 입장 5분 전 매장 앞 3m 이내의 위치에서 실행한다. 매장을 입장한 실험 참가자들은 10분 간 매장 내에 머물러 있다가, 매장 밖으로 나가 다시 5분 동안 3m 이내의 위치에 대기 후 애플리케이션을 종료한다. 실험 중 애플리케이션을 시작하고, 종료하는 것 외에 실험 참가자가 별도로 버튼을 누르거나 하는 것은 없다. 첫 실험은 5명만 진행하며, 두 번째 실험은 5명 매장 입장 후, 5분을 기다린 후 진행한다. 세 번째 실험은 총 15명이 5명, 5명, 5명 5분 간격으로 입장하고 첫 번째 실험의 순서대로 실험 참가자는 이동한다. 제안 방법을 이용한 실험 또한 비콘이 위치한 곳에 스피커를 설치하고, 비콘 실험과 같은 방식으로 실험을 진행한다. Table 1은 비콘과 제안 방법의 실험 결과이다.

Table 1. The result of comparative experiment with beacon and the proposed system

Persons	Type	Real	Beacon	Proposed method
	5	5 (min)	0	2
5 ~ 10		5	5	5
10 ~ 15		5	5	5
15 ~ 20		0	2	0
20 ~ 25		0	2	0
10	5 (min)	0	2	0
	5 ~ 10	5	8	5
	10 ~ 15	10	10	10
	15 ~ 20	5	7	5
	20 ~ 25	0	1	1
15	5 (min)	0	2	0
	5 ~ 10	5	7	5
	10 ~ 15	10	12	10
	15 ~ 20	10	12	11
	20 ~ 25	5	7	5
	25 ~ 30	0	1	1

Table 1에서 블루투스 비콘을 이용한 실험의 경우 실제 매장에 위치한 인원 외 비콘이 대기하고 있는 인원까지 오인식하는 경우가 빈번히 발생한다. 5명 실험에서 5분, 15~20분에서 매장 밖에서 있는 경우에도 2명이 매장 내에 있는 것으로 나타났다. 10명 실험에서는 10~15분을 제외하고 2명, 3명, 2명, 1명 오인식이 발생하였다. 15명 실험에서는 전체 시간 동안 2명, 2명, 2명, 2명, 2명, 1명 순으로 오인식이 발생하였다. 반면에 제안 방법은 5명 실험에

서 오인식이 나타나지 않았으며, 10명 실험에서 20~25분에 1명의 오인식이 발생하였다. 15명의 실험에서는 15~20분 1명, 25~30분 1명의 오인식이 발생하였다. 즉, 5명 실험에서 제안 방법은 100% 정확도, 10명 실험에서 100% 정확도와 1회 오인식, 15명 실험에서 100% 정확도와 2회의 오인식이 발생 하였다. 이와 같이 1명씩 나타나는 오인식은 실험 중 커피 전문점의 문이 열려 있어 그 신호가 밖 에까지 전달된 것으로 예상된다.

다음으로 Fig. 5의 A 공간과 B 공간에 각각 10명을 배치하고, 1차 실험의 10명 참여 실험을 동시에 진행하였다. 즉 A 공간과 B 공간을 동일한 시작 시간에 5명이 각 매장에 5분간 앞에 위치해 있으며, 비콘을 이용한 애플리케이션을 실행한다. 5분이 지난 후 매장으로 5명이 입장하며, 밖에는 또 다른 5명이 매장 앞에서 대기하면서 애플리케이션을 실행한다. 다시 5분이 지난 후 그 5명이 매장을 입장 하고, 먼저 입장한 5명은 10분간 매장에 머물러 있다가 매장 밖으로 나와 다시 5분간 대기를 한 후 애플리케이션을 종료한다. 제안 방법을 이용한 실험 또한 같은 순서로 진행하였다. Table 2는 비콘과 제안 방법의 실험 결과이다.

Table 2. The result of experiment with beacon and the proposed method at two space

Space	Type	Real	Beacon	Proposed method
	A	5 (min)	0	2
5 ~ 10		5	7	5
10 ~ 15		10	10	10
15 ~ 20		5	7	5
20 ~ 25		0	2	0
B	5 (min)	0	1	0
	5 ~ 10	5	6	5
	10 ~ 15	10	10	10
	15 ~ 20	5	7	5
	20 ~ 25	0	2	1

Table 2에서 공간 A의 비콘 실험에 경우 10~15분을 제외하고 2명, 2명, 2명, 2명 오인식이 지속적으로 발생하였다. 공간 B에서도 10~15분을 제외하고 1명, 1명, 2명, 2명 순으로 오인식이 발생하였다. 반면에 제안 방법을 사용한 공간 A 실험에서 오인식이 발생하지 않았고 실제 방문객 그대로 인원수가 파악되었다. 공간 B 실험에서는 20~25분 1명의 오인식이 발생하였으나, 그 밖에 모든 시간에서 오인식이 발생하지 않았다. 여기서 1명의 오인식은 1차 실험에서와 같이 실험 참가자가 방문을 마치고 밖에서 대기하는 중 매장 문이 열려 있어서 오인식이 발생한 것으로 예상된다. 공간 A에서의 10명 실험과 공간 A, B에서의 실험에 관한 결과를 종합하면 Fig. 6의 그래프를 얻을 수 있다.

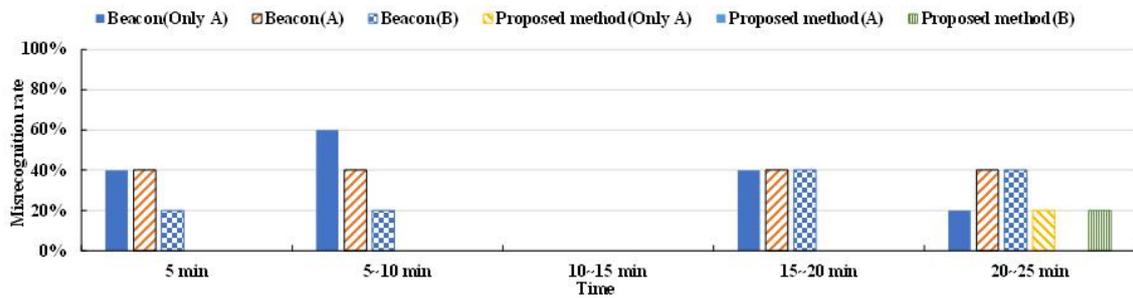


Fig. 6. The misrecognition rate using Beacon method and the proposed method at each space

Fig. 6에서 비콘 신호를 사용한 방법은 방문 예정인 사람들이 카페 밖에 머물러 있는 대부분의 시간에서 오인식이 빈번히 발생하여, 매장에 있는 인원이 더 많이 측정되는 문제가 있는 것을 확인했다. 반면에 제안 방법은 전체 시간 중 마지막 20~25분에서만 각각 1명씩 오인식이 나타난 것으로, 보다 정확히 매장 인원을 파악할 수 있는 것을 볼 수 있다.

따라서 전체 실험 결과에서 제안 방법이 블루투스 비콘을 이용한 방법에 비해 낮은 오인식률과 방문객 인원수 추측에 높은 정확도를 나타내는 것을 확인하였다.

V. Conclusions

본 논문에서는 보다 정확하게 매장 내 혼잡도를 측정하기 위해 새로운 방식의 신호인 고주파 신호 기반 혼잡도 측정 시스템을 제안하였다. 그리고 현재까지 연구되고 있는 고주파 신호를 그대로 사용하지 않고, 도달 거리를 멀게 하며, 높은 정확도를 나타내기 위해 하나의 높은 고주파 신호와 한 쌍의 고주파 신호를 교차하여 사용하는 방법을 제시하였다. 제안 방법의 성능을 검증하기 위해 최근 가장 많이 사용되고 있는 블루투스 비콘을 사용한 방법과 비교 실험을 진행하였으며, 그 결과 블루투스 비콘에 비해 오인식률에 현저히 낮음을 보여 그 성능이 기존 방법에 비해 우수함을 확인하였다. 즉, 본 논문에서 제안하는 스마트 기기와 고주파 신호를 이용한 혼잡도 분석 시스템은 기존 블루투스 기반 혼잡도 분석을 대체할 수 있는 유용한 시스템이 될 수 있을 것이며, 혼잡도에 의해 발생하는 수익 관리, 고객 만족 등에 관한 자료 조사와 연구에 활용 가능한 유용한 기술이라 할 수 있다.

추후 연구로는 본 연구에서는 시간별 커피전문점 방문객의 인원수만 파악하고 매장 이용객수를 그대로 전달하기만 하였다. 그러나 사람들은 그 매장을 이용하기 위해 혼잡도 외에 주말, 휴일, 특정일에 예상되는 혼잡도 통계

또한 필요할 것이다. 즉, 우리는 본 연구에서 제안한 시스템의 시간별 데이터 분석 및 통계 처리를 통해 평일과 주말, 휴일에 관한 혼잡도 통계를 낼 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서 제안한 시스템을 이용한 다양한 실험과 데이터를 축적하여 매장별 혼잡도 예측 및 혼잡도 정보 제공 시스템에 관한 연구를 진행할 것이다. 그리고 스마트 기기를 이용한 혼잡도 측정 방법은 측정을 위해 측정하는 동안 지속적으로 앱을 실행하고 있어야 하는 문제점이 있다. 주변 소리를 수집하는 스마트 기기의 내장 마이크는 해당 애플리케이션을 백그라운드 모드로 실행했을 때도 일부 동작을 수행할 수 있다. 따라서 사용자가 해당 앱을 실행 후 백그라운드 모드로 두고 있는 상태에서도 동작 가능한 애플리케이션 개발 연구를 함께 진행할 것이다.

REFERENCES

- [1] G. J. Kim, "The Study of Crowding for Café Revenue Management: Focused on Drink Duration, Emotion, and Customer Satisfaction," *Journal of Foodservice Management Society of Korea*, Vol. 18, No. 3, pp. 249-266, June 2015.
- [2] The Scoop. Kagong(Café study) vs. Coffee shop, Eight years' war without answers, <https://www.thescoop.co.kr/news/articleView.html?idxno=58808>
- [3] M. A. Choo, "Effects of Store Crowding on Store Attitude and Behavioral Intention-based on Adjustment Effects of Consumer Susceptibility," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 18, No. 4, pp. 965-972, April 2014. DOI:10.6109/jkiice.2014.18.4.965
- [4] I. H. Kang, and W. S. Cho, "Influence of Restaurants' Crowdedness in Tourist Destination on Customers' Received Risk," *International Journal of Tourism Management and Sciences*, Vol. 25, No. 6, pp. 41-56, February 2011.
- [5] S. H. Kim, H. J. Park, J. E. Oh, and K. Y. Lee, Development of a café congestion level guide application using deep learning-based object detection technology, *Proceedings of the Korea Software Congress 2021*, pp. 1342-1344, Pyeongchang,

South Korea, December 2021.

- [6] J. H. Back, C. S. Kim, G. H. Ye, D. S. Jang, J. S. Choi, W. H. Ha, and D. K. Hong, Improved subway congestion estimating using image processing, Proceedings of the Korea Software Congress 2018, pp. 1820-1822, Jeju, South Korea, June 2018.
- [7] M. J. Kim, H. J. Ryu, J. G. Kim, and J. W. Choe, Design and implementation of mobile application for seeking vacant seats in café using image information processing, Proceedings of the Korean Information Science Society Conference 2012, pp. 163-165, South Korea, June 2012.
- [8] S. H. Kwon, S. C. Lee, and H. S. Kim, Development of congestion estimation program utilizing IEEE 802.11 Proberequest, Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference 2021, pp. 740-760, Jeju, South Korea, July 2021.
- [9] Smart City Korea. Seoul metropolitan government, Seoul transportation corporation awarded the 'Top 10 Railroad Technology Award' for subway congestion calculation service through big data convergence, <https://globalrail.seoultech.ac.kr/community/news/?do=commonview&bnum=57346&bidx=512926>
- [10] D. H. Song, J. K. Min, H. S. Seo, J. B. Lee, H. J. Kim, B. K. Son, and J. Lee, An implementation of congestion-based server system for LBS fire evacuation service, Proceedings of the Korea Information Processing Society Conference 2016, pp. 452-454, South Korea, November 2016.
- [11] S. I. Kim, W. P. Kim, and C. Jeong, "Developments of Local Festival Mobile Application and Data Analysis System Applying Beacon," The Korean Society of Science & Art Vol. 31, pp. 21-32, December 2017. DOI:10.17548/ksaf.2017.12.30.21
- [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. DOI:10.1016/j.procs.2011.07.076
- [13] K. Won, S. Yeoum, B. Kang, M. Kim, Y. Shin, and H. Choo, Inaudible transmission system with selective dual frequencies robust to noisy surroundings, Proceedings of 2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), pp. 1-6, Las Vegas, NV, USA, March 2020. DOI:10.1109/ICCE46568.2020.9042989
- [14] M. B. Chung, "Short Distance Data Transmission Method Using Inaudible High-frequencies Between Smart Devices," Telecommunication Systems, Vol. 70, No. 4, pp. 583-594, August 2018. DOI:10.1007/s11235-018-0497-2
- [15] M. B. Chung, "User Density Estimation System at Closed Space Using High Frequency and Smart Device," Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 22, No. 11, pp. 49-55, November 2017. DOI:10.9708/jksoci.2017.22.11.049

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 associate professor of Department of Faidea, Sungkyul University (Korea). His research interests include high frequency communication, copyright protection technique, mobile computing, mobile software development, audio signal processing, and recommendation system.