

Electronic Attendance System Using Smart Device and High Frequency Signal

Myoungbeom Chung*

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

[Abstract]

Recently, many universities have used various electronic attendance systems such as NFC, QR code, Sound-QR, Bluetooth BLE authentication, and face recognition to process attendance. However, existing methods have various problems such as attendance errors due to deformation of authentication signals, mis-recognition attendance from outside the classroom, and difficulty to process seat absence during class. Therefore, this study proposes a high-frequency signal-based electronic attendance system to solve these problems and manage more accurate electronic attendance. As the high-frequency signal replaces the BLE signal, and the transmission range of the signal is limited to the classroom, and the signal value can be immediately changed if a change of the signal is needed. To verify the performance of the proposed system, we conducted a comparative experiment with the Bluetooth based electronic attendance system, and as a result, the proposed method showed high accuracy. Thus, the proposed method will be a useful service that can be immediately used in smart device-based electronic attendance system.

▶ **Key words:** Electronic attendance system, High frequency, Attendance-absence management, Smart device, Bluetooth, Application

[요 약]

최근 대학교에서는 출석 처리를 위해 NFC 인증, QR 코드 인증, Sound-QR 인증, 블루투스 BLE 인증, 얼굴 인식 등 다양한 방식의 전자출결 시스템을 사용해왔다. 그러나 기존 방법들은 데이터 변형에 의한 출석 오류, 강의실 밖에서의 오인식 출석, 중도 이탈 처리의 어려움 등 여러 가지 문제점이 발생하고 있다. 따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하며, 보다 정확한 전자출결을 관리하기 위해 고주파 신호 기반 전자출결 시스템을 제안한다. 고주파 신호는 블루투스 신호를 대체하는 것으로 신호의 전달 범위가 강의실 내로 한정되며, 신호의 변화가 필요할 경우 그 값을 즉시 변화할 수 있는 장점이 있다. 제안 시스템의 성능 검증을 위해 블루투스 기반 전자출결 시스템과의 비교 실험을 실시하였고, 그 결과 제안 방법이 높은 정확도를 나타내었다. 즉, 제안 방법은 스마트 기기 기반 전자출결 시스템에 즉시 활용할 수 있는 유용한 서비스가 될 것이다.

▶ **주제어:** 전자출결 시스템, 고주파, 출결관리, 스마트기기, 블루투스, 애플리케이션

-
- First Author: Myoungbeom Chung, Corresponding Author: Myoungbeom Chung
 - *Myoungbeom Chung (nzine@sungkyul.ac.kr), Dept. of Faidea, Sungkyul University
 - Received: 2023. 09. 11, Revised: 2023. 10. 30, Accepted: 2023. 10. 31.

I. Introduction

2018년 교육부의 대학구조개혁평가계획안 발표 이후 교육 운영기관의 전자출결 도입은 필수가 되었으며, 오늘날 전자출결 시스템은 교육의 질적 제고 향상을 꾀할 수 있는 시스템으로 평가받고 있다. 전자출결 시스템은 학사 관리의 엄정함과 관리 효율화를 위해 도입된 것으로 기존 호명식 출결처리 방법을 대체하며, 많은 대학들이 편리성과 효율성을 목표로 해당 시스템을 적용하였다[1]. 그리고 2023년 현재 대학뿐만 아니라 학원, 교육원 등에서도 전자출결 시스템을 도입하도록 하여, 그 예시로 보건복지부에서도 전국 요양보호사 교육원에 전자출결 시스템을 도입하도록 지침을 변경할 예정이다[2].

전자출결 시스템은 2015년 학생들이 지닌 스마트 기기를 이용하여 NFC(Near Field Communication) 태그 또는 QR(Quick Response) 코드를 학생들이 직접 인식하는 인증 방식을 시작으로[3], 현재에는 강의실에 설치된 블루투스 BLE(Bluetooth Low Energy) 신호를 스마트 기기의 전자출결 애플리케이션이 자동 인식하여 출석을 확인한다. 그리고 2021년~2022년 코로나19 팬데믹 이후 교육 운영기관은 대면과 비대면을 병행한 수업이 이루어짐에 따라 온라인 화상회의 시스템을 활용한 실시간 동영상 수업이 진행되었으며, 이에 대한 출석 처리를 위해 동영상 수강 시간, 수강 완료 시간, 중간 돌발퀴즈 등을 활용하기도 하였다. 즉, 전자출결에 관한 보다 정확한 처리 시스템이 필요하게 되었으며, 현재 연구로는 AI(Artificial Intelligence) 얼굴 인식 기반 전자출결 시스템이 제안되었다[4]. 그러나 얼굴 인식 전자출결은 카메라와 시스템 설치비용이 클 뿐만 아니라, 개인 프라이버시 침해에 문제가 있어 아직까지 적용되는 곳이 많지 않다. 그 밖에 생체 인식을 통한 전자출결 방식으로 지문 인식, 홍채 인식 등이 개발되었고, Binary XML을 활용한[5] BLE 비콘[6], 안면 인식 연구[7, 8] 또한 활발하게 진행되었으나, 현재 대부분의 대학에서는 저비용 높은 정확도를 나타내는 블루투스 BLE 신호를 이용한 전자출결 시스템을 사용하고 있다.

블루투스 BLE 신호 기반 전자출결 시스템은 네트워크의 발달과 블루투스 신호를 발생하는 비콘의 저전력 처리 기술로 유지비용이 비교적 저렴하며, 출석에 대한 높은 정확도를 보인다. 그러나 블루투스의 신호 전달 거리가 10m 이상이기 때문에 강의실 밖에서 출석 확인이 가능하여, 오인식으로 인한 부정 출석을 할 가능성이 존재하기도 한다[9]. 그리고 블루투스 신호는 설치 후 고정된 신호만을 발생하기 때문에 수업 중간의 이탈에 관해 확인할 수 없는

문제점이 있다. 또한 비콘은 배터리를 사용하기 때문에 동작이 불가능한 상황이 발생할 수 있으며, 모든 강의실에 개별적으로 설치되어 있어 배터리 교체 및 유지 관리를 위해 사람이 반드시 개입되어야 하는 문제가 있다[10].

따라서 본 연구에서는 강의실에 설치된 스피커와 PC(Personal Computer)를 사용하고, 사람들에게 잘 들리지 않는 고주파 신호를 이용하여 기존 방식보다 정확성 높은 전자출결을 수행하는 시스템을 제안한다. 제안 방법은 시중에 판매되고 사용되는 스피커가 출력할 수 있는 소리 범위 중 사람들에게 잘 들리지 않는 범위인 18kHz ~ 22kHz를 사용하며, 기존 연구들에서 사용했던 듀얼 신호를 변형하여 하나의 베이스 신호와 두 개의 정보 신호를 출석 및 지각 체크를 위해 사용한다. 강의를 진행하는 교수, 강사는 출석 확인을 위해 해당 웹 사이트를 실행하여 전자출결 시스템을 시작하고, 출석 체크를 위한 고주파 신호를 출력한다. 고주파 신호 사용은 비콘과 같이 기존 설치 후 그 값을 변경 못 함에 따라 부정 출석 등에 악용되는 것을 방지할 수 있을 뿐만 아니라 강의실 밖에서 오인식 되는 비콘의 단점을 보완할 수 있는 유용한 신호이다. 출석하는 학생들은 강의실에 들어와 전자출결을 위해 애플리케이션을 실행하고 스마트 기기는 해당 고주파를 인식하여 출석을 체크한다. 강의 시작 시간 후 출석까지 인정되는 시간 N분 동안에는 출석 확인을 위한 고주파 신호를 전달하며, N분 이후는 지각 체크를 위한 고주파 신호로 값이 변화되어 강의 시간 동안 k분 단위로 신호를 송출한다. 강의를 진행하는 교수, 강사가 중간 집계(수업 중 인원의 많은 변화가 있는 경우)가 필요한 경우 전자출결 관리 사이트의 중간 확인 버튼을 클릭하여 중간 집계를 위해 변화된 고주파 신호를 발생하게 하고, 강의에 참여하고 있는 학생들의 스마트 기기 앱은 그 신호에 반응하여 다시 현재 강의를 참여하고 있는 것을 확인한다. 그 밖에 출석 오인식 문제, 지각 오인식 문제, 결석 등에 관한 부분은 블루투스 기반 전자출결 시스템과 동일하게 강의 종료 후 교수, 강사의 수작업으로 변경도 할 수 있다.

우리는 제안 기술의 성능을 확인하기 위해 기존 블루투스 기반 전자출결 시스템과 동일한 환경을 구성하고, 실험 참여자 30명을 대상으로 출석 확인, 지각 처리 및 강의 참여자 중간 확인 정확도 등의 실험을 하였다. 출석 확인과 지각 처리 정확도 실험에서 비교군인 블루투스 기반 시스템의 경우 강의실 내에서 100% 정확도를 나타낸 반면, 강의실에 들어가지 않고도 출석으로 체크되는 오인식이 자주 발생하였다. 반면에 제안 방법은 강의실 내에서 97% 정확도와 오인식률 0%, 미인식률 3%를 나타냈다. 연속으

로 연결되어 있는 3개의 강의실에서 30명의 실험 참여자를 대상으로 동시에 출석처리 정확도 실험을 3회 진행한 결과 비콘의 경우 모두 100%의 정확도를 나타낸 반면, 강의실 밖에서 체크한 인원도 출석이 되는 오인식이 대부분 발생하였다. 제안 방법의 경우 단 1명의 강의실 내 미인식이 발생하였으며, 오인식률은 0%를 나타냈다. 또한 강의 참여자 재확인 정확도에서는 비교군인 블루투스 기반 시스템은 그 동작을 수행 못하는데 비해 제안 방법은 100%의 정확도를 나타내어 제안 방법이 뛰어난 성능을 보이는 것을 확인했으며, 실제 서비스에 즉시 적용가능 한 시스템임을 보였다. 즉 제안 방법은 다음과 같은 이점이 있다.

- 기존 블루투스 기반 시스템 보다 오인식률 낮음
- 수업 중도 이탈에 관한 출석 재확인 가능
- 기존 스피커와 PC 사용으로 시스템 구축비용 절감

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 전자출결 시스템에 사용되어 온 기술들인 선행 연구를 설명하며, 고주파 신호 연구들을 설명한다. 3장에서는 스마트 기기와 고주파 신호를 이용한 전자출결 시스템의 흐름과 이를 위한 고주파 신호 및 시스템에 관하여 설명한다. 4장에서는 제안 방법과 기존 블루투스 전자출결 시스템과의 비교 실험, 3개의 연속된 강의실에서의 정확도 실험 및 그 결과를 보이며, 5장에서는 결론과 향후 연구 방향을 제시한다.

II. Previous Work

전자출결 시스템은 강의실에서 학생을 호명하지 않고, 스마트 기기를 통해 강의실에 설치되어 발생하는 신호 또는 얼굴 인식 등으로 학생 스스로가 출석을 확인하는 출결 시스템을 의미한다. 초창기 전자출결 시스템 도입 시에는 신호 발생 문제, 네트워크 오류, 스마트 기기 애플리케이션 오류 등에 의해 출석 확인에 관한 문제가 빈번히 발생했었으나, 최근에는 위의 문제점들이 많이 보완되어 해결된 상태이다. 최근에는 전자출결의 오인식 문제, 부정출석 등의 문제점을 해결하기 위한 방법을 제안하거나, 수업 중간에 자리를 벗어나는 중도 이탈 학생들의 재출석 확인에 관한 별도의 기술이 요구되고 있다.

전자출결 시스템은 초기 인증번호 입력 방법, NFC 터치, QR코드 인증 방식이 있었으나, 이 방법들의 경우 실제 강의실에 오지 않더라도 그 정보 값을 얻을 경우 부정 출석이 손쉽게 되는 문제점이 있다. 따라서 점차 블루투스, WiFi(Wireless Fidelity) AP(Access Point) 등을 이용한 방식이 더 활성화 되었다. 블루투스 신호는 강의실 교탁에

설치된 PC에서 신호를 발생하거나 강의실 내 블루투스 비콘을 설치하여 그 신호를 인식하게 하며 신호 값과 학생이 수강하는 강의실 값이 일치하면 출석으로 인정되는 방식이다. 블루투스 비콘에서 발생하는 신호는 고정적이고 저전력을 사용하기 때문에 약 1~2년 동안 특별한 설정 없이 사용할 수 있다는 장점이 있다[11, 12]. 그러나 블루투스 비콘은 그 신호의 세기에 따라 강의실의 문밖으로까지 도달 범위가 넓은 문제점이 있어, 강의실에 학생이 들어오지 않고, 문밖에서도 출석을 할 수 있는 단점이 있다. 얼굴 인식을 통한 전자출결 방식도 꾸준히 연구되어온 방법 중 하나이다. 그러나 CCTV(Closed-circuit Television)가 지속적으로 수업을 촬영하고 있다는 점에서 사생활 침해 문제점이 있다. 또한 CCTV를 설치하고 영상 분석을 위한 별도의 시스템이 요구되기 때문에 설치 및 유지비용이 많이 들어 시행하는 대학이 많지 않다. 최근에는 QR코드, 인증번호 입력, 신호 전달 방법 등의 문제점인 신호 복제를 보완하는 방법의 Sound-QR 인증 방안을 제안하기도 하였다[13]. 본 연구에서 제안하는 방식과 유사한 방법이기 때문에 강의실 내에서의 인식률이 높은 반면, 단 한번 출석 확인만 적용할 수 있기 때문에 지각생에 대한 처리 방법, 강의 도중 강의실을 이탈하는 학생들에 대한 보완 방법이 필요한 상황이다.

가청주파수 영역의 고주파를 이용한 연구들로는 시판되는 스피커에서 출력할 수 있는 18kHz ~ 22kHz 주파수 범위를 가장 많이 사용한다. 그리고 데이터의 전송량과 신호의 도달 거리에 따라 신호 전달 방법이 다양하게 제시되어 왔다. Bihler는 두 개의 주파수를 이용하여 FSK(Frequency Shift Keying)을 적용한 신호 전달 방식을 제안하였으며[14], Kim은 15.8kHz ~ 20kHz 범위에서 두 개의 고주파 조합을 생성한 후 4비트 신호를 전달할 수 있게 하였다[15]. Chung은 On-Off Keying 기법과 CRC(Cyclic Redundancy Check) 기법을 활용하여 18kHz ~ 22kHz 범위에서 다량의 주파수 값을 이용한 근거리 데이터 전송 방법을 제안하였다[16]. Bihler와 Kim의 방식은 약 10m 이내 범위까지 신호가 도달할 수 있지만 전송할 수 있는 데이터의 양이 적다. 반대로 Chung의 제안 방법은 다량의 데이터를 짧은 시간에 보낼 수 있지만, 거리가 멀어질수록 데이터 전송 정확도가 떨어져서 약 2m 이내에서 활용가능하다.

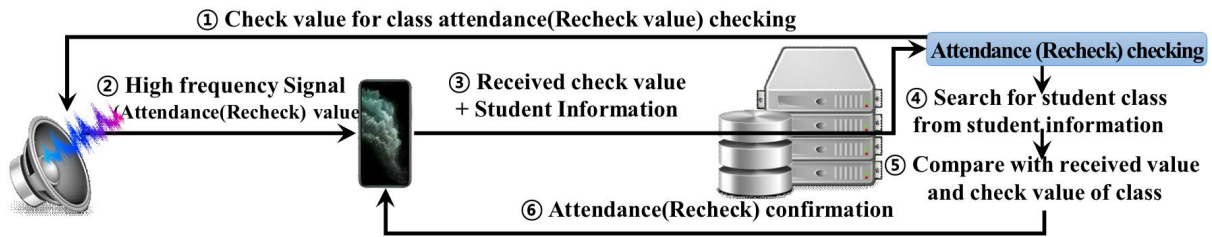


Fig. 1. The flow of electronic attendance system using smart device and high frequency signal

그리고 Won은 주변 소음에 강한 듀얼 주파수를 이용한 데이터 전송 시스템을 제안하였으며[17], 전송 정확도를 높이기 위해 Mary Frequency Shift Keying modulation scheme을 사용하였다[18]. Won은 16kHz ~ 22kHz 범위에서 200Hz 간격을 갖는 두 개의 주파수를 이용하여 실험한 결과 12m 이내에 90% 정확성을 보였다.

III. Electronic Attendance System Using Smart Device and High Frequency Signal

본 장에서는 스마트 기기와 고주파 신호를 이용한 전자출결 시스템 흐름을 소개하며, 전자출결을 위해 사용된 고주파 신호 생성과 스마트 기기에서의 고주파 신호 인식 그리고 서버에서의 전자출결 동작에 관하여 설명한다. 제안 시스템의 전체적인 흐름은 Fig. 1과 같다.

출석/지각/재확인에 사용되는 PC 프로그램은 자바스크립트를 사용해 혼합 고주파를 출력하며, 각각의 확인 값은 서버로부터 전송되어 PC와 연결된 스피커를 통해 발생한다. Fig. 1에서 강의실에 설치된 PC를 켜고, 출석처리를 위해 전자출결 서버에서 해당 강의의 출석체크 값을 전달 받으며(①) 체크 값은 고주파 신호(Attendance check value)로 변환되어 강의실 학생들에게 전송된다(②). 수업에 참여하는 학생들은 전자출결 애플리케이션을 실행하여 출석 확인 버튼을 터치하여 출석 정보를 서버로 보낸다(③). 서버에서는 학생 정보로 현재 수강하는 강의 정보를 검색하고(④), 강의 정보의 출석 체크 값(check value)과 학생의 스마트 기기에서 전달한 수신 값(received value)을 비교(⑤)하여 일치하는 경우 출석을 확인하며 그 정보를 학생의 스마트 기기에 전달한다(⑥). Fig. 1에서 사용되는 출석(Attendance) 체크 값은 강의 시작 후 N분 동안 발생하며, 그 이후 고주파 신호는 지각 확인을 위한 신호 값(Lateness value)으로 변경되어 강의 시간 동안 k분 단위로 전송한다. 이때 지각 처리는 Fig. 1의 출석 확인 절차와 동일하게 진행된다.

강의 진행 중 강의 참여 인원수가 줄어든 것이 보이거나, 강의 종료 전 다시 출석 확인을 처리하기 위해서는 강의실에 설치된 PC에서 출석 재확인을 실행한다. PC의 해당 Web 사이트에서는 기존 지각 체크 값에서 출석 재확인을 위한 체크 값으로 변환(Lateness value → Recheck value)하며, Fig. 1의 밑줄로 표시된 attendance 값 대신 Recheck value로 변경되어 동일한 흐름으로 재출석 확인 동작을 수행한다. 이때 수업에 참여하고 있었던 학생들은 재출석 확인이 즉시 진행되어 출석여부를 확인할 수 있다. 그러나 수업 도중 자리를 이탈한 학생의 경우 출석 확인이 즉시 진행되지 않으며, 강의 종료 후 재확인 마감을 진행하여 출석 이후 재출석이 확인되지 않은 학생에게는 서버에서 푸시 알림을 통해 그 정보를 전달한다.

본 연구에 사용되는 고주파 값은 18kHz ~ 22kHz를 사용하며, 베이스 신호와 한 쌍의 정보 신호를 출석, 지각, 재확인 체크를 위해 사용한다. 이는 Kim의 한 쌍 주파수 제안 방법과 Won의 듀얼 주파수에서 사용한 것을 참조한 것이며, 두 개 이상의 주파수 사용 시 그 정확도가 높은 점을 고려한 것이다. 베이스 신호는 출석, 지각, 재확인을 식별하는 값이며 20.7kHz ~ 22kHz 범위에서 100Hz 단위로 설정된다. 그리고 두 개의 정보 신호는 18kHz ~ 20kHz 범위에서 100Hz 단위로 2개를 선택하여 지정하며, 이때 한 쌍의 고주파가 600Hz 이내인 경우 주파수 간섭에 의한 오류가 생길 수 있기 때문에 주파수 간격은 600Hz 이상 차이를 둔다. 즉, 한 쌍의 고주파는 총 105가지 쌍을 구성할 수 있으며, 베이스 신호까지 결합하는 경우 최대 1050 값을 생성할 수 있다. Fig. 2는 베이스 신호와 정보 신호가 결합되어 송출되는 형태를 시간과 주파수 값으로 나타낸 것이다. Fig. 2에서 정보 신호인 고주파 신호 한 쌍은 19kHz와 19.7kHz이며 이 값은 1초 간격으로 1초간 발생하며, 발생하지 않는 1초 동안은 베이스 신호인 21.5kHz 고주파 신호가 각각 번갈아서 발생한다. 이때 Fig. 2와 같은 전자출결 확인을 위한 신호는 강의에 배정된 고정 값을 사용하며, 이 값은 복제 방지를 위해 일정 주기에 따라 변경할 수 있게 그 값을 서버에서 관리한다.

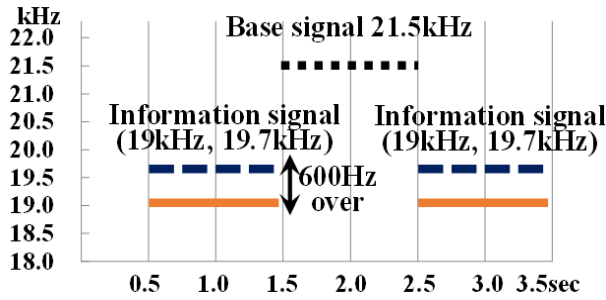


Fig. 2. An example of proposed high frequencies for electronic attendance system

출석 체크를 수행하는 스마트 기기의 전자출결 애플리케이션은 내장 마이크를 통해 18.0kHz 이상의 고주파가 주변에 존재하는지 확인하며, 고주파가 검출되는 경우 Fig. 3과 같은 슈도 코드(Pseudo code)에 따라 출석을 위한 수신 확인 값을 검출하여 출석 확인을 수행한다.

```

WHILE(receive  $A_t$ ) Do
   $k \leftarrow 0$ ;  $F_t \leftarrow \text{FFT}(A_t)$ ;
  sortByBin( $F_t$ ):
  IF ( first HF value of  $F_t$  is over 20.7kHz) Then
     $k \leftarrow$  first HF value of  $F_t$ ;
    sleep( $m$ )
  EXIT WHILE
END IF
END WHILE
WHILE(receive  $A_{t+m}$ ) Do
   $a \leftarrow 0$ ;  $b \leftarrow 0$ ;  $F_{t+m} \leftarrow \text{FFT}(A_{t+m})$ ;
  sortByBin( $F_{t+m}$ ):
  IF ( first HF value of  $F_{t+m}$  is over 18.0kHz
  and second HF value of  $F_{t+m}$  is over 18.0kHz) Then
     $a \leftarrow$  first HF value of  $F_{t+m}$ ;
     $b \leftarrow$  second HF value of  $F_{t+m}$ ;
    receive  $A_{t+m+1}$ ;
     $F_{t+m+1} \leftarrow \text{FFT}(A_{t+m+1})$ ;
    sortByBin( $F_{t+m+1}$ ):
    IF ( first HF value of  $F_{t+m+1}$  is over 18.0kHz
    and second HF value of  $F_{t+m+1}$  is over 18.0kHz) Then
      IF (  $a =$  first HF value of  $F_{t+m+1}$  and
       $b =$  second HF value of  $F_{t+m+1}$ ) Then
        SendReceivedCheckValue;
      EXIT WHILE
    END IF
  END IF
END IF
END WHILE

```

Fig. 3. The pseudo code for high frequencies detection to electronic attendance check

Fig. 3에서 A_t 는 t 시간에 스마트 기기가 수집한 오디오 값이며, F_t 는 A_t 를 FFT(fast Fourier Transform) 처리하여 얻은 주파수별 bin 값이다. 고주파는 높은 bin 순서대로 정렬(sortByBin)한 후 그 값 중 첫 번째 20.7kHz 이상인 고주파(first HF:High Frequency)가 존재하는 경우 출석, 지각, 재확인을 수행하는 것으로 인식하며 k 에 베이스 신호 값을 입력 후 반복문을 빠져나온다. 이후 다음 반복문이 실행되며 A_{t+m} 의 오디오 값을 F_{t+m} FFT 처리하며, 18.0kHz 이상의 고주파가 있는지 확인 후 높은 bin 값을 나타내는 고주파를 순차적으로 a , b 정보 신호 값으로 입력 후 다음 신호(A_{t+m+1} , F_{t+m+1})에서 그 값이 맞는지를 확인한다. 이때 고주파 신호에 의해 베이스 신호 값 k , 정보 신호 a , b 를 모두 획득하면 애플리케이션은 수신 확인 값을 서버로 전달하여 전자출결 확인 절차를 수행한다. 그리고 전자출결 서버에서는 Fig. 4와 같은 흐름으로 출석 확인을 수행한다.

Fig. 4에서 전자출결 서버는 출결 확인을 위해 학생들의 스마트 기기로부터 전송 받은 확인 값과 학생 정보를 바탕으로 학생이 현재 시간에 출석하는 강의 정보를 찾는다(①). 서버는 찾은 강의 정보로부터 학생의 스마트 기기가 전달해야 하는 체크 값을 가져온 후(②), 스마트 기기가 전송한 수신 값과 체크 값을 비교한다(③). 이때 값이 일치하면 스마트 기기에 출석 확인 알림을 전송하고(④), 서버는 학생의 출석 데이터를 데이터베이스에 저장한다(⑤). 이 동작은 지각, 출석 재확인에서도 동일한 동작을 수행한다.

IV. Experiments and Evaluation

본 장에서는 제안 방법의 성능 확인을 위해 기존 블루투스 비콘을 이용한 방식과의 비교 실험과 그 결과를 설명한다. 그리고 기존 블루투스 방식에서는 동작하지 않고 제안 방법에서만 가능한 출석 재확인 실험과 그 결과를 설명한

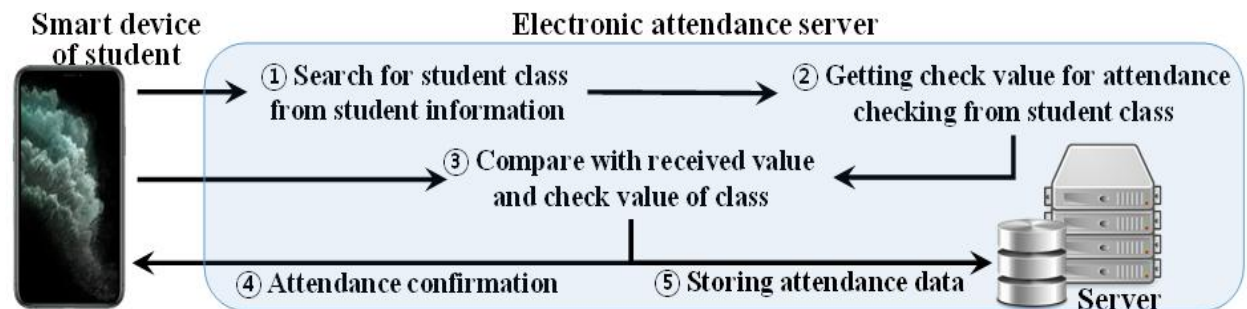


Fig. 4. The work flow for electronic attendance confirmation between attendance server and smart device

다. 블루투스 비콘은 Basbea i4를 총 3개 사용하였으며, 강의실에 고주파 출력을 위한 PC는 Intel(R) Core(TM) i5 CPU(Central Processing Unit) 750, 8G RAM(Random Access Memory)을 사용하였다. 출석 확인을 위한 서버 환경은 PC와 동일한 하드웨어에 Apache 2.2.14, MySQL 5.1.39, PHP 5.2.12를 사용하였다. 실험의 진행은 실험 참가자 30명을 대상으로 하였으며, 실험 환경은 실습수업에 사용되는 40명까지 수용되는 컴퓨터 실습실에서 진행하였다. 실험 참가자가 사용한 것은 Galaxy 22, 22+, Galaxy Note 20 등 2020년대 이후 출시한 Android 기반 스마트 기기 15대, iPhone 11, 11pro, 12, 12pro, 12pro Max 등 2019년 10월 출시된 iOS 기반 스마트 기기 15대이다.

첫 번째 실험의 경우 하나의 강의실에 비콘 하나를 설치하고 출석 시간에 맞추어 10명이 강의실 내에서 출석하는 경우, 그 중 20% 인원이 강의실 문이 닫힌 상태로 강의실에 들어가지 않고 밖에서 출석하는 경우에 대하여 각각 실험을 진행하였다. 그 후 20명, 30명 참여 인원을 증가하며 동일한 실험을 진행하였다. 이때 출석 체크는 출석 확인이 될 때 까지 여러 번 시도하는 것이 아닌 단 한 번만을 시도하도록 하였다. 제안 방법을 이용한 실험 또한 동일한 환경에서 같은 방식으로 실험을 진행하였다. 강의실 밖에서 출석 체크를 진행하는 20% 인원의 경우도 실험 참가자가 비콘을 이용한 실험과 동일한 위치에 있도록 하였다.

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

Participant Application	10 persons	20 persons	30 persons
Beacon system (100% in class)	10	20	30
Beacon system (80% in class)	10 (M:2)	19 (M:3)	29 (M:5)
Proposed system (100% in class)	10	20	29 (No: 1)
Proposed system (80% in class)	8	16	24

Table 1에서 블루투스 비콘을 이용한 실험의 경우 모두 강의실에 위치한 경우 인원수 증가와 관계없이 100% 출석 확인 하는 것을 볼 수 있다. 반면 제안 방법은 30명에서 1명이 출석 인식이 되지 않은 것(No: No recognition)을 볼 수 있다. 이는 고주파 신호를 인식하는 동안에 별도의 소음이 발생하여 주변 소음에 의한 미인식으로 예상된다. 그리고 80% 인원이 강의실에 들어오고, 나머지 20% 인원이 강의실 밖에서 출석 확인 진행을 하는 실험의 경우 비콘을 이용한 실험에서는 10명에서 2명의 오인식(M:

Mis-recognition), 20명에서 3명의 오인식, 30명에서 5명의 오인식이 발생하였다. 반면에 제안 방법은 모든 실험에 대해 100%의 인식 정확도와 0% 오인식률을 나타냈다.

다음 실험으로 Fig. 5와 같이 3개의 연속된 강의실에 비콘을 배치하고, 각 강의실마다 10명씩 입장하여 전자출결 체크를 진행하였으며, 제안 방법의 경우에도 동일한 방법으로 실험을 진행하였다.

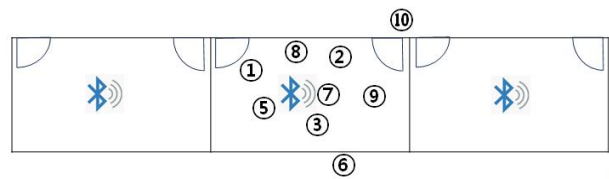


Fig. 5. The environment for electronic attendance experiment with beacon and the proposed system

Fig. 5와 같이 앞선 실험과 동일하게 오인식률에 대한 실험을 진행하기 위해 각 강의실에 80% 인원 8명이 들어가고, 2명은 밖에서 출석 체크를 하는 방식으로 전체 3개의 강의실에 24명이 들어가고, 나머지 6명이 밖에서 출석 체크를 하는 실험도 함께 진행하였다. Fig. 5에서는 10명 중 ⑥, ⑩ 실험 참가자를 제외하고 나머지 인원이 두 번째 강의실에 모두 들어가서 출석 체크를 했으며, ⑥, ⑩ 참가자의 경우 강의실 밖에서 출석 체크를 시도한 경우이다. 실험은 총 3회 실시 하였으며, 그 결과는 Table 2와 같다.

Table 2에서 블루투스 비콘 실험의 경우 모두 강의실 내에 위치하였을 때 100% 출석하는 것을 확인한 반면, 제안 방법에서는 2번째 실험에서 1회의 출석 확인을 못한 것을 볼 수 있다. 이는 앞서 실험과 유사하게 주변 소음에 의한 간섭 때문에 신호가 인식되지 않은 것으로 예상된다. 80% 인원만 강의실로 들어간 경우 비콘 실험에서 많은 오인식이 나타나는 것을 볼 수 있다. 첫 번째 실험에서 5명, 두 번째 실험에서 4명, 세 번째 실험에서 6명 즉, 강의실에 들어가지 않았는데도 문밖에서 출석을 체크할 수 있는 오인식이 자주 발생하는 것을 볼 수 있다. 반면에 제안 방법은 모든 실험에서 오인식이 발생하지 않아 비콘에 비해 보다 높은 정확성을 나타내었다.

다음 실험으로 강의 참여자 재확인 실험의 경우 비콘을 이용한 전자출결 시스템은 그 동작을 수행할 수 없으므로, 제안 방법만을 이용하여 실험을 진행하였다. 처음 진행한 실험과 동일한 방식으로 하나의 강의실에 10명, 20명, 30명이 출석 체크를 진행하게 하였으며, 지각 및 출석 재확인 단계로 수행하여 그 결과는 Table 3과 같다.

Table 2. The result of electronic attendance experiment in the three classroom

Classroom Application	First			Second			Third		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Beacon system (100% in class)	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Beacon system (80% in class)	10 (M:2)	9 (M:1)	10 (M:2)	9 (M:1)	10 (M:2)	9 (M:1)	10 (M:2)	10 (M:2)	10 (M:2)
Proposed system (100% in class)	10	10	10	10	10	9 (No:1)	10	10	10
Proposed system (80% in class)	8	8	8	8	8	8	8	8	8

이때 지각 및 재확인을 위한 실험은 출석 시작에서 전체 인원의 60%만 강의실에 들어가며, 20%는 지각 시간에 입장하며, 나머지 20%는 강의실에 입장하지 않고 강의실 밖에서 출석과 지각 체크를 하도록 하였다.

Table 3. The result of electronic attendance/lateness/recheck experiment using the proposed system

Participant		10 persons	20 persons	30 persons
F i r s t	100% in class	10	20	30
	0% in class (Lateness)	0	0	0
	0% in class (Recheck)	10	20	30
S e c o n d	60% in class	6	12	18
	20% in class (Lateness)	2	4	6
	80% in class (Recheck)	8	16	24

Table 3에서 첫 번째 실험의 경우 모든 인원이 지각없이 강의실에 들어갔을 때이며, 10명, 20명, 30명 모두 100% 출석된 것과 0명의 지각 체크, 재출석 확인에서 모든 인원이 체크된 것을 볼 수 있다. 두 번째 실험에서는 전체 인원의 60%만 제 시간에 강의실에 위치하여 모든 인원이 출석 확인이 되었으며, 나머지 40% 인원은 강의실 밖에서 출석 체크를 시도했지만 모두 출석이 되지 않은 것을 확인하였다. 그리고 전체의 20% 인원이 지각 시간에 맞추어 입장하여 모두 지각 체크가 된 것을 볼 수 있으며, 마지막 출석 재확인에는 강의실에 있는 모든 인원이 100% 재확인된 것을 볼 수 있다. 마지막 실험으로 제안 방법의 소음 환경에 따른 정확도 실험을 실시하였다. 제안 방법은 스피커에서 발생하는 고주파 신호를 전달하기 때문에 강의실 내에 학생들이 생성하는 소음에 영향을 받을 수 있기 때문이다. 전자출결을 위한 고주파 신호는 70dB을 출력하게 하였으며, 소음 크기를 일정하게 하기 위해 별도의 스피커를 설치해 50dB(조용한 사무실), 60dB(보통의 대화소

리, 백화점 내 소음), 70dB(전화벨소리, 시끄러운 사무실) 크기의 음악을 틀었다. 실험 환경과 참가자는 첫 번째 실험과 동일하게 하였으며, 그 결과는 Table 4와 같다.

Table 4. The result of electronic attendance experiment in noisy environment

Participant		10 persons	20 persons	30 persons
50 dB	100% in class	10	20	30
	80% in class	8	16	23 (No:1)
60 dB	100% in class	10	20	30
	80% in class	8	16	24
70 dB	100% in class	10	19 (No:1)	29 (No:1)
	80% in class	8	16	24

Table 4에서 소음의 크기와 관계없이 각 실험에서 간혹 1명의 미인식이 발생하는 경우가 있다. 이는 주변 환경의 소음 간섭에 의해 출석 인증을 위한 신호 수신이 정확히 되지 않아 발생한 오류로 예상된다. 그럼에도 50dB에서 미인식 1회, 70dB에서 20명 중 미인식 1회, 30명 중 미인식 1회가 발생하여, 인증 정확도가 높은 것을 확인할 수 있었다. 즉, 제안 방법의 고주파 신호는 강의실에서 발생할 수 있는 소음, 학생들의 잡담 등에 대해 그 소음의 크기에 큰 영향을 받지 않는 것을 확인하였다. 또한 오인식률이 여전히 0%로 비콘 기반 전자출결시스템에 비해 우수함을 볼 수 있다.

V. Conclusions

본 논문에서는 보다 정확한 전자출결을 관리하기 위해 기존 사용되고 있는 방법과는 다른 새로운 방식의 신호인 고주파 신호 기반 전자출결 시스템을 제안하였다. 그리고 현재까지 연구되고 있는 고주파 신호를 그대로 사용하지 않고, 도달 거리를 멀게 하며, 높은 정확도를 나타내기 위

해 하나의 베이스 신호와 두 개의 정보 신호 사용 방법을 제시하였다. 제안 방법의 성능을 검증하기 위해 최근 가장 많이 사용되고 있는 블루투스 비콘을 사용한 방법과의 비교 실험을 진행하였으며, 기존 방법들에서 제공되지 않는 출석 재확인 기능을 추가하여 함께 실험을 진행했다. 그 결과 블루투스 비콘에 비해 오인식률에 대한 높은 정확도를 나타냈으며, 97% 이상의 정확도를 나타내어 그 성능이 기존 방법에 비해 우수함을 보였다. 즉, 본 논문에서 제안하는 스마트 기기와 고주파 신호를 이용한 전자출결 시스템은 기존 블루투스 기반 전자출결 시스템을 대체할 수 있는 유용한 서비스 기술이 될 수 있을 것이다. 또한, 최근 필요로 하는 부정 출석 방지, 출석 재확인 기술까지 더해진 유용한 기술이라 할 수 있다.

추후 연구로는 블루투스 비콘에 고주파 신호를 결합하여 보다 높은 정확도를 갖는 전자출결 시스템을 연구할 것이다. 본 연구에서 주변 소음에 의해 고주파 신호를 제대로 인식하지 못해 출석 미확인이 되는 경우가 간혹 발생하였다. 비콘의 경우 출력 값을 변경함으로써 실험에서 나타난 오류를 일부 수정할 수 있어 이 부분은 블루투스 비콘의 확인으로 출석이 될 수 있을 것이다. 그리고 블루투스로 인한 오인식 문제점을 제안 고주파 신호로 보완할 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 이 둘을 특성을 결합한 새로운 방식의 전자출결 시스템에 관한 연구를 진행할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

This research project was supported in part by the Ministry of Education under Basic Science Research Program(NRF-2020R1F1A1048133), respectively.

REFERENCES

- [1] H. Jo and Y.H. Choi, "Success factors of smart attendance-absence recording system," *The Journal of Internet Electronic Commerce Research*, Vol. 18, No. 3, pp. 297-308, June 2018. DOI:10.37272/JIECR.2018.06.18.3.297
- [2] Ministry of Health and Welfare, "Conducting a full survey on the operation of nursing care providers' educational institutions," https://www.mohw.go.kr/react/al/sal0301vw.jsp?PAR_MENU_ID=04&MENU_ID=0403&CONT_SEQ=377555, August 2023.
- [3] J.H. Lee, "An electronic attendance-absence recording system using AIDC (Automatic Identification and Data Capture) technique and face recognition," *Journal of Knowledge Information Technology and Systems*, Vol. 10, No. 6, pp. 735-743, January 2015.
- [4] Y.S. Kim, "Application model of attendance management system using artificial intelligence," *International Journal of Contents*, Vol. 23, No. 2, pp. 242-248, February 2023. DOI:10.5392/JKCA.2023.23.02.242
- [5] J. Lee, S. Yeom, and H. Bang, "Design and development of electronic attendance-absence recording system using binary XML," *Journal of Korea Society of Digital Industry and Information Management*, Vol. 11, No. 3, pp. 11-19, January 2015.
- [6] J.H. Lee, "Electronic attendance-absence recording system using BLE advertising function of smartphone," *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 8, No. 1, pp. 7-12, January 2017.
- [7] P.S. Jeong and Y.H. Cho, "A real-time electronic attendance-absence recording system using face detection and face recognition," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 20, No. 8, pp. 1524-1530, August 2016.
- [8] J.Y. Lee, S.W. Lee, J.M. Won, and D.R. Shin, "Face recognition system using machine learning," *Proceedings of the Korean Society of Computer Information Conference*, Vol. 25, No. 2, pp. 138-141, July 2017.
- [9] J.H. Lee and H.H. Lee, "A Study of the problems and solutions of electronic attendance system -Focused on user's awareness-", *Journal of Digital Convergence*, Vol. 17, No. 5, pp. 41-49, May 2019. DOI:10.14400/JDC.2019.17.5.041
- [10] P.S. Jeong and Y.H. Cho, "Attendance-absence management system based mutual cooperation using smart device," *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 12, No. 1, pp. 19-27, January 2021.
- [11] S. Shao, N. Shuo, and N. Kubota, "An ibeacon indoor positioning system based on multi-sensor fusion," *Proceeding of 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS)*, pp. 1115-1120, Toyama, Japan, December 2018. DOI:10.1109/SCIS-ISIS.2018.00175
- [12] P. Bellavista, A. Corradi, M. Ferrari, L. Foschini, P.C.M. Picone, and R. Montanari, "Performance evaluation of frameworks for iBeacon-based localization using bluetooth low energy," *In SummerSim*, pp. 55:1-7, July 2019.
- [13] J.H. Kang, H.S. Sim, and S.H. Seo, "A Sound-QR authentication method for an electronic attendance system," *Proceeding of Annual Spring Conference of Korea Information Processing Society*, Vol. 29, No. 1, pp. 326-327, May 2022.
- [14] 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
- [15] 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. DOI:10.13089/JKIISC.2012.22.2.327
- [16] M.B. Chung, "Short distance data transmission method using inaudible high-frequencies between smart devices," Telecommunication Systems, Vol. 70, No. 4, pp. 583-594, April 2019. DOI:10.1007/s11235-018-0497-2
- [17] K. Won, S. Yeoum, B. Kang, M. Kim, Y. Shin, and H. Choo, "Inaudible transmission system with selective dual frequencies robust to noisy surroundings," Proceeding of 2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), pp. 1-6, Las Vegas, NV, USA, March 2020. DOI:10.1109/ICCE46568.2020.9042989
- [18] M.W. Abdullah, "Performance of non-coherent signal detection of many frequency-shift keying in triple layer wireless sensor networks," Proceeding of 2011 International Conference on Image Information Processing, pp. 1-6, Shimla, India, November 2011. DOI:10.1109/ICIIP.2011.6108937

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.