

스마트폰 블루투스 및 초음파를 이용한 실내 영역 결정 기법

(Indoor Zone Detection with Bluetooth and Ultrasound of Smartphone)

권진세, 이제민, 김형신*

충남대학교 컴퓨터공학과

(Jinse Kwon, Jemin Lee, Hyungsin Kim)

(Dept. of Computer Science and Engineering, Chungnam National University)

Abstract: Indoor zone-based services have continuously become popular by increased prevalence of smartphone. Bluetooth and ultrasound can be used for zone detection. However, bluetooth does not guarantee precise zone detection if the signal degrades due to the obstacles. Ultrasound can be easily reproduced by recording sound on smartphone. For that reason, zone detection based on ultrasound has security hall. To remedy each limitation, we propose an advanced zone detection method, that combines bluetooth and ultrasound. This method consists of two phases for zone detection. In the first phase, authentication server verifies user's account and issues a one-time password to a user over bluetooth. In second phase, the user generates ultrasound that contains the one-time password. Then, a bluetooth access point recognizes this ultrasound and conveys it to the sever. Finally, the sever permits the user to initiate the zone-based service. By doing so, the proposed method ensures secure and accurate zone detection.

Keywords : indoor zone detection, zone-based authentication, ultrasound, bluetooth low power

1. 서 론

스마트폰의 보급이 가속화되면서 스마트폰을 이용한 다양한 서비스들이 상용화되고 있다. BLE (Bluetooth Low Energy) 공개 이후에는 BLE를 이용한 영역 결정 서비스들이 더욱 증가하였다. 블루투스를 이용한 영역 결정 서비스를 사용하는 매장을 지날 때 쿠폰이 발행되거나 해당 매장의 정보 및 할인 정보가 전송되는 사용자 편의 서비스가 제공된다. 사용자가 매장에 진입하면 자동으로 매장을 인식하는 서비스도 제공되고 있다. 하지만 블루투스를 이용한 서비스의 경우 블루투스가 사용하는 2.4GHz 대역의 전파가 벽을 쉽게 투과하는 특성으

로 인해 정확한 실내 영역 결정이 어렵다.

최근 시작된 스타벅스 사이렌오더 서비스는 초음파를 사용한 실내 영역 결정 서비스를 이용하고 있다[1]. 블루투스나 WI-FI 통신은 2.4GHz 대역의 전파를 사용하므로 일반 벽에 대한 투과성이 발생하여 사용자를 출입구 기준으로 출입여부에 대해 결정할 수 없다. 하지만 초음파는 벽에 대한 투과성이 없으므로 출입구를 기준으로 정확한 실내 영역 결정이 가능하다.

초음파는 실내에서 정확한 위치 결정에 사용되어져 왔다. 스마트폰이 사용되기 전부터 PDA (Personal Digital Assistant) 및 초음파 모듈을 이용한 실내 위치 추정 방법이 제안되었다. 실내에 여러 개의 초음파 발생 모듈이 설치되어 있고, 초음파를 녹음할 수 있는 마이크 모듈(listener)을 PDA에 장착하여 사용자의 위치를 인식할 수 있는 기능을 구현하였다[2]. 최근에는 스마트폰을 이용한 실내 위치 추정을 위해 초음파 발생장치를 실내에 설치하고 스마트폰 내장 마이크를 이용하여 위치를

* 교신저자(Corresponding Author)

김형신 : 충남대학교 컴퓨터공학과

※ 이 논문은 2014년 교육부와 한국연구재단의 지역혁신창의인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2014H1C1A1066721).

추정하는 연구가 발표되었다[3,4]. 초음파를 이용한 영역 결정 기법으로는 초음파 발생 및 수음 장치를 하나의 모듈로 제작하여 출입문에 장착한 후 키와 어깨높이를 이용하여 고유한 사용자의 정보를 인식한다. 인식된 패턴을 이용하여 별도의 기기 없이도 사용자를 식별하고 출입을 구분하는 방법도 제안되었다[5]. 이들 연구에서는 별도의 초음파 수음 모듈을 제작 및 장착해야 하거나, PDA 및 스마트폰에서 많은 연산을 수행하게 되므로 사용자 기기에서의 부하가 증가하게 된다. 또한 스마트폰에 내장된 마이크를 이용하여 초음파를 인식하게 되므로, 초음파 신호를 녹음한 후 다른 장소에서 동일하게 재생하여 재연할 수 있는 단점이 존재한다. 출입구에 장착된 초음파 모듈을 이용한 영역 결정 기법은 사용자를 자동으로 인식할 수는 있으나 서버가 사용자에게 정보를 전송할 수 없다.

본 연구는 블루투스를 이용한 1차 인증과 스마트폰 스피커를 이용하여 초음파를 출력하고 이를 비콘의 마이크가 수음하여 분석하는 2단계의 인증 과정을 제안한다. 제안하는 기법은 2가지 특징을 갖는다. 첫째, 반복적인 초음파를 지속적으로 사용하는 대신, 초음파의 재연을 막기 위해 고객의 식별 정보를 블루투스를 통해 양방향 인증을 한다. 양방향 인증과정 중 서버 측에서 사용자에게 일회성 아이디를 부여한다. 일회성 아이디가 담긴 초음파는 재연이 가능하지만 시간제한이 있으므로 보안이 강화된 서비스를 제공할 수 있다. 둘째, 스마트폰 측에서 수행하던 높은 부하의 FFT (Fast Fourier Transform) 주파수 분석을 비콘 측에서 수행하게 되므로 사용자의 스마트폰 연산 부하는 줄어들게 된다. 이에 따라 서비스 제공시 매장 진입 초기에 영역 결정을 위한 스마트폰 연산 부하를 줄일 수 있다.

본 논문의 구성은 2장에서 영역 결정 상용 서비스에 대한 분석을 제시하고, 3장에서는 향상된 실내 영역 결정 기법에 대해 설명하고, 4장에서 결론에 대해 기술한다.

II. 상용 서비스 분석

1. 영역 결정 상용 서비스

스마트폰의 블루투스를 이용한 영역 결정 서비스로 스타벅스의 사이렌 오더가 있다[1]. 사이렌 오더의 영역 결정 서비스는 사용자가 해당 매장에 입장해야만 제공되므로 서비스 대상이 명확하다는 장

점이 있다. 하지만 사이렌 오더 서비스는 일정한 주파수의 초음파가 일정한 주기로 반복되므로 이를 녹음한 후 재연하여 악용할 가능성이 있는 단점이 있다.

2. 분석 방법

사이렌 오더를 분석하기 위해 Nexus 5 스마트폰의 내장 마이크와 이 마이크를 통해 녹음된 매장 내 소리를 MATLAB을 이용하여 분석하였다. 고 주파수 대역을 분석해야 하므로 48000Hz의 샘플링 주파수로 녹음하였고, 65536포인트의 FFT를 수행하였다.

3. 녹음된 소리 데이터 분석

그림 1의 그래프는 매장 외부에서 내부로 진입 하면서 녹음된 파일을 FFT 분석한 것이다. 해당 그래프는 18~20kHz의 주파수를 시간에 대해서 나타내었다. 이 주파수 대역은 사람이 듣지 못하고, 목소리로 만들어내지 못한다. 따라서 잡음 대 신호비가 높기 때문에 그림 1과 같이 주파수 구분이 용이하고 간섭이 적다. 2초에서 Noise가 적어진 안정된 신호가 보이며, 이후 일정한 패턴을 형성하며 반복된 주파수가 발생한다. 하나의 주파수가 발생하는 시간은 0.25초이며 5개의 주파수가 발견되므로 총 1.25초 동안 한 주기가 발생된다.

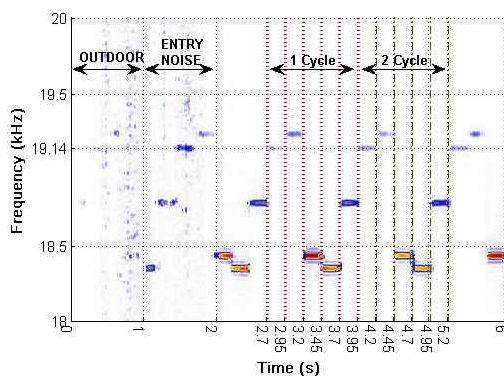


그림 1. 매장 내 소음 FFT 분석

Fig. 1. Example of Ambience Noise FFT Analysis in Store

5개의 주파수 중 기준이 되는 주파수를 찾아보기 위해, 5개 매장에 대해서 녹음된 파일을 분석 해본 결과, 표 1 (a)에서와 같이 19140Hz가 5개 매장 모두에서 발견되었다. 5개 매장의 내부 소리를 분석하여 사이렌 오더 서비스가 사용하는 주파수는

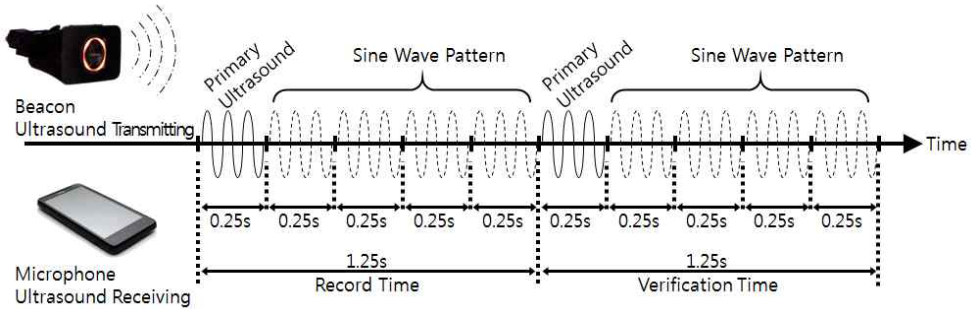


그림 2. 영역 결정 상용 서비스 패턴 인식 개념도
Fig. 2. The ultrasonic pattern recognition concept

18~20kHz 주파수 대역을 80~90Hz 간격으로 나누어 사용하는 것을 확인하였다.

표 1. 매장 내 초음파에 담긴 주파수 목록
Table 1. Characteristic of Ultrasonic Frequency in Each Store

구분	매장명	기준 주파수	1 st (Hz)	2 nd (Hz)	3 rd (Hz)	4 th (Hz)
(a) 녹음 분석 패턴	충남대 정문점	19140	19235	19325	18520	19040
	대전 둔산점	19140	19040	18960	18350	19325
	대전 터미널점	19140	19235	18435	18350	18780
	대전 터미널 이마트점	19140	18780	18870	19900	18700
	대전 터미널 후문점	19140	19800	18350	19900	18520
(b) 임의로 생성한 패턴	과주 운정점	19140	18350	18610	19235	19325
	광화문점	19140	18960	19325	19420	18610
	수지 동천점	19140	18520	18960	18610	18700
	대구 두류역점	19140	18960	18870	18780	19420
	부산대점	19140	18960	19420	19040	18520

표 1에서의 주파수 패턴을 1주기(1.25 초)의 음원 파일로 생성하여 사이렌 오더 서비스에 출력할 경우 매장 인식이 되지 않고, 2주기(2.5초)의 초음파를 출력해야만 인식이 된다. 그림 2는 사이렌 오더 서비스의 초음파 패턴을 인식하는 도식을 나타낸 것이다. 처음 기준 주파수를 시작으로 1.25 초간 패턴을 녹음하여 저장하고 다음 1.25초간 녹음된 파일을 분석하여 패턴이 동일할 경우에만 패턴이 인식된다. 표 1 (b)는 사이렌 오더 동작 원리를 이

용하여 주파수를 임의로 생성하여 인식된 패턴이다.

그림 1의 시나리오처럼 외부에서 매장 안으로 들어가게 되면 초기에는 노이즈로 인한 정확한 주파수 인식이 되지 않는다. 이때 기준 주파수를 놓치게 되면 다음 주기의 기준 주파수를 기다려야 하므로 1초라는 시간을 놓치게 되고 이후 2.5초 동안 패턴을 인식하는 시간이 추가적으로 들게 된다. 이후 스마트폰 연산 시간까지 더해져 총 3.5 ~ 5초의 응답시간이 필요하게 된다. 따라서 스마트폰과 서비스 시스템 사이의 응답성은 3~5초 이상이 된다. 3~5초 동안 비콘에서 출력되는 초음파를 스마트폰은 녹음 및 주파수 분석을 하게 되므로 이는 곧바로 스마트폰의 부하를 가중 시키게 된다. 발생하는 초음파 대역이 스마트폰에서 녹음 및 재생이 가능하므로 사용자가 서비스를 재연해 낼 수 있는 점도 향후 동일한 시스템을 이용한 서비스 제공 측면에서 취약점이 될 수 있다.

III. 향상된 실내 영역 결정 기법 설계

영역 결정 서비스에서 중요한 문제는 스마트폰과 시스템 사이의 응답성, 스마트폰 측 연산 부하, 해당 영역에 종속된 인증 방식으로 정리 할 수 있다. 제안하고자 하는 영역 결정 서비스는 그림 3에서와 같이 2단계의 인증과정을 거치도록 하였다. 그림 3에서 영역 결정 시스템의 구성은 인증서버와 영역 내부에 설치되는 비콘 그리고 사용자의 스마트폰으로 구성된다. 사용자는 스마트폰 어플리케이션을 통해 서버와 통신하고 한다. 1단계는 비콘에서 발생하는 블루투스 신호를 스마트폰이 수신하고 RSSI 임계값 이상일 경우 사용자 기기 정보를 전송한다. 전송된 사용자 기기 정보와 비콘 정보를 서버

로 보내게 되고 서버는 일회성 ID를 유효시간 5분으로 발급하게 된다. 일회성 ID는 영역 내부에서 동일 시간에 중복되지 않는 유일한 값을 생성하도록 한다. 2단계에서 스마트폰은 부여받은 일회성 ID를 이용하여 18~20kHz사이의 주파수 대역과 반복 패턴을 생성하게 된다. 시스템 내부에서 고유한 ID를 받게 되므로 생성되는 주파수 대역과 패턴 또한 고유한 값이 된다. 블루투스 RSSI가 임계값 이하일 때 사용자가 영역에 근접하지 않았음을 의미하므로 초음파 출력을 비 활성화하여 에너지 소모를 줄인다. 블루투스 RSSI가 임계값 이상이 되었을 경우 스마트폰은 일회성 ID가 담긴 초음파를 출력하기 시작한다. 사용자가 아직 매장에 진입하지 않은 경우 초음파는 외부에서 발생하여 내부 비콘 마이크에는 잡히지 않게 된다. 사용자가 매장 내부로 진입하게 되는 경우 출력된 초음파가 비콘 마이크를 통해 식별된다. 식별 정보를 서버 측으로 전송하게 되고 영역 정보를 사용자에게 전송해 준다. 이때 일회성 ID를 삭제 한다. 이 과정 중 사용자의 일회성 ID가 5분 동안 식별되지 않으면 서버는 사용자에게 ID가 만료되었음을 알리게 된다.

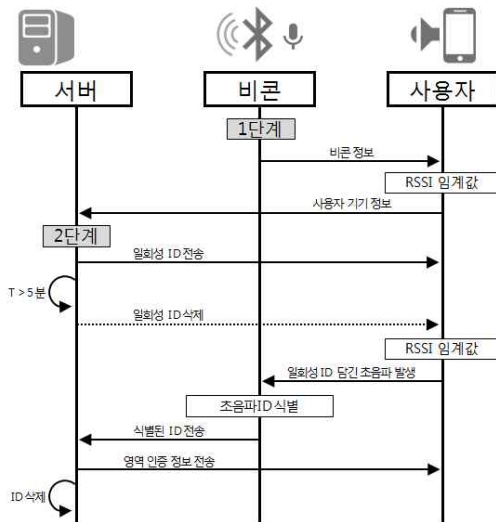


그림 3. 향상된 실내 영역 결정 기법 흐름도
Fig. 3. Authentication sequence flow

IV. 결 론

초음파를 이용한 영역 결정 서비스는 스마트폰을 이용한 사용자와 비콘 간의 상호작용을 기반으로 하므로 비콘을 제외하고는 사용자 측에서 별도의 비용이 발생하지 않는 장점이 있다. 하지만 스마트폰에서 인식 가능한 초음파는 녹음을 통한 재연이 가능하기 때문에 단방향 인증 사용 시에 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 양방향 인증을 통해 보안성을 강화할 수 있으며, 주파수 분석을 비콘 측에서 하게 되므로 연산 부하를 감소시키고 응답성을 높이는 효과를 얻을 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 아이팝콘 편리함을 더하다 Smart Order, <http://www.i-popcorn.co.kr/>, last accessed on Oct 1, 2015.
- [2] N. B. Priyantha, A. Chakraborty and H. Balakrishnan, "The Cricket location-support system", Proc. of the annual International Conf. on Mobile computing and networking, pp 32-43, 2000.
- [3] P. Lazik, and A. Rowe, "Indoor pseudo-ranging of mobile devices using ultrasonic chirps", Proc. of the ACM Conf. on Embedded Network Sensor Systems, pp 99-112, 2012.
- [4] P. Lazik, N. Rajagopal, B. Sinopoli and A. Rowe, "Ultrasonic time synchronization and ranging on smartphones", Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium, pp. 108-118, 2015.
- [5] T. W. Hnat, E. Griffiths, R. Dawson and K. Whitehouse, "Doorjamb: unobtrusive room-level tracking of people in homes using doorway sensors", Proc. of the ACM Conf. on Embedded Network Sensor Systems, pp. 309-322, 2012.