

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2014.14.4.149>

IIBC 2014-4-22

3차원 TDOA 위치인식 시스템에서 트리거 신호를 이용한 다중경로 영향 감소에 관한 연구

A Study on Multipath Effect Mitigation using Trigger Signal in the 3D TDOA Positioning System

오종택*

Jongtaek Oh*

요 약 실내에서의 위치 인식 기술에 대한 연구가 매우 활발하며 음향 신호를 이용한 TDOA 기술이 많이 사용되고 있다. 그러나 TDOA 기술의 단점은 신호의 전송 과정에서 다중 경로에 의한 신호의 왜곡에 매우 취약하다는 것이다. 특히 스마트폰의 위치를 인식하는 경우에는 스마트폰에서 음향신호의 왜곡이 심하며, 무선랜이나 블루투스를 이용하여 시간 기준 신호를 전송하는 경우에는 무선 신호의 지터가 발생하여 위치 측정기에서 시간 기준 신호로 사용하기가 어렵다. 본 논문에서는 위치 측정을 위한 음향 신호를 전송하기 전에 위치 측정기에서 신호의 수신을 준비할 수 있도록 음향 트리거 신호를 전송하는 방법을 제안하고, 다중경로 영향의 감소 효과를 실험을 통해 검증하였다.

Abstract A study on the indoor positioning system has been active recently, and TDOA technique using acoustic signal has been used generally. The drawback of the TDOA is very weak against signal distortion due to multipath effect. Especially to estimate the smartphone position, the sound distortion is very severe, and the generated radio signal jitter when using WLAN or Bluetooth as a time reference signal makes the receiver difficult to estimate the position. In this paper, acoustic trigger signal for the receiver preparing the positioning signal reception is proposed, and the mitigation of the multipath effect is shown.

Key Words : 3D positioning, TDOA, Multipath, Trigger

1. 서 론

실외에서의 GPS 위성 신호를 이용한 위치 추정 및 위치기반 서비스는 이미 보편적으로 활성화 되었다. 그러나 실내에서는 경제적이고 실용적인 위치인식 기술이 없어 실내 위치 기반 서비스는 아직 실용화되지 못하고 있다. 그 주된 이유는 GPS 위성과 같은 거대한 비용이 소요되는 기반 시설을 실내에 구축하는 주체가 없기 때문이다. 따라서 정부에서 주요 건물이나 구조물 내부에

GPS 위성과 같은 pseudo-satellite을 구축하지 않으면 건물이나 구조물을 관리하는 주체들이 개별적으로 적절한 방식의 실내 위치인식 시스템을 구축해야 한다. 따라서 기술 개발이나 표준화, 구축 비용 등의 문제를 해결하기 위해서는 상당한 시간이 소요될 것으로 예상된다.

한편 GPS 위성은 TOA(Time of Arrival) 방식을 사용하므로 도심지의 고층 건물 사이에서는 전파 신호의 다중 경로 영향으로 위치 추정 오차가 증가하는 문제가 있다. TOA 방식은 신호원에서 발생된 시간 기준 신호와

*정회원, 한성대학교 정보통신공학과
접수일자 : 2014년 6월 2일, 수정완료 : 2014년 7월 2일
게재확정일자 : 2014년 8월 8일

Received: 2 June, 2014 / Revised: 2 July, 2014

Accepted: 8 August, 2014

*Corresponding Author: jtoh@hansung.ac.kr

Dept. of ICs Engineering, Hansung University, Korea

위치 추정을 위한 신호가 여러 개의 수신기에 도달하는 시간의 차이를 이용하여 신호원의 위치를 추정하는 기술이다^[1]. 신호가 전달되는 과정에서 다중경로에 의한 신호의 중첩이 발생하면 신호가 왜곡되고 여러 개의 유사한 모양의 신호가 생성된다. 또한 수신기에 도달한 시간의 차이를 추정하기 위해 일반적으로 cross correlation 방식을 사용하는데^[1], 다중 경로에 의한 영향으로 정확한 전송 시간 지연을 추정하는 것에 오차가 발생한다. 따라서 각각의 시간 지연 값에 오차가 있으면 신호원의 위치를 추정하는 알고리즘에 상관없이 위치 추정 오차 또한 매우 커지게 된다^[2]. 이 다중 경로 문제를 해결하기 위해 수신기에서의 안테나나 마이크의 지향성을 크게 하여 직접 경로 이외의 수신신호를 차단하는 방법이나, Kalman 필터나 Maximum Likelihood 등을 이용한 추정 기법, cross correlator의 변경 기법 등이 연구되어 왔다^[3]. 그러나 마이크 수신기의 지향성을 크게 하여 직접 경로의 신호만을 수신하도록 흡수체를 제작하는 것도 어렵고, 위치 측정기의 거의 정면에서 신호원이 적당한 거리에 떨어져 있을 때만 위치 추정이 가능하므로 활용도가 매우 떨어진다. 또한 Kalman 필터나 ML 기술을 적용하여 효과를 얻기 위해서는 계산량이 매우 많고 적용 환경과 효과가 제한적인 문제점이 있다.

본 논문은 스마트폰의 음향 신호를 이용하여 실내에서의 스마트폰의 위치를 추정하는 연구에 관한 것으로, 기존의 연구 환경 조건과는 다른 점이 있다. 즉, 위치 추정을 위한 전용 음향 발생 장치와는 다르게 스마트폰의 음향 장치에서는 신호의 왜곡이 심하여 지연 시간 차이를 측정하기 위하여 흔히 사용하는 선형 FM(Linear Frequency Modulation) 신호의 왜곡이 매우 크다. 따라서 위치 추정에 오차가 발생하고 신호의 설계에 제한이 있다. 또한 스마트폰의 음향 주파수의 범위도 약 10 kHz 이내이므로 가청 주파수 범위에서만 음향 신호가 발생되고, 위치 추정을 위해 스마트폰이 자주 신호를 발생하면 사용자에게 소음이 증가하는 문제가 있다. 한편, 스마트폰에는 근거리 통신 장치로 무선랜 모듈과 블루투스 모듈이 내장되어 있는데, 무선랜과 블루투스 통신 방식은 기본적으로 경쟁에 의한 통신 방식이므로 통신 지연 시간이 일정하지 않으므로, 기존의 방식과 같이 이들 전파 신호를 전송 시간 지연의 기준 신호로 사용할 수 없다. 즉, TOA 방식의 적용이 불가능하다.

따라서 스마트폰의 위치 추정을 위해 특별한 신호 발

생 장치를 사용하지 않고 일반인들이 사용하는 범용 스마트폰을 대상으로 실내 위치를 추정하기 위해서는 기존의 방식과는 다른 기술을 사용해야 한다. 본 논문에서는 스마트폰의 실내 위치를 추정하기 위해서 스마트폰에서 발생하는 음향 신호의 설계에 관한 것으로, 실용적으로 사용될 수 있는 기술이 될 것이다.

II. 스마트폰 대상의 TDOA 시스템에서 다중경로의 영향

실내 및 실외에서의 위치 추정을 위한 방식 중에 전송 시간 지연의 측정을 위한 기준 신호를 사용하지 않는 TDOA(Time Difference of Arrival) 방식에서도^[1], 위치의 추정을 위한 신호의 전송 과정에서 여러 구조물에 반사되는 다중 경로 현상이 발생한다. 그림 1은 실험실 내에서 측정한 전형적인 수신 신호의 모양으로 원래의 송신 신호에 다중 경로 신호가 더해진 것을 확인할 수 있다.

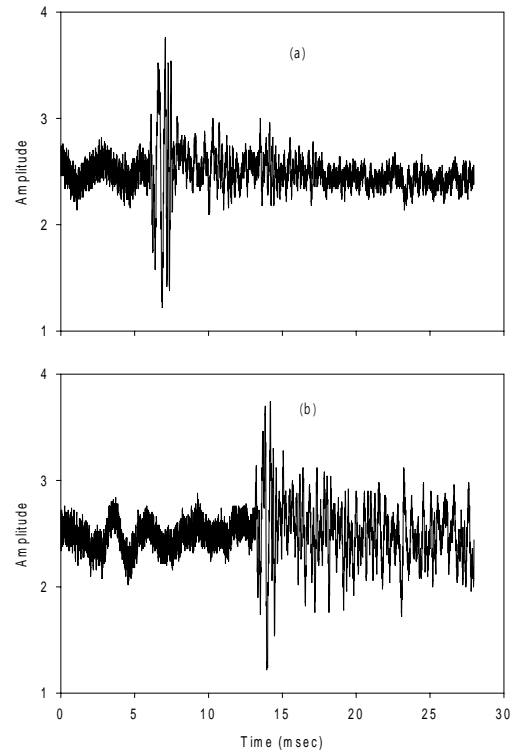


그림 1. 실내에서의 음향 다중 경로 수신 신호 (a) 거리 1m, (b) 거리 3m

Fig. 1. Multipath received acoustic signal indoors (a) 1m apart, (b) 3m apart

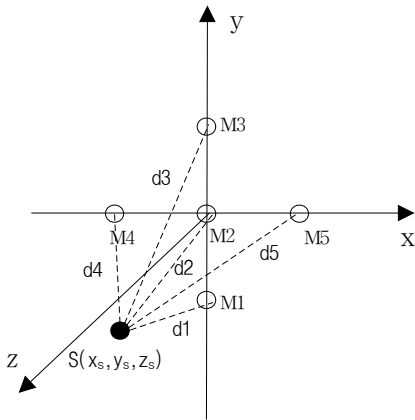


그림 2. 3 차원 공간에서의 5개의 십자 형태의 마이크들과 하나의 신호원 구성도^[4]

Fig. 2. The 3D configuration of cross type 5 microphones and 1 signal source^[4]

(a)와 (b)는 송수신기 사이의 거리가 각각 1 m 및 3 m 인 경우이다. 특히 송수신기 사이의 거리가 가까울 때보다 멀어질수록 다중 경로의 영향이 더욱 커지는 것을 확인할 수 있다. 이것은 기하학적으로 볼 때 거리가 가까우면 다중 경로에 의한 지연 시간이 신호의 주기보다 상대적으로 작아서, 직접 경로 신호와 거의 겹쳐지기 때문이다. 반대로 거리가 멀면, 다중 경로에 의한 지연 시간이 상대적으로 커져서 여러 개의 잔향 신호들이 직접 경로 신호와 함께 나타나게 된다. 따라서 거리가 멀수록 각 마이크 수신기에서의 수신 시간 차이의 측정값에 오차가 커지게 되고, 결과적으로 위치 추정 오차도 커지게 된다.

스마트폰의 실내에서의 상대 위치를 TDOA 방식으로 추정하기 위해 위치 측정 장치의 표면에 부착된 마이크 수신기들의 구성은 그림 2와 같다. 여기서 스마트폰이 신호원, S에 해당되며, 위치 측정 장치의 전면부 표면에 5개의 마이크 수신기가 각각 50 cm의 간격으로 십자자의 형태로 장착되어 있다. 각각의 마이크 수신기들 사이의 수신 시간 차이를 측정하기 위해 cross correlation을 사용하고 있으며, 수신 시간 차이로부터 스마트폰의 위치를 추정하기 위한 LLMS (Linearized Least Mean Square) 알고리즘 수식은 식(1) 및 (2)와 같다^[4]. 이 때 마이크 M1, M2, M3, M4, 및 M5의 좌표를 각각 (x_1, y_1, z_1) , (x_2, y_2, z_2) , (x_3, y_3, z_3) , (x_4, y_4, z_4) , (x_5, y_5, z_5) 라고 하고, 신호원 S의 좌표는 (x_s, y_s, z_s) 이며, d_1 은 마이크 1과 신호원과의 거리, 측정된 신호원과

마이크 센서들 사이의 거리 차이 값은 각각 d_{12} , d_{13} , d_{14} 및 d_{15} 이다.

$$\mathbb{A} = 2 \begin{bmatrix} (x_2 - x_1) & (y_2 - y_1) & (z_2 - z_1) & d_{12} \\ (x_3 - x_1) & (y_3 - y_1) & (z_2 - z_1) & d_{13} \\ (x_4 - x_1) & (y_4 - y_1) & (z_2 - z_1) & d_{14} \\ (x_5 - x_1) & (y_5 - y_1) & (z_2 - z_1) & d_{15} \end{bmatrix}, \hat{x} = \begin{bmatrix} x_s \\ y_s \\ z_s \\ d_1 \end{bmatrix},$$

$$\vec{b} = \begin{bmatrix} (x_2^2 - x_1^2) + (y_2^2 - y_1^2) + (z_2^2 - z_1^2) - d_{12}^2 \\ (x_3^2 - x_1^2) + (y_3^2 - y_1^2) + (z_2^2 - z_1^2) - d_{13}^2 \\ (x_4^2 - x_1^2) + (y_4^2 - y_1^2) + (z_2^2 - z_1^2) - d_{14}^2 \\ (x_5^2 - x_1^2) + (y_5^2 - y_1^2) + (z_2^2 - z_1^2) - d_{15}^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\hat{x} = (\mathbb{A}^T \mathbb{A})^{-1} \mathbb{A}^T \vec{b} \quad (2)$$

한편 스마트폰의 음향 신호의 특성은 매우 중요하다. 수신기에서의 수신 시간 차이를 측정하기 위해 흔히 선형 FM 신호가 사용되는데, 이것은 수신된 신호들의 cross correlation을 취하면 신호가 시간축으로 압축되어 정밀한 지연 시간 측정이 가능하기 때문이다. 그러나 스마트폰의 음향 발생 장치에서는 원래의 신호를 충실하게 재생하지 못하여 실제로 생성된 신호의 파형이 일그러지는 문제가 있다. 즉, 주파수 응답 특성이 일정하지 못하며 선형 위상 특성 아니기 때문이다. 이럴 경우 원래 설계되었던 지연 시간 측정 성능을 얻지 못하게 되고, 여기에 다중 경로에 따른 신호의 왜곡으로 측정값의 오차가 매우 커지게 된다. 다음 그림 3은 1 kHz부터 10 kHz까지 10 msec 동안 선형으로 주파수 변조된 음향 신호에 대한 스마트폰의 실제 발생 신호의 파형이다. 스마트폰의 종류에 따라 차이는 있겠지만, 측정된 경우에는 5 kHz 이상의 신호가 거의 발생되지 않는 것을 확인할 수 있다. 또한 2 kHz 부근의 주파수 대역에서는 선형 위상 특성이 매우 나빠, 신호의 왜곡이 심하다. 여러 가지의 스마트폰으로 음향 특성을 실험해 본 결과, 거의 비슷한 특성을 확인할 수 있었다.

TOA 방식에서는 흔히 전파 기준 신호와 음향 위치 측정 신호를 함께 사용한다^[56]. 즉 신호 발생 장치는 전송 속도가 매우 빠른 전파 기준 신호와 전송 속도가 느린 음향 신호를 동시에 발생하고, 위치 측정 장치는 전파 기준 신호 수신 시간과 각 수신기에 수신된 음향 신호의 수신 시간 차이를 측정하여, 신호 발생 장치의 위치를 추정한다. 그러나 기준 신호를 사용할 수 없는 경우에는 TDOA 방식을 사용하여, 각 수신기에 수신된 신호들의 cross

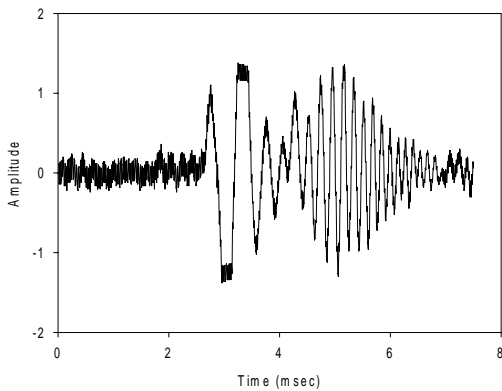


그림 3. 스마트폰에서 발생된 1~10kHz 선형 FM 음향 신호 파형을 마이크 수신기로 수신한 모양
 Fig. 3. the received waveform shape of 1~10kHz linear FM signal generated from the smartphone

correlation을 취하여 각각의 수신 시간 차이를 측정한다. 스마트폰의 경우에는 무선랜과 블루투스 장치를 내장하고 있으나 전파 기준 신호로 사용할 수 없다. 두 가지 방식은 CSMA(Carrier Sensed Multiple Access) 방식을 사용하므로 네트워크의 상태에 따라 전송 지연 시간에서 수 msec 또는 수십 msec의 차이가 발생한다. 이 정도의 지연 시간 차이로는 상대 위치 추정 값의 오차가 너무 커서 기준 신호로 사용할 수 없기 때문이다.

그림 4는 스마트폰의 무선랜 장치와 스피커를 통해 무선랜 기준 신호와 음향 신호를 동시에 발생한 경우에 대해 수신된 전형적인 파형 사례 두 가지이다. (a)와 (b)에

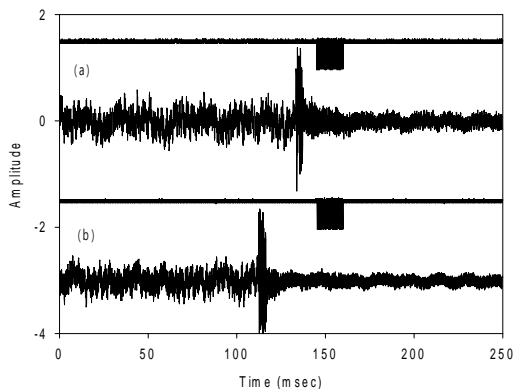


그림 4. 측정된 스마트폰 무선랜 신호 및 음향 신호의 시간 차이 실측 사례 두 가지
 Fig. 4. Measured two cases of time jitter between WLAN signal and acoustic signal from a smartphone

서 각각 위쪽의 파형은 10 msec 길이의 음향 신호 샘플링 클럭으로 시작점이 무선랜의 기준 신호를 수신한 시간이고, 아래의 파형은 스마트폰으로부터 수신된 음향 신호이다. (a)의 경우 기준 신호와 음향 신호의 시간 차이가 약 8 msec 정도인 것에 비해, (b)에서는 시간 차이가 약 50 msec이다. 두 가지 경우에서 무선랜 기준 신호의 수신 시간이 큰 차이를 보이고 있다. 즉, 무선랜 신호의 전송 시간이 일정하지 않은 것을 확인할 수 있다.

III. 제안된 트리거 신호를 이용한 TDOA 시스템

스마트폰의 위치를 측정하기 위해서는 스마트폰에서 발생한 음향 신호를 위치 측정 장치에서 데이터로 수집하고 저장해야 한다. 스마트폰의 무선랜 기준 신호를 활용할 수 있으면 기준 신호 수신 직후부터 각각의 마이크 수신기 채널의 ADC(Analog-to-Digital Converter)로 음향 신호 데이터를 샘플링하고 FIFO(First-In-First-Out) 메모리에 저장하여 후속 신호 처리를 하면 되지만, 기준 신호를 사용할 수 없는 경우에는 언제 음향 신호가 수신될지 모르므로 오랜 시간 동안 데이터를 수집해야 하며, 따라서 매우 큰 메모리 용량이 필요하며 신호 처리에도 시간이 많이 소요되므로 실용성이 떨어진다.

또한 음향 신호의 주파수가 높을수록 cross correlation 침투값의 위치가 정확해 지므로 시간 지연 차이를 좀 더 정확하게 측정할 수 있으며, 수신기의 ADC의 샘플링 주파수가 높을수록 정확한 시간 지연 차이를 측정할 수 있다. 그러나 하나의 샘플링된 데이터가 입력될 때마다 신호처리를 수행하기 위한 시간이 필요로 하므로, 빠른 샘플링 속도로 입력된 데이터를 수신하면서 실시간으로 침투값을 찾는 신호 처리를 수행하는 것이 매우 어렵다.

이 문제를 해결하기 위해서 신호 발생 장치에서 위치 측정을 위한 음향 신호를 짧은 주기로 반복적으로 발생하는 방법을 사용하였다. 수신기에서는 한 주기 동안에만 데이터를 수집하면 되므로, 메모리 크기가 클 필요가 없으며 한 주기의 데이터를 저장한 후에, 한꺼번에 cross correlation 처리하므로 실시간 처리의 부담도 없다. 그러나 이 경우 비교적 긴 시간동안 음향 신호가 발생되므로 사용자에게 불쾌감을 주는 소음 문제가 발생한다. 스마

트폰의 발생 주파수 대역은 가청 주파수 대역이고 주파수 특성도 좋지 않아 비가청 주파수 대역의 음향 신호를 발생시킬 수도 없다.

또한 위치를 측정하기 위해 음향 신호를 짧은 주기로 반복하여 발생시키면 다중 경로의 영향으로 이전 주기에서 발생된 음향 신호의 잔향이 다음 주기의 신호에 더해지므로 다중 경로의 영향이 더 커지는 문제가 생긴다. 그림 5에서는 송수신기 사이의 거리가 2 m일 때, 시간 길이가 3 msec인 음향 신호가 한 번만 발생된 경우와 짧은 주기(10 msec)로 반복하여 발생된 경우를 비교하고 있다.

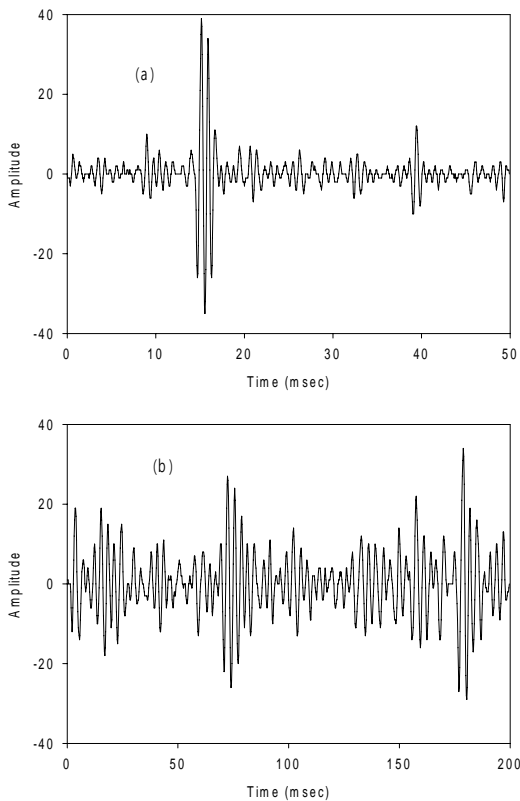


그림 5. 음향 신호가 발생된 경우, 2 m 거리에서의 다중 경로 영향 (a) 한 번 발생 (b) 주기적으로 발생 (10 msec)
 Fig. 5. Multipath effect for acoustic signal 2 m apart (a) one shot (b) repetitive shot (10 msec)

위에서 제시한 스마트폰의 음향 신호를 이용한 실내 위치 인식 기술의 실제적인 환경 조건과 문제들을 분석하고 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 음향 트리거

신호를 도입하였다. 즉, 스마트폰의 위치를 측정하기 위한 음향 신호를 발생하기 전에, 스마트폰에서 주파수가 낮은 음향 트리거 신호를 발생한다. 수신기에서는 이 트리거 신호를 검지한 후, 사전에 정해진 일정 시간 뒤부터 짧은 시간 동안 각각의 마이크 수신기 채널에서 고속으로 샘플링을 시작하고 데이터를 메모리에 저장하며, 샘플링이 종료된 이후에 각 채널 메모리에 저장된 수신 신호 데이터를 이용하여 cross correlation 방식으로 각 채널 사이의 수신 시간 지연 차이를 계산하게 된다.

이 음향 트리거 신호의 주파수는 500 Hz, 길이는 8 msec의 pulsed CW 신호이고, 위치 측정 용도가 아니므로 샘플링 주파수는 2 kHz로 빠를 필요가 없다. ADC에서의 샘플링 주파수가 낮으므로 수신 데이터가 샘플링되어 하나씩 입력될 때마다 실시간으로 신호처리를 하여 트리거 신호의 유무를 판단하게 된다. 즉 500 usec 마다 샘플링된 새로운 데이터가 입력되면, M2의 마이크 수신기에서 정합 필터를 이용하여 트리거 신호를 검출한다.

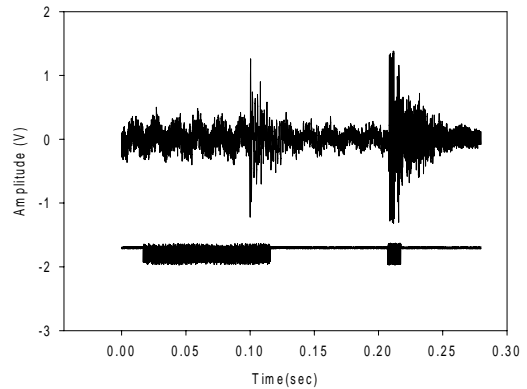


그림 6. 음향 트리거 신호 및 위치 인식을 위한 음향 신호, 수신기 샘플링 클럭 (위) 음향 신호 (아래) 샘플링 클럭
 Fig. 6. Acoustic trigger signal, positioning signal, and sampling clock (above) acoustic signal (bottom) sampling clock

그림 6은 본 논문에서 제안된 음향 트리거 신호와 위치 인식을 위한 음향 신호 및 수신기에서의 샘플링 클럭이다. 즉, 위 그림은 마이크 수신기에 수신된 음향 신호이고 아래 그림은 위치 측정 장치에서의 데이터 샘플링 클럭이다. 또한 위치 측정용 음향 신호는 100 Hz에서 1 kHz까지 5 msec 동안 주파수가 선형으로 변화하는 선형 FM 신호이다. 위치 측정을 위한 음향 신호는 빠르게 샘플링해야 하므로, 샘플링 주파수는 100 kHz 이다.

수신기에서 음향 트리거 신호 검출을 위해 샘플링과 정합 필터 처리를 실시간으로 수행하다가, 음향 트리거 신호가 수신된 이후에 샘플링이 멈추는 것을 확인할 수 있다. 그리고 사전에 정의된 100 msec 이후에, 즉 다중 경로로 인한 모든 잔향 신호들이 사라진 후에, 위치 측정을 위한 음향 신호에 대해 고속 데이터 샘플링 클럭이 시작되고 10 msec 동안 지속된다. 따라서 5개의 마이크 수신기 채널에 대해 각각 1,000개의 데이터가 메모리에 저장된다.

IV. 트리거 신호를 이용한 다중경로 영향의 감소 효과

그림 6에서 확인한 바와 같이 음향 트리거 신호가 발생된 후, 100 msec 이후에 위치 측정을 위한 음향 신호가 발생되므로, 음향 트리거 신호로 인한 잔향 신호가 모두 사라진 이후에 위치 음향 신호가 발생된다. 또한 음향 트리거 신호의 도입으로 위치 측정기는 100 msec 이후에 위치 측정을 위한 음향 신호가 수신되는 것을 알 수 있으므로, 위치 음향 신호를 한 번만 발생해도 되므로 반복적으로 음향 신호가 발생하는 기존의 경우와 다르게, 이전 주기의 잔향 신호의 영향도 전혀 없다. 그리고 주기적으로 음향 신호가 발생되지 않고 한 번만 발생되므로 사용자에게 시끄러운 소음도 상대적으로 크게 줄어드는 효과가 있다.

다음 표 1에서는 본 논문에서 제안된 음향 트리거 신호를 이용한 스마트폰 위치 인식 방식과 기존의 주기적으로 음향 신호를 반복 발생하는 방식에 대해 실험을 통한 위치 추정 성능을 비교하고 있다. 위치 측정 장치의 전면에 스마트폰을 설치하고 3차원 입체 좌표값을 위치 측정 장치를 통해 측정하였다. 5개의 마이크 수신기중 중앙의 마이크 수신기의 좌표가 (0, 0, 0)에 해당되며 1m 거리와 2m 거리에서 측정되었다. 실험용 스마트폰의 위치를 3차원 공간상에서 정확하게 설치하기 어려워 약 ±10 cm 정도의 위치 오차가 있다. 각각의 거리에 대해 스마트폰의 설치 위치가 다르게 3 곳에서 측정하였다. 먼저 기존의 위치 측정을 위한 음향 신호를 반복적으로 발생하는 경우에는, 1 m 거리에서 중앙에 위치하는 경우를 제외하고는 다중 경로의 영향으로 위치 측정 오차가 매우 큰 것을 확인할 수 있다.

표 1. 제안된 트리거 방식과 주기적으로 신호를 반복하여 발생하는 기존의 방식과의 위치 측정 결과값 비교 (단위: m)
Table 1. Comparison of measured position between the proposed trigger method and the existing repetition method (unit: m)

실제 스마트폰 위치 (x_s, y_s, z_s)	기존 반복 방식	제안된 트리거 방식
0, 0, 1	0.07, 0.13, 1.09	0.1, 0.06, 0.93
0.5, 0, 1	-0.05, 0.04, 0.73	0.55, -0.01, 0.91
0.5, 0.5, 1	-0.1, 0.05, 0.28	0.46, 0.5, 1.0
0, 0, 2	0.33, 0.17, 3.4	0.08, 0.2, 2.05
0.5, 0, 2	0.08, -0.06, 0.13	0.45, 0.05, 1.90
0.5, 0.5, 2	-0.03, 0.19, 0.48	0.46, 0.56, 1.90

기존 방식에 비교하여 본 논문에서 제안된 음향 트리거 신호와 위치 음향 신호를 한 번만 발생하는 경우에는, 거의 모든 경우에 실제 위치 좌표 값과의 측정 오차가 10 cm 이내였다. 이것은 스마트폰의 설치 위치 오차를 고려하면, 실험에 위한 측정 위치 오차 범위 내에 있는 것이다. 따라서 본 논문에서 제안된 방식이 기존의 방식에 비해 획기적으로 측정 오차를 줄일 수 있는 것을 확인하였다. 즉, 실내 위치 인식을 위한 스마트폰의 음향 신호를 한 번만 발생함으로써 다중 경로에 의한 잔향 영향을 대폭 감소시킨 것이다.

V. 결론

스마트폰의 음향 신호를 이용한 실내 위치 추정 방식은 전용 신호 발생기를 사용하는 기존의 방식을 사용할 수 없다. 또한 기존의 스마트폰 음향 신호를 반복적으로 발생시키는 방식은 다중 경로의 영향으로 그 위치 정확도가 매우 나쁘다. 그러나 본 논문에서 제안한 음향 트리거 신호를 도입하면 위치 추정 정확도가 크게 향상되며, 데이터 메모리와 신호 처리 시간이 줄어들고, 사용자에겐 불쾌한 소음도 줄어드는 효과가 있다.

References

[1] S.Zekavat and R.Buehrer, Handbook of position location: Theory, practice, and Advances, IEEE

Press, 2012.

- [2] J.Scheuing and B.Yang, "Disambiguation of TDOA Estimation for Multiple Sources in Reverberant Environments," IEEE Tr. Audio, Speech, & Language Process., vol. 16, no. 8, pp.1479-1489, Nov. 2008.
- [3] M.Shin, H.Jang, S.Suh, C. Park, D.Hwang, S.Lee, "Evaluation of weighted Correlator for Multipath Mitigation in GPS Receiver," J. Korean Navigation Port Research, vol.31, no. 5, pp.409-414, 2007.
- [4] J.Oh, "Optimum Design of the Microphone Sensor Array for 3D TDOA Positioning System," J. IIBC, vol.14, no.1, pp.31-36, Feb. 2014.
- [5] Y. Han, "Indoor location system using passive RFID," J. Korean Inst. Info. Tech., vol.5, no.4, pp.82-88, Dec. 2007.
- [6] H.Kim and N.Kim, "Multiple Access Control Method for Distance Measurement Using Radio and Ultrasonic Wave," J. Korean Inst. Info. Tech., vol. 11, no. 1, pp.1-7, Jan. 2013.

저자 소개

오 중 택(정회원)



- 2000년 3월 ~ 현재 : 한성대학교 정보통신공학과 교수
- 1992년 12월 ~ 2000년 2월 : 한국통신 무선통신연구소 선임연구원
- 1989년 3월 ~ 1993년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사 졸업
- 관심 분야 : 지능형 무선통신 네트워크, Personal Environment Service

※ 본 연구는 2013년도 한성대학교 연구년 지원과제 임