

진폭변조 확산대역 초음파 측위 시스템

An Amplitude Modulated Spread Spectrum Ultrasonic Location System

심 주 영, 이 형 근*

(Ju Young Shim and Hyung Keun Lee)

Abstract : This paper proposes an ultrasonic location system based on the spread spectrum principle. Though there are several conventional ultrasonic systems, the proposed system is the first one that combines spread spectrum and amplitude modulation principles. The proposed ultrasonic location system is advantageous in that it can improve positioning accuracy and detection sensitivity by the spread spectrum principle, it simplifies transmitter and receiver circuits, and it is easy to upgrade its performance by modifying only the software functionalities. By several real data experiments, the advantage and performance of the proposed location system is demonstrated.

Keywords : spread spectrum, ultrasonic location system

I 서론

위치 정보는 다양한 공학 응용 분야에서 환경을 인지하고, 이동하고, 자원을 관리하기 위하여 요구되는 필수 정보이다. 근래에 들어 긴급 구조, 항공 및 우주 응용, 민간 측위 서비스, 그리고 자원 탐사 등 다양한 응용분야에 있어서 보편화 되고 있는 측위 도구로서 GNSS(Global Navigation Satellite Systems)[1]를 들 수 있다. GNSS는 실외 측위에 있어서 효율적이지만 현재까지도 다중경로오차의 영향으로 성능이 열화될 위험성을 내포하며[2] 실내 환경에서는 신호를 수신하기에 난점이 있는 것으로 알려져 있다[3].

실내 측위 분야는 사람이나 로봇의 위치 인식, 경로 계획, 센서 네트워크에 의한 자원의 관리, 게임 및 이동통신 기기를 위한 휴먼 인터페이스 등 실외 측위 분야 못지 않게 다양한 응용분야의 가능성을 내포한다. 이에 의하여 현재 실내 측위를 위하여 초음파(ultrasonic), UWB(Ultra Wide-Band), RFID(Radio Frequency Identification), WLAN (Wireless LAN), IR(Infra-Red) 등 다양한 방식을 활용한 측위 시스템이 여러 연구자에 의하여 개발 시도되고 있다.

UWB, RFID, WLAN 등과 같이 전파를 활용하는 시스템들은 신호를 전달하기 위한 고주파 RF(Radio Frequency) 대역의 반송파 성분을 저주파 대역으로 낮추는 과정이 필수적이다. 반면, 이를 위한 하드웨어 설계 및 구현은 타 방법에 비하여 시간적 경제적 비용이 상대적으로 많이 요구된다. IR을 활용한 측위 시스템은 하드웨어의 구현이 비교적 간단하나 안정적인 위치해를 제공하기 위해서는 송신기와 수신기 사이의 시선각이 반드시 확보되어야 하는 단점을 내포한다.

초음파를 활용한 시스템은 음파 속도(3.4×10^3 m/s)가 광속(3×10^8 m/s)에 비하여 매우 느린 속도인 점을 활용하여 발생 신호와 수신 신호의 신호전달시간을 기반으로 거리를 측정

한다. 초음파를 활용한 시스템은 기존 초음파 거리측정기의 간단한 하드웨어 구조로 millimeter/centimeter 단위의 정확도 구현이 가능한 장점을 가진다.

기존의 초음파를 이용한 측위 시스템으로는 송신기와 수신기를 분리하고, RF 신호로 시각 동기화를 맞추는 Active BAT[4]과 Cricket[5] 그리고 초음파 신호를 위상 및 광대역 변조 방법을 사용하여 빠른 갱신 주기가 가능한 시스템[6] 또는 긴 거리의 측정이 가능한 시스템[7] 등이 있다.

Cricket은 RF 신호의 사용으로 인해 시각 동기화 및 RF 신호에 의한 오차 성분 그리고 오차 보정을 위한 알고리즘이 추가된다. GPS와 유사하게 위상/광대역 변조를 사용한 기존의 초음파 시스템은 신호를 복조하는데 DSP 기술이 사용되는 등 비용과 전력소모가 큰 단점을 가진다.

실내측위를 위한 초음파 측위 시스템의 한 가지 방법론으로 본 논문에서는 진폭변조 확산코드 방식을 초음파 측위시스템을 제안하고자 한다. 제안하는 시스템은 기존의 초음파 측위 시스템에 비하여 진폭변조 확산코드 방식을 사용하므로 여러 개의 송신기에 대한 고유한 구별이 가능하며, 확산코드를 정확도 및 전송 거리의 향상을 꾀하는 데 활용할 수 있으며, 측위를 위한 변복조를 구현하기 위한 하드웨어 구성이 간단한 장점을 가진다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 전반적인 시스템의 구성과 신호 생성 및 송신, 그리고 신호 수신 및 검출 과정에 대하여 설명한다. 3장에서는 실험을 통하여 거리 측정에 있어서 확산 코드를 활용할 경우의 이점, 제안된 측위 시스템의 측위 정확도, 그리고 제안된 측위 시스템의 동적 측위에의 응용 가능성을 보인다. 마지막으로, 4장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 구현

제안된 초음파 측위 시스템은 송신부와 수신기로 구성된다. 송신부는 그림 1과 그림 2에 나타난 바와 같이 각 채널의 신호 생성 및 제어하는 1개의 신호제어기와 신호를 전송하는 여러 송신센서로 구성되어 있다. 수신기는 그림 3과

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2006. 4. 30., 채택확정 : 2006. 6. 10.

심주영 : 한국항공대학교 항공전자공학과(flying37@paran.com)

이형근 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신 공학부

(hyknl@mail.hankong.ac.kr)

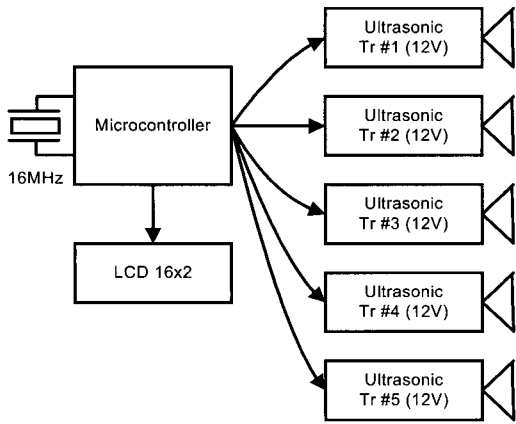


그림 1. 송신부 구조.
Fig. 1. Configuration of transmission part.

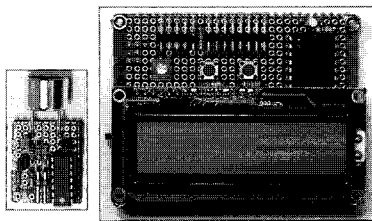


그림 2. 송신 센서와 송신 신호 제어기.
Fig. 2. The ultrasonic transmitter and signal controller.

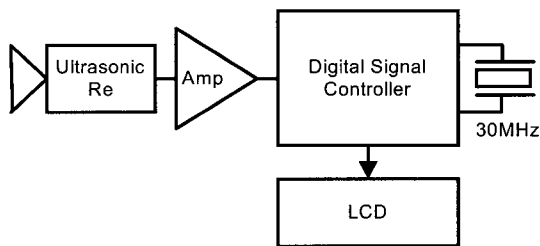


그림 3. 수신기 구조.
Fig. 3. Configuration of receiver.

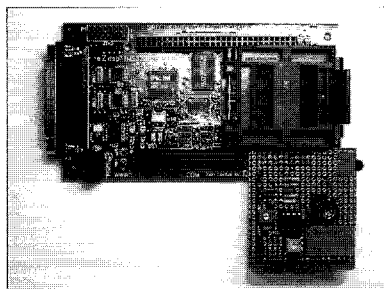


그림 4. 수신기.
Fig. 4. Receiver.

그림 4에 나타난 바와 같이 초음파 수신센서와 신호를 증폭하는 OP-AMP 그리고 디지털 신호 컨트롤러로 구성되어 있다[8].

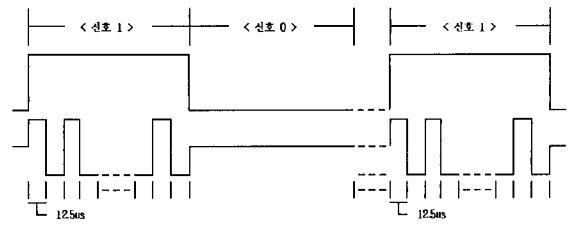


그림 5. 초음파 신호 전송 방식.
Fig. 5. Transmission of ultrasonic signal.

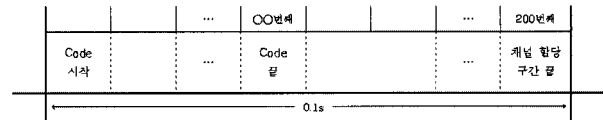


그림 6. 시구간 구조.
Fig. 6. Time slot structure.

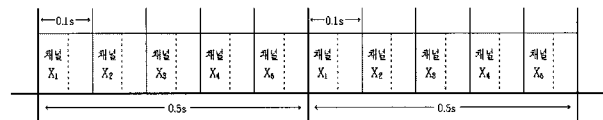


그림 7. 다채널 송신을 위한 시분할 구조.
Fig. 7. Time division structure for multiplex.

1. 송신 신호 생성

송신 신호는 각 송신 센서에서 발생할 해당 채널의 고유한 PRN 코드(Pseudo Random Noise Code)로 대역 확산한 후 진폭 변조 방식으로 생성한다. PRN 코드의 사용은 채널 신호의 고유 식별 뿐만 아니라 정확도 및 전송 거리의 향상을 꾀할 수 있다.

진폭 변조 방식은 신호 파형에 따라 반송파의 진폭을 변화시키는 “On-Off” 방식이다. 진폭 변조 방식을 적용함으로써 제안된 시스템은 기존 초음파 거리 측정기의 형태를 답습하여 간단한 하드웨어 구조를 가진다. 그림 5는 초음파 디지털 신호를 진폭 변조 방식으로 전송하는 형태를 나타낸다.

그림 6은 한 개의 시구간을 나타낸 그림이다. 시구간은 해당 채널의 PRN 코드와 다른 채널과의 혼동 및 중첩을 막기 위한 시간 여유가 할당되어 있다. 시구간 안의 각 데이터는 칩(chip)으로 구분된다.

다중접속 방식은 초음파 센서의 40kHz의 단일 주파수 특성과 진폭변조로 인하여 시분할 다중접속 방식을 적용하였다. 시분할 구조는 각 채널신호에 시간을 할당하는 구조이다. 제안된 시스템은 그림 7에 나타난 바와 같이 한 개의 채널 할당 시간은 0.1초로 할당하고, 5개의 채널에 해당하는 0.5초 단위로 각 채널 신호를 반복 송신한다. 즉위 데이터는 0.5초 단위로 갱신된다. 3차원 즉위는 최소 4채널 이상의 신호를 분리 수신하여야 가능하므로 수신되는 5개의 채널 중 4개 이상의 채널 신호가 수신되면 3차원 좌표 측위가 가능하고, 3개의 채널 신호가 수신되면, 2차원 좌표 측위가 가능하다.

거리 측정용으로 쓰이는 코드는 부호의 형태나 길이 또

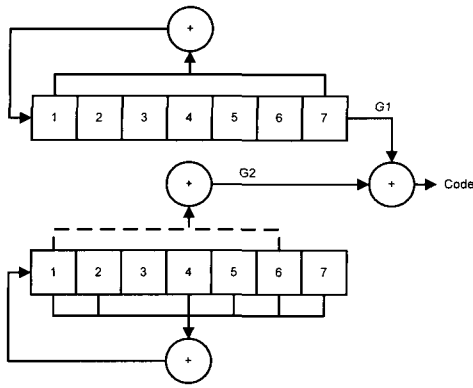


그림 8. PRN 코드 생성.
Fig. 8. Generation of PRN code.

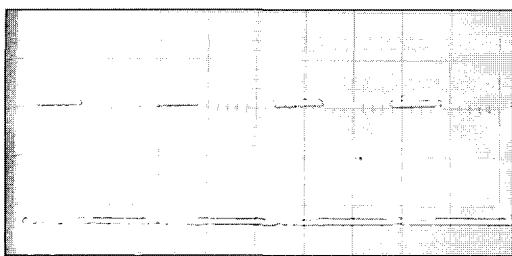


그림 9. 측정된 초음파 수신파형.
Fig. 9. The display of received ultrasonic signal.

는 코드의 칩속도(chipping rate)에 따라 제한되므로 코드의 선택은 매우 중요하다. 제안된 시스템에서 사용한 PRN코드는 GPS에서 사용하는 C/A 코드(Coarse/Acquisition Code)와 동일한 방법으로 생성한다.

C/A 코드는 10단 쉬프트 레지스터와 exclusive-OR로 구성된 G1, G2신호로 구현하는 구조를 가진다. 각 채널을 G2 신호의 지연 양으로 C/A 코드 채널이 결정된다. 제안된 시스템에서 칩(chip)의 전송속도와 시구간을 고려하여 7단 쉬프트 레지스터를 사용한 코드를 사용하였으며 구조는 그림 8에 나타냈다. 각 채널은 최장 부호 계열을 가지는 G1, G2의 선택과 G2 신호의 지연 양으로 여러 채널 생성이 가능하다. 채널 생성에 유의점은 PRN 코드의 특성인 ‘0’ 신호와 ‘1’ 신호의 동일 개수 확인과 코드의 주기가 최장인지를 확인하여야 한다.

2. 수신 및 신호 검출

수신된 신호의 모델링을 위하여 실제 수신 파형을 측정해 보면 그림 9와 같이 나타난다. 그림 9에 나타난 신호는 신호 ‘1’과 ‘0’의 반복적인 신호를 수신한 경우에 해당된다.

초음파 신호 수신 파형 윤곽을 살펴보면 상승은 빠른 반면, 하강은 느린 속도임을 알 수 있다. 수신 파형의 상승하는 부분과 최고값이 지속되는 경우는 신호 ‘1’인 구간에 해당되며, 하강하는 부분과 최저값이 지속되는 경우는 신호 ‘0’의 구간에 해당한다.

그림 9에 나타난 실제 수신 파형을 기반으로 수신 신호를 수식으로 간단하게 모델링하면 다음과 같이 표현할 수 있다[9].

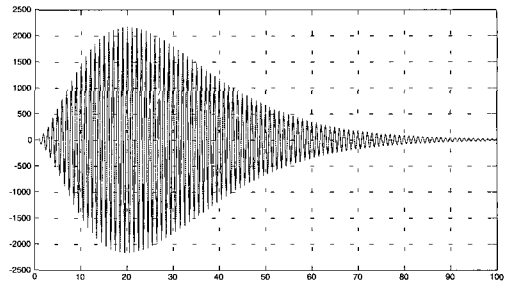


그림 10. 초음파 수신파형.
Fig. 10. Modeling of received ultrasonic signal.

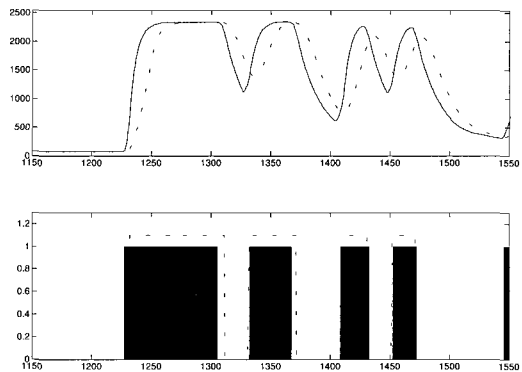


그림 11. 초음파 신호 입력 파형과 가변 문턱값.
Fig. 11. Input ultrasonic signal and adapted threshold value.

$$v_1(t) = V_0 t^m e^{-ht} \cos(\omega_c t + \theta) \tag{1}$$

(1)은 초음파 수신 파형의 윤곽 형태와 전송 주파수 신호를 나타내는 세 함수의 조합으로 구성되어 있으며, m 과 h 는 상승하고 하강하는 형태와 최고값을 조절하는 변수이며, ω_c 는 전송 주파수를 나타낸다. 그림 10은 실제 수신된 파형을 근거로 변수값들이 조정된 (1)의 파형을 표시한 것이다.

수신된 신호를 기반으로 신호를 검출하기 위해서는 반송파를 분리한 윤곽 신호(signal envelop)가 활용된다. 이를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$v_2(t) = V_0 t^m e^{-ht} \tag{2}$$

윤곽 신호는 다이오드 2개를 활용한 검출기로도 구현이 가능하며, 다이오드 검출기를 사용하지 않는 경우는 해당구간에서의 샘플링 값 중 최대값을 활용한다.

신호 부분을 검출하기 위해 고정 문턱값과 가변 문턱값 두 개의 조합으로 입력되는 값을 디지털 신호로 검출한다. 제안된 시스템에서 적용한 식은 다음과 같다.

$$V_{t1} = C \tag{3}$$

$$V_{t2} = \left(\sum_{i=1}^N v_{(i-1)}/N \right) - N/10 \tag{4}$$

V_{t1} 은 신호가 완전히 없는 경우에 적용하기 위한 것으

로 상수 C 를 더하여 잡음이 신호로 판단되는 경우를 방지한다. V_{i2} 는 한 칩 구간의 평균 샘플링 값에 $N/10$ 만큼 작은 값을 표현한 식으로 형태는 지연된 입력 수신 파형을 지니게 된다. ψ 는 입력 신호 샘플링 값이며, N 은 한 칩 구간의 입력 데이터 수를 의미한다. V_{i1} 와 V_{i2} 중에 큰 값을 가변 문턱값으로 사용하여 수신된 초음파 신호를 디지털 신호로 판단한다. 그림 11의 상단에서 실선은 입력되는 파형의 윤곽이고, 점선은 (3)과 (4)를 사용한 가변 문턱값이다. 그림 11의 하단 그림은 까만 부분의 수신된 신호에서 1로 판단된 부분과 수신기에서 생성한 PRN 코드를 점선으로 나타낸 그림이다.

가변 문턱값의 적용으로 1차 복조가 된 신호는 채널 식별 및 의사거리를 구하기 위해 수신기에서 생성한 PRN 코드와 상관(correlation) 계산 과정을 거치게 된다. 상관은 크게 자기상관과 상호상관으로 분류된다. 자기상관은 (5)의 적분으로 정의되며 특정한 신호와 이를 인위적으로 위상 쉬프트한 신호와의 사이에서의 일치하는 정도를 표시하는 양이다.

$$\psi(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)f(t-\tau)dt \quad (5)$$

상호상관은 서로 다른 2개의 부호 계열 근사도의 척도이다. 상호 상관은 자기 상관의 일반식에서 다른 항을 대입하여 구한다.

$$\psi_{(cross)} = \int_{-\infty}^{\infty} f(t)g(t-\tau)dt \quad (6)$$

PRN 코드는 자기 상관에 동기가 일치하는 시점에서 최대 상관값을 가지며, 자기 상관에서 위상에 차이가 있거나 상호 상관인 경우는 노이즈 범위를 유지한다. 한 시구간에서 최대 상관값의 시점이 의사거리 계산에 사용된다.

III. 실험 및 결과

제안된 시스템의 성능을 검증하기 위하여 세 종류의 실험을 수행하였다. 첫째 실험은 코드 길이의 선택에 따른 SNR 수치를 비교하여 긴 코드를 사용함에 따른 이점을 확인하기 위함이며, 둘째 실험은 정확하게 알려진 좌표지점들에 송수신기를 설치하고 수신기의 위치를 계산하여 제안된 시스템의 절대적 정확도를 평가하기 위함이며, 세 번째 실험은 알려진 반경으로 수신기를 회전 운동시켜 수신기의 동적 상황 하에서 추정된 위치해의 반복성을 확인하기 위함이다. 실험을 위한 설치 환경은 그림 12와 같이 송신 센서 5개와 수신기로 구성되어 있으며, 5번째 송신 센서의 높이를 다른 4개의 센서 높이와 다르게 설치하여 3차원 측위를 하였다.

1. 코드에 따른 실험

실험을 위하여 그림 12에 나타난 1번 위성이 2kcps(chip per second)의 신호로 5단, 6단, 7단 쉬프트 레지스터로 생성된 초음파 신호를 발생시키고 수신기는 그림 12에서 중앙의 점의 위치에 해당되는 (0, 0, 0.61)에 위치시켜 신호를 50회 수신하였다. 좌표 단위는 m이며, 상관계산은 1/20칩 단

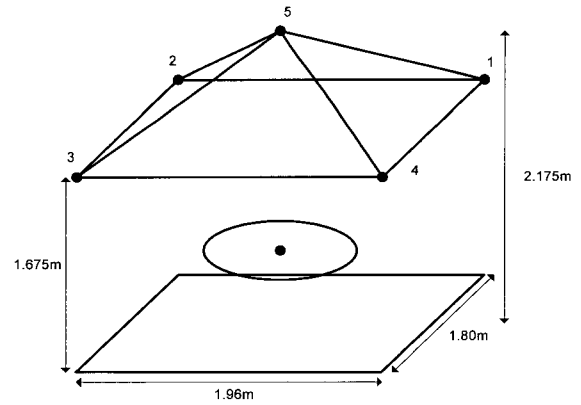


그림 12. 실험을 위한 송수신기 배치 개형.
Fig. 12. Installation configuration of receiver and transmitters.

위로 계산한다. 그림 13은 수신된 초음파 신호와 수신기에서 생성된 신호를 상관 계산한 상관 개형을 나타낸 것이다.

예상된 바와 같이 상관값은 특정한 시점에서 최대값을 나타내며 이외의 시점에서는 상대적으로 작은 값을 가지게 된다. 상관값이 최대값에 해당되는 시점의 시간지연은 송신기와 수신기 사이의 거리와 수신기 시계오차에 합해 해당하는 의사거리(pseudorange)를 나타낸다. 최대 상관 시점의 구별은 측위성능에 큰 영향을 미치므로 이의 경향을 살펴보기 위하여 (7)과 같이 SNR(Signal to Noise Ratio)을 계산하였다.

$$SNR = \frac{A}{\sigma^2} \quad (7)$$

여기서 A 는 수신 신호에서 상관 피크값들의 평균을 나타내며, σ^2 는 잡음 신호의 분산을 나타낸다. SNR값이 클수록 1차 피크값은 2차 피크값에 비해 크다는 것을 의미하며, 신호 검출이 용이하여 잡음에 더 강한 특성을 가지게 된다.

분산값의 측정은 SNR이 최고 높은 시점인 최고 상관값에서 한 칩에 해당하는 길이의 데이터를 좌우로 전체 두 칩의 데이터는 제외하고 계산하였으며, 상관 최고값은 50개 데이터의 평균을 사용하였다. 그림 13의 박스 안쪽이 분산 계산에서 제외된 신호에 해당한다.

표 1은 각 단의 SNR 결과 수치와 해당하는 칩 수를 나타낸 것이다. 표 1에 의하면 쉬프트 레지스터의 단 수가 하나씩 늘어날수록 거의 두 배의 SNR 값을 보인다. 긴 PRN 코드의 사용은 신호를 검출할 수 있는 확률을 높일 수 있으며 이것은 더 먼 거리에서 신호를 검출할 수 있음을 의미한다.

2. 정지 상태

PRN 코드는 7단 쉬프트 레지스터로 생성된 코드를 사용하였으며, 그림 12에서 중앙 점으로 표시된 지점에 위치시키고 200개의 데이터를 측정 한 후 각 시점에서 의사거리를 추출하고 이를 기반으로 위치를 계산하였다. 그림 14는 XYZ 3축 각 방향에 대한 오차값을 나타내었다. 1번 위성의 좌표는 (0.98, 0.90, 1.675), 2번 위성의 좌표는 (-0.98, 0.90, 1.675), 3번 위성의 좌표는 (-0.98, -0.90, 1.675), 4번 위성의

좌표는 (0.98, -0.90, 1.675), 5번 위성의 좌표는 (0, 0, 2.175)이며, 수신기의 참 좌표는 (0, 0, 0.61)로 단위는 m이다. 각 좌표는 자를 활용하여 실측한 값이며 오차 범위는 1cm 이내로 추정된다.

그림 14의 수평축은 위치 계산을 수행한 시점을 나타내며 0.5초 단위로 계산된다. 따라서 각 그림에서 200개의 데

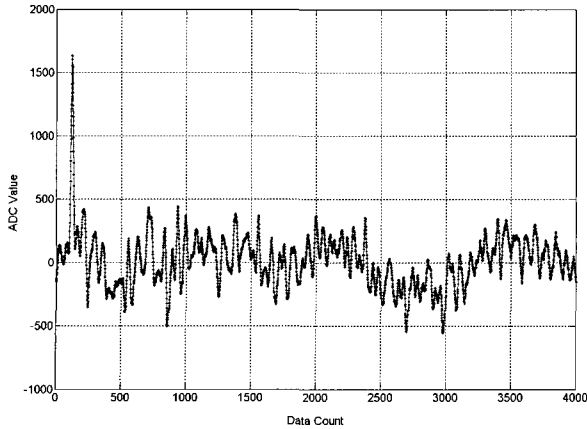


그림 13. 상관 개형.

Fig. 13. Correlation profile.

표 1. 각 단의 SNR 수치.

Table 1. The Comparison of SNR values.

	SNR	chip 수
5단 쉬프트 레지스터	36.2262	31
6단 쉬프트 레지스터	77.0030	63
7단 쉬프트 레지스터	126.1582	127

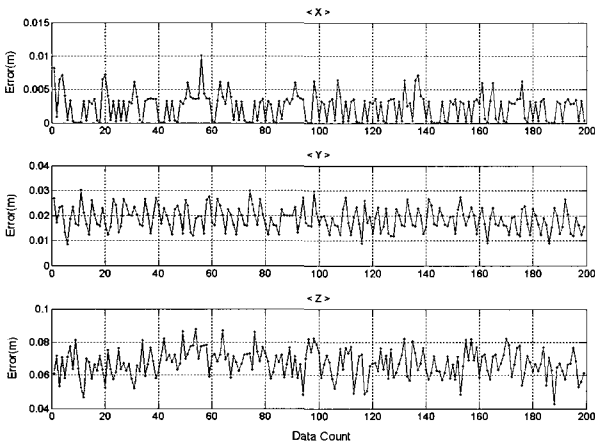


그림 14. 정지 상태의 위치 오차 그래프.

Fig. 14. The position errors of origin point.

표 2. 정지 상태의 위치 오차.

Table 2. The position errors of origin point.

	Mean (cm)	Variance (cm)
X	0.2453	0.0420
Y	1.8694	0.2203
Z	6.7243	0.7250

이터는 100초에 해당하는 데이터가 된다. 수직축은 오차값을 나타낸 것으로 참 좌표와의 오차이다. 표 2는 각 축에 대한 오차 측정값을 활용하여 계산한 오차의 평균과 분산을 나타낸다. x축과 y축의 오차가 약 2cm범위 안에 위치하고 있으며, z축은 7cm 정도의 범위 안에 있는 것을 확인할 수 있다. z축 방향으로 상대적으로 큰 오차를 보이는 것은 설치 환경의 구조상 1번 위성부터 4번 위성까지의 높이가 동일한 점과 5번 위성의 경우 다른 위성과의 거리와 수신기와의 거리가 각각 0.5m, 1.5m로 크지 않음으로 인해 생긴 오차로 판단된다.

3. 원 궤적 운동

반경 51cm인 원의 궤적 운동을 실험하였다. 그림 15는 계산된 위치값을 x, y축의 2차원으로 표시한 것이다. 시작 지점 (0, -0.51, 0.61)에서 시계 반대 방향으로 2바퀴를 돌리는 실험을 하였다. 좌표 표시 단위는 m이다. 종료 시점은 시작 지점에서 조금 더 궤적 운동한 지점이 된다. 그림 15에 나타난 바와 같이 원 궤적 운동의 결과는 첫 번째 원과 두 번째 원의 궤적이 서로 비슷한 위치해틀 갖는 반복성을 나타낸다. 오차값으로 원 궤적의 중심 위치인 (0, 0, 0.61)과 측정위치의 거리오차를 계산하였다. 표 3은 거리오차의 평균값을 나타낸 것이며, 약 2.8cm로 정지상태의 위치오차와의 차이가 크지 않음을 확인할 수 있다. 이로부터 제안된 측위시스템은 동적상황에서도 유용하게 활용할 수 있음을 확인할 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 실내 측위를 위하여 진폭변조 확산대역의 원리를 기반으로 새로운 형태의 초음파 측위 시스템을 제안하였으며 실험을 통하여 그 성능을 살펴보았다.

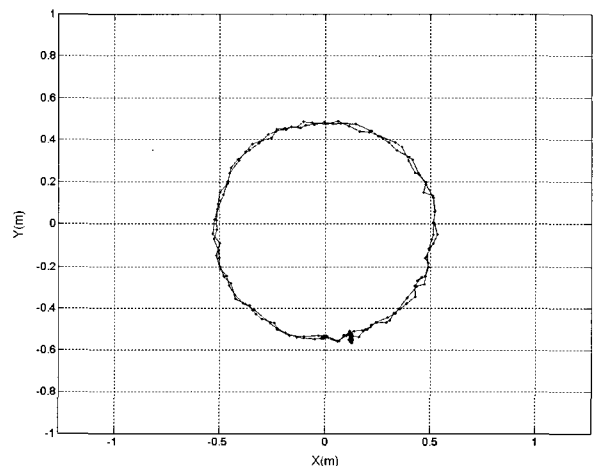


그림 15. 원 궤적 운동의 2차원 표시.

Fig. 15. The second dimension display for circle movement.

표 3. 원 궤적 운동에서의 거리 오차.

Table 3. The distance error in circle moving.

	Mean (cm)
Distance Error	2.7841

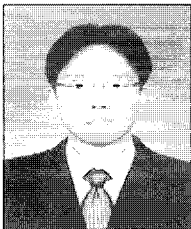
코드 길이 선택에 따른 SNR값의 변화의 실험을 통하여 제안된 진폭변조 확산대역의 원리를 활용하면 신호대비 잡음 비율의 향상을 통하여 더 먼 거리 혹은 더 높은 정확도의 측위 시스템 구현이 가능함을 보였다. 정지 상태의 실험으로부터 제안된 시스템은 단거리 정적 측위의 경우 cm급의 정확도를 보임을 알 수 있었으며, 원 궤적 운동 실험으로부터는 제안된 시스템이 동적 측위에도 활용될 수 있음을 확인하였다.

현재 진폭변조 확산대역의 원리를 기반으로 구현된 초음파 측위 시스템은 그 초기 단계이므로 개선의 여지가 많이 존재한다. 제안된 시스템은 초음파 송수신 센서를 제외한 대부분이 소프트웨어로 구현되어 있으므로 향후 성능 향상 및 적용이 용이하리라 예상된다.

참고문헌

[1] I. A. Getting, "The global positioning system," *IEEE Spectrum*, vol. 30, Issue 12, pp. 36-47, December 1993.
 [2] 이형근, 이장규, 지규인, "일반적인 GPS 수신기를 위한 채널별 다중경로오차 검출 기법," 제어·자동화·시스템공학 논문지, vol. 8, no. 9, pp. 818-826, 2002.
 [3] R. Bryant, "SubATTO indoor GPS - pitfalls, solutions and performance using a conventional correlator," *GPS Solutions*, vol. 6, no. 3, pp. 138-148, 2002.

[4] A. Harter and A. Hopper, "A new location technique for the active office," *IEEE Personal Communications*, vol. 4, Issue 5, pp. 43-47, October 1997.
 [5] Nissanka Bodhi Priyantha, *The Cricket Indoor Location System*. Ph.D. Thesis, Massachusetts Institute of Technology, June 2005.
 [6] M. Hazas and A. Ward, "A high performance privacy-oriented location system," *Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, vol. 23, Issue 26, pp. 216-223, March 2003.
 [7] W.-L. Yao, "A pseudo random (PR) code based ultrasonic navigation system (UNS)," *IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics*, vol. 2, pp. 752-757, Dec. 2004.
 [8] 심주영, "PRN 코드를 사용한 초음파 측위 시스템," 한국항공대학교 석사학위 논문, 2006.
 [9] M. Parrilla, J. J. Anaya, and C. Fritsch, "Digital signal processing techniques for high accuracy ultrasonic range measurements," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 40, Issue 4, pp. 759-763, Aug. 1991.



심 주 영

2004년 한국항공대학교 항공전자공학과 졸업. 2006년 동 대학원 석사. 2006년~현재 박사과정. 관심분야는 항법 시스템, LBS.



이 형 근

1990년 서울대학교 제어계측공학과 졸업. 1994년 동 대학원 석사. 1994년~1998년 현대우주항공(주). 2002년 동 대학원 박사. 2003년 9월~현재 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 조교수. 관심분야는 항법 시스템, 검출 및 추정이론, LBS, ITS.

및 추정이론, LBS, ITS.