

선박기적음 위치검출에 관한 연구II

문성배* · 전승환* · 채양범*

A Study on Position Detection System using Vessel Whistle Blast II

Serng-Bae Moon* · Seung-Hwan Jun* · Yang-Bum Chae*

요 약

일반적으로 항해 중 상대선박이 발신하는 기적음은 그 기적음에 대한 정보의 한계성 및 애매모호성 때문에, 항해자가 기적음을 이용하여 일련의 의사결정을 하기에는 여러 가지 어려움이 따르고, 기적에 대한 효용성은 더욱 저하되고 있다. 본 연구는 상대선박이 발신하는 기적음을 3개의 마이크로폰 센서를 통하여 수신하고 일련의 신호처리를 함으로서, 상대선박의 위치를 자동적으로 검출하는 시스템을 개발하고자 하는 것이다.

본 논문에서는 각 센서로부터 수신된 신호음을 통하여 도달시간차를 측정하는 원리와 연산법으로 상호상관분석법 및 차분법을 비교하여 보았다. 또한, 본 실험에서 구현한 실험계의 구성과 그 특징 및 역할에 대하여 기술하였고, 디지털 신호처리를 위하여 3가지 디지털 필터를 설계하였다. 그리고, 설계된 디지털 필터를 이용하여 각 센서로부터 수신된 신호를 필터링하여 신호음원의 거리와 방위를 측정하고, 필터링 방법에 따른 결과를 비교 분석하였다. 그 결과 카이저 창함수법으로 설계된 비재귀형 저역통과필터는 거리검출에 적합하고, 방위검출에는 역체브체프 저역통과필터가 정도가 좋음을 알 수 있었다.

ABSTRACT

Navigators have some difficulties in making decisions of safety sailing through the whistle blast sounded by another vessel and ignore the using of whistle blast, because whistle blast can be heard by human hearing sense and not be easily done owing to the distance between vessels, the noise around bridge.

If the range and relative bearing of signal source can be detected automatically, it would be very useful system for preventing marine casualties making a lot of economic loss and environment pollution. We have reported the algorithm of sound source tracking system that can trace the sound source 2-dimensionally.

This paper describes the method which can obtain the time lag between three signals and the theory of cross-correlation analysis and subtraction method for calculating the time lag by using the digital signal data sequences. And also the new system's constitution and the function of each parts are showed. Specially three digital filters were designed and applied to the digital signal processing part. And a series of experiments were carried out with the source's distance 9.53meters and the random bearing interval within the limits of $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$. As a result, we have recognized that the accuracy of measurements were differentiated by the methods what kind of digital filter were adopted and would be possible to reduce the position error.

1. 서 론

선박에는 해무 등으로 인해 시정이 제한된 상황에

서 자선 및 타선의 존재와 의사를 서로 주고받을 수 있는 법정 항해장비로 기적(Whistle)이 있다. 그러나, 선박간의 거리, 선교주변의 잡음 또는 해기사의 신체적 차이 등의 원인으로, 타 선박으로부터 발신되는

* 한국해양대학교 운항시스템 공학부

기적음을 청취하는데는 많은 어려움이 있다. 그래서, 항해자가 상대선박의 신호음의 존재 유무나 음원의 위치에 관해서는 개략적으로 알 수 있으나, 이를 근거로 안전항해를 위한 일련의 의사결정을 하기에는 사실상 어려움이 있고, 해난사고 방지수단의 하나인 기적은 그 효용가치가 떨어지고 있는 것이다. 이것은 기적음 청취를 오로지 인간의 감각기관에만 의존해야 하기 때문이다. 본 연구에서는 기적음원의 위치를 자동적으로 검출할 수 있는 시스템을 개발하고자 하는 것이다.

전 논문에서는 기적음원의 2차원적 위치를 검출하는 알고리즘을 제안하였고, 기적음원의 위치검출 원리와 계속오차의 종류 및 그에 대한 컴퓨터 시뮬레이션의 결과를 보고한 바 있다.[1-2]

본 논문에서는 기적음의 도달시간차를 측정하는 기본원리와 측정기법으로 상호상관분석법 및 차분법에 대하여 고찰하고, 본 음원추적 시스템에 적용하여 두 기법의 적정성을 비교하였다. 또한, 디지털 신호처리로써 3가지의 디지털 필터를 채택하여 신호처리하고, 음원의 위치를 다양하게 바꾸면서 신호음원의 거리와 방위를 측정 한 후, 그 결과에 관하여 고찰 및 검토하였다.

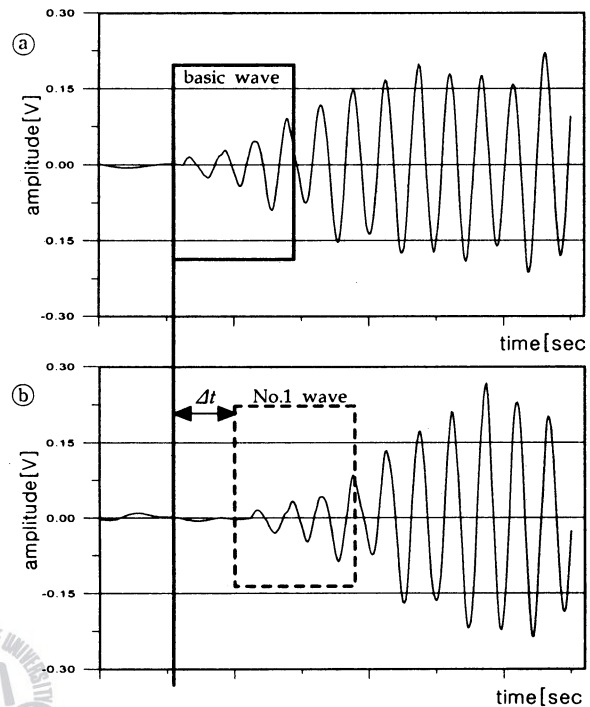


그림 1. 도달시간차 측정원리

II. 기적음의 도달시간차 측정원리

2.1 도달시간차 측정개요

기적음원의 위치검출에 있어서 기적음의 정확한 도달시간차를 측정하는 것은 본 측정시스템에서 매우 중요한 부분이라 할 수 있다. 그림1은 신호음의 관측시간 결정 및 센서간의 도달시간차를 측정하는 원리를 나타낸 것이다. 그림1에서 ㉑와 ㉒는 실제 마이크로폰 센서를 통하여 수신된 신호음의 파형으로서, 가로축은 시간을, 세로축은 신호음의 진폭값을 나타낸 것이다. 먼저, ㉑ 파형에서 신호음이 취명되기 시작하는 부분(굵은 윤곽선)을 포함하도록 기본파형[3]을 설정하고, 이것을 ㉒의 파형 위에 중첩시킨다. 이 때 기본파형을 시간축상에서 조금씩 전이(轉移)시켜서 가장 근사한 부분(파형1)을 탐지하고, 전이한 양을 시간으로 환산함으로써 두 신호 사이의 도달시간차를 측정하도록 하는 것이다. 여기서, 신호음의 관측시간은 신호음의 주파수, 센서간의 간격 및 도달시간차 측정을 위한 전이양을 고려하여 결정하도록 한다.

2.2 도달시간차 측정원리

그림1은 단순히 도달시간차를 측정하는 원리를 나타낸 것이고, 실제로는 컴퓨터 연산을 통하여 정확히 측정하여야 한다. 이 연산법으로 본 논문에서는 상호상관 분석법(Cross correlation analysis method)[4-5]과 차분법(Subtraction method)에 관하여 논하기로 한다.

2.2.1 상호상관분석법

기적음이 두 마이크로폰 센서 M1과 M2 사이에 도달시간차 τ 를 가지고 수신되었을 때, 두 신호는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x_1(t) = s_1(t) + n_1(t) \quad (1)$$

$$x_2(t) = s_2(t + \tau) + n_2(t) \quad (2)$$

식(1)과 식(2)에서 $s_1(t)$, $s_2(t)$, $n_1(t)$ 및 $n_2(t)$ 는 시계열의 값으로, 수신신호인 $s_1(t)$ 와 $s_2(t)$ 는 잡음성분인 $n_1(t)$, $n_2(t)$ 와 상관이 없다고 할 때, 두 신호의 상호상관함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R_{x_1x_2}(\tau) = E[x_1(t)x_2(t + \tau)] \quad (3)$$

식(3)에서 E는 기대치(expectation)[6]를 나타내는 것이고, 이 기대치가 최대로 되는 τ 에서 두 신호는 상관도가 가장 크게 되는 것이다. 결국, τ 가 두 신호의 도달시간차가 되는 것이다.

신호의 관측시간은 유한한 범위 T에서 관측되고, 두 신호열의 상관정도는 상호상관계수를 통하여 나타낸다. 따라서, 정규화된 상호상관계수의 정의는 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{x_1x_2}(\tau) = \frac{x_1(t)x_2(t+\tau)}{\sqrt{x_1^2} \sqrt{x_2^2}} = \frac{R_{x_1x_2}(\tau)}{\sqrt{R_{x_1}(0)R_{x_2}(0)}} \quad (4)$$

마이크로폰 센서를 통해서 수신된 기적음은 AD변환기를 통해 디지털값인 수치군으로 컴퓨터의 메모리에 저장된다. 따라서, N개의 수치군으로 형성된 기적음의 두 데이터 시퀀스 사이의 상호상관계수는 식(5)와 같다.

$$C_{x_1x_2}(j) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x_1(n) x_2(n+j)}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} [x_1(n)]^2} \sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} [x_2(n)]^2}} \quad (5)$$

식(5)에서 수치군 $x_2(n)$ 는 왼쪽으로 j만큼 쉬프트한 것을 나타낸 것이다. 따라서, 두 신호의 상관도가 가장 높은 쉬프트양인 j를 구한 후, 식(6)과 같이 시간으로 환산함으로써, 두 수신된 신호음의 도달시간차 τ_{12} 를 구할 수 있다.

$$\tau_{12} [\text{sec}] = j/f [\text{Hz}] \quad (6)$$

단, f는 샘플링주파수

2.2.2 차분법

두 개의 신호음이 N개의 수치군인 $x_1(n)$ 및 $x_2(n)$ 일 때, 어느 한 수치군을 왼쪽 또는 오른쪽으로 1래 그씩 쉬프트하면서, 두 수치군의 신호값의 차이를 구하고, 그 절대치를 모두 합하여 두 신호음의 상관정도를 수치로 표시하는 기법인 차분법은 식(7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$S_{x_1x_2}(j) = \sum_{n=0}^{N-1} |x_1(n) - x_2(n+j)| \quad (7)$$

단, $j = 0, 1, 2, \dots, b, \dots$

식(7)에서 $x_2(n)$ 수치군을 1래그씩 왼쪽으로 이동시키면 차분계수 S의 값은 변하게 되고, 어느 쉬프트

점 j에서 이 값은 최소가 된다.

따라서, 이 점에서 두 신호는 가장 근사하게 일치하게 되는 것이고, 이 쉬프트한 양 j를 식(6)에 의해서 시간으로 환산하면, 신호 x_1 과 x_2 사이의 도달시간차 τ_{12} 를 얻을 수 있다.

차분법은 연산량이 적다는 장점이 있지만, 3채널에서 출력되는 파형의 형태에 따라 정확도가 나빠지는 현상을 보였다. 그러나, 상호상관분석법은 파형들이 상이하더라도 정도가 높기에 본 논문에서는 이 측정법을 적용하였다.

III. 실험계의 구성 및 실험방법

본 실험에서 구현한 실험계는 크게 신호음 발신부, 수신부, 하드웨어 신호처리부, 소프트웨어 신호처리부 및 연산표시부로 나뉘어져 있고, 세부적인 실험계 및 신호처리계는 그림2와 같다.

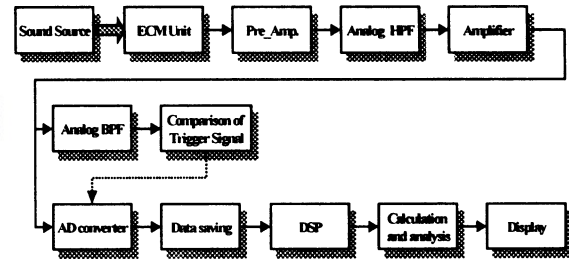


그림 2. 실험계의 구성도

3.1 신호음 발신부

그림3은 한국해양대학교 실습선 ‘한나라호’에서 취명된 기적음 파형을 나타낸 것으로서, 실험 여건상 실제의 기적음을 이용할 수 없기 때문에, 기적음을 기적으로부터 약 10m 전방에서 녹음한 후, 실험실에서 재생시켜 수신한 파형이다. 이 기적음의 발신 주파수는 131Hz이고, 음압레벨은 138dB(1/3옥타브밴드)이다. 또한, 그림4는 그림3의 파형을 대역통과필터로 필터링한 기적음 파형이다. 기적음이 존재하는 부분과 존재하지 않는 부분을 쉽게 구분할 수 있지만, 여러 소음이 혼재하기 때문에 기적음이 시작되는 부분의 구별은 쉽지 않을 뿐만 아니라, 기적음의 도달 시간차에도 많은 오차가 포함되었다. 따라서, 본 실험에서는 그림5와 같이 기적음과 유사한 형태로 발신되는 Audio Generator의 신호를 스피커에 연결시켜 신호음을 발생시켰다. 그리고, 신호음 발신장치인 스피커의 진동판 직경은 약 6.5cm이고, 지면으로부터의 높이는 신호음 수신부인 마이크로폰 센서열의 높이와 거의 같도록 142cm로 하였다. 그림6은 설치된 신호음 발신부의 전체적인 모습을 나타낸 것이다.

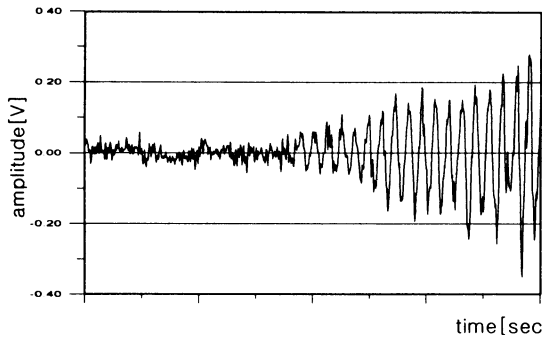


그림 3. 카세트 테이프로 재생된 기적음 파형

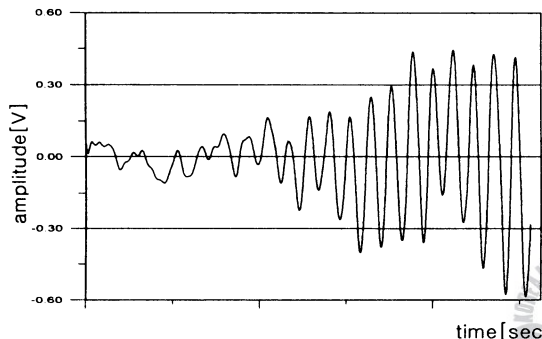


그림 4. 아날로그 BPF로 필터링된 파형

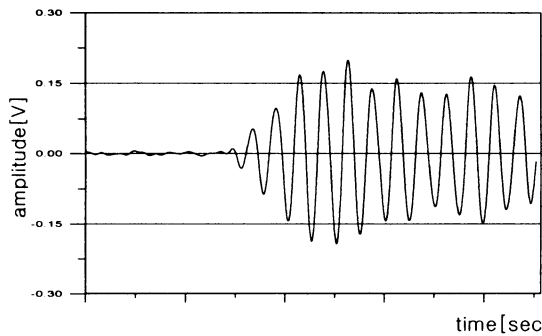


그림 5. Audio generator의 신호음 파형

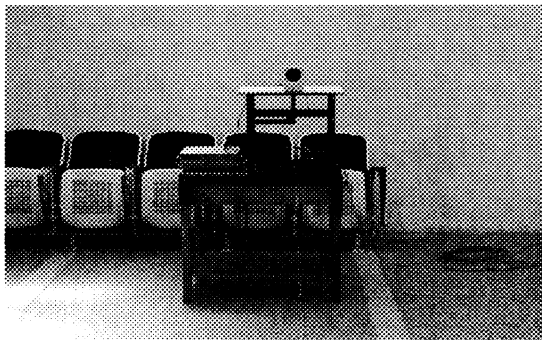


그림 6. 신호음 발신부

3.2 신호음 수신부

본 실험에서 사용한 마이크로폰 센서는 표1과 같은 특성을 가지는 SKT-440H의 모델을 채택하였다.

표 1. 마이크로폰 센서 사양

지향성	Omnidirectional
수신감도	$-44 \pm 6\text{dB/Pa}$
표준 구동전압	4.5V, DC
소비전력	300 μA . Max
신호대잡음비	More than 60dB/Pa
임피던스	1.0k Ω
최대 구동전압	10V, DC
감소 감쇠율	Within -3dB at 1.5V

이 센서는 ECM(electric condensing mike) Unit 외에 Pre-Amp.로써 전계효과트랜지스터(FET)가 내장되어 있다. 센서에 따라 출력전압이 달라지는 것은 이 FET의 증폭률이 다르게 제작되어 있기 때문이다. 센서의 진폭특성을 파악하기 위하여 3개의 센서를 같은 위치에 배치하고, 신호음은 센서로부터 100cm 전방에 설치하였다. 신호음의 주파수는 100Hz로 하였으며, 동일한 조건에서 10회 연속 측정하여 비교 분석하였다. 그 결과 1번 센서를 기준으로 할 때, 2번 센서는 1번 센서에 비해 약 1.58[dB] 작았고, 3번 센서는 1번 센서에 비해 약 0.83[dB] 작았다. 이것에 대한 보정은 디지털 신호처리 부분에서 하도록 하였다.

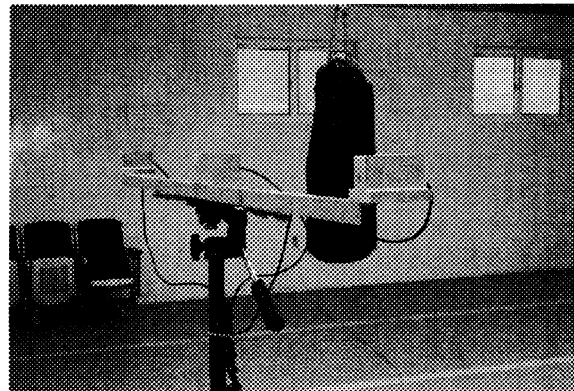


그림 7. 신호음 수신부

그림7은 실제 제작된 신호음 수신부의 전체적인 모습을 나타낸 것이다. 3개의 센서는 그림에서와 같이 목재의 가운데 부분에 고정되고, 다시 이 목재들은 센서의 간격이 50cm가 되도록 길이가 100cm인

알루미늄 재질의 바(bar)위에 설치하였다. 그리고, 이들 센서의 높이는 신호음 발신장치인 스피커의 높이와 같은 142cm로 하였다.

3.3 하드웨어 신호처리부

본 시스템에서 하드웨어 신호처리부는 아날로그 고역통과필터(HPF), 증폭기, 아날로그 대역통과필터(BPF) 및 ADC(analog-digital converter)로 구성되어 있다. 그림8은 ADC를 제외한 나머지 하드웨어 신호처리부를 나타낸 것이다. 고역통과필터는 RC형으로 수신부로부터 출력되는 약 1.0[V]의 구동전압 성분을 0[V]에 가깝도록 낮추기 위한 것이다. 그리고, 증폭기는 고역통과필터를 통과한 미세신호를 신호처리에 적당하게 증폭한다. 한편, 아날로그 대역통과필터는 신호음의 유무를 판단함과 동시에 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 동작이 이루어지도록 하는 트리거신호를 위한 것으로서, 증폭기를 통과한 3채널의 신호 중에서 하나를 선택한다.

ADC는 컴퓨터를 통한 소프트웨어적인 신호처리를 위해서 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하는 것이다. 본 실험에서는 'NuDaq PCI-9812'를 채택하였고, 변환기의 샘플링 주파수는 1MHz로 설정하였다. 그리고, 3채널 동시 샘플링이 이루어지도록 하였고, 데이터는 신호음이 시작되기 이전부터 획득하여 컴퓨터 임시기억장치에 저장되도록 하였다.

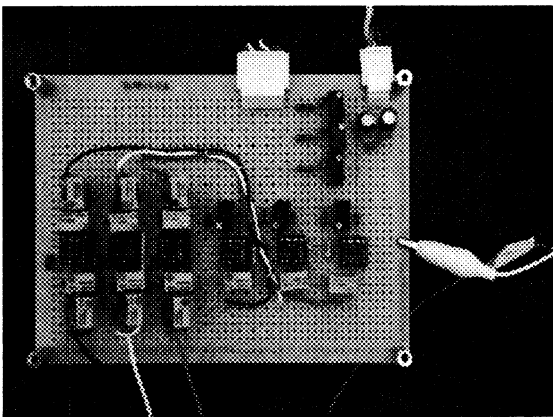


그림 8. 하드웨어 신호처리부

3.4 소프트웨어 신호처리 및 연산표시부

본 시스템에서 소프트웨어적 신호처리부는 데이터의 저장, DSP 및 연산으로 구성하였다. 그리고, 본 실험에서 ADC의 제어, 소프트웨어 신호처리 및 연산표시의 모든 과정을 윈도우용 '비주얼 C++ 6.0'을 이용하여 프로그래밍하였다.

파일로 저장되는 데이터의 각 채널 샘플 수는

32,768개로 약 32.8ms 분량이고, 신호음이 없는 부분의 데이터는 약 10,000개로 약 10ms 정도가 되도록 하였다. 여기서, 신호음이 시작되는 부분의 데이터는 마이크로폰 센서간의 도달시간차를 측정하기 위하여 이용하고, 파형이 안정된 뒷부분의 데이터는 신호의 주기, 신호간의 위상비교 및 신호의 진폭 등과 같은 정보를 파악하기 위해서 이용하였다.

전 논문의 실험에서는 신호음에 포함된 잡음을 제거하기 위하여 아날로그 필터회로를 이용하였지만, 본 실험에서는 디지털필터를 이용하였다.

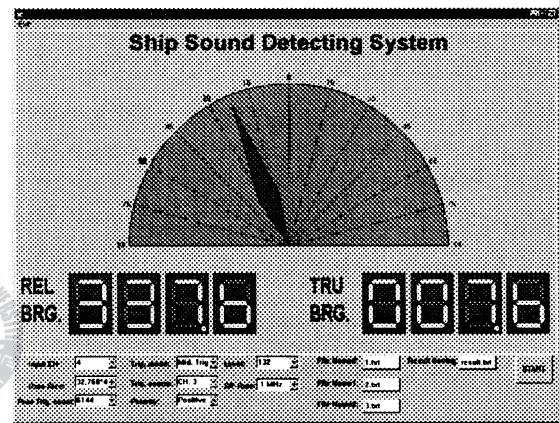


그림 9. 연산표시부

그리고, 연산처리과정에서는 도달시간차의 연산을 위한 신호음의 상호상관분석 및 거리와 방위의 연산이 이루어지도록 하였다.

연산된 신호음원의 거리와 상대방위는 여러 가지 형태로 표시될 수 있지만, 본 실험에서는 그림9와 같이 컴퓨터의 모니터에 표시되도록 하였다. 이러한 형태는 차후 제작될 하드웨어적인 디스플레이 장치의 기본 모델이라 할 수 있다.

3.5 실험방법

본 연구에서 실험은 중간센서로부터 신호 음원까지의 거리를 충분히 크게 하기 위하여 한국해양대학교 승선생활관에 있는 실내 체력단련실에서 신호음원과 계측계의 상대운동은 없는 것을 기초로 이루어졌다. 거리는 9m 53cm로, 방위는 $10^\circ \pm 5^\circ$ 간격으로 $0^\circ \sim 180^\circ$ 의 범위에서 랜덤하게 설정하였다. 그리고, $180^\circ \sim 360^\circ$ 의 범위는 신호음 수신부의 후면에 있기 때문에 본 실험에서는 고려하지 않았다. 실험은 같은 음원위치에서 15회 측정하여, 음원의 방위 및 거리를 검출하도록 하였다.

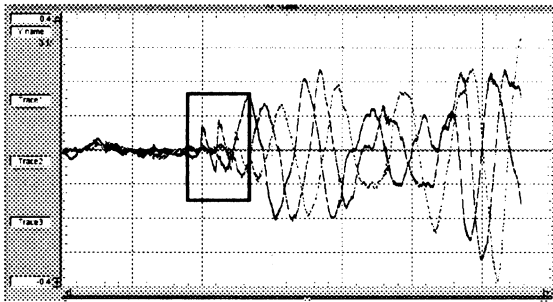


그림 10. 아날로그 HPF로 필터링된 파형

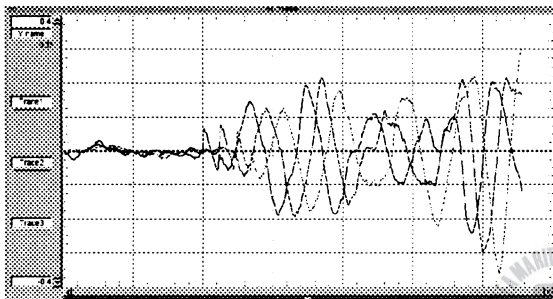


그림 11. FIR LPF로 필터링된 파형

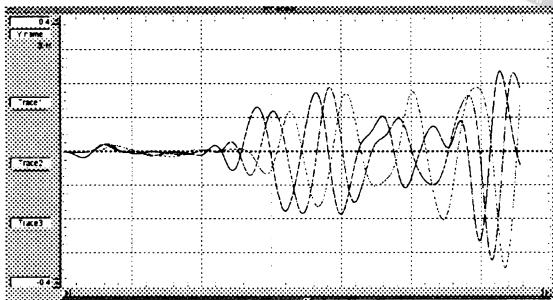


그림 12. IIR LPF로 필터링된 파형

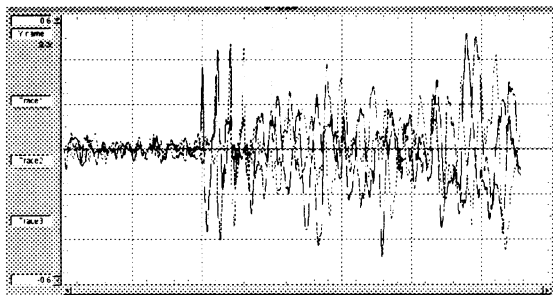


그림 13. IIR HPF와 FIR LPF로 필터링된 파형

한편, 디지털 신호처리부분에서는 다양한 디지털필터[7]를 이용하여 디지털 신호를 필터링하였고, 신호음원의 방위 및 거리를 검출하여 그 정도(精度)를 비교하였다. 첫 번째는 그림10과 같이 아날로그 고역통과필터로만 필터링된 신호를 이용하여 위치검출 연산을 하는 경우이고, 두 번째는 그림10의 신호를 비재귀형 LPF로 필터링한 후 위치검출 연산을 하는 경우로서, 그림11은 그 필터링된 신호의 파형을 나타낸 것이다. 세 번째는 그림10의 신호를 재귀형 역체브체프 LPF로 필터링하는 경우로, 그림12는 이 디지털필터로 필터링된 신호를 나타낸 것이다. 그리고, 네 번째는 재귀 역체브체프 HPF와 비재귀형 LPF로 필터링 한 후 위치검출 연산을 하는 경우로서, 그림 13은 필터링역체브체프 HPF와 비재귀형 LPF로 필터링한 후 된 신호를 나타낸 것이다. 여기서, 네 번째의 경우는 그림10에서 굵은 박스로 표시한 부분의 파형 즉, 신호음이 시작되기 시작하는 부분의 파형을 그 후에 이어지는 파형이 안정된 신호보다 상대적으로 증폭하여 위치검출 연산을 하는 것이다. 이 부분은 실제로 신호음이 각 센서에 제일 먼저 수신되는 음파에 해당하는 것으로, 다른 부분에 비해 멀티패스(Multipath)와 같은 영향으로 인한 파형의 왜곡 및 위상변화 등이 가장 적게 발생하는 부분이라 할 수 있다.

IV. 실험결과

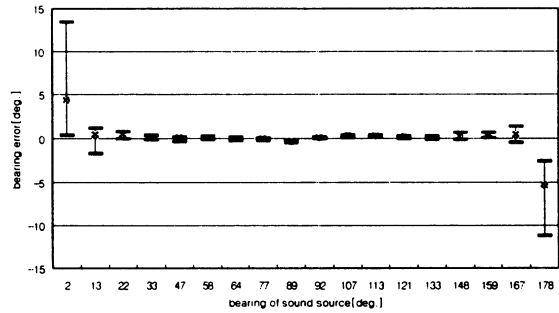
4.1 방위계측

그림14는 각각의 필터링 방법에 따라 측정된 방위 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 가로축은 음원의 진방위를 세로축은 방위오차량을 나타낸 것이고, 측정 결과로서 측정된 방위의 오차범위 및 그 평균값을 나타내고 있다.

실험결과 방위측정은 앞서 제안한 논문에서와 마찬가지로 신호음원이 센서배열선에 접근할 수록 신호처리방법에 상관없이 측정오차가 증가하는 것을 알 수 있었다. 한편, 그림14에서 (2)의 경우는 디지털 필터링을 하지 않은 (1)의 경우와 유사한 양상을 나타냈고, (3)의 경우는 FIR LPF로 필터링한 (2)의 경우보다 각 측정방위에서 최대 및 최소오차가 다소 증가하지만, 그 평균오차량은 약간 감소하였다. 그리고, (4)의 경우는 IIR HPF와 FIR LPF로 동시에 필터링하여 측정된 결과를 나타낸 것으로 다른 어떠한 경우보다도 측정 정도가 매우 높은 것을 알 수 있었다.

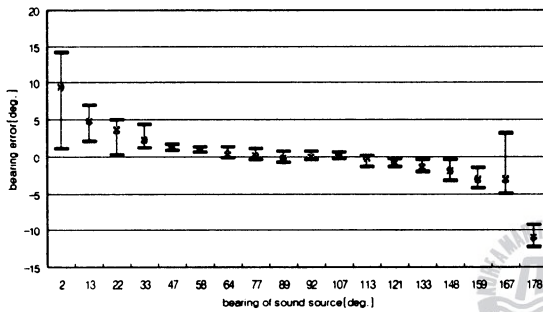
그림15는 각 필터링 방법으로 측정된 방위의 오차량 범위내에서 측정된 회수를 전체 측정회수에 대한 백분율로 나타낸 것이다. 가로축은 방위오차량이고,

세로축은 측정된 회수의 비율이다. 신호음원의 방위 측정에서는 IIR HPF와 FIR LPF로 필터링하는 방법이 방위오차를 가장 적게 하고, 그 다음으로는 IIR LPF로 필터링하는 방법이 좋음을 알 수 있었다. 그러나, 그림10에서 굵은 박스로 표시된 부분과 같은 파형은 신호음압이 작거나 음원까지의 거리가 멀게 되면 나타나지 않을 수 있기 때문에 그 사용에는 약간의 어려움이 있을 것으로 생각된다. 따라서, 방위 측정에서 신호음의 신호처리 방법으로는 IIR LPF가 작은 차수의 필터계수로 설계가 가능하고, 연산량을 줄일 수 있다는 장점이 있기 때문에 가장 적합한 방법임을 알 수 있었다.



(4) IIR HPF와 FIR LPF의 경우

그림 14. 방위측정 결과



(1) 아날로그 HPF의 경우

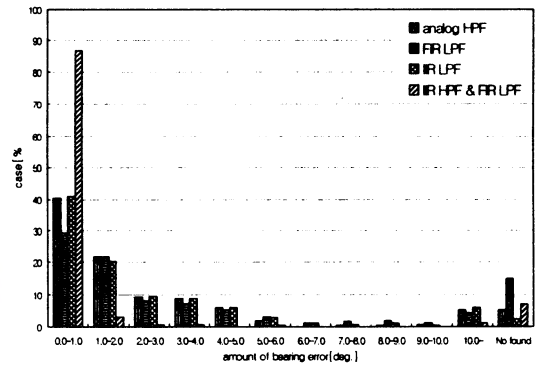
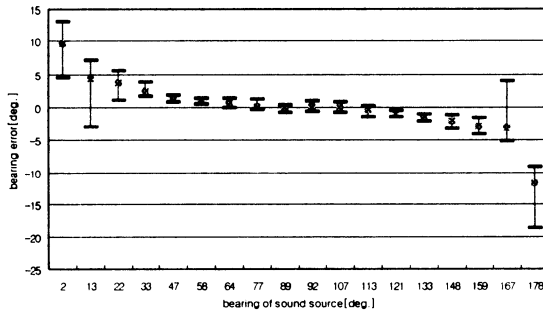
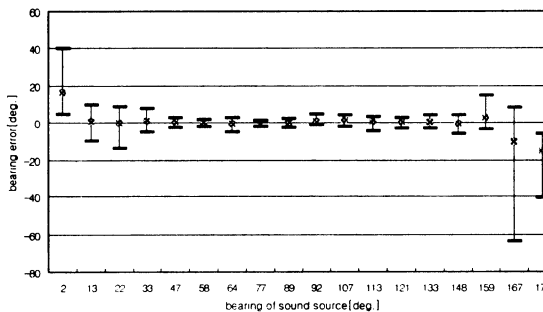


그림 15. 측정 방위오차량의 분포



(2) FIR LPF의 경우



(3) IIR LPF의 경우

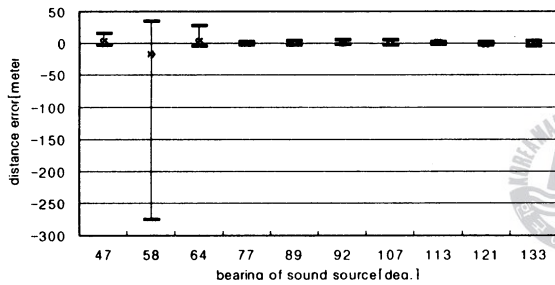
4.2 거리계측

그림16은 각각의 필터로 신호처리하였을 경우의 거리측정 결과를 나타낸 것으로, 가로축은 음원의 진방위를 세로축은 거리오차량을 나타낸 것이며, 오차의 전체적인 분포범위를 나타내기 위하여 편의상 세로축의 범위는 각기 다르게 설정하였다. 측정결과로서 측정된 거리의 오차범위 및 그 평균값을 나타내고 있다. 본 실험에서는 40° ~140°의 범위내에서 측정된 데이터만을 이용하기로 한다. 이 범위 이외의 구역에서는 거리 오차가 상당히 큰 경우도 있고, 거리계산이 되지 않는 경우도 있는데, 이것은 두 시간 지연의 차이가 거의 없거나 매우 작기 때문에 적은 오차의 발생이 있으면 거리측정에는 상당히 많은 영향을 주기 때문이다. 이러한 양상은 앞서 제한한 논문의 시뮬레이션과 일치하고 있는 것이다.

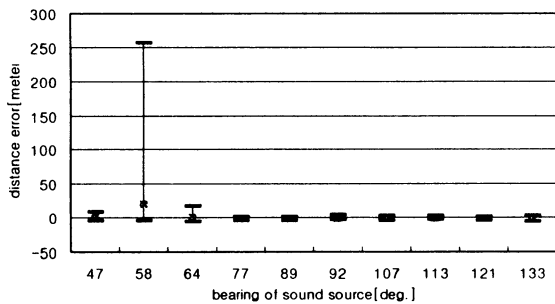
그림16의 (2)는 FIR LPF로 필터링한 경우의 결과로 (1)의 경우와 비슷한 양상을 나타내고 있고, (3)의 경우는 측정된 거리오차가 크게 되는 경우가 다른 경우에 비해 많음을 알 수 있었다. 그리고, 그림16에서 (4)의 경우는 다른 경우보다 오차의 범위도 작을 뿐만 아니라 측정 정도도 매우 높았다.

그림17은 각 필터링 방법으로 측정된 거리의 오차

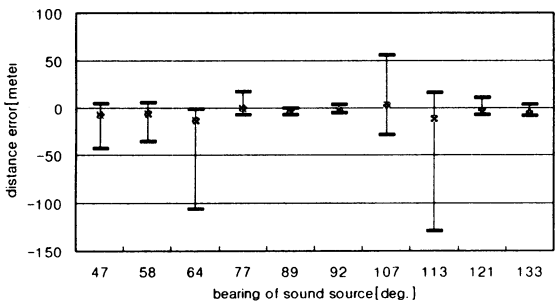
울에서 측정된 회수를 전체 측정회수에 대한 백분율로 나타낸 것이다. 가로축은 거리 오차율이고, 세로축은 측정된 회수의 비율이다. 신호음원의 거리측정에서는 IIR HPF와 FIR LPF로 필터링하는 기법이 방위측정의 경우와 마찬가지로 정도가 가장 높고, 그 다음으로는 FIR LPF로 필터링하는 기법이 좋음을 알 수 있었다. 여기서, IIR LPF로 필터링하는 기법은 방위측정의 정도는 좋게 하지만, 오히려 거리측정에서는 정도가 가장 낮을 뿐만 아니라 연산이 되지 않거나 과도한 오차를 가지는 경우가 전체의 약 66%를 차지하고 있기 때문에 거리측정의 연산에는 적합하지 않은 것을 알 수 있었다. 따라서, 그림7의 굵은 박스로 표시된 파형의 획득이 가능하다면 IIR HPF와 FIR LPF로 필터링하는 기법이 가장 적합하고, 그렇지 않다면 FIR LPF로 필터링하는 기법이 신호음원의 거리측정에 적절할 것으로 사료된다.



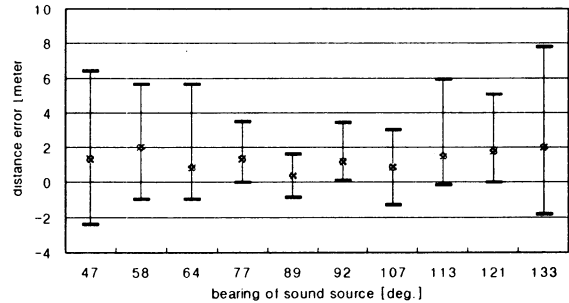
(1) 아날로그 HPF의 경우



(2) FIR LPF의 경우



(3) IIR LPF의 경우



(4) IIR HPF와 FIR LPF의 경우

그림 16. 거리측정 결과

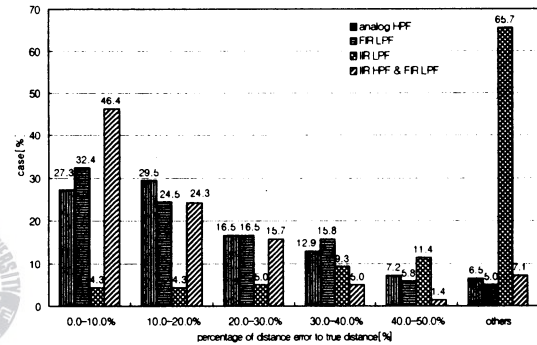


그림 17. 측정 거리오차량의 분포

V. 결론

본 논문에서는 마이크로폰 센서에서 신호음의 도달시간차를 측정하기 위한 기법으로 상호상관분석법과 차분법에 대하여 검토하였고, 기적음원의 2차원적 위치검출의 가능성을 검증하기 위하여 새로 구현한 실계측계 및 신호처리계의 구성과 그 특성에 대하여 기술하였다. 또한, 신호음에서 잡음을 제거하는 필터링 방법으로 3가지 디지털 필터를 제시하였다.

2차원적 기적음원 추적에 적합한 디지털 필터를 구현하기 위하여 신호음원의 위치를 랜덤하게 변화시키면서 신호를 획득하였고, 이 신호를 각각의 디지털 필터로 필터링한 후 신호음원의 거리와 방위를 연산하여 그 정도를 비교 분석하였다. 그 결과 방위검출에는 IIR LPF가 적합하고, 거리검출에는 FIR LPF가 적절하며, 수신된 신호음에 그림10의 굵은 박스로 표시된 부분과 같은 파형이 있으면, IIR HPF와 FIR LPF의 혼합형이 검출성능이 우수함을 알 수 있었다.

앞으로의 연구과제로써, 센서 배열선에 가까운 음원의 위치를 정확하게 측정할 수 있는 센서의 공간 배치법에 관한 검토, 신호음이 안정된 부분에서 정확한 도달시간차를 측정할 수 있는 신호처리 기법의 개

발 및 이를 근거로 한 계측장치의 보완과 현장실험을 통한 본 시스템의 정량적 평가 등의 문제가 남아 있다.

참 고 문 헌

- [1] 전승환,채양범,“선박기적음의 위치검출에 관한 기초연구”, 한국해양대학교부설 해사산업연구소, 제7집, p151-158, 1월 1998
- [2] 문성배,전승환,“2차원적 음원추적에 관한 연구”, 한국향해학회, 제20권 제4호, p71-80, 12월 1996
- [3] 田中正吾,“センサダイナミクスを考慮した知的音響應用計測システム”,計測と制御, 第36卷 第7号, p476-479, 1997
- [4] C.Koppermann, “A signal model for cross-correlation flowmeters to analyse systematic measurement errors”, Measurement, vol2 No.3, p129-133, 1984
- [5] Emmanuel C. Ifeachor, Barrie W. Jervis, “Digital signal processing”, Addison-Wesley, p 184-250, 1993
- [6] 황병원,이기수, “확률 및 통계”, Ohm, p62-63, 1990
- [7] 石田義久,鎌田強之, “デジタル信號處理のポイント”, 産業圖書, p134-206, 1989



발 및 이를 근거로 한 계측장치의 보완과 현장실험을 통한 본 시스템의 정량적 평가 등의 문제가 남아 있다.

참 고 문 헌

- [1] 전승환, 채양범, "선박기적음의 위치검출에 관한 기초연구", 한국해양대학교부설 해사산업연구소, 제7집, p151-158, 1월 1998
- [2] 문성배, 전승환, "2차원적 음원추적에 관한 연구", 한국향해학회, 제20권 제4호, p71-80, 12월 1996
- [3] 田中正吾, "センサダイナミクスを考慮した知的音響應用計測システム", 計測と制御, 第36卷 第7号, p476-479, 1997
- [4] C.Koppermann, "A signal model for cross-correlation flowmeters to analyse systematic measurement errors", Measurement, vol2 No.3, p129-133, 1984
- [5] Emmanuel C. Ifeachor, Barrie W. Jervis, "Digital signal processing", Addison-Wesley, p 184-250, 1993
- [6] 황병원, 이기수, "확률 및 통계", Ohm, p62-63, 1990
- [7] 石田義久, 鎌田強之, "デジタル信號處理のポイント", 産業圖書, p134-206, 1989

