

층과 저층의 매개변수들의 값에 대해 정확도를 향상시키려는 추가적인 역산의 노력을 줄일 수 있다.

본 연구와 관련된 향후의 연구 방향을 제안하면 다음과 같다. 첫째는 수직 선배열의 경우에 해당되는 매개변수들에 대해서만 연구가 수행되었는데 수평배열이나 수직과 수평이 복합된 배열 등을 사용할 경우에 추가되는 배열의 형상 등에 대한 오정합의 연구가 필요하다. 둘째는 주파수와 수층의 수심, 해저면 경사 오정합인 경우 근사적인 해석이 제시되었으나, 이것을 제외하더라도 매개변수들의 오정합에 대해서는 해석적인 해를 구하는 연구가 추가적으로 수행되어야 할 것이다.

2. 마이크로폰 어레이를 이용한 船舶 汽笛音源 追跡에 관한 연구

해사수송과학과 문성배
지도교수 전승환



최근 세계경제의 지속적인 성장과 무역규모의 증가 및 수산업의 발달 등 여러 가지 이유로 연안해역에서의 해상교통밀도가 꾸준히 증가하고 해양사고도 빈발하고 있으며, 이러한 해양사고는 막대한 경제적 손실과 심각한 해양환경오염을 초래하고 있는 실정이다. 특히, 최근 5년간 해양사고 중에서 선박간의 충돌사고가 약 22%를 차지하고 있고, 이 충돌사고 중에서도 약 20%가 시정이 제한된 상황에서 발생하였다. 이러한 충돌사고의 원인으로 항해자의 경계소홀이 상당한 비중을 차지하고 있는데, 이 항해자의 경계소홀이라는 것은 항해자가 타 선박에 관한 정보수집과 타 선박에게 자선에 관한 정보의 제공을 소홀히 한다는 것을 의미한다고 할 수 있다. 한편, 선박에는 자선의 존재 및 의사를 간단 명료하게 타 선박에게 전달할 수 있는 장비로서 기적(Whistle)이 있다. 그러나, 기적음의 청취를 오로지 인간의 감각기관에만 의존하여야 하기 때문에 항해자가 이를 통하여 안전항해를 도모하기 위한 일련의 의사결정을 하기에는 여러 가지 어려움이 있고, 그 효용성은 더욱 저하되고 있는 실정이다. 이에 IMO에서는 선교가 완전히 폐워된 선박의 경우 타 선박이 발신하는 기적음에 관한 정보를 마이크로폰을 통하여 수신하여, 그 기적음에 관한 개략적인 정보만을 항해자에게 제공할 수 있는 '음향수신장치'를 강제 탑재요건으로 규정하게 되었다.

본 연구는 마이크로폰 어레이를 이용하여 상대선박이 발신하는 기적음을 수신하고, 일련의 신호처리를 함으로써, 그 선박까지의 거리 및 상대방위를 자동적으로 측정할 수 있는 시스템을 개발하고자 하는 것이다. 상대선박이 발신하는 기적음을 어떤 일정한 형태로 배치되어 있는 마이크로폰 어레이를 통하여 수신할 때, 마이크로폰의 위치, 배열 및 간격 등의 제요소에 따라 각 마이크로폰에 수신된 신호음 사이에는 도달시간차가 발생하게 된다. 이 신호음의 도달시간차를 검출하여, 음향신호를 발신한 선박까지의 거리 및 상대방위를 측정하는 것이 기본적인 알고리즘이다.

하나의 음원과 3개의 마이크로폰이 평면상에서 이루는 기하학적인 배치관계를 이용하여 음원의 상대방위 및 거리를 측정하는 알고리즘은 크게 쌍곡선 측정법과 삼각함수 측정법이 있으며, 음원까지의 거리가 마이크로폰 사이의 간격에 비해 충분히 크다고 할 경우에 적용이 가능한 근사적 상대방위 결정법과 근사적 거리 결정법이 있다. 한편, 각 마이크로폰 사이에서 발생하는 신호음의 도달시간차를 계측하는 연산법으로는 상호상관분석법과 고속상호상관분석법 및 차분법이 있다.

일반적으로 마이크로폰을 통하여 신호음을 수신하게 되면, 마이크로폰 주변의 여러 가지 소음이 신호음과 함께 수신된다. 이러한 소음을 제거하고 신호음의 도달시간차를 정확하게 검출할 수 있는 최적의 계측계를 개발하기 위하여 디지털 필터를 설계하여 신호처리 하였다. 즉, FIR필터의 직선위상특성과 IIR필터의 급준한 차단특성이 신호음의 도달시간차 검출과 음원위치 측정에 미치는 영향 및 효율을 검증하기 위하여, 네 가지 필터링 신호처리 경우로 나누어 실험하고 그 정확도를 서로 비교분석하였다. 첫 번째 신호처리 경우는 디지털 필터링을 하지 않은 아날로그 HPF로만 신호처리하는 경우이고, 두 번째는 카이저 창함수법을 이용한 비재귀형 저역통과필터로 필터링하는 것이며, 세 번째는 역체브체프 저역통과필터로 필터링하는 경우이다. 그리고, 네 번째는 역체브체프 고역통과필터와 비재귀형 저역통과필터로 동시에 신호처리하는 경우이다.

본 연구에서는 크게 두 가지 방법으로 실험을 실시하였다. 첫 번째는 선박에 탑재된 호종과 유사한 형태의 음파를 발신하는 소형 마우스피스(Mouthpiece)를 음원으로 선택한 경우이고, 두 번째는 Audio Generator를 음원으로 채택한 경우이다. 마우스피스를 음원으로 선택한 실험은 음원까지의 거리 및 방위측정 원리와 도달시간차 계측법의 유효성을 검증하기 위하여 수행한 것이다. 두 번째로 오디오제너레이터를 음원으로 선택한 실험은 음원까지의 거리 및 상대방위를 고정도로 측정할 수 있는 시스템 및 최적의 알고리즘 개발을 위하여 수행하였다. 그리고, 근사적 거리 및 방위결정법의 측정 성능 검증을 위한 실험도 함께 실시하였다.

먼저, 신호음원으로서 선박 음향신호장치 중 호종과 유사한 형태의 음파를 발신하는 마우스피스를 선정하여 실험하였다. 실험결과 마우스피스를 신호음원으로 한 경우는 발신음의 시작 부분이 명확하기 때문에, 정확한 도달시간차의 계측과 고정도(高精度)의 음원위치(거리 및 상대방위) 측정이 가능하였다. 이것은 본 논문에서 제안한 알고리즘이 신호음원의 위치를 추적하는데 유용하게 적용될 수 있다는 것을 증명해 주는 것이라 할 수 있겠다. 특히, 신호음원의 위치(상대방위)를 -43° 에서 $+43^\circ$ 의 범위에 두고 거리를 측정하였을 때, 전체 측정회수의 약 42%가 음원거리의 약 1.53%에 해당하는 약 10cm이하로 측정되었다. 이것은 신호음의 도달시간차만을 이용하여도 고정도의 음원거리 측정이 가능함을 입증해 주는 것이라 할 수 있겠다.

두 번째로 선박 기적과 유사한 신호음을 발신하는 오디오 제너레이터를 신호음원으로 하여 실험을 하였다. 삼각함수 측정법에서는 역체브체프형 IIR HPF와 카이저 창함수법을 이용한 FIR LPF의 혼합형이 신호음원의 방위를 검출하는 성능이 우수하고, 그 다음으로는 카이저 창함수법을 이용한 FIR LPF로만 신호처리 하는 경우가 양호함을 확인하였다. 특히, 혼합형 신호처리에 있어서 신호음원이 대략 -50° 에서 $+50^\circ$ 의 영역에 존재할 때, 거의 모든 데이터가 $\pm 1.0^\circ$ 이내의 오차범위에서 정확하게 측정되었다. 그리고, 쌍곡선의 점근선을 이용한 신호음원의 방위 결정법은 Trimicrophone System의 삼각함수법과 비교하여 $\pm 2.0^\circ$ 이하의 오차범위에서 측정된 회수의 비율이 약 10% 정도 더 높았을 뿐만 아니라, 이 근사적 방위 결정법에서는 음원이 마이크로폰 어레이에 근접함으로써 발생하는 방위측정 불능의 경우가 거의 없었기 때문에, 음원의 방위만을 측정할 경우에는 이 근사적 방위 결정법의 측정 성능이 더 우수함을 알 수 있었다.

따라서, 신호음원의 방위측정은 본 연구에서 구축한 시스템만으로도 충분한 정확도를 가지고 측정할 수 있다는 것을 입증하였다. 그리고, 음원거리 측정 실험에서도 방위 측정과 마찬가지로 IIR HPF와 FIR LPF로 신호처리하는 혼합형 기법의 검출 성능이 우수하였고, 그 다음으로는 FIR LPF로만 필터링하는 기법이 양호함을 알 수 있었다. 그러나, 본 실험에서 거리가 먼 경우인 22.42m에서는 혼합형 신호처리법 이외의 다른 신호처리기법은 측정된 거리오차가 과도하게 되는 현상을 보이고 있기 때문에, 음원까지의 거리측정에는 적합하지 않음을 알 수 있었다. 그리고, 근사적 거리 결정법을 이용한 음원의 거리측정 실험에서는 음원의 거리가 가까우면 삼각함수법보다 측정 효율이 떨어지지만, 음원의 거리가 마이크로폰 사이의 간격에 비해 충분히 멀다면 측정 정도가 향상될 수 있는 가능성을 확인하였다. 따라서, 마우스피스 실험에서와 같이 신호음 사이의 도달시간차를 정확하게 예측할 수 있는 H/W 및 S/W의 보완 및 개발과 근사적 거리 결정법의 적용으로 신호음원까지의 거리도 고정도로 측정할 수 있을 것으로 사료된다.

본 시스템은 구조가 비교적 간단하고, 소형이면서 실시간 측정이 가능하고, 무중 항해시 타 선박이 발신하는 기적 음향신호를 추적할 수 있어서 선박충돌사고와 같은 해난사고를 미연에 방지할 수 있을 것으로 사료된다. 특히, 최근 IMO에서 새로이 채택한 음향수신장치는 타 선박이 기적음을 발신할 경우, 극히 개략적인 음파의 발신 방향만을 표시하도록 요구하고 있지만, 본 시스템은 그것에 비해 매우 정확하게 발신 방향을 측정할 수 있기 때문에 선박에 유용하게 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

앞으로의 연구과제로서, 마이크로폰 어레이의 연장선에 가까운 음원의 위치를 정확하게 측정할 수 있는 마이크로폰의 공간배치법과 이에 따른 알고리즘의 개발, 음원의 거리측정에 필요한 고정도의 도달시간차 측정을 위한 H/W 및 S/W의 보완이 필요할 것으로 사료된다. 또한, 음원이 복수(複數)일 경우에 있어서의 신호처리기법 개발, 해상에서 전파되는 기적음과 선상에서 발생되는 소음의 주파수특성 분석과 SNR을 높이기 위한 최적 필터의 설계 및 이를 근거로 한 예측 시스템의 보완과 해상에서의 실선실험을 통한 본 시스템의 정량적 평가 등의 문제가 남아 있다.

3. 캐비티 유체 유동의 응용에 의한 선박 폐유 처리에 관한 연구

기관공학과 한 원 희
지도교수 이 진 열

인류는 최근에 인구의 급격한 증가와 현저한 산업기술의 발달과 함께 지구의 온난화, 오존층의 감소, 사막화의 증가, 삼림의 황폐화 및 해양오염등과 같은 전지구 규모의 환경오염문제에 부딪치게 되었다. 특히 해양오염은 해양생태계 파괴 등의 직접적인 피해 사례가 나타나고 있어서 심각한 문제로 대두되고 있다. 해양오염 중 유류로 인한 오염의 영향은 수면에 유막을 형성하여 수중의 용존산소량을 저하시키고, 광선의 입사량을 감소시켜 광합성을 저해하며, 생물에 부착하여 냄새에 의한 장해와 직접적인 유독성을 나타내기 때문에 그 파장이 전 생태계에 미치게 된다.

그러나 현대 문명에 있어서 에너지원 및 각종 화학물질의 원료로 사용되는 석유탄화수소 물