

9. 능동소나를 위한 표적의 반향음 분석 및 표적상태 추정에 관한 연구

해양개발공학과 김 우 식
지도교수 김 재 수

우수한 탐지 성능의 수중유도 무기를 개발하기 위해서 수중 음향 환경 및 표적 신호에 따른 정확한 분석과 모델링이 선행되어야 하며 정확한 모델링에 근거한 시뮬레이션에 의해 성능 예측, 탐지 변수의 최적화가 가능해 진다. 수중 음향 환경과 표적 신호 연구는 이론에 근거한 수치 모델링 방법과 해상 및 육상 실험에 의한 음향 자료 획득 분석 방법을 병행해서 사용한다. 이런 음향학적 접근을 위한 시험에는 축소표적 시험과 해상 시험으로 구분할 수 있다.

축소 표적 시험의 경우 비용 대 효과 측면에서 보면, 해상 시험에 의한 표적 신호 획득의 경우 많은 인원과 경비가 드는 반면 비교적 적은 예산으로 표적 신호의 획득이 가능하다. 또한 표적 자세각의 정확한 제어와 SNR이 좋은 조건에서 표적 반사 신호를 획득할 수 있는 장점이 있다. 또한 표적의 외벽 효과, 내부 구조물의 효과, 표적에 따른 송신 펄스 설계 등 표적과 송신에 따른 관계를 규명하는데 필수적으로 필요한 시험이다. 표적의 자세각이 정확하게 주어진 상태에서의 표적 신호의 획득은 표적 반향음에 대한 연구를 가능하게 한다.

본 논문에서 표적 신호에 대한 이론 및 알고리즘 검증에 사용된 축소 표적 시험은 '93년 이후 '97년까지 시험장비 개발 및 보완을 하여 시험에 사용하였고, '98년에 2회에 걸쳐 수조 시험을 수행한 후 획득된 신호를 이용하였다.

본 논문은 표적 음향학 (Target Acoustics) 분야에 있어서 중요한 두 개의 분야인 표적 신호 모델링(forward model)과 표적 상태 추정 기술(inverse model)의 개발 및 검증을 수행했다는 점에서 중요하다. 표적 반향음 모델링은 설정된 모델 변수들을 근거하여 표적 반향음을 만드므로 전방향(forward) 모델링이며, 표적 상태 추정 기술은 측정된 표적 반향음을 근거로 주요 표적 변수를 역으로 추정해 가는 inversion 혹은 parameter estimation 기법 중에 하나이다.

표적의 반향음 분석과 모델링에 관한 연구는 표적의 외/내부 형상에 따라 형성되는 반향음 성분을 거울면 반사, 음향 회절, 탄성 산란, 다중 산란 등 네 가지로 분류하고 이론 연구를 통하여 각 성분의 특성에 따라 moving HL와 fixed HL로 구분하여 표적 반향음 모델로 응용하였다 또한 개발된 HL 분해 알고리즘을 이용하여 표적의 HL의 위치를 정확히 추정하고 축소 표적 시험에서 획득된 반향음을 성분 별로 분리하여 이론을 검증하였다. 이론 연구와 검증을 통해 개발된 표적 신호 모델은 수중유도무기 개발 시 사용되는 시뮬레이션의 신

뢰성을 높여주게 된다.

표적의 TSE 알고리즘 검증에서는 개발된 표적 신호 모델링을 이용하여 표적의 상태 추정 오차를 표적의 자세각과 분해능에 따라 분석하였다. 또한 표적 상태 추정이 제한되는 영역에 대한 범위를 제시하였다.

본 논문의 두번째 주제는 주어진 소나의 성능을 최대화하는 소나의 설계변수 설정에 대한 연구 결과이다. 소나의 탐지 성능은 송신 음압, 빔 패턴, 수신 감도 등의 하드웨어의 성능에 의해 일차적으로 결정이 된다. 하지만 정해진 하드웨어 다음으로 소나의 성능을 결정할 요소로는 소나 운용/탐지 변수들이 있다. 먼저 표적강도는 표적 탐지 성능 중에 하나의 큰 요소이다. 하지만 이를 대상 표적의 특성을 연구할 경우 표적에 의한 값으로 여기기 쉽지만, 능동 소나의 탐지 예측 측면에서 보면 송신 신호의 펄스 길이, 펄스 타입 및 탐지 알고리즘에 의하여 표적 강도의 크기는 달라진다. 표적 강도를 높이기 위한 조건들에 대하여 살펴보았다.

이러 TSE 알고리즘은 HL를 분해하여 각 HL의 공간적인 위치를 알아내는 알고리즘으로 이 경우 시간적인 분해능이 중요한 성능이 된다. 이 TSE는 정합필터를 이용하여 신호처리를 하게 되는데 이 알고리즘에 의한 HL 분해능(시간 분해능)에 대하여 시뮬레이션과 축소 표적 시험 결과를 통하여 제시 및 증명하였다. 또한 하드웨어의 연산 속도에 의해 결정되는 윈도우 겹침 정도에 따라 HL 분해능이 변화하는 증명하였으며 알고리즘에 의한 분해능과 연산 속도에 의한 분해능, 두 가지 분해능의 한계를 이용하여 시스템의 HL 분해능을 예측할 수 있다.

마지막은 소나의 성능을 예측하는 방법 중 하나인 소나 방정식에서 알고리즘의 효과인 연산이득의 개념을 제시/계산하였다. 신호 모델을 이용하여 연산이득을 예측하였고, 하드웨어의 연산 속도에 의해 결정되는 윈도우 겹침 정도에 따라 연산 이득이 변화함을 보였다. 정합 필터를 사용할 경우 최대 18dB까지의 이득을 낼수 있지만, 윈도우 겹침 정도와 표적 신호의 위치에 따라 마이너스 이득을 가질수도 있다.

열거된 본 논문의 결과의 응용으로는 수중유도무기를 위한 TSE 알고리즘과 ACCM 로직 등에 이용 될 수 있으며 추후 표적 식별, 요격 어뢰 기술, 아군의 스텔스 기술 등에 핵심 기술로 응용될 것이다. 덧붙여 수행된 축소 표적 시험의 가장 큰 의미는 국내 소나 기술 발전과 H/W의 고속화로 선진국에서 공개하지 않는 첨단 소나 기술 개발 검증에 필요한 시험으로 개발되었다는 것이다.