

특이치 분해 방법을 이용한 함정 자기장 해석기법 연구

양창섭*, 정현주

국방과학연구소 6기술연구본부 무장발사/수중스텔스 그룹

1. 서론

제 2차 세계대전 이후부터 현재까지 함정들에 의해 발생하는 수중 전자기장 신호들은 수중 전자기 위협세력들로 부터 쉽게 탐지되므로 인해 함정에는 큰 위협 요인으로 대두되어 왔다. 특히, 강자성 재질로 만들어진 함정의 경우, 함정 부근에 존재하는 기뢰를 발화시키는 직접적인 원인을 제공할 뿐만 아니라 수중 및 항공 감시체계에서의 함정 탐지 수단으로 널리 이용되는 정 자기장 신호를 만들어 낸다. 함정에 의해 발생하는 정 자기장 신호는 일반적으로 유도 자기장과 영구 자기장의 두 가지 성분으로 분류된다. 유도 자기장 성분은 국부적인 지구 자기장 환경에 노출된 강자성 선체의 일시적인 자화 현상에 의해 발생되며 일반적으로 상용 전자장 수치해석 툴들을 사용하면 쉽게 예측이 가능하게 된다. 이에 반해 영구 자기장은 함정 건조 단계의 다양한 기계적 및 열적 피로 또는 외부 충격 및 폭발 등의 요인에 의해 영구적으로 생성되는 신호 성분으로 동일한 함정 제원을 가지는 경우에도 주변 환경 변화에 따라 서로 상이한 특성을 가지게 된다. 따라서 영구 자기장 성분의 예측에는 전자장 수치해석 기법의 직접적인 적용은 불가능하며 일반적으로 특정 위치에 설치된 자기센서들로 부터의 실측정 신호를 이용하여 함정 선체의 영구 자화 분포를 예측하는 역문제 해석 기법이 주로 사용되고 있다. 본 논문에서는 모델 함정의 임의 심도 및 진행 방향 변화에 따른 정 자기장 신호 분포 특성을 예측하기 위해 축소 모델 함정의 영구 자기장 신호 성분뿐만 아니라 유도 자기장 신호 성분에도 특이치 분해 방법을 이용한 역문제 해석기법을 적용하였다.

2. 함정 다이폴 모델링 해석 기법

전자기장 해석 분야에 있어 분석 대상에 대한 정보를 알지 못하고 단순히 분석 대상에 의해 연속된 위치들에서 계측되는 신호 값만을 알고 있는 경우에는 수치해석 기법에 근거한 순 문제(Forward Problem) 해석 방법으로는 원하는 해를 구할 수 없으며, 역 문제(Inverse Problem) 해석 기법에 근거한 근사 해를 구하는 방법이 도입되어야 한다. 모델 함정에 의한 유도 자기장 특성은 해석 영역 내의 지배방정식과 경계조건을 정의한 수치해석기법(유한요소법, 경계요소법 등)을 적용하면 정확한 예측이 가능하지만, 영구 자기장 특성은 현재까지 수치 해석기법을 통해서 예측 할 수 있는 방법이 존재하지 않으므로 역 문제 해석 기법에 근거한 등가 자기원 다이폴 모델링 기법을 적용하여 예측하였다. 또한 임의 심도 및 진행 방향 변화에 따른 실 함정 주변의 3차원 정 자기장 신호 분포 특성을 실시간적으로 예측하기 위해서는 영구 자기장 성분 이외에 유도 자기장 성분에 대해서도 수학적으로 모델링되어야 하므로 본 논문에서는 모델 함정의 영구 자기장 신호뿐만 아니라 유도 자기장 신호에 대해서도 등가 다이폴 모델링 기법을 수행하였다.

3. 실험결과

등가 다이폴 모델링은 1m 심도에서 선수방향을 남쪽으로 향한 상태에서 측정된 자기장 신호로 부터 영구 자기장 및 유도 자기장 신호를 분리하여 각각에 대해 수행되었다. 분리된 유도 및 영구 자기장 성분 각각에 대해 평균 편차 비교법을 적용하여 편차가 가장 작은 경우를 최적 다이폴의 해가 구해진 것으로 간주하고 다이폴 집합수를 하나에서 부터 차례로 증가시키면서 최적 다이폴 수를 구한 결과, 두 성분 모두 다이폴의 수가 7개일 때가

가장 평균 편차가 적음을 확인할 수 있었으며, 유도 자기장의 경우에는 평균 편차가 약 1.0 dB, 영구 자기장의 경우에는 약 2.9 dB 임을 확인하였다. 다이폴 모델링 결과에 대한 타당성을 입증하기 위해 모델 함정 아래 4m 각 측정 위치에서의 자기장 값을 계산하여 측정값과 비교하였으며 약 1.5 dB의 편차를 가졌다. 따라서 모델 함정의 등가 다이폴 모델링 결과를 이용하면 임의 위치 및 임의 수심에서의 자기장 신호를 쉽게 예측할 수 있음을 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 자기센서 배열로부터 측정된 모델 함정의 자기장 신호값으로부터 특이치 분해(Singular Value Decomposition) 방법을 이용한 등가 다이폴 모델링 기법을 제시하였다. 다이폴 모델링을 통해 예측된 자기장 값들은 모델 함정 아래 1m와 4m 심도에 설치된 자기센서들로부터 측정된 자기장 값들과 비교되었으며, 1m 심도에서는 유도 및 영구 자기장 성분 각각에 대해 약 1.0 dB와 2.9 dB, 4m 심도에서는 약 1.5 dB의 평균 편차를 나타냄으로서 제안된 기법이 타당함을 확인할 수 있었다. 본 논문에서 제안된 기법은 함 진행 방향 및 심도 변화에 의한 실제 함정에서의 정 자기장 신호 분포 특성 예측뿐 만 아니라 자기 탐지 위협 세력과 함정 상호 간의 실시간 영향 분석 장비 개발 시에도 직접 활용 가능할 것으로 사료된다.

5. 참고문헌

- [1] Laurent Demilier, and Dominique Saliou, Marelec Conference (2004).
- [2] Xavier Brunotte, and Gerard Meunier, IEEE Trans. On Magn., **26**, 2196(1990).
- [3] Xavier Brunotte, Gerard Meunier, and Hean-Paul Bongiraud, IEEE Trans. On Magn., **29**, 1970(1993).
- [4] A. Vishnevsky, I. Krasnov, and A. Lapovok, IEEE Trans. On Magn., **29**, 2152(1993).
- [5] OlivierChadebec, Jean-Louis Coulomb, Vincent Leconte, Jean_Paul Bongiraud, and Gilles Cauffet, IEEE Trans. On Magn., **36**, 667(2000).
- [6] G. J. Webb, Warship '94 International Conference, **5**, (1994).
- [7] C. S. Buck and G. A. Steel, Proceedings International Conference on Marine Electromagnetics, **P9**, (1997).
- [8] P. Neittaanmaki, M. Rudnicki, and A. Savini, Inverse Problems and Optimal Design in Electricity and Magnetism, Clarendon Press, Oxford(1996) p.161~171.
- [9] 이강진, 양창섭, 정현주, 김동훈, 대한전기학회지, **56**(8), 1412(2007).