

함정 자기 정속화를 위한 소자 코일 전류 최적화

윤관섭*, 이정우, 임선호, 이제민, 도재원

LIG 넥스원 Maritime 연구소

1. 서론

함정 선체인 강자성체에 의해 발생하는 영구자기장과 유도자기장을 저감하여 자기 스텔스를 실현하는 방법으로 탈자와 소자가 사용된다. 소자는 탈자처리 후 함정에 남아 있는 영구자기장과 지구자기장에 의해 선체에 유도되는 유도자기장을 최소화시키기 위한 방법으로 함정 내부에 3축 방향으로 코일을 설치하고 코일에 최적의 전류를 인가하여 수중 자기장 신호를 최소화 시키는 능동 스텔스 기법이다[1]. 소자코일에 인가할 전류량을 결정하기 위하여 특이치 분해 방법(Singular Value Decomposition, SVD)이 존재한다. 그러나 이 방법은 소자코일에 생길 수 있는 이상, 인가 가능한 전류량에 대한 제한 등을 고려하지 않는다는 단점이 있다. 즉, 함정 소자코일에 제한조건과 맞지 않는 결과만을 낸다. 이에 본 논문에서는 함정 소자코일의 fault나 인가 가능한 전류량을 고려하여 인가전류를 결정할 수 있는 알고리즘 개발을 위해 Particle Swarm Optimization(PSO)를 이용한다.

2. 적용 알고리즘

2.1 특이치 분해(SVD, Singular Value Decomposition)

소자코일에 전류를 인가하는 이유는 함정 탈자 이후 남아있는 자기장을 제거(소자)하기 위함이다. 따라서 소자코일에 흐를 전류의 크기는 탈자 이후 잔류 자기장을 정확히 0으로 보상(compensation)할 수 있는 자기장을 유도할 수 있는 만큼이어야 한다.

이 소자코일 효과 데이터 행렬을 C , 각 코일에 인가되는 전류의 크기 행렬을 m 이라고 할 때, 각 센서에서 측정되는 값들의 행렬 B 는 다음과 같다.

$$B=Cm \quad (1)$$

현재 함정의 잔류 자기장의 크기가 B 일 때, 우리의 목표는 B 의 각 행의 값을 최소화(=0)하게 하는 전류 m 을 결정하는 것이다. 그러나 C 는 정방행렬이 아닐 수도 있으므로 C^{-1} 은 존재하지 않는다. 이 경우 수식 3과 같이 SVD를 이용하여 잔차(Residual Error)를 최소화하는 근사 해를 구하게 된다[2].

2.2. 입자 군집 최적화(PSO, Particle Swarm Optimization)

PSO는 물고기, 새떼와 같이 군집 활동을 하는 집단의 행동양식을 모방한 자연계 기반 확률적 계산최적화 방법이다. 입자들은 최적화될 함수공간 상의 하나의 해를 나타낸다. 통상 함수 매개변수의 수에 따라 d 차원 벡터로 표시된다. 각 입자들은 각자가 경험한 최적 해(pbest)의 위치를 가지며 집단전체는 집단 전체적으로 경험한 최적 해의 위치(gbest)를 가진다. 즉, PSO는 탐색을 반복하면서 얻어진 벡터(pbest, gbest)들의 방향으로 각 입자들의 현재 위치를 수정해 나가면서 전역 최적 해를 찾기를 확률적으로 기대하는 알고리즘이다[3].

$$v_{id}^{k+1} = w \times v_{id}^k + c_1 \times rand() \times (pbest_i - x_{id}^k) + c_2 \times rand() \times (gbest - x_{id}^k) \quad (2)$$

4. 모의실험 결과

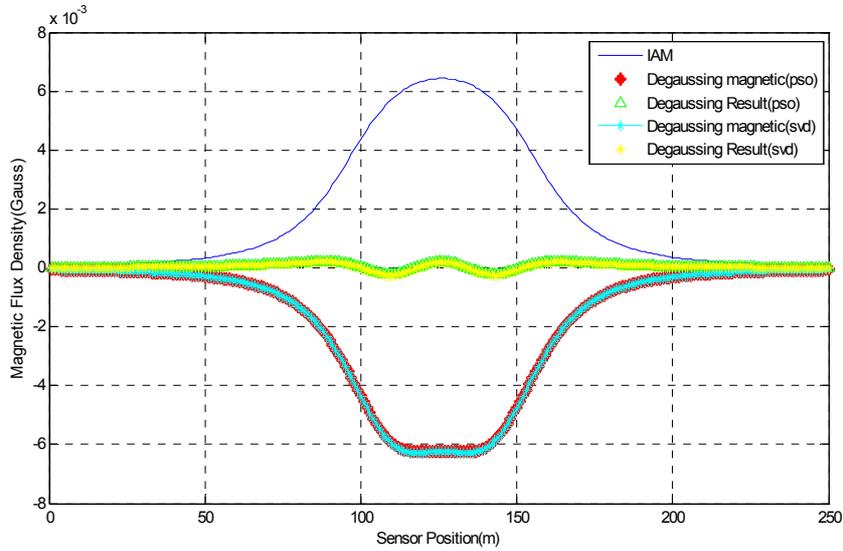


그림 1. 전류제한이 없는 경우 IAM 소자에 대한 SVD방식과 PSO방식의 소자결과 비교

그림 1은 소자코일에 인가할 전류량의 제한이 없는 경우 SVD를 이용한 소자 방법과 PSO를 이용한 소자 방법의 결과를 비교하고 있다. 이런 경우 SVD를 이용한 방법은 그 특성상 항상 결정론적인 최선의 답을 낸다고 할 수 있다. 평균 소자율 96%에 달하는 성능이다. 그림 1에서 두 방식의 degaussing magnetic 그래프가 서로 일치하고 있다.

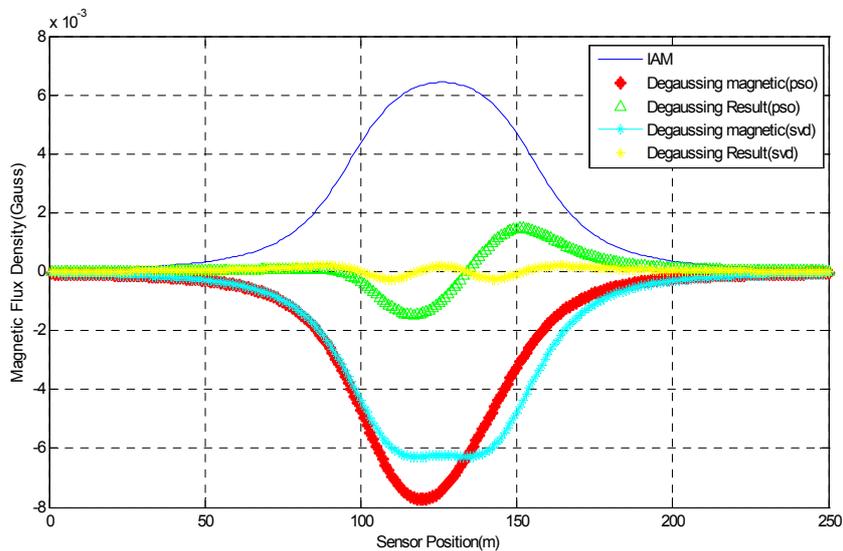


그림 2. 전류제한이 있는 경우 IAM 소자에 대한 SVD방식과 PSO방식의 소자결과 비교

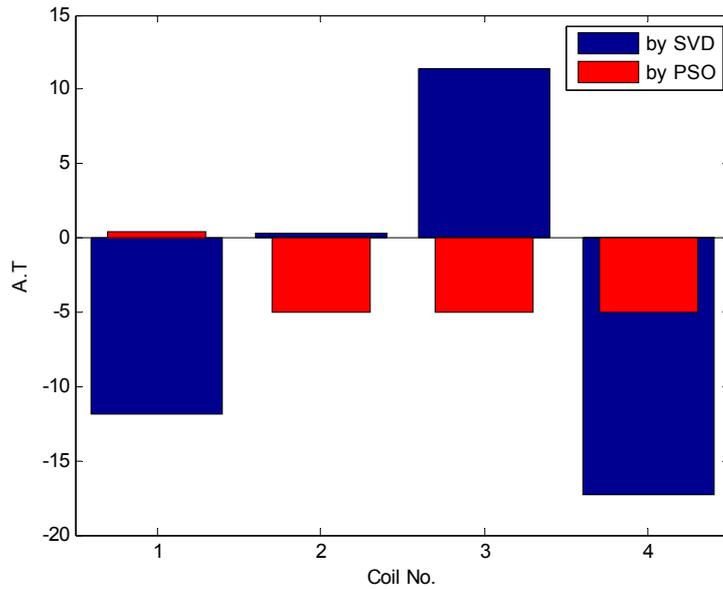


그림 3. 전류제한이 있는 경우 IAM 소자에 대한 SVD방식과 PSO방식의 전류량 비교

그림 2는 그림 1의 실험에 대해 A코일 전류인가량에 ± 5 Ampere의 제한 조건을 가하였다. 그림 3에서 나타나는 바와 같이 SVD는 소자 코일 전류 제한과 같은 상황을 반영하지 못한다. 이는 실제 환경에서의 정밀교정 시 치명적인 시스템 결함으로 나타날 수 있다. 반면, PSO를 이용한 방식은 주어진 전류 조건 내에서 코일에 인가할 전류량을 결정한다. 비록, 그림 2에서 보여지는 것과 같이 소자결과는 평균 소자율 77%에 그칠 정도로 좋지 않지만, 이는 소자 장비 자체의 한계이며, 그러므로 제안된 방식은 실제 정밀교정 시스템 운용자로 하여금, 코일 전류 인가와 관련된 H/W들의 fault를 인지할 수 있게 한다.

4. 결론

본 논문은 합정 자기장 정밀교정 시 사용되는 소자코일에 인가할 전류량을 제한된 조건을 고려하면서 최적화할 수 있는 방안을 소개하였다. 제안된 방법은 SVD를 이용한 방법과 같은 조건에서 비슷한 성능을 내었고, 제한조건을 반영하지 못하는 SVD의 단점을 극복하였다.

향후 실험 과제로 코일 별 제한조건 여부를 고려할 것이며, 이 문제에 적용된 PSO자체의 parameter 최적화를 수행할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] Timothy Malcolm Baynes BSc. (2002), Analysis of the Demagnetisation Process and Possible Alternative Magnetic Treatments for Naval Vessels : Doctor of Philosophy's thesis, The University of New South Wales, School of Physics, Faculty of Science.
- [2] 양창섭, "합정에서 발생하는 수중 전자기장 신호 특성 예측 기법", 박사학위 논문, 경북대학교 대학원, 2008
- [3] J. Kennedy, R. Eberhart, "Particle swarm optimization", Neural Networks, Proceedings., IEEE International Conference on, 1995