

금속성 구조물에서 근접 자기장 유도 결합기의 자심의 성능 해석

손경락*, 김현식

*한국해양대학교, 매트론(주)

*krsohn@kmou.ac.kr

Performance Analysis of Magnetic Core of Near Magnetic Field Inductive Coupler in Metallic Structure

Kyung-Rak Sohn*, Hyun-Sik Kim

*Korea Maritime and Ocean Univ., Matttron Corp.

요약

본 논문은 금속 구조물 또는 금속성 물질을 투과해서 작동할 수 있는 코일형 자기장 통신 시스템에서 자심의 역할과 성능을 분석하였다. COMSOL을 이용하여 금속벽으로 분리된 두 개의 결합기 모델을 생성하고 공심코어와 연자성체 코어에 대한 결합 특성을 시뮬레이션 하였다. 해석결과를 바탕으로 제작된 결합기를 이용하여 근접 자기장 통신 성능 시험을 수행하였다.

I. 서론

전자기와 기반의 무선 통신은 물리계층 기반의 통신과 응용을 주도한 전통적인 기술이다. 그러나 이 기술을 그대로 적용하기에는 적절하지 않은 통신환경이 다수 존재한다. 수중, 지하터널, 광산, 또는 선박과 같은 금속구조물에서 전자파는 높은 경로 손실과 구조물의 변화하는 특성으로 인한 통신채널 조건이 급격하게 변함에 따라 저주파 영역을 사용하게 되는데 이때 안테나가 커지는 문제에 직면한다. 이러한 문제를 부분적으로 해결하는 대체적 물리계층 액세스 기술로 자기장 통신이 제안되었으며, 신체 영역 및 근접거리 통신을 위한 기술로 주목받고 있다 [1].

본 논문은 금속성 구조물 환경에서 또는 금속을 통해 작동할 수 있는 자기장 통신 시스템에서 자심의 역할과 성능을 분석하였다. COMSOL을 이용하여 금속벽으로 분리된 두 개의 결합기 모델을 생성하고 공심코어와 연자성체 코어에 대한 결합 특성을 시뮬레이션 하였다. 해석결과를 바탕으로 제작된 결합기를 이용하여 근접 자기장 통신 성능 시험을 수행하였다.

II. 본론

자유공간에서 거리 d 만큼 떨어진 무선링크의 송신 안테나가 무지향성이고 무손실이며 총 전력 P_t 이 송신 안테나에 전달된다고 가정할 때, 송수신 전력관계를 나타내는 Friis 전송공식으로부터 다음과 같이 수신기 전력밀도 P_r 을 계산하면 $P_r = \frac{P_t}{4\pi d^2} G_t A_{er} = P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 G_t G_r$ 이다. 여기서 P_t 와 G_t 는 송신기전력과 이득, A_{er} 는 수신기의 실효개구면적이다. 수신기의 이득은 $G_r = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{er}$ 로 주어지며, λ 는 수신 안테나의 유효 개구 면적을 나타내는 파장이다 [2]. Figure 1은 5 mm 두께의 철판에 의해 분리된 자기장 유도 결합기의 COMSOL 모델로 시뮬레이션 후 자속밀도 분포와 전류밀도를 보여준다. Figure 1 (a)와 같이 안테나 코일이 원형 자심에 감겨져 있다면 수신기에서의 자속밀도는 자심의 투자율 μ 에 의해 향상되어 $B = \frac{\mu N R^2 i}{2d^3}$ 로 추정할 수 있다. 여기서 i 는 코일의 루프 전류, N 은 코일의 권수, R 은 코일의 반경이다. 수신점에 송신기와 동일한 자심을 가진 수신기가 위치하면 전송 및 수신 자속은 각 코어의 상대 투자율과 동일한 요소로 증폭된다. 그러므로 유도성 안테나는 자심의 상대 투자율과 동일한 이득을 얻는다. 즉, 자심으로 인해서 더 작은 반경의 코일을 사용하여도 자기유도 안

테나 성능은 유지할 수 있다. 수신기 코일에 유도될 수 있는 전압은 $V = \omega \mu B N A$ 로 자속 밀도 B , 코일의 면적 A , 작동 주파수 ω 및 코일의 권수 N 에 비례한다. 이 전압은 투자율이 μ 인 연자성체 코어에 의해 향상된다. Figure 1 (b)는 자심으로 페라이트 코어를 사용한 경우의 출력전압 파형으로 Figure 2 (c)의 공심코일일 때보다 8배 증가한 출력 전압을 얻을 수 있다.

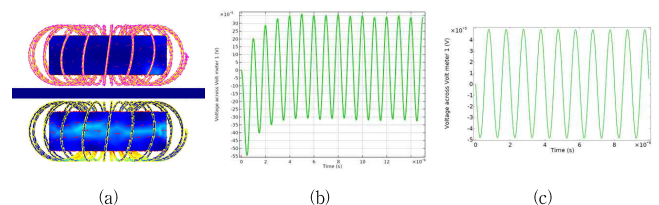


Figure 1. Comsol simulation results. (a) Configuration of the MI couplers (b) output voltage with core, and (c) output voltage without core.

III. 결론

본 논문에서는 금속 구조물에 의해서 전자기파가 차단되어 통신이 어려운 경우 자기장을 이용한 근접 통신의 해석 결과를 보여주었다. 자심을 가진 코일의 자기장 유도결합 성능이 공심코일보다 우수하여 금속 차폐물이 있는 무선통신환경에서 근접 자기장 통신 시스템으로 자심 코일이 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was financially supported by the Ministry of SMEs and Startups (MSS), Korea, "Regional Specialized Industry Development Program (R&D, S3085628)" supervised by KIAT.

참고 문헌

- [1] Hott, Maurice, Peter A. Hoehner, and Sebastian F. Reinecke. "Magnetic Communication Using High-Sensitivity Magnetic Field Detectors" Sensors 19, no. 15, 3415, 2019.
- [2] M. Masihpour, "Cooperative Communication In Near Field Magnetic Induction Communication Systems," Ph.D. dissertation, 2012.