

# 전기자동차 무선충전기에 적용 가능한 커패시티브 기반 생명체 감지 센서

곽형걸, 정석용, 임춘택  
KAIST 원자력 및 양자공학과

## Living Object Detection Sensor Based on Capacitive Method for Wireless EV Chargers

Hyung G. Kwak, Seog Y. Jeong, and Chun T. Rim  
Dept. of Nuclear and Quantum Engineering, KAIST

### ABSTRACT

본 논문에서는 전기자동차 무선충전기에 적용 가능한 커패시티브 기반 생명체 감지 센서를 제안한다. 유한 요소 해석 시뮬레이션을 이용해 빗 구조와 나선 구조 두 가지 형태의 생명체 감지 센서에 대한 시뮬레이션을 수행하였고 나선 구조를 지닌 생명체 감지 센서가 단위면적당 약 20 % 더 큰 커패시턴스를 가지는 특성을 확인하였다. 나선 구조 생명체 감지 센서와 생명체를 모사한 팬텀을 이용해 높이에 따른 커패시턴스 변화를 측정 한 결과 팬텀의 높이 1.2 cm에서 측정된 커패시턴스는 4.5 %가 증가한 것을 확인하였다.

### 1. 서론

최근 전기 자동차에 대한 관심이 높아지면서 사용자의 편의를 위한 IPT(Inductive Power Transfer)기반 무선충전 기술이 활발히 연구되고 있다.<sup>[1]</sup> 무선충전을 시작하게 되면 송신패드에 흐르는 전류에 의해 발열이 생기는데 그림 1과 같이 겨울철 고양이나 강아지 등의 동물들이 추위를 피해 송신패드로 이동하는 경우가 있다.<sup>[2]</sup> 송·수신 패드로부터 일정거리 떨어진 지점에서 ICNIRP 가이드라인이 규정하는 27 uT 이하의 자속밀도를 만족하더라도, 실제 전력전달이 이루어지는 송·수신패드 사이 공간에는 강한 자기장이 형성되어 있다. 만약 생명체가 송신패드 위에 위치하여 자기장에 장시간 노출될 경우 발열 현상과 같은 문제가 생길 수 있다.

생명체를 감지하기 위한 방법으로는 RF, 적외선 방식 등이 있으나 설치과정이 복잡하고 송·수신패드 정렬이 제대로 되지 않을 경우 측정 정밀도가 낮아진다는 단점이 있다. 본 논문에서는 IPT기반의 전기자동차 무선충전기에 적용 가능한 생명체 감지 센서 구조를 제안하고 실험을 통해 적용 가능성을 확인하였다.



그림 1 무선충전 중 생명체의 개입

### 2. 생명체 감지 센서

#### 2.1 생명체 감지 센서 동작 원리

제안하는 커패시티브 기반 생명체 감지 센서는 송신패드 상부에 설치되고 전력전달을 방해하지 않는 구조로 이루어져야 한다. 생명체 감지 센서는 송신패드에서 발생한 자기장에 의한 와전류 생성이 최소가 되도록 큰 저항 값을 가지고, 유도전압이 생기지 않도록 페루프를 이루지 않는 두 가닥의 도체로 구성된다.

그림 2는 생명체가 존재할 때 기생 커패시턴스를 증가화한 모델이다. 생명체가 존재할 경우 도체와 생명체간 존재하는 커패시턴스  $\Delta C_M$ 는 거리가 가까워짐에 따라 증가한다. 제안하는 생명체 감지 센서는 두 도체 사이에 측정된 커패시턴스  $C_{mea}$ 의 변화를 이용하며 생명체가 존재할 경우  $C_{mea}$ 은 식 (1)과 같이 증가하고 생명체가 없을 경우 그 값이 감소하게 된다.

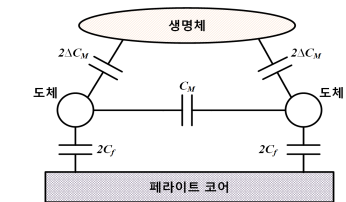


그림 2 생명체가 있을 경우 등가모델

$$C_{mea} = C_M + \Delta C_M + C_f \tag{1}$$

#### 2.2 생명체 감지 센서 구조

생명체를 감지하기 위한 면적을 넓히기 위해 그림 3과 같은 구조를 제안하였다. 빗과 나선 구조 두 가지에 대하여 패턴사이 간격이 간격에 따른 커패시턴스 변화를 유한요소 시뮬레이션 Q3D Extractor를 이용해 확인하였다.

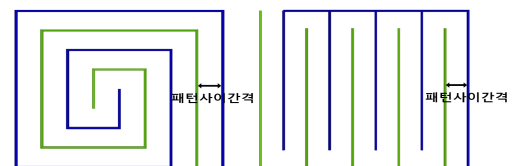


그림 3 빗 구조 커패시터(좌), 나선 구조 커패시터(우)

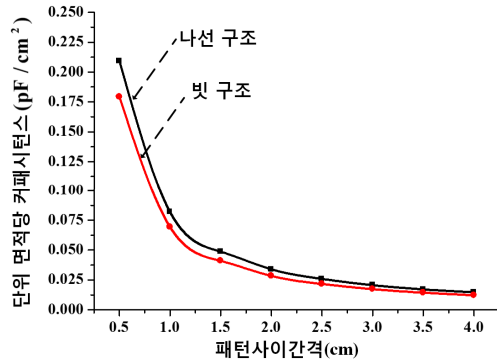


그림 4 패턴 사이 간격에 따른 커패시턴스 변화

패턴사이 간격 변화에 따른  $C_M$ 의 변화는 그림 4에 나타난 바와 같이 나선 구조의 생명체 감지 센서가 빔 구조의 생명체 감지 센서에 비해 약 20 % 더 큰 것을 알 수 있다. 생명체에 의한 커패시턴스 변화량이 같다고 가정하고 도체와 코어 간 존재하는 커패시턴스  $C$ 를 고려할 경우  $C_M$ 값이 클수록  $C$ 에 의한 영향이 상대적으로 작아지기 때문에 면적당 커패시턴스가 큰 나선 구조가 생명체 감지 센서로 더 유리하다.

패턴사이 간격이 좁아질수록  $C_M$ 은 증가하고 상대적으로  $C_f$ 에 의한 영향이 감소하지만  $\Delta C_M$  또한 감소하게 되므로 생명체의 크기나 측정 높이, 기생커패시턴스 등을 고려해 최적의 간격이 결정되어야 한다.

### 3. 실험

제안하는 나선구조의 생명체 감지 센서의 실험세트를 그림 5와 같이 구성하였으며, 실험 세트에 대한 파라미터는 표 1에 나타내었다.

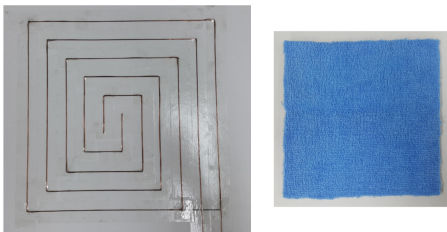


그림 5 나선 구조 생명체 감지 센서(좌), 패턴 모사 소금물 형겅(우)

표 1 생명체 감지 센서 및 패턴의 치수

생명체 감지 센서 크기	20cm x 20cm
패턴사이 간격	2cm
코일 직경	0.5mm
패턴의 크기	15cm x 15cm
패턴의 염도	0.9%

생명체 감지 센서의 크기는 송신패드 코어보다 작도록 20 x 20 cm<sup>2</sup> 로 제작 하였으며, 코어와의 간격은 5mm로 유지하였다. 측정은 동물이나 사람을 대상으로 할 경우 동일한 조건을 유지하며 반복실험을 수행하기 힘들고 크기나 유전율, 도전을

등과 같은 파라미터가 측정 대상 마다 다르기 때문에 동일한 결과를 얻기 어렵다. 따라서 혈액 내에 존재하는 염도와 비슷한 수준의 0.9 %의 소금물을 적신 형겅을 생명체 패턴으로 모사하였다.  $C_M$ 의 값은 수 pF ~ 수십 pF 수준으로 크지 않기 때문에 정확한 측정을 위해 인가전압과 인가주파수는 NF사의 ZM2410 LCR미터가 공급할 수 있는 최대전압 1V, 최대주파수 1MHz 조건에서 커패시턴스를 측정하였다.

패턴의 높이에 따른 커패시턴스 변화는 그림 6에 나타나 있으며 패턴의 높이가 낮아질수록  $C_{mea}$ 은 증가하는 것을 확인 할 수 있다.  $C_f$ 가 고려된 경우 패턴의 높이 1.2cm에서 측정된  $\Delta C_M$ 은 0.09 pF, 변화율은 1.2 %로  $C$ 에 의한 영향 때문에 변화율이 크지 않은 것으로 보인다. 코어에 의한  $C_f$ 영향을 제거한 후 동일한 조건에서 실험을 수행한 결과 패턴 높이 1.2cm인 조건에서  $\Delta C_M$ 은 0.07 pF 으로 약 4.5 % 증가한 것을 확인하였다.

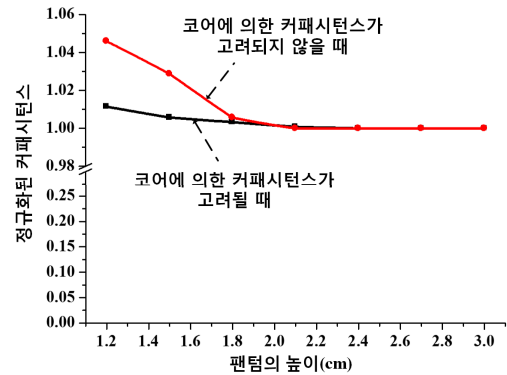


그림 6 패턴의 높이변화에 따른 커패시턴스 변화

### 4. 결론

본 논문에서는 IPT 기반의 전기자동차 무선충전기에 적용 가능한 생명체 감지 센서를 제안하였고, 생명체 패턴을 이용해 1.2cm 높이에서 커패시턴스가 4.5 % 증가한 것을 확인하였다. 향후, 생명체의 종류, 충전 중 동작, 대기 그라운드 효과 등을 고려한 보다 안정적인 계측 방법에 대해 연구하고자 한다.

This work was supported by the Technology Innovation Program (10052912, Development of Induction/magnetic resonance type 6.6kW, 90% EV Wireless Charger) funded By the Ministry of Trade, industry & Energy(MI, Korea)

### 참고 문헌

- [1] Su Y. Choi, Beom W. Gu, Seog Y. Jeong, and Chun T. Rim, "Advances in Wireless Power Transfer Systems for Roadway Powered Electric Vehicles," *IEEE JESTPE*, vol. 3, no. 1, pp. 18 - 36, Mar. 2015.
- [2] Sonapreetha. M. R., Seog Y. Jeong, Su Y. Choi, and Chun T. Rim, "Dual-purpose Non-overlapped Coil Sets as Foreign Object and Vehicle Location Detections for Wireless Stationary EV Chargers," *Emerging Technologies: Wireless Power (WoW), 2015 IEEE PELS Workshop on*, June 2015.