

유도방식 무선충전기용 송수신 장치간 정렬상태 검출기법

이상곤* 정회원, 김재명** 종신회원

The method of alignment detection between Tx and Rx set in wireless inductive charger

Sang Gon Lee* Regular Members, Jae Moug Kim** Lifelong Members

요 약

본 논문은 무선충전기에 있어서 효율 증대 기법에 관한 것으로, 송수신 장치간 정렬상태를 수신 장치인 스마트폰에 표시할 수 있는 방법을 제시한다. 구현된 무선충전기는 세계 표준인 WPC(Wireless Power Consortium) 방식을 기반으로 되어 있어 수 100kHz 이하의 주파수로 동작하고 누설 자속을 최소화할 수 있도록 자기장 차폐체를 사용한 송수신 코일 구조를 갖는다. 송수신 장치의 정렬 상태를 확인할 수 있는 종래 방식은 수신단 코일의 수신 레벨만을 표시하는 단순 방식이지만 본 방식은 수신 장치의 위치까지 알 수 있어 보다 진보된 방식이라 할 수 있다. 무선 충전기 송수신 장치의 정렬상태 검출을 위하여 수신 코일의 위치변화와 자기장 세기가 서로 선형관계에 있음을 확인하고 삼각측량법을 이용하여 이 선형관계가 위치 정보로 변환될 수 있음을 보였다. 실험을 통하여 선형관계에 영향을 미칠 수 있는 요소들을 분석하고 이 요소들을 최적화한 상태에서의 선형 특성을 가질 수 있음을 보였다.

Key Words : alignment, WPC, inductive coupling, wireless charging, charging efficiency

ABSTRACT

This paper is about increasing transfer efficiency of wireless power transmission. The new method is proposed to detect the alignment of transmitter and receiver of wireless charger and so smart phone can display the position of wireless charging receiver on its LCD panel for the maximum charging efficiency. The previous method is only to show the transfer efficiency, but this method is to show not only the efficiency but also coordinates of receiver. The apparatus of the wireless charger is based on WPC(Wireless Power Consortium) standard and has planar air coil combined with magnet shield in Tx and Rx device so that the leakage flux is minimized on condition of under hundreds of kHz operating frequency. In this paper, it's showed that relation of magnet field and distance of each coils can be linearized and position information of Tx and Rx device is calculated thru trigonometry. Through the experiment, the obstacles of linearity are discovered and also showed that it can be optimized. and so the presented method is suitable for alignment detection method of Tx and Rx device in WPC wireless charger.

I. 서 론

현재 IT기술, 특히 이동통신기기의 발전은 급속도로 진행되어 최근 개인이 휴대폰, MP3 플레이어, 디지털카메라 등 여러 개의 휴대 가능한 디지털기기를 보유하고 있는 상황이다. 이와 같은 발전 속에 유일하게 발전이 지체되고 있는 분야가 바로 전원 관련 분야이며, 근래 다양한 모바일기기의 급속한 보급 속에 전원공급을 유선으로 하고 있다는 불편함은 무선충전 및 무선전력전송에 대한 관심을 크게 증대시키면서 관련 산업 분야에 새로운 시장을 창출하고 있다 [1-2].

무선전력전송 (WPT: Wireless Power Transfer)이란 가전기구나 전기자동차 등에 전원을 공급하는 전원선 (power cable)을 없애고 이를 무선으로 대체하는 기술을 말한다. IT기기의 경우는 이동통신망이나 무선 LAN (Wi-Fi)을 통하여 정보 전달이 무선으로 자유롭게 이루어지고 있으나, 기기의 전원공급은 내장된 배터리를 이용하고 있으므로 배터리 충전을 위한 전원선이 반드시 필요하다. 따라서 이러한 전원선을 없앨 수 있는 무선전력전송에 대한 관심이 집중되고 있다. 특히 전기자동차의 경우 충전할 때 마다 전원선을 연결하기 어려우므로 전기자동차의 활성화를 위해서도 무선전력

* (주)에스엔파워콤 연구소 (sylvester.lee@snpowercom.com), ** 인하대학교 전자공학과 (jaekim@inha.ac.kr)
접수일자 : 2014년 2월 14일, 수정완료일자 : 2014년 3월 8일, 최종 게재확정일자 : 2014년 3월 11일

전송 기술의 개발 및 적용이 필수적이다[3].

무선 충전 방식에는 이미 몇 가지가 제안되어 왔다[4]. 그 중 하나는 전자기 유도 원리를 이용한 비접촉식(contactless) 충전 방식으로서, 이것은 변압기 사이를 분리하여 한쪽 코일에서 다른 쪽 코일로 전자기 에너지를 전달하는 방식이다. 이 방식은 에너지 전달 거리가 수 밀리미터만 넘어가도 전력 전달 효율이 크게 떨어지기 때문에 전동 칫솔과 같은 일부 응용 분야에 제한적으로 적용되고 있다. 다른 기술로는 레이저 또는 마이크로파 기술을 이용한 전력 전송 방식으로서, 이것은 먼 거리에 높은 에너지를 전달할 수 있는 장점이 있지만 일반적인 휴대용 소형 단말기에 적용하기에는 위험 요소가 너무 많다. 그 외에도 초음파 기술을 이용하여 에너지를 전달할 수도 있지만 아직까지는 무선 충전에 적용되기는 어려운 상황이다[5].

2007년에는 MIT 연구팀에서 전자기 공진 기술을 적용하여 그 가능성을 시험한 바 있으며 전기 자동차, 소형 로봇, 휴대용 단말기 등의 다양한 분야에서 많은 연구 개발이 진행되고 있다. 위에서 언급된 여러 기술 중에서 비교적 휴대용 소형 단말기에 적용하기에 적합한 것으로 인식되고 있는 기술은 전자기 유도 원리를 이용한 방식으로서 전력 전달 거리를 늘리고, 전력 전달 효율을 증가시키기 위한 노력이 계속되어 왔다[6].

무선전력전송 기술이 개발되었지만 수백 kHz 대의 저주파를 사용하는 비접촉식유도결합(Induction coupling) 방식을 제외하고는 대부분 상용화되지 못하고 있다. 이러한 유도식 전력전송 방식의 유일한 단점은 무선전송구간이 매우 짧아 송수신 코일간 거리를 5mm 이내로 근접시키지 않으면 전력 전송이 불가능하거나 전송 효율이 상당히 감소하는 단점이 있다. 그러나 대부분의 유도식 충전기의 송신장치가 PAD 타입이고, 수신 장치를 PAD 위에 올려놓고 사용하는 방식이어서 거리 문제가 발생하지 않으나 송수신 장치 간 정렬이 일치하지 않으면 충전 범위를 벗어나거나 충전 효율이 저하되는 문제가 있다. 유도식 무선충전 장치 제조사들은 사용자 하여금 송수신장치를 정렬이 되도록 권장하고 있으나 사용자가 정렬상태를 직관적으로 확인할 수 없어 많은 어려움이 있다. 본 논문에서는 이러한 유도식 무선전력전송 기술의 한계를 극복하고자 전송 효율을 표시해주는 기존 방식[9]보다 진보한 방식인 송수신 장치간 거리를 측정할 수 있는 방법을 제시하고 구현된 측정방식으로 스마트폰 어플을 제작하여 송수신 장치간 거리를 좌표로 보여줄 수 있도록 하였다. 무선충전 수신 장치가 내장된 스마트폰에 무선충전 송신장치와의 정렬 상태를 표시하여 사용자가 정렬상태를 직관적으로 판단할 수 있도록 정렬상태를 LCD 화면에 표시해준다.

II. 송수신 장치간 거리 측정 방법

1. 무선충전 장치의 구성과 전력전송 절차

무선 충전장치는 송신장치와 수신 장치로 나뉘고 송신 장치와 수신 장치는 각각의 송신 코일과 수신 코일을 갖고 있어 이 두 코일을 근접하여 전기유도현상으로 전력을 전송하는 방식으로 구현되어 있다. 본 논문에서는 무선충전 세계 표준인 WPC(Wireless Power Consortium) 권고 사항을 준수하는 시스템을 구성하였다.

그림 1은 WPC 표준의 무선 충전 송수신 장치의 구성도를 보이고 있다[7]. 송수신 장치 전력 전송은 기본적으로 두 장치의 송수신 코일을 맞대고 자기유도로 전력을 전송하는 것이 기본 원리이며, 두 개의 장치 중 전력 전송을 하는 부분을 송신 장치, 전력을 받아 부하(Load)에 전력을 공급하는 곳을 수신 장치라 한다.

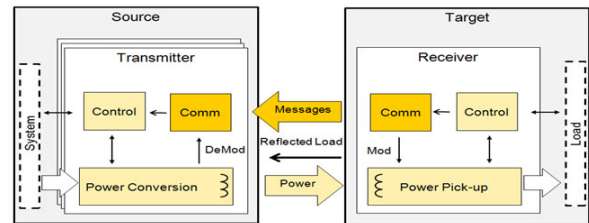


그림 1. WPC 무선 충전 송수신 장치 구성도

이러한 동작을 하기 위해서는 송신장치에는 송신 코일이 있고, 수신 장치에는 수신 코일이 설치되어 있으며, 이 두 코일 관계는 실제 코어가 없는 트랜스포머의 형태를 갖추고 있다. 여기에 자기장을 결집시켜 주는 차폐재(Magnetic shield)를 코일에 부착하여 누설자속(Leakage flux)를 줄여 효율을 높여주도록 하고 있다.

전력 전송은 몇 가지 단계를 거쳐 진행이 되는데, 첫 번째 단계로 송신 장치가 수신 장치의 존재를 알아내기 위한 단계에서는 수신 장치의 존재 뿐 아니라 금속 같은 전력을 전송하기에 적절하지 않은 물질이 놓여 있는지 조차 구별한다. 만약 적절한 수신 장치를 찾아 내지 못했다면 일정 시간 동안 대기(Stand-by)하였다가 다시 수신 장치를 확인한다. 두 번째 단계에서는 실제 전력 전송을 하기 직전 단계로 수신 장치로부터 전력 전송에 관한 기본 정보를 받고, 마지막 단계로 실제 전력 전송을 수행한다. 이 마지막 단계에서는 실제 전력 전송을 하면서 동시에 수신 장치의 수신 전력을 확인하면서 일정 전력이 전송되도록 송신 전력을 제어하는 기능도 수행한다.

2. 무선충전 차폐재

교류 자기장이 전도체 표면에 입사될 경우, 그 수직면 방향으로 맴돌이 전류가 발생하여 입사된 자기장을 상쇄시키

는 2차적인 자기장을 만들어 차폐효과가 나타난다. 교류 자기장의 입사에 의해 전도체 내에서 발생하는 맴돌이 전류는 M. Faraday의 전자기 유도 법칙에 의해 다음의 수식으로 표현할 수 있다.

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}, \quad \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\iint \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S} \quad (1)$$

그러나 정자계 또는 100 kHz 이하의 저주파 자기장은 맴돌이 전류가 발생하지 않거나 매우 미약하여 입사된 자기장 세기가 클 경우, 이를 상쇄하지 못하므로 전도체만으로는 차폐가 불가능하게 되므로, 입사된 자기장을 소재 내에 대부분 속박시켜 높은 자속 밀도를 구현할 수 있는 연자성 소재 (softmagnetic material)의 차폐제가 필요하게 된다. 차폐효과를 높이려면, 응용제품의 특성에 따라, 차폐제 사용 공간과 차폐 주파수 대역을 고려하여 차폐소재를 결정하게 된다 [8].

무선충전 장치에서는 이러한 차폐제를 사용하여 자기장으로 인해 타 전자 기기에 영향을 주지 않거나 전력 전송 효율을 높일 수 있다. 그림 2는 차폐제와 같이 사용된 무선충전용 송수신 코일을 보이고 있다.



그림 2. 무선충전 송수신 코일
(a) WPC type A11 송신 코일
(b) 제작된 수신 코일

WPC 무선충전 시스템은 전력 전송 주파수 110~205 kHz 범위의 교류 자기장을 발생시켜 수신 코일에 전류를 유도시켜 전력을 공급한다. 송신부에서는 1.0mm 두께의 투자율 3,600 정도의 MnZn ferrite 소재의 차폐제가 사용되고 있으며, 수신부에도 금속소재인 배터리 케이스로 투과되는 자기장을 차단함으로써 수신부 코일에 유입되는 자기장을 강화하여 전송효율을 높이고자 일반적으로 투자율120~200, 두께 0.08~0.2 mm의 차폐제가 사용되고 있다. 휴대폰 배터리 등으로 누설된 자기장은 금속의 표면에서 맴돌이 전류를 발생시켜 열을 발생시키거나, 휴대폰의 각종 신호처리 회로부에 전자기장 간섭을 야기하여 오동작을 일으킬 수 있다.

그림 3은 차폐제가 사용되면 코일에서 발생하는 자력선의 형태가 코일을 중심으로 동심원을 그리는 자력선 형태에서 코일과 차폐제를 중심으로 더욱 속박된 형태로 바뀌게 되는 형상을 보여주고 있다. 이는 외부 전자기기의 영향을 줄이는 효과를 주기도 하지만 전력전송의 매개 역할을 하는 자속 (Magnetic field)를 송수신 코일로 집속하여 외부로 손실되는 누설자속(Leakage flux)의 양을 줄여주기 위함이기도 하다.

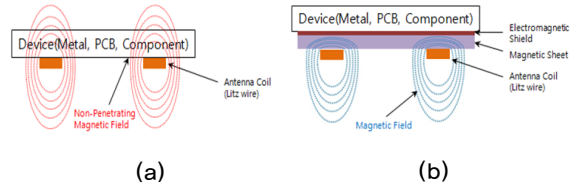


그림 3. 차폐제에 의한 자기장의 변화
(a) 도선 주변의 자기장
(b) 차폐제 내부로 자기장이 속박된 상태

3. 송수신 코일의 변위와 효율

송수신 코일의 위치가 서로 정렬이 되어 있다면 송수신 코일간의 누설자속이 최소화되고 전력전송의 효율이 최대가 된다. 이때에 수신 코일이 송신코일 상에서 위치 변화가 생기면 위치변화가 생기는 방향으로 누설 자속이 커지게 되고 누설 자속이 커지는 만큼 전력전송의 효율은 저하하게 된다. 그림 4에서는 최대전력 효율을 기준으로 수신 코일이 송신 코일과 거리가 멀어질수록 효율이 저하되는 효율 변화율을 나타낸다.

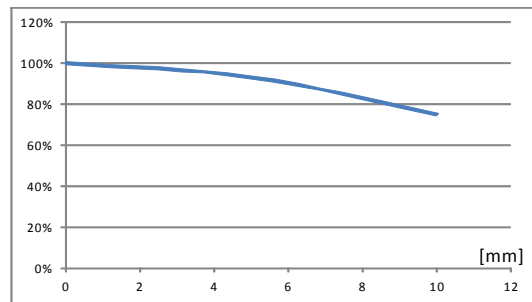
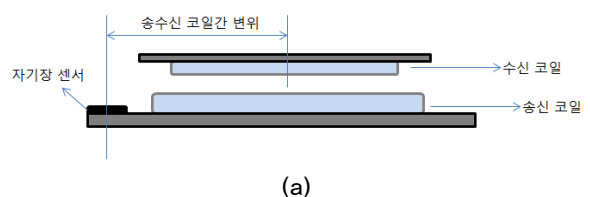
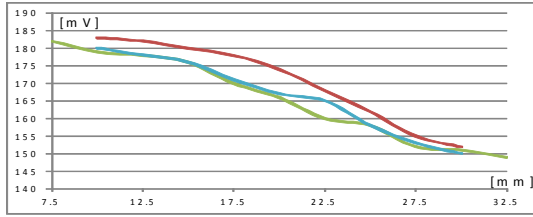


그림 4. 송수신 코일간의 위치 변화에 따른 전력 전송 효율 변화율.

무선충전 장치를 사용하면 그림 5(a)처럼 송신 코일과 수신 코일은 서로 마주보게 되고 차폐제에 의해 두 코일은 서로 감싸 유도전력을 전송하는 상태에서 자속의 변화량은 수신코일과 송신코일의 변위량과 상관관계를 갖는다. 자속 측정용 센서를 사용하여 자속 변화량을 측정하여 그 상관관계를 구할 수 있다. 송수신 코일간의 변위를 센서 중심으로 측정할 경우 그림 5(b)에서 수신코일이 센서와 가까이 있을 경우와 멀리 있을 경우 센서에서 검출되는 레벨의 변화를 확연히 알 수 있다. 단일 센서를 사용하였을 경우 센서와 수신코일간의 거리 대비 센서 입력 레벨의 관계를 측정하여 아래 표 1과 같은 센서 레벨의 거리 환산표를 만들 수 있다.



(a)



(b)

그림 5. (a) 송수신 코일과 센서의 위치
(b) 송수신 코일의 변위와 센서 입력 레벨

표 1. 센서 입력 레벨과 수신 코일 위치 관계표

센서 입력레벨[mV]	수신 코일과의 거리[mm]
183	7.5
180	10
176	12.5
171	15
167	17.5
164	20
155	22.5
153	25
152	27.5
148	30
149	32.5

4. 삼각측량법

평면상의 어느 한 점의 위치를 알기 위해서는 이미 알려진 세 개의 점에서의 상대적 거리를 구하여 알 수 있는 삼각측량법을 이용할 수 있다. 자기 센서 3개로부터의 거리를 센서 레벨로 구하고 그 거리로부터 수신 코일의 좌표를 구할 수 있다.

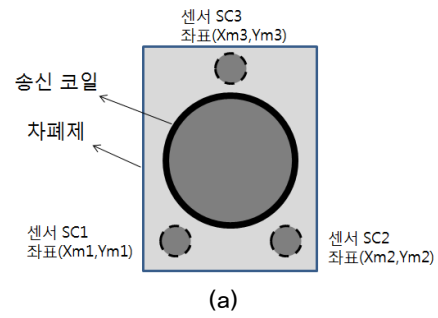
그림 6에서 세 개의 자기장 센서를 각각 SC1, SC2, SC3이라 하고, 그 중심의 좌표를 (xm1, ym1), (xm2, ym2), (xm3, ym3)로 정하며 배치는 정사각형 배치, 혹은 이등변 삼각형의 배치가 되도록 한다.

$$C1 : (x-xm1)^2 + (y-ym1)^2 = r^2 \quad (2)$$

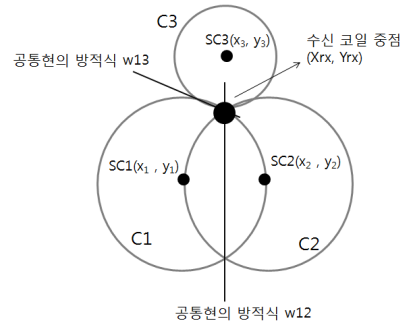
$$C2 : (x-xm2)^2 + (y-ym2)^2 = r^2 \quad (3)$$

$$C3 : (x-xm3)^2 + (y-ym3)^2 = r^2 \quad (4)$$

센서의 입력값을 표 1에 따라서 실제 센서와 수신 코일과의 거리로 환산하면 수식 (2), (3), (4)처럼 C1, C2, C3의 세 가지 원의 방정식이 만들어 진다. 각 원 중심의 좌표는 센서의 위치이므로 수식에서는 상수이며 반경 r은 측정 센서 입력 레벨의 거리 환산표에 의한 값이 된다. 식 (2), (3), (4)로부터 공통현의 방정식을 최소 2개 만들 수 있다. 이 두 방정식의 해가 C1, C2, C3의 교점의 좌표(Xrx, Yrx)가 되고 이 점이 수신 코일 중심의 좌표가 된다.



(a)



(b)

그림 6. (a) 송수신 코일과 자기장 센서의 배치
(b) 센서 위치와 수신 코일 중점과의 관계

III. 송수신 장치의 구현 및 성능 평가

1. 시스템의 구성

본 시스템을 구성하기 위해서는 그림 7에서와 같이 WPC 표준의 무선충전 장치, 자기장 센서와 MCU 및 블루투스 (Bluetooth) 무선 데이터 송수신회로가 사용되었다. WPC 표준의 무선 충전기는 수신단의 출력 전력을 피드백으로 송신단에 전달이 되어 일정한 전력이 수신단에 공급이 되도록 전력 제어시스템이 동작하고 있다. 송신단의 제어시스템은 수신단에서 최대 5W의 전력을 공급하며 항상 5V의 출력 전압을 유지하도록 송신단 전력을 제어하고 있다.

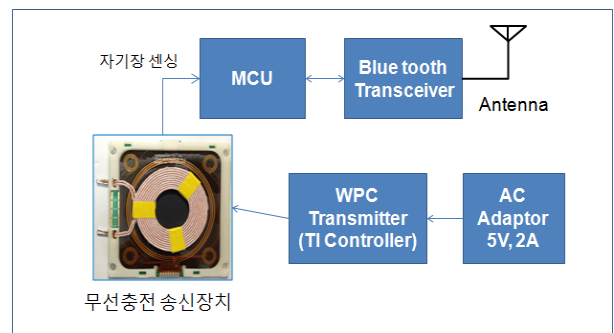


그림 7. 위치 검출용 무선충전 장치의 시스템 블럭도

자기장 센서는 FPCB 패턴으로 만들어진 코일을 사용하되 삼각측량법을 사용할 수 있도록 미리 코일간 거리를 산출하여 놓는다. 자기장 센서용 코일의 신호 레벨은 매우 작으

므로 OP-AMP로 증폭하고 그 신호를 MCU로 A/D 변환한다. MCU의 프로그램에서는 A/D 변환된 값을 거리 환산표에 의해 실제 수신 코일과의 거리를 산출하고 삼각측량법에 의해 좌표까지 산출한다. 산출된 수신코일의 좌표값은 LCD에 표시하기 위해 블루투스 무선통신으로 전송된다.

2. 위치 검출용 무선충전 장치의 제작

그림 8은 제작된 무선충전 송수신 장치를 보이고 있다. 제작한 무선 송수신 장치는 WPC 인증의 TI solution chip을 사용하여 무선충전 표준 기능을 수행할 수 있게 하였고, 송신 코일이 있는 PCB면에 자기장 센서용 FPCB 코일을 배치하였다. 배치 간격은 송신 코일의 중심에서 점대칭이 되도록 설계하였고 송수신 코일간 거리는 위치 검출 특성이 최대한 선형이 나올 수 있도록 수신 코일의 차폐재 사이즈와 같도록 하였다. 만약 센서 배열의 간격과 수신 코일의 차폐재 사이즈가 서로 상이하다면 선형구간은 그만큼 작아지고 송수신 장치간 위치 판별의 오차는 그만큼 커지기 때문이다. 그 개수도 정밀도를 향상시키기 위해 4개로 정하였다.

자기장 센서를 FPCB 코일로 제작하고 송신단 차폐재에 배치하였으므로 FPCB 배선이 자기장의 영향을 받아 센서마다 서로 다른 오프셋(Level offset)이 발생하였다. 테스트 중에는 WPC 무선충전 장치가 동작하고 있는 상태이므로 송신 코일과 수신 코일간 상호 인덕턴스의 변화로 인한 무선충전 컨트롤러의 동작에 의해 자기장 레벨이 오차 범위내에서 변동하고 있다.

그림 8 (a)는 무선충전기의 송신장치로서 중심의 송신 코일과 네 개의 센서로 구성되어 있다. 센서 입력 신호는 A/D 변환되어 MCU에 저장된 거리 환산표에 의해 수신 코일의 중심거리가 환산이 되고 삼각측량법에 의해 수신 코일 중심의 좌표가 얻어진다. 그림 8 (b)는 수신 장치는 표준 WPC 무선 충전 수신 장치와 그 구성이 동일하다.

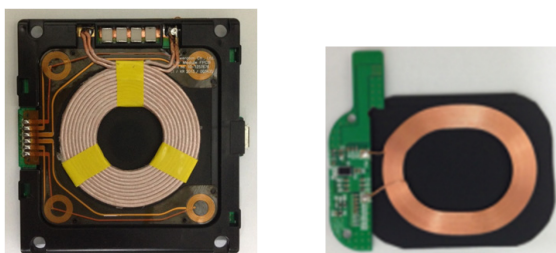


그림 8. 제작된 무선충전 송신장치와 수신장치
(a) 위치 검출용 무선충전 송신 장치
(b) 무선충전 수신 장치

3. 성능 분석

성능 분석을 위하여 송신 코일과 센서를 포함하는 송신단의 송신영역(25mm x 22.5mm)을 가로 10개 구간, 세로 9개의 구간으로 나누어 각 구간의 센서 레벨을 기록하였다. 그

림 9는 송신단의 송신 영역을 구간으로 나누어 놓은 그림이다. 각 구간마다 수신 코일의 중심에 놓고 그 때 각 센서의 레벨을 측정하는 것을 전 구간에 반복하여 그래프로 그리면 네 개의 3D 그래프를 얻을 수 있다.

각 센서의 레벨은 자기장의 세기를 나타내는 것으로 정자계의 레벨과는 달리 무선 충전기가 동작을 하는 상황에서 자기장의 측정이 이루어지는 것이다. 본 실험이 진행되는 과정에서도 무선충전기는 항상 일정한 전력을 공급하도록 전력 제어 시스템이 동작하고 있어 선형특성을 갖는데 영향을 주는 것으로 파악이 되었다.

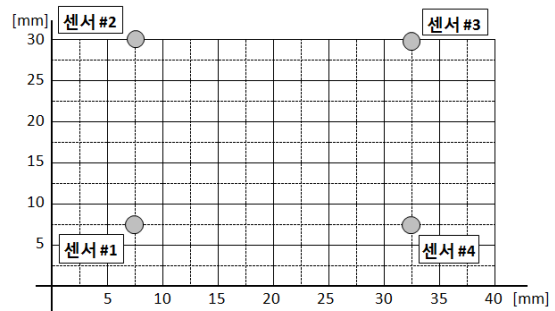


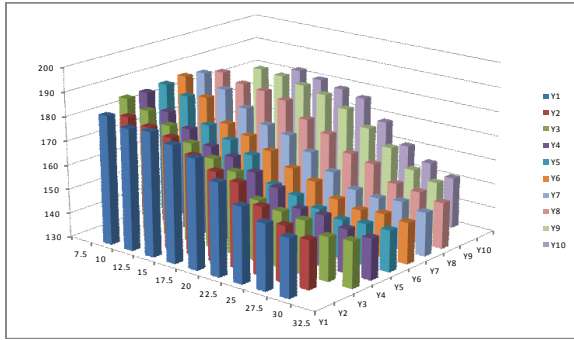
그림 9. 송신 영역의 측정 구간과 센서의 위치

앞서 살펴 본 것처럼 센서 입력 레벨과 수신 코일간 거리가 선형적인 특징을 나타내고 있지만 실제 좌표상에서 세로축 방향으로의 선형특성이 나타나지 않았고, 각 거리에 따른 각 센서의 입력 레벨의 최대값과 최소값이 서로 상이하여 오프셋(offset) 및 기울기(slope)가 센서마다 다르게 나타나고 있다는 것을 발견하였다. 이는 FPCB로 설계된 센서 코일의 배선도 송신 코일의 자기장에 영향을 받고 있고, 송신 코일의 배선 위치에도 센서의 레벨에 영향을 주는 것으로 분석이 되었다.

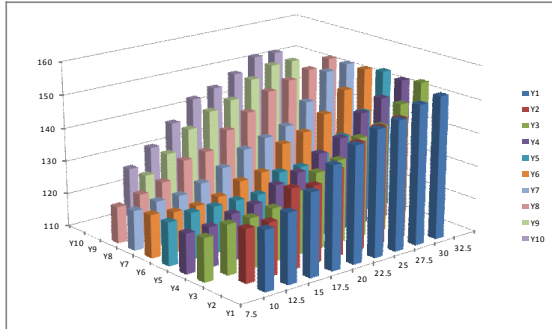
송신단의 차폐재는 투자율 3500의 Ferrite core를 사용하였는데, 그 투자율의 오차 범위가 30%이어서 투자율의 분포가 각 구간마다 오차로 작용하고 있다.

그림 10의 (a), (b), (c), (d)는 측정된 각 센서 레벨을 송신 영역의 구간마다 기록하여 3D 막대그래프로 그린 것이다. 네 개의 그래프 모두 센서와 수신 코일간 거리좌표인 10mm와 30mm 구간 사이에서 선형적인 특징을 나타내었고, 센서 입력 레벨의 데이터가 센서 #3을 제외하고는 다소 차이는 있지만 최대값 180mV와 최소값 130mV의 범위 내에서 형성하고 있다.

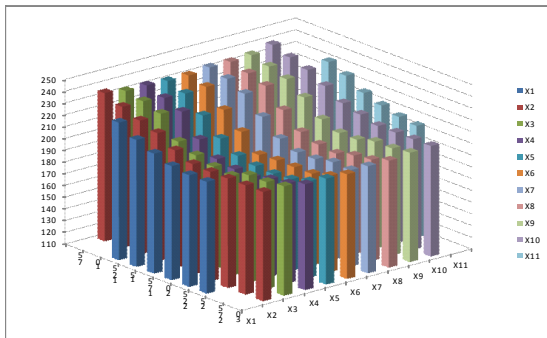
그림 10의 (c)에서 센서 #3의 레벨이 다른 것과 달리 오프셋과 기울기에 많은 차이를 보이고 있는데 이는 앞서 설명된 FPCB로 제작된 센서 코일중 #3의 센서 코일 배선이 가장 길고 동시에 송신 코일과 중첩이 되는 센서이어서 송신 코일의 자기장에 영향을 가장 많이 받았다.



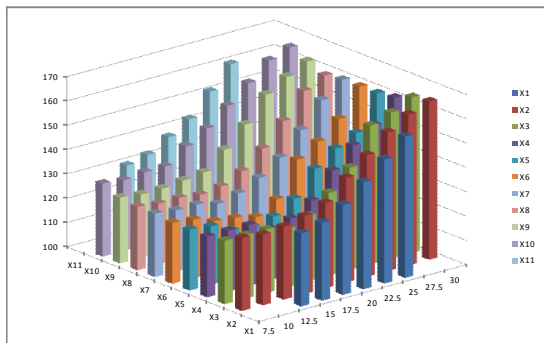
(a) 센서 #1의 송신 영역에서의 입력 레벨



(b) 센서 #2의 송신 영역에서의 입력 레벨



(c) 센서 #3의 송신 영역에서의 입력 레벨



(d) 센서 #4의 송신 영역에서의 입력 레벨

그림 10. 센서 #1, #2, #3, #4의 송신 영역별 입력레벨.

IV. 결 론

본 논문에서는 휴대 단말기의 무선충전 시스템에 있어서 최대 충전 효율을 갖기 위한 요소인 송신장치와 수신 장치간 정렬 상태를 확인할 수 있는 방법을 제시하였다. 이를 위하여 가장 핵심 요소인 송신단 센서 레벨과 수신 코일과 거

리 관계가 선형관계가 있음을 보였고 이를 삼각측량법을 활용하여 수신 코일의 좌표를 산출할 수 있음을 보였다. 이를 실험을 통하여 송신단 영역에서 센서 레벨과 수신 코일과 선형관계에 있음을 확인하였고 또한 선형관계를 방해하는 요소가 무엇인지도 확인하였다. 실제 스마트폰 어플을 제작하여 LCD 화면에 수신 코일의 위치를 표시하였다. 이로써 기존의 방법인 송신단의 수신 레벨만으로 간단히 정렬이 되어 있는지의 유무만을 알 수 있었던 것에 진일보하여 그 좌표까지도 알 수 있는 기법을 제시하였다.

참 고 문 헌

- [1] 임승옥, 강신재, '무선에너지전송 표준화 동향', TTA Journal No.129, 한국정보통신기술협회, 2010. 5. 31.
- [2] 문연국, 강신재, 김계환, 원윤재, 임승옥, 김석기, "Mobile용 무선전력전송 기술동향 및 구현사례," 전자공학회 논문지, 제46권 SD편 제 11호, pp. 766-774, 2009년 11월.
- [3] 장병준, "무선전력전송과 관련된 국내의 제도 비교 분석", 전자공학회지 제38권 제9호, pp. 712-717, 2011년 9월.
- [4] Zou Y W, Huang X L, Tan L L, "Current research situation and developing tendency about wireless power transmission," Proceedings of ICECE2010, pp. 3507 - 3511, Wuhan, China, 2010
- [5] Mandal T K, "Wireless transmission of electricity development and possibility," Sixth International Symposium Nikola Tesla, Belgrade, pp. 18-20, October, 2006
- [6] 안태원, "주파수 제어에 의한 무선 충전 최적화 기법," 전자공학회 논문지 제 50 권 제 7 호, pp. 1903-1908, 2013년 7월.
- [7] WPC, <http://www.wirelesspowerconsortium.com/>
- [8] 배석, 최돈철, 현순영, 이상원, "휴대단말기 무선전력 전송모듈용 전자기파 차폐소재", Journal of the Korean Magnetics Society 23(2), 68-76쪽, (2013)
- [9] 김선섭, "충전효율표시장치를 구비한 무점점 충전시스템 및 충전효율 표시방법", 특허 제10-1196540호
- [10] 신석주, 이상근, "무선충전 시스템의 송수신 정렬상태 표시방법 및 장치", 특허 제10-1257676호.

저자

이 상 곤(Sanggon Lee)

정희원



- 1992년 2월 : 충북대학교 전자공학과 학사졸업
- 1995년 2월 : 충북대학교 전자공학과 석사졸업
- 2014년 2월 : 인하대학교 전자공학과 박사과정 수료

- 1995년 3월~1998년 3월 : LG전자 우면동 미디어통신 연구소
- 1998년 3월~2001년 3월 : 모토로라 코리아 KDC 연구소
- 2002년 12월~2006년 12월 : 뉴젠텔레콤 수석연구원

- 2007년 1월~2009년 7월 : 아이시리우스 수석연구원
- 2011년 4월~현재 : (주)에스엔과워콤 연구소장
- <관심분야> : 차세대 무선 통신 및 근거리 통신, 무선전력전송.

김 재 명(Jae-moung Kim)

종신회원



- 1974년 2월 : 한양대학교 전자공학과 석사 졸업
- 1981년 8월 : 미국남가주대학교전기공학과 석사 졸업
- 1987년 8월 : 연세대학교 전자공학과 박사 졸업

- 1974년 3월~1979년 6월 한국과학기술연구소, 한국통신기술연구소 근무
- 1982년 9월~2003년 3월 한국전자통신연구원 위성통신연구단장/무선방송연구소 소장역임
- 2003년 4월~현재 인하대학교 정보통신공학과 교수, 통신위성우주산업연구회 고문 외 정부 및 기업체 기술 자문
- <관심분야> : 차세대 무선통신 및 위성통신, 인지무선기술