

# 원격 생체 측정 장치를 위한 다중 발신 코일 구동 드라이버 설계

## Design of a Multiple Transmit Coil Driver for Implantable Telemetry Devices

유 영 기\*  
(Young Kee Ryu<sup>1,\*</sup>)

<sup>1</sup>School of Mechanical and ICT Convergence Engineering, Sun Moon University

**Abstract:** Implanted telemetry systems provide the ability to monitor different species of animals while they move within their cages. Species monitored include mice, rats, rabbits, dogs, pigs, primates, sheep, horses, cattle, and others. A miniature transmitter implanted in each animal measures one or more parameters. Parameters measured include arterial pressure, intra-pleural pressure, left ventricular pressure, intra-ocular pressure, bladder pressure, ECG, EMG, EEG, EOG, temperature, activity, and other parameters and transmits the data via radio frequency signals to a nearby receiver. Every conventional dedicated transmitter contains one or more sensors, cpu and battery. Due to the expected life of the battery, the measuring time is limited. To overcome these problems, electromagnetic inductive coupling based wireless power transmission technology using multiple transmit coils were proposed, with each coil having a different active area driven by the coil driver. In this research, a parallel resonance based coil driver and serial resonance based coil driver are proposed. From the experiments we see that the parallel coil driver shows better performance under a low impedance and multiple coils configuration. However, the serial coil driver is more efficient for high impedance transmit coils.

**Keywords:** implanted telemetry device, electromagnetic inductive, wireless power transmission technology

### I. 서론

19세기 말 미국의 발명가 니콜라 테슬라(Nikola Tesla)에 의해 처음 등장한 무선전력전송 기술은 2007년 MIT의 Marin Soljatic 교수[1]에 의한 새로운 방식의 무선전력전송 기술이 소개되기까지 꾸준한 발전을 하고 있으며, 현재 국내 뿐만 아니라 국외에서도 커다란 이슈가 되고 있다.

먼저 자기유도 방식은 국외에서 현재까지 가장 앞선 기술을 보유한 Fulton사에서 전력흐름을 연속적으로 모니터링 할 수 있는 제어시스템을 추가함으로써 수백 mW ~ 수십 W의 전력을 90% 이상의 효율을 유지하며 전송하는 기술을 보유하고 있으며, TI, Energizer, Sony 등의 회사와 상용화를 위해 협력하고 있다. 2010년 전체 무선 충전기 시장에서 62%를 점유하고 있는 미국의 Powermat사는 다수의 모바일 기기를 동시에 충전할 수 있는 충전패드의 기술을 가지고 있다. 전자기파 방식의 무선전력전송기술은 과거부터 많은 시도가 있었으나 전파의 감쇄특성, 인체 유해 여부 등으로 고출력 무선전력전송은 상용화되지 못하였다. 하지만 소출력 무선전력전송의 경우는 활발히 상용화되었는데 예를 들어 RFID 태그나 소출력의 센서노드 등에 수 m 거리에서 수 mW의 전력을 공급하는 시스템이 상용화 되었다. 자기 공명을 이용한 공진방식의 무선전력전송은 국외에서는

MIT, Intel, Qualcomm, Sony 등의 연구 및 상용화를 위해 노력하고 있으며, 국내에서는 삼성전자, LG전자, 한림포스텍, 전자부품연구원 등에서 활발한 연구가 진행 중에 있다. 현재 많은 시제품들이 국내외의 산학계를 중심으로 등장하고 있으나, 아직까지는 전송 효율을 높이거나, 공진기를 소형화 하는 등의 지속적인 연구 개발이 필요한 분야로 판단되고 있다.

따라서 무선전력전송 기술은 미래 생활을 바꿔놓을 유망 기술로써 사회경제적 파급효과가 매우 크고, 타 연구분야와 융합함으로써 기능과 성능향상에 큰 영향을 미칠 수 있다. 신약개발이나 동물연구 등에서 실험동물 케이지(Open top cage) 안에서 자유롭게 움직이고 있는 상태에서 무선으로 다량의 데이터를 수집하는 시스템은 필수적인 연구장비이다. 이러한 시스템은 자유롭게 움직이는 동물(mice, rats, rabbits, dogs 등) 체내에 배터리로 구동되는 소형발신기를 내장시켜 혈압, 온도, 심박수, ECG, EEG 등의 정보를 근접 통신을 통해 근처의 수신기로 전달한다. 이러한 생명공학 관련 장비는 배터리를 이용하기 때문에 측정시간이 제한적이고, 전력소비를 고려하여 범용의 통신기술보다는 자체적으로 고안된 통신기법을 이용한다. 따라서 데이터 수집을 위해 자체통신방법을 사용하게 되어 시중에 쉽게 지원하는 범용통신기술관련 부품과 소프트웨어를 사용할 수 없었다. 내장된 소형 배터리 대신 무선전력전송기술을 융합하여 저 전력 부품을 사용해야 만하는 문제점을 극복한다면 범용통신 기술을 적용할 수 있고, 이미 개발된 다양한 통신기술을

\* Corresponding Author

Manuscript received March 31, 2015 / revised May 27, 2015 / accepted May 28, 2015

유영기: 선문대학교 기계 ICT 융합공학부(ryu@sunmoon.ac.kr)

기반으로 하는 소프트웨어를 사용하여 저렴하면서도 다양한 해석이 가능할 것이다. 대면적의 케이지에서 실험동물이 자유롭게 활동하여도 기존의 무선전력전송기술을 이용하여 무선으로 수신기에 전력을 전송한다면 사용시간 제약과 범용통신 기술 활용을 통하여 발전된 무선 데이터 수집을 지원하는 원격 측정 시스템을 제공할 수 있을 것이다.

일반적인 전자기유도방식 무선전력전송시스템은 발신코일과 수신코일 사이의 거리가 가깝고, 두 코일간의 상대적인 자세도 최적의 효율을 얻을 수 있도록 설계된다. 그러나 본 연구에서는 목표로 하고 있는 실험동물이 케이지 안에서의 자유롭게 움직이는 동물 체내에 수신기를 내장하는 것은 앞에서 언급한 일반적인 전자기유도방식을 그대로 사용하기 힘들다. 발신코일에 대해서 수신코일의 위치 및 자세가 수시로 이동하고 예측할 수 없기 때문이다. 상대적으로 큰 공간에서 움직이는 동물 안에 수신기를 내장하는 경우에는 발신코일과 수신코일간의 커플링계수를 높이기 위해서 단일 발신 코일 구조보다는 여러 개의 발신코일이 각기 다른 영역을 담당하고, 수신코일이 위치한 발신 코일만 여기 시키는 방법으로 상대적으로 넓은 공간에서도 높은 효율의 성능을 예상할 수 있는 시스템이 제안되었다[2]. 본 연구에서는 여러 개의 발신 코일을 사용하는 다중코일 구조를 고려한 코일 구동 드라이버 설계를 병렬공진 코일 드라이브방식과 직렬공진 코일 드라이브방식 두가지를 제안하고, 실험을 통하여 성능을 비교하여 다중코일 시스템에서의 발신코일 드라이버 설계를 수행하였다.

## II. 무선전력전송기술을 이용한 원격 측정 시스템 설계

전자기유도방식은 무선전력전송기술 중 가장 상용화에 성공한 방식으로 마이클 페러데이(Michale Faraday)의 전자기유도 원리를 이용하는 방식이다[3-5]. 기본적인 구조는 다수의 턴으로 감긴 두 개의 코일 즉 1차 코일과 2차 코일이 존재하고 두 코일이 일정한 거리를 유지하는 형태의 구조를 가진다. 송신기의 1차 코일에 전류가 흐르면 자기장(Magnetic Field)을 형성하며, 2차 코일에도 자기장을 형성한다. 이때 2차 코일에 형성된 자기장은 다시 2차 코일에 직접 전류의 흐름을 유도하여 수신기에 전력을 전달하게 된다. 전자기유도를 이용한 전력전송의 대표적인 예인 트랜스포머는 전력변환을 위해서 주로 사용되었다. 변압기 구조에서 권선 수 및 코어(Core)의 종류 및 크기와 두 코일간의 간격, 코일의 굵기 등 다양한 변수를 조절하여 전력 전달 효율을 조절할 수 있다. 뿐만 아니라 전자기유도원리를 이용하여 코어 없이 코일 대 코일로도 전력전송이 가능하고 다양한 변수를 조절하여 높은 효율을 나타낼 수 있다. 즉 유선 또는 직접적인 접촉 없이 2차 코일에 전류를 유도하여 전력을 전달할 수 있으며, 1차와 2차 코일의 감은 횟수에 따라 전압의 변화를 줄 수도 있다.

그리고 저주파 자기장을 이용한 전자기유도 방식의 무선 전력전송 장치는 거리에 제약이 있지만 방사 방식과 비교하여 인체와 주변기기에 전자파 장애 및 인체에 대한 문제가 적고, 다양한 분야에서 상업화 기술이 추진되고 있다. 이미 실용화된 제품으로 전동 칫솔, 비접촉형 IC카드, RFID

태그 등이 있으며, 최근 휴대용 기기 충전시스템 분야가 많은 관심을 받고 있다. 본 연구에서는 이러한 전자기유도 방식의 장점인 인체와 주변기기에 전자파 장애 및 인체에 대한 문제가 적고, 다양한 분야에서 상업화 기술이 추진되고 있어 기술 활용이 용이하며, 동물실험에서는 그렇게 먼 거리의 전력 전송이 필요하지 않기 때문에 전자기유도 방식을 사용하였다.

예를 들어, 신약개발이나 동물 연구에 사용되는 원격 생체측정시스템에서 발신기는 동물내부에 배터리와 전자회로 그리고 다양한 센서가 내장되어있으며 살균처리된 유연한 신호선으로 설계되어 있어 장기간 신체내부에 이식되어 있더라도 생물학적으로 문제점이 발생하지 않는다고 한다[6,7]. 연구의 목적에 따라 혈압, 온도, 심박수, ECG, EMG, EEG, EOG 등 다양한 생체정보 측정이 가능하고 외부에서 자기적으로 동작을 활성화/비활성 제어할 수 있다[8].

이러한 발신기는 내부에 배터리가 내장되어있어 사용기간이 대략 2~3개월 사용가능하며, 센서에서 측정된 데이터는 생산업체마다 각각 다른 방법으로 무선으로 획득되고 있다. 정보통신기기의 급속한 발전으로 요즘에는 블루투스(Bluetooth), 지그비(ZigBee), 와이파이(Wi-Fi) 등 저전력으로 고속통신이 가능한 부품들이 개발되었고, 이러한 규격화된 통신방법을 지원하는 경우 저가이면서도 고속으로 다양한 기존 상용 프로그램을 이용할 수 있는 장점을 갖는다.

무선전력 전송방식으로 전자기공진 방식[9,10,11,12]은 수 m의 원거리 전송의 장점을 갖지만 최적조건을 실시간으로 발신부에 정보를 전송하기 위한 부가적인 통신이 필요하며 아직도 해결해야하는 많은 문제가 있다고 한다[8]. 동물의 내부에 장착되는 수신부는 발신 코일에 대해 상대적으로 이동속도와 자세가 빠르게 변하기 때문에 추가의 통신으로 최적의 조건을 조정하는 것이 효과적인 방법이 아니라고 판단되어 그림 1과 같이 전자기유도방식을 이용한 원격 측정 시스템이 제안되었다[2]. 전자기유도 방식은 수신부와 발신부의 거리가 가까워야 하는 단점을 갖지만, 넓은 면적을 적용할 경우는 별도의 발신코일이 서로 다른 영역을 담

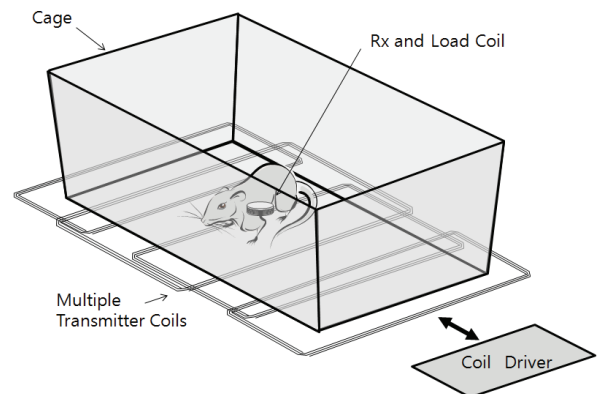


그림 1. 동물 내부에 수신기를 장착하고 무선으로 전력을 받는 다중코일 구조를 갖는 원격 측정 시스템 구조[2].

Fig. 1. Implantable telemetry system configuration based on wireless power transmission technology using multiple transmit coils.

당하는 다중코일을 사용하여, 발신부와 수신부의 거리가 멀어져 발생하는 커플링계수 저하로 인한 효율 저하 문제를 극복하였으며, 이 경우 수신부가 어느 발신 코일 내부에 있는지 알아 낼 수 있는 수신부 위치 감지장치회로도 제시하였다.

본 연구에서는 위의 그림과 같이 여러 개의 발신 코일을 전자기유도방식으로 동물신체에 내장된 수신부 코일에 무선으로 전력을 전송하는 구동 드라이버를 직렬공진방식과 병렬공진방식으로 구분하여 설계하여 두가지 경우에서의 성능을 비교하고 코일구동드라이버와 수신부 감지회로를 고려한 효과적인 구성을 제안하고자한다.

### III. 시스템 설계

#### 1. 구동 드라이버의 설계

RLC 직렬공진회로는 그림 2(a)와 같이 R, L, C가 직렬로 연결된 회로에 교류전원을 걸어준 회로이다. 많은 연구내용에서 이러한 간단한 공진회로에 대한 언급이 있지만 간단히 정리하면, RLC 직렬공진회로에서 공진은  $\omega L - \frac{1}{\omega C} = 0$ , 즉

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (1)$$

일 때 일어난다. 따라서 공진주파수는

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2)$$

가 된다.

입력전압의 주파수가 0에 가까울 때는 capacitive reactance  $1/\omega C$ 가 커져 전류가 거의 흐르지 않게 된다. 반대로 주파수가 공진주파수보다 훨씬 크면 inductive reactance  $\omega L$  때문에 전류가 흐르지 않게 된다. 공진주파수에서는 capacitive reactance와 inductive reactance가 서로 상쇄되어 총 impedance에는 저항만 남게 되고, 이 때 총 impedance의 절대값은 가장 작아지게 되어 전류가 최대가 된다. 또한 공진주파수에서는 위상각  $\phi$ 는 0이 되어, 입력 전압과 전류의 위상이 같아지게 된다.

한편 RLC 병렬공진회로는 그림 2(b)와 같이 L과 C를 병렬연결하고 이를 R과 직렬 연결한 회로에 교류전원을 걸어준 회로이다. L과 C를 병렬연결 부분을 탱크회로로 부르기도 한다. 이 회로는 공진 주파수  $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$ 에서 탱크 회로의 복소수 임피던스는  $\infty$ 가 되는데, 이 때 병렬공진회

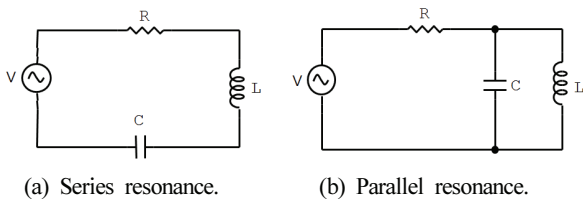


그림 2. 발신 코일 구동 드라이버 등가회로.  
Fig. 2. Equivalent circuits of coil driver.

로는 공진을 일으키게 된다. 위의 공진주파수는 직렬공진회로의 경우와 같지만, 직렬공진회로에서는 L과 C의 직렬연결 부분의 임피던스가 0이 되는데 비해, 병렬공진회로에서는 L과 C의 병렬연결 부분의 임피던스는  $\infty$ 가 된다. 그리고 공진주파수에서 입력에 대한 출력 전압비는 1이 된다.

RLC 병렬공진회로에서 저항 R을 통해 흐르는 전류  $i$ 를 선전류(line current)라고 하고, 코일과 capacitor를 통해 흐르는 전류  $i_L$ 와  $i_C$ 를 순환전류(circulating current)라 한다. 공진시에는 선전류가 0인데도  $i_L$ 과  $i_C$ 가 0이 아닌 것은  $i_L$ 와  $i_C$ 가 크기는 같고 위상차가 180 도이기 때문이다. 즉 공진시에는 L과 C로 이루어진 loop를 순환하는 전류가 흐르게 된다.

이러한 구동방식에 따른 차이점을 고려하여 실제에서 주어진 상용부품으로 두가지 구동방법으로 구동 드라이버를 설계하고 성능을 비교하여 보았다.

#### 2. 직렬 공진 코일 드라이버 설계

그림 3은 본 연구에서 직렬공진 코일 드라이버를 구현한 개념도를 보였고, 그림 4에는 신호 파형을 예로 보았다. 구동 드라이버는 크게 4부분으로 구분될 수 있는데, A부분은 미리 계산된 공진 주파수의 디지털 클럭 신호(S1)를 입력받아 코일에  $I_{tx}$ 과  $V_{tx}$  만큼 전력을 공급하고, 전력공급 중단시에는 입력신호 회로와 드라이버 간의 연결을 끊기 위해 트라이 스테이트(Tri-State) 버퍼를 이용하였다. 트라이 스테이트 버퍼의 제어 신호는 Ch로 표시하였다. B는 수신부로 전력을 전송하기 위한 L,C 직렬 공진 회로이며 입력클럭신호 공급시 그림 (d)나 (g)와 같이 전압신호가 초기과도상태에서는 서서히 전압이 증가하다가 일정 시간후에는 전압 첨두치가 일정하게 유지된다. C는 수신부의 L-C 공진 회로로써 발신부로부터 여기된 전압이 그림 (e)와 같이  $V_{tx}$ 의 모양과 유사하게 전압이 서서히 증가하다가 Chi신호와 같이 버퍼의 신호를 끊으면  $V_{tx}$  신호는 급격히 작아진다. 이러한 상태에서 수신부가 코일 내에 존재하여 그림 (e)와 같이  $V_{rx}$  전압이 서서히 증가하다가 감소하는 구간에서는 후방산란(back scattering) 현상으로 감소하는 전압신호는 다시 반대의 방향으로 발신부의 L-C 공진회로에 전송되어 그림 (d)와 같이  $V_{tx}$  신호가 구동입력신호가 없는데도 미세한 정

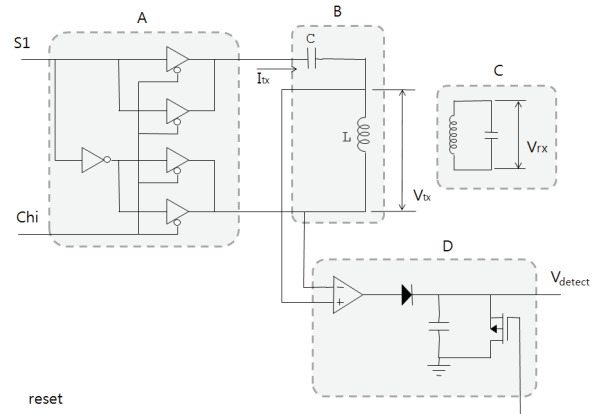


그림 3. 직렬코일드라이버의 구조.  
Fig. 3. The structure of the serial coil driver.

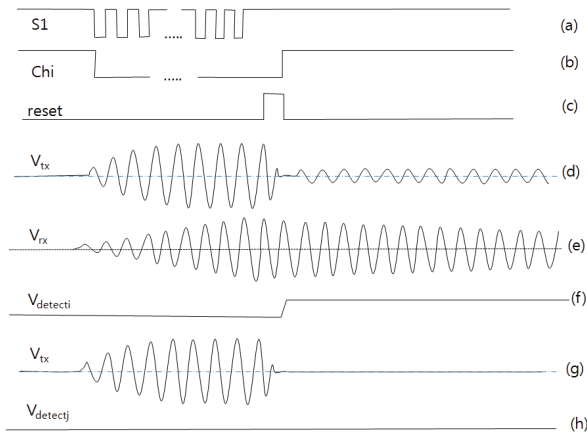


그림 4. 직렬코일드라이버의 신호 파형.  
Fig. 4. Signal waveforms of the serial coil driver.

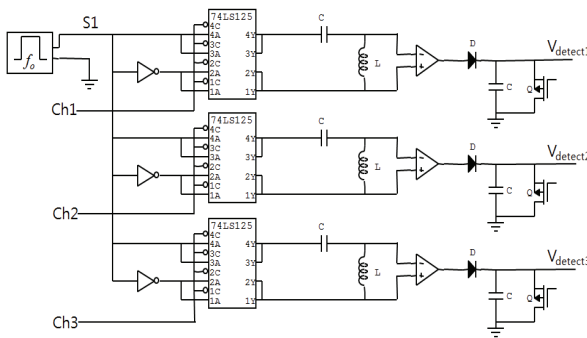


그림 5. 다중 코일 구동을 위한 직렬 공진 코일 드라이브 설계의 예.  
Fig. 5. Examples of the series resonant coil driver design for the multi transmit coil drive.

현파신호가 나타날 것이고, 수신부가 코일내부에 없어서  $V_{rx}$  신호가 0이 된다면  $V_{tx}$  는 그림 (g)와 같이 발신전압 신호 이후에 아무런 신호도 감지되지 않을 것이다. 이렇게  $V_{tx}$  신호의 차이를 단순히 CPU에서 수신부 유무로 판단하기 위해서 D부분과 같이 단수 Peak Detector 회로로 수신부 유무를 판단하도록 회로를 구성하였다. reset 신호(c)는 Peak Detector를 초기화하는 신호이고, (f)는 수신부 존재시, (h)는 수신부가 코일 내에 없을 경우의 Peak Detector의 신호를 표시한 예를 보였다.

그림 5는 다중 코일을 구동하기 위하여 트라이 스테이트 버퍼(74LS125)를 각 코일에 독립적으로 연결하고, 각 발신부 코일에 수신부 유무를 감지하는 회로를 코일 수만큼 구성하였다.

3. 병렬 공진 코일 드라이버 설계

그림 6은 병렬 공진 코일 드라이버의 기본 구조를 보이고 있다. 신호 S에 의해 FET  $Q_s$ 를 스위치 on하여 전원  $V_s$ 가 콘덴서 C에 충전되도록하고 스위치 off 상태 시에 축적된 전원은 인덕터 L로 방전을 반복하면서 수신부로 무선전력전송을 수행한다. 그러나 앞의 직렬공진의 경우와 달리 이 시스템은 신호 S의 주파수 이외에 전원  $V_s$ 의 전위값

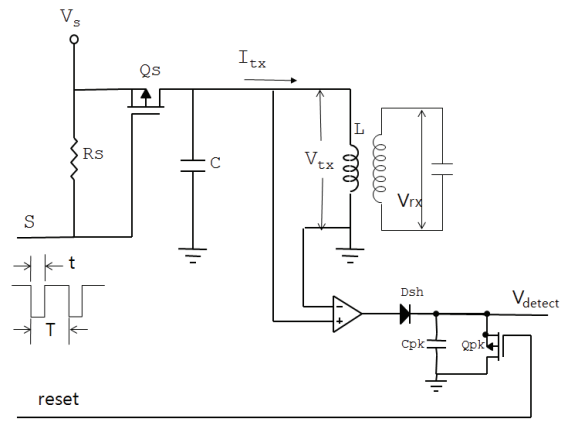


그림 6. 병렬 코일 드라이버의 구조.  
Fig. 6. The structure of the parallel coil driver.

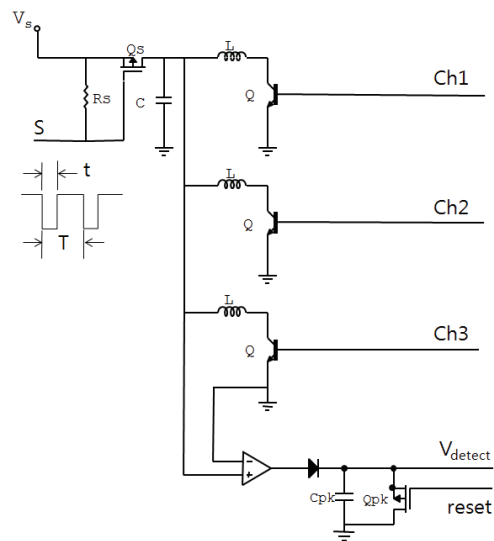


그림 7. 병렬공진 코일드라이브 시스템.  
Fig. 7. Parallel resonance coil driver system.

과 S 신호의 듀티(Duty)를 조절하여 성능을 조절할 수 있는 추가의 변수가 있음을 알 수 있다.

그림 7은 앞의 단일 발신 코일이 아닌 다중코일을 구동하기 위한 설계 예를 보였다. 앞의 직렬공진 방식과 다르게 하나의 공진 용 콘덴서를 모든 발신이 코일이 공유하며, 수신부 감지 회로도 공유하는 형태를 보인다. 상대적으로 간단한 구조로 설계가 가능하다. Ch1, Ch2 그리고 Ch3는 다중 코일 중 어느 코일을 선택 구동할 것인지를 결정하는 제어신호이며 그림 7은 예로 3개의 발신 코일을 지원하는 경우를 보였다.

IV. 직렬 · 병렬 공진 코일 드라이브 구동 실험 비교

앞에서 기술한 직렬공진 코일드라이브방식과 병렬공진 코일드라이브방식의 성능을 측정하고 비교하고자 구동드라이버를 제작하여 비교실험을 수행하였다.

실험에 사용된 발신 코일의 모양은 그림 8에 보였고, 제원은 표 1에 정리하였다.



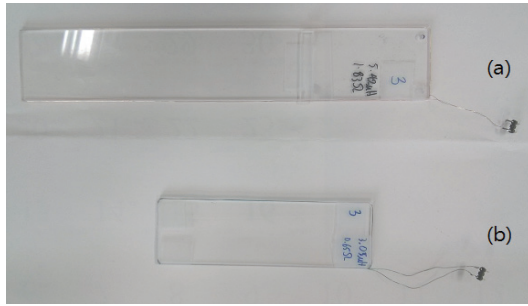


그림 8. 실험에 사용된 두 가지 종류의 발신 코일 형태.

Fig. 8. Two types of the transmit coils used in the experiment.

표 1. 실험에 사용된 발신 코일의 형상과 턴수에 따른 인덕턴스 및 저항 값.

Table 1. Shape and an inductance and a resistance value corresponding to the number of turns of the source coil used in the experiment.

(a) 코일 직경: 0.15 H: 235mm W:42mm			
# of turn	L(uH)	R(Ω)	
3	5.42	1.83	
4	9.5	2.4	
5	14.28	2.96	
6	19.44	3.6	
7	26.5	4.02	

(b) 코일 직경: 0.2 H: 120mm W:40 mm			
# of turn	L(uH)	R(Ω)	
3	3.05	0.65	
4	5.08	0.82	
5	7.72	0.97	
6	10.83	1.2	
7	14.19	1.43	

표 1에 구분되어있는 것과 같이 실험에 사용된 발신 코일은 구리선으로 직경과 면적 그리고 턴수를 다르게 하여 실험하였다. 각 조건에 따른 저항값과 인덕턴스 값을 고려하여 공진이 발생하도록 공진용 콘텐츠를 결정하였다.

본 연구에서 직렬/병렬코일 드라이버의 성능 비교를 위해서 마이크로프로세서와 드라이버 회로에서 소비되는 전류  $I_{mpu}$ , 발신 코일에 흐르는 전류를  $I_{tx}$ , 수신부에서 단순 LC 공진이기 때문에 전압  $V_{rx}$ 를 측정하였다. 시스템의 전력은 입력전압이 동일하므로 전류  $I_{mpu}$ 와 발신 코일에 흐르는 전류를  $I_{tx}$ 의 합과 비례한다. 실험 조건은 입력전원 3.3Volt이고 병렬드라이버의 경우 듀티는 20%의 구동신호를 인가하여 실험하였다.

우선 실험에 사용된 코일은 앞 절에서 기술한 A, B 두 가지 타입으로 실험을 행하였다. 코일의 종류와 무관하게 우선 직렬코일 드라이버는  $I_{mpu}$ 가 약 20mA 소비되었으며, 병렬코일 드라이버에서는  $I_{mpu}$ 가 약 21.5mA 소비되었다. 병렬 코일 드라이버가 약 1.5mA 더 소비된 이유는 사용된 Tr 및 FET가 직렬공진 드라이버 보다 더 많이 사용하기 때문인 것으로 보인다. 각 코일조건 변화에 따른 발신코일 전류  $I_{tx}$  와 수신부 전압  $V_{rx}$  그리고 발신 코일전류에 대한 출력 수신 전압의 비  $V_{rx}/I_{tx}$ 는 다음과 같이 실험을 거쳐

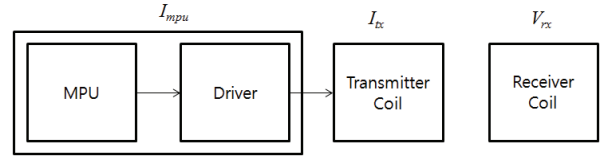


그림 9. 코일드라이버의 성능비교를 위한 측정값.

Fig. 9. The variables to compare of the two coil drivers.

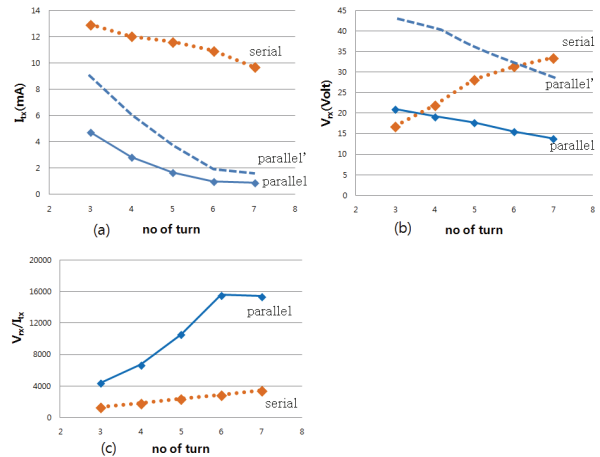


그림 10. 코일 A Type을 이용한 코일 드라이버 비교 실험.

Fig. 10. Experimental results with a coil Type A.

구하였다.

그림 10에서 (a)는 코일의 턴수에 따른 발신부의 전류 소비를 보이고 있다. 10펄스 입력시 직렬 그리고 병렬 코일 드라이버 모두 턴수가 증가할수록 전류 소비가 감소하는 것은 코일 턴수가 증가할수록 발신 코일부의 임피던스 증가로 인한 것으로 보인다. 단 직렬이 병렬보다 전류 소비가 크게 소비하고 있음을 보이고 있다. 이런 조건에서 수신코일에 여기 된 전압은 병렬의 경우는 턴수가 증가할수록 전류가 감소하는 경향과 같이 여기 전압도 감소하지만 직렬 드라이버는 전류소비가 감소하는데도 불구하고 여기전압은 증가함을 그림 (b)에서 보이고 있다. 이런 실험 결과로 코일 턴수가 증가할수록 직렬공진 드라이버가 큰 전압을 여기 하는데 유리하고, 작은 턴수로 구성할 경우는 병렬 공진 드라이버가 유리하다고 판단된다. 입력의 발신코일의 전류 ( $I_{tx}$ )에 대한 출력으로 수신부의 전압( $V_{rx}$ )의 비( $V_{rx}/I_{tx}$ )를 그림 (c)에 보이고 있는데, 전체적으로 병렬코일드라이브가 더 작은 전류 대 전압비를 보이므로 더 효율적으로 구동하고 있음을 알 수 있다. 만일 병렬 공진 드라이버의 입력전압  $V_s$ 를 2배 증가한다면 점선으로 표시된 것과 같이 2배의 전류와 여기전압으로 동작할 것이다. 이 경우 병렬공진 드라이버가 모든 턴수에서 적은 전류소비로 높은 전압을 얻을 수 있음을 예측 할 수 있다.

그림 10과 같은 결과가 코일 A type에서만 발생하는 특수한 경우에 대한 결과 일지도 모를 것이라 생각되어 다른 조건의 코일 Type B로 아래 그림 11과 같이 실험결과를 얻었다. 코일 크기와 저항의 변화에도 불구하고 유사한 결과를 보임을 알 수 있었다.

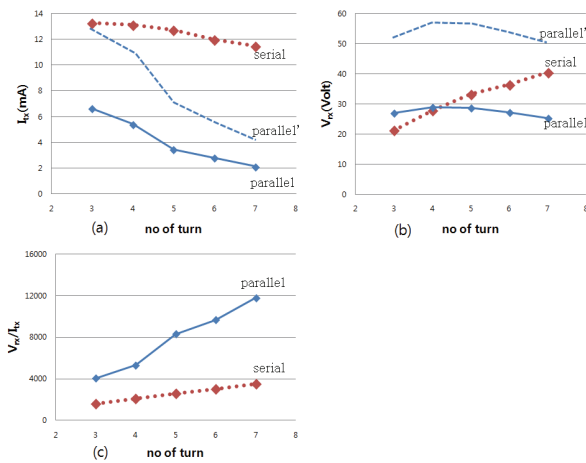


그림 11. 코일 B를 이용한 코일드라이버 비교 실험.

Fig. 11. Experimental results with a coil Type B.

## V. 결론

본 연구에서는 신약개발이나 동물연구 등에서 사용되는 원격 생체정보 측정장치를 위해 개발된 전자기유도방식의 다중 코일 구동 드라이버를 직렬공진방식과 병렬공진방식으로 설계하여 두 방식간의 성능을 비교하여 보았다. 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 같은 입력전압조건에서 직렬공진 방식이 코일에 흐르는 전류도 크고, 수신부에 여기되는 전압도 크다.

둘째, 그러나 병렬공진의 입력전압을 2배로 증가시킨다 해도, 전체 소비전류도 직렬공진보다 작고, 수신부에 전압도 더 크게 여기될 것이며, 입력 발신 코일 전류소비 대비 수신부 출력전압은 병렬공진방식이 효과적이다.

셋째, 발신코일의 임피던스가 작은 경우 즉 실험에서 턴 수가 작은 경우는 동일 입력전압에서 발신코일전류가 작게 흐르는데도 불구하고 수신부 수신전압은 더 크게 나타났다.

본 연구를 통하여 생명공학분야에 사용되는 원격측정장치의 전력공급을 전자기유도방식으로 구현하는데 필수적인 구동드라이버 및 필요 감지 장치를 개발하였다. 향후 연구 과제로 주어진 공간에서 최적의 전력공급 효율로 배터리, 마이크로프로세서 및 관련센서를 구동하는 시스템 구현이 필요하다. 또한 이 기술은 무선전력전송 기술과 비접촉 2차원 위치 측정기술등 다양한 위치 측정의 무선 전력 전송기술에 활용이 가능하다.

## REFERENCES

- [1] Robert Alexander Moffatt, "Wireless transfer of electric power," MIT Master Thesis, 2009.
- [2] S. K. Kim, "Wireless power transmission technology using multiple transmitter coils," *Sun Moon University Master Thesis (in Korean)*, 2014.
- [3] J. H. Park, "A study on the effect of resonant coil size and load resistance on the transmission efficiency of magnetic resonance wireless power transfer system," *Journal of Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers (in Korean)*, vol. 6, no. 7, pp.

45-51, 2012.

- [4] Y. G. Kim, "Magnetic resonant coil for enhancement of wireless power transfer efficiency of NFC devices," *Chungbook University Master Thesis (in Korean)*, 2012.
- [5] H. Y. Choi, "Design of high efficiency wireless power transfer system using magnetic resonance technology," *Kyungbook University Master Thesis (in Korean)*, 2013.
- [6] DSI System Brochure, Guide to the DSI System, Data Sciences International, 2008.
- [7] TSE Systems Brochure, Stellar Telemetry, TSE Systems, Inc., 2014.
- [8] Data Sciences inc. PhysioTel: ETA/CTA and EA/CA Series Telemetry. User Manual. 1989.
- [9] B. H. Waters, "Adaptive impedance matching for magnetically coupled resonators," *PIERS 2012 in Moscow RUSSIA*, pp. 694-701, 2012.
- [10] A. P. Sample, "Analysis, experimental results, and range adaptation of magnetically coupled resonators for wireless power transfer," *IEEE*, pp. 1-11, 2010.
- [11] S. J. Choi, S. Y. Kim, and B. Y. Choi, "Power stage design for a surface wireless power transmission system using a coupled electric field," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 20, no. 2, pp. 143-148, 2014.
- [12] Y. H. Lho, "Implementation of DC/DC power buck convertercontrolled by stable PWM," *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems (in Korean)*, vol. 18, no. 4, pp. 371-374, Apr. 2012.



## 유 영 기

1987년 한양대학교 기계공학과 졸업. 1989년 한국과학기술원 생산공학과 석사. 1996년 자동차 및 설계공학과 박사. 1996년~현재 선문대학교 기계 ICT 융합공학과 교수. 관심분야는 머신비전, 영상처리, 광응용시스템, 전자기유도 전자펜, 정전용량 전자펜.