

2020년도 공과대학 X-TWICE 실전문제연구단

# 자율주행 드론을 위한 무선전력전송 충전 시스템 설계

PEETS (전자전기컴퓨터 공학부)

노은총, 유성재, 홍운정

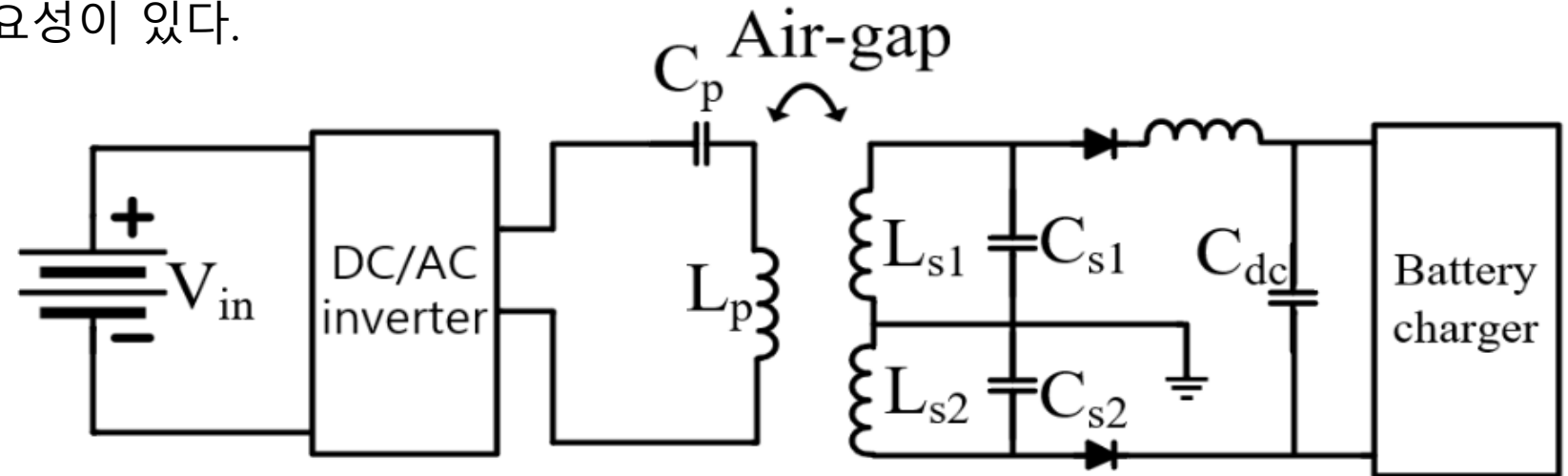
지도교수

이승환 교수님

1. Introduction
2. Design Wireless Charging Module for Drone
  - Configuration
  - Simulation
3. Image Processing for Self-Driving Drone
4. Evaluation
5. Conclusion

## • 일반적인 드론 배터리 충전 시스템의 한계

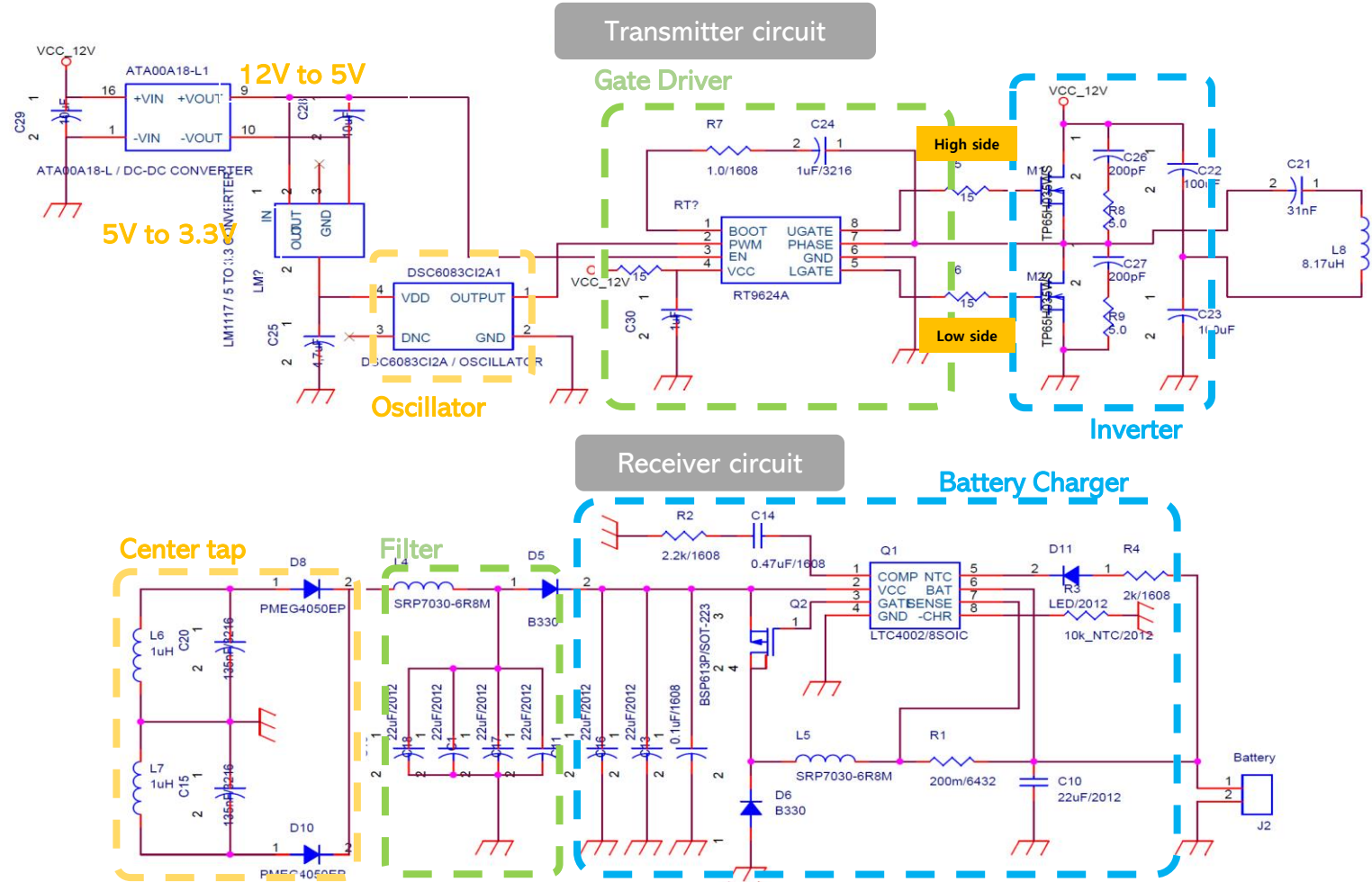
- 드론 충전 시 물리적인 유선 연결이 필요하기 때문에 사람의 개입이 필요하다.
- 정찰, 운송, 관리 등의 특수 목적을 위한 임무 수행에 있어서 상당히 제한적이고 비효율적이기 때문에 사람의 개입이 필요 없는 무선 충전 시스템의 개발 필요성이 있다.



< 드론을 위한 무선 충전 시스템의 블록 다이어그램 >

## • Configuration

- S-P 무선 충전 시스템(직렬-병렬)은 송신부의 정전류 특성을 가지고 있어 배터리 충전 시스템에 적합하다.
- 수신부에 전력 송신을 위한 펄스파를 생성하기 위해 하프 브릿지를 사용하였다. 게이트 드라이버를 사용하여 각 MOS펫의 게이트 단에 각 소스단에 대해 크기가 동일하고 위상이 반대인 전압을 넣어주어 펄스파 전압을 출력이 되게 한다.



## • 센터 탭(Center-tap) 설계

### ▪ Parallel receiver

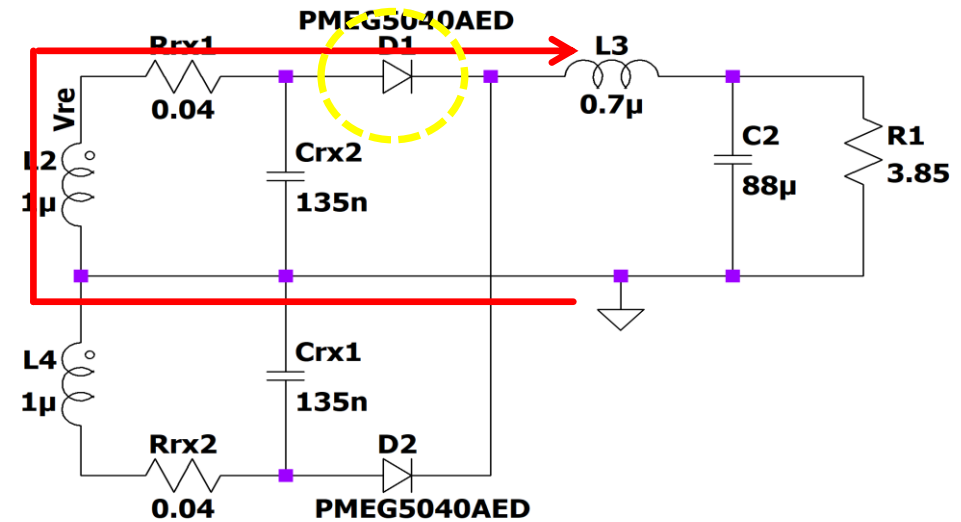
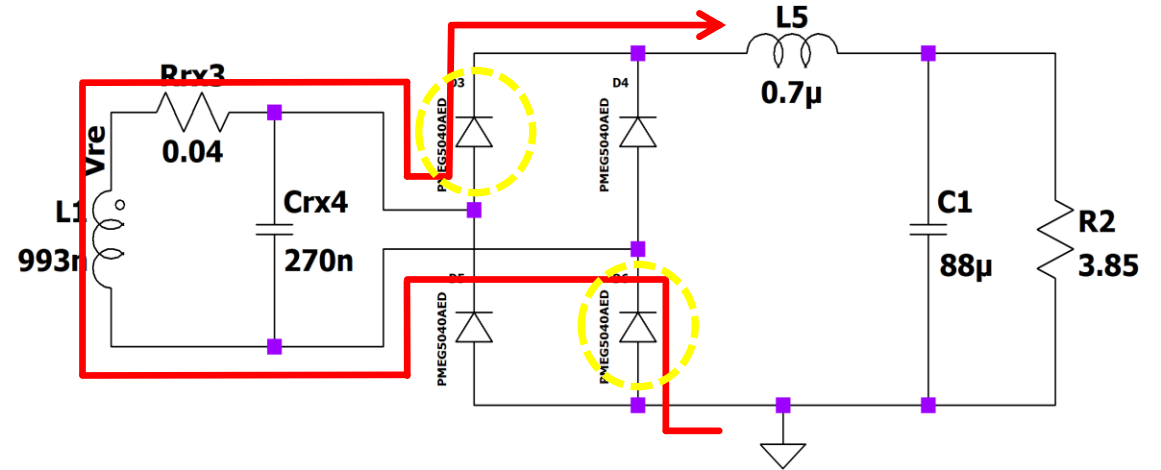
- Loss of 0.4W per diode  
4 diodes passed per cycle  
= **1.6W** loss

### ▪ Center-tap receiver

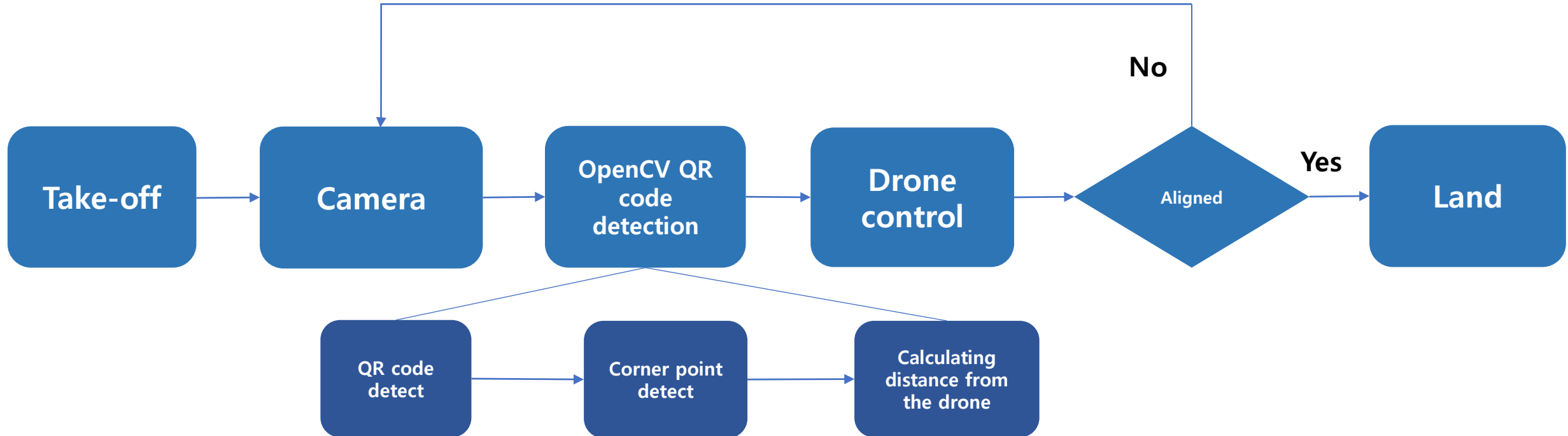
- Loss of 0.4W per diode  
2 diodes passed per cycle  
= **0.8W** loss

### ▪ Center-tap 구조 선정 이유

- 기존의 무선 충전 시스템은 단순 직렬-병렬 구조를 사용하였다. 그러나 사용하는 드론의 저전력 시스템(4.62W)에서 4개의 다이오드에 대한 손실은 영향이 크기 때문에 센터 탭 구조를 이용하여 전력 손실을 줄였다.



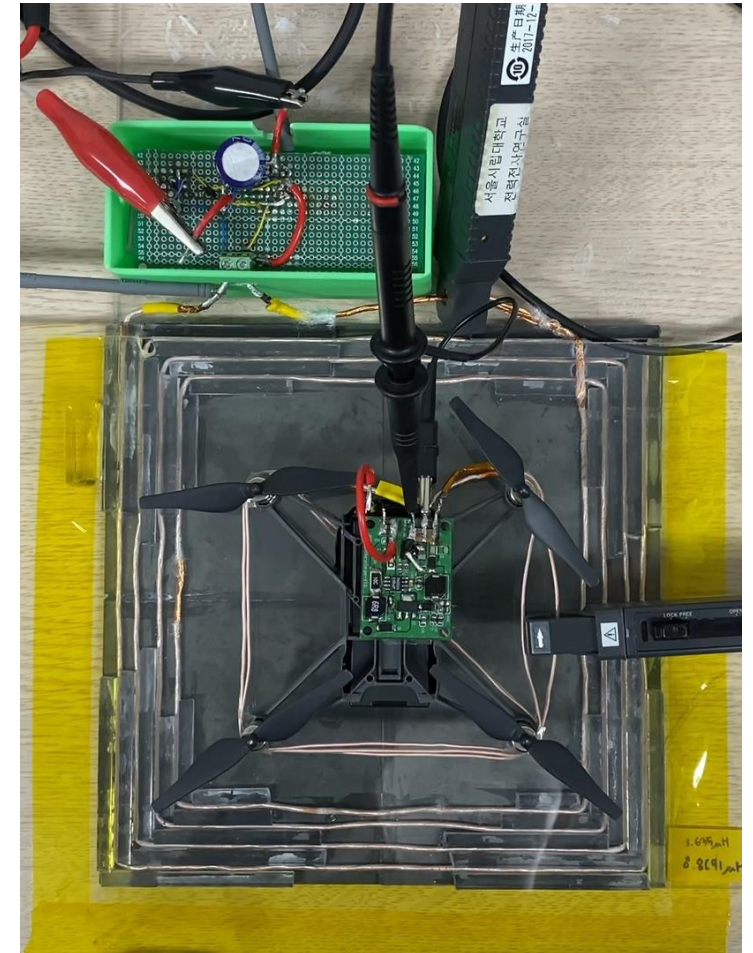
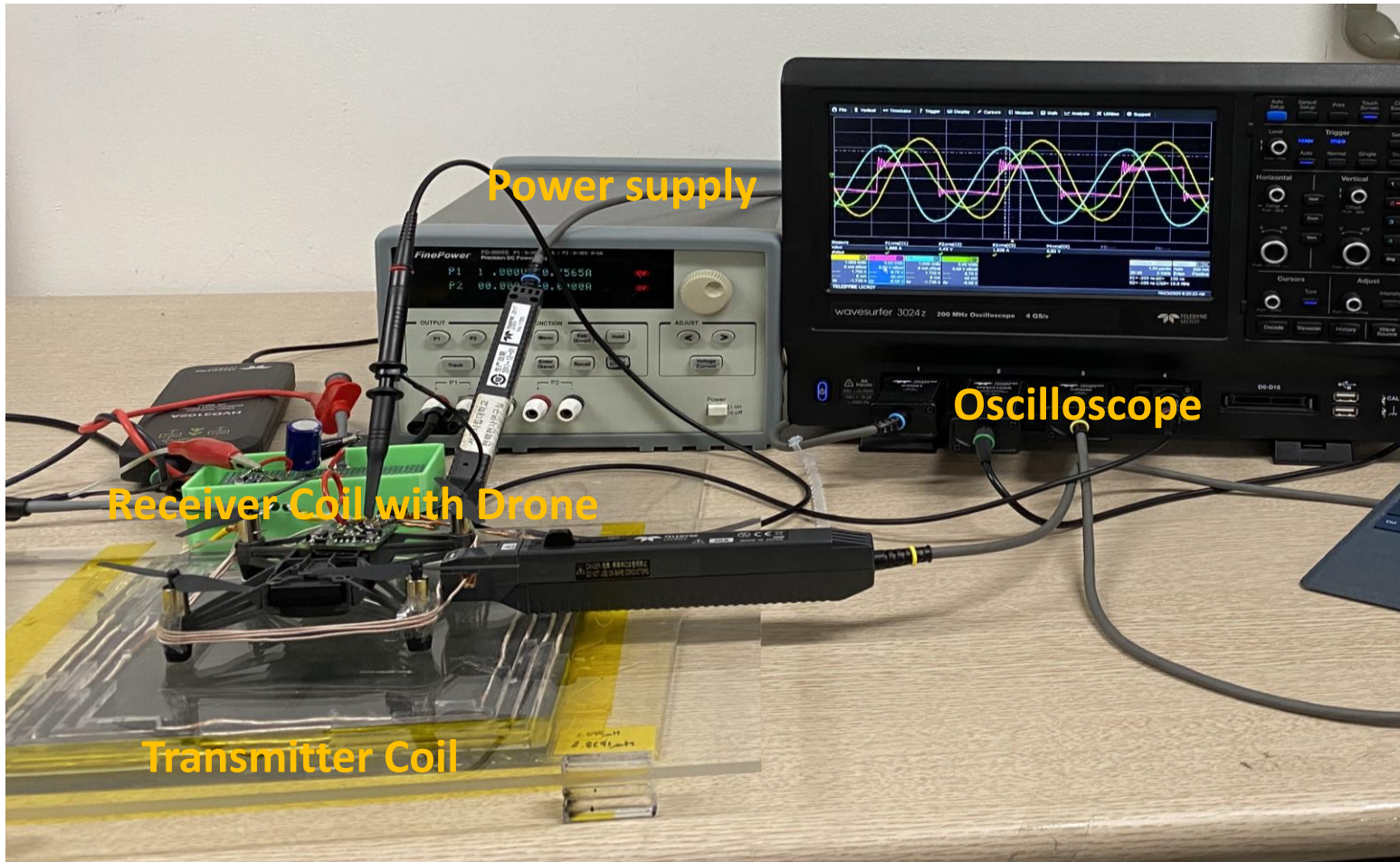
## • Image Processing 알고리즘



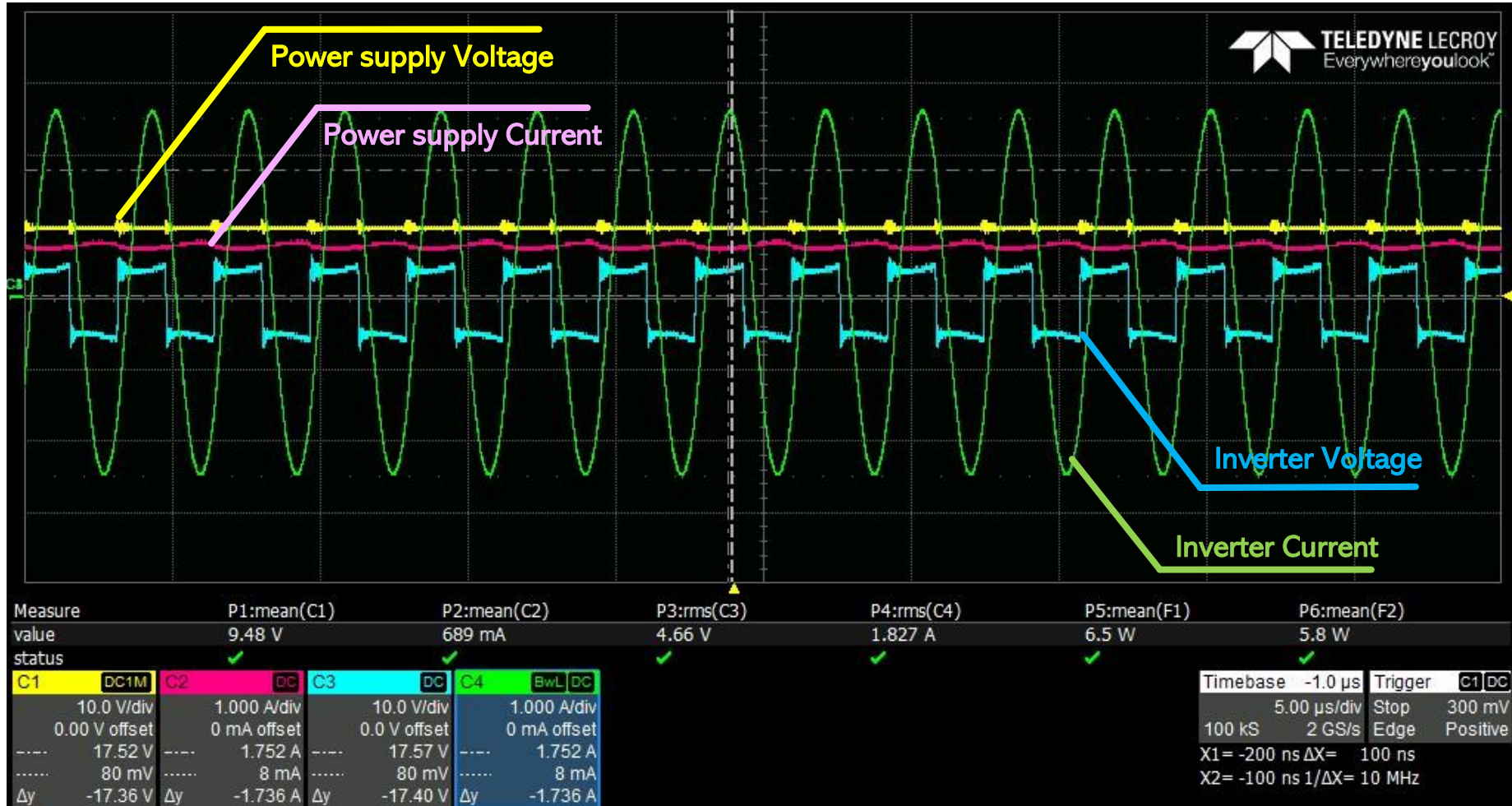
- 드론의 내장 카메라를 이용한 이미지 프로세싱을 이용하여 스테이션의 QR 코드를 인식하면 스테이션에 착륙하는 알고리즘을 구성하여 이를 구현하였다.



- Experimental Set-up

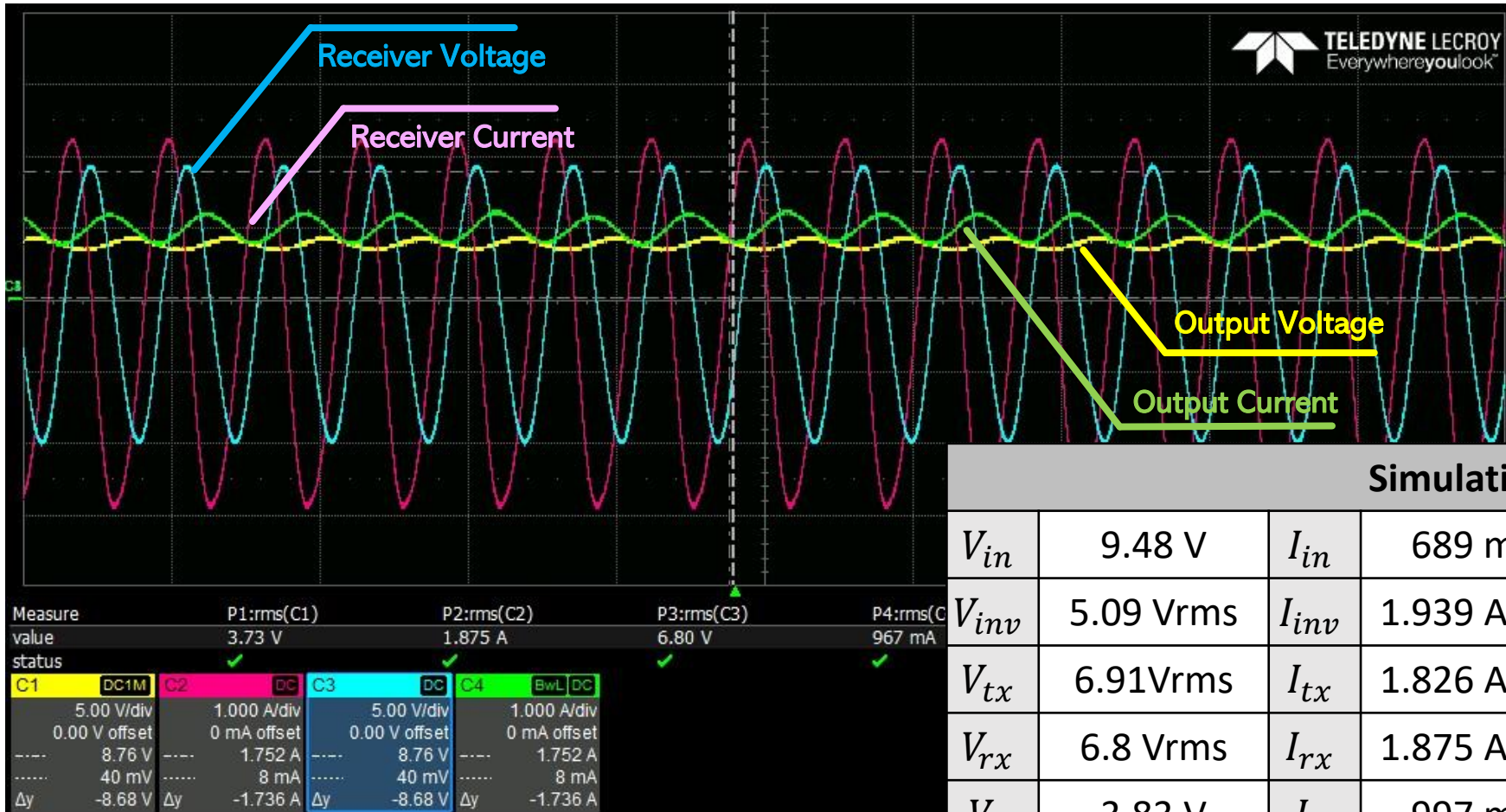


- Experiment Results : Transmitter





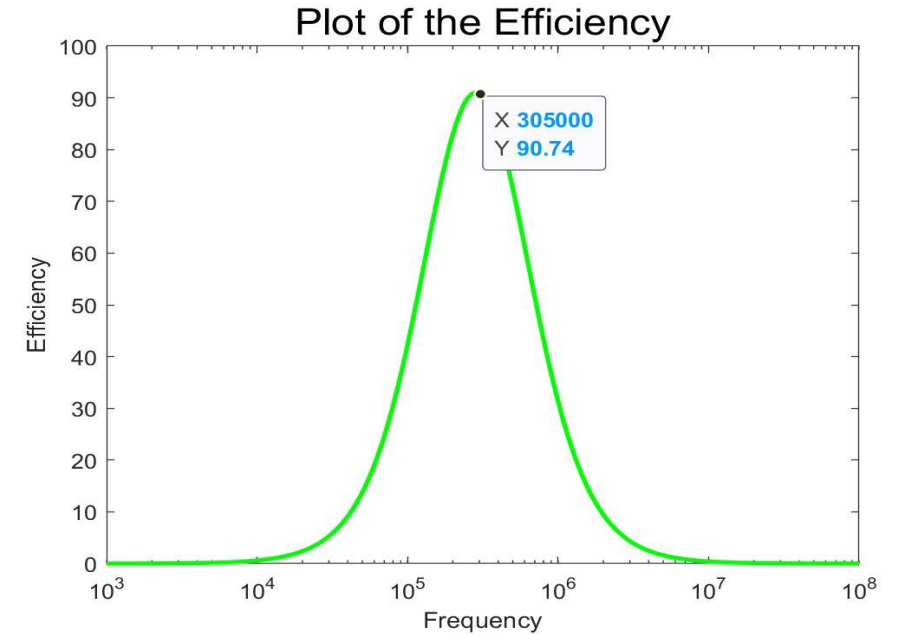
## • Experiment Results : Receiver



Simulation results							
$V_{in}$	9.48 V	$I_{in}$	689 mA	$P_{in}$	6.5 W	$\eta_{in-inv}$	0.91
$V_{inv}$	5.09 Vrms	$I_{inv}$	1.939 Arms	$P_{inv}$	5.9 W	$\eta_{inv-tx}$	0.86
$V_{tx}$	6.91Vrms	$I_{tx}$	1.826 Arms	$P_{tx}$	5.1 W	$\eta_{tx-rx}$	0.88
$V_{rx}$	6.8 Vrms	$I_{rx}$	1.875 Arms	$P_{rx}$	4.5 W	$\eta_{rx-L}$	0.84
$V_L$	3.83 V	$I_L$	997 mA	$P_L$	3.8 W	$\eta_{in-L}$	0.58

## • Efficiency

- Coil to coil 효율이 88%로, 설계 목표값(90%)에 가까이 도달함.
- 전체 시스템 효율 58% 달성
- 배터리 충전기는 입력의 전압과 전류 범위가 변경되더라도 배터리 보호를 위한 전류 제한 모드로 인해 최종 출력을 3.8V/1A로 설정한다. 따라서 효율성이 낮게 측정되었을 것으로 생각된다.



Efficiency	
$\eta_{in-inv}$	91%
$\eta_{inv-tx}$	86%
$\eta_{tx-rx}$	88%
$\eta_{rx-L}$	84%
$\eta_{in-L}$	58%

- ✓ 무부하 상태에서 스테이션에 입력 전류가 늘어나는 것을 방지하기 위해 설계상의 공진 주파수를 실제 작동 주파수(307kHz)가 아닌 약 300kHz에서 공진하는 시스템을 설계하였다. 코일 두 코일의 목표 효율이 90% 였는데 실제 출력 효율은 88%로 목표를 달성하였다.
- ✓ 배터리의 입력 전력이 최대  $3.8 * 1.1 = 4.18W$  로 매우 작은 전력을 사용하므로 다이오드 1개당 손실이 시스템상에 매우 치명적이기 때문에 이를 줄이기 위해 센터탭 형식으로 바꿔 설계함
- ✓ 드론의 동작 중에 배터리 충전이 일정 값 이하로 내려가면 자동으로 스테이션으로 이동하여 충전을 하도록 하기위해 QR코드로 스테이션을 인식하여 안정적으로 스테이션에 안착 할 수 있도록 하였고 이를 달성함.
- ✓ 이번 WPT충전드론 시스템은 드론의 활동 목적이나 주변 환경에 따라 변화할 수 있을 만큼 유연성이 기대된다.