Radar Based Quadcopter Study Plan

Innova Lee(이상훈)
gcccompil3r@gmail.com

Goal of Project

1.기본적인 쿼드콥터로서의 최소한의 기능
2.자율 이착륙
3.자율 비행

Quadcopter Specification

Weight	*453.59 g*
Dimensions	*101.6 x 101.6 x 76.2 mm*

Flight Controller Specification

Aertenna OcPoC

Ultra compact, powerful, fully programmable SoC flight controller

Xilinx Zynq Processor:

· 667MHz Dual-Core ARM A9

· Artix®-7 FPGA with 28K Logic Cells

· RAM: 512MB DDR3

· Flash: 128Mb

· SD Card: 16GB

Sensors and GPS:

· Navigation: U-blox M8N Glonass/GPS/Beidou

· IMU : 2 MPU9250 9DOF*

· Barometer: MS5611

· Analog monitoring: 8-channel with built-in PGAs

· Bluetooth and Wi-Fi connection

Interfaces:

· 8 programmable tri-pin PWM I/Os

· 8 programmable tri-pin GPIO I/Os

· 10 programmable I/O supporting: I2C, USB-OTG, USB-UART, SPI, CSI (for camera), and GSI interfaces

· Micro-SD card slot for Linux booting and data logging

Power:

· Three Power Options: USB, Servo Rail, Power Jacket

· Voltage range: 4.5V – 5.5V

· Power consumption: 3W (typical)

Weight and dimensions:

· Weight: 70g without enclosure (2.46oz)

Radar Altimeter Specification

Aerotenna µLanding™ Lite Microwave Radar Altimeter	*Sensor Performance:* *· Radio frequency: 24.00 – 24.25 GHz* *· Maximum Range: 45m+* *· Minimum Range: 0.35m* *· Resolution: 5cm* *· Transmission output power: Total: ~22.5 dBm; 4.5 dBm transmitter power, 18 dB antenna gain* *· Update rate: 800 Hz (max.)* *· Horizontal & Vertical Field of View (-3 dB): 30 degree x 20 degree* *Mechanical* *Dimensions:* *· 68mm x 78mm x 15mm* *· Weight: 30g without housing, 60g with housing* *Interfaces:* *· Supported Interface: CAN, RS232* *· Supported Connector: 4 Pin GPIO/JST* *Power and General:* *· Power Consumption: 1.25 W (at 5 V, 250 mA)* *· Power Input: 5V DC supply, 250 mA* *· Operational Temperature Range: -13 °F to +185 °F* *Weight and dimensions:* *· 68mm x 78mm x 15mm* *· Weight: 30g without housing, 60g with housing*

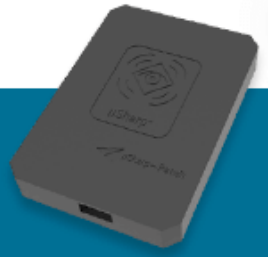
The Other Useful Things

Aerotenna µSharp-Patch™:	*· Three µSharp-Patches scan the front, left, and right side of the vehicle, detecting and locating obstacles on the horizon quickly and reliably.* *· Maximum Range: 120m* *· Resolution: 22 cm* *· Update Rate: 90 Hz* *· Power Consumption: 1.25 W (at 5V, 250mA)* *· Operating Temperature Range: -13 °F to +185 °F* *· Operational in All-weather Conditions*
Pre-assembled BriSky B-100 Quadcopter:	*· Carbon Fiber Airframe* *· GPS and Compass* *· Flight Time Up to 50 Minutes (16000mAh battery, no payload)* *· Weight (airframe, pre-assembled flight controller and sensors): 1.9 kg* *· Max Takeoff Weight With Battery: 4.0 kg* *· Fold-able arms for ease of transport* *· Modular component design for simple maintenance and repair*
Remote Controller	*· RadioLink AT9 Transmitter (2.4 GHz)* *· RadioLink R9DS SBUS Receiver* *· 9 Channels Available* *· USB Online Update* *· Vibration Alarm (e.g. low battery alert)* *· 3 ms Response Time*
Battery not included*	*Recommended Battery: Li-Po 6S 22.2V 4500-20000mAh, with XT-60 connector.*

OcPoC™

µLanding™

µSharp™



OcPoC™ Zynq Mini Flight Controller:

Aerotenna's µLanding™

Aerotenna's µSharp-Patch™

Foldable Quadcopter

Getting Start

먼저 해당 사이트에 존재하는 기본 문서들부터 작업하기 시작한다.

기본적인 도입 부분부터 간단한 설치등의 작업 환경 설정하는 방법에 대해 잘 설명되어 있다.

https://aerotenna.readme.io/docs/introduction

그 외에 유용한 링크들이다.

https://aerotenna.com/ocpoc-xilinx-zynq-supports-px4-autopilot/
https://www.dronecode.org/source_code/

작업을 수행하는데 필요한 github 리스트들은 아래와 같다.

https://github.com/Aerotenna
https://github.com/Dronecode/
https://github.com/PX4
https://github.com/mavlink/qgroundcontrol
https://github.com/mavlink
https://github.com/dronekit
https://github.com/ros
https://github.com/Pixhawk
https://github.com/uavcan

Quadcopter Physics

쿼드콥터를 제어하기 위한 물리학을 학습합니다.

먼저 '드론공학개론' 이라는 책을 함께 스터디 하도록 하겠습니다.
자료 준비는 처음부터 끝까지 직접 만들어본 경험을 가지고 있는 제가 처리하는 차원으로 진행하겠습니다.

이외에도 필요한 원서나 영문 자료들이 존재합니다.
해당 자료들에 대한 정리를 진행하면 됩니다.
(사실 대부분 이미 제가 해놨습니다)

쿼드콥터가 어떤 운동을 해야 전진, 후진, 하강, 상승등을
수행할 수 있는지 파악하는 것이 목적입니다.

Control Theory

드론 자체의 물리학에 대해 학습하였으니 다음으로 실제 전기적 구동으로의 처리입니다.

안타깝게도 국내 어떤 서적에도 해외 어떤 서적에도 이에 대한 내용이 없지만
과거에 영문 자료들을 참조해서 만들었던 경험을 가지고 있는데 해당 자료는 아래의 자료입니다.

https://www.intechopen.com/books/motion-control/intelligent-flight-control-of-an-autonomous-quadrotor

그 외 유용하다고 생각한 자료들

https://arxiv.org/pdf/1601.00733.pdf
https://www.scribd.com/doc/96531606/Quadcopter-Math-Model-Amazing
http://sal.aalto.fi/publications/pdf-files/eluu11_public.pdf
http://francisquadcoptermodel.blogspot.kr/2014/05/quadrotor-mathematical-model.html
http://file.scirp.org/Html/6-9701701_27464.htm
https://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?1284741-Quadrotor-Physics-and-Control-Theory

쿼드 콥터는 적분 발산에 취약하므로 칼만 필터와 함께 PID 제어기 보다는 PD 제어기를 활용할 것입니다.

FPGA Programming

레이더 처리가 들어가서 작업은 무조건 FPGA 로 진행하게 됩니다.

그러므로 FPGA Programming 을 수행할 것인데
저희가 사용하는 모델은 최소 100 만원이므로 개인 구매는 무리가 있습니다.
FPGA 를 학습하는 목적으로서 Xilinx 사의 Zynq Zybo 보드가 가장 저렴하고 자료도 많아서 쉽게 접근할 수 있습니다.

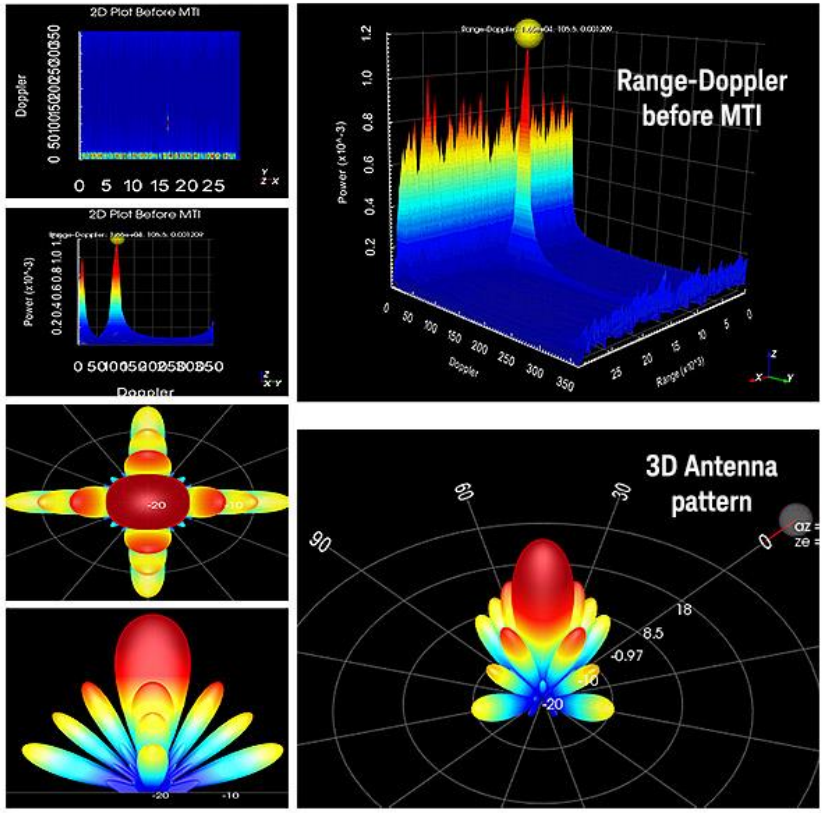
보드를 직접 사용해도 무방하지만 금전에 한계를 느끼는 경우에 구매하지 않고 FPGA SW 만 활용해볼 수도 있습니다.
Vivado 라는 FPGA 툴을 활용해서 SW 적으로 Simulation 을 수행할 수 있습니다.
Zynq Zybo 는 아래와 같이 생긴 보드입니다.
Linux Device Driver 및 Linux System Programming 에도 익숙해질 필요가 있습니다.

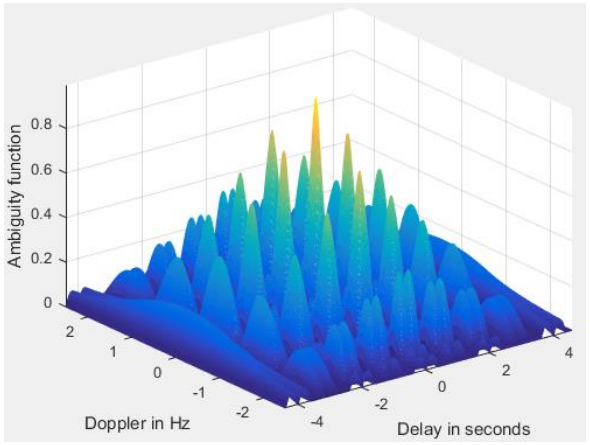
Radar Signal Processing

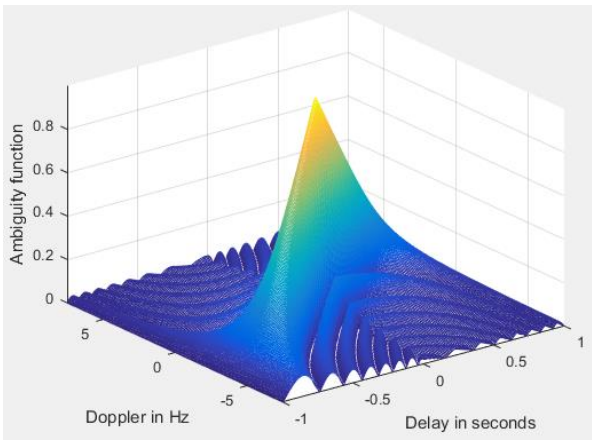
신호처리와 통계학이 결합되는 부분입니다.

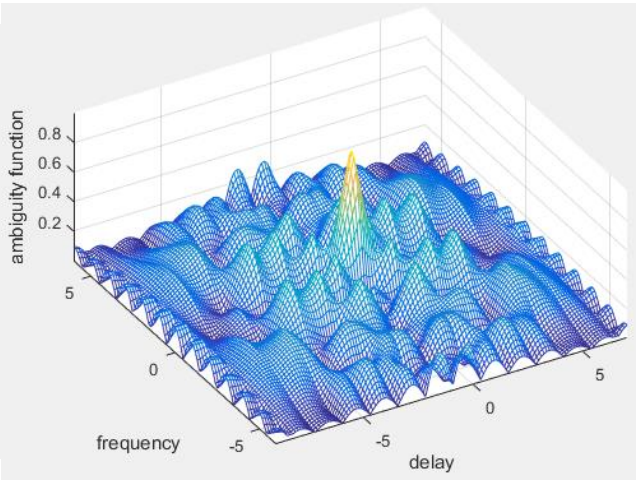
통계학과 신호처리의 내용들을 C 와 FPGA 로 구현해보면서 진행하면 되겠습니다.
마찬가지로 이쪽에 대한 자료 준비 또한 앵간해선 제가 하는 것으로 맞추겠습니다.

그 외에 영상 처리나 인공지능등을 추가적으로 더 집어넣을 생각입니다.

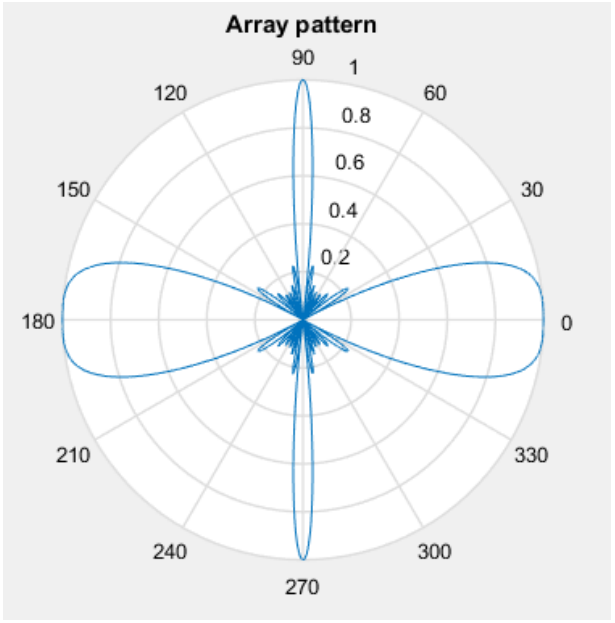


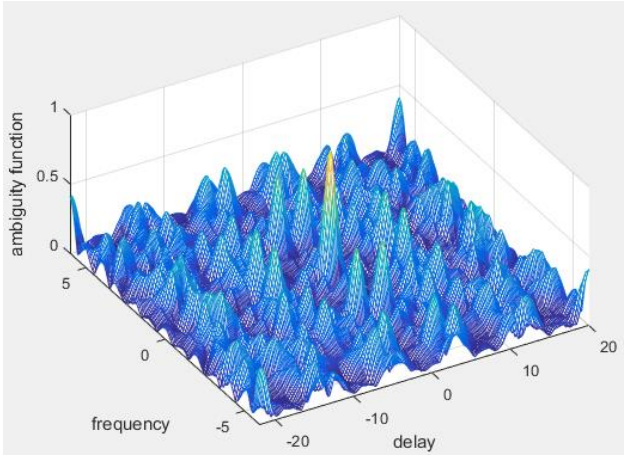


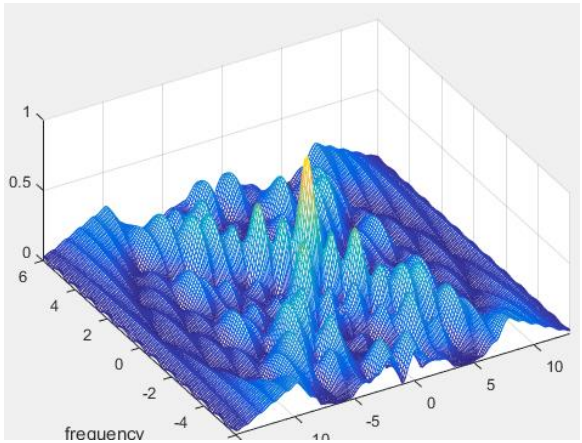




프로젝트에 사용하는 안테나 패턴을 살펴보고 Spectrograph 구성을 통해 신호에 대한 분석을 수행할 것입니다.







Artificial Intelligence

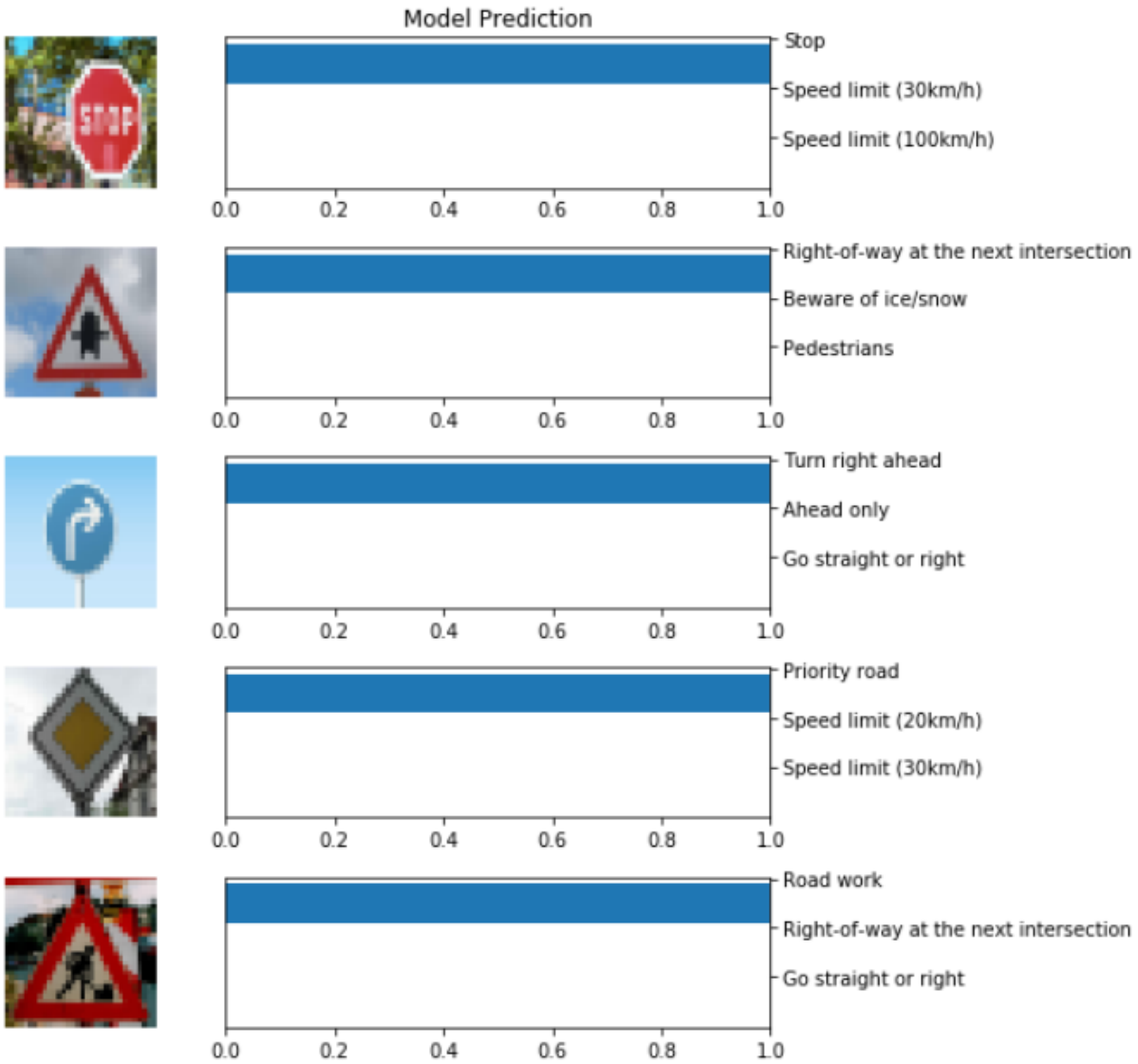
자율 비행을 수행하기 위해서는 반드시 필요한 녀석입니다.

어디서는 Machine Learning 이라고도 하며 어디서는 Deep Learning 이라고도 합니다.
솔직히 이딴 용어는 그다지 중요하다고 생각하지 않습니다.
어차피 인공지능의 핵심은 수학과 이를 기반으로한 프로그래밍이기 때문입니다.

차량은 아래와 같이 가야하는 구간(Lane)이 명시적입니다만 공중은 이것이 명시적이지 못합니다.

차량은 교통 신호를 보고 해야할 행동을 판단이라도 할 수 있습니다.

역시 공중을 날아다니는 비행기 계통들은 이것도 불가능합니다.



무엇보다 중요한 것이 비행 경로를 어떻게 만들 것이냐에 해당합니다.

그러므로 아래와 같은 내용들을 학습 및 조사 해야합니다.
이를 수행하기 위해서 SLAM 을 해야할지 여부를 고려할 필요가 있습니다.
그렇기 때문에 논문등의 자료 조사가 필요한 구간입니다.

- 기존 항공기들이 어떤식으로 비행 경로를 산출하는지 학습한다.
  (센서가 필요하다면 어떤 센서가 필요한지, 해당 센서의 역할과 제어 방법 등등)

그 외에 조사해볼 가치가 있는 자료들

The Modeling and Simulation of an Autonomous Quad-Rotor Microcopter in a Virtual Outdoor Scenario
https://www.uni-obuda.hu/journal/Rodic_Mester_30.pdf

Dynamic Control of Autonomous Quadrotor Flight in an Estimated Wind Field
http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.669.89&rep=rep1&type=pdf

Autonomous Quadrotor Landing using Deep Reinforcement Learning
https://arxiv.org/pdf/1709.03339.pdf

Path planning and control of a quadrotor landing on a ground moving target
http://ieeexplore.ieee.org/document/8028352/

Optimal path planning and control of quadrotor unmanned aerial vehicle for area coverage
http://utdr.utoledo.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2795&context=theses-dissertations

3D Mapping and Navigation for Autonomous Quadrotor Aircraft
http://www.sajad-saeedi.ca/uploads/3/8/5/9/38597021/saeedi1_ccece_2016.pdf

Future Works

Deep Learning Based Controller

요즘은 제어기에서 무선 통신 기기까지 딥러닝을 적용하고 있는 추세더군요.
기존에 만든 결과물을 좀 더 업그레이드 하는 차원에서 제어기를 딥러닝 베이스로 변경해보는 작업입니다.

Deep Learning Based Radar

안그래도 False Positive, False Negative 등의 문제로 까다로운 녀석입니다.
재미있게도 통계학에 기반한 알고리즘들은 모두 이 문제를 가지고 있습니다.
Deep Learning 을 적용하여 False P/N 문제를 최소화 시켜보는 작업입니다.

Advanced Flyer Assistance Systems(AFAS)

ADAS(Advanced Driver Assistance Systems)가 존재한는데 AFAS 가 존재하지 말란법도 없죠.

Control Tower

관제탑을 하나 만들어서 관제탑에서 무인기들을 관리하도록 합니다.