

아두이노를 활용한 자세 자세측정 예제

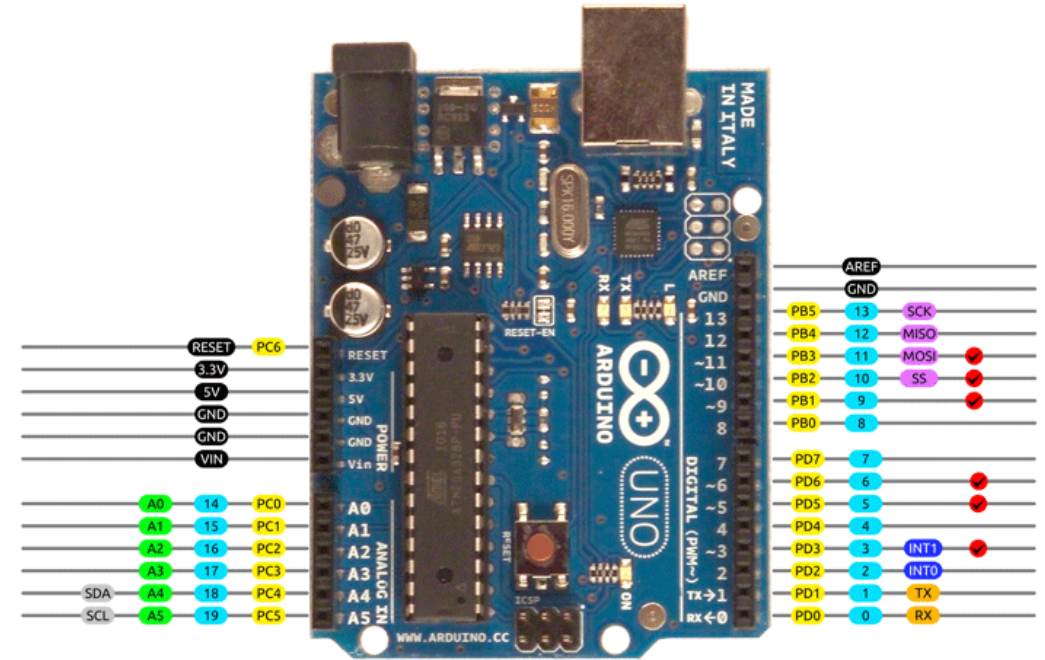
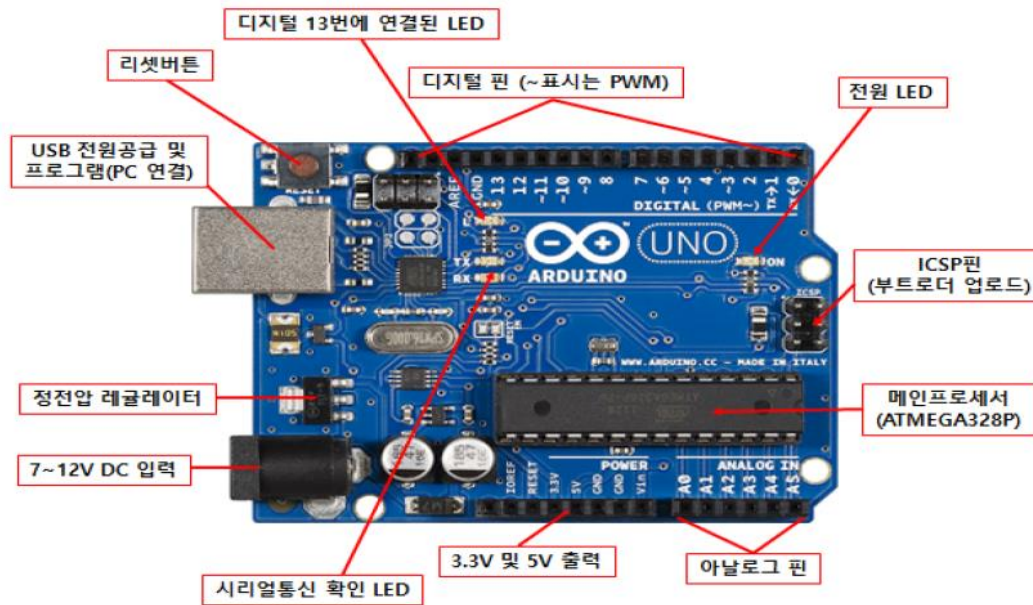
강의자 : 장광우
Date : 2019/05/03

0

아두이노

아두이노 핀 구조

1. 아두이노 UNO



AVR DIGITAL ANALOG POWER SERIAL SPI I2C PWM INTERRUPT

CC BY SA 2014 by Bouni
Photo by Arduino.cc

0

아두이노

설치 방법

소프트웨어 설치

<https://www.arduino.cc/en/Main/Software>



The screenshot shows the Arduino website's 'Download' page. The navigation bar at the top includes links for Home, Buy, Download, Products, Learning, Forum, Support, and Blog, along with LOG IN and SIGN UP buttons. Below the navigation bar, the page title is 'Download the Arduino Software'. On the left, there is a large Arduino logo. To its right, the text 'ARDUINO 1.6.11' is displayed, followed by a description of the software and a link to the 'Getting Started' page. On the right side of the page, there is a teal-colored box containing links for 'Windows Installer', 'Mac OS X 10.7 Lion or newer', 'Linux 32 bits', 'Linux 64 bits', 'Linux ARM (experimental)', 'Release Notes', 'Source Code', and 'Checksums (sha512)'. A red arrow points to the 'Windows Installer' link, which is also highlighted with a red box. The Korean word '클릭' (click) is written next to the arrow.

Home Buy Download Products Learning Forum Support Blog LOG IN SIGN UP

DOWNLOAD ENGLISH

Download the Arduino Software

ARDUINO 1.6.11
The open-source Arduino Software (IDE) makes it easy to write code and upload it to the board. It runs on Windows, Mac OS X, and Linux. The environment is written in Java and based on Processing and other open-source software.
This software can be used with any Arduino board. Refer to the [Getting Started](#) page for Installation instructions.

Windows Installer
Windows zip file for non-admin install

Mac OS X 10.7 Lion or newer

Linux 32 bits
Linux 64 bits
Linux ARM (experimental)

[Release Notes](#)
[Source Code](#)
[Checksums \(sha512\)](#)

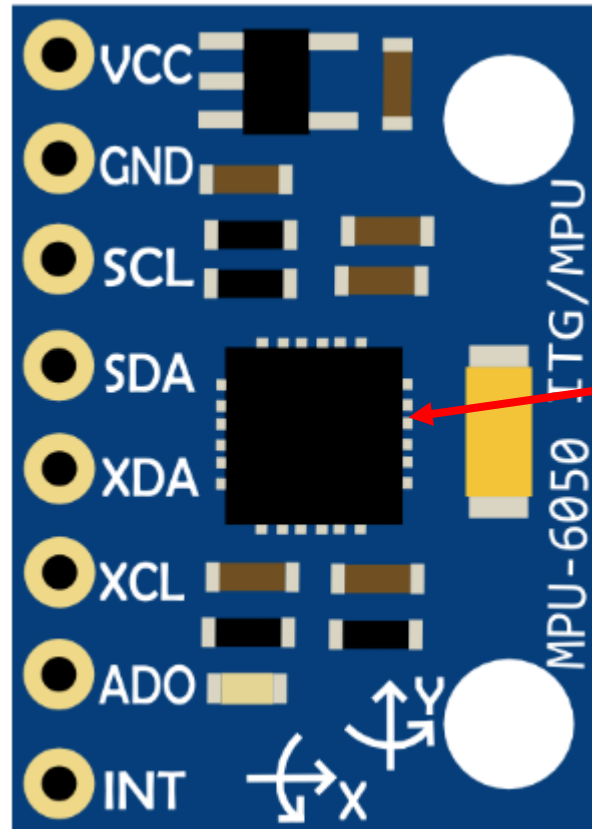
클릭

1

IMU

GY521 기본 구조

- 측정 가능 값
 1. 가속도 3축
 2. 자이로 3축
 3. 온도



MPU6050

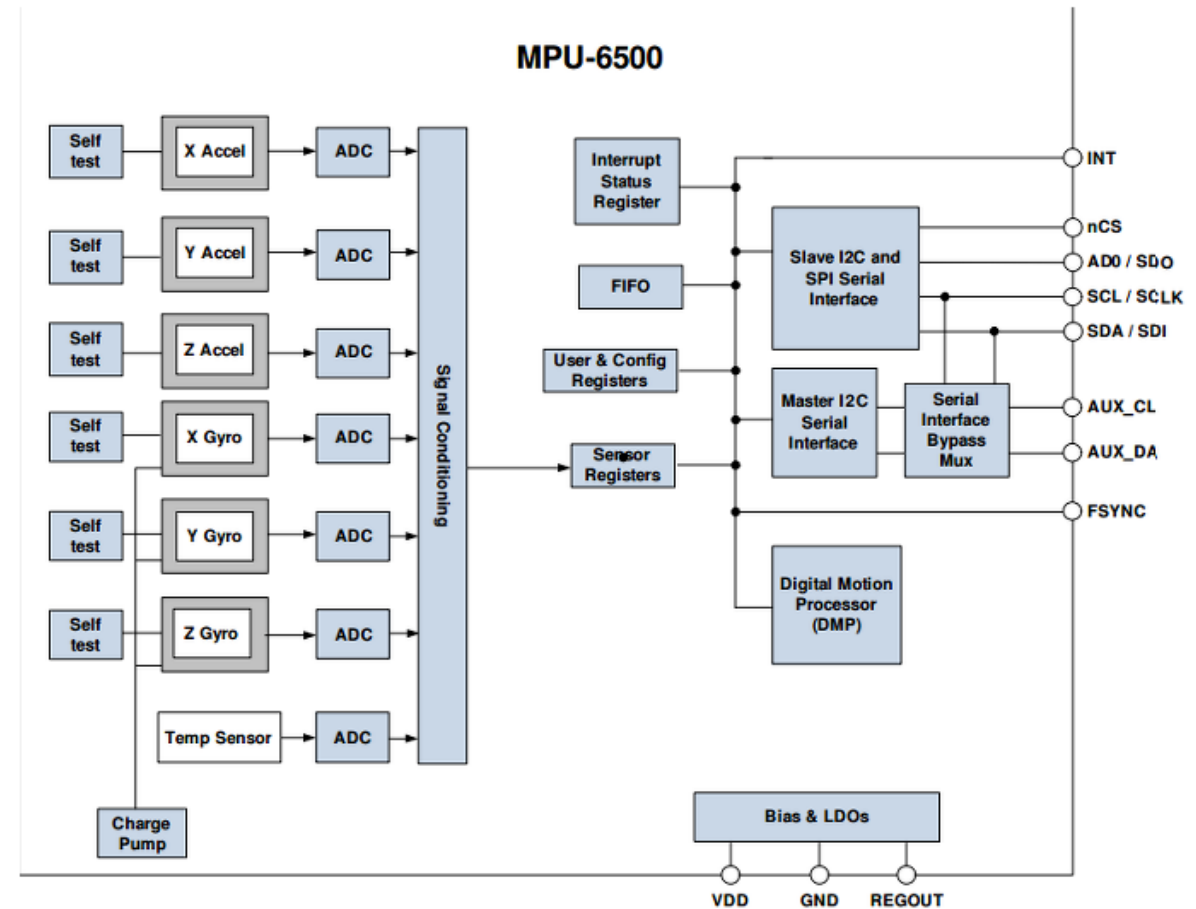
온도 센서는 가속도, 자이로 값들이 온도에 영향을 받기 때문.
하지만 이번 시간에는 가속도, 자이로만을 사용

1

IMU

MPU6050의 특징

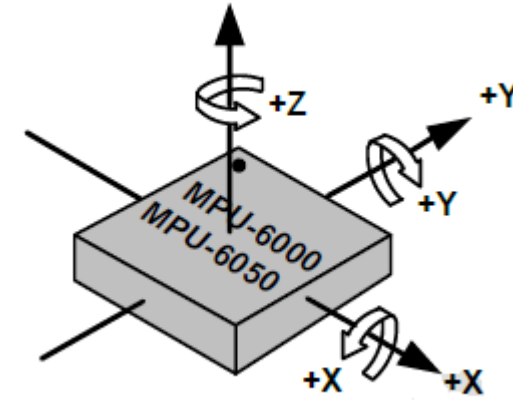
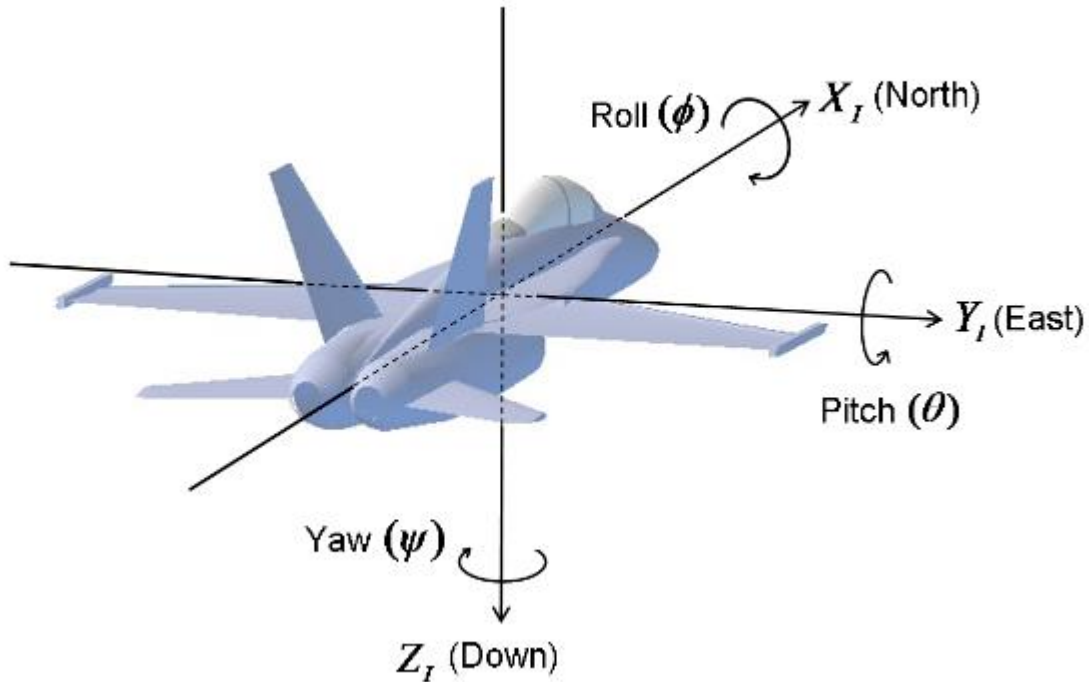
- 하나의 칩 안에 MEMS 가속도 센서+MEMS 자이로 센서 포함
- 각 채널에 대해 16Bit 크기의 값을 출력해주는 모듈을 가지고 있음
- 3축 채널 값을 동시에 얻을 수 있음
- 아두이노와는 I2C 버스 인터페이스를 통해 연결 가능



1

IMU

MPU6050의 특징

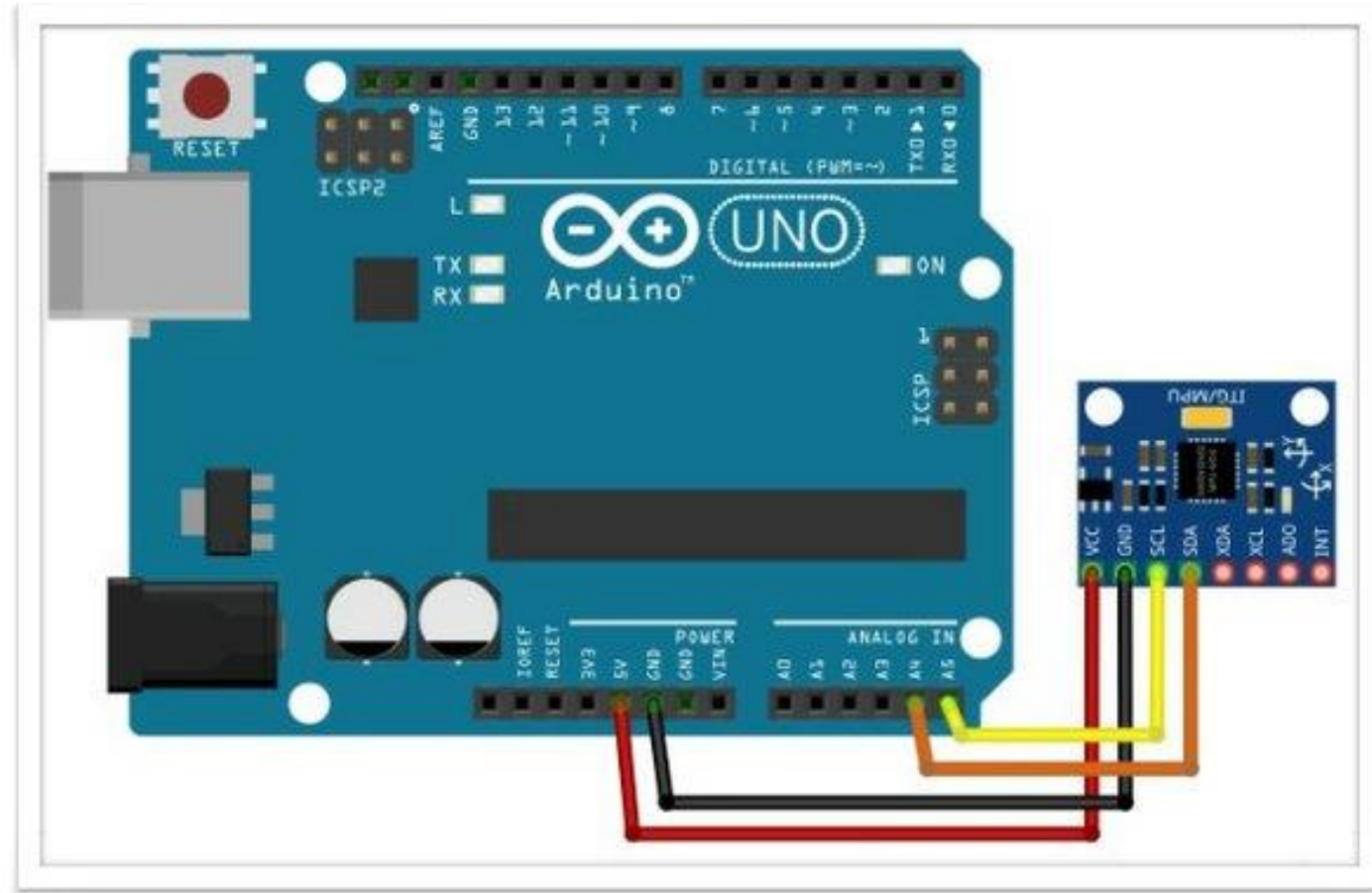


- 좌측과 같이 항공기의 Roll, Pitch, Yaw를 MPU에서 측정한 자이로 및 가속도 센서 값을 사용하여 계산
- 직선 3축은 각 축에 대해 중력 방향을 기준으로 잡고 센서의 기울어진 정도를 측정
- 회전 3축은 위와 같은 방향으로 회전할 때에 양수 값을 얻음
- MPU6050은 Y가 앞, X가 우측, Z가 위를 보는 방향

1

IMU

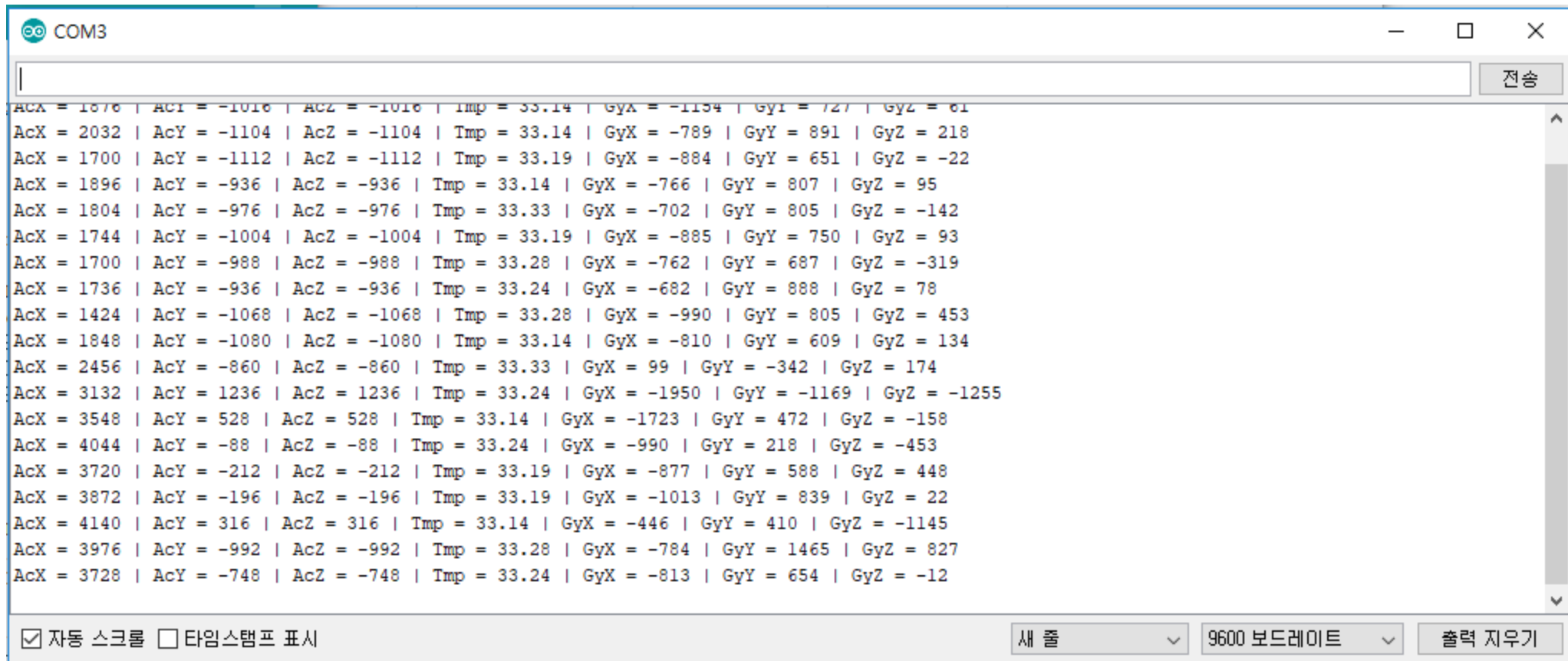
Wiring



1

IMU

MPU6050의 raw data 읽기



```
COM3
AcX = 1876 | AcY = -1016 | AcZ = -1016 | Tmp = 33.14 | GyX = -1154 | GyY = 727 | GyZ = 61
AcX = 2032 | AcY = -1104 | AcZ = -1104 | Tmp = 33.14 | GyX = -789 | GyY = 891 | GyZ = 218
AcX = 1700 | AcY = -1112 | AcZ = -1112 | Tmp = 33.19 | GyX = -884 | GyY = 651 | GyZ = -22
AcX = 1896 | AcY = -936 | AcZ = -936 | Tmp = 33.14 | GyX = -766 | GyY = 807 | GyZ = 95
AcX = 1804 | AcY = -976 | AcZ = -976 | Tmp = 33.33 | GyX = -702 | GyY = 805 | GyZ = -142
AcX = 1744 | AcY = -1004 | AcZ = -1004 | Tmp = 33.19 | GyX = -885 | GyY = 750 | GyZ = 93
AcX = 1700 | AcY = -988 | AcZ = -988 | Tmp = 33.28 | GyX = -762 | GyY = 687 | GyZ = -319
AcX = 1736 | AcY = -936 | AcZ = -936 | Tmp = 33.24 | GyX = -682 | GyY = 888 | GyZ = 78
AcX = 1424 | AcY = -1068 | AcZ = -1068 | Tmp = 33.28 | GyX = -990 | GyY = 805 | GyZ = 453
AcX = 1848 | AcY = -1080 | AcZ = -1080 | Tmp = 33.14 | GyX = -810 | GyY = 609 | GyZ = 134
AcX = 2456 | AcY = -860 | AcZ = -860 | Tmp = 33.33 | GyX = 99 | GyY = -342 | GyZ = 174
AcX = 3132 | AcY = 1236 | AcZ = 1236 | Tmp = 33.24 | GyX = -1950 | GyY = -1169 | GyZ = -1255
AcX = 3548 | AcY = 528 | AcZ = 528 | Tmp = 33.14 | GyX = -1723 | GyY = 472 | GyZ = -158
AcX = 4044 | AcY = -88 | AcZ = -88 | Tmp = 33.24 | GyX = -990 | GyY = 218 | GyZ = -453
AcX = 3720 | AcY = -212 | AcZ = -212 | Tmp = 33.19 | GyX = -877 | GyY = 588 | GyZ = 448
AcX = 3872 | AcY = -196 | AcZ = -196 | Tmp = 33.19 | GyX = -1013 | GyY = 839 | GyZ = 22
AcX = 4140 | AcY = 316 | AcZ = 316 | Tmp = 33.14 | GyX = -446 | GyY = 410 | GyZ = -1145
AcX = 3976 | AcY = -992 | AcZ = -992 | Tmp = 33.28 | GyX = -784 | GyY = 1465 | GyZ = 827
AcX = 3728 | AcY = -748 | AcZ = -748 | Tmp = 33.24 | GyX = -813 | GyY = 654 | GyZ = -12

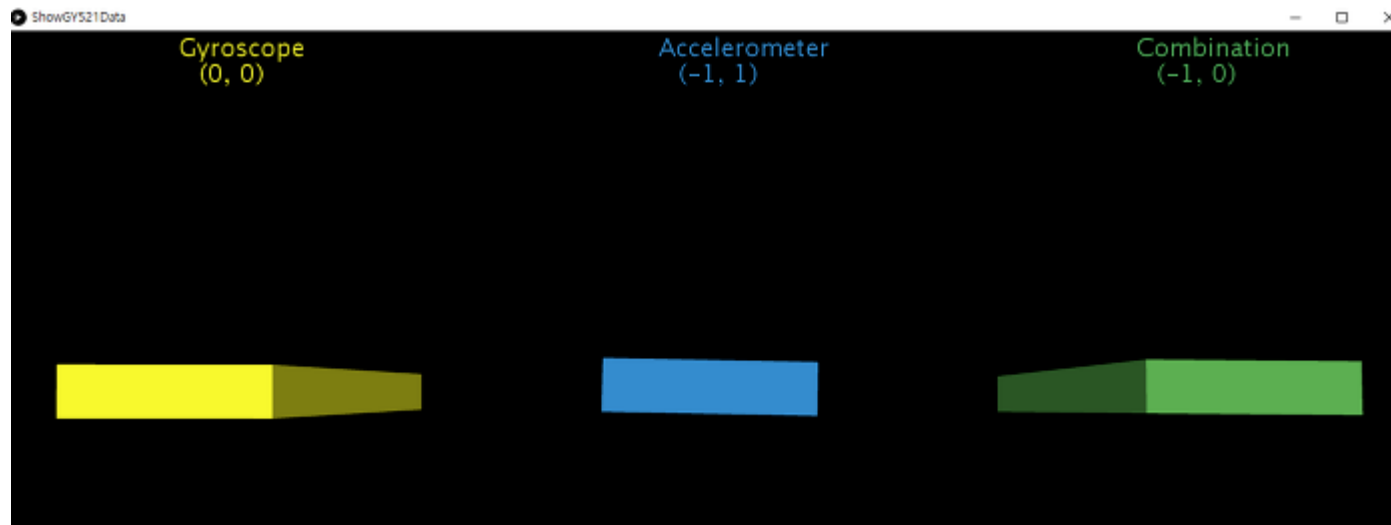
☒ 자동 스크롤 ☐ 타임스탬프 표시 새 줄 9600 보드레이트 출력 지우기
```


2

Processing

Processing을 이용한 Roll, Pitch 테스트

- GY_521_send_serial 파일과 ShowGY521Data를 사용
 - Processing이 깔려있지 않은 경우, 인터넷에서 무료로 다운로드 가능
1. GY_521_send_serial 폴더 안의 ino 파일을 열어 아두이노에 업로드 후에 시리얼 모니터에서 출력 되는 것을 확인
 2. ShowGY521Data폴더 안의 pde 파일을 열어 실행하여 하단의 그림이 나타나는 것을 확인
 3. 센서를 기울여 보며 자세가 바뀌는 것을 보며 각 센서별 특징을 확인



2

Processing

Processing을 이용한 Roll, Pitch 테스트

- SendDataProcessing 함수를 활용하여 Processing으로 원하는 데이터 송신
- 송신 데이터가 없는 경우, 0 값을 보내주게 됨
- 처음부터 자세를 구하는 알고리즘을 구현하고 싶은 경우, 2번 폴더를 사용하여 시작

```
46 void SendDataToProcessing()
47 {
48     Serial.print(F("DEL:"));
49     Serial.print(dt, DEC);
50     Serial.print(F("#ACC:"));
51     Serial.print(accel_angel_x, 2);
52     Serial.print(F(", "));
53     Serial.print(accel_angel_y, 2);
54     Serial.print(F(", "));
55     Serial.print(accel_angel_z, 2);
56     Serial.print(F("#GYR:"));
57     Serial.print(gyro_angel_x, 2);
58     Serial.print(F(", "));
59     Serial.print(gyro_angel_y, 2);
60     Serial.print(F(", "));
61     Serial.print(gyro_angel_z, 2);
62     Serial.print(F("#FIL:"));
63     Serial.print(filtered_angel_x, 2);
64     Serial.print(F(", "));
65     Serial.print(filtered_angel_y, 2);
66     Serial.print(F(", "));
67     Serial.print(filtered_angel_z, 2);
68     Serial.println(F(""));
69     delay(5);
70 }
```

3

센서 보정 루틴 구현

센서 보정 루틴 및 dt 계산

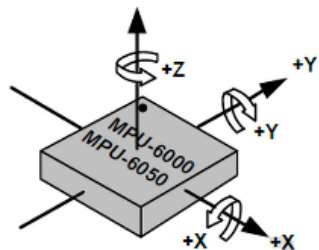
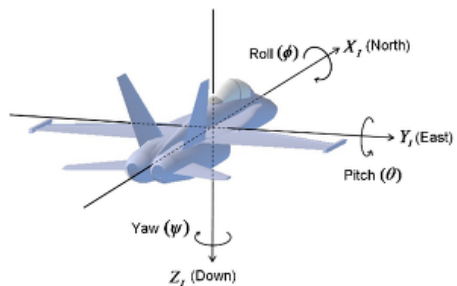
- 처음 시작 setup 부분에서 calibAccelGyro() 라는 함수를 만들어내어 초기 센서의 자세를 보정하는 단계
 - 가속도, 자이로의 초기 10개의 데이터를 읽어 sumAcX,Y,Z나 sumGyX,Y,Z에 더해주고, 평균 값을 baseAcX,Y,Z와 baseGyX,Y,Z에 저장해줌
 - Prob3의 103줄과 113줄을 채워넣기
-
- Loop 부분에서 한 번 루프가 돌 때마다의 시간 dt를 구하는 루틴
 - 아두이노의 millis() 함수를 사용하여 현재 시간 t_now를 구하고, 루프를 돌고 나서 마지막 시간 t_prev의 차이를 이용하여 구하는 단계
 - Millis 함수로 구하는 시간은 ms 단위이므로 그것을 고려하여 dt를 계산

4

가속도계 자세 측정

가속도 센서를 이용한 각도 구하기

- Loop 부분에서 calcAccelYPR 함수를 만들어 가속도 센서를 이용한 각도 산출



여기 드론에서는 +Z축이 하늘을 바라보고 있으면 +X축은 비행기 머리부분 +Y축은 날개부분입니다.

직선 +X축이 곡선 +Y축에 따라 기울어진 각도를 구하는 공식[angel(Y) : Pitch값]

$$angel(Y) = \tan^{-1} \left(\frac{-AcX}{\sqrt{Ac^2Y + Ac^2Z}} \right) \times \left(\frac{180^\circ}{\pi} \right)$$

[조건]

1. 직선축 +X는 비행기의 머리부분
2. 직선축 +Y는 비행기의 날개부분

accel_yz : 직선축 +X 기준으로 좌 우로 기울어지는 각도를 저장하는 변수

accel_angel_y : Roll의 각도

accel_xz : 직선축 +Y 기준으로 비행기 머리가 위 아래로 기울어지는 각도를 저장하는 변수

accel_angel_x = Pitch의 각도

직선 +Y축이 곡선 +X축에 따라 기울어진 각도를 구하는 공식[angel(X) : Roll값]

$$angel(X) = \tan^{-1} \left(\frac{-AcY}{\sqrt{Ac^2X + 4c^2Z}} \right) \times \left(\frac{180^\circ}{\pi} \right)$$

5

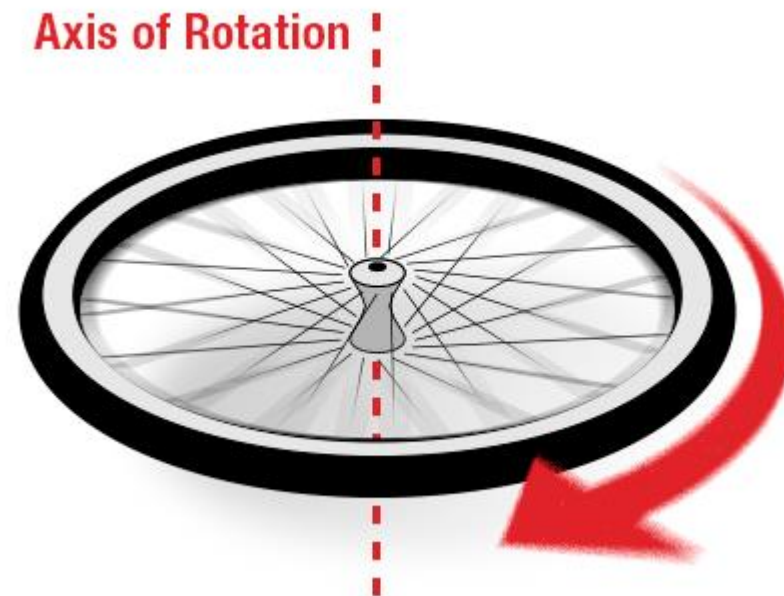
자이로 자세 측정

자이로 센서를 이용한 각도 구하기

- Loop 부분에서 calcGyroYPR 함수를 만들어 가속도 센서를 이용한 각도 산출
- 자이로 센서는 각 속도를 측정하는 센서로, 특정 축을 기준으로 회전하는 속도를 타냄. 매 순간 데이터 값은 정확한 편이나, 평균적인 값은 믿을 수 없음

FS_SEL 레지스터 값	최대 표현 범위	'/s[각속도]당 자이로 센서 값
0	$\pm 250^{\circ}/s$	131 $^{\circ}/s$
1	$\pm 250^{\circ}/s$	65.5 $^{\circ}/s$
2	$\pm 250^{\circ}/s$	32.8 $^{\circ}/s$
3	$\pm 250^{\circ}/s$	16.4 $^{\circ}/s$

- 레지스터 값에서 우리가 존재하는 세계는 0을 나타냄. 따라서 131 $^{\circ}/s$ 를 사용
- Ex) 32767이라는 값을 얻었을 시, $32767/131 = 250^{\circ}/s$ 가 실질 값
- Gyro Angle = Gyro Angle + Gyro * dt를 사용하여 각 축의 각도를 측정

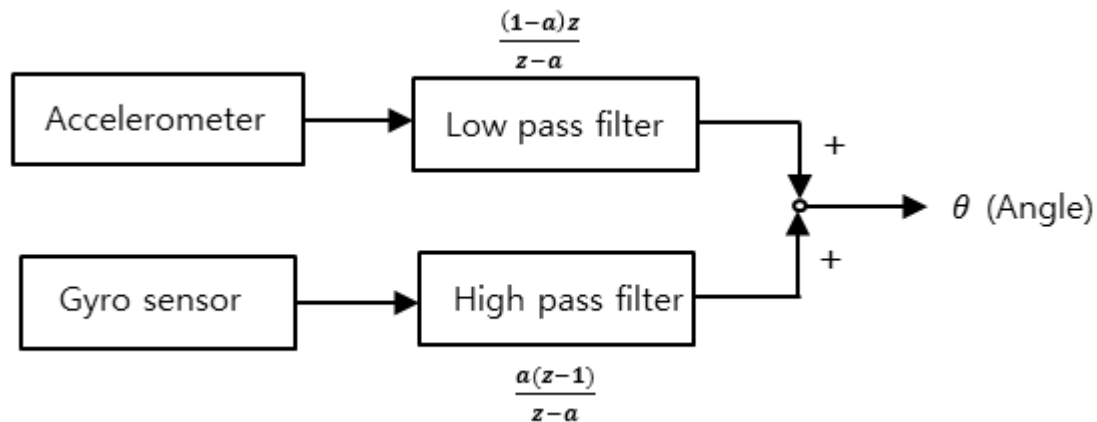


6

상보필터

상보필터가 필요한 이유

- 가속도와 자이로 센서를 이용하여 각도를 얻으면, 각 센서의 특징을 볼 수 있음.
- 가속도 값만 가지고 각도를 측정했을 경우, 어느 방향으로 움직이든 순간적인 가속도가 생겨 순간의 값이 이상하며 노이즈가 섞인 경우가 많음
- 자이로 센서만을 가용한 경우, 센서의 오차가 조금씩 쌓이기 시작해 틀어지는 값이 발생하게 됨. 이로 인하여 점점 각도가 틀어져 시간이 지날수록 부정확해짐
- 필터는 위와 같이 두 센서를 합쳐, 이상적인 값을 얻을 수 있도록 하는 방식



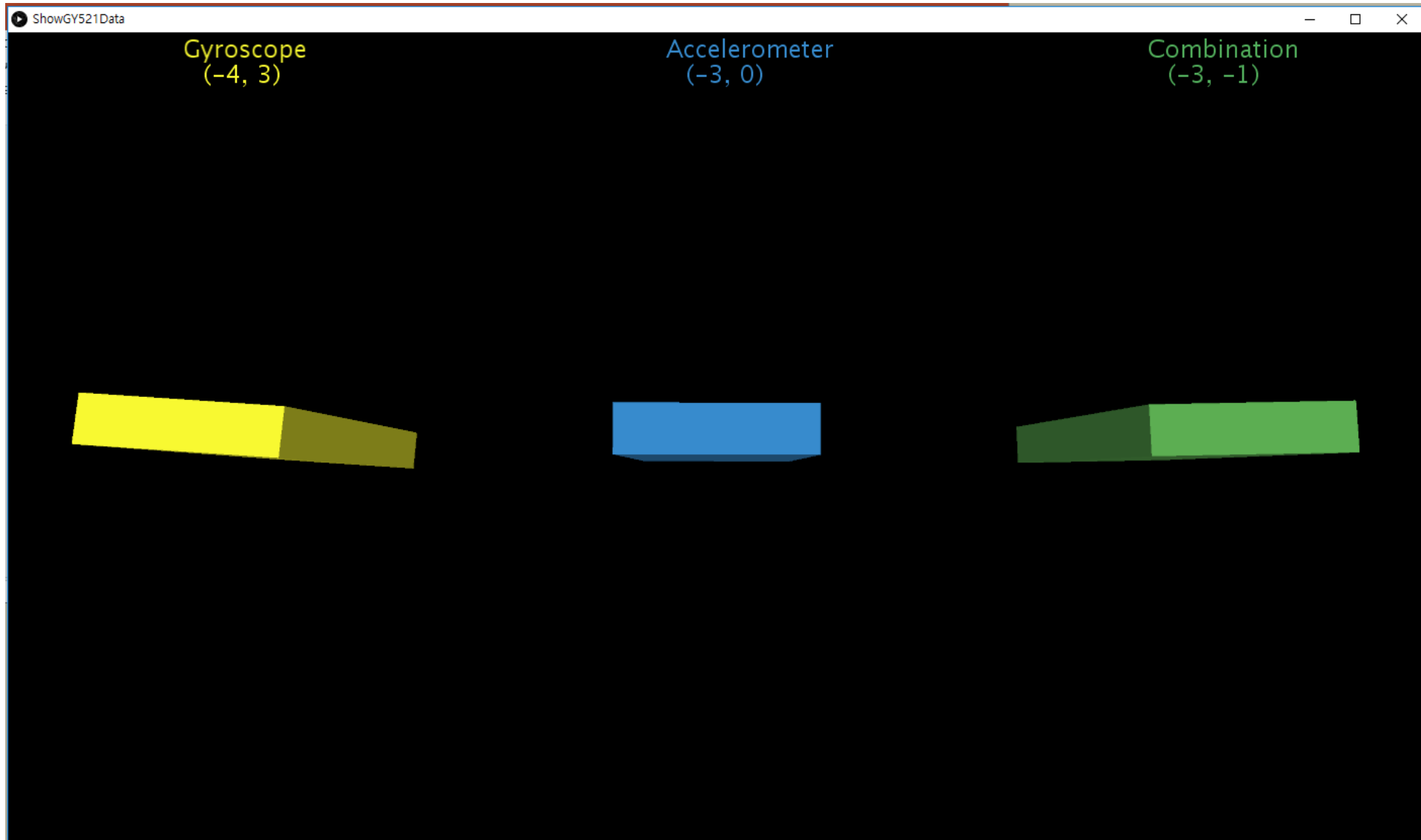
- 왼쪽과 같은 필터를 구성하기엔 힘들므로, 간소화된 식을 사용하여 센서를 융합해줄 것
- 보통 α 는 0.96 ~ 0.98을 사용

$$Angle = \alpha * (Angle + Gyro * dt) + (1 - \alpha) * accAngle$$

6

상보필터

상보필터를 적용한 이후의 결과



Thank you!

감사합니다!

Question? Comment?