

# 한이음 공모전 2017 참가신청서

## 작품 정보

프로젝트명	국문	Omni휠과 6자유도 센서를 이용한 다방향 이동 세그웨이
	영문	Multidirectional Segway with Omni wheels and six degrees of freedom sensor
프로젝트기간	2017. 04. 03. ~ 2017. 10. 31.	
작 품 명	Omni-Board & Omni-Glove	
작품소개	이동방향의 제한 없이 사람이 타고 이동할 수 있는 세그웨이와 이를 원격으로 제어할 수 있는 장갑형식의 무선조종장갑	
주제영역	<input type="checkbox"/> 건강 <input type="checkbox"/> 생산성 <input type="checkbox"/> 생활 <input type="checkbox"/> 안전 <input checked="" type="checkbox"/> 엔터테인먼트 <input type="checkbox"/> 기타 ( )	
타 대회참가 신청수상여부	<input checked="" type="checkbox"/> 미참가 <input type="checkbox"/> 참가신청 중 <input type="checkbox"/> 수상	

## 팀 정보

팀 명		가온누리			
팀 원		이 름	소 속	부서/학과	직위/학년
멘 토		이기순	KTds	보안운영팀	팀장
지도교수		최 훈	동의대학교	전자공학과	부교수
멘 티 (참여학생)	멘티 1(팀장)	김진현	동의대학교	전자공학과	4학년
	멘티 2	엄상현	동의대학교	전자공학과	4학년
	멘티 3	김창영	동의대학교	전자공학과	4학년
	멘티 4	양태동	동의대학교	전자공학과	4학년
	멘티 5	김성명	동의대학교	전자공학과	4학년

본인은 「한이음 공모전 2017」의 제반규정 및 유의사항을 준수하고 제출된 서류의 모든 내용에 허위 사실이 없음을 서약합니다. 또한, 공모전 심사를 위한 평가에 성실히 응할 것이며 참가자와 관련된 정보 활용에 동의합니다.

### ★ 개인정보 수집·이용(개인정보보호법 제15조)

- \* [수집·이용목적] 한이음 공모전 및 한이음 엑스포 행사 운영/관리, 특허출원을 위한 선행기술조사, 언론홍보 및 행사안내, 한이음 사이트 등 사업 관련 자료 공개 및 홍보자료 활용
- \* [수집항목] 이름, 소속, 부서/학과, 직위/학년, 전화번호, 이메일, 프로젝트 수행내용
- \* [보유·이용기간] 사업 종료 후 5년

선정된 작품은 「한이음 엑스포 2017」 행사에 반드시 전시해야 하며, 전시 불참 시 평가 및 수상에서 제외됨을 확인하고 본 공모전에 참가 신청합니다.

본 참가신청서 제출 시, 위 모든 사항에 동의한 것으로 간주합니다.

2017년 10월 09일

# 한이음 공모전 2017

## 개 발 보 고 서

프로젝트명	국문	Omni휠과 6자유도 센서를 이용한 다방향 이동 세그웨이
	영문	Multidirectional Segway with Omni wheels and six degrees of freedom sensor
작 품 명	Omni-Board & Omni-Glove	
신 청 자	동의대학교/김진현	

# 요 약 본

## 팀 정보

팀 명	가온누리			
팀 원	이 름	소 속	부서/학과	직위/학년
멘 토	이기순	KTds	보안운영팀	팀장
지도교수	최 훈	동의대학교	전자공학과	부교수
멘티 1(팀장)	김진현	동의대학교	전자공학과	4학년
멘티 2	엄상현	동의대학교	전자공학과	4학년
멘티 3	김창영	동의대학교	전자공학과	4학년
멘티 4	양태동	동의대학교	전자공학과	4학년
멘티 5	김성명	동의대학교	전자공학과	4학년



작품 정보		
프로젝트명	국문	Omni휠과 6자유도 센서를 이용한 다방향 이동 세그웨이
	영문	Multidirectional Segway with Omni wheels and six degrees of freedom sensor
작품명	Omni-Board & Omni-Glove	
작품 소개	<p>Omni-Board는 2가지 모드를 가진다. 첫 번째 모드는 보딩 모드로서 사람이 Omni-Board에 올라가서 제어를 하는 동시에 이동을 한다. Omni-Board는 3축 가속도/자이로센서를 이용해 보드의 기울기 값을 측정하고, 그 값에 따라 보드가 이동하는 시스템이다. 발판에서 측정한 각도와 바퀴 쪽에서 측정한 기준각도와의 차이 값을 계산하여, 조건별로 출력 값을 조정하여 4개의 모터의 속도와 방향을 제어한다.</p> <p>두 번째 모드는 무선 원격 조종 모드로서 Omni-Glove를 이용해 Omni-Board를 제어한다. Omni-Glove는 마이크로 컨트롤러(Arduino pro mini), 2개의 flex센서 그리고 1개의 3축 가속도/자이로센서를 사용한다. 전원을 켜면 3초간 기준 기울기와 기준 flex저항 값을 설정한다. 설정한 뒤에 측정되는 기울기 값과 flex저항 값을 기준 값과 차이를 계산하여 제어 값으로 설정한다. RF통신을 이용하여 데이터를 전송해 Omni-Board를 원격으로 제어한다.</p>	
작품 구성도		
작품의 개발배경 및 필요성	<p>2011년부터 1인용 전기식구동 탈것인 세그웨이가 상용화가 되어 왔다. 우리는 현재의 세그웨이에서 몇 가지 제한적인 요소를 발견하였다. 첫 번째로는 숙달이 어렵다. 바퀴가 1개 또는 2개이기 때문에 중심잡기가 어려워 초보자가 숙달하는데 오랜시간이 걸린다. 두 번째로는 활용성이 부족하다. 사람이 탑승하여 이동할 수 있는 기능뿐, 그 외에 모터의 동력을 이용하여 구현할 수 있는 기능이 없다. 마지막으로 이동방향이 제한적이다. 전/후진과 좌/우회전만 가능하므로 이동성에 제한이 있다. 우리는 이러한 문제점들을 보완할 수 있는 작품을 설계할 필요성을 느꼈다.</p>	
작품의 특징점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 4륜식 구동으로 설계하여 중심잡기 쉬워 남녀노소 쉽게 숙달할 수 있다.</li> <li>- 보드의 바퀴를 옴니 휠을 사용하여 방향의 제한없이 움직일 수 있다.</li> <li>- 보드를 무선으로 조종할 수 있는 조종기를 설계하여 이동수단뿐만 아니라 다양한 용도로 사용할 수 있다.</li> </ul>	
작품 기능	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Omni-Board는 전/후진, 좌/우회전뿐만 아니라 좌/우이동과 사선이동이 가능하다.</li> <li>- Omni-Glove를 이용하여 무선으로 원격제어가 가능하다.</li> </ul>	
작품의 기대효과 및 활용분야	<p>기존 세그웨이와 동일하게 친환경적 이동수단으로써 사용가능하고 많은 사람들이 취미 및 레저스포츠로 즐기기에 손색없다. 또한 RC카와 드론과 같이 제어대상체 조종의 재미를 느낄 수 있을 뿐만 아니라 산업현장과 같은곳에서 무거운 물건을 운반할 때도 적합하다고 본다. 사회·환경적인 문제를 해결하고 경제적으로 큰 이익을 얻을 수 있다.</p>	

# 본 문

## I. 작품 개요

※ 평가항목 : 기획력 (필요성, 차별성)

### 1. 작품 소개

#### ○ Segway

- 세그웨이(Segway)는 미국의 발명가인 ‘딘 카멘(Dean Kamen)’ 이 2001년 12월 공해한 1인용 스쿠터이다.
- 발판 위에 올라선 뒤 원하는 방향으로 몸을 조금씩 기울이기만 하면 저절로 움직인다.
- 전기식구동 1인용 이동수단으로 편리성 덕분에 2011년부터 상용화가 되어 현재까지 많은 인기를 누리고 있다.



그림 1. 세그웨이(Segway)

#### ○ 기획의도

- 세그웨이가 주는 긍정적인 기대효과가 큼
- 기존 세그웨이에 몇 가지 제한적인 요소가 있음
- 더욱 실용적으로 제작하여 상용화 시킬 필요가 있음

○ Omni-Board & Omni-Glove 개요

- 마이크로 컨트롤러를 이용하여 전체 시스템 제어
- 발판의 기울기의 정도와 방향에 따라 Omni-Board의 이동방향과 속도 제어
- RF통신을 이용하여 Omni-Glove로 Omni-Board를 원격 제어

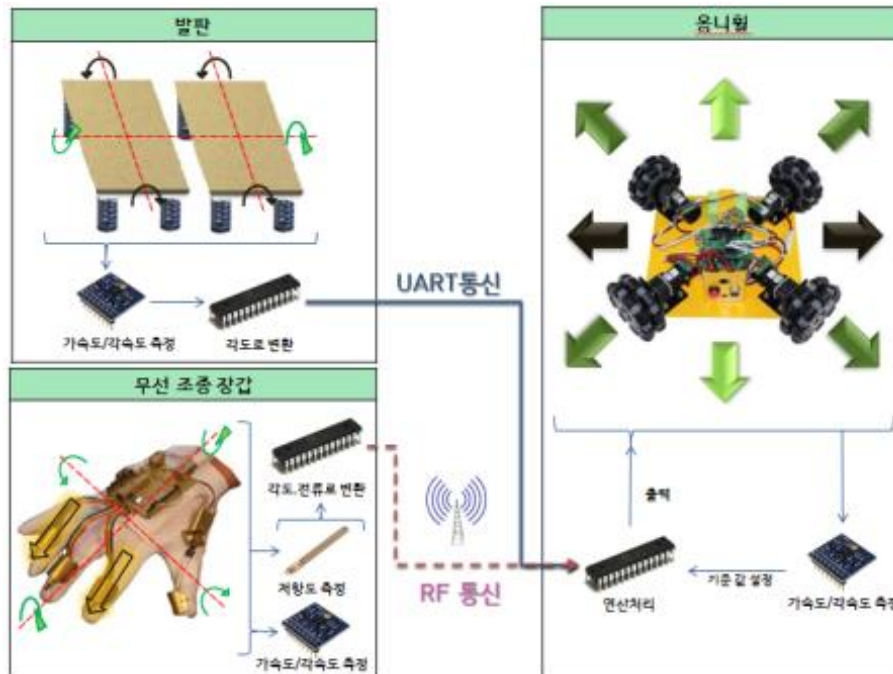


그림 2. Omni-Board & Omni-Glove 개요도

## 2. 작품의 개발 배경 및 필요성

○ 세그웨이 시장 현황

최근 이동성 및 편의성을 향상시키고 환경오염을 최소화 할 수 있는 Micro Mobility(Personal Mobility), 즉 소형 개인 이동수단이 많이 상용화 되고 있다. 2011년부터 상용화된 이운 전동 스쿠터 ‘세그웨이(Segway)’는 자전거를 대체할 교통수단으로 주목 받았으나 안정성 문제와 높은 가격으로 크게 성장하지 못하였다. 하지만 이후 가격을 낮춘 보급형 전동 스쿠터, 외발 전동 휠과 전동 보드 등의 제품 출시가 활발해졌으며 계속해서 시장이 확대 될 것으로 예상된다.

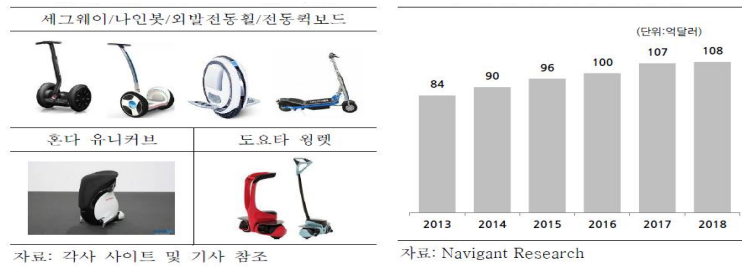


그림 3. 종류별 세그웨이 및 시장 규모

#### ○ 사회·환경적 측면

2040년 전 세계 인구는 90억 명으로 증가, 그중 64%가 도시에 거주할 것으로 예상되어진다. 그에따라 도시의 교통 활동 비율이 늘어날 것이다. 이런 인구 증가와 도시 집중화로 인한 교통체증은 교통혼잡 비용(도로를 주행하는 차량이 교통 혼잡으로 인해 정상속도 이하로 운행함으로써 발생하는 사회적 손실비용)을 증가시킨다.

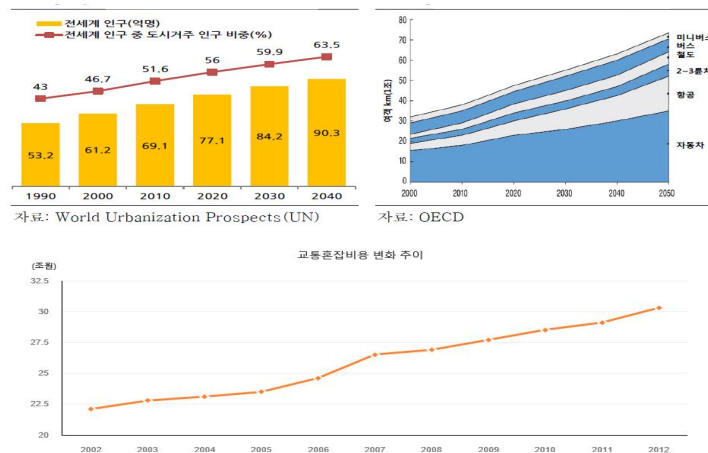


그림 4. 인구 도시 집중화와 개인 교통수단 및 교통혼잡에 따른 비용 그래프

이처럼 시간이 갈수록 도시 집중화가 증가되고 개인 자가용 이용수가 많아진다. 대도시에서의 대기 오염의 주원인은 자동차의 배기가스에 있다. 실제로 우리나라 수도권 지역의 대기오염 물질 기여율을 보면 2001년은 64%, 2012년엔 68%가 이동 오염원이다. 그 이유는 자동차의 원료인 휘발유나 경유와 같은 석유계 물질은 완전히 연소하면 산소와 결합하여 수증기와 이산화탄소만 생성된다. 그러나 불완전연소의 경우에는 일산화탄소, 탄화수소, 질소산화물 등의 유해물질이 형성되어 배기가스에 섞여 나오기 때문이다. 실제로 자동차에서 석유가 완전 연소되지 않아 유해물



질을 만들어내고 있다. 배기가스 문제에 대한 해결책으로 우리나라뿐만 아니라 유럽연합에서도 2020년 승용차 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)배출 목표를 95g/km로 설정하여 친환경 개인이동수단에 대한 개발과 보급을 지속적으로 확대할 예정이다.

수도권 지역 대기오염물질(NO <sub>x</sub> ) 기여율				
구 분	2001년		2012년	
	배출량(천톤/년)	기여율(%)	배출량(천톤/년)	기여율(%)
계	349	100	274	100
이동오염원	224	64	185	68
사업장	82	24	48	17
생활계	43	12	41	15

! 우리나라 수도권 지역 대기오염물질 기여율 © 환경부

그림 5. 우리나라 수도권 지역 대기오염물질 기여율

### 3. 작품의 특징 및 장점

○ 우리가 제안하는 설계 작품은 세그웨이의 방향성을 제시하고 특별한 기능을 추가하여 그에 맞는 알고리즘을 설계하는 것이다. 기존의 세그웨이와 차별화를 줄 수 있는 기능에는 옴니 휠을 사용하여 방향의 제한 없이 이동하는 것이고, 3축 가속도/자이로센서를 사용하여 측정한 기울기 값으로 제어를 하는 것이다. 그리고 추가 기능으로 Omni-Glove를 설계하여 원격으로 Omni-Board를 한손만으로도 직감적이고 편리하게 제어 할 수 있게 한다. 발판이 기울어지는 방향에 따라 옴니 휠의 회전 방향을 결정 할 수 있고 각각의 발판의 기울기 조합을 통해서 방향의 제한 없이 제어가 가능하다. Omni-Glove는 손의 기울기와 손가락(검지, 약지)의 구부림 정도를 측정해 데이터를 조합하여 Omni-Board의 속도 및 방향을 제어 할 수 있다. 무선통신은 RF통신을 사용하여 최대 200m까지 무선통신이 가능하다. 그리고 Omni-Board에 각 방향별로 LED를 부착해 현재 이동방향을 알려줄 수 있도록 한다.



## II. 작품 내용

※ 평가항목 : 기술력 (기능구체성, 난이도, 완성도)

### 1. 작품 구성도

○ 전체 시스템 구성도

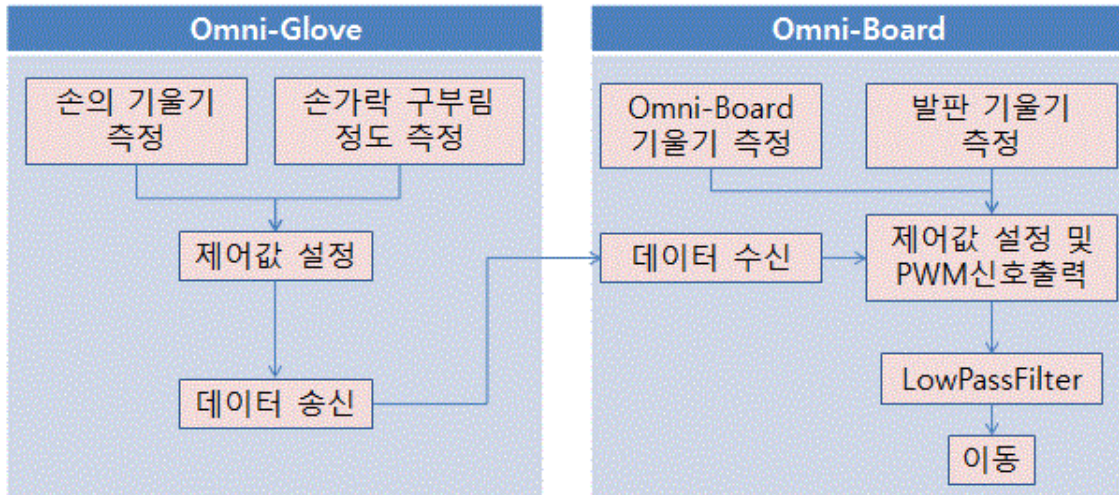


그림 6. 시스템 구성도

○ Omni-Board H/W 구성도

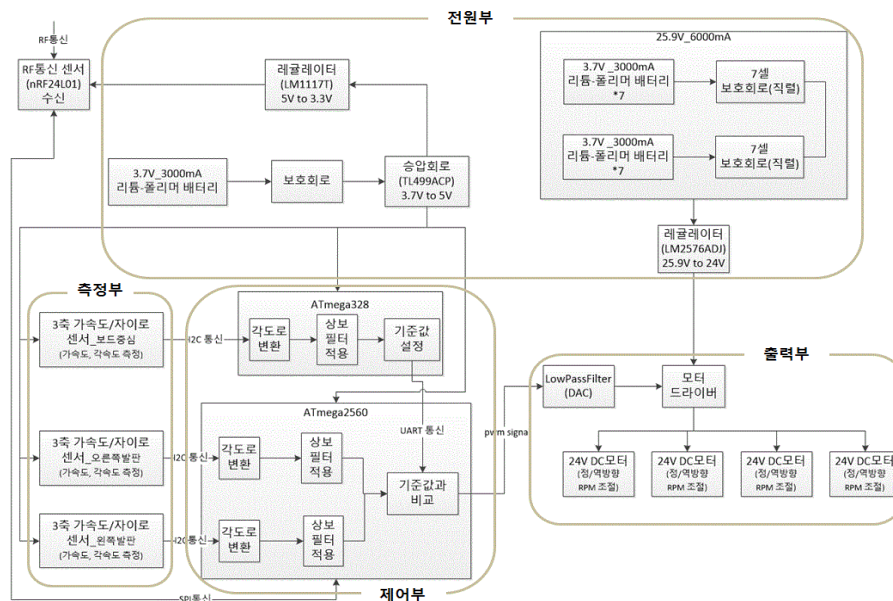


그림 7. Omni-Board 블록선도

## ○ Omni-Glove H/W 구성도

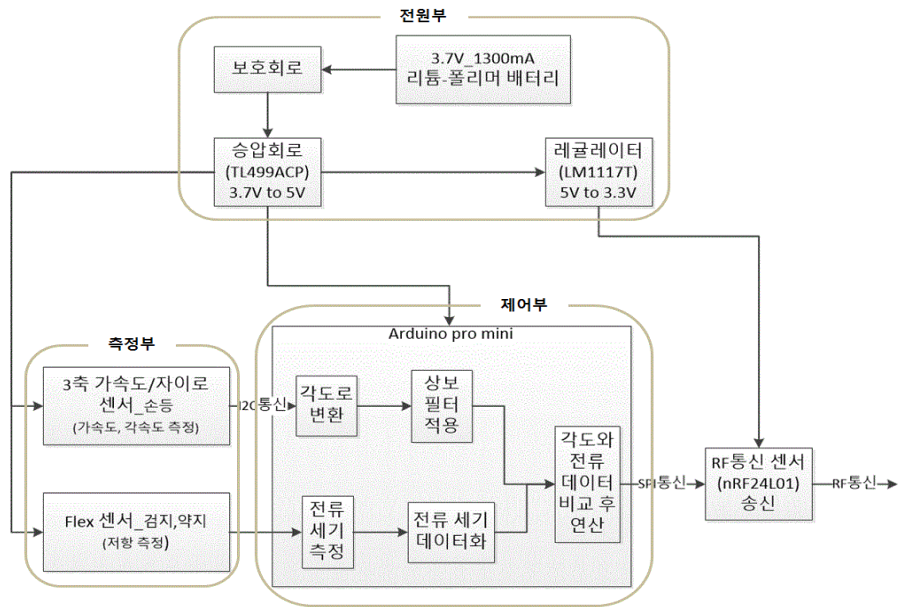


그림 8. Omni-Glove 블록선도

## ○ Omni-Board S/W 구성도

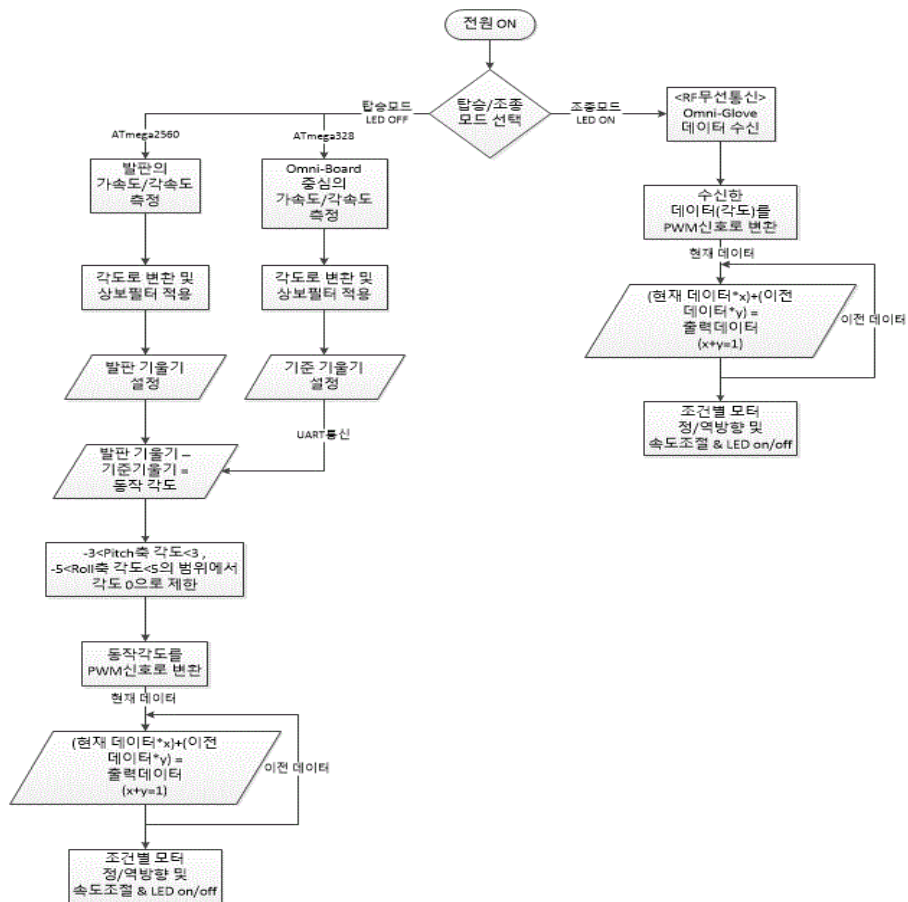


그림 9. Omni-Board 알고리즘

○ Omni-Glove S/W 구성도

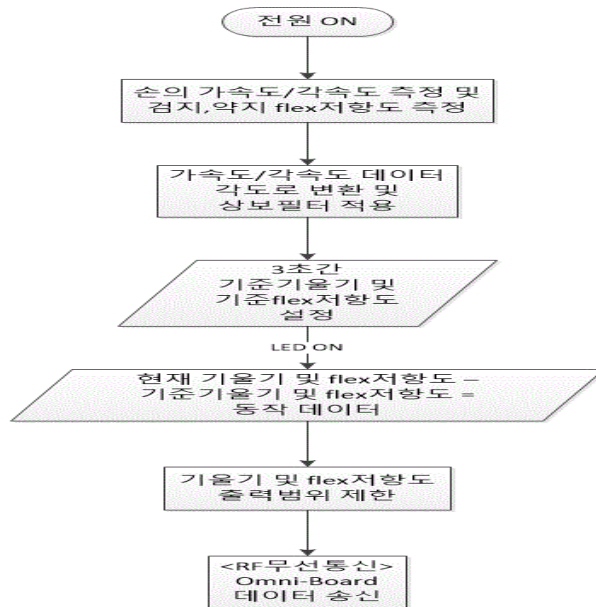


그림 10. Omni-Glove 알고리즘

## 2. 작품 기능

### 2-1. 전체 기능 목록

구분	기능	설명	현재진척도(%)
S/W	가속도/각속도 측정	3축 가속도/각속도센서를 이용하여 측정한다.	100%
	각도로 변환 및 상보필터	측정한 가속도/각속도를 각도로 변환하고 상보필터를 적용시킨다.	100%
	동작각도 설정	발판의 각도에서 Omni-Board중심의 각도를 빼서 동작각도로 설정한다.	100%
	동작각도 범위제한	제어를 쉽게 하고 안전성을 높이기 위해 동작각도 범위를 제한시킨다.	100%
	동작각도를 PWM신호로 변환	동작각도의 크기에 따라 속도조절을 가능하게 하기 위해 가중치를 곱해 PWM신호로 변환한다.	100%
	feedback 제어	feedback알고리즘을 구현하여 급발진/급정지를 막는다.	100%
	RF통신	Omni-Board와 Omni-Glove가 무선통신을 하기 위해 RF통신을 이용한다.	100%
	Flex저항도 측정	Flex센서의 저항을 측정하여 데이터화시켜 사용한다.	100%

H/W	전원부	각 모듈에 맞는 정격전압을 공급한다. 배터리는 리튬-폴리머배터리를 사용한다.	100%
	측정부	3축 가속도/자이로센서와 Flex센서로 데이터를 측정한다.	100%
	제어부	전체적인 시스템 제어를 위해서 마이크로 컨트롤러를 사용한다.	100%
	출력부	구동을 위한 DC모터(24V)와 방향표시를 위해 flex LED를 사용한다.	100%
	외형	전체적인 틀은 강철로 제작하였고, 기울기를 형성할 수 있게 코일스프링을 사용한다.	100%

## 2-2. S/W 주요 기능

기능	설명	작품실물사진
UART통신 및 I2C통신설정	UART통신 : 마이크로컨트롤러간의 통신을 위해 사용, 하드웨어 serial핀이 부족해서 소프트웨어serial핀인 myserial을 설정하여 사용 I2C통신 : mpu6050으로부터 데이터 값을 읽기위해 사용	<pre>//set serial baud mySerial1.begin(19200); mySerial2.begin(19200); Serial.begin(19200);  //set I2C Wire.begin(); Wire.beginTransmission(mpu_add); Wire.write(0x6B); Wire.write(0); Wire.endTransmission(true);</pre>
가속도/각속도 측정	mpu6050으로부터 가속도와 각속도를 측정한다. 데이터는 I2C통신을 통하여 마이크로 컨트롤러에 전송된다.	<pre>//MPU6050 Wire.beginTransmission(mpu_add); //get acc data Wire.write(0x3B); Wire.endTransmission(false); Wire.requestFrom(mpu_add, 6, true); ax = Wire.read() &lt;&lt; 8   Wire.read(); ay = Wire.read() &lt;&lt; 8   Wire.read(); az = Wire.read() &lt;&lt; 8   Wire.read();  Wire.beginTransmission(mpu_add); //get gyro data Wire.write(0x43); Wire.endTransmission(false); Wire.requestFrom(mpu_add, 6, true); gx = Wire.read() &lt;&lt; 8   Wire.read(); gy = Wire.read() &lt;&lt; 8   Wire.read(); gz = Wire.read() &lt;&lt; 8   Wire.read();</pre>
각도로 변환 및 상보필터 적용	가속도/각속도를 각도로 변환하고 상보필터를 적용한다. 각은 roll각과 pitch각을 사용한다.	<pre>//Roll degree deg_roll = atan2(ay, az) * 180 / Pi; daz_roll = gx / 131; angle_roll = (0.98 * (angle_roll + (daz_roll * 0.001))) + (0.02 * deg_roll);  //Pitch degree deg_pitch = atan2(ax, az) * 180 / Pi; dgy_pitch = gy / 131; angle_pitch = (0.98 * (angle_pitch + (dgy_pitch * 0.001))) + (0.02 * deg_pitch);</pre>
RF통신 송신	Omni-Glove에서 측정한 데이터를 Omni-Board로 송신한다.	<pre>radio.begin(); radio.openWritingPipe(pipe);  radio.write(data_glove, sizeof(data_glove));</pre>

RF통신 수신	Omni-Glove로부터 데이터를 수신 받는다.	<pre> //set rf SPI radio.begin(); radio.openReadingPipe(1, pipe); radio.startListening();  //remote control mode if(set_mode==1){   if(radio.available()){     radio.read(data_glove, sizeof(data_glove));     control_roll = data_glove[0];     control_pitch = data_glove[1];     control_ring = data_glove[2];     control_index = data_glove[3];   }   else{     control_roll = 0;     control_pitch = 0;     control_ring = 0;     control_index = 0;   } } </pre>
Feedback제어	출력을 위해 데이터에 가중치를 곱해서 PWM신호로 변환하고 급발진/급정지를 막기 위해 보정 값을 설정한다.	<pre> //PWM신호크기로 변환 ps_roll = abs(control_roll) + 4.25; ps_pitch = abs(control_pitch) + 4.25; ps_ring = control_ring + 0.85; ps_index = control_index + 0.85; ps_spin_f = (ps_roll+ps_pitch)/2; ps_spin_s = ps_roll/2; g_ps_dia_r = (ps_roll+ps_index)/2; g_ps_dia_l = (ps_roll+ps_ring)/2;  //보정값 설정 c_ps_roll = (0.4+ps_roll)*(0.6+pre_ps_roll); c_ps_pitch = (0.4+ps_pitch)*(0.6+pre_ps_pitch); c_ps_ring = (0.4+ps_ring)*(0.6+pre_ps_ring); c_ps_index = (0.4+ps_index)*(0.6+pre_ps_index); c_ps_spin_f = (0.4+ps_spin_f)*(0.6+pre_ps_spin_f); c_ps_spin_s = (0.4+ps_spin_s)*(0.6+pre_ps_spin_s); c_g_ps_dia_r = (0.4+g_ps_dia_r)*(0.6+pre_g_ps_dia_r); c_g_ps_dia_l = (0.4+g_ps_dia_l)*(0.6+pre_g_ps_dia_l);  pre_ps_roll = c_ps_roll; pre_ps_pitch = c_ps_pitch; pre_ps_ring = c_ps_ring; pre_ps_index = c_ps_index; pre_ps_spin_f = c_ps_spin_f; pre_ps_spin_s = c_ps_spin_s; pre_g_ps_dia_r = c_g_ps_dia_r; pre_g_ps_dia_l = c_g_ps_dia_l; </pre>
동작각도 설정 및 동작범위제한	Omni-Board의 중심 기울기 값과 발판의 기울기 값의 차이를 구하여 동작각도로 설정하고 안정성을 위해서 범위를 제한한다.	<pre> //operation angle = foothold angle - standard angle op_angle_roll_r = angle_roll_r-angle_roll_s; op_angle_pitch_r = angle_pitch_r-angle_pitch_s; op_angle_roll_l = angle_roll_l-angle_roll_s; op_angle_pitch_l = angle_pitch_l-angle_pitch_s;  if(op_angle_roll_r&lt;3 &amp;&amp; op_angle_roll_r&gt;-3){   op_angle_roll_r = 0; } if(op_angle_pitch_r&lt;5 &amp;&amp; op_angle_pitch_r&gt;-5){   op_angle_pitch_r = 0; } if(op_angle_roll_l&lt;3 &amp;&amp; op_angle_roll_l&gt;-3){   op_angle_roll_l = 0; } if(op_angle_pitch_l&lt;5 &amp;&amp; op_angle_pitch_l&gt;-5){   op_angle_pitch_l = 0; } </pre>



기준 값 설정	Omni-Glove가 데이터를 측정하기 위해서 처음 3초간 기준기울기와 기준flex저항도를 설정한다.	<pre> if(set==0){   if((millis()-start_standard_time)&gt;set_standard_time){     standard_roll = angle_roll;     standard_pitch = angle_pitch;     ring_standard = ring_flex;     index_standard = index_flex;     set = 1;     digitalWrite(standard_led, HIGH);   } } </pre>
---------	--	--

○ Omni-Board는 두 가지 모드를 가진다. 첫 번째 모드는 탑승모드로써 사람이 Omni-Board에 올라가서 움직이는 기능을 가진다. 탑승모드를 선택하면 ATmega328이 Omni-Board의 중심부에서 기울기를 측정하여 기준기울기로 설정한다. 그리고 UART통신을 이용하여 ATmega2560으로 기준기울기 데이터를 전송해준다. ATmega2560은 각 발판의 기울기를 측정하고 ATmega328로부터 수신받은 기준기울기 데이터와 각 발판의 현재 기울기 데이터의 차이 값을 계산하여 제어각도를 설정한다. 제어각도에 비례계수를 곱해 PWM신호로 만들어주어 각도에 따라 신호의 크기를 조절할 수 있게 한다. 안전성을 위하여 제어각도가 작을 때는 동작하지 않도록 범위를 설정하였다. 그리고 급정지/급발진을 막기 위해서 제어각도에 대한 PWM신호를 바로 출력하지 않고 이전에 출력했던 이전 데이터에 계수를 곱해 현재 데이터와 합을 구해서 최종 출력 값으로 출력을 하도록 하였다. 최종 출력 값에 따라 모터의 정/역회전 및 속도를 조절하고 LED on/off를 하여 방향을 알려준다. 두 번째 모드는 조종모드로써 Omni-Glove를 이용해 무선으로 원격조종하는 기능을 가진다. RF무선통신을 이용해 Omni-Glove로부터 데이터를 수신받아 PWM신호로 변환한다. 역시 급정지/급발진을 막기 위해 탑승모드와 같은 방법을 이용하여 제어한다.





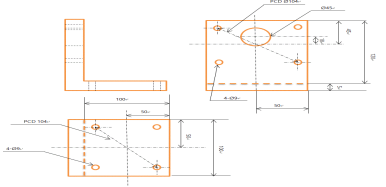
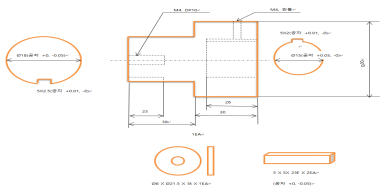
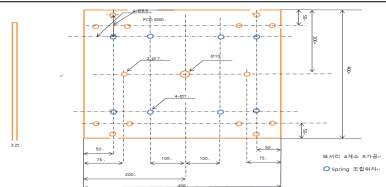
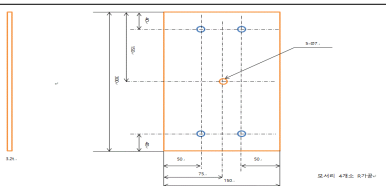


Omni-Glove는 손의 기울기와 손가락의 구부림 정도를 데이터화하여 Omni-Board를 제어한다. 3축 가속도/자이로센서를 이용하여 손의 기울기에 대한 가속도와 각속도를 측정하고 Flex센서를 이용하여 검지와 약지의 구부림 정도를 저항도로 측정한다. 가속도/각속도 데이터는 각도로 변환하여 상보필터에 적용시킨다. 그리고 3초 동안 기준기울기 및 기준flex저항도를 설정하면 LED가 켜지게 된다. 손의 움직임과 손가락의 구부림에 따라 현재기울기 및 flex저항도에 기준기울기 및 flex저항도의 차이 값을 계산한다. 안정성을 위하여 기울기와 flex저항도가 너무 작거나 너무 클 때는 동작하지 않도록 범위를 제한하였다. 최종 값을 RF무선통신을 이용하여 Omni-Board로 송신한다.

## 2-3. H/W 주요 기능

<Omni-Board>

기능/부품		설명	작품실물사진
전원부	3.7V 3000mA 리튬-폴리머 배터리	각 모듈에 전원공급	
	승압회로 (TL499ACP)	3.7V를 5V로 승압	
	25.9V 6000mA 리튬-폴리머 배터리	DC모터에 전원공급	
	스파크(임펄스 신호)제거 회로	토로이드 2개를 직렬연결하여 유도기전력을 발생시켜 전원인가 시 발생하는 스파크(임펄스신호)제거	
	DC컨버터	과전류 방지 및 25.9V를 24V로 감압	
측정부	3축 가속도/자이로 센서 (mpu6050)	Omni-Board의 기준기울기와 발판의 기울기 측정	
제어부	ATmega328	Omni-Board의 기준기울기를 설정하고, 설정된 데이터를 UART통신을 이용해 ATmega2560으로 전송	
	ATmega2560	Omni-Board의 전체적인 시스템을 제어	
통신부	nRF24L01	RF무선통신을 하여 Omni-Glove로부터 데이터 수신	



출력부	Flex LED	진행방향을 빛으로 표시	
	모터드라이버	ATmega2560으로부터 받은 신호로 모터의 정/역방향과 속도를 조절	
	감속기(20:1)와 DC모터	출력신호에 따라 동력(회전)발생	
	옴니휠	무게지탱과 동력에 따른 이동성 확보	
외형	Bracket(4.5t)	main plate와 모터를 이어줌	
	Coupling	모터와 옴니휠을 이어 주는 허브	
	Main plate(3.2t)	Omni-Board의 중심	
	Foot plate(3.2t)	사람이 올라탈 수 있는 발판	
	코일스프링	[D(직경):30, L(전장):100, d(이형선내경):21, 스프링정수:3.08] Foot plate의 기울기를 형성 가능하게 함	
	링크	Foot plate와 Main plate사이를 연결하여 Foot plate의 중심을 잡아줌	

<Omni-Glove>

기능/부품		설명	작품실물사진
전원부	3.7V 1300mA 리튬-폴리머 배터리	각 모듈에 전원공급	
	승압회로 (TL499ACP)	3.7V를 5V로 승압	
측정부	3축 가속도/자이로 센서 (mpu6050)	손의 기울기 측정	
	Flex센서	손가락 구부림 정도 측정	
제어부	ATmega328 (arduino pro mini)	Omni-Glove의 전체적인 시스템 제어	
통신부	nRF24L01	RF무선통신을 하여 Omni-Board로 데이터 송신	

### 3. 주요 적용 기술

○ Omni-Board 시스템 설계 내용

▶ 전원부

전원공급을 위한 배터리로서 3.7V 리튬-폴리머배터리를 사용한다. 용량은 3000mA이다. 마이크로 컨트롤러와 3축 가속도/자이로센서의 정격전압은 5V이므로 승압회로를 설계하여 3.7V를 5V로 승압시켜 전원을 공급하고, RF통신모듈의 정격전압은 3.3V이기 때문에 레귤레이터를 사용하여 5V를 3.3V로 감압시켜 전원을 공급하였다. 그리고 24V의 DC모터를 사용하고 있기 때문에 모터의 전원공급을 위해

3.7V를 7개 직렬 연결하여 25.9V로 설계 하였고, 이것을 2개 병렬 연결하여 배터리 용량을 6000mA로 설계하여 전원을 공급한다.

## ▶ 측정부

3축 가속도/자이로센서(mpu6050) 3개가 사용된다. 오른쪽, 왼쪽 발판에 각각 하나씩 부착되어 발판의 기울기를 측정하고, 본체 중앙부분에 하나가 부착되어 기준기울기를 설정하기 위해 사용된다. mpu6050은 3축 가속도센서와 3축 자이로센서가 합쳐진 센서이다. 때문에 가속도데이터와 각속도 데이터를 동시에 측정가능하다. 측정된 가속도와 각속도 데이터를 I2C통신을 이용해 마이크로 컨트롤러에 전송하여 각도로 변환하여 사용한다. 가속도는 삼각함수를 이용하여 각도(deg)로 변환하고 각속도는 적분을 하여 각도로 변환한다. 3개의 축 Roll, Pitch, Yaw축에 대한 각도를 구할 수 있다. 변환공식은 아래의 식①과 같다.

$$\begin{aligned} \angle \text{Roll} &= \arctan \left( \frac{\text{Acc\_X}}{\text{Acc\_Y}} \right) \\ \angle \text{Pitch} &= \arctan \left( \frac{\text{Acc\_Z}}{\sqrt{\text{Acc\_X}^2 + \text{Acc\_Y}^2}} \right) \\ \angle \text{Yaw} &= \arctan \left( \frac{\text{Gyro\_Z}}{\text{Gyro\_X}} \right) \end{aligned}$$

하지만 위 식①을 사용하여 변환된 각도를 바로 사용할 수 없다. 그 이유는 아래의 그림 11-1, 그림 11-2를 보면 알 수 있다. 그림 11-1은 가속도센서와 엔코더모터에서 출력된 각도의 그래프이다. 처음에는 똑같은 출력을 내지만 갑자기 가속도센서의 출력 값이 튀는 것을 확인할 수 있다. 이는 병진운동이 가해졌을 때 나타나는 출력 값이다. 결론적으로, 가속도센서는 고주파 성분에 약하다는 것을 알 수 있다. 그림 11-2는 자이로센서와 엔코더모터에서 출력된 각도의 그래프이다. 역시 처음에는 똑같이 출력을 내는 것을 볼 수 있지만 시간이 지날수록 자이로센서의 출력 값이 점점 아래로 쳐지는 것을 확인할 수 있다. 이는 각속도를 적분하여 각도로 변환할 때 오차가 같이 적분되어 시간이 지날수록 오차가 누적되는 드리프트현상이 일어나는 것이다. 따라서 자이로센서는 저주파 성분에 약하다는 것을 알 수 있다.

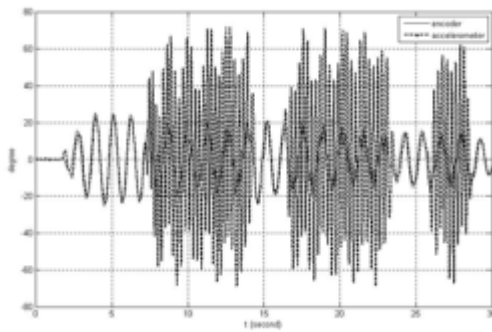


그림 11-1. 가속도센서와 엔코더모터의 각도 출력 그래프

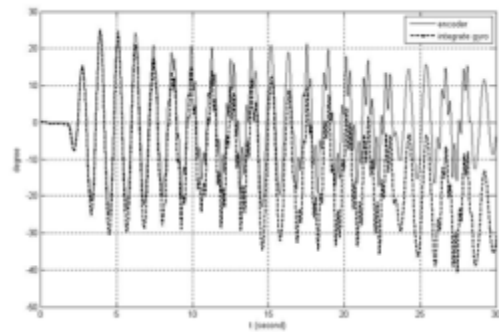


그림 11-2. 자이로센서와 엔코더모터의 각도 출력 그래프

그래서 정확한 각도를 측정하기 위해서는 필터를 적용해야한다. 위에서 설명한 문제점을 보완해줄 필터가 상보필터이다. 상보필터란 고주파성분에 약한 가속도센서 데이터를 LowPassFilter에 통과시켜 응답특성이 좋은 저주파 성분만 사용하고, 저주파 성분에 약한 자이로센서 데이터를 HighPassFilter에 통과시켜 응답특성이 좋은 고주파 성분만 사용하는 것이다. 상보필터의 블록선도는 아래 그림 12과 같다.

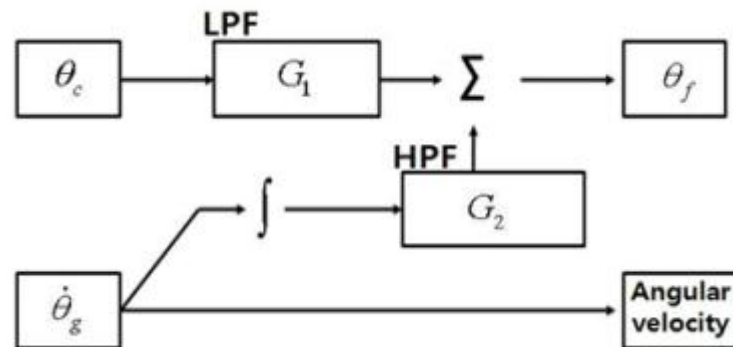


그림 12. 상보필터 블록선도

이를 이용해 우리가 원하는 각도를 얻을 수 있다.

## ▶ 제어부

제어를 위해 마이크로 컨트롤러 ATmega328과 ATmega2560을 사용한다. ATmega328을 이용해 본체 중심에 있는 3축 가속도/자이로센서로부터 데이터를 받아 기준기울기 값을 설정하고 UART통신을 이용해 ATmega2560으로 데이터를 전송한다. ATmega2560은 오른쪽, 왼쪽 각 발판에 부착된 3축 가속도/자이로센서로부터 데이터를 받아 현재 기울기 값으로 설정한다. 그리고 ATmega328로부터 수신한 기준기울기 값과 현재 기울기 값의 차이를 계산하고 이 값에 가중치를 곱하여 PWM 신호를 출력한다. 급정지/급발진을 막기 위해 출력된 PWM값을 피드백하여 현재 신

호에 가중치를 곱한 값과 피드백 신호에 가중치를 곱한 값을 더해서 출력한다.

### ▶ 통신부

Omni-Board가 Omni-Glove로부터 데이터를 수신 받기위해서 nRF24L01통신모듈을 이용해 RF통신을 사용한다. 이 모듈은 2.4GHz의 고주파 RF통신을 하여, 디지털 신호처리 및 데이터 전송속도가 빠르고 주변 잡음과 근처 주파수의 간섭이 작아 재밍(전파방해)을 받지 않는 장점이 있다. PCB버전의 통신거리는 대략 200m가량의 유효거리가 나오고 안테나 부착 시 대략 800m 가량의 유효거리가 나온다.

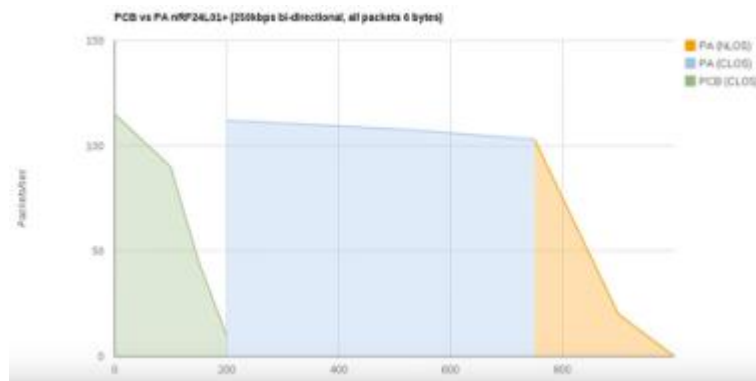


그림 13. nRF24L01의 RF통신거리 그래프

### ▶ 출력부

ATmega2560에서 출력된 PWM신호에 LowPassFilter를 적용하여 0V~5V의 아날로그 신호로 변환해 준다. 이 과정에서 순간적으로 값이 튀는 고주파 성분을 동시에 잡아줄 수 있다. 변환된 아날로그 신호는 모터 드라이버의 입력으로 인가되어 신호의 크기에 따라 모터의 속도를 제어할 수 있다. 또한 조건별로 모터의 정/역방향을 결정해 Omni-Board의 방향을 제어한다. 그리고 Omni-Board본체의 테두리에 Flex LED를 부착해 움직이는 방향을 빛으로 표시할 수 있다.

#### ○ Omni-Glove 시스템 설계 내용

### ▶ 전원부

전원공급을 위한 배터리로서 3.7V 리튬-폴리머배터리를 사용한다. 용량은 1300mA이다. 마이크로 컨트롤러와 3축 가속도/자이로센서의 정격전압은 5V이므로 승압회로를 설계하여 3.7V를 5V로 승압시켜 전원을 공급하고, RF통신모듈의 정격전압은 3.3V이기 때문에 레귤레이터를 사용하여 5V를 3.3V로 감압시켜 전원을 공급하였다.

▶ 측정부

3축 가속도/자이로센서(mpu6050) 1개와 Flex센서 2개가 사용된다. 3축 가속도/자이로센서를 이용해 손의 기울기에 대한 가속도와 각속도를 측정한다. 이를 각도로 변환하는 과정은 Omni-Board의 측정부와 동일하다. 그리고 약지와 검지에 각각 1개씩 부착된 Flex센서를 이용해 손가락의 구부림 정도에 대한 저항도를 측정한다.

▶ 제어부

제어를 위해 마이크로 컨트롤러 ATmega328(Arduino pro mini)을 사용한다. ATmega328을 이용해 3축 가속도/자이로센서와 Flex센서로부터 데이터를 받아 기준 기울기와 기준저항도를 설정하고, 손을 기울이거나 손가락을 구부렸을 때 설정된 기준기울기와 기준저항도와의 차이 값을 계산해준다.

▶ 통신부

Omni-Glove가 Omni-Board로 데이터를 송신하기 위해서 nRF24L01통신모듈을 이용해 RF통신을 사용한다. 이하 내용은 Omni-Board의 통신부와 동일하다.

#### 4. 작품 개발 환경

구분		상세내용
S/W 개발환경	OS	Window10
	개발환경(IDE)	Arduino 1.6.5
	개발도구	math.h, Wire.h, SPI.h, nRF24L01.h, RF24.h, SoftwareSerial.h,
	개발언어	C/C++
	기타사항	-
H/W 구성장비	디바이스	DC모터, 모터드라이버, 감속기, 옴니휠, 코일 스프링, 강철, 리튬-폴리머 배터리, Flex LED, 링크
	센서	mpu6050, nRF24L01, Flex센서
	통신	UART, SPI, I2C, RF
	개발언어	-
	기타사항	-
프로젝트 관리환경	형상관리	H/W에 필요한 회로를 조사 및 설계하여 주어진 조건에 맞게 설계하여 문서로 보관 중, 핵심적인 부분의 소스코드는 각 파일로 보관중이며 테스트를 계속 하면서 상위버전으로 업그레이드 중
	이슈관리	H/W는 Datasheet를 다시 검토하고 도통테스트를 통해 관리, S/W는 기존의 테스트용 코드와 완제품을 사용하여 다시 테스트 및 수정
	의사소통관리	팀원들은 주 1회 회의를 통해 진행 상황보고 및 회의, 카카오톡에 단체톡방을 만들어서 진행 상황보고 중
	기타사항	-



### III. 프로젝트 수행 내용

※ 평가항목 : 수행능력 (문제해결능력, 수행충실성)

#### 1. 멘티(참여학생) 업무분장

번호	이름	대학	학과	학년	역할	담당업무
1	김진현	동의대학교	전자공학과	4학년	팀장	SW개발, H/W설계, 보고서 작성
2	엄상현	동의대학교	전자공학과	4학년	팀원	전원부 설계, 통신부 설계, datasheet분석
3	김성명	동의대학교	전자공학과	4학년	팀원	회로도 설계, 제어부 설계, 출력부 설계
4	김창영	동의대학교	전자공학과	4학년	팀원	회로도 설계, 전원부 설계, 통신부 설계
5	양태동	동의대학교	전자공학과	4학년	팀원	자료 수집, 보고서 작성, datasheet

#### 2. 프로젝트 수행일정

프로젝트 기간 (한이음 사이트 기준)		2017.04.03. ~ 2017.10.31.											
구분	추진내용	프로젝트 기간											
		1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
계획	브레인스토밍을 이용한 아이디어 회의												
분석	자료수집 및 필요품목 구매												
설계	외형 디자인 및 회로도구상												
	알고리즘 구상												
개발	외형조립												
	회로설계												
	S/W설계												
테스트	기능별 테스트												
종료	최종 보고서 및 발표자료 작성 한이음 공모전 참가												

#### 3. 프로젝트 추진 과정에서의 문제점 및 해결방안

##### 3-1. 프로젝트 관리 측면

##### ○ 아이디어 도출

설계 시 적용하고자 하는 기술들이 기존에 존재하거나 도출된 아이디어로 참신함이 부족한 경우가 대부분이었다. 이러한 문제를 해결하기 위해 구글과 유튜브 등에

서 다양한 자료를 검색 후 모든 팀원들과 함께 브레인스토밍과 마인드 맵으로 설계 작품에 적용할 아이디어를 도출했다.

#### ○ 역할분담

프로젝트를 진행하면서 팀원 각자가 자신 있는 부분으로 역할을 정했다. 프로젝트가 계속 진행되면서 팀원 중 한명씩 2주 정도 아무것도 하지 않는 기간이 생기는 문제가 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 각 역할 중에서 일이 많은 경우에는 주역할 담당과 부역할 담당으로 나누어 서로 보조해 가면서 진행하였다.

### 3-2. 작품 개발 측면

#### ○ H/W 개발 측면

IC와 모듈 및 소자들을 사용하여 직접 만능기판에 제작하면서 회로가 쇼트가 발생하는 경우가 많이 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 테스터기로 도통테스트를 통해 문제원인을 찾아 해결하였다.

배터리로 전력을 공급하면서 전류가 충분하지 않아서 모터가 제대로 돌아가지 않는 경우와 전압이 정격전압보다 높아서 모듈이 파손되는 경우가 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 모듈 및 IC의 datasheet를 보고 맞는 정격전압 및 최소전류 등을 파악해 문제를 해결하였다.

그리고 25.9V의 고전압의 배터리를 사용하다보니 전원인가 시 스파크가 발생하였다. 이 부분을 제거하기 위해서 토로이드 2개를 직렬연결하여 유도기전력을 발생시켜 스파크를 제거할 수 있었다.

#### ○ S/W 개발 측면

제어 공식 등을 테스트하면서 현재 우리가 보유하고 있는 장비로는 측정할 수 없는 부분이 있다는 문제점에 직면하였다. 이 문제를 해결하기 위해 관련 논문을 찾아 논문에서 측정한 수치를 대입한 후 시행착오기법을 사용하여 문제를 해결하였다.

설계한 공식들과 알고리즘들을 적용시키면서 원하는 값이 나오지 않는 경우가 발생하였다. 이러한 문제를 해결하기 위해 테스트용 보드에 기존의 코드를 업로드 시켜 시리얼 모니터로 출력 값을 확인하면서 문제를 해결하였다.

또한 마이크로컨트롤러 1개당 같은 센서 2개를 사용하기 위해서 I2C통신을 이용하여 각 센서 마다 다른 주소를 할당하여 동시에 사용할 수 있었다.

#### 4. 프로젝트를 통해 배우거나 느낀 점

##### ○ 느낀 점

첫 번째로는 프로젝트를 진행하면서 팀원들에게 역할을 분담하는 것이 얼마나 중요한지 알게 되었다. 각자가 잘 할 수 있는 부분으로 역할을 정하고 한 쪽으로 일의 분량이 치우치지 않게 하기 위해서 팀원들을 잘 알고 있어야하고 무엇보다도 원활한 의사소통이 중요하다고 생각했다.

두 번째로는 정해진 기간 동안에 맡은 역할을 완료하는 것이 중요한지 알게 되었다. 팀으로 하나의 프로젝트를 진행하면서 1명이 맡은 역할을 정해진 기간에 수행하지 못하면 나머지 팀원들이 다음 일을 진행할 수 없는 경우가 생기기 때문이다.

마지막으로 자료검색의 중요성을 알게 되었다. 구글링을 잘 할 수 있는 것과 못하는 것의 차이가 많다는 것을 알게 되었다. 효율적으로 자료를 찾아서 원하는 결과를 빠르게 얻는 것과 정확한 정보가 많은 자료를 찾아 정확한 결과를 도출하는 것이 중요하기 때문이다. 자료검색을 잘 하지 못하면 원하는 결과를 얻을 수 없는 경우가 발생할 수 있다고 생각한다. 진행과정에서 많은 문제점과 어려움이 있었지만 이러한 것들을 해결해나가면서 많이 성장하고 배울 수 있었다.

## IV. 작품의 기대효과 및 활용분야

### ※ 평가항목 : 기획력 (활용가능성)

#### 1. 작품의 기대효과

##### ○ 기존기술보다 우수한 효과

우리가 설계하고자 하는 보드식 세그웨이는 3축 가속도/자이로센서를 이용하여 기울기 값을 측정하고 그에 따른 방향과 속도를 조절한다. 3축 가속도/자이로센서는 가속도와 각속도를 측정할 수 있다. 측정된 데이터를 마이크로 컨트롤러가 받아 각도로 변환하고 상보필터를 거쳐 불필요한 잡음을 제거한다. 이러한 시스템을 이용해 정밀한 제어가 가능하고 저렴한 가격으로 제작이 가능하다. 기존의 세그웨이는 도립진자의 원리를 이용해 움직이지만 Omni-Board는 탑승자의 몸이 도립진자의 축이 되어 기울이는 방향에 따라 직감적으로 제어가 가능하다. 4륜구동 방식을 사용하기 때문에 중심잡기가 쉬워 안정적이고, 높은 출력을 낼 수 있다. 그리고 옴니휠의 특성을 살려 전/후진, 방향전환뿐만 아니라 진행방향의 수직 및 사선 등 임의의 방향으로 이동이 가능한 장점이 있다.

##### ○ 사회적·경제적 측면 기대효과

어쩌면 미래에는 우리가 옷을 입고 다니는 것처럼 야외뿐만 아니라 실내에서 세그웨이를 항상 타고 다니는 시대가 올지도 모른다. 이 점을 생각한다면 우리의 기술은 미래 산업발전에 많은 기여를 할 것이다. 그리고 우리의 기술력과 차별성을 바탕으로 마케팅을 하여 상용화 시킨다면 국내뿐 아니라 외국으로의 수출도 가능할 것이다. 이로 인해 우리나라의 기술력을 알리고 경제적으로 많은 이익을 창출할 수 있다. 또한 ICT업계가 성장하고 시장이 확대되어 공학자들의 활동범위가 더 넓어질 것이라 생각된다. 다음의 그림 13은 시간이 지날수록 인구의 도시집중화에 따른 Personal Mobility의 수요 그래프이다.

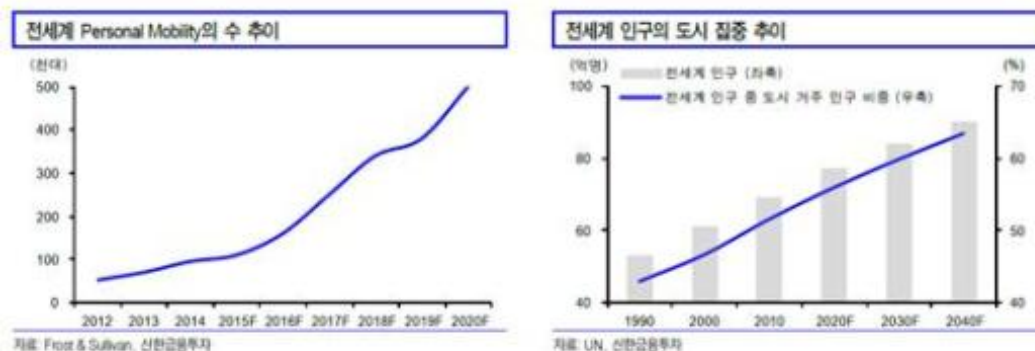


그림 14. 전세계 Personal Mobility의 수요 그래프 및 인구의 도시집중화 그래프

그래프를 보면 Personal Mobility의 수요가 급격히 상승하여 2020년에는 500,000대까지 이른다. 이러한 경향을 보았을 때 세그웨이의 경제적인 전망이 매우 좋다. 경제적 이익뿐만 아니라 인구도시집중화와 같은 사회적인 문제와 고갈자원의 사용과 대기오염과 같은 환경문제도 동시에 해결될 것이다.

#### ○ 문화적 측면 기대효과

많은 사람들이 세그웨이를 교통수단으로 이용할 뿐만 아니라 여가시간에 취미 및 레저 스포츠로 많이 즐긴다. 기존의 세그웨이는 속도감과 방향전환 등의 기능을 가지고 있어 인기가 많다. 하지만 이동방향의 제한과 숙달의 어려움 때문에 사용하는 연령층이 제한적이다. Omni-Board를 이용한다면 안정성은 높고 다양한 기술을 구사할 수 있기 때문에 더욱 넓은 연령층에게 많은 인기를 누릴 것이다.

## 2. 작품의 활용분야

○ 첫 번째 방안으로는 목적지로 이동하기 위해서 오토바이나 자동차가 아닌 친환경적인 이동수단으로 이용 할 수 있다. 장거리 이동시에는 자동차가 더 유용하겠지만 단거리를 이동할 때 자동차를 이용하면 배기가스 유출에 의한 환경오염이 일어나고 목적지의 주차공간도 고려해야 한다. 배기가스 및 유료주차를 이용하거나 기름 값을 생각하면 환경적으로나 경제적으로의 손실을 최소화 할 수 있다.

두 번째 방안은 취미 및 레저 스포츠로 즐길 수 있다. 요즘 많은 젊은이들이 보드와 세그웨이를 즐긴다. Omni-Board는 보드식 세그웨이기 때문에 젊은 층에 인기가 많을 거라 생각되고 방향의 제한이 없기 때문에 다양한 기술들을 구사하여 기존의 세그웨이 보다 더욱 흥미를 끌 것이다.

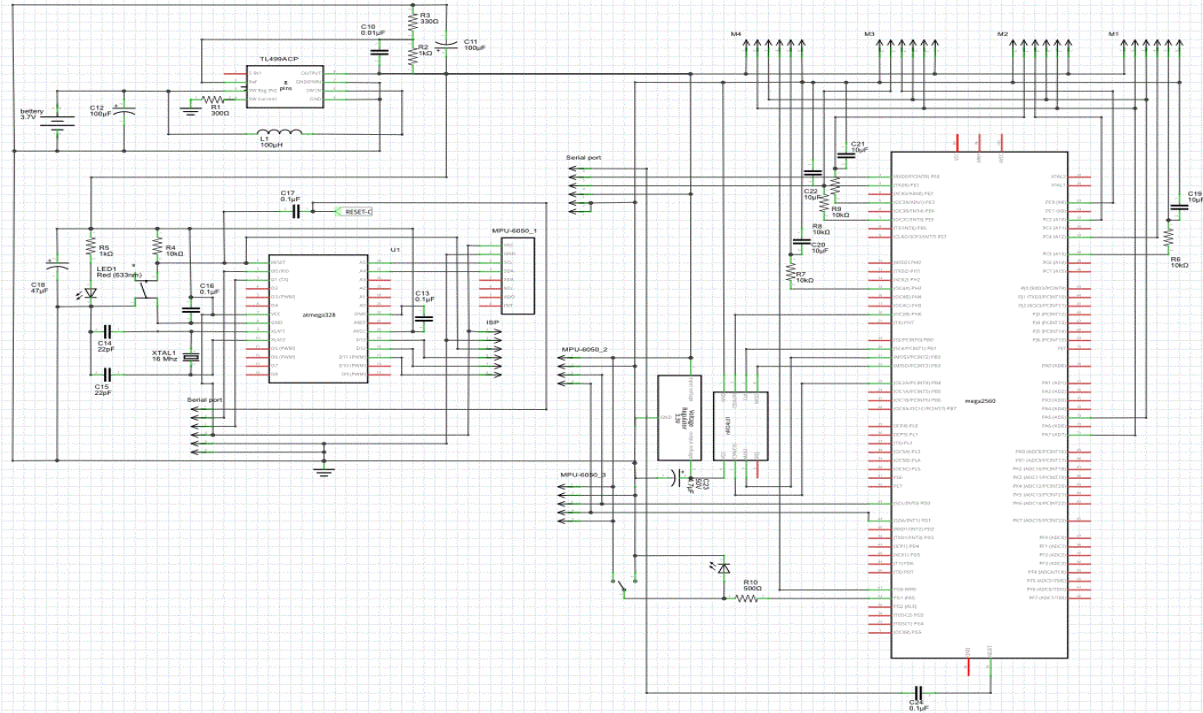
세 번째 방안으로는 Omni-Glove를 이용한 보드 조종이다. 기존의 RC-car를 조종하는 것처럼 남녀노소 누구든지 취미로 즐길 수 있고 한손으로 조종이 가능하기 때문에 더 간편하게 이용 할 수 있을 것이다.

마지막으로는 Omni-Glove의 기능을 이용하여 사람이 직접 들고 옮기기 힘든 물건을 Omni-Board에 올려서 쉽게 옮길 수 있다. 옴니휠 한 개당 최대부하 무게가 115kg이기 때문에 공장이나 산업현장에서 유용하게 사용할 수 있다.

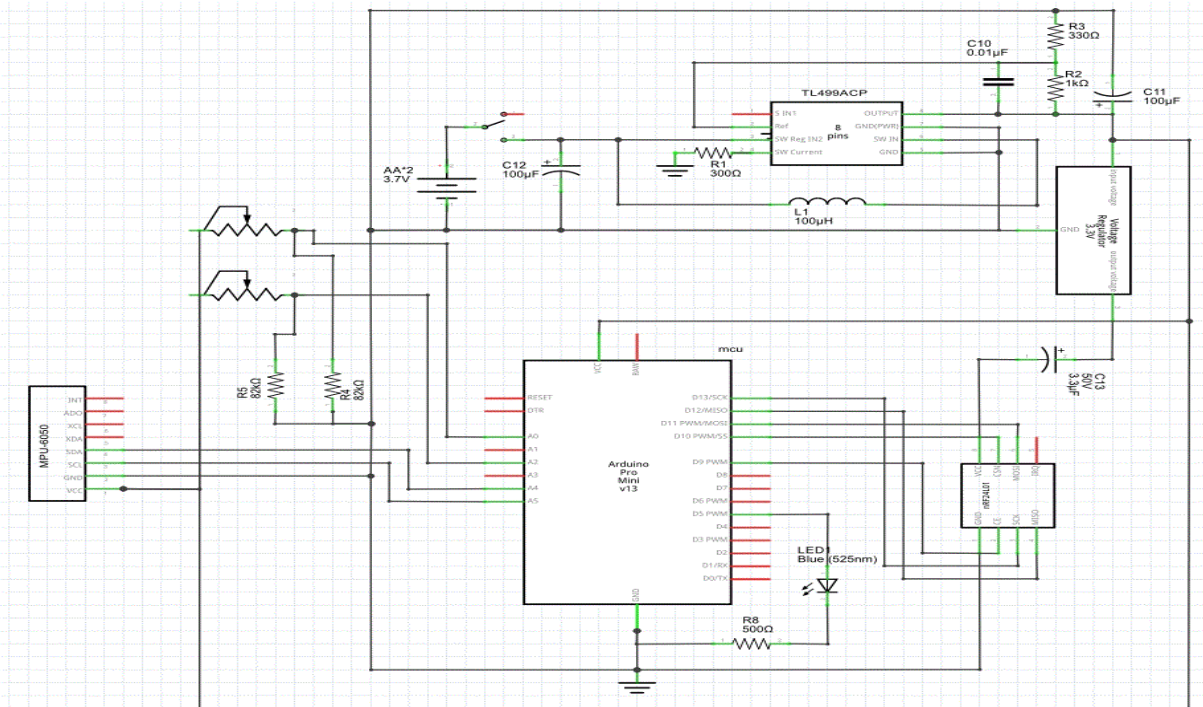
## V. 개발산출물

※ 평가항목 : 평가 전반에 참고

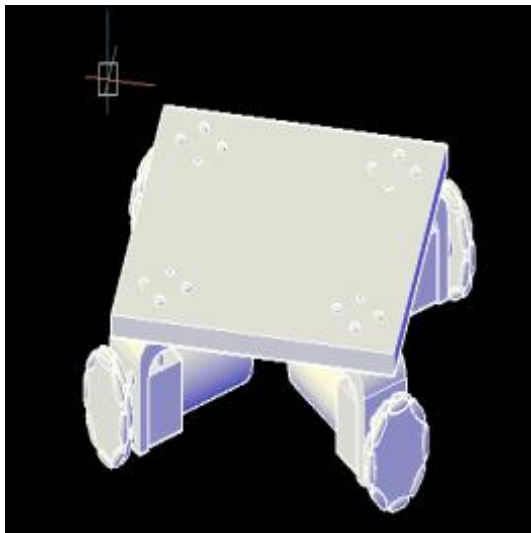
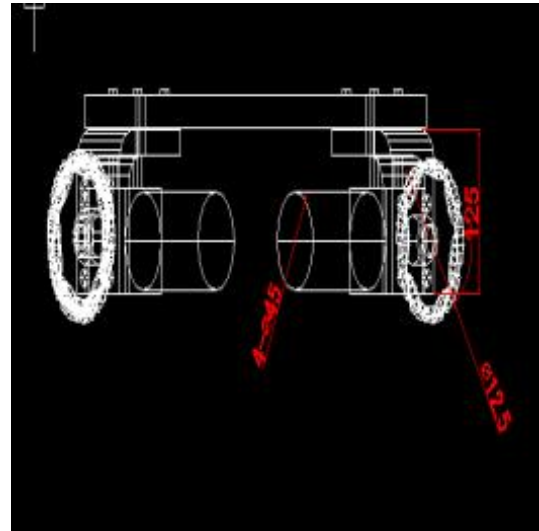
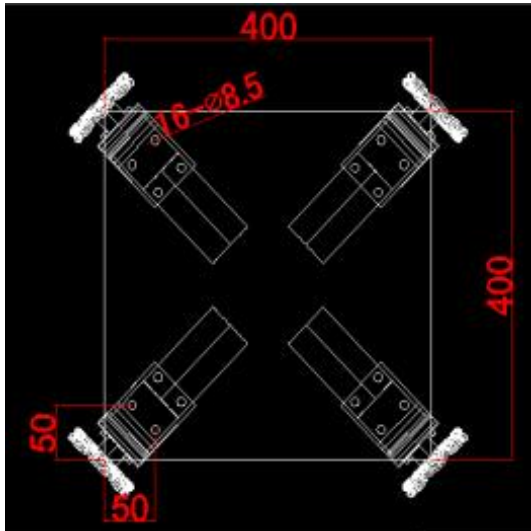
### ○ Omni-Board 회로도



### ○ Omni-Glove 회로도



○ Omni-Board & Omni-Glove외형 모델링





## ○ 기울기측정 및 상보필터 적용

```
//MPU6050 I2C
Wire.beginTransmission(mpu_addr1) ; //set acc data
Wire.write(0x28) ;
Wire.endTransmission(false) ;
Wire.requestFrom(mpu_addr1, 6, true) ;
ac_x1 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;
ac_y1 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;
ac_z1 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;

Wire.beginTransmission(mpu_addr1) ; //get gyro data
Wire.write(0x43) ;
Wire.endTransmission(false) ;
Wire.requestFrom(mpu_addr1, 6, true) ;
gy_x1 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;
gy_y1 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;
gy_z1 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;

Wire.beginTransmission(mpu_addr2) ; //set acc data
Wire.write(0x28) ;
Wire.endTransmission(false) ;
Wire.requestFrom(mpu_addr2, 6, true) ;
ac_x2 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;
ac_y2 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;
ac_z2 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;

Wire.beginTransmission(mpu_addr2) ; //get gyro data
Wire.write(0x43) ;
Wire.endTransmission(false) ;
Wire.requestFrom(mpu_addr2, 6, true) ;
gy_x2 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;
gy_y2 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;
gy_z2 = Wire.read() << 8 | Wire.read() ;

//Roll degree
deg_roll1 = atan2(ac_y1, ac_z1) * 180 / PI ;
day_roll1 = gy_x1 / 131. ;
angle_roll1 = (0.98 * (angle_roll1 + (day_roll1 * 0.001))) + (0.02 * deg_roll1);

deg_roll2 = atan2(ac_y2, ac_z2) * 180 / PI ;
day_roll2 = gy_x2 / 131. ;
angle_roll2 = (0.98 * (angle_roll2 + (day_roll2 * 0.001))) + (0.02 * deg_roll2);

//Pitch degree
deg_pitch1 = atan2(ac_x1, ac_z1) * 180 / PI ;
day_pitch1 = gy_y1 / 131. ;
angle_pitch1 = (0.98 * (angle_pitch1 + (day_pitch1 * 0.001))) + (0.02 * deg_pitch1);

deg_pitch2 = atan2(ac_x2, ac_z2) * 180 / PI ;
day_pitch2 = gy_y2 / 131. ;
angle_pitch2 = (0.98 * (angle_pitch2 + (day_pitch2 * 0.001))) + (0.02 * deg_pitch2);
```

## ○ PWM신호 변환 및 Feedback제어

```
//set pwm signal scale(max angle : 30)
ps_rol_r = abs(op_angle_rol_r)+12;
ps_rol_l = abs(op_angle_rol_l)+12;
ps_pitch_r = abs(op_angle_pitch_r)+12;
ps_pitch_l = abs(op_angle_pitch_l)+12;
if(ps_rol_r>255){
    ps_rol_r = 255;
}
if(ps_rol_l>255){
    ps_rol_l = 255;
}
if(ps_pitch_r>255){
    ps_pitch_r = 255;
}
if(ps_pitch_l>255){
    ps_pitch_l = 255;
}
ps_pitch_av = (ps_pitch_r+ps_pitch_l)/2;
ps_dia_r_av = (ps_rol_r+ps_pitch_l)/2;
ps_dia_l_av = (ps_rol_l+ps_pitch_r)/2;

c_ps_rol_r = (ps_rol_r+0.5)+(pre_ps_rol_r+0.5);
c_ps_rol_l = (ps_rol_l+0.5)+(pre_ps_rol_l+0.5);
c_ps_pitch_r = (ps_pitch_r+0.5)+(pre_ps_pitch_r+0.5);
c_ps_pitch_l = (ps_pitch_l+0.5)+(pre_ps_pitch_l+0.5);
c_ps_pitch_av = (ps_pitch_av+0.5)+(pre_ps_pitch_av+0.5);
c_ps_dia_r_av = (ps_dia_r_av+0.5)+(pre_ps_dia_r_av+0.5);
c_ps_dia_l_av = (ps_dia_l_av+0.5)+(pre_ps_dia_r_av+0.5);

pre_ps_rol_r = c_ps_rol_r;
pre_ps_rol_l = c_ps_rol_l;
pre_ps_pitch_r = c_ps_pitch_r;
pre_ps_pitch_l = c_ps_pitch_l;
pre_ps_pitch_av = c_ps_pitch_av;
pre_ps_dia_r_av = c_ps_dia_r_av;
pre_ps_dia_l_av = c_ps_dia_l_av;
```