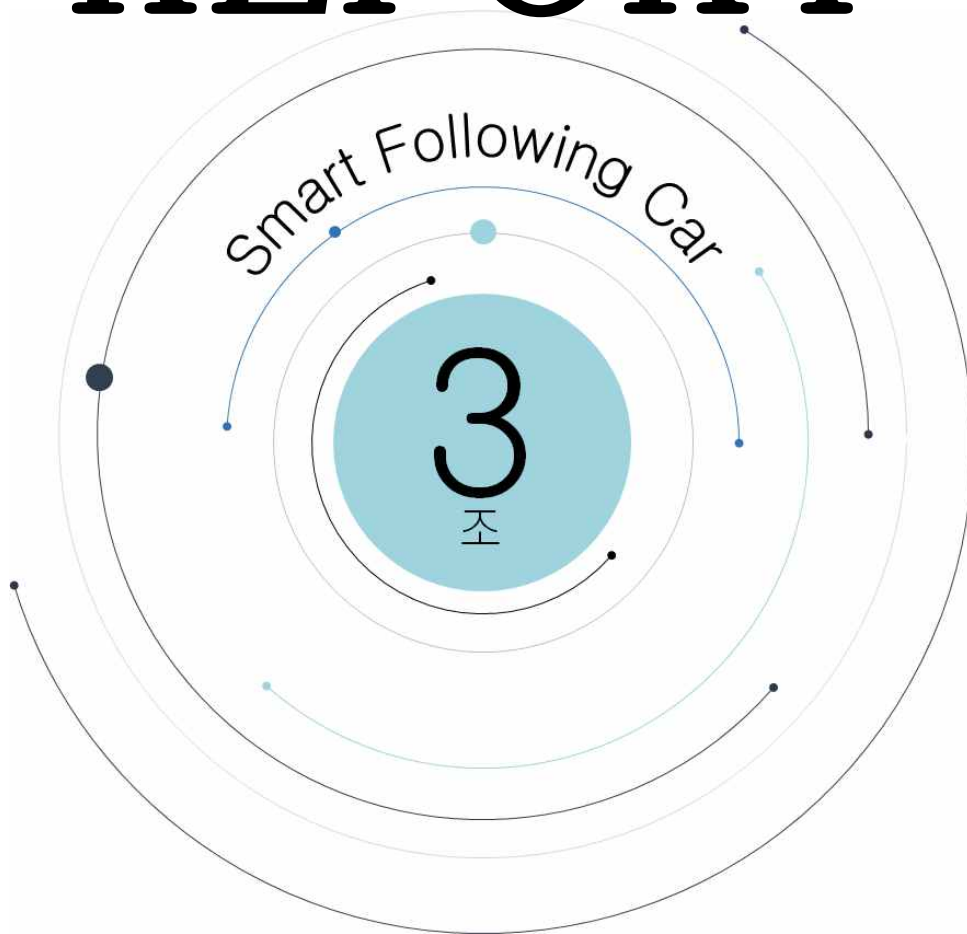


REPORT



제 목 : Smart Following Car 최종보고서

과 목 명 : 전자전기종합설계(10분반)

담당교수 : 장우영 교수님

소 속 : 전자전기공학부

학 번 : 이상민(32153179 - 조장)

송종훈(32157294)

정은우(32131539)

황동설(32157652)

제 출 일 : 2018년 12월 24일



단국대학교
Dankook University

목차

1. 목 표

2. 개 요

3. 사용부품

4. 제작과정

5. 제작결과

6. 개선사항

7. 고 찰

1. 목표

‘사람을 스스로 따라오는 자동차’

IT기술이 발전함에 따라 많은 새로운 기술들이 등장하고 있다. 인공지능과 자율주행 에도 관심을 갖고 여러 가지 분야를 찾아보았고 그러다 생각 난 것이 ZigBee통신과 자이로센서를 활용하여 사람을 따라오는 자동차를 만드는 것이다. 처음 계획은 자동으로 놀아주는 애완동물 장난감이지만 더욱 실용적이고 많은 사람들이 사용할 수 있도록 목표를 조정했다. 무거운 짐들을 운반해야 할 때 사람이 직접 힘들게 짐을 운반하는 것이 아닌 자동으로 움직이면 좋을 것이라 생각했다. 실생활에 적용하기 위해서는 고려해야할 변수들이 많으므로 오차를 줄이기 위해 시중의 스마트 카트는 이미지 프로세싱과 음성인식 등을 사용하여 사람을 인식한다. 이는 고성능 프로세서와 카메라를 요구하여 비용이 많이 든다. 그러나 ZigBee와 자이로센서로 구현하면 다음과 같은 효과를 볼 수 있으리라 생각했다. “1. 저비용 저가 2. 카메라가 인식 못하는 상황에서도 활용가능을 활용” 이 효과들을 기대하며 제작했다.

2. 개요

가. 이론

카트가 사용자를 따라오기 위해 사용자의 ‘거리정보’와 ‘방향정보’를 토대로 계산하여 따라오게 했다. 두 가지 정보를 ZigBee(이하 지그비)와 자이로센서로 가져왔다.

1) 거리정보 - RSSI(Received Signal Strength Indicator) 이용



RSSI는 신호의 세기를 의미한다. 주변신호의 간섭에 영향을 많이 받지만 초음파나 적외선 센서와 달리 모든 방향에서 거리측정이 가능하다는 장점이 있다. 지그비 프로토콜을 이용하면 RSSI값을 받을 수 있다. 이 값은 수신부와 송신부의 사이거리가 좁을수록 정확하며, 멀수록 부정확한 특성이 있다. 따라서 사람과 자동차와의 거리는 최대한 가깝게 유지하도록 한다. 또한, 오차를 보정하기 위해 1초 단위로 많은 RSSI값을 받아 오류 값을 필터링하고 값의 평균을 활용한다. 또한 자동차와 사람이 등속으로 움직인다는 가정으로 단위시간당 거리정보를 이용하여 대략적인 방향을 예측할 수 있다. 예를 들

면, 사람의 움직임을 제대로 따라가고 있다면 단위시간당 거리는 항상 일정하거나 일정한 간격으로 좁아진다. 반면에 사람의 움직임과 다른 방향으로 자동차가 움직인다면 단위시간당 거리가 점차 커진다. 정확한 방향을 예측하기는 어렵지만 방향예측의 오류여부는 판단 가능하다.

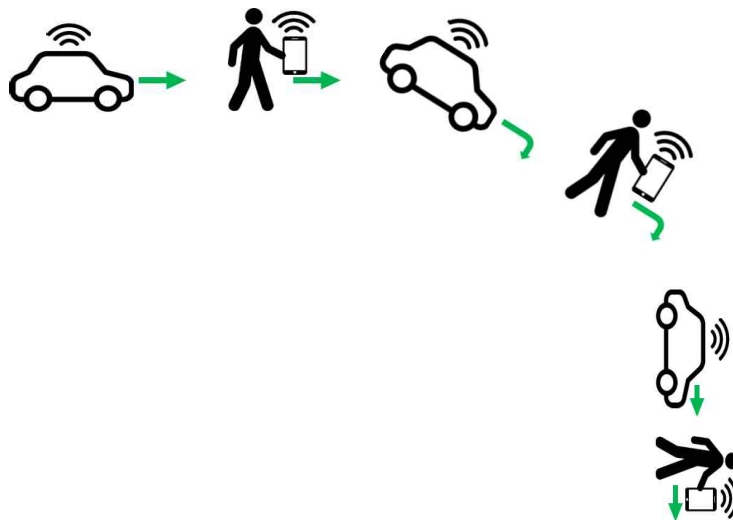
2) 방향정보 - PDR(Pedestrian Dead Reckoning) 추측방법이용



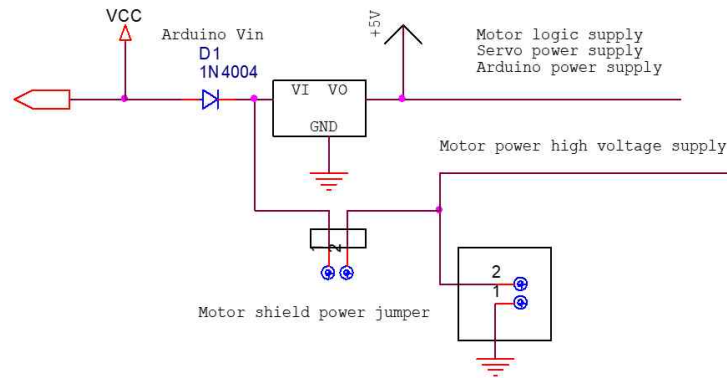
PDR은 네비게이션에 주로 사용되는 기술로 속도와 방향을 측정하여 다음 위치를 예측하는 기술이다. 자이로센서를 이용하면 x축, y축, z축 각속도와 가속도 값을 받을 수 있다. 이 값들을 이용하여 사용자에게 PDR을 적용하여 사람의 위치와 이동방향을 예측할 수 있다. 자이로센서를 이용하여 사람의 걸음 수, 정면방향 등을 종합적으로 분석하여 이동경로를 예측한다.

3) 상호보완

RSSI와 PDR은 모두 오차가 생길 수 있다. 대표적으로 RSSI는 외부 무선신호에 의한 간섭으로 오차가 생길 수 있고 PDR은 관성에 의한 움직임은 잘 예측하지만 갑작스러운 움직임은 오차확률이 크다. 그러므로 지그비 RSSI 값 오차는 자이로센서를 이용한 걸음 수 측정으로 보정하고 PDR의 오차는 RSSI의 단위시간당 거리를 이용하여 보정한다. 즉, 두 가지가 상호보완적으로 적용되도록 활용한다.

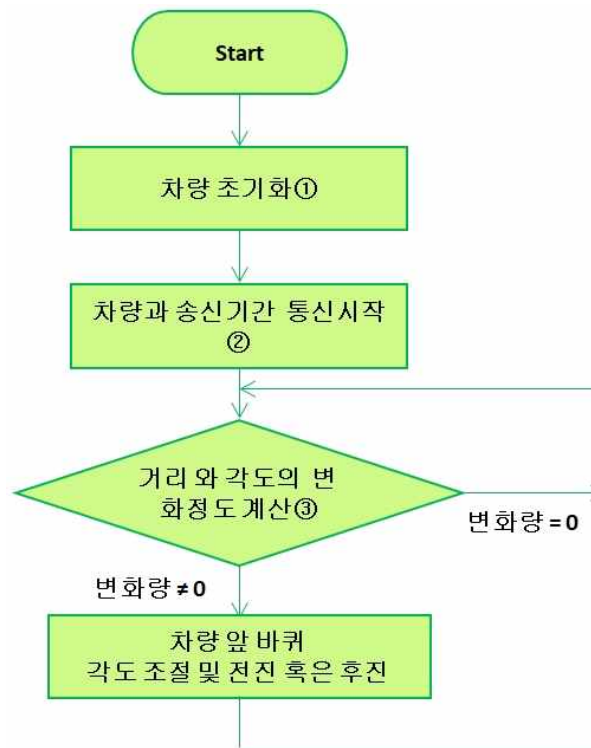


나. 차량 제어 모터



아두이노와 모터를 연결하기 위한 회로도이다. 아두이노 핀에서 신호를 가져와 모터를 제어하게 된다. 즉, 아두이노를 제어함으로써 차량을 제어할 수 있다. 모터의 경우에는 방향을 조정하는 서보모터와 전후진을 관리하는 모터 2가지를 사용한다.

다. 알고리즘 순서도



1) 차량 초기화

바퀴가 전진이 아닌 다른 방향을 보고 있는 상황을 고려하여 차량의 전원이 켜지면 차량이 전진을 할 수 있도록 바퀴 위치가 조정된다. 방향 조정은 앞바퀴로만 되도록 설정했다.

2) 차량과 송신기 통신 시작

송신기의 전원이 켜지면 송신기 부분의 지그비와 차량에 있는 수신부의 지그비가 통신을 하기 시작한다. 이때 지그비 사이의 신호 세기를 이용하여 ‘거리’값을 얻게 되고, 사람이 보고 있는 방향을 자이로센서로 각도의 값을 얻게 되는데 이 값을 이용하여 ‘각도 변화량’을 얻게 된다. 위의 2가지 값을 일정 시간마다 지그비를 이용하여 통신한다. 2가지 값을 수신부에서 일정 시간마다 신호를 송신한다.

3) 거리와 각도의 변화 정도 계산

2가지의 값을 수신부의 지그비에서 받아오면 차량에서 송신부의 변화 정도를 확인 후 계산한다. 2가지 값의 변화량이 ‘0’이면 차가 가만히 있게 되고 변화량이 생기면 그 변화에 따라 차량이 움직이게 된다. 신호의 수신 세기에 따라 거리의 변화량이 생기면 거리가 일정하도록 차량이 움직인다. 신호가 급격히 멀어지면 빠르게 따라갈 수 있도록 차량의 속도 또한 조절하게 된다. 신호가 일정 세기보다 세지면 차량이 후진을 하여 거리는 계속 유지하도록 했다. 각도의 변화량이 생기면 그 변화량 만큼 차가 회전을 하고 다시 전진을 하게 했다. 이때 송신기의 각도가 바뀐다고 차량의 각도가 바로 바뀌면 평행하게 달릴 수 있기 때문에 약간의 딜레이를 넣어 발자취를 그대로 따라가게 설정했다

3. 사용부품

| 번 호 | 부 품 명 | 비 고 |
|-----|----------------------------------|--------|
| 1 | Arduino Uno (R3) 호환보드 | 메인보드 |
| 2 | Atmega328 아두이노 나노 호환보드 | |
| 3 | MPU-6050 6축 자이로 가속도 센서 모듈 | 자이로센서 |
| 4 | XBee - 와이어 안테나 타입 모듈 | ZigBee |
| 5 | SparkFun XBee Explorer Regulated | |
| 6 | 알칸도 전방위 주행로봇 키트 | 차량 |

가. 아두이노(Arduino Uno)

아두이노는 마이크로 컨트롤러 보드로 14개의 디지털 입, 출력 핀과 6개의 아날로그 입력등을 사용할 수 있다. USB를 이용하여 컴퓨터와 연결하거나 AC-DC어댑터로 전원을 연결한다. 신호와 데이터를 송수신 하여 거리 및 위치를 계산한다. 아두이노는 스위치나 센서로부터 입력값을 받아들여 전자장치들에게 출력을 제어함으로써 환경과 상호작용이 가능한 물건을 만들어 낼 수 있다.



아두이노 호환보드

나. 자이로센서

자이로라는 말은 원래 라틴어로서 「회전하는 것」을 의미한다. 회전체를 사용한 자이로는 공간축의 보존성과 회전축에 모멘트를 걸면 모멘트의 크기에 비례하여 모멘트의 방향에 세차(歲差)운동을 하는 특성을 이용한다. 전자식 자이로센서는 코리올리 힘을 측정하여 전기신호로 변환하고 힘에 대한 각속도를 계산한다. 이 각속도의 변화를 이용하여 기울기를 측정하게 된다. 여기서 코리올리 힘은 회전하는 계에서 느껴지는 관성력이다.



MPU-6050칩으로 자이로와 가속도를 측정할 수 있는 6축 자이로센서를 사용한다.

- 칼만 필터(Kalman Filter)

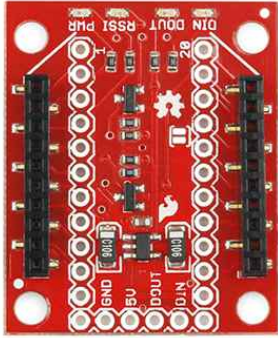

자이로센서의 출력값이 매우 노이즈가 심하다. 그러므로 칼만 필터를 주로 사용해서 노이즈를 잡는다. 칼만 필터를 간단히 말하면 잡음이 섞여 있는 기존의 관측값을 최소 제곱법을 통해 분석함으로써 일정 시간 후 위치를 예측할 수 있도록 하는 최적의 수학적 계산과정이다.

칼만 필터는 루돌프 칼만(Rudolf Emil Kalman)의 이름을 따서 지어진 상태추정 알고리즘이다. 시간에 따라 관측된 측정값을 사용하여 잡음까지 포함된 입력 데이터를 재귀적으로 처리하는 필터로, 현재 상태에 대한 최적의 통계적 추정값을 제공해 준다. 대상이 되는 시계열이나 시스템의 동적 모델, 관측데이터 모두를 활용하기 때문에 관측 데이터에 포함되는 잡음을 제거할 뿐 아니라 실제로 측정할 수 없는 물리량(상태량)을 추정할 수 있다. 즉 칼만 필터는 필터라기보다는 최적의 예측값을 만들어내는 최적 예측기라고 이해하는 것이 적당하다.

이 칼만 필터를 이용해 자이로센서의 출력값을 안정화 하여 나온 값을 사용한다.

다. ZigBee

ZigBee는 'Zigzag'와 벌을 뜻하는 'Bee'의 합성로 벌이 꽃을 쫓아 옮겨 다니듯이 여기저기 구석구석 움직이며 통신한다는 뜻을 담고 있다. 주로 양방향 무선 개인 영역 통신망(WPAN) 기반의 홈 네트워크 및 무선 센서망에서 사용되는 기술이다. 소량의 정보를 소통시키는 개념으로 250kbps 이하의 저속으로 통신한다. 이로 인해 저비용, 저전력으로 사용할 수 있다.

| | |
|---|--|
|  |  |
| SparkFun XBee Explorer Regulated | XBee 와이어 안테나 타입 모듈 |

효율적인 RSSI 송, 수신을 위한 와이어 안테나형이다. 1mW type의 Zigbee 모듈이다.

| 지그비(ZigBee) 통신 | 차이점 비교기준 | 블루투스(Bluetooth) 통신 |
|----------------------------------|------------|-------------------------------|
| 65,536 노드까지 | 노드 확장성 | 7 노드까지 (확장성 거의 없음) |
| 100 m (최대 1.2 Km) | 통신범위 | 10 m |
| 250 Kbps | Data Rate | 1 Mbps |
| Ad-hoc, peer to peer, star, mesh | 네트워킹 | Ad-hoc, very small networking |
| 2,4 GHz (900~928 MHz, 868 MHz) | 동작 주파수 | 2,4 GHz |
| 저가격, 저전력 | 기타 특징들 | 저가격, 중전력 |
| 30 ms | 통신연결시 소요시간 | 10 second |

[표1] Zigbee(지그비)통신과 Bluetooth(블루투스)통신의 차이점 비교

[표1]을 통해 ZigBee와 Bluetooth 중 RISS 오차범위는 거의 비슷하지만 통신범위, 안테나의 형태 등에서 지그비가 거리측정에 활용하기 좋은 것을 알 수 있다. 그러므로 Zigbee 프로토콜을 활용한다.

수신부와 송신부 두 개를 사용하며 사람이 들고있는 리모컨에서 신호와 함께 사람이 향하고 있는 자이로 값을 같이 송신한다. 차량에서 신호의 세기를 통해 거리 계산을 하고 차량의 이동 속도를 결정한다. 자이로 값을 이용해 차량의 이동 방향을 계산하여 결정한다.

4. 제작 과정

가. 날짜별 제작과정

| 날짜 | 제작과정 | 설명 |
|---------|-------------------------------|--|
| 9월 1주차 | 차량 모형 제작 | <ul style="list-style-type: none"> 차량 제작 |
| 9월 2주차 | 차량 아두이노 코딩, 지그비 센서 개념 확인 | <ul style="list-style-type: none"> 차량 방향 조작 및 속도 제어를 위한 아두이노 코딩 지그비 센서 사용법 확인 |
| 9월 3주차 | 지그비 센서 활용 코딩, 자이로센서 개념 확인 | <ul style="list-style-type: none"> 지그비 센서 초기화 및 수신부 송신부 제작 자이로센서 사용법 확인 |
| 9월 4주차 | 자이로센서 코딩 | <ul style="list-style-type: none"> 자이로센서 사용위한 초기화 |
| 10월 1주차 | 자이로센서 코딩 | <ul style="list-style-type: none"> 자이로센서의 가속도, 각도값 출력 |
| 10월 2주차 | 차량 및 지그비 센서 동작확인 및 코딩 | <ul style="list-style-type: none"> 지그비 센서의 신호세기 값에 따라 차량이 동작하도록 코딩 |
| 10월 3주차 | 차량 및 자이로센서 동작확인 및 코딩 | <ul style="list-style-type: none"> 자이로센서의 출력 값에 따라 차량이 동작하도록 코딩 |
| 10월 4주차 | 전체 동작확인 및 프로그래밍 | <ul style="list-style-type: none"> 자이로센서의 출력 값에 따라 차량이 동작하도록 코딩 |
| 11월 1주차 | 전체 동작확인 및 프로그래밍 지그비 송신부 제작 | <ul style="list-style-type: none"> 자이로센서의 출력값이 좀더 미세하게 조정되도록 찾아보며 코딩 지그비 송신부를 깔끔하게 브레드보드에 제작 |
| 11월 2주차 | 전체 동작확인 및 프로그래밍 | <ul style="list-style-type: none"> 차량 아두이노 고장으로 인한 재구입 및 코딩 |
| 11월 3주차 | 동작 확인 및 미흡한 곳 수정 | <ul style="list-style-type: none"> 지그비 센서의 출력값에 의한 차량 동작을 더욱 정교하게 움직이도록 수정 |
| 11월 4주차 | 동작 확인 및 미흡한 곳 수정 | <ul style="list-style-type: none"> 수신부 지그비 센서의 고장으로 새로 제작 및 코딩 |
| 11월 26일 | 전시 및 발표 | |

5. 제작결과

제작결과 및 시연 영상링크

<https://youtu.be/xfpzcmhucuE>

6. 개선사항

제작 과정 중 즉시 수정이 가능한 사항은 바로 개선을 했다. 그러나 저가의 비용으로 현재 시험 중에 있는 고가의 장비를 따라 만드는 것은 시간적 물리적으로 한계가 있었다. 설계 중 아쉬웠던 사항들은 아래와 같다.

우선 센서의 부정확성이다. 저가만을 생각하다 보니 방향과 거리만 있으면 될 거라 생각했고 각 필요한 값마다 한 가지의 센서로 해결을 하려다 보니 많이 부정확 했다. 자이로 센서의 경우 휴대전화처럼 정확한 자이로 값이 나오리라 예상했지만 생각보다 자이로센서가 부정확했다. 값의 오차도 심했고 값이 계속 흔들려(노이즈) 정확한 값을 얻기가 어려웠다. 센서를 더욱 정밀한 것을 사용하거나 여러 개를 사용하여 정확한 값을 얻었어야 했다고 생각한다.

두 번째는 방향 전환의 어려움이다. 사용자가 걷다가 방향을 틀었을 경우 그 각도만큼 틀면 된다고 간단히 생각했으나 간단하지 않았다. 카트가 방향을 트는 순간이 또 중요했고 알고리즘을 생각하는 것이 어려웠다. 결국 정밀한 답을 찾아 내지 못한 것이 아쉬웠다. 생각한 답은 최대한 사용자와 카트가 붙어 달리는 것이었다. 만약 시간과 인력이 더 많았다면 정밀한 계산을 코드로 하여 정확한 방향 전환을 할 수 있지 않았을까 생각한다.

마지막으로 설계에 사용했던 카트의 부실함이다. 주 재료로 사용했던 카트의 잔 고장이 많았다. 카트를 제작하는 것이 주 목적이 아니었기 때문에 카트에 신경을 덜 쓰고 센서의 정밀한 사용에 더 집중을 하고 싶었으나 조립 후 고정이 잘되지 않고 차량과 연동 되었던 회로의 고장이 한번 있어 카트에 할애하는 시간이 생각보다 많이 쓰였다. 결국 후에는 글루건으로 후륜의 방향을 조절하는 부분을 고정시켜버렸다. 전문으로만 방향을 조절하도록 했고 전자기판이 고장 나는 바람에 설계기간 중 다시 구매해서 사용해야 했다.

부품을 좀 더 일찍 수령하여 시간적 여유가 있었다면 다른 카트에 더욱 정확한 알고리즘을 적용할 수 있었을까 아쉬움이 남는다. 카트와 센서는 가격적인 면으로 어쩔 수 없다고 하고 만약 새로 알고리즘을 적용해야 한다면 2차원 평면에서 방향을 전환하는 알고리즘 계산법을 정확히 가속도(속도), 시간을 통해 거리를 계산하는 방법을 찾으면 할 수 있으리라 생각이 된다. 만약 이를 통해 훨씬 저가로 자동으로 따라오는 카트가 구현이 되어 안정적으로 운용이 가능하다면 다방면에서 유용하게 쓰일 것이다.

7. 고찰



이마트는 트레이더스 하남을 통해 자율주행 콘셉트 스마트카트인 ‘일라이(eli)’를 4월 17일부터 20일까지 4일에 걸쳐 시범 운영했다. 이마트가 지난 1년간 자체적으로 기획하고 개발한 스마트카트를 실제 매장에서 시범 운용함으로써 유통 4차 산업혁명을 대비하고 고객 맞춤형 서비스를 보다 향상시키기 위한 취지였다. 이 카트는 사람을 인식할 수 있는 센서와 음성인식 기능, 상품 무게 인식 센서 등이 달려 있어 상품이 있는 자리로 고객을 안내하거나, 고객과 일정 거리를 두고 따라다닐 수(Following) 있는 것이 주요 특징이다. 카트를 통해 즉시 결제도 가능하다. 이마트측은 “최신의 유통 IT 기술을 집약한 일종의 ‘풀 옵션(Full Option)’ 로봇 카트”라고 밝혔다. 해외 유사 사례로 중국 유통기업 '징동(JD.com)'이 올해 초 간단한 상품 정보 제공과 팔로잉(Following) 기능을 탑재한 스마트카트를 선보인 바 있지만, 일라이는 안내, 결제, 자동 복귀 기능까지 탑재한 보다 진일보된 컨셉트 카트다. 일라이의 세부 기능을 살펴보면, 우선 음성 인식 기능을 활용해 쉽고 편리하게 매장내 상품 위치를 검색할 수 있으며, 해당 위치로 카트가 움직여 고객을 안내하거나 또는 고객을 따라 이동할 수 있다. 일라이의 경우 풀 옵션이 적용되어 있으므로 저가형으로 개발되어 나온다면 마트뿐만 아니라 더욱 실용성있게 사용될 수 있으리라 생각했다. 그러나 센서가 적게 사용될수록 사용자를 따라가는 것이 어렵고 만약 잘못 따라간다면 사용자 혹은 주변 다른 사람 혹은 물체와 부딪힐 수 있기 때문에 안전문제와도 직결되므로 저가용의 실용적인 문제보다는 안전한 고가가 더 많이 쓰일 수도 있다는 생각을 했다. 엔지니어가 지녀야 할 공학윤리에 대하여 다시 생각할 수 있었다. 개인의 이익만을 생각하는 것이 아닌 공공의 이익 혹은 행복을 생각해야 한다.

설계하면서 특히나 아쉬웠던 점은 사용한 부품들이 불안정한 것이다. 센서뿐만 아니라 카트도 좋지 않았다. 우선 지그비를 사용하면서 수신과 발신의 상태가 좋지않아 지그비의 상태에 따라 RC카가 사용자를 따라가는 속도가 느려지거나 정확도가 떨어지는 점이 너무 아쉬웠다. 제품을 개봉한 직후에는 잘 잡혔으나 시간이 설계를 시작한지 며칠이 지난 후 테스트해도 지그비의 상태가 안 좋아지거나

타는 현상이 일어났다. 지그비가 안정하면 좋았으리라는 아쉬움이 남았다. 빠르게 소모되는 소모품의 느낌이 들어 아쉬웠다. 카트도 문제가 있었다. 카트에 조립한 바퀴에 직진을 하도록 입력했을 때 완전한 직진이 아닌 바퀴가 조금 불안정하여 카트가 옆으로 휘어가는 현상이 계속 나타났다. 이를 통해 이상적으로 생각을 한다고 하더라도 실제 제작할 때 오차가 많이 생길 수 있음을 깨달았고 한정된 상황에서 문제를 해결하는 방법을 많이 생각한 것 같다. 어떤 문제가 발생했을 때 부품을 교체하고 새로 제작하면 빠르고 편리하지만 실제 사용자에게 갔을 때는 어떻게 사용될지 엔지니어의 입장에서 많이 생각해본 것 같다. 주어진 환경과 조건 혹은 스펙에 국한되더라도 최고의 혹은 최적의 제품을 만드는 것이 뛰어난 엔지니어라고 생각하게 되었다.

어떤 문제가 발생했을 때 여러 가지 방법에서 생각해보는 방법을 익혔다. 차량이 방향을 전환하는 과정에서 방향전환을 하는 알고리즘이 쉽게 생각나지 않아 다양한 방법을 생각해 봤다. 처음엔 사용자가 각도를 바꾼만큼 바퀴의 방향을 틀었다가 일정 시간 후 다시 직진하도록 바뀌게 했다. 두 번째 시도에서는 차량이 이동하면서 앞으로 가기 때문에 방향의 변화량을 통하여 바퀴의 방향변화를 바꾸도록 했다. 세 번째 시도에서는 방향이동을 평면으로 보고 속도와 시간을 계산하여 정확한 방향전환 경로를 예측하는 방법을 생각했지만 시간상 구현을 직접 해보진 못했다. 이처럼 문제를 해결할 때 각각의 많은 선택의 경우의 수가 존재하고 다른 방법으로 생각하는 창의적인 방법이 또 존재할 수 있으므로 계속 생각을 해야 한다는 점을 알 수 있었다. 또한 마감이 존재하기 때문에 적절한 시간의 분배와 빠른 사고의 전환도 필요하다는 것을 알 수 있었다. 한 가지에 너무 갇혀있지 말아야 한다는 점을 알았다. 미래의 설계나 일을 함에 있어서 좋은 바탕이 되었다.

엔지니어가 어떤 생각을 하는지, 어떤 선택을 하는지, 어떤 가치를 두는지에 따라 제품의 완성도, 품질 등이 매우 다르게 달라진다. 생각과 선택은 엔지니어가 계속해서 해야 할 기본적인 일이지만 정말 중요한 일임에는 틀림없다. 시간과 경제적인 여건뿐만 아니라 윤리적 개념까지 갖고 제작 혹은 문제해결을 계속 해야만 한다. 우수한 엔지니어가 되기 위해 다양한 사고를 하는 것을 멈추면 안 된다.

8. 참고자료

가. 개인 블로그

- [아두이노] 6축 자이로/가속도 센서 MPU-6050의 사용
<http://deneb21.tistory.com/335>
- 칼만 필터(Kalman Filter)
<https://blog.naver.com/matthias91song/221408635417>
- [tistory] [아두이노] 6축 자이로/가속도 센서 MPU-6050의 사용
<http://deneb21.tistory.com/335>

나. 네이버 지식백과

- [네이버 지식백과] 아두이노[Arduino]
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2835912&cid=40942&categoryId=32828>
- [네이버 지식백과] 코리올리힘
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=1150069&cid=40942&categoryId=32284>
- [네이버 지식백과] 자이로
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=657142&cid=42338&categoryId=42338>
- [네이버 지식백과] 칼만 필터[Kalman Filter]
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2763977&cid=50333&categoryId=50333>
- [네이버 지식백과] 지그비[ZigBee]
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=853685&cid=42346&categoryId=42346>
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=2063772&cid=42107&categoryId=42107>
- [네이버 지식백과] 적외선 센서
<https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=657172&cid=42338&categoryId=42338>

다. 기사

- [물류매거진] 이마트, 자율주행 스마트 카트 '일라이(eli)' 공개
<http://www.ulogistics.co.kr/test/board.php?board=HOTnews2&page=22&command=body&no=5979>