2016학년도
기계설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : A.G.V.

(2015년 9월 1일 ~ 2016년 6월 15일)

팀명 : D.I.T.

기계공학 설계프로젝트 최종보고서를

붙임과 같이 제출합니다.

2016. 6. 15.

대구대학교 기계공학부(기계공학전공)

제 출 문

대구대학교 기계공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계공학부 설계프로젝트 과제 “A.G.V.”의 결과보고서로 제출합니다.

(과제기간 : 2015. 09. 01. ~ 16. 06. 15.)

2016. 6. 15.

담당교수 : 이동활 (인)

대표학생 : 안정배 (인)

참여학생 : 이상엽 (인)

강수정 (인)

김다솜 (인)

김도원 (인)

김동현 (인)

보고서 작성 윤리 서약서

대구대학교 기계공학부 학부장 귀하

본인은 보고서를 작성함에 있어 다음과 같이 연구 윤리 및 보고서 작성 윤리를 준수하였음을 서약합니다.

1. 본인은 다른 학생의 보고서를 복사(copy)하지 않았습니다.
2. 본인은 다른 사람의 보고서 내용 중 전부 또는 일부를 무단으로 도용하거나 인터넷에서 내려받기(download)하여 대체하지 않았습니다.
3. 본인은 보고서에 참고자료를 인용할 경우 원본의 출처를 반드시 표시하였습니다.

2016. 6. 15.

대표학생 : 안정배 (인)

참여학생 : 이상엽 (인)

강수정 (인)

김다솜 (인)

김도원 (인)

김동현 (인)

목 차

최종보고 요약문 ····· 1
요약1 부품 및 제작비 사용내역 ····· 2
요약2 설계구성요소 일람 ····· 3
요약3 현실적 제한요소 일람 ····· 4
제1장 과제내용 및 목표 ····· 5
제1절 목적 및 필요성 ····· 5

제2장 개념설계 및 상세설계 ····· 6
제1절 이론적 배경 ····· 6
제2절 개념 설계 ····· 6
제3절 부품선정 ····· 8

제3장 제어부 ····· 11
제1절 제어부 알고리즘 ····· 11
제2절 제어부 진행과정 ····· 14
제3절 제어부 시스템 구성도 ····· 16

제4장 시험 및 평가 ····· 17
제1절 시험 및 평가 ····· 17
제2절 원인분석 ····· 17
제3절 테스트 결과 ····· 20

제5장 기구부 ····· 21
제1절 전체 공정흐름 ····· 21
제2절 기구부 시제품 모델링 ····· 22
제3절 기구부 도면제작 ····· 23

제6장 결론 ····· 32
제1절 결론 ····· 32
제2절 문제점 및 향후계획 ····· 33

참고문헌 ····· 34
부록 ·····
부록1 첫 번째 부록 ····· 35
부록2 두 번째 부록 ····· 36
부록3 회로도 ····· 37
부록4 기구도면 ····· 38
부록5 보고서 후기 ····· 52

요구기능정의(아이디어시트)

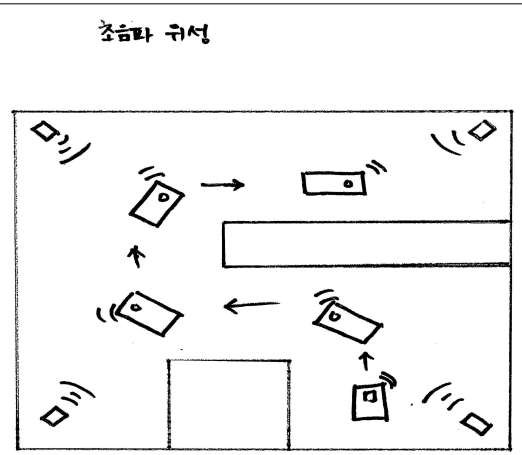
[과제] AGV(무인 자율 주행)

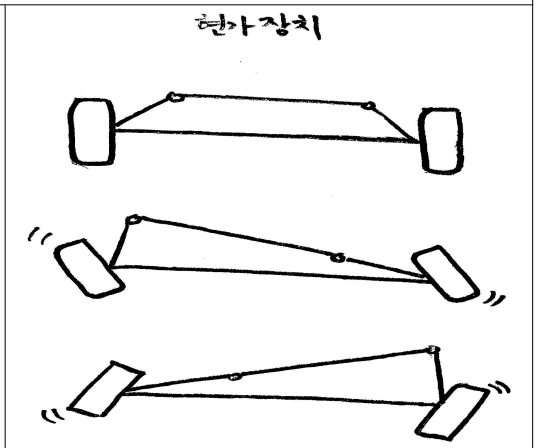
팀명 : D.I.T.	작성자 : 김동현	작성 : 2015. 9. 23

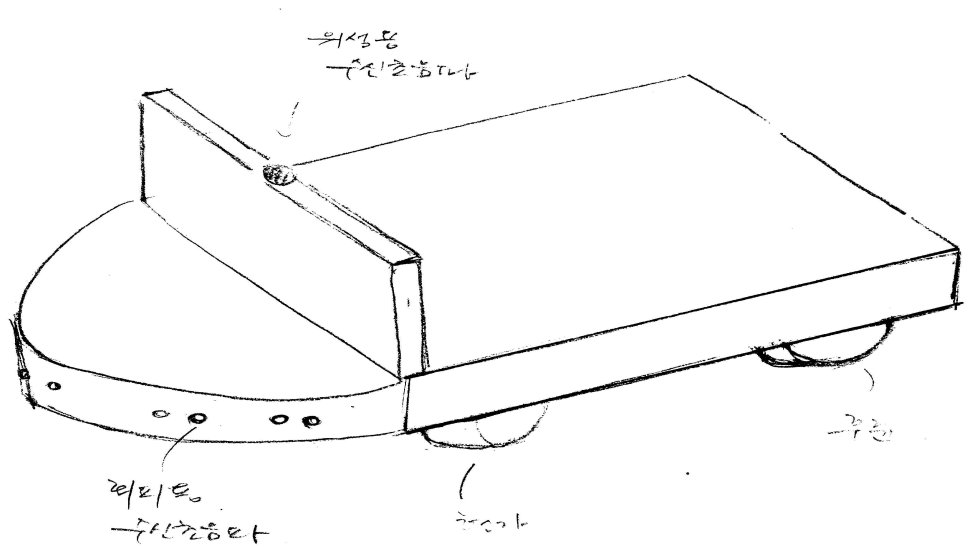
요구 기능

전륜 조향 기능
후륜 주행 기능
장애물 인식 및 회피 기능
좌표 인식 기능

개념도(손그림)







필요 기술

초음파 위성 활용한 좌표 인식
초음파 활용한 장애물 인식 및 회피
조향 관련 기구부 설계
자율주행 알고리즘 개발

담당교수 : 이 동 활 (인)

기계설계프로젝트 과제목표설정

시제품명	AGV	담당교수	이 동 촬 (인)

기능/성능

1. 자율주행기능
- 초음파 위성을 이용한 위치인식기능
- 초음파 센서를 이용한 돌출 장애물 회피기능
- 스티어링을 활용한 조향기능

2. 수송기능
- 공정에서 원료포대를 적재하여 목표지까지 수송
- 적재물을 싣고 이동할 수 있는 모터 성능
- 센서가 적재물에 방해 받지 않고 인식
- 적재물을 버티는 바디구조

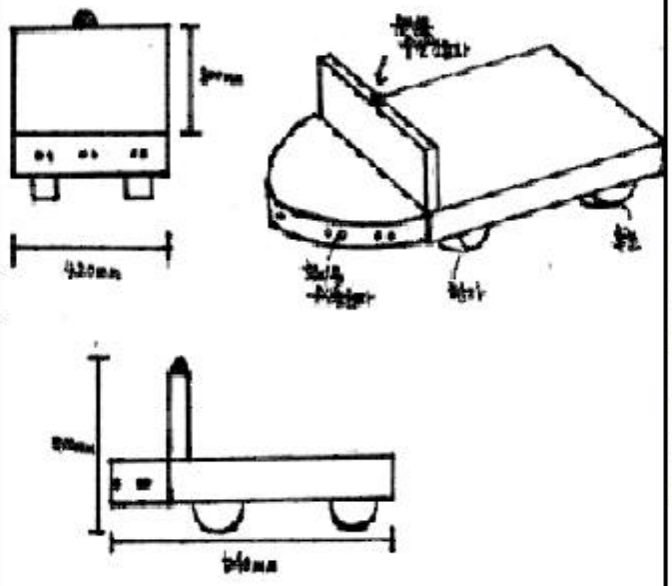
3. RF통신 방식의 무선 리모컨으로 비상주행기능

필요기술

- 초음파 위성 활용한 좌표 인식
- 초음파 활용한 장애물 인식 및 회피
- 조향 관련 기구부 설계
- 자율주행 알고리즘 개발

정량적 목표

목표	측정기
• 주행속도 = 3 km/h	속도계, 스톱워치
• 적재중량 = 10 kg	전자저울
• 사용시간 = 1 시간	스톱워치
• 주행 오차범위 = ±10 cm	줄자



시제품 사양

- 주행속도 = 3 km/h
- 적재중량 = 10 kg
- 자체중량 = 25 kg
- 사용시간 = 1 시간
- 주행 오차범위 = ±10 cm이내
- 장애물 인식거리 = 30 cm
- 초음파센서 사용주파수
  - 장애물 인식용 : 40 kHz
  - 초음파 위치인식용 : 25 kHz
- 스티어링 최대조향각도 : 40 °
- 배터리 : 납축전지 12 V 12 AH
- 초음파위성 사용범위 : 7m*7m*7m
- 초음파위성 응답시간 : 0.6 s
- 비상주행 리모컨 수신거리 : 7 m
- 600 * 600 * 600 (mm) 가로*세로*높이

팀명	D.I.T.(안정배,이상엽,김도원,강수정,김다솜,김동현)	작성일	2015.09.21

최종보고 요약문

과제명	A.G.V.
팀명	D.I.T.
팀원	안정배 이상엽 강수정 김다솜 김도원 김동현
과제기간	2015 년 9 월 1 일 ~ 2016 년 6 월 15 일

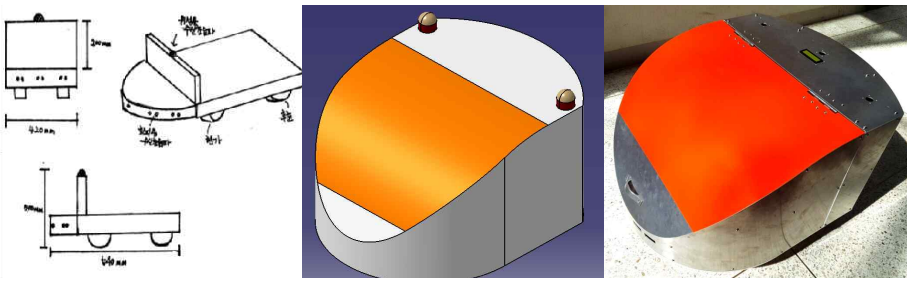
1. 개발내용 및 목표

구분	목표	측정기
주행속도	3~4km/h	속도계, 스톱워치
주행오차	±10cm	줄자
크기	600*600*600(mm)	줄자
수송중량	80~100kg	전자저울

2. 개념설계 및 상세설계

구분	목표사양
주행속도	3~4km/h
수송중량	10kg
자체중량	25kg 이하
사용시간	1시간 이상
주행오차	10cm
장애물 인식거리	30cm
초음파센서 사용주파수	-장애물 인식용 : 40KHz -초음파 위식 인식용 : 25KHz
스티어링 최대 조향각도	40°
베터리	납축전지 12V 12AH
초음파위성 사용범위	7*7*7(m)
초음파위성 응답시간	0.6s
비상주행 리모컨 수신거리	7m
크기	600*600*600(mm)

3. 제작



4. 시험 및 평가

one point주행 방식을 바탕으로 3점 주행 테스트를 실시하였습니다. 보다 구체적인 데이터 수집을 위하여 Excel과 Hyperterminal을 사용하여 좌표값을 도식화 하고 그래프로 도식화 하여 실시간 이동경로를 확인 하였습니다.

5. 결론

초음파 위성으로부터 받은 좌표값에 자이로 센서를 결합하여 주행의 오차를 줄이고, 정확도를 확보할 수 있는 테스트를 마무리 하였으며, 제품의 신뢰성을 확보 하는 테스트를 진행 하였습니다. 최종적으로 구현하고자 하였던 방식의 신회성을 확보하기 위하여 지속적인 실험과 관리를 진행할 계획에 있으며, 지금 나타나고 있는 문제점을 해결하기 위하여 단기적인 목표를 선정하여 문제점을 보완하여 나갈 것입니다.

요약 1. 부품 및 제작비 사용내역

순번	부품 구매 및 제작 내용 상세	참조페이지	소요예산(원)
1	판재 케이스		115,000
2	판재 케이스		150,000
3	브라켓 가공		50,000
4	프로파일 (DF2020) x 3.5		8,610
5	프로파일 (DF2040)		4,660
6	사각너트(M5 Tap) x 50		2,000
7	렌지볼트(M4) x 100		10,000
8	렌지볼트(M5) x 50		5,000
9	T-NUT(M4 Tap) x100		17,000
10	AL-Bracket(DCB 2025) x 70		18,900
11	모터(BL7657(80W) + IG52(24V) x 2		330,000
12	모터드라이버(BLMD-100-D) x 2		104,000
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
총 액			815,170
예산지원 사업목록	• CK-1 뿌리산업 특성화트랙 산학형종합설계 제작지원: 815,170		

※ 개별 부품 구매 및 제작 의뢰에 사용된 소요예산을 정리할 것 (부품 및 도면 관련 페이지 표기).

※ 예산을 지원받은 예산지원처/사업의 목록을 반드시 정리할 것 (제시된 내용 중 골라서 작성).

요약 2. 설계구성요소 일람표

구 분		적용 내용	적용 여부	적용
설계구성요소	설계 목표 설정	기존 라인트레이서 방식은 설치비용이 많이 들고 경로 상에 장애물이 있거나 돌발 장애물에 취약하다는 평가가 있음. 이를 바탕으로 경로를 설정하고 장애물 회피를 할 수 있는 A.G.V.를 목표로 진행 하였다.	○	
	합성	자율주행을 실현하기 위하서 여러 가지 기술들이 있지만, 초음파 위성과 초음파 거리 센서를 이용하여 좌표값을 알 수 있고, 전방에 있는 장애물을 감지 할 수 있다. 좌표값을 보다 정확하게 하기 위하여 자이로센서를 이용하여 오차를 줄일 수 있다.	○	
	분석	제품화 된다면 기존의 방식보다 설치비용은 감소하고 , 신뢰성은 증가한다. 초음파 위성은 송신부가 3개 이상이 수신된다는 가정 하에 매우 높은 좌표 신뢰도를 보여주며, 초음파 인프라 공간이 형성된다면 다중의 객체에도 송수신이 가능 하다. 하지만 3개 미만의 신호가 수신 될 때에는 구동이 원활하지 못하여, 수신부가 가려지지 않게 높은 곳에 있어야 한다.	○	
	제작	벤딩과 절곡이 들어간 기구부의 제작이 완료 하였으며, 메인 회로와 기구부에 들어갈 배선작업을 완료 하였습니다. 신뢰성 있는 구동을하기 위하여 테스트를 진행 하였습니다.	○	
	시험	엔코더를 이용한 모터제어를 통해서 2바퀴가 회전하는 값을 LCD를 통해 디스플레이 하였으며, 초음파 위성으로 인프로 공간을 형성하여 받은 좌표값에 자이로센서를 이용한 정밀도 향상위한 테스트를 진행, 오차 분석 및 정밀도 향상을 위한 테스트를 진행하였습니다.	○	
	평가	실시한 시험을 바탕으로 보다 구체적인 데이터 수집을 위하여 Excel과 Hyperterminal을 사용하여 좌표값을 도식화하고 그래프로 도식화 하여 실시간 이동경로를 확인 하였습니다. 소프트웨어와 하드웨어적인 보안이 통해 주행 오차범위를 줄일 수 있도록 해야 할 것입니다.	○	

※ 종합설계의 경우 6가지 설계구성요소(목표설정, 합성, 분석, 제작, 시험, 평가)의 내용 모두가 빠짐없이 설계보고서에 포함되어 있어야 한다.

요약 3. 현실적 제한조건 일람표

구 분		적용 내용	적용 여부	적용
현실적 제한조건	원가	기존라인트레이서 방식은 설치에 많은 비용이 들어갑니다. 또한 공장라인을 변경할 경우 전체 경로를 다시 구성해야하는 단점이 있습니다. 하지만 초음파 위성을 사용할 경우 초기 설치비용을 제외하면 공장라인을 변경하는데 들어가는 비용을 줄일 수 있습니다.	○	
	안전성	초음파 위성으로부터 나오는 좌표값을 바탕으로 Point to Point방식을 적용하여 현재 좌표값을 0.6s 단위로 갱신하여 보다 정확한 구동을 할 수 있으며, 전방 초음파 센서를 통하여 돌발 장애물에 대처 할 수 있도록 설계 되었습니다.	○	
	신뢰성	초음파 위성으로부터 나오는 좌표값을 하이퍼 터미널을 통하여 직접 확인하여, 원한다면 현재의 좌표값을 받을 수 있다. 이를 바탕으로 보다 정확하고 신뢰성 있는 작업이 가능할 수 있도록 설계 되었습니다.	○	
	윤리성	사회적으로 진행되고 있는 공장자동화의 흐름 속에서 작업자의 입장을 고려하여 보다 편리하게 관리 할 수 있으며, 작업의 효율성을 증가 시킬 수 있는 방식을 적용하였습니다.	○	
	미학	단순한 사각형 구조가 아닌 곡면 구조를 채택함으로써 보다 완만한 느낌을 느낄 수 있으며, 모서리 부분을 최소화한 디자인은 사람과 A.G.V가 충돌할 경우 인명 피해를 최소화 할 수 있게 되어 있습니다.	○	
	사회에 미치는 영향	공장자동화가 진행되고 있는 현재 상황에서 보다 정확하고 안전한 운반수단이 필요합니다. 저희 제품은 친환경 적인 전기를 이용하여 구동할 수 있으며, 작업자의 불필요한 이동을 줄일 수 있는 효과를 가져 올 수 있습니다. 운반 하는데 들어가는 시간을 줄 일수 있으며, 이는 작업 효율로 반영 되어 공장자동화에 크게 이바지 할 것입니다.	○	

※ 최대한 다수의 현실적 제한요건(원가, 안전성, 신뢰성, 윤리성, 미학, 사회에 미치는 영향, 환경, 산업표준 등)이 설계에 고려되어야 하며, 종합설계의 경우 적어도 4가지 이상이 반드시 설계보고서에 포함되어야 한다.

제1장 과제내용 및 목표

제1절 목적 및 필요성

1. 과제개발의 목적

최근 널리 사용되고 있는 라인트레이서 방식의 A.G.V.는 라인위에 장애물이 있을 경우 주행을 정지하고, 장애물이 없어진 뒤에 다시 주행을 시작하게 된다. 이러한 상황은 작업시간이 지연되고, 산업 현장에서는 생산효율이 떨어지게 된다.

이러한 부분을 개선하기 위해 초음파 센서를 이용하여 자율적으로 장애물을 스스로 회피 주행하며, 초음파 위성을 통한 좌표 값 계산으로 목적지까지 주행 할 수 있도록 제작하여 작업시간을 단축시키며 생산효율을 높일 수 있는 수송 카트를 개발한다. 또한 초음파 위성을 사용하여 경로를 미리 구성하고 장애물 회피 주행을 실시하여도 다시 경로를 재설정하여 목표지점에 도착할 수 있도록 한다.

제작 및 테스트 시 어려움을 해결 할 수 있도록 기존제품보다 축소하여 모델링을 하여 개발시간을 단축 및 제작비 절감으로 기존 AGV의 문제점을 개선하는 것이 목적입니다.

2. 기대효과

많은 A.G.V. 관련 업체들이 무인 자동화를 목적으로 장치들의 융복합 A.G.V.를 개발 하고 있습니다. 기존 라인트레이서 방식, 색상 식별에 의한 유도방식, 3차원 장애물을 감지 할 수 있는 3차원 거리 영상 카메라 유도방식 등이 있지만, 하나의 방식으로 자율 주행을 가능하기는 어렵다. 예컨대 카메라 유도 방식은 레이저 측역 센서 유도 방식과 함께 응용 소프트웨어 개발이 늦고, 정밀한 측정을 위한 센서의 가격이 상용화 되기에는 비싸다는 단점이 있다. 하지만 초음파 위성 센서는 연구/실습용으로 사용할 수 있을 정도의 저렴한 가격대로 시장에 나와 있으며, 초음파 위성 범위 내에 고정 장애물을 설정해 두고 point to point 방식으로 모든 주행 경로를 설정해 줄 필요가 없다.

실내에서 초음파를 이용하여 절대위치를 측정하는 초음파 위성측정 시스템들은 초음파의 혼신을 피하기 위해 송신기들이 순차적으로 발신하는데, 이동하는 경우에 수신시점에 따라 수신기의 위치가 변하는 문제점이 발생되어, 이동 시에는 정지 시에 비해 위치측정 오차가 상대적으로 커지는 문제점을 가지고 있다.

이러한 문제점을 감소시키기 위해서 수신시점에 따른 가중치를 고려하는 새로운 위치 추정 알고리즘을 제안 하였다. 아울러 제안된 위치추정 알고리즘을 적용한 개선된 초음파 위성 시스템을 제안 하였다. 제안된 시스템이 정지 시화 저속이동 시에는 기존 시스템과 거의 동일한 위치측정 성능을 가지면서도 고속이동시에는 위치측정 오차를 40% 정도 감소시키는 양호한 성능을 가짐을 확인 하였다.

제안된 위치추정 알고리즘을 사용하는 초음파 위성 시스템은 기존의 위치 계산 알고리즘을 사용하는 초음파 위성 시스템 보다 이동 시에 높은 정도로 위치 측정이 가능하여, 이동로봇의 위치인식 분야에 더 많은 적용이 기대된다.

제2장 개념설계 및 상세설계

제1절 이론적 배경

제조공장 또는 물류 창고의 화물운송 자동화를 위하여 A.G.V가 많이 사용되고 있다. A.G.V는 주로 정해진 장소 간에 화물을 운송하는 목적으로 사용되며, 매우 고가이다. 산업현장에서는 A.G.V 전용 메인제어장치를 자체적으로 PLC를 사용하여 간이적으로 개발하는 경우가 많다. 간이적으로 개발한 A.G.V는 단순 기능으로만 국한되어 있어 주행 중에 많은 오류를 범한다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 전용 A.G.V 제어가 개발되어 있지만, 이 또한 각 생산 공장의 특징과 구조에 따라서 용도에 맞게 변경이 불가능하다. 본 연구에서는 A.G.V 주행 흔들림 개선과 공장의 특성에 따라 자유롭게 변경이 가능한 초음파 위성 A.G.V 전용 제어 시스템의 설계 방법을 제안하였으며, 실험을 통하여 여러 가지 주행 성능을 분석한 결과, 제안된 A.G.V 시스템이 운영상에 효율적임을 알 수 있다.

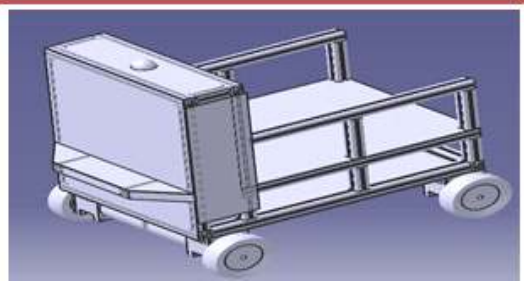
설계 계획에 있어서 먼저 A.G.V에 대한 기본 정보를 바탕으로 알맞은 부품을 선정한 후 도면화하여 A.G.V 전체적인 몸을 설계한 후 제어를 위한 프로그래밍을 시작합니다. 전체 프로그래밍을 시작하기에 앞서 필요로 하는 센서의 개별 제어를 실시하여 테스트를 진행한 후 필요로 하는 전체 제어를 진행 합니다. 가격 및 성능에서 기존의 A.G.V와 차별화 하여 경제적 및 기술적으로 이점을 취할 수 있도록 접근 하겠습니다.

제2절 개념설계

기존 A.G.V(라인트레이서)

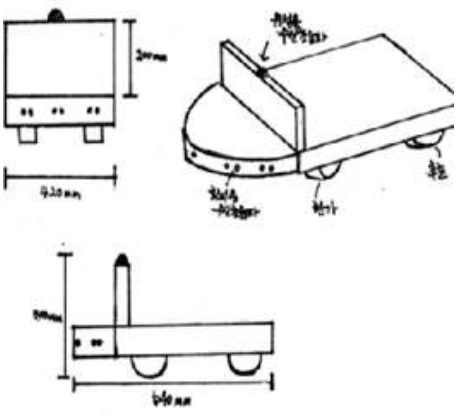
기존 방식 - 마그네틱/ 일반 라인
초기 설비작업이 많다
라인이 훼손 되기 쉽다/ 잦은 유지 보수
장애물 발생시 정지 하여 작업효율 저하

D.U.S.E(2015) - A.G.V



D.U.S.E- 초음파 위성 시스템
초기 설비작업이 간단하다
유지 보수 작업이 매우 적다
장애물 발생시에도 회피주행으로 작업효율 증가

기존 A.G.V.의 단점을 보완하기 위한 2015년도 D.U.S.E.팀의 설계 프로젝트를 이어서 2016년 도 설계프로젝트를 이어서 수행하고, D.U.S.E.에서 완성하지 못하였던 초음파 위성을 활용한 자율주행 시스템을 구현하고 기구적 보완과 완성도 있는 회피주행을 목표로 새로운 지식을 습득 하고자 합니다.



< 2016년도 D.I.T. - A.G.V >.

구분	목표	측정기
주행속도	3~4km/h	속도계,스톱워치
주행오차	±10cm	줄자
크 기	600x600X600(mm)	줄자
수송중량	80~100kg	전자저울

과목목표설정으로 정량적 목표를 선정 하였습니다. 주행 속도는 사람이 걷는 속도와 흡사한 3~4km/h로 선정 하였으며, 목표지점 주행 오차를 ±20cm로 설정 하였습니다. 크기는 가로 세로 높이 600을 넘지 않도록 설계를 진행 할 것이며, 수송중량을 80~100kg으로 선정 하여 습니다.

저희 시제품의 주요 기능으로는 아래에 나와 있는 것과 같이 수송기능과 자율주행기능이 있습니다.

- 수송기능

1) 공장에서 원료포대를 적재하여 목표지까지 수송

2) 적재물을 싣고 이동할 수 있는 모터 성능

3) 센서가 적재물에 방해 받지 않고 인식

4) 적재물을 버티는 바디구조

- RF통신 방식의 무선 리모컨으로 비상주행 기능

- 자율주행기능

1) 초음파 위성 센서를 활용한 위치인식 기능

2) 초음파 센서를 이용한 장애물 회피 기능

3) 좌우 바퀴 속도 차이에 의한 주행 기능

이와 같은 기능을 수행하기 위하여 시제품의 사양을 선정 하였습니다.

구분	목표사양
주행속도	3~4km/h
수송중량	10kg
자체중량	25kg 이하
사용시간	1시간 이상
주행오차	10cm
장애물 인식거리	30cm
초음파센서 사용주파수	-장애물 인식용 : 40KHz -초음파 위식 인식용 : 25KHz
스티어링 최대 조향각도	40°
베터리	납축전지 12V 12AH
초음파위성 사용범위	7*7*7(m)
초음파위성 응답시간	0.6s
비상주행 리모컨 수신거리	7m
크기	600*600*600(mm)

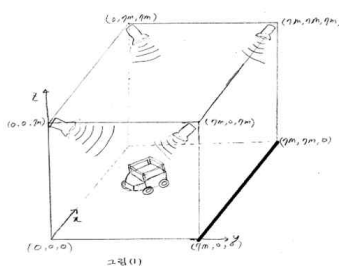
위의 표를 바탕으로 2016년도 설계프로젝트를 진행 하고자 합니다.

제3절 부품선정

 < NT-ARS V2 >	공급전원 •최대 4.5 ~ 10 V •추천 5 ~ 8 V 동작온도 •-10 ~ +80℃ 반응시간 •1ms~1000ms 범위 •최대 ±500°/s
 < HC-05 >	공급전원 •3.6 ~ 6V 동작범위 •10m 무게 •3.5g 크기 •37.3 X 15.5 (mm)
 < SRF05 >	공급전원 •5V 주파수 •40KHz 공급전류 •30mA~50mA 범위 •3cm~3m
 < BLMD-100-D >	공급전원 •12 ~35V 정격 •24V, 4A 구동모터 •보드 당 모터1개 신호 •PWM,모터 Dir

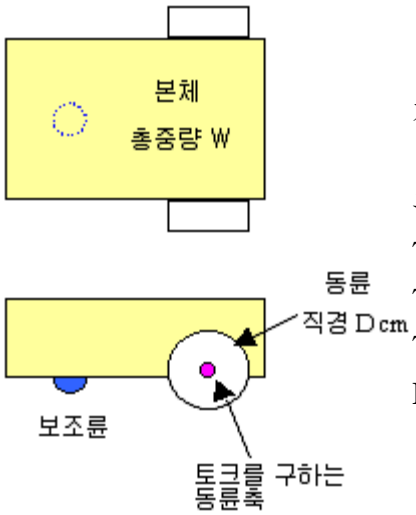
 < ES 12-12 >	공급전원 •12V 중량 •4kg 용량 • 11.2~6AH 크기 •181*76*167(mm)
 < KD-128PRO >	공급전원 •외부 12V •내부 5V 크리스탈 •16Mhz X-tal 공급전류 •200~400mA 크기 •124*75mm
 < IG52GM BL7657-80W >	토크 • 51.8 $kg_f \cdot cm$ R.P.M. •142 RPM 감속비 •1/26 장착된모터 •DC 24v80W Motor

< 초음파위성 >

 < USAT A105 >	반응 시간: •0.6sec = 0.15sec * 4개 •0.15sec 주기로 1개 거리 측정하여 •4개 거리 기반으로 3차원좌표 인식
	범위: •Max 7m*7m •수신기-천정과의 높이 차 2m 이상 권장 •수신기 천정 지향조건 권장
	초음파: •25KHz or 40KHz
	공급전원: •위성기 : 8 ~ 12VDC (아답터 전원으로 5개 모두에 공통사용) •수신기 : 3.7 ~ 5VDC
	1) 건물내 인식이 필요한 곳에 초음파 센서를 적어도 3개 이상 미리 달아준다. 즉 위치인식을 위해 인프라(기반시설)가 필요하다. 예) 1개 연구실 경우 4개정도 사용 2) 움직이는 로봇이나 사람, 장치등에 초음파 태그를 사용한다. 태그는 스스로 신호를 받아서 위치를 감지하고 좌표를 계산한다. 이 좌표데이터를 받아서 로봇 스스로 충전을 하거나 사람에게 유익한 서비스를 수행할 수가 있다. 단, 태그는 최소 3개이상의 비이컨 신호를 인지하여 3각법으로 좌표를 인식하며 이때 LOS가 개방되어야 한다. LOS가 확보되지 않는 순간에는 위치좌표를 인지하지 못한다.

1) 모터 선정

◇2륜 구동에 필요한 토크 계산 공식



가속기간 토크

Tm=Ta+ L

등속운동기간

Tm=L

Tm: 동륜축의 토털 토크

Ta: 가속 토크

L: 마찰부하 토크

이것을 윗 그림의 구체적인 물체에서 계산에 의해 구하려면 다음과 같이 한다.

$Ta=J/g\times 2\pi f/t$ Ta: 가속토크(kg·cm)

J: 부하관성 모멘트(kg·cm^2)

g: 중력가속도(980cm/sec^2)

$J=WD^2/8$ f: 동륜의 등속운전속도(회전/sec)

t: 가속기간의 시간(sec)

W: 물체의 전체중량(kg)

$L=\mu WD/4$ μ: 마찰계수(0.09)

D: 동륜의 직경(cm)

< IG52GM BL7657-80W >

TORQUE : 51.8 kg_f • cm

RPM : 142

내 용	수 치	내 용	수 치
수송 하중(ma)	80Kg_f	자중(m)	20Kg_f
구동 속도	4Km/h	바퀴 지름(D)	15.3cm

- 바퀴 회전당 이동거리 : $\pi \times D = 0.48m$

최소 필요 속도 : 67 / 0.48 = 139.5rpm

- $W = m_a + m = 100Kg_f$
- 부하관성 모멘트 $J = WD^2/8 = (100 \cdot 15.3^2)/8 = 23409\ kg \cdot cm^2$
- 가속토크 $T_a = J/g \times 2\pi f/t = (23409/981) \times (2\pi \cdot 0.25) = 37.48\ kg_f \cdot cm$
- 등속토크 $T_m = \mu WD/2 = 0.08 \times 100 \times (15.3/4) = 30.6\ kg_f \cdot cm$
- **필요토크 $T = T_a \times$ 안전율 = 37.48 x 2 = 74.96 kg_f • cm**

모터 토크, RPM	계산 토크, RPM
• 51.8 x 2 =103.6 kg_f • cm • 142 RPM	• 74.96 kg_f • cm • 139.5 RPM

제3장 제어부

제1절 제어부 알고리즘

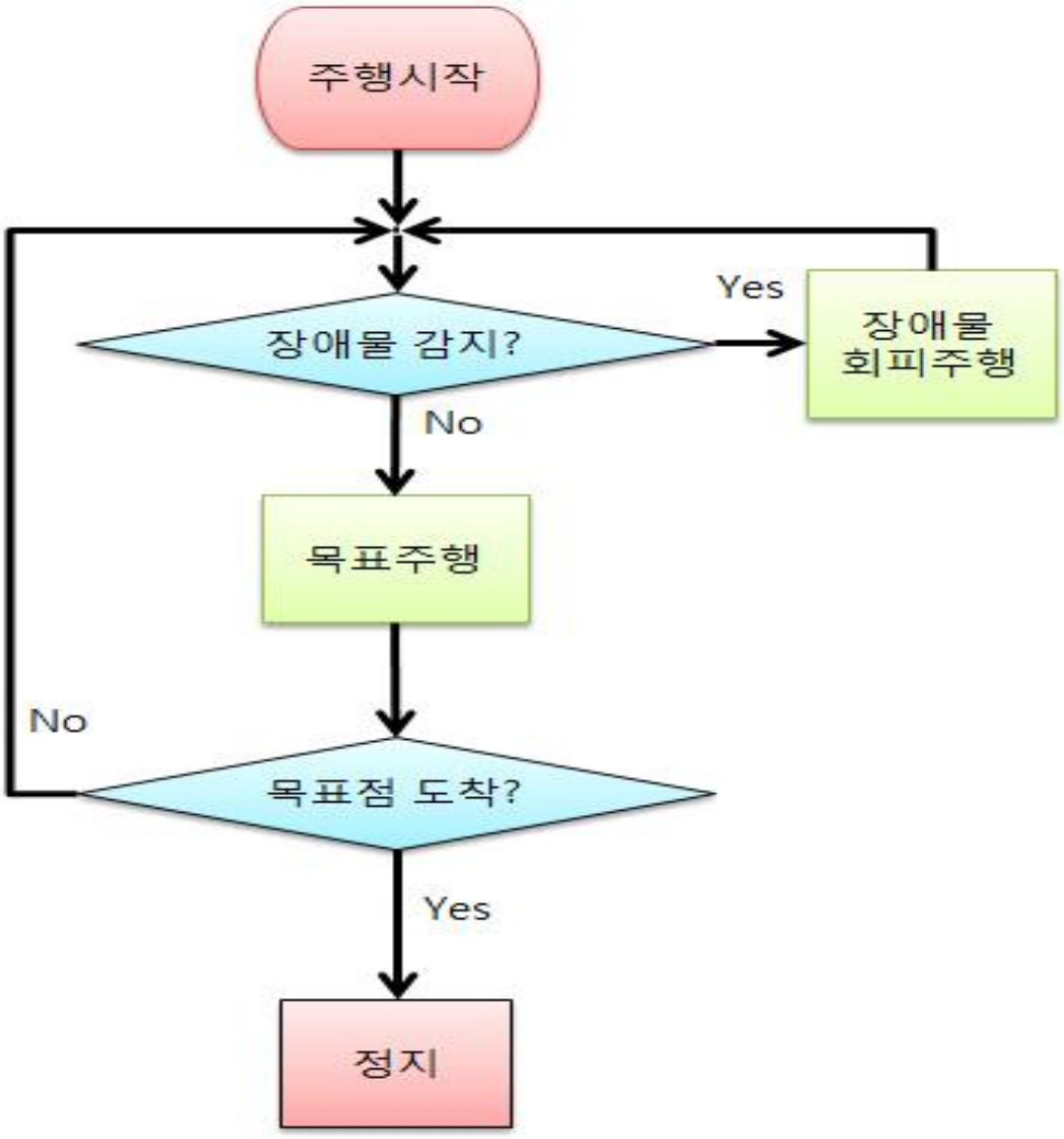
목적지를 가장 빠르게 가는 방법은 경로를 최단거리로 설정하는 방법이 일반적이다.

① 최단거리의 경로를 지정하기 위해서는 목적지를 바라보고 곧바로 직진하면 된다.

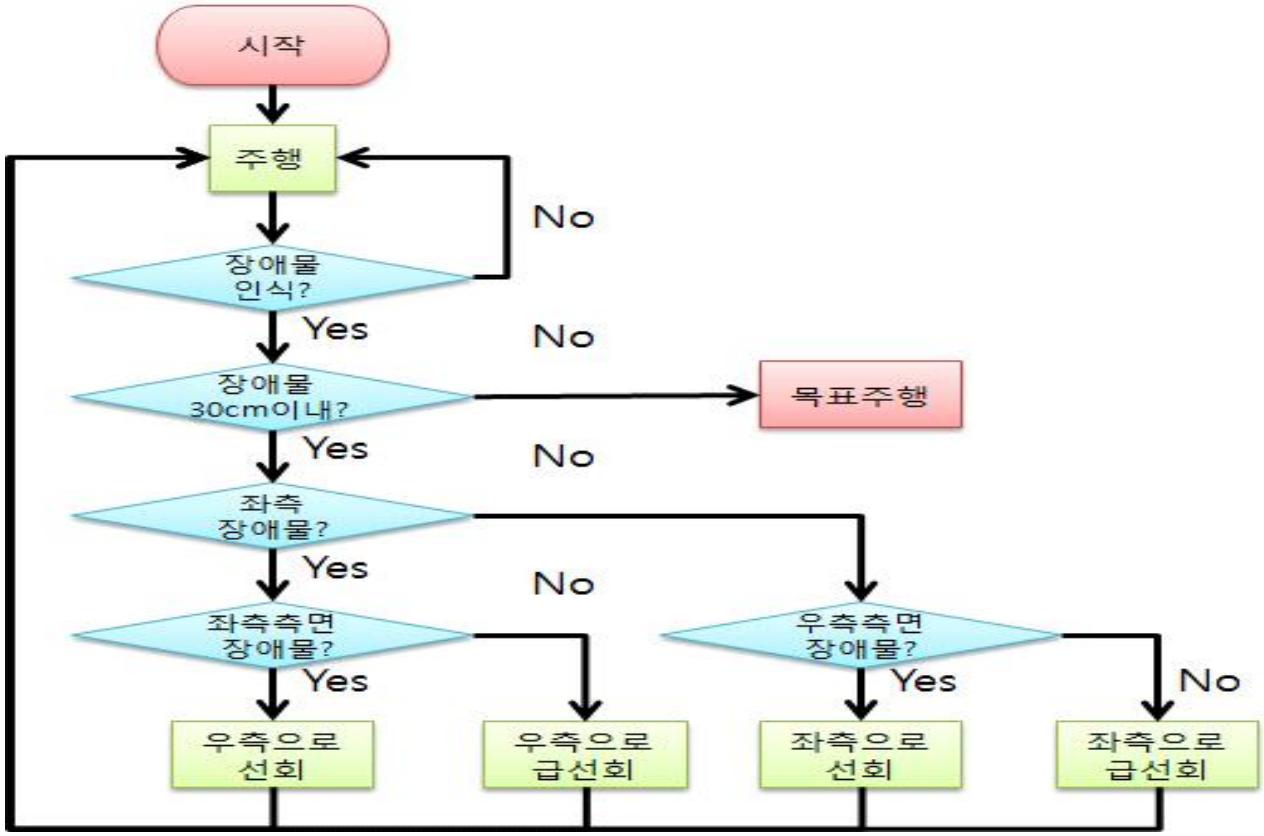
② 만약 경로의 중간에 장애물이 있을 경우 오른쪽으로 회피를 할 것인지, 왼쪽으로 회피를 할 것인지를 판단하여 회피 후, 다시 경로까지의 최단거리를 설정하여 곧바로 직진하면 가장 빨리 목적지에 도착하게 될 것이다.

③ 목적지 도착여부는 목적지까지의 거리를 계산해서 일정범위 안에 들어가면 도착으로 인식한 후 다음 동작을 진행하게 된다.

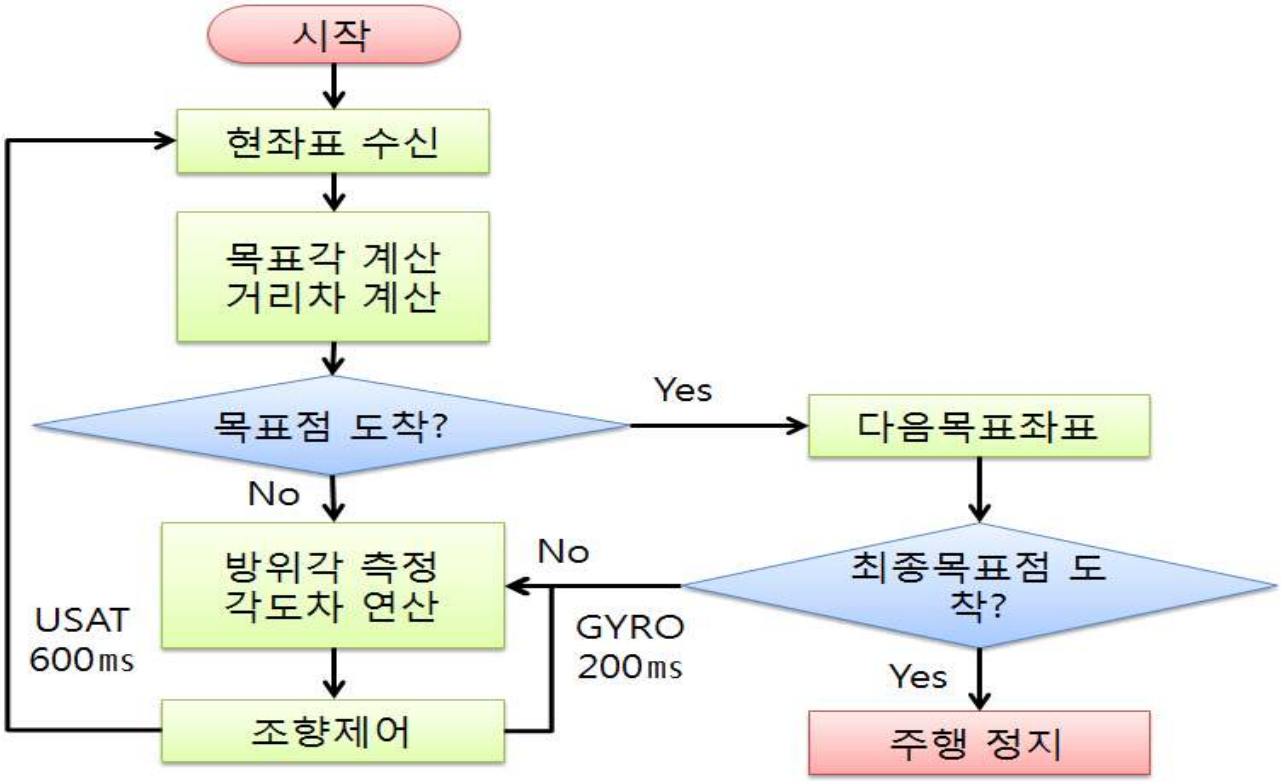
사람들은 위의 과정을 알아차리지 못 할 만큼 자연스럽게 처리하지만 A.G.V.의 경우 그렇지 않다. 우리 D.I.T.팀은 A.G.V.의 최단거리의 경로설정을 위해서는 초음파위성센서와 자이로센서를 활용하였고, 장애물 회피주행을 위해서는 초음파거리센서를 활용하였다.



<전체 주행 알고리즘>



<회피 주행 알고리즘>



<목표 주행 알고리즘>

① 목표주행 (최단거리 경로설정)

초음파위성센서를 활용하여 목표좌표를 지정 후 현재좌표를 수신하면, 두 좌표를 이용하여 목표거리와 목표각도를 연산한다. A.G.V.의 방위각은 자이로센서를 활용하여 얻는다. '각도차(오차)=|목표각-방위각|'각도차가 연산되면, 조향을 하여 각도차를 줄이는 주행을 한다. 각도차가 허용공차안에 들어가면 직진주행을 하여 최단거리 주행을 실행하게 된다.

② 회피주행 (돌발장애물 인식)

주행에 앞서 장애물을 인식하여야 한다. 최단거리를 설정하였더라도, 막혀있는 길은 나아가갈 수 없기 때문에 회피주행 후 목표주행을 하여야한다. 건물의 기둥, 가구 등과 같은 고정장애물의 경우 경유점을 설정해주면, 경유점을 향해 목표주행을 하면 이때의 주행은 회피주행이라고 보아도 무관하다. 하지만, 돌발장애물의 경우 초음파위성센서와 자이로센서만으로는 불가능하다. 돌발장애물의 경우 전방에 배치한 다수의 초음파거리센서를 이용하여 전방의 사물간의 거리를 측정하며, 지정범위안에 들어가면, 장애물로 판단 후 회피 주행을 진행한다.

③ 목적지(경유지) 도착 판단 유무

A.G.V.는 위의 ①목표주행과 ②회피주행을 반복하면 목적지를 향해 나아간다. 이때 현재좌표가 수신될 때마다 목표각과 목표거리가 새로 연산되며, 목표거리가 허용거리안에 들어갈 때까지 ①②과정을 반복한다. 목표거리가 허용거리안에 들어가게 되면, 다음 목표좌표를 지정해준다. 더 이상 목표좌표가 없다면 최종목적지에 도착하였다고 판단 후 주행완료를 하게 된다.

※ 설명의 편의를 위해 ①②③순으로 설명하였지만, 실제 주행은 ②①③의 사이클를 돌면서 진행된다.

제2절 제어부 진행과정

① 2015년 9월 30일 초음파위성센서를 이용한 좌표수신확인

초음파 위성 센서의 구동원리를 파악하여, 좌표수신을 확인하였습니다.

② 2015년 10월 13일 좌표안정화, 방위각, 목표거리, 목표각을 연산

① 과정을 통해 얻은 좌표가 튀는 현상이 발견되었는데 해결책으로는 범위내의 좌표가 수신되면 다른 변수에 저장하고, 범위 밖 좌표가 수신될 경우 좌표를 저장하지 않는 방식을 사용하였습니다.

방위각, 목표좌표, 목표각은 필터링한 안정화된 좌표를 이용하여 연산하였습니다. 방위각은 이전좌표와 현재좌표의 기울기를 이용하여 각도를 연산하였으며, 목표각은 목표좌표와 현재좌표의 기울기를 이용하여 각도를 연산하였습니다. 목표거리는 목표좌표와 현재좌표를 피타고라스정리를 하여 목표좌표까지의 거리를 연산하였습니다.

③ 2015년 10월 27일 USAT + Motor

USAT과 Motor를 융합하였을 때 간섭이 없는지를 테스트하였습니다. 구간을 설정하여 구간의 좌표를 받으면 모터의 PWM, DIR를 변화시키는 테스트를 진행하였으며 테스트를 통해 USAT과 Motor간의 간섭이 없다는 것을 확인하였습니다.

④ 2015년 11월 16일 ONE Point 주행

②,③번 실험을 통해 목표각과 방위각 각도차를 줄이면서 목표좌표를 찾아가는 ONE Point주행을 실험하였습니다. 목표좌표를 향해 주행할 때 약 60%의 확률로 목표좌표를 찾아가는 것을 확인하였으며, 원인을 분석해하기 위해서 카트의 좌표를 원격으로 받아야할 필요성을 느꼈습니다.

⑤ 2016년 01월 14일 BlueTooth를 이용한 데이터수신

④의 ONE Point실험의 원활한 좌표수신을 위해서, ATmega128 2개와 BlueTooth송수신 모듈를 이용하여 카트의 현 좌표, 방위각, 목표각, 목표거리, 모터의 PWM, DIR 데이터를 수신하여 원활한 실험을 진행하였습니다.

⑥ 2016년 03월 29일 NT-ARSv2 자이로센서를 이용한 방위각 습득

④실험의 주행을 분석하던중 방위각에 아래와 같은 문제가 있다는 것을 판단하였습니다.

1) 실제 A.G.V.의 자세를 고려하지 않는다는 것
2) 새로운 좌표를 받아야 방위각이 갱신된다는 점
3) 회전시 프로그램방위각과 실제방위각이 다르다는 점

위의 문제점을 보완하기 위해서 저희가 활용한 센서는 자이로센서였습니다.

◆장점

1) 각도를 적산하기 때문에 현재의 각도를 보다 정확하게 얻을 수 있다.

2) 응답속도가 1~1000㎳사이를 정할 수 있으며, 좌표를 받을 수 없는 시간동안, 방위각을 획득하여 조향할 수 있다. 부드러운 조향제어 가능.

◆단점

3.1.1. 각도를 적산하는 방법은 누적오차를 발생시킨다.

3.1.2. 초기의 방위각은 좌표상의 0° 에 맞춰야 된다.

자이로센서의 단점이 존재하지만, USAT을 이용한 방위각 획득보다 응답성이 우수하며, 방위각 오차가 적다는 점을 생각하여 선택하게 되었습니다.

⑦ 2016년 05월 09일 NT-ARSv2 + Motor

③의 실험과 동일하게, 자이로센서와 Motor와의 간섭유무 판단을 위해서 실험을 진행하였습니다. 실험결과 자이로센서의 값을 받으면서, 모터의 PWM, DIR를 제어할 수 있다는 것을 확인하였습니다. 목표각만큼 조향을 할 수 있는지를 테스트하였습니다. 목표각을 90°로 설정하여 테스트를 진행한 결과 방위각이 90°를 찾아 조향하는 것을 확인하였습니다.

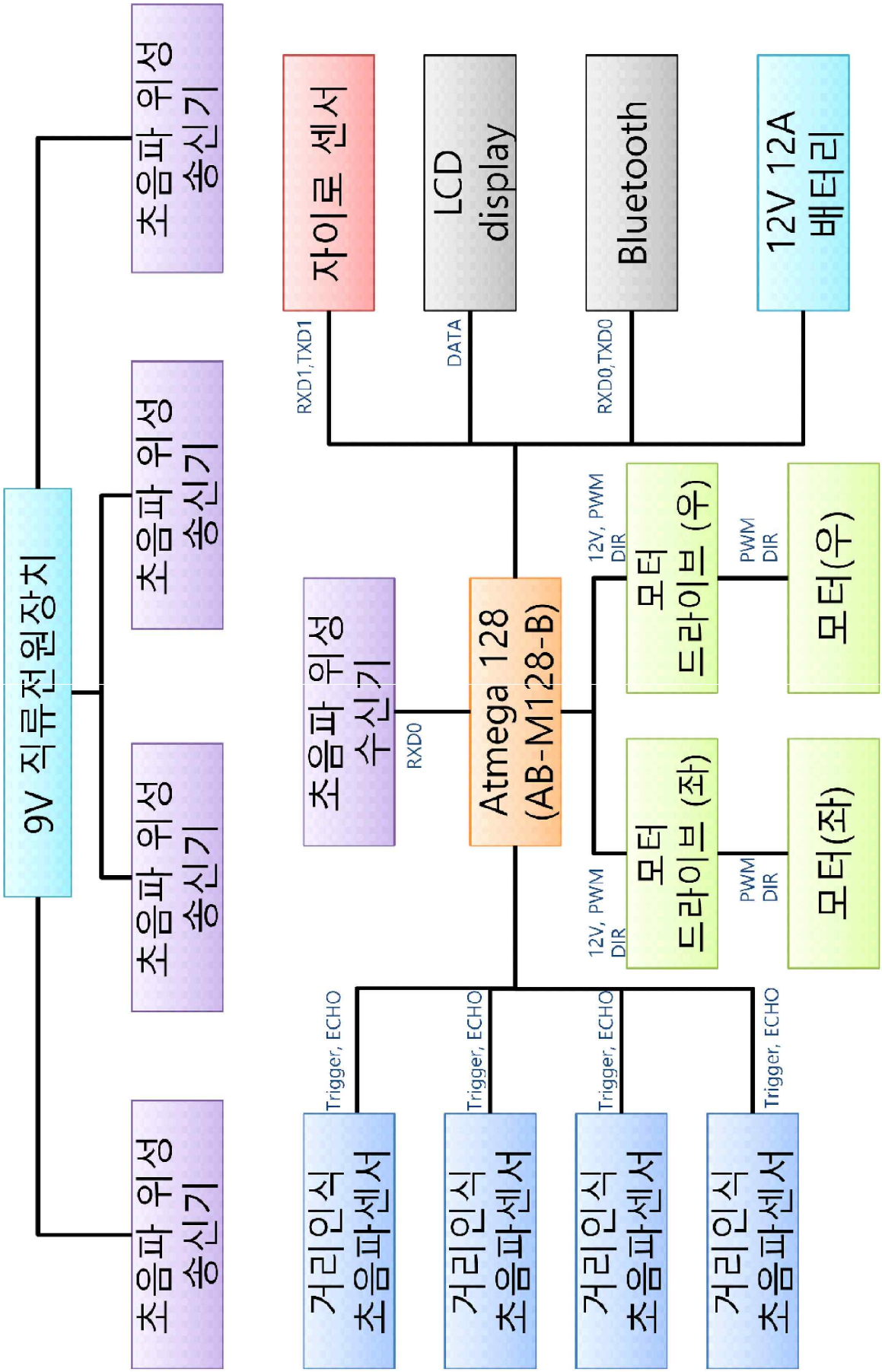
⑧ 2016년 05월 10일 USAT + NT-ARSv2 + Motor

⑦실험을 마치고 USAT + NT-ARSv2를 융합하는 과정에서 uart1포트를 공통으로 사용한다는 문제가 발생하였습니다. 이를 해결하기 위해서 NT-ARSv2를 uart1에 결선하였고, USAT은 RxD0에 결선하였고, BlueTooth는 TxD0에 결선하여 해결하였습니다.

⑨ 2016년 05월 20일 USAT + NT-ARSv2 + Motor + RemoteControl

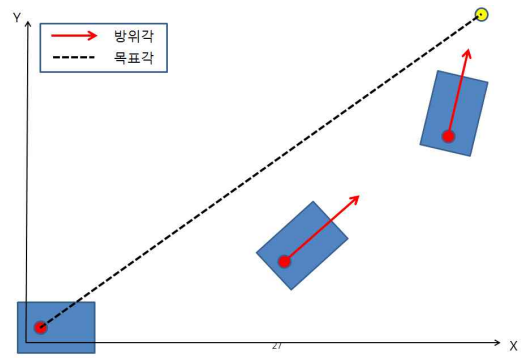
초음파위성센서의 범위 밖에서 필요한 원격조종을 위하여 BlueTooth를 이용하였습니다. BlueTooth로 문자를 보내면 문자를 인식하여 정해진 모터제어를 하는 방식을 채택하였습니다.

제3절 제어부 시스템 구성도



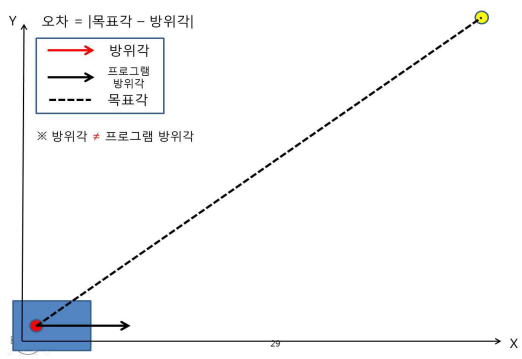
제4장 시험 및 평가

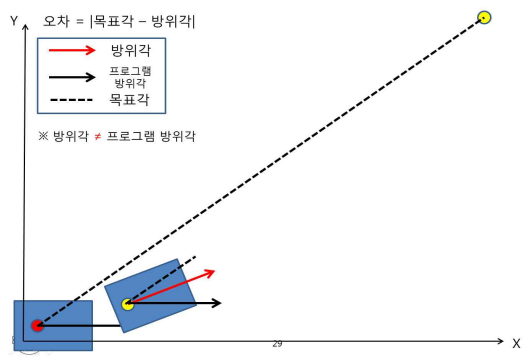
제1절 실험 목적 및 목표

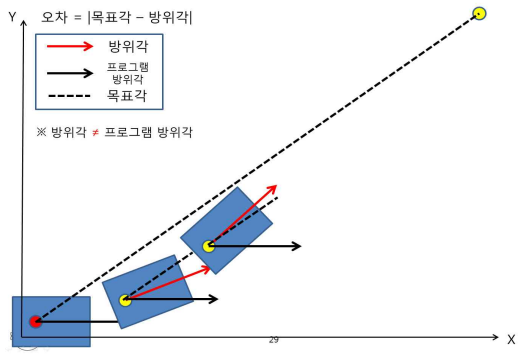


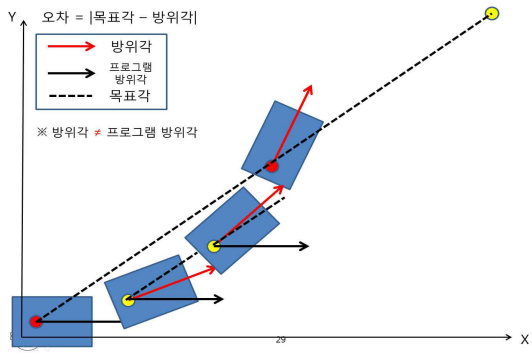
➤ 주행원리 : 아래에 정의된 오차를 줄이면서 목표주행을 할 수 있는지에 대한 테스트를 진행한다.
(오차 = |목표각-방위각|)

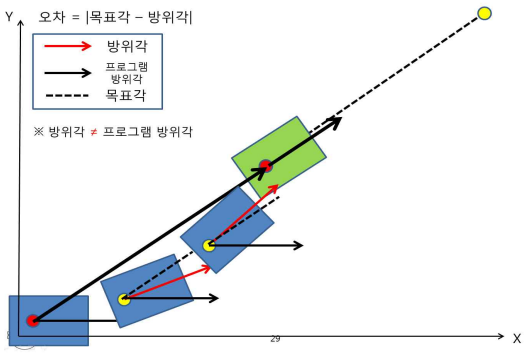
제2절 원인분석

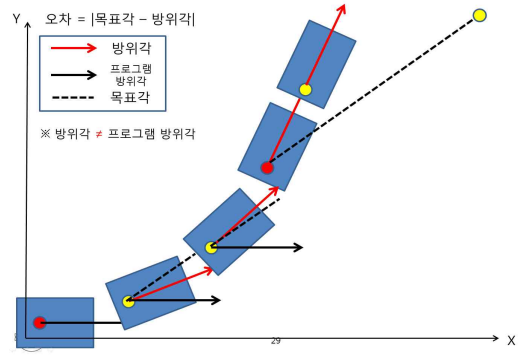












1. 방위각 획득을 위한 두가지 방법

1.1.1. 초음파위성센서를 활용한 방위각 획득
1.1.2. 자이로센서를 활용한 방위각 획득

2. 초음파위성센서를 활용하여 방위각을 획득 방법

이전좌표와 현재좌표를 이용하여 각도를 구한다. 이 방법은 초음파위성센서 하나만을 이용하였을 때 이용할 수 있는 방법이며, 직진주행을 했을 때 실제방위각과 프로그램상의 방위각이 같다.

하지만 이 방법은 큰 오류가 존재한다.

1) 실제 A.G.V.의 자세를 고려하지 않는다는 것
2) 새로운 좌표를 받아야 방위각이 갱신된다는 점
3) 회전시 프로그램방위각과 실제방위각이 다르다는 점

3. 자이로센서를 활용한 방위각 획득하는 방법

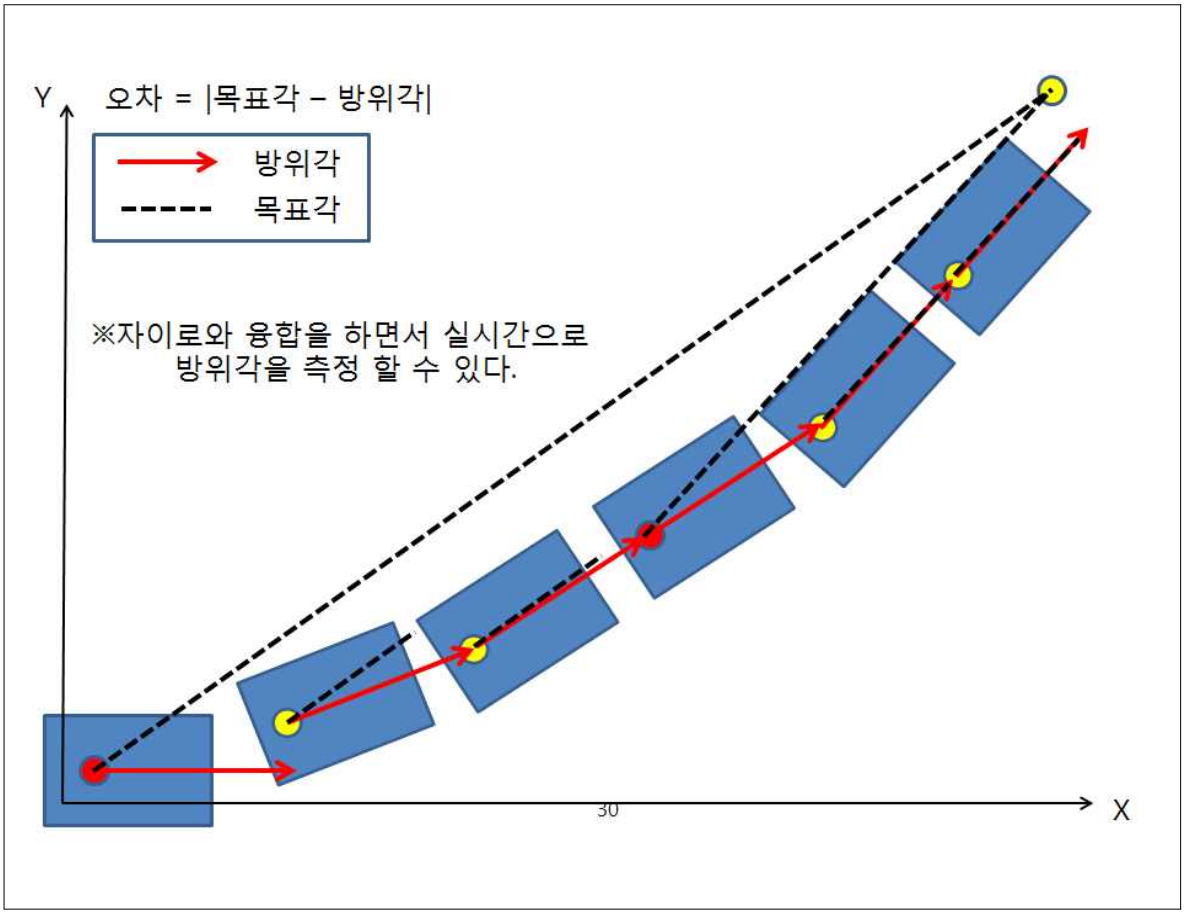
위의 문제점을 해결하기 위해서 자이로센서를 활용하였습니다. 회전각도를 누적하여 현재의 각도를 알 수 있는 방법을 써서 현재의 방위각을 더 정확하게 알 수 있으며, 초음파위성센서의 경우 600㎳마다 방위각 획득이 가능한 반면, 자이로 센서의 경우 1~1000㎳간격으로 방위각 습득이 가능합니다. 따라서 좌표를 받을 수 없는 599㎳동안에도 조향제어가 가능하여, 조금 더 부드러운 조향제어가 가능합니다.

◆장점

1) 각도를 적산하기 때문에 현재의 각도를 보다 정확하게 얻을 수 있다.
2) 응답속도가 1~1000㎳사이를 정할 수 있으며, 좌표를 받을 수 없는 시간동안, 방위각을 획득하여 조향할 수 있다. 부드러운 조향제어 가능.

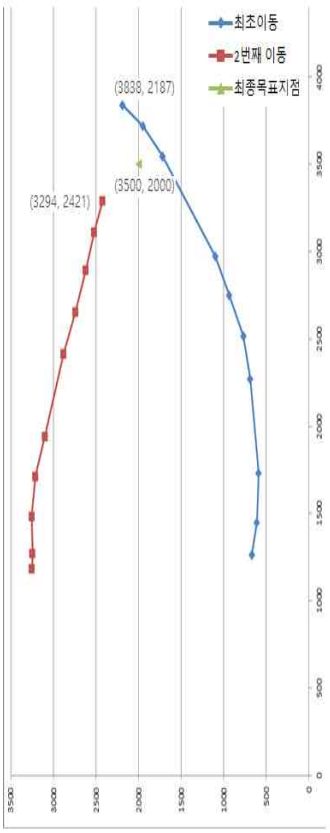
◆단점

3.1.1. 각도를 적산하는 방법은 누적오차를 발생시킨다.
3.1.2. 초기의 방위각은 좌표상의 0° 에 맞춰야 된다.



초음파 위성 센서를 이용하여 방위각을 얻을 수 있다. 하지만 초음파 위성 센서 하나를 사용했을때는 주행오차가 발생하는 것을 테스트를 통하여 알 수 있었습니다. 이를 해결하고자 저희 팀은 자이로 센서를 이용하여 목표주행을 하였습니다.

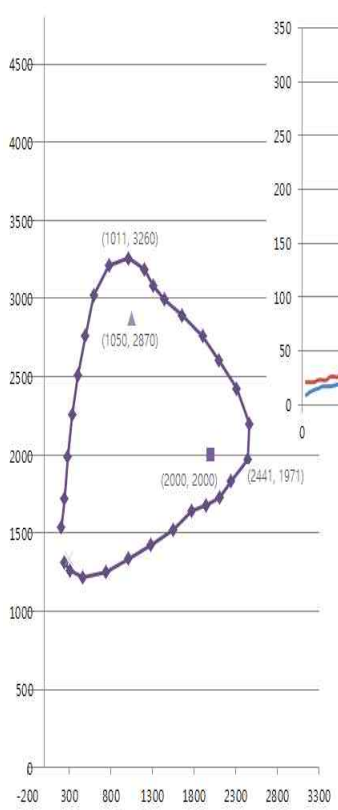
제3절 테스트 결과

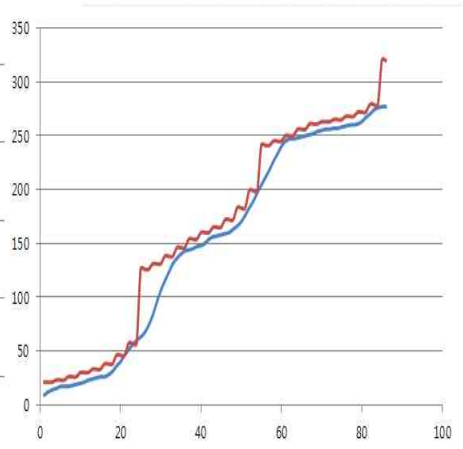


x	y	x1	y1	방위각	목표각	각도차	RPWM	LPWM	거리	Point
1449	612	1260	672	18	34	18	50	150	247	0
1449	612	1260	672	20	34	16	50	150	247	0
1449	612	1260	672	24	34	14	50	150	247	0
1449	612	1260	672	28	34	10	50	150	247	0
1449	612	1260	672	32	34	6	50	150	247	0
1730	591	1449	612	36	38	6	50	150	226	0
1730	591	1449	612	38	38	2	150	150	226	0
1730	591	1449	612	39	38	0	150	150	226	0
2272	690	1730	591	40	46	7	50	150	179	0
2272	690	1730	591	42	46	6	50	150	179	0
2272	690	1730	591	44	46	4	150	150	179	0
2517	772	2272	690	46	51	7	50	150	157	0
2517	772	2272	690	47	51	5	50	150	157	0
2517	772	2272	690	49	51	4	150	150	157	0
2750	937	2517	772	51	54	5	150	150	130	0
2750	937	2517	772	52	54	3	150	150	130	0

1. 시연 테스트(1Point)

앞서 언급한 방위각 획득과 초음파 위성센서를 활용하여 방위각을 획득하고 자이로 센서를 활용하여 획득한 방위각으로 조금 더 부드러운 조향제어가 가능하도록 one point 주행 테스트를 진행하였습니다.





2. 최종 테스트(3point)

one point주행 방식을 바탕으로 3점 주행 테스트를 실시한 모습니다. 보다 구체적인 데이터 위하여 Excel과 Hyperterminal을 사용하여 좌표값을 도식화 하고 그래프로 도식화 하였습니다.

제5장 기구부

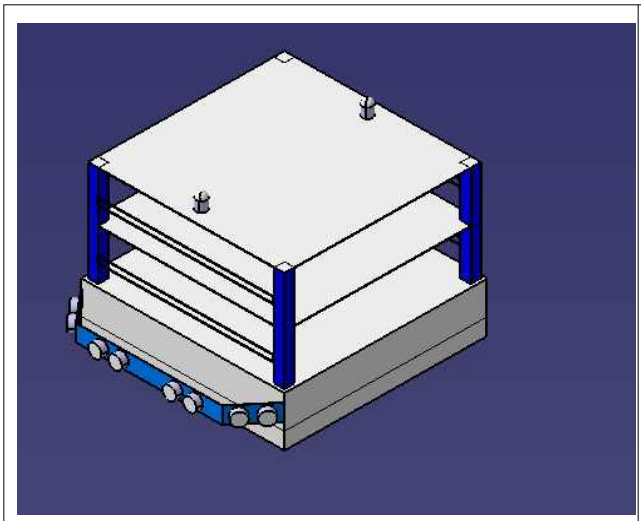
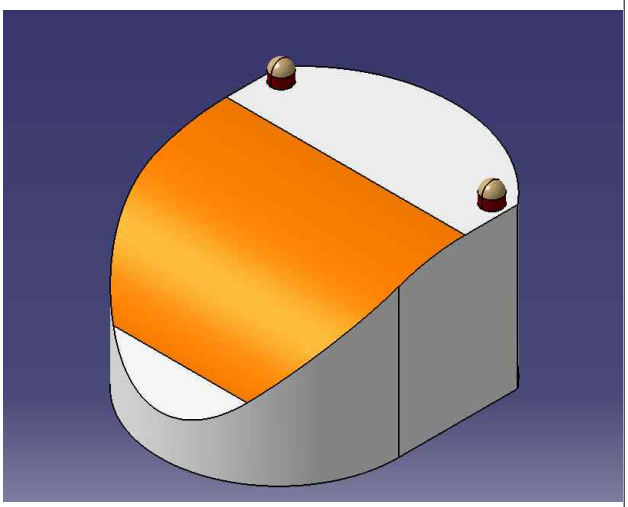
제1절 전체 공정흐름

생 산 공 정 도	생 산 공 정 해 석
1. 목표 설정	기존 위치인식방식과 다른 초음파 위성 센서를 사용하는 자율주행 운반차로서 산업현장에서 자동으로 정해진 위치까지 물건을 수송 할 수 있게 하여 편리함을 추구할 수 있다. 요구기능으로는 자율주행기능, 수송기능, 비상정지기능이 필요로 합니다.
2. 기구부 도면 제작	구동방식에 대해서 현재 후륜 구동 3점지지 방식에서 전륜의 휠 캐스터를 제어하기 힘들다고 판단해 유동 휠 캐스터를 유지하며 전륜 구동 3점지지로 교체하기로 결정하였습니다. 전체적인 모델링에 대해서 프로파일을 이용하여 전체적인 사각형 보다 곡면을 넣어서 완만한 이미지를 주기 위하여 back과 cap에 벤딩 작업을 추가 하기로 결정 하였습니다. base를 제외한 나머지 부분들은 AL5052재질로 3t를 적용하였고, 처짐이 생길 수 있는 base 부분은 안정성을 위하여 6t로 하기로 결정 하였습니다. 모터의 사양에 맞게 모터 브라켓과 모터 축과 결합되는 허브에 대한 도면도 완성 하였습니다. 또한, 제품과 치수는 치수선을 기준으로 숫자가 바깥에 있을 때15, 안에 있을 때20 정도로 거리가 필요하고, 일정해야하며 설계자의 측면에서 치수표시보다는 동일한 치수의 중심을 한 가공자의 측면에서의 치수표시가 바람직하고 도면을 봤을 때 안정감이 있어야한다. 또한 선, 치수, 문자의 크기는 어떤 scale에서도 일정해야 하며 모서리 라운드부분이나 가공법 등 가공하는데 있어서 글로 설명을 하는 방법이더라도 필요한 모든 것이 도면 안에 표현할 수 있도록 하였습니다.
3. 기구부 제작	제작된 도면을 바탕으로 수령이 용이하고 가격이 적절한 곳을 선정하여 기구부 제작을 진행 하였습니다.
4. 회로도 도면 제작	A.G.V 구동에 필요한 초음파 위성센서, 초음파 거리센서, 모터, 모터 드라이브, 자이로 센서, LCD, 메인 보드로 사용되는 ATmega128등에 대한 사전 조사를 통하였으며, 개별적인 테스트를 통하여 각 부품별 배선방법을 학습하였습니다. 이를 바탕으로 회로도 제작을 진행 하였습니다.
5. 기구부 조립 및 회로 배선	제작이 완료된 시제품에 메인 회로를 비롯한 부품들의 조립을 완료하고, 배선처리를 진행 하였습니다.
6. 종합 테스트	완성된 A.G.V의 구동 테스트를 위하여 하이퍼 터미널로 현재 좌표값을 받아 직접 확인 할 수 있게 하였으며, 엑셀을 통하여 이동경로를 도식화 하였습니다. 일정 간격마다 수신되는 좌표값을 신뢰할 수 있는 지에 대한 테스트를 진행하여 제품 전체의 신뢰성을 확보 할 수 있도록 종합 테스트를 실시하였습니다.

제2절 기구부 시제품 모델링

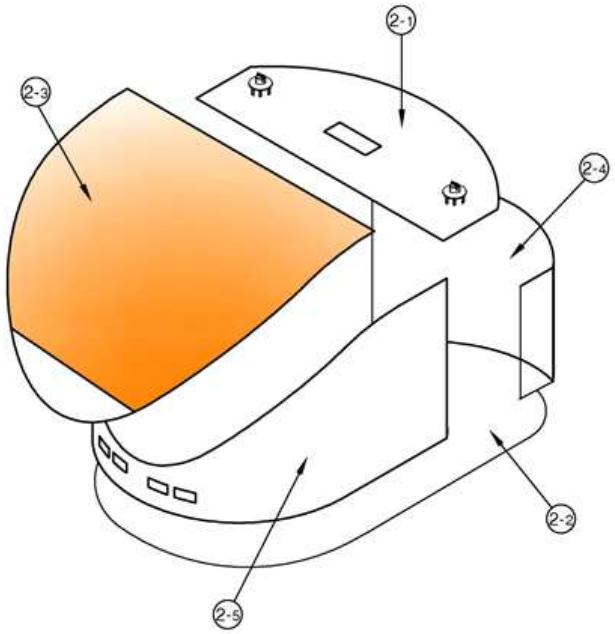
2015년도 D.U.S.E.팀의 경우 적재물을 A.G.V.에 직접 적재 하는 탑재형태의 A.G.V.였습니다. 1차 시제품 모델링의 경우 D.U.S.E.팀과 같은 탑재형으로 모델링을 해보았으나, 수송의 효율성과 미학적인 측면에서 최종 시제품 모델링을 결정하게 되었습니다. 탑재형의 경우 적재물의 량이 A.G.V.의 면적에 한정되기 때문에 수송효율이 떨어질 것이라 판단하였으며, 지금까지 설계 프로젝트에서 밴딩 처리가 된 시제품을 거의 보지 못하였기 때문에 이에 곡률 형태의 A.G.V.를 제작해 보게 되었습니다. 또한 주행 중 장애물과의 충돌이 있을 경우 사각형 구조보다는 곡률이 들어간 구조가 효율적이라고 판단하였습니다.

구동방식 또한 4륜구동 방식에서 2륜구동 방식으로 변경 되었습니다. 이는 2륜 구동방식의 방향제어의 편리함과 후륜을 휠 케스터를 사용하여 회전을 용이하게 할 수 있도록 하였습니다.

<table>
<tr>
<td>  </td>
<td>1. 1차 시제품 모델링
사각형 구조를 바탕으로 서로 다른 층을 두어 제품을 적재 할 수 있는 형태의 제품으로 2륜 구동 4점지지 방식을 채택 하였습니다. 하지만 4점 지지를 선택 하였을 때 A.G.V전체적인 벨런스 문제점이 발생 한다는 전문가 조언과 물건 적재 부분이 층으로 분리되어 있어 많은 양을 적제 할 수 없고, 초음파 위성이 A.G.V 제일 위에 있어야 한다는 점에서 가장 윗 부분은 물건을 적재 할 수 없다는 단점이 발견 되었습니다.</td>
</tr>
<tr>
<td>  </td>
<td>2. 최종 시제품 모델링
전체적인 사각형 구조에서 곡면 부분을 추가하여 완만한 이미지를 구현 하였으며, 돌발 장애물과의 충돌에도 사격구조 보다 잘 대응 할 수 있을 것으로 판단됩니다. 전문가의 조언을 바탕으로 구동방식 또한 4점지지 방식에서 3점지지 방식을 채택 전방 휠 캐스터 후륜부 구동을 하기로 하였습니다. 종합 테스트를 진행하는데 메인회로를 쉽게 확인하기 위하여 캡 부분에 손잡이를 달았으며, 원활한 초음파 위성 수신을 위하여 제품 제일 상단에 초음파 위성 수신부 2개를 장착 하였습니다. 이외에 현재 상태를 나타내기 위하여 LCD 모듈을 장착하였으며, 전방 돌발 장애물에 대처하기 위하여 4개의 초음파 거리 센서를 장착 하였습니다.</td>
</tr>
</table>

제3절 기구부 도면 제작

선정된 최종 시제품 모델링을 바탕으로 치수를 구체화 하고, 시제품 제작을 위한 도면 제작을 하였습니다.



최종 선정된 시제품 모델링을 바탕으로 Case assembly 도면을 제작 하였습니다. LCD와 초음파 위성 수신부가 들어가는 TOP(2-1), 손잡이를 부착하여 내부를 볼 수 있게 만든 CAP (2-3), 밴딩 처리가 들어가고 링커를 연결하는 BACK (2-4), 전방 장애물 회피를 할 수 있도록 초음파 거리 센서가 부착되는 SIDE(2-5), 바디를 받쳐주는 BASE(2-2)총 5프레임으로 Case를 나누어서 제작 하였습니다.

BASE의 경우 모터의 길이(모터 축에 바퀴 결합한) 143mm가 나왔습니다. 중앙에서 메인회로로 들어 갈 수 있는 구멍과 주행 중 장애물과의 충돌에 바퀴가 손상되는 것을 방지하기 위하여 바퀴를 전체 Case안쪽으로 넣어서 제작을 하였습니다. 또한 메인 회로도와 베터리가 들어 가는 공간을 충분히 확보하여 배선을 용이하게 할 수 있도록 사이즈를 선정 하였습니다.

TOP의 경우 초음파 위성 수신부가 최대한 장애물에 영향을 받지 않게 하기 위하여 BASE로부터 400mm이상 올라 갈수 있도록 하였으며, LCD와 초음파 위성 수신부를 부착하기 위한 소켓 구멍 또한 함께 나타내었습니다.

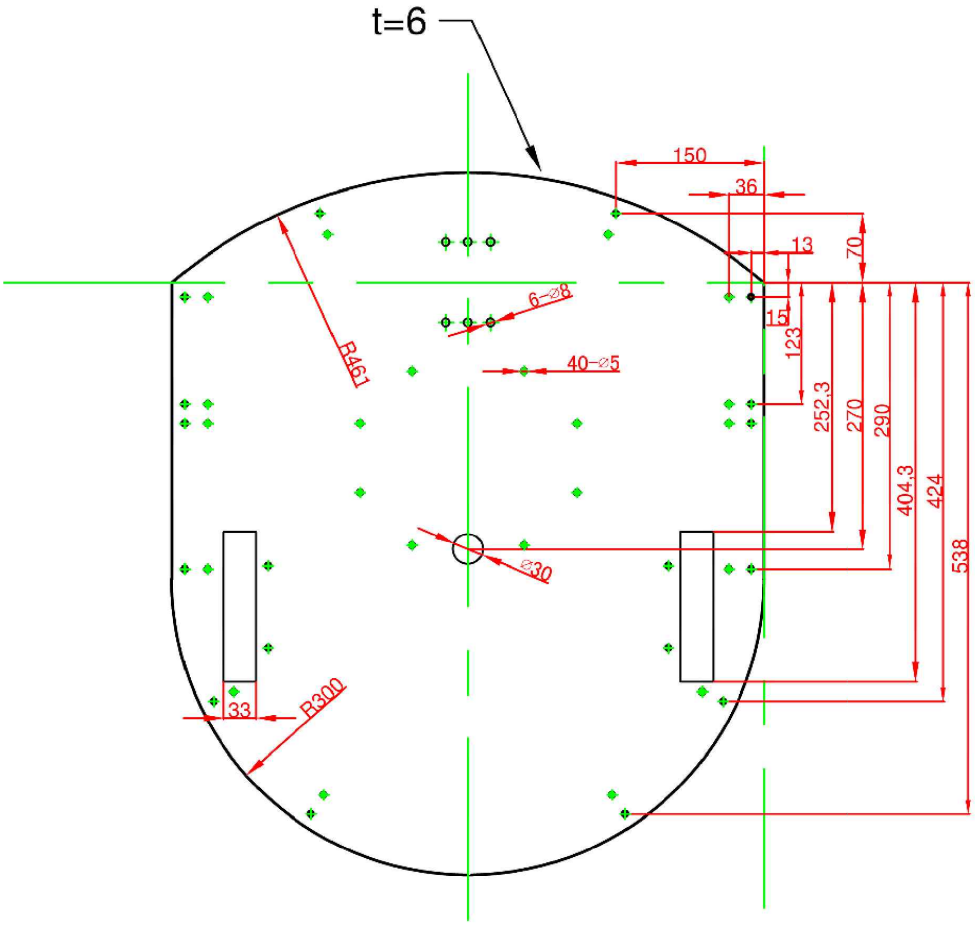
CAP의 경우 시제품이 완성되었을 때 내부 메인회로를 볼 수 있도록 TOP에 경첩이 부착되게 되며, 곡률이 들어가도록 제작 되었습니다.

SIDE의 경우 전방에 있는 장애물을 감지하기 위하여 초음파 거리센서를 부착 할 4개의 구멍이 일정한 간격으로 있으며 BASE와 결합되게 되어 있습니다.

BACK의 경우 적재물을 수송 할 수 있는 링커가 연결되고, BASE와 결합되게 되어 있습니다.

전체적인 디자인을 고려 하였을 때 밴딩처리가 들어가는 SIDE, CAP, BACK의 가공 후 조립 여부를 가장 중요하게 생각되며 이점을 고려하여 도면 세부도면 제작에 들어갔습니다.

1) BASE도면 제작

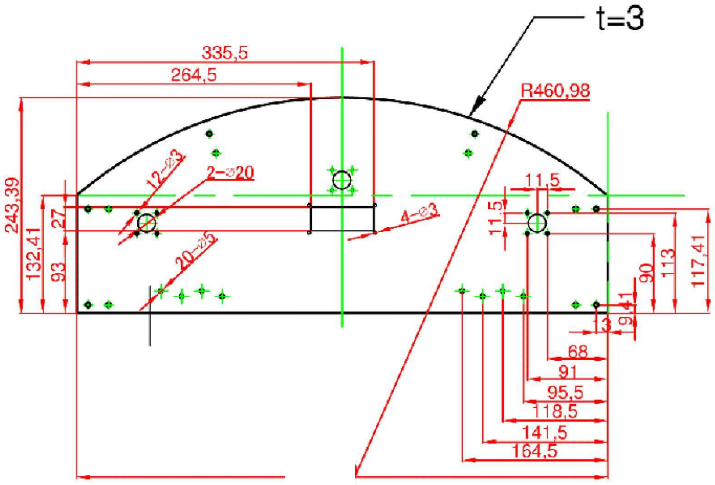


BASE제작에 있어서 우선 고려 되어하는 부분이 구동방식의 결정과 모터의 위치 였습니다. 2륜 구동방식을 결정을 하였으나 전(前)륜구동과 후(後)륜 구동방식 중 어느 쪽이 더 효율적인 방식 인지를 선정하는데 오랜 시간이 들었습니다. 전문가의 조언으로 물체를 끄는 견인형의 경우 전륜 2륜 구동방식을 선택 하는 것이 좋다는 조언을 들을 수 있었습니다. 이를 바탕으로 전륜 2륜 구동방식을 선택하였고, 휠 케스터의 경우 고정형 보다는 회전형 휠 케스터를 선택하여 회전에 용이 하도록 설계를 하였습니다.

또한, 알류미늄 판재 AL6061과 AL5052의 차이점에 관하여 5052의 경우 밴딩 작업에 유리하고, 6061보다 무른 재질로 되어 있어서 전체 기구부를 지지 해주는 BASE의 경우 6061을 사용하고 두께의 경우 6t로 하는 것이 좋다는 전문가의 조언을 받아 진행하게 되었습니다.

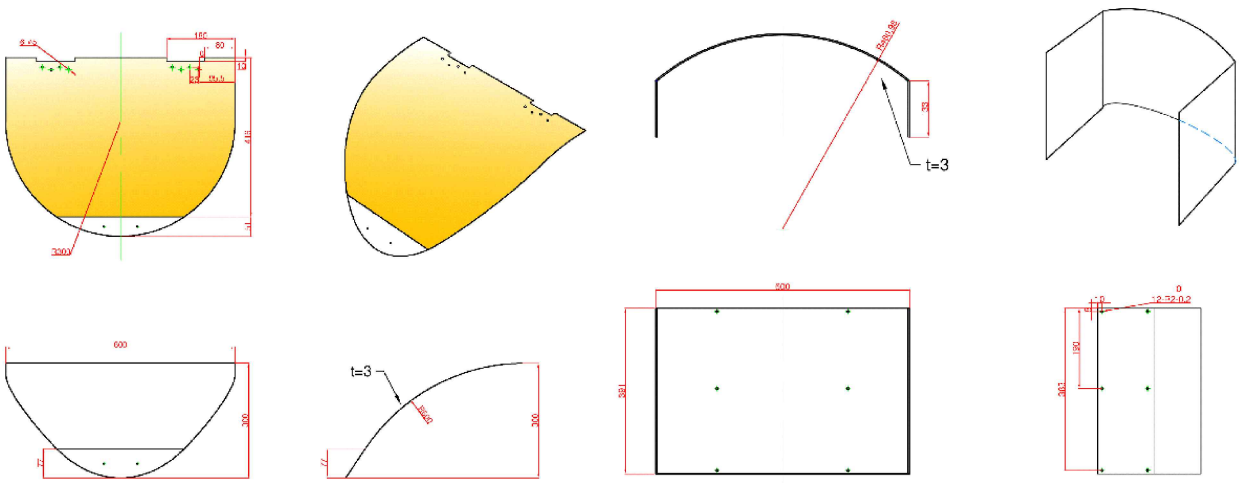
치수는 우측으로 정렬하여 제작하는 사람이 알아 보기 쉽도록 하는 것이 올바른 표기법이라는 조언에 따라 거리를 나타내는 치수는 우측으로 정렬하여 도면에 나타내었습니다.

2) TOP도면



TOP도면을 제작에 가장 중요한 부분으로 초음파 위성 수신부의 위치를 정하는 것이 었습니다. 1개의 초음파 위성을 사용할 경우 시제품의 중앙에 위치하는 것이 제어를 하는데 용이 할 것이라는 제어팀의 판단으로 중앙에 위치한 초음파 위성 수신부 구멍을 제작 하였고, 2개를 사용하는 경우를 대비하여 바퀴의 위치와 수평한 위치에 위치 할 수 있도록 2개의 구멍을 함께 제작 하였습니다. TOP의 경우 기구부를 지지하는 부분이 아니기 때문에 3t정도로 제작하면 문제 없을 것이라는 전문가의 조언을 들을 수 있었습니다.

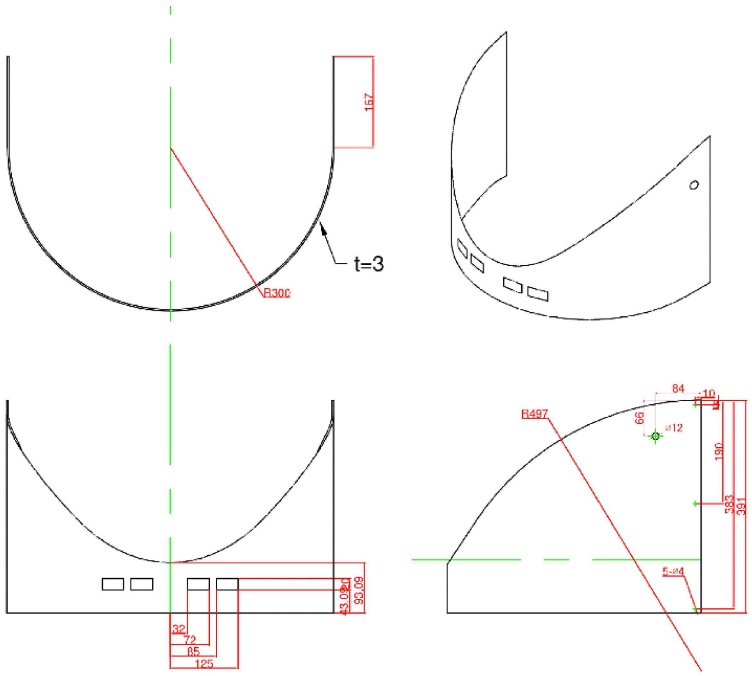
3) CAP도면 & BACK도면



CAP의 경우 곡률을 제대로 표현하기 위하여 우측면도, 전면도, 평면도로 제작 하였습니다. 도면 제작에 앞서 밴딩처리가 들어가기 때문에 소재를 결정하는 것이 우선적으로 필요하였습니다. 사전 조사한 내용으로는 AL6061의 경우 절곡 작업에 유리한 소재로 AL5052보다 단

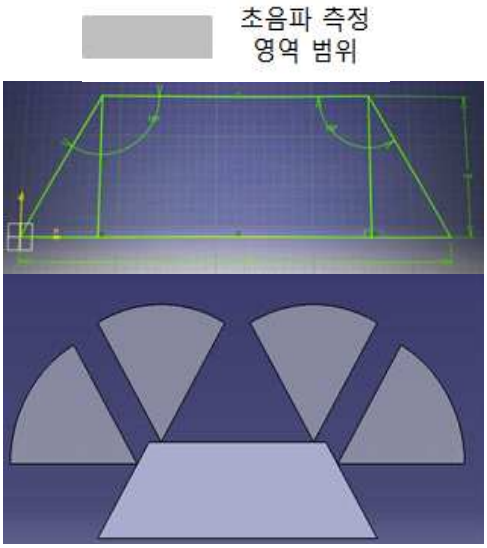
단한 것으로 조사되어 밴딩처리를 생각하여 AL5052를 사용하기로 결정 하였고, 전문가의 조언 또한 지금의 시제품의 경우 6061을 사용하는 것과 5052을 사용하는 것에 큰 영향을 받지 않을 것으로 판단 된다는 조언을 받아 AL5052로 결정하고 도면 작업을 진행 하였습니다. BACK도 위와 같이 진행 하였습니다.

4) SIDE도면

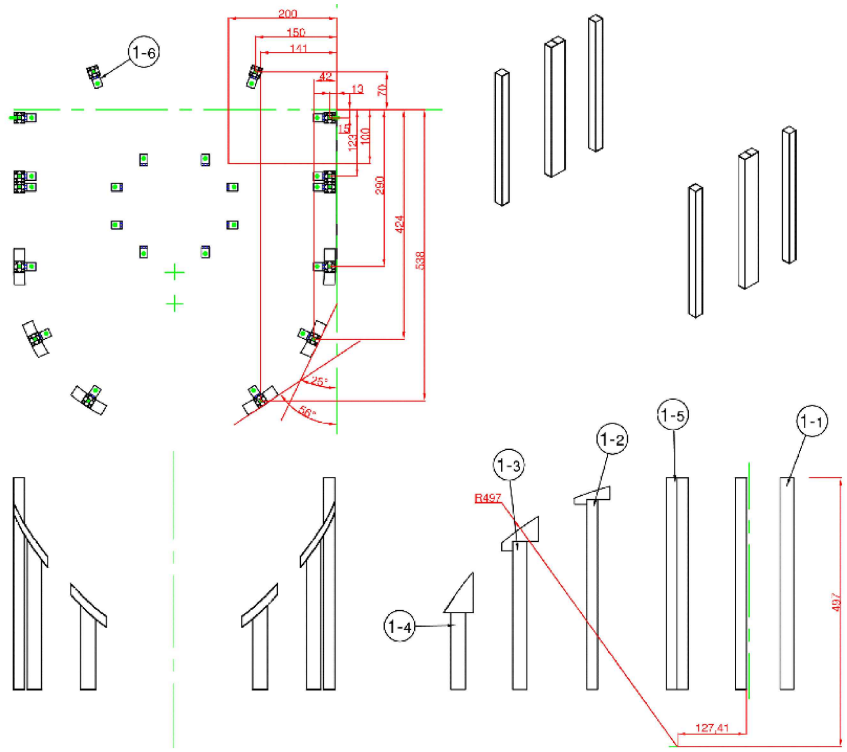


SIDE의 경우 4개의 초음파 거리 센서 구멍과 전원 스위치가 들어가는 구멍이 있습니다. BASE와 결합되는 SIDE 아랫부분의 곡률은 R300이며 CAP과 결합되는 부분의 곡률은 R497입니다. CAP과 SIDE가 결합 되는 부분에 모두 곡률이 들어가기 때문에 도면을 제작하는 도중에 전문가의 조언이 많이 필요 했습니다. 방법으로는 하나하나 전개도를 전부 펼쳐서 확인하는 것이 있었습니다. 그래서 저희는 전개도를 펼쳐가며 하나하나 확인을 하였고, 1/10으로 축소 출력하여 직접 모형을 제작하는 방법으로 SIDE전개도를 제작 하였습니다.

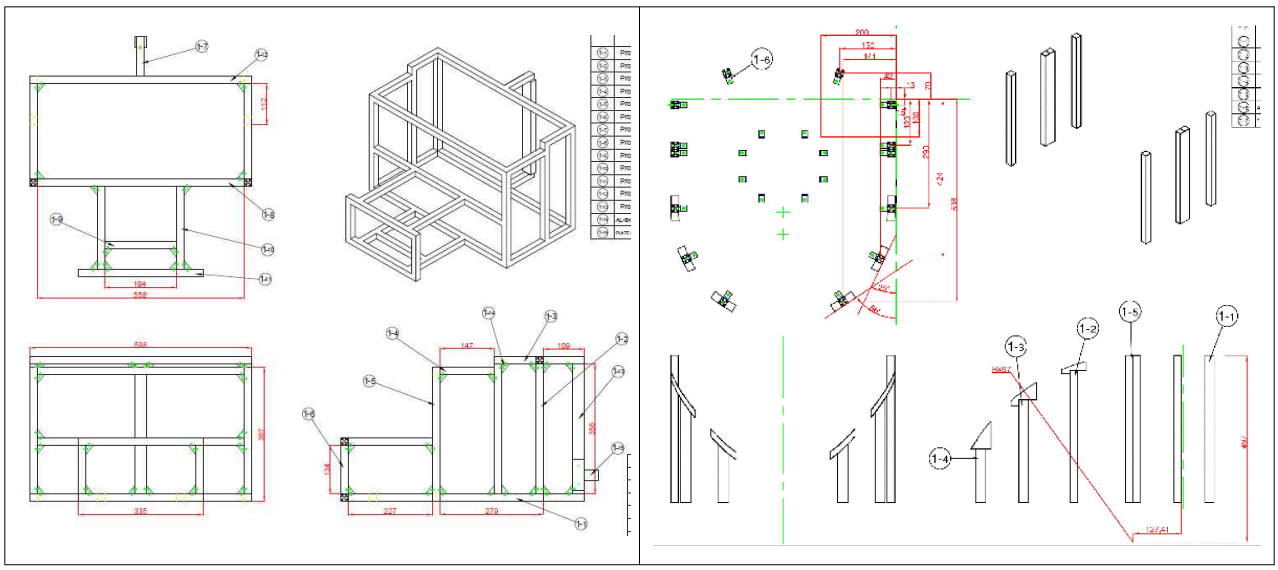
초음파 거리 센서의 홀을 설계 하기 위하여 그림과 같은 방법으로 확인하였습니다. 전방 200mm 이하를 감지하고, 초음파 측정 각도를 60°가 될 수 있게 조절 하여 그에 맞는 초음파 거리 센서 위치를 찾았고, 이를 바탕으로 도면을 제작 하였습니다.



5) Profile assembly 도면

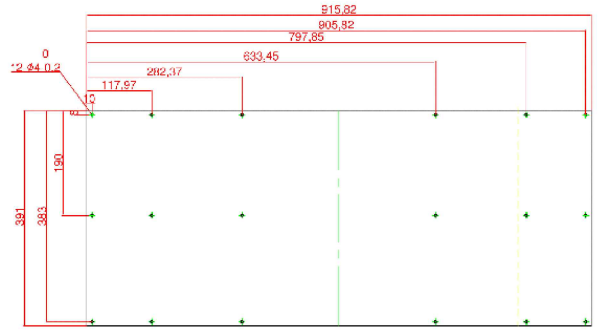
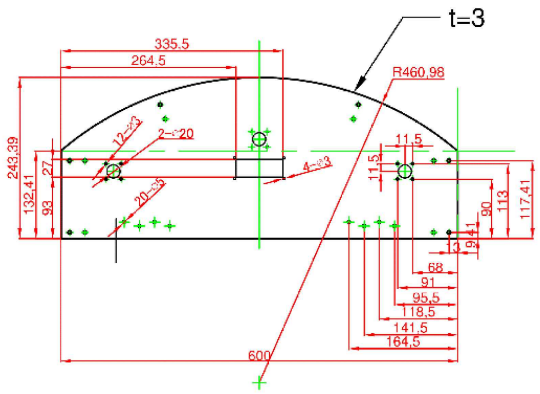
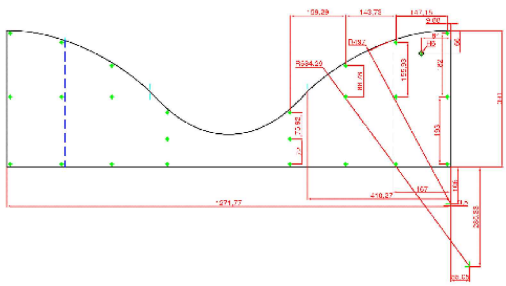
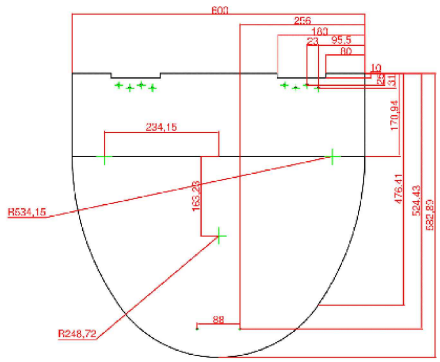
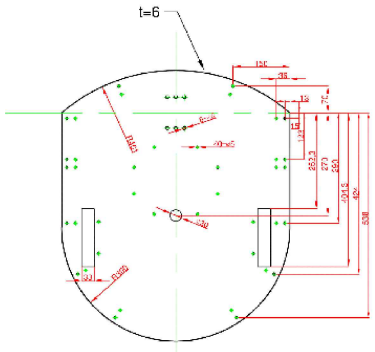


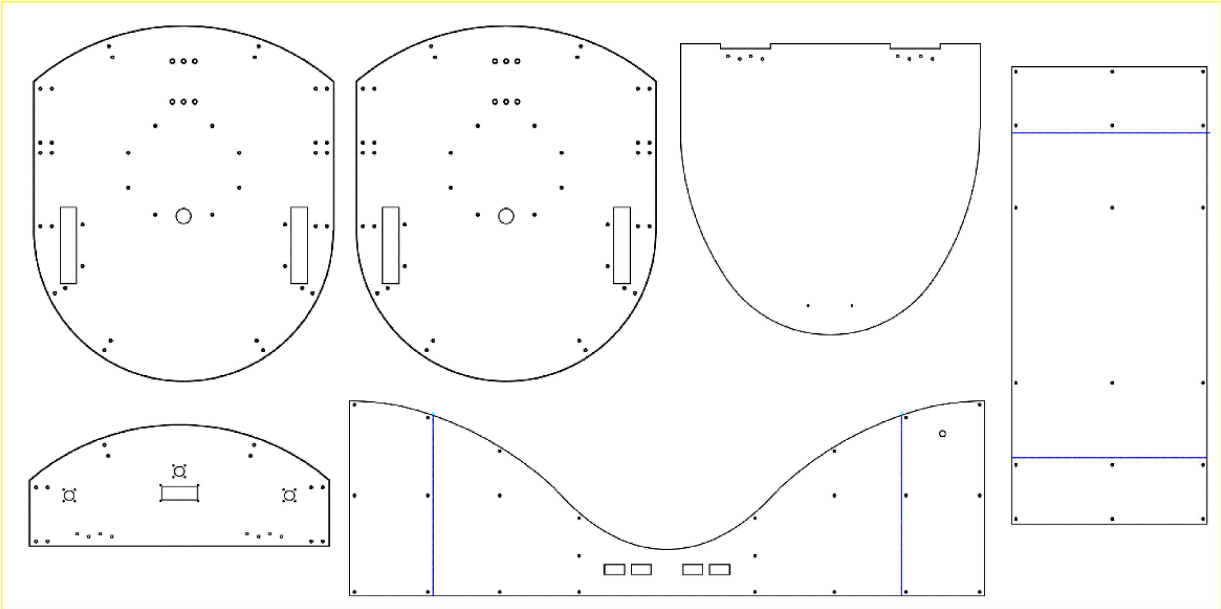
처음 Profile assembly도면을 제작하는데 어려웠던 점은 곡률이 들어가는 CASE와의 조립 여부 였습니다. CASE에 있는 나사 홀 구멍과 일치하는 위치에 프로파일을 위치시켜야 정확한 결합을 할 수 있기 때문에 도면을 작성하는데 어려움이 있었습니다. 또한 AL6061의 강성으로 전체 프레임을 지지 할 수 있을지에 대한 여부를 확인 할 수 없어 필요 이상의 Profile을 사용하여 초기 설계를 하였지만 전문가와의 상담을 통하여 29개 에서 12개의 Profile을 사용하기로 하였습니다.



<초기 프로파일 29개에서 최종 프로파일 12개로 변경 >

7) 발주를 위한 전개도 도면

	BACK 전개도
	TOP전개도
	SIDE전개도
	CAP전개도
	BASE전개도

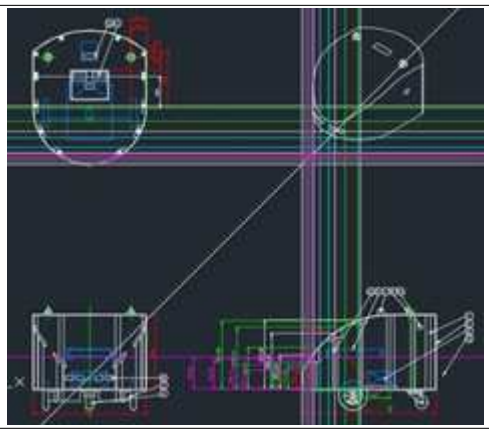


작성된 도면을 바탕으로 절곡을 위한 도면 제작을 진행 하였습니다. 곡률이 들어간 부분을 밴딩처리 하여야 하기 때문에 곡률이 들어간 모든 도면을 전개도로 펼쳐 발주 도면으로 제작 하였습니다.

재질이 2가지로 나뉘는 경우 각각의 판재를 따로 구매를 하여야 하며 이럴 경우 재료비가 2배로 들어 가게 됩니다. 또한 각 재질의 두께를 다르게 할 경우 재료비가 2배가 들어가게 되어 기존의 설계대로 제작을 진행 한다면 지금 보다 4배의 재료비가 사용되게 됩니다. 저희의 경우 곡률이 들어간 부분은 AL5052를 사용하고, 밴딩을 하지 않는 부분에 대해서는 AL6061을 사용하는 것으로 결정 하였으나 업체 담당자와의 면담을 통해서 시제품에 적용되는 곡률의 경우 AL6061을 사용하여도 원하는 형상을 얻어 낼 수 있다는 조언을 들었습니다. 사전에 전문가와의 상담을 진행하여 BASE에 들어가는 6t두께의 판재를 3t두장을 겹쳐서 사용하는 것에 대해서 긍정적인 평가를 얻었습니다. 그래서 CASE 전체 재질을 AL6061로 변경 하여 제작을 진행 하였습니다.

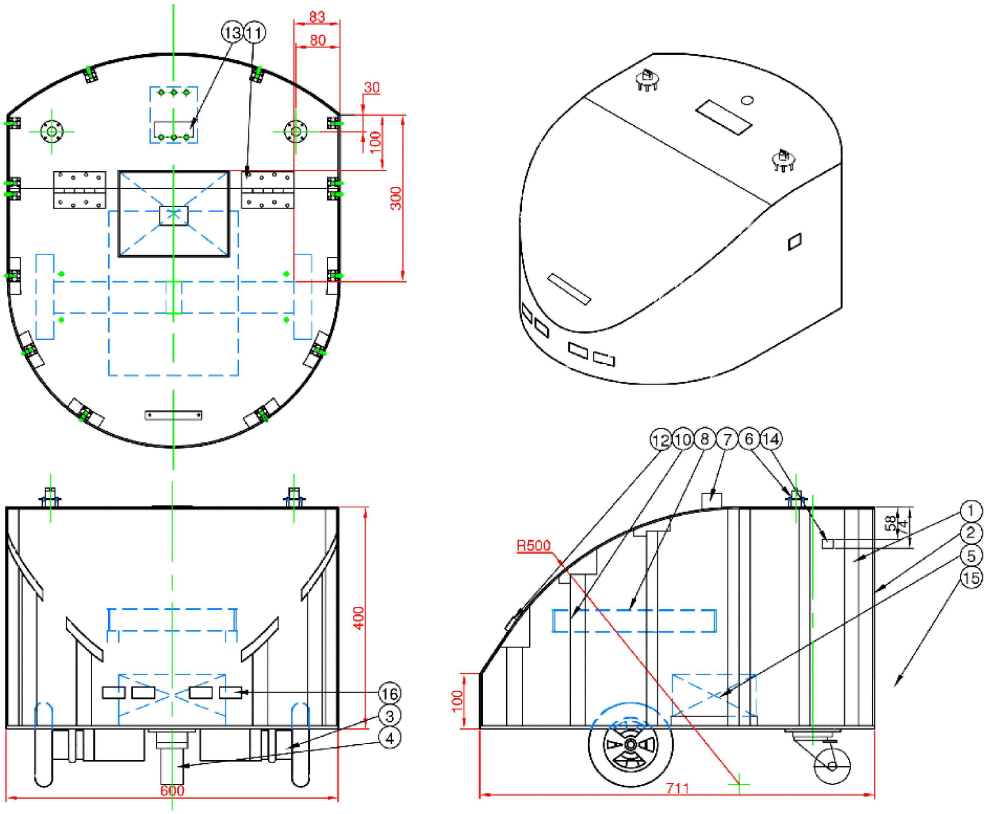
이후 최종적인 종합 검토 거친 후 발주를 진행 하였습니다.

cf.)



✓ 수작업으로 전개도 작성 방법
-절단부 설정 : 펼치려면 어느 한군데는 자른다.
-평면구간 산출 : 말 그대로 우측그림처럼 넓은 면은 평면구간으로 밴딩이 없는 구간입니다.
-곡면분할 : 평면구간을 제외한 곡면구간은 작업자의 선택으로 몇 개의 구간으로 나눈다.
-이후에는 실제길이(실장)를 구한다.

8)Total assembly도면



시제품에 들어가는 부품들과 구동방식을 모두 표현한 도면으로, 메인회로가 들어가는 부분과 베터리의 위치 LCD와 초음파 위성 수신부(2개), 바퀴의 위치를 모두 나타낸 총 조립도입니다.

9)완성된 시제품의 기구부

총 조립도를 바탕으로 완성된 시제품입니다. 경첩과 프로파일, 모터, 바퀴, 휠 케스터 모두 조립에 완료 하였습니다.

※액추에이터 관련 도면은 부록 참조.

초기 설계 스펙		
	재질	두께
BASE	AL6061	6t
CAP	AL5052	3t
TOP	AL6061	3t
BACK	AL5052	3t
SIDE	AL5052	3t

최종 결정 스펙		
	재질	두께
BASE	AL6061	3t*2
CAP	AL6061	3t
TOP	AL6061	3t
BACK	AL6061	3t
SIDE	AL6061	3t

초기 설계 단계에서 밴딩이 들어가는 케이스의 재질을 AL5052로 설정하 였고, 절곡만 하는 케이스의 재질은 AL6061로 선정 하였습니다. 이는 AL6061과 AL5052의 특징을 고려한 것입니다. AL5052의 경우 밴딩에 용이 하고, AL6061의 경우 5052보다 강성이 좋은 재질입니다. 두께 또한 BASE를 6t로 설계하여 지지대의 역할을 충분히 수행 할 수 있도록 설계 하였습니다. 하지만 최종적으로 모든 재질을 AL6061, 두께를 3t로 최종 결정 하게 되었습니다. 업체 발주 진행중 업체 담당자와의 면담을 통해서 소재의 재질이 다르면 소재비가 2배가 발생하게 되고, 두께가 다를 경우에도 재료비가 2배가 들어가게 됩니다. 그렇기 때문에 초기 스펙으로 발주를 진행하게 되면 최종 결정 스펙 사항에 들어 가는 비용의 4배가 들어 가게 됩니다. 또한 업체 담당자의 말에 따르면 곡률이 R300,R500의 경우 AL6061로 밴딩을 하여도 괜찮다라는 조언을 들을 수 있었습니다. 도면 제작중 전문가와의 상담을 통하여 6t의 BASE의 경우 3t 두장을 겹쳐서 사용하여도 괜찮다 라는 조언을 들을 수 있었습니다. 그래서 최종 결정 스펙인 재질 AL6061 두께 3t로 진행 하게되었습니다.

제6장 결론

제1절 결론

구분	목표 시제품 사양	완성 시제품 사양
주행속도	3~5km	4km/h
적재중량	80~100kg	150kg 이하
자체중량	25kg 이하	20kg
사용시간	1~2시간	1시간
주행 오차범위	±10 cm	±30cm
초음파센서 사용주파수	장애물 인식용 : 40KHz 위치 인식용 : 25KHz	장애물 인식용 : 40KHz 위치 인식용 : 40KHz
초음파 위성 사용범위	7m*7m*7m	7m*7m*7m
리모컨 수신거리	7m	10m(개방공간)
크기	600mm*600mm*600mm	600mm*711mm*400mm

자율주행카트 미흡한 점을 가지고 있다고 생각된다. 자율주행은 장애물 회피주행과 목표주행이 함께 되는 것을 의미한다. 하지만 우리 D.I.T.의 A.G.V.는 목표주행알고리즘만 보유하고 있어 완벽한 자율주행이라고 말하기는 어렵다. 하지만 작년 DUSE가 회피주행알고리즘을 개발하였고, 올 해 우리 D.I.T.팀이 목표주행알고리즘을 개발하여 자율주행의 초석을 다졌다고 생각

합니다.

제2절 문제점 및 향후계획

초음파 위성을 사용하면서 라인이 없이도 원하는 목표점을 선정하고 이를 바탕으로 A.G.V.가 이동할 수 있도록 하였습니다. 완성 된 시제품의 사양에서 장애물 인식용 센서의 사용주파수 대역과 위치 인식용 센서의 사용주파수 대역이 같은 것을 알 수 있습니다. 이로 인하여 두 센서간의 간섭이 생겨 함께 구동하면 오작동을 하는 것을 발견 하였습니다. 이를 해결하기 위하여 초음파 위성이 사용할 수 있는 주파수 대역을 25KHz로 변경하여 해결 할 수있으며, 초음파 거리 센서를 다른 방식의 센서(ex>적외선 센서)로 변경 한다면 문제를 해결 할 수 있을 것으로 판단 됩니다.

또한, 자이로 센서를 사용하여 위치의 오차를 줄일 수 있었으나 A.G.V.가 방향 선회를 하거나 급격하게 회전을 할 경우 경로를 크게 이탈하는 모습을 테스트를 통하여 확인 하였습니다. 이는 초음파 위성이 구동축 바로 위에 위치하게 기구부를 제작하여야 하였으나 구동축보다 뒤쪽에서 초음파 위성 수신를 장착하여 생긴 오차로 생각 됩니다. 프로그램적으로 오차를 줄일 수 있게 만들거나 기구부를 다시 제작하여 구동축과 초음파 위성 수신가 일치하도록 하여 문제를 해결 할 수 있을 것으로 예상 됩니다.

현재의 설계 상황에서 단계적으로 단기 목표를 설정하여 진행하는 것이 가장 효율적일 것이라 생각됩니다. 앞에서 언급한 2가지 문제점을 우선적으로 해결하고, <설계구성요소 요약 제시표>의 구분 내용을 바탕으로 적용내용을 선정하고, 기구부 모델링에 있어서 <현실적 제한조건 요약 제시표>를 기준으로 고려되어야 하는 부분들을 포함 하겠습니다. 보다 정확한 시장-특허 조사를 진행 할 것이며, <개념설계 스펙 정리표>를 통해서 시연했을 때의 문제점 까지 고려할 수 있도록 하겠습니다.

아직 까지 고려되지 않고 있는 해석 및 평가 부분을 최종적으로 검토를 할 수 있도록 하겠습니다. 마지막으로 초음파 위성의 신뢰성 확보를 위하여 종합 테스트를 추가 적으로 진행 하여 사후 관리를 할 수 있도록 할 것입니다.

[참고문헌]

[1] 김수용, 윤강섭, 2011, “이동로봇의 위치측정을 위한 개선된 초음파 위성 시스템”, *제어·로봇·시스템학회 논문집*, pp. 1241~1247.

[2] 이동하, 2000, “유전알고리즘을 이용한 자율이동로봇의 경로계획”, *부산대학교 일반대학원 논문집*

[3] 박형규, 2008, “레이져 스캐너를 이용한 무인 차량의 장애물 회피 제어”, *부산대학교 대학원 논문집*

[4] 김무진, 2000, “신경회로망을 이용한 이동로봇의 경로 추적 제어”, *부산대학교 일반대학원 논문집*

[5] 허남, 2000, “컨테이너 트랜스포터의 무인 주행 제어”, *부산대학교 일반대학원 논문집*

[6] 이중순, 2007, *공학설계의 기초* , 서울 : ㈜ 도서출판 북스힐

[부록]

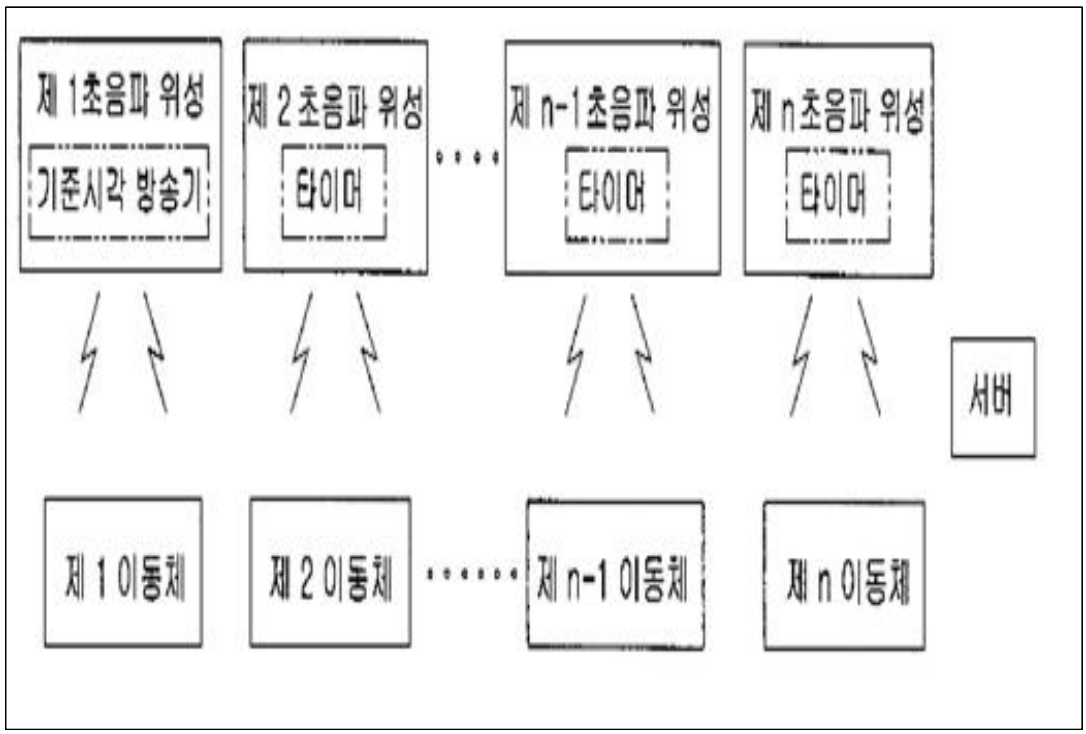
부록 1. 설계프로젝트 기존/관련제품 조사표

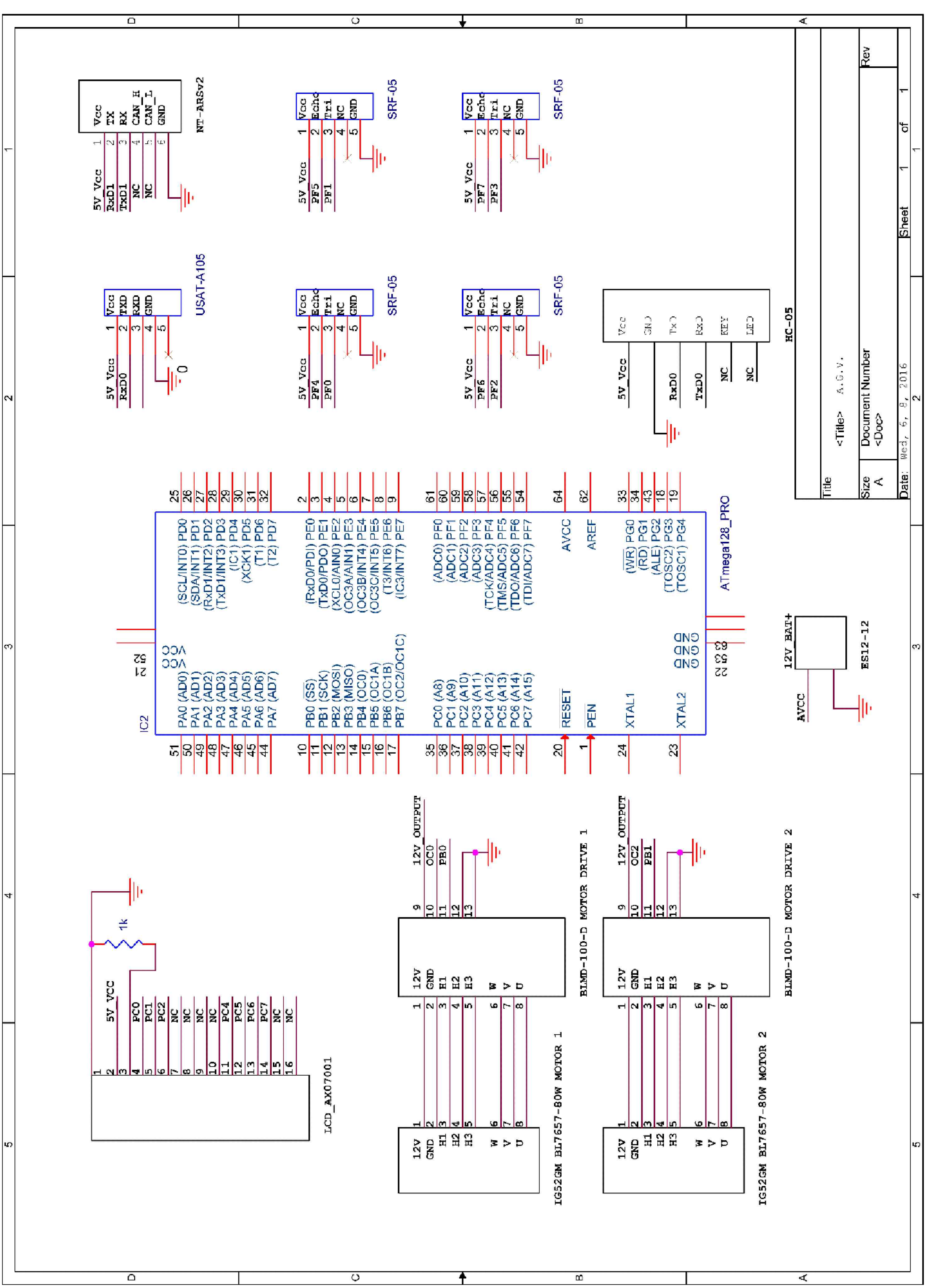
팀명 : D.I.T.　　주제 : A.G.V.

제품명	표준형 AGV System		
품종	AGV	출시국	대한민국
생산자	(주) 대성에스이	출시년도	2009
사진 및 요약	일반적으로 가장 많이 활용되는 AGV형태 차상에 Conveyor, Telescopic Fork, Lifter 등을 탑재하여 지상의 장치와 통신을 통해 Auto loading과 Unloading을 수행하는 형태의 AGV이다. 운반물의 형태나 사이즈, 무게에 따라 Box, Pallet, Bucket 등 차상장치를 탑재 할 수 있어 최적의 무인운반 시스템으로 활용이 가능하다. DC 또는 AC Servo 이륜독립 구동장치, 스마트 모션컨트롤 보드를 채용하여 고속주행 및 정밀한 위치정지가 가능하며 전진, 후진, 180도 Spin-Turn 기능이 있다.		
키워드	AGV		
유사점	1. 무인으로 운반을 해주는 시스템이다. 2. 적재부분에 롤러가 탑재 되어 있다.		
차별점	1. 라인트레이서 이동방식이 아닌 좌표계를 형성하여 이동하는 자율주행 방식 2. 기존의AGV는 장애물 발견 시 정지 상태로 대기를 하지만 우리가 개발하려는 AGV는 초음파 센서를 활용한 자율주행으로 장애물을 회피한다. 3. 경보등을 사용하여 배터리 부족 및 고장 등의 현재 AGV상태를 나타낼 수 있는 알림기능이 탑재되어 있다.		
출처	(주) 대성에스이 (http://www.e-agv.com/product/product_01_2.htm)		

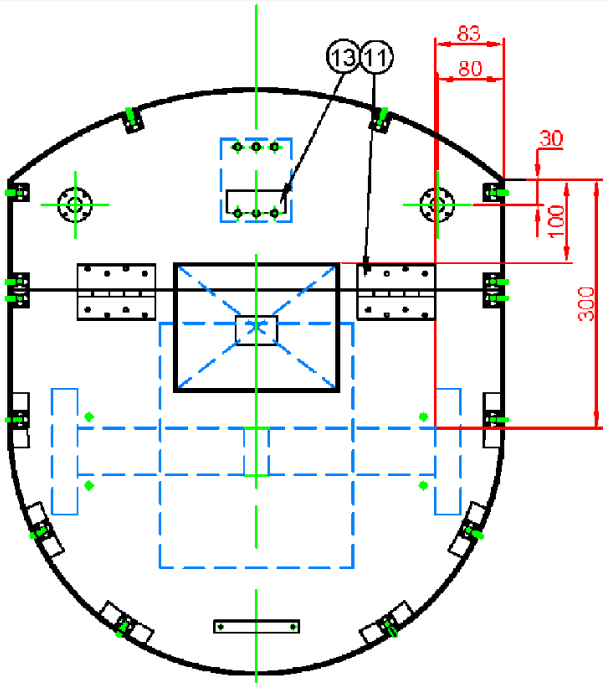
부록 2. 설계프로젝트 관련특허 조사표

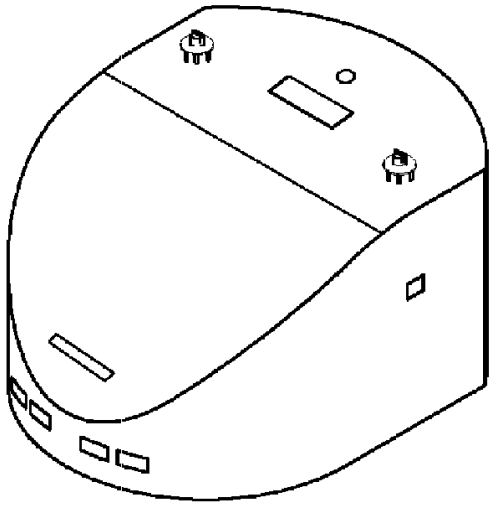
팀명 : D.I.T.　　주제 : A.G.V.

특허명	초음파를 이용한 위치인식 시스템 및 그의 제어방법		
출원번호	대한민국 10-2005001-8538	등록일자	2005년 3월7일
출원자	이동활	등록상태	등록
도면 및 요약	 본 발명은 초음파를 발신하는 다수개의 초음파 위성을 설치하여 이 동체의 위치를 제어하기 위한 초음파를 이용한 위치인식시스템의 제어방법을 제공한다. 이와 같은 초음파를 이용한 위치인식시스템의 제어방법은 다수개의 초음파 위성 각각에 순차적으로 위성 고유 번호를 부여하고, 다수개의 초음파 위성에 동기신호를 발생하며, 동기신호의 수신을 통해 위성 고유번호의 순서에 따라 다수개의 초음파 위성에서 발사된 초음파를 이동체에서 수신하여 거리를 측정한다. 한편 본 발명에 따른 초음파를 이용한 위치인식시스템은 초음파를 발신하는 초음파 위성, 이 초음파 위성에서 발신되는 초음파를 수신하여 현재의 위치를 인식하는 이동체, 초음파 위성 및 이동체중 가동 중인 초음파 위성과 이동체에 동기신호를 제공하기 위한 기준시각 방송기 및 이동체에 초음파 위성의 좌표를 제공하기 위한 서버를 구비하여 이루어진다.		
키워드	초음파, 위치인식시스템, 위치인식 제어방법		
차별점			
출처	KIPRIS 특허정보검색서비스 (http://www.kipris.or.kr)		

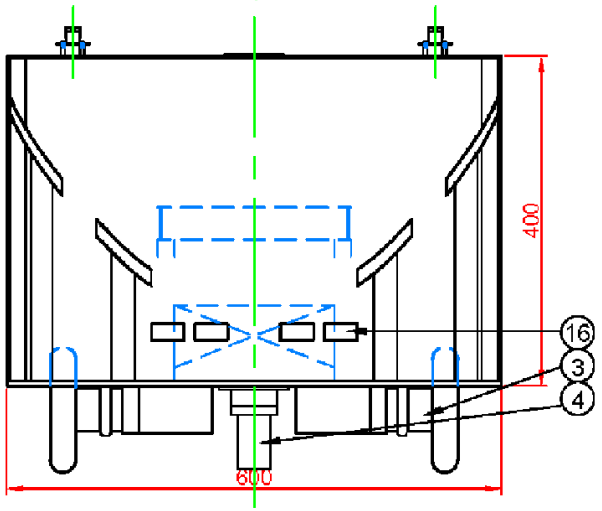


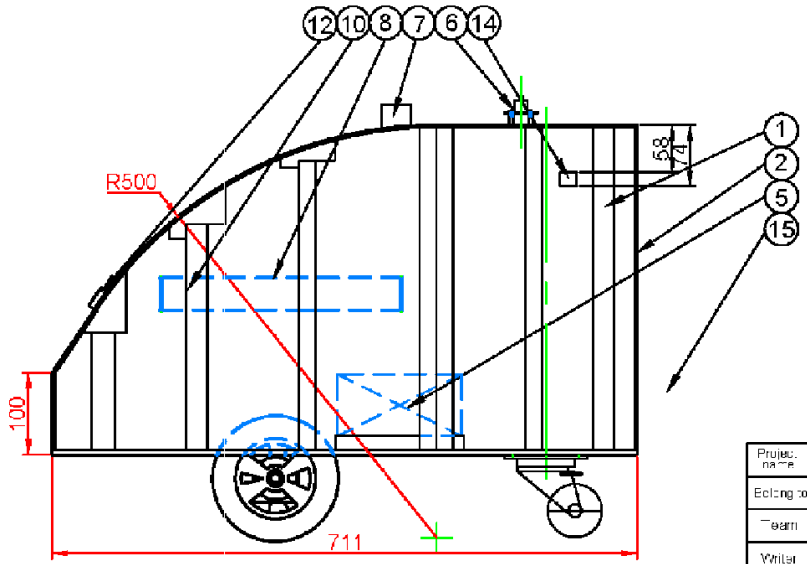
NT-ARSv2
USAT-A105
SRF-05
SRF-05
SRF-05
SRF-05
SRF-05
HC-05
ATmega128_PRO
IC2
12V BAT+
ES12-12
AVCC
1k
LCD_AX07001
BLMD-100-D MOTOR DRIVE 1
BLMD-100-D MOTOR DRIVE 2
IG52GM BL7657-80W MOTOR 1
IG52GM BL7657-80W MOTOR 2
Title
<Title> A.G.V.
Size
A
Document Number
<Doc>
Rev
Date: Wed, 6, 8, 2016
Sheet 1 of 1



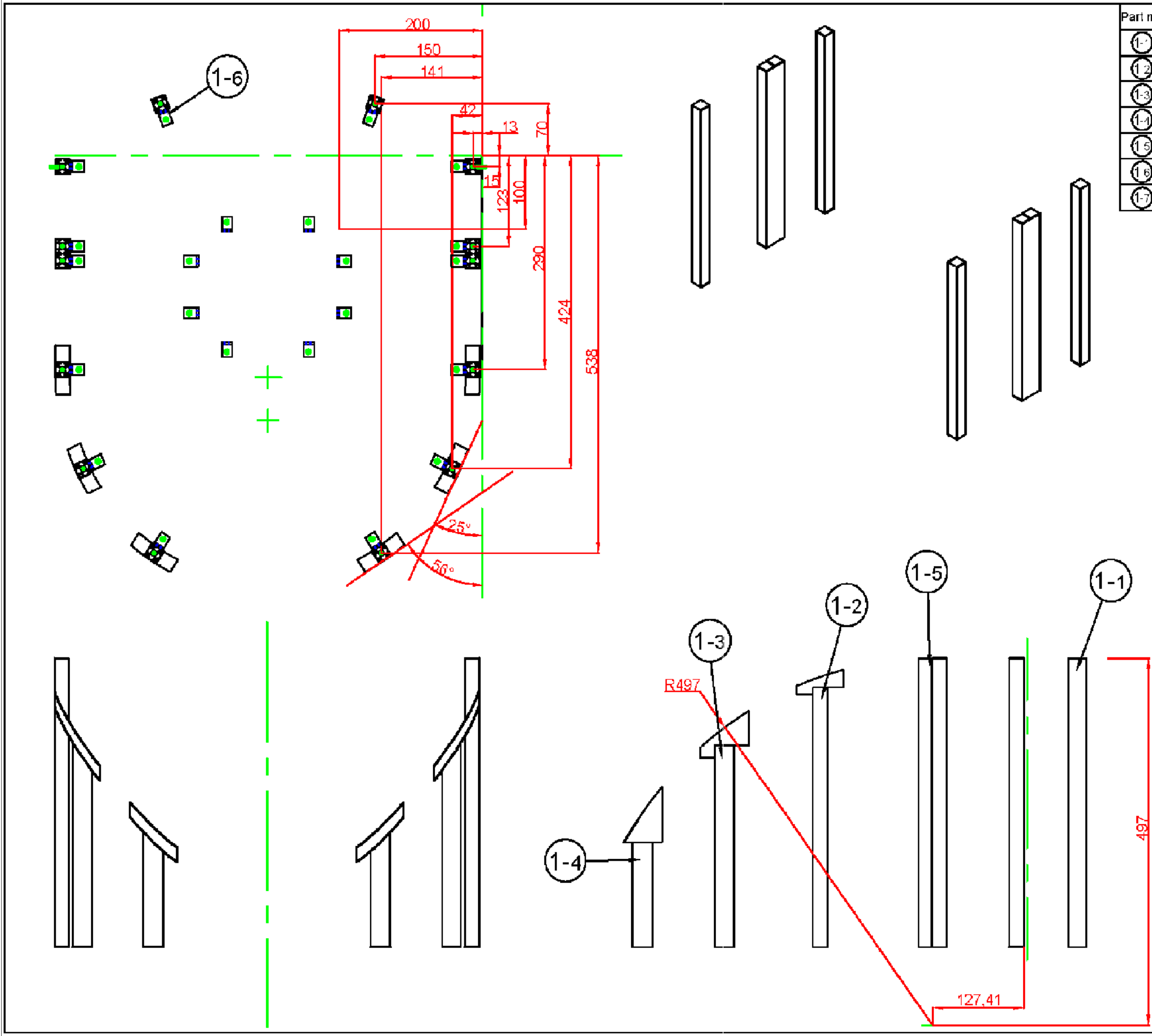


Part no	Product name	Quantity	Material	Note
1	Frame Assembly	13	AlC0	
2	Case Assembly	5		
3	Actuator Assembly	2		
4	Wheel caster	1		LH-SV5.65K
5	Battery	2		ES12-12 (12V-12AH)
6		2		A126
7	ABS	1		
8	Motor Driver	1		NT DC30A (200W,404)
9	Gyro Sensor	1		EBIMU-3DCFv2
10	MCU	1		
11	Hinge	2		
12	Handle	1		
13	LCD	1		AM-1LCD P
14	Switch	1		
15	Link	1		YSX30
16		4		SPF15





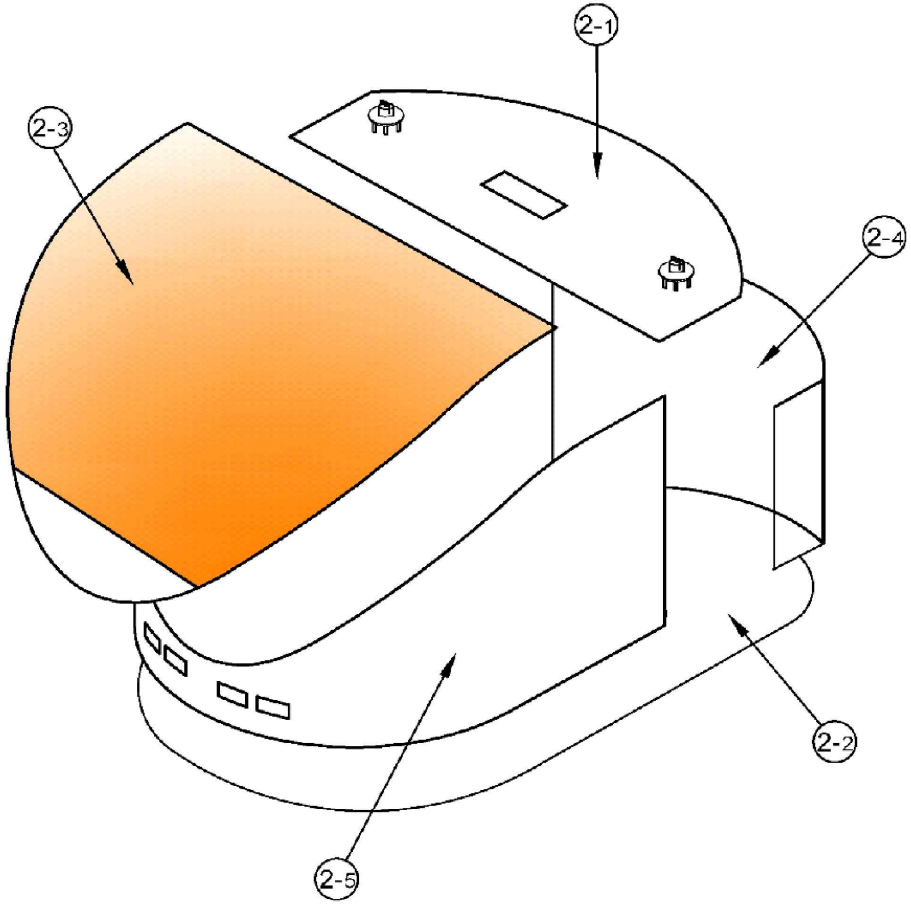
Project name	A.G.V	size	A3
Belonging to	Daegu University	Measure	1:8
Team	D.I.T	unit	mm
Writer	Kim,da som Kang,su-jeong	Perspective	trigonometry
E-mail	[illegible]@[illegible].com	Date Created	2016.03.30
H.P	010-843[illegible]-28[illegible]9	Confirm	
Total Assembly			



Part no.	Product name	Model name	Length (mm)	Material	Quantity
1-1	Profile	DF2020	391	Al60	4
1-2	Profile	DF2020	351	Al60	2
1-3	Profile	DF2020	273	Al60	2
1-4	Profile	DF2020	142	Al60	2
1-5	Profile	DF2040	391	Al60	2
1-6	Al-Bracket	DCB2025			28
1-7	PLATE Bracket	DSB 2585-5			2

Project name	A.G.V	size	A3
Belong to	Daegu University	Measure	1:7
Team	D.I.T	unit	mm
Writer	Kim,da-som Kang,su-jeong	Perspective	trigonometry
E-mail	tomatoge@nate.com	Date Created	2015.11.11
H.P	010-6401-2019	Confirm	

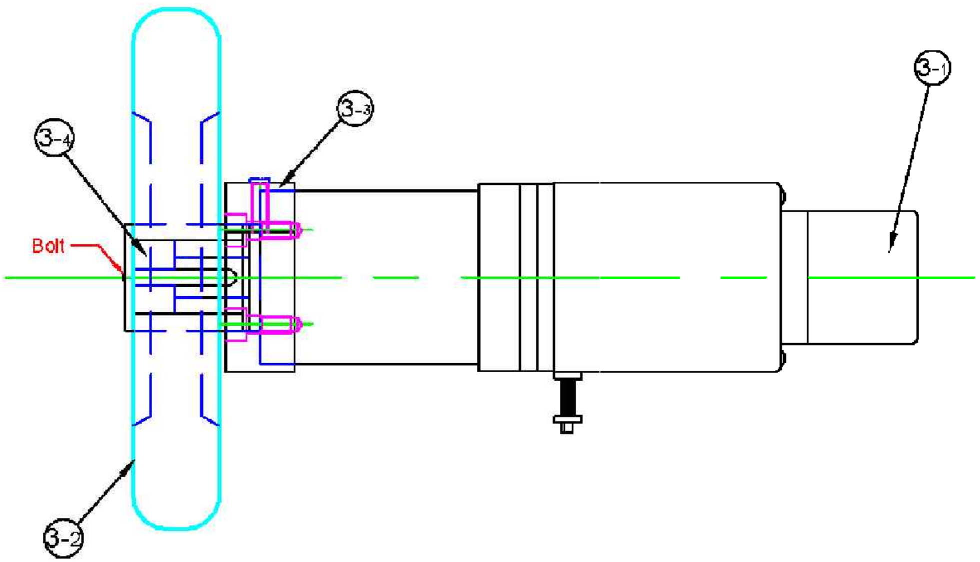
① Frame Assembly



Part no.	Product name	Quantity	Thickness	Note
2-1	Top	1	3	Al5052
2-2	Base	1	6	Al5052
2-3	Cap	1	3	Al5052
2-4	Back	1	3	Al5052
2-5	Side	1	3	Al5052

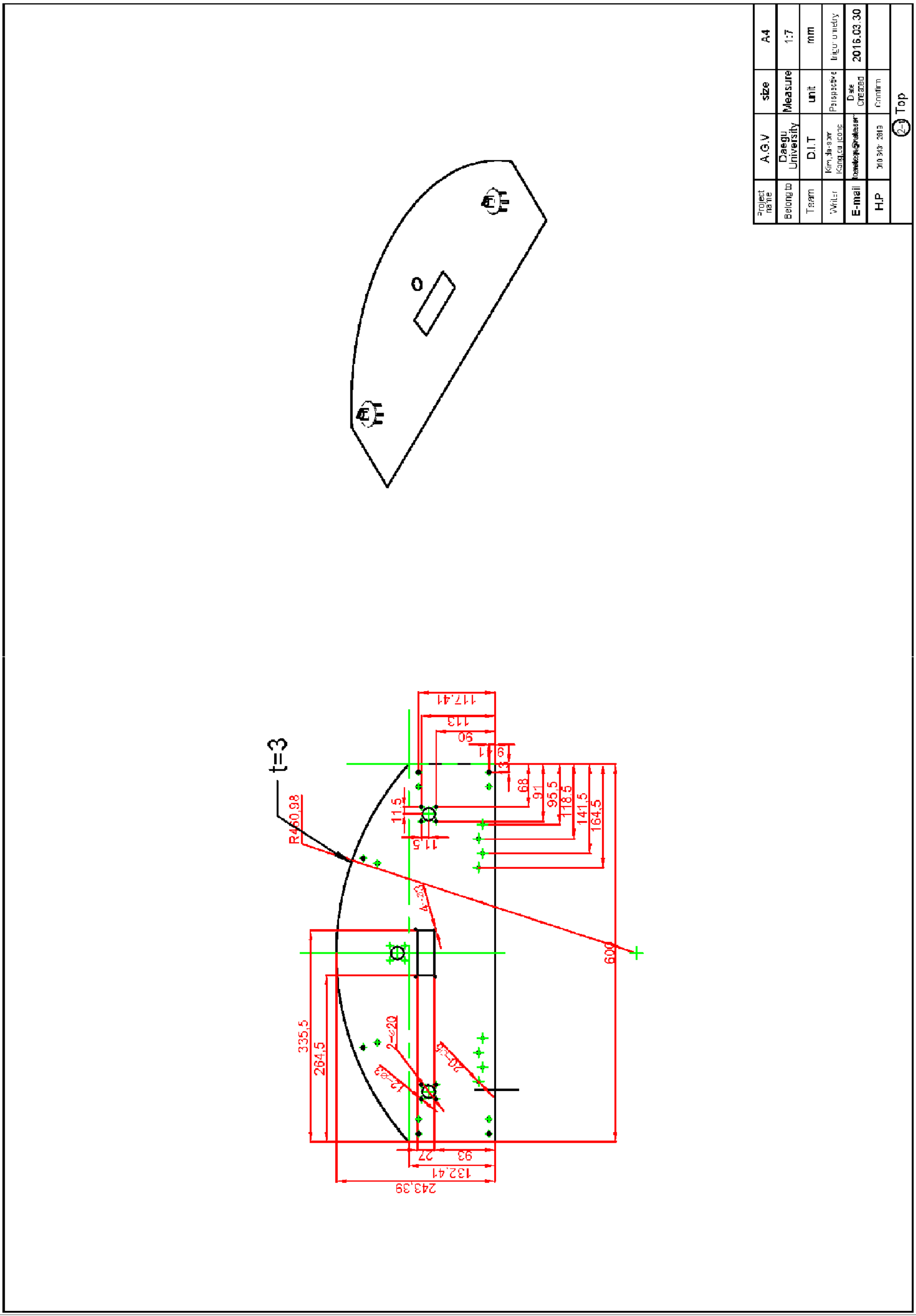
Project name	A.G.V	size	A4
Belong to	Daegu University	Measure	1:7
Team	D.I.T	unit	mm
Writer	Kim,da-som Kang,su-jeong	Perspective	trigonometry
E-mail	tomatogel@nate.com	Date Created	2015.11.11
H.P	010-6431-2819	Confirm	
2 Case Assembly			

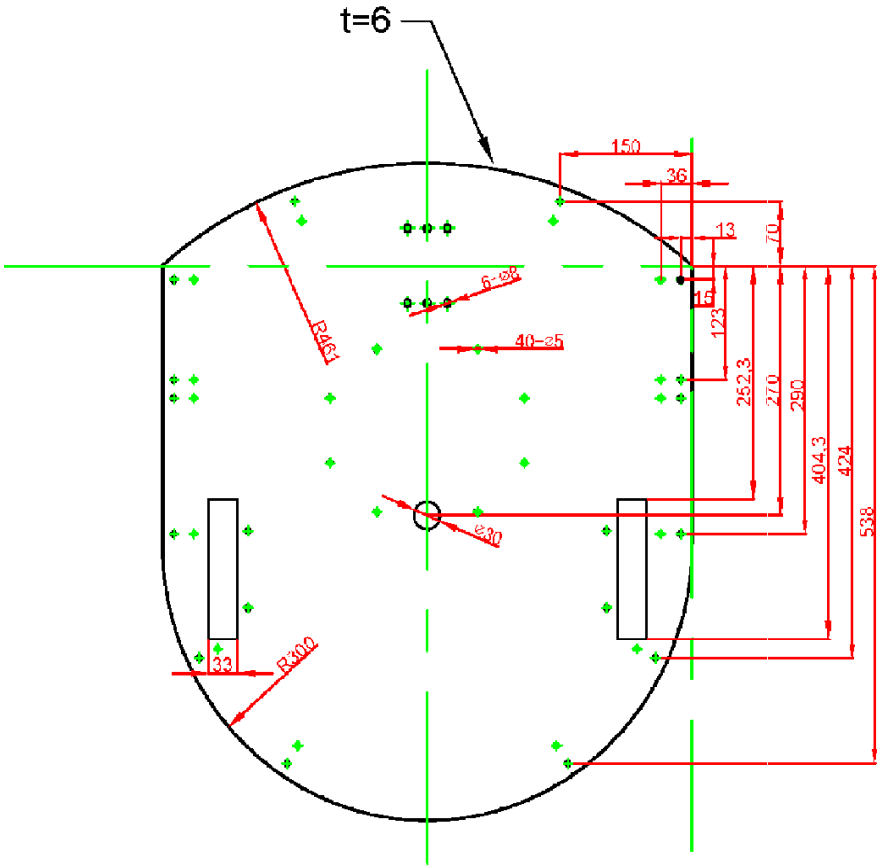
Part no.	Product name	Quantity	Material	Note
3-1	Motor	1		EL7657+I3D2 with Encoder
3-2	Wheel	2		
3-3	Bracket	2	Al6051	
3-4	Hub	2		



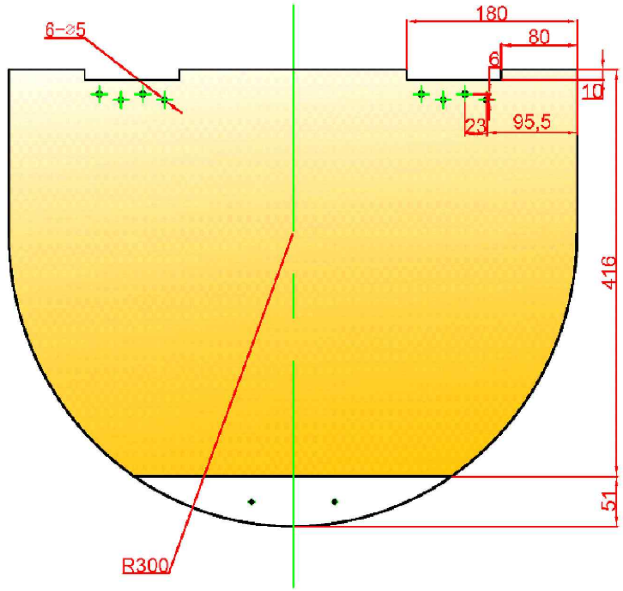
Project name	A.G.V	size	A3
Belong to	Daegu University	Measure	1:7
Team	D.I.T	unit	mm
Writer	Kim da-som Kang,su jeong	Perspective	trigonometry
E mail	tomatoge@nate.com	Date Created	2016.03.15
H.P	010-5431-2819	Confirm	

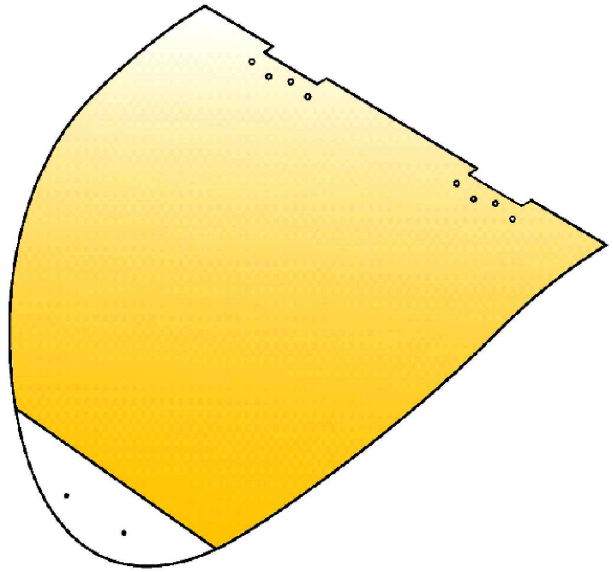
③ Actuator Assembly

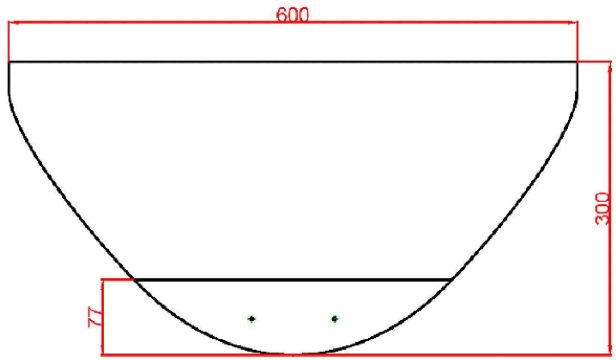

Project name
A.G.V
size
A4
Belong to
Daegu University
Measure
1:7
Team
D.I.T
unit
mm
Writer
Date Created
2016.03.30
E-mail
H.P
Confirm
Top
t=3
R460.98
600
335.5
264.5
243.39
132.41
93
27
117.41
113
90
68
91
95.5
118.5
141.5
164.5
11.5

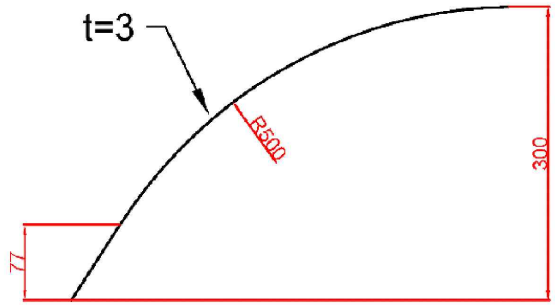


Project name	A.G.V	size	A4
Belong to	Daegu University	Measure	1:7
Team	D.I.T	unit	mm
Writer	Kim,da-som Kang,su-jeong	Perspective	trigonometry
E-mail	tomatoje@nate.com	Date Created	2015.03.30
H.P	010-6401-2[illegible]	Confirm	
(2-4) Base			

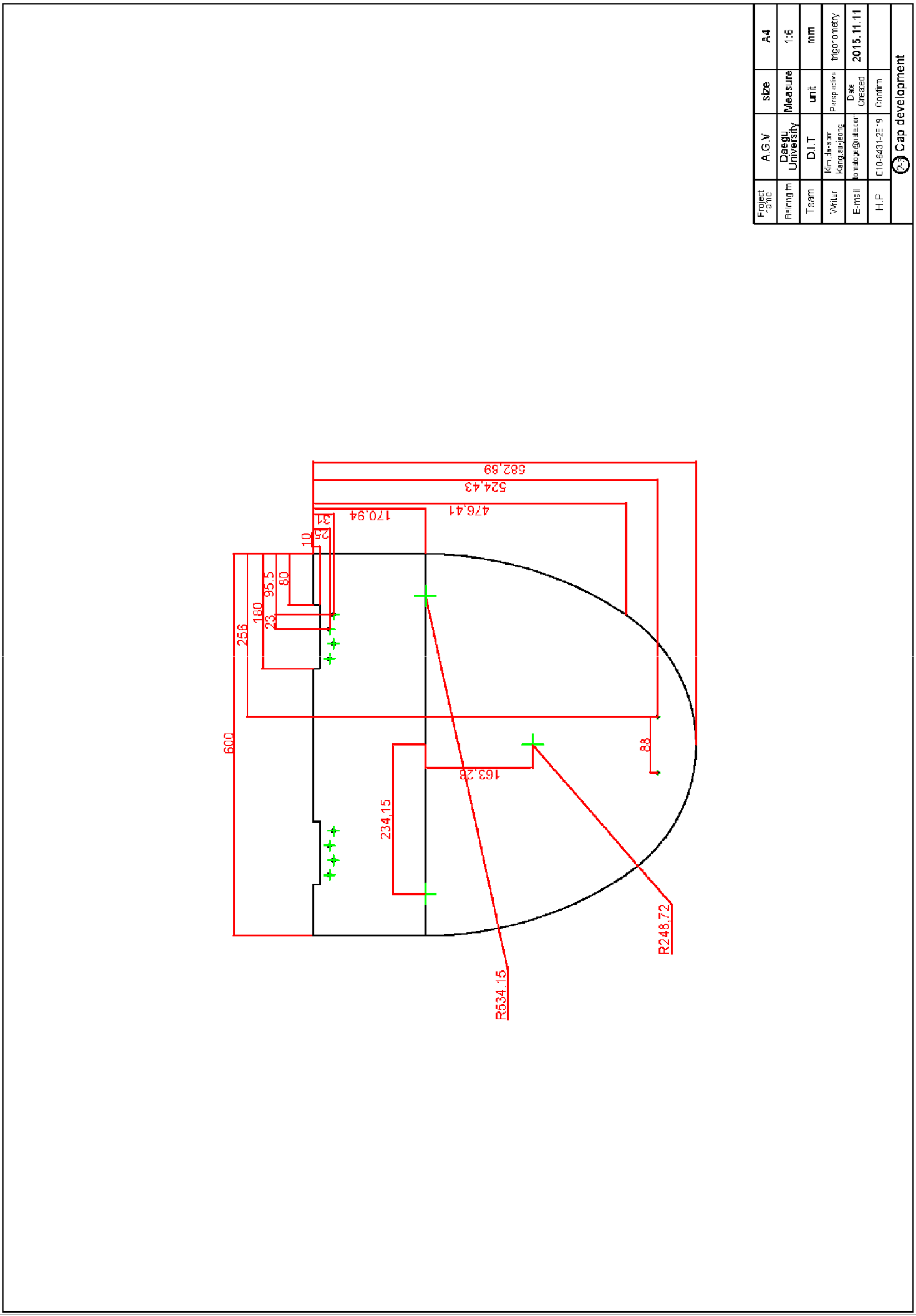


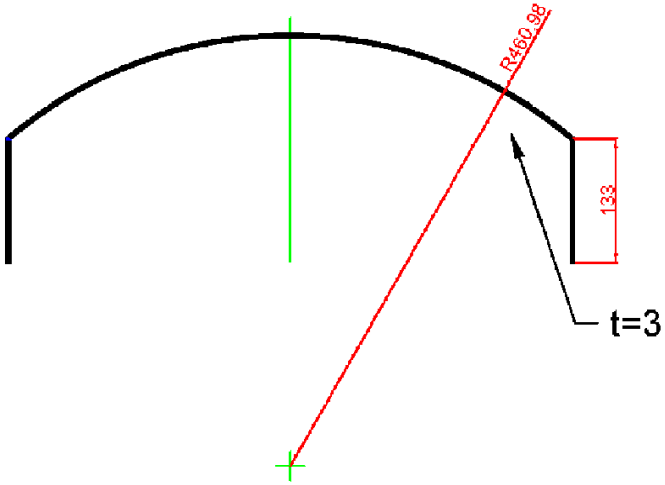


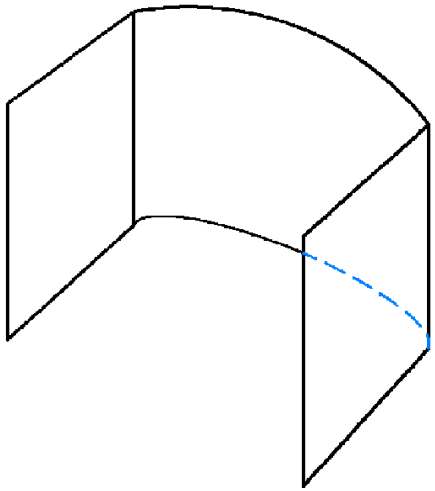


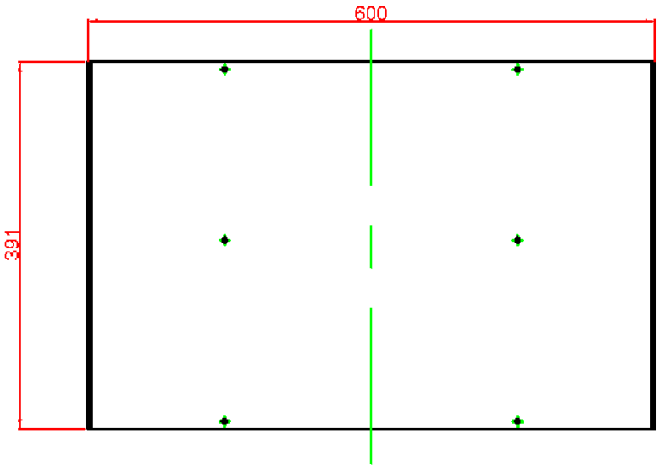


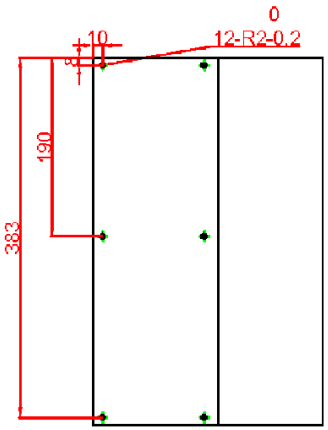
Project name	A.G.V	size	A4
Belong to	Daegu University	Measure	1:7
Team	D.I.T	unit	mm
Writer	Kim,da-som Kang,su-jeong	Perspective	trigonometry
E-mail	tomatoge@nate.com	Date Created	2016.03.15
H.P	010-6431-2619	Confirm	
2-3 Cap			


Project
A.G.V
size
A4
Daegu University
Measure
1:6
Team
D.I.T
unit
mm
Kim,Ja-son
Kang,su-jeong
trigonometry
Date
Created
2015.11.11
Confirm
2-3 Cap development
582,89
524,43
476,41
170,94
600
256
180
95.5
80
23
10
163,28
234,15
88
R534,15
R248,72

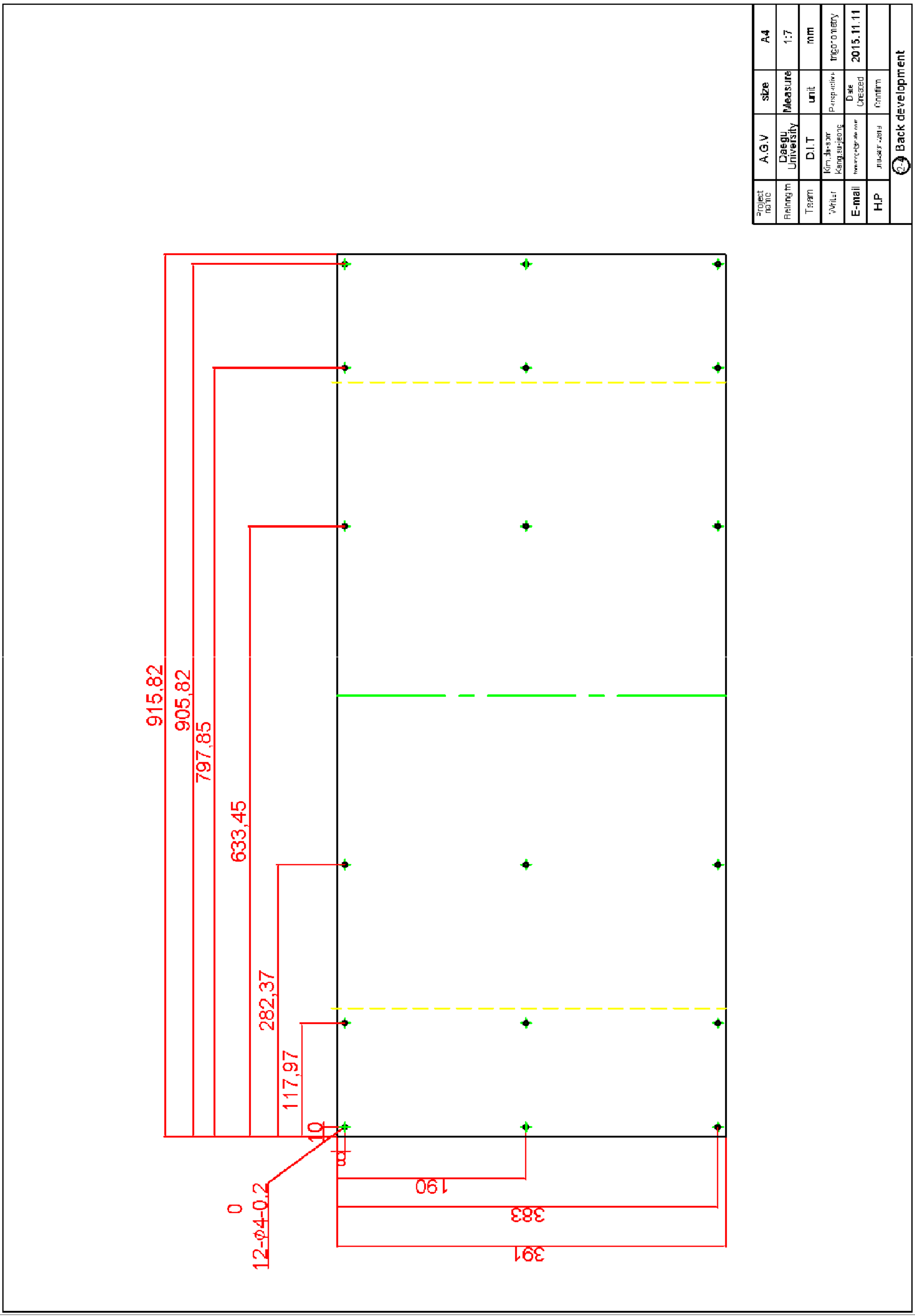


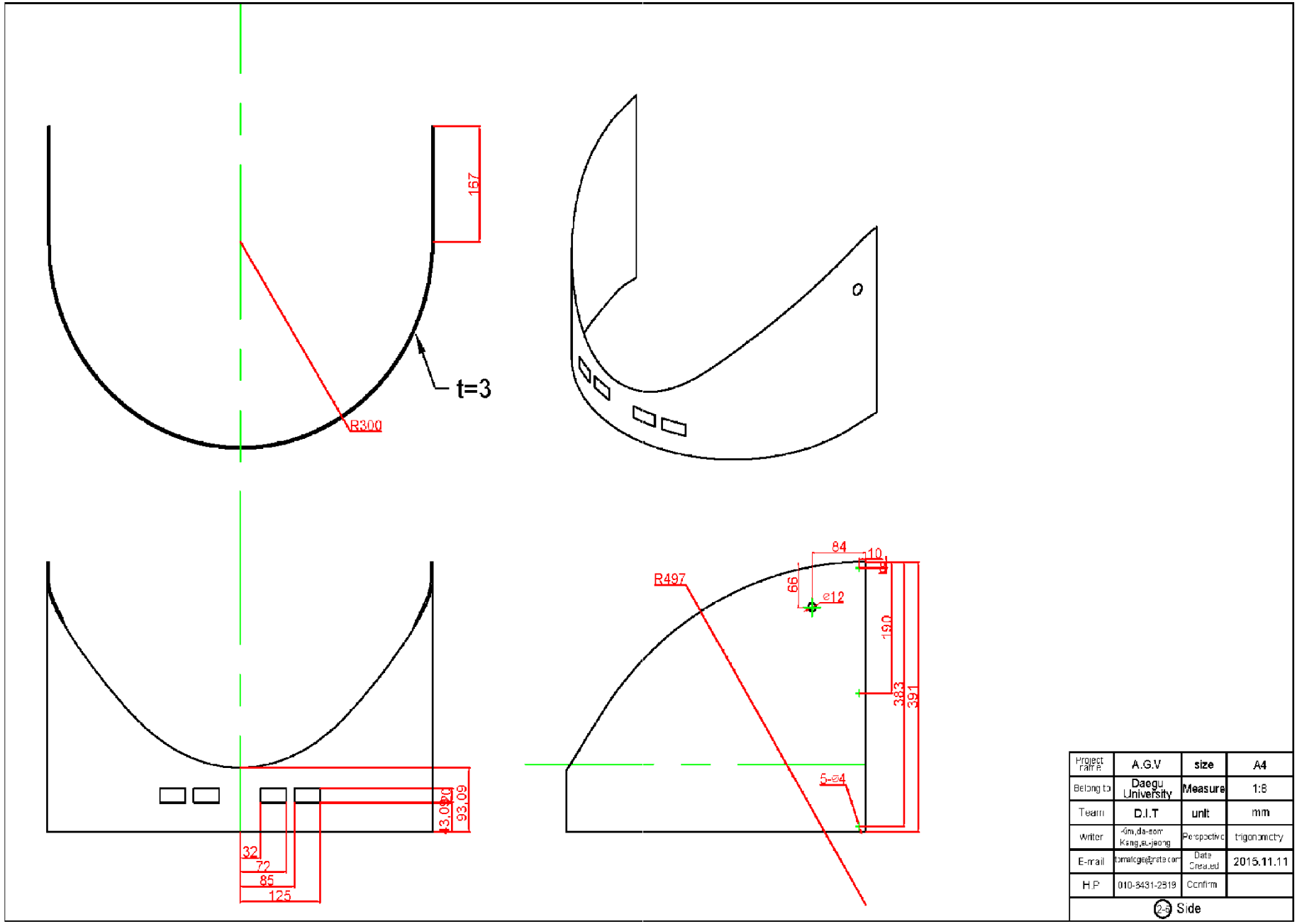




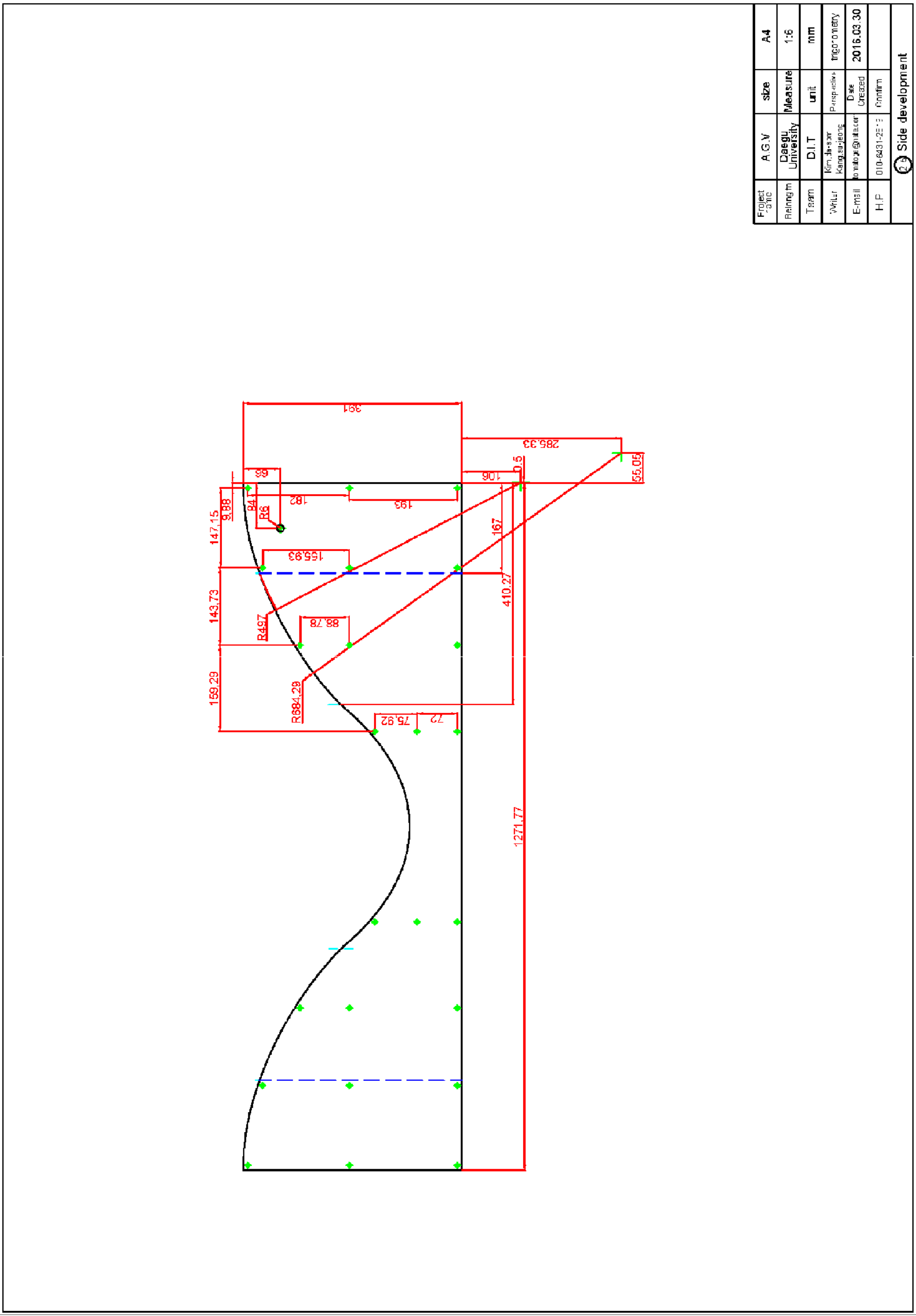


Project name	A.G.V	size	A4
Belong to	Daegu University	Measure	1:7
Team	D.I.T	unit	mm
Writer	Kim,da som Kang su-jeong	Perspective	trigonometry
E-mail	tomatoce@naver.com	Date Created	2015.11.11
H.P	010-8431-2810	Confirm	
2-1 Back			


915,82
905,82
797,85
633,45
282,37
117,97
10
0
12-Φ4-0.2
190
383
391
Project name
A.G.V
size
A4
Measure
1:7
Daegu University
Team
D.I.T
unit
mm
Writer
Kim,Ja-som
Kang,su-jeong
Perspective
trigonometry
E-mail
Date Created
2015.11.11
H.P
Confirm
2-4 Back development

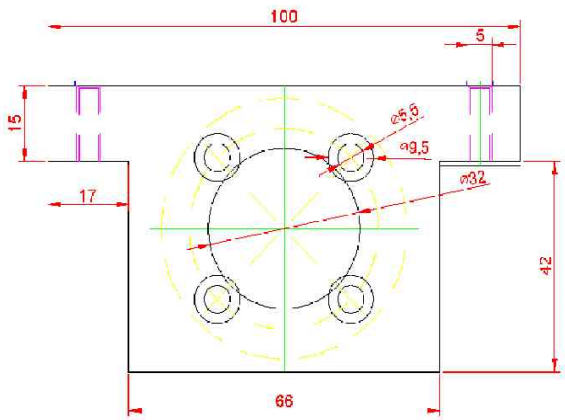


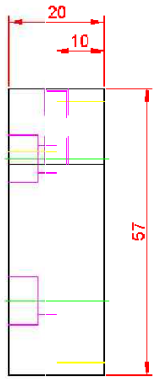
Project name	A.G.V	size	A4
Belong to	Daegu University	Measure	1:8
Team	D.I.T	unit	mm
Writer	Kim,da-eom Kang,ji-jeong	Perspective	trigonometry
E-mail	tomatoge@nate.com	Date Created	2015.11.11
H.P	010-5431-2519	Confirm	
(2-9) Side			

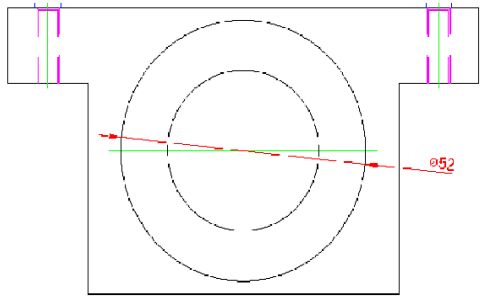


Project name
A.G.V
size
A4
Rating
Daegu University
Measure
1:6
Team
D.I.T
unit
mm
Writer
trigonometry
E-mail
Date Created
2016.03.30
H.P
Confirm
Side development
391
285.33
106
66
0.5
55.05
182
193
84
R6
147.15
9.88
155.93
167
143.73
410.27
R497
88.78
159.29
R684.29
75.92
72
1271.77

4-Bolt Hole D5
tolerance -0.2

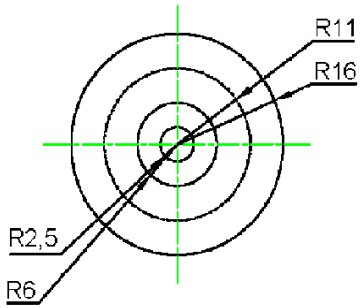


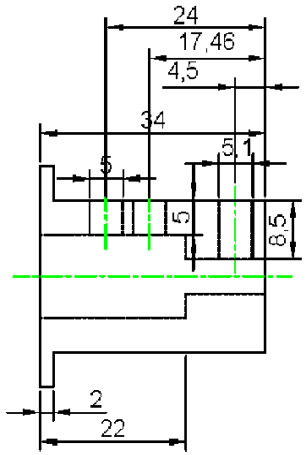




Project name	A.G.V	size	A3
Belong to	Daegu University	Measure	1:6
Team	D.I.T	unit	mm
Writer	Kim,da-som Kang,su-jeong	Perspective	trigonometry
E-mail	tomatoje@nate.com	Date Created	2015.11.11
H.P	010-6431-25[illegible]	Confirm	

③-3 Bracket





Project name	A.G.V	size	A4
Belong to	Daegu University	Measure	1:3
Team	D.I.T	unit	mm
Writer	Kim,da-som Kang,su-jeong	Perspective	trigonometry
E-mail	tomotogo@note.com	Date Created	2016.03.15
H.P	010-5431-2519	Confirm	
3-4 Hub			

부록 5. 보고서 후기

첫 번째, 제작을 위한 업체를 선정입니다. 수많은 업체들 중에 원하는 업체를 선택하는데 있어서 어떠한 부분을 고려하여야 하며, 고려사항에 대한 구체적인 답변을 듣기 위해서는 철저한 사전 준비가 필요하다는 것을 수업 시간을 통해서 몇 번에 걸친 전문가 자문을 통해서 알 수 있었습니다. 제대로된 도면 없이는 아무것도 할 수 없었고, 말로 자세하게 설명하여도 도면에 간단한 기호 하나 빠진다면 원하는 결과물이 나오지 않는 다는 점도 알게 되었습니다. 목표 설정단계 만큼 중요한 부분이 도면 재검토 단계라는 것을 알게 되었습니다.

두 번째, 목표설정단계를 거치는 것이 마지막 결과물을 만들어 내는데 얼마나 중요한 요소인지 알게 되었습니다. 학기 초반에 팀원들과 수십번의 회의를 통하여 만들어진 목표설정 시트 한 장이 최종 시제품을 완성하는데 큰 힘이 되었습니다. 목표를 뚜렷하게 설정하고 그 목표에 맞게 일정들을 진행해 나기지 않았다면 지금의 결과물도 만들지 못하였을 것이라 생각 됩니다.

세 번째, 팀원들과의 호흡입니다. 지금 옆에 있는 팀원들이 서로서로를 배려하지 않고 개인 활동만을 하였다며 이는 팀 전체의 문제로 남아 프로젝트를 완료하는데 큰 장애가 되었을 것이라 판단됩니다. 교수님께서 수업 시간에 수도 없이 말씀 하셨던 팀웍과 역할 분담을 사소하게 여겨 소홀히 하였다면 지금처럼 모두 다 같이 프로젝트를 수행하지 못하였을 것이라 생각 되며, 마지막 까지 싫은 소리 하지 않고 자기 위치에서 자기 역할을 다 해준 팀원들에게 감사한 마음을 전하고 싶습니다.

네 번째, 도면 제작의 어려운 점입니다. 쉽게 수치를 정할 수 있는 사각형 구조와는 다르게 벤딩이 포함된 최종 시제품은 1차 절곡을 거친 뒤에 벤딩을 하여야 하였습니다. 수많은 고려 사항 중 가장 고민되었던 부분은 벤딩 처리가 들어가는 cap과 side 사이의 틈이 생길 수 있다는 것이었습니다. 원하는 곡면을 만들기 위하여 수 십장의 전개도를 CAD를 통하여 그리고 지우고를 반복 하였습니다. 일단 cap과 side의 곡면의 원점을 맞추는 것이 제일 큰 문제점으로 나왔습니다. 원의 원점이 맞지 않을 경우 조립에 문제를 격을 수 있는 부분이고, 한번 벤딩을 한 제품을 후가공 하는 것이 어려울 것이라는 업체 관계자의 말이 있었습니다. 결과적으로 원하는 벤딩 사이즈를 얻을 수는 없었지만, 조립에는 아무런 지장이 없어서 업체 관계자의 조언을 생각하여 후가공 없이 사용하기로 하였습니다. 벤딩 전개도에 대한 경험이 없었던 점과 전체 스케일을 축소 하여 3D 프린터로 뽑아 보지 않고, 진행 하였던 부분이 아쉬운 점으로 남았습니다. 또한 전체적인 시제품의 크기가 생각하였던 것 보다 나왔다는 점이 사전에 크기를 예상하지 못하고 설계를 한 문제점으로 판단됩니다.

다섯 번째, 종합 테스트를 진행 할 수 있는 시간이 부족 하였습니다. 기구부 도면 제작이 끝나는 시점에서 바로 제어부 종합 테스트를 진행 하여야 하였으나 필요 부품을 사전에 준비 하지 못하여 테스트 진행이 늦어 졌습니다. 그리고, 예비테스트를 통하여 진행 하였던 실험 부분 또한 해당 부품이 없는 부분을 제외한 나머지 부분에 대한 실험을 완벽하게 진행하였어야 하나 그렇게 진행 하지 못하였습니다. 이러한 부분은 개인적인 문제점도 있었으나 전체적인 프로젝트 관리를 제대로 하지 못한 문제점이 큰다고 생각 됩니다.

설계 프로젝트를 진행 하면서 새로운 제품을 제작한다는 것에 대한 어려움이 얼마나 큰 것 인지 알 수 있었습니다. 부품 하나하나에 대한 지식이 필요하며, 이런 하나의 부품들이 모여서 만들어 지는 시제품의 전체적인 시스템을 이해해야 한다는 점과 1년 장기 프로젝트를 이끌어 나간다는 것에 있어서 일정 관리의 중요성에 대해서 또한 느낄 수 있었습니다.

최우수상

졸업작품 부문

팀명: DIT팀

팀원: 안정배 김동현

이상엽 강수정 김다솜 김도원

위 학생은 대구대학교 기계공학부 졸업작품 경진대회에서 우수한 성적을 거두었으므로 이 상장을 수여합니다.

2016년 6월 2일

대구대학교 기계공학부

학부장 황 우 석