

2013학년도 기계설계프로젝트 최종 보고서

과제명 : 사람의 힘이 필요없는 운동장 로봇 라인기

(2013년 3월 1일 ~ 11월 12일)

팀명: 크레센도

기계공학 설계프로젝트 최종보고서를
붙임과 같이 제출합니다.

2013. 11

대구대학교 기계자동차공학부(기계공학전공)

제 출 문

대구대학교 기계자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 대구대학교 기계자동차공학부 설계프로젝트 과제
“사람의 힘이 필요없는 로봇 라인기”의 결과보고서로 제출합니다. (과
제기간 : 13. 03. 01 ~ 13. 11. 12)

2013. 11.

지도교수 : 이 동 활 교수님 (인)

대표학생 : 김 윤 환 (인)

보고서 작성 윤리 서약서

대구대학교 기계자동차공학부 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.

2013. 11.

대표학생 : 김 윤 환 (인)

목 차

최종보고 요약문	1
제1장 과제내용 및 목표	3
제1절 목적 및 필요성	3
제2절 과제의 목표	4
제3절 기대효과 및 활용방안	5
제2장 개념설계 및 상세설계	7
제1절 개념설계	8
제2절 상세설계	9
제3절 개발품 주요 부품 선정과정	11
제4절 설계변경사항	18
제3장 제작	19
제1절 제작	19
제2절 가공	22
제3절 용접	25
제4절 회로도	26
제5절 제어	27
제6절 조립	28
제4장 시험 및 평가	29
제1절 로봇 라인기 개선	35
제5장 결론 및 고찰	36
참고문헌	39
부록	40
부록1 기술 동향 분석	40
부록2 라인기 구동 소스	46
부록3 조립도면	48

최종보고 요약문

과제명	사람의 힘이 필요없는 운동장 로봇 라인기
팀명	크레센도
팀원	김윤환, 손종섭, 장일호, 전 혁, 정재연
과제기간	2013년 03월 01일 ~ 2013년 11월 12일

1. 개발내용 및 목표

- 개발내용 -

한국도로공사에서 국도, 고속도로 유지/개선 공사는 대부분 차량의 통행이 적은 심야에 행해진다. 특히 심야에는 교통사고가 대두되는데 차선도장을 하는 작업자들을 위해 차선도장 로봇을 개발 하고자 한다. 하지만 아스팔트에 직접 페인트 도장을 하는 작업의 접근성 어려움으로 쉽게 접할 수 있는 운동장에서 석회가루를 뿌리는 운동장 라인기로 선행 개발을 하였다.

- 개발목표 -

- ① 측정거리 5m를 기준으로 중심선에서 20mm를 벗어나지 않는 주행을 한다.
- ② 차체 총 중량을 30kg이하로 달성한다.

2. 개념설계 및 상세설계

- 개념설계 -

기존의 라인기 매커니즘을 참고하되 구동축은 모터제어를 하여 자율 주행이 가능한 로봇을 설계한다. 또한 근접센서를 차체 전방에 부착하여 지표면 금속 물질을 검출하면서 주행을 한다.

- 상세설계 -

품목	사양
DC모터(좌/우측) 2EA	소비전력: 15W, 소비전압: 12V, 토크: 0.5kgf, 회전수: 3000rpm
감속기(좌/우측) 2EA	감속비 1 : 60
센서(고주파 발진센서) 1EA	검출거리: 50mm, 소비전압: 12V
소프트웨어(ATmega128) 1EA	소비전압: 5V, 처리속도: 16MHz
아크릴판(석회통) 6EA	크기: 300mm*300mm, 두께: 5mm
고무바퀴(전륜)2EA, 우레탄바퀴(후륜)1EA	전륜: 156mm*12mm 두께: 48mm
	후륜: 50mm*9mm 두께: 20mm
믹서축 1EA	재질: SM45C, 외경: φ20 길이: 192mm
베벨기어 1EA	재질: SM45C, 잇수: 40
배터리(납축전지) 1EA	출력전압: 12V

3. 제작

- 제작과정 -

도면설계 (CATIA) → 가공 (공작기계) → 용접 (티그용접) → 조립 → 시험평가 → 도색 → 제작완료
 회로도설계 (OR CAD) → 기관제작 (납땀) → 제어 (모터/센서)

변경품목	변경사항
DC모터(좌/우측) 2EA	-
감속기(좌/우측) 2EA	감속비 1 : 150
센서(적외선센서) 1EA	4ch 적외선 센서 보드
소프트웨어(ATmega128) 1EA	-
아크릴판(석회통) 6EA	-
고무바퀴(전륜)2EA, 우레탄바퀴(후륜)2EA	-
	후륜: 30mm*7mm 두께: 20mm
믹서축 1EA	재질: SNC415
평기어 1EA	재질: SM45C, 잇수: 20
배터리(납축전지) 1EA	-

4. 시험 및 평가

평가 방법은 한국산업표준 KS B 6969 서비스 로봇의 이동기능 특성 측정방법에 수록되어 있다. 우리는 시험에 대한 일반적인 사항을 따르면서 독자적인 성능평가 항목을 추론하였고 측정거리 5m를 기준으로 중심선에서 20mm를 벗어나지 않는 주행 실험계획에 따라 평가를 진행하였다. 또한 차체 중량은 산업용 전자저울을 사용하여 총 중량을 비교 하였다.

5. 결론

- 목표달성여부 -

- ① 측정거리 5m를 기준으로 하여 중심선에서 20mm를 벗어나지 않는 주행을 한다.
→ 17rpm 구동속도로 적외선 센서를 도입하여 중심선에서 37mm를 벗어나는 주행을 함.
- ② 차체 총 중량을 30kg이하 달성.
→ 차체 총 중량을 24.5kg 목표달성.

- 고찰 -

결과적으로 목표달성을 실패 하게 되었지만 실험 과정을 통해 실패 원인을 알게 되었다. 여러 가지 원인이 있었지만 그 중 가장 큰 요인은 메인테마를 선정하는데 좀 더 치밀하고 계획적으로 선정하였더라면 이러한 결과가 나타나지 않을 것이라 판단된다.

또한 메인테마는 근접센서를 장착한 라인기인데 모의실험은 NXT 마인드스톰을 사용하여 적외선센서를 사용한 실험이 목표달성을 하는데 장애가 되었다. 근접센서를 가지고 소재에 따른 검출거리와 주행 가능성을 판단하여야 하는데 너무나 안일하였다.

마지막으로 전반적인 설계지식의 결여다. 기구학, 고체역학, 메카트로닉스와 같은 기계공학지식을 가지고 체계적인 계획과 그에 따른 실행을 옮긴다면 어떤 물건이든 제작하고 보다 뛰어난 결과를 나타내낼 수 있는 사람은 기계공학도라고 생각한다. 우리는 이러한 지식이 부족하여 목표달성을 이뤄내지 못한 것에 반성을 하고 있다. 우리는 향후 어떠한 일이든 모르는 사항은 무조건 짚고 넘어갈 것이고 치밀한 계획 수립을 통해 목표달성을 하는 기계공학도가 되도록 노력할 것이다.

- 기대효과 -

- ① 라인 규격에 따른 자율주행(위치좌표계설정)으로 다방면 활용 가능.
- ② 인건비절약, 발암물질회피, 안전사고예방
- ③ 경량화부품 변경시 총중량 감소(24.5kg → 20kg)

제1장 과제내용 및 목표

제1절 목적 및 필요성

1. 과제개발의 목적

한국도로공사에서 국도, 고속도로 유지/개선 공사는 대부분 차량의 통행이 적은 심야에 행해진다. 특히 심야에는 교통사고가 대두되는데 차선도장을 하는 작업자들을 위해 차선도장 로봇을 개발 하고자 한다.

하지만 본 개발을 수행하는데 있어 아스팔트에 직접 페인트 도장하는 접근성의 어려움으로 쉽게 접할 수 있는 운동장에서 석회가루를 뿌리는 운동장 라인기를 선행개발하기로 하였다. 기존의 라인기 매커니즘을 도입하고 이에 대한 사용자들의 문제점을 분석하여 자동주행 로봇라인기를 제작하는데 있다. 기존의 라인기를 사용하는 사람들의 불만은 석회가루를 그리는 데 번거로움, 편의성에 대해 문제를 삼았으며 초보자가 사용하는 경우에는 직선을 그리는 형상이 아니라 지그재그 형상을 나타내는 불만 또한 있었다. 따라서 사용자가 굳이 움직이지 않고도 라인기가 자율적으로 테니스코트나 야구장 라인을 그리는 새로운 라인기를 설계, 제작 한다.

2. 과제개발의 필요성

한국도로공사에서 진행하는 차선 유지/보수 공사들은 대부분 차량통행량이 적은 심야 시간에 실시한다. 이러한 경우에 작업자의 교통사고 위험이 따르고 작업을 효율 또한 낭비가 심하다. 이 때문에 도로공사측면에서 인건비를 절감하고, 작업자측면에서 심야에 대두되는 교통사고 위험과 발암물질 회피를 위한 대체 기구가 필요하다.

하지만 무인차선도장기가 아닌 운동장 로봇라인기를 선행 개발하므로 라인기에 대해 알아보았다. 라인기가 필요한 이유는 스포츠 경기를 진행하면서 반칙을 판정하기 위해선 공통적인 지표가 필요하다. 이 때문에 바닥에 규격에 맞는 코트를 그리는 것이다. 우리는 운동장 라인기를 제작을 하기에 앞서 석회가루에 대한 단점 중에서 운동경기를 진행하는 와중 라인이 빈번하게 지워지는 모습을 자주 보게 되었다. 물론 페인트를 사용하여 도장한 실내 구장은 우리가 개발하는 범위에 해당하지 않지만 일반적인 불편사항들을 간단히 설문하였을 때 결과가 아래의 표1.1에 제시되어있다. 우리나라는 흙 구장에서 석회가루를 뿌리는 구장이 대부분이기에 사용자의 여가선용에 기여하기 위해 운동장 로봇 라인기도 필요하다는 것을 알게 되었다.

라인기가 불편한 요인	설문결과(단위%)	순위
석회가루가 자주 응고되어 관리하기 불편하다.	35	2
가이드가 없으면 라인을 긋기 힘들다.	10	3
시간 낭비, 인력 낭비다.(선을 긋기 귀찮다.)	45	1
석회가루를 다루면서 인체에 해롭다.	10	3

표 1.1 라인기 사용시 불편한 요인의 설문조사

제2절 과제의 목표

1. 과제의 목표

개발하고자 하는 라인기는 300×300×350 규격을 가지며 제조업에 사용되는 산업형 로봇이 아니라 인간 및 설비에 대해 서비스를 제공하는 서비스 로봇이다.

현재까지 수동 라인기 관련 시장, 특허품목으로는 대표적으로 거리측정디스플레이 라인기, 석회통 개폐구 조절 라인기, 석회통 순환시스템이 포함된 운동장 라인기, 물과 석회를 함께 그릴 수 있는 라인기 등 라인기와 관련하여 특허 실용안이 다수 등록되어있다. 우리의 개발 목표는 측정거리 5m를 기준으로 자동라인기로 석회가루를 배출하였을 때 중심선을 기준으로 20mm를 벗어나지 않는 주행정밀도를 내고 차체중량 30kg이하 달성에 목표를 둔다.

제3절 기대효과 및 활용방안

1. 과제의 기대효과

- 로봇라인기의 도입으로 라인을 긋는 별다른 인원 없이 인력낭비를 줄일 수 있고 시간적인 측면에서 라인이 그려질 동안 다른 업무를 수행할 수 있다.
- 석회가루가 응고되는 것을 막기 위해 구동축의 동력을 석회가루 믹서축에 체인으로 연결되어있다. 이 때문에 석회가루의 낭비를 막을 수 있다.

2. 과제의 실용성

- 로봇라인기를 제작할 때 볼트체결을 택하여 조립 형태를 나타낸다. 이 형태의 장점은 분해조립이 가능해서 고장 나거나 파손된 제품을 즉각적으로 교환이 가능하다.
- 석회통 재질을 아크릴판으로 변경하면서 외관상으로 석회 잔량을 볼 수 있을 뿐만 아니라 플라스틱으로 제작했을 때보다 석회통의 무게를 줄일 수 있다.

3. 과제의 경제성

- 기존의 라인기의 가격과 로봇라인기의 가격 면을 비교하였을 때 제작단가는 큰 차이를 나타내지 않는다.
- 한 곳에 치우친 라인기가 아니라 여러 분야 운동장에 쓰일 수 있다.

4. 단가부문

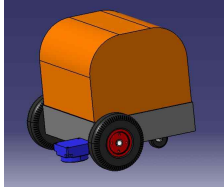



종류	사람의 힘이 필요 없는 로봇 라인기	수성 페인트 분사 라인기	천연잔디용 라인기	야구장 테니스 라인기
형상				
특징	무선 자율 주행. 편의성이 뛰어나다.	휴대성이 뛰어나다. 비교적 적은 작업시간. 정밀도 우수.	물과 희석하여 명암 조절 가능. 잔고장이 적다.	분출 입구 조절. 핸들 높이 조절로 인한 편의성.
가격 (₩)	500,000 (예상 제작가)	2,420,000	1,280,000	220,000
비교	<p>현 시중에 생산되는 라인기는 다양한 제품들이 있으며 정밀한 라인을 그릴수록 단가가 증가하는 추세를 보이며 가격과 성능은 비례하였다. 위 제품들의 장점을 살리는 로봇 라인기는 야구장 테니스 라인기를 기반으로 하는 자동 주행 로봇이기 때문에 가격 면에서는 수동 라인기보다 단가가 높을 수밖에 없다. 하지만 로봇산업이 발달하는 시대에 걸맞게 현재 연구하는 로봇 라인기가 값비싼 수동 라인기보다 정밀한 라인을 그릴 수 있을 것이라 예상 된다.</p>			

표 1-2 라인기의 종류와 비교

제2장 개념설계 및 상세설계

제1절 개념설계

1. 이론적 배경

기존의 라인기는 일반적으로 몸체와 바퀴가 하나의 축으로 연결되어 있고 바퀴가 굴러감에 따라 석회배출을 조절하는 믹서축이 회전을 한다. 이러한 매커니즘을 따라 자율주행이 가능하도록 모터와 센서를 사용한다. 직선 주행 효율을 높이기 위해 모터의 장착위치를 좌우 대칭으로 동일하게 하고 속도제어 또한 동일하게 할 생각이다. 사양서에 명시된 모터는 정확한 값을 나타내지 않는다. 즉 모터마다 고유의 회전수를 가지기 때문에 조금씩 차이가 난다. 이 때문에 모터제어를 S/W에서 수치적 제어를 하고 Tachometer를 사용하여 H/W상에서 나타난 rpm 수치를 맞춰갈 생각이다.

개발하는 과정에서 모터 드라이브를 사용하여 모터제어를 우선적으로 시행하였다. 하지만 모터를 제어하는 과정에서 MCU에 12V 전압이 흐르는 실수로 MCU가 고장나버렸다. 이 원인은 기판을 제작하는 과정에서 사전에 미미한 지식을 가지고 제작하였기 때문에 발생하였다고 판단된다. 이러한 결과로 과전압을 흘려주는 오류를 행하지 않도록 주의를 하였다.

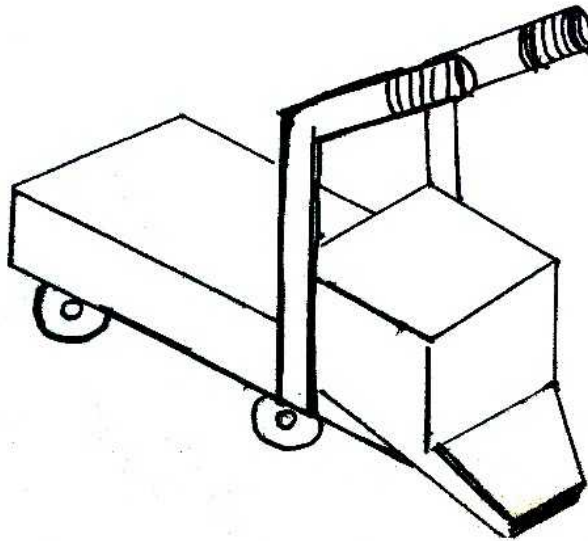


그림 2-1 로봇 라인기 초기모델 스케치

2. 시행일정

연구 내용	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	연구 책임자 정 : 김윤환
연구항목 탐색	[Blue bar]		[Red bar]							공 동 임 무
선정기준에 따른 분석	[Blue bar]		[Red bar]							공 동 임 무
시 장 조 사		[Blue bar]	[Red bar]							공 동 임 무
특 허 조 사		[Blue bar]	[Red bar]							공 동 임 무
기본설계해석			[Blue bar]	[Red bar]						정 : 전 혁 섭 부 : 손 종 섭
상세설계			[Blue bar]	[Red bar]						정 : 김 윤 환 부 : 정 재 연
재료조사 및 구입					[Blue bar]	[Red bar]				정 : 손 종 섭 부 : 장 일 호
시제품 제작					[Blue bar]	[Red bar]				정 : 김 윤 환 부 : 전 혁 섭
발표준비							[Blue bar]	[Red bar]		정 : 김 윤 환 부 : 손 종 섭

표2-1 시행계획

[Blue bar] [Red bar]
예상목표 **목표달성**

연구 항목 탐색 및 선정기준에 따른 분석 일정부터 순조로운 계획대로 진행이 되었다. 하지만 시장조사, 특허조사를 하는 와중 얻게 된 자료들이나 아이디어를 로봇 라인기에 더 하거나 빼기 위해서 기본설계의 일정을 앞당겨서 진행 하였다.

제2절 상세설계

1. 모터선정 계산 근거

- 차체무게 W: 30kgf (라인기 : 15kgf)
- 속도 V: 0.4m/s
- 바퀴지름 D: 15cm
- 마찰계수 u: 0.6(자갈 및 모래)
- 등속 회전수: f=0.85

※ 관성 모멘트 (J)

$$J = \frac{W * D^2}{8} = \frac{30 * 15^2}{8} = 843.75 kg_f - cm$$

※ 가속 토크 (Ta)

※ RPM

$$f = \frac{V}{D\pi} = \frac{0.4}{0.15\pi} = 0.85 \text{ 회전/s}$$

$$RPM = 0.85 * 60 = 51 RPM$$

$$T_a = \frac{J}{g} * \frac{2\pi f}{t} = \frac{843.75}{980} * \frac{2\pi * 0.85}{1} = 4.60 kg_f cm$$

※ 등속 토크 (Tm)

$$T_m = \frac{u * W * D}{4} = \frac{0.6 * 30 * 15}{4} = 67.5 kg_f$$

※ 정적 토크 (T)

$$T = T_a + T_m = 4.60 + 67.5 = 72.1 kg_f cm$$

※ 안전계수 허용 $T * 1.5 = 72.1 * 1.5 = 108.15 kg_f - cm$

※ T=108.16 kgf-cm RPM=51

위 설계사양에서 토크 값은 평균 RPM에 해당하는 최대 모터 효율의 선정 값으로서, 모터 선정 시 50%운용조건을 감안하고, 모터 성능 그래프를 참고하여 선정하여야 한다.

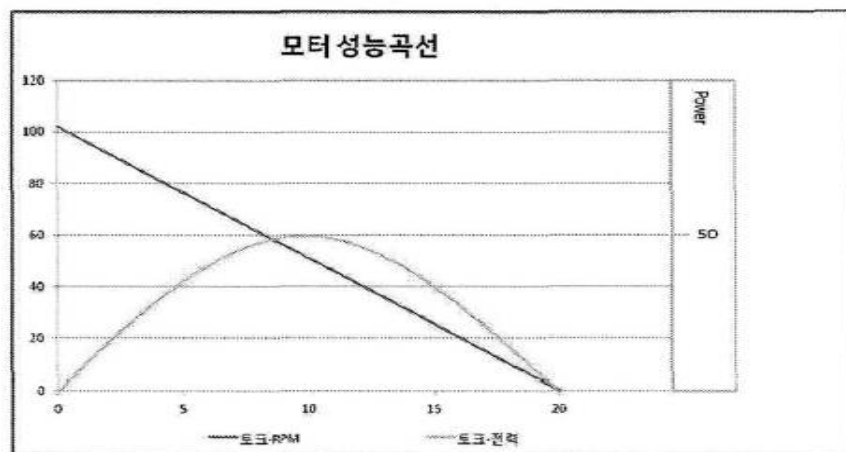


그림 2-1 모터 성능 곡선

2. 축지름 선정 계산 근거

- 탄소강 SM45C의 항복응력 : 33kgf/mm^2
- 석회가루 중량 P : 10kg
- 롤러부분 축길이 l_1 : 192mm
- 기어부분 축길이 l_2 : 48mm
- 모터 회전수 N : 3000 rpm

<p>◎ 허용굽힘응력(δ_{ba})</p> $\delta_{ba} = \text{항복응력} \times \frac{1}{3} = 11\text{kgf/mm}^2$ <p>◎ 항복강도(δ_Y)</p> $\delta_Y = \delta_{ba} \times S_f = 11 \times 1.8 = 19.8\text{kgf/mm}^2$ <p>◎ 허용전단응력(τ_a)</p> $\tau_a = 0.3 \times \delta_Y = 0.3 \times 19.8 = 5.94\text{kgf/mm}^2$ <p>◎ 굽힘 모멘트(M)</p> $M = \frac{Pl_1}{4} = \frac{15 \times 320}{4} = 1200\text{kgf} \cdot \text{mm}$ <p>◎ 비틀림 모멘트(T)</p> $T = 974000 \times \frac{H' [kW]}{N [rpm]} = 974000 \times \frac{0.015}{3000}$ $= 4.87\text{kgf} \cdot \text{mm}$ <p>◎ 상당 비틀림 모멘트(T_e)</p> $T_e = \sqrt{M^2 + T^2} = \sqrt{1200^2 + 4.87^2}$ $= 1200\text{kgf} \cdot \text{mm}$	<p>※ 굽힘 모멘트와 비틀림 모멘트를 동시에 받는 중실축의 축 지름</p> $x = \frac{d_i}{d_o} \text{ (중실축의 경우, } d_i = 0 \text{)}$ $d_o = \sqrt[3]{\frac{16T_e}{\pi(1-x^4)\tau_a}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 1200}{\pi \times 1 \times 5.94}}$ $= 19.01\text{mm}$ <p style="text-align: right;">$\therefore d_o = 7.43\text{mm}$</p> <p>※ 비틀림 모멘트만 받는 중실축의 축 지름</p> $d_o = \sqrt[3]{\frac{16T}{\pi(1-x^4)\tau_a}} = \sqrt[3]{\frac{16 \times 4.87}{\pi \times 1 \times 5.94}}$ $= 1.61\text{mm}$ <p style="text-align: right;">$\therefore d_o = 1.61\text{mm}$</p>
---	--

제3절 개발품 주요 부품 선정과정

1. 센서

로봇라인기의 직진 정밀도도 중요하지만 금속을 탐지하는 기능 또한 중요하다. 그리하여 금속을 탐지하기 위한 센서를 선정하기 위해 여러 가지 근접센서를 찾아보고 특성에 따라 로봇 라인기에 적당한 센서를 선정 하였다. 고주파 발진 근접센서는 FA용 센서 중의 하나인 고주파 발진형 근접 센서로 고속 응답성, 긴 수명, 고 신뢰성과 내 환경성이 우수하며, 비접촉 검출이 가능하고, 기름, 물이 있는 장소, 먼지 등이 많은 장소에서도 전혀 영향을 받지 않으며, 무 토크로 동작한다는 많은 장점을 가지고 있어 1960년 초 우리나라에서 제품화되기 시작하여 현재 국내 여러 회사에서 생산하고 있다. 또한 그 사용 분야는 더욱더 광범위해져 현재 자동 창고 및 물류 시스템, 로봇 산업 기계, 공작기계와 같은 시스템 등에 사용되어 지고 있다. 매몰된 자성금속을 검출하기 위해서 비접촉식 센서를 선정해야하며 금속을 따라 이용하기 때문에 반응속도 또한 빨라야 하며 검출거리 또한 장거리 센서인 고주파 발진 센서를 선정하였다.

표 3-1 근접센서의 종류

센서 종류	고주파 발진 센서	정전용량 센서	IR 센서	초음파 센서
형상				
특징	비접촉식 센서. 응답속도가 빠름. 신뢰성이 뛰어나고 환경에 영향을 크게 받지 않는다.	금속과 비금속을 가리지 않음. 미세한 변위 검출에 유리하다.	검출물체의 대상이 넓다. 응답속도가 빠름. 물체의 판별력 이 뛰어나다.	공기나, 액체, 고체에 사용가능. 주파수가 높고 파장이 짧아서 높은 분해력을 계측할 수 있는 특징이 있다.
선정	O	X	O	X

2. 모터 선정 기준

모터를 선정하기 위하여 예상 구동력을 파악하여 설계되어야 한다. 로봇라인기의 출력전압은 12V로 한정되어 있다. 제작비용을 절감하면서 토크를 증가시키려면 DC 기어모터에 감속기를 장착하는 방법이 다른 모터를 사용하는 것보다 안정적인 주행이 되기 때문에 DC기어모터를 선정하였다.

표 3-2 모터의 종류

모터 종류	DC 기어 모터	AC 기어 모터	BLDC 모터	스텝핑 모터
형상				
특징	모터 동력원 안에 기어비가 탑재되어 있으며 감속되어 있는 만큼 토크가 큼. 제어가 쉽다.	DC기어 모터와 동일한 특징을 가지고 있으며 전반적으로 DC보다 AC기어 모터 토크가 크다.	소음이 적고 다양한속도제어가 가능하다. 구매비용이 비싸고 토크가 크다.	일정한 각도씩 움직이는 모터로 회전각도 제어가 쉽다.
선정	O	X	X	X

3. 축 선정

로봇라인기의 핵심 요소 중에서 석회가루 믹서축은 성질이 강하면서 경해야한다. 축으로 쓰이는 대부분의 재료는 기계구조용 탄소강이며 그 뒤로 크롬강, 니켈크롬강, 니켈크롬몰리브덴강이 있다. 왼쪽에서 오른쪽으로 단가가 높아진다. 모터 동력을 전달하는 구조축의 특징이 소형축이며 비틀림이나 휨에 대한 충분한 강도가 있어야 한다. 이 때문에 니켈크롬강을 선정하였다.

표 3-3 축재료의 종류와 비교

재료 종류	기계구조용 탄소강(SM-C)	크롬강 (SCr-)	니켈크롬강 (SNC-)	니켈크롬 몰리브덴강 (SNCM-)
형상				
특징	탄소량에 따라 강도와 경도 차이가 있으며 온도가 증가하면 인성이 증가한다.	구조용 합금강 중 값이 저렴하며 탄소강보다 인성이 좋다.	값이 비싸지만 성질이 강하며 담금질에 용이하다. 소형축, 크랭크축에 사용된다.	구조용 합금강 중 가장 강도와 담금질 성이 뛰어나며 중소형축이나 정밀도를 필요하는 긴축에 쓰인다.
선정	X	X	O	X

4. 감속기 선정

DC모터를 원하는 속도로 조절해주는 장치로 우리가 개발하는 로봇라인기에 있어서 토크를 결정하는 중요 요소이다. 석회가루의 하중을 고려해야 되는 사항 때문에 속도를 줄이면서 토크를 증가시키기 위해 앞서 상세설계에서 rpm을 계산하였다. 하지만 선정된 감속기가 모의로 설정된 중량(30kg)을 견디지 못하는 것을 보아 토크가 부족하다는 것을 알게 되었다. 이 때문에 감속비를 150:1을 사용하여 속도를 줄이면서 라인기가 주행하면서 위치정밀도를 보장할 수 있도록 제어하였다.

표 3-4 감속기의 종류와 비교

종류	SPG DC모터 감속기(150)	SPG DC 모터 감속기(90)	SPG DC 모터 감속기(60)	SPG DC 모터 감속기(30)
형상				
특징	품목: S6DA150B 출력 : 6W 감속비 : 150 : 1	품목 : S6DA90B 출력 : 6W 감속비 : 90 : 1	품목 : S6DA60B 출력 : 6W 감속비 : 60 : 1	품목 : S6DA30B 출력 : 6W 감속비 : 30 : 1
선정	O	X	X	X

5. 바퀴 선정

로봇라인기가 전륜부 구동을 가지기 때문에 선회에 있어서 주행정밀도를 보장하려면 마찰력이 있는 고무바퀴가 적합하다. 후륜 지지바퀴는 회전이 가능하고 차체를 충분히 받쳐주는 우레탄 바퀴를 선택하였다.

표 3-5 바퀴의 종류와 비교

종류	고무바퀴	우레탄 바퀴	우레탄 바퀴	고온 내열 산업용바퀴
형상				
특징	구동시 마찰계수가 높다	탄성력이 있으며 펑크가 나지 않는다.	탄성력이 있으며 펑크가 나지 않는다.	부식에 강하고 고온에 변하지 않는다.
선정	O	X	O	X

6. 하우징 선정

기계부품을 둘러싼 부분을 하우징이라 칭하며, 축지름 계산식을 따라 선정된 축지름에 맞는 하우징을 구매하였다. 축이나 하우징의 정도불량이 있는 경우 베어링도 그 영향을 받아, 필요한 성능을 발휘할 수가 없다. 진원도 공차와 원통도 공차가 0급인 하우징을 선택하였다.





표 3-6 하우징의 종류와 비교

종류	UCP205 Housing	UCP206 Housing	UCP204 Housing	UCP200 Housing
형상				
특징	진원도 공차 5급 원통도 공차 5급	진원도 공차 6급 원통도 공차 6급	진원도 공차 4급 원통도 공차 4급	진원도 공차 0급 원통도 공차 0급
선정	O	X	X	X

7. 기어 선정

구동축과 석회가루 믹서축을 연결 시켜주기 위해서 체인으로 동력을 전달해야하는데 이를 연결해줄 부품이 기어다. 개념설계에서 베벨기어를 사용하여 라인기 내부에서 동력전달이 이루어 졌는데 석회가루가 내부에 흘러나오는 것을 방지하기위해 기어를 차체 밖으로 뺐다. 이 때문에 기어선정도 바뀌게 되었고 두 축이 나란하므로 평기어를 사용하였다.

표 3-7 기어의 종류와 비교

종류	평기어	베벨기어	스퍼기어	헬리컬 기어
형상				
특징	축에 평행한 가장 일반적인 기어	두축 사이의 운동을 전달한다.	회전의 속도와 힘을 변화시키고 특히 변속기에 쓰인다.	툽나줄이 나선인 기어 평기어 보다 물림이 좋다.
선정	O	X	X	X

8. 2D 도면

기존에 설계된 라인기에 따라 제작을 하고 주행 실험을 하였다. 목표달성을 위해 근접센서를 적외선센서로 변경하면서 석회통 믹서축 또한 내부에서 외부로 변경하였다.

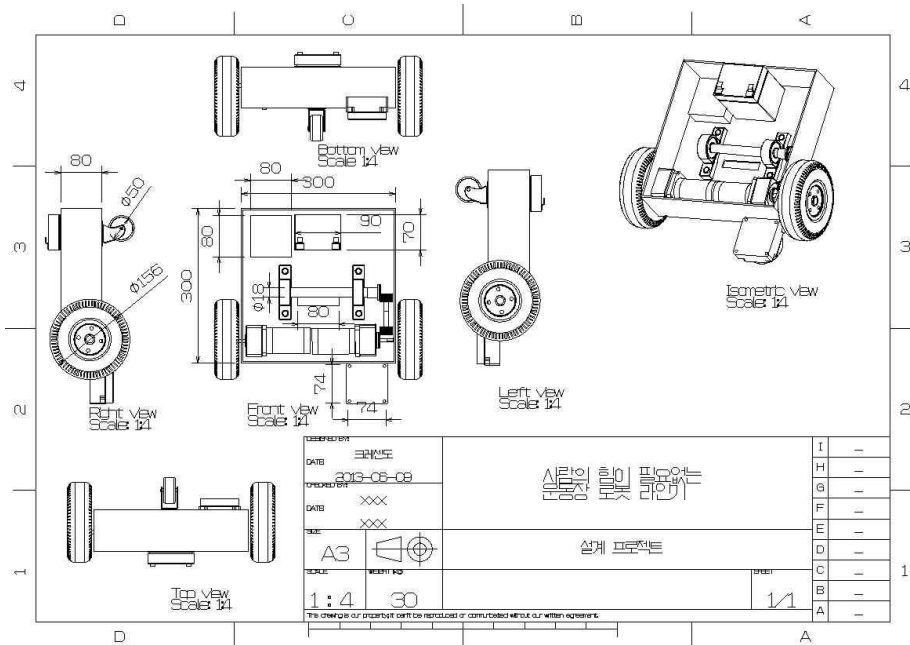


그림 10-1 기존 라인기 조립도면

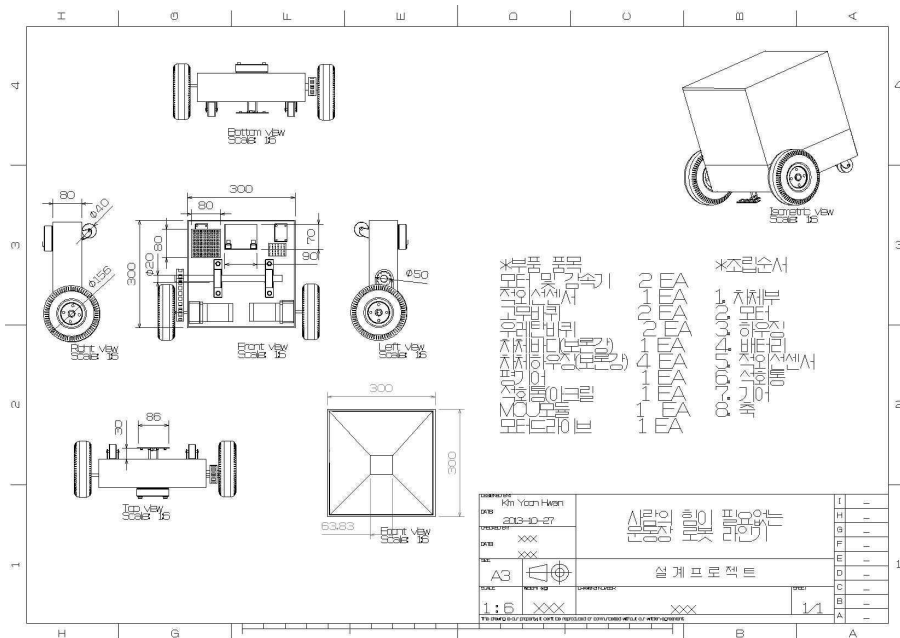
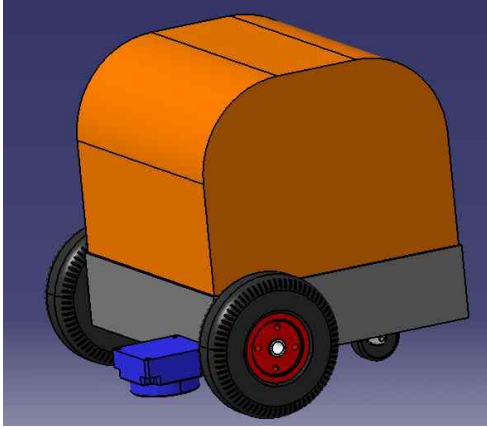
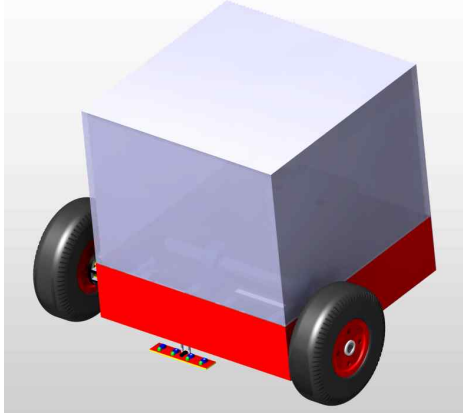
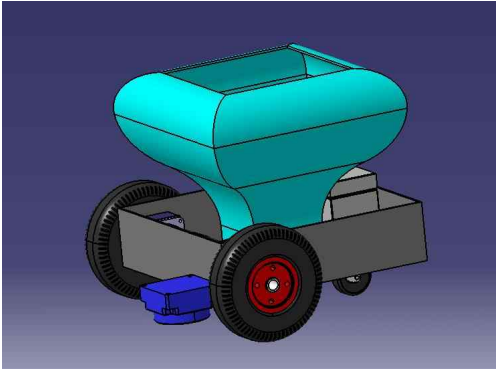
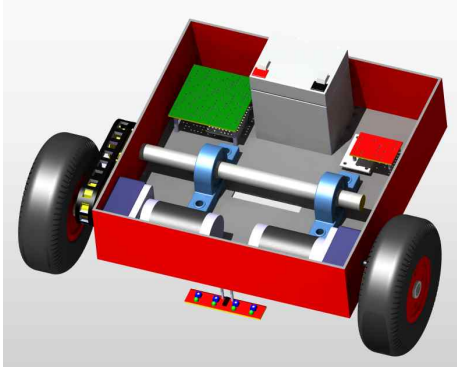


그림 10-2 개선된 라인기 조립도면

9. 3D 도면

시제품 제작계획 단계에서는 왼쪽 아래에 위치한 그림과 같이 석회통과 케이스를 각각 제작하여 석회통을 장착한 후 케이스를 씌우는 방식으로 계획하였으나, 제품의 조립 및 분리시에 불편함을 고려하여 실제 제작 시에는 조립과 분리가 조금 더 편하도록 석회통과 케이스를 일체형으로 제작하였으며, 제어단계에서 시행착오를 겪으면서 근접센서 대신 적외선 센서를 사용하게 되었다.

기존 설계 외형도	변경된 설계 외형도
 <p data-bbox="343 1064 687 1097">그림 9-1 기존 라인기 외형</p>	 <p data-bbox="887 1064 1259 1097">그림 9-2 변경된 라인기 외형</p>
 <p data-bbox="343 1576 687 1610">그림 9-3 기존 라인기 내부</p>	 <p data-bbox="887 1576 1259 1610">그림 9-4 변경된 라인기 내부</p>

제4절 설계 변경 사항

1. 개선사항

표 4-1 기존의 라인기 외형도

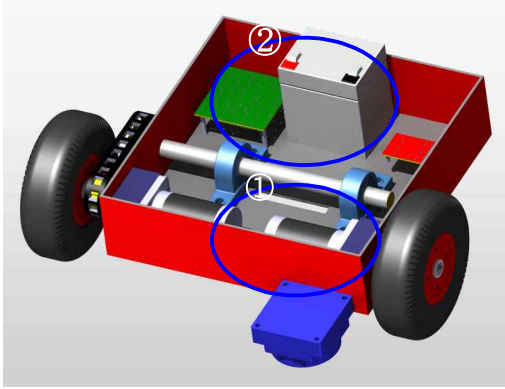
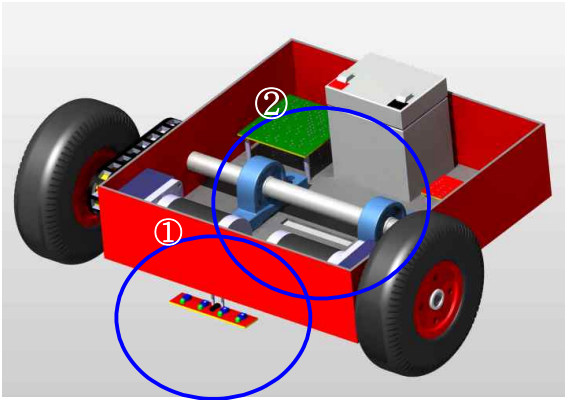
제품 사진	부분 설명
	① = 근접센서
	② = 석회가루 배출구
<p>라인기 직각도의 기술적인 문제를 중앙에 설치된 센서를 좌측면에 부착하여 좌회전만을 하는 방법으로 고안하였다. 위와 같은 구성을 적외선센서가 장착된 NXT 마인드스톰을 이용한 모의실험을 하였다. 이 가설은 로봇 라인기가 직진 주행하는데 큰 어려움이 없을 것이라 판단되었고 직각 선회에서도 라인을 벗어나는 주행을 할 것이라 전망되었다. 따라서 향후 제작하는 로봇 라인기는 위와 같은 구성을 따른다.</p>	

표 4-2 변경된 라인기 외형도

제품 사진	부분 설명
	① = 적외선센서
	② = 석회가루 배출구
<p>근접센서의 검출 거리에 대한 문제와 응답속도를 대처하는 보완설계이다. 이에 대한 문제를 좌측에 설치된 근접센서를 제거하고 중앙에 적외선 센서를 부착하여 좌회전뿐만 아니라 우회전, 즉 전방향 회전이 가능한 방법으로 보완하였다. 위와 같은 구성은 모의실험을 통하여 로봇 라인기가 직진 주행하는데 큰 어려움이 없는 것을 확인하였고 직각 선회에서도 라인을 벗어나는 주행을 나타내지 않았다.</p>	

제3장 제 작

제1절 제작

1. 제작 일정 및 제작과정

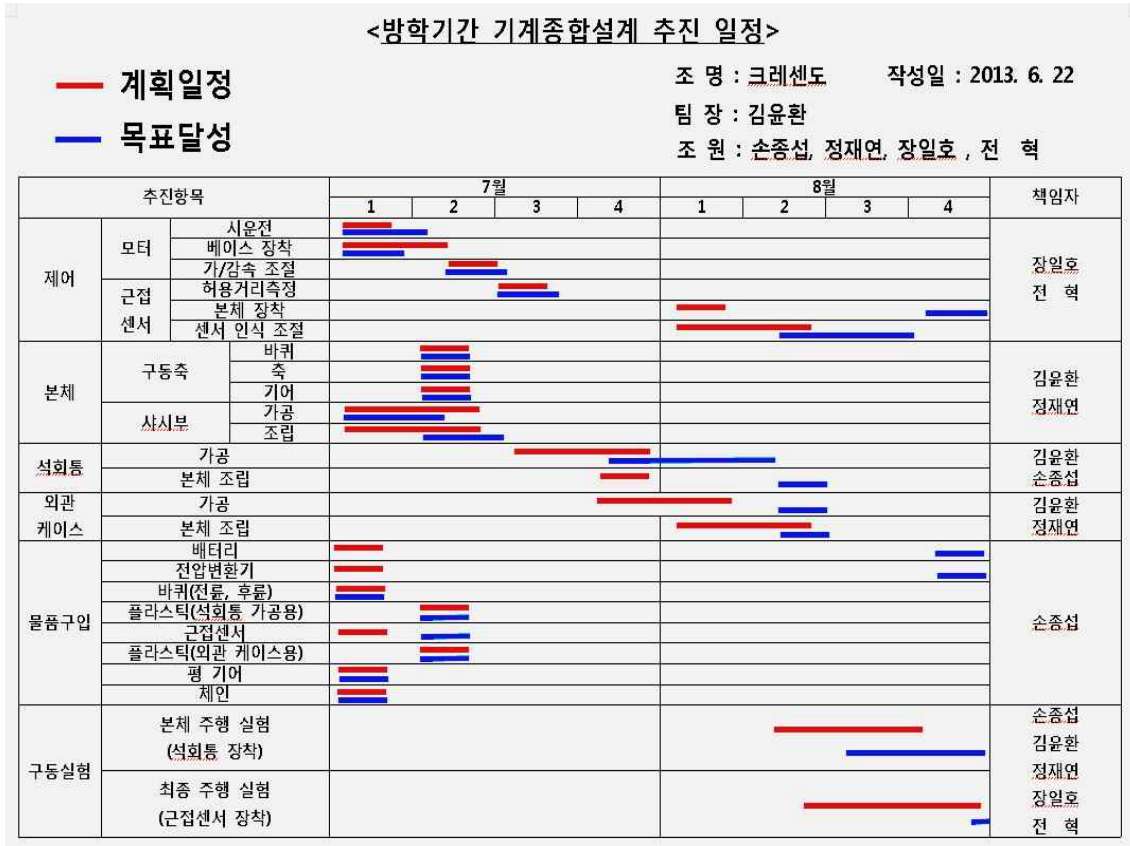


그림 1-1 방학기간 제작일정

2. 제작의 문제점 및 처리결과

표 1-1 문제점과 보완사항

제작의 문제점	문제점 보완
1. 감속기 자체의 윤활이 다르기 때문에 감속된 모터의 구동속도가 틀리다.	1. 주행정밀도를 위해 모터제어를 하여 좌/우 모터 속도 밸런스 조절
2. 구동축을 조립하는 과정에 커플링의 존재 필요성을 느끼고 가공한 결과 예상치 못한 구동축의 처짐 발생.	2. 석회가루의 적재량을 15kg->10kg조절
3. 석회통과 믹서축이 회전하면서 하우스징 측면으로 석회 가루가 새어나옴	3. 글루건으로 석회가루가 새어 나오는 곳 점층으로 쌓아올려 가공 오차 구멍을 막음.
4. 근접센서를 이해하지 않은 채 막연히 기판에 연결하다 쇼트현상발생.	4. 교수님과 메카트로닉스 연구동아리의 도움을 얻어 회로기판 재설계
5. 제작기간 중 조기취업으로 인한 임무 과부하가 나타나서 계획의 차질이 생김.	5. 서로간의 조율을 통해 임무 재분배. 구매 분야를 따로 두지 않고 가공과 제어로 제작범위를 좁혔다.
6. 근접센서의 모의실험이 목표달성을 하는데 부족한 점이 있다고 판단.	6. 센서응답성이 보다 빠른 적외선 센서를 사용하여 기존의 라인트레이서 개념도입.
7. 구동시험에서 석회가루 배출량이 일정하지 않아 라인의 크기가 제각각으로 나타남.	7. 믹서축 내부에 거름망을 장착하고 축회전을 따라 믹서술이 회전을 하여 석회가루의 배출을 조절함.
8. 선회를 할 때 지지축이 라인을 밟고 지나가면서 라인을 지워버림.	8. 3륜 바퀴구동을 4륜 구동으로 전환 하였으나 여전히 라인을 밟고 지나가는 현상을 나타냄.
9. 운동장 실외 실험에서 모래와 라인의 센서검출이 중복되어 주행이 되지 않음	9. 지표면에서 라인의 높이를 30mm올려서 설치를 하니 구동은 되었지만 선회하는 구간에서 지지축이 라인의 턱에 걸려서 선회가 되지 않음.
10. 지지축이 라인을 밟고 지나가는 현상과 운동장에서 센서검출 혼동문제 해결중.	-

3. 시제품 제작 공정도

7월 도면 수립과정에서 석회통 가공을 외주가공을 하려 했으나 가공업체에서 견적비용을 너무 비싸게 견적을 내어 가공업체를 통하지 않고 공작기계와 공구를 사용하여 자체적 제작을 하였다.

회로도를 사양서를 보고 도식화 하지 않아 결국 모터제어를 하는 기간이 초과되었다. 이 때문에 제어를 하는 단계가 8월 중순까지 미뤄지는 결과를 나타냈다.

결국 모터와 센서의 회로구성은 교수님과 메카트로닉스 연구동아리의 도움을 받아 냉땀으로 인한 불규칙한 신호 흐름을 해결 할 수 있었고 차체바디와 모터드라이브 모듈 간에 쇼트현상 또한 가이드 봉을 체결하면서 해결할 수 있었다.

가공에서 예상치 못한 커플링을 가공하였기 때문에 용접 가공이 추가되었다. 모재와 부재간의 재질이 다르기 때문에 일반 아크 용접을 하지 않고 정밀한 주행을 위해 석회가루 하중을 견디어내는 것을 고려해야 되기에 티그용접을 하였다.

8월 조립에서 생각지 못한 변수가 발생되었다. 막연히 볼트와 너트로 부품들을 체결하였는데 조립단계를 미리 설계하지 않아 자유로운 조립이 되질 않았다. 즉 순서대로 조립하지 않으면 완성품이 되질 않고 조립하는 과정이 불편하였다. 또한 라인기의 총 제작 시일은 80일이 소요되었다.

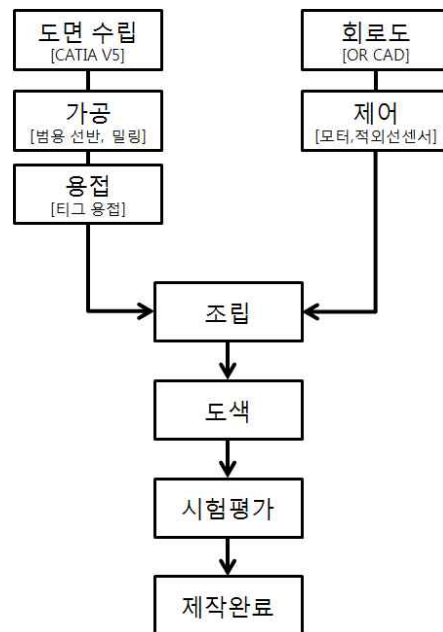


그림 1-2 시제품 제작 공정도

제2절 가공

1. 범용선반

구동축의 동력을 바퀴로 전달하면서 평기어로 힘을 믹서축으로 전달해야 했기 때문에 커플링이 필요했다. 커플링을 구매하기 위해 인터넷 검색으로 원하는 물품을 찾아냈으나 수령시간이 오래 걸리는 단점으로 직접 가공하기로 결정하였다. 기계공작법에서 실습한 범용선반을 사용하여 SM45C 소재의 환봉을 $\varnothing 20$ 측면과 $\varnothing 13$ 측면으로 나누어 가공하였다. 이렇게 한 이유는 $\varnothing 20$ 측면에 기어를 볼트 체결해야 하며 $\varnothing 13$ 측면에는 바퀴가 장착되고 용접을 하는 공간이기 때문이다. 가공 시 어려운 점이 있었는데 절삭유를 뿌리지 않고 측면가공을 하였기 때문에 표면상태가 매끄럽지 않았다. 하지만 구동축과 연결하고 기어와 바퀴가 장착되는 부분에 문제되는 점은 없었다.

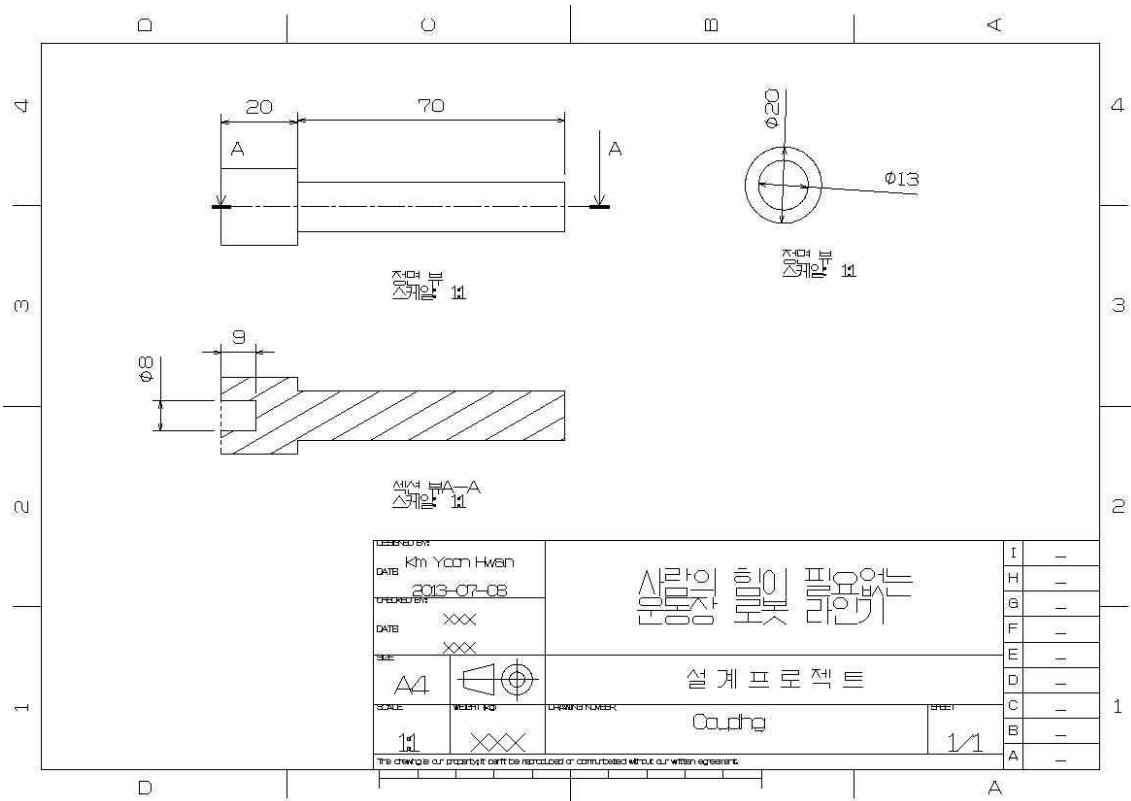


그림 2-1 커플링 가공 2D도면

2. 범용 밀링

모터를 샤프트에 장착하고 차체 무게를 줄이기 위해서 하우징의 두께는 얇으면서 내구성이 있어야 했다. 이 때문에 아크릴을 사용하지 않고 보론강판을 크기를 300mm*85mm로 하고 볼트체결을 하는 하우징으로 설계하였다. 보론강은 붕소를 첨가시켜 만든 소재이며 이미 10년 전부터 화신연구소에서 보론강을 연구하였고 차체 경량화와 고강성을 만족시킨 뛰어난 샤프트 소재로 알려져 있다. 이 때문에 프레스기계를 사용하는 부품공장을 방문하여 원하는 보론강판을 쉽게 얻을 수 있었다.

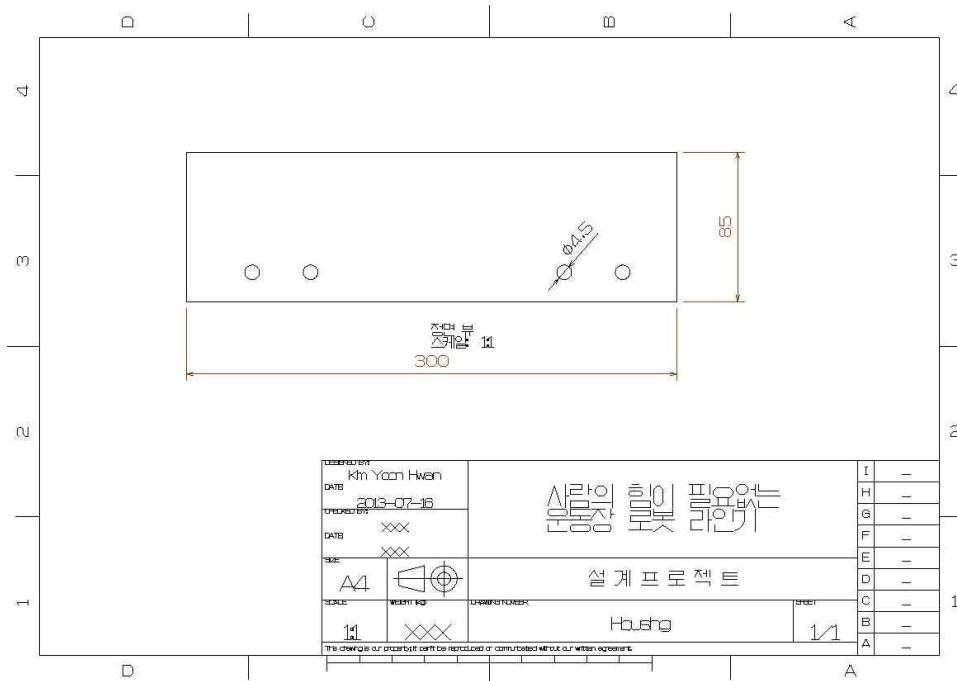


그림 2-2 하우징 전/후측 2D 도면

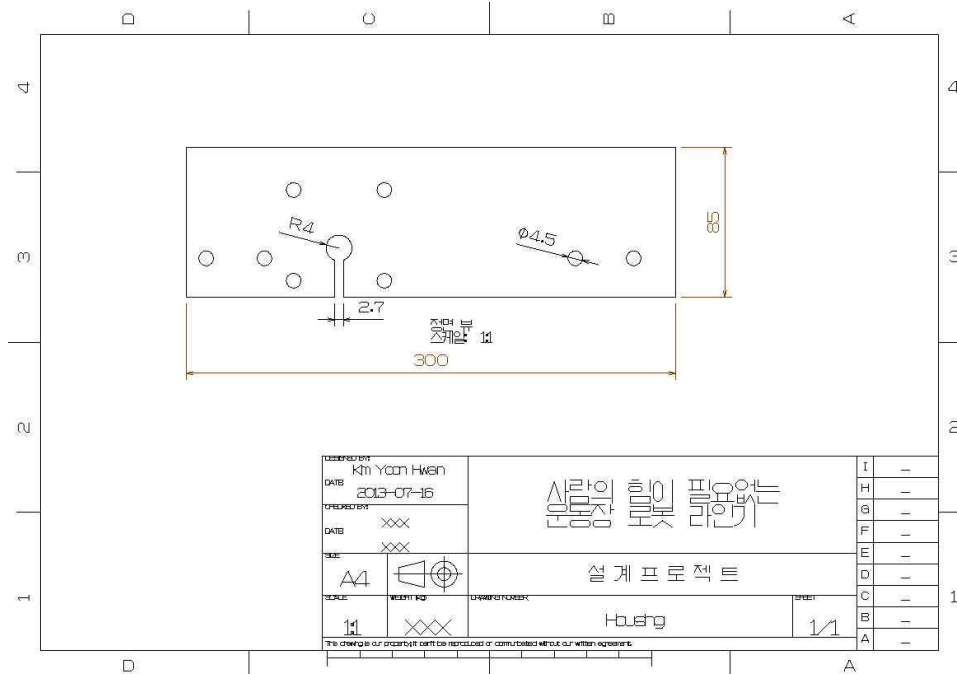


그림 2-3 하우징 좌/우측 2D도면

3. 석회통

석회통의 전체적인 모습은 큐브형태로 되어 있다. 이미지와 같은 형태를 완성하기 위해서 바깥 면이 4면, 사선형태면 4면, 천장부분 1면과 배출구부분을 포함하여 총 10개의 부분을 가공하였다. 톱을 이용하여서 대부분의 아크릴을 잘라내었고 아크릴의 면과 면이 사선으로 맞닿는 부분에는 연삭기를 이용하여 사선으로 가공하였다.

아크릴 석회통을 부분적으로 가공 완료 후에 석회가루가 흘러나오는 것을 방지하기 위해 글루건으로 접착하였고, 천장부분에 경첩을 장착하여 석회가루 주입구를 제작하였다.

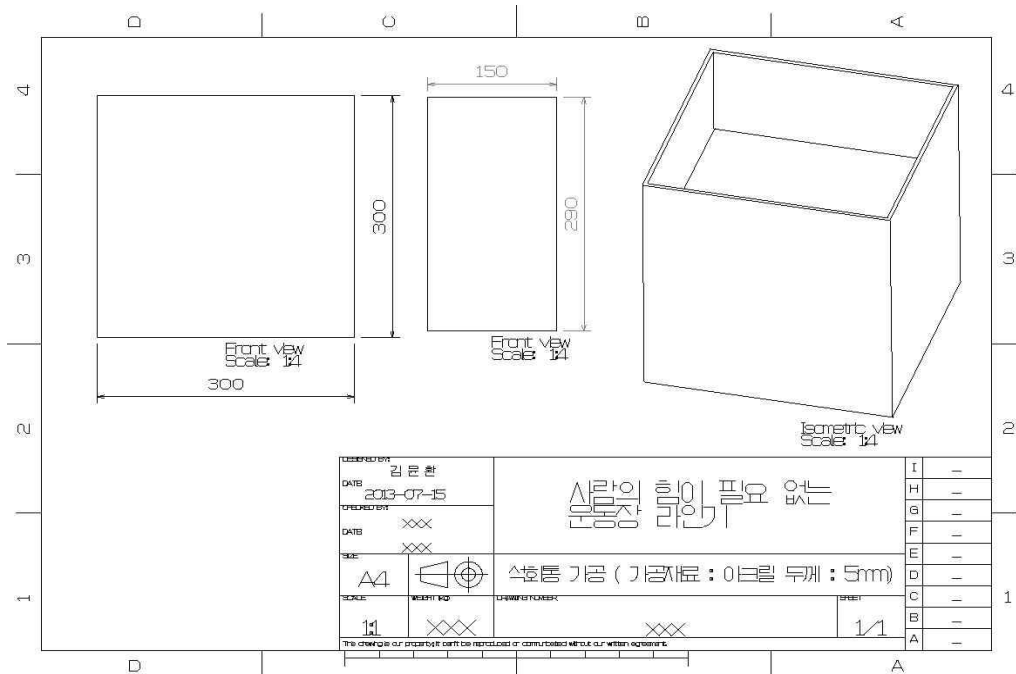


그림 2-4 석회통 외관 2D도면

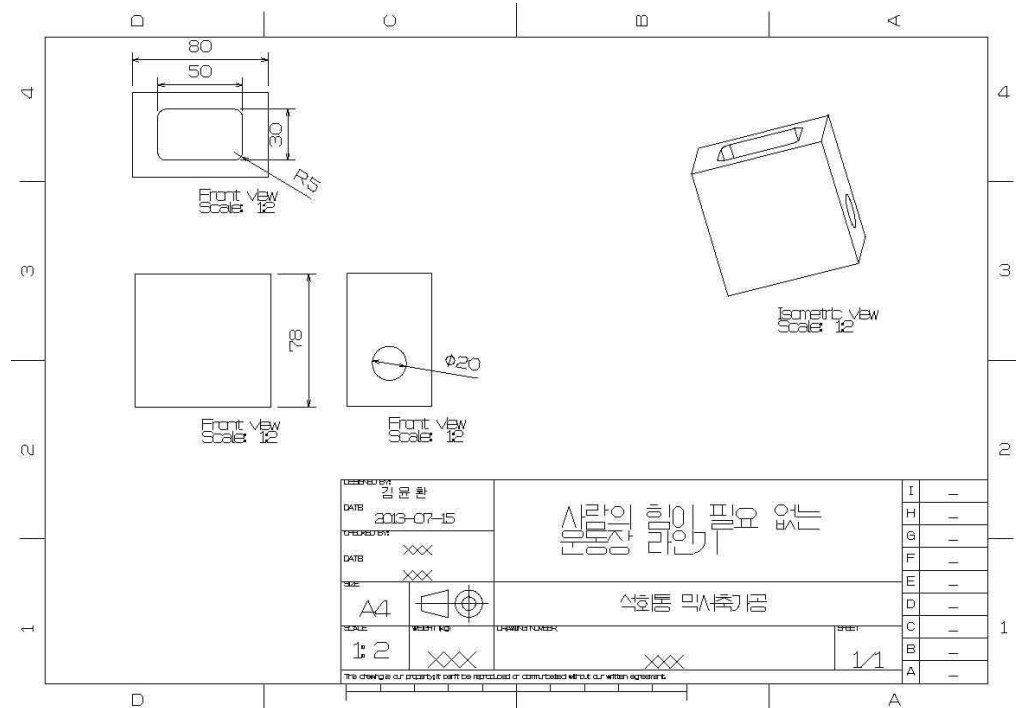


그림 2-5 석회통 믹서축 가이드 2D도면

제3절 용접

1. 티그 용접

티그용접은 아르곤 또는 헬륨 등의 불활성 기체 속에서 텅스텐 전극과 모재의 사이에 아크를 발생시켜, 모재를 용접하는 용접법. 활성 금속의 박판 용접용으로 개발되었지만, 기체 성분의 양이 적고, 청정한 고품질의 용접부가 얻어지므로, 저온용 강과 내열합금 등의 두꺼운 판의 용접에도 이용된다. 높은 인성, 높은 강도의 용접 시공에 도움이 된다. 이러한 장점이 있기 때문에 커플링과 바퀴, 구동축을 하나의 몸체로 제작하였다.



그림 3-1 용접된 구동축

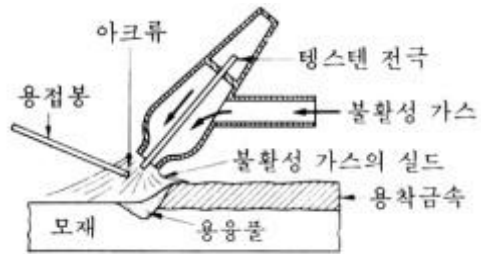


그림 3-2 티그용접 구도

제4절 회로도

1. 라인트레이서 회로도

라인기의 두 구동축이 되는 DC모터를 2축 모터드라이브를 사용하여 모터를 제어 하였다. AVR Studio에서 해당 소스를 이용하여 두 모터가 동일한 속도로 구동되도록 설정하였고, 라인기의 전방에 장착된 적외선센서에 인식 되면서 주행을 하도록 제어를 하였다. 특히 좌 회전을 할 때 좌측바퀴는 역회전을 하고 우측 바퀴는 정주행을 하는 방식을 채택하여 선회 반경을 보완하였다. 또한 선회를 할 때 바퀴의 속도를 다르게 하여 빠른 속도로 주어진 라인을 찾아가도록 구성하였다.

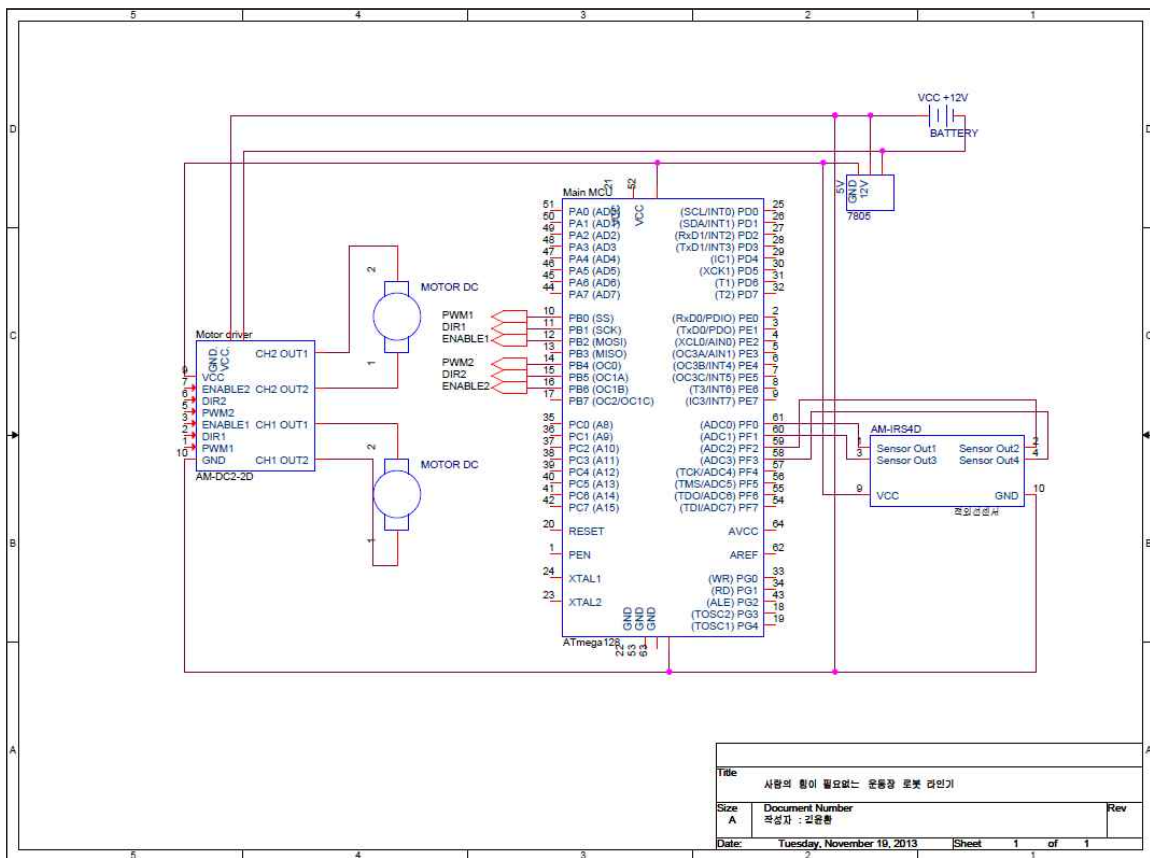


그림 4-1 라인기 회로도

제5절 제어

1. 기판제작

선행한 회로도에 따라 모터드라이브에 12V를 공급하고 MCU에는 5V를 공급해야 되는 조건이 있었기 때문에 7805를 사용하여 전압 분배를 하였다.

기판을 제작하는 중에 시행착오를 겪은 것은 배선에 맞게 납땜작업을 마친 후 모터 구동 테스트를 했을 때 구동이 되지 않아서 이유를 알아보니 납땜작업에서 오류가 있었다. 납땜 작업에 대한 지식이 부족하여 납땜을 하고난 후 납 제거에 대한 필요성을 인지하지 못하고 납 제거작업은 생략하였기 때문이다. 이 때문에 다른 선로와도 합선이 되었었고 모터가 구동되지 않았던 것이다.

따라서 납땜을 정밀하게 하면서 배선정리를 각각의 색깔로 구분하였다.

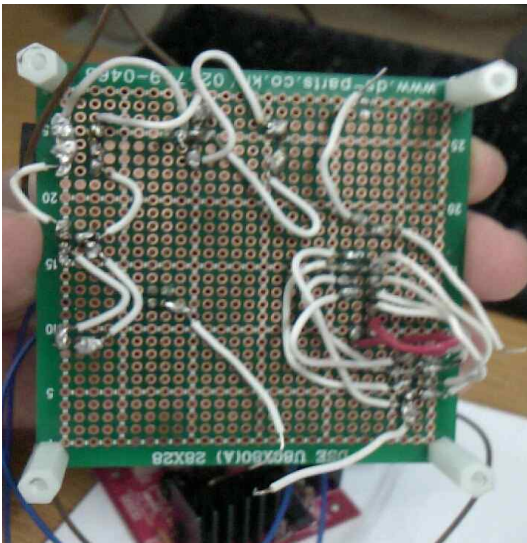


그림 5-1 땀땀 된 기판

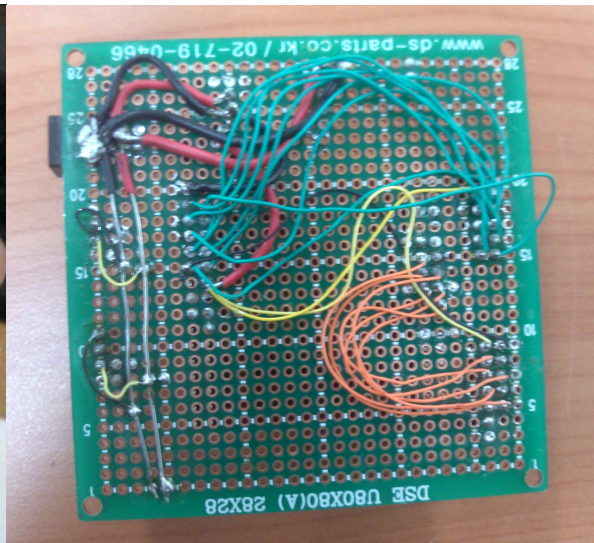


그림 5-2 재작업 한 기판

제6절 조립

1. 조립도

로봇라인기는 분해가 되면서 하나의 부품이 되는 것이 특징이다. 왜냐하면 어느 부품이 파손이나 고장이 났을 때 그 부품만 교환하면 구동하는데 아무런 문제가 없다. 분해조립을 손쉽게 할 수 있으며 보완책을 찾아 재설계하였을 때 기존의 바디에서 해당 부품만 제거하고 보완 부품을 부착하면 된다. 조립순서는 다음과 같다.



그림 6-1 로봇 라인기 조립 순서

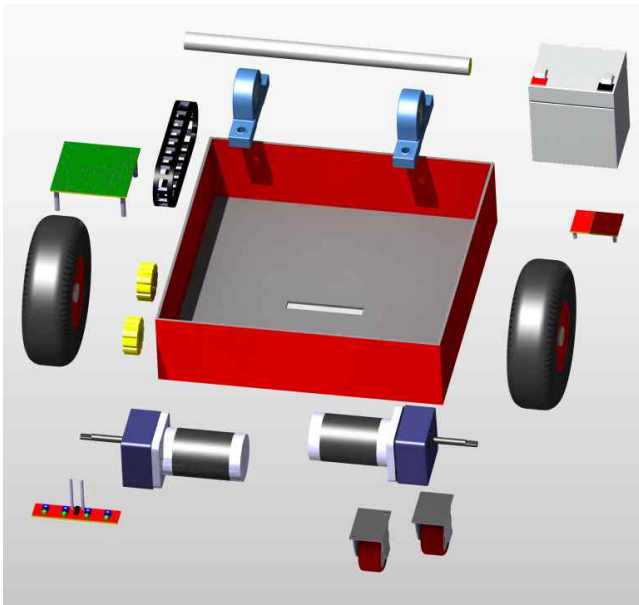


그림 6-2 로봇 라인기 부품 나열도

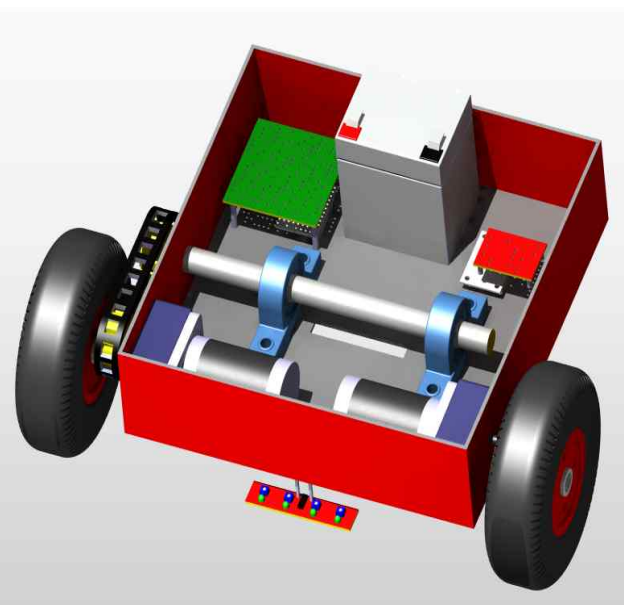


그림 6-3 조립된 로봇 라인기

제4장 시험 및 평가

제1절 로봇 라인기 개선

1.1차 개선

- 모터 밸런스 제어



그림 4-1 밸런스 제어 모습

개발목표	
측정거리 5m를 기준으로 중심축에서 20mm를 벗어나지 않는 주행을 한다. 차체 중량을 30kg이하로 달성한다.	
실험 조건	
실험 장소 6호관 지능제어시스템 연구실 특이사항 회전속도계 사용	

표 4-1 시험 주행 결과표

No	허용오차		라인 이탈(O,X)
	초기주행	개선주행	
1	80mm	70mm	O
2	95mm	60mm	O
3	85mm	65mm	O
4	90mm	74mm	O
5	90mm	76mm	O
6	90mm	80mm	O
7	95mm	75mm	O
8	85mm	78mm	O
9	80mm	60mm	O
10	90mm	65mm	O

결과분석
좌/우측 모터의 속도측면이 S/W측면과 H/W측면의 수치상 동일하지만, 모터에 장착된 감속기의 기어 맞물림 오차와 기존에 설계되어 있지 않은 커플링으로 인해 정밀한 주행 정밀도가 나타나지 않음.

2. 2차 개선

- 회로 기판 제작

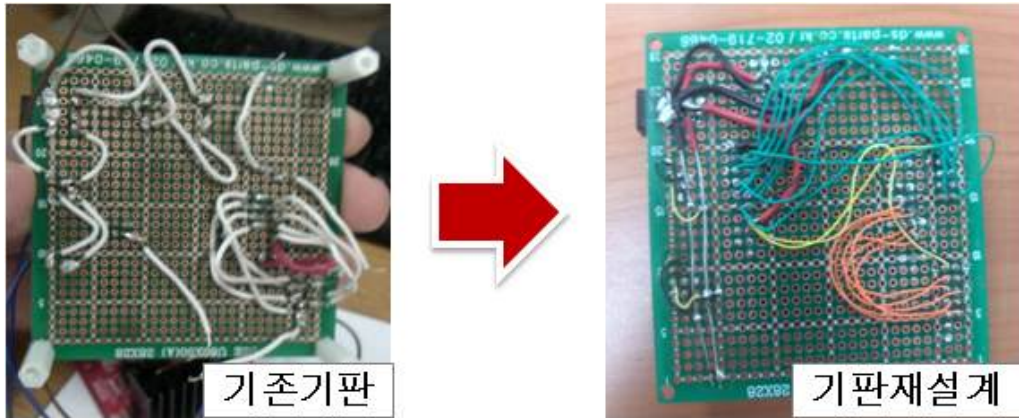


그림 4-2 개선전 회로기판과 개선후 회로기판

개발목표
측정거리 5m를 기준으로 중심축에서 20mm를 벗어나지 않는 주행을 한다. 차체 중량을 30kg이하로 달성한다.
실험 조건
실험 장소 6호관 지능제어시스템 연구실
특이사항 단선과 냉땀 접합부 개선

결과분석
단선으로 인해 신호의 끊김 개선이 발생하여 연선으로 대체 제작하고 냉땀인한 접합부를 제거하고 새로이 개편하여 기판에 스파크가 발생하기 않게 되었다. 또한 제어 흐름도 개선 되었다.

3. 3차 개선

- 전륜 구동방식과 후륜 구동방식 비교



그림 4-3 전륜구동(좌측)과 후륜 구동(우측) 비교

개발목표	
측정거리 5m를 기준으로 중심축에서 20mm를 벗어나지 않는 주행을 한다. 차체 중량을 30kg이하로 달성한다.	
실험 조건	
실험 장소 6호관 지능제어시스템 연구실 특이사항 근접센서와 적외선 센서 방식 동일 실험	

표4-2 구동방식비교 결과

No	방식			
	근접센서		적외선센서	
	전륜구동	후륜구동	전륜구동	후륜구동
1	70mm	80mm	46mm	50mm
2	65mm	75mm	45mm	55mm
3	75mm	85mm	52mm	45mm
4	62mm	70mm	43mm	51mm
5	60mm	80mm	44mm	62mm
6	70mm	93mm	55mm	72mm
7	85mm	72mm	43mm	52mm
8	75mm	85mm	54mm	65mm
9	60mm	82mm	44mm	42mm
10	70mm	81mm	41mm	72mm

결과분석	
기존에 선택된 전륜부 구동방식이 전반적으로 후륜 구동보다 나은 정밀도를 나타냈으며 근접센서 보다 적외선 센서가 높은 정밀도를 나타내었다.	

4. 4차 개선

-적외선 센서 제어

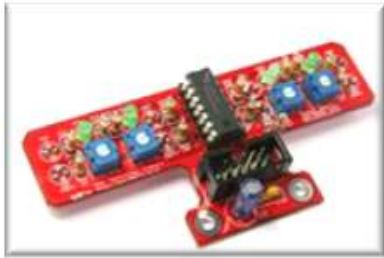


그림 4-4 적외선 센서

개발목표	
측정거리 5m를 기준으로 중심축에서 20mm를 벗어나지 않는 주행을 한다. 차체 중량을 30kg이하로 달성한다.	
실험 조건	
실험 장소 6호관 지능제어시스템 연구실	
특이사항 근접센서와 적외선 센서 방식 동일 실험	
Case 1 : 감속/가속을 고려한 선회 속도측면	
Case 2 : 정회전/역회전을 고려한 선회 반경측면	

표4-3 주행방식 비교결과

No	방식			
	좌회전		우회전	
	Case1	Case2	Case1	Case2
1	30mm	30mm	32mm	30mm
2	35mm	35mm	33mm	35mm
3	35mm	35mm	33mm	25mm
4	42mm	30mm	41mm	30mm
5	50mm	40mm	50mm	50mm
6	30mm	33mm	40mm	33mm
7	35mm	22mm	33mm	33mm
8	43mm	35mm	43mm	35mm
9	40mm	32mm	41mm	42mm
10	30mm	41mm	30mm	33mm

결과분석
Case1과 Case2를 비교 하였을 때, 비교적 큰 차이는 나타나지 않았지만 정회전/역회전을 채택한 Case2가 보다 나은 정밀도를 나타내었다.

-적외선 센서를 사용한 실험주행



그림 1-7 라인기 구동 전



그림 1-8 라인기 구동 후



그림 1-9 라인기 출발 모습



그림 1-10 라인기 직진 주행에 따른 석회가루 배출 현상



그림 1-11 라인기 선회 주행에 따른 석회가루 배출 현상

5. 5차 개선
-석회통개선

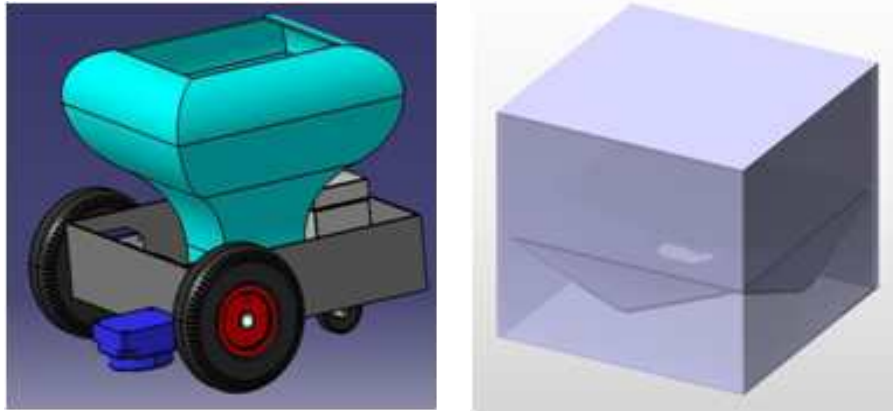


그림 4-5 기존의 석회통 외형도(좌측)와 개선된 석회통(우측)모습

개발목표	
측정거리 5m를 기준으로 중심축에서 20mm를 벗어나지 않는 주행을 한다.	
차체 중량을 30kg이하로 달성한다.	
실험 조건	
실험 장소	
6호관 지능제어시스템 연구실	
특이사항	
케이스와 석회통을 하나로 융합한 무게 절감	

구분	석회통구조	
	개선전	개선후
비용	₩150,000	₩43,000
무게	15kg	13kg

결과분석	
기존의 석회통과 케이스를 하나로 결합하면서 무게적 측면에 목표달성을 할 수 있었다.	

6. 6차 개선

-축 재선정 및 가공

개발목표	
측정거리 5m를 기준으로 중심축에서 20mm를 벗어나지 않는 주행을 한다.	
차체 중량을 30kg이하로 달성한다.	
실험 조건	
실험 장소 6호관 지능제어시스템 연구실 특이사항 석회가루 믹서축 재질 변경	

구분	재질	
	SM45C 구조탄소강	SNC415 니켈크롬강
비용	₩2,000(500mm)	₩4750(500mm)
무게	3.6kg	0.7kg

결과분석	
기존에 설계된 구조용 탄소강을 니켈 크롬강을 사용하여 중실축을 중공축 파이프로 변경한 결과 차체 중량이 27.9kg에서 24.5kg으로 중량이 감소되었다.	
	

제5장 결론

제1절 결론 및 고찰

1. 결론

품목	사양
DC모터(좌/우측) 2EA	소비전력: 15W, 소비전압: 12V, 토크: 0.5kgf, 회전수: 3000rpm
감속기(좌/우측) 2EA	감속비 1 : 60
센서(고주파 발진센서) 1EA	검출거리: 50mm, 소비전압: 12V
소프트웨어(ATmega128) 1EA	소비전압: 5V, 처리속도: 16MHz
아크릴판(석회통) 6EA	크기: 300mm*300mm, 두께: 5mm
고무바퀴(전륜)2EA, 우레탄바퀴(후륜)1EA	전륜: 156mm*12mm 두께: 48mm 후륜: 50mm*9mm 두께: 20mm
믹서축 1EA	재질: SM45C, 외경: ϕ 20 길이: 192mm
베벨기어 1EA	재질: SM45C, 잇수: 40
배터리(납축전지) 1EA	출력전압: 12V

변경품목	변경사양
DC모터(좌/우측) 2EA	-
감속기(좌/우측) 2EA	감속비 1 : 150
센서(적외선센서) 1EA	4ch 적외선 센서 보드
소프트웨어(ATmega128) 1EA	-
아크릴판(석회통) 6EA	-
고무바퀴(전륜)2EA, 우레탄바퀴(후륜)2EA	- 후륜: 30mm*7mm 두께: 20mm
믹서축 1EA	재질: SNC415
평기어 1EA	재질: SM45C, 잇수: 20
배터리(납축전지) 1EA	-

제작과정에서 기존에 설계되었던 품목들이 일부 변경하였는데 이는 개발목표를 달성하기 위해 개선사항을 거치면서 품목이 바뀌게 되었다.

기존의 라인기의 주행정밀도는 중심선에서 110mm를 벗어났지만 최종적으로 개선사항을 거친 후 주행정밀도는 중심선에서 37mm를 벗어나는 주행을 하였다.

또한 기존의 라인기는 차체 총 중량이 27kg이었으나 개선 된 라인기는 차체 총 중량이 24.5kg으로 중량을 감소시킬 수 있었다.

2. 고찰

이번 설계프로젝트의 목표는 기존의 라인기 매커니즘을 도입하고 금속탐지робот을 참고하여 석회배출이 금속라인을 따라 일정한 라인을 긋는데 기준거리 5m안에 중심축을 기준으로 20mm를 벗어나지 않는 것을 개발목표로 삼았었다.

개발목표달성을 위해 시행오차를 겪으면서 시제품 제작에 미흡한 문제점을 수없이 알게 되었다. 우리의 로봇라인기 완성도가 미흡한 점은 다음과 같다.

첫 번째, 메인테마 선정의 중요성을 파악하지 않고 막연한 생각으로 메인테마를 선정하였기 때문에 실패한 것이라 판단된다. 만약, 프로젝트 테마 선정에서 교수님의 코치를 듣고 좀 더 신중하게 고민을 하였더라면 다양한 측면에서 획기적인 테마가 도출되어 지금보다 더 나은 개발품과 더 적은 시행오차를 겪었을 것이라 판단된다.

두 번째, 메인테마를 선정 후 근접센서에 관한 모의실험을 실행했어야 하는데 NXT 라인트레이서를 모의실험모델로 선정한 것이 완성도가 낮은 결과를 초래했다. 라인트레이서는 적외선센서를 사용해서 근접센서보다 응답속도가 빠르기 때문에 근접센서를 사용하였을 때와 차이가 있다. 또한 적외선센서이기에 한 개의 센서를 가지고 주행이 가능했지만 근접센서의 경우 응답속도가 다소 적외선센서보다 느리기 때문에 라인가이드를 벗어나는 결과를 나타냈다.

세 번째, 우리는 제어에 대한 기본적인 지식이 부족했다. 모터제어를 하기위해 회로도 구성과 변압을 주는 과정, 센서와 연동하여 명령을 내리는 AVR소스제작 등 전반적으로 지식이 부족했기 때문에 제작시간이 계획한 일정보다 길어졌으며 비효율적이었다. 문제점이 있을 때마다 교수님과 메카트로닉스연구동아리 원들의 도움을 받고 심지어 외부 제작업체에 의뢰하였지만 회로도와 명령 소스에 대한 이해가 부족했기 때문에 라인기와 같은 간단한 구성을 제작하는데 시일이 걸렸다고 생각한다. 문제해결에 힘든 상황이 놓이는 경우에 분야에 맞는 전공교수님 또는 현지 전문 종사자들에게 자문을 통해서 얻는 방법이 효과적으로 문제해결 능력에 많은 도움이 되었다.

마지막으로 시제품 개발을 하면서 기계공학과와 연계된 교과과목의 중요성을 깨달았다. 기본적으로 역학 측면을 단계적으로 하지 않고 소홀히 학습하다 보니 실전에서 제품 제작에 어려움을 초래했다. 이 때문에 학년마다 주요 전공과목이 어렵다고 피하는 것은 어리석은 행동이라 생각되며 시행착오를 겪을수록 그만큼 지식수양에 발전이 된다.

프로젝트를 진행하면서 조기취업에 대한 무서움을 느낄 수 있었다. 왜 지도교수님께서 시제품 제작을 서둘렀는지 몸소 느끼고 있고 적은 인원으로 프로젝트를 수행하고 있다. 팀원간의 업무 효율을 극대화 할 수 있도록 각자 자신이 가진 강점을 살려 분담을 하는 것이 조장으로써 가장 먼저 해야 할 일이라 생각된다. 또한 진행과정을 수행하는데 시일이 예상치 못하게 소비 될 때 적절하게 인력분배를 하고 문제해결을 하는 것 또한 조장이 해야 할 일이라 생각된다. 로봇라인기를 제작하면서 팀워크의 중요성을 인지하였고 어느 한명이 나오 될 때 그 여파는 모두에게 업무 부하를 안겨주어 전체적인 측면에서 시제품제작 소요시간을 낭비하는 일이 되었다. 이 때문에 팀워크가 중요하다

게다가 설계경험을 통하여 개념설계와 상세설계를 얼마나 치밀하고 계획적으로 해야 되는

중요성을 알게 되었다. 부품설계 시 기존 규격과 치수를 조사하고 이에 맞추어 이론적인 설계를 설립하고 실질적인 가공에 도입하여 매칭이 되어야하는데 실질적으로 가공오차라는 요인 때문에 매칭이 어렵다. 이러한 이유로 개념설계가 얼마나 치밀하고 계획되어야 하는지 알게 되었다. 이 경험들을 토대로 새로운 프로젝트를 진행하면 지금보다 시행착오를 줄일 수 있을 것이라 생각되고 보다 나은 결과가 나타날 것이다. 그리고 성능평가와 보고서를 통해 작성방법과 보고, 평가 방법을 통해 일의 진행사항을 다시 한 번 되돌아 볼 수 있는 중요성 또한 인지하였다. 특히 문서를 작성할 때는 쉬운 단어 즉 제3자의 시관으로 보았을 때 누구나 이해하기 쉽도록 제작하고 문맥의 흐름에 맞게 작성하는 방법이 중요하다.

우리 크레센도가 애로사항을 해결하러 도움을 청할때마다 거절하지 않고 반갑게 응해주신 교수님과 카르페디엠, DU이노베이션, 버저비터, 3M 들에게 감사하다는 말과 함께 프로젝트의 최종보고서를 마무리 짓는다.

참고문헌

- 1) 고주파 발진형 근접 센서 시스템의 집적화를 위한 CMOS회로 설계
논문 94 2월 한국센서학회 센서학회지 제3권 1호 46-53 성정우, 최평
- 2) 센서용어사전 손병기 2011.1.20.
- 3) 수중 로봇 꼬리지느러미의 DC모터 제어 구동부 설계
2011 ICROS 대전 충청지부 학술대회 한국기계연구원 유이준, 박찬훈, 윤동원, 경진호
- 4) Measuring the Effectiveness of Teaching Introductory Programming Using LEGO Mindstorms Robots
동신대학교 김태희, 전남대학교 강문설
- 5) A case study of introduction to engineering design course using LEGO MindStorm NXT
한동대학교 이강
- 6) A Study on the Driving Algorithm for Line - Tracer Robot
우송대학교 컴퓨터 전자공학부 이석원, 최완호, 송인근
- 7) Development of Education Program for Line - Tracer Simulation using Scratch EPL
경인교육대 컴퓨터공학과 신갑천, 허경
- 8) 거리측정 및 표시기능을 가지는 라인기
한국특허정보원 특허출원번호 2020060013032
- 9) 운동장 라인표시기
한국특허정보원 특허출원번호 2020020006274
- 10) 라인기 석회 출구 개, 폐 조정기
한국특허정보원 특허출원번호 1020020042227
- 11) 물과 석회 라인을 함께 그을 수 있는 6륜 라인기
한국특허정보원 특허출원번호 1020100124560
- 12) 한국산업표준(KS) KS B 6969 서비스 로봇의 이동기능 특성 측정방법
- 제3부: 위치정밀도 시험의 위치 정밀도 실험방법

부록

제1절 기술 동향 분석

1. 차량형 이동로봇의 위치 추정 정밀도 향상 기법 및 자동 주차 제어

<p>제목 : 차량형 이동로봇의 위치 추정 정밀도 향상 기법 및 자동 주차 제어</p>	
<p>출처 : 로봇공학회 논문지 제3권 제1호 고려대학교 기계공학과 이국태</p>	
<p style="text-align: center;">직선 운동에 대한 로봇의 이동</p>	
<p>오도메트리(주행거리측정)에서 구조적, 비구조적 오차를 줄이는 방법으로 다음과 같은 기법을 제안한다. 자동차와 같은 기구학 모델에 대해 구조적 오차 요인을 정의하고 이를 보정하는 방법에 대해 언급하고 외부 센서를 이용하지 않고 전, 후륜 오도메트리 정보를 융합하는 확장 칼만 필터를 통해 차량의 위치에 대한 불확실성을 줄이는 방법을 설명한다.</p>	
<p>차이점</p>	<p>그림 1에서 나타난 바와 같이 왼쪽 바퀴가 미소 크기 ϵ 만큼 크다고 가정하였을 때 실제 이동 궤적은 직선인 반면, 오도메트리는 위로 치우 쳐져서 그림 1에 점선처럼 나타나게 되는 것을 확인 후, 전륜부 구동축 바퀴와 지지축 바퀴의 이상적인 위치와 개수를 선정 하였다.</p>

2. 수중 로봇 꼬리지느러미의 DC모터 제어 구동부 설계

<p>제목 : 수중 로봇 꼬리지느러미의 DC모터 제어 구동부 설계</p> <p>출처 : 2011 ICROS 대전 충청지부 학술대회 한국기계연구원 유이준, 박찬훈, 윤동원, 경진호</p>	
<p>모터성능곡선</p>	<p>구동 제어 시스템</p>
<p>수중 로봇의 환경 감시와 인명 구조를 위한 역할의 요구가 증대됨에 따라, 수중 물고기 꼬리지느러미의 구동과 움직임에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 수중 로봇 물고기의 구동이 주로 RC 서보모터에 의존하여 구동하기 때문에 구동력에 한계가 있다고 판단하여 DC 기어 모터를 사용하여 효율적인 구동력을 나타내기 위한 연구를 한 논문이다.</p>	
<p>차이점</p>	<p>토크에 따른 모터 성능 곡선으로 로봇 라인기에 대한 적절한 모터를 선정할 수 있었으며 구동 제어 시스템의 대략적인 개념을 알 수 있었다. 하지만 수중 로봇 물고기를 구동하기 위해서 DC모터에 로터리 엔코더(회전 변위량을 변환하는 센서)를 장착하여 회전각과 회전속도를 감지하는 시스템을 구현하였다면 우리가 제작하는 로봇 라인기는 로터리 엔코더가 불필요하기 때문에 토크에 따른 DC모터 선정을 하였다.</p>

3. 거리측정 및 표시기능을 가지는 라인기

(Line maker having function to measure and display distance)

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 상세정보 공고전문 등록사항 </div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> 서지정보 인명정보 행정처리 청구항 지정국 선행기술조사문헌 </div>	
Int. CL	A63C 19/06(2006.01)
출원번호(AN)/일자(AD)	2020060013032 (2006.05.16)
출원인	장익만
등록번호(GN)/일자(GD)	2004233000000 (2006.07.31)
공개번호(OPN)/일자(OPD)	
공고번호(PN)/일자(PD)	(2006.08.04)
국제출원번호(FN)/일자(FD)	
국제공개번호(FON)/일자(FOD)	
최종처분내용	설정등록의뢰
도구 사항	스머 / 드로콜루나



거리측정 및 표시기능을 가지는 라인기 특허자료

본 고안은 운동장 등에 라인의 표시와 그어지는 길이를 측정할 수 있으며, 필요에 따라 위치를 표시할 수 있는 거리측정 및 표시기능을 가지는 라인기를 얻기 위한 것인 바, 손잡이와 바퀴와 석회 가루통이 구성된 라인기에 있어서, 본체 바퀴의 회전기어에 맞물려 회전하도록 축기어가 구성되어 회전수를 측정하는 회전수 측정부에서 측정된 회전수와 이미 입력하여 세팅한 이동 거리를 계산하여 디스플레이창에 되도록 구성된 제어 수단부를 포함하여 구성함으로써, 라인을 쉽게 원하는 위치까지 그릴 수 있으며, 또 라인의 거리를 표시할 수 있는 매우 뛰어난 효과가 있으며, 특히 거리의 단위를 선택할 수 있도록 디지털화하여 사용자가 편리하게 사용할 수 있는 특징이 있다.

차이점	외형과 석회통이 분리된 형식이며 거리측정 기능이 없으며, 자동주행이 가능하다.
------------	---

4. 운동장 라인표시기(omitted)

상세정보		공개전문	공고전문	등록사항
<p> 서지정보 인용정보 행정처리 원구상 지정국 신청기술조사현황 </p>				
Int. CL	A63C 19/08(2006.01)			
출원번호(AN)/일자(AD)	2020020006274 (2002.02.25)			
출원인	노해도			
등록번호(GN)/일자(GD)	2002767980000 (2002.05.16)			
공개번호(OPN)/일자(OPD)	(2002.05.25)			
국제출원번호(FN)/일자(FD)				
국제공개번호(FON)/일자(FOD)				
회공처분내용	실정 등록의뢰			
				
<p>운동장 라인표시기 특허자료</p>				
<p>몸체에 회분비산 방지판과 뚜껑 및 배출구와 손잡이대를 구성하고 바퀴를 주축에 축착구성하며 뒷바퀴도 축에 축착한 다음 축의 내부에 브러쉬를 장착한 라인기에 있어서, 주축 양단에 구멍을 뚫고 R형 체결핀으로 체결한 다음 주축에 체인기어를 장착하고 함체 상단 또는 중단에 축설한 회전축에도 체인기어를 장착하여 체인으로 연동하며 회전축 내부에는 다수의 회전날개를 구성된 특징으로 한 운동장 라인표시기.</p>				
<p>차이점</p>	<p>석회통 내부에 주축으로 석회가루의 응고를 막는다면 고안한 제품은 석회가루가 나오는 부분에 축을 설치하여 석회가루의 출하량을 조절한다.</p>			

5. 라인기 석회 출구 개, 폐 조정기(Liner opening regulator)

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 상세정보 공개전문 </div>	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 서지정보 인명정보 행정처리 청구항 지정국 선정기술조사원명 </div>	
Int. CL.	A63C 19/08(2006.01)
출원번호(AN)/일지(AD)	1020020042227 (2002.07.15)
출원인	진기터
등록번호(GN)/일지(GD)	
공개번호(OPN)/일지(OPD)	1020040007178 (2004.01.24)
공고번호(PN)/일지(PD)	
국제출원번호(FN)/일지(FD)	
국제공개번호(FON)/일지(FOD)	
최종서분내용	거절결정(일반)



라인기 석회 출구 개, 폐 조정기 특허자료

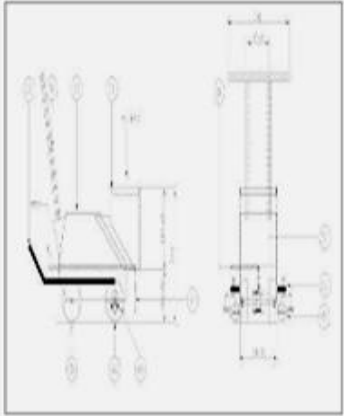
본 특허는 실외 운동시설 줄긋는 기계의 석회 출구에 개, 폐 조정기를 장착하여 석회의 종류나 운동장 상태에 따라 출하량을 조절하는 개, 폐 손잡이를 작동하여 개, 폐 조정기를 조절함으로써 출하량을 사용자가 조정할 수 있어 편리하며, 라인기를 운동장에서 이동할 때 라인기에서 석회가 흘러나와 운동장이 더럽혀지는 것을 개, 폐 조정기를 이용하여 석회 출구를 폐쇄하여 이동함으로써 운동장 시설을 보다 깨끗하고 쾌적한 상태로 유지할 뿐만 아니라 기존의 라인기는 이동시 석회 출하를 막기 위해 들어 옮기는데 불편함을 가지고 있는데 개, 폐 조정기를 장착하면 석회 출구를 조절판이 폐쇄하여 이동할 때 석회 출하를 막아 자유롭게 이동할 수 있어 라인기 이동에 따른 불편함을 해결 할 수 있다.

차이점	야구장에 쓰이는 용도로 직각라인이 필요 없으므로 개폐 조정기를 장착하지 않고 자동 주행을 하며 직진성 정밀도 향상을 목표로 하였다.
------------	---

6 물과 석회 라인을 함께 그을 수 있는 6륜 라인기

(The Liner with six wheels drawing water and chalk powder lines.)

<p>상세정보 공개전문</p> <p>서지정보 인명정보 행정처리 청구항 지경국 선별기술조사원형</p>	
Int. CL	A63C 19/08(2006.01)
출원번호(AN)/일자(AD)	1020100124560 (2010. 12. 07)
출원인	정준상 김영수
등록번호(GN)/일자(GD)	
공개번호(OPN)/일자(OPD)	1020120063402 (2012. 06. 15)
공고번호(PN)/일자(PD)	
국제출원번호(FN)/일자(FD)	
국제공개번호(FON)/일자(FOD)	
최종처분내용	거절결정(일반)



물과 석회라인을 함께 그을 수 있는 6륜 라인기 특허자료

운동장 등에 석회분과 물을 선택적으로 이용하여 라인을 그을 수 있으며, 이동에 있어 편리함을 제공하기 위해 보조바퀴를 사용하는 라인기를 얻기 위한 것인 바, 손잡이와 바퀴와 석회 가루통이 구성된 기존의 라인기에 있어서 본체부, 물 밸브를 열고 닫음으로써 이동하는 라인기 앞 쪽의 물분사 노즐을 통해 물을 이용한 라인이 형성되는 급수부라인기 본체부 뒤 쪽의 업/다운 스위치를 통해 보조 바퀴를 작동시켜 앞쪽 바퀴와 연결된 본체부 내부의 회전 롤러 브러시의 활동을 억제하는 보조 바퀴 작동부를 포함하여 구성함으로써, 라인을 형성할 때 물라인, 석회라인, 물과 석회를 결합한 라인을 선택적으로 그을 수 있으며, 특히 라인기의 이동 시에 앞바퀴를 들고 뒤로 이동하는 불편함을 해소하는 매우 뛰어난 효과를 가짐으로써 사용자가 라인기를 다양한 방법으로 편리하게 사용할 수 있는 특징이 있다.

차이점	기존의 수동 라인기에 불편함이 있다면 자동 주행이 가능하다.
------------	-----------------------------------

제2절 라인기 구동 소스

```
#include <avr/io.h>
#define F_CPU 16000000
#include <avr/interrupt.h>
#include <util/delay.h>
volatile int duty1,duty2;
unsigned char sensor;

ISR(TIMER0_OVF_vect)
{
    OCR0=duty1; //오른쪽바퀴
}

ISR(TIMER2_OVF_vect)
{
    OCR2=duty2; //왼쪽바퀴
}

int main()
{
    DDRB=0xFF;
    DDRC=0xFF;
    DDRF=0x00;

    SREG=0x80; // sei(); 전체 인터럽트를 허용

    TCCR0 = 0b01101110; //0x6f; //0b01101111고속 PWM 모드
    TCCR2 = 0b01101100; //0x6c; //0b01101100
```

TIMSK = 0x7d; //타이머/카운터0 , 타이머/카운터2 발생하는 오버 플로우 인터럽트를 개별적으로 허용

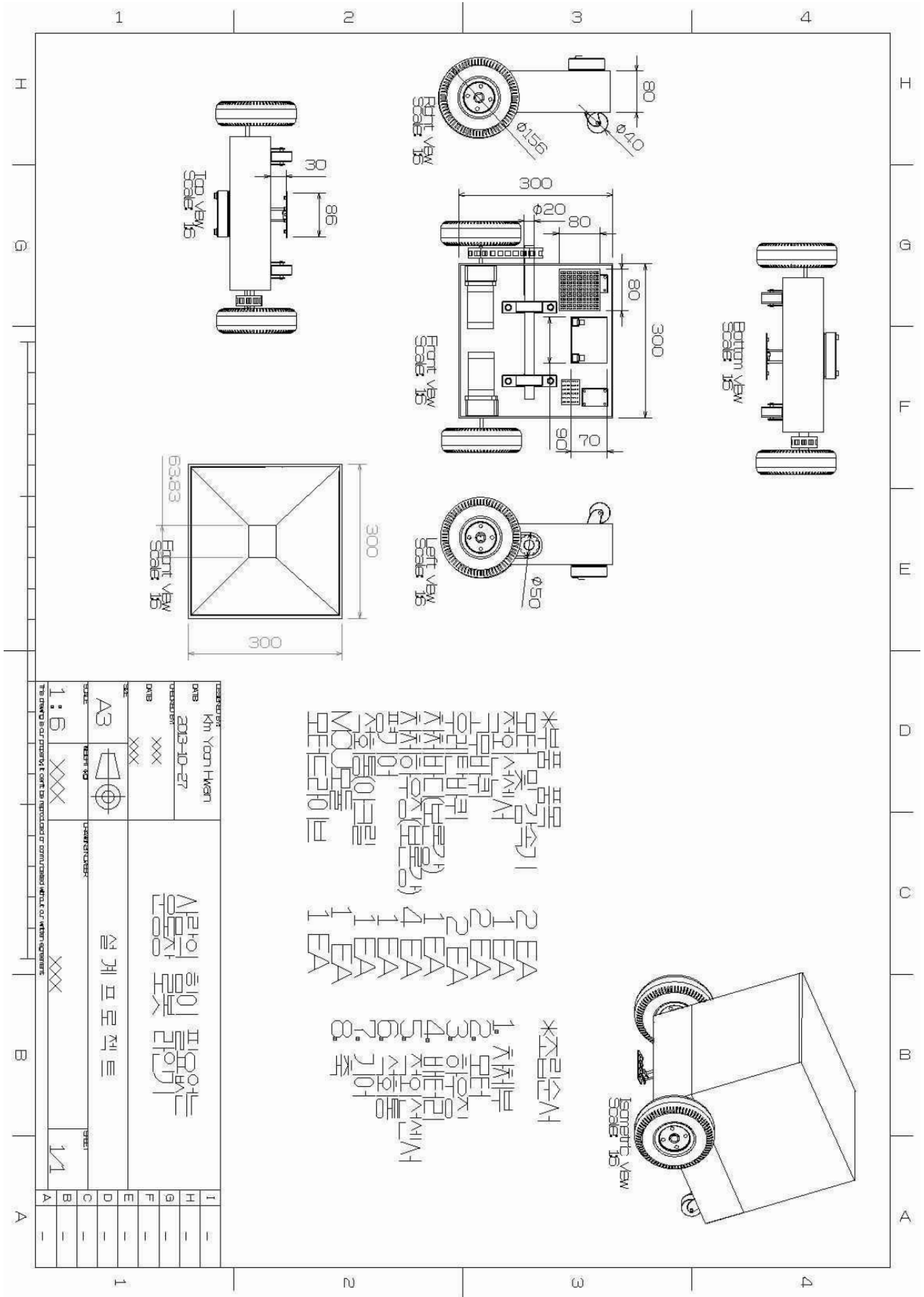
```

while(1)
{
    PORTF = 0x00;
    sensor = PINF & 0x0f;

    switch(sensor)
    {
        //우 회전
        case 13: PORTC = 0xf3; PORTB = 0b10010100;
duty1 = 255;    duty2 = 255; break;
        case 14: PORTC = 0xfc; PORTB = 0b10010100;
duty1 = 255;    duty2 = 255; break;
        case 12: PORTC = 0xf0; PORTB = 0b10010100;
duty1 = 255;    duty2 = 255; break;
        case 8 : PORTC = 0xc0; PORTB = 0b10010100;
duty1 = 255;    duty2 = 255; break;
        case 4 : PORTC = 0x30; PORTB = 0b10010100;
duty1 = 255;    duty2 = 255; break;
        //좌 회전
        case 7 : PORTC = 0x3f; PORTB = 0b10110000;
duty1 = 255; duty2 = 255; break;
        case 11: PORTC = 0xcf; PORTB = 0b10110000; duty1 = 255; duty2 =
255; break;
        case 3 : PORTC = 0x0f; PORTB =
0b10110000; duty1 = 255; duty2 = 255; break;
        case 1 : PORTC = 0x03; PORTB =
0b10110000; duty1 = 255; duty2 = 255; break;
        case 2 : PORTC = 0x0c; PORTB =
0b10110000; duty1 = 255; duty2 = 255; break;
        //전진
        case 15: PORTC = 0xff; PORTB = 0b10110100;
duty1 = 255;    duty2 = 255; break;
        //정지
        case 0 : PORTC = 0xaa; PORTB =
0b01001000; duty1 = 0; duty2 = 0; break;
    }
    /* if(duty1>254) duty1=0; else duty1++;
    _delay_ms(100);
    PORTB= 0xfa; //11111010
    _delay_ms(200);
    PORTB= 0xfe; //11111110
    _delay_ms(200);
    */
}
return 0;
}

```

제3절 조립도면



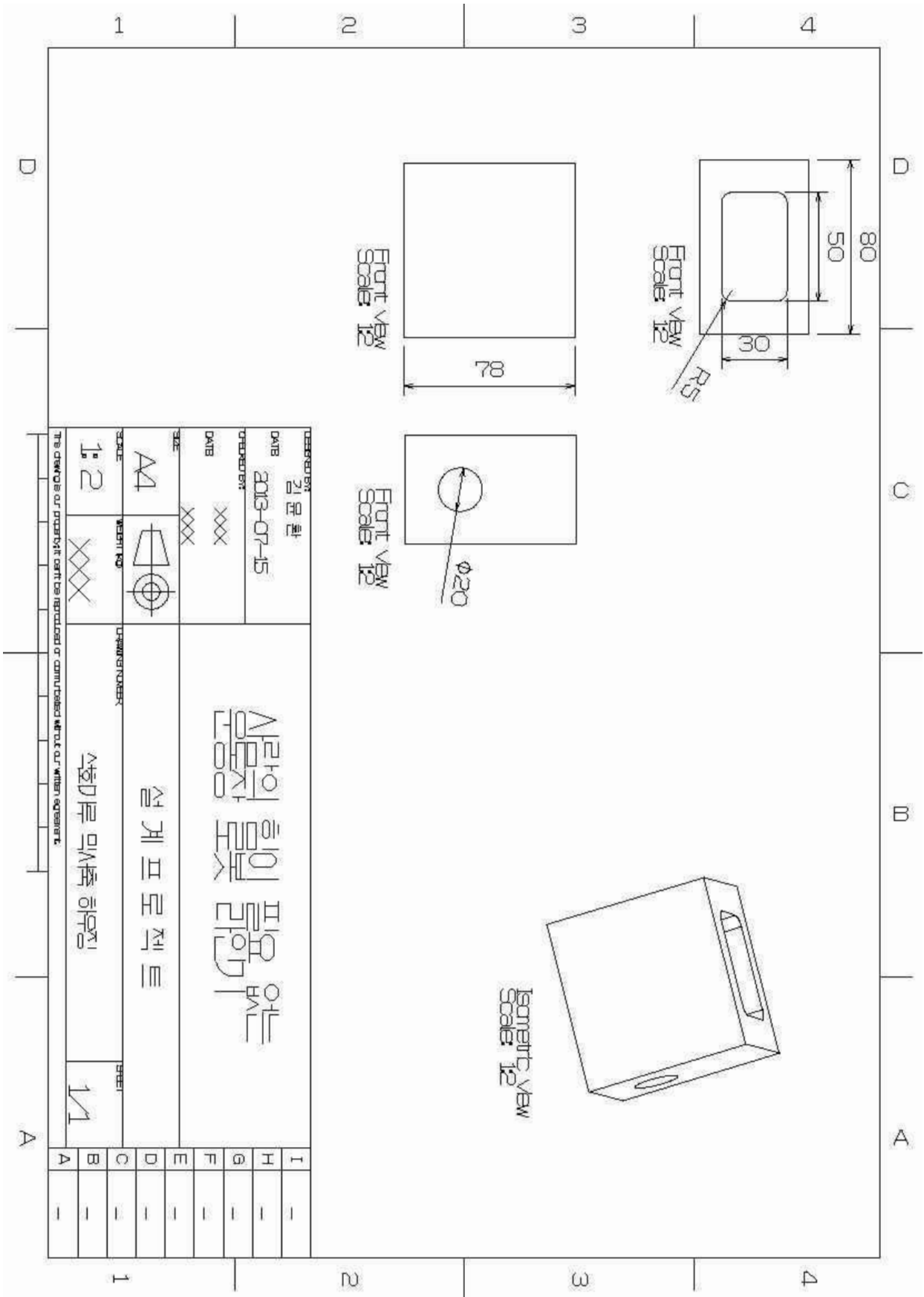
DESIGNER	Kim Yoon-Hwan	
DATE	2013-10-27	
ORDER NO.	XXX	
SIZE	XXX	
SCALE	A3	
VERTICAL	XXX	
DESIGN NUMBER	실계프로젝트	
DATE	11	
1	A	-
2	B	-
3	C	-
4	D	-
5	E	-
6	F	-
7	G	-
8	H	-

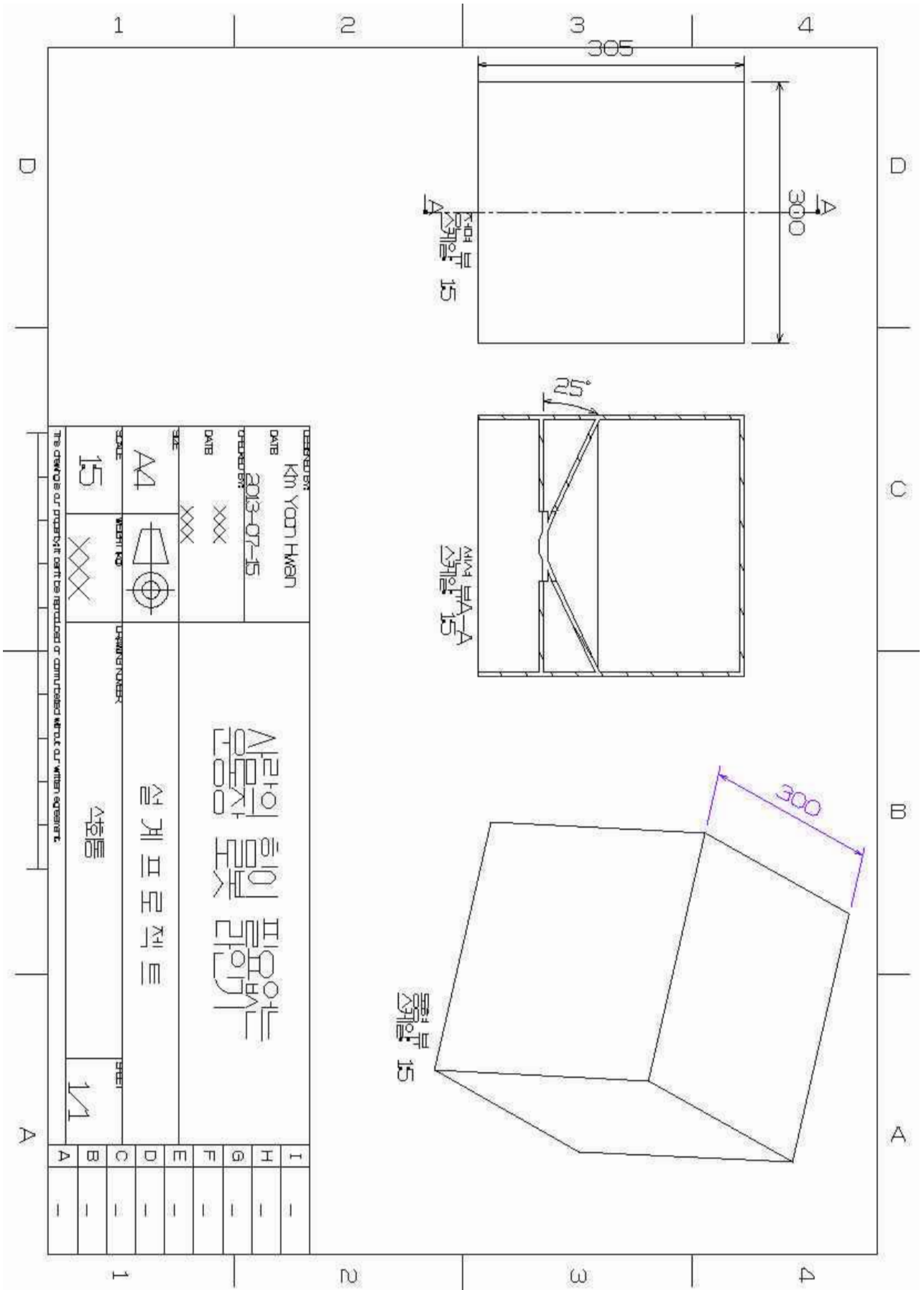
조립순서

1. 하체부
2. 상체부
3. 바늘리
4. 바늘리
5. 바늘리
6. 바늘리
7. 바늘리
8. 바늘리

조립순서

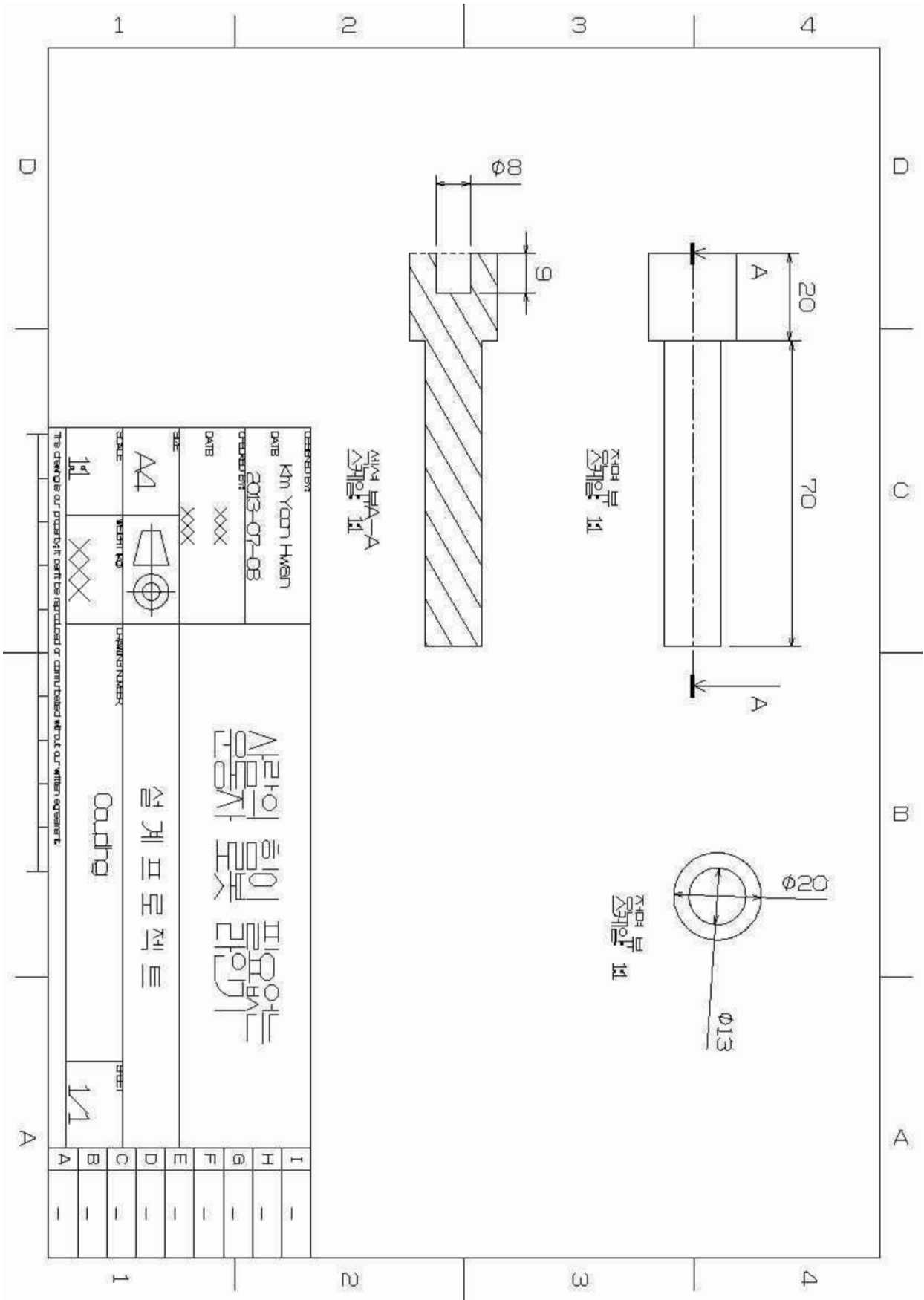
1. 하체부
2. 상체부
3. 바늘리
4. 바늘리
5. 바늘리
6. 바늘리
7. 바늘리
8. 바늘리

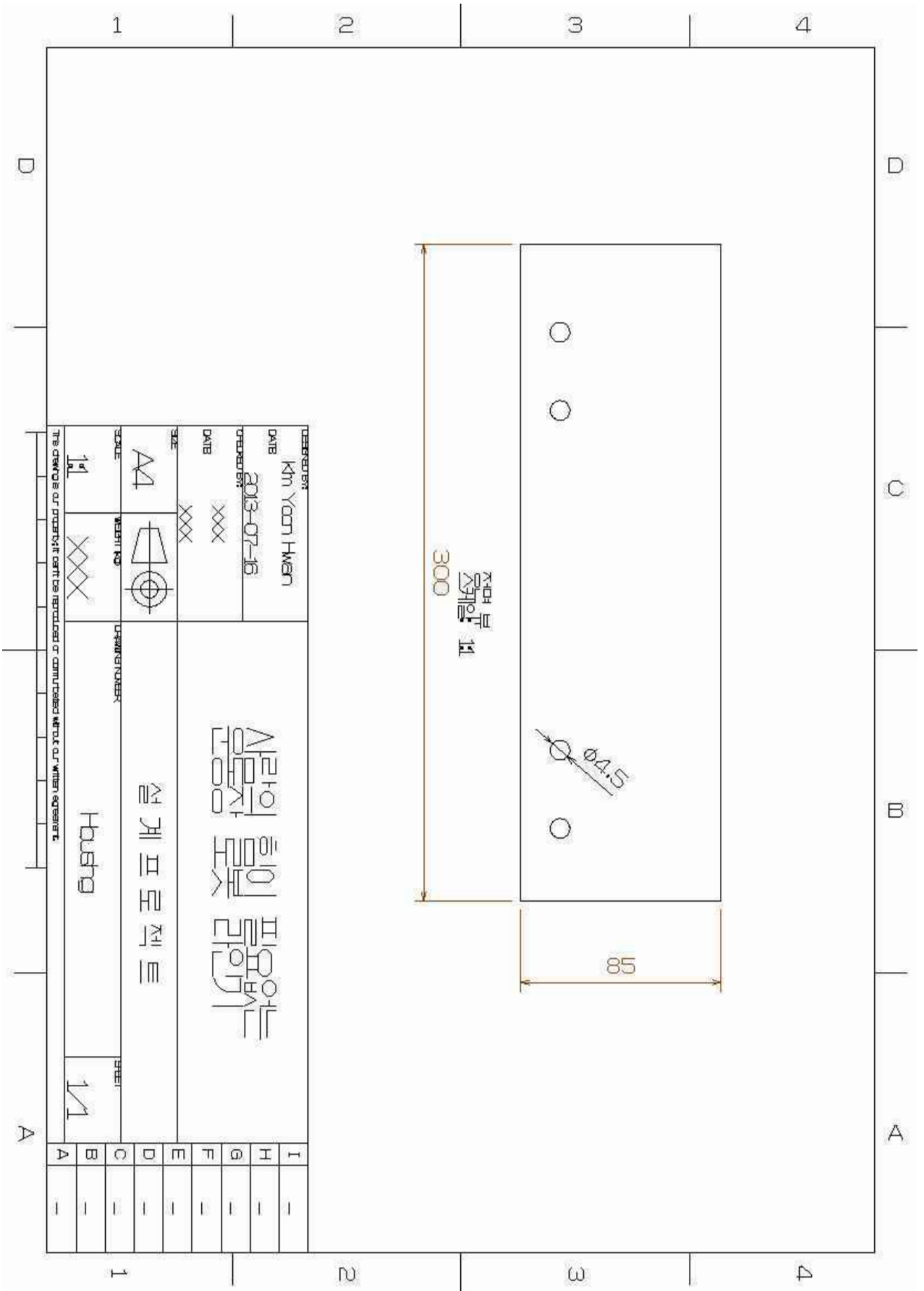




DESIGNER'S NAME KIM YOON HWAN		시련의 힘이 피요하는 영혼의 로켓 라이언기 프로젝트	DRAWING NUMBER 시호동		SHEET 1/1
DATE 2013-07-15	DATE XXX		SCALE A4		
DATE XXX	DATE XXX	SCALE 1:1		THE CREATOR OF PROPERTY RIGHTS IS PROTECTED BY COMPUTER SOFTWARE. ALL RIGHTS RESERVED.	
DATE XXX	DATE XXX	SCALE 1:1		THE CREATOR OF PROPERTY RIGHTS IS PROTECTED BY COMPUTER SOFTWARE. ALL RIGHTS RESERVED.	

I	-
H	-
G	-
F	-
E	-
D	-
C	-
B	-
A	-





DESIGNER Kim Yoon Hwan	DATE 2013-07-16	서울의힘이 피요하는 임플란트 플랫폼 디자인기 설계 프로젝트	SCALE 1/1	WEIGHT NO. XXXX	DRAWING NUMBER Housing	SHEET 1/1	1	-
DATE XXX	DATE XXX		1	-	2	-	3	-
The contents of present cert be reproduced or communicated without our written agreement.							4	-

