

기계설계프로젝트 최종보고서

상수도 배관 탐사 로봇

팀명 : T.I.M.E

지도교수 : 이 동환 교수님

2014. 6. 10

대구대학교 공과대학 기계자동차공학부

제 출 문

기계자동차공학부 학부장 귀하

본 보고서를 "상수도 배관 탐사 로봇 시제품 개발" 의 연구결과보고서로 제출합니다.

2014. 6. 10

연구기관 : 대구대학교 기계자동차공학부

연구기간 : 2013. 9. 1 ~ 2014. 6. 10

지도교수 : 이 동 활 교수님

연구책임자 : 최 정섭

공동연구자 : 김 경찬
이 진섭
전 유미
정 석주

요 약 문

1. 과제명

“상수도 배관 탐사 로봇”

2. 정량적 개발목표

- 3개의 바퀴가 120도 간격으로 배관에 밀착이 되고, 주행속도 5~10cm/s 와 무게를 20kg에 맞추어서 설계한다.
- 기구부 총 길이 약 440mm, 폭 약 80mm, 높이 약 80mm
- 2.5m PVC파이프(Φ600~800mm) 왕복탐사

3. 개발 내용 및 범위

이 시제품은 실린더를 이용, 벽면 압착 방식으로 배관 내에서의 탐사 및 주행을 위해 충분한 주행능력을 확보하면서 또한 배관의 내경이 달라지더라도 실린더를 이용해 최적으로 유지시켜 다양한 크기의 배관 내부에서의 적응성을 확보하는 한편 일정한 내경을 갖는 배관의 내부 이동시 내벽에 형성된 이물질 등 돌출부분으로부터의 유연성 확보와 원활한 이동을 도모하는 배관의 내부 탐사 및 작업용 로봇의 제공을 목적으로 한다.

4. 결 론

초기의 목표는 120도 간격으로 3개의 선형 조인트를 가지는 상수도 배관 탐사 로봇으로 무게 약 20kg, 최대속도 5cm/s에 도달하도록 설계 및 제작을 하는 것이었다. 설계프로젝트의 저예산을 가지고 소형화된 탐사 로봇을 만들기 위해서 목표 성능이 낮게 설정된 것은 사실이다.

시제품의 특성상 잦은 설계 수정이 있었으나 전체적인 설계의 완성도를 높이기 위해 3개에서 2개의 선형 조인트를 가지는 상수도 배관 탐사 로봇으로 전체적인 방향을 수정하였다.

그 결과, 총길이 500*390*210(mm), 무게 20.2.kg, 최대속도 12.5cm/s를 가지는 상수도 배관 탐사 로봇을 만들었다.

목 차

제1장 서론	1
제1절 과제 개발 배경.....	1
제2절 과제의 목적.....	1
제3절 과제의 정량적 목표.....	2
제4절 필요성 및 기대효과.....	2
제2장 과제도출 과정	3
제1절 후보과제.....	3
제2절 과제선정 결과.....	6
제3장 연구내용	7
제1절 이론적 연구	7
제2절 특허조사/분석 및 시장조사.....	10
제4장 상세설계	17
제1절 기본설계	17
제2절 설계수정	18
제3절 사양서	22
제4절 시스템 구성도	25
제5절 시제품 조립도	26
제6절 시제품 부품도	27
제7절 회로도	28
제8절 C소스 프로그래밍	29
제5장 성능평가	34
제1절 정량적 목표.....	34
제6장 결론	35
제1절 결론.....	35
제2절 고찰.....	35
제3절 문제점 및 향후계획.....	36
[참고문헌]	37

제1장 서론

제 1 절 과제 개발 배경

1) 현황 및 문제점

- 전국 상수도관망 총 연장 156,000km 의 23%에 달하는 35,000km가 21년 이상 된 노후 관으로 녹물발생 및 누수의 주원인
- 2009년 기준 10년간 ('99~'09) 노후 수도관으로 인한 누수량은 84억 m^3 으로 누수 손실액은 약 5조 9000억 원에 달함
- 녹물, 이물질 등 2차 오염으로 수돗물 불신 지속
- 노후 상수관망은 경과 년 수(20년 이상)만을 고려하여 단순교체
- 체계적이고 과학적인 관망 노후상태 파악이 미흡, 지자체 전문성 부족으로 관망 진단에 소극적



위와 같은 문제가 현재에도 계속 발생하는 가운데, 이번 시제품 개발을 통해 위의 문제에 대한 해결방안을 찾기 위해 이 과제를 시작하게 되었다.

제 2 절 과제의 목적

- 이 로봇은 배관의 내부를 주행하는 로봇으로, 작업자의 접근이 용이하지 않은 지하에 매설된 강관 내부 탐사용 로봇이다. 상수도의 경우 강관 내 형성된 이물질과 균열로 그곳을 통과하는 물이 식수로 사용하기에 부적절한 상황이 발생할 수도 있다.

이에 기존에는 지하에 매설된 강관을 지상으로 들어내어 위 상황에 대한 보완작업이 이루어졌으며, 이 과정에서 적지 않은 시간과 비용이 소모되었다. 따라서 강관이 지하에 매설된 상태를 유지하면서 검사를 수행할 수 있는 매개체 개발의 필요성이 증가하게 되었고 배관 내부 탐사 시 로봇에 의해 연속적으로 검사가 이뤄지게 되므로 작업시간을 단축시킬 수 있다.

제 3 절 과제의 정량적 목표

- 주행속도 : 5~10cm/s
- 기구부 총 길이 약 440mm, 폭 약 80mm, 높이 약 80mm
- 2.5m PVC 파이프(Φ600~800mm) 왕복탐사
- 전체무게 20kg

제 4 절 필요성 및 기대효과

- 이 로봇은 배관의 내부를 검사하는 로봇으로, 작업자의 접근이 용이하지 않는 지하에 매설된 강관 내부 탐사를 실시한다. 지하에 매설된 강관을 작업할 경우 사람이 접근하기 힘든 직경을 가지는 배관에 대해서 위험요소가 따르며 지상을 들어내어 작업이 이루어지게 되므로 이 과정에서 적지 않은 시간과 비용이 소모된다.

배관 내부 탐사용 로봇은 매설된 배관을 지상으로 들어내어 교체를 하거나 세척 및 코팅을 하기 전, 먼저 배관 내부를 탐사하여 수리가 필요한 부분의 배관을 찾아내어 배관이 지하에 매설된 상태를 유지하면서 작업을 할 수 있다.

배관 탐사 로봇을 개발함으로써 인건비 절감, 시간 절약, 위험 회피를 위한 효율적인 작업이 기대된다.

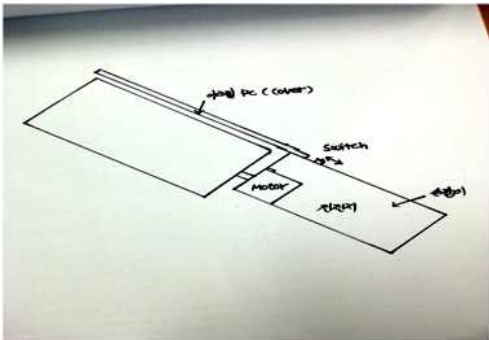
제2장 과제도출 과정

제 1 절 후보과제

(1) 자동 칠판지우개



- 자동칠판지우개는 버튼을 누르면 자동으로 좌우로 움직이며 칠판 위에 적힌 내용을 지우는 기기.
- 수증기를 분사해 필기 흔적을 닦아내는 방식. 때문에 기기 밑에 달린 조그만 통에 물을 수시로 채워야한다.

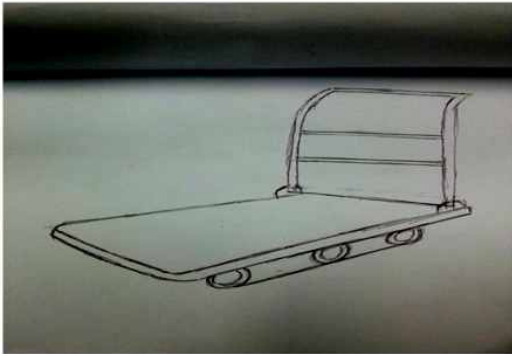


- 아이디어 부분
: Switch 를 켜면 모터가 한쪽 방향으로 회전하여, 아크릴 Cover 부분이 인체에 유해한 분필가루가 사람이 있는 방향으로 날아오지 않게 Cover하는 부분이다.

- 고안점

현재 있는 자동칠판지우개는 크기가 크고 비용도 비쌌뿐만 아니라 수시로 관리해야 하는 불편함이 있어 유해한 분필가루를 사람에게 날리지 않는 방향으로 단순화 시켜 가격을 낮추고 필요한 부분만 설계한다.

(2) 무한궤도 핸드카



- 재료나 작업 원을 운반하는 소형 수동 차.
수동 운송에 있어서 큰 무게인 물체를 옮길 때엔 힘이 많이 들어가거나 바퀴의 회전이 자유롭지 못한 단점이 있다.

- 아이디어 부분

: 계단을 오르내릴 수 있는 핸드 카

무거운 짐을 끌고 다니면서 경사로가 없는 계단을 오를 땐 짐을 다시 손으로 올리고 실는 경우가 많다.

캐터필러 (Caterpillar)를 바퀴부분에 장착하여, 이동에 수월하고 계단에서 짐을 수월하게 옮기는 방법을 착안하였다.

- 작동원리

: 기존 핸드 카 바퀴 대신 캐터필러 (Caterpillar)를 장착하는 방식이다.

- 특징

: 계단을 오를 수 있다.

: 무거운 짐을 옮길 때 모터를 장착하여 작은 힘으로 이동이 가능하다.

(3) 영구자석



- 부식, 침식 등에 의한 파이프의 손상은 발전설비 강제 정지의 가장 빈번한 원인이다.

그러한 원인을 미연에 방지하고자 영구자석(네오디움)과 센서를 이용하여 부식, 침식 부위를 찾는다.

- 작동원리

: 영구자석에서 나오는 정(static)자기장과 센서에서 유발되는 동(dynamic)자기장을 이용하여 파장을 만들고 만들어진 파장을 이용해 결함을 찾는다.

- 특징

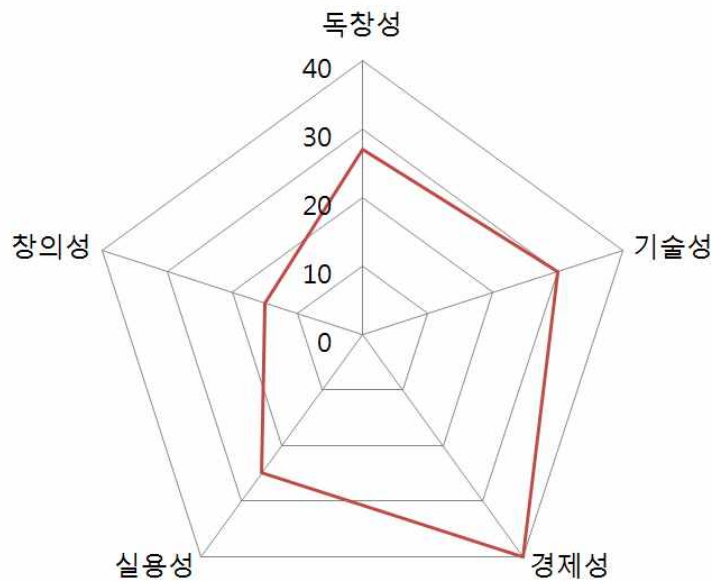
: 한 자리에서 많은 파이프 검사를 할 수 있다.

: 작은 결함이라도 파장의 세기와 길이를 달리 하여 손쉽게 찾을 수 있다.

제 2 절 과제 선정 결과

선정 아이디어 : 상수도 배관 탐사로봇

선정 기준	선정 이유
경제성	<ul style="list-style-type: none"> - 제품의 가격 절감 - 인력 비용 절감 - 상수도 수리비용 절감
기술성	<ul style="list-style-type: none"> - 구조가 간단하다 - 경량화 할 수 있다 - 타이밍 벨트를 이용해 수막현상을 방지한다
실용성	<p>검사를 용이하게 할 수 있도록 사용이 가능하게 만들기 위해 기존 장비보다 크기는 작게, 무게는 가볍게 한다. 따라서 기존의 로봇보다 공간의 제약을 덜 받으며, 휴대가 간편하다.</p>



제3장 연구내용

제 1 절 이론적 연구

- 작업 수행을 위해서는 센터 유지가 중요하며 이를 위해 로봇과 강관을 최소 3점 이상 접촉 및 지지되어야 한다. 따라서 강관 검사용 로봇은 센터를 유지하면서 보조 장치들을 포함한 무게를 견인할 수 있는 구조가 되어야 한다. 로봇과 원형관의 3점 이상 지지를 위해 120 or 90도 간격으로 3~4개의 선형 조인트를 가지는 구조를 나타낸다.
- 주행 방식을 무한궤도를 이용한 구조, 바퀴의 형태를 바꾼 구조, 다리형태의 보행형 구조와 같이 세 가지 형태로 크게 나누어질 수 있다. 이들 구조 중 평지 속도 및 에너지 효율은 낮으나 최적의 주행성능을 보이며 널리 사용되는 무한궤도를 사용하고 싶으나 비용의 문제로 타이밍벨트로 대체하고 미끄럼 방지를 위해 타이밍벨트를 이용한 어태치먼트 벨트를 선정하게 되었다.
- 선형운동 조인트에 스프링과 같은 수동적인 기계요소를 사용하는 것보다, 선형 운동을 생성하는 액추에이터를 사용하는 것이 센터 유지 능력 향상을 위해 바람직하다. 이러한 선형 운동을 생성시킬 수 있는 구동체는 공압 실린더, 회전모터, 래크와 피니언 그리고 회전 운동을 직선운동으로 변환시켜주는 볼스크류의 조합을 생각할 수 있다.

① 주행 메커니즘 및 구동부 설계 검토 사항

- $\varnothing 350\sim 400$ (제작비용 절감)의 상수도관 내부 탐사로봇용 주행모듈 제작
(표준 $\varnothing 600\sim 800$ 의 상수도관)
 - 반경방향 액추에이터 : 리프트형 링크구조, 공압실린더, 래크와 피니언, 스프링형 링크
 - 주행타입 : Track 형
 - 유선통신
 - 3점 or 4점 지지구조
 - 메인바디 : 사각구조 or 육각구조
- 필수요건 사항
 - 부하중량 및 자중 총합 : 약 20kg 가정
 - 동력원 : 전기(주행부), 공압 리프트 구동 및 스프링

② 메커니즘 도출 시 검토내용

- 환경변수와 전체 스펙이 확정되면 실린더용량 및 각 모듈의 스펙을 결정하고, 이를 기초한 전체 사이즈 확정
- 트랙모듈의 구동은 전기모터
- 링크구동은 공압, 스프링 또는 래크와 피니언으로 구성
- 로봇에 전원 및 영상 등을 제공하는 케이블에 가해지는 장력
- 배관 내에서 영상 촬영 시 실시간 데이터 전송과 균열을 탐지하는 방법

③ 메커니즘 3D 개념 설계

- 외곽사이즈 : 최대 300mm이내
- 트랙높이 : 어태치의 높이(약 6mm)를 포함한 높이 80mm
- 트랙높이를 제외하면 50mm 이내
- 타이밍벨트를 이용한 어태치먼트 벨트 선정
- 모터의 스퍼기어 외경

④ 모터선정 계산 근거

- 차체무게 W: 20kgf (트랙모듈 : 15kgf)
- 주행속도 V: Max : 10cm/s, Min : 5cm/s
- 바퀴지름 D: 8cm, 비율 2.7 : 1

※ RPM

$$l = \pi \times D = 25.1 \text{ cm}$$

10cm/s로 주행 시, 약 2.5초 후 1회전 (24rpm)

5cm/s로 주행 시, 약 5초 후 1회전 (12rpm)

※ 관성모멘트

$$I = \frac{1}{2}MR^2 = \frac{1}{2} \times 15 \times 0.04^2 = 0.012 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

※ 최대부하

$$\frac{F}{A} = 2.0 \times 10^8 \text{ N/m}^2 \text{ (알루미늄 압축 강도)}$$

$A = 7.34 \times 10^{-3} \text{ m}^2$ 이므로 지탱할 수 있는 최대부하는 $F = 1.5 \times 10^6 \text{ N}$

제 2 절 특허조사 분석 및 시장조사

(1) 특허조사의 의의

본 고안을 위해서 고려되어야 할 사항은 다음과 같다.

독창성 / 기술성 / 실용성 / 경제성

위 4가지 사항을 고려해야 하는데, 이 중에서 기계종합설계의 의의에 맞는 독창적인 제품의 고안과 시제품 제작, 그리고 고안해낸 아이디어와 관련된 특허의 여부를 조사하여서 독창적 가치가 있는지의 여부를 파악하고, 비슷한 특허가 있다면 유사점과 차이점을 적어서 특허 침해로부터 자유로울 수 있는지 등을 파악하기 위함이다.

독창성

- 시중에 판매 되고 있는 제품이 있는가?
- 특허에 침해 되지 않는가?

기술성

- 공학적인 기술 요소가 포함 되어있는가?
- 소비자들이 원하는 기술적 성능을 가지고 있는가?

실용성

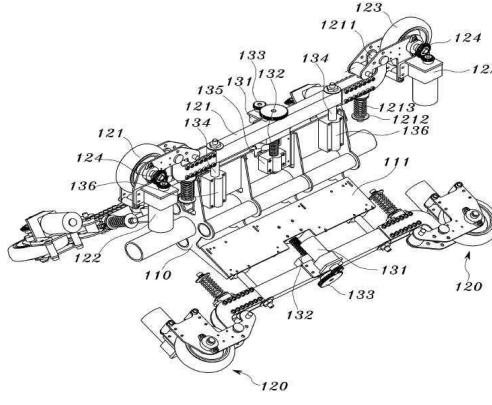
- 사용자들이 스스로 구매하고 싶은 제품인가?
- 사용자들이 필요로 하는 제품인가?

경제성

- 유사 제품에 비하여 가격이 저렴한가?
- 가격 대비 효율적인 면을 가지고 있는가?

발명명칭	출원번호	상태	출원인	등록일자
쓰레기 배출관 청소용 로봇	1020060076020	등록	(주)비즈탑	2008.02.29
배관 검사 및 청소 로봇	1020050086063	등록	(주)삼성중공업	2007.01.11
공조덕트의 청소 로봇	1019880014431	소멸	닛뽕원톤가부시기가이사	1994.03.22
발명명칭	출원번호	상태	출원인	공개일자
파이프 청소 로봇	1020090090872	공개	(주)삼성중공업	2011.03.31
발명명칭	출원번호	상태	출원인	등록일자
배관의 내부 탐사 및 작업용 로봇	1020070057595	등록	(주)비앤비	2010.07.15
배관의 내부검사 및 청소용 로봇	1020050125827	등록	정석동,정청수	2008.03.17

출원 번호	1020070057595
최초출원일자	2007.06.13
출원인	(주)비앤비

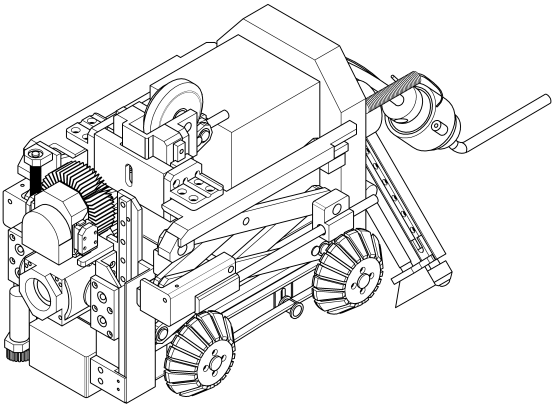
핵심특허 및 관련성	특허명	배관의 내부 탐사 및 작업용 로봇
	보유국	한국
	등록년도	2010.07.15
	관련성(%)	50%
	유사점	- 120도 간격으로 돌출된 고정대
	차이점	- 배관의 내경에 따라 실린더를 이용한 크기 조절
	대표도면	

● 특허분석

길이 방향으로 내부에 다수의 관통공을 형성하고 외부에 120도 간격으로 돌출된 고정대를 구비하는 본체와 상기 본체의 고정대와 일치되게 방사상으로 배치되어 상기 배관의 내벽에 압착된 상태로 이동하게 구동부 및, 상기 고정대와 구동부에 장착되어, 상기 구동부를 승강시키면서 배관의 내벽에 압착된 상태를 유지하게 하는 압착부를 포함하도록 설계되어졌다.

120도 간격으로 고정대를 설치하여 그곳에 구동부를 설치하는 개념은 본 프로젝트 테마와 비슷하지만, 특허는 승강볼트와 평기어를 통해 결합된 압착모터를 구동시켜 배관의 내벽에 밀착시키는 시스템이고, 본 프로젝트는 공압실린더를 이용하여 배관의 내벽에 밀착시키는 시스템이기 때문에 채택되어진 기술에서 큰 차이를 볼 수 있다.

출원 번호	1020050086063
최초출원일자	2005.09.15
출원인	삼성중공업

핵심특허 및 관련성	특허명	배관 검사 및 청소 로봇
	보유국	한국
	등록년도	2007.01.11
	관련성(%)	10%
	유사점	- 폴리 와 타이밍 벨트가 연결되어 바퀴를 회전
	차이점	- 배관의 내경에 따라 실린더를 이용한 크기 조절
	대표도면	

● 특허분석

배관 검사 및 청소 로봇으로서, 상기 로봇의 하부에 위치하며 상기 로봇을 이동시키는 이동부, 상부에 배관의 내면과 접하여 회전할 수 있는 지지바퀴를 포함하고, 상하의 높낮이 조절이 가능하며, 상기 이동부의 상부에 위치하는 지지부, 이물질의 관의 내면으로부터 분리하는 브러시 작동부 및 상기 브러시 작동부를 상하로 이동시키는 브러시 상하 이동부를 포함하며 상기 지지부의 전방에 위치하는 브러시부, 상기 로봇의 전방을 감지하는 전방 카메라, 상기 전방 카메라 및 상기 브러시부를 제자리에서 회전시키는 전방 카메라 롤회전부 및 상기 카메라 렌즈가 관내 상부와 하부로 향하도록 상기 카메라를 회전시키는 전방 카메라 틸트 회전부를 포함하며 상기 브러시부에 장착되는 전방 카메라부, 상기 브러시 작동부에 의한 관의 내면으로부터 분리된 이물질을 흡입하는 흡입부 및 상기 흡입부를 관의 내경을 따라 회전시키는 청소기 회전부를 포함하며 상기 지지부의 후방에 위치하는 청소기부, 상기 로봇에 전원 및 영상 등을 제공하기 위한 케이블에 가해지는 장력을 감지하는 케이블 장력 감지부를 포함하는 것을 특징으로 하는 배관 검사 및 청소 로봇

출원 번호	1020050086063
최초출원 일자	2005.09.15
출원인	삼성중공업

핵심특허 및 관련성	특허명	배관의 내부 검사 및 청소용 로봇
	보유국	한국
	등록년도	2007.01.11
	관련성(%)	10%
	유사점	-
	차이점	- 배관의 내경에 따라 실린더를 이용한 크기 조절
	대표도면	

● 특허분석

본 발명은, 로봇 몸체의 전면에는 브러시 장착대를 설치하여 브러시장착대의 전면부에는 선단에 브러시가 설치되는 한 쌍의 브러시암을 축으로 설치하되 브러시 개폐장치부에 의해 축을 기준으로 브러시암과 함께 브러시를 개폐시킬 수 있고, 각 브러시암의 선단에 장착되는 브러시를 자전용모터에 의해 자전시킬 수 있으며 상기 브러시 장착대를 브러시 공전장치부에 의해 회전시켜 브러시 개폐장치부와 함께 브러시를 공전시킬 수 있도록 된 배관의 내부검사 및 청소용 로봇에 관한 것이다.

출원 번호	1020060076020
최초출원 일자	2006.08.09
출원인	(주)비즈탑

핵심특허 및 관련성	특허명	쓰레기 배출관 청소용 로봇
	보유국	한국
	등록년도	2008.02.29
	관련성(%)	10%
	유사점	- 전/후륜 바퀴가 연결체도에 의해 연결되어져 있다.
	차이점	- 바퀴 연결체도가 액슬 하우징부분과 타이밍 폴리 부분과의 연결부위에 의한 구동방식
	대표도면	

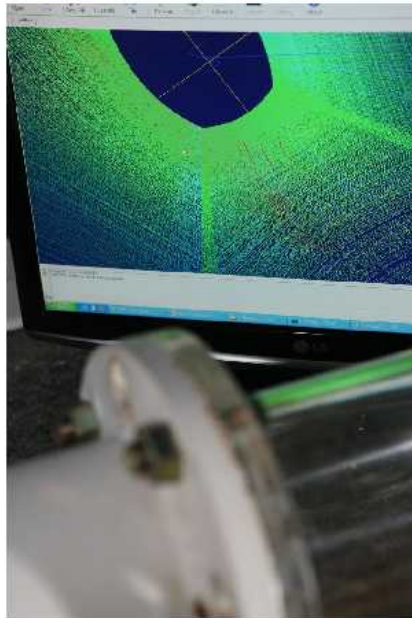
● 특허분석

본 발명은 아파트 및 공동주택이나 건물의 쓰레기를 버리는 배출관을 원활히 주행하고 쓰레기 및 기타 이물질로 인해 막혀 있는 관의 소통을 가능하게 함과 동시에 관내부의 청소와 쓰레기를 적출 할 수 있는 이동로봇(쓰레기 배출관 청소용 로봇)에 관한 것으로, 상기 로봇의 헤드부에 장착된 다목적 집게발은 상대물을 정확히 잡아서 견인할 수 있고 브러시는 정·역회전에 의해 관 내부의 녹과 스케일을 제거할 수 있으며 창 및 삽날 형태의 다양한 도구를 통해서 관 내부의 청소 및 쓰레기와 이물질을 수거하고 외부로 유출 시켜 관의 소통을 원활히 하게 한다.

(2) 시장조사



지름 10cm 배관 내부 결함 비파괴 검사 로봇



배관 내부를 3차원으로 재현한 모습



투명 배관에 넣고 작동하는 모습

위의 로봇은 한국원자력연구소 원자력융합기술개발부 김승호 박사팀이 개발한 로봇으로, 화력발전소 내부의 지름 10cm 배관 속을 100m까지 자유롭게 이동하면서 레이저를 이용해 배관 내부에 존재하는 1mm 이하의 이물질, 파임, 돌출 등 미세 결함을 탐지해 낼 수 있는 비파괴 검사 로봇이다.

이 로봇은 4방향에서 발사되는 레이저 주사를 이용, 배관 내부의 모습을 3차원으로 복원한 다음 고화질로 전송함으로써 1mm 이하 (탐지 가능 최소 크기 0.47mm) 크기의 미세 결함까지 정확하게 탐지할 수 있다.



▲ 한국환경공단에서 '상수관망 로봇보급사업'의 성과를 보고하는 세미나가 16일 대전 문화예술의 전당 컨벤션 홀에서 열린다. 사진은 상수관망로봇 워터젯 클리닝 장비

한국환경공단이 16일 대전 문화예술의 전당 컨벤션 홀에서 지난 3년간 (2011년 4월~2014년 4월) 진행된 상수관망 로봇보급사업을 마무리하는 성과 보고 세미나를 개최한다.

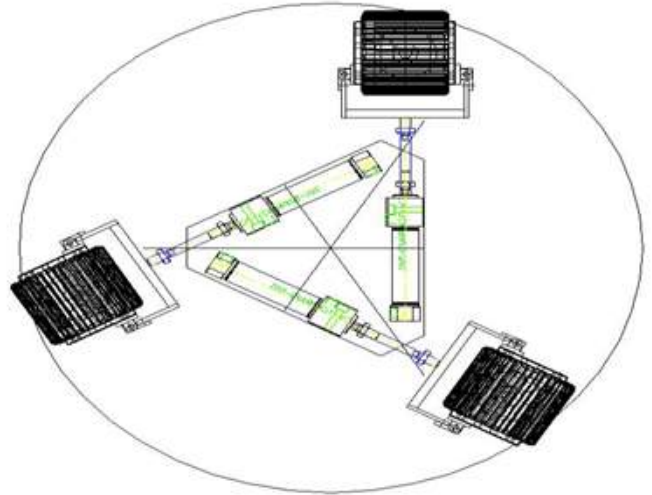
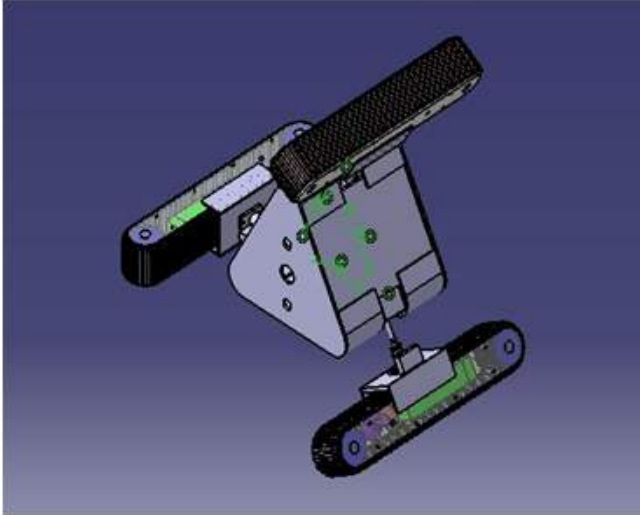
이번 세미나에서는 산업통상자원부와 환경부 등 유관 부처를 비롯 한국로봇산업진흥원, 한국환경공단, 포스코, 수자원기술 등 관계 기관 전문가들이 참석해 사업과정을 되돌아보며 향후 대응방안 들을 논의한다.

상수관망 로봇보급사업은 한국로봇산업진흥원의 시장창출형 로봇보급사업의 일환으로 환경공단이 세부 전담기관으로 참여했다. 지금까지 상수도 관망 진단과 누수탐사/세척/갱생용 로봇을 개발해 농어촌 지역 및 지방 상수도를 중심으로 적용성과 효과성을 검증받았다.

이러한 상수관망 로봇의 개발은 사람의 손길이 닿지 않는 수도관 내부 진단과 탐지는 물론 세척과 갱생을 통해 관로 수명을 연장할 수 있어 열악한 지방 재정과 지방 상수도 개선에 도움이 될 것으로 기대한다.

제4장 상세설계

제 1 절 기본 설계

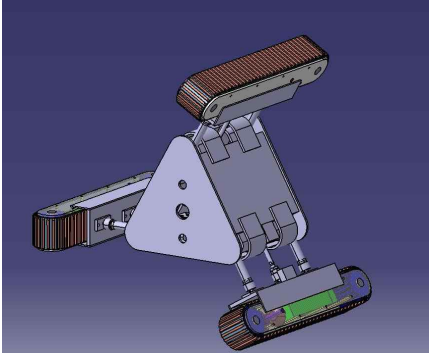
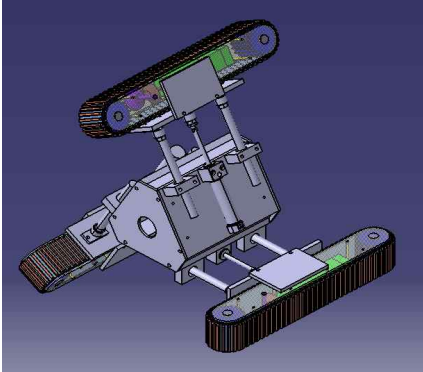
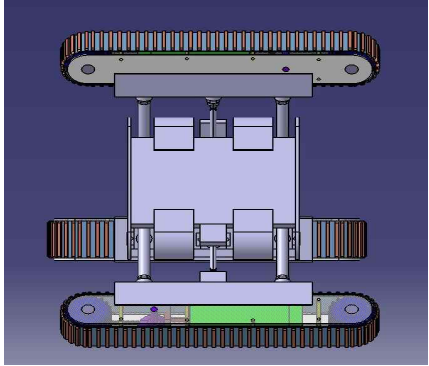
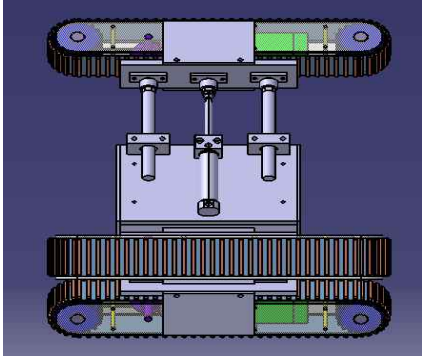


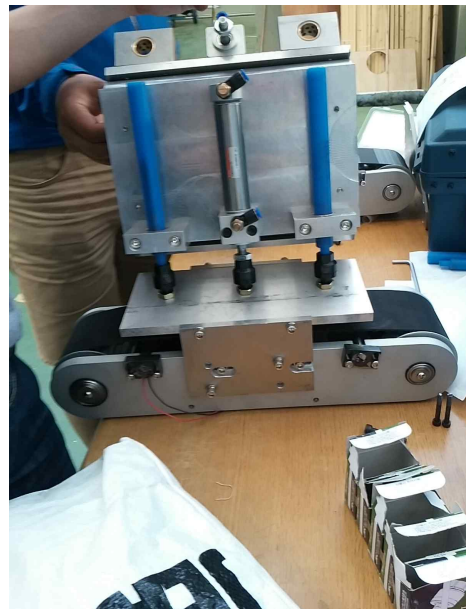
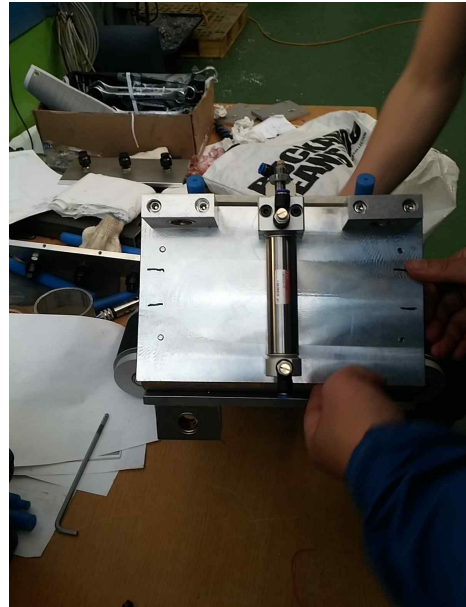
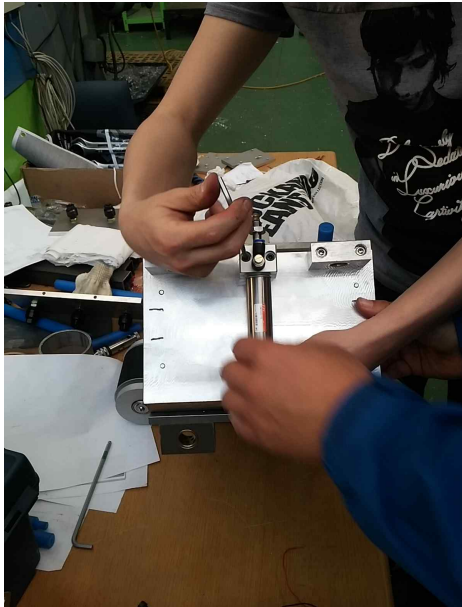
공압실린더 3개, 3개의 트랙이 동시 구동, 플로팅 조인트

- 120도 간격으로 3개의 지지점에 링크형 3점지지
- 주행부 - 트랙모듈
- 메인바디 - 삼각형
- 구동부 액추에이터 - 트랙모듈 3ea + 공압실린더 사용 - 상하로 높이를 조절

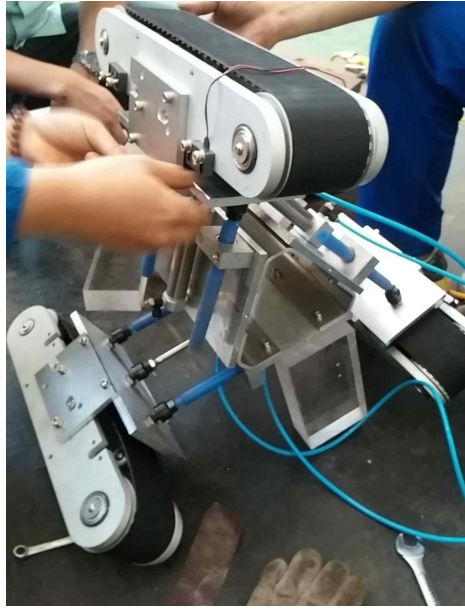
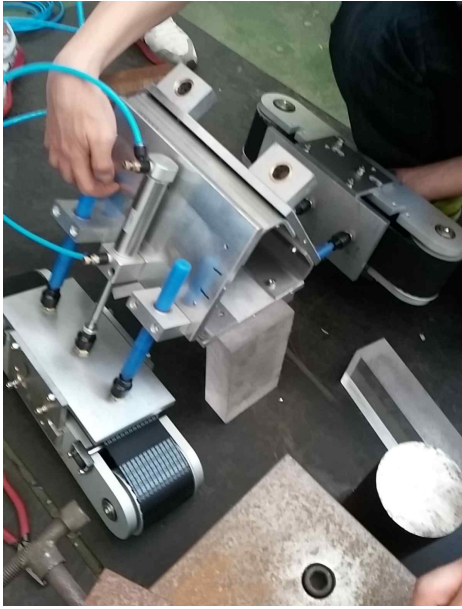
제 2 절 설계 수정

- 1st model

	변경 전 모델링	변경 후 모델링
그림		
		
구동전압	DC 12V	DC 12V
크기	D680 * W434 * H200	D700 * W434 * H200
차이점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 안쪽에 붙어있었던 실린더와 지지대를 밖으로 노출함으로써 실린더 최대 스트로크 시 전체적인 크기 증가 2. 볼조인트를 사용하여 구동부와 벽면의 밀착도를 높임 	

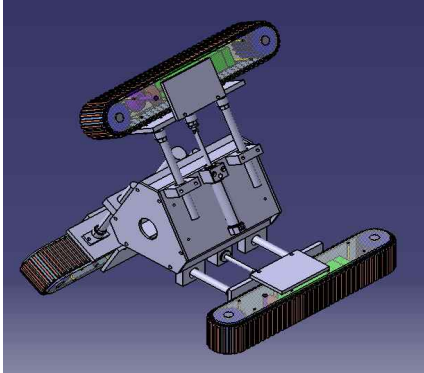
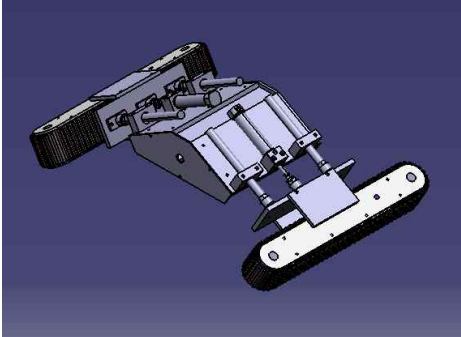
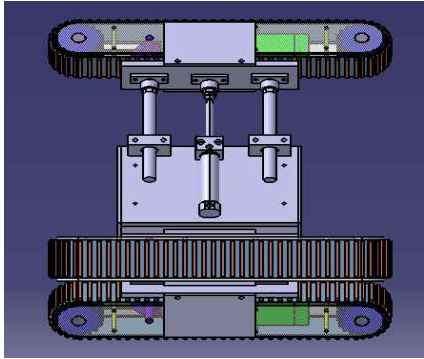
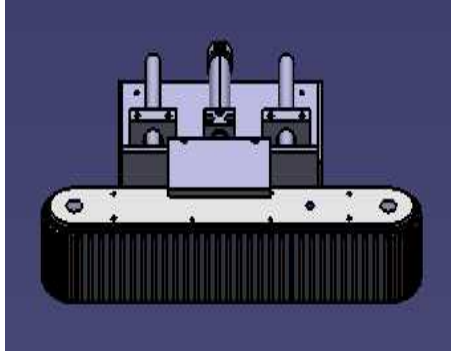


<1차 설계수정 후 조립>



<1차 설계수정 후 조립>

- 2nd model

	변경 전 모델링	변경 후 모델링
그림		
		
구동전압	DC 12V	DC 12V
크기	D700 * W434 * H200	D720 * W415 * H22
차이점	<ol style="list-style-type: none"> 1. 볼조인트를 제거하고 바디 사이의 각도를 120도로 맞추으로써 벽면과 밀착할 때의 뒤틀림을 바로 잡음. 2. 구동부 바퀴를 3개에서 2개로 함으로써 전체적인 무게 감소 	

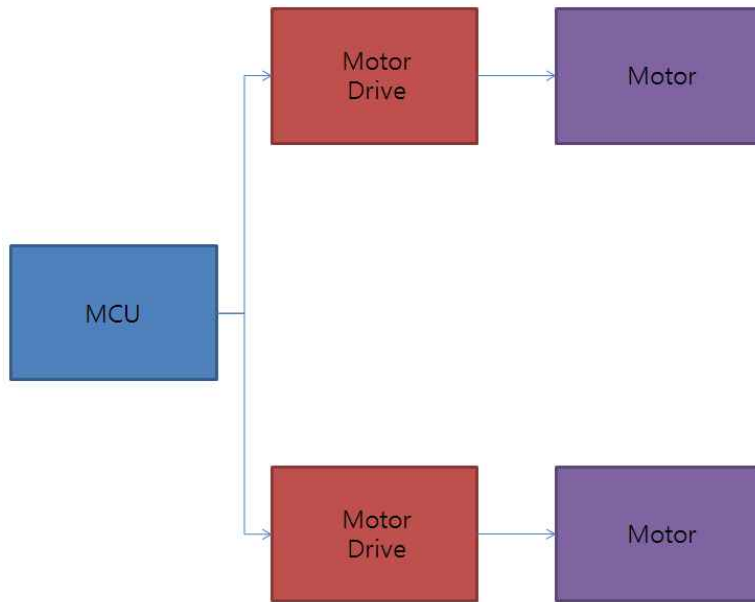
제 3 절 사양서

구분	제원
	<p>제품명 : IG-32RGM 05TYPE (12V) 판매처 : 디엔지위드 무게 : 529g 감속비 : 1/189 RPM : 29 TORQUE : 12N-cm</p>
<p>유성기어 감속모터</p>	
	<p>제품명 : MAI-1MT-4DC V2.0 제조사 : M.A.I 판매처 : 디바이스마트 특징 : 1개의 DC모터를 최대 4A의 전류로 구동할 수 있으며, PWM을 이용한 속도제어 및 정/역방향 구동이 가능</p>
<p>모터드라이브</p>	
	<p>제품명 : KD-128PRO-C 제조사 : New TC 특징 : MCU 모듈을 연결하여 ATmega128로 개발 가능 ATmega128의 모든 포트가 10핀 커넥터로 연결되어 있음</p>
<p>MCU</p>	

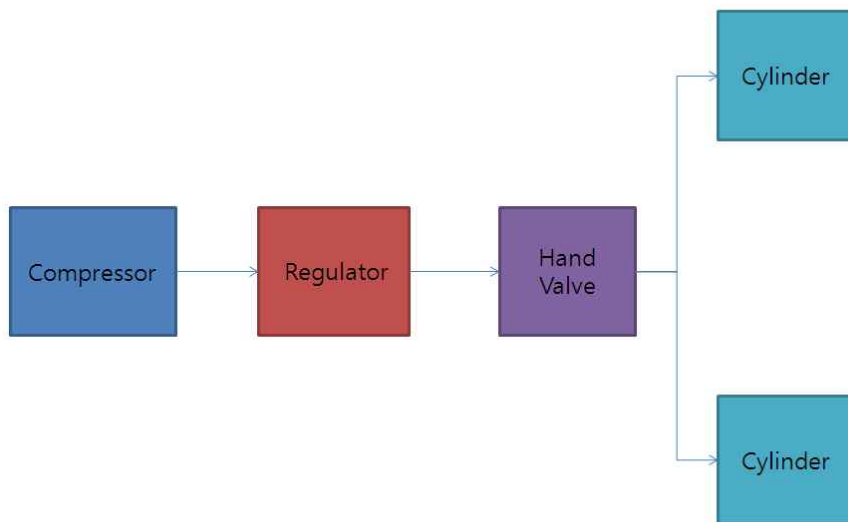
구분	제원
	<p>제품명 : TCM2RK A25-75 판매처 : TPC 메카트로닉스 특징 : 각형 로드커버에 의해 직접 부착이 가능한 실린더</p>
공압 실린더	
	<p>제품명 : 124L x 9W 375H x 76w 판매처 : 아주정밀기어</p>
어태치먼트 벨트	
	<p>제품명 : H x 20T H x 20T L x 10T 제조사 : 아주정밀기어</p>
타이밍 풀리	

구분	제원
 <p data-bbox="469 745 564 786">베어링</p>	<p data-bbox="810 479 1126 519">제품명 : 624-내경 Φ4</p> <p data-bbox="938 539 1126 580">608-내경 Φ8</p> <p data-bbox="810 600 1107 640">판매처 : 동명베어링</p>
 <p data-bbox="469 1292 564 1332">베어링</p>	<p data-bbox="810 1003 1315 1043">제품명 : 6001ZZ-내경 Φ12+스냅링</p> <p data-bbox="938 1064 1315 1104">6003ZZ-내경 Φ17+스냅링</p> <p data-bbox="810 1124 1107 1164">판매처 : 동명베어링</p>
 <p data-bbox="453 1899 580 1939">납축전지</p>	<p data-bbox="810 1547 1270 1588">제품명 : 로켓트 축전지 ES7-12</p> <p data-bbox="810 1608 970 1648">전압 : 12V</p> <p data-bbox="810 1668 1002 1709">용량 : 7.0Ah</p> <p data-bbox="810 1729 995 1769">무게 : 2.5kg</p>

제 4 절 시스템 구성도



<제어 라인>



<공압 라인>

Compressor에서 공급된 공기압을 Regulator로 40~50MPa로 조절하여 Hand Valve를 통해 두 개의 공압 실린더에 공급

제 5 절 시제품 조립도

AUTOCAD 도면 - 반드시 A3용지에 출력할 것

- 3각법에 의한 2D 도면으로 표현, 부품번호 표기

- 표제란(시제품의 명칭, 설계자, 척도, 출도일자, ...),

- BOM(부품번호 반드시 표시), 주기란, 재질 및 표면처리, 공차 등이 포함되어야 함

CATIA 도면 - 필요에 따라 추가할 수도 있음

제 6 절 시제품 부품도

위 조립도에서 제시된 각 부품에 대해 부품번호순으로 부품도를 AUTOCAD 2D 도면으로 각각 A4용지 가로 출력할 것

도면작성 기본요령은 조립도와 동일

제 7 절 회로도

제 8 절 C소스 프로그래밍

```
// #####  
// ~ 2014.5.20  
// TIME TEAM Project  
// #####  
  
#include <avr/io.h>  
#define F_CPU 16000000  
//#include <avr/interrupt.h>  
#include <util/delay.h>  
  
/*  
AVR          MDRIVER  
-----  
PC0          IN_1  IN_1-low  IN2-high  cc  
PC1          IN_2  IN_1-high  IN2-low   ccw  
PC2          /EN  
  
PB5(OC1A)    PWM1  
PB6(OC1B)    PWM2  
PB7(OC1C)    PWM3ccc7  
*/  
  
#define IN_1  PC0  
#define IN_2  PC1  
#define EN    PC2  
//#define MISO PB3  
//#define OC0  PB4  
  
#define OC1A  PB5 //pwm  
#define OC1B  PB6  
#define OC1C  PB7  
  
#define TOP 1023
```

```

void fast_stop()
{
    PORTC &= ~(1<<IN_2); //FAST TOP
    PORTC &= ~(1<<IN_1);
}

void cw()
{
    PORTC |= (1<<IN_2); //CW PORTC |= (1<<DIR);
    PORTC &= ~(1<<IN_1); //CW
}

void ccw()
{
    PORTC &= ~(1<<IN_2); //CCW
    PORTC |= (1<<IN_1); //CCW
}

int main(void)
{
    int count1=0,count2=0,count3=0,count4=0,count5=0,count6=0;
    int mode1=0,mode2=0,mode3=0,mode4=0,mode5=0,mode6=0;

// DDRA = 0xff; // LED
    DDRF &= ~(1<<PF0 | 1<<PF1 | 1<<PF3 | 1<<PF4 | 1<<PF5 | 1<<PF6); //PORTF |= 1<<PF0 |
1<<PF1;

    DDRB |= 1<<OC1A | 1<<OC1B | 1<<OC1C;
    DDRC |= 1<<IN_1 | 1<<IN_2 | 1<<EN;
    //PORTC &= ~(1<<DIR);

    cw();
    ccw();

    PORTC &= ~(1<<EN); //전압 low
    //PORTC |= (1<<EN);

```

```

TCCR1B |= 0<<WGM13 | 1<<WGM12;
TCCR1A |= 1<<WGM11 | 1<<WGM10;
// TCCR1B |= 1<<CS10;           // 1분주비 low(x)
// TCCR1B |= 1<<CS11;           // 8분주비 low(high tone)
// TCCR1B |= 1<<CS11 | 1<<CS10; //32분주비 low(mid tone)
// TCCR1B |= 1<<CS12;           //64분주비 low(slow tone)
TCCR1B |= 1<<CS12 | 1<<CS10; //128분주비 low(mid tone)

/*
000 0
001 CLK
010 /8
011 /32
100 /64
*/

TCCR1A |= 1<<COM1A1 | 1<<COM1B1 | 1<<COM1C1;

// OCR1A = TOP*0.5; _delay_ms(100);
// OCR1B = TOP;

while(1)
{
    ////////////////////////////////// 1 //////////////////////////////////
    if ( (mode1==0) && !(PINF & 0x01) )
    {
        count1=1; mode1=1; //_delay_ms(100); PORTA&=~0x01;
    }
    else if( (mode1==1) && (PINF & 0x01) )
    {
        mode1=0; //_delay_ms(100); PORTA|=0x01;
    }
    if(count1==1) { OCR1C = TOP; count1=0; }

    ////////////////////////////////// 2 //////////////////////////////////
    if ( (mode2==0) && !(PINF & 0x02) )

```

```

{
    count2=1; mode2=1;
}
else if( (mode2==1) && (PINF & 0x02) )
{
    mode2=0;
};
if(count2==1) { OCR1C = TOP*0.5; count2=0; }
//////////////////////////////// 3 //////////////////////////////////

if ( (mode3==0) && !(PINF & 0x08) )
{
    count3=1; mode3=1;
}
else if( (mode3==1) && (PINF & 0x08) )
{
    mode3=0;
};
if(count3==1) { OCR1C = TOP*0.3; count3=0; }
//////////////////////////////// 4 ////////////////////////////////// CC

if ( (mode4==0) && !(PINF & 0x10) )
{
    count4=1; mode4=1;
}
else if( (mode4==1) && (PINF & 0x10) )
{
    mode4=0;
};
if(count4==1) { cw(); count4=0; }

//////////////////////////////// 5 ////////////////////////////////// CCW

if ( (mode5==0) && !(PINF & 0x20) )
{
    count5=1; mode5=1;
}
else if( (mode5==1) && (PINF & 0x20) )
{

```

```

        mode5=0;
};
if(count5==1) { ccw(); count5=0; }

////////// 6 //////////////////////////////////////// STOP
if    ( (mode6==0) && !(PINF & 0x40) )
{
        count6=1; mode6=1;
}
else if( (mode6==1) && (PINF & 0x40) )
{
        mode6=0;
};
if(count6==1) { fast_stop(); count6=0; }
}
return 0;
}

```

제5장 성능평가

제1절 정량적 목표의 분석 검토

평가항목	목표	평가 결과	평가(측정)방법	측정시행횟수
왕복시간	길이 2.5m 파이프 안을 최고속도 10cm/s 로 25초 안에 주행	최고속도로 주행 시 20초 (12.5cm/s)	타이머	20번
다른 직경에서의 주행	φ600~800mm 내의 파이프에서 주행 시 φ700mm 파이프 주행결과와 동일		타이머	
제품 무게	20kg	20.5kg	저울	5번
구동 가능 시간	-	30분	타이머	2번

제6장 결론

제 1 절 결론

- 초기의 목표는 120도 간격으로 3개의 선형 조인트를 가지는 상수도 배관 탐사 로봇으로 무게 약 20kg, 최대속도 5cm/s에 도달하도록 설계 및 제작을 하는 것이었다. 학교에서 지원되는 저예산을 가지고 소형화된 탐사 로봇을 만들기 위해서 목표 성능이 낮게 설정된 것은 사실이다. 하지만, 초기 설계에서 다소 과지출이 발생, 우리에게 허용된 예산을 초과하여 제작을 하게 되었고, 시제품의 특성상 잦은 설계 수정으로 3개에서 2개의 선형 조인트를 가지는 상수도 배관 탐사 로봇을 만들게 되었고, 무게 20.2kg으로 약 0.2kg 정도 초과. 총길이 500*390*210(mm), 모터 제어 최대속도 12.5cm/s, 최저속도 5.7cm/s로 속도 컨트롤을 상향 달성 하였다.

또한, 학부과정에서 배운 공학적 지식을 바탕으로 만들었다는 것에 큰 의미를 둔다.

제 2 절 고찰

- 학교 공작실에는 소모품인 공구들이(Drill, End-mill, Tap) 많이 없어 작업이 순조롭지 못했다. (사전에 공구를 준비하여 작업하는 것을 추천)
- 실제로 제작하는데 많은 변수들로 인해 시행착오를 겪었다.
(시제품을 빨리 제작해 보는 것을 추천)
- 본 프로젝트에서 제어부가 가장 어려웠다.
일찍이 제어관한 기초지식을 쌓는다면 프로젝트에 대한 부담이 줄어들 것이다.

제 3 절 문제점 및 향후 계획

- 문제점

- 1) 구동 중 관 가운데서 멈춘다면 회수가 어려움
- 2) 유선 구동으로 인한 노이즈 발생
- 3) 목표치 20kg에 맞게 제작을 하였으나 아직까지 무게가 많이 무거움
- 4) 초기 목표 공압 실린더의 이용은 시제품 용도에 부적합 (공압 선으로 인한 주행 방해)

- 향후 계획

- 1) 전체적인 디자인의 완성도를 높임
- 2) 카메라를 설치해 배관 내의 상태를 실시간으로 볼 수 있는 영상화 작업
- 3) 경량화 추가 개선
- 4) 로봇에 GPS를 탑재하여 로봇 회수 문제 개선
- 5) 청소 기능을 탑재하여 이물질 제거
- 6) 공압 실린더 대신 직선 상/하 운동을 하는 모터를 사용

[참고문헌]

- 배관의 내부 탐사 및 작업용 로봇 - (주)비앤비 (특허)
- 배관의 내부검사 및 청소용 로봇 - (특허)
- 쓰레기 배출관 청소용 로봇 - (주)비즈탑 (특허)
- 배관 검사 및 청소 로봇 - 삼성중공업 (특허)
- 일반물리학 8판 (북스힐)
- 뱀처럼 배관 속을 다니는 탐지로봇 (<http://daedeokvalley.tistory.com/357>)