

# 배관 청소에 최적화된 PWMC 기반 청소로봇 개발

한민석, 이윤건, 김재욱, 최병훈  
광운대학교

## Development of Cleaning Robot Based on PWMC to Optimized for the In-Pipe Cleaning

Han Min Seok, Lee Yoon Geon, Kim Jae Uk, Choi Byeong Hoon  
Kwangwoon University

### ABSTRACT

본 논문은 배관 청소에 최적화된 PWMC 기반 청소로봇 개발을 제안한다. 제안하는 배관 청소로봇은 최적화된 배관 청소 환경을 제공하기 위하여 배관 요소를 분석하여 이에 따른 모터, 조인트, 솔, 스프링 등을 설계하였다. 설계를 통하여 개발된 청소로봇은 조정에 따라 지름 200~300mm의 좁은 배관에서 PWMC 를 통하여 속도를 제어하여 자동 청소가 가능하다. 또한 개발된 청소로봇은 6.8kg로 기존 배관 청소 기계를 50%이상 경량화 하여 휴대성과 간편한 조작에 따른 편의성을 제공하며, 기존의 장비에 대한 소모성을 낮추고 무게의 경량화 및 동작 자동화에 초점을 두었다.

### 1. 서 론

최근 기계자동화기술, 로봇 제어 기술, 센서 기술 등의 발전에 따라 가정이나 사회에서 인간의 활동을 도와 생활의 편리함을 제공하는 로봇에 대한 수요 요구가 급격하게 증가되고 있다. 이러한 로봇은 심부름, 청소, 작업보조 등 생활 전반적인 부분에서 다양하게 활용되고 있다. 특히 배관청소의 경우 크기에 따라 작업의 어려움이 많아 배관 청소를 위한 로봇의 필요성이 점점 증가하고 있다. 배관 로봇에 대한 연구는 배관 로봇 시스템<sup>[1]</sup>과 배관 검사 자동화 기술<sup>[2][3]</sup>, 배관요소 그림자를 이용하여 배관내부 탐사를 하는 기술<sup>[4]</sup> 등 다양한 방식을 통하여 연구되고 있다. 하지만 기존 연구들은 상수도관, 선박 배관, 해상 플랫폼 등의 대형 배관을 목표로 하여 일반 실내 가정의 배관에 적용하기에는 부적합하다.

기존 청소기계는 소모성이 높은 재료, 무거운 무게, 불필요한 노동력 등이 크게 문제가 된다. 특히 소모성이 높은 재료에 의하여 청소의 비용증가에 큰 원인이 되고 있다. 본 논문은 위의 문제점을 개선한 배관 청소로봇을 제안한다.

### 2. 배관 청소에 최적화된 청소로봇 개발

본 장에서는 모터 선정 및 다중 모터제어, 모터 모듈의 진행 속도 측정을 통한 제어 방법에 대하여 서술한다.

#### 2.1 PWMC 기반 배관 청소로봇에 최적화된 모터 선정 및 다중 모터 제어 기법

배관 청소로봇의 하드웨어의 최적화된 작동을 위한 모터 선

정을 하여야 한다. 이를 위하여 하드웨어의 전체의 무게에 따라서 최적의 경량 모터를 선정하였으며, 다수의 모터를 제어하고 속도제어를 위한 방법론으로 PWM(Pulse Width Modulation)을 활용하였다. 모터 선정은 Fig 1가 반영되었다. 모터제어를 위하여 활용한 PWM은 표준화 펄스의 진폭(PAM)이 일정하고 그 펄스폭이 전송하고자 하는 신호에 따라 변화시키는 변조 방식으로써, 모터 제어나 전압제어에 널리 이용되는 방식이다. 본 논문에서는 PWM제어를 통하여 다수의 모터에 동시에 전압을 제공하여 작동하게 하였으며, 속도제어 방식 및 전진, 후진, 정지 기능을 탑재하였다.

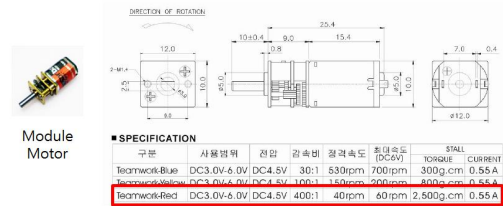


Fig 1. Module Motor

#### 2.2 배관 청소로봇의 하드웨어 설계 및 구현

하드웨어는 직경 260mm 배관을 기준으로 구성을 하였기에 모듈의 크기는 각각 20cm 로 구성하였으며, 중간의 유니버설 조인트(Universal joint)의 크기는 10cm로 제작하였다. 청소부는 앞의 모듈에 포함을 시켰으며, 앞부분 모듈의 몸체 파이프 부분의 길이를 줄여 제작하였다. 청소로봇의 전체적인 외관은 알루미늄 파이프로 모듈 몸체의 축을 구성하였으며, 하드웨어 구현은 크게 3단계로 나눌 수 있다. 1단계는 하드웨어 모듈의 제작이다. 모듈은 본체의 무게와 배관내의 마찰력을 고려하여 다수의 모터를 활용한다. 모듈의 앞부분은 청소부의 부분이 추가되기 때문에 청소부를 포함한 크기가 뒤 모듈의 크기와 같도록 제작하였다. 전체구성을 모듈 2개와 중간에 유니버설 조인트(Universal joint)를 장착하여 배관이 곡선 부분을 통과할 수 있게 하였다.

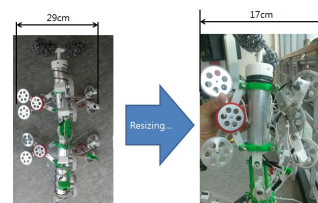


Fig 2. 링크 부분의 크기 조절의 최대 / 최소

2단계는 스프링을 활용한 크기 조절 기능 모듈의 개발로써 이 부분에서는 각 배관의 직경에 따라 모듈의 크기를 자동으로 조절하기 위하여 링크부분에 스프링을 활용하여 Fig 2와 같이 X자 구조로 구성하였다. 기존의 목표치를 기준으로 크기조절을 최대 29cm, 최소 17cm로 조절이 가능하도록 설정하였고, 실험을 통하여 충분한 마찰력과 더불어 배관이동 및 청소에 관하여 문제가 발생하지 않음을 확인하였다.

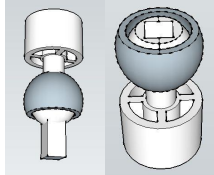


Fig 3. 유니버설 조인트 (Universal Joint)

마지막 3단계는 회전 및 길이 조정에 관한 모듈 제작 부분은 유니버설 조인트(Universal joint)다. 이는 Fig 3와 같이 구 모양의 봉을 일정한 간격의 틈을 두고 감싸고 있는 모양으로 제작하였다. 45도 이상으로 회전할 수 있는 2개의 유니버설 조인트(Universal joint) 2개를 중간 연결 축으로 활용하였고 그리하여 90도 이상으로 꺾인 배관을 이동할 수 있게 만들었다.

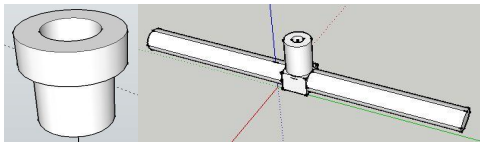


Fig 4. 청소부에 쓰이는 모터커버 및 모형

청소부 부분은 Fig 4와 같이 앞 모듈의 제일 앞부분에 위치하였으며 몸체 파이프 중앙에 모터를 고정시키고, 모터 축에 크기조절이 가능하고 청소를 할 수 있는 바를 연결 한다.

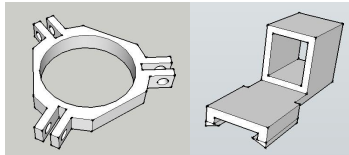


Fig 5. 3D PRINTER를 이용한 사용 예시

Fig 5은 3D PRINTER 제작과정을 통해서 제작된 하드웨어를 보여준다. 이러한 하드웨어 구현에 있어서 전체적인 부분의 세밀한 연결부분 및 Universal joint는 Google Sketchup을 통한 설계를 거쳐 3D PRINTER를 활용하여 제작을 하였다.

### 2.3 배관 청소로봇 소프트웨어 구현

배관 청소로봇의 소프트웨어는 Free Scale Board기반으로 구현되었다. 보드의 전압부분과 PWM관련한 부분이 활용되었으며, 다수의 모터를 연결하여 제어하기 위하여 모터 드라이버를 다른 보드에 제작하였다.

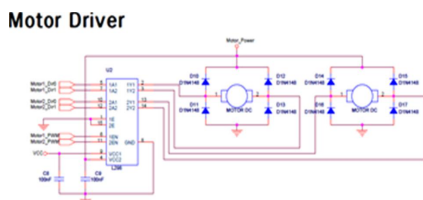


Fig 6. Motor Driver 회로도

Fig 6은 모터 드라이버의 설계 방안을 보여준다. 각 모터에 동시 회전 및 속도 조절을 제공한다.

모터드라이브 1개당 2개의 모터를 구동할 수 있으며, 같은 방향, 같은 속도로 구동하므로 입력 핀에 같은 입력이 들어간다. 모터를 구동하는 전압에 PWM신호를 적용하여 속도제어를 가능하게 하였다.

### 3. 시뮬레이션 결과

PWM 속도제어 기반 배관 청소로봇 진행 속도 측정 기법을 통하여 배관 청소로봇의 진행 속도 측정 기법에 대한 연구를 진행하였다. 속도 측정을 위하여 직경 260mm의 아크릴 배관에 청소 모듈을 삽입 한 후 실제 진행 속도를 측정하였다. 총 길이 2m의 배관을 9V의 전압과 1.5A의 전류를 넣었을 때, 약 12 초 만에 통과하였다. 평균적인 속도를 13.1cm/sec로 지정을 하였으며, PWM속도제어를 통하여 속도를 구간별로 제어 가능케 하였다.

### 4. 결론

본 논문은 PWM제어를 기반으로 한 아파트 배관청소에 최적화된 배관청소 로봇을 제안하였다. 제안한 기법을 통해 기존 방법의 단점을 최소화하고 자동화를 통하여 노동력 및 청소비용에 대한 절감 효과를 얻었다. 각 배관 크기에 대한 크기 조절기능으로 다방면으로 활용이 가능할 것으로 보인다. 위의 논문에서 제안하는 방식에 카메라를 이용하여 영상인식을 도입하면 더욱 활용적인 부분이 가능할 것으로 예상된다.

본 연구는 광운대학교 로봇학부의 연구비 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.

### 참고 문헌

- [1] Sanghoon Baik, Sungmoo Ryew, and Hyoukryeol Choi, "Development of Inpipe Inspection Robot System", Transactions of the KSME, Vol. 25, No. 12, pp. 2030-2039, 2001.
- [2] Se Gon Roh, Hyoukryeol Choi, "Automated Technology for Pipelines Inspection Using Inpipe Robot", Journal of the Korean Society for Nondestructive Testing, Vol. 22, No. 3, 2002. 6
- [3] C. Jung, W. Chung, J. Ahn, M. Kim, G. Shin, and S. Kwon, "Optimal Mechanism Design of In pipe Cleaning Robot," in Proc. IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Aug., 2011, pp.1327-1332.
- [4] Jung Sub Lee, Dong Hyuk Lee, Se Gon Roh, Hyungpil Moon, Hyouk Ryeol Choi, "Internal Pipeline Exploration of an In pipe Robot Using the Shadow of Pipe Fittings", Journal of Korea Robotics Society, Vol. 05, No. 3, 2010. 9