

지하매설 배관의 탐사 및 도장을 위한 로봇시스템 개발

Development of a Robot System for Monitoring and Repairing a Underground Pipe

여희주*, 성문현**
Hee-Joo Yeo, Mun-Hyun Sung

Abstract – Underground pipe is an instrument to transport rapidly and safely a lot of fluid like gas, oil, water supply and drain system. It acts like blood vessels of human body in a modern industry. As in this country, the pipe facilities have been constructing since 1970's. The pipes constructed for a long time ago are already starting to reveal the problem like corrosion and most of them are built underground. So for companies, the managing of the underground pipes is very hard because it needs high technology and a lot of money. So we made a new robot system to repair and maintain the pipes at a low price. This new robot is devised using pressing wall type to work inside 700~900(mm) size pipe. And it has good carrying and working power.

Key Words :Underground Pipe, Pushing Unit, Driving Unit, Shock Absorber

1. 장 서 론

배관은 가스나 기름, 상하수도와 같은 많은 양의 유체를 빠르고 안전하게 수송하는 수단으로 현대산업에서 혈관과 같은 존재이다. 국내에서는 70년대 후반부터 이러한 배관이 건설되어 왔으며, 약 20년이 지난 지금 배관의 노후화에 따른 부식 및 결함 등이 나타나기 시작하고 있으며, 이에 따라 배관의 교체 및 보수·점검의 중요성이 부각되고 있으며 이러한 시설물에 대한 점검 및 보수작업이 험준하게 이루어질 경우 대형사고가 발생하게 되며, 수많은 인명 및 재산의 손실과 자연환경의 파기도 야기할 수 있게 된다. 그 예로 상수도관의 경우는 강관으로 이루어진 배관의 특성상 녹이 슬고 파손되어 녹물로 인한 국민의 안전과 배관 파손으로 인한 수자원의 낭비가 문제점으로 대두되고 있다. 이에 정부에서도 도시가스배관에 대해서는 15년 주기로 점검, 보수 및 교체를 의무화하는 규정을 발표하여 배관 관리의 중요성을 강조하고 있다. 따라서 배관설비는 설계, 시공, 운전단계뿐만 아니라 시간의 경과, 환경의 변화에 따른 성능의 저하를 수시로 점검하고 진단하여 설비의 전전성을 확보할 필요가 있다. 하지만 국내 배관의 대부분이 지하에 매설되어 있어 그 관리에 있어 막대한 경제적 부담과 고도의 기술이 요구되는 실정에 업체에서 쉽게 대응하기 어려운 실정이다.

따라서 본 논문에서는 복잡한 지하의 배관매설 상황에서 최소한의 굴착으로 로봇을 투입하여 배관 내부에서 주행이

자유로우며 유지 및 보수를 할 수 있는 로봇시스템에 대한 구현을 하고, 실제 산업현장에서 적용할 수 있는 로봇 시스템을 개발하였다. 특히 본 연구에서는 800(mm)의 배관을 기본으로 벽면 압착방식을 이용한 구동방식으로 약 700~900(mm) 정도의 관내에서도 동작 할 수 있도록 하고 작업을 위한 견인력을 충분히 확보하도록 하였다.

2. 장 본 론

2.1 로봇 메커니즘

설비 배관 내부의 표면은 사용되는 목적에 따라 다양한 종류의 이물질이 배관 내벽에 부착되어 있으므로 이때 로봇의 주행에 끼치는 피해를 최소화하기 위하여 벽면압착 방식을 적용하여 로봇이 내벽에 닿는 부위를 최소화 하였으며, 거칠은 표면의 이동을 고려하여 Shock Absorber의 설계에 중점을 두었다.

로봇은 그림 1에서와 같이 크게 4개의 모듈로 나눌 수 있으며, 각 모듈을 지지하는 본체, 벽면압착을 위한 압착장치, 관내 주행을 위한 구동장치와 작업 환경에 원활한 주행을 위한 완충장치로 구성되어 있다. 표 1은 그림 1의 로봇시스템에 대한 각 모듈별 기능적 설명이다.

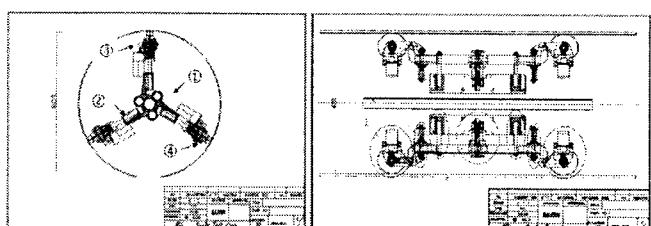


그림 1. 로봇 정면도(좌), 측면도(우)

저자 소개

* 呂 黑 珠 : 大真大學校 電子工學科 教授・工學博士

** 成 文 鉉 : 大真大學校 電子工學科 碩士課程

표 1. 로봇시스템의 각 모듈별 기능

No.	Module	기능
①	본체(main body unit)	각 Module을 지지하는 본체로서, 작업 호스와 통신 케이블, 파워 케이블 등을 지지하는 장치이다.
②	압착장치(pushing unit)	구동장치(driving unit)와 Main Body의 Stroke를 조정하여 작업 대상 피아프에 일착시키는 장치이다.
③	구동장치(driving unit)	바퀴마다 구동 모터를 부착하여 강력한 견인력을 확보하기 위한 장치로서, 바퀴 2개가 120°마다 위치한다.
④	완충장치(absorber unit)	작업 환경에 대한 유연성 확보와 원활한 이동을 위한 장치로서, 120°마다 위치한다.

2.2 로봇 시스템의 배전

배관로봇은 220V의 AC전원을 사용하여 메인 제어시스템의 SMPS, 서브 제어시스템의 Linear Power로 각각 인가된다. 메인 제어시스템과 서브 제어시스템은 병렬로 연결되어 Emergency Stop 스위치를 통해 사용자가 비상시에 로봇이 인가되는 전원을 모두 차단할 수 있도록 구성되어 있다.

메인 시스템의 경우는 AC 220V를 SMPS를 통하여 DC 5V로 변환하여 회로에 전압을 공급한다. 서브 시스템의 경우는 모터 컨트롤러 등의 높은 전력의 이용이 필요하므로, Linear Power를 이용하여 30V의 전압을 출력하고, 이 전압을 Motor Driver에 공급되며, 서브 보드에는 Regulator를 통하여 IC의 동작 전압인 DC 5V로 변환하여 전력을 공급한다. 그림 2는 모터 구동용 전원으로 사용된 Linear Power와 로봇시스템의 배전에 관한 블록도이다.

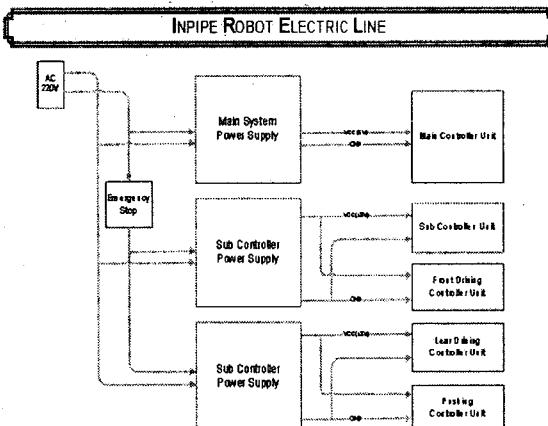


그림 2. 로봇시스템의 배전 블록도

2.3 메인 제어시스템

메인 시스템의 제어용 MCU로는 16MIPS의 고속 연산이 가능하고, 다양하게 사용할 수 있는 I/O와 넓은 프로그래밍 영역을 가지고 있는 ATMEL사의 ATMega128을 사용하였으며, 이를 중심으로 Input Unit, Comm. Unit, Display Unit으로 구성되었다. Input Unit은 로봇에게 제어신호를 줄 수 있는 Key Pad와 속도제어를 위한 Volume Knob으로 구성되며, 로봇의 상태를 알 수 있도록 표시해주는 Display 장치인 LCD, 로봇과의 통신을 위한 전이중 방식의 통신 드라이버로 구성되었다. 메인 제어 시스템은 로봇의 서브 제어 시스템과 실시간 통신을 통하여, 사용자에게 필요한 정보를 제공하며, 로봇의 모드 입력 및 속도제어를 담당한다. 또한 사용자가 비상시에 로봇시스템의 운행을 중단시킬 수 있기 용이하도록

Emergency Stop 버튼을 메인 시스템과 함께 구성하여 비상 사태가 발생 시 로봇의 모든 시스템에 공급되는 전력을 차단함으로서, 로봇을 긴급정지 할 수 있도록 하였다. 아래 그림 3은 메인 시스템의 블록도이며, 그림 4는 제작한 Control Box이다.

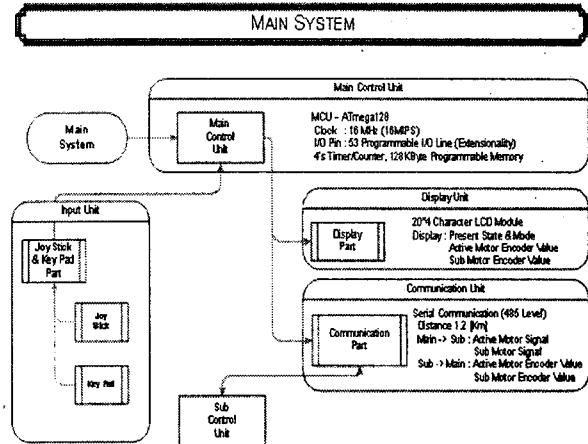


그림 3. 메인 제어시스템의 블록도

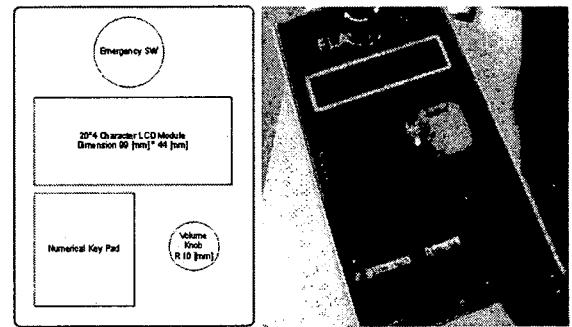


그림 4. Panel 구성도(좌)와 제작한 Control Box

2.4 서브 제어시스템

서브 제어시스템은 크게 2가지로 구성되어 있다. 이는 로봇의 동작 및 메인 시스템의 명령을 수행하는 로봇 제어시스템과 모터에 필요 전력을 공급하고, PWM제어를 이용한 6개의 속도 제어 모듈로 구성되어 있다. 그림 5는 서브 제어시스템의 전체 블록도이다.

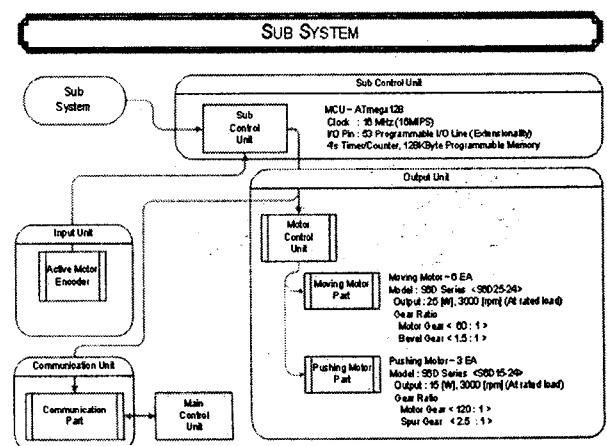


그림 5. 서브 제어시스템의 블록도

2.4.1 로봇 제어시스템

로봇 제어시스템은 로봇에 부착되어 메인 제어시스템으로부터의 명령을 수행한다. 로봇 제어시스템의 제어용 MCU로는 ATMEL사의 ATMega128을 사용하였으며, 전체구성은 Input Sensor인 Encoder Interface Unit, 메인 제어시스템과 통신을 위한 Comm. Unit, 로봇에 견인력 확보와 로봇 주행을 위한 Motor Control Unit으로 구성된다. 로봇 제어시스템은 주로 메인 제어시스템의 제어명령에 의하여 로봇의 Pushing Motor나 Driving Motor에 PWM신호를 생성시켜 제어하며, PWM신호의 Duty Rate는 메인 제어시스템의 Volume Knob의 조절에 의해 결정된다. 또한 Encoder를 이용하여 현재 로봇의 이동거리를 메인 제어시스템으로 전송시켜 준다.

2.4.2 모터 드라이버 모듈

개발된 로봇시스템에 사용되는 모터의 정격전력은 25W이다. 로봇은 견인력 확보를 위한 벽면 압착방식의 구동이므로 실제 구동에 있어 바퀴에 걸리는 부하를 무시할 수 없다. 따라서 모터의 정격전력 이상의 충분한 전력을 공급할 수 있는 드라이버가 필요하게 되어, N-Channel Power MOSFET 제품 모델 중 IRFP 350을 이용하여 Motor Driver를 설계하였다.

회로설계는 IRFP 350을 이용하여 H-Bridge를 구성한 후 논리 게이트를 이용하여 Enable 신호를 이용하여 PWM 제어를 할 수 있도록 하였으며, Con_0과 Con_1을 이용하여 모터의 방향을 선택할 수 있도록 구성하였다. 한 가지 주의사항은 Con_0과 Con_1에 모두 High입력을 가하면 모든 게이트가 열리게 되어 파손을 줄 수 있으므로 주의하여야 한다. IRFP 350은 최대전압 400V, 허용전류 15A, 허용전력 150W의 특성을 가지기 때문에 25W급 모터 3개를 동시에 구동 할 수 있도록 하였고, 비교적 높은 전력 사용의 안정성을 고려하여 PCB를 제작하였다. 표 2는 제어신호의 입력신호이고, 그림 6은 완성된 Motor Driver Module의 외관이다.

표 2. Motor Driver Module의 입력 신호

Con_0	Con_1	Motor Direction
0	0	Stop
0	1	Forward
1	0	Backward
1	1	Don't Acceptable
Con_En		PWM Signal Input

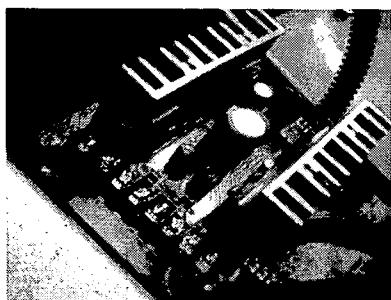


그림 6. Motor Driver Module의 외관

2.5 제어시스템과 로봇시스템과의 통신

로봇시스템이 관내에서 보장되어야 하는 통신거리는 100~150(M)의 거리이며, 동시에 데이터 송·수신이 이루어져야 하기 때문에 이에 적합한 RS-488통신을 선정하였다.

제어시스템과 로봇 시스템간의 통신을 위해서는 서로 간에 정보를 주고받기 위한 Protocol을 표 3과 같이 정의하였다.

표 3. 로봇시스템의 통신 Protocol

-Transmit Data Total Size : 2 Byte(16Bit)
-MSB Byte : Header Data
-Bit Filed of MSB Byte : MSB-X X X 0 0 0 0 0-LSB
-LSB Byte : In Pipe Robot Control Data (PWM Value, Encoder Value, Mode Value)
-Bit Filed of LSB Byte : MSB-0 0 0 0 0 0 0 0-LSB

* X=don't care, 0=Using Data



그림 7. 개발된 로봇시스템의 외관

3. 장 결 론

본 논문에서는 700~900(mm)의 다양한 크기의 관내에서도 동작할 수 있으며, 견인력 확보를 위한 벽면 압착방식의 베커니즘, 150W급의 Motor Driver Module을 갖는 로봇시스템을 개발하였다. 본 로봇의 개발로 인하여 배관 내에서의 탐사 및 도장을 위한 견인력과 주행능력을 확보하였다. 추후 과제로는 관내에서의 작업을 위한 도장장치의 개발과 이물질로부터 로봇을 보호하기 위한 Casing을 구현하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] 노세곤, 류성무, 최혁렬, “지하 매설 가스배관용 차동 구동형 배관검사 로봇의 개발”, 대한기계학회논문집 A권, 제25권 제 12호, pp. 2019~2029, 2001
- [2] JGC Corporation, “Inspection Robots in Nuclear Power Plants” Robotics in Nuclear Facilities, Special issue for the exhibition of the 11th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMIRT II), Tokyo, August 1991