
파이프 크기와 굴곡에 적응하는 탐사로봇 설계 및 구현

이광석*, 이병로**, 추연규**

The Design and Implementation of the Explorer Robot Adaptive Pipe Magnitude Width and Curve

Kwang-seok Lee*, Byeong-ro Lee**, Yeon-gyu Choo**

요 약

기존의 대부분의 각종 파이프 탐사로봇은 고정크기로 유선 케이블 통신방식으로 구성되어 사용되고 있다. 파이프 굴곡과 각도(수평, 기울어짐, 수직)를 가지는 파이프 구조에서는 파이프 탐사작업이 매우 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 탐사로봇의 구조를 파이프를 스프링의 장력으로 밖으로 밀어내는 방식으로 제안·설계하였으며 통신방식을 RF 통신방식으로 변경 개선하였다. 이와 같은 구조 및 기능 개선으로 인해 로봇 한대로 허용오차내의 파이프 크기와 굴곡에 적응이 가능함으로써 운용의 효율성이 제고되었으며 파이프 내부의 문제점(균열, 부식, 슬러지 등)을 사전 모니터링하고 DB화하였다. 또한 새로이 제안하고 설계·개발된 탐사로봇은 소형, 경량이므로 운반과 동작이 매우 유리함을 확인할 수 있었다.

ABSTRACT

Most of explorer robot in past has the fixed magnitude and communicate with wire communication method. In case of various range of pipe's width and various angle in pipe inter structure, the exploring work is very difficult. Thus, in this paper, we design as dealing with spring tension with pushing out pipe exterior, and applied RF communication. We can accept good performance both structure change and improvement of ability, monitor and collect the defaults data in pipe inter structure. Newly designed and developed pipe explorer robot is very advantageous to carrying and driving as being small and law weight.

키워드

Intelligent Robot, Explorer robot, Robot Adaptive Pipe Magnitude Width and Curve

* 진주산업대학교 전자공학과

** 진주산업대학교 전자공학과(교신저자)

I. 서론

지능형 로봇이란 단순히 인간 모습을 한 로봇만을 의미하지 않으며, 외부 환경을 인식하고 얻어진 주변의 상황 정보를 바탕으로 스스로 상황을 판단하며, 외부 환경에 적응하며, 자율적으로 행동하고 동작하는 로봇을 의미한다. 즉 인간에게서 지시 받은 명령 외에도 무선 네트워크 등 별도의 조작이 없이도 스스로 판단하고 행동하며, 외부 환경에 적용할 수 있는 능력을 갖춘 로봇을 말한다. 지능형 로봇에는 공장에서 용접·조립 등에 사용하는 제조업용과 청소로봇처럼 인간에게 직접적인 서비스를 제공하는 서비스 로봇이 있다. 최근에는 지능형 로봇은 무선 통신망과 결합해 언제 어디서나 서비스가 가능한 유비쿼터스 로봇으로 발전하고 있다. 세계 1위인 일본은 네트워크를 이용한 지능로봇의 장점을 간파, 우리의 유비쿼터스 로봇 개념과 비슷한 '네트워크 로봇' 개발 사업을 2004년부터 추진 중이다. 일본은 또 지능형 로봇을 'Made in Japan 7대 성장 산업'으로 선정했다. MIT는 로봇디자인과 뇌·기계간 인터페이스·자연어 처리 등 지능형 로봇 관련 3개 기술을 미래 10대 기술에 포함시켰다.

세계 4위 수준의 국내 산업용 로봇은 반도체, 자동차 등 제조업의 경쟁력 강화에 일조를 하고 있으나 핵심 부품의 대외 의존도가 높다. 한편 국내의 파이프 및 상·하수도 관련 진단 및 작업로봇은 과거에는 주로 비교적 넓은 공간검사용 로봇이 주로 개발되었으나 현재 협소구역 및 배관과 같은 좁은 공간 검사용 로봇의 비중이 증가 추세이다. 로봇의 형태는 자율 주행 기술, 환경 인식 기술, 자기위치 인식 기술, 실시간 통신 기술, 정밀 센서 기술 및 고성능 배터리 등의 핵심 기술 중심으로 기계통신, 제어분야 및 신기술의 복합화 추세이며 배관검사 로봇, 원자로, 파이프 내부검사 로봇과 하수도 검사 로봇이 주종을 이루고 있다. 국외에는 3D산업용 로봇으로는 뉴욕지하에서 활동 중인 Wisor가 있다. Wisor는 크고 작은 파이프 속을 다니며 구멍 난 파이프를 자동 수리한다. 어뢰형으로 생긴 Wisor는 5대의 카메라가 달려 있어 길을 잃지 않고 복잡한 파이프 속을 누비고 다닐 수 있다[1],[2],[5].

국내로봇은 하수관 및 가스관 등의 산업용 배관탐사를 중심으로 발전하고 있으나 관로의 특성에 적용할 수 있는 전용로봇은 전무한 실정이다. 또한 기능이 단순하

고 작업가능 구간이 직선과 완만한 곡관부에 국한되어 작업의 정밀도가 낮아 고품질의 작업성능을 달성하기 어려운 문제점이 있다.

대부분 곡관부 등의 파이프 및 상수도 관망 내 취약부에서의 작업이 불가능하며 단순기능 위주이다. 파이프 및 관로 내 점검검사를 위한 센서기술과 분석기술의 발전이 미약하고 전반적인 기술수준이 낮으나 일부 해외도입 지능 피그형 로봇과 연구실 차원에서의 개발 로봇은 발전 가능성을 보여주고 있다.

또한 국내에서는 파이프 및 상수도 관망 내 취약부의 원활한 주행과 동시에 작업성을 가진 로봇이 없으며 관망의 점검 검사 기술적용이 저조하여 관망의 상태파악이 불가능하고 효과적 관리 및 누수에 대한 대책이 부족하여 방치되어 있고 관망의 잔존 수명파악과 교체시기 결정을 위한 정보를 제시하지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 파이프 크기와 굴곡에 적응하는 탐사로봇을 제안·설계하고 이를 하드웨어로 구현한다.

II. 탐사로봇 시스템

1. 시스템의 구성

파이프 탐사로봇 시스템의 구성은 Micro-controller 89c2051 프로세스 기반의 주 제어반, RF통신부, 로봇구동부, 모니터부, 탐사화면의 D/B부 등으로 그림1과 같이 구성하였다.

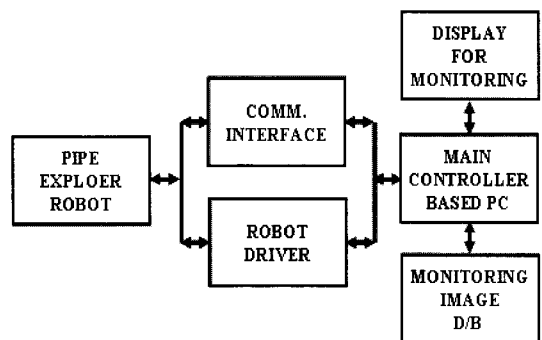


그림 1. 시스템 구성도

Fig. 1. Configuration of system

그림 1에서 보는 바와 같이 프로세스 기반의 주 제어 반에서 RF통신부와 로봇구동부의 제어를 통하여 탐사 로봇을 구동하며 탐사로봇의 탐사 카메라로부터 송신 되는 파이프 내부 상태화면을 모니터에 디스플레이하여 모니터링을 함과 동시에 데이터를 D/B화하는 기능을 가지도록 설계하였다.

III. 시스템의 설계

1. 송·수신회로 설계

탐사로봇의 제어를 위한 송·수신 통신방식은 RF통신방식을 이용하였으며 송·수신기의 회로도는 그림2과 그림3에 각각 나타내었다. 이는 모듈화된 기존 제품을 사용치 않고 89c2051기반으로 참여 학생들과 직접 설계 제작하였다.

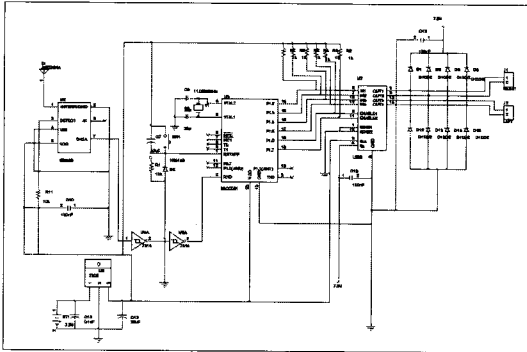


그림 2. 송신회로도
Fig. 2. Circuit of transmitter

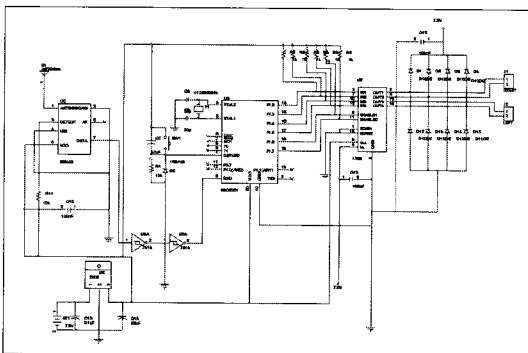


그림 3. 수신회로 및 motor 구동회로도
Fig. 3. Circuit of receiver and motor driver

2. 로봇 모형도, 개략도 및 설계도

탐사로봇의 구조 본 설계를 하기 전에 먼저 개발로봇의 개념 및 예비 시뮬레이션을 위하여 로봇 개략도, 로봇 모형도를 설계 제작하였으며 이를 그림 4와 그림 5에 나타내었다. 그림 4의 탐사로봇 개략도와 같이 주 구동휠을 1개로 하였으며 최적설계를 통하여 최대한 로봇크기와 부피를 줄이도록 설계하였다. 이를 기반으로 Auto CAD기반으로 설계도를 작성하였으며 그림 6에 나타내었다.

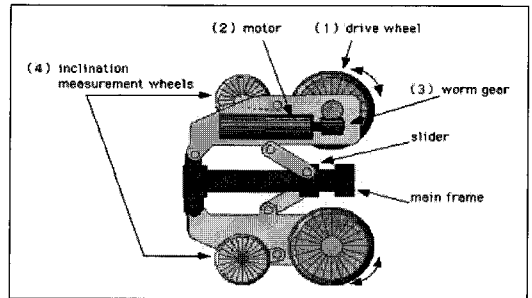


그림 4. 탐사 로봇 개략도
Fig. 4. Figure of explorer robot

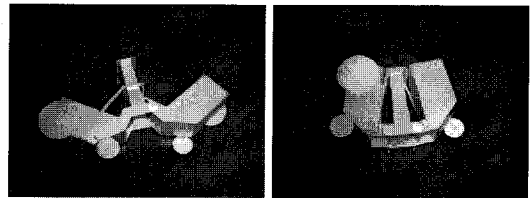


그림 5. 탐사 로봇 모형도
Fig. 5. Model of explorer robot

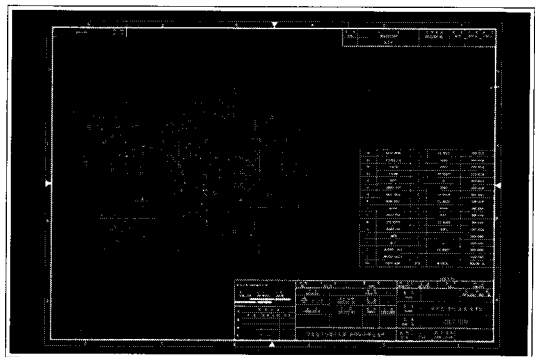


그림 6. 탐사 로봇 설계도
Fig. 6. Design of explorer robot

IV. 실험 및 분석

탐사로봇의 전체 시스템을 구성하기 위하여 각 모듈 별로 성능 실험을 하였다.

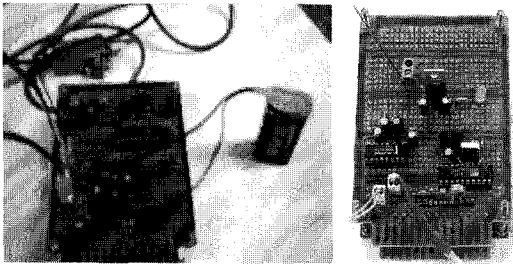


그림 7. 송신기 및 송신회로 실험
Fig. 7. Experiment of transmitter and transmission circuit

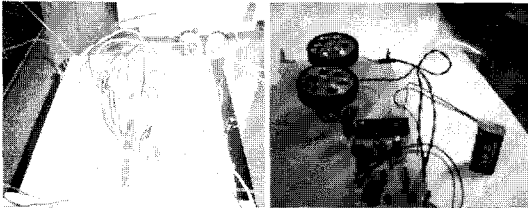


그림 8. 수신기 및 구동 회로 실험
Fig. 8. Experiment of receiver and driver circuit

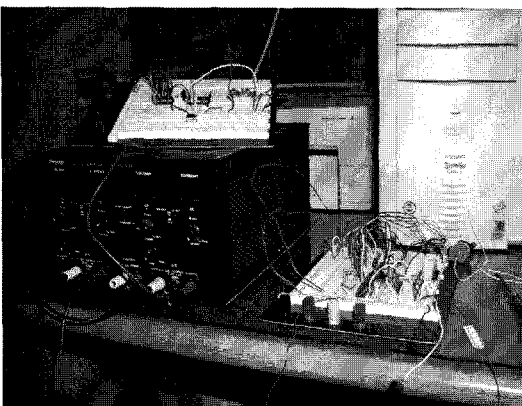


그림 9. 주제어반-탐사로봇간의 통신 실험
Fig. 9. Experiment of Communication between main controller and explorer robot

먼저 그림 7에서와 같이 송신기 및 송신회로의 성능 실험을 하였으며 허용거리에서 비교적 양호한 신호와 형과 안정성을 확인할 수 있었다. 또한 그림 8과 같이 수신기의 수신 성능과 수신신호에 의한 모터 구동회로의 성능실험을 하였으며 이 실험에서는 구동휠에 실제로 로드가 추가되었을 경우 토오크가 다소 저하됨을 확인 하였으나 이는 통상적인 것으로 탐사로봇의 정상적인 구동에는 문제가 되지 않음을 확인하였다. 단계적으로 위의 두 가지 모듈실험을 함하여 그림 9와 같이 주제어 반과 탐사로봇간의 송수신 실험을 행하였으며 전체적으로 만족할 만한 성능을 얻을 수 있었다.

V. 탐사로봇 제작

그림 6에 제시한 설계도에 따라 탐사로봇을 제작하였으며 여기에 제작한 송수신기를 부착한 탐사로봇 시제품은 그림 10과 같으며 고안·개발된 파이프 탐사 로봇의 주행 및 성능 실험을 그림 11과 같이 여러 조건의 파이프 주행 실험을 통하여 주행 중의 탐사 성능이 양호함을 또한 확인할 수 있었다. 한편 개관적인 성능평가를 위하여 한국산업기술재단에서 주관하는 “2007 창의적종합설계경진대회”에 참가하여 많은 관심을 얻었으며 또한 우수한 성적으로 입상한 바도 있다[7].

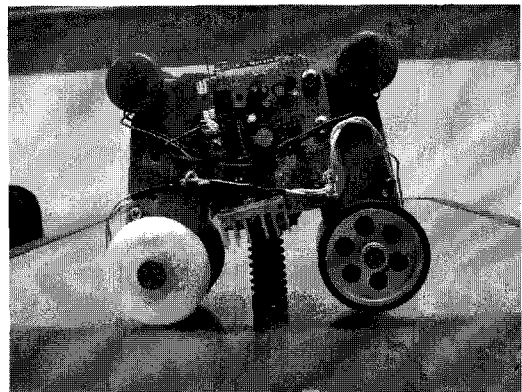


그림 10. 제작된 탐사로봇
Fig. 10. Manufactured explorer robot

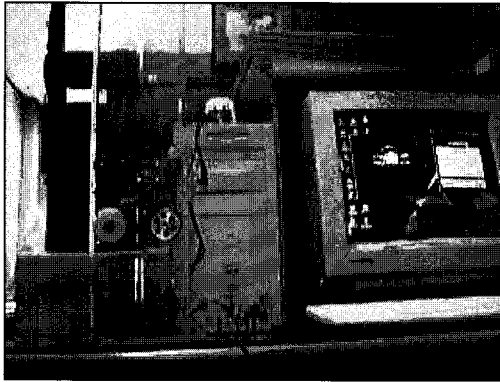


그림 11. 주행 중의 파이프 탐사 로봇
Fig. 11. Explorer robot in driving

VI. 결 론

본 연구에서는 수도관, 가스관 등의 파이프관망의 효율적 유지관리에 적용하기 위한 파이프 크기와 굴곡에 적용하는 탐사로봇을 제안·설계하고 이를 하드웨어로 구현하였다. 시제품을 설계, 제작 및 개발하고 성능평가를 한 결과 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 기존의 고정크기의 파이프 탐사로봇 구조에서 제안한 파이프 탐사로봇의 구조는 파이프 벽을 스프링의 장력으로 밖으로 밀어내는 장력 이용 방식으로 고안하고 설계하였으며 이는 상당한 정도의 허용한계내의 파이프 크기변화에 적용하는 구조임을 성능시험을 통하여 알 수 있었다. 또한 파이프 탐사로봇 설계도와 같이 주 구동휠을 1개로 설계하는 최적설계를 통하여 최대한 로봇크기와 부피를 줄이도록 하였다. 한편으로 기존의 로봇의 통신방식인 유선 통신방식을 개성하여 프로세스 기반의 주 제어반에서 RF통신부와 탐사로봇 구동부의 제어를 통하여 로봇을 구동하며 파이프 탐사로봇의 탐사 카메라로부터 송신되는 파이프 내부 상태화면을 모니터에 디스플레이하여 모니터링을 함과 동시에 획득 데이터를 D/B화하는 기능을 가지도록 설계하였다.

위와 같은 파이프 탐사 로봇구조 및 통신기능 개선으로 인해 로봇 한대로 허용오차내의 파이프 크기와 굴곡에 적용이 가능함으로써 운용의 효율성이 제고되었다. 또한 파이프 내부의 문제점(균열, 부식, 슬러지 등)을 사전 모니터링하고 DB화하여 사고에 대하여 사전에 대처함으로써 사고예방이 가능하리라 기대한다. 또한 새로

이 제안하고 설계·개발된 파이프 탐사로봇은 별도의 특별한 기술적인 사전교육 없이 바로 현장에서 운용이 가능하며 소형, 경량이므로 운반과 동작이 매우 유용하리라 생각한다.

향후 고안·개발한 파이프 탐사로봇에 문제 처치기능과 자기위치 인식기능을 가지도록 함과 동시에 네트워크에 기반한 URC 개념의 구동방식으로 계속 연구해 나갈 예정으로 있다.

참고문헌

- [1] 한국건설기술연구원, “관망진단시스템의 실용화 및 현장 적용성 기술 개발”, 2006.
- [2] 한국건설기술연구원, “관로의 부식 및 노후도 예측 모델 개발”, 2002.
- [3] Jon M., and Nathalie C. “Inspection Systems for Leaks, Pits, and Corrosion”, AWWA, 35-40, 1999.
- [4] Srikanth S. et al., “Corrosion in a Buried Pressured Water Pipeline”, Engineering Failure Analysis, 12, 634-651. 2005.
- [5] “IEEE Robotics & Automation Magazine”, vol. 3, No. 4, pp.18-28, Dec. 1996.
- [6] Tutorial TS1: “Micro-Mechatronics”, IEEE Int. Conf, on R&A, 2005.
- [7] “2007 창의적종합설계경진대회”, 한국산업기술재단, 2007. 11.

저자소개

이 광 석(Kwang-Seok Lee)



1983년 2월 동아대학교 전자공학과 (공학사)
1985년 2월 동아대학교 전자공학과 (공학석사)

1992년 2월 동아대학교 전자공학과(공학박사)
2004년~2005년 미국 애리조나 주립대학교 객원교수
1995년~현재 진주산업대학교 전자공학과 교수
※관심분야: 음성신호처리 및 인식, 퍼지 및 신경회로망 Biometrics, 지능화 기술



이 병 로(Byeong-Ro Lee)

1989년 2월 아주대학교 전자공학과
(공학사)

1988년~1992년 LG 전자

1995년 2월 동아대학교 전자공학과
(공학석사)

1999년 2월 경상대학교 전자공학과(공학박사)

2000년 3월~현재 진주산업대학교 전자공학과
부교수

※관심분야: 이동통신, 적응변조, 멀티캐리어 시스템



추 연 규(Yeon-Gyu Choo)

1988년 2월 부경대학교 전자공학과
(공학사)

1991년 2월 동아대학교 전자공학과
(공학석사)

1997년 2월 동아대학교 전자공학과(공학박사)

2006년 12월~2007년 2월 미국 알칸사 주립대학교
객원교수

1995년~현재 진주산업대학교 전자공학과 교수

※관심분야: 퍼지신호처리 및 시스템, 지능형 제어시
스템지능화 제어기술