

NGHIÊN CỨU VÀ CHẾ TẠO ROBOT THĂM DÒ ĐƯỜNG ỐNG

Nguyễn Khắc Nguyễn¹ và Lý Thanh Phương¹

¹ Bộ môn Tự động hóa, Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 04/12/2012

Ngày chấp nhận: 19/06/2013

Title:

Research and implement pipeline exploration robot

Từ khóa:

Robot thăm dò đường ống, robot đường ống, điều khiển không dây, giám sát bằng camera

Keywords:

Piping exploration robot, piping robot, wireless control, camera monitoring

ABSTRACT

Recently, most of industrial and public infrastructures use piping system for variety applications. The problem is that these systems need to be not only periodically maintained and checked to ensure the safety, stability and continuous operation but also quickly repaired when incident happens. Along with the development of society and economy, these issues have to be satisfactorily resolved. Facing urgent needs, the authors propose to research and implement a pipeline exploration robot that has ability to be remote controlled by wireless signals, send field images to center by using camera and handle some simple situations in the piping system with necessary features and moderate price in comparison with existing products. With initial results, in the near future, we will develop specialized robots for narrower aspects with more rigorous requirements.

TÓM TẮT

Hiện nay, hầu hết các công trình trong công nghiệp và phục vụ sinh hoạt dân sinh đều có sử dụng hệ thống đường ống. Vấn đề đặt ra là các hệ thống này cần phải được kiểm tra, bảo trì (mút, bẻ và vỡ đường ống) định kỳ để có thể đảm bảo tính an toàn, ổn định và hoạt động liên tục. Cùng với sự phát triển của xã hội và nền kinh tế, vấn đề này càng cần được giải quyết thỏa đáng. Trước nhu cầu cấp thiết đó, nhóm tác giả đề xuất hướng nghiên cứu, chế tạo robot được điều khiển từ xa không dây, truyền hình ảnh hiện trường về trung tâm và có khả năng giải quyết tại chỗ một số tình huống đơn giản trong đường ống với giá thành vừa phải với các tính năng như các sản phẩm đã có. Qua đó, nhóm tác giả tạo tiền đề phát triển và chế tạo những dòng robot chuyên dụng dành riêng cho các lĩnh vực hẹp hơn và đòi hỏi những yêu cầu khắt khe hơn.

1 GIỚI THIỆU

Robot thăm dò đường ống có nhiệm vụ thay thế con người di chuyển trong các hệ thống đường ống để quan sát, kiểm tra và khắc phục những hư hỏng mà con người khó có thể tới được. Việc nghiên cứu và chế tạo robot loại

này giúp phát hiện sớm việc hình thành các “hố tử thần” trên đường do các ống thoát nước bị rò rỉ hoặc vỡ gây ra.

Robot thăm dò đường ống được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi ở các nước phát triển, phục vụ nhu cầu kiểm tra, sửa chữa các vết

nút, hư hỏng của hệ thống ống dẫn giúp tiết kiệm thời gian và tiền của. Ví dụ, các chuyên gia Đại học Irvine (Mỹ) đang phát triển robot có khả năng len lỏi vào những đường ống nước hư cũ và tiến hành sửa chữa; các loại robot thăm dò và kiểm tra các hệ thống thoát nước, cống ngầm cũng được chú trọng triển khai và đẩy mạnh phát triển [4].

Ở Việt Nam, việc đưa vào sử dụng các loại robot này cũng đang được quan tâm, đặc biệt là robot thăm dò và kiểm tra tình trạng của các hệ thống thoát nước giúp phát hiện những nguy cơ hình thành các “hố đen” trên đường (đã được triển khai ở Thành phố Hồ Chí Minh). Tuy nhiên, robot chuyên dụng loại này thường được mua ở nước ngoài với giá thành rất cao, đồng thời chi phí bảo dưỡng, sửa chữa rất tốn kém. Hiện nay, việc nghiên cứu, thiết kế và triển khai các ứng dụng thực tế của các robot này cũng đang được tiến hành ở một số trường đại học (PGS.TS. Đặng Văn Nghìn, KS. Võ Anh Huy (Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh) đã thiết kế và chế tạo thành công một dạng robot thăm dò đường ống) [5].

Với nhu cầu phục vụ công tác kiểm tra và bảo trì các hệ thống đường ống thoát nước thông dụng hiện nay. Đề tài đưa ra giải pháp thiết kế và chế tạo hoàn chỉnh một sản phẩm robot mẫu có các tính năng: di chuyển linh hoạt trong các kiểu đường ống thoát nước có kích thước Ø50 cm trở lên; có khả năng chống thấm, chống nhiễu tốt, hoạt động được trong các điều kiện khác nhau về độ sáng, độ ngập nước tối đa 20 cm; truyền hình ảnh hiện trường trong đường ống về trung tâm điều khiển (máy tính). Đặc biệt là robot được hoàn toàn điều khiển và thu thập hình ảnh từ xa không dây.

2 PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

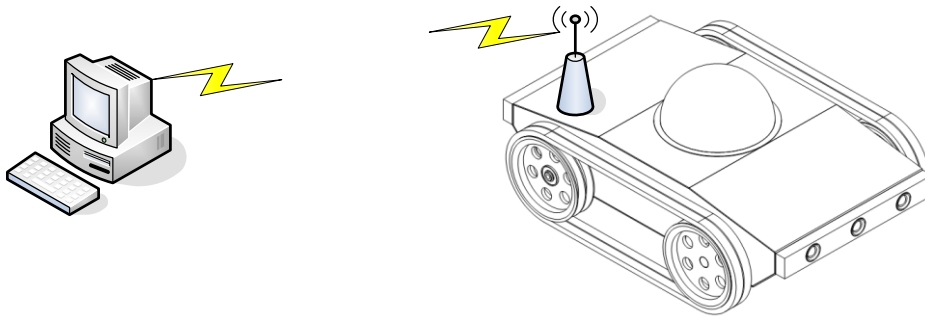
2.1 Yêu cầu kỹ thuật

Do robot hoạt động trong môi trường hoạt động đặc thù là nơi ẩm ướt và có nhiều chướng

ngại vật như: rác thải, đất cát, trên địa hình gồ ghề nên các cơ cấu của robot phải chống thấm nước và di chuyển được trên những địa hình phức tạp của đường ống. Do đó, robot được nghiên cứu chế tạo theo hình dáng xe tăng với bánh xe được bao bằng đai cao su. Động cơ, bộ truyền động, mạch điện tử và nguồn điện được đặt bên trong phần thân của robot, cách ly với môi trường bên ngoài.

Robot được thiết kế có tính năng thu thập dữ liệu hình ảnh và điều khiển từ xa qua chuẩn TCP/IP của mạng wireless (như Hình 1). Hình ảnh được robot thu nhận từ một camera quan sát có thể điều chỉnh được góc nhìn, phóng to và thu nhỏ; tín hiệu điều khiển camera và dữ liệu hình ảnh được điều khiển bằng một chương trình trên máy tính (Control And Data Acquisition - CADA). Mạch điều khiển của robot (Robot Controller-RC) đảm nhận nhiệm vụ giao tiếp với CADA từ xa thông qua chuẩn TCP/IP, từ đó kiểm soát các hoạt động của robot như: điều khiển di chuyển tới/lùi, qua trái/qua phải, thu thập dữ liệu về quãng đường đi, tắt/mở đèn và các thao tác khác.

CADA giao tiếp với robot từ xa (không dây thông qua mạng wireless) có chức năng thu thập dữ liệu hình ảnh từ một camera quan sát gắn trên robot, truyền hình ảnh hiện trường xung quanh cũng như các trạng thái di chuyển và hoạt động của robot, giúp người điều khiển dễ dàng vận hành các hoạt động cho robot. Chương trình trên còn được lập trình các chức năng điều khiển hoạt động của robot như chạy tới, lui, qua trái, qua phải... một cách linh động nhờ một tay game gắn vào máy tính qua ngõ USB hoặc thông qua thao tác trên chuột và bàn phím. Bên cạnh đó, chương trình này còn có các tiện ích bổ sung, nâng cao như: báo tình trạng kết nối, tốc độ di chuyển, quãng đường đã đi được (bằng tín hiệu từ encoder); cho phép người điều khiển quan sát hiện trạng xung quanh robot bằng hình ảnh mà robot truyền về.

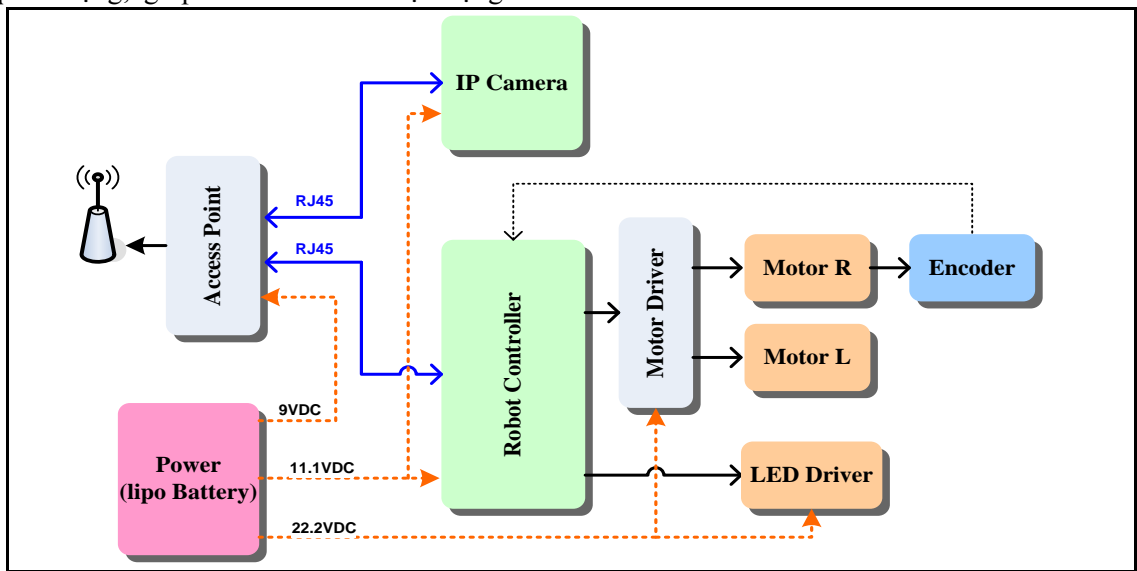


Hình 1: Mô hình hệ thống robot thăm dò đường ống

2.2 Thiết kế hệ thống điều khiển trên robot

Mạch điều khiển robot là thành phần rất quan trọng, giúp robot có thể hoạt động và

giao tiếp với CADA từ xa thông qua mạng wireless. Sơ đồ khối của hệ thống được mô tả như trong Hình 2 sau:



Hình 2: Sơ đồ khối hệ thống điều khiển robot

2.2.1 Bộ phận thu thập hình ảnh (IP Camera)

Chức năng cơ bản là thu thập hình ảnh và truyền về CADA bằng hệ thống truyền thông không dây. Robot sử dụng một IP Camera speed dome của hãng Vivotek để thực hiện chức năng trên. Camera Vivotek PZ-6122 có các thông số như sau:

- Công nghệ nén hình ảnh MJPEG và MPEG4
- Tính năng xoay 4 chiều và zoom (hỗ trợ zoom quang
- 10X & zoom số 10X)

- Góc xoay ngang: 270 độ (-135 đến +135 độ)

- Góc xoay dọc: 135 độ (-45 độ đến +90)

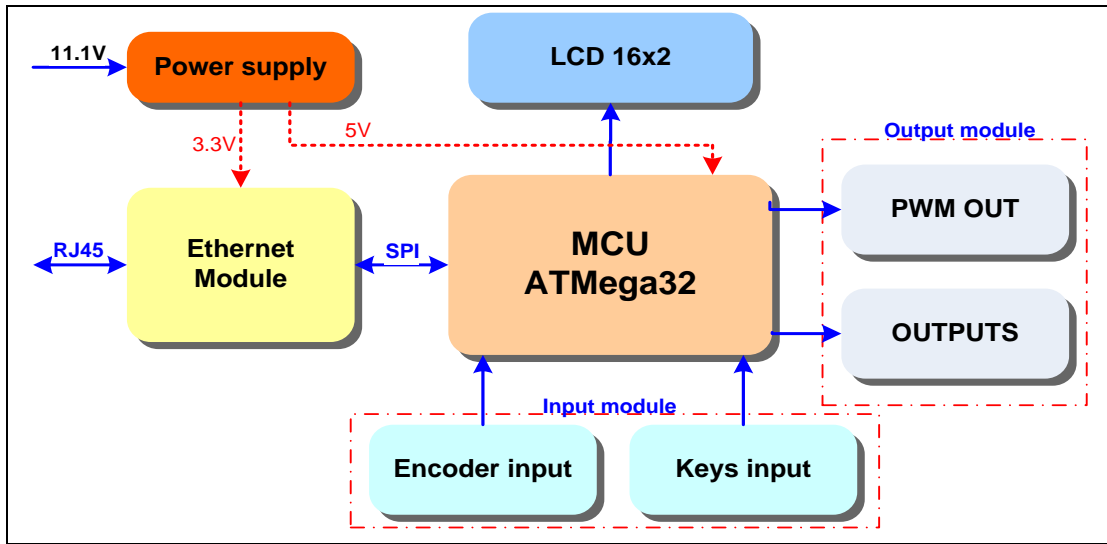
Camera Vivotek PZ-6122 truyền nhận dữ liệu với CADA thông qua kết nối ethernet, tốc độ 10/100 Mbps. Protocols Ipv4, hỗ trợ được các giao thức TCP/IP, HTTP, FTP... Trong đề tài này, nhóm tác giả sử dụng giao thức TCP/IP và HTTP. Nhờ webserver được tích hợp trên camera, nhóm tác giả đã truy xuất, thay đổi các thông số cơ bản của camera (như thông tin camera, các thông số góc quay của ống kính hiện tại...) và điều khiển được camera thông qua giao thức HTTP. Khi có được địa chỉ Ipv4 của camera (IP), ta có thể điều khiển camera bằng phương thức

“GET” đến địa chỉ: `http://IP/cgi-bin/admin/getparam.cgi` nếu muốn đọc dữ liệu và `http://IP/cgi-bin/admin/setparam.cgi` nếu muốn thiết lập thông số cho camera.

2.2.2 Mạch điều khiển robot (Robot Controller)

Mạch điều khiển robot có chức năng nhận lệnh điều khiển robot từ CADA và gửi trở lại các tín hiệu trạng thái của robot thông qua truyền tín hiệu không dây chuẩn ethernet.

Robot di chuyển bằng hai động cơ độc lập và được điều khiển bằng phương pháp PWM nên dễ dàng điều khiển được tốc độ, chiều và hướng di chuyển. Robot được trang bị một encoder để đo, tính toán quãng đường đi và một tín hiệu báo trạng thái kết nối với trung tâm điều khiển. Ngoài ra, robot còn có hệ thống chiếu sáng bằng LED luxeon giúp quan sát rõ hiện trường trong đường ống. Hình 3 mô tả sơ đồ khối mạch điều khiển robot.



Hình 3: Sơ đồ khối mạch điều khiển robot

2.3 Thiết kế phần mềm

2.3.1 Thiết kế phần mềm nhúng trên robot

Phần mềm nhúng trên robot có nhiệm vụ nhận và thực thi các tín hiệu điều khiển từ CADA thông qua chuẩn ethernet. Chương trình này được viết bằng ngôn ngữ lập trình C chạy trên vi điều khiển ATmega32. Các vấn đề cần giải quyết khi thiết kế phần mềm nhúng này bao gồm:

- Thiết kế module chương trình giao tiếp ethernet thông qua chuẩn TCP/IP để truyền các tín hiệu trạng thái của robot như giá trị encoder, trạng thái hoạt động, vị trí và các tín hiệu kết nối đã được đóng gói và mã hóa về CADA. Đồng thời phần mềm này còn cho phép nhận và giải mã các tín hiệu điều khiển từ CADA như di chuyển tới, lui, qua trái, qua phải, tắt/mở đèn và các thao tác khác.

- Thiết kế module chương trình thực thi lệnh điều khiển hoạt động của robot gồm điều khiển tốc độ và chiều quay của hai motor truyền động, điều khiển tắt mở đèn và một số tác động mở rộng khác trên robot. Các tín hiệu điều khiển này được tham chiếu từ module giao tiếp ethernet.

- Ngoài ra, còn có một module chương trình dùng để thiết lập và hiển thị các thông số cơ bản (địa chỉ IP của robot, giá trị encoder, trạng thái đèn, ...) trước và trong quá trình hoạt động của robot. Module này nhận lệnh từ các phím chức năng và điều khiển hiển thị lên một LCD gắn trên robot.

2.3.2 Thiết kế phần mềm điều khiển trên máy tính (CADA)

Phần mềm này có chức năng chính là thu thập dữ liệu hình ảnh từ IP Camera và điều khiển mọi hoạt động của robot thông qua

chuẩn ethernet. Các mục tiêu chính cần đạt được của phần này là:

- Nhận và hiển thị hình ảnh được truyền về từ một IP Camera gắn trên robot để người điều khiển biết hiện trạng của ống thoát nước đang khảo sát. Camera này có thể được điều khiển để thay đổi góc nhìn, độ hội tụ, phóng to và thu nhỏ hình ảnh. Tất cả các hoạt động trên được điều khiển trực tiếp bằng bàn phím máy tính hoặc bằng tay game (gamepad) nhằm tăng tính linh hoạt và hiệu quả cho robot.

- Điều khiển hoạt động của robot gồm tới, lui, nhanh, chậm, qua trái, qua phải, tắt/mở đèn chiếu sáng. Phần mềm có thể nhận tín hiệu điều khiển này từ bàn phím, chuột hoặc gamepad, sau đó mã hóa theo đúng khuôn dạng dữ liệu đã được thống nhất với phần mềm nhúng trên robot và cuối cùng sẽ được gửi đến robot thông qua chuẩn ethernet bằng mạng WiFi.

- Thu nhận các tín hiệu về trạng thái của robot để tính toán và hiển thị tốc độ, quãng đường đi được, tình trạng kết nối với robot, mức năng lượng của robot,... Nhằm giúp người điều khiển nắm rõ được vị trí, tình trạng hoạt động của robot.

- Hỗ trợ thiết lập các kết nối với robot và thiết bị hỗ trợ điều khiển (gamepad). Việc hỗ trợ ghi lại hình ảnh và các thao tác trên robot giúp người sử dụng dễ dàng xem lại khi cần thiết.

3 KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

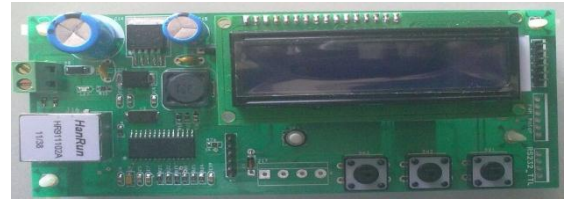
3.1 Phần cứng mạch điện điều khiển

Với các vấn đề được đặt ra khi thiết kế phần cứng mạch điện và dựa vào điều kiện thực tế, nhóm nghiên cứu đã thực hiện thành công mạch điều khiển robot (Hình 4) dựa trên chip điều khiển trung tâm là ATmega32, chip giao tiếp ethernet của hãng Microchip ENC28J60. Hệ thống mạch được chia thành hai module nhỏ:

- Module chính: thực hiện chức năng giao tiếp ethernet, đóng vai trò như một tiny webserver luôn nhận và đáp ứng liên tục các yêu cầu từ máy tính trung tâm; tạo tín hiệu điều biên xung PWM điều khiển 2 motor ph

- động; điều khiển LED chiếu sáng; nhận tín hiệu encoder mã hóa chuyển động; xử lý các phím chức năng và hiển thị trên LCD.

- Module điều khiển motor: nhận tín hiệu từ module chính và khuếch đại dòng điện cho các motor hoạt động.



Hình 4: Hình ảnh mạch điều khiển trung tâm

3.2 Phần cứng cơ khí

Với những yêu cầu và mục tiêu đã đặt ra như trên, robot (Hình 5) được thiết kế có bánh xe và đai cao su robot có thể vượt qua những vật cản có chiều cao tốt đa là 50 mm và những nơi lồi sâu đến 50 mm và độ dốc trong ống tốt đa 30°; hai động cơ được điều khiển độc lập. Thiết kế chống thấm nước giúp robot có thể hoạt động được trong thời gian khoảng 1 giờ trong điều kiện robot bị ngập nước 20 cm. Thông số kỹ thuật của robot thực như trong Bảng 1 sau đây:

Bảng 1: Thông số kỹ thuật đạt được của robot thực

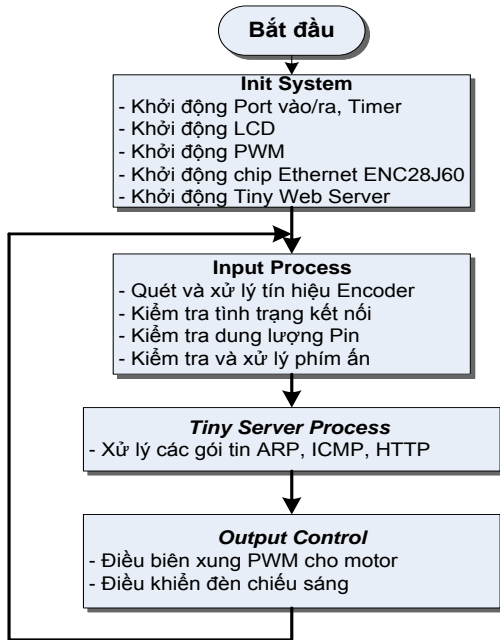
Mô tả	Thông số
Chiều dài	568 mm
Chiều rộng	368 mm
Chiều cao	280 mm
Khối lượng	28 000 g
Vận tốc	0.5 m/s
Độ dốc bên trong đường ống	$\leq 30^\circ$
Vật liệu cấu tạo	Thép
Đường kính bánh xe	150 mm



Hình 5: Robot thực tế

3.3 Phần mềm điều khiển robot

Với yêu cầu đặt ra là thu thập hình ảnh và điều khiển robot, nhóm nghiên cứu đã thiết kế chương trình với giao diện chính gồm 3 phần cơ bản: phần hiển thị hình ảnh, phần điều khiển và phần thông tin (xem Hình 6).



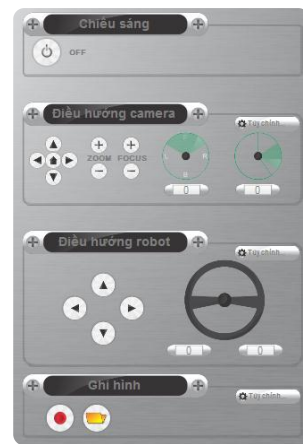
Hình 6: Lưu đồ chương trình chính

– Phần hiển thị hình ảnh: nhận và ghi lên ổ cứng máy tính dưới dạng phim (luồng hình

ảnh) trực tiếp truyền về từ robot. Ngoài ra, phần mềm này còn có biểu đồ thể hiện luồng tín hiệu truyền nhận giữa Robot và máy tính.

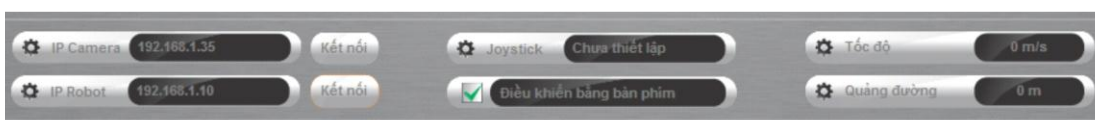
– Phần điều khiển: Tập trung hầu hết các chức năng điều khiển cho robot. Phần này được điều khiển thông qua dùng chuột hoặc bàn phím máy tính hoặc dùng gamepad.

– Phần thông tin: thể hiện một số thông tin cơ bản cần thiết cho quá trình hoạt động của robot cũng như phần mềm điều khiển. Thể hiện tốc độ cũng như quãng đường đi của robot. Ngoài ra còn thể hiện địa chỉ kết nối đến camera và robot ...



Hình 7: Giao diện điều khiển

Hình 8: Giao diện hiển thị



Hình 9: Giao diện thông tin

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Đề tài nghiên cứu và chế tạo một robot thăm dò đường ống đã đưa ra một mô hình robot mẫu có khả năng di chuyển linh hoạt trong đường ống, chống thấm tốt và một hệ thống camera quan sát. Mạch điều khiển nhúng trên robot bước đầu thành công với khả năng giao tiếp được với trung tâm bằng chuẩn ethernet, nhận tín hiệu điều khiển và thu thập thông tin trạng thái robot gửi về trung tâm. Hệ thống camera quan sát cũng hoạt động với khả năng truyền hình ảnh rõ và điều khiển được tầm quan sát. Với kết quả thử nghiệm ban đầu, robot có khả năng chống thấm tốt, di chuyển được ở một số địa hình gồ ghề dưới đường ống, chương trình điều khiển từ máy trạm đáp ứng tốt các yêu cầu được đặt ra.

Ưu điểm chính của hệ thống là tiết kiệm chi phí chế tạo, tìm hiểu và làm chủ được các kỹ thuật điều khiển robot thông qua chuẩn ethernet, đây là một chuẩn truyền thông có tốc độ cao, ổn định và thông dụng nhất hiện nay.

Kết quả của đề tài này có thể được ứng dụng cho nghiên cứu sâu hơn về các loại robot thăm dò đường ống, ứng dụng thực tế cho khảo sát, chuẩn đoán các đường ống thoát nước. Ngoài ra, cần thêm thời gian và kinh phí để phát triển tiếp các loại robot có thể đi vào các loại đường ống phức tạp để sửa chữa, khắc phục các sự cố (ngẹt, nứt...) mà con người không thể đến được.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Thomas Bräunl, 2003. *EMBEDDED ROBOTICS*. Springer, 454page.
2. Owen Bishop, 2007. *The Robot Builder's Cookbook*, Elsevier Ltd, 373page
<http://www.avrportal.com/?page=avrnet>
<http://www.baomoi.com/Robot-sua-chua-trong-duong-ong/53/4020375.epi>
3. KS. Võ Anh Huy PGS.TS. Đặng Văn Nghìn, *Thiết kế và chế tạo mô hình robot đường ống*, Bộ môn Cơ điện tử - Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh