

RESEARCH AND DESIGN FIRE DETECTING AND WARNING ROBOT

Vu Thi Nguyen*, Do Thi Loan

TNU - University of Information and Communication Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 18/5/2022	Leaking gas in large concentrations can cause many harmful consequences such as respiratory failure, vision loss, burning pain, skin burns, damage to the brain, nervous system, emotional disturbances. At the same time, it is also the cause of fires in families, apartment buildings, and factories that use gas. Fire causes damage to property as well as human life. Security equipment suppliers in the market have launched a wide variety of products, as well as many studies to reduce damage, but the products are usually fixed, so the monitoring area The monitoring is not wide, limited in the detection range of the sensor. Stemming from reality, the authors have researched and built a robot system that automatically moves, changes direction when encountering obstacles, collects, monitors, measures and warns of fire hazards by How to send a text message to a pre-registered phone number. Research results contribute to improving fire prevention and fighting, protecting human health and life, preserving property and material possessions.
Revised: 31/5/2022	
Published: 31/5/2022	
KEYWORDS	
Gas leak	
Fire detection	
Fire warning	
Security Robots	
Warning message	

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ ROBOT PHÁT HIỆN VÀ CẢNH BÁO HOẢ HOẠN

Vũ Thị Nguyệt*, Đỗ Thị Loan

Trường Đại học Công nghệ Thông tin và Truyền thông – ĐH Thái Nguyên

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 18/5/2022	Rò rỉ khí gas với nồng độ lớn có thể gây ra rất nhiều hậu quả tai hại như suy hô hấp, giảm thị lực, đau rát, bỏng da, tổn hại đến não bộ, hệ thần kinh, rối loạn cảm xúc. Đồng thời nó cũng là tác nhân gây ra các vụ hỏa hoạn trong các gia đình, khu tập thể, chung cư, trong các nhà máy sản xuất sử dụng chất đốt bằng gas. Cháy nổ làm thiệt hại về tài sản cũng như tính mạng con người. Các nhà cung ứng thiết bị an ninh trên thị trường đã cho ra mắt rất nhiều các sản phẩm đa dạng, cũng như có nhiều công trình nghiên cứu để giảm thiểu thiệt hại, tuy nhiên các sản phẩm thường gắn cố định, nên vùng giám sát không được rộng, bị giới hạn trong phạm vi phát hiện của cảm biến. Xuất phát từ thực tế, nhóm tác giả đã nghiên cứu và xây dựng một hệ thống robot tự động di chuyển, đổi hướng khi gặp vật cản, thu thập, giám sát, đo lường và cảnh báo nguy cơ hỏa hoạn cơ hỏa hoạn bằng cách gửi tin nhắn đến số điện thoại đã đăng ký trước. Kết quả nghiên cứu góp phần nâng cao công tác phòng chống cháy nổ, bảo vệ sức khỏe, tính mạng con người, giữ gìn tài sản, của cải vật chất.
Ngày hoàn thiện: 31/5/2022	
Ngày đăng: 31/5/2022	
TỪ KHÓA	
Rò rỉ gas	
Phát hiện cháy nổ	
Cảnh báo hỏa hoạn	
Robot an ninh	
Tin nhắn cảnh báo	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.6012>

* Corresponding author. Email: vtnguyet@ictu.edu.vn

1. Giới thiệu

Khí ga hiện là nguyên liệu đốt được dùng phổ biến trong các gia đình, nhà hàng, nhà máy, sản xuất,... Tuy nhiên nếu nồng độ khí gas quá lớn mà con người hít phải có thể khiến phổi thiếu oxy, nghẹt thở, tác động đến não bộ, hệ thần kinh gây ra rối loạn đi lại, giao tiếp, chóng mặt, ảo giác, mất kiểm soát, buồn nôn, bất tỉnh, mất cảm xúc, stress, co giật, xuất huyết não hay suy giảm trí nhớ. Ngộ độc gas còn gây tăng nhịp tim và huyết áp, giảm tế bào máu, viêm gan và thận,... Rò rỉ khí gas còn có thể dẫn cháy nổ, gây thương vong cho con người và phá huỷ cơ sở vật chất.

Để phát hiện và cảnh báo hỏa hoạn, rò rỉ khí gas kịp thời, các nhà cung ứng thiết bị an ninh trên thị trường đã cho ra mắt rất nhiều các sản phẩm với tính năng, kiểu dáng, độ nhạy,... đa dạng. Đồng thời cũng có một số các công trình nghiên cứu để nâng cao hiệu quả phòng chống cháy nổ, có thể kể đến, hệ thống cảnh báo sớm cháy điện tòa nhà dựa trên công nghệ tổng hợp dữ liệu đa cảm biến [1]. Hệ thống nhúng thông minh tự động phát hiện và ngăn chặn cháy để đảm bảo an toàn gồm ba module: module phát hiện khói, module gửi thông báo cho người dùng và trung tâm hỗ trợ gần nhất, và module báo động khẩn cấp khi phát sinh hỏa hoạn [2]. Hệ thống phát hiện rò rỉ LPG sử dụng giao thức MQTT trên module truyền thông LoRa, khoảng cách hiệu quả tối đa từ điểm giám sát đến trung tâm điều khiển là 200m trong điều kiện Line-of-Sight (LoS) và 100m trong Non-Line-of-Sight (Non-LoS) bằng cách sử dụng tích hợp antenna [3]. Phát hiện rò rỉ LPG và lửa với hệ thống cảnh báo qua SMS [4]. Phát hiện nhanh khói và lửa dựa trên mạng neural học sâu [5]. Nhà thông minh, giám sát và phát hiện đám cháy dựa trên mạng cảm biến không dây gồm cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, carbon monoxide và khói. Hệ thống sử dụng hệ thống suy luận logic mờ để xử lý dữ liệu từ bốn cảm biến nhằm nâng cao độ tin cậy và độ chính xác của thông tin cung cấp cho hệ thống sẽ đưa ra cảnh báo cho người dùng [6]. Thiết kế và triển khai hệ thống cảnh báo dựa trên Arduino sử dụng với một số cảm biến tương thích (DHT22, MQ2 và máy ảnh), thiết bị truyền động (còi và relay với van nước, quạt không khí và bóng đèn kèm theo) và GSM để tương tác giữa người dùng và hệ thống [7].

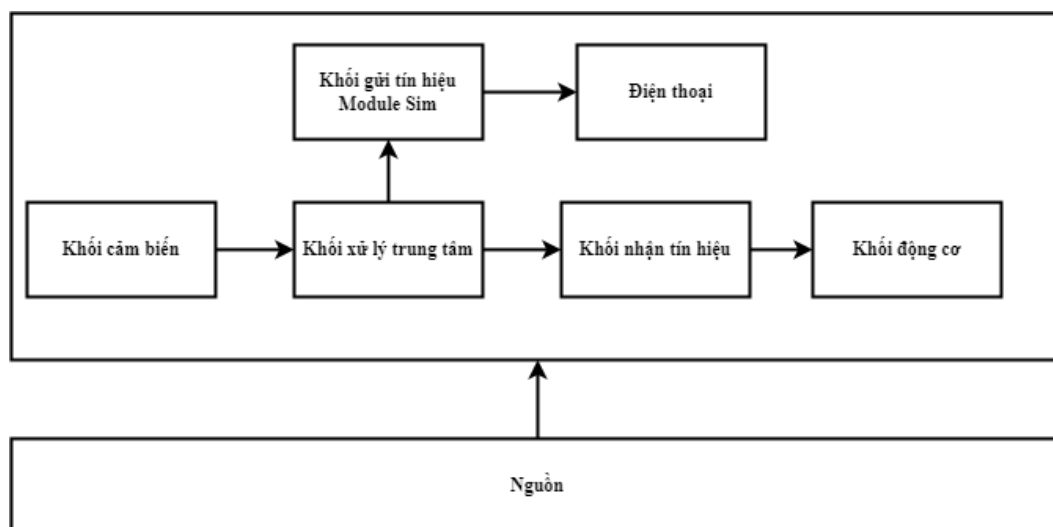
Các thiết bị, phẩm nghiên cứu và triển khai ứng dụng hiện nay thường gắn cố định, nên vùng giám sát không được rộng, bị giới hạn trong phạm vi hoạt động của cảm biến. Xuất phát từ thực tế, nhóm tác giả đã nghiên cứu và xây dựng một hệ thống robot tự động di chuyển, đổi hướng khi gặp vật cản, thu thập, giám sát, đo lường và cảnh báo nguy cơ hỏa hoạn bằng cách gửi tin nhắn đến số điện thoại đã đăng ký trước. Kết quả nghiên cứu góp phần nâng cao công tác phòng chống cháy nổ, bảo vệ sức khỏe, tính mạng con người, giữ gìn tài sản, của cải vật chất.

2. Thiết kế hệ thống

2.1. Thiết kế phần cứng

Hệ thống phát hiện và cảnh báo hỏa hoạn được xây dựng theo sơ đồ khối như Hình 1, gồm:

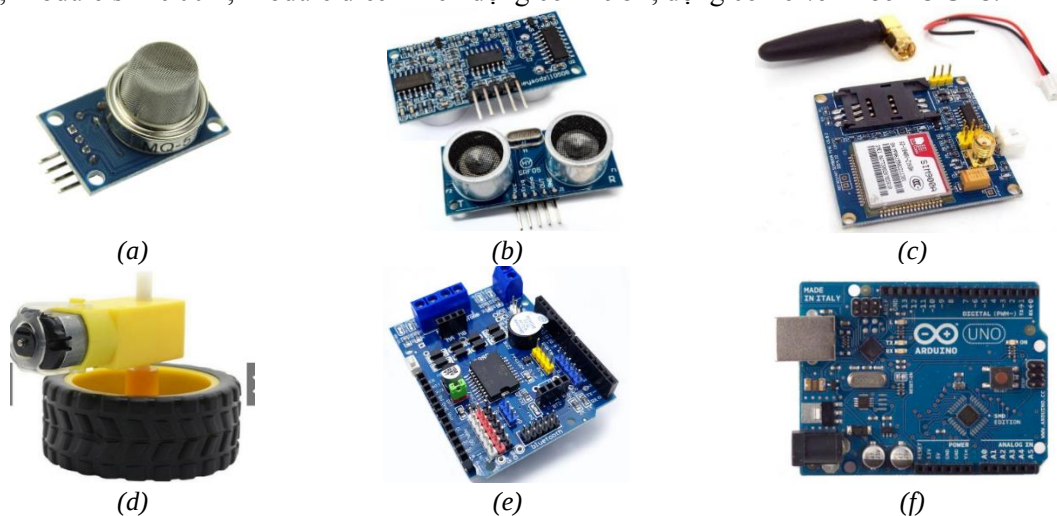
- Khối cảm biến: thực hiện chức năng phát hiện vật cản, khí gas và gửi tín hiệu về cho khối xử lý trung tâm.
- Khối xử lý trung tâm: sau khi nhận tín hiệu gửi về từ khối cảm biến sẽ thực hiện chức năng lập trình theo yêu cầu của người lập trình trước đó để đưa ra tín hiệu điều khiển cho khối điều chế tín hiệu và sẽ xử lý dữ liệu đạt đến điều kiện nhất định sẽ gửi dữ liệu lên điện thoại.
- Khối gửi tín hiệu Module Sim: Khi khối xử lý trung tâm đã nhận được dữ liệu từ khối cảm biến đến ngưỡng nhất định khối xử lý trung tâm sẽ đưa ra tín hiệu để khối gửi dữ liệu cảnh báo lên điện thoại.
- Điện thoại: Nhận tin nhắn cảnh báo
- Khối nhận tín hiệu: sau khi nhận tín hiệu điều khiển của khối xử lý trung tâm sẽ thực hiện chức năng điều chế tín hiệu theo tín hiệu điều khiển cụ thể là bấm xung để đưa ra bộ phận di chuyển.
- Khối động cơ: thực hiện chức năng di chuyển và hút bụi theo tín hiệu điều chế trước đó được gửi đến từ bộ phận điều chế tín hiệu.
- Nguồn: cung cấp điện năng cho toàn bộ hệ thống.



Hình 1. Sơ đồ khối hệ thống robot phát hiện và cảnh báo hỏa hoạn

Hoạt động của hệ thống: robot sẽ thực hiện chức năng tự động di chuyển tránh vật cản và đo lượng khí gas trong vùng làm việc, khi đạt ngưỡng nguy hiểm (được cài đặt trước) sẽ gửi cảnh báo về điện thoại theo số đã đăng ký trước.

Các thiết bị điện tử sử dụng trong hệ thống như Hình 2 gồm: Cảm biến khí gas, cảm biến siêu âm, Module sim 900A, Module điều khiển động cơ L298P, động cơ xe và Arduino Uno.



Hình 2. Các thiết bị chính dùng cho hệ thống robot phát hiện và cảnh báo hỏa hoạn

Hình 2 (a) là cảm biến MQ5 [8] có thông số 5VDC phát hiện khí gas, khói, cồn, Metan, v.v. UltraSonic HY-SRF05 [9] ở Hình 2 (b) được sử dụng để nhận biết khoảng cách từ vật cản đến cảm biến bằng sóng siêu âm, sử dụng nguồn 5VDC; 10mA ÷ 40mA; góc quét $\leq 15^\circ$; Tần số phát 40Khz; khoảng cách đo 2cm ÷ 450cm. Module sim 900A [10] trên Hình 2 (c) hỗ trợ thu phát GSM, GPRS. Động cơ xe như Hình 2 (d) [11] có tỉ số truyền 1:120; Moment kéo 1.0Kg.cm. L298P trong Hình 2 (e) là module điều khiển 2 động cơ DC hoặc 1 động cơ bước [12]. Arduino Uno như Hình 2 (f) là phiên bản thứ 3 có nhân là vi điều khiển ATmega328 thuộc họ AVR 8 bit.

2.2. Thiết kế chương trình phần mềm

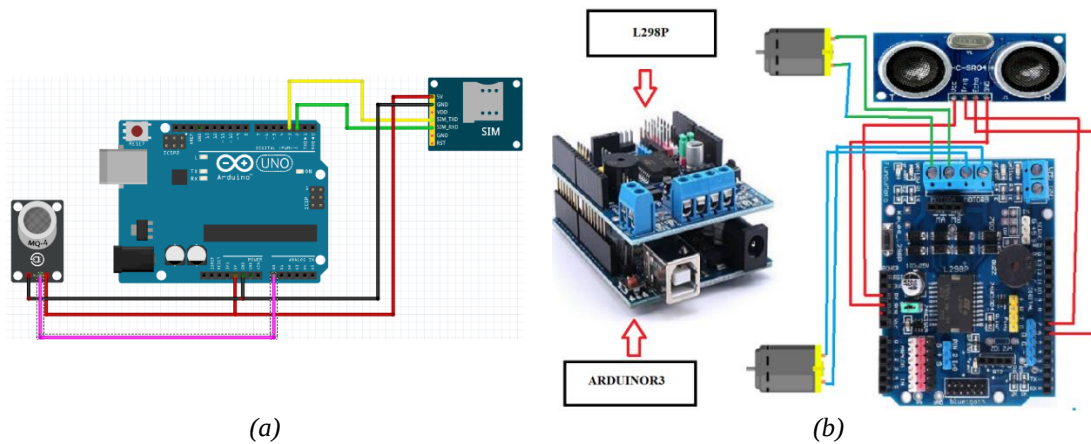
Hệ thống robot phát hiện và cảnh báo hỏa hoạn được thiết kế theo thuật toán lập vô hạn sau:

- Bước 1: Bắt đầu chương trình cần khai báo các thư viện: cảm biến khí gas, cảm biến siêu âm, module sim; định nghĩa các kết nối giữa Arduino với các ngoại vi; cài đặt ngưỡng trên là 10

LEL (Lower Explosive Limited) phát hiện rò rỉ khí gas và khoảng cách 10 cm để phát hiện vật cản; đăng ký các số điện thoại sẽ được gửi đến khi có cảnh báo.

- Bước 2: Đọc liên tục các giá trị về khí gas và khoảng cách từ các cảm biến.
- Bước 3: Kiểm tra điều kiện về khoảng cách từ robot đến vật cản ≤ 10 cm, nếu:
 - + Đúng: Robot tiếp tục di chuyển tiến về phía trước.
 - + Sai: Điều khiển robot rẽ sang phải.
- Bước 3: Kiểm tra điều kiện về nồng độ khí gas ≥ 10 LEL (từ các nguồn như: rò rỉ gas, có khói từ đám cháy, khí gây cháy nổ như cồn, Metan, CO, v.v):
 - + Đúng: Gửi cảnh báo về điện thoại theo số đã được đăng ký.
 - + Sai: Quay lại Bước 2.

3. Kết quả thực nghiệm



Hình 3. Kết nối phần cứng (a) Phần phát hiện và cảnh báo hoả hoạn
(b) Phần robot di động và tránh vật cản



Hình 4. (a) Robot phát hiện và cảnh báo hoả hoạn; (b) Gửi tin nhắn cảnh báo hoả hoạn về điện thoại

Tiến hành kết nối phần cứng phần phát hiện và cảnh báo hoả hoạn gồm cảm biến khí gas MQ5 và Module sim 900A với Arduino như Hình 3 (a), phần robot tự động di chuyển và tránh vật cản gồm Module L298P, động cơ xe, cảm biến siêu âm với vi điều khiển Uno R3 như Hình 3

(b). Mô hình robot được triển khai như Hình 4 (a) và tín hiệu cảnh báo gửi số điện thoại đăng ký như Hình 4 (b).

Robot sẽ liên tục di chuyển trong vùng cần giám sát, gặp vật cản sẽ đổi hướng bằng cách rẽ sang phải, trong quá trình đó, nó sẽ tự động đọc các dữ liệu có thể gây cháy nổ trong vùng khảo sát như rò rỉ khí gas, khói, cồn, metan, LPG, CO,... Nếu phát hiện nguy cơ hỏa hoạn với nồng độ đọc về ≥ 10 LEL sẽ gửi tín hiệu cảnh báo đến số điện thoại đã đăng ký.

4. Kết luận

Tác hại của rò rỉ khí gas, LPG, CO, ngộ độc khói, sự nguy hiểm của cháy nổ đến sức khỏe, tính mạng con người và của cải vật chất, ngày càng gia tăng do nhiều nguyên nhân trong các hoạt động sinh hoạt gia đình, sản xuất, thời tiết, chập điện,... Các hệ thống an ninh, phòng cháy, chữa cháy trên thị trường thường lắp đặt cố định nên sẽ giới hạn về phạm vi quan trắc. Vì thế sự linh động trong quá trình giám sát bằng cách liên tục di chuyển qua nhiều vị trí tương tự như các robot hút bụi trên thị trường, sẽ khiến cho vùng không gian phát hiện hỏa hoạn được mở rộng.

Hệ thống robot phát hiện và cảnh báo hỏa hoạn mà nhóm tác giả thiết kế có dạng mô hình xe, tự động di chuyển, gặp vật cản sẽ chuyển sang hướng khác để tiếp tục thay đổi vị trí, trong quá trình đó sẽ thu thập các dữ liệu về nồng độ khí gas, LPG, CO, khói, v.v. Khi giá trị đo lường lớn hơn ngưỡng cho phép (10 LEL) sẽ gửi tín hiệu cảnh báo đến số điện thoại được đăng ký. Với sự phát hiện nhanh chóng theo thời gian thực, người dùng có thể chủ động xử lý, ngăn chặn hoặc kịp thời khắc phục, giảm thiểu thiệt hại xuống mức tối thiểu.

Để đẩy nhanh thời gian phát hiện, nâng cao độ tin cậy của hệ thống, có thể sử dụng thêm nhiều robot và kết nối chúng với nhau trong mạng M2M, Zigbee, Lora, v.v để gia tăng không gian hoạt động theo mô hình robot bầy đàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] W. Zhang, "Electric fire early warning system of gymnasium building based on multi-sensor data fusion technology," *2021 International Conference on Machine Learning and Intelligent Systems Engineering (MLISE)*, 2021, pp. 339-343.
- [2] F. M. J. M. Shamrat, A. A. Khan, Z. Sultana, M. M. Imran, A. Abdulla, and A. Khater, "An Automated Smart Embedded System on Fire Detection and Prevention for Ensuring Safety," *2021 2nd International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)*, 2021, pp. 978-983.
- [3] B. Siregar, H. F. Pratama, and I. Jaya, "LPG Leak Detection System Using MQTT Protocol on LoRa Communication Module," *2020 4rd International Conference on Electrical, Telecommunication and Computer Engineering (ELTICOM)*, 2020, pp. 215-218.
- [4] M. A. F. Malbog, H. D. Grimaldo, L. L. Lacatan, R. M. Dellosa, and Y. D. Austria, "LPG Leakage and Flame Detection with SMS Notification and Alarm System: Rule-Based Method," *2020 11th IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC)*, 2020, pp. 323-327.
- [5] L. Zeng, G. Xu, L. Dong, and P. Hu, "Fast smoke and flame detection based on lightweight deep neural network," *2020 12th International Conference on Intelligent Human-Machine Systems and Cybernetics (IHMSC)*, 2020, pp. 232-235.
- [6] Q. I. Sarhan, "Arduino Based Smart Home Warning System," *2020 IEEE 6th International Conference on Control Science and Systems Engineering (ICCSSE)*, 2020, pp. 201-206.
- [7] M. U. Harun Al Rasyid, D. Enda, and F. A. Saputra, "Smart Home System for Fire Detection Monitoring Based on Wireless Sensor Network," *2019 International Electronics Symposium (IES)*, 2019, pp. 189-194.
- [8] D-Robotics UK, *MQ5 gas Sensor*, MQ5 sensor datasheet, 2010.
- [9] Miscellaneous, *UltraSonic HY sensor*, SRF05 datasheet, 2020.
- [10] Fujitsu, *Module sim 900A*, Module sim datasheet, 2019.
- [11] Takhte Jamshid Petrochemical Co, *DC motor*, Car motor datasheet, 2018.
- [12] Espressif Systems, *Arduino Uno R3*, Arduino datasheet, 2019.