



NGHIÊN CỨU ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP CẢNH BÁO SỚM RỦI RO, SỰ CỐ BẰNG CÔNG NGHỆ IoT TRONG KHAİ THÁC THAN HẦM LÒ

Nguyễn Duyên Phong, Uông Quang Tuyền, Trần Tuấn Minh

Trường Đại học Mỏ - Địa chất

E-mail: nguyenduyenphong@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Khai thác than hầm lò là ngành nghề đặc biệt nguy hiểm và làm việc trong môi trường đặc biệt khắc nghiệt, thường xuyên xảy ra các sự cố cháy nổ làm hàng nghìn người chết. Trên thế giới cũng như Việt Nam khi xảy ra sự cố cháy nổ khí thì đó là những thảm họa rất lớn cả về người lẫn trang máy móc thiết bị. Trong nghiên cứu này nhóm tác giả giới thiệu công nghệ IoT (Internet of things) cảnh báo sớm các loại khí, bụi nổ trong khai thác than hầm lò. Công nghệ này bao gồm các cảm biến đo các dữ liệu khí, bụi, nhiệt độ, độ ẩm mỏ, ... và truyền tải dữ liệu về trung tâm máy chủ (server). Trên cơ sở đó giám sát được các giá trị đo từ cảm biến truyền về sẽ phát hiện được sớm các rủi ro, sự cố đáng tiếc trong khai thác than hầm lò.

Từ khóa: rủi ro, sự cố, khai thác than hầm lò, cảm biến, IoT, khí bụi nổ.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khoáng sản là một tài nguyên rất quan trọng đối với tất cả các nước trên thế giới. Than là khoáng sản rất quan trọng trong ngành năng lượng đối với Việt Nam cũng như các nước trên thế giới. Sản lượng than khai thác của Việt Nam chủ yếu bằng khai thác hầm lò, do đó việc có một hệ thống theo dõi khai thác an toàn là rất cần thiết.

Các mỏ hầm lò hiện nay thường có một hệ thống đường lò rất phức tạp [1, 4, 5], thường là những đường lò dài và hẹp có khi chiều dài đến vài km nhưng chiều rộng chỉ vài mét. Hàng ngàn công nhân có thể làm việc đồng thời trong điều kiện vô cùng khắc nghiệt trong quá trình sản xuất. Hàng năm có thể có hàng trăm người chết vì tai nạn khai thác mỏ [12, 14, 16]. Và đến nay thì con người vẫn, đã và đang chấp nhận khai thác than hầm lò là một ngành công nghiệp có rủi ro cao. Trên thực tế như vậy rất cần một hệ thống giám sát và kiểm soát được triển khai như một cơ sở hạ tầng quan trọng để đảm bảo an toàn khi khai thác than hầm lò [3]. Tuy nhiên, với hệ thống đường lò vô cùng phức tạp như vậy, việc triển khai các công nghệ này vẫn còn hạn chế. Trong bối cảnh như vậy việc sử dụng các mạng cảm biến không dây là vô cùng cần thiết, chúng có những lợi thế đặc biệt trong quá trình tự động hóa giám sát và kiểm

soát dưới lòng đất do triển khai nhanh chóng và linh hoạt. Ngoài ra, việc truyền tải dữ liệu cũng dễ dàng thích ứng và mở rộng trong quá trình triển khai trong các đường lò, đồng thời phù hợp với việc giám sát và kiểm soát toàn diện ở các mỏ, có thể khắc phục được một số các nhược điểm của hệ thống giám sát có dây [10, 11, 15, 18]. Một vấn đề quan trọng và cần thiết để tự động hóa giám sát và kiểm soát các mỏ than là cung cấp thông tin báo động toàn diện kịp thời tránh xảy ra các sự cố. Bên cạnh đó cho phép người dùng xác định được các mức báo động an toàn mỏ và có thể điều chỉnh việc giám sát và các quy trình kiểm soát để đảm bảo an toàn mỏ. Hơn nữa, người dùng có thể điều khiển các thiết bị vật lý khác từ xa thông qua Web. Các hệ thống giám sát và kiểm soát an toàn mỏ hiện nay tập trung vào việc thu thập thông tin theo thời gian thực rất hữu ích, nhưng không thể đáp ứng được nhu cầu của người dùng với trở ngại sử dụng rất cao và thường yêu cầu về cấu hình hoạt động phức tạp cho các ứng dụng tự động hóa giám sát và điều khiển. Trong những năm gần đây, với việc ứng dụng cuộc cách mạng công nghiệp 4.0 thì việc ứng dụng các công nghệ như [2]: IoT, BigData, AI, ... vào trong đời sống và sản xuất công nghiệp đã xảy ra như vũ bão. Một số các nghiên cứu [6, 7, 8, 9, 13, 17, 19] đã đưa ra một số các ứng

dụng cho loài người, tuy nhiên các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào việc kết hợp các dịch vụ thông tin và không giải quyết các yêu cầu đi kèm với việc tích hợp các thiết bị vật lý.

2. PHƯƠNG PHÁP VÀ NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp giám sát và kiểm soát các mỏ than hầm lò

Hệ thống giám sát và kiểm soát các mỏ than hầm lò có thể được chia làm bốn loại: hướng cơ sở dữ liệu, hướng thông báo, hướng dịch vụ và các phương pháp tiếp cận.

- Phương pháp tiếp cận hướng cơ sở dữ liệu: Hệ thống giám sát an toàn mỏ than hầm lò là phương pháp dựa trên ngôn ngữ truy vấn (SQL-Structured Query Language), để truy vấn các cảm biến được lắp đặt tại các vị trí trong các đường lò khai thác than dưới lòng đất và các thiết bị khác được sử dụng ở dạng khai báo đơn giản từ các lớp ứng dụng. Do vậy, đây không phải là giá trị cốt lõi của tất cả dữ liệu cảm quan được thu thập và việc lọc dữ liệu và trích xuất tính năng dành riêng cho thiết bị là điều rất cần thiết. Phương pháp này tập trung vào việc thu thập dữ liệu từ mạng và cần có công nghệ xử lý dữ liệu trong mạng và các nút cảm biến để giảm lượng dữ liệu và năng lượng tiêu thụ. Do vậy, một lượng lớn dữ liệu giám sát an toàn được tạo ra và xử lý trong quá trình khai thác than. Đây cũng là điều quan trọng trong an toàn mỏ hầm lò với việc phân tích các dữ liệu lịch sử, một lượng dữ liệu khổng lồ quá trình giám sát và kiểm soát an toàn mỏ dựa trên SQL để dự báo sự mất an toàn mỏ.

- Phương pháp tiếp cận hướng thông báo: Hệ thống giám sát an toàn khi khai thác than hầm lò cho phép các thiết bị cảm biến ngầm giao tiếp với nhau thông qua các thiết bị phần cứng. Cách tiếp cận này che giấu các giao diện mạng cơ bản, cho phép người dùng tập trung phát triển ứng dụng, cung cấp chế độ giao tiếp không đồng bộ. Trong hầu hết các trường hợp, các ứng dụng kiểm soát và giám sát an toàn mỏ than đều được điều khiển theo các sự kiện và có nhiều lợi thế hơn về các mô hình yêu cầu-phản hồi theo truyền thống. Cách tiếp cận này hoạt động như một thông báo không đồng bộ và mô hình truyền thống hướng

sự kiện hỗ trợ các tương tác nhiều. Do vậy, cách tiếp cận theo định hướng thông báo cho phép mối quan hệ được kết hợp người sản xuất tại hiện trường và những cán bộ làm công tác quản lý, điều độ sản xuất.

- Phương pháp tiếp cận hướng dịch vụ: Hệ thống làm vai trò kết nối và điều hành của toàn mỏ, nó đem lại khả năng chiến lược hơn khi hệ thống đáp ứng được khả năng tương tác giữa các lãnh đạo điều hành và công nhân thực hiện trong quá trình sản xuất, đây cũng chính là dịch vụ tương tác. Hệ thống tích hợp cảm biến giám sát và kiểm soát mỏ theo thời gian thực sẽ truyền tải thông tin từ hiện trường về trung tâm điều khiển vậy đây chính là giải pháp tương tác giữa hoạt động khai thác mỏ hầm lò và các nhà quản lý mỏ. Hệ thống theo dõi, điều khiển giúp nâng cao khả năng làm việc của con người cũng như máy móc thiết bị một cách có hệ thống và chuyên nghiệp được đặt ra như theo dõi thời gian thực các loại máy móc thiết bị, báo động, truy vấn tất các thiết bị và hỗ trợ khẩn cấp khi cần.

- Phương pháp tiếp cận: hệ thống có thể được chuẩn hóa xây dựng thành bộ phần mềm đóng gói thương mại hóa sản phẩm dạng phần mềm kiến trúc phân tán. Trong nghiên cứu ban đầu của chúng tôi mới chỉ dừng ở một mạng cảm biến không dây kết hợp với các thiết bị điều khiển để theo dõi và giám sát an toàn để có những cảnh báo sớm thông minh trong quá trình sản xuất và khai thác than hầm lò. Tất cả các số liệu thu thập từ cảm biến được truyền về trung tâm giám sát từ xa nhằm phân tích thông tin và đưa ra các quyết định để điều hành quá trình sản xuất than hầm lò.

2.2. Đề xuất giải pháp giám sát và kiểm soát rủi ro, sự cố trong khai thác than hầm lò

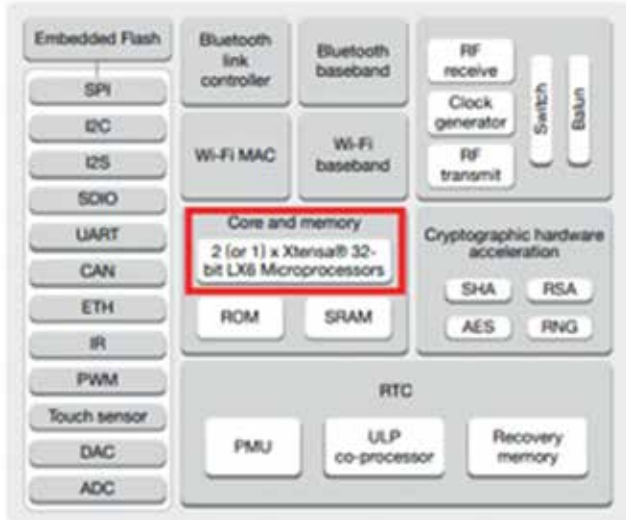
Các hệ thống giám sát mỏ than truyền thống hiện nay có xu hướng là hệ thống mạng có dây, đóng các vai trò quan trọng trong hệ thống an toàn mỏ. Do đó có khả năng dây bị hỏng, đồng thời chúng cần năng lượng rất cao. Các giá trị cảm biến hiện tại của mỏ không phải ai cũng có thể truy cập được. Hệ thống kiểm soát nhu cầu thông gió của mỏ tùy thuộc vào điều kiện khí hậu hiện tại của mỏ.

Ở đây nhóm nghiên cứu đề xuất giải pháp thiết kế mạng cảm biến không dây với sự điều khiển của vi điều khiển ESP32 (Hình 1) [20] có khả năng giám sát và kiểm soát điều kiện môi trường mỏ than



hầm lò trong lòng đất. IoT được coi là làn sóng thứ ba sau Internet và mạng thông tin di động, được đặc trưng bởi các giải pháp và biện pháp kỹ thuật tối ưu hơn, khả năng tương tác hoàn thiện hơn và thông minh hơn. Chẳng hạn như đối với các thông

báo qua SMS của những người không làm việc tại hiện trường vẫn có thể nhận được các thông báo từ hiện trường báo về như nhiệt độ, độ ẩm, khí độc và các giá trị cảm biến khác mà không cần phải đến hiện trường.



Hình 1. Hình dạng và tham số kỹ thuật ESP32 [20]



Hình 2. Mô hình hệ thống

Tính bảo mật của hệ thống cao, nhân viên trái phép không thể truy cập được vào hệ thống nếu không có mật khẩu.

Mô hình được sử dụng một module LoRa tích hợp để giúp truyền tải dữ liệu từ sensor về trung tâm server. Nhân xử lý trung tâm: ESP32-D0WDQ6 Dual-core low power Xtensa® 32-bit LX6 microprocessors; Rom: 448Kbytes; SRAM: 520 Kbytes.

Mô hình cấu trúc của hệ thống (Hình 2) cho thấy dữ liệu từ các sensor truyền về khối trung tâm (Gateway) bằng sóng LoRa, sau đó khối trung tâm kết nối với mạng Internet (3G/4G) bằng sóng Wifi và truyền dữ liệu về máy chủ (server).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả dữ liệu truyền về máy chủ (server) là

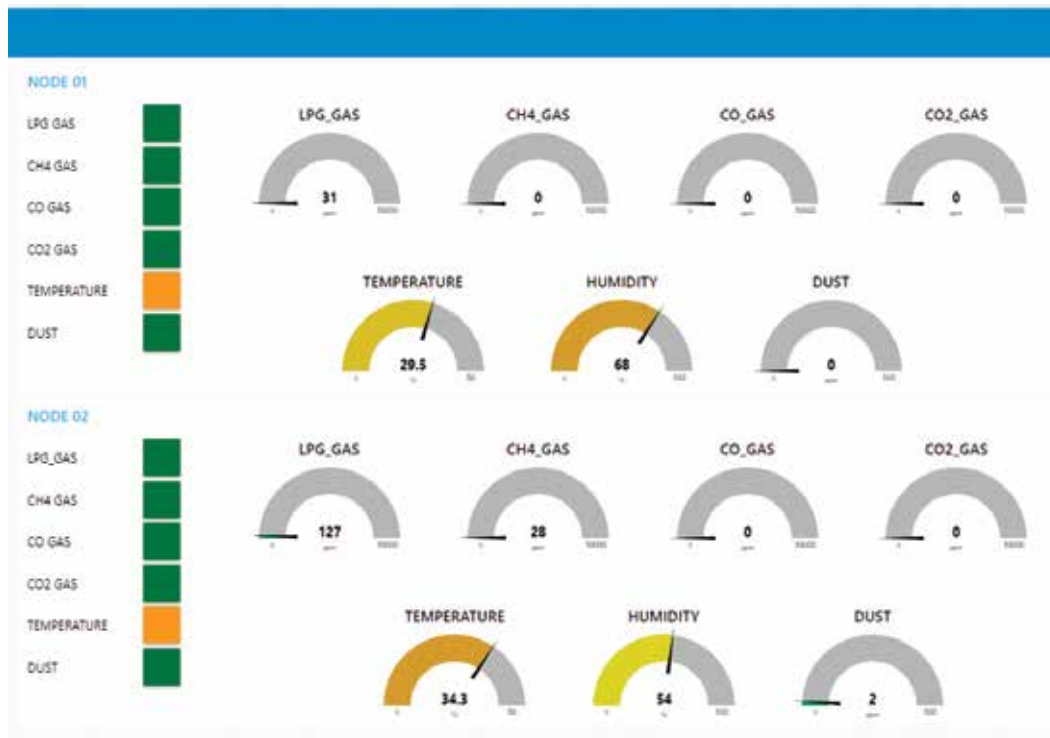
dữ liệu số (Hình 3) và có thể được biểu diễn bằng các hình ảnh cảnh báo (Hình 4). Dạng hình ảnh có thể được xem toàn cảnh các điểm đo trong cùng một thời gian từ đó có thể đưa ra quyết định cảnh báo sớm rủi ro, sự cố khi các giá trị đo vượt ngưỡng giá trị an toàn theo tiêu chuẩn cho phép. Dạng số có thể lưu dưới dạng Excel để xây dựng các mô hình dự báo cũng như tìm kiếm các lịch sử sự cố đã xảy ra.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Dấu thời gian	Sensor Node	Temperature	Humidity	LPG	CH4	CO	CO2	DUST
13115	07/11/2023 1:04:24	2 34.3		54	123	29	0	0	1
13116	07/11/2023 1:04:24	2 34.3		54	123	29	0	0	1
13117	07/11/2023 1:04:44	2 34.2		54	120	29	0	0	1
13118	07/11/2023 1:04:44	2 34.2		54	120	29	0	0	1
13119	07/11/2023 1:04:49	2 34.3		54	123	29	0	0	1
13120	07/11/2023 1:04:49	2 34.3		54	123	29	0	0	1
13121	07/11/2023 1:05:09	2 34.2		54	122	28	0	0	1
13122	07/11/2023 1:05:09	2 34.2		54	122	28	0	0	1
13123	07/11/2023 1:05:14	2 34.4		54	126	28	0	0	1
13124	07/11/2023 1:05:14	2 34.4		54	126	28	0	0	1
13125	07/11/2023 1:05:34	2 34.3		54	132	29	0	0	2
13126	07/11/2023 1:05:34	2 34.3		54	132	29	0	0	2
13127	07/11/2023 1:05:39	2 34.2		54	126	28	0	0	2
13128	07/11/2023 1:05:39	2 34.2		54	126	28	0	0	2
13129	07/11/2023 1:05:59	2 34.3		54	127	28	0	0	2
13130	07/11/2023 1:05:59	2 34.3		54	127	28	0	0	2
13131	07/11/2023 1:06:04	2 34.3		54	127	28	0	0	2
13132	07/11/2023 1:06:04	2 34.3		54	127	28	0	0	2
13133	07/11/2023 1:06:24	2 34.3		55	131	27	0	0	2
13134	07/11/2023 1:06:24	2 34.3		55	131	27	0	0	2
13135	07/11/2023 1:06:29	2 34.3		55	131	29	0	0	2
13136	07/11/2023 1:06:29	2 34.3		55	131	29	0	0	2
13137	07/11/2023 1:06:49	2 34.2		55	130	28	0	0	2
13138	07/11/2023 1:06:49	2 34.2		55	130	28	0	0	2
13139	07/11/2023 1:06:54	2 34.4		54	133	27	0	0	2
13140	07/11/2023 1:06:55	2 34.4		54	133	27	0	0	2
13141									
13142									

Hình 3. Dữ liệu số kết quả đo

Giao diện điều khiển, cài đặt và giám sát của hệ thống được thiết kế trên nền Node-Red, giúp cho việc hiển thị được trực quan hơn. Qua giao

diện người vận hành có thể biết được các giá trị về môi trường tại các node, từ đó các thể đưa ra các quyết định điều chỉnh khiến cho môi trường làm



Hình 4. Giao diện cảnh báo của hệ thống giám sát và kiểm soát an toàn mỏ

việc được thuận lợi, trong sách, tránh những rủi ro về môi trường xảy ra cho công nhân và hệ thống khai thác mỏ hầm lò.

Ưu điểm:

- Truyền tải nhanh, dữ liệu chính xác;
- Có thể làm chủ được công nghệ không phụ thuộc vào các nhà sản xuất nước ngoài;
- Giá thành tương đối rẻ so, thời gian thi công và lắp đặt hệ thống so với các hệ thống mua ở nước ngoài.

Nhược điểm:

- Hệ thống mới trong quá trình thử nghiệm;
- Cần nghiên cứu sâu thêm khi hệ thống sử dụng trong môi trường mỏ hầm lò có các điều kiện khắc nghiệt;
- Nghiên cứu khả năng an toàn phòng nổ của hệ thống thiết bị trong môi trường mỏ hầm lò.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Duyên Phong, Đào Việt Đoàn, Trần Tuấn Minh, Ngô Doãn Hòa, Nguyễn Huy Đạt, Nguyễn Văn Thịnh, Nguyễn Thị Hằng, Ưông Quang Tuyến, Nguyễn Hoàng Long, Trần Thị Hải Vân (2023), Nghiên cứu đề xuất giải pháp IoT cảnh báo sớm rủi ro, sự cố trong mỏ than hầm lò trên bể than Quảng Ninh, Báo cáo tổng kết đề tài, Mã số đề tài: B2022-MDA-07, Bộ Giáo dục và Đào tạo, Hà Nội.
2. Vũ Chiến Thắng, Nguyễn Thanh Tùng (2021), Internet vạn vật, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
3. Bộ Công Thương (2011), QCVN 01:2011/BCT về an toàn trong khai thác than hầm lò.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này chúng tôi đã trình bày nghiên cứu sử dụng nền tảng Arduino phần cứng mã nguồn mở trong ngành khai thác than hầm lò với phương thức truyền tải dữ liệu bằng sóng Lora sẽ giúp khả năng truyền sóng tốt hơn và có chất lượng giám sát các rủi ro, sự cố trong khai thác than hầm lò hoàn toàn phù hợp với các nước đang phát triển.

Sự phát triển của hệ thống cảnh báo bằng công nghệ IoT sẽ theo dõi được các dữ liệu từ cảm biến truyền về trung tâm cảnh báo sớm các rủi ro, sự cố như: cảm biến khí, nhiệt độ, độ ẩm,... trên cơ sở đó sẽ theo dõi sự an toàn trong quá trình sản xuất khai thác than hầm lò.

Bằng phương pháp và sử dụng hệ thống này, tăng cường an toàn cho người lao động trong quá trình khai thác than hầm lò □

4. Phan Quang Văn, Lê Văn Thao, Đặng Thị Ngọc Thủy, Đào Trung Thành, Nguyễn Thị Hòa, Nguyễn Thị Hồng (2020), Kỹ thuật kiểm soát ô nhiễm không khí trong công nghiệp mỏ, Hà Nội, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
5. Phan Quang Văn, Trần Xuân Hà (2008), Phòng ngừa cháy nổ khí mê tan ở mỏ than hầm lò bằng biện pháp thu và tháo khí, Tạp chí Công nghiệp Mỏ, số 4, tr 22-25.
6. D. Benslimane, S. Dustdar, and A. Sheth (2008), "Services mashups: The new generation of web applications," IEEE Internet Comput., vol. 12, no. 5, pp. 13–15, Sep.–Oct. 2008.
7. A. Bouguettaya, S. Nepal, W. Sherchan, X. Zhou, J. Wu, S.-P. Chen, D.-X. Liu, L. Li, H. B. Wang, and X.-M. Liu (2010), End-to-end service support for mashups, IEEE Trans. Serv. Comput., vol. 3, no. 3, pp. 250-263.
8. A. Bozzon, M. Brambilla, F. M. Facca, and T. Carughu (2009), A conceptual modeling approach to business service mashup development, in Proc. IEEE Int. Conf. Web Serv., pp. 751-758.
9. J. Cao, Z. Wen, and T. Wei (2012), Dynamic control of data streaming and processing in a virtualized environment, IEEE Trans. Autom. Sci. Eng., vol. 9, no. 2, pp. 365-376.
10. G.-Z. Chen, Z.-C. Zhu, G.-B. Zhou, C.-F. Shen, and Y.-J. Sun (2008), Strategy of deploying sensor nodes in the chain wireless sensor network for underground mine, J. China Univ. Mining Technol., vol. 18, no. 4, pp. 561-566.
11. M. Li and Y.-H. Liu (2009), Underground coal mine monitoring with wireless sensor networks, ACM Trans. Sens. Netw., vol. 5, no. 2, pp. 1-29.
12. L. Mallet, C. Vaught, and M. J. Brnich Jr. (1993), Sociotechnical communication in an underground mine fire: A study of warning messages during an emergency evacuation, Safety Sci., vol. 16, no. 5, pp. 709-728.
13. E. Maximilien, A. Ranabahu, and K. Gomadam (2008), An online platform for web APIs and service mashups, IEEE Internet Comput., vol. 12, no. 5, pp. 32-43.
14. M. Ndoh and G. Y. Delisle (2004), Underground mines wireless propagation modeling, in Proc. 60th IEEE Veh. Technol. Conf., vol. 5, pp. 3584-3588.
15. X.-G. Niu, X.-H. Huang, Z. Zhao, Y.-H. Zhang, C.-C. Huang, and L. Cui (2007), The design and evaluation of a wireless sensor network for mine safety monitoring, in Proc. IEEE GLOBECOM, pp. 1230-1236.
16. K. Page (2009), Blood on the coal: The effect of organizational size and differentiation on coal mine accidents, J. Safety Res., vol. 40, no. 2, pp. 85-95.
17. R. Tuchinda, C.-A. Knoblock, and P. Szekely (2011), Building mashups by example tuchinda, ACM Trans. Web, vol. 5, no. 3, pp. 1-45.
18. J. Wood, J. Dykes, A. Slingsby, and K. Clarke (2007), Interactive visual exploration of a large spatiotemporal dataset: Reflections on a geovisualization mashup, IEEE Trans. Vis. Comput. Graph., vol. 13, no. 6, pp. 1176-1183.
19. Z. Yang, F. Yushun, H. Keman, T. Wei, and Z. Jia (2014), Time-aware service recommendation for mashup creation in an evolving service ecosystem, in Proc. IEEE Int. Conf. Web Serv. (ICWS), pp. 25-32.
20. <https://deviot.vn/tutorials/esp32.66047996/tong-quan-ve-esp32.18482631> (tải ngày 26/11/2023).

LỜI CẢM ƠN

Nội dung bài báo được tài trợ kinh phí từ đề tài cấp Bộ, mã số B2022-MDA-07 của Bộ Giáo dục và Đào tạo.



RESEARCH TO PROPOSAL SOLUTIONS FOR EARLY WARNING OF RISKS AND INCIDENTS USING IoT TECHNOLOGY IN UNDERGROUND COAL MINING

Nguyen Duyen Phong, Uong Quang Tuyen, Tran Tuan Minh
Ha Noi University of Mining and Geology

ABSTRACT

Underground coal mining is a particularly dangerous profession and works in a particularly harsh environment, with frequent fire and explosion incidents and thousands of deaths. In the world as well as in Vietnam, when gas fire and explosion incidents occur, they are huge disasters in terms of both people and equipment. In this study, the authors introduce IoT (Internet of things) technology for early warning of explosive gases and dust in underground coal mining. This technology includes sensors that measure data on gas, dust, temperature, mine humidity and transmits data to the server center. On that basis, monitoring the measured values transmitted from the sensor will early detect risks and unfortunate incidents in underground coal mining.

Keywords: *risk, problem, underground coal mining, sensor, iodine, explosive gas and dust.*

Ngày nhận bài: 26/11/2023;

Ngày gửi phản biện: 28/11/2023;

Ngày nhận phản biện: 20/02/2024;

Ngày chấp nhận đăng: 25/02/2024.

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: *Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.*