BUILDING A MULTI-FUNCTIONAL DATA COLLECTION SYSTEM BASED ON INTERNET OF THINGS

THIẾT KẾ HỆ THỐNG THU THẬP DỮ LIỆU ĐA CHỨC NĂNG DỰA TRÊN CÔNG NGHỆ IoT

Nguyễn Sĩ Nguyên[1]
[1]Công ty TNHH TEKUP SOLUTIONS
Nguyễn Tấn Khôi[2]
[2]Trường Đại học Bách Khoa

ABSTRACT: *IoT technology is becoming more and more popular and can be applied to any area of life. At present, we need a data collection system that facilitates the process of data collection in real-time, allowing specific, structured information to be gathered in a systematic fashion, subsequently enabling data analysis to be able to conduct the best analysis and prediction on the collected data. Most of the data collection solution today relies on specialized electronic devices located far apart, then perform data collection and analysis based on a fixed schedule. In this paper, we present the results of research and build an integrated monitoring system (IMS) based on IoT technology. Our objective is to propose a solution to connect IoT sensors, digitize data and exploit existing network infrastructure to conduct data exchange on cloud computing platforms. From there, the data collected in IoT systems can be used to cater to the different requirements in the management and remote monitoring.*

Keywords: *IoT, integrated system, monitoring, neural network, object recognition.*

TÓM TẮT: *Hầu hết việc thu thập dữ liệu hiện nay dựa vào các thiết bị điện tử chuyên dùng đặt cách xa nhau, sau đó tiến hành thu thập số liệu và phân tích theo một lịch trình cố định. Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu và xây dựng một hệ thống thiết bị giám sát tích hợp dựa trên công nghệ IoT. Mục tiêu nhằm đề xuất một giải pháp ứng dụng công nghệ IoT kết nối các cảm biến môi trường, số hóa dữ liệu và tận dụng hạ tầng mạng sẵn có để tiến hành trao đổi dữ liệu lên nền tảng điện toán đám mây. Các dữ liệu đã thu thập được ở các hệ thống IoT được dùng phục vụ cho các yêu cầu khác nhau trong quá trình giám sát môi trường và cảnh báo.*

Từ khóa: *IoT, tích hợp, giám sát, mạng neural, nhận diện đối tượng.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với sự phát triển của công nghệ trên nền tảng IoT [5][7] thì quá trình thu thập dữ liệu và truyền về máy chủ trên nền tảng cloud trở nên dễ dàng hơn, đáp ứng được các yêu cầu cơ bản của việc giám sát thông tin môi trường [8] như giám sát được dữ liệu thời gian thực, hoạt động tự động, sử dụng năng lượng thấp [16]…

Hiện nay, có rất nhiều giải pháp cho việc xử lý các công việc thu thập dữ liệu dựa vào công nghệ IoT. Tuy nhiên các giải pháp này còn mang tính chất rời rạc, chưa đồng nhất về mặt thiết bị, chưa đa dạng về chức

năng [11][12] như các cảm biến DHT11, SHT10… dùng để đo nhiệt độ, độ ẩm; cảm biến đo cường độ ánh sáng; cảm biến đo áp suất khí quyển BM180, HP032. Cũng có rất nhiều nhà cung cấp dịch vụ để triển khai việc thu thập và xử lý dữ liệu IoT như Microsoft, Errisson, Google, Logmein [14]...

Các hệ thống Camera giám sát có một số vấn đề tồn tại như: Chỉ cho phép thu nhận hình ảnh, video; các chức năng tự động cảnh cáo khi có sự cố bất thường hoặc vi phạm... thông qua hình ảnh, video thường không chính xác; chưa có chức năng nhận diện đối tượng thông qua hình ảnh, camera; chưa có hệ thống WebSite lưu trữ, quản lý, phân tích và thống kê sự kiện; chưa có chức năng lập lịch tự động quan sát, chụp hình; không hoạt động được khi được lắp đặt tại ví trí xa, không có nguồn điện, không có mạng wifi. Việc ứng dụng công nghệ IoT đóng vai trò quan trọng nhằm phục vụ quan sát địa hình, tạo điều kiện thuận lợi để tìm kiếm, xử lý sự cố nhanh chóng và giảm các chi phí trong quá trình kiểm tra khắc phục sau sự cố [4][6].

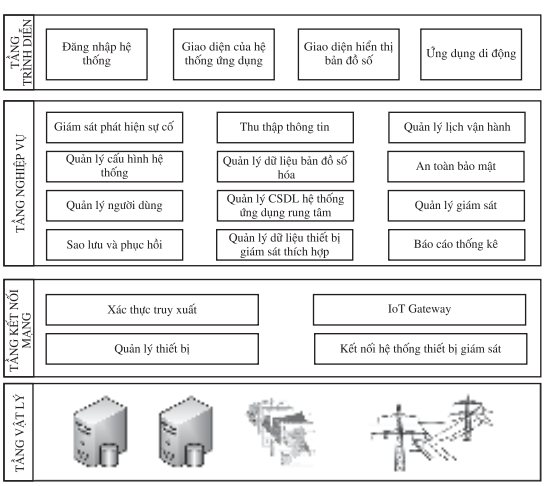
Xuất phát từ yêu cầu cần có một hệ thống tự động thu nhập và phân tích dữ liệu và yêu cầu phải hoạt động tốt trong các điều kiện thời tiết khắc nghiệt (nắng, mưa, gió, sương mù, ...) và lắp đặt tại nơi không có nguồn điện và wifi [9][15], bài báo đề xuất giải pháp xây dựng một hệ thống IoT tích hợp đa chức năng cho phép thu nhập dữ liệu hình ảnh, các thông tin liên quan môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, lượng mưa, tốc độ gió, ...

Bố cục của bài báo gồm các nội dung chính sau: Phần 2 trình bày về kiến trúc và đặc tả các thành phần của một hệ thống giám sát IoT tích hợp. Phần 3 trình bày một số kết quả ban đầu triển khai thực nghiệm hệ thống. Kết luận và hướng nghiên cứu trình bày trong phần cuối.

2. THIẾT KẾ HỆ THỐNG IoT TÍCH HỢP

2.1. Kiến trúc của hệ thống

Phần này đề xuất mô hình kiến trúc tổng thể hệ thống được triển khai bao gồm các phân hệ chính: Phân hệ quản lý bản đồ số, phân hệ quản lý dữ liệu thiết bị tích hợp hệ thống, phân hệ giám sát và cảnh báo sự cố từ xa, phân hệ lập lịch vận hành tác nghiệp, phân hệ báo cáo thống kê theo yêu cầu nghiệp vụ, hệ thống WebSite làm nhiệm vụ quản lý và lưu trữ dữ liệu đa phương tiện và cung cấp các chức năng như theo dõi trực tiếp, tìm kiếm và tra cứu video, quản lý camera, …



Hình 1. Sơ đồ mô tả kiến trúc hệ thống IoT tích hợp.

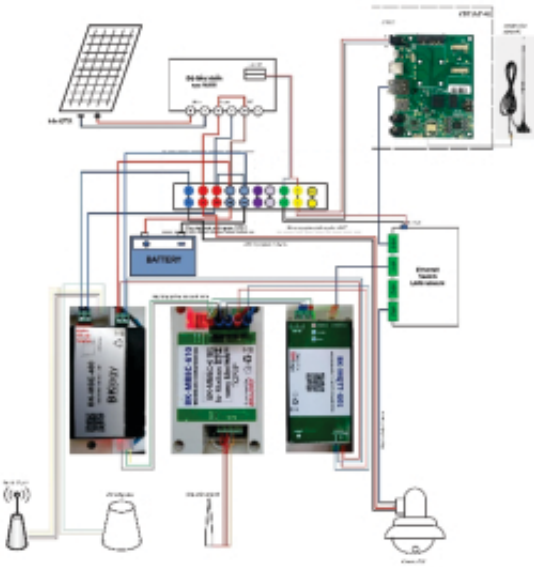
Theo kiến trúc phân lớp của hệ thống IoT được mô tả như Hình 1, tầng thiết bị vật lý thực hiện quản lý và giao tiếp các thiết bị trong hệ thống IoT. Các thiết bị IoT có thể phân thành hai loại như sau: Thiết bị thông thường và thiết bị Gateway. Thiết bị thông thường sẽ tương tác trực tiếp với network: Các thiết bị có khả năng thu thập và tải lên

thông tin trực tiếp lên mạng và có thể trực tiếp nhận thông tin từ các mạng. Gateway là đóng vai trò giao tiếp giữa các thiết bị IoT và mạng. Do có nhiều IoT có kiểu kết nối khác nhau, nên Gateway phải có chức năng giao tiếp được với nhiều chuẩn mạng từ có dây đến không dây, như CAN bus, ZigBee, Bluetooth hoặc Wi-Fi. Một thiết bị gateway có thể giao tiếp thông qua các công nghệ khác nhau như PSTN, mạng 2G và 3G, LTE, Ethernet hay DSL. Ngoài ra Gateway còn có chức năng chuyển đổi giao thức: 1) khi truyền thông ở lớp Device, nhiều device khác nhau sử dụng giao thức khác nhau, ví dụ, ZigBee với Bluetooth, và 2) khi truyền thông giữa các Device và Network, thiết bị cảm biến dùng giao thức khác (như ZigBee), và mạng dùng giao thức khác (như công nghệ 3G) [12][14].

Tầng kết nối mạng dữ liệu có 2 chức năng: điều khiển các kết nối mạng: như tiếp cận nguồn tài nguyên thông tin và chuyển tài nguyên đó đến nơi cần thiết, hay chứng thực, uỷ quyền…; quản lý kết nối: tập trung vào việc cung cấp kết nối cho việc truyền thông tin của dịch vụ/ứng dụng IoT [5][7].

Hệ thống được thiết kế theo hướng có kiến trúc mở, sử dụng các thư viện API để lập trình giao tiếp với nhiều thành phần hệ thống. Cơ chế thu nhập và tổng hợp dữ liệu từ nhiều nguồn thiết bị; có chức năng quản lý, giám sát và cảnh báo sớm bằng hình ảnh/video; phục vụ truy xuất các số liệu nhanh chóng, chính xác. Với chức năng cảm biến - truyền thông - cảnh báo, hệ thống sẽ giúp người dùng giám sát từ xa theo dõi và nắm bắt tình hình hiện tại trong phạm vi quản lý. Dữ liệu được chuẩn hóa truyền bảo mật về trung tâm qua mạng di động 3G/4G; xử lý dữ liệu từ các cảm biến; hoạt động trong điều kiện thời tiết khắc nghiệt; sử dụng nguồn năng lượng mặt trời.

2.2. Các thành phần chính của hệ thống IoT tích hợp



Hình 2. Sơ đồ kết nối các thiết bị IoT

Mô hình kết nối hệ thống IoT được đề xuất bao gồm các khối chức năng chính như sau:

1) Khối thu nhận hình ảnh/video: bao gồm các Camera quan sát, lưu trữ dữ liệu theo định kỳ và tiền xử lý dữ liệu.

2) Khối cảm biến: Chứa các cảm biến đo được các thông số của môi trường như nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, ánh sáng, tốc độ gió và hướng gió.

3) Khối số hóa dữ liệu: Đối với một số cảm biến không chuyển đổi được trực tiếp sang dữ liệu số, khối này có chức năng chuyển đổi dữ liệu đã đo được chuyển sang một loại dữ liệu có thể kiểm soát được dưới dạng số.

4) Khối xử lý dữ liệu: Bao gồm bộ xử lý chịu trách nhiệm tiếp nhận, chuyển đổi các dữ liệu từ các cảm biến hoặc các bộ chuyển đổi ADC sau đó truyền dữ liệu đến hệ thống lưu trữ.

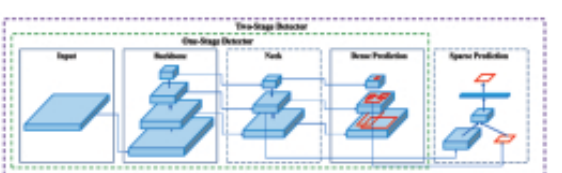
5) Khối hiển thị: Dữ liệu sau khi được xử lý bởi khối xử lý dữ liệu sẽ gởi đến đây để hiển thị kết quả hoặc gởi lên các dịch vụ trên nền điện toán đám mây xử lý và sử dụng cho các nhu cầu khác nhau.

Thiết bị giám sát tích hợp cho phép thu nhập dữ liệu từ môi trường xung quanh bao gồm thành phần ngoại vi như Camera quan sát và chụp ảnh có độ phân giải cao; các cảm biến, thẻ nhớ, thiết bị cảm biến các loại. Thiết bị IoT Gateway cung cấp khả năng lưu trữ và xử lý tức thời ngay tại chỗ thu nhận thông tin từ như Camera, các cảm biến và lưu trữ theo định dạng dữ liệu tương ứng; chức năng truyền bảo mật dữ liệu về trung tâm thông qua mạng di động 3G/4G; thiết lập các chế độ gửi dữ liệu theo định kỳ hoặc tức thời khi cần thiết. Các gateway này sẽ được lắp đặt tại chỗ cùng với camera và các cảm biến thu thập dữ liệu. IoT Gateway nhận dữ liệu hình ảnh từ camera và tiến hành xử lý tại chỗ. Ngoài khả năng xử lý tức thời, sử dụng Gateway còn giúp giảm lưu lượng dữ liệu truyền về trung tâm.

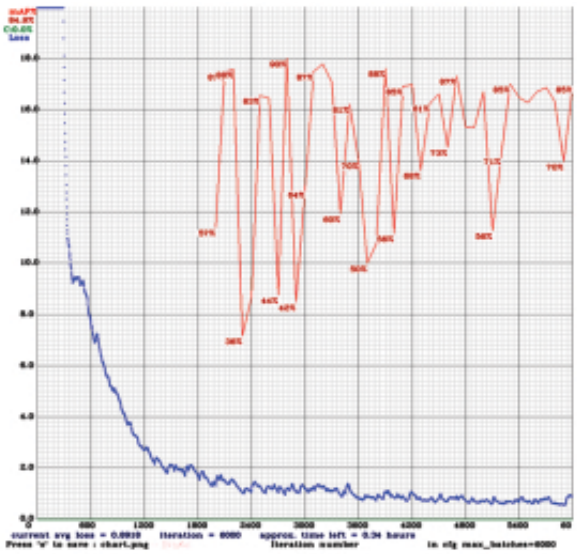
2.3. Nhận diện đối tượng

Để nhận dạng và phát hiện đối tượng trên nền tảng hệ thống nhúng, bài báo lựa chọn sử dụng mô hình YOLOv4 [1], đây là một mô hình CNN [3] để phát hiện đối tượng [2][10]. Mô hình YOLO4 áp dụng một số thuật toán phát hiện phát hiện vật thể nhanh, tối ưu hóa các phép toán thực hiện song song giúp tăng tốc độ nhận diện và tăng độ chính xác. Với mục tiêu không chỉ là dự báo nhãn cho vật thể như các bài toán phân loại mà còn nhằm xác định vị trí của vật thể, YOLO cho phép phát hiện được nhiều vật thể có nhãn khác nhau trong một bức ảnh thay vì chỉ phân loại duy nhất một nhãn cho một bức ảnh [4][13].

Cấu trúc nhận diện vật thể của YOLOv4 bao gồm các thành phần chính sau: 1) Backbone là 1 mô hình pre-train của 1 mô hình học chuyển (transfer learning) khác để học các đặc trưng và vị trí của vật thể. Các mô hình học chuyển thường là VGG16, ResNet-50,... Mô hình học chuyển được áp dụng trong YOLOv4 là CSP Darknet53; 2) Phần head được sử dụng để tăng khả năng phân biệt đặc trưng để dự đoán class và bounding-box. Ở phần head có thể áp dụng 1 tầng hoặc 2 tầng; 3) Neck nằm ở phần giữa Backbone và Head. Neck thường được dùng để làm giàu thông tin bằng cách kết hợp thông tin giữa quá trình bottom-up và quá trình top-down (do có một số thông tin quá nhỏ khi đi qua quá trình bottom-up bị tổn thất nên quá trình top-down không tái tạo lại được). Các mô hình được dùng trong quá trình Neck của YOLOv4 là SPP, PAN.



Hình 3. Mô hình nhận diện vật thể YOLOv4 [1]



Hình 4. Kết quả huấn luyện

Hình 5. Tủ thiết bị IoT

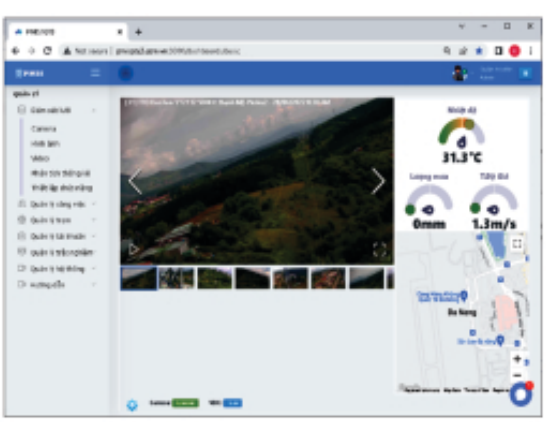
Các bước huấn luyện mô hình bao gồm: 1) Thu thập dữ liệu (~ 10000 ảnh liên quan đến người, diều, lửa, khói); 2) Đánh nhãn dữ liệu (labelImg); 3) Tiền xử lí(CutMix, Mosaic,…); 4) Thiết lập các giá trị huấn luyện (Learning rate, burn-in, iou_thresh, filters, num_class, momentum,…); 5) Huấn luyện mô hình; 6) Đánh giá kết quả và xuất mô hình để chạy thực tế. Sau khi thực hiện huấn luyện dữ liệu, độ chính xác trung bình mAP đối với tập kiểm tra đạt 72.34%.

3. KẾT QUẢ TRIỂN KHAI

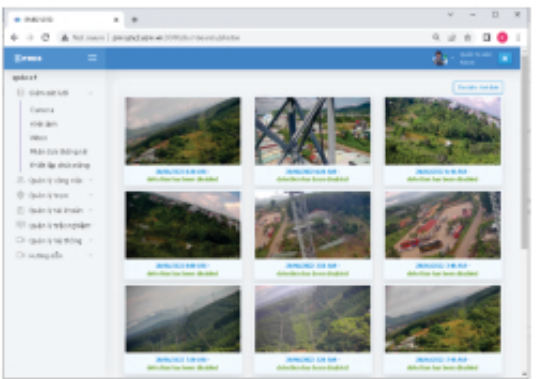
Hệ thống thiết bị được triển khai thiết bị tại thực địa. Hệ thống IoT được lắp ráp theo sơ đồ như hình 2, sử dụng board mạch nhúng Nitrogen8M_Mini: i.MX8M Mini Quad . Toàn bộ thiết bị của hệ thống tích hợp được lắp đặt trong một hộp được sơn tĩnh điện và chống mưa, gió (Hình 5).

Kết quả nhận diện các đối tượng của hệ thống dựa vào dữ liệu ảnh Camera và sử dụng mô hình YOLO4 để nhận diện phát hiện một số đối tượng (Hình 6 & 7).

Hình 6. Kết quả nhận diện các đối tượng diều bay, người leo trụ điện.



Hình 7. Giao diện Web hiển thị dữ liệu hình ảnh Camera, tốc độ gió, nhiệt độ và lượng mưa



Hình 8. Giao diện Web quản lý và hiển thị hình ảnh/video giám sát từ xa.

Hệ thống thiết bị giám sát tích hợp IoT sử dụng nguồn năng lượng mặt trời cho phép thu thập dữ liệu tự động, giám sát hình ảnh/video. Bên cạnh đó hệ thống còn cung cấp các thông tin về điều kiện thời tiết, độ mưa, nhiệt độ nhằm góp phần vào công tác vận hành quản lý kho bãi, khu vực đồi núi .... Cho phép phát hiện sự cố nhằm bảo đảm thu nhập dữ liệu, giúp tìm ra nguyên nhân gây sự cố, từ đó có những biện pháp xử lý và phòng chống, không để sự cố tương tự lặp lại.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này chúng tôi trình bày giải pháp nghiên cứu xây dựng thiết bị giám sát tích hợp đa chức năng dùng để thu thập và truyền tải dữ liệu phục vụ quản lý, giám sát mô trường xung quanh. Bên cạnh đó triển khai xây dựng hệ thống phần mềm bao gồm các phân hệ chức năng cho phép thu nhập dữ liệu từ xa, phân tích và xử lý dữ liệu; cảnh báo sự cố dựa trên qui trình phân tích, xử lý dữ liệu thu nhận được. Kết quả nghiên cứu được ứng dụng trong công tác quản lý vận hành, đặc biệt tại các khu vực đi lại khó khăn, các vị trí hiểm trở, giúp giảm thời gian kiểm tra giám sát của doanh nghiệp và nâng cao năng suất, hiệu quả của người lao động.

Hướng tiếp theo chúng tôi sẽ tiến hành cải tiến hệ thống theo hướng tối ưu về năng lượng và xây dựng các giải pháp quản lý dữ liệu lớn, áp dụng các thuật toán máy học để tạo ra các kết quả giám sát tốt nhất cho nhiều lĩnh vực khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu tiếng Anh

[1] Alexey Bachkovskiy, Chien-Yao Wang, Hong-Yuan Mark Liao, "YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection", Institute of Information science Academia Sinica, 2020

[2] He, Kaiming et al. "Mask R-CNN." 2017 IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 2017.

[3] J. Long, E. Shelhamer, and T. Darrell. Fully convolutional networks for semantic segmentation. In CVPR, 2015

[4] K. Muhammad, J. Ahmad, and S. W. Baik, 2018. Early fire detection using convolutional neural networks during surveillance for effective disaster management. Neurocomputing, vol. 288, pp. 30-42.

[5] Karen Rose, Scott Eldridge, Lyman Chapin, "The internet of things: An overview", ISOC, 2015.

[6] M. Sultan Mahmud, M. S. Islam, and M. A. Rahman, 2017. Smart Fire Detection System with Early Notifications Using Machine Learning. Int. J. Comput. Intell. Appl., vol. 16, no. 2, pp. 1-17.

[7] Rajkumar Buyya, Amir Vahid Dastjerdi, "Internet of Things Principles and Paradigms", Todd Green, 2016.

[8] Raluca Ciungu, "Improving Internet of

Things Security with Software Defined Networking". 2016.

[9] S. M. Amin and B. F. Wollenberg, "Toward a smart grid," IEEE Power and Energy Magazine, vol. 3, no. 5, pp. 34-41, 2005.

[10] S. Ren, K. He, R. Girshick, and J. Sun. Faster R-CNN: Towards real-time object detection with region proposal networks. In NIPS, 2015.

[11] U.S. Departement of Energy, "Progress Report for OE ARRA Smart Grid Demonstration Program Aggregation of RDSI, SGDP, and SGIG Results", 2015.

[12] U.S. Department of Energy, "Oncor's Pioneering Transmission Dynamic Line Rating (DLR) Report", 2014.

[13] V. Tipsuwanporn, V. Krongratana, S. Gulpanich, and K. Thongnopakun, 2006. Fire detection using neural network. 2006 SICE-ICASE Int. Jt. Conf., pp. 5474-5477.

[14] Vijay Sivaraman, Hassan Habibi Gharakheili, Arun Vishwanath, Roksana Boreli, Olivier Mehani, "Network-level security and privacy control for smart-home IoT devices", Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2015.

[15] X. S. Zhou, L. Q. Cui, and Y. J. Ma, "Research on smart grid technology" in Proceeding of the International Computer Application and System Modeling (ICCASM'10), vol. 3, pp. 599-603, October 2010.

[16] Y. C. Wu, L. F. Cheung, K. S. Lui, and P. W. T. Pong, "Efficient communication of sensors monitoring overhead transmission lines" IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 3, no. 3, pp. 1130-1136, 2012.

Liên hệ:

TS. Nguyễn Tấn Khôi

Khoa Công nghệ thông tin, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

Địa chỉ: 54 Nguyễn Lương Bằng, Hòa Khánh, Liên Chiểu, Đà Nẵng

Email: ntkhoi@dut.udn.vn

Ngày nhận bài: 21/7/2022

Ngày gửi phản biện: 23/7/2022

Ngày duyệt đăng: 30/8/2022