

Ứng dụng IoT trong giám sát đường dây truyền tải điện

Trần Ngọc Huy Thịnh^{1,*}, Lâm Hoàng Cát Tiên², Huỳnh Quang Minh³



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Hiện nay tại Việt Nam, việc kiểm tra đường dây truyền tải điện ở các cấp điện áp 220kV – 500kV chủ yếu được thực hiện bằng nhân lực một cách thủ công. Tuy nhiên, cường độ lao động khá cao, người công nhân kiểm tra đường dây còn gặp nhiều khó khăn như phải di chuyển hàng chục, hàng trăm kilomet qua nhiều khu vực có địa hình phức tạp đến điểm sự cố để khai thác các dữ liệu liên quan hoặc ngăn chặn các nguy cơ gây mất an toàn đường dây. Hiệu quả và chất lượng kiểm tra đường dây còn phụ thuộc vào sự nhiệt tình và kinh nghiệm của người công nhân. Nhu cầu phát triển lưới điện không ngừng tăng nhanh để giải tỏa hết công suất từ các nhà máy năng lượng mặt trời, nhà máy năng lượng gió làm cho đường dây luôn vận hành ở tình trạng quá tải. Một số sự cố gây ra bởi việc cây trồng lớn nhanh vi phạm khoảng cách an toàn đường dây truyền tải điện cao áp. Vì thế việc ứng dụng Internet of things (IoT) để xây dựng một hệ thống giám sát trực tuyến đường dây truyền tải điện sẽ là công cụ hữu ích cho việc nâng cao khả năng quản lý vận hành đường dây. Trong đề tài này ứng dụng các cơ sở nền tảng truyền dữ liệu không dây và phần mềm lập trình LabVIEW để xây dựng một hệ thống thu thập dữ liệu trực tuyến của đường dây, thiết lập chương trình, ứng dụng trên các thiết bị di động để giám sát đường dây qua Internet, làm giảm khối lượng công việc của người công nhân đường dây.

Từ khoá: IoT, đường dây truyền tải điện, hệ thống giám sát trực tuyến, thiết bị di động, ZigBee, LabVIEW, ARDUINO, Data DashBoard-LabVIEW

GIỚI THIỆU

Tính đến tháng 7/2018, Tổng Công ty Truyền tải điện Quốc gia (EVNNPT) đang quản lý và vận hành tổng cộng 22.423 km đường dây (gồm 7.503 km đường dây 500kV và 16.920km đường dây 220kV). Hệ thống Truyền tải điện Quốc gia đã vươn tới hầu hết các tỉnh, thành phố trong cả nước và từng bước kết nối với lưới truyền tải điện của các nước trong khu vực với công nghệ ngày càng hiện đại. Nhiệm vụ nặng nề là thế, song, hệ thống đường dây truyền tải điện lại đi qua các địa bàn hết sức khó khăn như đồi núi cao, sông suối. Bên cạnh đó việc kiểm tra đường dây hiện nay chủ yếu được thực hiện một cách thủ công bằng cách đi dọc đường dây hàng trăm kilomet, hiệu quả kiểm tra đường dây chưa cao. Mục đích nghiên cứu của đề tài là tìm ra các giải pháp để nâng cao hiệu suất việc kiểm tra đường dây, nâng cao khả năng vận hành của đường dây truyền tải điện, góp phần giảm các sự cố trên đường dây, giảm tổn thất điện năng. Giảm chi phí quản lý vận hành và giảm khối lượng công việc cho người lao động trong lĩnh vực quản lý vận hành đường dây truyền tải điện.

Nghiên cứu trong nước

Hiện nay EVNNPT đã đưa vào vận hành thử nghiệm Flycam (máy bay điều khiển từ xa) để kiểm tra các

khuyết trên một số đường dây truyền tải điện 220kV – 500kV¹. Trong quá trình thử nghiệm, Flycam đã đáp ứng một số công tác trong quản lý vận hành. Tuy nhiên vẫn còn các mặt hạn chế chưa đáp ứng thu thập dữ liệu đường dây liên tục một cách trực tuyến.

Nghiên cứu trên thế giới

Hiện nay trên thế giới đã có nhiều đề tài nghiên cứu về Robot tự động kiểm tra trực tuyến đường dây truyền tải điện. Các Robot này có thể di chuyển trên đường dây đang mang điện và được trang bị các camera chuyên dụng, các loại cảm biến để có thể thu thập một số dữ liệu trên đường dây điển hình như Robot LineScout² do tổ chức nghiên cứu Hydro – Québec thực hiện hay Robot Expliner³ do Viện Công nghệ Tokyo thực hiện. Các Robot này sẽ thu thập các dữ liệu đường dây sau đó đưa ra các phân tích, đánh giá, dự báo và đưa ra các cảnh báo cho người quản lý vận hành kịp thời xử lý.

PHƯƠNG PHÁP GIẢI QUYẾT VẤN ĐỀ

Phương pháp nghiên cứu

Việc thực hiện đề tài bao gồm khảo sát các yêu cầu trong quản lý vận hành đường dây thực tế tại Công ty Truyền tải điện 4; nghiên cứu phần mềm LabVIEW,

¹Tổng công ty Điện lực Tp.HCM

²Trường Cao đẳng Kỹ thuật Cao Thắng Tp.HCM

³Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

Liên hệ

Trần Ngọc Huy Thịnh, Tổng công ty Điện lực Tp.HCM

Email: thinhnh@hcmtpc.com.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 25-2-2019
- Ngày chấp nhận: 27-6-2019
- Ngày đăng: 31-12-2019

DOI : 10.32508/stdjet.v2iS12.452



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Trích dẫn bài báo này: Thịnh T N H, Tiên L H C, Minh H Q. Ứng dụng IoT trong giám sát đường dây truyền tải điện. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.*; 2(S12):SI80-SI94.

Data Dashboard LabVIEW của hãng National Instrument để xây dựng các giao diện giám sát, thu thập dữ liệu; nghiên cứu các giao thức giao tiếp, truyền thông của một số cấu hình giao tiếp mới như mạng ZigBee, mạng cảm biến không dây & các bộ thu thập dữ liệu như Arduino; xây dựng cơ sở lý thuyết, lựa chọn các mô hình tối ưu cho số lượng, vị trí các module di động; xây dựng các chương trình, giải thuật xử lý ảnh, phân tích tín hiệu cảm biến, truyền dữ liệu nhằm tự động phân tích, phát hiện ra các sai khác, các khiếm khuyết trên đường dây trong vận hành để kịp thời đưa ra các dự báo, cảnh báo sự cố đường dây.

Cơ sở kỹ thuật và phương pháp giải quyết đề xuất

Cấu trúc mạng tuyến tính của đường dây

Hình 1 mô tả trực quan của trụ truyền tải điện và một trạm biến áp trên cả hai phía. Các loại cảm biến khác nhau được lắp đặt tại các trụ. Tất cả các trụ được bố trí tuyến tính cùng với bề mặt trái đất và tạo thành một đường thẳng tuyến tính. Để tài cũng giả định rằng tất cả các trụ đều có khoảng cách bằng nhau. Tổng khoảng cách đo được giữa hai trạm biến áp 220kV có thể là 50km. Mặt khác, khoảng cách giữa hai trụ liên kế không quá 0,5 - 1km, do đó có thể có 30 - 100 trụ giữa hai trạm biến áp.

Các công nghệ truyền thông không dây được sử dụng như một nguồn truyền thông giữa hai trụ lân cận. Giao tiếp không dây là một dạng giao tiếp hiệu quả, tin cậy, chi phí và thời gian lắp đặt ngắn. Nhiều công nghệ giao tiếp không dây có sẵn trên thị trường và được phân loại bởi phạm vi truyền dẫn của chúng, tổng mức tiêu thụ điện năng, phí dịch vụ thuê bao cũng như tính cạnh tranh kênh không dây. Để truyền tín hiệu qua một khoảng cách dài thì cần có một kênh chuyên dụng do nhiễu cao gây ra bởi cảm ứng trên đường dây có điện áp cao. Bảng 1 bên dưới mô tả một số phương thức truyền dữ liệu không dây cùng với tầm truyền và dung lượng truyền dẫn đang có mặt trên thị trường. Chúng ta có thể lựa chọn phương thức truyền đối với từng nhiệm vụ cụ thể để tối ưu được về kinh tế và đáp ứng được về kỹ thuật.

Để cảm nhận, theo dõi, thu thập và truyền dữ liệu từ môi trường thời gian thực, ta đặt các nút cảm biến trên đường dây truyền tải điện và tại những trụ để chuyển tiếp dữ liệu đến trung tâm điều khiển. Hiện nay công nghệ ZigBee chuyên nghiệp đã hỗ trợ giao tiếp từ 10m-1,5km. Do đó để tài áp dụng công nghệ giao tiếp ZigBee chuyên nghiệp cho giao tiếp khoảng cách dài giữa các nút cảm biến hay giữa hai trụ lân cận. Đối với công nghệ giao tiếp ZigBee có thể ứng dụng cho phép giao tiếp điểm - điểm, điểm - đa điểm⁴.

Do đó có thể dùng ZigBee trong hệ thống 01 trụ vừa là Router (nút chuyển tiếp) hoặc có thể làm Coordinator (nút cộng dữ liệu phối hợp với module di động) để truyền dữ liệu về Trung tâm điều khiển. Mô hình cấu trúc truyền dữ liệu trong 01 trụ và chuyển tiếp dữ liệu sang trụ lân cận được mô tả được mô tả ở Hình 2.

Với thiết lập giao tiếp ZigBee với điểm - điểm, điểm - đa điểm như ở Hình 2 và bố trí các cảm biến, nút chuyển tiếp trên trụ điện như Hình 3, dữ liệu thu được từ các cảm biến sẽ được gửi đến các nút chuyển tiếp, nút chuyển tiếp sẽ tiếp tục gửi dữ liệu được tổng hợp tại một trụ đến nút Coordinator để có thể tiếp tục truyền dữ liệu về trung tâm, chi tiết việc thiết lập và truyền dữ liệu được mô tả ở Hình 3.

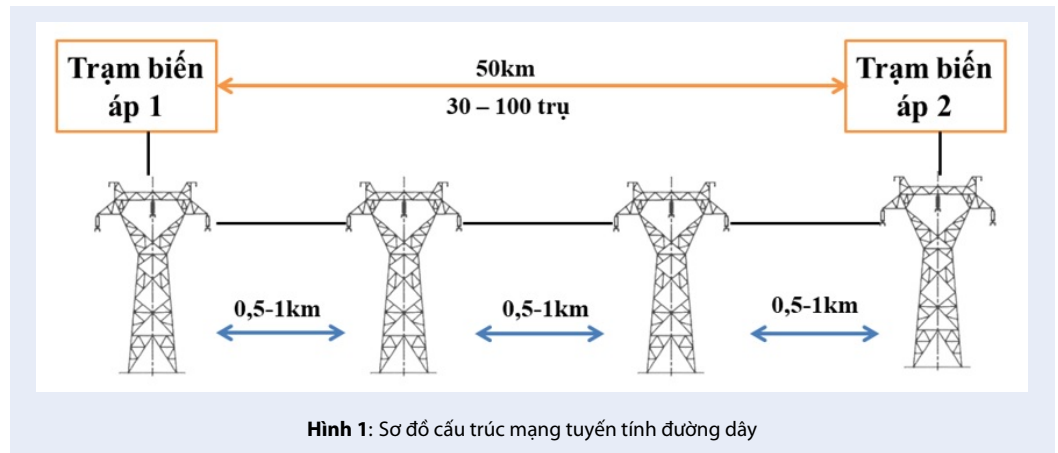
Trạm biến áp được kết nối đến Trung tâm điều khiển thông qua liên kết cáp quang tốc độ cao. Một số lượng lớn dữ liệu sẽ được chuyển đến Trung tâm điều khiển ngay lập tức. Do giao tiếp với số lượng lớn các nút chuyển tiếp nên các nút chuyển tiếp sẽ mạnh hơn các nút cảm biến về công suất tính toán, phạm vi truyền dẫn, tuổi thọ mạng...

Hình 4 mô tả sự làm việc của cấu trúc mạng tuyến tính. Nó chỉ rõ rằng một số nút chuyển tiếp không được kết nối trực tiếp với trạm biến áp thì sẽ gửi dữ liệu cảm biến thu được của chúng đến các nút lân cận gần trạm biến áp. Ví dụ như Nút chuyển tiếp 3 gửi dữ liệu của nó đến Nút chuyển tiếp 2, Nút chuyển tiếp 2 nối thêm dữ liệu của nó với dữ liệu nhận được từ Nút chuyển tiếp 3 và gửi dữ liệu đến Nút chuyển tiếp 1. Sau đó Nút chuyển tiếp 1 thêm tất cả dữ liệu nhận được từ các Nút chuyển tiếp trước đó vào cùng với dữ liệu của chính nó và gửi tất cả dữ liệu đến trạm biến áp 1, quy trình tương tự cho trạm biến áp 2.

Hiệu suất của cấu trúc mạng tuyến tính

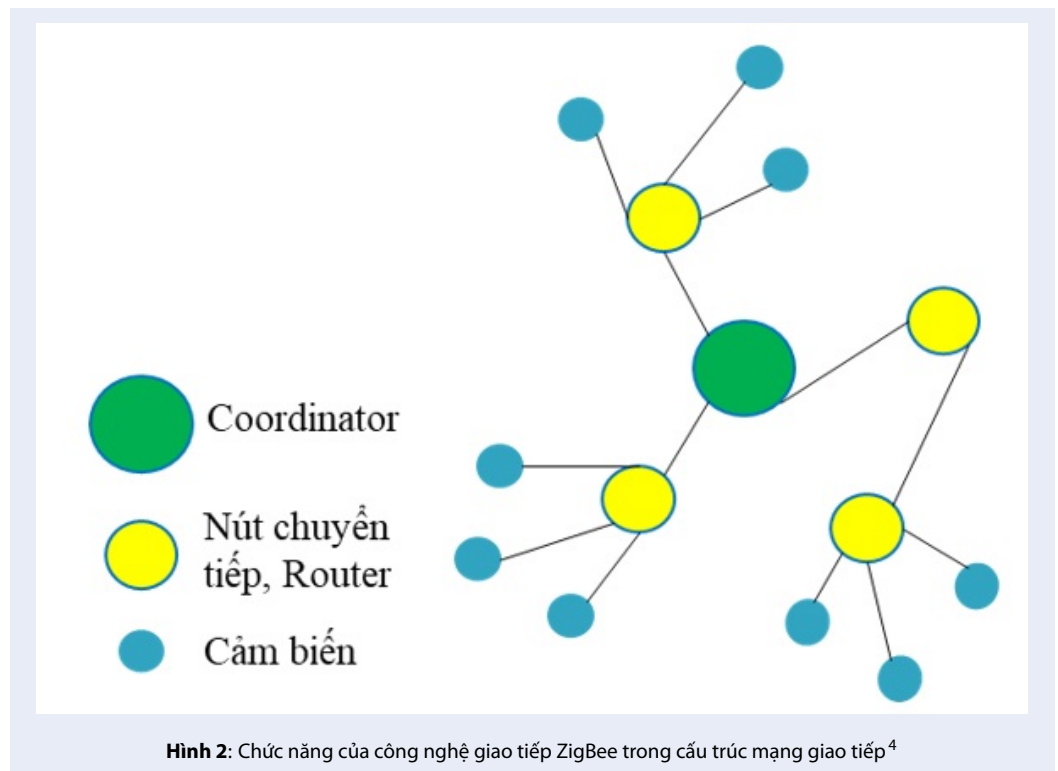
Trong mục này, tiếp tục đánh giá hiệu suất của cấu trúc mạng tuyến tính với thời gian trễ khi truyền dữ liệu. Nhiều cảm biến được triển khai trên các vị trí khác nhau để giám sát các thông số của đường dây truyền tải điện.

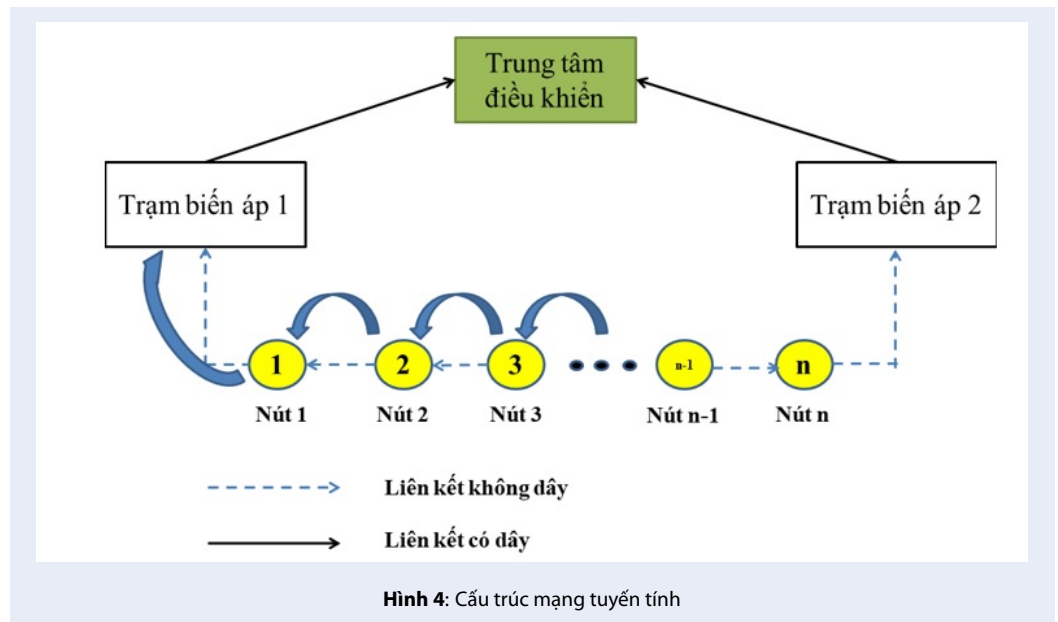
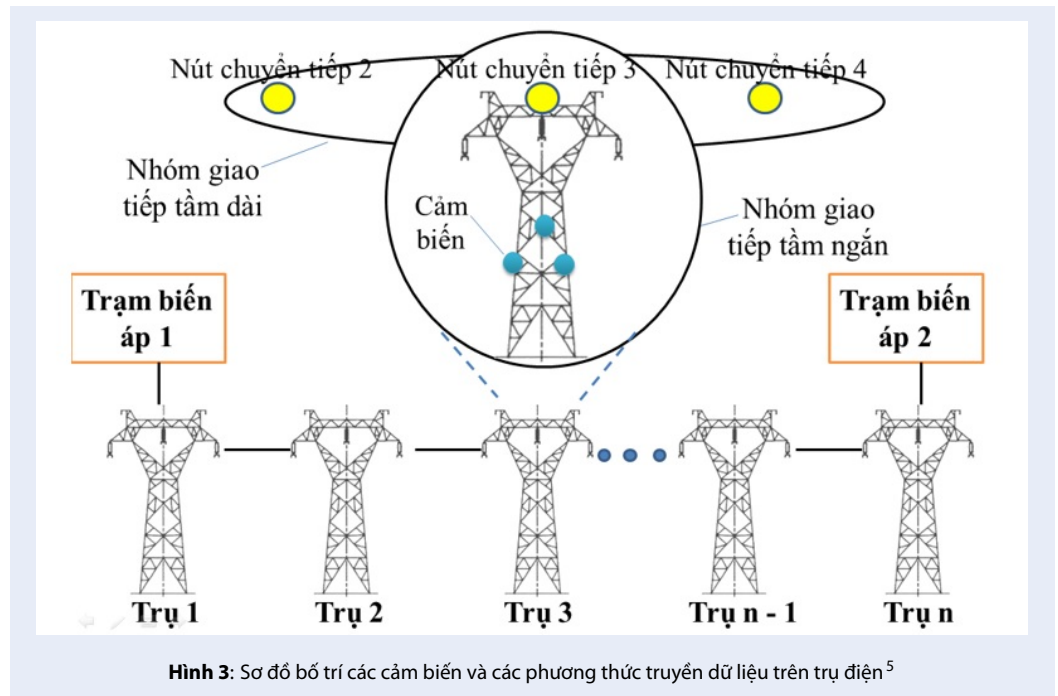
Xem xét một số giả định như $n = 100$ trụ ở giữa hai trạm biến áp, những trụ này có khoảng cách bằng nhau và có khoảng cách đều nhau trong căn chỉnh tuyến tính. Để chuyển tiếp dữ liệu giữa các nút chuyển tiếp, nửa phía của các trụ (chẳng hạn như trụ 50 đến trụ 1) được xem xét. Giả sử mỗi nút cảm biến gửi H_d Bytes tương ứng một nút chuyển tiếp. Như vậy nút chuyển tiếp của trụ 50 gửi Bytes đến nút chuyển tiếp của trụ 49 trong khi nút chuyển tiếp của trụ 49 gửi $2H_d$ Bytes đến nút chuyển tiếp trụ 48. Trong cách này, kết luận rằng nút chuyển tiếp của trụ 2 sẽ gửi Bytes đến nút chuyển tiếp của trụ 1.



Bảng 1: Đặc điểm của công nghệ không dây có sẵn trên thị trường⁴

Đặc tính	Module di động	ZigBee	WLAN	Bluetooth
Tầm truyền	100m-10km	10m-1.5km	100m-250m	10m-100m
Dung lượng truyền dẫn	64kbps (2G)-384kbps (3G)	20kbp-250kbps	11Mbps-54Mbps	3Mbps
Tiêu thụ năng lượng	Cao	1mW hoặc 4-5mW	50mW	10mW
Trả phí dịch vụ	Có	Không	Không	Không





Vì vậy, thể hiện mối quan hệ của tổng số Bytes được truyền từ nút chuyển tiếp của trụ j đến nút chuyển tiếp của trụ $j-1$ là $[n/1-(j-1)]H_d$, j thuộc khoảng từ $1 \leq j \leq 50$. Biểu thị tầm truyền dữ liệu cho liên trụ chuyển tiếp là Z_i . Do đó, tổng thời gian truyền dữ liệu của nút chuyển tiếp trụ 50 đến trạm biến áp được đưa ra là

$$\sum_{j=1}^{50} \frac{(51-j)H_d}{Z_i} = \sum_{j=1}^{50} \frac{jH_d}{Z_i} = \frac{50 \times 51 H_d}{2 Z_i}$$

Tỷ lệ tạo dữ liệu cảm biến trên một trụ được biểu thị bằng Z_i và tốc độ phát là 4kBytes.

Để tìm độ trễ, để tài sử dụng công nghệ truyền thông ZigBee để truyền dữ liệu giữa các nút chuyển tiếp và nó hỗ trợ tốc độ dữ liệu lên đến 31,25kBytes/s và $H_d = 4$ kBytes. Tuy nhiên, tổng thời gian để đạt được dữ liệu của nút chuyển tiếp của trụ 50 sẽ là $50 \times 51 \times 4 / (2 \times 31,25) = 163,2$ giây. So với quy định về độ trễ truyền dữ liệu đầu cuối của tín hiệu SCADA thì kết quả này không được chấp nhận.

Cấu trúc mạng liên kết trực tiếp

Trong cấu trúc mạng tuyến tính, độ trễ là một trong những khía cạnh ảnh hưởng đến hiệu quả cấu trúc mạng tuyến tính trong khi cấu trúc mạng tuyến tính cũng bị ảnh hưởng do mất cân bằng khối lượng dữ liệu cần giải quyết. Các nút chuyển tiếp gắn với trạm biến áp hơn cần phải giải quyết nhiều thông tin hơn. Vì vậy cần thiết để tìm một cách khác để gửi thông tin một cách hiệu quả đến Trung tâm điều khiển. Trong phần dưới đây đề xuất một cách thức thiết lập một số liên kết trực tiếp để chuyển thông tin từ các nút chuyển tiếp trực tiếp tới Trung tâm điều khiển.

Trong cách này, thông tin được gửi trực tiếp từ nút chuyển tiếp đến Trung tâm điều khiển mà không phụ thuộc vào nút chuyển tiếp lân cận. Hình 5 nêu lên rằng tất cả các nút chuyển tiếp gửi thông tin trực tiếp đến Trung tâm điều khiển. Một Trung tâm điều khiển được đặt ở khoảng cách xa so với các trụ điện. Để truyền tải dữ liệu, các liên kết trực tiếp dựa trên công nghệ di động như GPRS, GSM và 3G. Ví dụ như như tầm dữ liệu của GSM trong khoảng 8kBytes/s, do đó tổng thời gian để truyền thông tin giảm đáng kể $4\text{kBytes}/8\text{kBytes/s} = 0,5\text{s}$. Nếu dùng 3G thay thế cho GSM thì độ trễ có thể tiếp tục được giảm thêm. Bằng cách sử dụng công nghệ GSM trên mỗi trụ, thời gian trì hoãn gửi thông tin sẽ giảm đáng kể và sự mất cân bằng do khối lượng dữ liệu sẽ cải thiện hơn. Tuy nhiên, mạng liên kết trực tiếp như trên rất tốn kém về lắp đặt và chi phí thuê bao. Ngoài ra, tiêu thụ năng lượng tăng thêm cũng một yếu tố làm giảm hiệu suất của cấu trúc liên kết trực tiếp. Để làm cho mạng cân

bằng hơn, thay vì cho phép tất cả các trụ có liên kết trực tiếp, chúng ta nên cho phép một số chúng có khả năng di động. Những trụ không được liên kết trực tiếp với Trung tâm điều khiển sẽ gửi dữ liệu giám sát của chúng đến một trong các trụ có liên kết với module di động. Vấn đề quan trọng là có bao nhiêu liên kết trực tiếp được thiết lập để đạt được yêu cầu độ trễ thời gian mong muốn. Tuy nhiên với sự lựa chọn số lượng và vị trí tối ưu sẽ làm giảm đáng kể thời gian trễ. Để tài phát triển một mạng lưới giám sát lai ba giai đoạn để giám sát trạng thái thời gian thực của đường dây truyền tải điện.

Mô hình đề xuất của đề tài bao gồm thiết lập các mạng cảm biến không dây, cáp quang và mạng di động tầm rộng với yêu cầu là tất cả các trụ đều tuyến tính và có khoảng cách giữa các trụ đều bằng nhau.

Mô hình hệ thống lai 3 giai đoạn

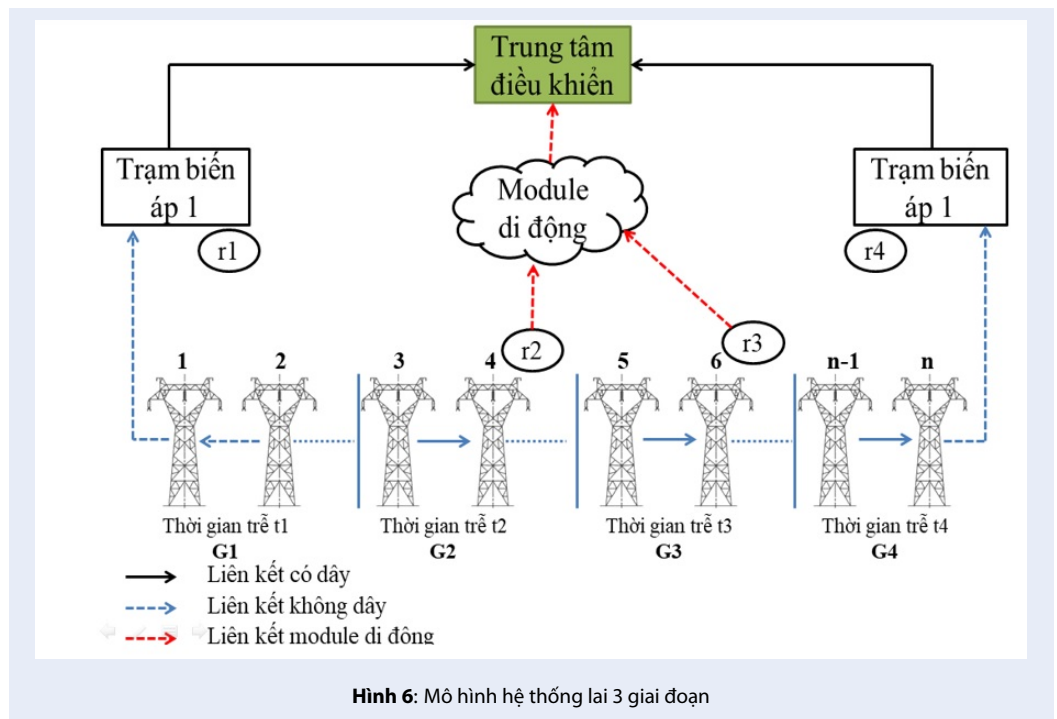
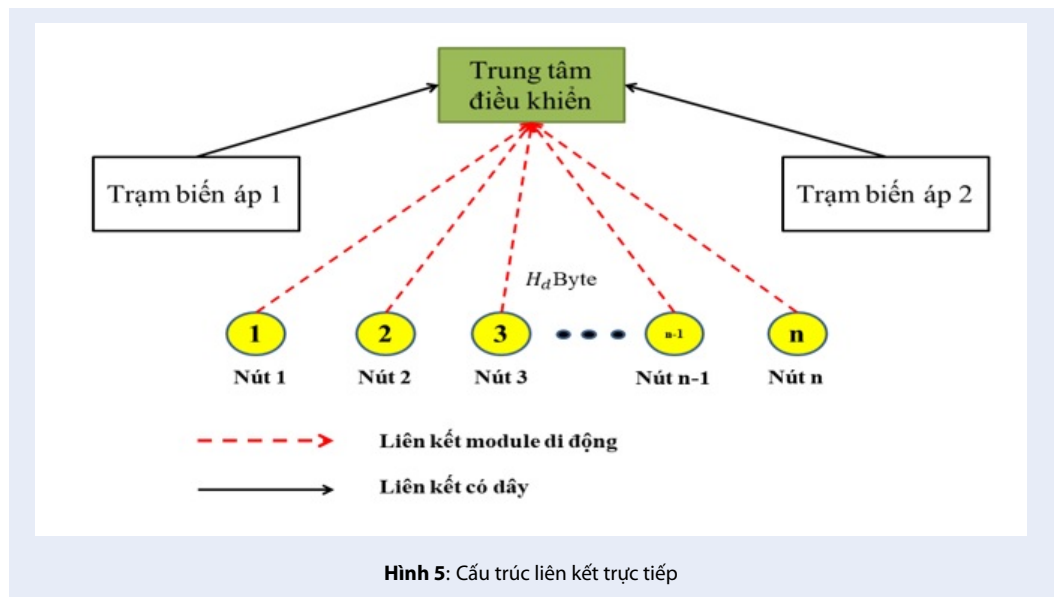
Trong Hình 6 mô tả cơ sở hạ tầng của mô hình hệ thống bao gồm số lượng trụ truyền tải điện, hai trạm biến áp trên cả hai mặt của trụ truyền tải và một Trung tâm điều khiển. Chia tất cả các trụ thành bốn nhóm khác nhau như G1, G2, G3, G4. Trong đó G1 và G4 gắn với trạm biến áp 1 và tương ứng là trạm biến áp 2. Để tài cũng lựa chọn đại diện trong mỗi nhóm có tên là r_1, r_2, r_3, r_4 như trong Hình 6.

Những đại diện này được kết nối trực tiếp với Trung tâm điều khiển qua đường dây hoặc công nghệ di động.

Cả hai trạm biến áp luôn được gọi là đại diện bởi vì chúng được kết nối trực tiếp với Trung tâm điều khiển. Tất cả các cảm biến tồn tại trong nhóm G1 và G4 đều gửi dữ liệu của chúng thông qua từng trụ một đến r_1 và r_4 tương ứng trong khi các nút trong G2 và G3 không trực tiếp kết nối với các nút đại diện gửi dữ liệu của chúng đến r_2 và r_3 tương ứng.

Giai đoạn đầu tiên bao gồm số lượng các cảm biến và các nút chuyển tiếp. Để giám sát trạng thái theo thời gian thực, những kiểu cảm biến khác nhau được đặt trên những vị trí khác nhau của đường dây truyền tải điện. Do phạm vi giao tiếp ngắn giữa các cảm biến và các nút chuyển tiếp, cảm biến được lắp đặt gần trụ truyền tải, trong khi các nút chuyển tiếp đặt trên đỉnh trụ. Cảm biến có thể đo lường tốt các thông số khác nhau và sử dụng công nghệ truyền thông tầm ngắn để truyền dữ liệu. Khoảng cách giữa các cảm biến và nút chuyển tiếp nhỏ hơn 100m và công nghệ Bluetooth là đủ để truyền dữ liệu. Cuối cùng, các nút chuyển tiếp nén dữ liệu nhận được và gửi nó đến giai đoạn thứ hai.

Giai đoạn thứ hai có nhiệm vụ truyền dữ liệu giám sát từ các trụ đến trạm biến áp. Những trụ gần trạm



biến áp gửi những dữ liệu giám sát của chúng cho trạm biến áp tương ứng. Như biểu diễn trong Hình 6, nhóm G1 đại cho các nhóm trụ nơi mà trụ 2 gửi dữ liệu của chúng đến trụ 1 thông qua kết nối không dây như ZigBee và sau đó trụ 1 ghép thêm dữ liệu giám sát của riêng nó với dữ liệu nhận được từ trụ 2 và gửi đến trạm biến áp

Giai đoạn thứ ba bao gồm hai trạm biến áp ở cuối đường dây truyền tải, một Trung tâm điều khiển và

một trụ được kích hoạt di động. Trạm biến áp sử dụng liên kết sợi quang sẵn có và gửi dữ liệu tích lũy được đến Trung tâm điều khiển. Những trụ không thể gửi dữ liệu của chúng đến trạm biến áp do khoảng cách dài và băng thông liên kết có giới hạn sử dụng mạng diện rộng và gửi dữ liệu giám sát trực tiếp đến Trung tâm điều khiển.

1.1.1. Phân tích thời gian trễ trong truyền dữ liệu

Với giả định rằng mỗi cảm biến tạo ra lượng dữ liệu bằng nhau và số lượng nút bằng nhau trong cả G2 và G3 trong khi các nút trong G1 cũng giống như trong G4. Tuy nhiên để đơn giản hóa vấn đề thì giả định $t_1 = t_4$ và $t_2 = t_3$. Trong các nhóm di động trực tiếp, thời gian trễ được tính toán bởi hai thành phần chính. Thời gian bao gồm khi chuyển tiếp tất cả dữ liệu nhóm đến nút đại diện và từ nút đại diện đến Trung tâm điều khiển, như thể hiện trong phương trình (1) và (2):

$$t_{21} = \frac{H_d(1 + 2 + 3 + \dots + k)}{Z_i} + \frac{H_d k}{Z_i} \quad (1)$$

$$t_{22} = \frac{H_d(2k + 1)}{Z_d} \quad (2)$$

$$t_2 = t_{21} + t_{22} \quad (3)$$

Mặt khác ở nhóm G1, thời gian trễ được tính toán bằng hai thành phần chính. Một là chuyển tiếp tất cả các dữ liệu nhóm đến nút đại diện như r1 và từ r1 đến Trung tâm điều khiển như thể hiện trong phương trình (4)

$$t_1 = \frac{H_d \{1 + 2 + 3 + \dots + [l - (2k + 1)]\}}{Z_i} \quad (4)$$

Trong đó t_1 và t_2 đại diện cho tổng thời gian của G1 và G2 tương ứng, k là số nút trong mỗi nhóm, $l = n/2$ đại diện cho vị trí của nút chuyển tiếp cuối cùng trong G2 và H_d là tốc độ dữ liệu cảm biến. Hơn nữa, Z_i là tốc độ truyền dữ liệu của ZigBee trong khi Z_d đại diện cho tốc độ dữ liệu di động.

Để giảm tối đa thời gian trễ của cả hai nhóm G1 và G2, ta xem xét độ trễ của cả hai nhóm như $t_1 = t_2$ và thiết lập phương trình bậc 2 như bên dưới:

$$\frac{H_d [3k^2 - (1 - 4l)k + (l^2 - l)]}{2Z_i} - \frac{H_d(2k + 1)}{Z_d} = 0 \quad (5)$$

Và chuyển đổi thành một dạng phương trình bậc 2 tiêu chuẩn như sau:

$$\left(\frac{3H_d}{2Z_i}\right)k^2 - \left(\frac{H_d(1 + 4l)}{2Z_i} + \frac{2H_d}{Z_d}\right)k + \left(\frac{H_d(l^2 - l)}{2Z_i} - \frac{H_d}{Z_d}\right) = 0 \quad (6)$$

Tất nhiên, k nên là một số nguyên, và về phía bên trái của phương trình trên có thể sẽ không chính xác bằng không. Vì vậy, nói đúng hơn, chúng ta phải sử dụng tìm kiếm để tối ưu về trái phương trình trên. Mặt khác, để giảm các bước tính toán, chúng ta có thể xem k là một số nguyên và giải quyết xấp xỉ giải phương

trình trên bằng cách sử dụng giải pháp cho phương trình bậc hai.

Ví dụ: Đặt $l = 50$, $H_d = 4$ kBytes, $Z_i = 31,25$ kBytes/s, $t_{MA} = 41$ ms (thời gian truy cập kênh), $r_d = 8$ kBytes/s (tốc độ truyền dữ liệu GSM), chúng ta tính toán được k trong khoảng 14,2 và 57,9. K phải nhỏ hơn 50, chúng ta lấy được giải pháp đầu tiên. Hơn nữa k là một số nguyên, do đó chọn k trong khoảng 14 hoặc 15. Khi k = 14, ta tính được $t_1 = 30,429$ s và $t_2 = 28,514$ s. Tương tự ta có thể tính toán t_1 và t_2 đối với k = 15. Nó chỉ ra rằng k = 14 là giải pháp tối ưu và $\max\{t_i\}$ là 30,429s.

Sau khi biết được k, chúng ta có thể xác định vị trí của r2 và r3. Vì k đại diện cho số lượng nút ở bên trái hoặc bên phải của r2, ta có thể tính toán kích cỡ của nhóm G2 bằng $2k+1$.

Đối với mạng có nhiều nhóm giao tiếp không dây, việc tính toán kích cỡ các nhóm được xác định bằng $2k+1$ nút và phân thành các nhóm được diễn giải chi tiết như ở Hình 7, do đó ta tính được nhóm G2 có 29 nút. Sau đó G1 có $50 - 29 = 21$ nút. Do đó chắc chắn r2 là nút $(21 + 14 + 1) = 36$. Do vậy r3 cũng thu được kết quả tương tự.

Chúng ta có thể mở rộng ý tưởng có nhiều hơn hai nút chuyển tiếp thiết lập liên kết trực tiếp không dây⁵. Việc xác định số nút trong một nhóm thông qua việc xác định chỉ số l (vị trí của chỉ số cuối cùng) để có thể tìm được chỉ số k và sau đó tìm được vị trí của nút module di động r_a.

Cuối cùng, chúng ta nhận thấy rằng có một ràng buộc vật lý về việc có bao nhiêu nút có thể được đưa vào một nhóm sử dụng một liên kết không dây trực tiếp. Vì dữ liệu được tạo theo định kỳ, nên tốc độ dữ liệu của liên kết không dây trực tiếp phải nhanh hơn tốc độ tạo dữ liệu trong một nhóm. Cụ thể hơn, chúng ta cần:

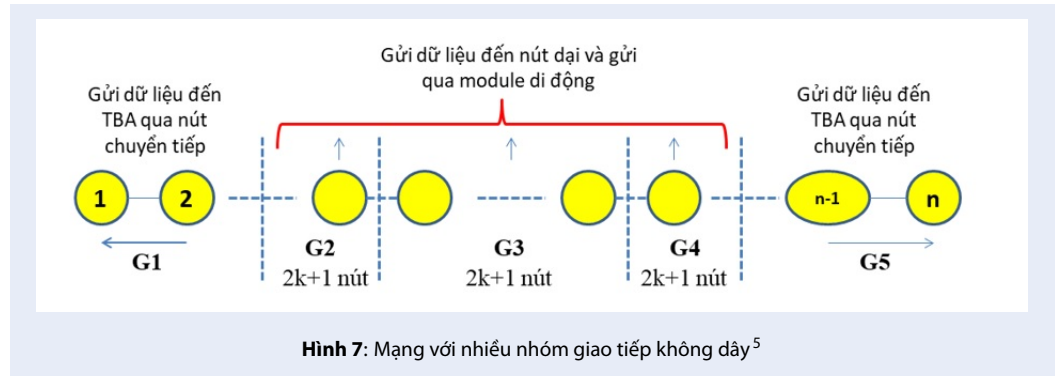
$$r_d \times t_r > (2k + 1)H_d \quad (*)$$

Với t_r là khoảng thời gian giữa hai báo cáo liên kế. Mặt khác, đối với hai nhóm G1 và G2, ràng buộc tương ứng về tốc độ dữ liệu là:

$$Z_i \times t_r > \frac{n - g(2k + 1)}{2} H_d \quad (**)$$

Hai công thức (*) và (**) tạo thành các ràng buộc trên tập hợp khả thi của (k,g).

Ví dụ nếu dùng GSM là liên kết không dây trực tiếp, tần số báo cáo là mỗi 4s/lần, $H_d = 4$ kBytes, sau đó ràng buộc $k < 3.5$ (hoặc tương đương mỗi nhóm bằng cách sử dụng liên kết không dây trực tiếp có thể có tối đa 7 nút). Đặt k = 3 vào (**), ràng buộc tương ứng trên g là $g > 5.3$. Những ràng buộc này làm giảm tính linh hoạt của việc lựa chọn một sự cân bằng giữa số lượng nhóm và độ trễ tối đa. Nếu chúng ta muốn nhiều sự



lựa chọn hơn trong việc chọn số nút của một nhóm, chúng ta có thể dùng một công nghệ không dây với tốc độ truyền lớn hơn. Ví dụ nếu dùng mạng 3G, $r_{dl} = 48\text{kBytes/s}$. Điều này tăng số lượng nút trong một nhóm.

Đề tài nâng cao ý tưởng về số lượng nhóm di động lớn hơn 2. Đó là hiển nhiên rằng việc tăng số lượng các nút sẽ ảnh hưởng đến vị trí của nút cuối cùng.

PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG

Ở đây ta sẽ xem xét kỹ lưỡng ảnh hưởng của cả công nghệ 3G và GSM khi thời gian trễ tối đa. Khi chỉ có hai nhóm di động thì rõ ràng sẽ có nhiều số nút tồn tại hơn trong các nhóm đó. Khi số lượng các nút tăng, dữ liệu chuyển tiếp giữa các nhóm cũng tăng lên và do đó mất nhiều thời gian gian hơn để chuyển dữ liệu đến trung tâm điều khiển.

Trong đề tài sử dụng Matlab để thực hiện mô phỏng các kết quả về thời gian trễ và năng lượng tiêu thụ từ Hình 8, 9, 10 và 11.

Thực hiện so sánh hiệu suất thời gian trễ của mạng 3G so với GSM đối với các liên kết di động. Với tầm truyền 3G, GSM lần lượt là 48 kB/s và 8 kB/s. Số nút được sử dụng mô phỏng tăng dần từ 1-1000 nút, số lượng nhóm di động g từ 2-20, tốc độ truyền dữ liệu Zigbee là 31.25kB/s, thời gian chuyển dữ liệu giữa 2 nút liên kế với kích thước 4 kB là 4s. Từ Hình 8, có thể suy luận rõ ràng rằng công nghệ GSM cho thấy thời gian trễ lớn hơn đáng kể so với 3G vì tốc độ dữ liệu của GSM thấp hơn 3G.

Đối với hiệu suất cân bằng: Như đã chỉ trong Hình 8, có một sự cân bằng giữa thời gian trễ tối đa so với số nhóm di động. Khi số lượng nhóm di động tăng, thời gian trễ ít hơn. Nhưng sau một thời điểm nhất định, bất kỳ cải tiến nào hơn nữa về số lượng nhóm di động sẽ để lại ảnh hưởng cận biên đối với việc giảm thời gian trễ tối đa.

Hình 9 mô tả độ trễ thời gian tối đa so với số lượng trụ. ZigBee được sử dụng để chuyển tiếp dữ liệu giữa

hai trụ lân cận trong khi mạng 3G và GSM được sử dụng cho liên kết không dây trực tiếp. Từ hình, mở rộng số lượng trụ tăng dần đến thời gian trễ tăng. Đối với cùng số lượng trụ, mạng GSM cho thấy độ trễ lớn hơn đáng kể so với 3G. Nó chỉ ra là do tốc độ dữ liệu của GSM nhỏ hơn nhiều so với 3G.

Về tính toán năng lượng tiêu thụ, có hai thành phần cần phải xác định đó là năng lượng tiêu thụ đối với chuyển tiếp dữ liệu giữa hai nút liên kế và năng lượng tiêu thụ cho liên kết di động diện rộng. So sánh mức năng lượng tiêu thụ của các mạng di động GSM, 3G sau khi thực hiện tính toán và trình bày kết quả mô phỏng, ta thấy mạng GSM có ưu điểm đáng kể về tiêu thụ năng lượng vì tốc độ dữ liệu nhỏ hơn của mạng chỉ bao gồm ít trụ hơn và do đó mạng GSM tiêu thụ ít năng lượng hơn để truyền toàn bộ dữ liệu so với mạng 3G⁶.

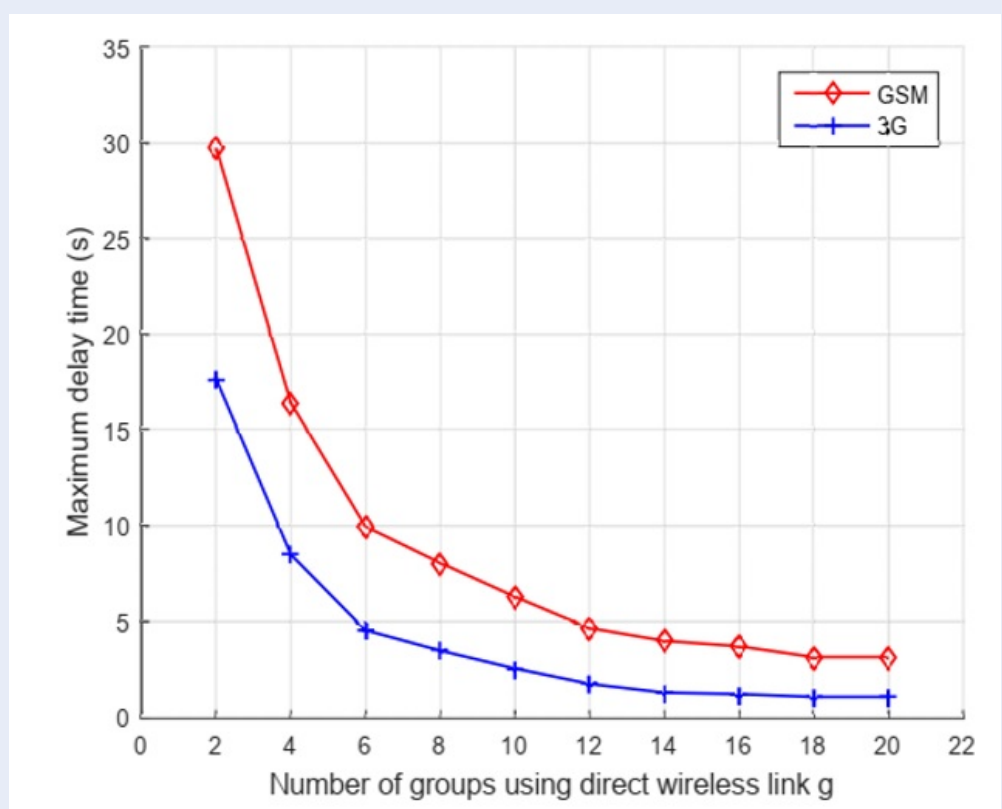
Từ Hình 10 khi số lượng nhóm di động tăng lên, mức tiêu thụ năng lượng của các nhóm di động bắt đầu chiếm tổng năng lượng tiêu thụ trong khi thời gian trễ tối đa giảm đáng kể. Do đó, kết quả mô tả rõ ràng sự cân bằng giữa thời gian trễ tối đa và tổng mức tiêu thụ năng lượng.

Tổng mức tiêu thụ năng lượng so với thời gian trễ tối đa được mô tả trong Hình 11.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Xây dựng hệ thống giám sát và thu thập dữ liệu cho máy chủ

Nhóm tác giả đã lên ý tưởng về xây dựng giao diện giám sát và thu thập dữ liệu cho máy chủ bằng phần mềm LabVIEW. Giao diện giám sát trên thiết bị di động được thiết kế trên phần mềm Data Dashboard LabVIEW⁷, việc giao tiếp giữa máy chủ và thiết bị di động được cấu hình thông qua các biến Variable Shared Tags⁷. Về phân lập trình nhóm tác giả cũng thiết lập thêm liên kết với bản đồ đường dây trên ứng dụng Google map mà nhóm đã thực hiện trước đây trong thực tế để quản lý vận hành đường dây tại đơn



Hình 8: Thời gian trễ tối đa đối với số nhóm sử dụng liên kết trực tiếp

vị. Kết quả thuật toán lập trình, giao diện giám sát được thể hiện trong các Hình 12, 13, 14 và 15.

Hệ thống sẽ hiển thị các giá trị dữ liệu theo thời gian thực thông qua các chỉ số, biểu đồ. Dữ liệu được so sánh với dữ liệu giới hạn sẽ đưa ra các cảnh báo cho người quản lý vận hành. Sau khi xem các cảnh báo, người quản lý vận hành có thể nhấp vào nút “xem vị trí” để di chuyển đến trang bản đồ trực tuyến đường dây Google Map được thiết lập thực tế trong quản lý vận hành của Công ty Truyền tải điện 4.

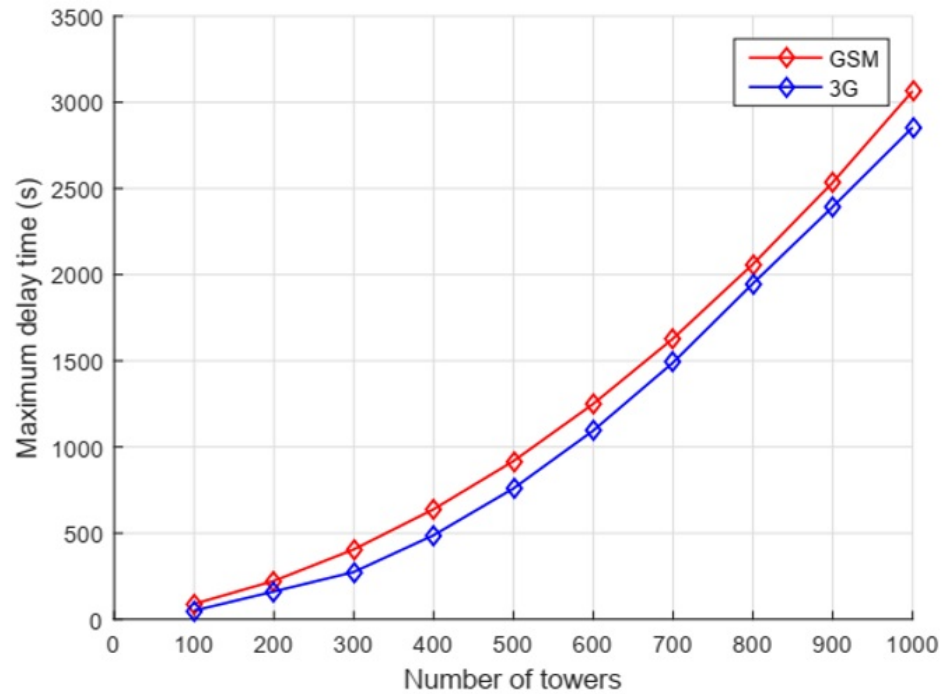
Hệ thống giám sát trực tuyến đường dây trên thiết bị di động (Client)

Data Dashboard LabVIEW là một ứng dụng được xây dựng bởi hãng National InStrument (hãng xây dựng phần mềm LabVIEW) cho phép tạo ra các giao diện người dùng tùy chỉnh có thể giám sát và điều khiển các ứng dụng LabVIEW từ xa trực tuyến. Data Dashboard LabVIEW cho phép sử dụng thiết bị di động với các hệ điều hành như iOS, Android và Windows để kết nối với các giá trị của các biến được chia sẻ trên internet hoặc web services⁷ bằng cách sử dụng các nút, nhập văn bản và hiển thị, biểu đồ, đồng hồ đo và đèn LED.

KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã đề xuất một mô hình giám sát lại ba giai đoạn cho giám sát trạng thái trụ và đường dây truyền tải điện theo thời gian thực. Chúng tôi cũng đã phát triển một số thuật toán để xác định thời gian trễ đối với mô hình. Mô hình đề xuất dường như rất có ý nghĩa trong việc cung cấp thông tin kịp thời. Cải tiến so với các mô hình được nêu trước đây nhằm tối ưu giữa kỹ thuật và kinh tế. Nghiên cứu chỉ rõ rằng việc tăng số lượng liên kết trực tiếp sẽ làm giảm thời gian trễ. Tuy nhiên, quá nhiều liên kết trực tiếp không cần thiết dẫn đến tăng năng lượng tiêu thụ của toàn bộ hệ thống dẫn đến làm giảm năng suất tổng thể.

Bên cạnh đó đề tài cũng đã khai thác hiệu quả việc ứng dụng mạng cảm biến và công nghệ giao tiếp di động trong lĩnh vực truyền tải dữ liệu bằng cách sử dụng các loại cảm biến mới, các giao thức truyền thông. Ngoài ra, đề tài cũng khai thác hiệu quả phần mềm LabVIEW và phần mềm ứng dụng giám sát từ xa Data Dashboard LabVIEW để xây dựng một ứng dụng cụ thể phục vụ nhu cầu công tác thực tế của những người làm việc trong lĩnh vực truyền tải điện cao áp. Ứng



Hình 9: Thời gian trễ tối đa đối với số trụ

dụng này có thể hoạt động trên các thiết bị di động có kết nối internet để có thể nhận được các cảnh báo từ đường dây gửi đến một cách kịp thời để đưa ra các giải pháp nâng cao khả năng vận hành của đường dây truyền tải điện, góp phần giảm các sự cố trên đường dây, giảm tổn thất điện năng, giảm chi phí quản lý vận hành và giảm khối lượng công việc cho người lao động trong lĩnh vực Truyền tải điện trong thời đại công nghiệp 4.0.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn đến quý Thầy cô tại Trường Đại học Bách Khoa TP HCM, các đồng nghiệp tại Công ty Truyền tải điện 4 và Tổng công ty Điện lực TP HCM đã tạo điều kiện và hỗ trợ trong quá trình hình thành bài viết này.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

EVNNT: National Power Transmission Corporation-Tổng công ty Truyền tải điện Quốc gia
 SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition-Hệ thống giám sát và thu thập dữ liệu
 GPRS: General Packet Radio Service
 GSM: Global System for Mobile Communications
 3G: Third-generation technology

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Tác giả xin cam đoan rằng không có bất kỳ xung đột lợi ích nào trong công bố bài báo này.

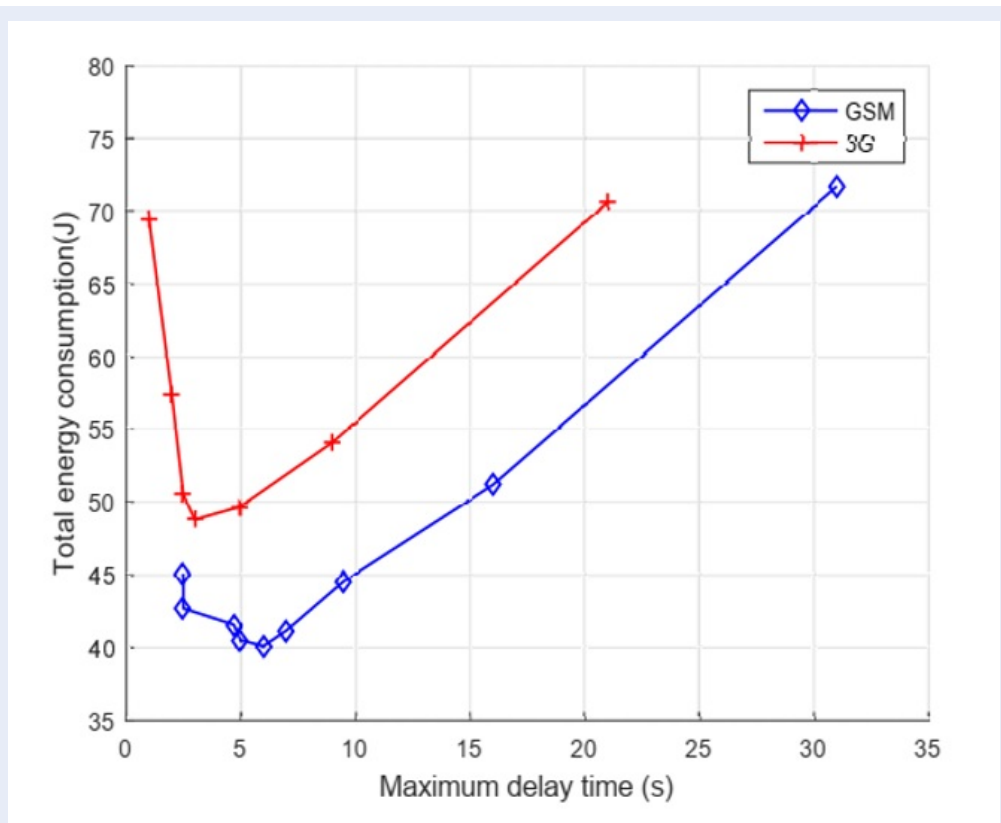
ĐÓNG GÓP CỦA CÁC TÁC GIẢ

Huỳnh Quang Minh và Trần Ngọc Huy Thịnh đưa ra ý tưởng viết bài, đóng góp diễn giải phương thức thực hiện, kết quả mô phỏng, những phân tích, thảo luận của nghiên cứu và viết bản thảo.

Lâm Hoàng Cát Tiên tham gia hỗ trợ thu thập dữ liệu, kiểm tra bài viết, đóng góp phần tổng quan và kết luận của bài viết, tham gia thực hiện mô phỏng tính toán các số liệu, góp ý về xây dựng giao diện giám sát.

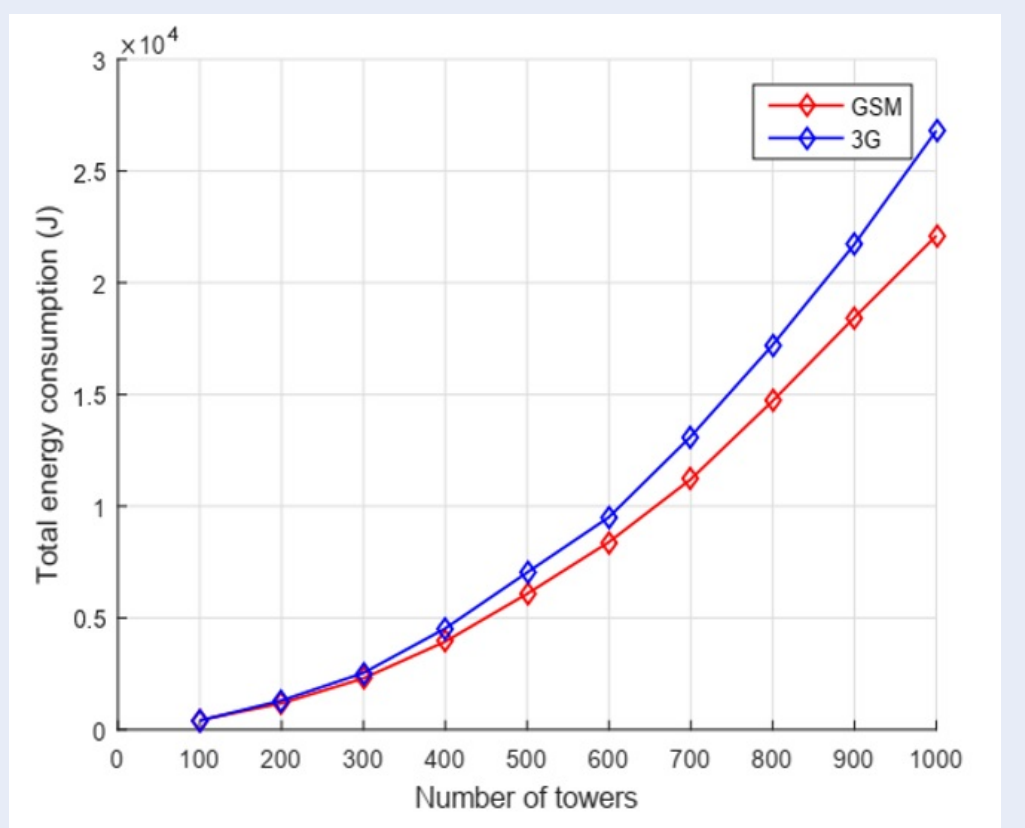
TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. PTC1. Ứng dụng FlyCam kiểm tra đường dây truyền tải điện. 2016;Available from: <http://nangluongvietnam.vn/news/vn/khoa-hoc-va-cong-nghe/ung-dung-flycam-kiem-tra-duong-day-truyen-tai-dien.html>.
2. Pouliot N, Richard PL, Montambault S. LineScout Technology Opens the Way to Robotic Inspection and Maintenance of High-Voltage Power Lines. IEEE Power and Energy Technology Systems Journal. 2015;Available from: <https://doi.org/10.1109/JPETS.2015.2395388>.
3. Debenest P, Guarnieri M, Kensuke K, et al. Expliner - Robot for inspection of transmission lines. 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation. 2008;Available from: <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2008.4543822>.

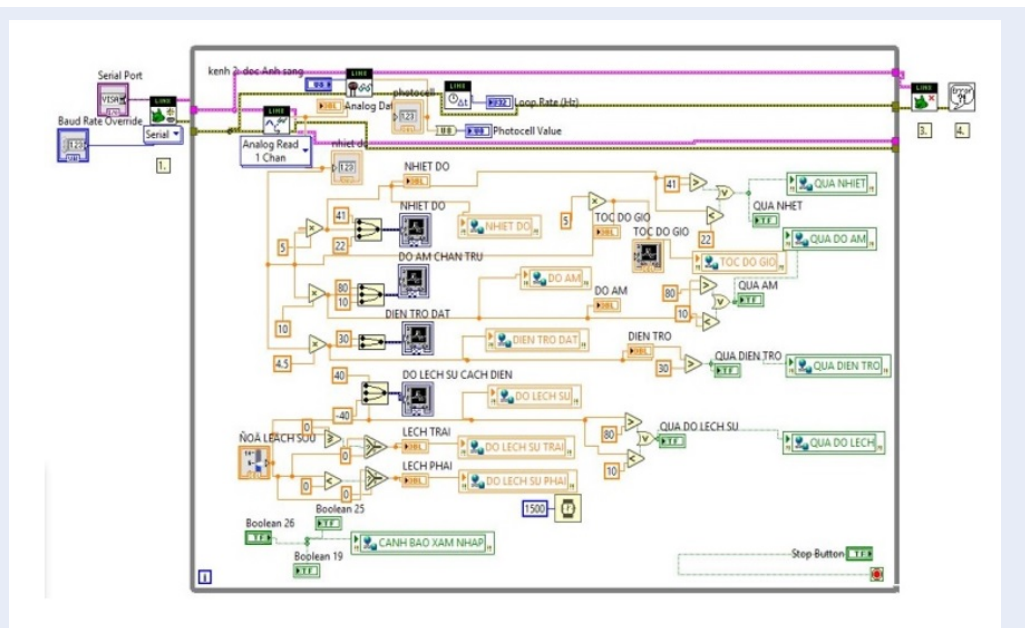


Hình 10: Tổng năng lượng tiêu thụ đối với thời gian trễ cực đại

4. Yang Y, Divan D, Harley RG, Habetler TG. Design and implementation of power line sensornet for overhead transmission lines. In Power & Energy Society General Meeting. IEEE . 2009; Available from: <https://doi.org/10.1109/PES.2009.5275363>.
5. Wu YC, Cheung LF, et al. Efficient communication of sensors monitoring overhead transmission lines. IEEE Transactions on Smart Grid. 2012; Available from: <https://doi.org/10.1109/TSG.2012.2186596>.
6. Kadu V, Sayawan AV. Review of Energy Consumption in Mobile Networking Technology. 2016;.
7. National Instrument. Getting Started with Data Dashboard for LabVIEW. 2014; Available from: <http://www.ni.com/tutorial/13757/en/>.



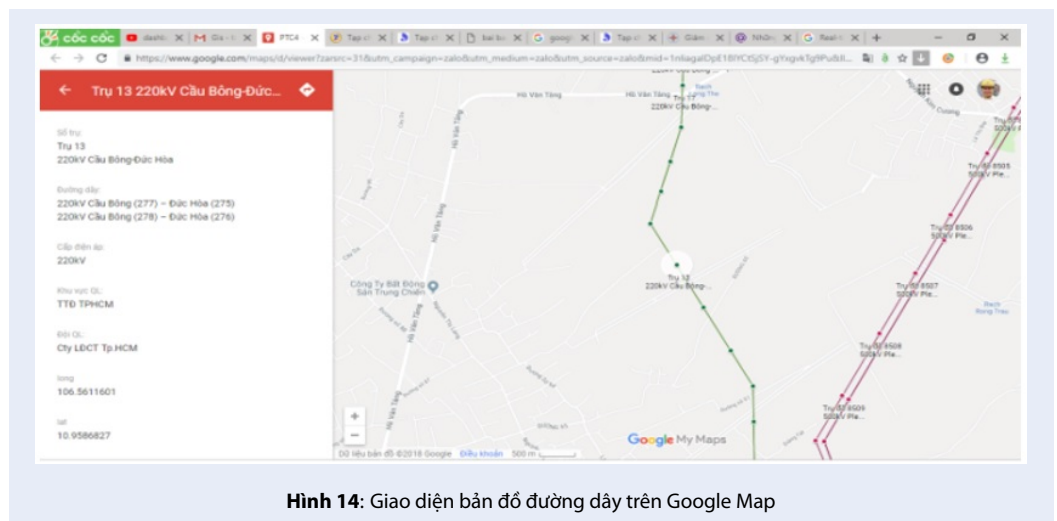
Hình 11: Tổng năng lượng tiêu thụ đối với số trụ



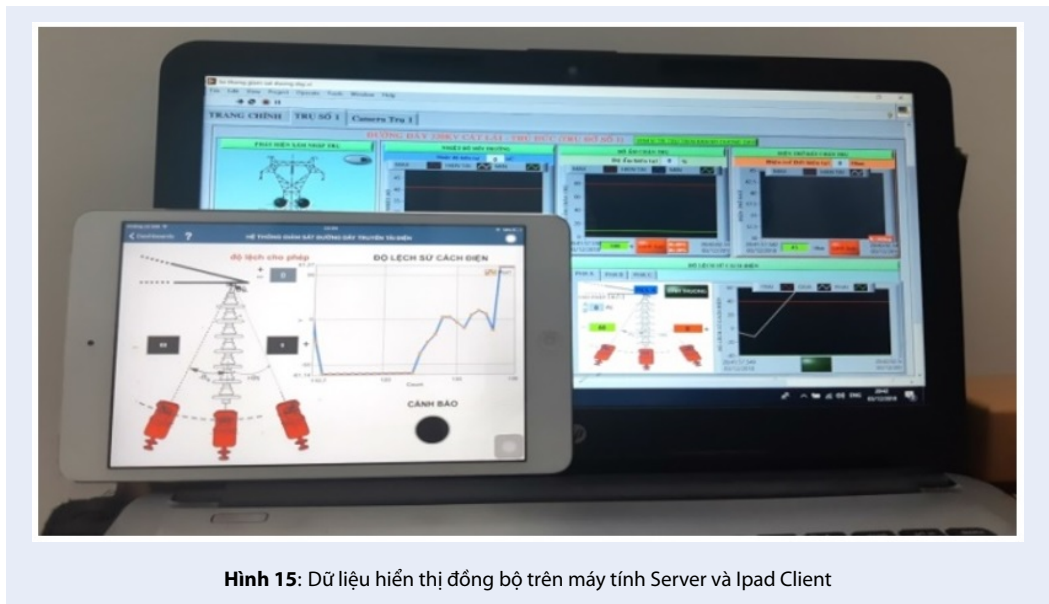
Hình 12: Chương trình lập trình của hệ thống



Hình 13: Trang chính màn hình giám sát



Hình 14: Giao diện bản đồ đường dây trên Google Map



Hình 15: Dữ liệu hiển thị đồng bộ trên máy tính Server và Ipad Client

Application of IoT in power transmission line monitoring

Tran Ngoc Huy Thinh^{1,*}, Lam Hoang Cat Tien², Huynh Quang Minh³



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

Nowaday in Vietnam, the verification and maintenance of 220kV - 500kV transmission lines is mainly done by manual labor. However, this task is quite hard, the workers have many difficulties such as the long moving distance (hundreds of kilometers) through many areas of complex terrain to verify the data and prevent the widespread problems. The efficiency and quality of line check also depends on the enthusiasm and experience of the workers. The demand to develop the power grid is constantly increasing to release full capacity from solar power plants, wind power plants, making the line always operating in overload state. Some problems are caused by the rapid growth of plants violating high voltage transmission line safety distances. Therefore, an online transmission line monitoring system will be a useful tool for improving the line operation and reduce the pressure for workers. In this paper, the application of the wireless data transmission platform and LABVIEW programming software to build a system for online data collection of lines, program settings, applications on mobile devices. Dynamic monitoring of lines over the Internet reduces the workload of workers.

Key words: IoT, transmission line, online monitoring system, mobile device, ZigBee, LabVIEW, ARDUINO, Data DashBoard-LabVIEW

¹Ho Chi Minh City Power Corporation

²Cao Thang Technical College

³Ho Chi Minh City University of Technology, VNU-HCM

Correspondence

Tran Ngoc Huy Thinh, Ho Chi Minh City Power Corporation

Email: thinhtnh@hcmpec.com.vn

History

- Received: 25-2-2019
- Accepted: 27-6-2019
- Published: 31-12-2019

DOI :10.32508/stdjet.v2iS12.452



Copyright

© VNU-HCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Thinh T N H, Tien L H C, Minh H Q. **Application of IoT in power transmission line monitoring.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology*; 2(S12):S180-S194.