

ỨNG DỤNG BLUETOOTH MESH XÂY DỰNG HỆ THỐNG CẬP NHẬT THÔNG TIN SẢN PHẨM CHO SIÊU THỊ VÀ CỬA HÀNG

Lương Công Duẩn

Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Tóm tắt — Hiện nay, hầu hết các cửa hàng và siêu thị ở Việt Nam đang sử dụng nhân lực thủ công cho việc thay thế, sửa thông tin của các nhãn hiệu sản phẩm. Công việc này thường được thực hiện không đồng bộ, yêu cầu số lượng nhân công lớn và có nhiều sai sót do tiến hành thủ công. Ở bài báo này, tác giả đề xuất một phương án thiết kế bảng thông tin sản phẩm cho các chuỗi siêu thị và cửa hàng dựa trên hai công nghệ chính là Bluetooth Mesh và E-ink. Phương án thiết kế đạt được ưu điểm: dễ dàng triển khai và mở rộng, ít bị hạn chế bởi diện tích, quy mô của cửa hàng; đồng bộ được nhiều cửa hàng theo chuỗi; các bảng giá có tính linh động cao; sử dụng pin và khả năng hoạt động trong thời gian dài. Cụ thể, tác giả đã thử nghiệm được thành công một hệ thống cập nhật thông tin sản phẩm có thể dễ dàng triển khai, chỉ tiêu thụ trung bình 105µAh/ngày.

Từ khóa — Internet vạn vật (IoT), Bluetooth năng lượng thấp (BLE), Mạng cảm biến không dây (WSN), Mạng không dây kiểu lưới, Bluetooth SIG, Thiết bị năng lượng thấp (LPN), Mực điện tử.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, việc thực hiện đồng bộ giá, thông tin sản phẩm của các cửa hàng đặc biệt là chuỗi cửa hàng, siêu thị bán lẻ hiện đang được thực hiện theo phương pháp thủ công. Với các chuỗi siêu thị, khi có yêu cầu thay đổi giá nhân viên tiến hành in các nhãn giá theo chuẩn đã được quy định sẵn sau đó mang nhãn đã được in đến từng kệ hàng để thay thế cho từng mặt hàng. Để thực hiện thay đổi giá cho toàn bộ một cửa hàng quy mô vừa và nhỏ thường yêu cầu khoảng ba nhân viên lao động trong 8 giờ (tổng khoảng 24 giờ làm việc) bao gồm: in nhãn; thay thế nhãn và kiểm tra xác thực thông tin. Do công việc được tiến hành thủ công nên có thể xuất hiện nhiều sai sót dẫn đến sai lệch thông tin trên bảng nhãn sản phẩm.

Một số cửa hàng đã bắt đầu triển khai cập nhật thông tin sản phẩm đồng bộ bằng dữ liệu từ hệ thống server tự động thông qua kết nối wifi. Phương án này hiện đã giải quyết được vấn đề đồng bộ thông tin sản phẩm giữa các cửa hàng trong hệ thống. Tuy nhiên, do sử dụng kết nối

wifi nên thiết bị thường tiêu thụ năng lượng lớn. Hơn nữa, khi triển khai hệ thống yêu cầu wifi cần yêu cầu các thiết bị phát sóng wifi (router) có khả năng quản lý lên tới hàng ngàn kết nối. Do vậy các thiết kế này không phù hợp với quy mô cửa hàng, siêu thị có số lượng mặt hàng lớn, yêu cầu thay đổi liên tục về vị trí các mặt hàng.



Hình 1: Nhân viên tiến hành thay thế thông tin sản phẩm tại một siêu thị Vinmart tại Hà Nội.

Xuất phát từ tình hình thực tế đó, tác giả đề xuất ứng dụng công nghệ Bluetooth Mesh[1] và E-ink[2] để thiết kế hệ thống cho phép cập nhật thông tin sản phẩm một cách tự động, đồng bộ, linh hoạt và có khả năng hoạt động trong thời gian dài. Bluetooth Mesh là công nghệ được ra mắt vào năm 2017, hoạt động trên nền tảng Bluetooth Low Power[3][4] (BLE) ứng dụng cho lĩnh vực mạng cảm biến không dây (WSN). So với các công nghệ sử dụng cho mạng cảm biến không dây khác, Bluetooth Mesh[5] có những ưu điểm vượt trội hơn như: có khả năng tự cấu hình mạng; dễ dàng triển khai, mở rộng về số lượng thiết bị, diện tích và tiêu thụ năng lượng thấp. E-ink[2] là công nghệ mực điện tử được đưa ra thị trường từ năm 1997 và hiện đang chủ yếu được sử dụng cho các thiết bị đọc sách. Màn hình E-ink cho phép chỉ tiêu thụ điện năng trong quá trình cập nhật dữ liệu lên màn hình. Sau khi cập nhật, thiết bị không cần cung cấp điện năng mà vẫn có thể hiển thị thông tin trong thời gian dài. Bằng cách kết hợp hai công nghệ này, tác giả đã đề xuất và thử nghiệm một mô hình nhằm ứng dụng cho cập nhật bảng thông tin sản phẩm của các chuỗi siêu thị, cửa hàng.

Tác giả liên hệ: Lương Công Duẩn

Email: duanlc@ptit.edu.vn

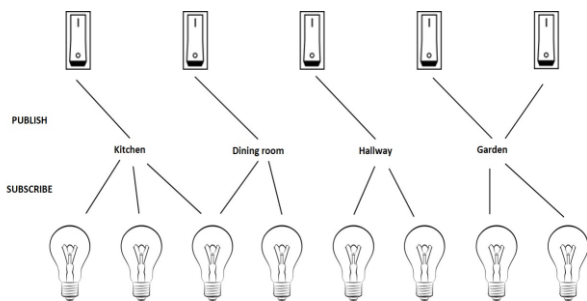
Đến tòa soạn: 10/2020, chỉnh sửa: 11/2020, chấp nhận đăng 12/2020

II. GIỚI THIỆU VỀ BLUETOOTH MESH

A). Tổng quan về Bluetooth Mesh

Bluetooth Mesh là công nghệ hoạt động dựa trên đường truyền vật lý là Bluetooth Low Power (BLE). BLE thông thường có 40 kênh truyền hoạt động từ dải 2402MHz đến 2480 MHz, trong đó các kênh từ 0-36 được sử dụng cho các kết nối với các thiết bị BLE khác và 37-39 được sử dụng cho chế độ quảng bá thông tin. Bluetooth Mesh sử dụng 3 kênh truyền 37-39 của BLE làm đường truyền dữ liệu vật lý nên trong quá trình tham gia mạng, các thiết bị vẫn có thể sử dụng các kênh truyền từ 0-36 để kết nối đến các thiết bị Bluetooth khác. Mạng Bluetooth Mesh có khả năng quản lý tối đa 32767 thiết bị[6]–[8].

Bluetooth Mesh hoạt động dựa trên mô hình publish/subscribe. Trong đó, một thiết bị trong mạng có thể đăng ký theo dõi một hoặc nhiều chủ đề có liên quan đến nó và có thể gửi bản tin đến một số chủ đề nhất định. Khi một bản tin được truyền đến đúng chủ đề mà một thiết bị đăng ký lắng nghe thì bản tin đó sẽ được đưa lên tầng ứng dụng của thiết bị đó và xử lý, nếu không phải bản tin bị bỏ qua. Mỗi thiết bị trong mạng Bluetooth Mesh có 2 loại địa chỉ: địa chỉ unicast và địa chỉ nhóm. Trong đó, thiết bị luôn đăng ký nghe bản tin có chủ đề trùng với địa chỉ unicast của nó và địa chỉ broadcast (0xFFFF). Ngoài ra tùy thuộc vào việc được cấu hình vào nhóm nào, nó sẽ tiến hành theo dõi chủ đề trùng với địa chỉ nhóm tương ứng[8]. Hình 2 minh họa cho cơ chế này, trong đó một công tắc có khả năng công bố bản tin vào một chủ đề, trong khi một đèn có khả năng theo dõi nhiều chủ đề cùng lúc để nhận tín hiệu điều khiển từ các công tắc liên quan.



Hình 2: Mesh Network hoạt động dựa trên cơ chế publish/subscribe.

B). Topology của mạng Bluetooth Mesh

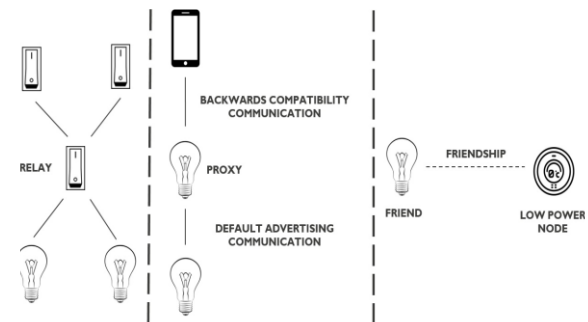
Bản tin của Bluetooth Mesh được truyền đi trong mạng theo cơ chế thác lũ. Để đảm bảo thiết bị không bỏ lỡ bản tin nào trong mạng, trừ thời điểm gửi bản tin, thiết bị liên tục quét các kênh 37-39 để nhận các bản tin xuất hiện trong mạng. Mặc định, khi nhận được một bản tin, nếu không phải là bản tin truyền đến địa chỉ của chính thiết bị đó, bản tin sẽ được truyền tiếp đến các thiết bị lân cận bằng cách truyền broadcast qua các kênh từ 37-39. Mỗi bản tin chỉ được một thiết bị truyền lại một lần bằng cách đánh dấu định danh của bản tin, do vậy tránh hiện tượng bản tin bị truyền lặp trong mạng không bao giờ kết thúc. Với cơ chế đó, một bản tin chắc chắn sẽ được đưa đến tất cả các thiết bị nằm trong vùng phủ của mạng. Ngoài ra, mỗi bản tin

trong mạng Mesh khi truyền đi đều khởi tạo tham số TTL (Time to Live) và sẽ được giảm dần sau mỗi lần được truyền lại. Khi tham số TTL về không thì bản tin không tiếp tục được re-broadcast[7][9].

Để tối ưu hoạt động của Bluetooth Mesh và để phù hợp cho nhiều thiết bị và ứng dụng khác nhau, một thiết bị trong mạng Mesh có thể có các tính năng độc lập như minh họa ở Hình 3[10].

Thiết bị Relay: Để tránh hiện tượng số lượng bản tin trong mạng tăng lên một cách đột biến gây ảnh hưởng đến khả năng truyền tin trong mạng chỉ một phần các thiết bị trong mạng được cấu hình hoạt động ở chế độ relay. Những thiết bị được cấu hình hoạt động với vai trò relay thực hiện truyền lại bản tin mà nó nhận được trong mạng. Khi một bản tin đi qua một thiết bị relay, giá trị TTL của bản tin sẽ giảm đi một đơn vị và được chuyển tiếp đến các thiết bị xung quanh. Bản tin cứ tiếp tục đến các relay khác và được truyền lặp lại cho đến khi TTL bằng không [6]–[8].

Thiết bị Proxy: là thiết bị cho phép mạng Bluetooth Mesh giao tiếp với thiết bị có kết nối Bluetooth khác nhưng không hỗ trợ chuẩn Mesh. Các thiết bị Proxy được cấu hình đồng thời hoạt động trên các kênh 0-36 để có khả năng kết nối với các thiết bị như điện thoại thông minh, máy tính... thông qua kết nối Bluetooth, từ đó giao tiếp với các thiết bị trong mạng[6]–[8].



Hình 3: Các tính năng của thiết bị trong Bluetooth Mesh

Thiết bị Friend: là thiết bị được tạo ra để hoạt động ghép cặp với thiết bị Low Power. Do thiết bị Low Power dành chủ yếu thời gian để ngủ nhằm tiết kiệm năng lượng nên thiết bị này không thể lắng nghe được các bản tin truyền đến nó khi mạng hoạt động. Do vậy, thiết bị Friend được tạo ra nhằm giữ các bản tin mà các thiết bị khác truyền đến thiết bị Low Power mà nó quản lý và truyền lại cho thiết bị Low Power mỗi khi thiết bị này được kích hoạt [6]–[8].

Thiết bị năng lượng thấp (Low Power): Thiết bị này chủ yếu dành thời gian hoạt động ở chế độ ngủ nhằm tối ưu năng lượng. Thiết bị năng lượng thấp cần hoạt động cặp với một thiết bị Friend để hỗ trợ nhận và truyền tin trong thời gian thiết bị này hoạt động ở chế độ ngủ. Thiết bị Friend và Low Power yêu cầu phải có kết nối trực tiếp trong vùng phủ của nhau [6]–[8].

Thiết bị không có tính năng đặc biệt: Là thiết bị không có tính năng nào như được trình bày ở trên. Thiết bị này

chỉ thực hiện nhiệm vụ xử lý bản tin được truyền đến đúng địa chỉ của nó và truyền bản tin vào mạng [6]–[8].

C). *Tính phù hợp của Bluetooth Mesh với nội dung nghiên cứu*

Ở bài báo này, tác giả đã lựa chọn mạng Bluetooth Mesh với các tính năng như được thể hiện trên Hình 3 làm nền tảng đường truyền cho hệ thống cập nhật thông tin bằng giả do có các đặc điểm như sau:

- Khả năng tự cấu hình: Mạng Bluetooth Mesh không yêu cầu các thao tác cấu hình đặc biệt khi thay đổi cấu trúc mạng mà chỉ cần đảm bảo có các thiết bị relay phủ được không gian của các thiết bị trong mạng. Do vậy, khi triển khai ở các địa hình, vị trí khác nhau không yêu cầu các thao tác cấu hình đặc biệt.
- Khả năng mở rộng về không gian: Do sử dụng cơ chế truyền tin thác lũ, bản tin có thể nhanh chóng tiếp cận được các thiết bị trong mạng. Khi hoạt động ở các môi trường có diện tích khác nhau, người sử dụng chỉ cần bổ sung các thiết bị hoạt động ở chế độ relay tại các vị trí phù hợp.
- Khả năng hoạt động ở chế độ năng lượng thấp: Mạng hỗ trợ hoạt động các thiết bị năng lượng thấp bằng cách tạo ra thiết bị Friend nhằm cất giữ bản tin tạm thời cho các thiết bị mà thiết bị Friend quản lý. Do các thiết bị hiển thị thông tin sản phẩm cần tối ưu về năng lượng nên nó cần được cấu hình hoạt động ở chế độ năng lượng thấp và bắt cặp với các thiết bị Friend khác.

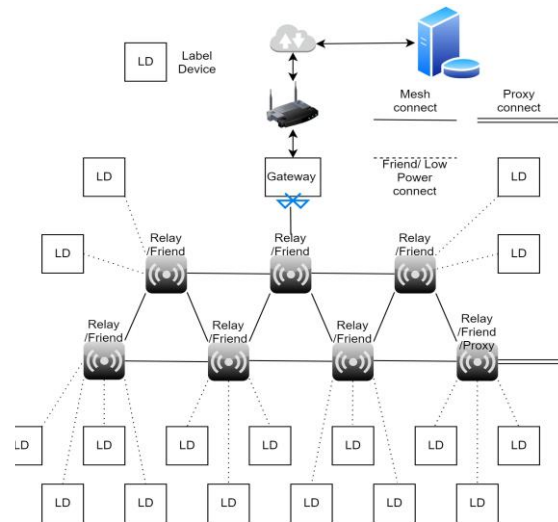
Với các đặc tính trên của mạng Bluetooth Mesh, kết hợp với đặc tính sử dụng năng lượng thấp và duy trì hiển thị thông tin không cần sử dụng năng lượng, tác giả đề xuất một mô hình để triển khai thử nghiệm và đánh giá. Mô hình chi tiết được trình bày ở phần III.

III. MÔ HÌNH HỆ THỐNG ĐỀ XUẤT

A). *Mô hình hệ thống*

Mô hình đề xuất trong nghiên cứu này được trình bày như trên Hình 4 bao gồm bao gồm các thành phần chính có vai trò như sau:

- Gateway: Cung cấp khả năng kết nối từ mạng cục bộ đến server quản lý thông tin dữ liệu của các sản phẩm thông qua kết nối internet. Khi có thông tin cập nhật, gateway tiến hành lấy thông tin của các sản phẩm về và chuyển phát đến các thiết bị theo ID đã được định sẵn thông qua mạng Bluetooth Mesh.
- Relay/Friend: Là các thiết bị hoạt động tạo thành mạng xương sống của mạng không dây. Các thiết bị này được cấu hình và lắp đặt để đảm bảo có khả năng phủ sóng toàn bộ khu vực cần triển khai. Tính năng relay cho phép thông tin có thể chuyển tiếp đến tất cả các thiết bị relay/friend khác trong mạng. Tính năng friend cho phép các thiết bị này lưu trữ dữ liệu đến của các thiết bị LD. Các thiết bị Relay/Friend đều được kích hoạt chế độ Proxy hỗ trợ chuyển tiếp thông tin vào mạng Mesh thông qua kết nối Bluetooth trực tiếp. Trong trường hợp mất kết nối Internet, người dùng có thể sử dụng smartphone để chuyển tiếp thông tin cập nhật đến các thiết bị trong mạng để đảm bảo quá trình cập nhật thông tin không bị gián đoạn.
- Proxy: Là thiết bị cung cấp cho hệ thống khả năng cập



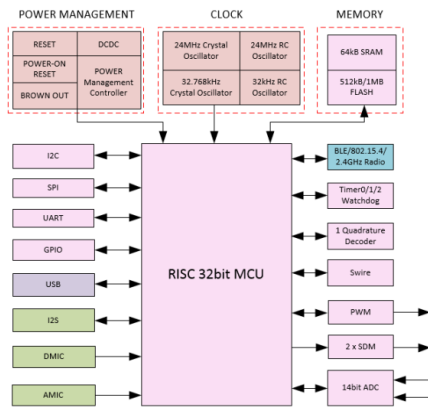
Hình 4: Mô hình ứng dụng đề xuất.

nhật thông tin dữ liệu của các thiết bị LD thông qua ứng dụng trên điện thoại di động trong các trường hợp cần thiết hoặc dự phòng khi có lỗi kết nối từ gateway lên Server.

- LD (Label Device): Là thiết bị dùng để hiển thị thông tin sản phẩm. Thiết bị gồm một vi điều khiển thực thi nhiệm vụ hoạt động trong mạng Bluetooth Mesh như một thiết bị Low Power, đồng thời có khả năng hiển thị thông tin lên màn hình E-ink. Thiết bị LD cần đạt được yêu cầu hoạt động trong thời gian dài với năng lượng được cung cấp là pin. Mỗi thiết bị LD có một địa chỉ MAC và được gắn với một mã sản phẩm cụ thể.

Quy trình hoạt động của hệ thống:

- Khi khởi tạo cấu hình hệ thống. Mỗi thiết bị LD được gắn với ID của một mã sản phẩm thông qua MAC ID của thiết bị. Hệ thống và gateway sẽ nắm thông tin này trong suốt quá trình hoạt động của hệ thống. Trong quá trình sử dụng, người dùng có thể thêm, sửa hoặc xóa các thông tin này. Sau khi được cấu hình và lắp đặt, mỗi thiết bị LD khi tham gia vào mạng sẽ tự động kết nối bắt cặp với một friend để nhờ friend nhận bản tin và cất giữ trong suốt quá trình LD ngủ.
- Server của hệ thống do người quản trị chuỗi siêu thị hoặc cửa hàng quản lý. Khi có thay đổi về thông tin sản phẩm, người quản trị thực hiện thay đổi thông tin server thông qua giao diện website hoặc phần mềm chuyên dụng. Server thực hiện gửi thông tin những thay đổi này đến các gateway có liên quan để thông báo về quá trình cập nhật thông tin.
- Khi nhận được thông tin, gateway gửi yêu cầu lên và lấy về các thông tin cập nhật mới nhất. Thông tin bao gồm: ID sản phẩm và thông tin hiển thị mới. Gateway dựa vào bảng CSDL quan hệ giữa ID sản phẩm và



Hình 5: Kiến trúc phần cứng của IC 8258



Hình 6: Màn hình E-ink kích thước 104*212

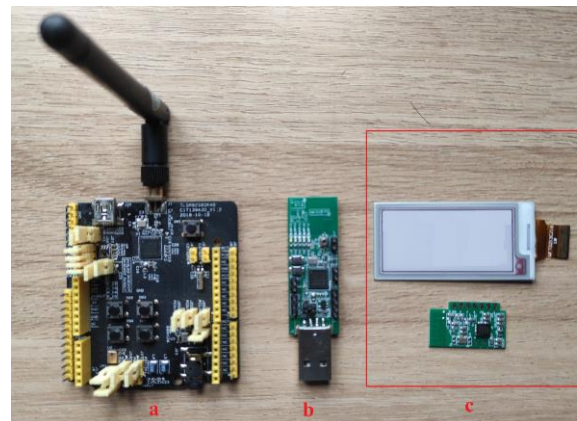
MAC ID của thiết bị để tìm ra địa chỉ đích cho mỗi bản tin. Sau đó, gateway tiến hành gửi các bản tin bao gồm: Địa chỉ đích – ID sản phẩm và Thông tin cập nhật vào mạng.

- Bản tin sau khi được truyền vào mạng, thực hiện lan truyền theo cơ chế thác lũ. Khi một thiết bị friend nhận được bản tin nó thực hiện so sánh với danh sách ID của các thiết bị Low Power mà nó quản lý. Nếu trùng, thiết bị sẽ cất giữ thông tin đó để chờ chuyển cho thiết bị LD.
- Thiết bị LD được cấu hình định kỳ thức dậy theo chu kỳ để cập nhật bản tin từ hệ thống. Khi LD thức dậy, nó thực hiện trao đổi bản tin với friend của nó. Nếu không có bản tin mới, LD ngay lập tức đi vào chế độ ngủ sâu. Nếu có bản tin friend truyền cho LD và thiết bị LD thực hiện khởi tạo, cập nhật thông tin lên màn hình E-ink. Sau đó, thiết bị tiếp tục đi vào chế độ ngủ sâu để tiết kiệm năng lượng.

B). Thiết bị phần cứng

Để đưa ra đánh giá về tính khả thi và ứng dụng của hệ thống, tác giả đã tiến hành thử nghiệm trên một mô hình thực tế để đưa ra đánh giá về kết luận. Tác giả đã tiến hành thử nghiệm mô hình từ tầng gateway đến các thiết bị LD với lựa chọn phần cứng cụ thể như sau:

- Bluetooth: IC 8258 của Te-link hoạt động trên kiến trúc RISC 32 bit được tích hợp giao tiếp Bluetooth, Zigbee. Te-link là một trong các thành viên của tổ chức SIG Bluetooth – đơn vị đã công bố chuẩn Bluetooth Mesh. Kiến trúc của IC 8258 được thể hiện ở Hình 5. Mỗi thiết bị trong mạng được thiết kế dựa trên một IC 8258. Ngoài ra, gateway có khả năng kết nối với máy tính thông qua kết nối USB. Thiết bị LD kết nối với màn hình E-ink. Thiết bị Relay/Friend chỉ bao gồm một IC 8258.
- Màn hình E-ink: Kích thước 2.13 inch, kích thước



Hình 7: Các thiết bị được thử nghiệm (a) Relay/Friend, (b) Gateway, (c) Thiết bị hiển thị thông tin LD



Hình 8: Kết quả hiển thị thông tin sản phẩm

48*23mm, độ phân giải 104*212 pixel, có khả năng hiển thị 3 màu: trắng, đen và đỏ. Điện năng tiêu thụ khi ngủ khoảng 2-5µA. Màn hình E-ink có thể tiếp tục duy trì hiển thị nội dung mà không cần cung cấp năng lượng như Hình 6.

IV. THỬ NGHIỆM & ĐÁNH GIÁ

A). Quy mô thử nghiệm

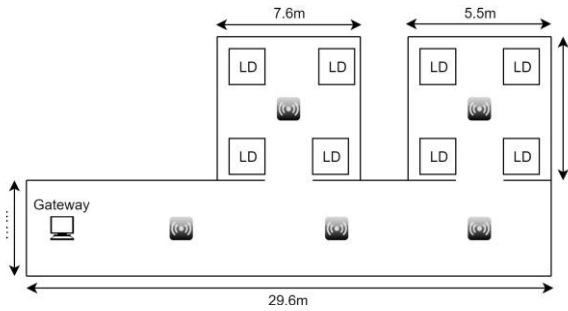
Các thiết bị và mô hình sau khi xây dựng đã được thử nghiệm tại tầng 9 – nhà A2 - Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông với quy mô kích thước được mô tả trên Bảng 1.

Bảng 1. Quy mô kích thước thử nghiệm.

Chiều rộng	8.3m
Chiều dài	29.6m
Độ cao	3.6m

Các thiết bị được thiết kế gồm những thiết bị được mô tả như được thấy trong Hình 7. Trong đó thiết bị gateway được kết nối với máy tính để thử nghiệm truyền bản tin vào mạng. Thiết bị relay/friend được gắn lên trần của phòng thử nghiệm để hạn chế sự ảnh hưởng của các vật cản. Thiết bị hiển thị thông tin được đặt tại các vị trí bất kỳ trong phòng để theo dõi sự thay đổi thông tin.

Tác giả đã thử nghiệm bằng cách sử dụng máy tính kết



Hình 9: Mô hình triển khai thử nghiệm

nối với gateway và thử nghiệm truyền tin xuống các thiết bị hiển thị thông tin. Trong đó thông tin truyền xuống bao gồm tên sản phẩm, giá sản phẩm chính, giá sản phẩm khuyến mãi và QR-Code dẫn đến đường link về thông tin sản phẩm. Sau khi thiết bị thức dậy, thiết bị lấy dữ liệu từ thiết bị friend sau đó cập nhật tin tức và hiển thị thông tin sản phẩm như Hình 8.

B). Khả năng mở rộng

Tác giả đã tiến hành triển khai thử nghiệm thực tế để đánh giá khả năng quản lý và mở rộng mô hình. Kết quả thử nghiệm khả năng truyền giữa các relay trong mạng khi có vật cản và không có vật cản cụ thể như sau:

Truyền thẳng	22m
Vật cản là cửa kính	18m
Vật cản là tường, bê tông	13m

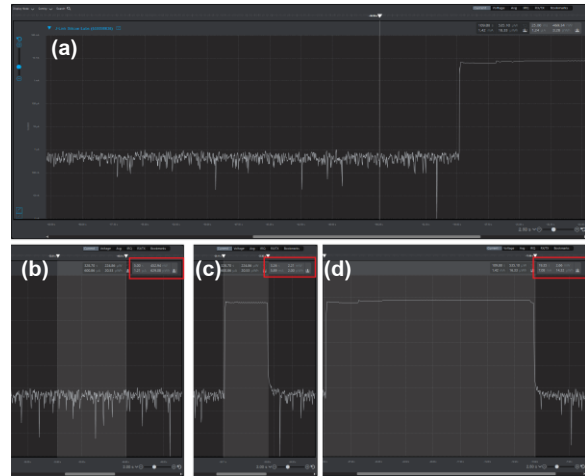
Từ kết quả này, tác giả tiến hành lắp đặt các thiết bị relay với khoảng cách phù hợp tùy thuộc vào khu vực mà các relay được lắp đặt như Hình 9.

Với chương trình phát triển trên IC 8258, mỗi friend có khả năng quản lý tối đa 64 thiết bị Low Power. Do đó, khi số lượng thiết bị hiển thị thông tin tăng thì cần phải tăng số lượng thiết bị relay/friend để đảm bảo một thiết bị Low Power được ghép đôi với một thiết bị friend.

Về cơ bản bằng cách sử dụng mạng Bluetooth Mesh không gian quản lý bị giới hạn bởi số lượng thiết bị relay. Cụ thể ở ứng dụng do tác giả đề xuất, khả năng quản lý mở rộng phụ thuộc vào số lượng thiết bị relay và vị trí của thiết bị relay trong mạng. Do vậy, khi triển khai thực tế kỹ thuật viên cần căn cứ vào địa hình triển khai để cấu lựa chọn số thiết bị relay/friend phù hợp.

C). Năng lượng tiêu thụ

Do số lượng thiết bị hiển thị thông tin được sử dụng thường lớn nên năng lượng tiêu thụ, thời gian sử dụng của thiết bị hiển thị thông tin là một trong những vấn đề rất được quan tâm. Như đã đề xuất ở mô hình thử nghiệm, các thiết bị hiển thị thông tin LD được đặt ở chế độ hoạt động Low Power. Do vậy, thời gian chính của thiết bị là ngủ và luôn cần một thiết bị friend để hỗ trợ lưu giữ bản tin truyền đến. Ngoài ra, để tối ưu năng lượng mà thiết bị sử dụng, tác giả đã thiết kế sử dụng IC 8258 để chủ động điều khiển nguồn cấp cho màn hình E-ink và duy trì IC hoạt động ở chế độ ngủ sâu trong thời gian dài. Cụ thể, IC chỉ được kích hoạt bộ định thời 32KHz để đếm thời gian cho IC thức dậy kiểm tra bản tin, nếu như có bản tin đến IC thực hiện cập



Hình 10: Năng lượng tiêu thụ của các thiết bị ở các chế độ hoạt động: (a) quá trình đo kiểm năng lượng; (b) ngủ sâu; (c) thức dậy, không có nội dung cập nhật; (d) thức dậy, có bản tin cập nhật

nguồn cho màn hình, hiển thị nội dung sau đó cắt nguồn cấp của màn hình và tiếp tục đi vào chế độ ngủ sâu. Nếu không có bản tin cập nhật, màn hình tiếp tục được duy trì hiển thị thông tin cũ nhờ cơ chế duy trì hiển thị không cần nguồn cấp của màn hình E-ink.

Kết quả đo đặc điện năng tiêu thụ của thiết bị hiển thị thông tin được thể hiện ở Hình 10.

Năng lượng tiêu thụ của thiết bị hiển thị thông tin ở các chế độ cụ thể đo được như thể hiện trên Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả đo dòng điện tiêu thụ của thiết bị thông tin tại ba chế độ hoạt động.

Chế độ	Dòng điện TB	Thời gian (giây)
Ngủ sâu	1.21 μ A	-
Thức – Không cập nhật	5.89 mA	3.3
Thức – Có cập nhật	7.08 mA	19.3

Bảng 3. Tính toán khả năng làm việc của thiết bị với pin CR2032.

Chế độ	Dòng tiêu thụ (uA)	Thời gian (s)	Số lần	Tổng dòng tiêu thụ/ngày (uAh)
Ngủ sâu	1.21	86400	1	29.04
Thức - Cập nhật	7080	19.3	2	75.91
Tổng điện năng tiêu thụ 1 ngày (uAh):				104.95
Dung lượng Pin (mAh):				200
Suy hao tự nhiên dự kiến:				20%
Thời gian sử dụng:				1,524

Theo khảo sát thực tế tại các chuỗi cửa hàng siêu thị, thông tin chủ yếu cần thay đổi là giá sản phẩm và thường được thay đổi vào đầu ngày làm việc. Do đó, tác giả thử nghiệm cho thiết bị định kỳ ngủ dậy tối đa 2 lần/ngày để cập nhật thông tin sản phẩm, từ đó tính toán ra năng lượng tiêu thụ của thiết bị. Ngoài ra, để đảm bảo tính nhỏ gọn của thiết bị, tác giả đề xuất sử dụng pin CR2032[11] (dung lượng 200mAh) phổ thông trên thị trường làm nguồn cung cấp năng lượng cho thiết bị. Kết quả tính toán được tính trên giả thiết mỗi ngày sản phẩm đều được cập nhật thông tin 02 lần được trình bày trong Bảng 3.

Như vậy theo tính toán, thiết bị có khả năng làm việc bằng pin trong khoảng thời gian khoảng 04 năm bằng pin CR2032 mà không cần sạc lại năng lượng trong quá trình làm việc. Khả năng làm việc với thời gian lớn bằng pin giúp cho hệ thống tiết kiệm được chi phí vận hành và bảo trì hệ thống.

V. KẾT LUẬN

Kết quả thử nghiệm và đánh giá cho thấy mô hình tác giả đề xuất có khả năng đáp ứng được các yêu cầu phục vụ cho nhu cầu cập nhật thông tin sản phẩm cho các chuỗi cửa hàng, siêu thị một cách tự động. Mô hình có khả năng hoạt động trong không gian quy mô rộng, với số lượng lớn thiết bị và có khả năng hoạt động với pin trong thời gian dài. Tuy nhiên, do giá thành của linh kiện E-ink hiện tại còn cao nên ảnh hưởng lớn đến giá thành của hệ thống. Kết quả nghiên cứu là nền tảng để tác giả thực hiện các nghiên cứu kế tiếp nhằm đưa kết quả nghiên cứu thành ứng dụng thực tế. Trong giai đoạn sắp tới, tác giả tiếp tục nghiên cứu, đánh giá khả năng hoạt động của mô hình ở quy mô lớn hơn, đề xuất thử nghiệm sản phẩm ở các chuỗi cửa hàng, siêu thị từ đó những điều chỉnh để hoàn thiện hướng nghiên cứu này.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Học Viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông (PTIT) trong đề tài mã số 004-HV-2020-ĐT1.

VI. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Baert, J. Rossey, A. Shahid, and J. Hoebeke, "The bluetooth mesh standard: An overview and experimental evaluation," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 8, 2018.
- [2] J. Wang, Y. Feng, J. Guo, Y. Li, and X. Li, "Preparation and characterization core-shell particles and application for E-Ink," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 116, no. 5, pp. 2658–2667, 2010.
- [3] G. Patti, L. Leonardi, and L. Lo Bello, "A Bluetooth Low Energy real-time protocol for industrial wireless mesh networks," *IECON 2016 - 42nd Annu. Conf. IEEE Ind. Electron. Soc.*, vol. IECON 2016, pp. 4627–4632, 2016.
- [4] L. Leonardi, G. Patti, and L. Lo Bello, "Multi-Hop Real-Time Communications over Bluetooth Low Energy Industrial Wireless Mesh Networks," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 26505–26519, 2018.
- [5] S. M. Darroudi and C. Gomez, "Bluetooth low energy mesh networks: A survey," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 7, 2017.
- [6] S. Bluetooth, "Mesh Device Properties Bluetooth Specification," 2017.
- [7] S. Bluetooth, "Mesh Model Bluetooth Specification," 2015.
- [8] S. Bluetooth, "Mesh Profile Bluetooth Specification," 2019.
- [9] P. Gomathinayagam and S. Jayanthi, "Implementation of mesh network using bluetooth low energy devices," in *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 2018, vol. 446, pp. 205–213.
- [10] M. Woolley, "Bluetooth Mesh Models Technical Overview," no. March, pp. 1–41, 2019.
- [11] Energizer, "Energizer CR2032 Product Datasheet," 2018, no. 2032, p. 2032, 2018.

USING BLUETOOTH MESH TO DESIGN INFORMATION UPDATED PRODUCTS SYSTEM FOR SUPERMARKETS AND SHOPS

Abstract - This paper proposes an information updated product system for supermarkets, shops by using Bluetooth Mesh and E-ink technology. This designing model has advantages: Easy to deployed and expanded, less limited by the size of the store; Synchronize many stores by a server; Highly flexible; Ability to operate for a long time with battery.

Keywords — Internet of Things, IoT, Bluetooth Low Energy (BLE), Wireless Sensor Network (WSN), Wireless Mesh Networks, Bluetooth SIG, Low Power Node (LPN), E-Ink, E-Paper.



Lương Công Duân tốt nghiệp Thạc Sĩ ngành Kỹ thuật Viễn thông tại Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông năm 2018. Hiện đang là giảng viên tại khoa Kỹ thuật Điện tử I, Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.