



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0033758

(51)^{2020.01} H04B 10/116; H04W 4/00

(13) B

(21) 1-2020-06602

(22) 13/11/2020

(45) 25/10/2022 415

(43) 25/02/2021 395

(73) Công ty CP Ánh Sáng Số HUEPRESS (VN)

A20 TT8 khu đô thị Văn Quán, phường Văn Quán, quận Hà Đông, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Duy Thông (VN); Nguyễn Văn Tràng (VN); Thiều Minh Đức (VN).

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ CHIẾU SÁNG THÔNG MINH SỬ DỤNG CƠ CHẾ NHÌN VÀ CHỌN QUA CAMERA THỰC TẾ TĂNG CƯỜNG

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp, hệ thống điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh sử dụng cơ chế “nhìn-và-chọn” qua camera thực tế tăng cường, dựa trên công nghệ truyền thông ánh sáng không dây và thực tế tăng cường nhằm mục đích đem lại tiện lợi và tính bảo mật tuyệt đối cho người dùng khi điều khiển màu của đèn trong hệ thống đèn chiếu sáng. Người dùng không cần ghi nhớ thông tin về đèn chiếu sáng (công tắc/nút điều khiển) cần tương tác trên giao diện Ứng dụng (app) điều khiển mà chỉ cần tương tác trực tiếp nhìn-và-chọn với đèn đó thông qua môi trường thực tế tăng cường trên Ứng dụng (app) (ứng dụng) để điều khiển một cách tiện lợi.



Bước 1: App gửi lệnh wakeup tới các đèn LED thông qua WiFi



Bước 2: Các đèn LED gửi phản hồi yêu cầu cấp ID-mạng. APP lắng nghe có bao nhiêu phản hồi.



Bước 3: APP phân bổ ID-mạng tới từng đèn theo yêu cầu.



Bước 4: Các đèn điều chế C-FSK truyền ID-mạng qua ánh sáng



Bước 5: APP giải điều chế C-FSK, cho phép người dùng chạm để chọn đèn và bật chế độ điều khiển AR.



Bước 6: APP nhận lệnh màu từ người dùng và điều khiển đèn đã được chọn qua WiFi.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập:

Sáng chế này thuộc lĩnh vực điện tử truyền thông, đề cập đến phương pháp, hệ thống điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh sử dụng cơ chế nhìn-và-chọn qua camera thực tế tăng cường.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế:

Sáng chế là sự kết hợp của hệ thống chiếu sáng thông minh với công nghệ truyền dữ liệu ánh sáng; do vậy tình trạng kỹ thuật của sáng chế sẽ liên quan tới các lĩnh vực: (1) tình trạng của hệ thống chiếu sáng thông minh trên thị trường, (2) tình trạng của công nghệ truyền dữ liệu ánh sáng tới thiết bị thông minh thông qua máy ảnh (camera), và (3) phương pháp bảo mật kết nối điều khiển thiết bị chiếu sáng.

(1) Hiện nay, các hệ thống có nhiều đèn chiếu sáng đòi hỏi người dùng phải ghi nhớ mã định danh (ID) và nút điều khiển của từng đèn để có thể điều khiển độc lập từng đèn. Hơn nữa, số lượng các nút bấm điều khiển trên giao diện ứng dụng (app) sẽ phải tương ứng với số lượng đèn thực tế trong hệ thống. Điều này có thể làm giảm sự thuận tiện cho người dùng, khiến người dùng phải ghi nhớ thông tin liên quan đến từng bóng đèn cần điều khiển.

(2) Giải pháp truyền dữ liệu ánh sáng tới điện thoại thông minh (smartphone) (tên tiếng anh: Optical Camera Communication, viết tắt là OCC) được xem là bước đột phá trong công nghệ truyền dữ liệu không dây nhằm bổ sung cho công nghệ không dây dùng sóng điện từ (như WiFi/Bluetooth, vv.). Đặc biệt, công nghệ OCC được xem như một xu hướng mới cho giải pháp internet vạn vật (IoT) sử dụng ánh sáng nhìn thấy, một giải pháp thân thiện với môi trường và tiết kiệm năng lượng. Việc sử dụng máy ảnh (camera) đồng thời cho hai mục đích: ghi hình môi trường (quay video) và giải mã dữ liệu qua kênh ánh sáng sẽ đem lại trải nghiệm mới cho người dùng; trải nghiệm kết hợp không gian thực và thông tin số được gọi là thực tế tăng cường (Augmented Reality – AR).

Cho tới hiện tại, một số phương pháp, hệ thống OCC có thể kể đến như:

- Phương pháp điều chế FSK cho kênh ánh sáng của Đại học Kookmin và Đại học Quốc gia Đài Loan (NTU) [1]. Cả hai phương pháp đều trong chuẩn IEEE 802.15.7-2018, được ký hiệu tắt lần lượt là CM-FSK và RS-FSK. Trong đó: NTU RS-FSK scheme: Chỉ hỗ trợ 30fps camera, không hỗ trợ tốc độ khung thay đổi; NTU RS-FSK scheme có frequency separation thay đổi; NTU RS-FSK chỉ hỗ trợ 2 mode là 8-FSK và 16-FSK. Các giải pháp FSK đưa ra trong chuẩn IEEE này chỉ hướng đến tối đa tốc độ truyền dữ liệu mà không hướng tới sự ổn định truyền nhận ID đèn trong giải pháp AR.
- Phương pháp điều chế tần số của Đại học Carnegie Mellon, Pittsburgh, USA [2] với băng thông sử dụng là 8kHz với khoảng cách các tần số là 0.2kHz. Phương pháp này không hỗ trợ camera tốc độ khung thay đổi, không tuân theo chuẩn IEEE hay chuẩn quốc tế nào, không được cấu hình theo App chuẩn dựa trên PHY PIB attributes.
- Phương pháp của PureVLC, Edinburgh, UK [3] dùng ON-OFF-Keying (OOK) thay vì FSK. Tuy nhiên, nhược điểm của OOK là không điều khiển được độ sáng đèn và không hỗ trợ thay đổi màu đèn dựa theo phương pháp PWM.

Hơn nữa, tất cả các phương pháp OCC trên đều có nhược điểm: hoặc là chưa hỗ trợ máy ảnh (camera) sẵn có trên thị trường (không hỗ trợ được phần lớn camera khi chúng đều có tốc độ chụp ảnh thay đổi), không tuân theo hoặc tương thích với chuẩn quốc tế (IEEE) nào, không được cấu hình theo APP chuẩn quốc tế IEEE 802.15.7-2018 dựa trên PHY PIB attributes, hoặc là không được tối ưu cho việc truyền ID sử dụng đèn màu khi màu đèn/độ sáng thay đổi.

(3) Việc bảo mật kết nối mà ưu tiên hàng đầu bởi vì nếu một thiết bị truy cập được vào mạng nhà bạn, nó có thể điều khiển toàn bộ căn nhà. Thực tế hiện nay, không có một phương pháp mã hóa (Encryption) nào có thể chống bẻ khóa (hack) tuyệt đối. Chúng tôi đề xuất một phương pháp mã hóa hai tầng, bằng việc kết hợp WiFi và OCC sẽ giải quyết vấn đề “bảo mật tuyệt đối” cho việc điều khiển thiết bị chiếu sáng.

Tài liệu tham khảo

[1] Michael Tsai (NTU), “National Taiwan University Proposal Summary” Project: IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs). [Online]. Available at: <https://mentor.ieee.org/802.15/dcn/15/15-15-0881-00-007a-national-taiwan-university-proposal-summary.pptx>.

[2] Rajagopal, N.; Lazik, P.; Rowe, A. “Visual light landmarks for mobile devices”. In Proceedings of the 13th International Symposium on Sensor Networks, Berlin, Germany, 15–17 April 2014; pp. 249–260.

[3] Danakis, C.; Afgani, M.; Povey, G.; Underwood, I.; Haas, H. “Using a CMOS camera sensor for visible light communication”. In Proceedings of the IEEE Globecom Workshops (GC Wksp), Anaheim, CA, USA, 3–7 December 2012; pp. 1244–1248.

[4] Rick Roberts (Intel), Yeong Min Jang, and Trang Nguyen (Kookmin Univ.), “APP based informational broadcast configuration”, Project: IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs), document number: 15-17-0133-00-wng0 [Online]. Available at: <https://mentor.ieee.org/802.15/dcn/17/15-17-0133-00-wng0-app-based-informational-broadcast-configuration.pptx>

[5] Trang Nguyen, and Yeong Min Jang (Kookmin Univ.), “Summary of OCC PHY PIB attributes” Project: IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs), document number: 15-17-0532-00-007a [Online]. Available at: <https://mentor.ieee.org/802.15/dcn/17/15-17-0532-00-007a-summary-of-occ-phy-pib-attributes.docx>

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề cập đến giải pháp kỹ thuật (GPKT) hệ thống điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh sử dụng cơ chế nhìn và chọn qua máy ảnh (camera) thực tế tăng cường, dựa trên công nghệ truyền thông ánh sáng không dây và thực tế tăng cường nhằm mục đích đem lại tiện lợi cho người dùng khi điều khiển màu của đèn trong hệ thống đèn chiếu sáng. Người dùng không cần ghi nhớ thông tin về đèn chiếu sáng hoặc công tắc điều khiển cần tương tác trên giao diện ứng dụng (App) điều khiển mà chỉ cần tương tác trực tiếp “nhìn-và-chọn” với đèn đó thông qua môi trường thực tế tăng cường trên App để điều khiển một cách tiện lợi.

Trong sáng chế này, giải pháp kỹ thuật (GPKT) hệ thống điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh sử dụng cơ chế nhìn và chọn qua máy ảnh (camera) thực tế tăng cường bao gồm các bước sau:

các đèn chưa có mã số định danh (ID) mạng, tức là chưa từng kết nối với ứng dụng (app) đồng loạt gửi gói tin phản hồi qua sóng WiFi về điện thoại thông minh;

ứng dụng (app) tiếp nhận phản hồi từ đèn;

ứng dụng (app) thống kê có bao nhiêu đèn cần mã số định danh (ID) mạng mới;

ứng dụng (app) phân bổ mã số định danh (ID) mạng riêng biệt theo số lượng đèn cần mã số định danh (ID) mạng mới;

ứng dụng (app) gửi lệnh “đánh thức(wake up)” cho tất cả các đèn đã kết nối trong phạm vi của nó thông qua sóng WiFi;

các đèn chuyển sang chế độ phát mã số định danh (ID) mạng thông qua kênh ánh sáng dùng điều chế máy ảnh (camera)-FSK (viết tắt là C-FSK, là phương pháp điều chế FSK rành riêng cho máy ảnh (camera)), đồng thời, tùy chọn chế độ “bảo mật tuyệt đối” được bật, đèn cũng tự tạo một mã bảo mật ngẫu nhiên (key bảo mật) và truyền kèm theo mã số định danh (ID) mạng của đèn;

ứng dụng (app) tương tác người dùng thông qua máy ảnh (camera) điện thoại thông minh (camera thực tế tăng cường - AR camera) để chọn một đèn (hoặc một nhóm đèn) mà người dùng muốn điều khiển;

ứng dụng (app) chụp ảnh liên tiếp đèn (hoặc nhóm đèn) đã chọn, rồi từ các ảnh chụp thực hiện giải điều chế tín hiệu C-FSK;

ứng dụng (app) truy ra mã số định danh (ID) mạng của các đèn cần điều khiển dựa vào đầu ra của giải điều chế C-FSK, sau đó tạo kết nối ứng dụng (app)-đèn qua sóng WiFi cho điều khiển màu;

ứng dụng (app) cho phép người dùng chọn màu;

ứng dụng (app) qua kênh WiFi gửi lệnh tới các đèn đang trong trạng thái điều khiển màu, lệnh điều khiển cũng phải bao gồm cả key bảo mật nếu tính năng “bảo mật tuyệt đối” đang được sử dụng;

các đèn nhận lệnh điều khiển màu, kiểm tra mã (key) bảo mật nếu đang ở trạng thái “bảo mật tuyệt đối”); và

các đèn được điều khiển sẽ thực hiện điều chế xung PWM cả ba kênh màu R/G/B để cập nhật màu theo yêu cầu của ứng dụng (app).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 thể hiện ngắn gọn các bước trong phương pháp “nhìn-chọn-điều khiển” thực tế tăng cường cho ứng dụng đèn màu.

Hình 2 thể hiện cách thức cài đặt ID-mạng cho các đèn mới trong hệ thống đèn thông minh.

Hình 3 thể hiện cách thức cài đặt độ rộng xung PWM cho điều chế C-FSK.

Hình 4 thể hiện tiến trình nhìn-và-chọn đèn thông qua camera AR sau đó gửi lệnh điều khiển màu/độ sáng đèn.

Hình 5 thể hiện cách thức điều khiển độ rộng xung PWM sử dụng trong điều khiển màu/độ sáng đèn.

Hình 6 thể hiện tiến trình mã hóa C-FSK cải tiến dựa theo IEEE 802.15.7-2018 (phương pháp C-FSK số 1).

Hình 7 thể hiện cách thức điều khiển xung PWM theo từng kênh R/G/B đơn lẻ dùng cho việc điều khiển sự thay đổi màu/độ sáng của đèn, và ảnh hưởng của nó tới tín hiệu cộng bên nhận (camera).

Hình 8 thể hiện tiến trình mã hóa C-FSK sử dụng tần số không đồng bộ asynchronous frequency (phương pháp C-FSK số 2).

Hình 9 thể hiện sự liên hệ giữa mã hóa dữ liệu và điều chế dữ liệu sang tần số ở tiến trình C-FSK phương pháp số 2.

Hình 10 thể hiện cấu trúc chung cho gói dữ liệu WiFi.

Hình 11 thể hiện chi tiết cấu trúc (các thành phần nhỏ) trong gói dữ liệu WiFi.

Hình 12 Ví dụ cụ thể cho cấu trúc gói WiFi ứng với các mã lệnh điều khiển được dùng.

Hình 13 Bảng các PHY PIB attributes dùng cho cấu trúc C-FSK ở cả hai phương pháp C-FSK số 1 và số 2.

Hình 14 Bảng mã hóa chuỗi ký tự trong phương pháp C-FSK số 2 sử dụng ký tự asynchronous symbol (gọi là Asynchronous Encoding rule)

Hình 15 Thuật toán mã hóa tần số trong phương pháp C-FSK số 2 sử dụng tần số asynchronous frequency (Gọi là asynchronous encoding - algorithm 1)

Hình 16 Thuật toán giải mã tần số trong phương pháp C-FSK số 2 (gọi là Asynchronous decoding- algorithm 2)

Hình 17 Bảng tra cứu data-tần số (LUT) cho n tần số ở phương pháp C-FSK số 2.

Hình 18 Các tính năng cho một ứng dụng điều khiển đèn thông minh sử dụng GPKT để xuất.

Hình 19 thể hiện sơ đồ thực hiện quản lý, chọn, và điều khiển đèn dựa vào WiFi

Hình 20 thể hiện sơ đồ thực hiện quản lý, chọn, và điều khiển đèn dựa vào WiFi và OCC

Hình 21 thể hiện sơ đồ thực hiện điều khiển màu dựa trên một danh sách đèn được chọn

Hình 22 mô tả quy trình quản lý APP khách từ App chủ (master-APP)

Hình 23 mô tả chế bộ bảo mật điều khiển tuyệt đối bằng việc kết hợp WiFi và OCC

Mô tả chi tiết sáng chế

Trong sáng chế này, giải pháp kỹ thuật (GPKT) hệ thống điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh sử dụng cơ chế nhìn và chọn qua máy ảnh (camera) thực tế tăng cường bao gồm các bước sau:

- i) các đèn chưa có mã số định danh (ID) mạng, tức là chưa từng kết nối với ứng dụng (app) đồng loạt gửi gói tin phản hồi qua sóng WiFi về điện thoại thông minh;
- ii) ứng dụng (app) tiếp nhận phản hồi từ đèn;
- iii) ứng dụng (app) thống kê có bao nhiêu đèn cần mã số định danh (ID) mạng mới;
- iv) ứng dụng (app) phân bổ mã số định danh (ID) mạng riêng biệt theo số lượng đèn cần mã số định danh (ID) mạng mới; sau khi kết nối với ứng dụng (app) và không nhận được lệnh gì tiếp theo, các đèn chuyển sang chế độ tiết kiệm năng lượng (sleep);
- v) ứng dụng (app) gửi lệnh “đánh thức(wake up)” cho tất cả các đèn trong phạm vi của nó thông qua sóng WiFi;
- vi) các đèn chuyển sang chế độ phát mã số định danh (ID) mạng thông qua kênh ánh sáng dùng điều chế máy ảnh (camera)-FSK (viết tắt là C-FSK, là phương pháp điều chế FSK dành riêng cho máy ảnh (camera)). Đồng thời, tùy chọn chế độ “bảo mật tuyệt đối” được bật, đèn cũng tự tạo một mã bảo mật ngẫu nhiên (key bảo mật) và truyền kèm theo mã số định danh (ID) mạng của đèn;
- vii) ứng dụng (app) tương tác người dùng thông qua máy ảnh (camera) điện thoại thông minh (camera thực tế tăng cường - AR camera) để chọn một đèn (hoặc một nhóm đèn) mà người dùng muốn điều khiển;
- viii) ứng dụng (app) chụp ảnh liên tiếp đèn (hoặc nhóm đèn) đã chọn, rồi từ các ảnh chụp thực hiện giải điều chế tín hiệu C-FSK;
- ix) ứng dụng (app) truy ra mã số định danh (ID) mạng của các đèn cần điều khiển dựa vào đầu ra của giải điều chế C-FSK, sau đó tạo kết nối ứng dụng (app)-đèn qua sóng WiFi cho điều khiển màu;

x) ứng dụng (app) cho phép người dùng chọn màu;

xi) ứng dụng (app) qua kênh WiFi gửi lệnh tới các đèn đang trong trạng thái điều khiển màu. Lệnh điều khiển cũng phải bao gồm cả key bảo mật nếu tính năng “bảo mật tuyệt đối” đang được sử dụng;

xii) các đèn nhận lệnh điều khiển màu, kiểm tra mã (key) bảo mật nếu đang ở trạng thái “bảo mật tuyệt đối”); và

xiii) các đèn được điều khiển sẽ thực hiện điều chế xung PWM cả ba kênh màu R/G/B để cập nhật màu theo yêu cầu của ứng dụng (app).

Đèn được đề cập trong giải pháp này là loại Đèn màu LED RGB có thể thay đổi màu bằng cách điều khiển độc lập kênh màu R/G/B bằng cách hiệu chỉnh độ rộng xung của tính hiệu PWM (440). Tuy nhiên, tần số của PWM tới các kênh màu phải giống nhau. Đèn đơn sắc là một trường hợp con của đèn màu cũng có thể được sử dụng với độ sáng thay đổi được theo cơ chế PWM.

Một màu định nghĩa bởi Ứng dụng (app) (t420) sẽ bao gồm bốn byte tương ứng: Anpha-Đỏ-Xanh lá-Xanh da trời (Alpha-Red-Green-Blue). Điều này có nghĩa là các byte RGB định nghĩa độ pha màu, trong khi an-pha (alpha) định nghĩa mức sáng của màu. Nó cho phép người dùng điều khiển màu dễ dàng với độ phân giải cao. Đối với đèn đơn sắc, Ứng dụng (app) vẫn định nghĩa màu đèn bốn byte nhưng khi gửi tới đèn, đèn sẽ chỉ trích lấy byte An-pha (alpha) để điều khiển độ sáng của nó.

Lệnh điều khiển màu/độ sáng đèn sẽ bao gồm bốn byte màu (bắt buộc) ở phía trước và một/vài byte bảo mật do đèn tạo ra (không bắt buộc) ở phía sau. Một hoặc vài byte bảo mật ở trong lệnh điều khiển màu/độ sáng đèn chỉ được dùng khi người dùng chọn chế độ “*bảo mật tuyệt đối*”.

Theo hình 2, Ứng dụng (app) phát lệnh đánh thức (wakeup) thông qua WiFi từ thiết bị thông minh đến hệ thống đèn (t210). Ứng dụng (app) phát lệnh đánh thức (wakeup) và yêu cầu tất cả các đèn sẵn sàng nhận lệnh điều khiển màu. Tiếp theo đó là quá trình phân bổ Mã số định danh (ID) mạng cho các đèn (t240) theo trình tự các bước ‘ii’ đến ‘v’ của GPKT.

Tuy nhiên, việc phân bổ Mã số định danh (ID) mạng cho các đèn chỉ thực hiện trong trường hợp lần đầu tiên mà đèn được lắp đặt vào mạng lưới của Ứng dụng (app);

có thể là khi thiết lập các Mã số định danh (ID) mạng cho toàn hệ thống từ đầu, hoặc khi thêm một thiết bị chiếu sáng mới vào hệ thống sẵn có và cần bổ sung Mã số định danh (ID) mạng cho thiết bị mới này. Việc cần cấp Mã số định danh (ID) mạng hay không sẽ được các đèn sẽ tự kiểm tra xem chúng đã được cấp Mã số định danh (ID) mạng hay chưa (210); nếu các đèn đã được cấp Mã số định danh (ID) mạng riêng của chúng rồi (trường hợp N của 210) thì các Mã số định danh (ID) mạng này cũng đồng thời được quản lý bởi Ứng dụng (app) cho lần sử dụng tiếp theo. Ngược lại (trường hợp Y của 210), đèn sẽ cần cấp Mã số định danh (ID) mạng.

Các bước tạo và phân bố Mã số định danh (ID) mạng (t240) bao gồm:

i) Sau khi nhận lệnh đánh thức (wakeup), các đèn chưa có Mã số định danh (ID) mạng (trường hợp Y của 210) đồng loạt gửi gói tin phản hồi qua WiFi về Ứng dụng (app) (t220);

Gói tin (t220) bao gồm Mã số định danh (ID) vật lý của đèn, mỗi đèn sẽ chỉ có một Mã số định danh (ID) vật lý do nhà sản xuất định nghĩa (cần phân biệt Mã số định danh (ID) vật lý khác với ID-mạng). Việc gửi lệnh phải tuân theo giải pháp chống xung đột (collision avoidance - 220).

ii) Ứng dụng (app) lắng nghe các gói phản hồi và đếm số lượng đèn cần Mã số định danh (ID) mạng mới (230);

Dựa theo số lượng Mã số định danh (ID) mạng mới cần phân bổ, Ứng dụng (app) sẽ tự động phân bổ Mã số định danh (ID) mạng (240) và gửi Mã số định danh (ID) mạng đến từng đèn đã yêu cầu cấp (t230). Mã số định danh (ID) mạng sẽ đảm bảo ngắn nhất có thể (mặc định 1 byte) để giảm tải nội dung bản tin nhưng vẫn giúp phân biệt được các đèn. Độ dài của Mã số định danh (ID) mạng cũng được định nghĩa trong trường thông tin của cấu trúc bản tin WiFi (hình 10 và 11) để đảm bảo có thể tăng thêm độ dài khi số lượng đèn tăng lên.

Tại bước ‘vi’ của GPKT, điều chế C-FSK (340) là một phương pháp FSK đặc biệt được dùng để truyền dữ liệu từ đèn tới camera thông qua ánh sáng (t320). Cần lưu ý rằng, C-FSK (từ viết tắt của Camera-FSK) khác với điều chế FSK thông thường bởi vì phần lớn camera có tốc độ chụp ảnh thấp và có thể biến động theo thời gian.

Ở Hình 3, để tránh thay đổi trạng thái (độ sáng/màu) của đèn khi người dùng chưa yêu cầu nhưng vẫn đảm bảo rằng đèn phải được bật và nháy phát Mã số định danh

(ID) mạng để camera có thể bắt Mã số định danh (ID) mạng cho chế độ điều khiển AR nhìn-và-chọn tiếp theo, cho nên sẽ có hai trường hợp xảy ra tùy theo trạng thái hiện tại của đèn (330).

- Trường hợp 1 – Đèn đang OFF (tắt), và ỨNG DỤNG (APP) muốn điều khiển màu/độ sáng của nó. Trong trường hợp này, đèn khi được “đánh thức (wakeup)” sẽ tự động bật chế độ sáng thấp nhất (độ rộng xung duty cycle nhỏ nhất bằng cho tất cả 3 kênh RGB) để có thể nháy C-FSK. Sau đó thì Ứng dụng (app) sẽ chụp ảnh và điều chế được Mã số định danh (ID) mạng để tùy ý đổi màu.
- Trường hợp 2 – Đèn đang ON (sáng) và Ứng dụng (app) muốn điều khiển màu/độ sáng của nó. Trường hợp này thì điều chế C-FSK chỉ cần tuân theo mức sáng hiện tại.

Có hai phương pháp điều chế C-FSK được đề xuất: phương pháp C-FSK số 1 và số 2, được minh họa tương ứng ở hình 6 và hình 8. Cả hai phương pháp này đều hỗ trợ camera có tốc độ chụp ảnh thay đổi.

Ở hình 6, tiến trình mã hóa C-FSK số 1 bao gồm các bước: chèn Ab bit (610), mã hóa theo mã sửa lỗi FEC (620), chia nhỏ chuỗi bit thành các symbols S/P (630), chuyển thể symbol sang tần số (640), chèn tần số mở đầu khung tin preamble (650), điều chỉnh độ dài tần số theo clock rate (660), và PWM dimming (670).

Trong suốt tiến trình mã hóa C-FSK số 1, các tham số PHY PIB attributes sẽ đóng vai trò cài đặt cho tầng vật lý của thiết bị điều chế/đèn (680). Giá trị color-ID truyền từ ỨNG DỤNG (APP) (690) sẽ quy định màu/độ sáng cho đèn nhờ điều khiển độ rộng xung trong bước PWM dimming (670).

Ở hình 8, tiến trình mã hóa C-FSK số 2 (kèm ghi chú thay đổi so với phương pháp 1) được mô tả, bao gồm: bỏ qua quá trình chèn Ab bit (810), đồng thời thay thế quá trình điều chế C-FSK cũ (640) ở Hình 6 bằng hai bước mã hóa và điều chế C-FSK mới, lần lượt là Asynchronous encoder (840), (910) và asynchronous n-FSK modulating (app)ing (850), (920). Thuật toán thực hiện hai bước này lần lượt được mô tả ở hình 15 và hình 17. Ngoài ra, các tham số PHY PIB attributes (680) cũng sẽ đóng

vai trò cài đặt cho tăng vật lý của thiết bị điều chế/đèn giống như phương pháp C-FSK số 1.

Trong bước ‘vii’ đến ‘xi’ của GPKT, Ứng dụng (app) mở giao diện tương tác thực tế tăng cường AR để người dùng chạm màn hình điện thoại để chọn một (hoặc vài) đèn cụ thể (410). Tiếp theo đó, Ứng dụng (app) sẽ giải mã ảnh chụp và giải điều chế tín hiệu C-FSK (411) để chuyển đổi sang Mã số định danh (ID) mạng nhằm tạo kết nối WiFi giữa Ứng dụng (app) và đèn (hoặc nhóm đèn) mà người dùng đã chọn qua AR. Mỗi một ảnh camera chụp sẽ chỉ giải mã được một tần số FSK, do đó mà hiệu quả truyền dữ liệu tối ưu về mặt tỉ số năng lượng tín hiệu trên nhiễu (Signal-to-noise Ratio – SNR) và cho phép truyền dữ liệu xa. Cuối cùng, sau khi đã kết nối Ứng dụng (app) với đèn được chọn, người dùng có thể chọn màu tùy ý (430) cho đèn và lệnh điều khiển màu đèn (t420) sẽ được phát đi.

Trong bước ‘viii’ giải điều chế C-FSK (411), điều kiện để camera có thể nhận được tín hiệu tần số phát là có khoảng cách đủ gần so với đèn. Thực nghiệm cho thấy tại khoảng cách xa tới 15 mét so với đèn, camera vẫn nhận và giải mã tín hiệu C-FSK thành công. Tuy nhiên, khoảng cách tối đa cũng phụ thuộc (tỉ lệ thuận) vào độ rộng giữa các tần số. Hình 7 minh họa một tín hiệu cộng từ ba kênh màu R/G/B được dùng cho việc giải mã C-FSK.

Trong bước ‘xiii’ của GPKT, việc tương thích giữa phương pháp điều chế ánh sáng C-FSK và phương pháp điều khiển màu đèn qua các xung PWM (hình 5) được đảm bảo trong GPKT của chúng tôi. Điều này quan trọng bởi vì, việc điều khiển tần số của xung PWM là do phương pháp điều chế C-FSK quy định; trong khi việc tùy chỉnh độ rộng xung PWM là do người dùng điều khiển thông qua việc chọn màu và độ sáng.

Cuối cùng, hình 18 mô tả các tính năng của một ứng dụng điều khiển đèn thông minh sử dụng GPKT đề xuất. Các tính năng bao gồm: Chọn đèn để điều khiển qua WiFi, điều khiển độ sáng/màu đèn, cài đặt giờ để thực hiện lệnh điều khiển; và đặc biệt tính năng Chọn đèn để điều khiển qua AR-camera.

Hình 19 thể hiện quy trình thực hiện của hệ thống điều khiển đèn dựa vào kết nối WiFi. Trình tự các bước bao gồm:

- Đầu tiên, Ứng dụng (app) cho phép người dùng “*quản lý kết nối WiFi*” của các thiết bị (đèn) đã kết nối với Ứng dụng (app).
 - Khi người dùng chọn tính năng quản lý kết nối WiFi, Ứng dụng (app) sẽ phát lệnh đánh thức (wakeup) cho toàn bộ các đèn đã kết nối
 - Các đèn nhận được lệnh thì sẽ chuyển từ chế độ “sleep” tiết kiệm năng lượng sang chế độ thức chờ lệnh điều khiển tiếp theo.
- Tiếp theo, người dùng có thể thêm thiết bị (đèn) kết nối với Ứng dụng (app) để dùng.
 - Người dùng cần cấp nguồn cho đèn mới này. Khi đó, đèn sẽ sáng khoảng 10% để báo cho người dùng biết là đèn mới đang hoạt động.
 - Người dùng bật Ứng dụng (app) và chọn tính năng “*thêm thiết bị*”.
 - Khi người dùng chọn “*thêm thiết bị*”, Ứng dụng (app) sẽ dò WiFi để tìm thiết bị mới cần kết nối.
 - Đèn mới sẽ chấp nhận yêu cầu kết nối của Ứng dụng (app), và Ứng dụng (app) cần nhập mã ID -vật lý của đèn để có thể kết nối thành công. Đây là bước bảo mật cho kết nối.
 - Sau khi kết nối thành công, danh sách kết nối sẽ được cập nhật bởi Ứng dụng (app).
- Cuối cùng, người dùng có thể chọn thiết bị cần điều khiển thông qua WiFi.
 - Khi người dùng chọn tính năng “*chọn điều khiển qua WiFi*”, Ứng dụng (app) sẽ mở danh sách các đèn kết nối
 - Người dùng tùy ý chọn thiết bị (hoặc nhóm thiết bị) để điều khiển
 - Danh sách chọn sẽ được cập nhật khi người dùng kết thúc chọn. Hoàn tất quy trình quản lý và chọn đèn cần điều khiển.

Hình 20 thể hiện quy trình thực hiện của hệ thống điều khiển đèn dựa vào kết nối WiFi và OCC (dùng camera). Trình tự các bước bao gồm:

- Giống với hình 19, Ứng dụng (app) cũng cho phép người dùng “*quản lý kết nối WiFi*” của các thiết bị (đèn) đã kết nối với Ứng dụng (app). Tiếp theo, người dùng có thể thêm thiết bị (đèn) kết nối với Ứng dụng (app) để dùng.
- Cuối cùng, người dùng có thể chọn thiết bị cần điều khiển thông qua OCC thay vì WiFi để trải nghiệm tính năng thực tế tăng cường qua camera.
 - Khi người dùng chọn tính năng “*chọn điều khiển qua OCC*”, Ứng dụng (app) sẽ yêu cầu các đèn chuyển sang chế độ nhảy FSK để phát ID-mạng. Sau đó, camera được bật để trải nghiệm tính năng thực tế tăng cường qua camera.
 - Các đèn sẽ nhảy FSK theo yêu cầu của Ứng dụng (app)
 - Dựa vào tương tác chạm của người dùng, camera sẽ xử lý ảnh vùng được chạm để giải mã tín hiệu FSK và chọn đèn theo lựa chọn của người dùng. Việc chọn một đèn tiếp theo sẽ được thực hiện tuần tự, sau khi mã Mã số định danh (ID) mạng của đèn thứ nhất được giải mã thiết bị được thêm vào danh sách chọn.
 - Danh sách chọn sẽ được cập nhật khi người dùng kết thúc chọn. Hoàn tất quy trình quản lý và chọn đèn cần điều khiển.

Hình 21 thể hiện quy trình thực hiện của hệ thống điều khiển màu/độ sáng đèn khi danh sách đèn đã được chọn xong. Ứng dụng (app) sẽ có các tính năng điều khiển, bao gồm: chọn màu đèn/độ sáng đèn, chọn các chế độ điều khiển mặc định, và hẹn giờ đèn. Lệnh màu sẽ được gửi từ Ứng dụng (app) và đèn sẽ thực hiện chuyển trạng thái theo yêu cầu.

Điều kiện thực hiện:

Điều kiện chung:

Đèn được đề cập trong giải pháp này là loại đèn màu LED RGB có thể thay đổi màu bằng cách điều khiển độc lập kênh màu R/G/B bằng cách hiệu chỉnh độ rộng xung của tín hiệu PWM.

Thiết bị di động thông minh có camera được dùng để có thể trải nghiệm điều khiển đèn thực tế tăng cường AR qua Ứng dụng (app). Tuy nhiên, các camera khác (như webcam, CCTV camera) đều có thể được dùng nếu có Ứng dụng (app) được cài đặt cho việc giải điều chế tín hiệu, kết nối và điều khiển đèn. Các camera phải có điều kiện là (i) cơ chế màn trập kiểu rolling shutter, và (ii) tốc độ chụp ảnh tối thiểu (có thể thay đổi theo thời gian vẫn dùng được) phải lớn hơn hoặc bằng 2 lần tốc độ phát xung tần số C-FSK (ví dụ, nếu C-FSK dùng 5Hz tức là cứ 1 giây có 5 tần số C-FSK được phát ra, thì camera cần tốc độ chụp tối thiểu 10 fps).

Theo hình 10, hình 11, hình 12, cấu trúc gói dữ liệu WiFi nhằm phục vụ cho nhiều lệnh tương tác khác nhau giữa Ứng dụng (app) và đèn. Cấu trúc này nằm ở tầng ứng dụng. Tức là toàn bộ các thành phần của cấu trúc đều là phần payload truyền từ ứng dụng xuống tầng MAC và tầng PHY của WiFi.

Vấn đề bảo mật Ứng dụng (app) điều khiển thông qua WiFi:

Khi Ứng dụng (app) lần đầu thiết lập thông số cho hệ thống chiếu sáng, Ứng dụng (app) sẽ hiện thông báo cho Ứng dụng (app) chủ xác thực quyền admin. Một cách thông thường là người dùng có thể nhập mã PIN sản phẩm trên bao bì để xác thực tính chủ sở hữu. Mỗi một đèn sẽ cần phải có một mã PIN sản phẩm riêng, có thể gọi là ID vật lý.

Một Ứng dụng (app) có mã PIN sản phẩm gọi là Ứng dụng (app) chủ (host Ứng dụng (app)). Có thể có vài host Ứng dụng (app) nếu người dùng cho mã PIN. Host Ứng dụng (app) sẽ có tính năng chia sẻ điều khiển đèn cho Ứng dụng (app) khách (guest Ứng dụng (app)) bằng cách ấn nút Share control. Các lệnh xác thực là hoàn toàn nhờ giao tiếp WiFi.

Hình 22 mô tả quy trình giao tiếp giữa Ứng dụng (app) chủ và Ứng dụng (app) khách để cho phép Ứng dụng (app) khách điều khiển đèn. Quy trình như sau:

- Ứng dụng (app) khách gửi lệnh “xin mã điều khiển” tới Ứng dụng (app) chủ
- Ứng dụng (app) chủ xác nhận và gửi mã điều khiển cục bộ. Đồng thời cập nhật danh sách Ứng dụng (app)-khách để quản lý
- Ứng dụng (app) khách Giao tiếp với Ứng dụng (app) chủ để lấy mã điều khiển
- Ứng dụng (app) chủ giao tiếp với đèn để cập nhật danh sách quyền truy cập của các ứng dụng cho đèn.
- Ứng dụng (app) khách nhập mã điều khiển được cấp để có thể giao tiếp với đèn.

Vấn đề bảo mật gói tin WiFi:

Ngoài tầng bảo mật thông qua quản lý truyền truy cập Ứng dụng (app) nêu trên, để tăng cường bảo mật kết nối điều khiển thông qua WiFi, các gói tin trao đổi giữa Ứng dụng (app) và đèn có thể được mã hóa bảo mật bằng một phương pháp Encryption riêng. Mã hóa gói tin WiFi là để tránh bên ngoài truy cập và điều khiển hệ thống chiếu sáng. Tuy nhiên thì bất cứ phương pháp Encryption nào cũng đều không phải là bảo mật tuyệt đối nếu hacker có thể bắt được tín hiệu WiFi và dò ra phương pháp bảo mật.

Chế độ “bảo mật tuyệt đối”

Một ưu điểm vô cùng quan trọng của phương pháp truyền dữ liệu ánh sáng là bản chất phản xạ hoặc bị hấp thụ của ánh sáng. Không giống tín hiệu WiFi, ánh sáng không thể truyền xuyên qua tường; và do đó, hacker nếu không ngồi trong phòng của bạn thì không thể nào mà nhận được bất cứ tín hiệu ánh sáng nào phát ra từ đèn trong căn phòng đó.

Chế độ bảo mật tuyệt đối sẽ có hai tầng bảo mật Encryption (chưa kể tầng bảo mật ứng dụng (app) điều khiển) cụ thể như sau:

- Bảo mật tầng 1: Mã hóa bảo mật đối với các gói tin WiFi (đã mô tả ở trên)

- Bảo mật tầng 2: Khi Ứng dụng (app) muốn điều khiển màu/độ sáng đèn, mỗi đèn sẽ tự tạo ra một *key mã hóa* ngẫu nhiên riêng cho nó. Và key mã hóa này sẽ được đèn truyền kèm theo Mã số định danh (ID) mạng của nó thông qua kênh ánh sáng (điều chế C-FSK) tới Ứng dụng (app).

Chế độ bảo mật tuyệt đối có tác dụng thực tế như sau:

- Bảo mật tuyệt đối chống hacker (ví dụ anh hàng xóm cho dù có biết pass WiFi và quyền truy cập Ứng dụng (app) nhà bạn thì cũng không thể điều khiển đèn của bạn)
- Quyền riêng tư người dùng: Ví dụ tất cả các thành viên trong nhà đều có Ứng dụng (app) và có quyền điều khiển đèn trong phòng bạn. Tuy nhiên, khi bạn đi ngủ, bạn không muốn có người “lỡ” tay bật đèn trong phòng bạn lên và đánh thức bạn. Do đó bạn bật chế độ “bảo mật tuyệt đối” khi ngủ. Chỉ có người trong phòng bạn mới có thể điều khiển được chiếc đèn đó cho tới khi bạn tắt tính năng đó đi (lúc ra ngoài).

Hình 23 mô tả quy trình thực hiện chế độ “bảo mật tuyệt đối” bao gồm các bước:

- Người dùng bật chế độ “bảo mật tuyệt đối” cho đèn (2301)
- Ứng dụng (app) phát lệnh chuyển chế độ “bảo mật tuyệt đối” tới đèn (t2301)
- Đèn nhận lệnh, tự tạo một “key bảo mật” ngẫu nhiên cho nó (2302)
- Khi Ứng dụng (app) muốn điều khiển đèn thông qua camera-AR, Ứng dụng (app) gửi lệnh yêu cầu đèn nháy C-FSK (t310)
- Đèn điều chế C-FSK. Nhưng do đang ở chế độ “bảo mật tuyệt đối” nên đèn sẽ điều chế cả “key bảo mật” kèm theo mã Mã số định danh (ID) mạng của nó. (340)
- Đèn phát bản tin qua kênh ánh sáng (t320)
- Các bước giải điều chế của Ứng dụng (app) giống như thông thường. Tuy nhiên cần tách lấy thông tin “key bảo mật” do đang ở chế độ này.
- Ứng dụng (app) phát lệnh yêu cầu thay đổi màu/độ sáng của đèn. Lệnh phải kèm theo “key bảo mật” (t2302).

- Cuối cùng, đèn nhận lệnh đổi màu/độ sáng sẽ cần kiểm tra “key bảo mật” có trùng khớp với giá trị của nó. Nếu khớp thì thực hiện lệnh (2303).
- Người dùng tắt chế độ “bảo mật tuyệt đối” khi không cần thiết.
-

Phương pháp theo bước ‘ii’ và ‘iii’ của GPKT, còn bao gồm phương pháp theo các bước sau:

- Mỗi đèn sẽ tự tính một giá trị thời gian ngẫu nhiên để trễ việc gửi gói phản hồi tới Ứng dụng (app). Nếu không thành công, thì lần gửi sau sẽ trễ một khoảng thời gian độc lập với lần trước (Thuật toán Collision avoidance);
- Ứng dụng (app) lặp lại quá trình gửi lệnh Đánh thức (wake up). Sau đó lại lắng nghe số lệnh phải hồi. Tất nhiên, chỉ có những đèn mà sau bước một vẫn không thành công thì mới gửi tiếp phản hồi, do đó mà vấn đề sẽ được giải quyết từ từ.

Vấn đề hỗ trợ camera có tốc độ chụp ảnh thay đổi:

Thông thường với một hệ thống vô tuyến, tốc độ lấy mẫu ở bên thu phải gấp một số nguyên lần (tối thiểu 2 lần) tốc độ phát xung ở bên phát. Tốc độ lấy mẫu cũng luôn là một số cố định để tiện cho quá trình giảm mẫu.

Tuy nhiên, các camera trên thị trường (bao gồm cả camera điện thoại, CCTV camera, vv.) đều không có một giá trị chung nào cho tốc độ chụp ảnh. Mọi người lầm tưởng các camera có tốc độ chụp là chính xác 30 ảnh một giây, nhưng tại chuẩn IEEE 802.15.7-2018, ban hội đồng của chuẩn đều thống nhất là camera không thỏa mãn tốc độ chính xác 30 ảnh/giây như vậy.

Thực tế, camera có thể có tốc độ chụp ổn định, tuy không chính xác nhưng vào khoảng xấp xỉ 30 ảnh/giây (ví dụ, 29.7 ảnh/giây). Nhưng khi các camera xử lý ảnh, chúng đều giảm tốc độ chụp ảnh tùy theo hệ thống. Ví dụ, hệ điều hành Android thì tốc độ xử lý ảnh có thể đạt trên 20 ảnh/giây, tùy theo độ phức tạp của việc xử lý ảnh. Tất cả các vấn đề về tốc độ chụp ảnh nói trên, bao gồm (i) tốc độ chụp ổn định nhưng không chính xác bằng một số nguyên lần so với tốc độ phát xung ở bên phát và (ii) tốc độ chụp giảm/giao động trong quá trình xử lý ảnh để giải mã tín hiệu, đều được coi là camera

có tốc độ chụp ảnh thay đổi. Tóm lại, tất cả các camera nào mà có tốc độ chụp ảnh lớn hơn hoặc bằng 2 lần tốc độ phát xung (chính là tần số lấy mẫu Nyquist) thì đều giải mã được tín hiệu.

Việc thiết lập một phương pháp để hỗ trợ giải điều chế tín hiệu cho các camera loại này là vô cùng quan trọng, bởi vì tốc độ chụp ảnh của camera trên thị trường thì không tuân theo một giá trị chuẩn nào. Đây là điểm hoàn toàn mới của hệ thống đề xuất so với các hệ thống viễn thông khác.

Phương pháp mã hóa C-FSK để truyền ID đèn (hoặc ID và key bảo mật của đèn) qua kênh ánh sáng:

- Dạng sóng FSK được chọn làm phương pháp mã hóa bởi vì chỉ có sóng FSK có thể tương thích với việc điều khiển xung PWM một cách tùy ý nhằm mục đích thay đổi màu/độ sáng của đèn. Thực nghiệm nghiên cứu cho thấy, các phương pháp điều chế khác (vd. On-Off-Keying) thì phải dùng tới điều chế biên độ để thay đổi màu/độ sáng đèn; điều này làm giảm hiệu năng truyền, tăng tỉ lệ lỗi kênh truyền.
- Phương pháp dựa trên sóng FSK chúng tôi đề xuất cho truyền ID tới camera gọi là Camera-FSK (C-FSK).
- Nhằm hỗ trợ camera có tốc độ chụp ảnh thay đổi, chúng tôi đề xuất một giải pháp mã hóa đặc biệt dựa trên FSK. Mục đích chung của giải pháp là làm sao cho hai xung tín hiệu cạnh nhau không giống nhau. Ngược lại, khi hai xung cạnh nhau mà giống nhau thì việc giảm mẫu của camera tốc độ chụp thay đổi sẽ bị lỗi.

Chi tiết hai phương pháp mã hóa C-FSK:

Phương pháp theo bước ‘vi’, còn bao gồm phương pháp mã hóa C-FSK số 1 hoặc phương pháp mã hóa C-FSK số 2.

Hình 6 đưa ra tiến trình cấu hình và cải tiến của chuẩn IEEE cho việc mã hóa sóng FSK (gọi là phương pháp C-FSK số 1), từ đầu vào là chuỗi bit dữ liệu Mã số định danh (ID) mạng cho tới thay đổi độ rộng xung PWM tới đèn.

Phương pháp mã hóa C-FSK số 1 này của chúng tôi tuân theo chuẩn quốc tế IEEE 802.15.7-2018, tuy nhiên thì hoàn toàn không sử dụng giá trị mặc định của chuẩn

mà tối ưu hóa chúng trong sự cho phép của chuẩn. Chuẩn này cho phép tùy ý cấu hình các giá trị ví dụ như số lượng tần số, khoảng cách tần số cho C-FSK, ... dựa trên việc cấu hình giá trị thuộc tính PHY PIB attributes tại khối 680 (Hình 6 và 8). Các biến giá trị này phải thống nhất trong cả Ứng dụng (app) và đèn.

Theo hình 13, liệt kê các PHY PIB attributes cùng với giá trị mặc định theo chuẩn (bao gồm số lượng tần số n dùng cho mã hóa n-FSK, khoảng cách tần số, giá trị preamble, vv). Thực tế là các giá trị này được đề xuất bởi chúng tôi [4] và sau đó bản mô tả chi tiết cách sử dụng các PHY PIB attributes được khởi tạo bởi chúng tôi và chấp nhận bởi chuẩn IEEE 802.15.7-2018 [5]. Các thành viên khác trong chuẩn dựa trên bản mô tả đầy đủ ở [5] mà phát triển cho phương pháp điều chế của họ. Mặc dù vậy, phương pháp này không sử dụng các giá trị cài đặt mặc định đó mà sẽ cải tiến để tăng hiệu quả cho hệ thống.

Do các camera khác nhau có tần số lấy mẫu khác nhau, nên ở bên camera thu, chúng tôi đề xuất dùng giá trị preamble để ước lượng bảng tần số mã hóa cho các camera khác nhau. Tần số preamble là một tần số nằm ngoài bảng giá trị tần số cho mã hóa dữ liệu nhằm phân biệt phần mở đầu khung tin. So với phương pháp CM-FSK trong chuẩn IEEE 802.15.7-2018 mà tần số preamble được chọn là giá trị tần số nhỏ nhất; tuy nhiên chúng tôi đề xuất chọn tần số lớn nhất cho preamble ở đây ($\text{preamble} = f_{\max} + d_f$ theo Hình 13, với $f_{\max}$ là giá trị tần số lớn nhất trong bảng mã hóa; còn d_f là khoảng cách tần số). Thay đổi này là dựa vào thực nghiệm nghiên cứu, bởi kết quả cho thấy việc đổi sang chọn tần số lớn nhất cho preamble sẽ làm tăng tính chính xác cho việc ước lượng bảng tần số mã hóa cho các camera khác nhau theo một hệ quy chiếu tuyến tính.

Băng thông được phép dùng cho điều chế sóng FSK là từ 200 Hz đến 10 kHz tương ứng với giá trị tần số mà mắt không nhìn thấy được và giá trị ngưỡng trên của các camera trên thị trường có thể nhận biết. Tuy nhiên dựa trên kinh nghiệm và thực nghiệm, chúng tôi khuyến nghị nên dùng dải tần số từ 1 kHz đến không quá 10 kHz. Tần số ngưỡng dưới 1 kHz sẽ đảm bảo chất lượng ánh sáng và màu ổn định khi phát C-FSK, trong khi ngưỡng trên 10 kHz đảm bảo chất lượng giải điều chế C-FSK cho đại đa số các camera hơn.

Phương pháp theo bước ‘vi’, còn bao gồm phương pháp mã hóa C-FSK số 2, bao gồm các bước:

i) Mã hóa chuỗi các data symbol sử dụng asynchronous symbol (Gọi là Asynchronous encoding) (910);

Mục đích của thuật toán mã hóa không đồng bộ (Asynchronous encoding) là tạo sự khác nhau cho hai ký tự cạnh nhau bất kỳ. Đối với n-FSK sử dụng n tần số mã hóa (chưa tính thêm một tần số preamble), để thực hiện mã hóa, thì một data symbol d_k được phép xảy ra (n-1) khả năng, từ b_1 cho tới $b_{(n-1)}$;

Hình 14 mô tả các trường hợp cho bước mã hóa này. Để mã hóa một data symbol, thì chúng ta sẽ cần lấy thông tin của hai data symbol liền kề phía trước nó (d_{k-2} và d_{k-1});

- quy tắc 1: Giữ nguyên giá trị của data hiện tại nếu data trước đó là không giống với data hiện tại. Theo đó, đầu ra sẽ cho hai data symbol khác nhau, tương ứng với hai tần số khác nhau được phát đi. Do vậy mà bên thu có thể thực hiện giảm mẫu;
- quy tắc 2: Gán giá trị data symbol b_n cho đầu ra nếu data hiện tại nếu data trước đó là giống nhau và khác data trước của data trước đó. Theo đó, đầu ra b_n sẽ được mã hóa thành tần số f_n khác hoàn toàn với các tần số khác trước đó. Do vậy mà bên thu có thể thực hiện giảm mẫu;
- quy tắc 3: Giữ nguyên giá trị của data hiện tại nếu ba data liền kề (hiện tại và hai cái trước đó) là giống nhau. Đầu ra cho bộ ba data symbols = $(b_{i-2} \ b_{i-1} \ b_i)$ sẽ là $(b_{i-2} \ b_{i-1} \ b_i)$, tương ứng với bộ ba tần số frequency symbols = $(f_{i-2} \ f_{i-1} \ f_i)$. Theo đó, vẫn đảm bảo hai symbol bất kỳ cạnh nhau là khác nhau;

Theo hình 15, cả ba quy tắc mã hóa trên được thực hiện bằng một thuật toán mã hóa Asynchronous Encoding đơn giản (gọi là Thuật toán 1);

Hình 16 mô tả thuật toán giải mã (gọi là Thuật toán 2; giải mã ngược lại so với thuật toán 1) mà bên thu giải mã sóng FSK theo phương pháp C-FSK số 2;

ii) Chuyển từ data sang tần số với việc sử dụng tần số asynchronous frequency (920);

bước này sẽ chuyển một data symbol sang một tần số tương ứng theo dạng bảng tra cứu LUT. Hình 17 mô tả bảng tra cứu từ data symbol sang một tần số tương ứng. Có n tần số được dùng trong n -FSK, và $n-1$ tần số đầu tiên sẽ được ứng với các trường hợp của data symbol. Tần số cao nhất mà sẽ được dùng cho symbol đặc biệt b_n (asynchronous symbol), được gọi là tần số asynchronous frequency (tần số AF, ký hiệu f_{AF}).

Có thể chọn bất kỳ một tần số trong số n tần số để làm tần số AF, nhưng hai bên phát và thu phải thống nhất với nhau. Trong bảng LUT thì tần số cao nhất được chọn để tiện theo dõi.

Ngoài hai bước khác biệt trên của phương pháp C-FSK số 2, thì các bước còn lại của C-FSK số 1 (bao gồm chọn băng thông, preamble, khoảng cách tần số để tối ưu hiệu suất truyền dữ liệu) đều được sử dụng tương tự cho phương pháp C-FSK số 2. Chính vì vậy, cả hai phương pháp C-FSK đề xuất đều dùng những biến PHY PIB attributes để cấu hình cho tầng vật lý của hệ thống truyền nhận dữ liệu. Chi tiết các PHY PIB attributes được dùng xem thêm ở hình 6 và hình 8.

Phương pháp thay đổi màu/độ sáng đèn

Theo hình 1, đèn có khả năng thay đổi độ sáng hoặc màu của đèn thông qua điều khiển độ rộng xung PWM sử dụng Ứng dụng (app) bằng phương pháp thay đổi màu hoặc độ sáng hoặc cả hai bằng điều khiển xung PWM trong PWM dimming (670).

Theo hình 5, màu và độ sáng của đèn được tạo nên từ ba kênh R/G/B với một tỉ lệ thích hợp. Độ sáng của từng kênh màu được điều khiển độc lập nhờ độ rộng xung PWM tương ứng.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Sáng chế đề cập đến phương pháp, hệ thống điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh sử dụng cơ chế nhìn và chọn qua camera thực tế tăng cường, dựa trên công nghệ truyền thông ánh sáng không dây và thực tế tăng cường nhằm mục đích đem lại tiện lợi cho người dùng khi điều khiển màu của đèn trong hệ thống đèn chiếu sáng. Người dùng không cần ghi nhớ thông tin về đèn chiếu sáng cần tương tác trên giao diện Ứng dụng (app) điều khiển mà chỉ cần tương tác trực tiếp “nhìn-và-chọn” với đèn đó thông qua

môi trường thực tế tăng cường trên Ứng dụng (app) (ứng dụng) để điều khiển một cách tiện lợi.

Sáng chế cũng đề cập chi tiết tới các phương pháp thực hiện; bao gồm cấu trúc gói dữ liệu WiFi nhằm trao đổi lệnh điều khiển giữa Ứng dụng (app) và các đèn, quy tắc bảo mật Ứng dụng (app) trong điều khiển, phương pháp “bảo mật tuyệt đối”, và tính tương thích giữa điều chế ánh sáng và thay đổi màu/độ sáng của đèn, vv. Đặc biệt, cả hai phương pháp điều chế ánh sáng C-FSK được đề xuất có hiệu quả vô cùng lớn trong việc hỗ trợ rộng rãi các camera có trên thị trường nhờ khả năng hỗ trợ camera có tốc độ chụp ảnh thay đổi. Các thông số cài đặt cho cả hai phương pháp C-FSK cũng được chọn lựa dựa trên thực nghiệm và nghiên cứu nhằm tối ưu tốc độ và hiệu năng truyền nhận.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh (đèn) sử dụng cơ chế nhìn và chọn qua camera thực tế tăng cường trên thiết bị di động thông minh, dựa trên công nghệ truyền thông ánh sáng không dây và thực tế tăng cường bao gồm các bước sau:

tiếp nhận gói tin phản hồi từ các đèn mà chưa có mã số định danh (ID) mạng;

thống kê có bao nhiêu đèn cần mã số định danh (ID) mạng mới;

phân bổ mã số định danh (ID) mạng riêng biệt theo số lượng đèn cần mã số định danh (ID) mạng mới;

đèn chuyển sang chế độ tiết kiệm năng lượng (sleep) nếu không có lệnh điều khiển đèn từ thiết bị di động thông minh;

gửi lệnh “đánh thức(wake up)” cho tất cả các đèn đã kết nối trong phạm vi của nó thông qua sóng WiFi để các đèn sẵn sàng nhận lệnh tiếp theo;

gửi lệnh yêu cầu các đèn chuyển sang chế độ phát mã số định danh (ID) mạng thông qua kênh ánh sáng dùng điều chế máy ảnh (camera)-FSK (viết tắt là C-FSK, là phương pháp điều chế FSK dành riêng cho máy ảnh (camera)); các đèn chuyển sang chế độ phát mã số định danh (ID) thông qua điều chế C-FSK, đồng thời, tùy chọn chế độ “bảo mật tuyệt đối” được bật, đèn cũng tự tạo một mã bảo mật ngẫu nhiên (key bảo mật) và truyền kèm theo mã số định danh (ID) mạng của đèn;

chọn một đèn (hoặc một nhóm đèn) mà người dùng muốn điều khiển thông qua tương tác người dùng từ màn hình điện thoại thông minh, và thông qua máy ảnh (camera) điện thoại thông minh (camera thực tế tăng cường - AR camera) ;

chụp ảnh liên tiếp đèn (hoặc nhóm đèn) đã chọn, rồi từ các ảnh chụp thực hiện giải điều chế tín hiệu C-FSK;

truy ra mã số định danh (ID) mạng của các đèn cần điều khiển dựa vào đầu ra của giải điều chế C-FSK, sau đó tạo kết nối giữa thiết bị di động thông minh và đèn qua sóng WiFi cho điều khiển màu;

thực hiện chọn màu và độ sáng đèn;

gửi lệnh tới các đèn đang trong trạng thái điều khiển màu qua kênh WiFi, lệnh điều khiển cũng phải bao gồm cả key bảo mật nếu tính năng “bảo mật tuyệt đối” đang được sử dụng;

thực hiện điều khiển màu/độ sáng của các đèn, kiểm tra mã (key) bảo mật nếu đang ở trạng thái “bảo mật tuyệt đối”;

trong đó, các đèn được điều khiển sẽ thực hiện điều chế xung PWM cả ba kênh màu R/G/B để cập nhật màu theo yêu cầu của ứng dụng (app);

trong đó, phương pháp điều chế C-FSK truyền dữ liệu ánh sáng tới camera nhằm hỗ trợ các camera có tốc độ chụp ảnh thay đổi, làm cho hai xung tín hiệu cạnh nhau không giống nhau còn được thực hiện bằng cách kết hợp hai thuật toán: (1) mã hóa chuỗi dữ liệu (Asynchronous Encoding) với việc sử dụng một ký tự không đồng bộ (asynchronous symbol) và (2) mã hóa tần số với việc sử dụng một tần số không đồng bộ (asynchronous frequency, f_{AF}) (Gọi là phương pháp C-FSK số 2).

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó còn bao gồm thuật toán tránh xung đột gói tin (tên tiếng anh: collision avoidance) khi một ứng dụng (app) điều khiển nhiều đèn cùng lúc theo các bước sau:

mỗi đèn sẽ tự tính một giá trị thời gian ngẫu nhiên để trễ việc gửi gói phản hồi tới ứng dụng (app), nếu không thành công, thì lần gửi sau sẽ trễ một khoảng thời gian độc lập với lần trước;

ứng dụng lắng nghe cho tới khi tìm thấy đèn cần thêm ID.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp điều chế C-FSK sử dụng các thông số kỹ thuật sau:

băng thông từ 1kHz tới 10kHz;

số lượng tần số dùng cho mã hóa dữ liệu là từ 16 trở xuống (16-FSK hoặc thấp hơn); và

tần số mở đầu khung tin (preamble) được chọn là một tần số lớn nhất trong băng thông được chọn, preamble có giá trị tần số lớn nhất được dùng để hiệu chỉnh (calibrate) các giá trị tần số còn lại tại thiết bị thu (camera) theo phương pháp tuyến tính, việc hiệu chỉnh này để hỗ trợ các camera có tốc độ quét ảnh khác nhau.

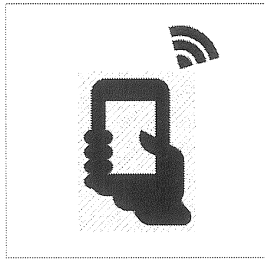
4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tất cả các lệnh WiFi tương tác giữa App với đèn sử dụng một cấu trúc khung tin trên tầng ứng dụng để trao đổi dữ liệu phục vụ cho ứng dụng điều khiển màu/độ sáng đèn.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp “bảo mật tuyệt đối” là việc bảo mật hai tầng bao gồm:

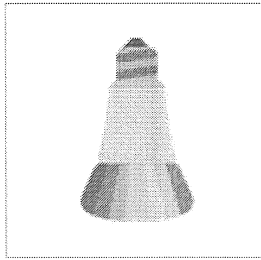
tầng bảo mật thứ nhất là bảo mật gói tin WiFi (giống với các hệ thống bảo mật WiFi thông thường);

tầng bảo mật thứ hai là chuyển phát key bảo mật thông qua kênh ánh sáng OCC;
và

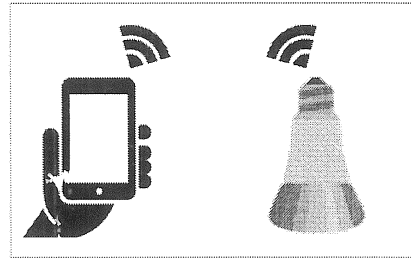
quyền truy cập và điều khiển đèn của của các ứng dụng (app) cũng được quản lý bởi ứng dụng chủ (master-app) để tạo sự riêng tư cho người dùng.



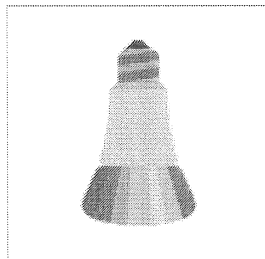
Bước 1: App gửi lệnh wakeup tới các đèn LED thông qua WiFi



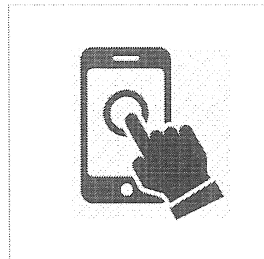
Bước 2: Các đèn LED gửi phản hồi yêu cầu cấp ID-mạng. APP lắng nghe có bao nhiêu phản hồi.



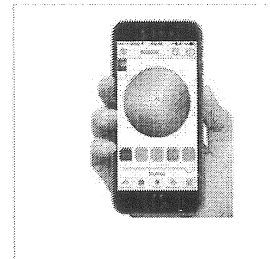
Bước 3: APP phân bổ ID-mạng tới từng đèn theo yêu cầu.



Bước 4: Các đèn điều chế C-FSK truyền ID-mạng qua ánh sáng

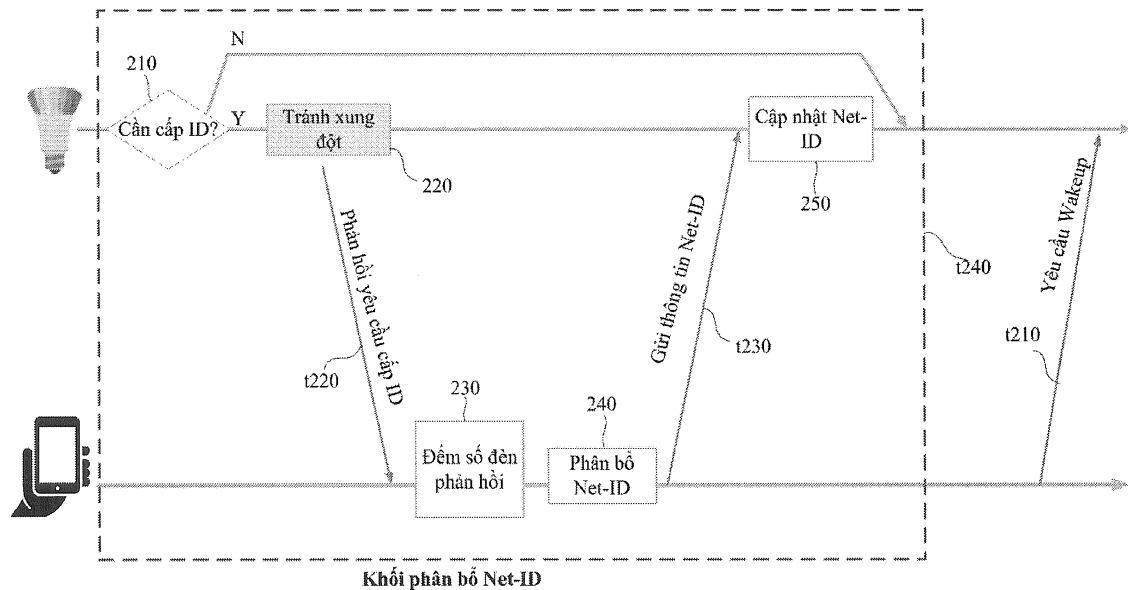


Bước 5: APP giải điều chế C-FSK, cho phép người dùng chạm để chọn đèn và bật chế độ điều khiển AR.

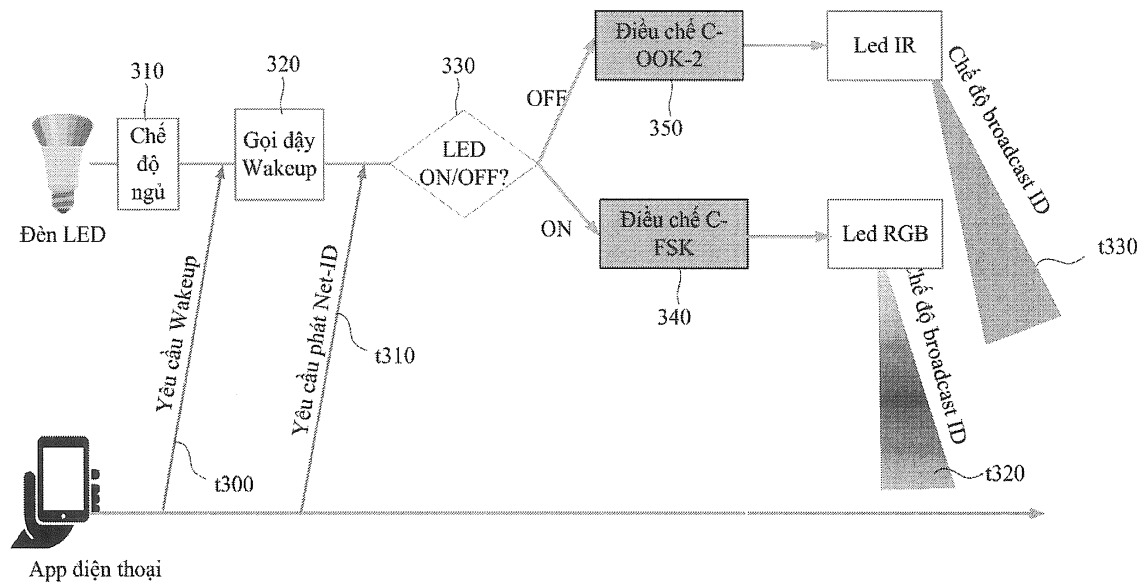


Bước 6: APP nhận lệnh màu từ người dùng và điều khiển đèn đã được chọn qua WiFi.

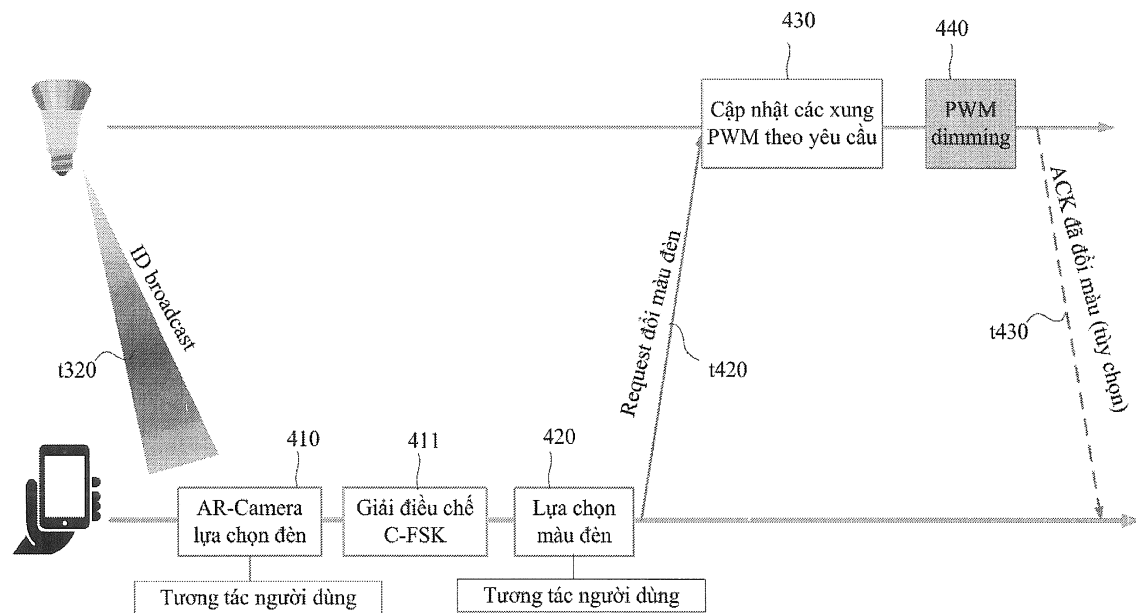
Hình 1



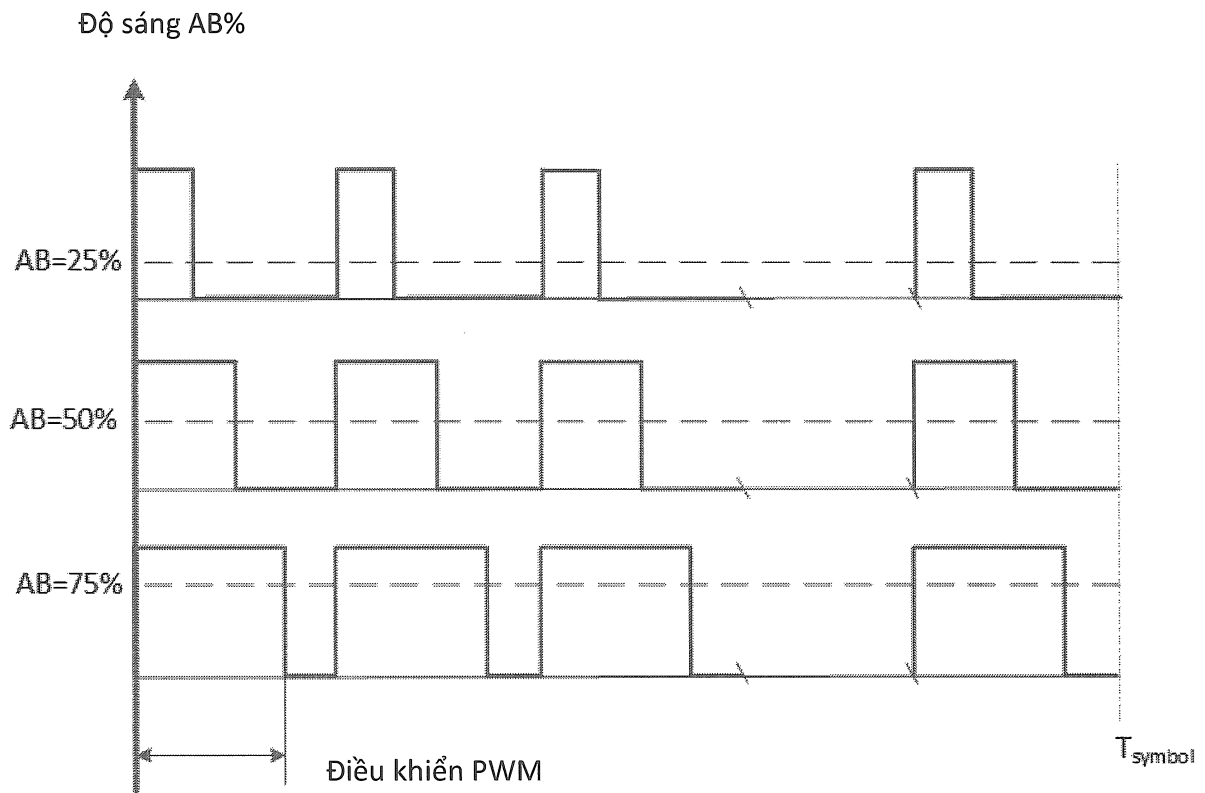
Hình 2



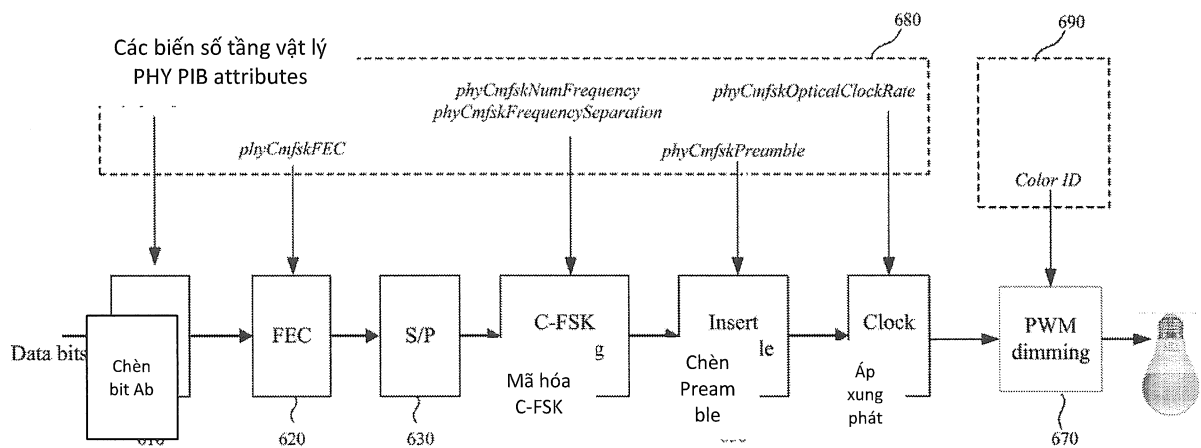
Hình 3



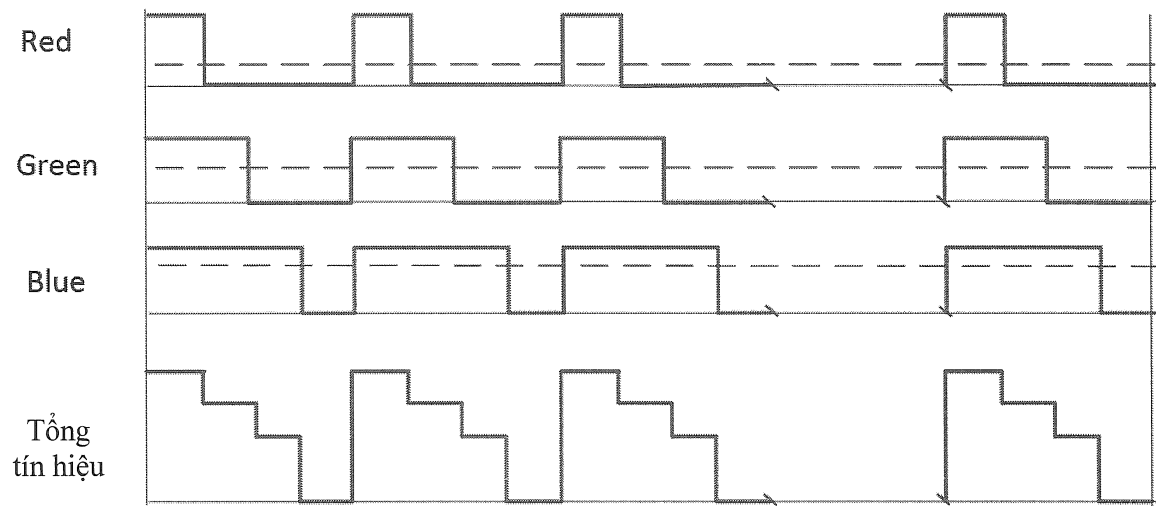
Hình 4



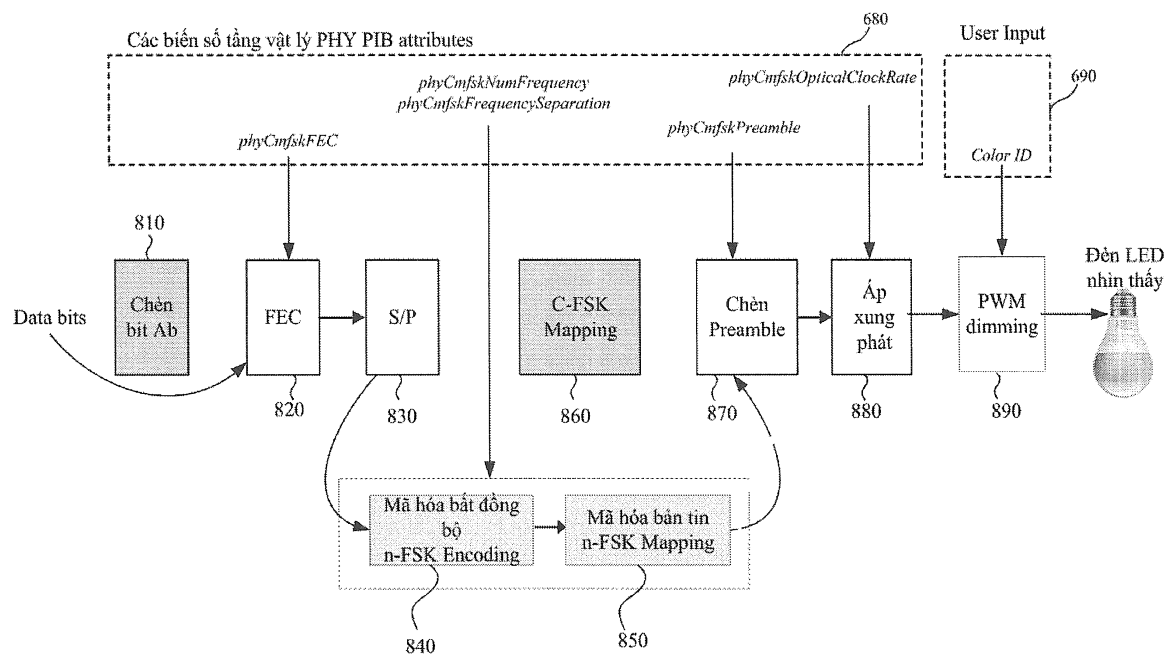
Hình 5



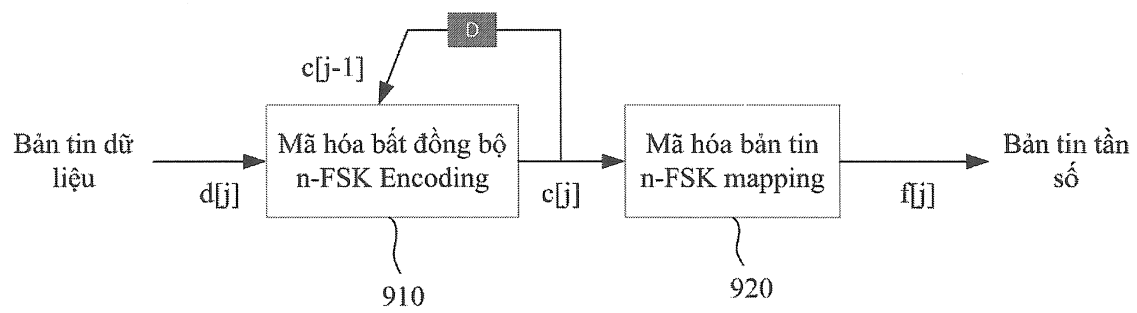
Hình 6



Hình 7



Hình 8



Hình 9

Phần header (cố định 2 byte)		Phần App-key (thông tin nguồn phát)	Phần ID đèn (đích đến)		Phần payload (độ dài tùy biến)	
TX/RX mode và phiên bản khung tin	Mã ID cho gói/ Message ID	App-key của bên phát	ID-vật lý của đèn/ Physical ID	ID-mạng/ Network ID	ID màu/ Color ID	Key bảo mật tuyệt đối
A = 0 = (1byte)	B=(1 byte)	C= (8 byte)	X= (8 byte)	Y= (8 byte)	Z= (4 byte)	S= (1 byte)

Phần header (cố định 2 byte)		Phần App-key (thông tin đích đến)	Phần ID đèn (nguồn phát)		Phần payload (độ dài tùy biến)	
TX/RX mode và phiên bản khung tin	Mã ID cho gói/ Message ID	App-key của bên phát	ID-vật lý của đèn/ Physical ID	ID-mạng/ Network ID	ID màu/ Color ID	Key bảo mật tuyệt đối
A = 1 (1byte)	B=(1 byte)	C= (8 byte)	X= (8 byte)	Y= (8 byte)	Z= (4 byte)	S= (1 byte)

Hình 10

Thành phần	Định nghĩa và giá trị
TX/RX mode và phiên bản khung tin (1 byte = A)	Thành phần header này quy định gói phát hay gói nhận từ APP. A=0: Gói từ APP tới LED A=1: Gói từ LED tới APP (4 bit cuối trong 1-byte header là version khung tin, mặc định là 0000 tức là version v0)
Mã ID cho gói/ Message ID (1 byte = B)	Thành phần này sẽ phân biệt các lệnh/vai trò cụ thể của gói dữ liệu B=0: App gửi wakeup để bật chế độ AR mode cho đèn (khi A=0) B=2: Đèn mới hòa mạng sẽ báo cho App biết nó cần ID mới (khi A=1). B=3: App truyền ID-mạng tới đèn B=4: App yêu cầu đèn phát C-FSK B=5: App gửi yêu cầu thay đổi màu đèn (không kèm key bảo mật tuyệt đối) B=1: App gửi bản tin bật/tắt chế độ “bảo mật tuyệt đối” cho đèn B=6: App gửi yêu cầu thay đổi màu đèn. (có kèm key bảo mật tuyệt đối) B=7: App gửi lệnh Hẹn giờ đèn theo liệu ứng màu. B=9: App gửi lệnh cập nhật danh sách App điều khiển đèn tới toàn bộ các đèn. B=(dec)10: App gửi lệnh cập nhật danh sách App điều khiển đèn tới một đèn cụ thể. B= others: reserved
Phần App-key (8 byte = C)	Mã App-key. Mặc định 8 byte nếu version khung tin là v0.
ID-vật lý của đèn/ Physical ID (X = 8 byte)	Thành phần này dùng cho các gói (B= 2, 3). Khi nó được dùng, mặc định ID-vật lý của đèn có 8 bytes (nếu version khung tin là v0)
ID-mạng/ Network ID (Y= 8 byte)	- Thành phần này dùng cho tất cả các gói tin còn lại trừ (B=2, 3). - Khi được dùng, nó mặc định dài 8 byte (nếu version khung tin là v0). (tối đa 256 đèn cùng lúc). - Mỗi 1 byte tương ứng với 1 giá trị tần số đã được mã hóa bởi App.
ID màu/ Color ID (Z= 4 byte)	Thành phần này được dùng cho gói (B=4). Khi được dùng nó sẽ có độ dài 4 byte, đại diện cho alpha, red, green, and blue bytes.
Key bảo mật tuyệt đối (S= 1 byte)	Khi App bật chế độ “bảo mật tuyệt đối”, thành phần này sẽ được sử dụng.

Hình 11

Mã lệnh	Message bytes A B C X Y Z S ...	Mô tả gói
(t210)	0 0	APP gửi gói wakeup các đèn (khởi chế độ tiết kiệm năng lượng)
(t240e)	0 2	APP gửi gói check ID của đèn.
(t220)	1 2 C X	Đèn (có ID-vật lý là X) phản hồi lại gói ‘check ID’ cho App (có App-key là C).
(t230)	0 3 C X Y	APP (có App-key là C) truyền ID-mạng (giá trị Y) cho đèn (có ID vật lý là X).
(t310)	0 4 C Y	APP (có App-key là C) gửi yêu cầu đèn phát C-FSK tới đèn (có ID-mạng là Y)
(t420)	0 5 C Y Z	APP gửi yêu cầu thay đổi màu đèn (thông thường)
(t2301)	0 1 C Y	App (có App-key là C) gửi bản tin bật/tắt chế độ “bảo mật tuyệt đối” cho đèn (có ID-mạng là Y).
(t2302)	0 6 C Y Z S	App (có App-key là C) gửi yêu cầu thay đổi màu đèn (có ID-mạng là Y). Màu mới có giá trị là Z, kèm theo key bảo mật tuyệt đối S.
(t2303)	0 7 C Y Z ₁ (S) T ₁ Z ₂ (S) T ₂ Z ₃ (S) T ₃	APP (có App-key là C) gửi lệnh hẹn giờ màu đèn (tùy chỉnh có kèm theo key bảo mật tuyệt đối). Các giá trị màu (Z ₁ , Z ₂ , Z ₃) tương ứng với thời gian thực hiện màu (T ₁ , T ₂ , T ₃)
(t2401)	0 9 C C ₁ C ₂ ...	App (có App-key là C) gửi cập nhật danh sách App điều khiển tới tất cả các đèn trong mạng của nó. C ₁ , C ₂ , ... là các byte cập nhật danh sách App-key.
(t2402)	0 10 C Y C ₁ C ₂ ...	App (có App-key là C) gửi cập nhật danh sách App điều khiển tới duy nhất một (có ID-mạng là Y). C ₁ , C ₂ , ... là các byte cập nhật danh sách App-key.

Hình 12

Tên của biến số tầng vật lý PHY PIB attributes	Mô tả của chuẩn (dịch thể)	Giá trị mặc định của chuẩn	Giá trị mới chúng tôi đề xuất
phyCmfskPreamble	Tham số chuẩn này để quy định giá trị của (f_{SF}) dùng cho CM-FSK.	0: 200Hz others: Reserved	1: $f_{pre} = f_{max} + d_F$ 2: Không dùng preamble (đặc biệt một tần số cho mỗi đèn)
phyCmfskNumFrequency	Tham số chuẩn này để quy định số lượng các tần số dùng cho điều chế CM-FSK.	0: 32-FSK 1: 64-FSK others: Reserved	2: 2-FSK 3: 3-FSK 4: 4-FSK ... 16: 16-FSK
phyCmfskFrequencySeparation	Tham số chuẩn này để quy định khoảng cách giữa các tần số trong CM-FSK.	0: 50 Hz 1: 100 Hz others: Reserved	2: $d_F = 200$ Hz 3: $d_F = 250$ Hz
phyCmfskOpticalClockRate	Tham số chuẩn này để quy định giá trị xung phát tới điểm cuối TX (đèn) trong CM-FSK	0: 5 Hz 1: 10 Hz 2: 15 Hz Others: Reserved	0: 5 Hz
phyCmfskFec	Tham số chuẩn này để quy định mã sửa lỗi FEC dùng cho CM-FSK.	0: None 1: RS(15,11) outer FEC. Other: Reserved	0: None if payload ≤ 8 bit
phyCmfskAb	Tham số chuẩn này để quy định số lượng Ab bit trên một gói dữ liệu dùng trong quá trình mã hóa trước khi điều chế CM-FSK.	0: 1 Ab 1: 2 Ab(s)	0: 1 Ab

Hình 13

	Đầu vào		Đầu ra
	Dữ liệu trước đó (d_{k-2}, d_{k-1})	Dữ liệu hiện tại (d_k)	Dữ liệu sau mã hóa (c_k)
Quy tắc 1	$(-, b_i)$	(b_j) với $b_j \neq b_i$	b_j
Quy tắc 2	(b_j, b_i) với $b_j \neq b_i$	(b_i)	b_n
Quy tắc 3	(b_i, b_i)	(b_i)	b_i

Hình 14

Thuật toán 1: Thuật toán mã hóa bất đồng bộ Asynchronous Encoding cho n-FSK (C-FSK Phương pháp 2)

Input: Chuỗi bản tin dữ liệu $D[z] = \{d[j]\}$ có z phần tử,
trong đó j là chỉ số (từ 1 đến z) của data symbol. $d[j]$ là data symbol nên sẽ có giá trị nằm trong mảng $n-1$ giá trị $\{d_1, d_2, \dots, d_{n-1}\}$. d_n là một asynchronous symbol.

Thực hiện: Thuật toán mã hóa bất đồng bộ asynchronous encoding:

Khởi tạo: $c[0] = d_n$

Tăng index j , tính: $c[j] = \begin{cases} d[j] & \text{nếu } c[j-1] \neq d[j] \\ d_n & \text{nếu } c[j-1] = d[j] \end{cases}$, với

chỉ số j chạy từ 1 đến z

Output: Bỏ giá trị $c[0]$ đi, đầu ra sẽ là chuỗi bản tin dữ liệu $C[z] = \{c[j]\}$ cũng có z phần tử.

Hình 15

Thuật toán 2: Thuật toán giải mã bất đồng bộ Asynchronous Decoding cho n-FSK (C-FSK Phương pháp 2)

Input: Chuỗi mã hóa bản tin dữ liệu $C[z] = \{c[j]\}$ có z phần tử,

Thực hiện: Thuật toán giải mã bất đồng bộ:

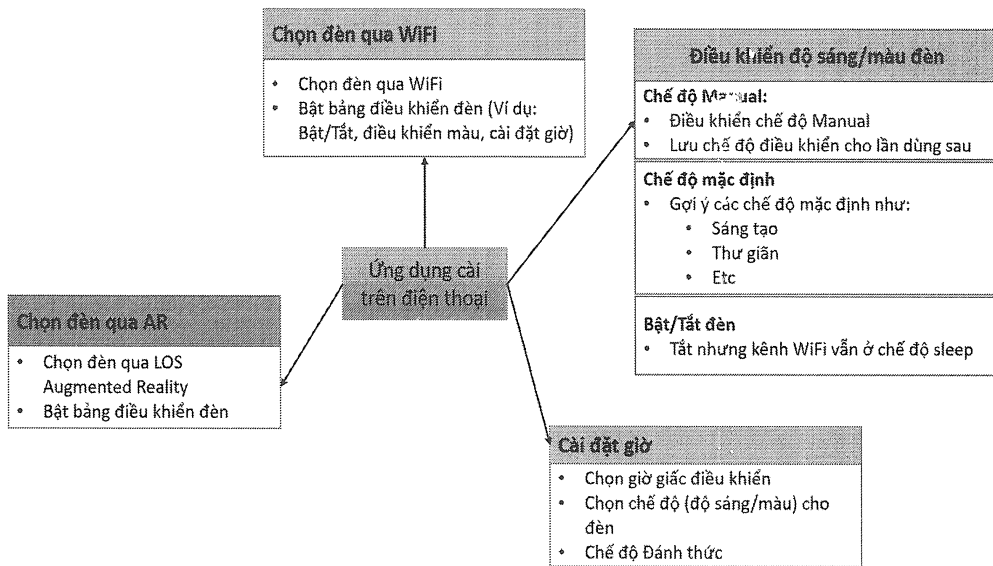
$$d[j] = \begin{cases} c[j] & \text{nếu } c[j] \neq d_n \\ c[j-1] & \text{nếu } c[j] = d_n \end{cases}, \text{ với chỉ số } j \text{ chạy từ 1 đến } z$$

Output: Chuỗi giải mã hóa bản tin dữ liệu $D[z] = \{d[j]\}$ có z phần tử

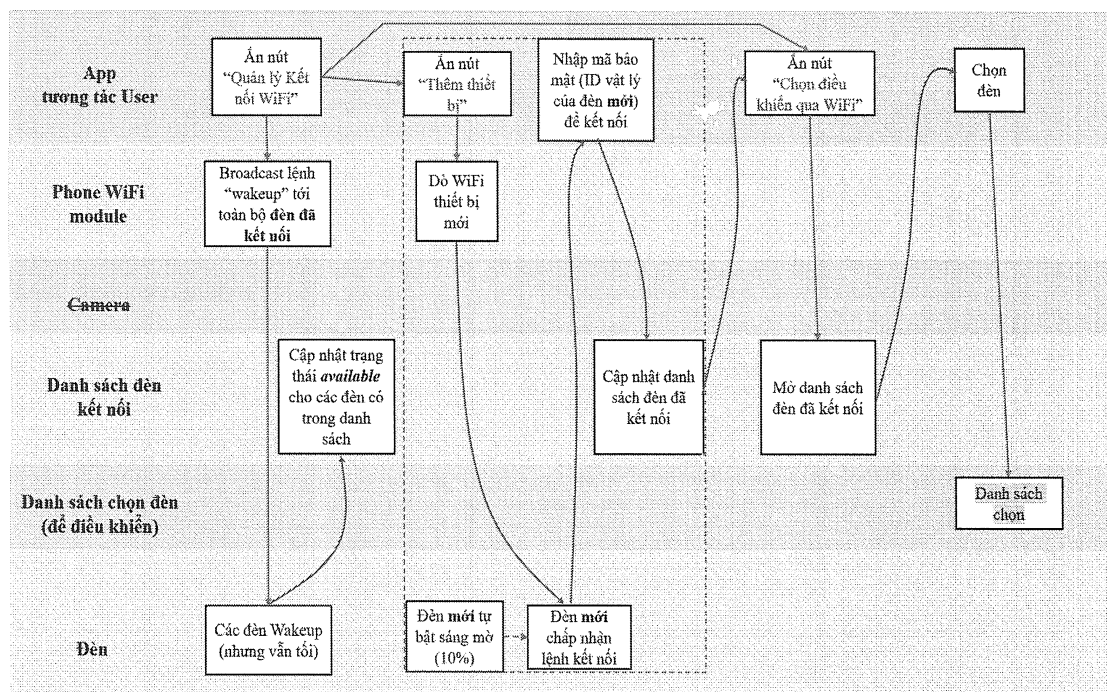
Hình 16

Bản tin dữ liệu (c_j)	Tần số (f_j)
b_1	f_1
b_2	f_2
...	...
...	...
$b_{(n-1)}$	$f_{(n-1)}$
b_n (bản tin bất đồng bộ - asynchronous symbol)	f_n (tần số AF)

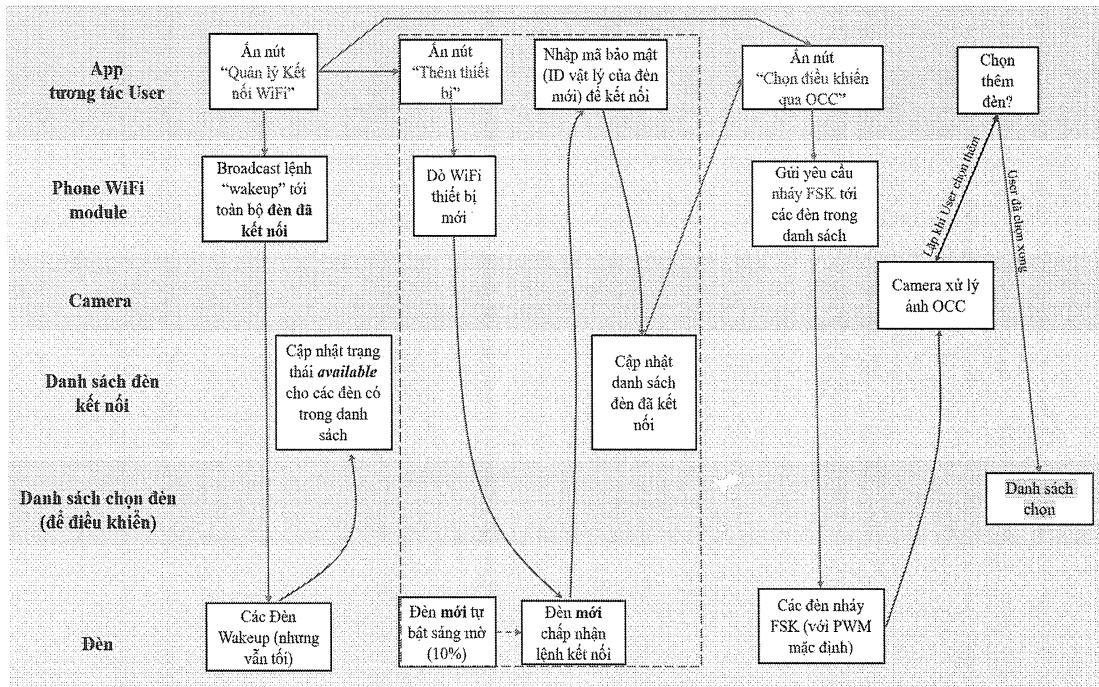
Hình 17



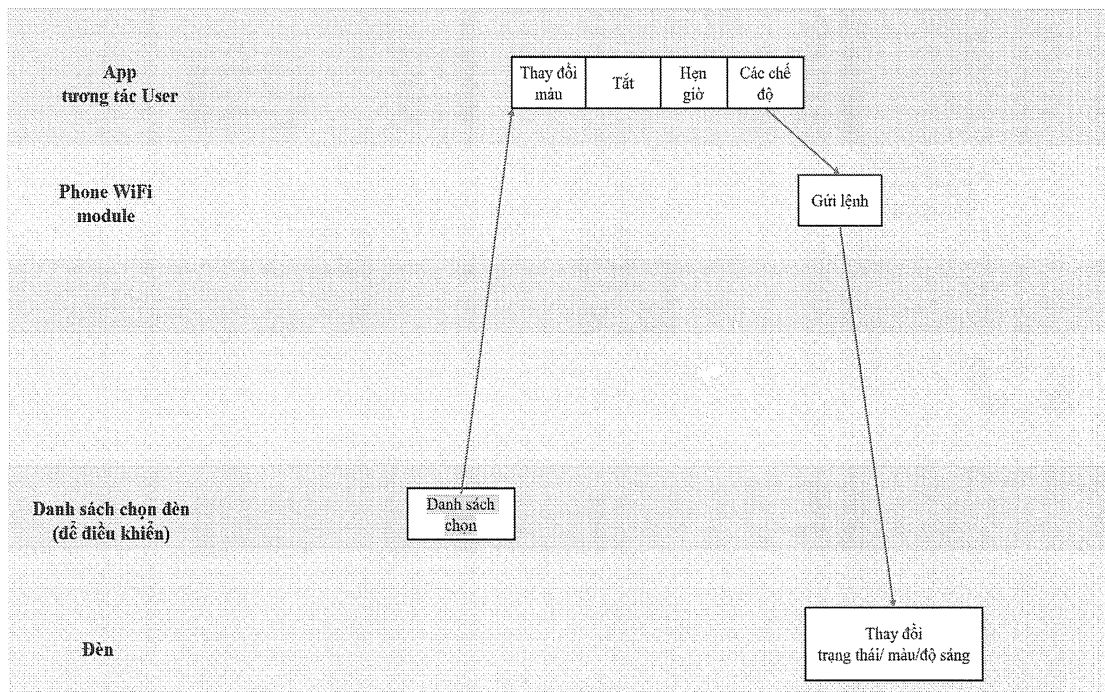
Hình 18



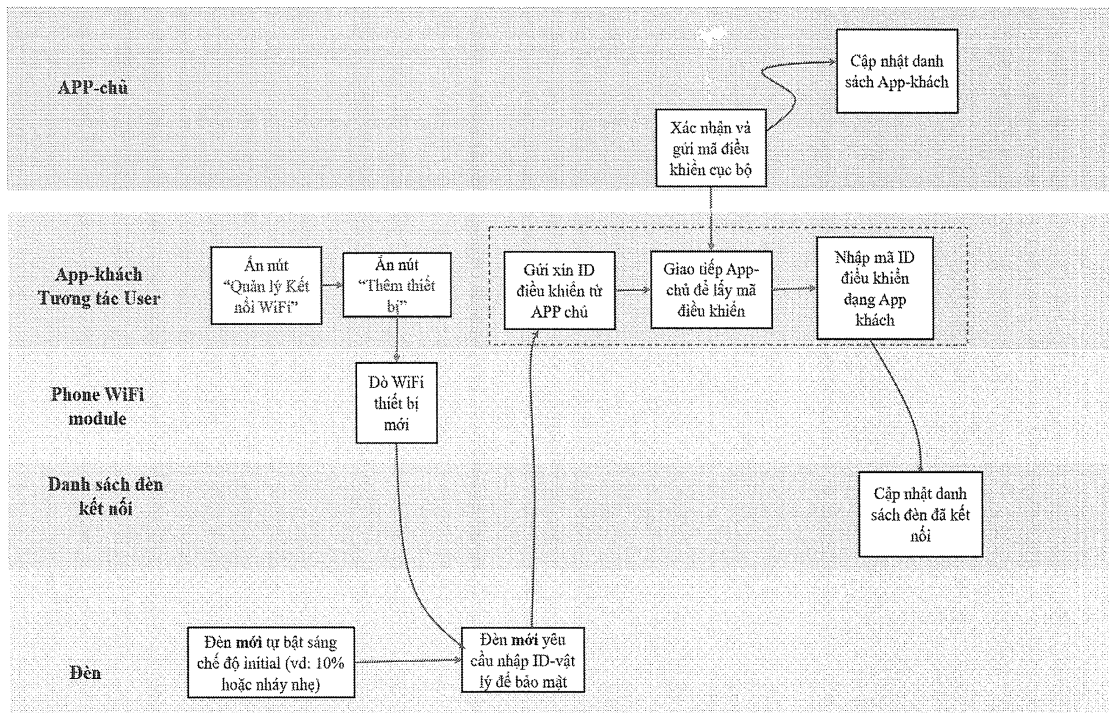
Hình 19



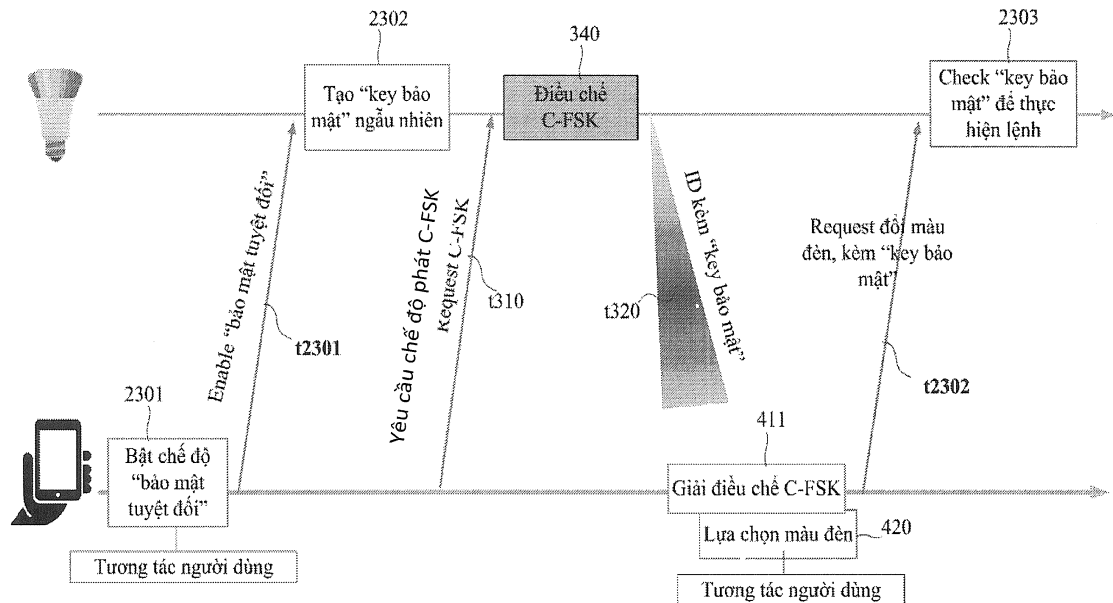
Hình 20



Hình 21



Hình 22



Hình 23