



(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)



1-0053652

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

(13) B

(21) 1-2021-02449

(22) 04/05/2021

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/01/2022 406A

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

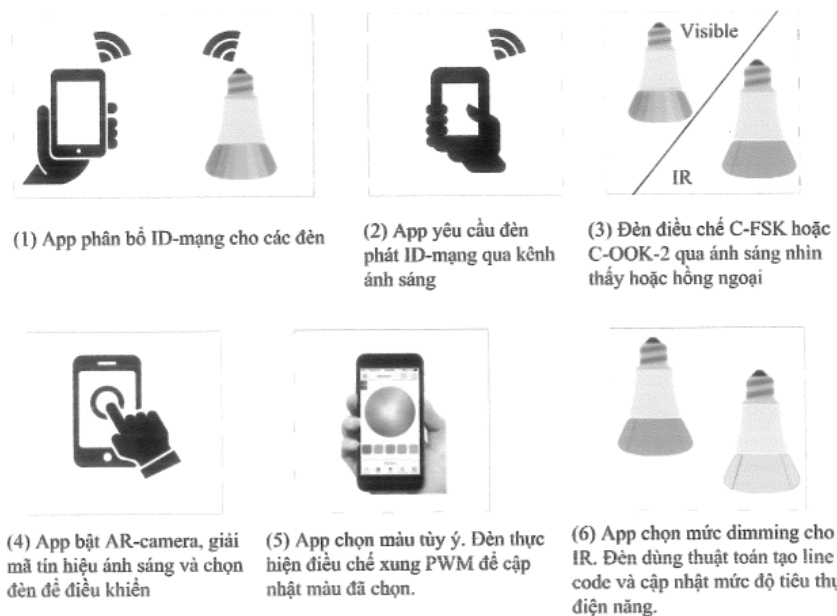
A20 TT8 khu đô thị Văn Quán, phường Văn Quán, quận Hà Đông, thành phố Hà Nội

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

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU KHIỂN THIẾT BỊ CHIẾU SÁNG THÔNG MINH THÔNG
QUA CAMERA SỬ DỤNG BƯỚC SÓNG HỒNG NGOẠI

(21) 1-2021-02449

(57) Sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại bao gồm: (i) ứng dụng (app) phân bổ mã định danh trong mạng kết nối (ID-mạng) cho các đèn thông qua WiFi; (ii) app gửi yêu cầu đèn phát ID-mạng qua kênh ánh sáng; (iii) đèn điều chế ánh sáng: sử dụng phương pháp điều chế C-FSK (viết tắt của camera-FSK) đối với ánh sáng nhìn thấy, hoặc sử dụng phương pháp điều chế C-OOK-2 (viết tắt của camera-OOK-version 2) đối với hồng ngoại (IR) tùy theo trạng thái của đèn; (iv) app bật máy ảnh có tính năng thực tế tăng cường (AR-camera) để nhận tín hiệu ánh sáng và giải mã ID-mạng phát ra từ đèn để chọn-và-điều khiển đèn hoặc các đèn cụ thể; (v) app chọn màu tùy ý và truyền lệnh tới đèn qua kênh WiFi. Đèn thực hiện điều chế xung PWM để cập nhật màu đã chọn; (vi) app chọn mức tiêu thụ năng lượng cho các LED hồng ngoại (led IR). Đèn thay đổi line code và mức giảm độ sáng (dimming) trong các thuật toán điều chế C-OOK-2 để cập nhật mức tiêu thụ điện năng mới.



Hình 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại thuộc lĩnh vực điện tử truyền thông

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

(1) Liên quan tới hệ thống chọn đèn và điều khiển đèn thông qua máy ảnh có tính năng thực tế tăng cường (viết tắt là AR-camera), sáng chế mới nhất (đăng ký sáng chế số đơn 1-2020-06602, ngày nộp 13/11/2020) đề cập phương pháp và hệ thống chọn và điều khiển đèn hoàn toàn sử dụng bước sóng ánh sáng nhìn thấy. Tuy nhiên, có một tồn tại cần khắc phục đó là camera chỉ nhận được tín hiệu ánh sáng phát ra từ đèn khi đèn đang chiếu sáng. Nếu đèn hoàn toàn tắt, thì camera không thể nào phân biệt được các đèn với nhau bởi vì không còn có tín hiệu ánh sáng phát ra từ đèn.

(2) Liên quan tới phương pháp điều chế dữ liệu ánh sáng tới điện thoại thông minh (smartphone), phương pháp điều chế ánh sáng truyền tới máy ảnh (tên tiếng anh Optical Camera Communication, viết tắt 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.). Nhược điểm của các phương pháp điều chế OCC hiện tại bao gồm:

(i) Các phương pháp điều chế OCC hiện tại tập trung vào bước sóng ánh sáng nhìn thấy được, chưa có giải pháp phù hợp cho bước sóng không nhìn thấy như bước sóng hồng ngoại.

(ii) Trong trường hợp sử dụng bước sóng hồng ngoại, thì phương pháp điều chế bật tắt (tên tiếng anh On-Off-Keying, viết tắt là OOK) tỏ ra hiệu quả nhất về tốc độ truyền dữ liệu. Đặc biệt khi so với các phương pháp điều chế di tần (tên tiếng anh là Frequency-Shift-Keying, viết tắt là FSK) thì OOK có tốc độ truyền cao hơn. Tuy nhiên, khi điều chỉnh năng lượng tiêu thụ, chuẩn IEEE 802.15.7-2018 lại đề xuất sử dụng điều chế biên độ (tên tiếng Anh là Amplitude modulation, viết tắt AM) cho các

điều chế OOK. Điều này làm giảm biên độ tín hiệu cũng như tỉ lệ năng lượng tín hiệu trên nhiễu (tiếng anh signal-to-noise ratio, viết tắt là SNR), nghĩa là sẽ tăng tỉ lệ lỗi bit trên đường truyền.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại giải quyết các hạn chế nêu ra ở trên.

Cụ thể, sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại bao gồm các bước:

(i) ứng dụng (app) phân bổ mã định danh trong mạng kết nối (ID-mạng) cho các đèn thông qua WiFi ;

(ii) app gửi yêu cầu đèn phát ID-mạng qua kênh ánh sáng ;

(iii) đèn điều chế ánh sáng: sử dụng phương pháp điều chế C-FSK (viết tắt của camera-FSK) đối với ánh sáng nhìn thấy, hoặc sử dụng phương pháp điều chế C-OOK-2 (viết tắt của camera-OOK-version 2) đối với hồng ngoại (tiếng anh là Infrared, viết tắt là IR) tùy theo trạng thái của đèn ;

(iv) app bật AR-camera để nhận tín hiệu ánh sáng và giải mã ID-mạng phát ra từ đèn để chọn-và-điều khiển đèn hoặc các đèn cụ thể ;

(v) app chọn màu tùy ý và truyền lệnh tới đèn qua kênh WiFi. Đèn thực hiện điều chế xung (PWM) để cập nhật màu đã chọn ;

(vi) app chọn mức tiêu thụ năng lượng cho các LED hồng ngoại led IR. Đèn thay đổi (line code) và mức sáng (dimming) trong các thuật toán điều chế C-OOK-2 để cập nhật mức tiêu thụ điện năng mới .

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập tới phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó tại bước (iii) là phương pháp điều chế ánh sáng trong trường hợp đèn đang bật, đèn có thể thực hiện mã hóa dữ liệu (chính là thông tin ID-mạng của đèn) theo phương pháp điều chế C-FSK và truyền tín hiệu qua bước sóng ánh sáng nhìn thấy, hoặc truyền tín hiệu qua bước sóng hồng ngoại giống như trường hợp đèn đang tắt .

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập tới phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó tại bước (iii) là phương pháp điều chế ánh sáng trong trường hợp đèn đang tắt, đèn có thể thực hiện mã hóa dữ liệu theo phương pháp C-OOK-2 và phát tín hiệu qua bước sóng hồng ngoại với led IR .

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập tới phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó quy trình giải mã dữ liệu ánh sáng (ánh sáng nhìn thấy hoặc hồng ngoại), bao gồm các bước cụ thể sau:

(i) app nhận phản hồi từ đèn, biết được là đèn đang tắt hay đang bật, tương ứng với phương pháp điều chế nào (C-FSK hay C-OOK-2) đang được sử dụng;

(ii) app tương tác người dùng thông qua AR-camera để chọn một đèn (hoặc một nhóm đèn) mà người dùng muốn điều khiển ;

(iii) sau đó App chụp ảnh liên tiếp đèn (hoặc nhóm đèn) đã chọn;

(iv) từ các ảnh, app truy ra ID-mạng của các đèn cần điều khiển thông qua quá trình giải điều chế C-FSK hoặc C-OOK-2, sau đó app tạo kết nối với đèn được chọn qua sóng WiFi cho điều khiển màu kế thừa thuật toán giải mã C-FSK trong sáng chế số đơn 1-2020-06602. Đồng thời, các thuật toán giải mã C-OOK-2 được bổ sung là điểm hoàn toàn mới.

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập tới phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó quy trình tùy chỉnh mức độ tiêu thụ năng lượng hồng ngoại của đèn qua dimming, bao gồm các bước cụ thể sau:

(i) app cho phép người dùng giảm tiêu thụ năng lượng từ các IR-LED bằng việc tùy chọn mức sáng (dimming) cho chúng,

cho phép người dùng chọn các mức sáng (dimming) tương ứng từ 1% (mức tiêu thụ năng lượng thấp nhất) đến 99% (mức tiêu thụ năng lượng cao nhất);

(ii) khi App đã chọn và gửi yêu cầu thay đổi mức sáng (dimming) cho việc điều chế ánh sáng hồng ngoại, thì đèn sẽ dựa vào thuật toán 1 và 2 để tạo ra bảng tra cứu và một mã line code phù hợp cho các bước mã hóa dữ liệu và tạo khung tin ;

(iii) sau khi App nhận thông tin điều chế đang được sử dụng tại đèn (line code gì, và mức dimming nào đang được dùng), việc giải mã thông tin ánh sáng tại AR-camera sẽ tuân theo thuật toán 3 .

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập tới phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó phương pháp điều chế C-OOK-2 (viết tắt của camera-on off keying Version 2) là tổ hợp các thuật toán dựa trên OOK, bao gồm:

- Thuật toán 1 tạo ra bảng tra cứu $mBnB$ (với số nguyên $m > 1$ bất kỳ, và $n = 2^m$) LUT với nhiều mức sáng (dimming) p khác nhau để người dùng có thể chọn lựa và thay đổi mức sáng của đèn yêu cầu người dùng chọn tham số đầu vào là $mBnB$ (với số nguyên $m > 1$ bất kỳ, và $n = 2^m$) và tham số mức sáng (dimming) p ;

- Từ bảng tra cứu $mBnB$ LUT với nhiều mức sáng (dimming) p khác nhau, thuật toán 2 tạo ra một bảng tra cứu cho việc mã hóa khung tin, với mở đầu khung (preamble) và thân khung (payload) đều có thể điều chỉnh mức sáng (dimming) để phục vụ cho việc mã hóa dữ liệu Thuật toán 2 lấy đầu ra của thuật toán 1 và khởi tạo một bảng tra cứu cho việc mã hóa khung tin, với mở đầu khung (preamble) và thân khung (payload).

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập tới phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó các trường hợp thay đổi tốc độ phát xung để truyền dữ liệu được xa hơn nhưng vẫn đảm bảo không bị nháy đối với mắt, cụ thể như sau:

- tốc độ phát xung ở khoảng cách gần (ví dụ vài mét) là mức kHz phương pháp thay đổi tốc độ phát xung là phương pháp hoàn toàn mới, chỉ áp dụng được cho bước sóng hồng ngoại sử dụng C-OOK-2;

- tốc độ phát xung ở khoảng cách xa (trên 10m) được giảm xuống mức Hz nhưng phải đảm bảo nhỏ hơn một nửa tốc độ chụp ảnh của camera nguyên nhân là do, nếu giảm tốc độ xung xuống mức Hz, thì với ánh sáng nhìn thấy sẽ gây nháy đối với mắt.

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập tới phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó quy trình giải mã C-OOK-2 đối với các trường hợp tốc độ xung khác nhau, việc giải mã thông tin ánh sáng tại AR-camera sẽ tuân theo thuật toán 3, áp dụng cho mọi mức sáng (dimming) và các code $mBnB$ khác nhau tùy theo tốc độ phát xung của đèn, AR-camera cần một hoặc nhiều ảnh chụp (tương ứng với tốc độ phát xung mức kHz hoặc Hz) để thu nhận đủ số mẫu tín hiệu (tối thiểu $2n$ mẫu) để có thể giải mã tín hiệu sử dụng thuật toán 3.

Theo một phương án khác, sáng chế đề cập tới phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó hệ thống điều khiển đèn được bảo vệ nhiều tầng qua các giao thức bảo mật như sau:

(i) các gói tin gửi qua kênh WiFi được bảo vệ bởi WiFi encryption (bảo mật kế thừa từ phương pháp bảo mật gói tin WiFi sẵn có của hệ thống WiFi);

(ii) bảo mật lệnh điều khiển trực tiếp đến từ App: đèn xác thực quyền điều khiển của App thông qua xác minh “App-key” (App-key là danh tính nội bộ của một App được quy định bởi một App-chủ (host-App) là chủ sở hữu của đèn) sử dụng mã số định danh nội bộ App-key cho từng app thuộc nội bộ hệ thống đèn thông minh do một App-chủ quản lý;

(iii) bảo mật lệnh điều khiển từ xa qua máy chủ/dám mây: máy chủ xác thực quyền điều khiển của App thông qua xác minh “App-ID” và “key điều khiển từ xa” là sự kết hợp giữa mã số định danh toàn cầu App-ID và “key điều khiển từ xa” (trong đó, App-ID là danh tính toàn cầu của App được quy định bởi máy chủ; còn “key điều khiển từ xa” là một key đặc biệt được đồng thuận giữa App-chủ và máy chủ để quản lý các lệnh điều khiển từ xa);

(iv) bảo mật One-Time-Code OTC cho các lệnh điều khiển đèn đến trực tiếp từ App khi đèn được bật “chế độ OTC điều khiển”, mã OTC được tạo ra ngẫu nhiên bởi đèn và được gửi đến App yêu cầu bật “chế độ OTC điều khiển”; do đó trong suốt

chế độ này, chỉ có App này (hoặc các App được App này chia sẻ OTC) mới có thể điều khiển đèn giới hạn số lượng App có quyền điều khiển một đèn trong một thời gian kích hoạt cụ thể, nhằm đem lại riêng tư cao nhất cho người dùng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

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

Hình 2 là minh họa đèn LED sử dụng, bao gồm các led RGB (hoặc RGBW) để phát ánh sáng nhìn thấy, và các led IR để truyền dữ liệu

Hình 3 là thể hiện tiến trình điều chế ánh sáng (sử dụng cả IR và ánh sáng nhìn thấy) của đèn khi được App yêu cầu

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

Hình 5 là thể hiện Thuật toán 1 - Tạo bảng tra cứu mBnB LUT (line code) với các mức dimming p khác nhau

Hình 6 là thể hiện tiến trình mã hóa C-OOK-2

Hình 7 là thể hiện Thuật toán 2 -Tạo khung tin dữ liệu cho điều chế C-OOK-2 từ bảng tra cứu mBnB LUT

Hình 8 là ví dụ bảng mã hóa 2B4B LUT được tạo ra từ thuật toán 1

Hình 9 là ví dụ tra cứu mã hóa tạo khung tin dữ liệu C-OOK-2 (các mức dimming p khác nhau) sử dụng 2B4B LUT được tạo ra từ thuật toán 2

Hình 10 là mô tả Thuật toán 3 sử dụng Matched Filter để giải mã dữ liệu với điều chế C-OOK-2

Hình 11 là thể hiện kết quả thực nghiệm của phương pháp truyền nhận C-OOK-2 sử dụng 2B4B code (đo BER khi SNR thay đổi, cho các trường hợp dimming p khác nhau)

Hình 12 là thể hiện kết quả thực nghiệm của phương pháp truyền nhận C-OOK-2 sử dụng 3B8B code (đo BER khi SNR thay đổi, cho các trường hợp dimming p khác nhau)

Hình 13 là thể hiện kết quả thực nghiệm của phương pháp truyền nhận C-OOK-2 sử dụng 4B16B code (đo BER khi SNR thay đổi, cho các trường hợp dimming p khác nhau)

Hình 14 là liệt kê các tham số cấu hình cho điều chế C-OOK-2 (PHY PIB attributes)

Hình 15 là thể hiện các phương pháp bảo mật cho lệnh điều khiển từ App tới đèn

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được mô tả chi tiết dưới đây có dựa vào các hình vẽ kèm theo, các hình vẽ này nhằm mục đích minh họa các phương án của sáng chế mà không làm giới hạn phạm vi bảo hộ sáng chế.

Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại bao gồm các bước:

- (i) app phân bổ mã định danh trong mạng kết nối (ID-mạng) cho các đèn thông qua WiFi;
- (ii) app gửi yêu cầu đèn phát ID-mạng qua kênh ánh sáng;
- (iii) đèn điều chế ánh sáng: sử dụng phương pháp điều chế C-FSK (viết tắt của camera-FSK) đối với ánh sáng nhìn thấy, hoặc sử dụng phương pháp điều chế C-OOK-2 (viết tắt của camera-OOK-version 2) đối với hồng ngoại IR tùy theo trạng thái của đèn;
- (iv) app bật AR-camera để nhận tín hiệu ánh sáng và giải mã ID-mạng phát ra từ đèn để chọn-và-điều khiển đèn hoặc các đèn cụ thể;
- (v) app chọn màu tùy ý và truyền lệnh tới đèn qua kênh WiFi. Đèn thực hiện điều chế xung PWM để cập nhật màu đã chọn;
- (vi) app chọn mức tiêu thụ năng lượng cho các LED hồng ngoại led IR. Đèn thay đổi line code và mức dimming trong các thuật toán điều chế C-OOK-2 để cập nhật mức tiêu thụ điện năng mới.

Đặc điểm thứ nhất của phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại theo phương án này là app phân bổ mã định danh trong mạng kết nối (ID-mạng) cho các đèn thông qua WiFi .

Đặc điểm thứ hai của phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại theo phương án này là app gửi yêu cầu đèn phát ID-mạng qua kênh ánh sáng.

Đặc điểm thứ ba của phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại theo phương án này là đèn điều chế ánh sáng: sử dụng phương pháp điều chế C-FSK (viết tắt của camera-FSK) đối với ánh sáng nhìn thấy, hoặc sử dụng phương pháp điều chế C-OOK-2 (viết tắt của camera-OOK-version 2) đối với hồng ngoại IR tùy theo trạng thái của đèn .

Đặc điểm thứ tư của phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại theo phương án này là ứng dụng (app) bật AR-camera để nhận tín hiệu ánh sáng và giải mã ID-mạng phát ra từ đèn để chọn-và-điều khiển đèn hoặc các đèn cụ thể .

Đặc điểm thứ năm của phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại theo phương án này là ứng dụng (app) chọn màu tùy ý và truyền lệnh tới đèn qua kênh WiFi. Đèn thực hiện điều chế xung PWM để cập nhật màu đã chọn .

Đặc điểm thứ sáu của phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại theo phương án này là ứng dụng (app) chọn mức tiêu thụ năng lượng cho các LED hồng ngoại led IR. Đèn thay đổi line code và mức dimming trong các thuật toán điều chế C-OOK-2 để cập nhật mức tiêu thụ điện năng mới .

Theo khía cạnh tiếp theo, sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó bước (iii) là phương pháp điều chế ánh sáng trong trường hợp đèn đang bật, đèn có thể thực hiện mã hóa dữ liệu (chính là thông tin ID-mạng của đèn) theo phương pháp điều chế C-FSK và truyền tín hiệu qua bước sóng ánh sáng nhìn thấy, hoặc truyền tín hiệu qua bước sóng hồng ngoại giống như trường hợp đèn đang tắt,

sử dụng Thuật toán 1 kết hợp với Thuật toán 2 cho điều chế C-OOK-2 nếu sử dụng ánh sáng hồng ngoại để phát tín hiệu,

hình 3 mô tả trình tự thực hiện phát ID-mạng phục vụ cho việc chọn-và-điều khiển đèn thông qua AR-camera,

ở trạng thái thông thường, các module truyền nhận dữ liệu của đèn được đặt ở trạng thái ngủ - “sleep” 310 để tránh tiêu hao năng lượng, app cần phát một lệnh “Request wakeup” t300 để yêu cầu đèn thoát khỏi trạng thái sleep và sẵn sàng đợi lệnh tiếp theo,

sau khi wakeup 320, một đèn nhận được yêu cầu nháy ID-mạng của App (qua lệnh t310) sẽ thực hiện điều chế ID-mạng và phát qua bước sóng ánh sáng. Sẽ có hai trường hợp của đèn 330 để chọn phương pháp điều chế thích hợp,

trường hợp 1: Đèn đang bật 340, đèn có thể thực hiện mã hóa C-FSK và truyền dữ liệu (chính là thông tin ID-mạng của đèn) qua bước sóng ánh sáng nhìn thấy, giống như sáng chế số đơn 1-2020-06602. Hoặc đèn cũng có thể thực hiện mã hóa và truyền dữ liệu qua bước sóng hồng ngoại giống như trường hợp 2, tuy nhiên đèn sẽ tiêu hao thêm phần năng lượng cho các led IR.

Theo khía cạnh tiếp theo, sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó bước (iii) là phương pháp điều chế ánh sáng trong trường hợp đèn đang tắt, đèn có thể thực hiện mã hóa dữ liệu theo phương pháp C-OOK-2 và phát tín hiệu qua bước sóng hồng ngoại với led IR,

sử dụng Thuật toán 1 kết hợp với Thuật toán 2 cho điều chế C-OOK-2 nếu sử dụng ánh sáng hồng ngoại để phát tín hiệu,

trong hình 3 mô tả trường hợp 2: Đèn đang tắt 350, đèn có thể thực hiện mã hóa C-OOK-2 (viết tắt của camera-On Off Keying version 2), là một biến thể của phương pháp OOK dành riêng cho máy ảnh. Thông tin “version 2” là để khác biệt với phương pháp cũ C-OOK được sử dụng cho bước sóng ánh sáng nhìn thấy nằm trong chuẩn IEEE-802.15.7-2018. Một line code $mBnB$ sẽ được tạo ra cho việc mã hóa chuỗi dữ liệu trước khi phát tới đèn hồng ngoại,

tương ứng với hai trường hợp trên, sẽ có hai dạng của đường truyền ID-mạng thông qua kênh ánh sáng là đường truyền ánh sáng nhìn thấy t320 và đường truyền ánh sáng hồng ngoại t330,

trong điều chế C-OOK-2, tốc độ phát xung (optical clock rate) cần được chọn phù hợp để camera có thể nhận được tín hiệu một cách tốt nhất với tốc độ truyền dữ liệu nhanh nhất có thể. Ví dụ như xung 10 kHz là phù hợp cho truyền ở khoảng cách ngắn vài mét với tốc độ cao, còn xung 10 Hz là phù hợp cho truyền ở khoảng cách xa trên 10 mét với tốc độ thấp hơn,

với tốc độ phát xung 10Hz, camera chỉ cần một điểm ảnh cũng có thể phân biệt được rằng các IR-LED đang ở trạng thái ON hay OFF. Do đó, C-OOK-2 với tốc độ phát xung 10Hz có thể truyền rất ra thậm chí hơn hẳn so với C-FSK (bởi vì C-FSK cần một khoảng cách đủ gần để có thể chụp ảnh và trích xuất một tập hợp điểm ảnh đủ lớn để có thể truy ra tần số đang được phát, tuân theo nguyên tắc lấy mẫu Nyquist).

Theo khía cạnh tiếp theo, sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó quy trình giải mã dữ liệu ánh sáng (ánh sáng nhìn thấy hoặc hồng ngoại), bao gồm các bước cụ thể sau:

(i) ứng dụng (App) nhận phản hồi từ đèn, biết được là đèn đang tắt hay đang bật, tương ứng với phương pháp điều chế nào (C-FSK hay C-OOK-2) đang được sử dụng, yêu cầu một phải hồi từ đèn để báo cho App biết các thông số điều chế (bước sóng ánh sáng nào, phương pháp điều chế nào, ...) đang được sử dụng. Dựa vào chi tiết này, App mới có thể cài đặt quá trình giải điều chế phù hợp;

(ii) ứng dụng (App) tương tác người dùng thông qua AR-camera để chọn một đèn (hoặc một nhóm đèn) mà người dùng muốn điều khiển;

(iii) sau đó App chụp ảnh liên tiếp đèn (hoặc nhóm đèn) đã chọn;

(iv) từ các ảnh, app truy ra ID-mạng của các đèn cần điều khiển thông qua quá trình giải điều chế C-FSK hoặc C-OOK-2, sau đó app tạo kết nối với đèn được chọn qua sóng WiFi cho điều khiển mà kế thừa thuật toán giải mã C-FSK trong sáng chế số đơn 1-2020-06602, đồng thời, các thuật toán giải mã C-OOK-2 được bổ sung là

điểm hoàn toàn mới. các cấu trúc lệnh điều khiển và tương tác giữa App và đèn thông qua WiFi đều tuân theo cấu trúc lệnh trong sáng chế số đơn 1-2020-06602,

hình 4 thể hiện tiến trình nhìn-và-chọn đèn thông qua AR-camera sau đó gửi lệnh điều khiển màu/độ sáng đèn, trình tự các bước bao gồm:

đầu tiên, sau khi hoàn thành điều chế ID-mạng và phát qua kênh ánh sáng, đèn sẽ gửi phản hồi lại App qua lệnh t420 rằng nó đang phát ID; trong lệnh phản hồi t420 có chứa thông tin trạng thái của đèn (đèn đang bật hay đang tắt), tương ứng với phương pháp điều chế ánh sáng đang sử dụng là gì, và nếu là C-OOK-2 thì line code nào và mức sáng (dimming) nào đang được sử dụng,

các bước chọn đèn qua tương tác màn hình camera 410, nhận dữ liệu ánh sáng qua camera, giải điều chế dữ liệu 411 để truy ra đèn cần điều khiển cũng tương tự so với sáng chế số đơn 1-2020-06602. Chỉ có phần giải điều chế C-OOK-2 sẽ được sử dụng thay vì C-FSK, tùy theo chế độ phát ánh sáng (hồng ngoại hay ánh sáng nhìn thấy) mà đèn đang sử dụng,

các bước chọn màu đèn 420, phát lệnh điều khiển màu đèn t430 được thực hiện bởi App, sau đó các bước cập nhập xung PWM điều khiển các led RGB qua cơ chế PWM dimming (430 và 440); cuối cùng gửi phản hồi ACK tới App thông báo rằng đã thay đổi màu thành công t440.

Theo khía cạnh tiếp theo, sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó quy trình tùy chỉnh mức độ tiêu thụ năng lượng hồng ngoại của đèn qua dimming, bao gồm các bước cụ thể sau:

(i) app cho phép người dùng giảm tiêu thụ năng lượng từ các IR-LED bằng việc tùy chọn mức sáng (dimming) cho chúng,

cho phép người dùng chọn các mức sáng (dimming) tương ứng từ 1% (mức tiêu thụ năng lượng thấp nhất) đến 99% (mức tiêu thụ năng lượng cao nhất);

(ii) khi app đã chọn và gửi yêu cầu thay đổi mức sáng (dimming) cho việc điều chế ánh sáng hồng ngoại, thì đèn sẽ dựa vào thuật toán 1 và 2 để tạo ra bảng tra cứu và một mã line code phù hợp cho các bước mã hóa dữ liệu và tạo khung tin;

(iii) sau khi ứng dụng (App) nhận thông tin điều chế đang được sử dụng tại đèn (line code gì, và mức dimming nào đang được dùng), việc giải mã thông tin ánh sáng tại AR-camera sẽ tuân theo thuật toán 3 .

Theo khía cạnh tiếp theo, sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó phương pháp điều chế C-OOK-2 (viết tắt của camera-on off keying Version 2) là tổ hợp các thuật toán dựa trên OOK, bao gồm:

- Thuật toán 1 tạo ra bảng tra cứu $mBnB$ (với số nguyên $m > 1$ bất kỳ, và $n = 2^m$) LUT với nhiều mức sáng (dimming) p khác nhau để người dùng có thể chọn lựa và thay đổi mức sáng của đèn yêu cầu người dùng chọn tham số đầu vào là $mBnB$ (với số nguyên $m > 1$ bất kỳ, và $n = 2^m$) và tham số mức sáng (dimming) p . các mã 2B4B, 3B8B, hay 4B16B là các trường hợp cụ thể được tạo ra từ thuật toán 1,

các mức sáng tùy biến có thể được chọn cho từng mã trên,

hình 5 mô tả Thuật toán 1 với tuần tự các bước thực hiện tạo bảng tra cứu LUT đối với $mBnB$ code ở các mức sáng (dimming) p khác nhau. Bảng tra cứu $mBnB$ LUT này vô cùng quan trọng đối với phương pháp điều chế C-OOK-2. Thông qua thuật toán 1 này, nhiều line code khác nhau có thể được tạo ra, ví dụ 2B4B, 3B8B, hay 4B16B (đầu vào m bits, đầu ra $n = 2^m$ bits). Đồng thời, các mức sáng (dimming) p có thể tùy chỉnh, với $p = k/n$ biến thiên tùy ý trong khoảng giá trị $[1/2^m, 1 - 1/2^m]$, cho phép người dùng tùy chọn mức tiêu thụ năng lượng mong muốn mà không làm giảm kết quả SNR.

- Từ bảng tra cứu $mBnB$ LUT với nhiều mức sáng (dimming) p khác nhau, thuật toán 2 tạo ra một bảng tra cứu cho việc mã hóa khung tin, với mở đầu khung (preamble) và thân khung (payload) đều có thể điều chỉnh mức sáng (dimming) để phục vụ cho việc mã hóa dữ liệu Thuật toán 2 lấy đầu ra của thuật toán 1 và khởi tạo một bảng tra cứu cho việc mã hóa khung tin, với mở đầu khung (preamble) và thân khung (payload). Hình 7 mô tả chi tiết hơn về việc mã hóa C-OOK-2 line coding 640 và chèn mở đầu khung preamble vào trước các khung tin 650 thông qua thuật toán 2 – “Tạo gói dữ liệu cho điều chế C-OOK-2 từ bảng mã hóa $mBnB$ LUT”. Đầu vào của thuật toán 2 là bảng tra cứu $mBnB$ LUT đã tạo, còn đầu ra là bảng mã hóa

cho các thân khung (payload) và mở đầu khung preamble tương ứng với các giá trị p thay đổi. Lưu ý rằng, độ dài của mở đầu khung preamble sẽ gấp đôi độ dài của từng thân khung (payload) để đảm bảo rằng khoảng cách Hamming (Hamming distance) giữa chúng là đủ lớn cho việc phát hiện mở đầu khung preamble với độ chính xác cao. Hamming distance giữa mở đầu khung (preamble) và bộ đôi thân khung (payload) bất kỳ sẽ luôn bằng với độ dài của một thân khung (payload), bất kể mức sáng (dimming) p có thay đổi. Điều này làm cho kết quả truyền dữ liệu SNR luôn cao.

Theo khía cạnh tiếp theo, sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó các trường hợp thay đổi tốc độ phát xung để truyền dữ liệu được xa hơn nhưng vẫn đảm bảo không bị nháy đối với mắt, cụ thể như sau:

- tốc độ phát xung ở khoảng cách gần (ví dụ vài mét) là mức kHz phương pháp thay đổi tốc độ phát xung là phương pháp hoàn toàn mới, chỉ áp dụng được cho bước sóng hồng ngoại sử dụng C-OOK-2. ở khoảng cách gần, khuyến nghị là mức kHz (ví dụ 10 kHz) để đảm bảo toàn bộ một khung tin (gồm mở đầu khung (preamble) và thân khung (payload)) được gói gọn trong một ảnh chụp tại một khoảng cách đủ gần, để thuận tiện cho việc giải mã.

- tốc độ phát xung ở khoảng cách xa (trên 10m) được giảm xuống mức Hz nhưng phải đảm bảo nhỏ hơn một nửa tốc độ chụp ảnh của camera nguyên nhân là do, nếu giảm tốc độ xung xuống mức Hz, thì với ánh sáng nhìn thấy sẽ gây nháy đối với mắt. ở khoảng cách xa, ví dụ 10 Hz cho các camera có tốc độ chụp trên 20 fps) để hỗ trợ truyền dữ liệu ở khoảng cách xa khi mà camera chỉ cần một điểm ảnh mang tín hiệu C-OOK-2 để có thể giải mã thông tin.

Theo khía cạnh tiếp theo, sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó quy trình giải mã C-OOK-2 đối với các trường hợp tốc độ xung khác nhau bao gồm các điểm sau:

việc giải mã thông tin ánh sáng tại AR-camera sẽ tuân theo thuật toán 3, áp dụng cho mọi mức sáng (dimming) và các code $mBnB$ khác nhau tùy theo tốc độ phát

xung của đèn, AR-camera cần một hoặc nhiều ảnh chụp (tương ứng với tốc độ phát xung mức kHz hoặc Hz) để thu nhận đủ số mẫu tín hiệu (tối thiểu $2n$ mẫu) để có thể giải mã tín hiệu sử dụng thuật toán 3. đối với trường hợp phát xung mức Hz (ví dụ 10Hz), điều kiện là camera phải có tốc độ chụp ảnh lớn hơn hai lần tốc độ phát xung (ví dụ 20fps),

đối với trường hợp phát xung mức kHz, điều kiện là camera phải có tần số quét điểm ảnh đủ lớn và khoảng cách từ camera đến đèn đủ gần để có thể thu nhận trọn một khung tin vào trong một ảnh,

thông thường, đối với tốc độ phát 10kHz, thì camera có thể nhận dữ liệu ở khoảng cách 2m tới 3m,

dựa trên Thuật toán 3, Hình 11, Hình 12, và Hình 13 đưa ra kết quả thực hiện việc truyền nhận và giải mã dữ liệu sử dụng các codes 2B4B, 3B8B, 4B16B. Kết quả cho thấy, bất kể loại code nào được chọn, và bất kể mức sáng (dimming) p được sử dụng, tỉ lệ BER đạt được luôn ở mức thấp ($BER < 10^{-4}$) tại SNR kênh truyền khoảng -11dB. Kết quả này là vượt trội so với phương pháp OOK thông thường,

hình 14 nêu bảng giá trị các tham biến PHY PIB attributes dùng cho điều chế C-OOK-2 và các giá trị của chúng, lưu ý rằng, tốc độ phát xung (clock rate) khuyến nghị là khoảng dưới 10kHz để đảm bảo việc giải mã sử dụng matched filter đạt kết quả cao.

Theo khía cạnh tiếp theo, sáng chế đề xuất phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại trong đó hệ thống điều khiển đèn được bảo vệ nhiều tầng qua các giao thức bảo mật như sau:

(i) các gói tin gửi qua kênh WiFi được bảo vệ bởi WiFi encryption (bảo kế thừa từ phương pháp bảo mật gói tin WiFi sẵn có của hệ thống WiFi. hình 15 mô tả phương pháp bảo mật đa tầng, bao gồm phương pháp bảo mật được đề cập trong đó các gói tin gửi qua kênh WiFi được bảo vệ bởi các thuật toán WiFi encryption, các thuật toán bảo mật bao gồm WEP, WPA, WPA2 hay WPA3, ... đều có thể được sử dụng để bảo mật WiFi.

(ii) bảo mật lệnh điều khiển trực tiếp đến từ Ứng dụng (App): đèn xác thực quyền điều khiển của app thông qua xác minh “App-key” (App-key là danh tính nội bộ của một App được quy định bởi một App-chủ (host-App) là chủ sở hữu của đèn) sử dụng mã số định danh nội bộ App-key cho từng app thuộc nội bộ hệ thống đèn thông minh do một App-chủ quản lý. hình 15 mô tả phương pháp bảo mật đa tầng trong đó có đề cập đến phương án bảo mật này, bảo mật lệnh điều khiển đối với các lệnh điều khiển đèn trực tiếp: thông qua cơ chế xác thực danh tính App với “App-key”,

mỗi một App sẽ có một danh tính App duy nhất gọi là “App-key” (danh tính nội bộ), được tạo ra và quản lý bởi App-chủ (host App, là App mà có quyền cao nhất đối với một thiết bị đèn),

“App-key” có vai trò giống như một chìa khóa để mở cánh cửa truy cập quyền điều khiển thiết bị. Điều đặc biệt là, do được tạo ra bởi App-chủ và chia sẻ giữa các App một cách nội bộ, nên “App-key” là vô cùng bảo mật. Một App lạ không thể nào có “App-key” và do đó không thể điều khiển đèn trong nhà bạn,

lưu ý rằng, do “App-key” cũng cần lưu vào bộ nhớ của đèn để xác thực danh tính các App, số lượng các “App-key” sẽ là giới hạn do sự giới hạn của bộ nhớ của đèn.

(iii) bảo mật lệnh điều khiển từ xa qua máy chủ/đám mây: máy chủ xác thực quyền điều khiển của App thông qua xác minh “App-ID” và “key điều khiển từ xa” là sự kết hợp giữa mã số định danh toàn cầu App-ID và “key điều khiển từ xa” (trong đó, App-ID là danh tính toàn cầu của App được quy định bởi máy chủ; còn “key điều khiển từ xa” là một key đặc biệt được đồng thuận giữa App-chủ và máy chủ để quản lý các lệnh điều khiển từ xa). hình 15 cũng mô tả bảo mật lệnh điều khiển từ xa thông qua máy chủ/đám mây, trong đó tất cả các lệnh điều khiển từ xa sẽ phải gửi thông qua máy chủ/đám mây; tại đây cơ chế bảo mật cũng sẽ được thực hiện,

đầu tiên, máy chủ/đám mây sẽ kiểm tra danh tính của App, gọi là App-ID (khác với “App-key” là một danh tính nội bộ, App-ID là danh tính của App được quy định bởi máy chủ/đám mây), chỉ có các App-ID đã được App-chủ cho phép thì mới có quyền điều khiển từ xa thiết bị,

một “key điều khiển từ xa” có thể được đồng thuận giữa App-chủ và máy chủ. “key điều khiển từ xa” này sẽ được App-chủ chia sẻ với App-khách khi nó cho phép

App-khách điều khiển thiết bị, máy chủ sẽ thực hiện kiểm tra “key điều khiển từ xa” cho bất cứ lệnh điều khiển nào thông qua nó,

để bảo mật cao hơn, một “key điều khiển từ xa” sẽ không cố định mà có thể là mã OTC thay đổi để giới hạn số lần điều khiển thiết bị cho một App-khách. Điều này có thể quan trọng trong một vài trường hợp,

c cuối cùng, máy chủ khi nhận được lệnh điều khiển từ App-khách có thể sẽ gửi thông báo tới App-chủ và đợi xác nhận từ App-chủ, thao tác xác nhận này cũng có thể bỏ qua khi không cần thiết.

(iv) bảo mật One-Time-Code OTC cho các lệnh điều khiển đèn đến trực tiếp từ App khi đèn được bật “chế độ OTC điều khiển”, mã OTC được tạo ra ngẫu nhiên bởi đèn và được gửi đến App yêu cầu bật “chế độ OTC điều khiển”; do đó trong suốt chế độ này, chỉ có App này (hoặc các Ứng dụng (App) được Ứng dụng này chia sẻ OTC) mới có thể điều khiển đèn giới hạn số lượng App có quyền điều khiển một đèn trong một thời gian kích hoạt cụ thể, nhằm đem lại riêng tư cao nhất cho người dùng. Hình 15 cũng mô tả bảo mật One-Time-Code OTC cho các lệnh điều khiển đèn, trong đó:

khi được bật “chế độ OTC điều khiển” cho các lệnh điều khiển, đèn sẽ tạo ra một OTC như một mã bảo mật tạm thời, sau đó gửi tới App qua kênh ánh sáng,

“chế độ OTC điều khiển” được thực hiện tuần tự như sau: 1 App bật “Chế độ OTC điều khiển” cho một đèn cụ thể, 2 Đèn tạo ra một OTC rồi gửi tới App, mã OTC này sẽ được lưu bởi cả App và đèn để kiểm tra các lệnh điều khiển từ đây về sau, 3 app gửi tin báo lại cho đèn rằng nó đã nhận mã OTC thành công, 4 khi đó, đèn sẽ chính thức bật “Chế độ OTC điều khiển”, 5 mọi lệnh điều khiển gửi từ App tới đèn đều phải kèm theo mã OTC để xác thực, điều này có nghĩa là chỉ có duy nhất một App có quyền điều khiển thiết bị, app này cũng có thể chia sẻ mã OTC này cho các App khác để điều khiển đèn, 6 ở “Chế độ OTC điều khiển”, đèn sẽ kiểm tra để xác thực OTC cho mọi lệnh điều khiển tới nó, app tắt “Chế độ OTC điều khiển” của đèn, khi đó các lệnh điều khiển từ các App khác có thể thực hiện mà không cần tới mã OTC như ở trạng thái thông thường.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Sáng chế đề cập đến phương pháp 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) để điều khiển một cách tiện lợi.

Mặc dù các mô tả nêu trên chứa nhiều chi tiết cụ thể, chúng không được coi là giới hạn về phương án thực thi sáng chế, mà chỉ nhằm mục đích minh họa một số phương án thực thi được ưu tiên.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp điều khiển thiết bị chiếu sáng thông minh thông qua camera sử dụng bước sóng hồng ngoại bao gồm:

(i) ứng dụng (app) phân bổ mã định danh trong mạng kết nối (ID-mạng) cho các đèn thông qua WiFi ;

(ii) app gửi yêu cầu đèn phát ID-mạng qua kênh ánh sáng ;

(iii) đèn điều chế ánh sáng: sử dụng phương pháp điều chế C-FSK (viết tắt của camera-FSK) đối với ánh sáng nhìn thấy, hoặc sử dụng phương pháp điều chế C-OOK-2 (viết tắt của camera-OOK-version 2) đối với hồng ngoại (IR) tùy theo trạng thái của đèn ;

(iv) app bật máy ảnh có tính năng thực tế tăng cường (AR-camera) để nhận tín hiệu ánh sáng và giải mã ID-mạng phát ra từ đèn để chọn-và-điều khiển đèn hoặc các đèn cụ thể ;

(v) app chọn màu tùy ý và truyền lệnh tới đèn qua kênh WiFi. Đèn thực hiện điều chế xung PWM để cập nhật màu đã chọn ;

(vi) app chọn mức tiêu thụ năng lượng cho các LED hồng ngoại (led IR). Đèn thay đổi line code và mức dimming trong các thuật toán điều chế C-OOK-2 để cập nhật mức tiêu thụ điện năng mới .

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ở bước (iii) là phương pháp điều chế ánh sáng trong trường hợp đèn đang bật, đèn có thể thực hiện mã hóa dữ liệu (chính là thông tin ID-mạng của đèn) theo phương pháp điều chế C-FSK và truyền tín hiệu qua bước sóng ánh sáng nhìn thấy, hoặc truyền tín hiệu qua bước sóng hồng ngoại giống như trường hợp đèn đang tắt .

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước (iii) là phương pháp điều chế ánh sáng trong trường hợp đèn đang tắt, đèn có thể thực hiện mã hóa dữ liệu theo phương pháp C-OOK-2 và phát tín hiệu qua bước sóng hồng ngoại với led IR .

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó quy trình giải mã dữ liệu ánh sáng (ánh sáng nhìn thấy hoặc hồng ngoại), bao gồm các bước cụ thể sau:

(i) ứng dụng (App) nhận phản hồi từ đèn, biết được là đèn đang tắt hay đang bật, tương ứng với phương pháp điều chế nào (C-FSK hay C-OOK-2) đang được sử dụng;

(ii) ứng dụng (App) tương tác người dùng thông qua AR-camera để chọn một đèn (hoặc một nhóm đèn) mà người dùng muốn điều khiển ;

(iii) sau đó Ứng dụng (App) chụp ảnh liên tiếp đèn (hoặc nhóm đèn) đã chọn; ;

(iv) từ các ảnh, ứng dụng (App) truy ra ID-mạng của các đèn cần điều khiển thông qua quá trình giải điều chế C-FSK hoặc C-OOK-2, sau đó ứng dụng (App) tạo kết nối với đèn được chọn qua sóng WiFi cho điều khiển màu kế thừa thuật toán giải mã C-FSK trong sáng chế số đơn 1-2020-06602. Đồng thời, các thuật toán giải mã C-OOK-2 được bổ sung là điểm hoàn toàn mới.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó quy trình tùy chỉnh mức độ tiêu thụ năng lượng hồng ngoại của đèn qua dimming, bao gồm các bước cụ thể sau:

(i) ứng dụng (App) cho phép người dùng giảm tiêu thụ năng lượng từ các IR-LED bằng việc tùy chọn mức sáng (dimming) cho chúng

cho phép người dùng chọn các mức sáng (dimming) tương ứng từ 1% (mức tiêu thụ năng lượng thấp nhất) đến 99% (mức tiêu thụ năng lượng cao nhất);

(ii) khi ứng dụng (App) đã chọn và gửi yêu cầu thay đổi mức sáng (dimming) cho việc điều chế ánh sáng hồng ngoại, thì đèn sẽ dựa vào thuật toán 1 và 2 để tạo ra bảng tra cứu và một mã line code phù hợp cho các bước mã hóa dữ liệu và tạo khung tin ;

(iii) sau khi App nhận thông tin điều chế đang được sử dụng tại đèn (line code gì, và mức dimming nào đang được dùng), việc giải mã thông tin ánh sáng tại AR-camera sẽ tuân theo thuật toán 3 .

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1-3, trong đó phương pháp điều chế C-OOK-2 (viết tắt của camera-on off keying Version 2) là tổ hợp các thuật toán dựa trên OOK, bao gồm:

- Thuật toán 1 tạo ra bảng tra cứu $mBnB$ (với số nguyên $m > 1$ bất kỳ, và $n = 2^m$) LUT với nhiều mức sáng (dimming) p khác nhau để người dùng có thể chọn lựa và

thay đổi mức sáng của đèn yêu cầu người dùng chọn tham số đầu vào là $mBnB$ (với số nguyên $m > 1$ bất kỳ, và $n = 2^m$) và tham số mức sáng (dimming) p ;

- từ bảng tra cứu $mBnB$ LUT với nhiều mức sáng (dimming) p khác nhau, thuật toán 2 tạo ra một bảng tra cứu cho việc mã hóa khung tin, với mở đầu khung (preamble) và thân khung (payload) đều có thể điều chỉnh mức sáng (dimming) để phục vụ cho việc mã hóa dữ liệu Thuật toán 2 lấy đầu ra của thuật toán 1 và khởi tạo một bảng tra cứu cho việc mã hóa khung tin, với mở đầu khung (preamble) và thân khung (payload).

7. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 6, trong đó các trường hợp thay đổi tốc độ phát xung để truyền dữ liệu được xa hơn nhưng vẫn đảm bảo không bị nháy đối với mắt, cụ thể như sau:

- tốc độ phát xung ở khoảng cách gần (ví dụ vài mét) là mức kHz để đảm bảo rằng máy ảnh có thể thu được toàn bộ một khung tin trong một ảnh chụp.;

- tốc độ phát xung ở khoảng cách xa (trên 10m) được giảm xuống mức Hz nhưng phải đảm bảo nhỏ hơn một nửa tốc độ chụp ảnh của camera (nguyên nhân là do, nếu giảm tốc độ xung xuống mức Hz, thì với ánh sáng nhìn thấy sẽ gây nháy đối với mắt nhưng với ánh sáng hồng ngoại thì không).

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó quy trình giải mã C-OOK-2 đối với các trường hợp tốc độ xung khác nhau: việc giải mã thông tin ánh sáng tại AR-camera sẽ tuân theo thuật toán 3, áp dụng cho mọi mức sáng (dimming) và các code $mBnB$ khác nhau tùy theo tốc độ phát xung của đèn, AR-camera cần một hoặc nhiều ảnh chụp (tương ứng với tốc độ phát xung mức kHz hoặc Hz) để thu nhận đủ số mẫu tín hiệu (tối thiểu $2n$ mẫu) để có thể giải mã tín hiệu sử dụng thuật toán 3.

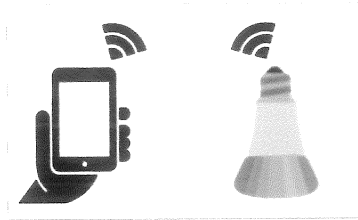
9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó hệ thống điều khiển đèn được bảo vệ nhiều tầng qua các giao thức bảo mật như sau:

(i) các gói tin gửi qua kênh WiFi được bảo vệ bởi các giao thức bảo mật gói tin WiFi (bảo kế thừa từ phương pháp bảo mật gói tin WiFi sẵn có của hệ thống WiFi);

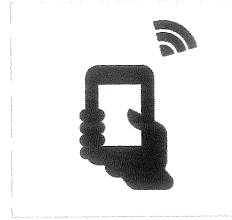
(ii) bảo mật lệnh điều khiển trực tiếp đến từ Ứng dụng (App): đèn xác thực quyền điều khiển của ứng dụng (App) thông qua xác minh “App-key” (App-key là danh tính nội bộ của một Ứng dụng (App) được quy định bởi một App-chủ (host-App) là chủ sở hữu của đèn) sử dụng mã số định danh nội bộ App-key cho từng ứng dụng (App) thuộc nội bộ hệ thống đèn thông minh do một App-chủ quản lý;

(iii) bảo mật lệnh điều khiển từ xa qua máy chủ/đám mây: máy chủ xác thực quyền điều khiển của Ứng dụng (App) thông qua xác minh “App-ID” và “key điều khiển từ xa” là sự kết hợp giữa mã số định danh toàn cầu App-ID và “key điều khiển từ xa” (trong đó, App-ID là danh tính toàn cầu của Ứng dụng (App) được quy định bởi máy chủ; còn “key điều khiển từ xa” là một key đặc biệt được đồng thuận giữa App-chủ và máy chủ để quản lý các lệnh điều khiển từ xa);

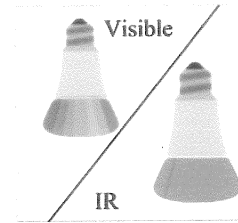
(iv) bảo mật với mã sử dụng một lần (tên tiếng anh One-Time-Code, viết tắt OTC) cho các lệnh điều khiển đèn đến trực tiếp từ Ứng dụng (App) khi đèn được bật “chế độ OTC điều khiển”, mã OTC được tạo ra ngẫu nhiên bởi đèn và được gửi đến Ứng dụng (App) yêu cầu bật “chế độ OTC điều khiển”; do đó trong suốt chế độ này, chỉ có Ứng dụng (App) này (hoặc các Ứng dụng (App) được Ứng dụng (App) này chia sẻ OTC) mới có thể điều khiển đèn giới hạn số lượng Ứng dụng (App) có quyền điều khiển một đèn trong một thời gian kích hoạt cụ thể, nhằm đem lại riêng tư cao nhất cho người dùng.



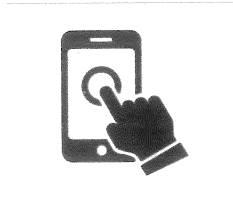
(1) App phân bổ ID-mạng cho các đèn



(2) App yêu cầu đèn phát ID-mạng qua kênh ánh sáng



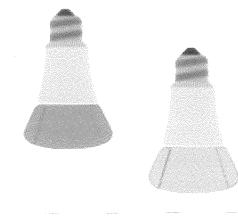
(3) Đèn điều chế C-FSK hoặc C-OOK-2 qua ánh sáng nhìn thấy hoặc hồng ngoại



(4) App bật AR-camera, giải mã tín hiệu ánh sáng và chọn đèn để điều khiển

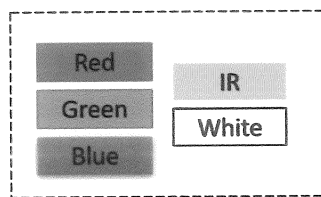


(5) App chọn màu tùy ý. Đèn thực hiện điều chế xung PWM để cập nhật màu đã chọn.

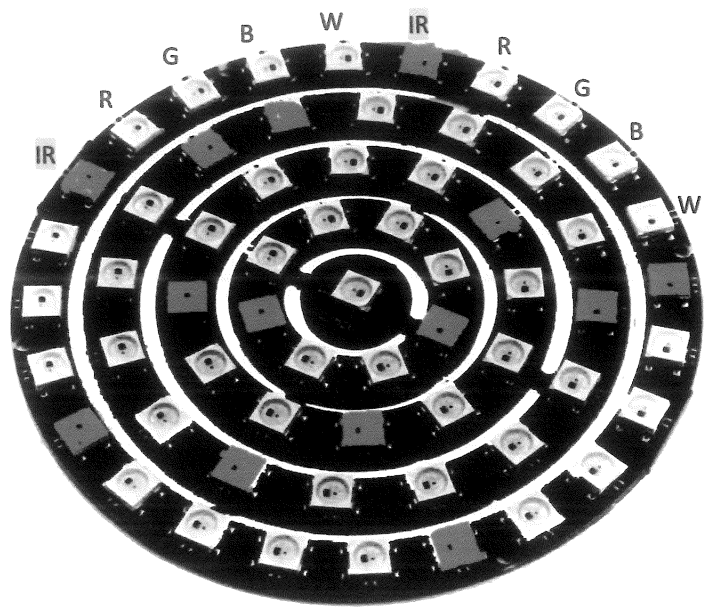


(6) App chọn mức dimming cho IR. Đèn dùng thuật toán tạo line code và cập nhật mức độ tiêu thụ điện năng.

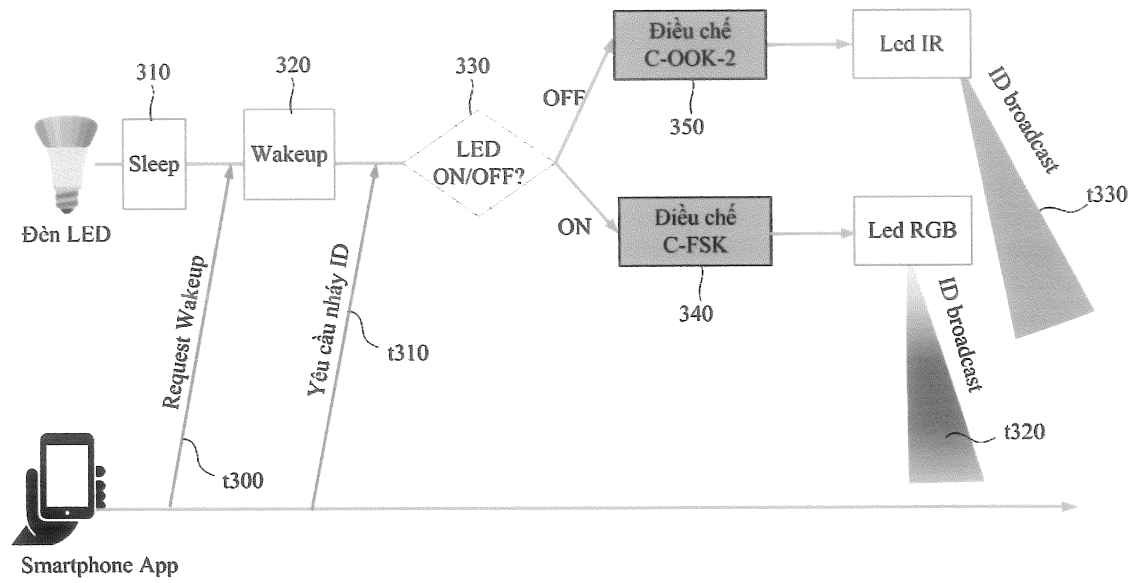
Hình 1



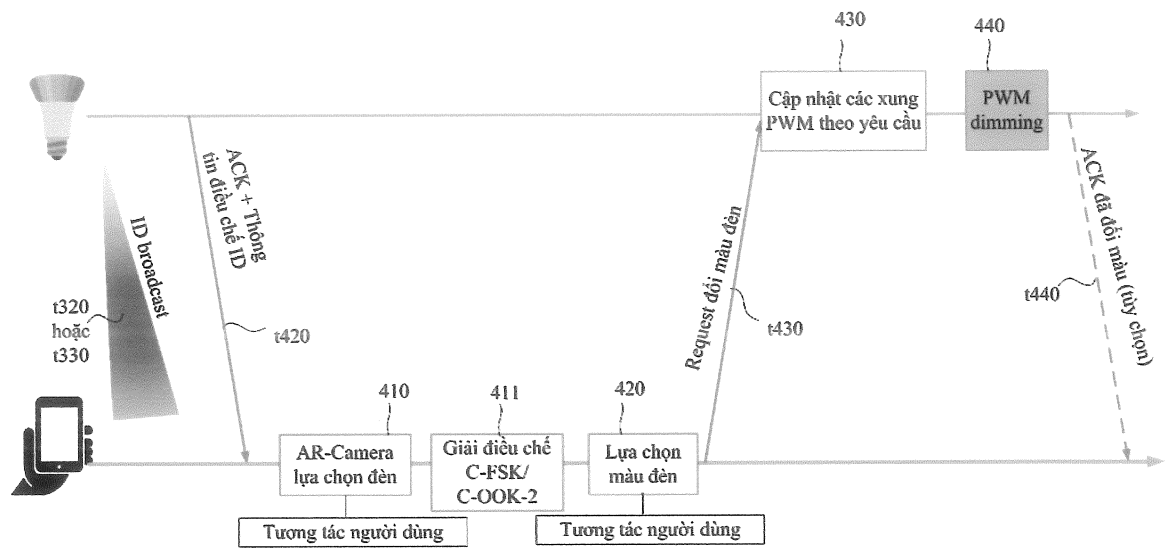
Các loại led trong đèn



Hình 2



Hình 3



Hình 4

Thuật toán 1: Tạo bảng mã hóa *mBnB* Code (*mBnB* LUT)

Khởi tạo: *m*-bit codeword = **I** (đầu vào), *n*-bit codeword = **O** (đầu ra)

Tạo codeword đầu ra:

For: $k = \{1, 2, \dots, n-1\}$

Tính: $p = k/n$ (gọi là tham số dimming, thay đổi từ $1/n$ tới $(n-1)/n$)

Khởi tạo mảng giá trị: $\mathbf{O}[1] = [1 \dots 1 \ 0 \dots 0]$, trong đó có k bit '1' và $(n-k)$ bit '0'.

For: $i = \{1, 2, \dots, n\}$

Tạo mảng $\mathbf{O}[i]$ bằng cách dịch phải $(i-1)$ bit đối với mảng $\mathbf{O}[1]$

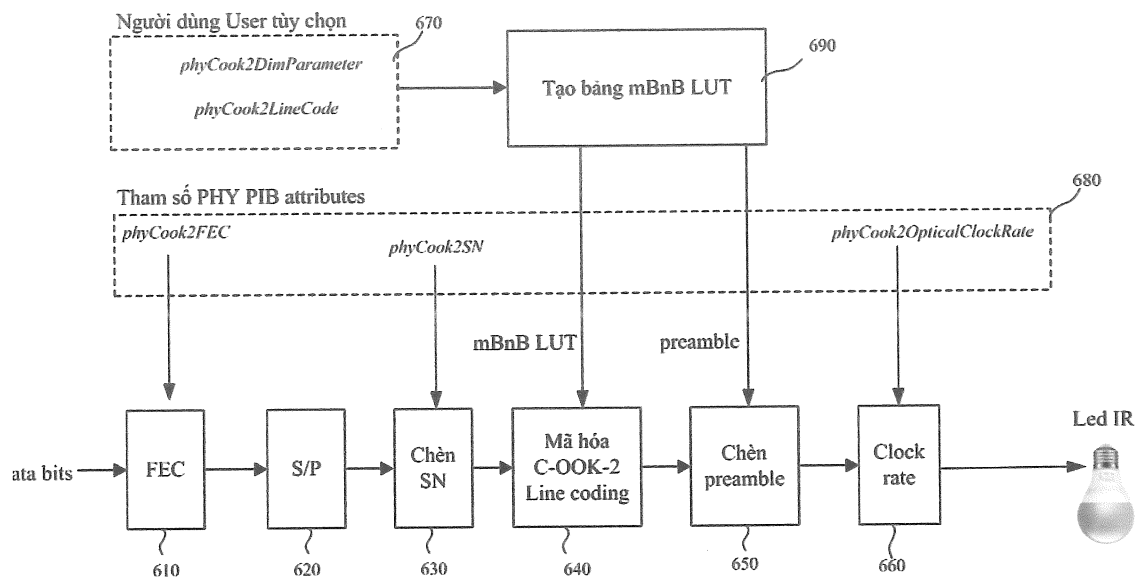
Tạo codeword đầu vào:

Với $i = \{1, 2, \dots, n\}$, codeword đầu vào $\mathbf{I}[i]$ gồm *m*-bit, được tạo theo thứ tự từ '00...0' tới '11...1'

Liên kết đầu vào **I với các giá trị đầu ra **O**** ứng với các trường hợp cho tham số dimming *p* khác nhau

Hoàn thành bảng *mBnB* LUT

Hình 5



Hình 6

Thuật toán 2: Tạo gói dữ liệu cho điều chế C-OOK-2 từ bảng mã hóa $mBnB$ LUT

Đầu vào: $mBnB$ LUT từ Thuật toán 1

Đầu ra: Preamble và payload cho điều chế C-OOK-2

Tạo payload dùng cho điều chế C-OOK-2 bằng cách tăng mẫu bảng $mBnB$ LUT

- Bước 1: Tra cứu codeword đầu vào **I** và codeword đầu ra **O** từ bảng $mBnB$ LUT
- Bước 2: Tăng mẫu $\times 2$ codeword đầu ra **O** để tạo ra payload cho điều chế C-OOK-2

Tạo preamble (có khả năng thay đổi độ sáng) cho điều chế C-OOK-2:

- Bước 1: Từ bảng LUT, trích lấy codeword $O[1] = [11..1\ 00...0]$,
- Bước 2: Gộp bốn lần codeword $O[1]$ để tạo ra preamble có dạng như sau (độ dài preamble gấp hai lần độ dài của payload (tương ứng bốn lần độ dài của codeword **O**):

Preamble = $[11...1\ 00...0\ \ 11...1\ 00...0\ \ 11...1\ 00...0\ \ 11...1\ 00...0]$

Lưu ý: Tỷ lệ bit '1' / '0' của preamble bằng với tỷ lệ đó của các payload. Do vậy, độ sáng toàn bộ khung tin là có thể điều khiển được.

Hình 7

2B Input (I)	4B Output (O với p=1/4)	4B Output (O với p=2/4)	4B Output (O với p=3/4)
00	1000	1100	1110
01	0100	0110	0111
10	0010	0011	1011
11	0001	1001	1101

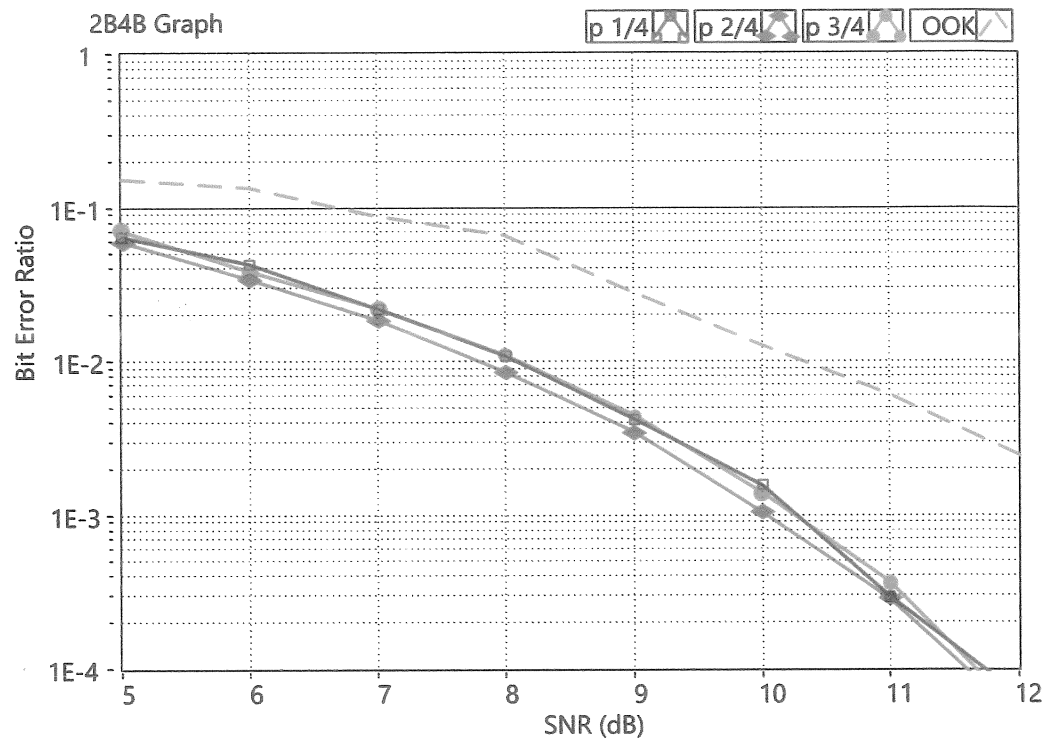
Hình 8

	2B Input (I)	OOK Output (O với $p=1/4$)	OOK Output (O với $p=2/4$)	OOK Output (O với $p=3/4$)
Payload	00	11000000	11110000	11111100
	01	00110000	00111100	00111111
	10	00001100	00001111	11001111
	11	00000011	11000011	11110011
Preamble		1000100010001000	1100110011001100	1110111011101110

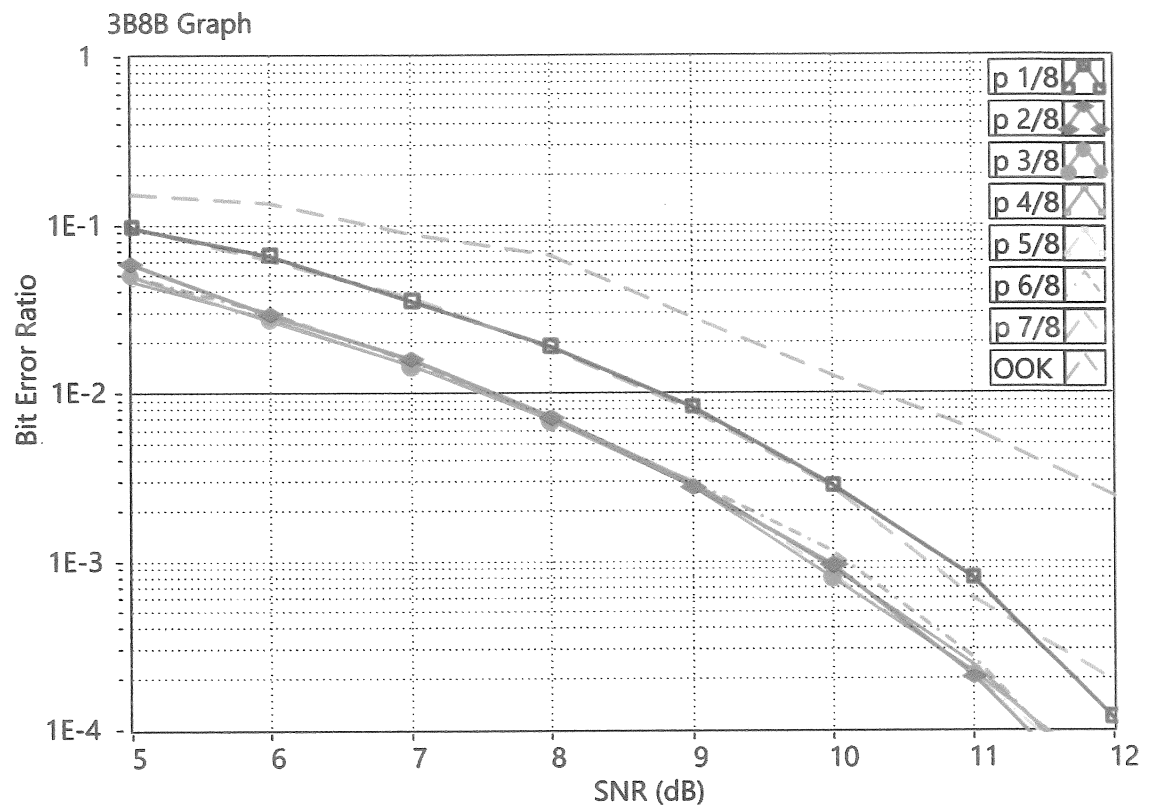
Hình 9

Thuật toán 3: Giải mã dữ liệu payload $mBnB$ bằng cách sử dụng Matched filter (MF)
Đầu vào: - Mảng tín hiệu nhận được có độ dài $2n$: $\mathbf{R}[1] = \{y_1, y_2, \dots, y_{2n}\}$ - Line code $mBnB$ với mức dimming là $p = k/n$ Định nghĩa: Matched filter (MF): $\mathbf{b} = [11\dots1 -1-1\dots-1]$ là mảng bao gồm $2k$ bit '1' và $(2n-2k)$ bit '-1' For: chỉ số $j = \{1, 2, \dots, n\}$ Tạo mảng $\mathbf{R}[j]$ bằng cách dịch trái $(2j-2)$ bit mảng $\mathbf{R}[1]$ Nhân chập $\mathbf{R}[j]$ và $\mathbf{b}$ được kết quả là một cost function C_j: Từ tập hợp các C_j, tìm chỉ số β thỏa mãn: $C_\beta = \text{Max}\{C_j\}$, với $j = \{1, 2, \dots, n\}$ Tra bit dữ liệu: Tra bảng $mBnB$ LUT ứng với chỉ số β vừa tìm được, ra kết quả là $\mathbf{I}[\beta]$ là data codeword cần tìm. Đầu ra: Data codeword $\mathbf{I}[\beta]$

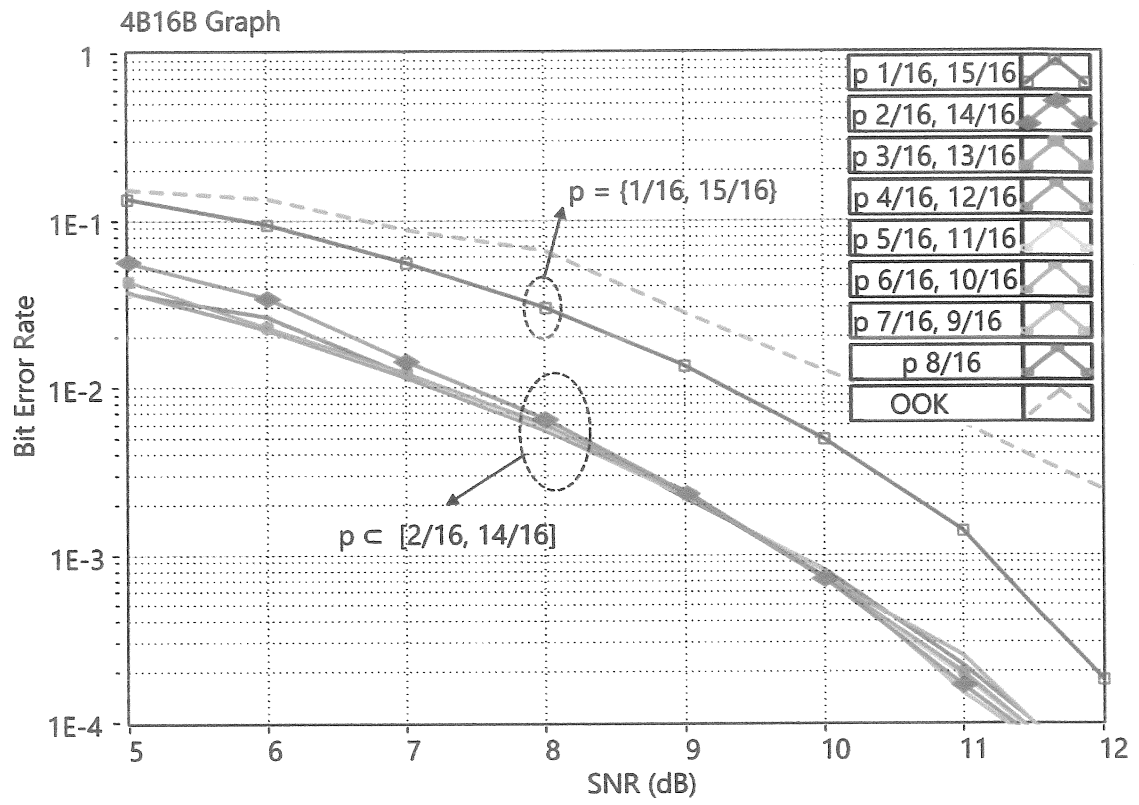
Hình 10



Hình 11



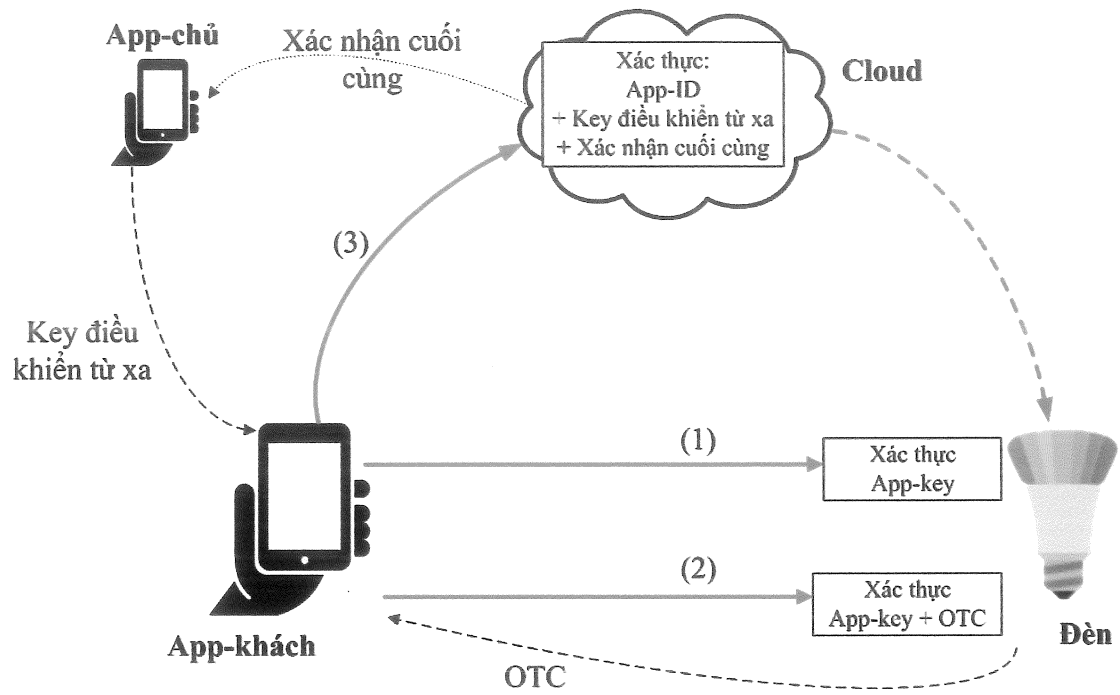
Hình 12



Hình 13

Tên của PIB attributes	Mô tả	Giá trị đề xuất
phyCook2DimParameter	Tham số chuẩn này để quy định dimming parameter p , tương ứng với tỉ lệ các bit '1'/'0' sử dụng trong bảng mã hóa mBnB LUT.	Biến số p được quy định bởi người dùng thông qua App: $p = \{1/n, 1-1/n\}$
phyCook2LineCode	Tham số chuẩn này để quy định Line Code mBnB dùng trong việc mã hóa C-OOK-2.	Line code mBnB cũng được quy định bởi người dùng App. $m = 2^n$
phyCook2OpticalClock Rate	Tham số chuẩn này để quy định giá trị xung phát tới điểm cuối TX (đèn) trong C-OOK-2	0: 2 kHz Others: Reserved
phyCook2Fec	Tham số chuẩn này để quy định mã sửa lỗi FEC dùng cho C-OOK-2	0: None 1: RS(15,11) outer FEC. Other: Reserved
phyCook2SN	Tham số chuẩn này để quy định độ dài (theo bit) của sequence number được chèn cho từng gói dữ liệu.	0: 0 bit SN (trường hợp ID-mạng ngắn hơn độ dài cho phép của khung tin) 2: 2 bit SN Other: Reserved

Hình 14



Phương pháp điều khiển từ App tới đèn

(1) Điều khiển trực tiếp 1 (Yêu cầu xác thực App-key)

(2) Điều khiển trực tiếp 1 (Yêu cầu xác thực App-key và OTC)

(3) Điều khiển từ xa qua máy chủ (Yêu cầu xác thực App-ID, key điều khiển từ xa, và một xác nhận cuối cùng từ App-chủ)

Hình 15