



(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)



1-0042209

(51)^{2020.01} H05B 45/00

(13) B

(21) 1-2021-03439

(22) 10/06/2021

(45) 25/12/2024 441

(43) 27/12/2021 405

(73) Công Ty CP Ánh Sáng Số Huepress (VN)

A20 TT8 Khu đô thị Văn Quán, Phường Văn Quán, Quận Hà Đông, Hà Nội

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

(74) CÔNG TY TRÁCH NHIỆM HỮU HẠN TƯ VẤN ĐẦU TƯ VÀ SỞ HỮU TRÍ TUỆ
INTERFIVE (INTERFIVE CO., LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP CHỌN-VÀ-ĐIỀU KHIỂN CÁC THIẾT BỊ THÔNG MINH

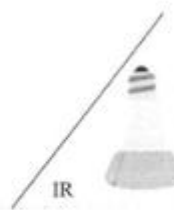
(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp điều chế ánh sáng (cụ thể là ánh sáng hồng ngoại) hai chế độ tắt mở (On-Off-keying:OOK) song song, gọi là phương pháp điều chế tắt mở máy ảnh lai (hybrid camera-OOK:HC-OOK). Phương pháp này giúp cho một máy ảnh với duy nhất một tốc độ chụp ảnh có thể giải mã được cả hai luồng tín hiệu với các khoảng cách gần/xa khác nhau. Dựa trên điều chế HC-OOK, hệ thống và phương pháp chọn-và-điều khiển một thiết bị (cụ thể là đèn thông minh) thông qua máy ảnh được đề xuất, đem lại một trải nghiệm điều khiển trong môi trường thực tế tăng cường (Augmented Reality:AR).



(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 HC-OOK và phát tín hiệu qua ánh sáng hồng ngoại IR



(4) App bật camera, giải mã tín hiệu ánh sáng (một trong hai luồng thông tin của HC-OOK) và chọn đèn để điều khiển



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

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan tới lĩnh vực điện tử viễn thông sử dụng bước sóng ánh sáng (cụ thể là ánh sáng hồng ngoại). Đặc biệt, phương pháp điều chế tín hiệu sử dụng hai chế độ điều chế song song trên cùng một tín hiệu cho một phép máy ảnh có thể vừa nhận dữ liệu được ở khoảng cách gần với tốc độ cao, và vừa nhận được dữ liệu ở khoảng cách xa với tốc độ thấp hơn mà không cần thay đổi tốc độ chụp ảnh.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

(1) Việc điều chế ánh sáng để truyền thông tin tới máy ảnh cho phép thêm mới một trải nghiệm thực tế tăng cường (Augmented Reality: AR). Đặc biệt, trải nghiệm AR cho việc điều khiển hệ thống chiếu sáng thông minh đang trở thành một giải pháp tiên tiến và hiện đại.

Các bằng sáng chế mới nhất ứng dụng AR cho hệ thống chiếu sáng thông minh bao gồm các sáng chế số đơn 1-2020-06602 [1], 1-2021-01747 [2], 1-2021-02449 [3]. Các sáng chế này đều sử dụng một phương pháp điều chế tại một thời điểm cụ thể để truyền dữ liệu tới máy ảnh.

(2) Các phương pháp điều chế thông thường (một chế độ điều chế cho một tín hiệu đầu ra) sử dụng cố định một tốc độ phát xung. Hạn chế là sẽ chỉ cho phép máy ảnh có thể chụp ảnh và giải điều chế tín hiệu ở một khoảng cách cố định, với một tốc độ truyền dữ liệu cố định. Khoảng cách này phải đủ gần để máy ảnh có thể thu trọn một gói tin (khung tin, bao gồm một mở đầu khung tin và phần thân tin) trong một ảnh chụp. Ví dụ:

- Các phương pháp sử dụng điều chế tắt-mở (On-Off-Keying:OOK) (ví dụ phương pháp C-OOK trong chuẩn IEEE 802.15.7-2018) chỉ cho phép máy ảnh có thể nhận ánh sáng và giải mã thông tin ở khoảng cách 1 mét. Ở khoảng cách xa hơn khi mà máy ảnh không thể chụp ảnh đủ lớn để chứa trọn một khung tin, thì máy ảnh không thể giải mã tín hiệu.

- Các phương pháp sử dụng điều chế dịch tần (Frequency Shift Keying:FSK) (ví dụ CM-FSK trong chuẩn IEEE 802.15.7-2018) thì lại chỉ cho phép máy ảnh nhận tín hiệu ở tốc độ thấp. Cho dù ở khoảng cách gần (nhỏ hơn 1 mét), thì tốc độ truyền dữ liệu cũng không tăng được thêm.

(3) Cho tới hiện tại, các phương pháp điều chế ánh sáng hai chế độ song song bao gồm:

- Phương pháp Twinkle VPPM (Intel corp.) (là phương pháp điều chế độ rộng xung (Variable Pulse Position Modulation:VPPM) có thay đổi biên độ) [4] sử dụng kết hợp UFSOOK (Undersampled frequency shift on-off keying) điều chế kết hợp tắt mở và dịch tần kết hợp sử dụng giảm mẫu) và VPPM. Tuy nhiên, nó cần hai máy ảnh với hai tốc độ chụp ảnh khác nhau để có thể giải mã hai luồng thông tin khác biệt; hoặc một máy ảnh nhưng phải có tốc độ thay đổi được từ 30fps cho tới vài chục kfps.

- Tương tự, phương pháp HS-PSK (Hybrid modulation of S2-PSK and dimmable SM-PSK: Phương pháp điều chế dịch pha tín hiệu (Phase Shift Keying: PSK) trên miền không gian (Spatial) có kết hợp song song hai tín hiệu khác pha) [5] cũng yêu cầu hai máy ảnh với hai tốc độ chụp ảnh khác nhau để có thể giải mã hai luồng thông tin khác biệt được kết hợp trong một tín hiệu.

- Các phương pháp điều chế ánh sáng hai chế độ song song khác, tuy kết hợp hai luồng thông tin khác biệt trong một tín hiệu, nhưng chúng lại vừa cần có máy ảnh lại vừa cần có Photodiode (PD). Máy ảnh để giải mã luồng thông tin ở tốc độ thấp, trong khi PD để giải mã luồng thông tin ở tốc độ cao. Một phương pháp tương tự bao gồm [6], trong đó đề xuất việc kết hợp máy ảnh và PD cho hệ thống nhận dữ liệu phát ra từ một chiếc đèn LED (light-emitting-diode).

Tóm lại, tất cả các phương pháp hiện có đều không thể hỗ trợ một máy ảnh với duy nhất một tốc độ chụp ảnh có thể giải mã được cả hai luồng tín hiệu với các khoảng cách gần/xạ khác nhau.

Trong sáng chế này, dạng sóng tắt mở (ON-OFF Keying) được chọn để mã hóa cả hai luồng tín hiệu trong phương pháp điều chế ánh sáng hai chế độ song song. Nhờ vậy mà tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu (Signal-To-Noise Ratio: SNR) luôn cao ở cả hai luồng

tín hiệu. Đồng thời, với việc sử dụng ánh sáng hồng ngoại (Infrared:IR) cho phép điều chế ánh sáng ở tốc độ thấp dưới 100Hz mà không làm nháy hoặc ảnh hưởng tới mắt người.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất sử dụng máy ảnh để nhận diện và phân biệt thiết bị điện trong nhà (ví dụ đèn thông minh) để phục vụ cho việc chọn và điều khiển thiết bị. Để làm được việc này, thiết bị được điều khiển phải phát ra một luồng ánh sáng được mã hóa, để máy ảnh có thể phân biệt được thiết bị này với thiết bị khác. Ánh sáng được sử dụng trong việc mã hóa là ánh sáng hồng ngoại, còn phương pháp điều chế được sử dụng là phương pháp điều chế ánh sáng hai chế độ song song dựa trên điều chế tắt mở (On-Off-keying:OOK).

Phương pháp điều chế hai chế độ OOK song song, gọi là phương pháp điều chế tắt mở máy ảnh lai (hybrid camera-OOK: HC-OOK), bao gồm các bước điều chế sau:

i) điều chế luồng thông tin tốc độ cao:

đèn sử dụng phương pháp điều chế OOK có khả năng thay đổi mức sáng (ví dụ phương pháp điều chế C-OOK-2 đã mô tả trong sáng chế [3]); đồng thời, chọn mức sáng thấp nhất để điều chế tín hiệu;

Tốc độ phát xung được chọn là mức kHz (ví dụ 15 kHz);

ii) điều chế luồng thông tin tốc độ thấp:

đèn thực hiện mã hóa tín hiệu sử dụng phương pháp điều chế OOK;

tốc độ phát xung được chọn là mức Hz (ví dụ 15 Hz);

iii) kết hợp hai luồng thông tin đã điều chế:

đầu ra OOK của luồng thông tin tốc độ thấp sẽ được sử dụng để hiệu chỉnh mức sáng cho một khung dữ liệu của luồng thông tin tốc độ cao và tạo thành một luồng thông tin (cụ thể, nếu luồng thông tin tốc độ thấp là “bit 1”, thì toàn bộ khung dữ liệu của luồng thông tin tốc độ cao sẽ bị đảo bit).

Dựa trên điều chế ánh sáng sử dụng HC-OOK, phương pháp chọn-và-điều khiển các thiết bị (ví dụ thiết bị cụ thể là đèn) bao gồm các bước sau:

- i) ứng dụng phân bổ mã định danh (ký hiệu là ID) trong mạng kết nối (gọi là ID-mạng) cho các đèn thông qua WiFi;
- ii) ứng dụng gửi yêu cầu đèn phát ID-mạng qua kênh ánh sáng;
- iii) đèn điều chế ánh sáng hồng ngoại sử dụng phương pháp điều chế hai chế độ On-Off-keying (OOK) song song, gọi là phương pháp điều chế tắt mở máy ảnh lai (hybrid camera-OOK:HC-OOK);
- iv) ứng dụng bật máy ảnh để chụp ảnh và nhận tín hiệu ánh sáng;
- v) tùy theo khoảng cách tới đèn, máy ảnh có thể chọn một trong hai (hoặc cả hai) luồng thông tin trong tín hiệu HC-OOK để giải mã và truy ra ID-mạng của đèn; sau đó, máy ảnh có thể chọn-và-điều khiển đèn hoặc các đèn cụ thể;
- vi) ứng dụng truyền một lệnh điều khiển tới đèn đã được chọn qua kênh WiFi.

Mô tả tóm tắt các hình vẽ

Hình 1: Các bước trong quy trình chọn-và-điều khiển đèn sử dụng mã hóa HC-OOK và máy ảnh

Hình 2: Sơ đồ quy trình mã hóa HC-OOK

Hình 3: Thuật toán 1 - thuật toán tạo bảng mã hóa $mBnB$ cho luồng thông tin tốc độ cao, với mức sáng thấp

Hình 4: Thuật toán 2 – thuật toán tạo bảng tra cứu khung tin sử dụng mã hóa C-OOK-2 sử dụng $mBnB$ cho luồng thông tin tốc độ cao, với mức sáng thấp

Hình 5: Ví dụ bảng mã hóa 2B4B LUT (hai mức sáng thấp và cao khác nhau) được tạo ra từ **thuật toán 1**

Hình 6: Ví dụ tra cứu mã hóa tạo khung tin dữ liệu C-OOK-2 (hai mức sáng thấp và cao khác nhau) sử dụng 2B4B LUT được tạo ra từ **thuật toán 2**

Hình 7: Bảng tra cứu khung tin sử dụng mã hóa OOK cho luồng thông tin tốc độ thấp

Mô tả chi tiết sáng chế

Hình 1 mô tả các bước trong quy trình chọn-và-điều khiển đèn sử dụng mã hóa HC-OOK và máy ảnh. Các bước bao gồm:

- Ứng dụng (App) phân bổ ID-mạng cho các đèn. Ở đây, ID-mạng là mã định danh (viết tắt ID) của một đèn trong mạng nội bộ của hệ thống đèn chiếu sáng.
- Ứng dụng (App) gửi lệnh tới đèn, yêu cầu đèn phát ID-mạng qua kênh ánh sáng
- Đèn sau khi nhận được lệnh phát ID-mạng, nó sẽ thực hiện điều chế ID-mạng sử dụng phương pháp điều chế hybrid camera-on off keying (viết tắt là HC-OOK). Sau đó, tín hiệu đã điều chế được phát thông qua đèn hồng ngoại IR
- Ở bên nhận, Ứng dụng (App) bật máy ảnh để chụp ảnh để lấy tín hiệu ánh sáng. Sau đó, máy ảnh có thể thực hiện giải điều chế tín hiệu ánh sáng (một trong hai luồng thông tin của HC-OOK, hoặc cả hai luồng thông tin). Dựa trên thông tin giải mã được, Ứng dụng (App) sẽ chọn một hoặc một nhóm đèn cụ thể qua ID-mạng đã giải mã.
- Ứng dụng (App) tùy chọn màu; sau đó đèn sẽ thực hiện điều chế xung PWM tới các led màu để cập nhật màu theo sự lựa chọn của Ứng dụng (App).

Hình 2 thể hiện sơ đồ quy trình mã hóa HC-OOK, bao gồm hai luồng thông tin tốc độ cao và tốc độ thấp.

Ở luồng thông tin tốc độ cao:

- Dữ liệu tốc độ cao (210) bao gồm ID-mạng cùng với các thông tin bổ sung có ích tùy từng hoàn cảnh cụ thể. Ví dụ, đối với đèn điện, nó có thể bao gồm các thông tin về trạng thái đèn hiện tại.
- Mã sửa lỗi FEC (211) có thể được sử dụng để bảo vệ dữ liệu khỏi lỗi kênh truyền.
- Khối S/P (212) chia dữ liệu thành các gói nhỏ để thực hiện điều chế từng gói tín hiệu tạo ra một khung tín hiệu tương ứng.
- Việc chèn số thứ tự khung (SN) (213) cho phép bên máy ảnh có thể ghép nối các khung liên tiếp lại với nhau để khôi phục lại toàn bộ dữ liệu. Việc này cho phép hỗ trợ các máy ảnh có tốc độ chụp ảnh thay đổi trong quá trình giảm mẫu.

- Phương pháp mã hóa C-OOK-2 (214) sẽ được thực hiện cho luồng thông tin tốc độ cao
- Sau khi mã hóa C-OOK-2, một phần mở đầu khung tin (215) sẽ được chèn vào đầu mỗi khung tin
- Tốc độ phát xung nhịp 2 (216) được quy định như sau:
 - toàn bộ khung tin của luồng thông tin tốc độ cao, bao gồm phần mở đầu khung tin và phần thân khung tin sẽ được phát với tốc độ gấp một số nguyên lần (số nguyên $N \geq 1$) tốc độ phát xung OOK của luồng thông tin tốc độ thấp;
 - một khung tin của luồng thông tin tốc độ cao sẽ được co ngắn lại về mặt thời gian và lặp lại M lần (số nguyên $M > 1$) để đảm bảo rằng khung tin có độ dài đủ ngắn để lọt trọn trong một ảnh chụp bởi máy ảnh tại một khoảng cách nhất định (ví dụ 2 mét tính từ đèn);
 - tốc độ phát xung OOK của luồng thông tin tốc độ cao sẽ được tính bằng tốc độ phát khung dữ liệu của nó nhân với và độ dài của khung dữ liệu;
 - tốc độ phát xung OOK của luồng thông tin tốc độ cao phải nhỏ hơn 100 kHz là tần số tối đa mà các máy ảnh thông thường trên thị trường có thể phân biệt được sự thay đổi của tín hiệu trong luồng thông tin.
- Ví dụ cho tốc độ phát xung nhịp 2 (216):
 - Tốc độ chụp ảnh là 30fps, thì tốc độ 15Hz sẽ được chọn là tốc độ phát xung OOK ở luồng thông tin tốc độ thấp.
 - Theo đó, tốc độ phát khung tin của luồng thông tin tốc độ cao sẽ gấp $N = 1$ lần tốc độ 15Hz, tức là bằng 15Hz.
 - Tiếp theo, để đảm bảo rằng khung tin được co lại đủ ngắn để lọt vào trong một ảnh chụp, $M = 8$ sẽ quy định rằng một khung tin sẽ được lặp lại 8 lần liên tiếp. Tốc độ phát khung tin bây giờ sẽ là $8 \times 30\text{Hz} = 120\text{Hz}$.
 - Với một máy ảnh có tốc độ quét điểm ảnh là 100kHz theo từng hàng, thì tốc độ phát xung OOK của luồng thông tin tốc độ cao sẽ được chọn là 20kHz (đảm bảo nhỏ hơn một nửa so với 100kHz).

- Cuối cùng, độ dài khung tin của luồng thông tin tốc độ cao sẽ là:
 $(1/120\text{Hz})/(1/20\text{kHz}) = 167 \text{ bit}$.
- Độ dài khung tin của luồng thông tin tốc độ thấp thì không bị ràng buộc. Khung tin mà càng dài thì sẽ mất nhiều thời gian hơn để chụp đủ số ảnh cho việc giải mã khung tin.

Ở luồng thông tin tốc độ thấp:

- Dữ liệu tốc độ thấp (310) sẽ chỉ bao gồm ID-mạng để giảm thiểu thời gian giải mã của máy ảnh.
- Mã sửa lỗi FEC (311) có thể được sử dụng (hoặc không, do độ dài ID-mạng là quá ngắn) để bảo vệ dữ liệu khỏi lỗi kênh truyền.
- Khối S/P (312) chia dữ liệu thành các gói nhỏ để thực hiện điều chế từng gói tín hiệu tạo ra một khung tín hiệu tương ứng.
- Toàn bộ ID-mạng sẽ được mã hóa vào một khung tin, do đó mà không cần chen số thứ tự khung giống như đã làm với luồng thông tin tốc độ cao
- Việc mã hóa OOK (313) sẽ tuân theo bảng tra cứu ở **Hình 7**.
- Sau khi mã hóa OOK, một phần mở đầu khung tin (314) sẽ được chen vào đầu mỗi khung tin. Phần mở đầu khung tin này tuân theo bảng tra cứu ở **Hình 7**.
- Tốc độ phát xung nhịp “Clock rate 1” (315) phải đảm bảo rằng phải không lớn hơn một nửa tốc độ chụp ảnh của máy ảnh trong thiết bị điều khiển được chọn;

Chập đầu ra của hai luồng thông tin sau mã hóa (316):

- đầu ra OOK của luồng thông tin tốc độ thấp sẽ được sử dụng để hiệu chỉnh mức sáng cho một khung dữ liệu của luồng thông tin tốc độ cao và tạo thành một luồng thông tin.
- Cụ thể, nếu luồng thông tin tốc độ thấp là “bit 1”, thì toàn bộ khung dữ liệu của luồng thông tin tốc độ cao sẽ bị đảo bit (tức là trong toàn bộ khung tin, bit 1 sẽ đảo thành bit 0 và ngược lại).

Ví dụ cụ thể:

Hình 8 nêu ra một ví dụ cụ thể cho quá trình chập đầu ra của hai luồng thông tin sau mã hóa. Code 2B4B được sử dụng ở đây. Ở ví dụ này, một khung tin ở luồng thông tin tốc độ cao có dạng:

$$|\text{phần mở đầu khung tin} \quad |\text{phần thân khung tin} \quad | = \\ |1000100010001000|00110000 \ 00001100|$$

Một khung tin này sẽ được chập với một bit của luồng thông tin tốc độ thấp.

- Nếu bit = 1, thì toàn bộ khung tin trên sẽ bị đảo bit, tức là tín hiệu chập đầu ra sẽ là:

$$(\text{đảo bit}) \quad |\text{phần mở đầu khung tin} \quad |\text{phần thân khung tin} \quad | = \\ |0111011101110111|11001111 \ 11110011|$$

Việc đảo bit này sẽ tạo ra một khung tin có mức sáng cao, cụ thể là 75% đối với code 2B4B.

- Nếu bit = 0, thì toàn bộ khung tin trên sẽ được giữ nguyên, và tạo ra một khung tin có mức sáng thấp ở 25%.

Cuối cùng, tín hiệu chập, gọi là tín hiệu song song hai kênh OOK, được phát qua kênh ánh sáng hồng ngoại IR.

Hình 3 mô tả Thuật toán 1 - thuật toán tạo bảng mã hóa $mBnB$ LUT cho luồng thông tin tốc độ cao, với mức sáng thấp.

- Đầu vào của thuật toán là hai số nguyên m, n , trong đó $n = 2^m$.
- Đầu ra sẽ là bảng mã hóa, đầu vào là bit trong từ mã, còn đầu ra cũng là từ mã nhưng có thể chọn một mức sáng: mức sáng thấp (độ sáng $p = 1/n$). Ngược lại, khi bị 'đảo bit', nó sẽ tạo ra mức sáng cao (độ sáng $p = 1 - 1/n$).
- Thuật toán sử dụng phương pháp dịch bit để tạo sự tương đồng giữa các từ mã đầu ra. Chính vì vậy, khi sử dụng bảng tra cứu này, một bộ lọc matched filter có thể được sử dụng ở bên thu (máy ảnh) đem lại hiệu quả giải mã cao.

Hình 4 thể hiện Thuật toán 2 – thuật toán tạo bảng tra cứu khung tin sử dụng mã hóa C-OOK-2 sử dụng $mBnB$ cho luồng thông tin tốc độ cao, với mức sáng thấp.

- Đầu vào của thuật toán 2 là đầu ra của thuật toán 1 (bảng tra cứu $mBnB$ LUT)

- Đầu ra sẽ là bảng tra cứu khung tin, bao gồm cách tra cứu cho phần mở đầu khung và phần thân khung.
- Đầu ra của bảng tra cứu cũng có hai sự lựa chọn cho mức sáng của từ mã, mức sáng thấp (độ sáng $p = 1/n$) và mức sáng cao (độ sáng $p = 1 - 1/n$) được tạo thành từ việc đảo bit của mức sáng thấp.

Hình 5 đưa ra ví dụ bảng mã hóa 2B4B LUT (hai mức chỉnh độ sáng p khác nhau) được tạo ra từ **thuật toán 1**.

Dựa trên thuật toán 1 đã mô tả ở Hình 3, một ví dụ cụ thể cho trường hợp $m=2$ và $n=4$ được nêu ra ở Hình 5.

Hình 6 đưa ra một ví dụ tra cứu mã hóa tạo khung tin dữ liệu C-OOK-2 (hai mức sáng khác nhau) sử dụng 2B4B LUT được tạo ra từ **thuật toán 2**.

Dựa trên thuật toán 2 đã mô tả ở Hình 4, một ví dụ cụ thể cho trường hợp $m=2$ và $n=4$ được nêu ra ở Hình 6.

Hình 7 mô tả bảng tra cứu khung tin sử dụng mã hóa OOK cho luồng thông tin tốc độ thấp.

Khác với phương pháp tra cứu khung tin sử dụng ở luồng thông tin tốc độ cao sử dụng C-OOK-2, ở luồng thông tin tốc độ thấp này sẽ sử dụng bảng tra cứu riêng. Đầu ra của bảng mã hóa này không cần quan tâm tới độ sáng của đèn hồng ngoại, vì mắt người không thể nhìn thấy ánh sáng hồng ngoại.

Phần mở đầu khung tin sẽ cần khác biệt với chuỗi các từ mã ở phần phần thân khung tin, do đó mà phần mở đầu khung tin = '101010' được chọn. Còn các từ mã '11' và '00' sẽ được chọn cho phần thân khung tin.

Như vậy, thông qua bảng tra cứu ở Hình 7, khoảng cách Hamming giữa phần mở đầu khung tin và chuỗi phần thân khung tin có độ dài tương đương sẽ luôn bằng 3.

Ở bên thu (bên máy ảnh), phương pháp giải điều chế HC-OOK ở bên thu (bên thiết bị điều khiển có máy ảnh) bao gồm các trường hợp sau:

- khi ở khoảng cách đủ gần và máy ảnh có thể thu trọn toàn bộ khung tin tốc độ cao vào trong một ảnh chụp, thì máy ảnh có thể thực hiện giải điều chế cả hai luồng thông tin;

Thực nghiệm cho thấy, với tốc độ phát khung tin (luồng thông tin tốc độ cao) là 120 Hz và lặp lại 8 lần liên tiếp một khung tin (để đảm bảo việc chụp tín hiệu với luồng thông tin tốc độ thấp ở 15 Hz), thì máy ảnh điện thoại có thể giải mã luồng thông tin tốc độ cao trong khoảng 2 mét trở lại.

- khi ở khoảng cách xa, máy ảnh sẽ lấy trung bình mức sáng của đèn trên mỗi ảnh để tìm ra mức biên độ của tín hiệu OOK của luồng thông tin tốc độ thấp; sau đó, máy ảnh chụp nhiều ảnh để có thể giải điều một khung dữ liệu ở luồng thông tin tốc độ thấp.

Thực nghiệm cho thấy, dù ở khoảng cách tới 20 mét, thì máy ảnh vẫn có thể nhận được tín hiệu ánh sáng phát ra từ đèn (chỉ với một điểm ảnh), và do đó, nó vẫn có thể giải mã tín hiệu ở luồng thông tin tốc độ thấp.

Điều kiện thực hiện:

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. Các loại đèn là mở rộng của RGB (ví dụ RGBW, trong đó W-white là dùng để điều chỉnh độ Kelvin của ánh sáng bằng cách trộn với RGB) đều có thể dùng được. Ngoài ra, đèn LED cần phải có thêm các led hồng ngoại (IR LED) để có thể truyền dữ liệu qua ánh sáng hồng ngoại.

Điện thoại thông minh (Smartphone) có máy ảnh được dùng để có thể trải nghiệm điều khiển đèn thực tế tăng cường AR qua ứng dụng. Tuy nhiên, các máy ảnh khác (như webcam, máy ảnh quan sát (Closed Circuit Television: CCTV) đều có thể được dùng nếu có Ứng dụng được cài đặt cho việc giải điều chế tín hiệu, kết nối và điều khiển đèn. Các máy ảnh phải có điều kiện là (i) cơ chế màn trập kiểu rolling shutter để có thể nhận cả hai luồng tín hiệu (còn nếu là cơ chế màn trập kiểu global shutter thì chỉ nhận được luồng tín hiệu tốc độ thấp), 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 dữ liệu; (iii) tốc độ quét điểm ảnh (tốc độ quét hàng pixel trong rolling shutter) phải đủ lớn để có thể nhận biết sự thay đổi mức sáng tạo ra bởi đèn hồng ngoại ngay trong một bức ảnh.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Phương pháp điều chế tín hiệu sử dụng hai chế độ điều chế song song trên cùng một tín hiệu cho một phép máy ảnh có thể vừa nhận dữ liệu được ở khoảng cách gần với tốc độ cao, và vừa nhận được dữ liệu ở khoảng cách xa với tốc độ thấp hơn mà không cần thay đổi tốc độ chụp ảnh.

Cụ thể, phương pháp điều chế HC-OOK dựa trên hai luồng tín hiệu OOK sẽ cho phép tỉ lệ tín hiệu trên nhiễu (SNR) luôn cao ở cả hai kênh tín hiệu.

Do có thể nhận được luồng tín hiệu ở khoảng cách rất xa (ngay cả khi mà máy ảnh chỉ chụp được đèn như một điểm ảnh nhỏ), hệ thống chọn-và-điều khiển đèn sẽ rất hiệu quả trong mọi tình huống về khoảng cách. Đồng thời, luồng thông tin tốc độ cao cho phép máy ảnh nhận được thêm các thông tin hữu ích bổ sung khi ở khoảng cách đủ gần, ví dụ như tình trạng hoặc các thông số của đèn hiện tại; điều này mở ra khả năng cho nhiều ứng dụng khác sau này.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp chọn-và-điều khiển các thiết bị thông minh bao gồm các bước sau:

- i) ứng dụng phân bổ mã định danh (ký hiệu là ID) trong mạng kết nối (gọi là ID-mạng) cho các đèn thông qua WiFi;
- ii) ứng dụng gửi yêu cầu đèn phát ID-mạng qua kênh ánh sáng;
- iii) đèn điều chế ánh sáng hồng ngoại sử dụng phương pháp điều chế hai chế độ tắt mở (On-Off-keying:OOK) song song, gọi là phương pháp điều chế tắt mở máy ảnh lai (hybrid camera-OOK:HC-OOK);
- iv) ứng dụng bật máy ảnh để chụp ảnh và nhận tín hiệu ánh sáng;
- v) tùy theo khoảng cách tới đèn, camera có thể chọn một trong hai (hoặc cả hai) luồng thông tin trong tín hiệu HC-OOK để giải mã và truy ra ID-mạng của đèn; sau đó, camera có thể chọn-và-điều khiển đèn hoặc các đèn cụ thể;
- vi) ứng dụng truyền một lệnh điều khiển tới đèn đã được chọn qua kênh WiFi.

2. Phương pháp điều chế hai chế độ On-Off-keying (OOK) song song, gọi là phương pháp điều chế ‘tắt mở máy ảnh lai (hybrid camera-OOK:HC-OOK)’, viết tắt là HC-OOK, bao gồm đồng thời các phương pháp điều chế sau:

i) điều chế luồng thông tin tốc độ cao:

đèn sử dụng phương pháp điều chế OOK có thể thay đổi một trong hai mức sáng (mức sáng thấp $< 50\%$, và mức sáng cao $> 50\%$);

tốc độ phát xung được chọn là mức kHz (ví dụ 15 kHz);

ii) điều chế luồng thông tin tốc độ thấp:

đèn thực hiện mã hóa tín hiệu sử dụng phương pháp điều chế OOK;

tốc độ phát xung được chọn là mức Hz (ví dụ 15 Hz).

3. Phương pháp điều chế HC-OOK theo điểm 2, trong đó phương pháp chấp tín hiệu bằng việc kết hợp hai luồng thông tin đã điều chế được thực hiện như sau:

một khung tin của luồng thông tin tốc độ cao (có mức sáng thấp $< 50\%$) sẽ được chụp với một bit của luồng thông tin tốc độ thấp;

nếu một bit của luồng thông tin tốc độ thấp là bit “0”, thì tín hiệu chụp đầu ra sẽ hoàn toàn giống với luồng thông tin tốc độ cao;

nếu luồng thông tin tốc độ thấp là bit “1”, thì toàn bộ khung dữ liệu của luồng thông tin tốc độ cao sẽ bị đảo bit để tạo ra một khung tin có mức sáng cao $> 50\%$.

4. Phương pháp điều chế HC-OOK theo điểm 2, trong đó phương pháp điều chế luồng thông tin tốc độ thấp sử dụng ‘11’ và ‘00’ cho mã hóa các bit ‘1’ và ‘0’ trong phần thân khung tin đồng thời sử dụng ‘101010’ cho phần mở đầu khung tin.

5. Phương pháp điều chế HC-OOK theo điểm 2, trong đó tốc độ phát xung cho từng luồng thông tin điều chế được quy định như sau:

i) tốc độ phát xung OOK của luồng thông tin tốc độ thấp phải không lớn hơn một nửa tốc độ chụp ảnh của máy ảnh trong thiết bị điều khiển được chọn;

ii) toàn bộ khung tin của luồng thông tin tốc độ cao, bao gồm phần mở đầu khung tin và phần thân khung tin, sẽ được phát với tốc độ gấp một số nguyên lần $M \cdot N$ tốc độ phát xung OOK của luồng thông tin tốc độ thấp, trong đó:

số nguyên N ($N \geq 1$) đảm bảo việc chụp hai luồng tín hiệu có các tốc độ phát xung khác nhau một cách hợp lệ;

số nguyên M ($M > 1$) đảm bảo rằng, một khung tin của luồng thông tin tốc độ cao sẽ được co ngắn lại về mặt thời gian và lặp lại M lần để khung tin có độ dài đủ ngắn để lọt trọn trong một ảnh chụp bởi máy ảnh tại một khoảng cách nhất định (ví dụ 2 mét tính từ đèn);

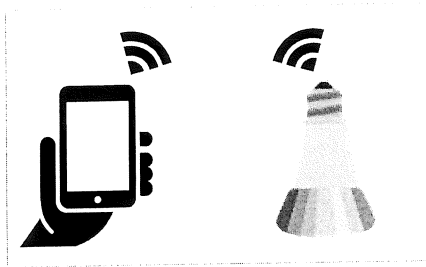
iii) tốc độ phát xung OOK của luồng thông tin tốc độ cao sẽ được tính bằng tốc độ phát khung dữ liệu của nó nhân với và độ dài của khung dữ liệu;

tốc độ phát xung OOK của luồng thông tin tốc độ cao phải nhỏ hơn 100 kHz là tần số tối đa mà các máy ảnh thông thường trên thị trường có thể phân biệt được sự thay đổi của tín hiệu trong luồng thông tin.

6. Phương pháp giải điều chế HC-OOK ở bên thu (bên thiết bị điều khiển có máy ảnh) bao gồm các bước:

i) khi ở khoảng cách đủ gần và máy ảnh có thể thu trọn toàn bộ khung tín tốc độ cao vào trong một ảnh chụp, thì máy ảnh có thể thực hiện giải điều chế cả hai luồng thông tin;

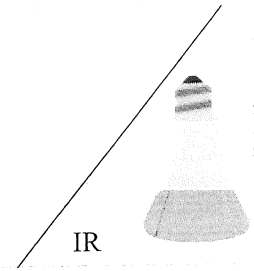
ii) khi ở khoảng cách xa, máy ảnh sẽ lấy trung bình mức sáng của đèn trên mỗi ảnh để tìm ra mức biên độ của tín hiệu OOK của luồng thông tin tốc độ thấp; sau đó, máy ảnh chụp nhiều ảnh để có thể giải điều một khung dữ liệu ở luồng thông tin tốc độ thấp.



(1) App phân bổ ID-mạng cho các đèn



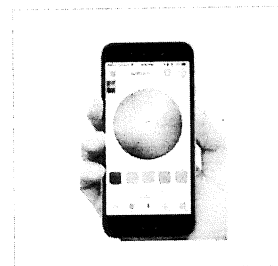
(2) App yêu cầu đèn phát ID-mạng qua kênh ánh sáng



(3) Đèn điều chế HC-OOK và phát tín hiệu qua ánh sáng hồng ngoại IR

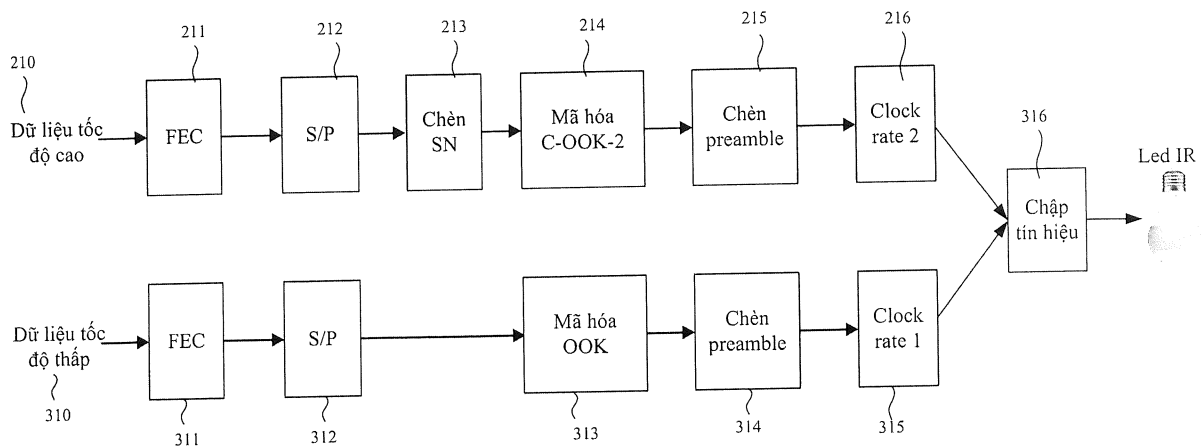


(4) App bật camera, giải mã tín hiệu ánh sáng (một trong hai luồng thông tin của HC-OOK) và chọn đèn để điều khiển



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

Hình 1



Hình 2

Thuật toán 1: Tạo bảng mã hóa $mBnB$ với mức sáng thấp ($mBnB$ LUT)

Đầu vào: số nguyên m , số nguyên $n = 2^m$.

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

Tạo từ mã đầu ra:

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

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

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

Tạo từ mã đầu vào:

Với $i = \{1, 2, \dots, n\}$, từ mã đầu vào $I[i]$ 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**, được bảng LUT ứng với trường hợp mức sáng thấp (mức sáng bằng $1/n$).

Hoàn thành bảng $mBnB$ LUT với mức sáng bằng $1/n$.

Hình 3

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

Đầu vào:

- Bảng $mBnB$ LUT với hai mức sáng từ **Thuật toán 1**

Đầu ra: Phần mở đầu khung tin và phần thân khung tin cho điều chế C-OOK-2 tương ứng với mức sáng *thấp*.

Tạo phần thân khung tin dùng cho điều chế C-OOK-2 bằng cách tăng mẫu bảng $mBnB$ LUT

- Bước 1: Tra cứu từ mã đầu ra **O** từ bảng $mBnB$ LUT, tương ứng với mức sáng p .
- Bước 2: Tăng mẫu $\times 2$ từ mã đầu ra **O** để tạo ra phần thân khung tin cho điều chế C-OOK-2

Tạo phần mở đầu khung tin (có mức sáng thấp) cho điều chế C-OOK-2:

- Với mức sáng thấp ($p = 1/n$):

Phần mở đầu khung tin = [1 00...0 1 00...0 1 00...0 1 00...0],

Là lặp lại $\times 4$ của từ mã [1 00...0] với 1 bit '1' và $(n-1)$ bit '0'

Hình 4

Đầu vào 2B (I)	Đầu ra 4B (O với $p=1/4$)	Đầu ra 4B (Đã đảo bit của O)
00	1000	0111
01	0100	1011
10	0010	1101
11	0001	1110

Hình 5

	Đầu vào 2B (I)	Đầu ra OOK (O với $p=1/4$)	Đầu ra OOK (O đã đảo bit)
Phần thân khung tin	00	11000000	00111111
	01	00110000	11001111
	10	00001100	11110011
	11	00000011	11111100
Phần mở đầu khung tin		1000100010001000	0111011101110111

Hình 6

Đầu vào	Đầu ra
bit '1'	11
bit '0'	00
Phần mở đầu khung tin	1010

Hình 7

	Tín hiệu OOK đầu ra 1	Tín hiệu OOK đầu ra 2
Khung tin của luồng tốc độ cao	1000100010001000 00110000 00001100 phần mở đầu khung tin phần thân khung tin	1000100010001000 00110000 11000000 phần mở đầu khung tin phần thân khung tin
Một bit của luồng tốc độ thấp	'1'	'0'
Chập hai luồng tin	0111011101110111 11001111 11110011	1000100010001000 00110000 11000000
Mức sáng khung tin sau chập	75%	25%
Mức sáng trung bình	50%	

Hình 8