SỬ DỤNG ÁNH SÁNG NHÌN THẤY ĐỂ TRUYỀN DỮ LIỆU THAY CHO SÓNG RF

USING VISIBLE LIGHT TO REPLACE RF WAVE IN DATA TRANSMISSION

Bùi Thị Minh Tú[1], Ngô Đức Thiệp[2], Trần Thị Hoài Thương[2]

[1]Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; btmtu@dut.udn.vn

[2]Sinh viên Lớp 11DT2, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt - Đối với các hệ thống thông tin hiện nay, sóng điện từ (Radio Frequency - RF) luôn được sử dụng để truyền thông tin từ máy phát đến máy thu. Mỗi hệ thống khác nhau sẽ sử dụng sóng điện từ trong một dải tần số khác nhau để phù hợp với khoảng cách truyền hay mức độ suy hao…Tuy nhiên, khi số lượng dịch vụ viễn thông ngày càng tăng, các hệ thống thông tin ngày càng được mở rộng nhưng tài nguyên về tần số thì không đổi, khiến cho các nhà nghiên cứu phải xem xét để sử dụng sóng điện từ trong miền tần số cao hơn. Mục tiêu của bài viết này là nghiên cứu việc sử dụng sóng điện từ trong vùng ánh sáng nhìn thấy với tần số cao hơn để truyền dữ liệu thay cho sóng điện từ hiện nay nhằm mở rộng tài nguyên tần số.

Từ khóa - ánh sáng; bước sóng; hiệu ứng quang điện; Led; Lifi; lượng tử; nhiễu xạ; Photo Diode; photon; pin Mặt Trời; quang học; sóng điện từ; tần số; tia tử ngoại; tín hiệu số; tốc độ baud; Wifi.

Abstract - In current information systems, electromagnetic wave (Radio Frequency - RF) is always used to transmit information from the transmitter to the receiver. Each different system uses electromagnetic waves in a different frequency range to suit different transmission distances or attenuation levels... However, when the number of telecommunication services is increasing quickly, information systems are increasingly expanded but the limited frequency resource forces researchers to find a way to use electromagnetic waves in a higher frequency range. The objective of this paper is to study the posibility of using electromagnetic waves in the visible light region with higher frequencies to transmit data to expand the frequency resource.

Key words - light; wavelength; photoelectric effect; led; lifi; quantum; diffraction; photodiode; photon; optics; radio frequency; frequency; ultraviolet; digital; baud rate, wifi.

1. Đặt vấn đề

Những giới hạn về tài nguyên tần số đã được dự báo từ nhiều năm trước. Các nhà cung cấp dịch vụ viễn thông chỉ được cấp phát một băng tần khá hẹp để phục vụ cho việc truyền tín hiệu. Sự giới hạn này khiến cho quá trình phát triển của các nhà cung cấp bị ảnh hưởng rất lớn. Tài nguyên tần số là rất quý giá, do vậy các trạm gốc (BTS) thông thường không phát tín hiệu với các tần số khác nhau. Khi các trạm gốc đủ xa thì sẽ sử dụng lại tần số đã phát ở trước nhằm tái sử dụng tần số. Tuy nhiên, việc sử dụng lại tần số có nhược điểm lớn là gây ra nhiễu cho các tế bào mạng (cell) lân cận, làm mất sự kiểm soát công suất giữa các tế bào mạng với nhau.

Hiện nay trên thế giới, vùng tần số được sử dụng cho các hoạt động truyền tín hiệu chủ yếu dưới 100 GHz, trong đó có sóng siêu cao tần (tần số từ 1-100GHz), sóng Radio (tần số lớn hơn 3kHz). Khi nhu cầu sử dụng dịch vụ viễn thông tăng cùng với sự ra đời của các thiết bị điện tử thông minh, yêu cầu tốc độ dữ liệu cao như xem phim HD, live Video… khiến cho các nhà nghiên cứu phải xem xét các vùng tần số cao về khả năng sử dụng.

Ánh sáng khả kiến cũng là sóng điện từ, nhưng có thể nhìn thấy được. Truyền thông tin trong vùng ánh sáng nhìn thấy (VLC) là một phương tiện truyền thông dữ liệu, trong đó sử dụng ánh sáng nhìn thấy được (Visible Light) có tần số giữa 400 THz và 800 THz [3].

Bài báo này trình bày các kết quả về các phép đo đạc thực tế để khẳng định việc dùng ánh sáng để truyền dữ liệu là hoàn toàn có thể thực hiệu được cũng như đưa ra các nhận xét, đánh giá, ý tưởng nhằm tối ưu hóa hệ thống và phát triển sau này.

2. Giải quyết vấn đề

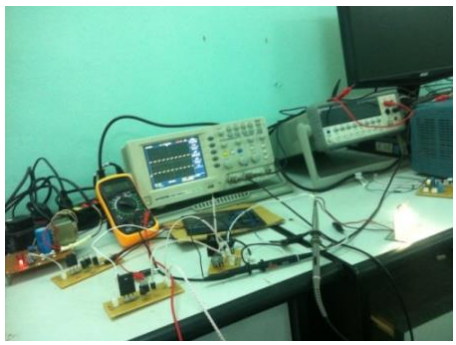
2.1. Phương pháp nghiên cứu

Để hiểu rõ nguyên lý sử dụng ánh sáng truyền thông tin, nhóm nghiên cứu đã thiết kế sơ đồ mạch, tính toán các giá trị điện trở và đo đạc dạng sóng trên các linh kiện, từ đó hoàn thiện mô hình và thử truyền tín hiệu số với tốc độ thấp.

Sau khi hoàn thành các công việc trên, chúng tôi thay đổi tần số, khoảng cách, độ sáng để xem xét ảnh hưởng các thông số trên lên hệ thống mô hình thử nghiệm. Cuối cùng, chúng tôi đưa ra một số nhận xét, giải thích các nguyên nhân dẫn đến kết quả không mong muốn và hướng phát triển của công nghệ VLC sau này.

2.2. Phương tiện nghiên cứu

Các thí nghiệm được thực hiện tại phòng thí nghiệm C120, khoa Điện tử - Viễn thông, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng. Sử dụng các thiết bị chuyên dùng trong các mạch điện như đồng hồ đo điện áp, máy hiện sóng (oscilloscope), máy tạo xung (generator)…



Hình 1. *Các thiết bị sử dụng tại phòng thí nghiệm*

2.3. Điều kiện thí nghiệm

- Khoảng cách thu phát: 1.2m.
- Nguồn sáng: Led trắng, công suất 3W.
- Nguồn thu quang: Pin Mặt Trời kích thước 3.5x1cm.
- Tần số nhấp nháy của Led: 10kHz, 50kHz, 75kHz, 100kHz, 1MHz.

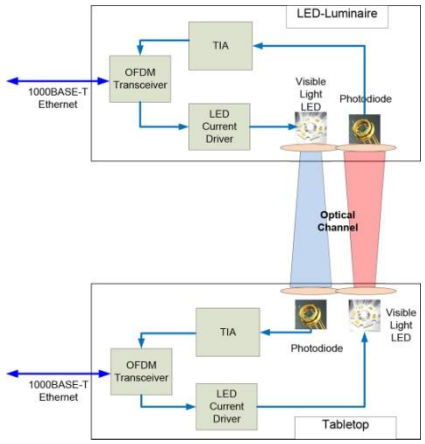
- Máy hiện sóng: kênh 1 đo V_{in}, kênh 2 đo V_{out}.

- Máy tạo sóng: tạo dạng sóng vuông có tần số thay đổi.

- Nguồn nhiễu: ánh sáng tự nhiên và ánh đèn điện quang có trong phòng thí nghiệm.

2.4. Cơ sở lý thuyết

Bằng cách thay đổi cường độ sáng của các bóng đèn LED, ánh sáng của nó phát ra cũng sẽ thay đổi theo tín hiệu điện, ở phía đầu thu có một linh kiện điện tử (Photodiode) chuyển đổi tín hiệu quang sang tín hiệu điện cực kỳ nhạy với cường độ ánh sáng, nên có thể giải mã ra được tín hiệu ban đầu đã phát [3].



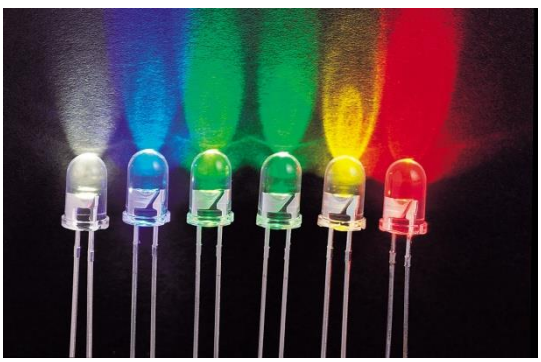
Hình 2. *Sơ đồ khối của một hệ thống VLC thực tế (TIA: Mạch tiền khuếch đại trở kháng cao)*

2.4.1. Linh kiện phát quang

Các hệ thống VLC thường dùng các đèn Led để phát quang. Led (viết tắt của Light Emitting Diode, có nghĩa là Diode phát quang) là các Diode có khả năng phát ra ánh sáng hay tia hồng ngoại, tử ngoại.

Khối bán dẫn loại p chứa nhiều lỗ trống tự do mang điện tích dương, nên khi ghép với khối bán dẫn n (chứa các electron tự do) thì các electron ở bán dẫn n sẽ khuếch tán sang bán dẫn p để kết hợp với lỗ trống [1]. Cùng lúc khối p lại nhận thêm các electron (điện tích âm) từ khối n chuyển sang. Kết quả là khối p tích điện âm (thiếu hụt lỗ trống và dư thừa electron) trong khi khối n tích điện dương (thiếu electron và dư thừa lỗ trống).

Ở biên giới hai bên mặt tiếp giáp, các electron bị lỗ trống thu hút và khi chúng tiến lại gần nhau, chúng có xu hướng kết hợp với nhau tạo thành các nguyên tử. Quá trình này có thể giải phóng năng lượng dưới dạng ánh sáng (hay các bức xạ điện từ có bước sóng gần đó) [2].



Hình 3. *Hình ảnh đèn led thực tế (ảnh: arduino.vn)*

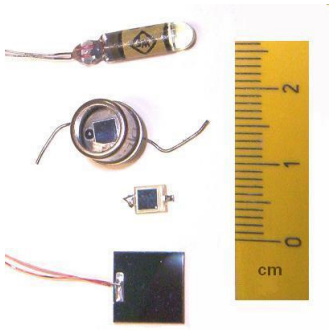
Đèn huỳnh quang (đèn tuýp) hay đèn sợi đốt cũng phát ra ánh sáng như đèn Led, tuy nhiên hai loại đèn trên ít dùng trong hệ thống VLC vì các linh kiện thu quang ít nhạy với ánh sáng do chúng phát ra. Đèn huỳnh quang còn có thêm chấn lưu và starter (chuột) hoạt động với kiểu phóng điện, nên không phù hợp với hệ thống VLC (yêu cầu phát các bit với tốc độ cao), còn đèn sợi đốt vừa tốn điện, vừa có đáp ứng chậm nên không được sử dụng.

2.4.2. Linh kiện thu quang

Diode quang hay photodiode là một loại diode bán dẫn thực hiện chuyển đổi photon thành điện tích theo hiệu ứng quang điện trong [1].

Các photon có thể là ở vùng phổ ánh sáng nhìn thấy, hồng ngoại, tử ngoại, tia X, tia gamma. Khi photon xâm nhập lớp hoạt động của photodiode là tiếp giáp p-n hoặc cấu trúc PIN, sẽ tạo ra điện tích làm phát sinh dòng điện.

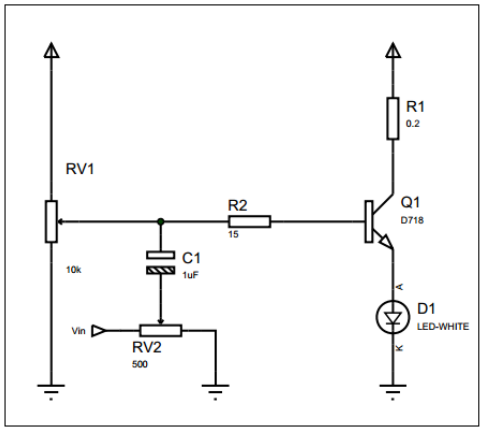
Cảm biến photodiode có ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật điện tử, đặc biệt là các thiết bị đo đạc, giám sát, truyền dẫn thông tin, điều khiển,... Chúng được chế tạo từ dạng đơn lẻ để cảm biến trạng thái nào đó như giấy trong khay của máy in còn hết, đến dạng tích hợp mảng lớn (Array) như cảm biến ảnh CCD.



Hình 4. *Kích thước của một số loại photodiode*

2.5. Sơ đồ mạch

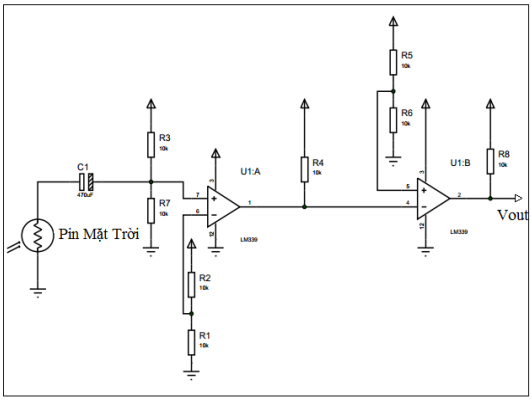
2.5.1. Sơ đồ mạch phát



Hình 5. *Mạch chuyển đổi tín hiệu điện thành quang*

Tín hiệu điện (V_{in}) được đưa vào mạch thông qua tụ C_1, ở đây, biến trở RV_2 được dùng để điều chỉnh cường độ tín hiệu vào. RV_1 giúp phân cực cho điểm B. Khi cường độ tín hiệu vào thay đổi làm cho BJT dẫn mạnh yếu thay đổi theo, điều khiển dòng điện qua Led, qua đó tín hiệu điện đưa vào được chuyển thành tín hiệu quang phát ra trên đèn Led.

2.5.2. Sơ đồ mạch thu



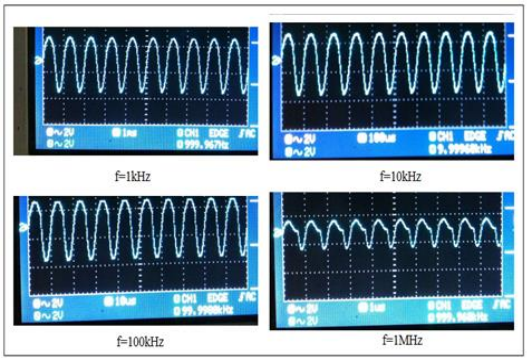
Hình 6. *Mạch thu quang*

Tín hiệu từ đèn Led phát ra được linh kiện thu quang (ở đây sử dụng pin Mặt Trời) hấp thụ và tạo ra dòng điện ứng với cường độ sáng. Sau đó, tín hiệu được khôi phục lại thông qua OPAM LM339 [4].

3. Kết quả nghiên cứu

3.1. Tín hiệu phát ra trên đèn Led

Để đo tín hiệu trên hai chân của đèn Led ở trên, chúng tôi dùng máy tạo sóng, cung cấp dạng sóng vào V_{in} lần lượt là sóng sin và sóng vuông, sau đó tăng dần tần số từ 1kHz đến 1MHz.



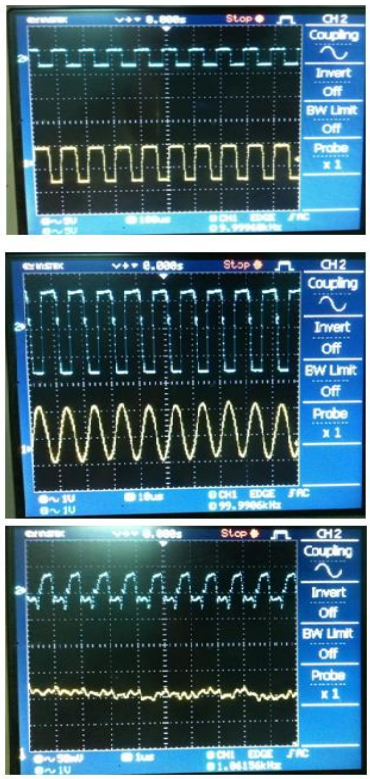
Hình 7. *Tín hiệu sin đo được trên hai chân đèn Led*

Khi tần số tăng lên, dạng sóng sin phát ra trên Led bị biến dạng, khi nguồn phát phát không đúng dạng tín hiệu thì bên thu sẽ khó khôi phục lại. Nguyên nhân khiến cho tín hiệu bị biến dạng là vì bản thân các đèn Led khi hoạt động cũng xuất hiện quá trình nạp xả như tụ điện. Khi tốc độ nhấp nháy cao, sự nạp/xả bị hạn chế nên tín hiệu trên Led không thể bắt kịp với tín hiệu vào, khiến cho dạng sóng ra trên Led bị biến dạng.

3.2. Tín hiệu thu trên pin Mặt Trời

Thí nghiệm sử dụng pin Mặt Trời kích thước 3.5x1cm làm linh kiện thu quang. Khoảng cách thực hiện là 1.2m. Trong hình, tín hiệu ở phía trên là tín hiệu phát ra trên đèn Led, tín hiệu ở phía dưới là tín hiệu thu được trên hai chân của pin Mặt Trời. Tần số được chọn dùng lần lượt là 10kHz, 100kHz, 1MHz.

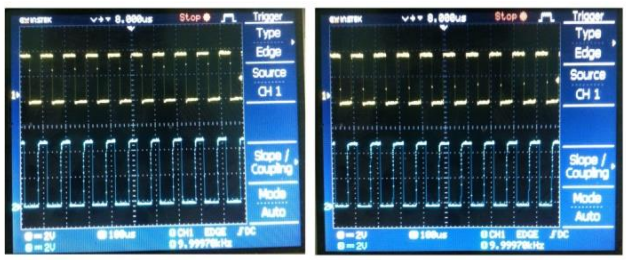
Tín hiệu thu trên thiết bị thu quang pin Mặt Trời không có hình dáng như tín hiệu đã phát. Nguyên nhân là vì khi cường độ sáng thay đổi thì các electron xuất hiện trong pin Mặt Trời cũng thay đổi số lượng, nên sinh ra các dao động cùng tần số với tín hiệu phát. Tuy nhiên, dạng sóng phát và thu không đồng dạng vì các xung ánh sáng phát đi với thời gian lên và xuống rất bé, còn các electron không thể được tạo ra một cách tức thời, mà phải có một khoảng thời gian đủ lớn.



Hình 8. *Tín hiệu thu được trên pin Mặt Trời*

3.3. Tác động của các nguồn nhiễu phổ biến tới việc truyền tín hiệu

Ngoài ánh sáng của nguồn phát thì các phép đo còn bị ảnh hưởng bởi ánh sáng tự nhiên và ánh sáng đèn huỳnh quang có trong phòng thí nghiệm. Tuy nhiên, ảnh hưởng của nó lên hệ thống hầu như không đáng kể. Trong kết quả bên dưới, Hình a là kết quả thí nghiệm thực hiện trong bóng tối, còn Hình b là kết quả khi có thêm nguồn nhiễu là ánh sáng tự nhiên và ánh sáng đèn huỳnh quang.



a b

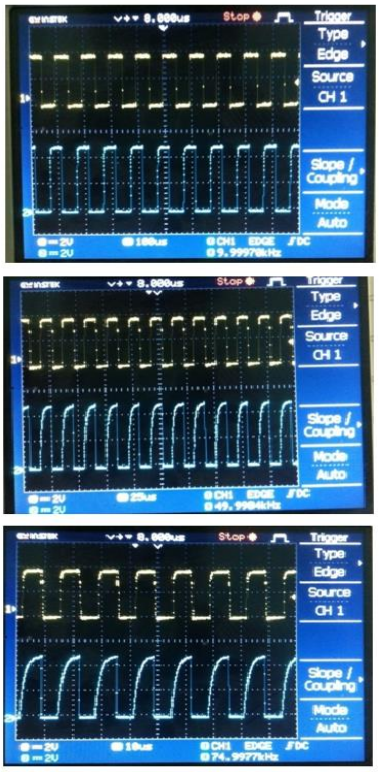
Hình 9. *Kết quả đo với các điều kiện khác nhau*

Các nguồn nhiễu ít ảnh hưởng đến kết quả các phép đo. Ánh sáng tự nhiên ít khi thay đổi về cường độ trong thời gian dài, nên tín hiệu do nó tạo ra có thể xem là tín hiệu một chiều và bị loại bỏ bằng tụ C_1 (tụ điện chỉ cho tín hiệu xoay chiều đi qua). Ngoài ra, ánh sáng huỳnh quang nhấp nháy với tần số 50Hz, còn nguồn phát Led nhấp nháy với tần số lên tới vài chục kHz nên dễ dàng đi qua tụ C_1 hơn do

dung kháng của tụ tỷ lệ nghịch với tần số tín hiệu.

3.4. Tín hiệu thu sau khi xử lý bằng IC LM339

Trong Hình 10, tín hiệu ở phía trên là tín hiệu phát ra trên đèn Led, phía dưới là tín hiệu thu được trên hai cực của pin Mặt Trời. Tần số được chọn dùng lần lượt là 10kHz, 50kHz, 75kHz.



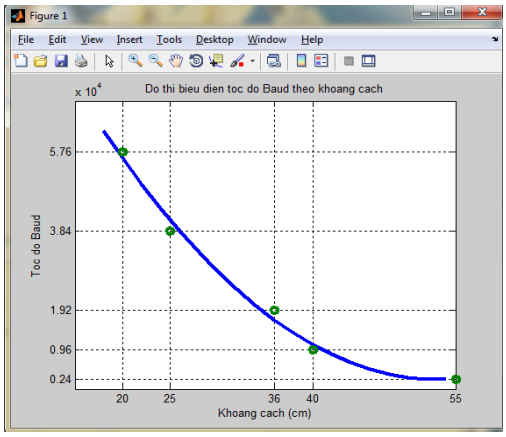
Hình 10. *Tín hiệu thu sau khi qua xử lý*

Kết quả trên cho thấy, ở vùng tần số thấp (dưới 50kHz) sau khi qua mạch xử lý bằng IC LM339, tín hiệu phát và tín hiệu thu rất giống nhau. Khi tăng tần số lên cao thì chất lượng tín hiệu thu bị giảm đi. Nguyên nhân chính là do độ nhạy của pin Mặt Trời còn thấp, chưa đáp ứng kịp ở vùng tần số cao. Để có thể khắc phục được trở ngại này, chúng tôi đề xuất sử dụng linh kiện thu quang hiện đại hơn như Photodiode MRD 500 [4] hoặc là sử dụng mạch xử lý tín hiệu phức tạp hơn cùng các vi điều khiển chuyên dụng để xử lý tín hiệu số.

3.5. Truyền dữ liệu thông qua giao tiếp UART

Việc truyền dữ liệu sẽ được thực hiện giữa vi điều khiển và laptop thông qua giao tiếp UART. Bên phát (vi điều khiển) sẽ phát đi một chuỗi các ký tự dưới dạng các bit 0, 1, bên thu sẽ khôi phục dữ liệu lại và hiển thị ra màn hình.

Quá trình thí nghiệm được tiến hành với sự thay đổi của tốc độ Baud theo các giá trị 2400, 9600, 19200, 38400, 57600 cùng với sự thay đổi khoảng cách truyền.



Hình 11. *Tốc độ Baud giảm theo khoảng cách truyền*

Tốc độ Baud giảm theo khoảng cách và với các độ sáng khác nhau thì chất lượng tín hiệu khác nhau, nên công nghệ VLC vẫn cần rất nhiều thời gian để nghiên cứu phát triển.

4. Kết luận

Với sự ra đời của chuẩn công nghệ Li-fi, công nghệ kết nối internet không dây bằng xung ánh sáng, tốc độ truyền tải dữ liệu nâng cao gấp 100 lần so với mạng không dây Wi-Fi thông thường [3]. Khi đó, bóng đèn tích hợp các phần cứng chuyên dụng hoàn toàn có thể trở thành điểm truy cập cho Li-Fi. Việc các hãng công nghệ như Intel, Apple, Sisoft... đang dần quan tâm hơn đến vấn đề sử dụng ánh sáng để truyền dữ liệu có thể giúp cho công nghệ này trở nên thương mại hóa.

Công nghệ VLC nếu được phát triển thì còn có thể ứng dụng trong rất nhiều lĩnh vực, ví dụ như trong bệnh viện hoặc các trung tâm chăm sóc sức khỏe khi sóng RF không được phép sử dụng, đặc biệt là trong phòng chụp X-quang, hoặc là trong giao thông. Hầu hết các xe lưu thông trên đường đều sử dụng đèn, nếu sử dụng công nghệ VLC thì chúng ta có thể cung cấp dữ liệu (tốc độ xe phía trước, tình trạng giao thông) cho các xe tham gia giao thông. Một ứng dụng quan trọng khác là công nghệ sử dụng laze để truyền dữ liệu ở khoảng cách từ vệ tinh đến Trái Đất thay cho sóng viba hiện nay do tia laze có độ định hướng và tính đơn sắc rất cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Học viện công nghệ bưu chính viễn thông, *Kỹ thuật thông tin quang 1*, Nhà xuất bản Hà Nội, 2009. P: 89-165.

[2] Thư viện vật lý, *Bản chất lưỡng tính của ánh sáng phản ánh trong các thành tựu Nobel*, http://360. thuvienvatly.com/bai-viet/lich-su-vat-ly/356-ban-chat-luong-tinh-cua-anh-sang-phan-anh-trong-cac-thanh-tuu-nobel, truy cập vào ngày 28/3/2016.

[3] Khoahoc.tv, *Li-Fi vừa được thử nghiệm trong thực tế với tốc độ nhanh hơn Wi-Fi 100 lần*. http://khoahoc.tv /cong-nghe-khong-day-li-fi-duoc-thu-nghiem-nhanh-gap-100-lan-wi-fi-67066, truy cập vào ngày 10/3/2016.

[4] Durgesh Gujjari, *Visible Light Communications*, Dalhousie University Halifax, Nova Scotia August 2012. P: 31-35.

(BBT nhận bài: 16/05/2016, phản biện xong: 25/05/2016)