

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

NGUYỄN DUY TUYẾN

**ĐỊNH VỊ BẰNG CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG
ÁNH SÁNG NHÌN THẤY SỬ DỤNG TRẠM PHÁT ĐA
CHùm SÁNG**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ CÔNG NGHỆ ĐIỆN TỬ, TRUYỀN
THÔNG**

Hà Nội - 2017

**ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CÔNG NGHỆ**

NGUYỄN DUY TUYẾN

**ĐỊNH VỊ BẰNG CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG
ÁNH SÁNG NHÌN THẤY SỬ DỤNG TRẠM PHÁT ĐA
CHùm SÁNG**

Ngành: Công Nghệ Kỹ Thuật Điện Tử, Truyền Thông

Chuyên Ngành: Kỹ Thuật Viễn Thông

Mã số: 605 202 03

LUẬN VĂN THẠC SĨ CÔNG NGHỆ ĐIỆN TỬ, TRUYỀN THÔNG

Người hướng dẫn khoa học: TS. Nguyễn Nam Hoàng

Hà nội, Ngày.... Tháng... Năm..

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan nội dung tôi viết hoàn toàn là chính thống, không sao chép nội dung và kết quả mô phỏng có trong luận văn thạc sĩ chưa từng được công bố từ bất kỳ tài liệu nào dưới mọi hình thức. Các thông tin sử dụng trong luận văn thạc sĩ có nguồn gốc được trích dẫn rõ ràng

Tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm nếu có dấu hiệu sao chép kể quả từ các tài liệu khác.

TÁC GIẢ

NGUYỄN DUY TUYẾN

LỜI CẢM ƠN

Đầu tiên tôi xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến TS. Nguyễn Nam Hoàng, người đã tận tình hướng dẫn và giúp đỡ tôi hoàn thành luận văn tốt nghiệp thạc sĩ trong suốt thời gian vừa qua.

Tôi cũng xin cảm ơn các quý thầy cô, anh chị và các bạn tại khoa Điện tử – Viễn thông, Đại học Công nghệ đã có những đóng góp bổ ích, tạo điều kiện và giúp đỡ tôi trong suốt quá trình nghiên cứu luận văn này.

Luận văn này được hỗ trợ bởi đề tài “Nghiên cứu giải pháp loại bỏ nhiễu, Nâng cao hiệu năng mạnh và phát triển phần mềm mô phỏng mạng truyền thông ánh sáng sử dụng các chùm sáng định hướng”

Cuối cùng tôi xin bày tỏ lời cảm ơn sâu sắc đến gia đình, bạn bè, nhưng người đã luôn ủng hộ và giúp đỡ em trong suốt quá trình học tập và hoàn thành chương trình đào tạo Thạc sĩ tại trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc Gia Hà Nội.

Mặc dù tôi đã cố gắng hết sức để hoàn thành luận văn này bằng tất cả tâm huyết và năng lực của mình, tuy nhiên không thể tránh khỏi những sai sót, rất mong nhận được sự góp ý quý báu của quý bạn và thầy cô.

Tôi xin chân thành cảm ơn.

Hà Nội, Ngày 01 tháng 10 năm 2017

HỌC VIÊN

NGUYỄN DUY TUYẾN

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN.....	1
LỜI CẢM ƠN.....	2
DANH MỤC VÀ KÝ HIỆU	5
DANH MỤC HÌNH ẢNH.....	7
DANH MỤC BẢNG.....	8
LỜI MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG I:	3
TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ VLC –TRUYỀN THÔNG SỬ DỤNG ÁNH SÁNG NHÌN THẤY	3
1.1 Đèn LED trắng	3
1.1.1 Vài nét sơ lược về đèn LED trắng.....	3
1.2 Các đặc trưng	5
1.2.1 Các thuộc tính cơ bản.....	5
1.2.2 Ưu nhược điểm của đèn LED.....	6
1.3 Tổng quan về công nghệ truyền thông sử dụng ánh sáng nhìn thấy.....	8
1.3.1 Lịch sử phát triển.....	8
1.3.2 Ứng dụng thực tế của hệ thống VLC.....	13
1.4 Tóm tắt chương I.....	19
CHƯƠNG II:MÔ HÌNH HỆ THỐNG VÀ ĐẶC TÍNH CỦA CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG ÁNH SÁNG NHÌN THẤY.....	20
2.1 Mô Hình hệ thống VLC.....	20
2.2 Cấu hình đường truyền.....	22
2.3 Các Tham số hiệu năng kênh.....	23
2.3.1 Tỷ số tín hiệu trên nhiễu SNR.....	23
2.3.2 Dung năng kênh.....	23
2.3.3 Tỷ lệ lỗi bit	24
2.4 Tính chất của công nghệ VLC	24
2.4.1 Ưu điểm	24
2.4.2 Nhược điểm.....	26
2.5 Các vấn đề gặp phải của công nghệ VLC.....	26

2.5.1 Vấn đề tầm nhìn thẳng (<i>Line of Sight - LoS</i>).....	26
2.5.2. Vấn đề về chất lượng tín hiệu.....	26
2.5.3. Vấn đề về thiết bị đầu cuối.....	27
2.5.4. Vấn đề chuẩn hóa.....	27
2.5.2 Một số vấn đề khác.....	27
2.6 Tổng kết chương II.....	28
CHƯƠNG III: ĐỊNH VỊ MÔI TRƯỜNG TRONG NHÀ.....	29
3.1 Các phương pháp định vị.....	30
3.1.1 Phương pháp định vị dựa trên thời gian sóng ánh sáng tới (<i>TOA</i>)	30
3.1.2 Phương pháp định vị dựa trên sự chênh lệch thời gian của ánh sáng truyền tới (<i>TDOA</i>).	32
3.1.3 Phương pháp định vị dựa trên cường độ ánh sáng <i>RSS</i>	33
3.1.4 Phương pháp định vị dựa trên góc ánh sáng đến (<i>AOA</i>).	35
3.2 Phương pháp định vị kết hợp sử dụng trạm phát đa chùm sáng (<i>LUMB</i>).36	
3.2.1 Mô hình hệ thống.....	37
3.2.2 Cấu hình chùm sáng.....	40
3.2.3 Nhiễu hệ thống.....	46
3.2.4 Quá trình truyền tin.....	46
3.2.5 Cơ chế định vị.....	46
3.3 Kết quả mô phỏng và đánh giá	48
3.3.1 Kịch bản mô phỏng.....	48
3.3.2 Chương trình mô phỏng	49
3.4 Kết quả mô phỏng và đánh giá.	50
3.5 Kết luận.	52
KẾT LUẬN CHUNG.....	53
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	54

DANH MỤC VÀ KÝ HIỆU

Từ viết tắt	Tên tiếng anh	Tiếng Việt
RSS	Received Signal Strength	Độ mạnh tín hiệu nhận được
TOA	Time of Arrival	Phương pháp định vị dựa trên thời gian tín hiệu đến
IR	Infrared	Hồng ngoại
LS	Least square	Phương pháp ước lượng bình phương nhỏ nhất
CEP	Circular Error Probability	Xác suất lỗi thông thường
UV-LED	Ultra Violet – Light Emitting Diode	Cực tím- ánh sáng phát xạ.
5G	Fifth Generation	Mạng di động thế hệ thứ 5
NLOS	Non-Line of Sight	Tầm nhìn không thẳng
AOA	Angle of Arrival	Phương pháp định vị dựa trên góc tín hiệu đến
YAG	Yttrium Aluminum Garnet	Khoáng chất nhôm Yttrium
OOK	On-Off Keying	Điều chế OOK
PPM	Pulse Position Modulation	Điều chế PPM
RFID	Radio Frequency Identification	Phương pháp nhận dạng tần số vô tuyến
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu
IM/DD	Intensity Modulation/ Direct Detection	Điều chế cường độ, phát hiện trực tiếp
LED	Light Emitting Diode	Đèn LED
RF	Radio Frequency	Tần số vô tuyến
VLC	Visible Light Communications	Truyền thông ánh sáng nhìn thấy
RFB	Radio Frequency Band	Băng tần vô tuyến
TDOA	Time Difference of Arrival	Phương pháp định vị dựa trên độ khác biệt của thời gian đến
WDM	Wavelength Division Multiplexing	Ghép kênh bước sóng
DC	Direct Current	
4G	Fourth Generation	Mạng di động thế hệ thứ 4
IRB	Infrared Band	Băng tần hồng ngoại
CRLB	Cramér-Rao Lower Bound	

EKF	Extended Kalman Filter	Bộ lọc Kalman mở rộng
KF	Kalman Filter	Bộ lọc Kalman
FET	Field Effect Transistor	Transistor hiệu ứng trường
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	Viện Kỹ sư Điện và Điện tử
DMT	Discrete Multi-Tone modulation	Điều chế DMT
PD	Photodiode	Điốt quang
LOS	Light of Sight	Tầm nhìn thẳng
LTE	Long-Term Evolution	Mạng di động thế hệ thứ 4
FOV	Field of View	Trường nhìn thấy
LUMB	Localization using multi beam	Phương pháp định vị sử dụng đa chùm
MIMO	Multi Input – Multi Output	Phương pháp MIMO
SNR	Signal to Noise Ratio	Tỉ số tín hiệu trên tạp âm

DANH MỤC HÌNH ẢNH

Hình 1. 1: Phổ sóng điện từ (nguồn internet).....	8
Hình 1. 2: Hệ thống VLC cấp nguồn và kết nối LED thông qua cáp Ethernet (nguồn internet).	12
Hình 1. 3: Mô hình VLC của đại học Nagoya (nguồn internet).....	12
Hình 1. 4: Mô Hình nhà thông minh (nguồn internet)	13
Hình 1. 5: Công nghệ VLC ứng dụng trong giao thông (nguồn internet).....	14
Hình 1. 6: Ứng dụng VLC trong bệnh viện (nguồn internet).....	15
Hình 1. 7: ứng dụng VLC trong môi trường nước (nguồn internet)	16
Hình 1. 8: Ứng dụng VLC trong nhà thông minh (nguồn internet)	16
Hình 1. 9: Ứng dụng VLC trong định vị (nguồn internet)	17
Hình 1. 10: Ứng dụng VLC trong các dịch vụ đa phương tiện (nguồn internet)	18
Hình 1. 11: Truyền thông sau thế hệ 4G (nguồn internet)	18
Hình 2. 1: Sơ đồ khối của Công nghệ truyền thông quang	20
Hình 2. 2: Sơ đồ khối việc điều chỉnh cường độ sáng	21
Hình 2. 3: Phân loại đường truyền của hệ thống VLC [8]	23
Hình 3. 1: Đường tròn tưởng tượng	31
Hình 3. 2: Vị trí robot vùng cắt nhau của các đường tròn tưởng tượng	32
Hình 3. 3: mô hình hệ thống phương pháp TDOA	33
Hình 3. 4: mô hình hệ thống phương pháp RSS	34
Hình 3. 5: Mô hình và các thông số hệ thống	36
Hình 3. 6: Cấu tạo của phòng.....	38
Hình 3. 7: Cấu hình trạm phát.....	38
Hình 3. 8: Cấu tạo bộ phát, mảng đèn LED (AP)	39
Hình 3. 9: Mặt cắt ngang bộ phát.....	39
Hình 3. 10: Công thức cấu hình đa chùm sáng	41
Hình 3. 11: Cấu hình chùm sáng với góc nửa công suất = 7^0	44
Hình 3. 12: Cấu hình chùm sáng với góc nửa công suất = 10^0	45
Hình 3. 13: Cấu hình chùm sáng với góc nửa công suất = 15^0	45
Hình 3. 14: Bộ thu nằm trong một chùm sáng	47
Hình 3. 15: Bộ thu nằm trong nhiều chùm sáng	48
Hình 3. 16: sai số của robot khi di chuyển theo hình sin với góc nửa công suất 7^0	50
Hình 3. 17: Sai số của robot khi di chuyển theo hình sin với góc nửa công suất 10^0	51
Hình 3. 18: Sai số của phương pháp khi robot đi chuyển theo đường thẳng với góc nửa công suất 7^0	51
Hình 3. 19: Sai số khi robot di chuyển theo đường thẳng với góc nửa công suất 10^0	52

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1. 1: Màu sắc của đèn LED [1].....	4
Bảng 1. 2: Quá trình phát triển của VLC [17].	9
Bảng 2. 1: so sánh đặc tính của VLC và công nghệ RF [13].....	22
Bảng 2. 2: Tần số sóng.....	25

LỜI MỞ ĐẦU

Trong những năm qua công nghệ truyền thông sử dụng sóng vô tuyến phát triển rất mạnh mẽ, và được sử dụng rộng rãi trong truyền thông. Công nghệ này đã phát triển đến công nghệ 4G, hiện nay vẫn nó vẫn được xem là giải pháp chủ yếu trong truyền thông. Nhưng công nghệ này ngày càng gặp phải nhiều khó khăn, băng tần ngày càng hạn hẹp, không thể sử dụng được ở một số môi trường đặc biệt như trạm xăng, trên máy bay, và sóng vô tuyến gây nhiễu đa đường và gây nhiễu lên các thiết bị xung quanh nó. Cùng với sự phát triển bùng nổ của công nghệ bán dẫn trong những thập kỷ qua là sự ra đời của đèn LED và công nghệ VLC (Visible Light Communications) Truyền thông sử dụng ánh sáng nhìn thấy đã và đang ngày càng chiếm ưu thế so với công nghệ thông tin vô tuyến do vừa có khả năng kết hợp chiếu sáng và truyền thông với những đặc tính nổi bật như: không gây nhiễu đa đường, băng thông lớn, sử dụng kết hợp cả chiếu sáng và truyền thông, tiêu tốn ít năng lượng, không gây hại cho sức khỏe con người, có thể sử dụng ở những môi trường đặc biệt.

Ngày nay, sự xuất hiện của của robot di động rất phổ biến trong xã hội, nó có mặt trong các thiết bị gia đình như máy hút bụi hay các hệ thống hỗ trợ gia đình. Chúng ta có thể dễ dàng bắt gặp những robot được sử dụng rộng rãi ở những nơi công cộng như các robot hướng dẫn trong viện bảo tàng, phòng trưng bày hay trong lĩnh vực quân sự như các robot do thám, đối với những robot làm việc độc lập thì định vị là yêu cầu đầu tiên và quan trọng nhất, hiện nay có một số phương pháp định vị như GPS, cảm biến hồng ngoại, laser, wifi, .v.v. Trong số đó thì GPS là phương pháp định vị phổ biến hơn cả, tuy nhiên GPS chỉ phù hợp để định vị ở môi trường ngoài trời và sai số của phương pháp này cũng rất lớn vì vậy phương pháp này không thể áp dụng để định vị robot ở môi trường trong nhà, nơi mà có diện tích nhỏ hẹp. Chính vì vậy tôi đã lựa chọn đề luận văn của mình là **“Định vị bằng công nghệ truyền thông ánh sáng nhìn thấy sử dụng trạm phát đa chùm sáng”**. Nội dung

chính của luận văn này là nghiên cứu và đề xuất một phương pháp định vị mới sử dụng công nghệ VLC – truyền thông ánh sáng nhìn thấy dựa trên việc khảo sát các phương pháp định vị đã được đề cập trong các tài liệu [19-23].

Luận văn được chia thành ba phần chính với nội dung như sau:

Chương 1: Tổng quan về hệ thống truyền thông quang không dây sử dụng ánh sáng nhìn thấy, bao gồm khái niệm truyền thông quang không dây, lịch sử phát triển, tính chất của hệ thống truyền thông quang không dây sử dụng LED, các ứng dụng cũng như các vấn đề khó khăn gặp phải của công nghệ này. Đồng thời, nội dung chương 1 cũng đưa ra so sánh giữa công nghệ VLC với công nghệ truyền thông vô tuyến hiện nay trên các phương diện dung năng, hiệu năng, tính an toàn và tính bảo mật hệ thống.

Chương 2: Trình bày mô hình hệ thống VLC trong nhà và phân tích các tham số hiệu năng kênh như tỉ số tín hiệu trên nhiễu, dung năng kênh, tỉ số tín hiệu trên nhiễu.

Chương 3: Trình bày và khảo sát các phương pháp định vị, nêu ra ưu nhược điểm của từng phương pháp để đề xuất một phương pháp tối ưu nhất và mô phỏng phương pháp định vị mới.

Kết luận và khuyến nghị: Trong phần này đưa ra những kết luận vấn đề làm được trong luận văn và đề xuất hướng nghiên cứu tiếp theo.

Học viên hy vọng luận văn có thể là một tài liệu tham khảo tiếng Việt có giá trị cho những người bắt đầu tìm hiểu và nghiên cứu về truyền thông quang không dây sử dụng ánh sáng nhìn thấy (VLC).

CHƯƠNG I:

TỔNG QUANG VỀ CÔNG NGHỆ VLC –TRUYỀN THỐNG SỬ DỤNG ÁNH SÁNG NHÌN THẤY

Truyền thông quang không dây sử dụng ánh sáng nhìn thấy (Visible Light Communication- VLC) là công nghệ truyền thông sử dụng ánh sáng ở tần số nhìn thấy, VLC vừa có thể chiếu sáng đồng thời với việc truyền dữ liệu. Bên cạnh đó, ánh sáng trắng vô hại với con người. Trong những năm gần đây công nghệ này đã phát triển rất nhanh chóng và dần có mặt trong rất nhiều ứng dụng trong đời sống xã hội. Với ưu điểm vô hại cho sức khỏe con người, tiết kiệm năng lượng, vừa có khả năng chiếu sáng và truyền thông, v.v. công nghệ VLC đã được đề xuất và đang trong quá trình hoàn thiện với bộ tiêu chuẩn IEE 802.15.7 với khả năng cung cấp nhu cầu về truyền thông và chiếu sáng.

Trong chương 1 tôi sẽ giới thiệu tổng quan về công nghệ VLC và các ứng dụng của nó.

1.1 Đèn LED trắng

1.1.1 Vài nét sơ lược về đèn LED trắng

Trong một hệ thống truyền thông quang, nguồn sáng được sử dụng phải đạt được sự ổn định về bước sóng, độ rộng vạch phủ và tuổi thọ, trong những năm gần đây đèn LED phát triển rất mạnh mẽ đã đáp ứng được nhu cầu phát sáng và đáp ứng được các điều kiện kể trên. Thiết bị này hoạt động dựa trên công nghệ bán dẫn, bao gồm một khối bán dẫn loại P và một khối bán dẫn loại N. Trong khối diode bán dẫn, điện tử chuyển từ trạng thái có mức năng lượng cao xuống trạng thái có mức năng lượng thấp hơn và sự chênh lệch năng lượng này được phát xạ thành những dạng ánh sáng khác nhau. Các đèn LED có một dải rộng các bước sóng do bức xạ quang của các vật liệu khác nhau, từ vùng ánh sáng nhìn thấy đến vùng hồng ngoại (400 nm – 700 nm) [2].

Công nghệ phát triển đèn LED ngày càng phát triển, những vật liệu bán dẫn dùng trong chế tạo đèn LED ngày càng phong phú bảng dưới đây trình bày các loại màu sắc cùng với bước sóng, điện áp và vật liệu.

Bảng 1. 1: Màu sắc của đèn LED [1].

	Màu sắc	Bước sóng [nm]	Điện áp [ΔV]	Vật liệu
	Hồng ngoại	$\lambda > 760$	$\Delta V < 1.63$	Gallium arsenide (GaAs)
				Aluminium gallium arsenide (AlGaAs)
	Đỏ	$610 < \lambda < 760$	$1.63 < \Delta V < 2.03$	Aluminium gallium arsenide (AlGaAs)
				Gallium arsenide phosphide (GaAsP)
				Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP)
				Gallium(III) phosphide (GaP)
	Cam	$590 < \lambda < 610$	$2.03 < \Delta V < 2.10$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP)
				Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP)
				Gallium(III) phosphide (GaP)
	Vàng	$570 < \lambda < 590$	$2.10 < \Delta V < 2.18$	Gallium arsenide phosphide (GaAsP)
				Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP)
				Gallium(III) phosphide (GaP)
	Xanh lá	$500 < \lambda < 570$	$1.9[7] < \Delta V < 4.0$	Indium gallium nitride (InGaN) / Gallium(III) nitride (GaN)
				Gallium(III) phosphide (GaP)
				Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP)
				Aluminium gallium phosphide (AlGaP)
	Xanh da trời	$450 < \lambda < 500$	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Zinc selenide (ZnSe)
				Indium gallium nitride (InGaN)

				Silicon carbide (SiC) as substrate
				Silicon (Si) as substrate — under development
	Tím	$400 < \lambda < 450$	$2.76 < \Delta V < 4.0$	Indium gallium nitride (InGaN)
	Đỏ tía	Kết hợp	$2.48 < \Delta V < 3.7$	Đèn LED màu xanh da trời và đỏ
Đèn LED xanh da trời và phát-pho đỏ				
Đèn LED trắng với vỏ nhựa màu tím				
	Tia cực tím	$\lambda < 400$	$3.1 < \Delta V < 4.4$	Kim cương (235 nm) ^[8]
Boron nitride (215 nm) ^{[9][10]}				
Aluminium nitride (AlN) (210 nm) ^[11]				
Aluminium gallium nitride (AlGaN)				
Aluminium gallium indium nitride (AlGaInN) — down to 210 nm ^[12]				
	Hồng	Kết hợp	$\Delta V \sim 3.3$ [13]	Đèn LED màu xanh với hai lớp phát-pho
Đèn LED vàng + phát-pho đỏ, cam hoặc hồng				
Đèn LED trắng phủ màu hồng [14]				
	Trắng	Broad spectrum	$\Delta V = 3.5$	Đèn LED xanh da trời/UV kết hợp với lớp phủ cho màu vàng

Nguyên lý hoạt động của đèn LED: Khối bán dẫn loại p mang nhiều lỗ trống tự do mang điện tích dương nên khi ghép với khối bán dẫn n (chứa các điện tử tự do) thì các lỗ trống này có xu hướng chuyển động khuếch tán sang khối n. Cùng lúc khối p lại nhận thêm điện tử (điện tích âm từ khối n chuyển sang) kết quả là khối p tích điện âm, trong khi khối n tích điện dương.

1.2 Các đặc trưng

1.2.1 Các thuộc tính cơ bản

Cường độ chiếu sáng: Cường độ chiếu sáng là đại lượng biểu thị lượng thông năng trên mỗi góc khối và liên quan đến độ rọi tại bề mặt được chiếu sáng. Do đó, Cường độ chiếu sáng biểu diễn độ sáng của đèn LED [4]

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega} \quad (1.1)$$

Trong đó Ω là góc không gian, Φ là quang thông được cho bởi quang thông Φ_e như sau.

$$\Phi = K_m \int_{360}^{780} V(\lambda) \Phi_e(\lambda) d\lambda \quad (1.2)$$

Trong đó, $V(\lambda)$ là đường cong độ sáng chuẩn, K_m là tầm nhìn tối đa, khoảng 638(lm/W).

Công suất quang truyền: Công suất quang truyền biểu thị tổng năng lượng bức xạ từ đèn LED. Bằng cách lấy tích phân của quang thông Φ_e theo tất cả mọi hướng ta thu được công suất quang truyền P_t .

$$P_t = \int_{A_{min}}^{A_{max}} \int_0^{2\pi} \Phi_e d\theta d\lambda \quad (1.3)$$

Trong đó, thì A_{min} , A_{max} được xác định bằng độ cong biểu diễn độ nhạy của photodiode (PD)

Độ rọi: Độ rọi biểu diễn độ sáng tại bề mặt được chiếu sáng. [5]. Cường độ chiếu sáng khi có góc rọi ϕ là:

$$I(\phi) = I(0) \cos^m(\phi) \quad (1.4)$$

Trong đó, $I(0)$ là cường độ sáng tại trung tâm của đèn LED. ϕ là góc rọi

1.2.2 Ưu nhược điểm của đèn LED

Như chúng ta đã biết, đèn LED rất phổ biến trong cuộc sống hàng ngày sử dụng trong chiếu sáng, trang trí, đèn đường, ngày nay còn được sử dụng trong các hệ thống truyền thông không dây. Ngày nay đèn LED đang dần dần thay thế bóng đèn sợi đốt bởi những ưu điểm của nó.

1.2.2.1 Ưu điểm

Chúng ta đang chứng kiến sự phát triển hết sức mạnh mẽ của đèn LED bởi những ưu điểm sau đây.

- **Ánh sáng đa dạng, thân thiện với môi trường:** nhờ sự đa dạng của chất bán dẫn chế tạo nên đèn LED, nên nó có rất nhiều màu sắc phù hợp với nhiều loại không gian nhà, phòng khách, phòng ngủ, v.v. đặc biệt hơn nữa, đèn LED rất tiết kiệm năng lượng và không nhiều bức xạ nhiệt như đèn sợi đốt.

- **Không suy giảm quang thông nhiều:** độ suy giảm quang thông không giảm mạnh dù thời gian sử dụng dài. Theo nghiên cứu thì sau 25.000 giờ hoạt động đèn LED vẫn cho bằng thông khoảng 70%. Không bị giảm qua nhiều so với bằng thông ban đầu.

- **Hiệu suất phát sáng lớn:** hiệu suất phát sáng của đèn LED cao hơn bóng đèn sợi đốt.

- **Tuổi thọ cao:** tuổi thọ của đèn LED khoảng 35000-50000 giờ, lớn hơn rất nhiều so với đèn huỳnh quang và đèn sợi đốt.

- **Kích thước nhỏ:** LED trắng có kích thước rất nhỏ, (nhỏ hơn 2mm²) do đó nó được sử dụng nhiều trong các mạch điện tử và trong trang trí.

- **Dễ dàng điều chỉnh độ sáng của đèn LED:** có thể dễ dàng điều chỉnh độ sáng của đèn LED bằng phương pháp điều chỉnh độ rộng xung hoặc cường độ dòng qua đèn LED.

- **An toàn và không ảnh hưởng tới sức khỏe của con người:** đèn LED không bức xạ tia cực tím, không chứa thủy ngân trong thành phần cấu tạo. Vì vậy, nguồn sáng của đèn LED không ảnh hưởng tới sức khỏe và an toàn cho mắt của con người.

1.2.2.2 Nhược điểm

Bên cạnh những ưu điểm vượt trội của đèn LED so với các bóng đèn truyền thống thì đèn LED vẫn có những nhược điểm như sau:

- **Giá thành cao:** giá thành đèn LED hiện tại vẫn cao hơn giá thành của các thiết bị chiếu sáng truyền thống.

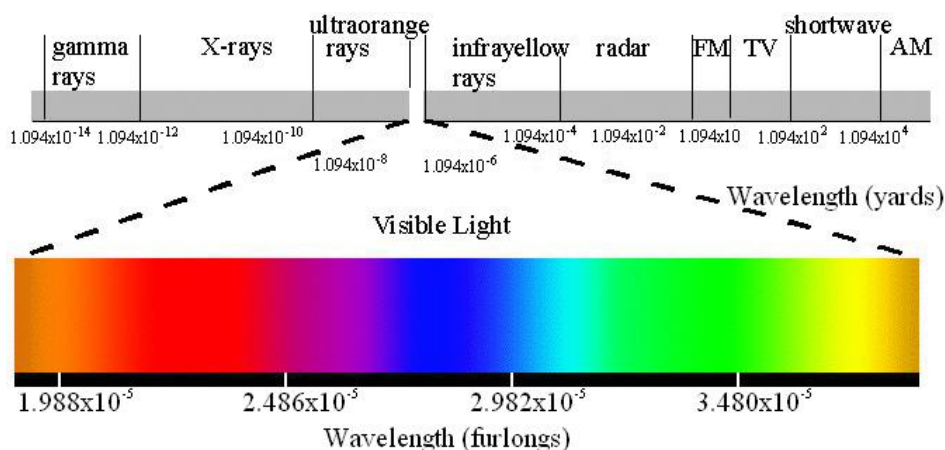
- **Phụ thuộc vào môi trường:** tuổi thọ của đèn LED bị ảnh hưởng rất nhiều bởi môi trường xung quanh nó. Nếu điều kiện môi trường không tốt sẽ làm đèn LED nhanh hỏng.

- **Độ nhạy điện áp:** đèn LED trắng cần được cung cấp một dòng vào cố định.

1.3 Tổng quan về công nghệ truyền thông sử dụng ánh sáng nhìn thấy

1.3.1 Lịch sử phát triển

Truyền thông quang là hình thức truyền tín hiệu quang qua môi trường không gian tự do mà không cần dùng sợi cáp quang. Truyền thông quang không dây sử dụng ánh sáng nhìn thấy (Visible Light Communication – VLC) là công nghệ truyền thông sử dụng ánh sáng trong dải nhìn thấy có tần số từ 384THz đến 780THz [3]. Việc sử dụng ánh sáng ở tần số nhìn thấy giúp VLC vừa có thể chiếu sáng đồng thời với việc truyền dữ liệu. Bên cạnh đó, ánh sáng trắng vô hại với con người nên VLC sẽ thích hợp hơn cho các ứng dụng trong nhà. VLC sử dụng các LEDs để phục vụ cho việc chiếu sáng và trao đổi dữ liệu giữa các đầu cuối.



Hình 1. 1: Phổ sóng điện từ (nguồn internet).

Có thể phân biệt ba loại hệ thống truyền thông quang vô tuyến tùy thuộc vào phổ điện từ của bức xạ quang hay còn gọi là băng tần sóng mang: ánh sáng nhìn thấy (VLC), tia hồng ngoại và tia tử ngoại (UVC). Các hệ thống truyền thông vô tuyến quang hoạt động ở băng tần ánh sáng nhìn thấy (dải tần 400–800 THz ứng với bước sóng 390–750 nm) tận dụng các LED phát quang ở tốc độ cực cao mà không ảnh hưởng đáng kể đến mắt người. Các hệ thống truyền thông quang vô tuyến hoạt động ở dải tần hồng ngoại gần (bước sóng 750 – 1600 nm), sử dụng các bộ phát la-de để thiết lập các tuyến truyền điểm nối điểm trên mặt đất, còn gọi là hệ thống truyền thông quang trong không gian tự do (FSO). Các hệ thống truyền thông quang vô tuyến hoạt động ở dải tần tử ngoại (bước sóng 200 – 280 nm) cũng được nghiên cứu gần

đây sau bước tiến khoa học về vật liệu thể rắn có thể dùng để chế tạo các bộ nguồn phát và thu quang.

Xét về cự ly truyền dẫn, có thể phân loại các ứng dụng truyền thông vô tuyến quang như sau:

- Cự ly cực ngắn: sử dụng giữa các chip mạch vi điện tử [4]
- Cự ly ngắn: mạng vùng (LAN, PAN) lõi vô tuyến, các ứng dụng theo tiêu chuẩn IEEE 802.15.7, truyền thông dưới nước [5]
- Cự ly trung bình: mạng diện rộng (WAN), mạng truyền thông bên trong tòa nhà, mạng điều khiển giao thông giữa các xe và hạ tầng giao thông
- Cự ly dài: truyền thông giữa các tòa nhà
- Cự ly cực dài: truyền thông giữa các vệ tinh

Bảng 1. 2: Quá trình phát triển của VLC [17].

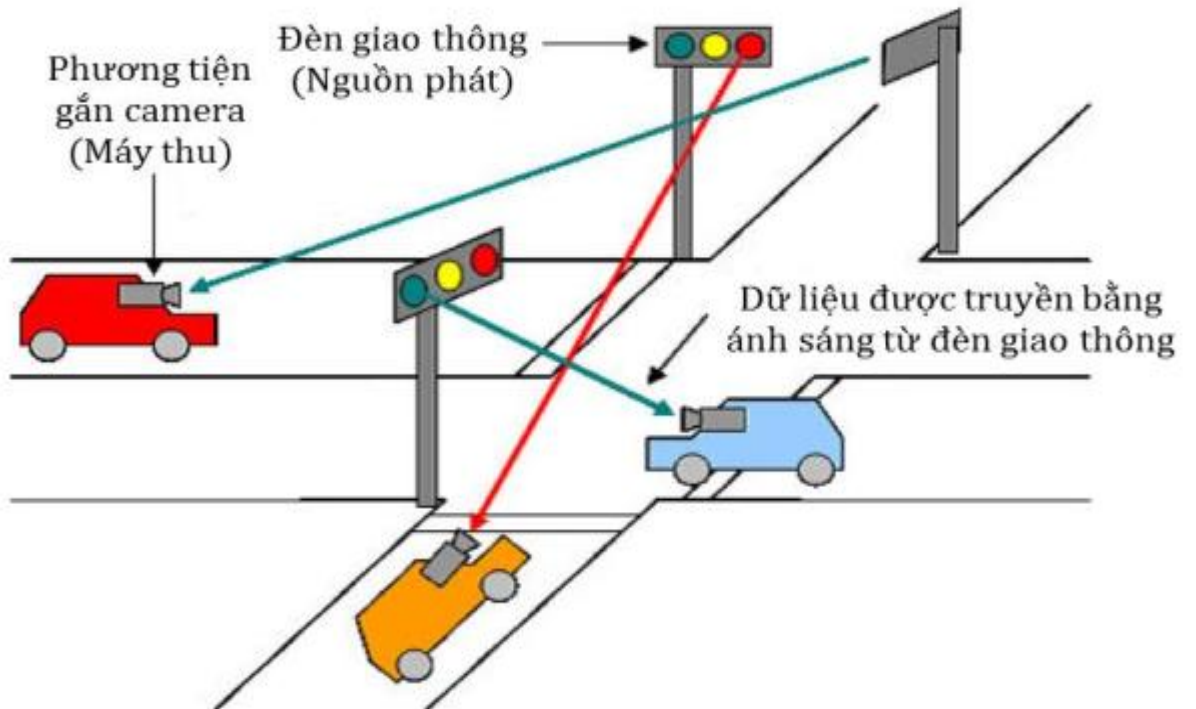
THỜI GIAN	SỰ KIỆN
2003	Mô hình VLC dùng LED đã được thực hiện tại phòng thí nghiệm đại học Keio, Nhật Bản.
2004-2005	Nhật Bản thử nghiệm hệ thống truyền dẫn từ đèn huỳnh quang và LED đến thiết bị di động cầm tay với tốc độ 10 kb/s và ~Mb/s. Đại học Nagoya là nơi đầu tiên triển khai mô hình ứng dụng truyền dẫn dữ liệu từ LED đến xe hơi đang di chuyển (hình 3) Hệ thống thông tin liên quỹ đạo giữa các vệ tinh sử dụng bức xạ quang (OICETS) đã được nghiên cứu và phát triển bởi cơ quan thăm dò vũ trụ nhật bản (JAXA)
2006	Các nhà nghiên cứu của tổ chức CICTR tại bang Penn đã đề xuất kết hợp truyền thông qua hệ thống cấp nguồn điện và LED trắng cho phép truy nhập băng rộng cho các ứng dụng trong nhà [13].
2007	-Hãng ti-vi Fuji thực hiện truyền dẫn VLC từ màn hình LCD sử dụng đèn nền LED tới thiết bị cầm tay tại Nhật Bản. -Hiệp hội VLC tại Nhật Bản đưa ra hai tiêu chuẩn cho hệ thống định danh sử dụng ánh sáng và cho hệ thống VLC được hiệp hội công nghệ thông tin và điện tử Nhật Bản – JEITA phê duyệt.
2008	-Dự án OMEGA được EU tài trợ và được thực hiện bởi viện truyền

	<p>thông</p> <p>Fraunhofer, công ty Siemens cùng France Telecom. OMEGA phát triển các tiêu chuẩn toàn cầu cho mạng truy nhập gia đình tốc độ cao sử dụng kết hợp VLC, truyền dẫn bằng đường điện (PLC), wifi và hồng ngoại để truyền thông. Ban đầu, dự án đã thực hiện truyền dẫn thành công với hệ thống thu phát sử dụng LED đơn chip phủ phosphor và Diode PIN, điều chế OOK, khoảng cách truyền dẫn ngắn (1cm) và cường độ chiếu sáng 700lux, tốc độ đạt được là 40Mb/s (Hình 1.4).</p> <p>-Đại học Oxford đã phát triển hệ thống truyền dẫn VLC nhiều đầu vào và nhiều đầu ra (MIMO) bằng cách sử dụng ma trận 4x4 LED trắng với công suất phát 1,5W (IDC = 220mA), băng thông điều chế (OOK) 25 MHz, tốc độ đạt được là 40Mb/s ở cự ly 2 m</p> <p>-Trung tâm nghiên cứu kỹ thuật ánh sáng thông minh được hình thành bởi tổ chức khoa học quốc gia Hoa Kỳ với sự hợp tác giữa viện bách khoa Rensselaer, đại học Boston, đại học New Mexico, đại học Howard, đại học bang Morgan và viện kỹ thuật Rose-Human [3]</p> <p>-Hệ thống truyền thông VLC dùng cho xe ô-tô của Nhật đạt tốc độ 4kb/s với phương tiện di chuyển khoảng 30km/h</p>
2009	<p>- Nhóm nghiên cứu của tổ chức IEEE về VLC được hình thành để đưa ra các chuẩn PAN vô tuyến (IEEE 802.15.7)</p> <p>- Hệ thống OMEGA được cải thiện với khoảng cách truyền dẫn tăng lên 5m, cường độ sáng nằm trong dải chuẩn dành cho môi trường văn phòng, tốc độ đạt 125Mb/s.</p> <p>-Hệ thống VLC MIMO của đại học Oxford cải thiện tốc độ lên đến 100Mb/s với việc sử dụng hệ thống phát gồm 2 LED, hệ thống thu gồm 3 Diode kết hợp OFDM và MIMO đã truyền được 9 kênh với tốc độ là 230 Mb/s qua khoảng cách 1 m.</p> <p>-Hệ thống truyền thông VLC dùng cho xe ô-tô và hệ thống điều khiển giao thông của Nhật đạt tốc độ 2Mb/s với khoảng cách 60 m và 1Mb/s với khoảng cách 40 m .</p> <p>-Hiệp hội VLC ban hành tiêu chuẩn kỹ thuật đầu tiên trong đó xác định phổ tần sử dụng trong VLC.</p>

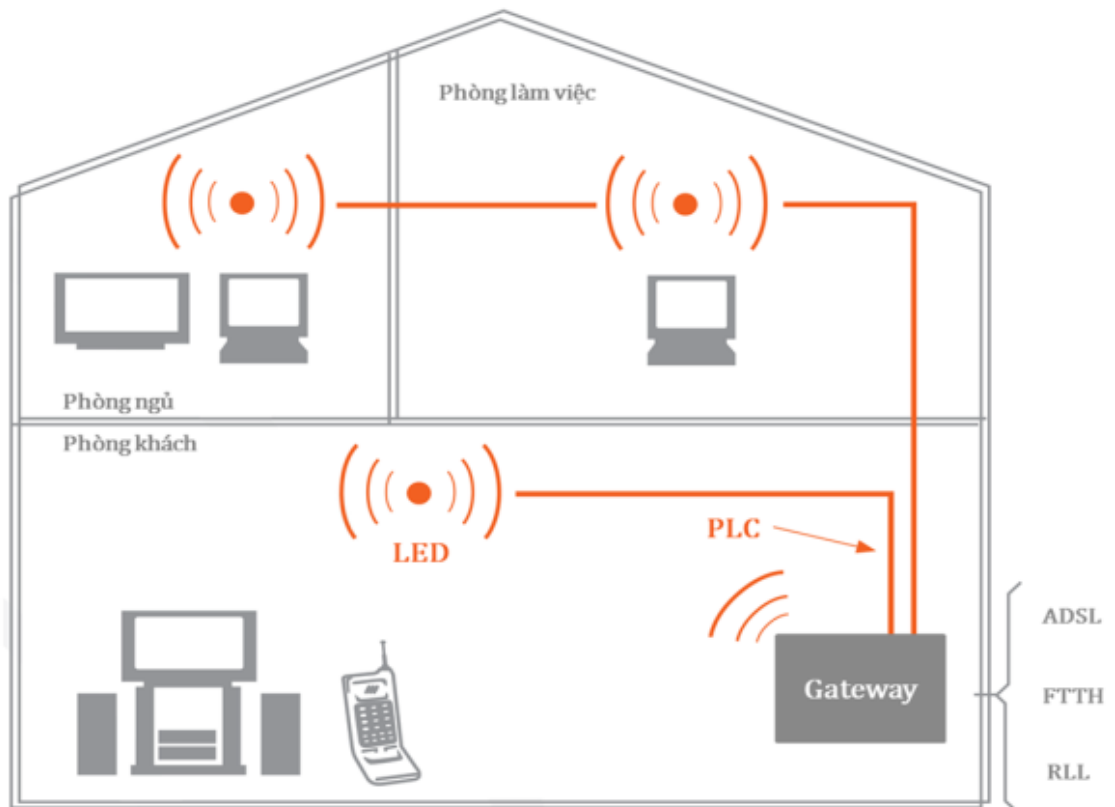
2010	<p>-Hệ thống OMEGA đưa vào sử dụng Diode APD với tốc độ lên đến 500Mb/s.IEEE đã thử nghiệm và phát triển tiêu chuẩn cho các công nghệ sử dụng VLC.</p> <p>-Đại học California, USA phát triển công nghệ VLC cho các thiết bị điện tử như TV, PC, điện thoại di động.</p> <p>-Nhật Bản công bố hệ thống định vị toàn cầu GPS với môi trường trong nhà sử dụng VLC.</p> <p>-Siemen và Viện Heinrich Hertz, Đức thử nghiệm truyền dẫn với hệ thống VLC đạt tốc độ 500 Mb/s với khoảng cách 5m và 100 Mb/s với khoảng cách lớn hơn [9]</p>
2011	<p>-IEEE đã thử nghiệm và phát triển tiêu chuẩn cho các công nghệ sử dụng VLC.</p> <p>-Đại học California, USA phát triển công nghệ VLC cho các thiết bị điện tử như TV, PC, điện thoại di động.</p> <p>-Nhật Bản công bố hệ thống định vị toàn cầu GPS với môi trường trong nhà sử dụng VLC.</p> <p>-Siemen và Viện Heinrich Hertz, Đức thử nghiệm truyền dẫn với hệ thống VLC đạt tốc độ 500 Mb/s với khoảng cách 5m và 100 Mb/s với khoảng cách lớn hơn [9].</p>
2011	<p>-Đại học Edinburgh, Anh trình diễn hệ thống truyền dẫn VLC-OFDM với tốc độ 124Mb/s, sử dụng LED trắng phủ phosphor</p> <p>-TED Global trình chiếu video chất lượng cao phát đi từ LED chuẩn</p>
2013	<p>Giáo sư Harald Haas đã thực hiện truyền dữ liệu với tốc độ lên đến 1.6 Gbps thông qua đèn LED đơn sắc.</p>
2015	<p>-Công ty Stins Coman của Nga là đã thực hiện một mạng nội bộ sử dụng VLC có tốc độ truyền dữ liệu lên 1.25 Gbit/s vào 04/2014</p> <p>-Axrtek đã sản xuất hệ thống VLC với LED RGB hai chiều với tên gọi thương mại là MOMO, có tốc độ 300 Mbit/s trong cự ly 25 feet vào 10/2014 [10]</p>



Hình 1. 2: Hệ thống VLC cấp nguồn và kết nối LED thông qua cáp Ethernet (nguồn internet).



Hình 1. 3: Mô hình VLC của đại học Nagoya (nguồn internet)



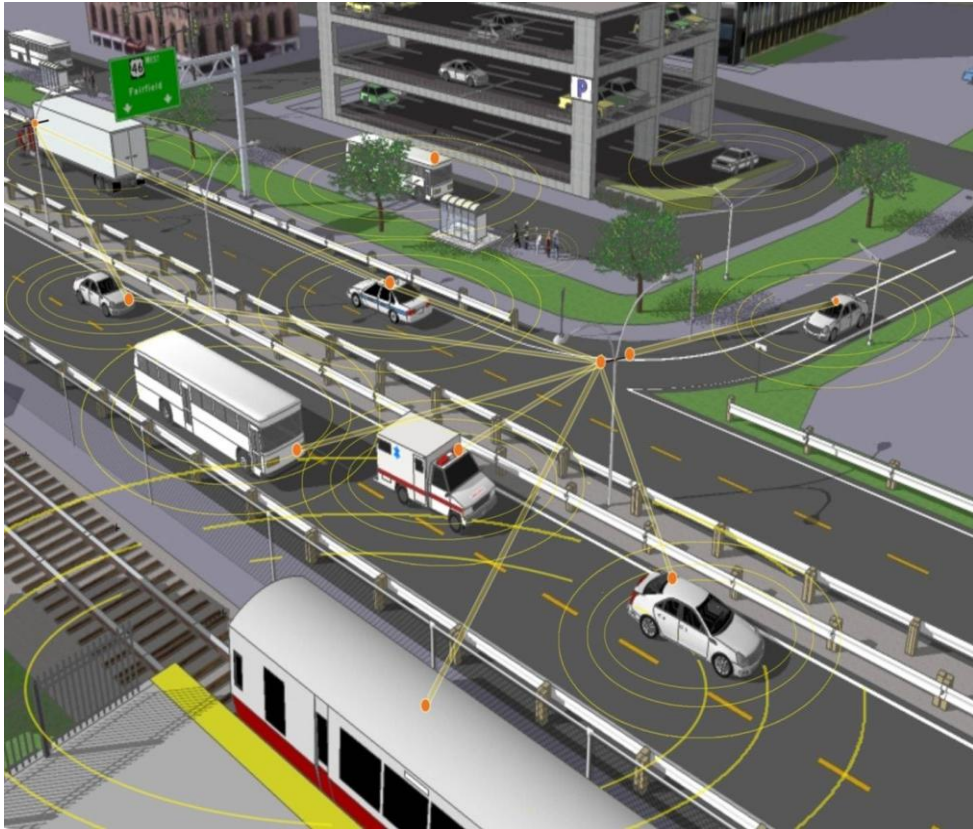
Hình 1. 4: Mô Hình nhà thông minh (nguồn internet)

1.3.2 Ứng dụng thực tế của hệ thống VLC

Cùng với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ chiếu sáng sử dụng chất bán dẫn, Công nghệ VLC cho phép truyền tải dữ liệu với tốc độ cao. Với những ưu điểm trên công nghệ VLC được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực sau đây

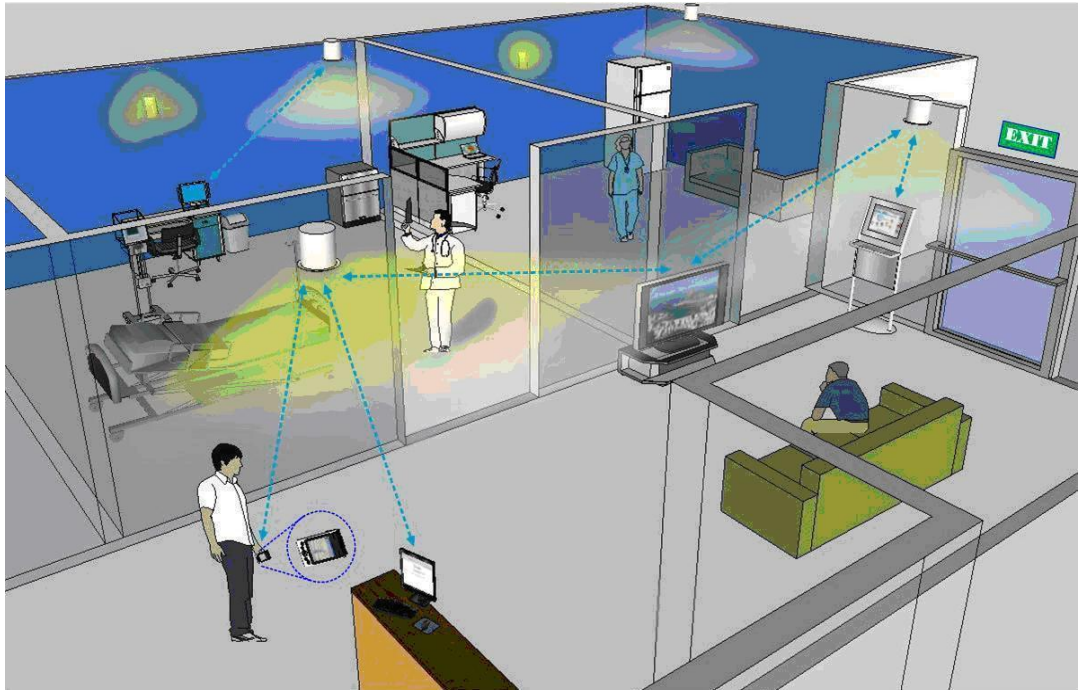
1.3.2.1 Ứng dụng trong giao thông thông minh

Công nghệ truyền thông sử dụng ánh sáng nhìn thấy không chỉ được sử dụng ở môi trường trong nhà, mà còn được sử dụng rất nhiều ở môi trường ngoài trường, đặc biệt là hệ thống giao thông công cộng, các phương tiện giao thông có thể dễ dàng liên hệ với nhau qua bộ thu, phát VLC. Nhờ đó nó sẽ giảm thiểu những tai nạn giao thông không đáng có, ngoài ra các phương tiện giao thông có thể truy cập internet, định vị. Hình 1.5 minh họa hệ thống giao thông thông minh sử dụng công nghệ VLC.



Hình 1. 5: Công nghệ VLC ứng dụng trong giao thông (nguồn internet)
1.3.2.2 Truyền thông trong các môi trường đặc biệt

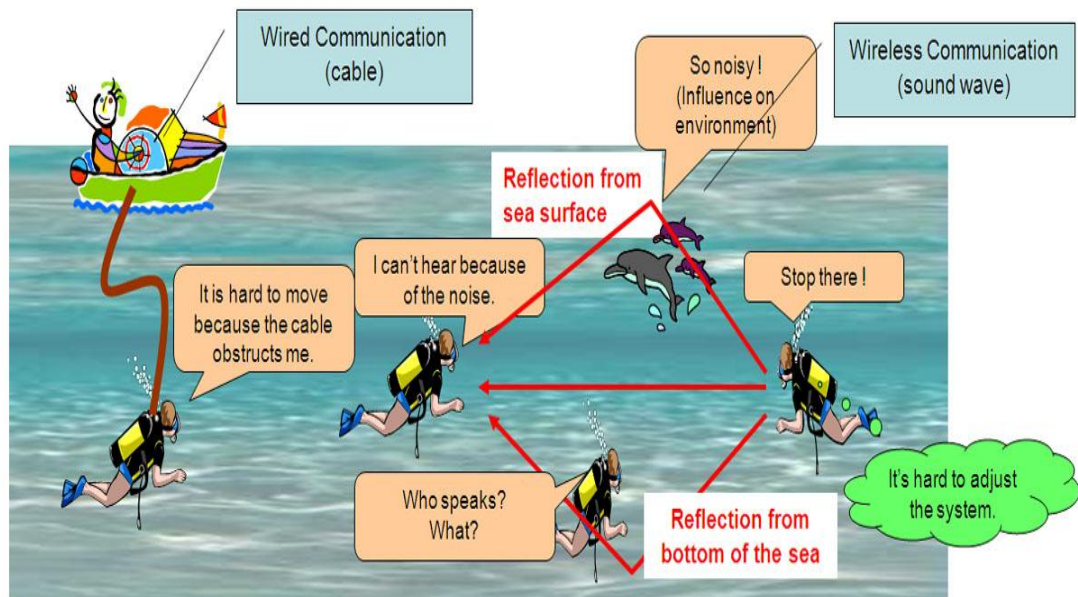
Sử dụng trong các môi trường hạn chế sóng vô tuyến: Sóng vô tuyến được hạn chế ở một số môi trường đặc biệt như: trạm xăng, sân bay, bệnh viện vì sóng điện từ gây nhiễu lên các thiết bị điện tử, hoặc có thể gây cháy, nổ nếu sử dụng ở trạm xăng hay trên máy bay. Hình 1.6 mô tả công nghệ VLC sử dụng trong bệnh viện.



Hình 1. 6: Ứng dụng VLC trong bệnh viện (nguồn internet)

1.3.2.3 Môi trường nước:

Việc truyền thông tin trong môi trường nước là vô cùng cần thiết trong quân sự (hải quân), hay các thợ lặn với nhau để có thể trao đổi và truyền tin dưới nước, việc truyền tin trong môi trường nước với sóng vô tuyến là vô cùng khó khăn vì sóng vô tuyến có bước sóng ngắn nên quá trình truyền tin sẽ bị suy hao. Do đó việc áp dụng công nghệ VLC rất tốt trong truyền thông tin dưới nước cho các mô hình Liên lạc và truyền thông giữa các thợ lặn, tàu ngầm, v.v. công nghệ này có thể truyền tín hiệu trong môi trường nước mà không bị suy hao tín hiệu, cấu tạo bộ thu và phát đơn giản giúp dễ dàng triển khai hệ thống truyền tin.



Hình 1. 7: ứng dụng VLC trong môi trường nước (nguồn internet)
 1.3.2.4 Nhà Thông minh.

Chiếu sáng là nhu cầu cần thiết trong các ngôi nhà, việc sử dụng kết hợp chiếu sáng với công nghệ VLC sẽ giúp tạo ra các điểm truy cập không dây, giúp cho người sử dụng có thể điều khiển các thiết bị trong ngôi nhà, Quan trọng nhất là người sử dụng có thể điều khiển ngôi nhà thông qua công nghệ này như đóng cửa tự động bật nhạc, tự động bật TV...., Hình 1.8 mô tả công nghệ VLC sử dụng trong nhà thông minh sử dụng công nghệ VLC [11]



Hình 1. 8: Ứng dụng VLC trong nhà thông minh (nguồn internet)

1.3.2.5 Định vị và dẫn đường.

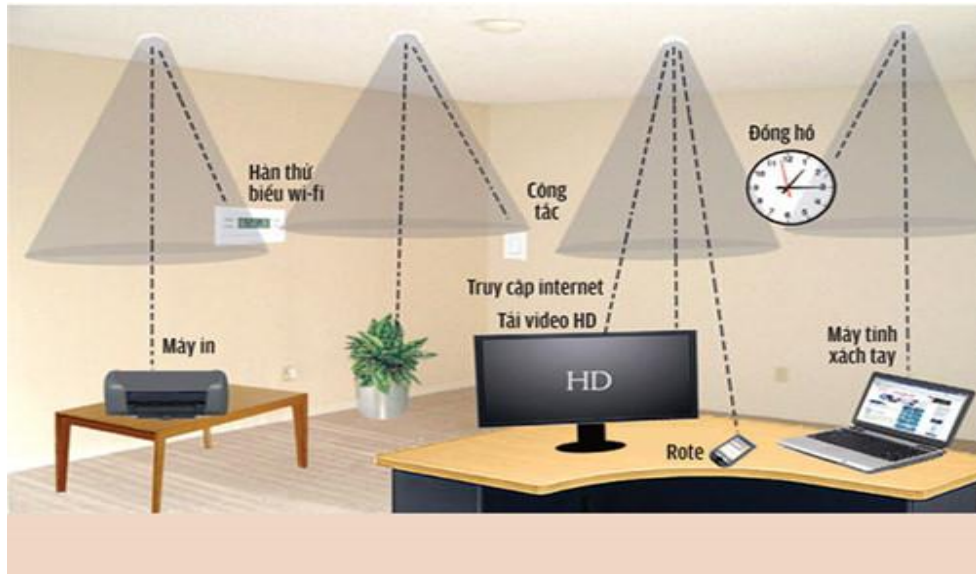
Định vị và dẫn đường là bài toán phổ biến trên các ứng dụng của thiết bị di động và robot, ví dụ trong siêu thị sử dụng công nghệ chiếu sáng kết hợp với công nghệ VLC sẽ giúp người tiêu dùng có thể dễ dàng kết hợp với internet, hơn thế nữa họ còn có thể định vị để tìm được những mặt hàng nào mình đang cần tìm. Hình 1.9 miêu tả mô hình VLC sử dụng trong siêu thị.



Hình 1. 9: Ứng dụng VLC trong định vị (nguồn internet)

1.3.2.6 Truyền Hình.

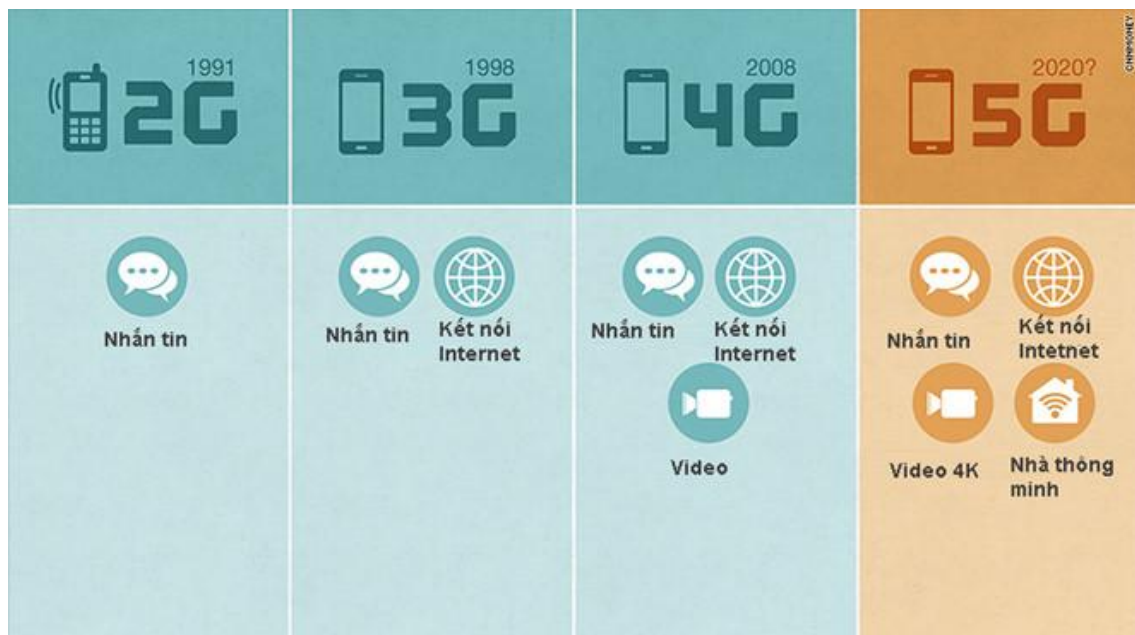
Với ưu điểm có thể truyền dữ liệu với tốc độ cao, áp dụng công nghệ VLC vào truyền hình sẽ giúp truyền tải hình ảnh chất lượng cao. Điều này sẽ mở ra sự phát triển mạnh mẽ cho các dịch vụ giải trí trong nhà như truyền hình số kỹ thuật cao với chất lượng hình ảnh HD, 4k ... điều mà công nghệ truyền thông vô tuyến rất khó có thể đáp ứng được. Hay giúp các thiết bị như laptop, điện thoại có thể kết nối internet với tốc độ cao để có thể xem video HD hay tải dữ liệu một cách nhanh chóng.



Hình 1. 10: Ứng dụng VLC trong các dịch vụ đa phương tiện (nguồn internet)

1.3.2.7 Truyền thông sau thế hệ 4G.

Với các đặc tính an toàn với con người, truyền tải dữ liệu với tốc độ cao, dễ dàng triển khai, công nghệ VLC đang là ứng cử viên sáng giá giúp tăng chất lượng dịch vụ ở các tòa nhà, văn phòng hay các môi trường khác, nói mà sóng vô tuyến có thể bị suy hao do nhiễu đa đườn hoặc gây nguy hiểm như cháy, nổ. Do đó công nghệ VLC là biện pháp hữu hiệu để nâng cao chất lượng dịch vụ.



Hình 1. 11: Truyền thông sau thế hệ 4G (nguồn internet)

1.4 Tóm tắt chương I

Chương 1 đã trình bày cái nhìn tổng quan về công nghệ VLC, khả năng phát triển của công nghệ này đối với các ứng dụng trong nhà, nền tảng của việc áp dụng công nghệ VLC vào thực tế.

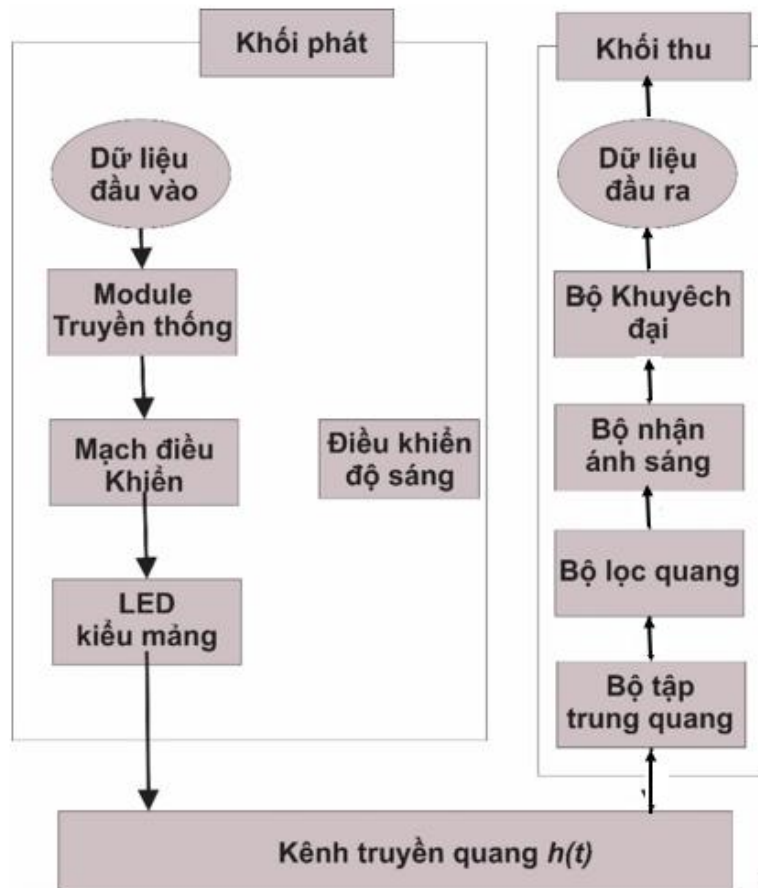
VLC cung cấp dịch vụ truyền thông không dây tốc độ cao, an toàn cho người sử dụng, bảo mật thông tin với giá thành rẻ, đáp ứng yêu cầu ngày càng lớn của các doanh nghiệp, tổ chức và cá nhân. Các hệ thống VLC đã và đang được ứng dụng cho chiếu sáng kết hợp với truyền thông tốc độ cao trong nhà cho thấy nhiều ưu điểm vượt trội, có thể dần thay thế cho các công nghệ vô tuyến hiện nay.

Tuy nhiên, một số vấn đề như tầm nhìn thẳng (LoS), chất lượng tín hiệu, thiết bị đầu cuối, vấn đề chuẩn hóa... đang là những thách thức không nhỏ trong việc ứng dụng công nghệ VLC vào đời sống. Khắc phục được các hạn chế này có thể đẩy mạnh sự phát triển các hệ thống VLC trong tương lai, hứa hẹn có nhiều ứng dụng hơn nữa đối với cả truyền thông quang không dây tốc độ cao, giá rẻ trong nhà và ngoài trời cự ly ngắn.

CHƯƠNG II: MÔ HÌNH HỆ THỐNG VÀ ĐẶC TÍNH CỦA CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG ÁNH SÁNG NHÌN THẤY

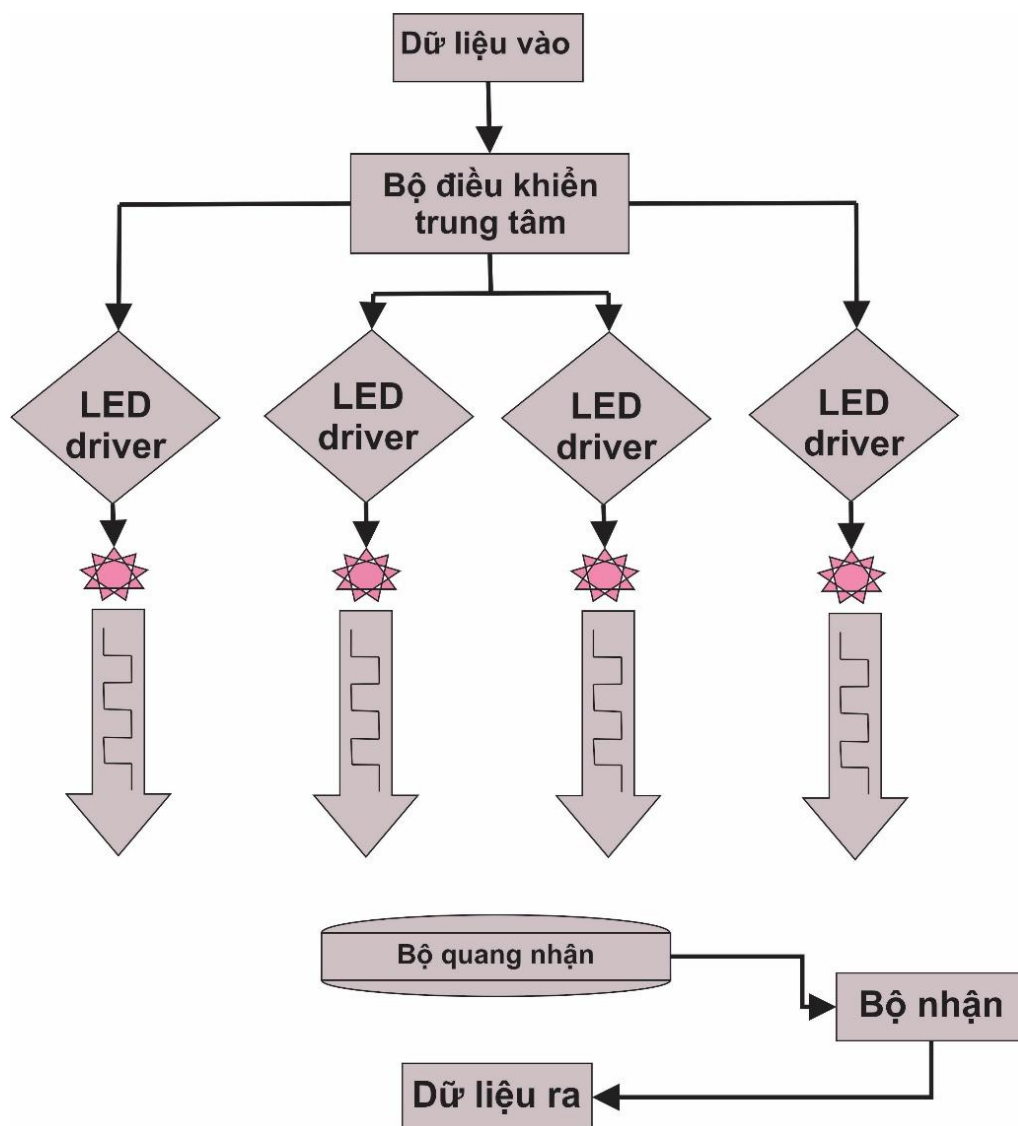
2.1 Mô Hình hệ thống VLC.

Một hệ thống VLC có thể dễ dàng thực hiện bằng cách điều chỉnh độ sáng, tối của đèn LED. Việc điều chỉnh chính xác độ sáng tối với bóng đèn truyền thống là rất khó thực hiện. Trong khi đèn LED là rất dễ dàng thực hiện vì thời gian chuyển mạch On-off rất nhỏ. Vì vậy bằng việc điều chế dòng điện qua đèn LED ở tần số khá cao, chúng ta có thể thay đổi trạng thái On-Off của đèn LED mà không làm thay đổi cường độ của ánh sáng[7]. Hình 2.1 là sơ đồ khối của công nghệ truyền thông quang.



Hình 2. 1: Sơ đồ khối của Công nghệ truyền thông quang

Trong thực tế chúng ta không thể sử dụng một bộ điều khiển cho từng đèn LED riêng lẻ, vì thực tế các hệ thống chiếu sáng thường có một số lượng đèn LED rất lớn, vì vậy chúng ta phải sử dụng một bộ điều khiển để điều khiển tất cả các đèn LED và bộ điều khiển này vẫn có thể điều khiển độ sáng tại bất kỳ vị trí nào mong muốn, với các đèn LED sử dụng trong hai mục đích chiếu sáng và truyền thông thì các tín hiệu điều khiển độ sáng và tín hiệu truyền thông phải độc lập, không gây nhiễu lên nhau, đã có rất nhiều phương pháp được đưa ra [12]. Tuy nhiên phương pháp điều chỉnh độ rộng xung là tối ưu nhất cho việc điều chỉnh độ sáng và truyền thông.



Hình 2. 2: Sơ đồ khối việc điều chỉnh cường độ sáng

Như vậy công nghệ VLC có rất nhiều ưu điểm so với công nghệ truyền thông vô tuyến, VLC vừa có khả năng chiếu sáng, vừa có khả năng truyền thông, băng thông rộng, mức độ bảo mật cao và công suất tiêu thụ thấp.

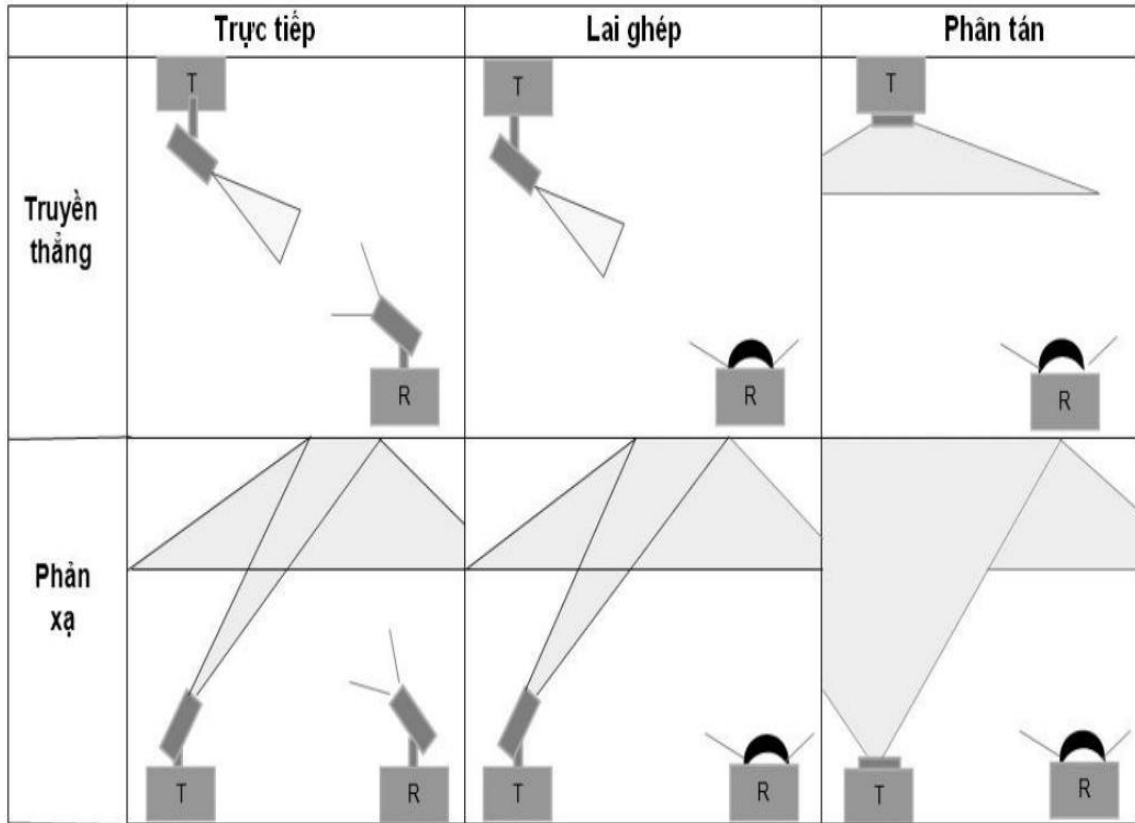
Bảng 2. 1: so sánh đặc tính của VLC và công nghệ RF [13]

Đặc tính	VLC	RFB
Băng thông	Không giới hạn (400 – 700 mm)	Giới hạn
Truyền thẳng	Có	Không
Khoảng cách	ngắn	ngắn đến dài (ngoài trời)
Bảo mật	Cao	thấp
Tiêu chuẩn	Đang hoàn thiện tiêu chuẩn IEEE 802.15.7	Hoàn thiện
Dịch vụ	Chiếu sáng + Truyền thông	Truyền thông
nguồn nhiễu	Ánh sáng mặt trời và các nguồn sáng xung quanh	Tất cả các thiết bị điện tử.
Tiêu hao công suất	Khá thấp	Trung bình
Khả năng di động	giới hạn	Tốt
Vùng phủ	Hẹp và rộng	Chủ yếu rộng

2.2 Cấu hình đường truyền.

Cấu hình đường truyền cho hệ thống VLC dựa vào mức độ định hướng giữa bộ phát và bộ nhận mỗi quan hệ giữa chúng được phân loại thành ba loại: trực tiếp, không trực tiếp và lai ghép. Đường truyền trực tiếp từ bộ phát và bộ nhận có công suất cao nhất vì nó chịu suy hao nhiều nhất từ các nguồn sáng xung quanh. Đối với đường truyền không trực tiếp, các thiết bị di động dễ dàng nhận được tín hiệu ngay cả khi đang di chuyển nhưng công suất tín hiệu thì không cao do tín hiệu bị phân tán và ảnh hưởng các nguồn sáng khác từ môi trường. Trong cấu hình lai ghép mức định hướng giữa bộ phát và bộ nhận có sự khác biệt, công suất nhận được cao hơn công suất phân tán do

độ tập trung ánh sáng của bộ phát, nhưng nhỏ hơn cấu hình định hướng và vẫn bị ảnh hưởng bởi các nguồn sáng khác do độ mở của bộ nhận lớn [8].



Hình 2. 3: Phân loại đường truyền của hệ thống VLC [8]

2.3 Các Tham số hiệu năng kênh

2.3.1 Tỉ số tín hiệu trên nhiễu SNR

Hàm mật độ công suất nhiễu có thể được xác định như sau:

$$N_0 \cong N_{shot} = 2q\gamma P_n \sim 10^{-22} \left(\frac{A^2}{Hz} \right) \quad (2.1)$$

Trong đó: γ là hệ số đáp ứng.

P_n là năng lượng ánh sáng trung bình.

Từ đó, với một tốc độ bit R_b nào đó và P_r là công suất quang nhận được, ta có tỉ số bit lỗi SNR được xác định như sau:

$$SNR = \frac{\gamma^2 P_r^2}{R_b N_0} \quad (2.2)$$

2.3.2 Dung năng kênh

Theo định lý Shannon, dung năng kênh C (tốc độ truyền dữ liệu tối đa ứng với một giá trị SNR cho trước) được xác định bởi:

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR}) \quad (2.3)$$

2.3.3 Tỷ lệ lỗi bit

Giá trị BER phụ thuộc vào kỹ thuật mã hóa và điều chế. Trong mô hình này, để đơn giản và tiết kiệm năng lượng, ta sử dụng kỹ thuật điều chế OOK [12]. BER có thể được xác định bởi:

$$P_e = Q\left(\frac{P}{\sqrt{R_b N_0}}\right) = Q\left(\sqrt{R_b N_0}\right) \quad (2.4)$$

2.4 Tính chất của công nghệ VLC

Các tính chất đặc trưng của công nghệ VLC gồm có về mặt băng thông, ta thấy băng thông của công nghệ này không bị hạn chế, băng tần có thể đạt tới xấp xỉ 400Thz. Với sự phát triển của công nghệ chiếu sáng, VLC cho phép truyền tải dữ liệu với tốc độ cao lên tới hàng trăm Mbps. Do đó, VLC thích hợp cho các hệ thống thông tin không dây tốc độ cao.

Cùng với ưu điểm về tốc độ, VLC còn không bị ảnh hưởng bởi nhiễu điện từ. Vì thế, VLC là một công nghệ hấp dẫn ở những môi trường hạn chế sóng điện từ như máy bay hoặc bệnh viện.

Cuối cùng, do sử dụng ánh sáng nhìn thấy làm phương tiện truyền dữ liệu nên VLC có chi phí thấp hơn so với các công nghệ truyền thông phổ biến hiện nay.

2.4.1 Ưu điểm

Công nghệ truyền thông vô tuyến quang (VLC) có những ưu điểm so với các công nghệ truyền thông, thể hiện ở các mặt sau.

Tính hiệu quả: Việc sử dụng năng lượng ánh sáng nhìn thấy cho việc chiếu sáng và trong truyền thông giúp tận dụng có sẵn hạ tầng mạng chiếu sáng có sẵn và nâng cao hiệu quả sử dụng của VLC do có sẵn hạ tầng có ở khắp nơi như đèn chiếu sáng, đèn điều khiển giao thông, đèn Ô-tô, biển hiển thị thông tin. Sự phát triển của công nghệ LED, cảm biến ảnh, cảm biến ánh sáng, bộ tách sóng quang là cơ hội tốt cho sự phát triển của công nghệ VLC nói riêng và truyền thông quan nói chung.

Băng Thông: Phổ tần dùng cho các hệ thống vô tuyến RF có giới hạn về Băng thông, trong khi nhu cầu sử dụng ngày càng gia tăng. Vì vậy việc

khai thác băng tần ngoài RF là nhu cầu bức thiết và có ưu thế hơn RF. Dưới đây là bảng so sánh phổ tần của các môi trường truyền sóng khác nhau.

Bảng 2. 2: Tần số sóng

Loại	Phổ tần
Bức xạ quang	300GHZ - 30000THZ
RF	300MHZ - 300GHZ
Ánh sáng trắng	428 THZ-750THZ

Như vậy phổ tần của ánh sáng nhìn thấy lớn gấp 10000 lần so với phổ sóng RF. Nhờ đó công nghệ truyền thông quang VLC có thể truyền tải được lưu lượng với tốc độ cao và giải quyết vấn đề tắc nghẽn mạng. Công nghệ truyền dữ liệu VLC có thể truyền tải dữ liệu nhanh gấp 1000 lần mạng wifi vì ánh sáng nhìn thấy không xuyên qua vật cản nên chỉ tập chung trong một không gian trong khi sóng vô tuyến thì nhiễu rất cao.

Chất lượng tín hiệu: Việc khai thác trên băng tần RF dễ gây ảnh hưởng và chi tác động của nhiễu điện từ đặc biệt là các khu vực như bệnh viện, đường hầm, sân bay, nhà cao tầng. Trong khi đó truyền thông quang hầu như không bị ảnh hưởng của nhiễu điện từ, bức xạ quang có bán kính tia hay búp sóng cực hẹp nên công suất phát chỉ tập trung trong không gian hẹp, các ly không gian giữa các đường truyền để hạn chế nhiễu nên có thể tái sử dụng lại tần số.

Môi trường truyền thông: truyền thông quang VLC có thể hoạt động tốt trong môi trường nước.

Bảo mật: đối với môi trường trong nhà, rất khó có thể xâm nhập các tín hiệu VLC do sóng quang không xuyên qua vật cản và chỉ tập trung trong một khu vực cần thiết. Dữ liệu sẽ được truyền trực tiếp từ một thiết bị sang một thiết bị khác và người sử dụng hoàn toàn có thể nhìn thấy và dự đoán được dữ liệu của mình đang được truyền đi đâu.

Tính linh hoạt: Đường truyền VLC có thể được thiết lập, di chuyển rất nhanh chóng và dễ dàng nên có thể dùng để thiết lập các tuyến tạm thời trong tình huống khẩn cấp khi xảy ra thiên tai hay sự cố, phù hợp với các địa hình phức tạp, sông, núi, biển.

2.4.2 Nhược điểm

Việc chuẩn hóa: cho đến nay thì công nghệ VLC vẫn chưa hoàn thiện việc chuẩn hóa. Chưa được triển khai rộng rãi mặc dù một số tiêu chuẩn cho công nghệ VLC đã được đề xuất và đang trong quá trình hoàn thiện. Như tiêu chuẩn IEEE 802.15.7.

Không gian và cự ly truyền: Công nghệ VLC hầu như dựa trên cơ chế truyền thẳng qua không gian trong tầm nhìn thấy được, nên khả năng di động bị giới hạn và có nguy cơ bị che chắn, khó đạt được cự ly truyền thông xa nhất. Do độ hẹp của bức xạ quang nên vùng phủ sóng hẹp, yêu cầu đồng bộ không gian thu phát rất cao.

Tính an toàn: Bức xạ quang với công suất cao có thể gây ảnh hưởng cho cả da và mắt đặc biệt là bước sóng 0.4 – 1.4 um, tia quang 800 nm gần vùng hồng ngoại có thể ảnh hưởng nguy hiểm đến võng mạc mắt người.

Chất lượng tín hiệu: Công nghệ VLC chịu ảnh hưởng của nhiễu do ánh sáng mặt trời và các nguồn sáng khác và chịu ảnh hưởng rất nhiều bởi môi trường khí quyển và thời tiết như mưa, gió, tuyết, sương mù, dẫn đến các hiện tượng tán xạ, phản xạ gây suy hao, tán sắc, méo tín hiệu gây lỗi bit cao.

2.5 Các vấn đề gặp phải của công nghệ VLC

2.5.1 Vấn đề tầm nhìn thẳng (Line of Sight - LoS)

Sóng ánh sáng không đi xuyên qua các vật cản không trong suốt là một ưu điểm của VLC về mặt bảo mật. Tuy nhiên, tính chất này cũng đồng thời là hạn chế rất lớn với VLC khi không cho phép tín hiệu được truyền đến tất cả mọi khu vực, ví dụ như tất cả các phòng trong một tòa nhà. Thêm vào đó, việc tín hiệu VLC bị phản xạ dẫn đến việc tốc độ truyền tín hiệu trong môi trường không có tầm nhìn thẳng (None Light-of-sight) bị suy giảm nghiêm trọng.

2.5.2. Vấn đề về chất lượng tín hiệu

Nhìn chung, chất lượng của tín hiệu VLC phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố. Sau đây là một số nguyên nhân chính dẫn đến việc tín hiệu VLC bị suy giảm trong quá trình truyền đi trong môi trường:

Tín hiệu bị nhiễu: Các loại nhiễu trong VLC gồm hai loại: nhiễu nhiệt (Thermal Noise) và nhiễu nỏ (Shot Noise).

Méo tín hiệu do hiệu ứng truyền đa đường: Khi tín hiệu VLC được truyền đi và gặp phải vật cản, nó sẽ bị phản xạ, khúc xạ, Điều này dẫn đến tín hiệu sẽ đến phía thu theo những đường khác nhau với trễ và pha khác nhau. Như vậy phía thu sẽ nhận được tín hiệu bị “méo” so với tín hiệu ban đầu.

2.5.3. Vấn đề về thiết bị đầu cuối

Một vấn đề khác của VLC là làm thế nào để hoạt động khi các thiết bị phát sáng ở trạng thái “tắt”. Nếu các thiết bị phát sáng đều “bật”, VLC có thể hoạt động truyền tín hiệu đồng thời với chiếu sáng. Tuy nhiên, không phải lúc nào con người cũng có nhu cầu để các thiết bị chiếu sáng hoạt động. Để khắc phục vấn đề này, các nhà nghiên cứu đưa ra ý tưởng về một công nghệ điều chỉnh các thiết bị hoạt động sao cho đảm bảo 2 điều kiện: (1) đủ để truyền thông tin và (2) đủ để con người cảm nhận thiết bị này đang “tắt” là dimming control.

2.5.4. Vấn đề chuẩn hóa

Hiện nay, vấn đề chuẩn hóa của VLC vẫn chưa được hoàn thiện do việc cần đưa ra các tiêu chí chuẩn cho VLC ở cả phương diện truyền tin lẫn phương diện chiếu sáng. Một số tiêu chí có thể kể đến như an toàn, mức độ sáng phù hợp hay khả năng di động của hệ thống. Các tiêu chí này khác so với phần lớn các tiêu chí đưa ra các chuẩn hiện nay, dẫn đến khó khăn cho công cuộc xây dựng chuẩn cho công nghệ VLC.

2.5.2 Một số vấn đề khác

Một số yếu tố khác ảnh hưởng đến hệ thống VLC trong thực tế như điều kiện thời tiết. Chúng có thể gây hạn chế về phạm vi hoặc độ sắc sảo của kết nối. Các tín hiệu ánh sáng có thể bị hấp thụ bởi hơi nước và CO₂ có trong bầu khí quyển gây ra suy hao. Ngoài ra, tín hiệu còn có thể bị phân tán khi gặp sương mù, mây mù, mưa, tuyết hay các điều kiện thời tiết xấu khác. Các hiện tượng này có thể được giảm thiểu bằng cách tăng FOV và sử dụng bộ tập trung quang.

2.6 Tổng kết chương II

Trong chương này đã nêu mô hình tổng quát của hệ thống truyền thông bằng ánh sáng nhìn thấy các vấn đề gặp phải của hệ thống VLC như vấn đề tầm nhìn thẳng, chất lượng tín hiệu và vấn đề chuẩn hóa của VLC. Trong chương tiếp theo tôi sẽ giới thiệu về các phương pháp định vị, để có thể so sánh và đề xuất một phương pháp định vị tối ưu nhất.

CHƯƠNG III:

ĐỊNH VỊ MÔI TRƯỜNG TRONG NHÀ

Định vị robot trong những năm gần đây ngày càng phát triển, được ứng dụng rất nhiều trong công nghiệp và cuộc sống hàng ngày, định vị là quá trình xác định vị trí của robot trong môi trường làm việc của nó như môi trường trong nhà, ngoài trời, đặc biệt môi trường trong nhà ngày càng yêu cầu phương pháp định vị robot phải có độ chính xác cao. Có rất nhiều phương pháp định vị hiện nay chúng ta đang sử dụng như hệ thống định vị toàn cầu GPS, nó được dùng chủ yếu ở môi trường ngoài trời với sai số rất lớn vài mét, đây là sự lựa chọn định vị đơn giản cho thiết bị đi động và robot di động nói riêng. Nhưng với môi trường trong nhà thì GPS không phải là một biện pháp tối ưu. Vì vậy định vị trong nhà luôn là một vấn đề nóng cần được nghiên cứu và cải tiến để đưa ra những phương pháp, giải pháp phù hợp nhất, mang lại tính chính xác và nâng cao hiệu suất của robot trong nhà.

Cho đến nay rất nhiều phương pháp định vị đã được nghiên cứu và áp dụng cho robot trong nhà như: cảm biến hồng ngoại, laser, wifi, sóng vô tuyến... [9]. Nổi bật trong những phương pháp trên là phương pháp định vị bằng sóng vô tuyến (RFID) từng được xem là một trong những giải pháp chính cho định vị robot [10].

Hiện nay, với sự ra đời và phát triển mạnh mẽ của đèn LED, cùng với đó là công nghệ truyền thông sử dụng ánh sáng nhìn thấy. Định vị robot dựa trên công nghệ VLC được xem là một phương pháp đầy hứa hẹn với nhiều ưu điểm hơn so với các công nghệ định vị không dây sử dụng sóng RF hay wifi. Công nghệ VLC ít ảnh hưởng tới sức khỏe của con người, và kết hợp được mục đích chiếu sáng. Ngoài ra đèn LED còn có tuổi thọ rất cao 100.000 giờ

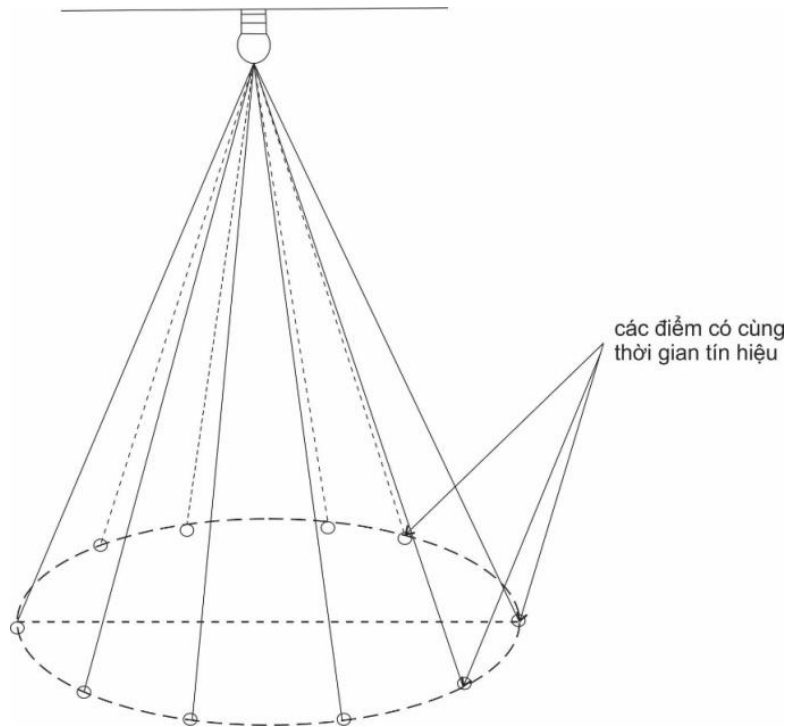
chiếu sáng và giá thành thấp cho phép ta triển khai hệ thống định vị VLC mà không mất nhiều chi phí.

Trong chương này chúng ta sẽ cùng tìm hiểu một số phương pháp định vị robot trong nhà sử dụng công nghệ VLC đã được đề xuất và nghiên cứu. Thông qua việc thảo luận này chúng ta sẽ tìm ra những ưu nhược điểm của từng phương pháp và đề xuất một phương pháp định vị tối ưu nhất.

3.1 Các phương pháp định vị

3.1.1 Phương pháp định vị dựa trên thời gian sóng ánh sáng tới (TOA)

Trong phương pháp này chúng ta sẽ tính tọa độ giữa nguồn phát tín hiệu (đèn LED) và nguồn thu tín hiệu PD được đặt trên robot dựa vào tọa độ này chúng ta có thể biết được khoảng cách của robot và đèn LED và từ đó tìm ra được vị trí của robot. Khoảng cách này được tính bằng thời gian truyền và tốc độ ánh sáng ($c=3.108 \text{ m/s}$). Ánh sáng truyền từ các đèn LED sẽ có hình nón vì vậy ta sẽ có một tập hợp các điểm mà có thời gian ánh sáng truyền tới là bằng nhau tập hợp này là quỹ tích của một đường tròn tưởng tượng có tâm là hình chiếu vuông góc của LED lên mặt sàn[17].



Hình 3. 1: Đường tròn tưởng tượng

Mỗi một đèn LED ta sẽ có một đường tròn tưởng tượng, nếu robot nằm ở giữa vùng phủ của đèn LED thì chúng ta sẽ nhận được một tập các phương trình của các đường tròn tưởng tượng.

Ta có công thức tính khoảng cách giữa đèn LED và robot như sau[18].

$$d_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (3.1)$$

$$t_i = \frac{d_i}{c} = \frac{\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}}{c} \quad (3.2)$$

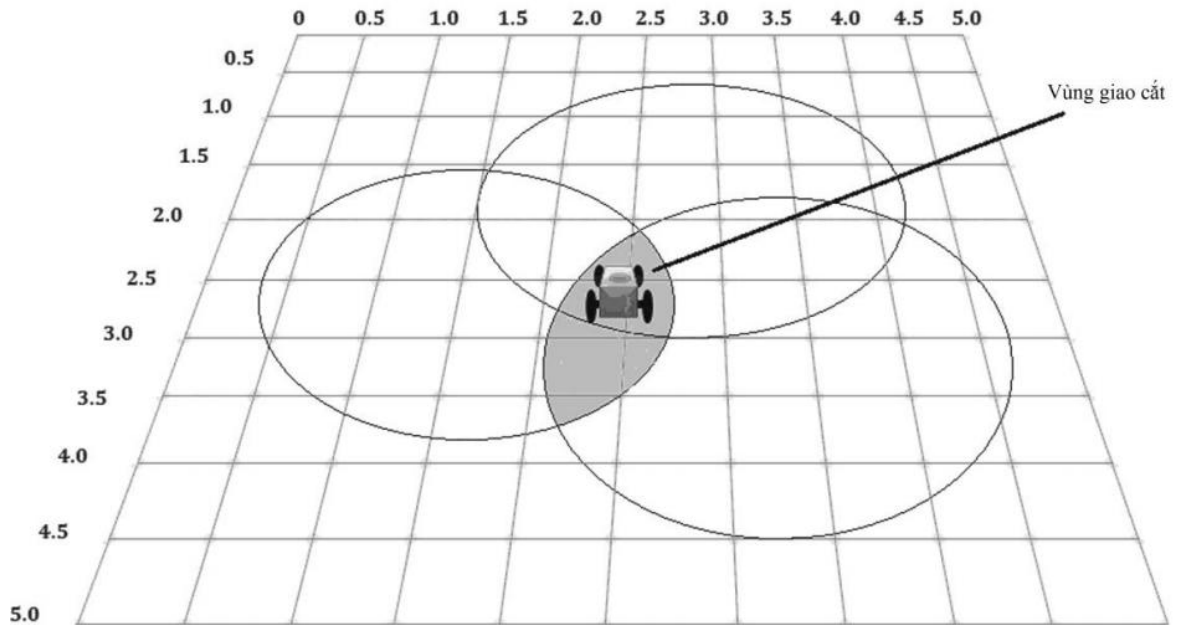
Với: (x, y) là vị trí của robot, (x_i, y_i) là vị trí thứ i của bộ phát $i = 1, 2, \dots, M$.

Thực tế thì công nghệ VLC bị nhiễu bởi các nguồn sáng và vật cản, do vậy ta phép đo thời gian ánh sáng truyền sẽ bị sai số, giả sử sai số tác động nên nó là n_i công thức (1) sẽ được viết lại như sau:

$$t_i = \frac{d_i}{c} + n_i = \frac{\sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}}{c} + n_i \quad (3.3)$$

Khi đó các đường tròn tưởng tượng sẽ không thể giao nhau tại một điểm duy nhất, khi đó phương trình (3.3) sẽ vô nghiệm, robot sẽ nằm giao cắt giữa các đường tròn tưởng tượng. Chúng ta sẽ sử dụng phương pháp ước

lượng để xác định vị trí của robot như phương pháp: Bình phương tối thiểu (LS), thuật toán chặn dưới Cramer-Rao (CRLB) và xác suất lỗi đường tròn (CEP) [14,15]



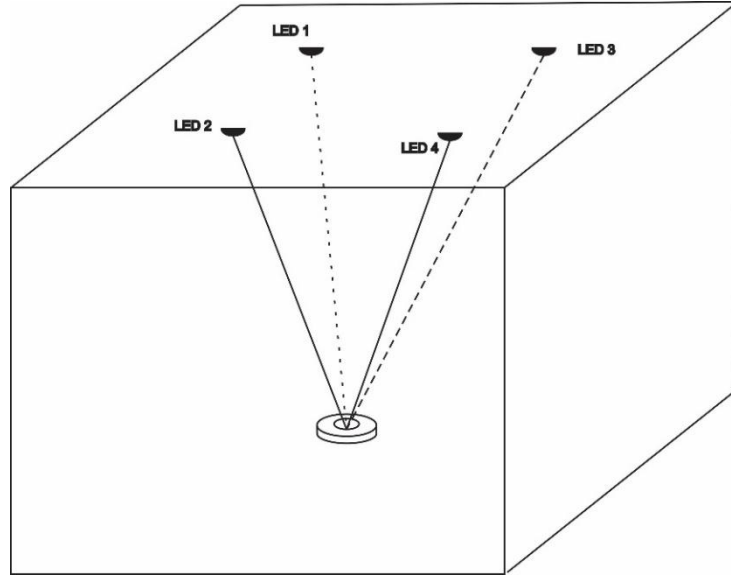
Hình 3. 2: Vị trí robot vùng cắt nhau của các đường tròn tưởng tượng

Phương pháp định vị dựa trên thời gian sóng ánh sáng tới có những ưu điểm sau: cấu hình phần cứng của bộ nhận, bộ thu rất đơn giản, đáp ứng tốt trong môi trường ánh sáng truyền thẳng (LOS). Tuy nhiên phương pháp này không được áp dụng rộng rãi vì: để đo được thời gian ánh sáng truyền tới trong một khoảng cách nhỏ thì yêu cầu phần cứng phải có tốc độ xử lý rất cao, để đạt được hiệu quả cao nhất thì yêu cầu bộ nhận và bộ thu phải đồng bộ với nhau sau mỗi khoảng thời gian cố định [14]. Ngoài ra phương pháp này cần phải tạo ra nhiều vùng giao cách, vì vậy chúng ta cần ít nhất ba nguồn phát để cung cấp cho bộ nhận tin.

3.1.2 Phương pháp định vị dựa trên sự chênh lệch thời gian của ánh sáng truyền tới (TDOA).

Phương pháp TDOA cũng giống như phương pháp TOA đều tính toán dựa trên mối quan hệ giữa khoảng cách tín hiệu truyền sáng và thời gian truyền. Tuy nhiên khác với phương pháp TOA, phương pháp TDOA không tính khoảng cách trực tiếp từ bộ thu tới bộ phát mà thay vào đó phương pháp này tính độ chênh lệch giữa các bộ phát tới bộ nhận[20]. Bộ nhận sẽ đo thời

gian sóng từ ít nhất ba đèn LED khác nhau, nhờ đó chúng ta có thể tính toán chính xác vị trí của robot, phương pháp này thường dùng với các ứng dụng yêu cầu tính chính xác cao.



Hình 3. 3: mô hình hệ thống phương pháp TDOA

Độ chênh lệch thời gian giữa bộ thu và các bộ phát được tính như sau.

$$\Delta d = d_i - d_j = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} - \sqrt{(x - x_j)^2 + (y - y_j)^2} \quad (3.4)$$

Với Δd_{ij} là độ chênh lệch giữa các bộ phát đến bộ nhận. c là vận tốc ánh sáng τ_{ij} là độ chênh lệch thời gian truyền tín hiệu ánh sáng; (x, y) là tọa độ của robot và $(x_i, y_i), (x_j, y_j)$ lần lượt là tọa độ của bộ phát thứ i và j

Phương pháp TDOA có ưu điểm hơn phương pháp TOA là chúng ta chỉ cần đồng bộ bộ phát để các bộ phát truyền tín hiệu trong cùng một thời điểm. Hạn chế của phương pháp này là thời gian truyền tín hiệu từ bộ phát tới nguồn là rất nhỏ (vài nano giây), vì khoảng cách giữa bộ phát và bộ thu ở môi trường trong nhà rất nhỏ vì vậy cần có một phần cứng có tốc độ xử lý cao để có thể xử lý thông tin trong một khoảng thời gian rất ngắn.

3.1.3 Phương pháp định vị dựa trên cường độ ánh sáng RSS.

Phương pháp định vị dựa trên cường độ ánh sáng RSS xác định vị trí robot bằng cách đo công suất tín hiệu quan nhận được tại bộ nhận, sau đó bộ

nhận sẽ tính khoảng cách từ nó đến bộ phát dựa trên mô hình truyền tín hiệu qua kênh ánh sáng nhìn thấy được.

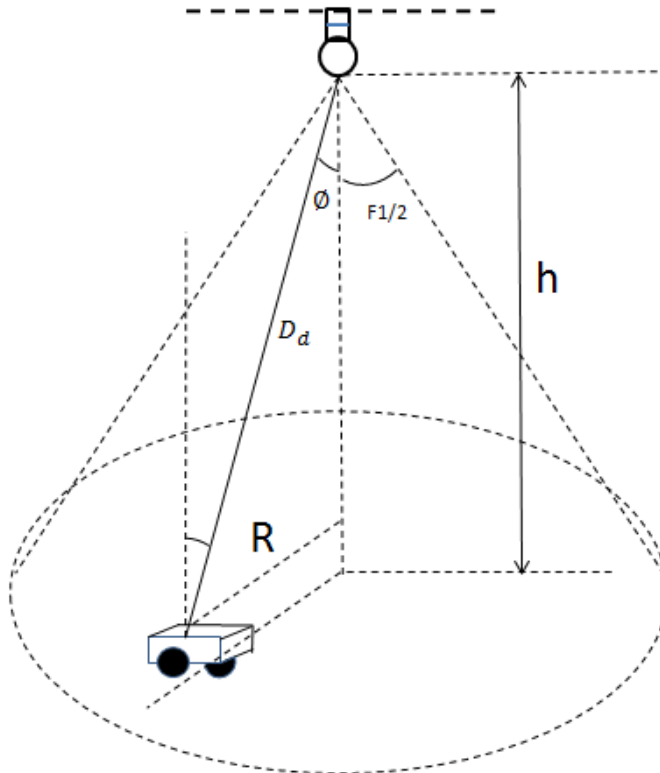
Ta có công suất ánh sáng ở PD được tính bằng công thức sau[21].

$$P_r = H(0)P_t = \frac{(m+1)A}{2\pi D_a^2} \cos^m(\varnothing) T_s(\psi) g_s(\psi) \cos(\psi) P_t \quad (3.2)$$

Với D là khoảng cách giữa bộ phát và bộ nhận, chúng ta có thể dễ dàng nhận thấy góc của ánh sáng tới ψ bằng với góc rọi của ánh sáng trong hình 3.4. Do đó công thức (2.10) được viết lại như sau:

$$P_r(d) = \frac{(m+1)Ah^{m+1}}{2\pi D_a^{m+3}} T_s(\psi) g_s(\psi) P_t \quad (3.3)$$

Phương trình (3.3) là một hàm công suất quan nhận được giữa bộ phát và bộ thu. Tập hợp các điểm thỏa mãn phương trình trên sẽ nằm trên đường tròn tưởng tượng có tâm là hình chiếu của đèn LED lên mặt sàn, phương pháp này cần ít nhất ba đèn LED để tạo ra các giao cắt giữa các đường tròn tạo thành đường tròn tưởng tượng tạo bởi phương trình 3.3.



Hình 3. 4: mô hình hệ thống phương pháp RSS

Qua việc khảo sát ba phương pháp định vị nói trên, chúng ta có thể dễ dàng nhận được rằng điểm chung của cả ba phương pháp định vị nói trên là vị trí của robot được xác định trên đường tròn tưởng tượng. Phương trình biểu diễn đường tròn này dựa trên thời gian sóng đến hoặc công suất ánh sáng nhận được ở bộ thu.

3.1.4 Phương pháp định vị dựa trên góc ánh sáng đến (AOA).

Mô hình của phương pháp định vị dựa trên góc ánh sáng đến được đề xuất trong tài liệu [16], góc của ánh sáng tới (AOA) được định nghĩa là góc giữa hướng truyền của một sóng ánh sáng tới và hướng của nguồn tham khảo (Đèn LED), hay còn gọi là góc định hướng.

Trong phương pháp AOA chúng ta sẽ sử dụng một mảng PD là một vòng tròn gắn lên trên robot, Số lượng PD gắn trên robot ảnh hưởng trực tiếp tới độ chính xác của phương pháp định vị này, số lượng PD càng nhiều thì độ chính xác càng cao[21].

Góc của PD thứ i được tính như sau.

$$\theta_i = \frac{\pi i}{(K-1)} \quad (3.4)$$

Với: i là PD thứ i , K là số lượng PD.

Dựa vào công thức trên ta thấy rằng khi càng tăng số lượng PD K , thì góc θ càng nhỏ dẫn đến sai số càng nhỏ.

Do các PD gắn nhau thì sẽ có góc ánh sáng tới gần giống nhau, vì vậy để đạt được độ chính xác cao phương pháp định vị AOA sử dụng phương pháp trọng số để tính ước lượng góc của ánh sáng tới.

$$\hat{\theta} = \sum_{m=1}^{i_{max}} c_m \theta(i_{max} - m) \quad (3.5)$$

Trọng số c_m được tính bằng công thức sau.

$$c_m = P_{r-signal}(i_{max-m}) / \sum_{m=1}^{i_{max}} P_{r-signal}(i_{max} - m) \quad (3.6)$$

Trong đó i_{max} là PD mà nhận được công suất tín hiệu lớn nhất. $i_{max} = \max_i P_{r-signal}(i)$. với $P_{r-signal}$ là công suất tín hiệu điện nhận được ở đầu ra thứ i .

Sau khi tính được góc ước lượng của PD và LED, ta sẽ tính được tọa độ 1 chiều của đèn LED như sau[22].

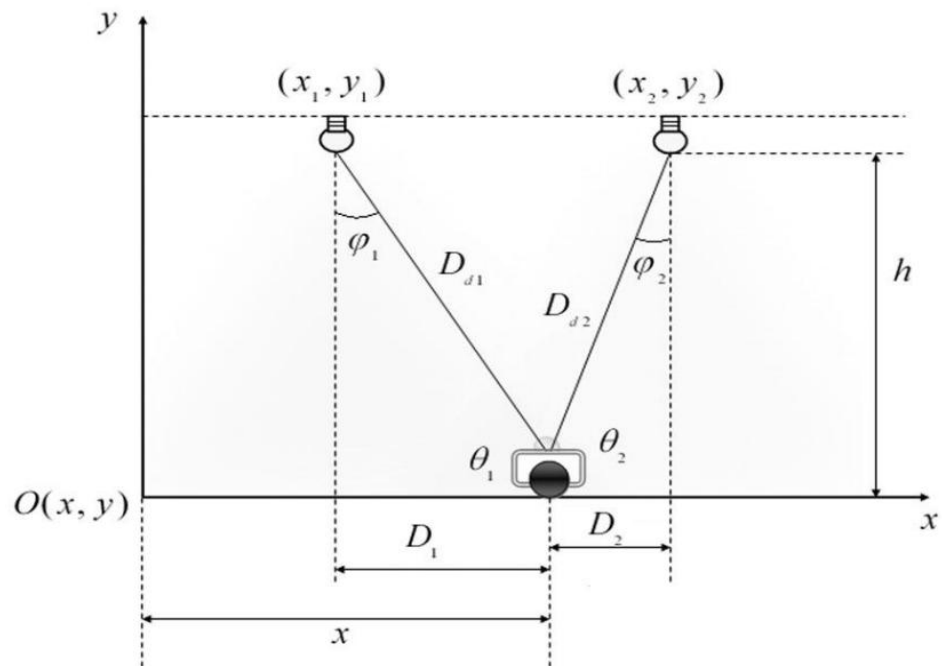
$$X = [(D_1 + x_1) + (x_2 - D_2)]/2 \quad (3.7)$$

Trong đó.

$$|D_1| = h^2 + D_{d1}^2 - 2hD_{d1}\cos(\pi/2 - \theta_1) \quad (3.8)$$

$$|D_2| = h^2 + D_{d2}^2 - 2hD_{d2}\cos(\pi/2 - \theta_2) \quad (3.9)$$

Ưu điểm của phương pháp AOA là nó có độ chính xác cao, dùng tốt trong môi trường ánh sáng truyền thẳng, độ chính xác của phương pháp này phụ thuộc vào số lượng đèn LED trên PD. Tuy nhiên nhược điểm của phương pháp này là yêu cầu phần cứng phức tạp và chỉ có khả năng cung cấp thông tin định vị một chiều.



Hình 3. 5: Mô hình và các thông số hệ thống

3.2 Phương pháp định vị kết hợp sử dụng trạm phát đa chùm sáng (LUMB).

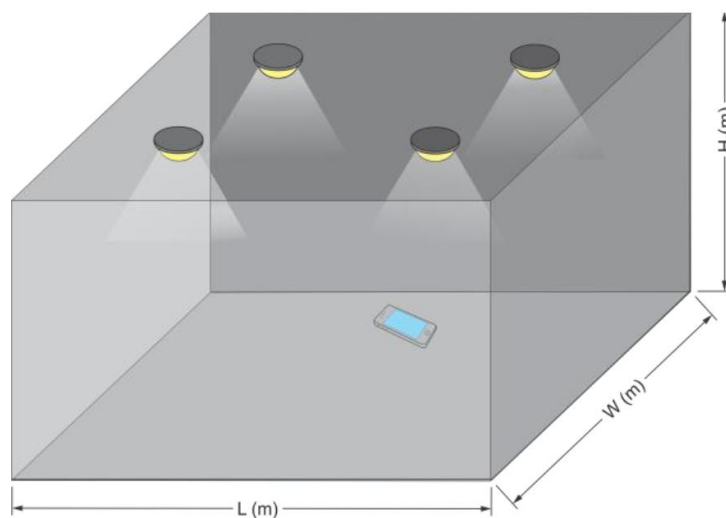
Như đã thảo luận ở phần trên về một số phương pháp định vị dựa trên công nghệ truyền thông ánh sáng nhìn thấy VLC. Các ưu nhược điểm của phương pháp này cũng đã được trình bày và so sánh ở phần trước. Các phương pháp định vị TOA và TDOA rất khó triển khai trong thực tế vì nó tính toán tọa độ robot sử dụng thời gian ánh sáng truyền đến bộ thu trong một khoảng thời gian rất nhỏ (vài nano giây) và hai phương pháp này yêu cầu đồng bộ thời gian giữa bộ thu và bộ nhận hay giữa các bộ nhận với nhau. Phương pháp định vị RSS đạt được độ chính xác không cao nhất là trong môi

trường có mô hình kênh truyền suy hao lớn. Cuối cùng là phương pháp AOA tuy rằng phương pháp này đạt được độ chính xác cao vì sử dụng kỹ thuật MIMO nhưng lại yêu cầu phần cứng quá phức tạp và chỉ có khả năng cung cấp định vị một chiều. Qua việc nắm rõ ưu nhược điểm của các phương pháp trên tôi xin đề xuất một phương pháp định vị mới là phương pháp định vị kết hợp sử dụng trạm phát đa chùm, phương pháp này đạt được những ưu điểm của phương pháp định vị AOA và RSS, đồng thời nó cũng giải quyết được các mặt hạn chế của cả hai phương pháp định vị nói trên.

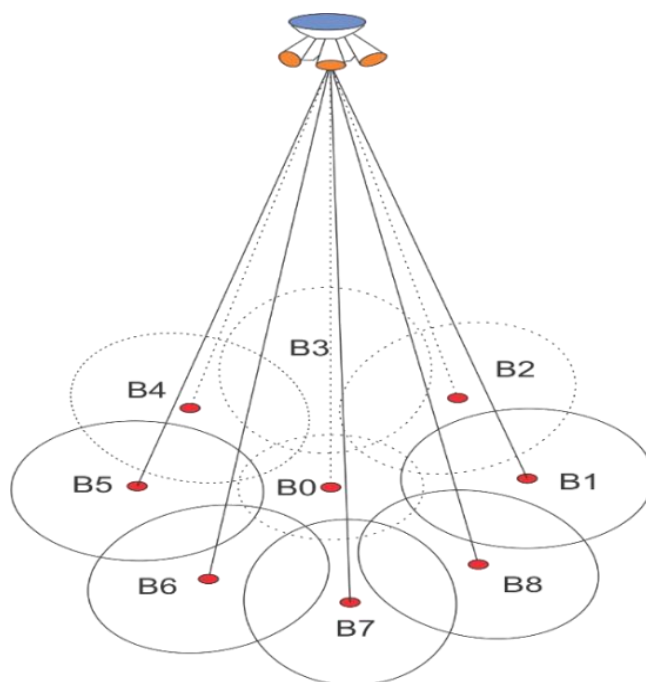
3.2.1 Mô hình hệ thống.

Mô hình phòng thông thường với kích thước $W \times L \times H \text{ m}^3$ giả sử để xây dựng một hệ thống chiếu sáng và kết hợp truyền thông không dây sử dụng ánh sáng nhìn thấy VLC trong môi trường trong nhà, mô hình truyền thông với các điểm truy cập AP với các chùm sáng định hướng được bố trí đều trên trần của căn phòng. Mỗi AP là một mảng LED dùng cho việc chiếu sáng và truyền dữ liệu, được thiết kế đặc biệt bao gồm N_b chùm sáng định hướng (Beam), trong đó một chùm sáng ở chính giữa và vuông góc với trần nhà, $(N_b - 1)$ chùm sáng còn lại được đặt xung quanh chùm sáng chính giữa với góc định hướng θ khác nhau sao cho mỗi AP phủ được một diện tích cố định trong phòng. Với cấu hình AP như vậy, để duy trì được việc truyền dữ liệu một cách liên tục, đồng thời đảm bảo được vấn đề chiếu sáng đồng đều trong cả phòng thì có hai vấn đề được đặt ra trong thiết kế là:

- Đảm bảo không có vùng mù giữa các vùng phủ của các chùm sáng trong cùng một trạm phát.
- Đảm bảo không có vùng mù giữa các vùng phủ của các trạm phát với nhau.

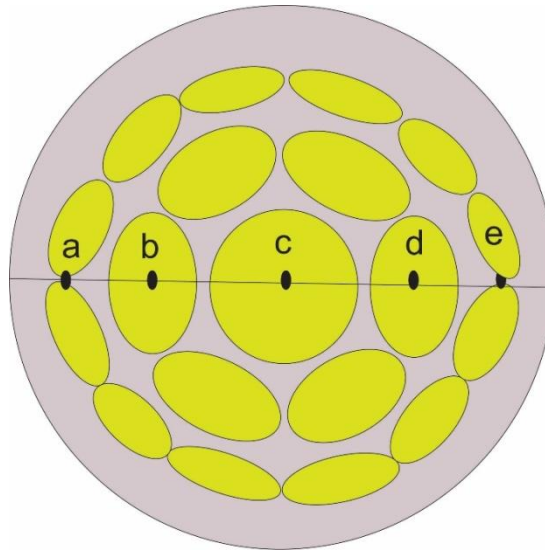


Hình 3. 6: Cấu tạo của phòng

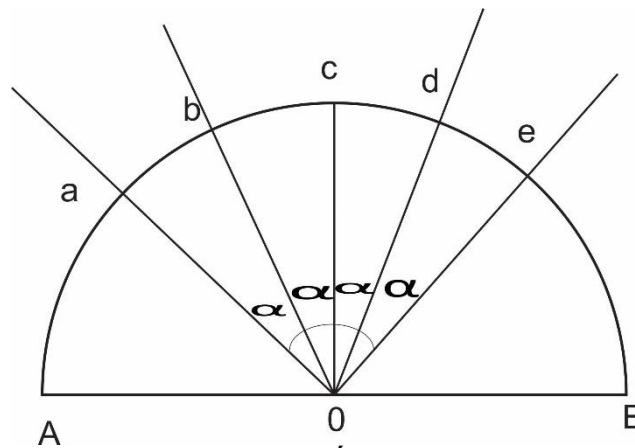


Hình 3. 7: Cấu hình trạm phát

Cấu tạo của trạm phát AP: Cấu tạo trạm phát gồm một mảng đèn LED, có hình dạng là hình bán cầu, có một đèn LED ở giữa tâm bán cầu, và các đèn khác được thiết kế xung quanh



Hình 3. 8: Cấu tạo bộ phát, mảng đèn LED (AP)



Hình 3. 9: Mặt cắt ngang bộ phát

Trong hệ thống định vị này, bộ thu sẽ được thiết kế rất đơn giản chỉ gồm 1 PD được gắn trực tiếp lên robot để thu tín hiệu từ trạm phát AP, và một cảm biến Gyro để xác định hướng di chuyển của robot

Trong hệ thống này trạm phát sẽ có cấu tạo phức tạp để tạo ra chùm sáng có đường kính đủ nhỏ, đường kính của chùm sáng sẽ tỉ lệ nghịch với độ chính xác của phương pháp LUMB, nghĩa là chùm sáng càng nhỏ thì độ chính xác của phương pháp càng cao. Hệ thống này có ưu điểm là bộ thu sẽ có cấu tạo vô cùng đơn giản và nhỏ gọn đơn giản, có thể tích hợp với các thiết bị nhỏ, như điện thoại, máy tính xách tay...

3.2.2 Cấu hình chùm sáng

Độ chính xác của phương pháp này phụ thuộc rất nhiều vào Cấu hình của chùm sáng. Chùm sáng có đường kính càng nhỏ, thì độ chính xác của phép đo càng cao và ngược lại chùm sáng có đường kính lớn thì sai số của phương pháp càng lớn. Chúng ta phải thiết lập sao cho giữa các chùm sáng với nhau không được phép có điểm mù, và giữa các trạm phát với nhau cũng không được có điểm mù, giờ chúng ta sẽ thiết lập công thức để cấu hình cho chùm sáng.

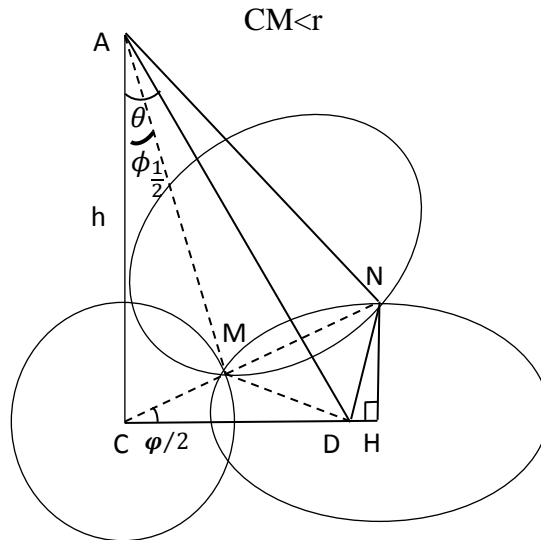
Công thức tính góc hướng chùm sáng được tạo ra để thỏa mãn $CM \leq r_{n-1}$ như hình vẽ, trong bài toán này xét $CM = r_{n-1}$ để vừa đủ không có vùng mù. Công thức tính góc hướng chùm sáng của chùm sáng thứ n : θ_n là nghiệm của phương trình bậc nhất đối với $\sin(\theta_n)$ và $\cos(\theta_n)$:

$$\sqrt{r_{n-1}^2 + h^2} \cdot \cos\left(\phi_{\frac{1}{2}}\right) = r_{n-1} \cdot \sin(\theta_n) \cdot \cos\left(\frac{\varphi_n}{2}\right) + h \cdot \cos(\theta_n) \quad (3.10)$$

Trong đó.

- $\phi_{\frac{1}{2}}$ là góc nửa công suất của chùm sáng.
- $\varphi_n = \frac{2\pi}{\text{số beam của vòng } n}$ là góc giữa 2 chùm sáng của vòng n .
- h là chiều cao từ mặt phẳng bộ thu đến trần nhà.
- r_{n-1} là bán kính của vùng phủ xét tới chùm sáng thứ $n-1$ mà không có vùng mù. Nếu $n - 1 = 0$ thì r chính là bán kính của vùng phủ của chùm sáng trung tâm ,nếu $n - 1 > 0$ thì r_{n-1} được tính theo công thức dưới.

-



Hình 3. 10: Công thức cấu hình đa chùm sáng

Tại tam giác ΔMAD : D là điểm của tia trung tâm của chùm sáng, M là điểm của tia ở rìa của chùm sáng

$$\Rightarrow \text{góc } MAD = \phi_{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow MD^2 = AM^2 + AD^2 - 2.AM.AD.\cos(\phi_{\frac{1}{2}})$$

(1)

$$= CM^2 + AC^2 + CD^2 + AC^2 - 2.AM.AD.\cos(\phi_{\frac{1}{2}})$$

$$\text{vì } (AM^2 = CM^2 + AC^2, AD^2 = CD^2 + AC^2)$$

Tại tam giác ΔMCD có góc $DCM = \frac{\phi_n}{2}$

$$\Rightarrow MD^2 = CM^2 + CD^2 - 2.CM.CD.\cos(\frac{\phi_n}{2})$$

(2)

$$\text{Từ (1) và (2) } \Rightarrow AM.AD.\cos(\phi_{\frac{1}{2}}) - AC^2 = CM.CD.\cos(\frac{\phi_n}{2})$$

(3.11)

Để vùng phủ giữa các chùm sáng của vòng thứ n và các vòng trước đó không xảy ra vùng mù thì $CM \leq r_{n-1}$. Trong trường hợp này xét $CM = r_{n-1}$ là trường hợp tối thiểu để không có vùng phủ.

Ta có:

$$+ CM = r_{n-1}$$

$$+ AM = \sqrt{r_{n-1}^2 + h^2}$$

Tại ΔCAD : $CD = \tan(\theta_n).AC = \tan(\theta_n).h$

$$AD = \frac{h}{\cos(\theta_n)}$$

Thay CM, CD, AM, AD vào công thức (3):

$$\sqrt{r_{n-1}^2 + h^2} \cdot \frac{h}{\cos(\theta_n)} \cdot \cos\left(\frac{\phi_1}{2}\right) - h^2 = r_{n-1} \cdot \tan(\theta_n) \cdot h$$

Từ đây ta suy ra công thức (3.11)

$$\sqrt{r_{n-1}^2 + h^2} \cdot \cos\left(\frac{\phi_1}{2}\right) = r_{n-1} \cdot \sin(\theta_n) \cdot \cos\left(\frac{\varphi_n}{2}\right) + h \cdot \cos(\theta_n)$$

Công thức tính bán kính r_{n-1} ở vòng chùm sáng thứ $n-1$ (với r là nghiệm lớn nhất của phương trình)

$$\begin{aligned} & [\cos^2\left(\frac{\phi_1}{2}\right) - \sin^2(\theta_{n-1}) \cdot \cos^2\left(\frac{\varphi_{n-1}}{2}\right)] \cdot r_{n-1}^2 - \\ & h \cdot \sin(2\theta_{n-1}) \cdot \cos\left(\frac{\varphi_{n-1}}{2}\right) \cdot r_{n-1} + h^2 \cdot [\cos^2\left(\frac{\phi_1}{2}\right) - \cos^2(\theta_{n-1})] = 0 \end{aligned} \quad (3.12)$$

Trong đó:

- $\frac{\phi_1}{2}$ là góc nửa công suất của chùm sáng.
- θ_{n-1} là góc hướng chùm sáng của chùm sáng thứ $n-1$.
- $\varphi_{n-1} = \frac{2\pi}{\text{số beam của vòng } n-1}$ là góc giữa 2 chùm sáng của vòng $n-1$.

1.

Với h là chiều cao từ mặt phẳng robot đến trần nhà.

Ta có tại ΔNAD : $DN^2 = AN^2 + AD^2 - 2 \cdot AN \cdot AD \cdot \cos\left(\frac{\phi_1}{2}\right)$

$$\Leftrightarrow DN^2 = CN^2 + AC^2 + CD^2 + AC^2 - 2 \cdot AN \cdot AD \cdot \cos\left(\frac{\phi_1}{2}\right)$$

$$(3.13)$$

Tại ΔNCD : $DN^2 = CN^2 + CD^2 - 2 \cdot CN \cdot CD \cdot \cos\left(\frac{\varphi_n}{2}\right)$

(3.14)

Từ (3.13) và (3.14) ta được:

$$AN \cdot AD \cdot \cos\left(\frac{\phi_1}{2}\right) - AC^2 = CN \cdot CD \cdot \cos\left(\frac{\varphi_n}{2}\right)$$

$$\begin{aligned}
& \text{Thay số : } AD = \frac{AC}{\cos(\theta_{n-1})} ; CD = \tan(\theta_{n-1}).AC , AC = h , AN = \\
& \sqrt{r_{n-1}^2 + h^2} , CN = r_{n-1} \\
& \Rightarrow \frac{AC}{\cos(\theta_{n-1})}.AN.\cos(\phi_{\frac{1}{2}}) - AC^2 = CN.\tan(\theta_{n-1}).AC.\cos(\frac{\varphi_n}{2}) \\
& \Rightarrow \frac{\sqrt{r_{n-1}^2 + h^2}}{\cos(\theta_{n-1})}.\cos(\phi_{\frac{1}{2}}) - h = r_{n-1}.\tan(\theta_{n-1}).\cos(\frac{\varphi_n}{2}) \\
& [Cos^2(\phi_{\frac{1}{2}}) - Sin^2(\theta_{n-1}).Cos^2(\frac{\varphi_{n-1}}{2})] .r_{n-1}^2 - \\
& h.Sin(2\theta_{n-1}).Cos(\frac{\varphi_{n-1}}{2}).r_{n-1} + h^2.[Cos^2(\phi_{\frac{1}{2}}) - Cos^2(\theta_{n-1})] = 0 \\
& (3.15)
\end{aligned}$$

Hình vùng phủ của cấu hình chùm sáng với tính toán xét với từ mặt phẳng robot đến trần là $h = 1,5$ mét.

Dưới đây là một số cấu hình chùm sáng.

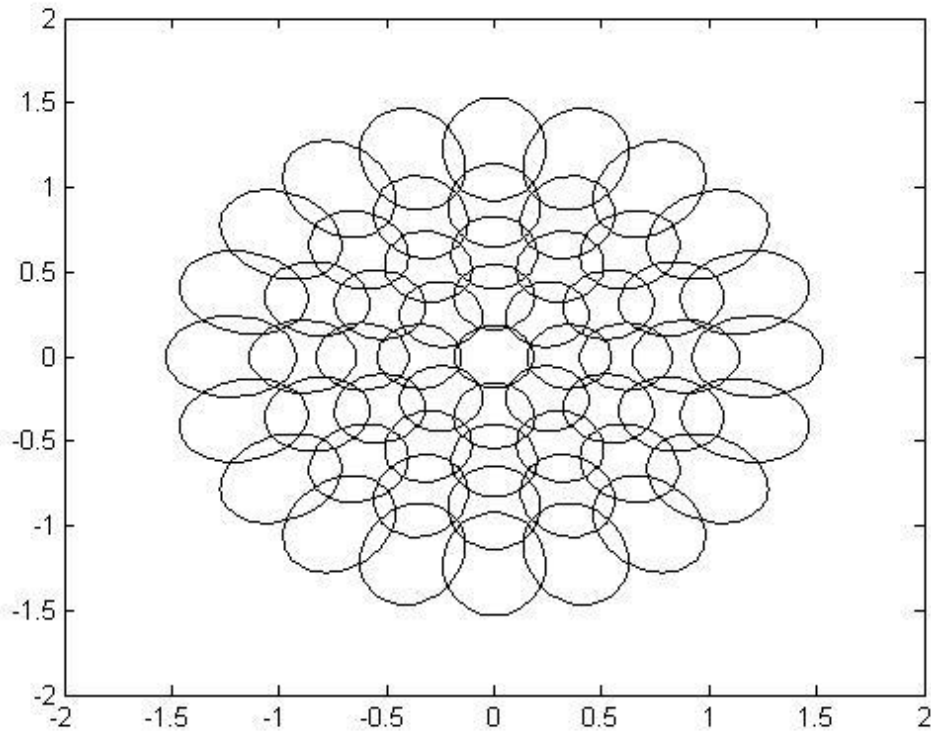
Cấu hình chùm sáng với $\phi_{\frac{1}{2}} = 7^\circ$: gồm 4 vòng chùm sáng, 57 chùm sáng, và chùm sáng trung tâm có bán kính là 18,5 cm (là hình tròn)

- Vòng 1: các chùm sáng có vùng phủ là hình elip với bán kính chiều dài 19,5 cm, bk rộng 19,0 cm Góc $\theta_1 = 12,94^\circ$. (8 chùm sáng)

- Vòng 2 : bán kính chiều dài 21.5 cm , bán kính chiều rộng 19,9 cm ,góc $\theta_2 = 21,9^\circ$ (12 chùm sáng)

- Vòng 3 : bán kính chiều dài 24,8 cm , bán kính chiều rộng 21.4 cm ,góc $\theta_2 = 30,2^\circ$ (16 chùm sáng)

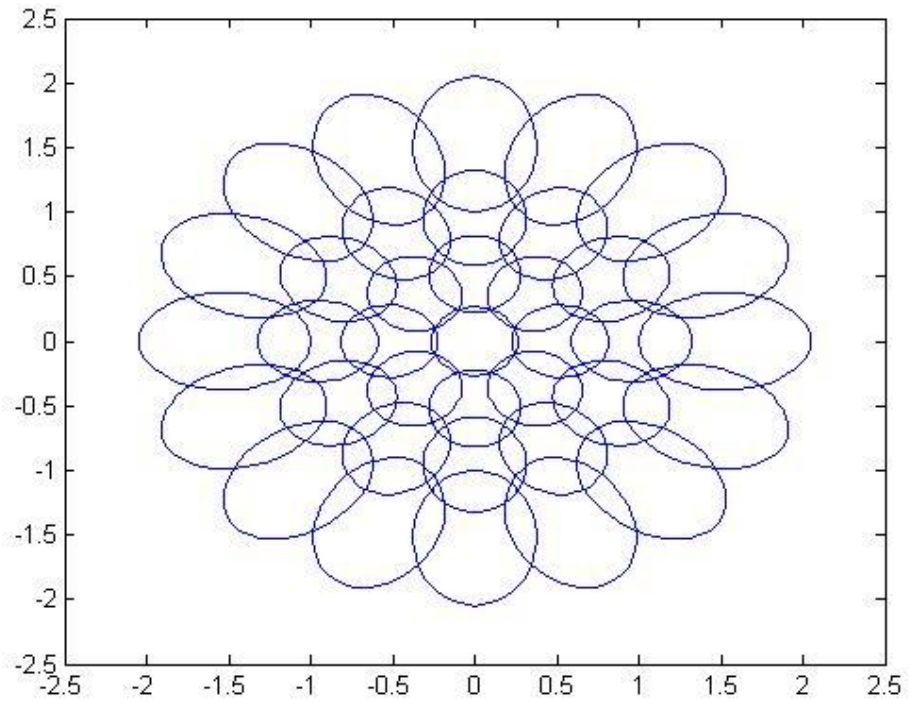
- Vòng 4 : bán kính chiều dài 30.5 cm , bán kính chiều rộng 23,8 cm ,góc $\theta_2 = 38,6^\circ$ (20 chùm sáng)



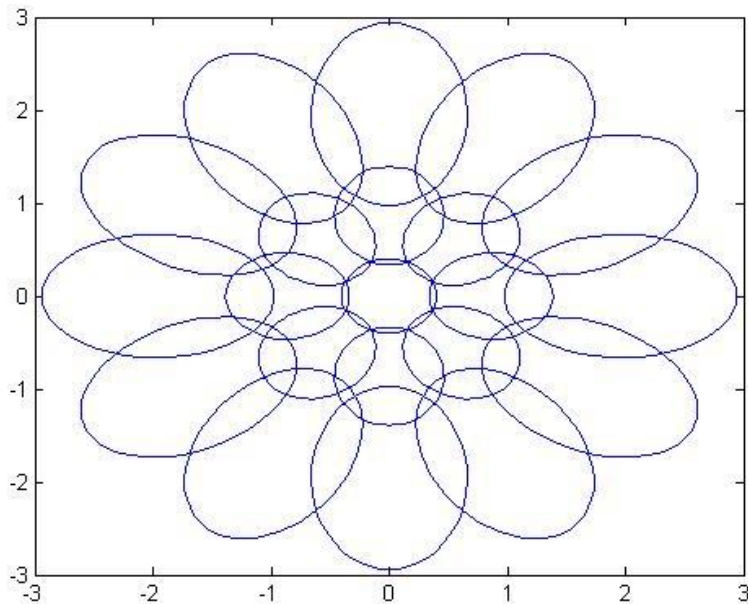
Hình 3. 11: Cấu hình chùm sáng với góc nửa công suất = 7°

Cấu hình chùm sáng có góc nửa công suất là $\phi_{\frac{1}{2}} = 10^\circ$: gồm 3 vòng chùm sáng, và có 37 chùm sáng, chùm sáng trung tâm có bán kính 26,5 cm (là hình tròn)

- Vòng 1: các chùm sáng có vùng phủ là hình elip với bán kính chiều dài 29.5 cm, bán kính rộng 28,0 cm Góc $\theta_1 = 18,51^\circ$. (8 chùm sáng)
- Vòng 2 : bán kính chiều dài 36.8 cm , bán kính chiều rộng 31.4 cm ,góc $\theta_2 = 31.5^\circ$ (12 chùm sáng)
- Vòng 3 : bán kính chiều dài 52.35 cm , bán kính chiều rộng 37.7 cm ,góc $\theta_2 = 43.78^\circ$ (16 chùm sáng)



Hình 3. 12: Cấu hình chùm sáng với góc nửa công suất = 10°
 Cấu hình chùm sáng với góc nửa công suất là $\phi_{\frac{1}{2}} = 15^\circ$: có 21 chùm
 sáng và 2 vòng chùm sáng.



Hình 3. 13: Cấu hình chùm sáng với góc nửa công suất = 15°

3.2.3 Nhiễu hệ thống.

Như đã đề cập trong phương pháp định vị sử dụng RSS, và AOA công suất tín hiệu quang nhận được tại mỗi PD được tính theo công thức sau.

$$P_r(i) = H(0)P_t = \frac{(m+1)Ah^{m+1}}{2\pi\sqrt{(R^2(i)+h^2)^{m+3}}}T_s(\psi)g_s(\psi) \quad (3.11)$$

Để thực hiện việc truyền tín hiệu ánh sáng đến bộ thu trong kênh truyền quang chúng ta cần thực hiện một phương pháp điều chế nào đó. Trong phạm vi của bài luận văn này tôi xin giả sử điều chế OOK được sử dụng để tạo ra các xung tín hiệu được truyền đi, các tín hiệu nhiễu chúng ta sẽ nhận được ở đầu thu PD các nhiễu Gauss gồm có nhiễu tạp âm, nhiễu nhiệt, nhiễu kỹ thuật ISI, tuy nhiên nhiễu ISI rất nhỏ không đáng kể do thời gian chuyển tin đủ dài, do vậy nguồn nhiễu chủ yếu là nhiễu tạp âm và nhiễu nhiệt.

$$N = \sigma_{shot}^2 + \sigma_{thermal}^2 \quad (3.12)$$

Công suất tín hiệu nhận được thực tế tại PD thứ I sẽ được xác định như sau.

$$P_{rsignal}(i) = H(0)P_t + N(i) \quad (3.13)$$

3.2.4 Quá trình truyền tin.

Trong phương pháp định vị này để có thể xác định được tọa độ của bộ thu, các chùm sáng sẽ được phát tuần tự với tần suất 24 lần/s và mỗi lần phát sẽ chứa các thông tin về chùm sáng, mỗi chùm sáng phát đi chứa những thông tin sau.

- Thông tin về trạm phát, bao gồm số thứ tự và tọa độ của chùm sáng trung tâm.

- Thông tin về tọa độ tâm của chùm sáng .

Bộ thu sẽ nhận được thông tin của chùm sáng mà robot đang đứng, từ đó xác định được vị trí của bộ thu.

3.2.5 Cơ chế định vị

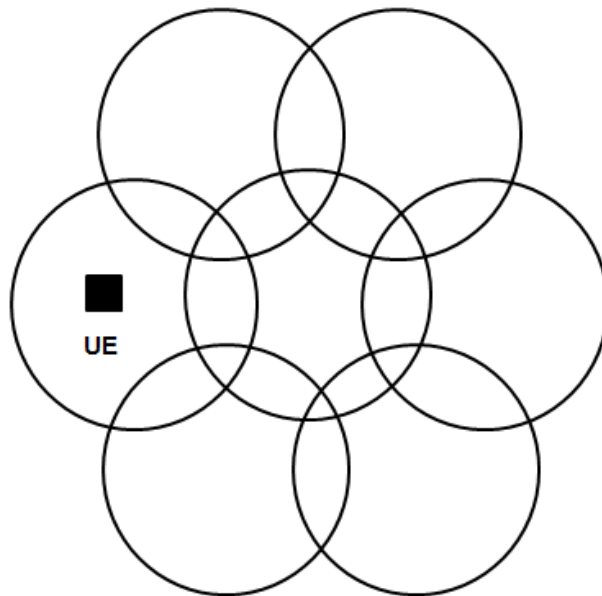
Để có thể tính định vị vị trí của robot, chúng ta sẽ thiết kế trạm phát AP gồm nhiều chùm sáng, chúng ta sẽ thiết kế sao cho chùm sáng có đường kính đủ nhỏ, mỗi chùm sáng sẽ được phát với tần số 24 lần/s và được phát tuần tự

và chứa thông tin về chùm sáng. Phương pháp định vị sử dụng đa chùm sáng được tiến hành như sau:

Như đã nói ở mục trên, trạm phát sẽ phát một bản tin tuần tự với tần số 24 lần/s, khi robot nằm trong vùng sáng nó sẽ nhận được bản tin từ AP, bản tin này chứa thông tin về tọa độ của các chùm sáng dựa vào đó bộ thu sẽ quét được tọa độ mà nó đang đứng. Trong phương pháp này sẽ có hai trường hợp xảy ra là robot sẽ nằm chon trong một chùm sáng, hoặc nằm ở vùng giao nhau giữa các chùm sáng, bây giờ chúng ta sẽ xét từng trường hợp để tìm ra vị trí của bộ thu.

Trường hợp 1: bộ thu nằm trọn trong một chùm sáng

Với trường hợp này, ta sẽ xét trong 1s nếu bộ thu nhận được bản tin của duy nhất một chùm sáng. Nghĩa là bộ thu nằm trọn trong một chùm sáng mà không nằm trong vùng chồng lấn, Bộ thu sẽ quét lấy tâm của chùm sáng mà nó nằm trong đó là vị trí mà nó đang đứng.

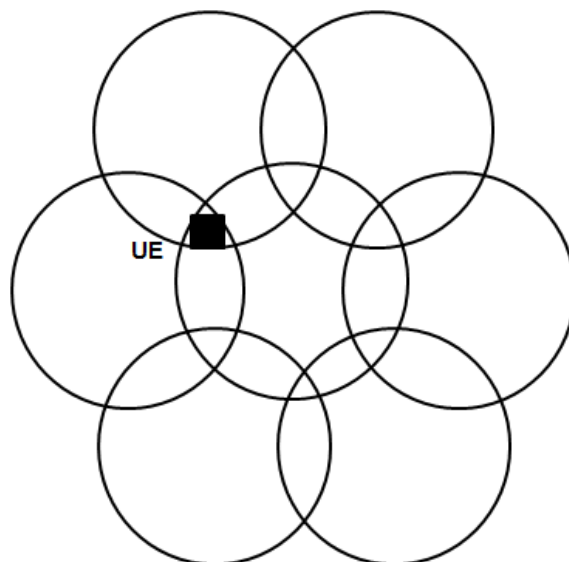


Hình 3. 14: Bộ thu nằm trong một chùm sáng

Trường hợp 2: Bộ thu nằm ở vùng giao nhau giữa các chùm sáng.

Trong trường hợp này bộ thu sẽ nhận được bản tin của nhiều chùm sáng cùng lúc, mỗi bản tin mà bộ thu nhận được sẽ cho ta thông tin vị trí của chùm sáng chứa bản tin đó, vì đường kính của chùm sáng là đủ nhỏ, nên bán kính đường giao nhau giữa các chùm sáng sẽ rất nhỏ, để tính tọa độ của bộ thu

trong trường hợp này ta sẽ được tính bằng trung bình tọa độ của các chùm sáng chứa bộ thu.



Hình 3. 15: Bộ thu nằm trong nhiều chùm sáng
 Công thức tính tọa độ tổng quát cho hai trường hợp trên như sau.

$$\begin{cases} X = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\ Y = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \end{cases} \quad (3.14)$$

Với n là số chùm sáng chứa bộ thu.

3.3 Kết quả mô phỏng và đánh giá

3.3.1 Kích bản mô phỏng

Trước tiên, chúng ta sẽ xem xét kích bản mô phỏng cho phương pháp LUMB. Mô hình được thực hiện trong không gian rộng như trong phòng, thư viện hay hành lang bệnh viện, viện bảo tàng hay siêu thị, là nơi mà hoạt động phổ biến của các thiết bị đi động cũng như các robot dẫn đường, hướng dẫn trong thư viện, viện bảo tàng hay các robot dọn vệ sinh. Như đã thảo luận ở mục trước, độ chính xác của phương pháp này phụ thuộc rất nhiều vào độ rộng của các chùm sáng, chùm sáng càng hẹp thì độ chính xác của phương pháp này càng cao. Trong phạm vi khóa luận này tôi sẽ mô phỏng robot có chiều cao 1m hai bánh đi chuyên trong hành lang có chiều cao 2,5m và bán kính là 2m và chiều dài là 8m, độ chính xác của phương pháp định vị này phụ thuộc vào độ rộng của chùm sáng, khi độ rộng chùm sáng càng nhỏ thì

phương pháp định vị càng chính xác và ngược lại. Để kiểm chứng độ chính xác của phương pháp định vị LUMB tôi sẽ cho robot đi chuyển theo đường cong dạng hình sin và đường thẳng. Với kịch bản mô phỏng này ta sẽ đánh giá được hiệu suất của phương pháp LUMB. Ngoài ra phương pháp định vị này hoàn toàn đúng cho các robot đi chuyển ở môi trường trong nhà.

3.3.2 Chương trình mô phỏng

Chương trình mô phỏng đánh giá định vị LUMB được thực hiện trên phần mềm C# . Chương trình mô phỏng này được xây dựng để đánh giá độ chính xác của phương pháp định vị LUMB trong một kịch bản đặc biệt – các hành lang dài trong các ngôi nhà nơi mà các hoạt động của robot diễn ra phổ biến nhất.

Code của chương trình mô phỏng gồm những tập tin chính sau đây.

Accesspoint.cs: là tập tin tải cấu hình trạm phát gồm các thông số sau.

Beam.cs: là tập tin chứa thông tin chùm sáng, gán ID cho mỗi chùm sáng.

Input_parameters.cs: là tập tin chứa các thông số để cấu hình cho hệ thống, các thông số này gồm có.

Các thông số cấu hình chung: số lượng trạm phát, khoảng cách lấy mẫu.

Các thông số cấu hình cho mô hình hệ thống VLC như: chiều cao của đèn LED, góc nửa công suất, góc FOV của bộ thu....

Các thông số để tính toán nhiễu Gauss tại đầu ra của bộ thu, tốc độ truyền....

Position.cs: là tập tin tính toán, ước lượng vị trí của robot.

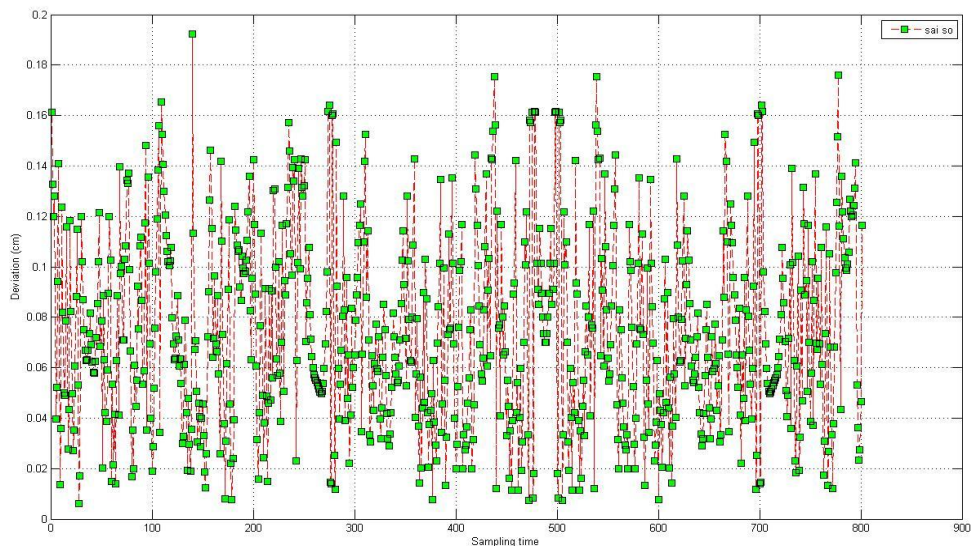
Program.cs: là tập tin tạo đường đi chuyển của robot, tạo mô hình hệ thống và xuất dữ liệu ra file.

Robot.cs: là tập tin trả về vị trí của robot và trong ứng dụng dẫn đường nó có chức năng hiệu chỉnh sao cho robot đi theo đường thẳng.

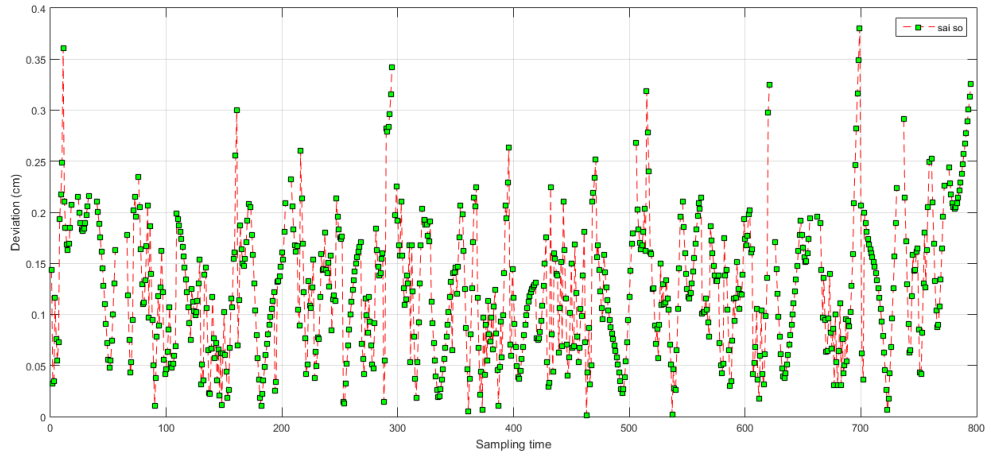
3.4 Kết quả mô phỏng và đánh giá.

Ngoài sự phụ thuộc vào khoảng cách giữa vị trí tương đối giữa vị trí hiện tại của robot di động và đèn LED thì độ chính xác của robot phụ thuộc vào số lượng đèn LED trên trạm phát và góc nửa công suất, góc nửa công suất càng nhỏ thì độ chính xác của phương pháp càng cao, thật vậy điều này được, điều này được chứng minh qua việc mô phỏng ba kịch bản của phương pháp định vị đề xuất tương ứng với góc nửa công suất thay đổi $\frac{\theta}{2} = 7^\circ$, $\frac{\theta}{2} = 10^\circ$, các hình dưới lần lượt biểu diễn sai số của phương pháp định vị LUMB tương ứng với góc nửa công suất thay đổi, từ hình vẽ trên ta có thể dễ dàng nhận thấy sai số của phương pháp định vị này giảm khi góc nửa công suất giảm. Cụ thể là: khi góc nửa công suất bằng 7° thì sai số lớn nhất khi robot di chuyển theo đường thẳng là 15 cm, khi robot di chuyển theo hình sin là 18 cm. Khi góc nửa công suất bằng 10° thì sai số lớn nhất khi robot di chuyển theo đường thẳng là 35 cm, khi robot di chuyển theo hình sin là 39 cm.

Trường hợp 1: Khi robot di chuyển theo đường thẳng
Cấu hình Beam với góc nửa công suất là 7°

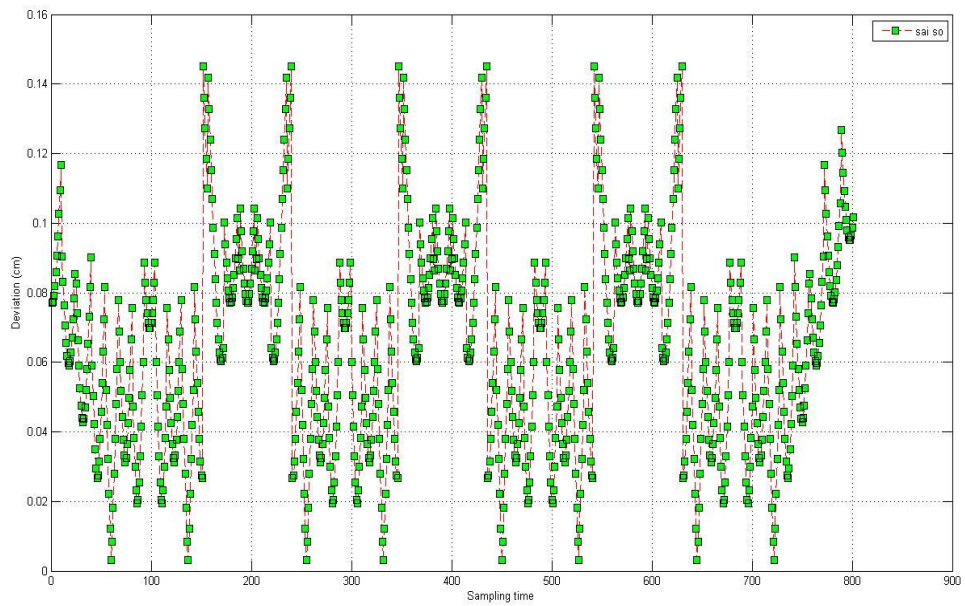


Hình 3. 16: sai số của robot khi di chuyển theo hình sin với góc nửa công suất 7°

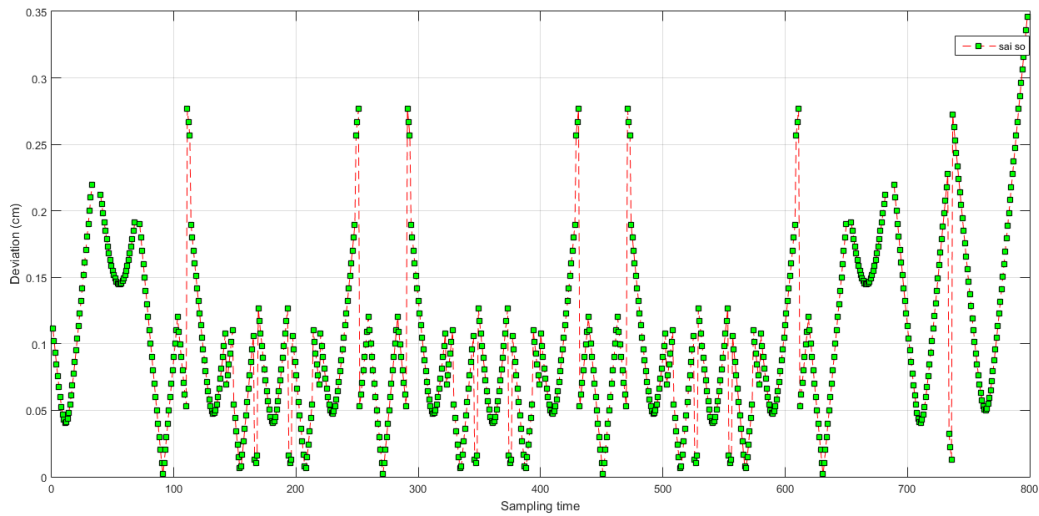


Hình 3. 17: Sai số của robot khi di chuyển theo hình sin với góc nửa công suất 10^0

Trường hợp 2: Khi robot di chuyển theo đường thẳng



Hình 3. 18: Sai số của phương pháp khi robot đi chuyển theo đường thẳng với góc nửa công suất 7^0



Hình 3. 19: Sai số khi robot di chuyển theo đường thẳng với góc nửa công suất 10^0

3.5 Kết luận.

Trong nội dung chương này, chúng ta đã đề cập đến tầm quan trọng và mức độ phổ biến của định vị ở môi trường trong nhà, trong chương này chúng ta đã tìm hiểu về một số phương pháp định vị dựa trên công nghệ truyền thông ánh sáng nhìn thấy, Phương pháp định vị TOA và TDOA định vị dựa trên thời gian ánh sáng truyền đến, Phương pháp này thực tế rất khó thực hiện và triển khai thực tế do tốc độ ánh sáng rất lớn ở khoảng cách ngắn trong môi trường trong nhà nên thời gian truyền sáng rất nhỏ vì vậy phương pháp này đòi hỏi cấu hình phần cứng rất cao việc này sẽ dẫn đến chi phí cho việc triển khai và áp dụng là rất khó khăn. Phương pháp RSS có nhược điểm là kết quả định vị sẽ bị kém khi làm việc ở môi trường có độ suy hao cao. Còn phương pháp AOA thì chỉ định vị được theo một chiều và độ chính xác phụ thuộc vào số lượng PD được gắn trên UE.

Để giải quyết vấn đề trên và tăng độ chính xác của định vị tôi đã đề xuất phương pháp định vị bằng công nghệ truyền thông ánh sáng nhìn thấy sử dụng trạm phát đa chùm sáng (LUMB). Phương pháp này đạt được độ chính xác cao hơn các phương pháp kể trên, Thiết kế nhỏ gọn của bộ thu là một lợi thế của phương pháp này nó có thể dễ dàng tích hợp với các thiết bị di động nhỏ như điện thoại ..., Tuy nhiên một bất lợi của phương pháp này là cấu tạo bộ phát tương đối phức tạp. nhưng bù nó lại đạt được độ chính xác cao.

KẾT LUẬN CHUNG

Luận văn đã trình bày những nghiên cứu về mô hình hệ thống VLC, Những ưu nhược điểm của hệ thống truyền thông bằng ánh sáng nhìn thấy,

Luận văn đã trình bày một số phương pháp định vị, và đánh giá ưu nhược điểm của từng phương pháp, và đề xuất phương pháp định vị bằng công nghệ truyền thông ánh sáng nhìn thấy sử dụng trạm phát đa chùm (LUMB).

Đề tài này có thể được phát triển sâu hơn theo các hướng sau:

Nghiên cứu thêm về kỹ thuật định vị bằng công nghệ truyền thông ánh sáng nhìn thấy sử dụng trạm phát đa chùm sáng

Xây dựng mô hình thực nghiệm để đánh giá hiệu năng thực tế của phương pháp định vị bằng công nghệ truyền thông ánh sáng nhìn thấy sử dụng trạm phát đa chùm

Đề xuất xây dựng mô hình tìm kiếm sản phẩm, hay các danh mục trong siêu thị hay trong thư viện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] <https://vi.wikipedia.org/wiki/LED>
- [2] Ghassemlooy Z., Popoola W., Rajbhandari S. (2013), Optical Wireless communications, System and Channel Modeling with MATLAB, Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- [3] IEEE 802.15.7 visible light communication: modulation schemes and dimming support <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6163585/>
- [4] Christoforos Kachris and Ioannis Tomkos, "A survey on optical interconnects for data centers", IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 14, no. 4, pp.1021–1036, Oct. 2012
- [5] F.Hanson and S. Radic, "High bandwidth underwater optical communication", Applied Optics, ISSN 0003-6935 vol. 47, no. 2, pp. 277–283, Jan. 2008
- [6] M. Kavehrad, P. Amirshahi, "Hybrid MV-LV Power Lines and White Light Emitting Diodes for Triple-Play Broadband Access Communications," IEC Comprehensive Report on Achieving the Triple Play: Technologies and Business Models for Success, ISBN 1-931695-51-2, pp. 167-178, January 2006
- [7] Siemens, "500 Megabits/Second with White LED Light", (Press release)..Jan 18, 2010
- [8] <http://axrtek.com/momo/>
- [11]. o do Pove (2011) "Top 10 Visible Light Communications Applications" Available from: <http://visiblelightcomm.com/top-10-visible-light-communications-applications/>.
- [12]. Garcia J., Dalla-Costa M.A., Cardesin J., Alonso J.M. and Rico-Secades M.(2009), "Dimming of high-brightness LEDs by means of luminous fluxthermal estimation", IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 24, pp. 1107–1114

- [13] Toshihiko Komine (2004), “Fundamental Analysis for Visible-Light communication System using LED Lights” *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 50, pp. 100-107.
- [14] Cheung K.W., So H.C., Ma W.K., and Chan Y.R. (2004) “Least square Algorithms for Time-of-Arrival Based mobile Location” *IEEE Transactions Signal Processing*, vol. 52, pp. 1121-1130
- [15] Wang T.Q., Sekercioglu Y.A., Neild A., and Armstrong J. (2013) “Position Accuracy of Time-of-Arrival Based Ranging Using Visible Light With location indoor Localization” *Journal of Lightwave Technology*, vol. 31, pp. 3302 –3308.
- [16] Seongsu L., Sung-Yoon J. (2012) “Location awareness using angle-of-arrival based circular PD-array for visible Light communication ”, *18th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC)*, pp. 480 - 485