

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



NGUYỄN XUÂN SƠN

**PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG MẠNG
VLC TRONG NHÀ DỰA TRÊN CÔNG NGHỆ
CDMA**

Chuyên ngành : KỸ THUẬT VIỄN THÔNG
Mã số : 8.52.02.08

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ

HÀ NỘI - 2021

Luận văn được hoàn thành tại:
HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG

Người hướng dẫn khoa học: TS. PHẠM THỊ THÚY HIỀN

Phản biện 1: PGS.TS. NGUYỄN THÚY ANH

Phản biện 2: PGS.TS. NGUYỄN NAM HOÀNG

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ tại
Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Vào lúc: giờ ngày tháng năm 2020

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông

MỞ ĐẦU

VLC (visible light communication) là một công nghệ truyền thông sử dụng các nguồn ánh sáng nhìn thấy để truyền thông dữ liệu thông qua môi trường không khí. VLC có nhiều ưu điểm như băng thông lớn, tốc độ cao, chi phí thấp cũng như tính bảo mật cao vì truyền thông bằng sóng ánh sáng nhìn thấy chỉ tập trung ở một khu vực nhất định, không thể đâm xuyên qua các vật thể nên sẽ rất khó để thu nhập hay do thám các tín hiệu thông tin. Tuy nhiên, trong một số kịch bản thực tế như nhà ở hoặc một tòa nhà văn phòng, mạng VLC cần được thiết kế để hỗ trợ cho nhiều người dùng.

Một số kỹ thuật đa truy nhập đã được xem xét cho các mạng VLC nhiều người dùng như kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo tần số trực giao (OFDMA), kỹ thuật đa truy nhập phi trực giao (NOMA), kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo không gian (SDMA) và kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo mã (CDMA). So với các kỹ thuật đa truy nhập thông thường khác, CDMA có nhiều ưu điểm, bao gồm dung lượng mạng linh hoạt, quản lý chất lượng dịch vụ ở lớp vật lý và khả năng bảo mật vốn có.

Xuất phát từ thực tế trên, em chọn đề tài “***Phân tích và đánh giá hiệu năng mạng VLC trong nhà dựa trên công nghệ CDMA***”.

Bố cục của luận văn gồm 3 chương:

Chương I: “Tổng quan về truyền thông ánh sáng nhìn thấy”.

Chương II: “Kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo mã CDMA”.

Chương III: “Phân tích và đánh giá hiệu năng mạng VLC dựa trên kỹ thuật CDMA”.

Do hiểu biết còn hạn chế nên luận văn chắc chắn không tránh khỏi nhiều thiếu sót. Em rất mong nhận được sự góp ý của các thầy cô để luận văn được hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn các thầy cô giáo trong Khoa Điện tử-Viễn thông, trường Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông đã giúp đỡ em trong suốt quá trình học tập. Em xin cảm ơn TS.Phạm Thị Thúy Hiền đã hướng dẫn em trong quá trình thực hiện và hoàn thành luận văn.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ TRUYỀN THÔNG ÁNH SÁNG NHÌN THẤY

1.1 Tổng quan về công nghệ VLC

1.1.1 Giới thiệu về công nghệ VLC

Truyền thông bằng ánh sáng nhìn thấy – VLC là cái tên được đưa ra cho một hệ thống thông tin không dây mang thông tin bằng cách điều chế trong phổ ánh sáng nhìn thấy (400-700nm), dải phổ được sử dụng cho việc chiếu sáng. Các tín hiệu truyền thông tin được mã hóa bởi ánh sáng chiếu sáng.

1.1.2 Lịch sử phát triển công nghệ VLC

Nhiều năm trước, chúng ta thấy có nghiên cứu về VLC và ý tưởng sử dụng các LED cho cả việc chiếu sáng (illumination) và truyền tin (data communications)

Động lực chính cho công nghệ này bao gồm việc chiếu sáng bằng chất bán dẫn (solid-state lighting) ngày càng phổ biến, tuổi đời dài hơn của LED có độ sáng cao so với các nguồn ánh sáng nhân tạo khác như đèn dây tóc, tốc độ băng thông/dữ liệu cao, bảo mật dữ liệu, an toàn sức khỏe, và tiết kiệm năng lượng.

Khái niệm VLC như là một phương thức truyền thông tin được ra đời từ những năm 1870 khi Alexander Granham Bell mô tả thành công truyền dẫn của một tín hiệu âm thanh sử dụng một gương được tạo ra để dao động bởi âm thanh của một người.

1.1.3 Đặc điểm công nghệ VLC

❖ Dung lượng

- Băng thông lớn: Phổ tần của sóng ánh sáng nhìn thấy ước tính lớn gấp 10000 lần so với phổ sóng vô tuyến và hoàn toàn miễn phí khi sử dụng.
- Mật độ dữ liệu: Công nghệ VLC có thể đạt được mật độ dữ liệu gấp 1000 lần so với WIFI bởi ánh sáng nhìn thấy không xuyên qua vật cản nên chỉ tập trung trong một không gian, trong khi sóng vô tuyến có xu hướng thoát ra ngoài và gây nhiễu.
- Tốc độ cao: công nghệ VLC có thể đạt được tốc độ cao nhờ vào nhiễu thấp, băng thông lớn và cường độ chiếu sáng lớn ở đầu ra.

- Dễ dàng quản lý: việc quản lý trở nên khá dễ dàng do không gian chiếu sáng giới hạn, là ánh sáng nhìn thấy nên dễ dàng quản lý hơn so với sóng vô tuyến.

❖ Hiệu năng

- Chi phí thấp: Công nghệ VLC yêu cầu ít thành phần hơn so với công nghệ sử dụng sóng vô tuyến.
- Sử dụng đèn LED để chiếu sáng có hiệu quả rất cao: tiêu thụ năng lượng thấp, hiệu quả chiếu sáng, giá thành tương đối rẻ và độ bền cao.
- Truyền thông dưới nước: Việc truyền thông tin dưới nước đối với sóng vô tuyến là rất khó khăn, nhưng đối với công nghệ VLC thì có thể thực hiện việc đó dễ dàng hơn.

❖ An toàn

- An toàn đối với sức khỏe con người.
- Việc truyền dẫn bằng sóng ánh sáng không gây nhiễu đối với máy bay, không gây nhiễu với các máy móc sử dụng trong bệnh viện. Không gây hại với sức khỏe con người

❖ Bảo mật

- Vì truyền thông bằng sóng ánh sáng chỉ tập trung ở một khu vực nhất định, không thể đâm xuyên qua các vật thể nên sẽ rất khó để thu thập hay do thám các tín hiệu thông tin.
- Không cần các phương pháp bảo mật phức tạp, do là ánh sáng nhìn thấy nên việc quản lý truyền dẫn thông tin vô cùng dễ dàng.
- Công nghệ VLC rất phù hợp cho các ứng dụng yêu cầu đường xuống tốc độ cao, trong khi chỉ cần đường lên với tốc độ thấp như: download video, audio, duyệt Web... Qua đó, ta có thể giải quyết được vấn đề quá tải trong mạng truyền thông tin không dây.

1.2 Cấu trúc hệ thống VLC

1.2.1 Mô hình hệ thống

Một hệ thống VLC bao gồm 3 thành phần chính: Hệ thống phát, kênh truyền và hệ thống thu.

1.2.2 Phía phát

Các thành phần của phía phát của VLC là thiết bị phát bán dẫn ánh sáng nhìn thấy, nó có thể là LED hoặc Laser bán dẫn, phụ thuộc vào ứng dụng, mạch điều chỉnh độ sáng (dimming control) và mạch điều khiển LED (điều chế).

Cả laser và LED đều có thể sử dụng cho truyền dữ liệu, nhưng khi thành phần phát của VLC phải hoạt động đồng thời như máy phát dữ liệu và như một thiết bị chiếu sáng ở cùng một thời điểm thì LED ưu tiên được sử dụng. Trong các phần sau, LED được phân loại và chúng ta sẽ thấy LED ánh sáng trắng được sử dụng cho chiếu sáng và cho truyền dẫn dữ liệu.

1.2.3 Kênh truyền

Trong thông tin liên lạc, kênh truyền là kết nối giữa phía phát và phía thu, được đặc trưng bởi khả năng truyền tín hiệu sóng mang và bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như tạp âm, nhiễu... Trong công nghệ VLC, kênh truyền là phần kết nối giữa đèn LED và Photodetector. Có 2 loại kênh chính trong hệ thống VLC là:

- ❖ VLC đơn kênh liên quan đến một đèn LED và một Photodetector
- ❖ VLC đa kênh trong đó bộ phát được làm từ đèn LED nhiều màu và bộ thu Photodetector được tạo thành từ nhiều máy dò, mỗi máy đều nhạy cảm với một màu từ bộ phát

1.2.4 Phía thu

Thành phần chính trong phía thu của hệ thống VLC là bộ tách sóng quang (Photodetector). Ngoài ra phía thu của hệ thống còn có thêm các thành phần: Bộ tập trung quang (Concentrator), bộ lọc quang (Optical Filter), mạch khuếch đại (Amplifier) và bộ giải điều chế.

1.2.5 Các phương pháp điều chế sử dụng trong VLC

- ❖ Phương pháp điều chế khóa bật tắt ON/OFF keying (OOK)

Phương pháp điều chế khóa bật tắt OOK là một phương pháp điều chế rất phổ biến trong các hệ thống truyền dẫn không dây sử dụng tia hồng ngoại. Phương pháp này còn được gọi là mã hóa non-return-to-zero ON/OFF Keying (NRZ-OOK).

Điều chế khóa bật tắt NRZ-OOK là một phương pháp điều chế hai mức, bao gồm hai ký hiệu tương ứng với mức công suất $2p$ hoặc 0 .

❖ Phương pháp điều chế vị trí xung biến đổi

Phương pháp điều chế vị trí xung biến đổi (Variable Pulse Position Modulation- VPM) là phương pháp điều chế mới hơn, phương pháp này cung cấp 3 chức năng của VLC là: Không gây nhấp nháy, có thể điều chỉnh độ sáng và cung cấp một độ sáng đầy đủ. VPM là sự kết hợp của hai phương pháp điều chế là: Điều chế vị trí xung (2 Pulse Position Modulation- 2PPM) cung cấp chức năng không gây nhấp nháy và điều chế độ rộng xung (Pulse Width Modulation- PWM) cũng cấp chức năng điều khiển độ sáng.

❖ Phương pháp điều chế khóa dịch màu (Color-Shift Keying)

Như ta đã biết, ánh sáng trắng phát ra từ đèn LED được tạo ra theo hai cách. Cách thứ nhất sử dụng LED đơn chip xanh phủ Phosphor, tuy nhiên lớp Phosphor này sẽ làm chậm quá trình đáp ứng của đèn LED. Phương pháp khắc phục nhược điểm này là sử dụng LED RGB, đối với loại LED này, chúng ta sẽ dùng phương pháp điều chế khóa dịch màu Color-Shift Keying (CSK). Phương pháp điều chế CSK có thể xem gần tương đồng với phương pháp điều chế khóa dịch tần (Frequency-Shift Keying- FSK) ở chỗ các đoạn bit sẽ được điều chế với màu sắc (bước sóng) phát ra.

1.3 Ứng dụng của VLC trong cuộc sống

VLC có nhiều ứng dụng trong cuộc sống như: truyền thông tốc độ cao và giải trí trong nhà thông minh, văn phòng thông minh, giải trí trên xe hơi, truyền thông phương tiện thông minh (vehicle to vehicle) truy nhập thông tin thành phố thông minh, mua sắm trực tuyến thông minh.

❖ Hàng không

Các hành khách không được sử dụng sóng vô tuyến ở trong máy bay. Các ánh sáng dựa trên LED được sử dụng ở trong khoang của máy bay và mỗi ánh sáng này

có thể là máy phát tiềm năng của VLC để cung cấp cả việc chiếu sáng và các dịch vụ đa phương tiện cho hành khách. Thêm vào đó, nó giảm giá thành và trọng lượng.

❖ Giao thông thông minh

Trong hệ thống giao thông thông minh, công nghệ VLC được đề xuất như là một phương tiện cung cấp việc truyền tin giữa các phương tiện và thiết lập kết nối giữa các phương tiện với hệ thống hạ tầng giao thông như là đèn tín hiệu giao thông và bảng báo hiệu. Hệ thống này cung cấp các kết nối không dây ở khoảng cách từ ngắn đến trung bình một chiều hay hai chiều. Hệ thống này sử dụng đèn pha và đèn sau của các ô tô như là máy phát, và camera và bộ thu như là máy thu. Các đèn giao thông là một phần của máy phát ở trong phạm vi này.

❖ Truyền thông dưới nước

VLC có thể hỗ trợ đường truyền tốc độ dữ liệu cao dưới nước, nơi mà các công nghệ sóng vô tuyến không thể hoạt động. Do đó, truyền thông giữa các thợ lặn và các phương tiện là có thể

❖ Các môi trường đặc thù

Ở trong các bệnh viện, có nhiều thiết bị có xu hướng gây can nhiễu với các sóng vô tuyến, vì vậy sử dụng VLC có nhiều lợi ích trong lĩnh vực này.

Mặt khác, công nghệ này giúp cho các bác sĩ truy cập và cập nhật dữ liệu của bệnh nhân sử dụng các máy tính bảng ở bên cạnh bệnh nhân thay vì sử dụng văn bản giấy tờ ở bên cạnh bệnh nhân hoặc ở văn phòng. Ứng dụng khác là một thiết bị được sử dụng để theo dõi tình trạng của bệnh nhân và các dữ liệu cần thiết từ xa.

Hoặc trong các môi trường làm việc nhạy cảm với sóng vô tuyến như hầm mỏ, dầu khí... việc truyền thông trở nên khó khăn, VLC có thể là một công nghệ an toàn và cung cấp chiếu sáng và truyền thông ở cùng một thời điểm

❖ 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.

❖ Ứng dụng trong nhà xưởng thông minh và IoT

VLC được ứng dụng để xây dựng các nhà xưởng thông minh thông qua các việc: kết nối các thành phần thiết bị trong hệ thống IoT, thực thi truyền tin mệnh lệnh giữa các bộ phận quản lý với bộ phận nhân lực sản xuất trong xưởng, thực hiện giám sát lao động, chấm công lao động, giám sát quy trình sản xuất, giám sát chất lượng sản phẩm thông qua kết nối IoT và truyền thông tốc độ kết nối cao sử dụng hạ tầng kỹ thuật VLC.

1.4 Kết luận chương

Chương 1 đã trình bày khái quát về hệ thống truyền thông bằng ánh sáng nhìn thấy với các đặc điểm quan trọng, các thành phần cụ thể và ứng dụng của công nghệ này. Đồng thời chương đầu cũng đã phân tích và giải thích động lực triển khai hệ thống VLC và đưa ra lý do nghiên cứu ứng dụng của VLC trong truyền thông tin.

CHƯƠNG 2: MÔ HÌNH VÀ ĐẶC TÍNH HỆ THỐNG TRUYỀN ÂM THANH ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ VLC

2.1 Nguyên lý của kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo mã (CDMA)

Trong hệ thống CDMA, mỗi người dùng được gán cho một chuỗi mã xác định, và tất cả các người dùng có thể sử dụng chung khoảng băng tần trong cùng một khoảng thời gian. Do CDMA dựa trên nguyên lý trải phổ, do đó ở mỗi trạm phát sẽ sử dụng một chuỗi trải phổ giả ngẫu nhiên tác động vào tín hiệu tin tức. Khi máy thu nhận được tín hiệu từ nhiều trạm phát khác nhau, nó sẽ lấy tín hiệu mong muốn bằng cách giải mã tín hiệu bằng chuỗi mã riêng của chính tín hiệu đó. Phía bên máy thu cần nhận tín hiệu từ phía người dùng A, do đó đã tiến hành chuỗi mã riêng cho A để giải mã. Khi đó, tín hiệu từ những người dùng không mong muốn (B,C) trở thành các tín hiệu gây ra nhiễu với tín hiệu A. Khi đó, tín hiệu A được thu một cách dễ dàng.

2.2 Kỹ thuật trải phổ

Một hệ thống thông tin được xem là trải phổ khi thỏa 2 điều kiện

- + Băng thông tín hiệu đã trải phổ lớn hơn rất nhiều so với băng thông tín hiệu thông tin.
- + Mã dùng để trải phổ độc lập với tín hiệu thông tin.

Ưu điểm của kỹ thuật thông tin trải phổ

+ Khả năng đa truy cập

Đồng ý cho người dùng hoạt động trên cùng một dải tần, một giải thời gian tuy nhiên máy thu vẫn tách được tín hiệu để thu về. Bởi vì khi đó mỗi người đã được cấp một mã trải phổ riêng biệt. Máy thu nhận được tín hiệu từ người dùng sẽ giải mã và tách ra tín hiệu mong muốn.

+ Tính bảo mật thông tin cao

Đối với mức nhiễu nền, mật độ phổ công suất rất thấp. Bởi vậy các máy thu không trong hệ thống rất khó phát hiện được tín hiệu khi đang truyền ở môi trường nhiễu. Chỉ khi sử dụng máy thu phù hợp với quy luật của chuỗi giả ngẫu nhiên mới có thể thu được tin tức đưa ra.

+ Bảo vệ chống nhiễu đa đường

Nhiều đa đường được sinh ra do sự phản xạ, tán xạ, nhiễu xạ của tín hiệu. Tín hiệu từ tất cả mọi đường truyền chính là các tín hiệu của bản sao phát đi nhưng đã bị giảm đi về biên độ, bị trễ với tín hiệu truyền thẳng. Do đó, các tín hiệu thu được đã sai lệch, không giống như tín hiệu từ phía phát. Chính vì vậy kỹ thuật trải phổ sử dụng để tránh nhiễu đa đường để thu được tín hiệu tốt nhất.

2.2.1 Trải phổ chuỗi trực tiếp

Tín hiệu truyền đi được biểu diễn dưới dạng lưỡng cực, sau đó nhân trực tiếp với chuỗi giả ngẫu nhiên. Ở máy thu, tín hiệu thu được nhân với chuỗi trải phổ lần nữa để tạo lại tín hiệu tin tức.

Tín hiệu cần truyền đi là $d(t)$, có dạng NRZ với $d(t) = \pm 1$, tốc độ bit f_b . Thực hiện nhân $d(t)$ với chuỗi giả ngẫu nhiên $c(t)$ có tốc độ bit f_c với $f_c \gg f_b$. Như vậy:

$$d(t)c(t) = \begin{cases} c(t), \\ d(t) = +1 \\ -c(t), d(t) \end{cases} \quad (2.1)$$

Vì tốc độ bit f_c của chuỗi giả ngẫu nhiên lớn hơn nhiều so với tốc độ bit f_b của chuỗi tín hiệu truyền đi, nên tín hiệu $d(t)$ sẽ bị chia nhỏ với tần số rất cao. Tần số này được gọi là tốc độ chip. Sau đó, chuỗi tích số $d(t).c(t)$ được điều chế BPSK hoặc QPSK. Giả sử ta dùng điều chế BPSK, tín hiệu sau điều chế có biểu thức:

$$V_{DS-SS}(t) = \sqrt{2P_s} d(t).c(t).\cos w_0 t \quad (2.2)$$

Trong đó: P_s là công suất phát [W]

w_0 là tần số sóng mang [rad/s]

2.2.2 Trải phổ nhảy tần số

Kỹ thuật FH – SS phát triển dựa trên điều chế BFSK. Trong đó, tần số sóng mang được thay đổi liên tục theo một quy luật giả ngẫu nhiên (dựa trên chuỗi mã ngẫu nhiên sử dụng), nhờ vậy mà phổ của tín hiệu FH – SS được trải rộng trên trục tần số. Thật vậy, ứng với một tần số sóng mang, dải tần số của tín hiệu BFSK là B , vậy với tín hiệu FH – SS dùng L ($L = 2^N - 1$, với N là chiều dài chuỗi mã) trạng thái nhảy tần, phổ tần của tín hiệu FH – SS sẽ trải rộng đến $B_{FH} = B \times L$

2.2.3 Trải phổ nhảy thời gian

Trục thời gian được chia thành các khung (frame). Mỗi khung lại được chia thành k khe thời gian (slot). Trong một khung, tùy theo mã của từng user mà nó sẽ sử dụng một trong k khe thời gian của khung. Tín hiệu được truyền trong mỗi khe có tốc độ gấp k lần so với tín hiệu truyền trong toàn bộ khung nhưng tần số cần thiết để truyền tăng gấp k lần.

2.3 Kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo mã quang

OCDMA là kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo mã quang, từ đó các mã quang sẽ được cung cấp để người dùng truy nhập vào mạng nhưng không thay vào khe thời gian. OCDMA khiến độ truyền dẫn nâng cao, tính linh hoạt để giúp người sử dụng cũng như tính bảo mật trở nên hoàn thiện hơn. OCDMA là công nghệ tiềm năng cho phép thay thế các công nghệ hiện tại trong mạng truy nhập quang.

2.3.1 Kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo mã quang

Đối với công nghệ OCDMA, người dùng được sử dụng tài nguyên mạng theo hình thức gán mỗi người một mã thay vì sử dụng khe thời gian TDMA hoặc WDMA. Chính vì vậy, các tài nguyên cùng bước sóng, xảy ra cùng một lúc sẽ được tiếp cận bởi người dùng. OCDMA thực hiện ghép kênh chuyển mạch và xen/rẽ các tín hiệu đa kênh qua mạng đường trục và mạng đô thị (MAN), hoặc kết hợp của TDM và WDM thông qua mã hóa và giải mã tín hiệu quang trực tiếp.

2.3.2 Các hệ thống CDMA quang

Nếu chúng ta phân loại dựa vào sự khác biệt của các phương pháp mã hóa tín hiệu quang, ta có thể chia thành ba loại hệ thống OCDMA:

- Hệ thống OCDMA mã hóa trong miền thời gian, trong đó bao gồm hệ thống trải phổ truyền thống và hệ thống mã hóa pha theo thời gian.
- Hệ thống OCDMA mã hóa trong miền tần số, bao gồm bước mã hóa pha phổ (SPE) và hệ thống mã hóa biên độ phổ (SEA).
- Hệ thống OCDMA mã hóa lai ghép sử dụng kết hợp các phương thức mã hóa nêu trên. Ví dụ chúng ta có thể có được mã hóa 2-D bằng cách kết hợp mã hóa trong miền thời gian và miền bước sóng, hệ thống OCDMA trải thời gian/nhảy bước sóng

(WH/TS). Nếu mã hóa theo không gian được kết hợp với thời gian và bước sóng ta sẽ có được mã hóa không gian/ thời gian/bước sóng.

Nếu chúng ta sắp xếp chúng theo số lượng tài nguyên (thời gian, không gian, bước sóng) được sử dụng, ta có thể được chia thành các hệ thống OCDMA một chiều (1D OCDMA), các hệ thống OCDMA hai chiều (2D OCDMA) và hệ thống OCDMA ba chiều (3D OCDMA). Nếu sự phân cực này cũng đưa vào mã hóa, ta có thể đạt được các hệ thống bốn chiều (4D OCDMA).

Nếu chúng ta phân loại các hệ thống OCDMA theo số lượng các bước sóng được sử dụng để mã hóa, chúng có thể được chia thành các hệ thống OCDMA đơn bước sóng và các hệ thống OCDMA đa bước sóng.

2.3.3 Mã sử dụng trong hệ thống CDMA quang

Mã OCDMA phải tuân theo những nguyên tắc, đó là:

- Để khởi tạo mã cần có một bộ tham số đầu vào, đầu ra của quá trình tạo mã là một tập các từ mã đôi một khác nhau.
- Một từ mã có thể chuyển đổi sang từ mã khác bằng phép dịch.
- Các từ mã trong bộ mã dễ dàng phân biệt được với nhau.

Nếu xét theo lý thuyết mã hóa thì các loại mã cần có những tính chất sau:

- Tất cả các mã trong bộ mã phải có giá trị tự tương quan đạt đỉnh và các giá trị tương quan của từ mã đó với phiên bản dịch của chính nó giảm theo độ dịch của từ mã.
- Hàm tương quan chéo giữa một từ mã bất kỳ và tất cả những từ mã khác trong bộ mã thấp hơn nhiều so với giá trị tự tương quan.

2.3.3.1 Mã nguyên tố 1D

Quá trình tạo mã nguyên tố 1D dựa trên một phép toán cơ bản của toán học đại số: phép tính đồng dư. Vì vậy mã nguyên tố 1D được coi là mã thuộc về lớp mã tuyến tính đồng dư. Ý tưởng cơ bản để tạo nên mã đồng dư như sau. Đầu tiên, chọn lấy một số nguyên tố p , từ p ta sẽ tạo ra một nhóm các chuỗi từ mã $y_i(j) \mid 0 \leq i, j \leq p-1$, bằng cách sử dụng toán tử đồng dư trên trường toán học Ga-loa cơ sở p $GF(p)$. Sau đó, dựa theo các thuật toán cụ thể mà ánh xạ các chuỗi mã này thành những chuỗi mã nhị phân và giá trị $y_i(j)$ sẽ có ý

nghĩa là: các chip ‘1’ ở vị trí thứ j của từ mã thứ i . Phép toán lấy đồng dư thường được sử dụng có thể được định nghĩa như sau:

$$y_i(j; a, b) = \{i(aj + b)\} \bmod_p \quad (2.4)$$

với a và b là những hằng số. Khi $a=1$ và $b=0$ thì tương ứng với đó là chuỗi mã nguyên tố được tạo ra.

2.3.3.2 Mã nguyên tố 2D WH/TS

Mã nguyên tố hai chiều trải thời gian/nhảy bước sóng - 2D WH/TS ra đời nhằm giải quyết vấn đề về hạn chế số lượng mã mà mã nguyên tố 1D để lại. Số lượng mã nguyên tố 1D bằng chính số nguyên tố p khởi tạo vì vậy khi số lượng người dùng tăng thì đồng nghĩa với việc chuỗi trải phổ phải dài, từ đó dẫn đến hiệu quả truyền dẫn giảm xuống đáng kể, làm trầm trọng thêm MAI. Việc sử dụng mã 2D WH/TS đã được kiểm chứng rằng nó không chỉ hỗ trợ nhiều người dùng hơn mã 1D mà còn cải thiện hiệu năng của hệ thống, đơn giản hóa việc điều khiển và quản lý, rút ngắn quá trình xử lý và giá thành phần cứng khi triển khai.

Ta gọi số nguyên tố sinh chuỗi trải thời gian là p_s và số nguyên tố sinh chuỗi nhảy bước sóng là p_h . Để minh họa đơn giản quá trình, giả sử số nguyên tố $p_s = p_h = p$ được sử dụng chung cho cả hai quá trình sinh mã. Từ số nguyên tố này, một bộ chuỗi mã được tạo ra, nguyên tắc tạo giống như trong phần **Error! Reference source not found.** Với $p = 5$, chuỗi nguyên tố S_i tạo ra là: $S_0 = (0\ 0\ 0\ 0\ 0)$, $S_1 = (0\ 1\ 2\ 3\ 4)$, $S_2 = (0\ 2\ 4\ 1\ 3)$, $S_3 = (0\ 3\ 4\ 1\ 2)$ và $S_4 = (0\ 4\ 3\ 2\ 1)$. Tiếp đến đặt các chuỗi mã $H_i \mid i = 1, 2, 3, 4$ như sau: $H_1 = (0\ 1\ 2\ 3\ 4)$, $H_2 = (0\ 2\ 4\ 1\ 3)$, $H_3 = (0\ 3\ 4\ 1\ 2)$ và $H_4 = (0\ 4\ 3\ 2\ 1)$. Chuỗi mã S_i chính là chuỗi mã trải thời gian và chuỗi mã H_i là chuỗi mã trải bước sóng. Ở đây cần chú ý rằng trong các chuỗi mã H_i thì vị trí bit ‘1’ chính là chỉ số của bước sóng trong chuỗi nhảy bước sóng, vì vậy mà chuỗi mã H_0 chứa toàn ‘0’ không được sử dụng do nó không có nghĩa khi kết hợp với các chuỗi mã trải thời gian.

2.3.4 Nhiều trong hệ thống CDMA quang

2.3.4.1 Nhiều bộ thu

Trong bộ thu có hai loại nhiễu chính đó là nhiễu lượng tử và nhiễu nhiệt. Nguyên nhân chính gây ra sự thăng giáng dòng tách quang tại bộ thu chính là hai loại nhiễu này trong khi công suất tín hiệu thu (P_{in}) không đổi.

Bản chất của nhiễu lượng tử là do dòng điện tách quang được tạo ra từ dòng chuyển động của các điện tử mà các điện tử này lại được tạo ra một cách ngẫu nhiên theo thời gian. Về mặt toán học, sự thăng giáng của dòng điện do nhiễu lượng tử gây ra là một tiến trình Poisson dừng, và có thể xấp xỉ bởi thống kê Gauss.

2.3.4.2 Nhiễu đa truy nhập

Nhiễu đa truy nhập (MAI) là một trong những nguồn nhiễu chính trong các hệ thống OCDMA, là nguyên nhân chính gây suy giảm chất lượng của hệ thống. MAI gây ra bởi các người sử dụng hoạt động đồng thời trong mạng, các xung MAI là các xung quang xuất hiện đồng thời và có cùng bước sóng với xung mong muốn. Mức độ ảnh hưởng của MAI được quyết định bởi hai tham số chính: (1) số lượng người dùng cùng hoạt động trên mạng và (2) giá trị tương quan chéo giữa các chuỗi mã phân bổ cho các người dùng trên mạng.

Để giảm bớt ảnh hưởng của MAI, các loại mã có giá trị tương quan chéo nhỏ thường được sử dụng. Điều này đồng nghĩa với việc cần các chuỗi mã có độ dài lớn, ví dụ mã nguyên tố. Giải pháp thứ hai là sử dụng phương thức điều chế vị trí xung PPM. Tuy nhiên, cả hai giải pháp nêu trên đều dẫn tới làm hẹp độ rộng xung quang và hệ thống sẽ bị ảnh hưởng mạnh hơn bởi tán sắc.

2.3.5 Kết luận chương

Chương 2 đã tìm hiểu nguyên lý CDMA, ba kỹ thuật trải phổ đó là: trải phổ chuỗi trực tiếp, trải phổ nhảy tần số, trải phổ nhảy thời gian, tìm hiểu về kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo mã (OCDMA), cách phân loại hệ thống OCDMA cũng như các loại mã hay được sử dụng trong hệ thống CDMA quang.

CHƯƠNG 3: PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG MẠNG VLC DỰA TRÊN KỸ THUẬT CDMA

3.1 Giới thiệu chung

Các nghiên cứu trên chủ yếu tập trung vào phân tích hiệu năng của hệ thống VLC dựa trên OCDMA sử dụng các loại mã quang khác nhau. Theo đó, phân tích hiệu năng chỉ tính đến tác động của sự can thiệp của nhiều người dùng và được điều chỉnh bởi các thuộc tính của mã. Tuy nhiên, để đánh giá được tính khả thi của mạng VLC đa người dùng sử dụng OCDMA thì chúng ta cần phải khảo sát một kịch bản thực tế hơn. Trong đó mô hình kênh VLC, các tham số của bộ thu phát VLC và giao thức truyền hai chiều sẽ được xem xét cụ thể. Dựa trên sự thiếu sót tồn đọng của những nghiên cứu này, mục tiêu chính của chương 3 là đề xuất một kiến trúc mới cho mạng VLC trong nhà có thể hỗ trợ truyền hai chiều cho nhiều người dùng trong một phòng. Cụ thể hơn, có thể tóm tắt những đóng góp như sau:

- ❖ Đề xuất một kiến trúc mạng VLC hỗ trợ việc trao đổi dữ liệu giữa những người dùng trong một căn phòng như thể hiện trong Hình 3.1. Trong trường hợp này sẽ có thêm trường hợp không có kết nối tầm nhìn (LOS) giữa những người dùng do đến các vật cản. Để giải quyết trường hợp này, đề xuất sử dụng một bộ phối hợp gắn trên trần nhà, đóng vai trò như nút chuyển tiếp nhận tín hiệu từ một người dùng và sau đó chuyển tiếp nó đến những người dùng khác. Để kết nối mạng này với Internet, một nút cổng được kết nối với bộ phối hợp để giải mã tín hiệu từ nhiều người dùng và sau đó chuyển tiếp chúng đến Internet và ngược lại.
- ❖ Thực hiện thiết kế một giao thức cung cấp truyền dẫn bán song công hai chiều dựa trên mã hóa mạng tương tự (ANC) và hỗ trợ nhiều người dùng với sự trợ giúp của OCDMA. Sơ đồ truyền thống song công hai chiều thông thường cần bốn khe thời gian để trao đổi gói giữa hai người dùng trong khi ANC chỉ yêu cầu hai khe thời gian. Nhờ việc giảm các khe thời gian cần thiết, các mạng VLC được đề xuất có thể đạt được thông lượng lớn hơn.
- ❖ Xây dựng biểu thức toán học cho BER và thông lượng của mạng VLC được đề xuất kết hợp với mô hình kênh VLC trong nhà, các thông số của bộ thu phát VLC, tác động của tạp âm và nhiễu. Các biểu thức toán học thu được có thể sẽ

được sử dụng để khảo sát hiệu suất mạng so với tham số lớp vật lý khác nhau để đánh giá tính khả thi của mạng VLC

3.2 Mạng và mô hình kênh

3.2.1 Mã hóa mạng tương tự

Mã hóa mạng tương tự là mã hóa mạng của các tín hiệu vật lý mang thông tin từ nhiều nguồn. Về mặt lý thuyết, ANC đã được chứng minh rằng ANC sẽ gấp đôi dung lượng của mạng chuyển tiếp hai chiều chính tắc [15]. Trong chuyển tiếp hai chiều thông thường được trình bày trong Hình 3.2 (a), cần bốn khe thời gian để chuyển hai gói tin b_{AB} và b_{BA} giữa nút A và nút B qua nút chuyển tiếp R. Trong Hình 3.2 (b), mã hóa mạng kỹ thuật số (DNC) yêu cầu ba khe thời gian để chuyển b_{AB} và b_{BA} . DNC dựa trên chuyển tiếp giải mã và chuyển tiếp, trong đó nút chuyển tiếp phát $b_R = b_{AB} \oplus b_{BA}$ đến nút A và nút B. Với mã hóa mạng tương tự được hiển thị trong Hình 3.2 (c), chỉ cần hai khe thời gian nhờ sử dụng chuyển tiếp khuếch đại và chuyển tiếp. Cụ thể hơn, trong khe thời gian đầu tiên, cả nút A và nút B đều truyền tín hiệu của chúng, s_{AB} và s_{BA} , tới nút chuyển tiếp. Tín hiệu nhận được tại nút chuyển tiếp, tức là, $y_R = s_{AB} + s_{BA}$, được khuếch đại và phát tới nút A và nút B trong khe thời gian thứ hai. Nút A trích xuất $s_{BA} = y_R - s_{AB}$ (tương tự cho B).

3.2.2 Mô hình kênh VLC

Kênh ánh sáng nhìn thấy có thể được mô hình hóa như một kênh nhiễu Gaussian trắng cộng quang tuyến tính (AWGN) và được biểu diễn như sau:

$$y(t) = x(t) \otimes h(t) + n(t) \quad (3.5)$$

Trong đó $x(t)$, $y(t)$, \otimes và $h(t)$ tương ứng đại diện cho tín hiệu truyền tức thời, tín hiệu nhận tức thời, tích chập và đáp ứng xung kênh. $n(t)$ là nhiễu Gaussian và ký hiệu \otimes biểu thị toán tử tích chập. Độ lợi kênh d_c là phép biến đổi Fourier của $h(t)$ và có thể được xác định theo [16]:

$$H = \begin{cases} \frac{(m+1)A}{2\pi d^2} \cos^m(\psi) T_s(\psi) g(\psi) \cos(\psi), & 0 \leq \psi \leq \Psi_c, \\ 0, & \psi > \Psi_c, \end{cases} \quad (3.6)$$

Trong đó A, d, ϕ và ψ tương ứng là diện tích vật lý của bộ tách sóng trong photodiode, khoảng cách giữa máy phát và bề mặt máy thu, góc chiếu xạ hợp với trục pháp tuyến của bề mặt máy phát và góc tới đối với trục pháp tuyến của bề mặt máy thu. $T_s(\psi)$ là độ lợi của bộ lọc quang và ψ_c là độ rộng của trường nhìn (FOV) tại máy thu. Độ lợi của bộ tập trung quang tại máy thu, g_ψ , và bậc của phát xạ Lambertian, m , được xác định bởi [16]

$$g(\psi) = \begin{cases} \frac{n^2}{\sin^2 \psi_c}, & 0 \leq \psi \leq \psi_c, \\ 0, & \psi > \psi_c, \end{cases} \quad (3.7)$$

$$m = \frac{\ln(2)}{\ln(\cos(\Phi_{1/2}))}, \quad (3.8)$$

Trong đó n và $\Phi_{1/2}$ lần lượt là chiết suất và bán góc nửa công suất. Trong phân tích, hệ số kênh của đường lên $H_k^{(U)}$ và đường xuống ($H_k^{(D)}$) được tính bằng cách sử dụng công thức (3.6), trong đó d, ϕ và ψ được xác định dựa trên tọa độ của người dùng thứ k và người điều phối.

3.3 Phân tích hiệu năng

3.3.1 Tỷ lệ lỗi bit

Trong phân tích này, ta giả định rằng tất cả người dùng đều có cùng xác suất phát bit “1” và bit “0”, bằng 1/2. Về thuộc tính của bộ mã, ta ký hiệu L, w và γ tương ứng là độ dài mã, trọng số mã và giá trị tương quan chéo. Lỗi bit được tính toán dựa trên tín hiệu nhận được trong thời lượng một bit. Khi người dùng mong muốn gửi bit “1”, sẽ có w chip quang từ người dùng mong muốn và λ chip quang từ mỗi người dùng không mong muốn xuất hiện ở đầu ra của bộ giải mã OCDMA của máy thu. Khi người dùng mong muốn gửi bit “0”, chỉ λ chip quang từ người dùng không mong muốn xuất hiện ở đầu ra của bộ giải mã. Khi người dùng $\#c$ tách tín hiệu do người dùng $\#d$ gửi, dòng điện cho các trường hợp của bit “1” và bit “0” có thể được biểu diễn như sau:

$$I^{(1)} = \Re(wP_d^{(R)} + P_{MUI}), \quad (3.9)$$

$$I^{(0)} = \Re P_{MUI}, \quad (3.10)$$

trong đó \Re là đáp ứng của PD. P_{MUI} là công suất nhiễu đa người dùng, được điều chỉnh bởi giá trị tương quan chéo (λ) và số lượng người dùng đang hoạt động (l) như $P_{MUI} = \sum_{k=1}^l \lambda P_k$. Trong trường hợp công suất quang từ mỗi người dùng được điều khiển dựa trên vị trí của nó để công suất nhận được tại người dùng #c, từ tất cả người dùng đều giống nhau và được ký hiệu là $P^{(R)}$. Tổng công suất MUI được viết là $P_{MUI} = l\lambda P_k^{(R)}$

3.3.2 Thông lượng mạng

Thông lượng mạng đề cập đến tốc độ dữ liệu trung bình của việc phân phối gói dữ liệu thành công qua mạng và được đo bằng bit trên giây (b/s). Để tính toán thông lượng mạng, ta ký hiệu N là số bit của một gói dữ liệu và T_s là thời lượng của khe, nơi một gói được chứa. Theo đó, tốc độ dữ liệu danh nghĩa có thể được biểu thị bằng $R_b = N/T_s$ (b/s). Vì bộ phối hợp dựa trên ANC với chuyển tiếp khuếch đại và chuyển tiếp, các lỗi gói ở người dùng #c phụ thuộc vào gói lỗi tại người dùng #d và ngược lại. Do đó, định nghĩa Ω_c và Ω_d lần lượt là các sự kiện mà một gói tin được nhận một cách chính xác tại người dùng #c và người dùng #d. Ngoài ra, $\bar{\Omega}_c$ và $\bar{\Omega}_d$ được biểu thị là các sự kiện bổ sung. Do đó, chúng ta có $P(\Omega_x)$ $P(\bar{\Omega}_x)$ là xác suất của các biến cố Ω_x và $\bar{\Omega}_c$, trong đó $x \in \{c, d\}$. Trao đổi gói giữa người dùng #c và người dùng #d xảy ra trong hai khe thời gian, tức là $2T_s$.

3.4 Các kết quả số liệu

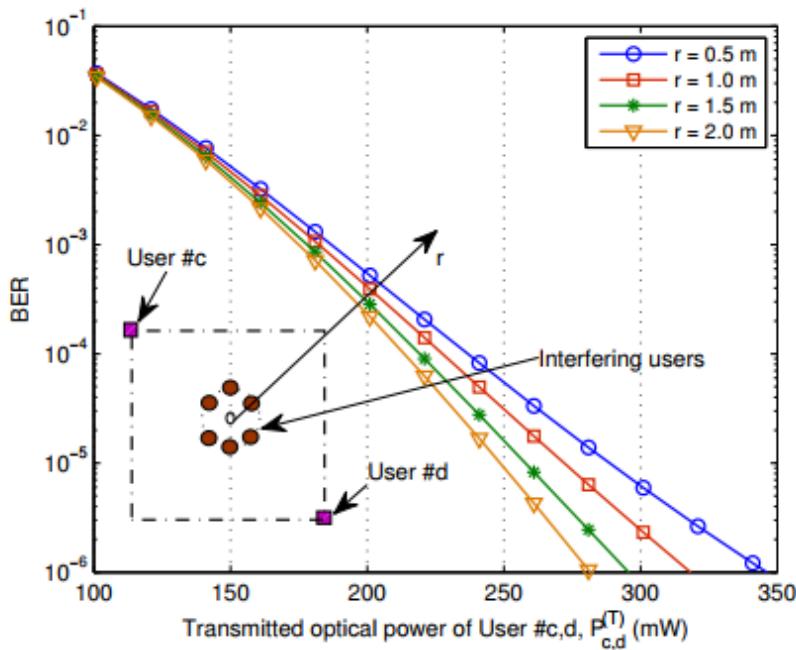
Xét một mạng VLC bên trong một căn phòng có kích thước điển hình là $W = 5$ m, $D = 5$ m và $H = 3$ m. Nằm chính giữa trần nhà là bộ phối hợp hướng xuống đất, còn nằm trên mặt phẳng có độ cao $H_p = 0,75$ m so với mặt đất là các thiết bị hướng về bộ phối hợp. Mạng VLC được xem xét dựa trên mã trực giao quang (OOC) (43, 7, 1) với độ dài mã là $L = 43$, trọng số mã là $w = 7$, và giá trị tương quan chéo là $\lambda = 1$. Các hằng số và tham số mạng khác được thể hiện trong Bảng 3.1.

Bảng 3.1 Các hằng số và tham số mạng

Tên	Giá trị
Chỉ số điều chế	$m_1 = 0.8$
Hệ số tái hợp của bộ tách sóng quang	$\Re = 0.54$ A/W

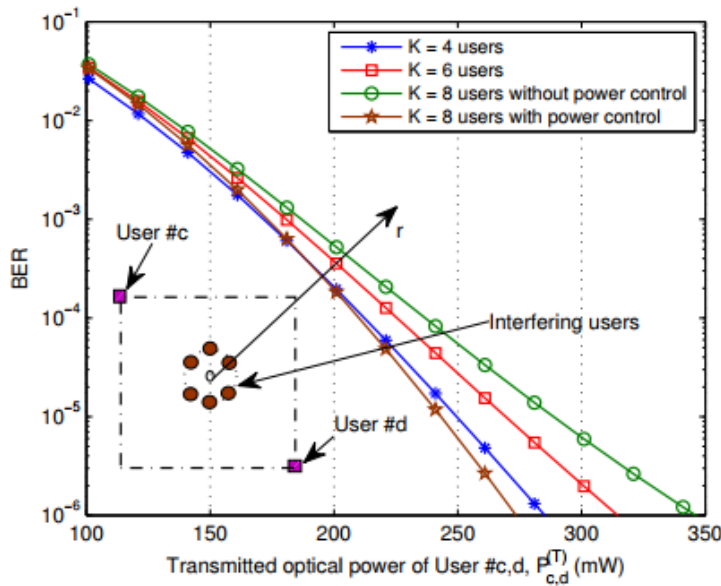
Khu vực máy dò	$A = 1 \text{ cm}^2$
Chiết suất thấu kính của bộ tách sóng quang	$N = 1.5$
Nửa công suất	$\Phi_{1/2} = 60^\circ$
Độ lợi của bộ lọc quang	$T_s(\psi) = 1$
Chiều rộng của FOV	$\psi_c = 60^\circ$
Số lượng của các bóng đèn trong một mảng	$n_{\text{LED}} = 60 \times 60$
Dòng nhiễu nền	$I_B = 5100 \text{ } \mu\text{A}$
Băng thông nhiễu	$B = 150 \text{ Mb/s}$
Băng thông quang	$B_o = 1.28 \text{ THz}$
Nhiệt độ tuyệt đối	$T_k = 300\text{K}$
Độ lợi điện áp vòng hở	$G_{ol} = 10\text{pF/cm}^2$
Hệ số nhiễu kênh bóng bán dẫn hiệu ứng trường	$\Gamma = 1.5$
Hệ số chất dẫn điện bóng bán dẫn hiệu ứng trường	$g_m = 30 \text{ mS}$
Điện dung cố định của bộ tách sóng quang	$C_{pd} = 112 \text{ pF/cm}^2$
Tích phân thành phần thứ hai	$I_2 = 0.562$
Tích phân thành phần thứ ba	$I_3 = 0.0868$
Hệ số khuếch đại thu được	$G_A = 30 \text{ dB}$
Hằng số điện tích	$q = 1.6 \times 10^{-19}\text{C}$
Hằng số Boltzmann	$k = 1.38 \times 10^{-23}\text{WHz}^{-1}\text{K}^{-1}$

Đầu tiên, ta đánh giá tác động của MUI với vấn đề gần xa đến hiệu năng của mạng VLC được đề xuất sử dụng OCDMA. Trong Hình 3.4, khảo sát BER của liên kết kết nối hai người dùng (người dùng #c và người dùng #d) nằm ở các góc của căn phòng (tức là khoảng cách liên kết dài nhất). Ngoài ra, những người sử dụng gây nhiễu nằm gần điểm trung tâm của căn phòng với khoảng cách được ký hiệu là r . Tại hình 3.4 cho thấy tác động của MUI nghiêm trọng hơn khi người dùng gây nhiễu ở gần điểm trung tâm của căn phòng, tức là khoảng cách liên kết ngắn hơn. Do đó, cần BER cao hơn và công suất phát lớn hơn khi r giảm. Ví dụ, với $K = 8$ người dùng (2 người dùng mong muốn và 6 người dùng gây nhiễu), công suất phát yêu cầu tăng khoảng 50 mW khi r giảm từ $1,5\text{ m}$ xuống $0,5\text{ m}$. Ta cũng thấy rằng BER tăng do MUI khi số lượng người dùng (K) tăng từ 4 lên 6 và 8 người dùng như trong Hình 3.5. Trong hình này, vị trí của Người dùng #c và Người dùng #d vẫn ở các góc của phòng trong khi những người sử dụng gây nhiễu được đặt cách tâm điểm của phòng $0,5\text{ m}$. Có thể thấy rằng công suất phát yêu cầu của Người dùng #c và người dùng #d cần phải tăng 60 mW (từ 285 mW lên 345 mW) khi số người dùng tăng từ 4 lên 8 người dùng để giữ BER là 10^{-6} . Bằng cách sử dụng cơ chế điều khiển công suất, giúp giữ cho công suất từ những người dùng mong muốn và những người dùng can nhiễu như nhau, tác động của MUI được giảm thiểu. Do đó, công suất phát yêu cầu giảm từ 345 mW xuống 273 mW khi $K = 8$ người sử dụng.



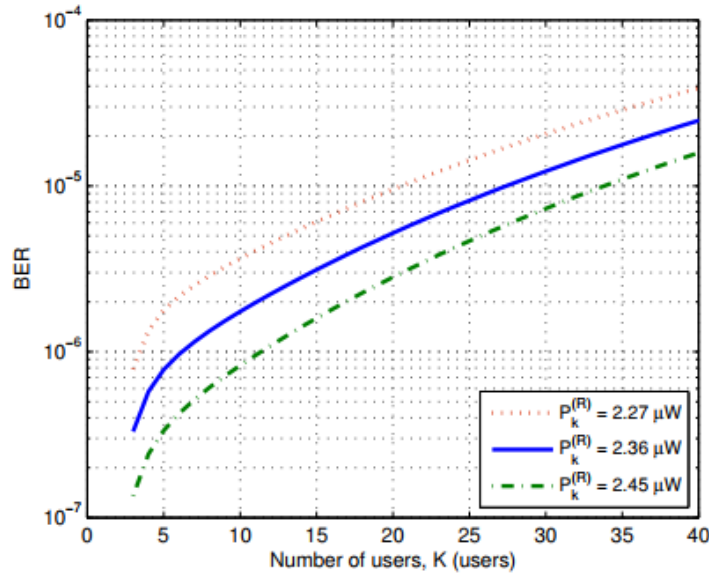
Hình 3.4 Tỷ lệ lỗi bit (BER) theo công suất quang phát của người dùng c với $K = 8$ người dùng.

Với giả định rằng điều khiển công suất được sử dụng, Hình 3.6 thể hiện BER của một liên kết VLC kết nối hai người dùng với các giá trị khác nhau của công suất quang nhận được, bao gồm $2,27 \mu W$, $2,36 \mu W$ và $2,45 \mu W$. Rõ ràng là BER giảm khi số lượng người dùng hoạt động tăng lên. Điều này là do tác động của MUI, được điều chỉnh bởi K . Hình này cũng giúp xác định số lượng người dùng có thể hỗ trợ tương ứng với một giá trị cụ thể của BER. Ví dụ, mạng VLC được đề xuất có thể hỗ trợ khoảng 4 người dùng với BER là 10^{-6} khi công suất nhận được là $2,27 \mu W$. Khi công suất nhận được tăng lên $2,45 \mu W$, số người dùng được hỗ trợ là 12 người dùng.

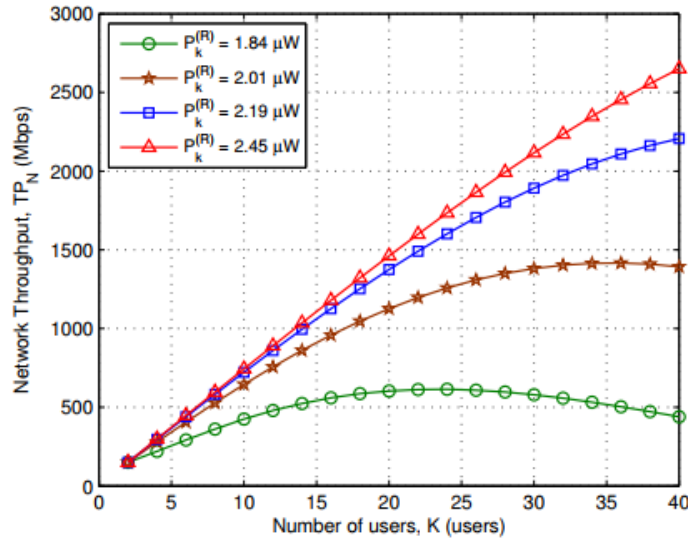


Hình 3.5 Tỷ lệ lỗi bit (BER) theo công suất quang phát của người dùng c với $r = 0.5$ m.

Mối quan hệ giữa thông lượng mạng và số lượng người dùng (K) được thể hiện trong Hình 3.7, trong đó tổng số bit trên mỗi gói là 5000 bit. Khi số lượng người dùng ít, tác động của MUI là không đáng kể. Do đó, khi K tăng sẽ cải thiện thông lượng mạng. Tuy nhiên, khi K quá lớn, MUI gây ra sự gia tăng của BER, dẫn đến tăng xác suất lỗi gói và do đó làm giảm thông lượng mạng. Chúng ta thấy rõ trong hình rằng có một giá trị tối ưu của K , tại đó thông lượng mạng đạt được giá trị đỉnh. Thông lượng đỉnh phụ thuộc vào công suất quang nhận được. Cụ thể hơn, nó tăng theo công suất phát vì công suất nhận lớn giúp giảm MUI.

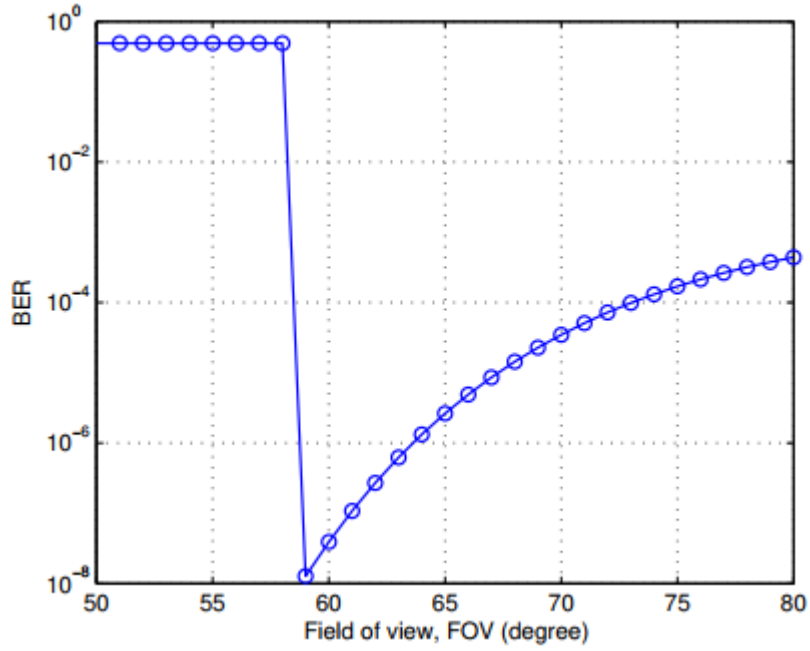


Hình 3.6 Tỷ lệ lỗi bit theo số lượng người dùng hoạt động với điều khiển công suất



Hình 3.7 Thông lượng mạng theo số lượng người dùng hoạt động với $N = 5000$ bits

Để xác định các giá trị phù hợp cho FOV (Ψ_c), ta khảo sát BER theo Ψ_c trong Hình 3.8. Ta xét trường hợp xấu nhất là hai người dùng được coi là nằm ở các góc của phòng. Ta nhận thấy rằng, nếu Ψ_c quá nhỏ (nhỏ hơn 59°), bộ thu của điều phối không thể nhận đủ công suất quang từ bộ phát của người dùng và ngược lại để tách tín hiệu. Do đó, BER của liên kết rất cao. Trong trường hợp Ψ_c quá lớn, suy hao hình học cũng tạo ra BER cao. Cần lưu ý rằng, suy hao hình học là suy hao xảy ra do sự phân kỳ của chùm quang. Suy hao bằng diện tích quang của máy thu với diện tích chùm sáng ở máy thu. Các giá trị của Ψ_c phải được chọn sao cho BER của liên kết dưới ngưỡng. Với $P_{c,d}^{(T)} = 290$ mW, $\Phi_{1/2} = 70^\circ$ và BER $= 10^{-6}$, Ψ_c phải nằm trong khoảng $58,5^\circ$ và 64° .



Hình 3.8 Tỷ lệ lỗi bit theo góc nhìn với Ψ_c với $\phi_{1/2} = 70^\circ$, $P_{c,d}^{(T)} = 290$ mW và $K = 8$ người dùng

3.5 Kết luận chương

Chương 3 đã đưa ra mô hình mạng VLC trong nhà dựa trên công nghệ CDMA. Phân tích và đánh giá hiệu năng mạng VLC trong nhà dựa trên công nghệ CDMA. Từ đó thực hiện đánh giá khả năng áp dụng giải pháp CDMA vào hệ thống VLC thông qua các biểu thức toán học cho BER và thông lượng. Kết quả số cho thấy BER thấp và thông lượng mạng cao có thể đạt được trong mạng mô hình mạng đề xuất. Dựa trên các kết quả, ta có thể xác định xác định công suất quang truyền yêu cầu, số lượng người dùng có thể hỗ trợ và các thông số phù hợp của bộ thu phát VLC như nửa công suất bán góc và FOV.

KẾT LUẬN

Luận văn đã thực hiện nghiên cứu tổng quan về cấu trúc mạng truyền thông ánh sáng nhìn thấy và những lợi ích khi áp dụng công nghệ CDMA vào mạng truyền thông ánh sáng nhìn thấy. Đề tài tập trung nghiên cứu về kiến trúc cho mạng VLC trong nhà có thể hỗ trợ truyền hai chiều cho nhiều người dùng trong một phòng.

Trong phạm vi của luận văn, luận văn tập trung trình bày các đặc điểm chính sau:

- Nội dung luận văn cao học cung cấp một số kiến thức cơ bản về truyền thông ánh sáng nhìn thấy cũng như những kỹ thuật đa truy nhập phân chia theo mã CDMA.
- Đưa ra mô hình mạng VLC trong nhà dựa trên công nghệ CDMA để từ đó phân tích và đánh giá hiệu năng của mạng VLC.

Đóng góp chính của luận văn là đưa ra một kiến trúc mới cho mạng VLC trong nhà có thể hỗ trợ truyền hai chiều cho nhiều người dùng trong một phòng. Xây dựng biểu thức toán học cho BER và thông lượng của mạng VLC đề xuất kết hợp với mô hình kênh VLC trong nhà, các thông số của bộ thu phát, tác động của tạp âm và nhiễu. Các biểu thức toán học thu được có thể sẽ được dùng để khảo sát hiệu suất mạng so với tham số lớp vật lý khác nhau để đánh giá tính khả thi của mạng VLC đề xuất.