TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA ĐIỆN ĐIỆN TỬ

BỘ MÔN KỸ THUẬT MÁY TÍNH – VIỄN THÔNG

…………o0o…………

ĐỒ ÁN 2

XE TỰ HÀNH DÙNG LIDAR

NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT MÁY TÍNH

Sinh viên: NGUYỄN PHÚC TOÀN

MSSV: 19119139

VŨ THÙY PHƯƠNG TRINH

MSSV: 19119140

Hướng dẫn: PGS.TS. TRƯƠNG NGỌC SƠN

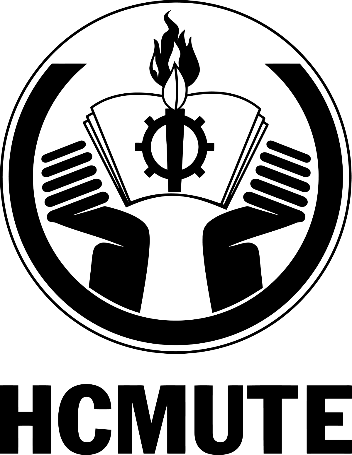
TP. HỒ CHÍ MINH 12/2024

TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH

KHOA ĐIỆN ĐIỆN TỬ

**BỘ MÔN KỸ THUẬT MÁY TÍNH – VIỄN THÔNG**

…………o0o…………



ĐỒ ÁN 2

**XE TỰ HÀNH DÙNG LIDAR**

**NGÀNH CÔNG NGHỆ KỸ THUẬT MÁY TÍNH**

Sinh viên: **NGUYỄN PHÚC TOÀN**

MSSV: 19119139

**VŨ THÙY PHƯƠNG TRINH**

MSSV: 19119140

Hướng dẫn: **TS. TRƯƠNG NGỌC SƠN**

TP. HỒ CHÍ MINH 12/2024

**TRANG THÔNG TIN ĐỒ ÁN**

**1. Thông tin sinh viên**

|  |  |
| --- | --- |
| Họ và tên sinh viên: Nguyễn Phúc Toàn | MSSV: 19119139 |
| Email: 19119139@student.hcmute.edu.vn | Điện thoại: 0888322877 |
| Họ và tên sinh viên: Vũ Thùy Phương Trinh | MSSV: 19119140 |
| Email: 19119140@student.hcmute.edu.vn | Điện thoại: |

**2. Thông tin đề tài**

- Tên đề tài: XE TỰ HÀNH DÙNG LIDAR.

- Đơn vị quản lý: Bộ môn Kỹ Thuật Máy Tính – Viễn Thông, Khoa Điện – Điện Tử, Trường Đại học Sư phạm Kỹ Thuật Tp. Hồ Chí Minh.

- Thời gian thực hiện: Từ ngày 22/09/2024 đến ngày 30/12/2024.

- Thời gian bảo vệ: Ngày 30/12/2024

**3. Lời cam đoan của sinh viên**

“Tôi – Tên sinh viên I và Tên sinh viên II cam đoan đề tài này là do chính tôi nghiên cứu và thực hiện. Tôi không sao chép từ bất kì một bài viết nào đã được công bố mà không trích dẫn nguồn gốc. Nếu có bất kì một sự vi phạm nào, tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm”.

Tp. Hồ Chí Minh, ngày 30 tháng 12 năm 2024

Sinh viên thực hiện đồ án

(Ký và ghi rõ họ tên)

Nguyễn Phúc Toàn Vũ Thùy Phương Trinh

|  |
| --- |
| Giảng viên hướng dẫn xác nhận quyễn báo cáo đã được chỉnh sửa theo đề nghị được ghi trong biên bản của Hội đồng đánh giá Khóa luận tốt nghiệp.  Tp. Hồ Chí Minh, ngày 30 tháng 12 năm 2024 .  Xác nhận của bộ môn Giáo viên hướng dẫn  (Ký và ghi rõ họ tên) |

|  |  |
| --- | --- |
| TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH  **KHOA ĐIỆN ĐIỆN TỬ**  **BỘ MÔN KT MÁY TÍNH – VIỄN THÔNG**  **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** | CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM  Độc lập – Tự do – Hạnh Phúc  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

**Thành phố Hồ Chí Minh**, ngày 30 tháng 12 năm 2024.

**NHIỆM VỤ ĐỒ ÁN MÔN HỌC**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Họ và tên sinh viên I: | Nguyễn Phúc Toàn | MSSV: 19119139 |
| Chuyên ngành: | Công nghệ Kỹ Thuật Máy tính | Mã ngành: 119 |
| Hệ đào tạo: | CLC | Mã hệ: |
| Khóa: | K19 | Lớp: |
| Họ và tên sinh viên II: | Vũ Thùy Phương Trinh | MSSV: 19119140 |
| Chuyên ngành: | Công nghệ Kỹ Thuật Máy tính | Mã ngành: 119 |
| Hệ đào tạo: | CLC | Mã hệ: |
| Khóa: | K19 | Lớp: |

|  |  |
| --- | --- |
| TÊN ĐỀ TÀI: | XE TỰ HÀNH DÙNG LIDAR |

**I. NHIỆM VỤ:**

1. Các số liệu ban đầu:

* Số liệu 1.
* Số liệu 2.
* Số liệu 3.

1. Nội dung thực hiện:

* Nội dung 1.
* Nội dung 2.
* Nội dung 3.

**II. NGÀY GIAO NHIỆM VỤ:**

**III. NGÀY HOÀN THÀNH NHIỆM VỤ:**

**IV. HỌ VÀ TÊN CÁN BỘ HƯỚNG DẪN:**

|  |  |
| --- | --- |
| CÁN BỘ HƯỚNG DẪN | BM. KỸ THUẬT  MÁY TÍNH – VIỄN THÔNG |

|  |  |
| --- | --- |
| TRƯỜNG ĐẠI HỌC SƯ PHẠM KỸ THUẬT TP. HỒ CHÍ MINH  **KHOA ĐIỆN ĐIỆN TỬ**  **BỘ MÔN KT MÁY TÍNH – VIỄN THÔNG**  **\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** | CỘNG HÒA XÃ HỘI CHỦ NGHĨA VIỆT NAM  Độc lập – Tự do – Hạnh Phúc  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

**Thành phố Hồ Chí Minh**, ngày 30 tháng 12 năm 2024.

**LỊCH TRÌNH THỰC HIỆN ĐỒ ÁN MÔN HỌC**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Họ tên sinh viên:** | 1. Nguyễn Phúc Toàn | **MSSV:** 19119139 |
|  | 2. Vũ Thùy Phương Trinh | **MSSV:** 19119140 |
| **Lớp:** 19119 |  | **Đồ án:** Đồ án 2 |
| **Tên đề tài:** | XE TỰ HÀNH DÙNG LIDAR | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tuần/ngày** | **Nội dung** | **Xác nhận GVHD** |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

**GV HƯỚNG DẪN**

(Ký và ghi rõ họ tên)

**BẢN NHẬN XÉT KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP**

(Dùng cho giảng viên hướng dẫn)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Để tài: | XE TỰ HÀNH DÙNG LIDAR | |
| Sinh viên thực hiện: | Nguyễn Phúc Toàn | MSSV: 19119139 |
|  | Vũ Thùy Phương Trinh | MSSV: 19119140 |
| Giáo viên hướng dẫn: | TS. Trương Ngọc Sơn |  |

**Nhận xét bao gồm các nội dung sau đây:**

1. Tính hợp lý trong các đặt và giải quyết vấn đề; ý nghĩa khoa học và thực tiễn:

Đặt vấn đề rõ ràng, mục tiêu cụ thể, đề tài có tính mới, cấp thiết có khả năng ứng dụng, tính sáng tạo.

2. Phương pháp thực hiện/phân tích/thiết kế:

Phương pháp hợp lý và tin cậy dựa trên cơ sở lý thuyết, có phân tích và đánh giá phù họp, có tính mới và sáng tạo.

3. Kết quả thực hiện/phân tích và đánh giá kết quả/kiểm định thiết kế:

Phù hợp với mục tiêu; phân tích và đánh giá / kiểm thử thiết kế hợp lý; có tính sáng tạo/kiểm định chặt chẽ và bảo đảm chất độ tin cậy

4.Kết luận và đề suất:

Kết luận phù hợp với cách đặt vấn đề, đề xuất mang tính cải tiến và thực tiễn; kết luận có đóng góp mới mẻ, đề suất sáng tạo và thuyết phục.

5. Hình thức trình bày, bố cục và chất lượng báo cáo:

Văn phong nhất quán, bố cục hợp lý, cấu trúc rõ ràng, đúng định dạng mẫu; có tính hấp dẫn, thể hiện năng lực tốt, văn bản trau chuốt.

6. Kỹ năng chuyên nghiệp và có tính sáng tạo:

Thể hiện kỹ năng giao tiếp, kỹ năng làm việc nhóm và các kỹ năng khác trong việc thực hiện đề tài.

7. Tài liệu trích dẫn:

Tính trung thực trong việc trích dẫn tài liệu tham khảo; tính phù hợp của các tài liệu trích dẫn; trích dẫn theo đúng chỉ dẫn APA.

8. Đánh giá về sự trùng lặp của đề tài:

Cần khẳng định đề tài có trùng lặp hay không? Nếu có, đề nghị ghi rõ mức độ, tên đề tài, nơi công bố, năm công bố của đề tài đã công bố.

9: Những nhược điểm và thiếu sót, những điểm cần được bổ sung và chỉnh sữa\*

10. Nhận xét tinh thần, thái độ học tập và nghiên cứu của sinh viên:

**Câu hỏi sinh viên phải trả lời trước hội đồng\*** (ít nhất 02 câu)

**Đánh giá chung**

- Điểm (Quy về thanh điểm 10 không làm tròn): ……../10.

- Xếp loại chung (Xuất sắc, Giỏi, Khá, Trung, Yếu, Kém):

**Đề nghị của giảng viên hướng dẫn**

Ghi rõ: “Báo cáo đạt/không đạt yêu cầu của một khóa luận tốt nghiệp kỹ sư, và được phép/không được phép bảo vệ khóa luận tốt nghiệp’

Tp.HCM, ngày 30 tháng 12 năm 2024.

**Người nhận xét**

# LỜI MỞ DẦU

**LỜI CẢM ƠN**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Người thực hiện đề tài** | |
|  | Nguyễn Phúc Toàn | Vũ Thùy Phương Trinh |

**MỤC LỤC**

[DANH MỤC HÌNH ix](#_Toc181476468)

[DANH MỤC BẢNG x](#_Toc181476469)

[DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT VÀ THUẬT NGỮ xi](#_Toc181476470)

[CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN 1](#_Toc181476471)

[1.1. ĐẶT VẤN ĐỀ 1](#_Toc181476472)

[1.2. MỤC TIÊU 1](#_Toc181476473)

[1.3. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU 1](#_Toc181476474)

[1.4. GIỚI HẠN ĐỀ TÀI 1](#_Toc181476475)

[1.5. BỐ CỤC 1](#_Toc181476476)

[CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT 2](#_Toc181476477)

[2.1. TỔNG QUAN VỀ THỊ GIÁC MÁY 2](#_Toc181476478)

[2.1.1. Đặt vấn đề 2](#_Toc181476479)

[2.1.3. \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* 2](#_Toc181476480)

[2.2. TỔNG QUAN VỀ THUẬT TOÁN SFM 2](#_Toc181476481)

[2.3. TỔNG QUAN VỀ LIDAR VÀ ỨNG DỤNG 3](#_Toc181476482)

[2.4. TỔNG QUAN VỀ SÓNG SIÊU ÂM VÀ ỨNG DỤNG 3](#_Toc181476483)

[2.5. TỔNG QUAN VỀ XỬ LÝ ẢNH 3](#_Toc181476484)

[2.6. TỔNG QUAN VỀ XE TỰ HÀNH 3](#_Toc181476485)

[2.7. TỔNG QUAN VỀ THUẬT TOÁN SLAM 3](#_Toc181476486)

[2.7.1. Khái niệm 3](#_Toc181476487)

[2.7.2. Các biến thể SLAM 3](#_Toc181476488)

[2.8. TỔNG QUAN VỀ NVIDIA JETSON NANO 4](#_Toc181476489)

[CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ XE TỰ HÀNH 5](#_Toc181476490)

[CHƯƠNG 4 THUẬT TOÁN SLAM 6](#_Toc181476491)

[CHƯƠNG 5 THUẬT TOÁN QUÉT LIDAR 3D 7](#_Toc181476492)

[CHƯƠNG 6 KIỂM TRA VÀ ĐÁNH GIÁ 8](#_Toc181476493)

[CHƯƠNG 7 HƯỚNG PHÁT TRIỂN 9](#_Toc181476494)

[TÀI LIỆU KHAM KHẢO 10](#_Toc181476495)

[TRÍCH DẪN 11](#_Toc181476496)

# DANH MỤC HÌNH

[Hình \*.\*: \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* 2](#_Toc181476399)

[Hình 2.1 Minh họa thuật toán SfM 2](#_Toc181476400)

# DANH MỤC BẢNG

[Bảng \*: \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* 2](#_Toc180072399)

# DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT VÀ THUẬT NGỮ

**SLM**: (Structure From Motion) kỹ thuật sử lý ảnh để thực hiện tái dựng lại vật hay môi trường.

**SLAM**: (Simultaneous Localization And Mapping)

**vSLAM:** (vSLAM)

**Visual Odometry**: (Visual Odometry)

# CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN

## ĐẶT VẤN ĐỀ

Tự động hóa vẫn luôn là chủ đề nghiên cứu thu hút nhiều sự quan tâm trong thời đại ngày nay. Những Tự động hóa vẫn luôn là chủ đề nghiên cứu thu hút nhiều sự quan tâm trong thời đại ngày nay. Những chiếc xe hay robot tự điều khiển mà không cần đến tác động của con người. Đây cũng là đề tài có tiềm năng rất lớn trong nhiều lĩnh vực khác nhau, là tiền đề cho các thiết bị hỗ trợ trong sinh hoạt sống của con người. Nhóm thực hiện đã dựa vào đề tài này để đề xuất mục tiêu cho đồ án 2, đó là hệ thống xe tự hành sử dụng LiDAR.

Ý tưởng của đề tài chính là thiết kế một chiếc xe tự hành sử dụng cảm biến LiDAR. LiDAR (Light Detection and Ranging) là công nghệ đo khoảng cách bằng cách sử dụng laser để tạo ra bản đồ 3D của môi trường xung quanh. Thiết bị này có thể vẽ lại bản đồ của khu vực để xác định phương hướng thích hợp cho việc di chuyển, và nhờ sử dụng những chùm tia laser mà thiết bị có thể đo được khoảng cách đến chướng ngại vật để né vật cản một cách chủ động.

## 1.2. MỤC TIÊU

Mục tiêu nghiên cứu

Nghiên đối tượng nào

Kết quả (sản phẩm) sau khi nghiên cứu

Ứng dụng của sản phẩm

Sản phẩm hệ thống xe tự hành cần phải đạt được một số yêu cầu của người dùng cũng như yêu cầu hệ thống. Xe tự hành có thể vận hành tự động mà không cần điều khiển. Thực hiện quét xung quanh để tạo bản đồ của khu vực, và từ bản đồ đó di chuyển né các chướng ngại vật trên đường đi. Hệ thống cần đạt đến độ chính xác cao, thời gian quét môi trường thấp và tối ưu trong việc di chuyển.

## 1.3. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

## 1.4. GIỚI HẠN ĐỀ TÀI

Từ mục đích nghiên cứu thì khả năng thực hiện có thể làm đến đâu

Tính năng của sản phẩm

Ngoài các chức năng của hệ thống, hệ thống vẫn có một số nhược điểm chưa thể được tối ưu. Có thể kể đến như cảm biến LiDAR có giá thành khá cao so với các cảm biến dò đường thông thường. Laser từ cảm biến khi gặp một số môi trường phản xạ kém có thể làm sai lệch về độ chính xác. Ngoài ra độ rộng mà cảm biến có thể quét được vẫn cần được tối ưu thêm.

## 1.5. BỐ CỤC

**Chương 1:** Tổng quan

Đặt vấn đề và giới thiệu tổng quát về đề tài, mục tiêu cũng như giới hạn đặt ra.

**Chương 2:** Cơ sở lý thuyết

Đưa ra một số lý thuyết cần thiết sử dụng trong đề tài.

**Chương 3:** Thiết kế hệ thống

Trình bày sơ đồ hệ thống và giải thích cơ chế hoạt động của hệ thống.

Các phương pháp lựa chọn phần cứng sao cho phù hợp với yêu cầu của đề tài.

**Chương 4:** Thuật toán SLAM

Đi sâu vào chi tiết của thuật toán và cách áp dụng thuật toán vào thiết kế.

**Chương 5:** Thuật toán quét LiDAR 3D

Đi sâu vào chi tiết của thuật toán và cách áp dụng thuật toán vào thiết kế.

**Chương 5:** Kết quả thực hiện

Trình bày kết quả đã thực hiện về phần cứng và phần mềm.

**Chương 6:** Kết quả và tổng hợp

Đưa ra các kết quả thực nghiệm và đánh giá hệ thống.

**Chương 7:** Kết luận và hướng phát triển

Kết luận về hệ thống và hướng phát triển.

# CHƯƠNG 2 CƠ SỞ LÝ THUYẾT

## 2.1. TỔNG QUAN VỀ XE TỰ HÀNH

## 2.2. TỔNG QUAN VỀ LIDAR VÀ ỨNG DỤNG

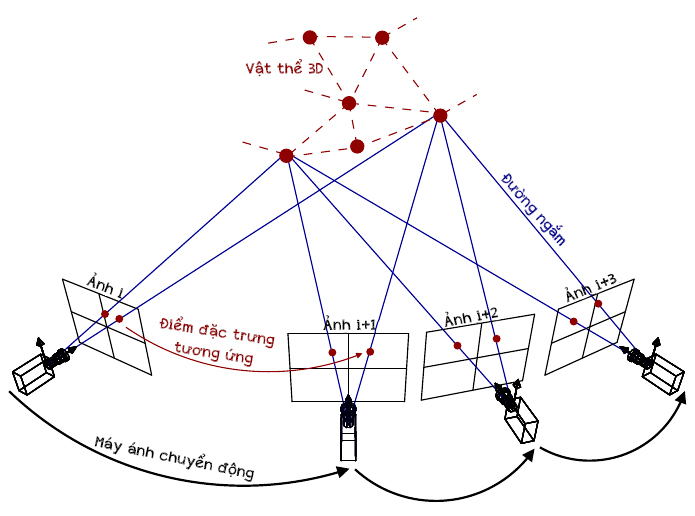
2.2.1. Giới thiệu chung về Lidar

2.2.2. Khả năng và giới hạn của lidar

## 2.3. TỔNG QUAN VỀ THUẬT TOÁN SFM

### 2.3.1. Giới thiệu chung

SFM (Structure from Motion) là một lĩnh vực trong thị giác máy tính hướng đến việc tái tạo lại cấu trúc ba chiều của môi trường từ một chuỗi hình ảnh hai chiều. Công nghệ này có thể được ứng dụng trong đa dạng các lĩnh vực như robot, khảo cổ học và quy hoạch đô thị. Trọng tâm của SfM là một tập hợp các thuật toán phức tạp cho phép trích xuất thông tin không gian từ một loạt các hình ảnh.



##### Hình 2.1 Minh họa thuật toán SfM

Thuật toán SfM cho phép tính toán đồng thời các ma trận chiếu và các điểm 3D bằng cách sử dụng các điểm tương ứng trong mỗi khung nhìn. Đây là các bước liên quan đến quá trình tái tạo cảnh 3D:

* Trích xuất điểm đặc trưng.
* Tương thích điểm đặc trưng.
* Tính toán các điểm 3D.
* Tái cấu trúc 3D.

### 2.3.2 Ứng dụng

Thuật toán SfM đã và đang được áp dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực khác nhau với các ứng dụng như:

+ Trò chơi điện tử: Thuật toán được sử dụng để tạo môi trường 3D và các đối tượng trong thế giới ảo, trò chơi điện tử và ứng dụng thực tế ảo. Bằng cách ước lượng cấu trúc 3D từ các hình ảnh, SfM giúp xây dựng môi trường 3D chân thực và sống động.

+ Địa lý và bản đồ số: Trong lĩnh vực địa lý, SfM được sử dụng để tạo ra bản đồ 3D của môi trường từ dữ liệu hình ảnh thu thập từ máy bay không người lái (UAV) kết hợp với xử lý ảnh.

+ Điều khiển thiết bị tự hành: SfM được sử dụng để hỗ trợ việc định vị và xây dựng bản đồ cho robot tự động và xe tự hành.

+ Giám sát và an ninh: SfM có thể được áp dụng trong giám sát và an ninh để theo dõi và phát hiện chuyển động, xây dựng mô hình 3D của một khu vực và phân tích hành vi.

## 2.4. TỔNG QUAN VỀ THUẬT TOÁN SLAM

### 2.4.1. Khái niệm

SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) là thuật toán ứng dụng cho các thiết bị xe tự hành, thuật toán có thể xây dựng bản đồ cũng như xác định vị trí của thiết bị trong cùng một lúc. Thuật toán này cũng cho phép các thiết bị tự hành nhận biết bản đồ trong các môi trường khác nhau.

SLAM đã trở thành đề tài nghiên cứu trong nhiều năm qua. Với những cải tiến về tốc độ xử lý của máy tính và sự sẵn có của các cảm biến giá rẻ như máy ảnh và máy đo phạm vi như laser, thuật toán SLAM hiện được ứng dụng trong ngày càng nhiều lĩnh vực khác nhau.

Quy trình hoạt động của SLAM gồm hai bước chính:

+ Định vị (Localization): Dựa trên laser của cảm biến để xác định vị trí của thiết bị theo thời gian.

+ Lập bản đồ (Mapping): Nhờ vào cảm biến để thu được môi trường xung quanh, sau đó di chuyển để lấy được thông tin trực quan hơn, trích xuất các đặc điểm để có thể xây dựng thành một bản đồ.

Ứng dụng: Thuật toán SLAM hiện được ứng dụng trong một số thiết bị tự vận hành như robot quét dọn, xe hơi tự động hay robot tự hành.

Một số nhược điểm của thuật toán:

+ Lỗi sai lệch định vị gây ra chênh lệch đáng kể so với giá trị thực tế. Thuật toán SLAM chuyển động tuần tự bao gồm những vị trí sai số. Lỗi này tích lũy theo thời gian, gây ra sai lệch đáng kể so với giá trị thực tế. Nó cũng có thể khiến dữ liệu bị biến dạng gây khó khăn cho việc xác định bản đồ.

+ Chi phí tính toán cao trong việc xử lý hình ảnh và tối ưu hóa.

+ Chi phí các cảm biến như LiDAR, camera phân giải tốt có giá thành cao.

### 2.4.2. Các biến thể SLAM

SLAM trực quan (Visual SLAM hoặc vSLAM) sử dụng hình ảnh thu được từ máy ảnh và các cảm biến hình ảnh khác. Visual SLAM có thể được sử dụng bởi các loại máy ảnh đơn giản (máy ảnh góc rộng, mắt cá và hình cầu), máy ảnh mắt ghép (âm thanh nổi và đa máy ảnh), máy ảnh RGB-D (máy ảnh độ sâu và máy ảnh thời gian bay ToF). Visual SLAM có thể được triển khai với chi phí tương đối thấp. Ngoài ra, vì camera cung cấp một lượng lớn thông tin nên chúng có thể được sử dụng để phát hiện các điểm mốc (các vị trí đã đo trước đó). Việc phát hiện cột mốc cũng có thể được kết hợp với tối ưu hóa dựa trên biểu đồ, mang lại sự linh hoạt trong việc triển khai SLAM. SLAM một mắt (Monocular SLAM) là một thuật toán vSLAM sử dụng một camera duy nhất làm cảm biến, điều này khiến việc xác định độ sâu trở nên khó khăn. Vấn đề này có thể được giải quyết bằng cách phát hiện điểm đánh dấu AR, bàn cờ hoặc các vật thể đã biết khác trong ảnh để định vị hoặc bằng cách kết hợp thông tin camera với một cảm biến khác như đơn vị đo quán tính (IMU), có thể đo các đại lượng vật lý như vận tốc và hướng. Công nghệ liên quan đến vSLAM bao gồm cấu trúc từ chuyển động (SfM), đo hình ảnh trực quan và điều chỉnh bó.

LiDAR SLAM (Light Detection And Ranging SLAM) là phương pháp chủ yếu sử dụng cảm biến laser (hoặc cảm biến khoảng cách). So với máy ảnh bình thường, máy ảnh ToF và các cảm biến khác, tia laser có độ chính xác cao hơn và được sử dụng cho các ứng dụng có phương tiện di chuyển tốc độ cao như ô tô tự lái và máy bay không người lái. Các giá trị đầu ra từ cảm biến laser thường là dữ liệu điểm 2D (x, y) hoặc 3D (x, y, z). Cảm biến laser cung cấp các phép đo khoảng cách có độ chính xác cao và hoạt động hiệu quả trong việc xây dựng bản đồ bằng thuật toán SLAM. Tính toán chuyển động (quãng đường đã di chuyển) được sử dụng để định vị phương tiện. Ngoài ra có thể sử dụng phương pháp tiếp cận dựa trên tính năng như Lidar Odometry And Mapping (LOAM) hoặc Fast Global Registration (FGR), dựa trên các tính năng của FPFH. Bản đồ đám mây điểm 2D hoặc 3D có thể được biểu diễn dưới dạng bản đồ lưới hoặc bản đồ ba chiều voxel. Đối với các ứng dụng robot trong nhà, SLAM lidar 2D thường được sử dụng, trong khi SLAM 3D thường được sử dụng cho phương tiện không người lái (drone, flycam,...) và xe tự hành.

# CHƯƠNG 3 THIẾT KẾ XE TỰ HÀNH

3.1. Tính năng của xe tự hành

3.2. Sơ đồ khối

3.2.1. Thiết kế phần cứng

3.2.2. Cơ chế điều khiển

3.3. Thử nghiệm xe

# CHƯƠNG 4 THUẬT TOÁN QUÉT 2D

# CHƯƠNG 5 KIỂM TRA VÀ ĐÁNH GIÁ

# CHƯƠNG 6 HƯỚNG PHÁT TRIỂN

# TÀI LIỆU KHAM KHẢO

# TRÍCH DẪN