

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐÀ LẠT



BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC SINH VIÊN NĂM 2024

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ THỰC TẾ ẢO TĂNG CƯỜNG (AR)
XÂY DỰNG PHẦN MỀM DẪN ĐƯỜNG
TRONG TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐÀ LẠT

Mã số đề tài: 09

Thuộc nhóm ngành khoa học: Công nghệ thông tin

Đà Lạt, tháng 5 năm 2024

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐÀ LẠT



BÁO CÁO TỔNG KẾT
ĐỀ TÀI KHOA HỌC SINH VIÊN NĂM 2024

ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ THỰC TẾ ẢO TĂNG CƯỜNG (AR)
XÂY DỰNG PHẦN MỀM DẪN ĐƯỜNG
TRONG TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐÀ LẠT

Mã số đề tài: 09

Thuộc nhóm ngành khoa học: Công nghệ thông tin

Chủ nhiệm đề tài:	Đặng Thị Quỳnh Như	Giới tính:	Nữ
Dân tộc:	Kinh		
Lớp, khoa	CTK45A	Năm thứ:	3/4
Ngành học:	Công nghệ thông tin		

Giảng viên hướng dẫn: TS. Trần Ngô Như Khánh

Đà Lạt, tháng 5 năm 2024

MỤC LỤC

DANH MỤC NHỮNG TỪ VIẾT TẮT.....	3
DANH MỤC THUẬT NGỮ.....	4
DANH SÁCH HÌNH ẢNH.....	5
THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CỦA ĐỀ TÀI.....	7
THÔNG TIN VỀ SINH VIÊN CHỊU TRÁCH NHIỆM CHÍNH THỰC HIỆN ĐỀ TÀI.....	10
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN.....	11
1.1. Đặt vấn đề.....	11
1.2. Mục tiêu	12
1.3. Nội dung nghiên cứu.....	13
1.4. Phương pháp nghiên cứu.....	14
1.4.1. Tìm hiểu công nghệ	15
1.4.2. Tích hợp công nghệ	15
1.4.3. Kiểm sai - Sửa lỗi	15
CHƯƠNG 2: CÔNG NGHỆ AR.....	16
2.1. Cơ sở lý thuyết.....	16
2.1.1. Định nghĩa và ứng dụng.....	16
2.1.2. So sánh với công nghệ thực tế ảo (VR).....	17
2.1.3. Ứng dụng công nghệ AR trong dẫn đường.....	20
CHƯƠNG 3: PHÂN TÍCH, THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG	23
3.1. Phân tích, thiết kế hệ thống.....	23
3.1.1. Chức năng hệ thống.....	23
3.1.2. Mô hình hệ thống.....	26
3.1.3. Các công nghệ sử dụng.....	27
3.1.4. Sơ đồ tuần tự	29
3.2. Phương pháp điều hướng	32
3.2.1. Các khái niệm toán học trong mô hình.....	32
3.2.2. Tính toán góc xoay của các mô hình 3D chỉ đường.....	33
3.2.3. Đặt vị trí cho các mô hình 3D trong môi trường vật lý	34
3.4. Kết quả thực hiện.....	37
CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN	43
4.1. Kết luận	43

4.2. Hướng phát triển.....	44
LỜI CẢM ƠN.....	46
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	47

DANH MỤC NHỮNG TỪ VIẾT TẮT

AR Augmented Reality

2D Two Dimensions

3D Three Dimensions

GNSS Global navigation satellite system

API Application Programming Interface

URL Uniform resource locator

HTTP HyperText Transfer Protocol

DANH MỤC THUẬT NGỮ

Call API là quá trình mà một ứng dụng gửi một yêu cầu đến API (tạm gọi là thư viện dữ liệu), và API lấy dữ liệu yêu cầu từ máy chủ hoặc chương trình bên ngoài, sau đó trả về dữ liệu đó cho ứng dụng. Điều này cho phép các ứng dụng khác nhau giao tiếp với nhau và trao đổi thông tin hoặc chức năng.

HTTP request là một yêu cầu được gửi từ một ứng dụng đến máy chủ để yêu cầu một tài nguyên cụ thể hoặc gửi dữ liệu đến máy chủ nào đó.

HTTP response là phản hồi mà máy chủ gửi trả lại sau khi nhận và xử lý một yêu cầu HTTP từ một ứng dụng. Phản hồi này bao gồm một dòng trạng thái, tiêu đề, và thân.

HTTP GET là một phương thức yêu cầu HTTP được sử dụng để yêu cầu dữ liệu từ máy chủ

DANH SÁCH HÌNH ẢNH

Hình 1.1. Mô hình SCRUM triển khai hệ thống

Hình 2.1. Ứng dụng AR trong thiết kế công nghiệp và trò chơi giải trí

Hình 2.2. Hệ thống VR của bể cá - một ví dụ về một hệ thống bán ảo

Hình 2.3. Kết quả nghiên cứu của FangFang Lu và đồng nghiệp

Hình 2.4. Kết quả nghiên cứu của Ryohei Hashimoto và Michael Cohen

Hình 2.5. Thực thể ảo hiển thị trong môi trường vật lý trong nghiên cứu của Asraf, Hashim và Idrus tại Malaysia

Hình 3.1. Minh họa toàn cảnh khuôn viên trường đại học Đà Lạt

Hình 3.2. Giao diện trang chủ và xem thông tin các tòa nhà từ trang chủ

Hình 3.2. Giao diện điều hướng kết hợp bản đồ 2D và mũi tên ảo

Hình 3.3. Giao diện mũi neo ảo tại điểm đến

Hình 3.4. Mô hình tổng quan hệ thống

Hình 3.5. Minh họa về một HTTP GET đến API và kết quả nhận được

Hình 3.6. Sơ đồ tuần tự mô tả hoạt động của ứng dụng

Hình 3.7. Mô hình hệ tọa độ x, y, z sử dụng trong ứng dụng

Hình 3.8. Minh họa góc xoay của hệ tọa độ Vecto3(x, y, z)

Hình 3.9. Mô hình mô tả thuật toán tính góc xoay

Hình 3.10. Mô hình so sánh dữ liệu các điểm tạo tuyến đường trả về từ dịch vụ Direction API của Google Map API (phía trên) và từ gói flutter_polyline_points (phía dưới)

Hình 3.11. Mô hình thuật toán đặt vị trí các mô hình 3D giữa các đường polyline

Hình 3.12. Mô hình hệ thống xây dựng cho ứng dụng

Hình 3.13. Giao diện trang chủ đã được xây dựng như thiết kế ban đầu

Hình 3.14. Bảng thống kê cho thấy khả năng chỉ đường đến tất cả các toàn nhà trong khuôn viên trường đại học Đà Lạt

Hình 3.15. Kết quả dẫn đường trong khuôn viên thực tế

Hình 3.16. Đường biên giới hạn khu vực sử dụng ứng dụng

THÔNG TIN KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CỦA ĐỀ TÀI

1. Thông tin chung:

- Tên đề tài: Ứng dụng công nghệ thực tế ảo tăng cường (AR) xây dựng phần mềm dẫn đường trong Trường đại học Đà Lạt
- Chuyên ngành: Công nghệ thông tin
- Sinh viên thực hiện:

Số thứ tự	Mã số sinh viên	Họ và tên	Email
1	2112727	Đặng Thị Quỳnh Như	2112727@dlu.edu.vn
2	2111845	Nguyễn Bảo Khanh	2111845@dlu.edu.vn
3	2111863	Trần Nguyễn Ánh Minh	2111863@dlu.edu.vn

- Lớp: CTK45A Khoa: Công nghệ thông tin
- Năm thứ: 3 Số năm đào tạo: 4

- Người hướng dẫn: TS. Trần Ngô Như Khánh

2. Mục tiêu đề tài:

Dự án phát triển ứng dụng di động kết hợp công nghệ AR và hệ thống chỉ đường truyền thống nhằm cải thiện việc điều hướng trong khuôn viên Trường Đại học Đà Lạt. Ứng dụng có giao diện đơn giản, dễ sử dụng và tương thích rộng rãi. Với những chức năng như sử dụng AR để hiển thị mũi tên hướng dẫn trực tiếp trên không gian vật lý, giúp người dùng di chuyển dễ dàng, cung cấp thông tin chi tiết về các tòa nhà qua mô hình 3D trên bản đồ AR, hỗ trợ cả bản đồ 2D và cập nhật thông tin thời gian thực, giao diện thân thiện, phù hợp với mọi đối tượng và tối ưu hóa hiệu suất, độ chính xác trên nhiều thiết bị di động, tích hợp AR với hệ thống chỉ đường truyền thống để tạo trải nghiệm mới mẻ và giao diện dễ sử dụng.

3. Tính mới và sáng tạo:

Đề tài nghiên cứu này sáng tạo bằng cách áp dụng công nghệ Thực tế ảo tăng cường (AR) vào việc hỗ trợ di chuyển trên khuôn viên Trường Đại học Đà Lạt, tạo ra một trải nghiệm mới mẻ và hiệu quả cho sinh viên, giảng viên và khách tham quan. Công nghệ AR giúp hiển thị hướng dẫn điều hướng trực quan, giảm thời gian di chuyển và tạo ra một môi trường học tập thân thiện hơn.

4. Kết quả nghiên cứu:

Hệ thống tương tác: Xây dựng hệ thống tương tác giữa máy chủ và người dùng sử dụng Google Maps API để cung cấp và cập nhật liên tục thông tin về bản đồ và các điểm đến trong khuôn viên trường.

Phát triển ứng dụng: Ứng dụng sử dụng Flutter và các package như AR, geolocator, compass, và polyline points để tạo trải nghiệm người dùng sinh

động và hấp dẫn, tích hợp công nghệ AR để dẫn đường và tương tác với mô hình 3D.

Chức năng chính:

- Trang chủ: Cho phép người dùng tìm kiếm và xem thông tin chi tiết về các tòa nhà trong khuôn viên trường.
- Dẫn đường AR: Cung cấp hướng đi trực quan bằng mũi tên ảo, giúp người dùng dễ dàng theo đúng hướng.
- Kết hợp bản đồ 2D và 3D: Cung cấp cái nhìn tổng quan và chi tiết, giúp điều hướng dễ dàng hơn.
- Giới hạn phạm vi hoạt động: Tối ưu hiệu suất và giảm chi phí bằng cách giới hạn phạm vi ứng dụng trong khuôn viên trường.
- Những kết quả này tạo nên một ứng dụng điều hướng hiệu quả, thú vị và dễ sử dụng, giúp người dùng di chuyển chính xác và dễ dàng trong khuôn viên Trường Đại học Đà Lạt.

5. Đóng góp về mặt kinh tế - xã hội, giáo dục và đào tạo, an ninh, quốc phòng và khả năng áp dụng của đề tài:

Kinh tế - Xã hội:

- Tiết kiệm thời gian và chi phí: Giúp sinh viên, giảng viên và khách thăm tiết kiệm thời gian di chuyển, tăng hiệu quả làm việc và học tập.
- Tăng cường du lịch giáo dục: Cải thiện trải nghiệm của khách thăm, đặc biệt là phụ huynh và các đoàn tham quan, góp phần vào việc quảng bá hình ảnh của trường đại học và thành phố Đà Lạt.

Giáo dục và đào tạo:

- Nâng cao trải nghiệm học tập: Giúp sinh viên mới nhanh chóng làm quen với khuôn viên trường, giảm bớt khó khăn ban đầu, tạo môi trường học tập thoải mái hơn.
- Hỗ trợ giảng viên và nhân viên: Giúp giảng viên và nhân viên dễ dàng di chuyển và tìm kiếm địa điểm, tăng hiệu quả trong công việc giảng dạy và quản lý.
- Ứng dụng công nghệ hiện đại: Khuyến khích việc sử dụng và nghiên cứu công nghệ AR, góp phần nâng cao kiến thức và kỹ năng công nghệ cho sinh viên.

An ninh và quốc phòng:

- Quản lý đám đông: Giúp kiểm soát và quản lý luồng di chuyển trong các sự kiện lớn, giảm nguy cơ mất trật tự và đảm bảo an ninh trong khuôn viên trường.
- Phản ứng khẩn cấp: Cung cấp hướng dẫn chi tiết và nhanh chóng trong trường hợp khẩn cấp, giúp sinh viên và nhân viên tìm được lối thoát an toàn.

Khả năng áp dụng:

- Mở rộng ra các trường học khác: Mô hình ứng dụng này có thể được nhân rộng và áp dụng cho các trường đại học và cơ sở giáo dục khác, cải thiện trải nghiệm người dùng ở nhiều nơi.

- Áp dụng trong các khu vực công cộng: Có thể áp dụng công nghệ AR cho việc dẫn đường trong các khu vực công cộng như bệnh viện, khu thương mại, và khu du lịch.
- Phát triển thêm các tính năng: Tiềm năng phát triển thêm các tính năng mới như hướng dẫn tham quan, tích hợp thông tin sự kiện, và hỗ trợ nhiều ngôn ngữ để phục vụ du khách quốc tế.

Những đóng góp này không chỉ nâng cao hiệu quả và trải nghiệm người dùng tại Trường Đại học Đà Lạt mà còn mở ra nhiều cơ hội phát triển và ứng dụng công nghệ trong các lĩnh vực khác nhau

6. Công bố khoa học của sinh viên từ kết quả nghiên cứu của đề tài:

Đã nộp bài báo khoa học lên hội nghị ITC 2024.

Ngày tháng năm
Sinh viên chịu trách nhiệm
chính thực hiện đề tài
(ký, họ và tên)

Nhận xét của người hướng dẫn về những đóng góp khoa học của sinh viên thực hiện đề tài:

XÁC NHẬN CỦA TRƯỜNG ĐẠI HỌC
(ký tên và đóng dấu)

Ngày tháng năm
NGƯỜI HƯỚNG DẪN
(ký, họ và tên)

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC ĐÀ LẠT

THÔNG TIN VỀ SINH VIÊN
CHỊU TRÁCH NHIỆM CHÍNH THỰC HIỆN ĐỀ TÀI

I. SƠ LƯỢC VỀ SINH VIÊN:

Họ và tên: Đặng Thị Quỳnh Như

Sinh ngày: 24 tháng 05 năm 1997

Nơi sinh: Đồng Nai

Lớp: CTK45A

Khoá: 45

Khoa: Công nghệ thông tin

Địa chỉ liên hệ: Trần Khánh Dư, phường 8, Thành phố Đà Lạt, Lâm Đồng

Điện thoại: 0865821680

Email: 2112727@dlu.edu.vn

Ảnh 4x6

II. QUÁ TRÌNH HỌC TẬP

*** Năm thứ 1:**

Ngành học: Công nghệ thông tin

Khoa: Công nghệ thông tin

Kết quả xếp loại học tập: Xuất sắc

Sơ lược thành tích: GPA 3.95 và điểm rèn luyện 96

*** Năm thứ 2:**

Ngành học: Công nghệ thông tin

Khoa: Công nghệ thông tin

Kết quả xếp loại học tập: Xuất sắc

Sơ lược thành tích: GPA 3.70 và điểm rèn luyện 90

*** Năm thứ 3 (học kì I):**

Ngành học: Kỹ thuật phần mềm

Khoa: Công nghệ thông tin

Kết quả xếp loại học tập: Xuất sắc

Sơ lược thành tích: GPA 3.77 và điểm rèn luyện 98

XÁC NHẬN CỦA TRƯỜNG ĐẠI
HỌC

(ký tên và đóng dấu)

Ngày tháng năm
SINH VIÊN CHỊU TRÁCH NHIỆM
CHÍNH

(ký, họ và tên)

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN

1.1. Đặt vấn đề

Trường Đại học Đà Lạt, tọa lạc trong thành phố Đà Lạt yên bình và thơ mộng, là một trong những cơ sở giáo dục được biết là một trong những trường đại học đẹp nhất Đông Nam Á. Với một khuôn viên rộng lớn bao gồm các tòa nhà học thuật, văn phòng quản lý, các khu vực giải trí và các khu nhà ở sinh viên, Đại học Đà Lạt thu hút sinh viên và nhân viên từ khắp nơi, tạo nên một cộng đồng đa dạng và phong phú.

Tuy nhiên, việc di chuyển trên khuôn viên trường đôi khi có thể là một thách thức đối với sinh viên mới hoặc thậm chí là những người đã quen thuộc với môi trường này. Đặc biệt là vào những ngày đầu tiên của năm học mới, khi các sinh viên mới cần phải tìm hiểu về cấu trúc của trường, vị trí các tòa nhà quan trọng, phòng học, và các dịch vụ hỗ trợ.

Để giải quyết vấn đề này, việc sử dụng công nghệ AR trong ứng dụng di động có thể là một giải pháp hiệu quả. Bằng cách kết hợp hình ảnh thực tế với dữ liệu định vị và thông tin điểm đến, ứng dụng AR có thể cung cấp hướng dẫn điều hướng trực quan và chi tiết trong thời gian thực trên màn hình điện thoại di động của người dùng. Điều này giúp họ dễ dàng xác định vị trí của mình trên bản đồ của trường và tìm đường đến các địa điểm mong muốn một cách nhanh chóng và hiệu quả.

Ngoài ra, việc tích hợp AR vào ứng dụng di động còn mang lại nhiều lợi ích khác nhau. Đối với sinh viên và giảng viên, điều này có thể giúp tiết kiệm thời gian và năng lượng trong việc di chuyển từ một tòa nhà sang tòa nhà khác, giúp họ tập trung hơn vào việc học tập và giảng dạy. Đối với khách thăm trường, đặc biệt là phụ huynh và người tham gia các sự kiện trường học, việc có một ứng dụng AR dễ sử dụng và hiệu quả có thể làm cho trải nghiệm thăm quan trở nên thú vị và thuận tiện hơn.

Tuy nhiên, việc triển khai và sử dụng công nghệ AR cũng đặt ra một số thách thức. Bao gồm việc cung cấp đủ dữ liệu và thông tin chính xác, đảm bảo tính ổn định và mượt mà của ứng dụng trên các thiết bị di động khác nhau, và

đảm bảo tính bảo mật và quyền riêng tư cho người dùng. Đồng thời, cần có sự đào tạo và hỗ trợ cho cả người quản lý và người dùng cuối để tận dụng hết tiềm năng của công nghệ này.

Tóm lại, việc tích hợp công nghệ AR vào ứng dụng di động để hỗ trợ điều hướng trên khuôn viên trường đại học không chỉ mang lại những lợi ích rõ ràng cho cộng đồng trường học mà còn phản ánh sự tiến bộ và sáng tạo trong việc ứng dụng công nghệ trong giáo dục và quản lý cơ sở hạ tầng.

1.2. Mục tiêu

Nghiên cứu tập trung vào việc phát triển một ứng dụng di động tích hợp công nghệ thực tế ảo (AR) và hệ thống chỉ đường truyền thống, nhằm mục đích giúp người dùng điều hướng trong khuôn viên Trường Đại học Đà Lạt một cách dễ dàng và hiệu quả. Ứng dụng nhấn mạnh vào việc tạo ra một trải nghiệm người dùng thân thiện, dễ sử dụng, với giao diện thân thiện và hiệu suất cao, tương thích với các thiết bị di động phổ biến.

Để đạt được mục tiêu này, chúng tôi sẽ tập trung vào việc phát triển chức năng chỉ đường bằng cách tích hợp công nghệ AR, tạo ra bản đồ AR với mũi tên hướng dẫn trực tiếp trên không gian vật lý, cung cấp hướng dẫn chi tiết từ vị trí hiện tại đến điểm đến được chọn. Từ đó, ứng dụng có thể cung cấp thông tin chi tiết về các tòa nhà thông qua tương tác với mẫu hình 3D trên bản đồ AR, bao gồm tên tòa nhà, mục đích sử dụng, giờ mở cửa và thông tin khác.

Bên cạnh đó còn hỗ trợ xem bản đồ 2D song song với bản đồ AR thông qua để cung cấp trải nghiệm chỉ đường toàn diện. Song, ứng dụng cũng đảm bảo cập nhật thông tin thời gian thực cho cả bản đồ AR và bản đồ 2D.

Dự án cũng nghiên cứu để tối ưu hóa trải nghiệm người dùng bằng cách đảm bảo giao diện người dùng thân thiện, phù hợp với mọi đối tượng người dùng, cũng như tối ưu hóa hiệu suất và độ chính xác của hệ thống, đảm bảo tương thích với các thiết bị di động phổ biến, bao gồm điện thoại thông minh và máy tính bảng, để mọi người dùng đều có thể trải nghiệm ứng dụng một cách thuận tiện.

Dự án này không chỉ nhấn mạnh vào việc phát triển công nghệ mới mà còn nhấn mạnh vào việc cung cấp một giải pháp thực tế, hiệu quả cho người

dùng. Điều này được thể hiện qua việc tích hợp công nghệ AR vào hệ thống chỉ đường truyền thống, tạo ra một trải nghiệm điều hướng mới mẻ và thú vị cho người dùng. Dự án cũng nhấn mạnh vào việc tạo ra một giao diện người dùng thân thiện, dễ sử dụng, đảm bảo rằng người dùng có thể dễ dàng tìm kiếm thông tin và điều hướng trong khuôn viên Trường Đại học Đà Lạt.

Chúng tôi cũng sẽ lên kế hoạch định kỳ xem xét lại các mục tiêu trong kế hoạch dự án, đảm bảo rằng nhóm phát triển có thể đánh giá tiến trình và điều chỉnh mục tiêu theo thời gian. Điều này không chỉ giúp đảm bảo rằng dự án được điều hướng một cách chính xác, mà còn giúp nhóm phát triển phát triển các chiến lược chi tiết hơn trong khung làm việc đã định rõ, đồng thời đảm bảo rằng có một cách rõ ràng để đo lường xem mục tiêu đã được đạt được hay chưa. Dự án này cũng nhấn mạnh vào việc thu thập thông tin từ các đối tượng liên quan, bao gồm dữ liệu của các tòa nhà trong khuôn viên trường, dữ liệu người dùng và bất kỳ thực thể nào được dùng trong dự án, để đảm bảo rằng dự án phát triển được các chức năng cần thiết, từ đó đáp ứng được nhu cầu và mong đợi của người dùng. Chúng tôi cũng sẽ tiến hành kiểm tra và chỉnh sửa dự án về mặt kỹ thuật để đảm bảo rằng nó chính xác, rõ ràng và phát huy toàn bộ chức năng.

1.3. Nội dung nghiên cứu

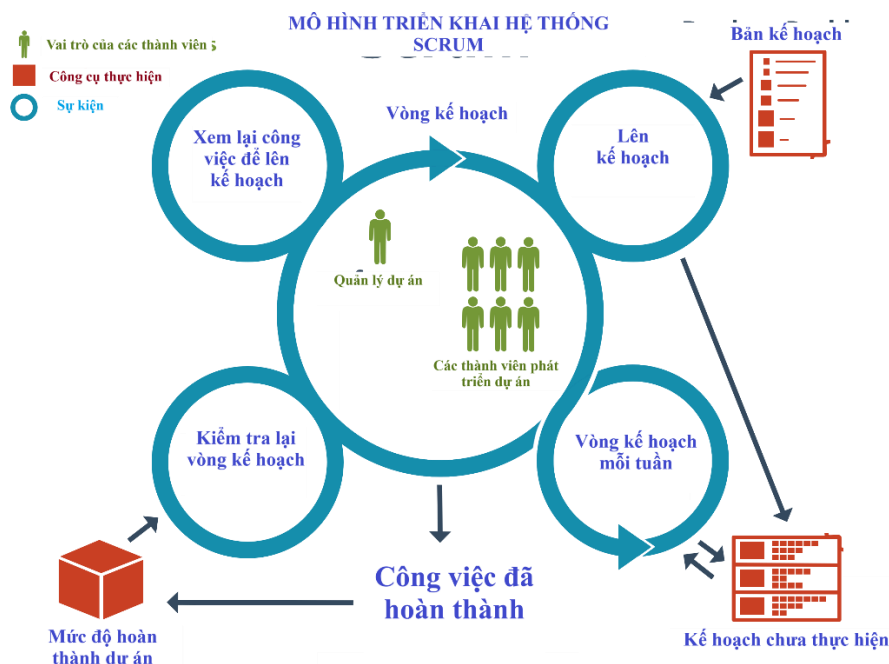
Nội dung nghiên cứu của đề tài sẽ tập trung vào việc phát triển và triển khai một ứng dụng di động tích hợp công nghệ thực tế ảo tăng cường (AR) nhằm cung cấp hướng dẫn chi tiết và hiệu quả hơn cho việc điều hướng trong khuôn viên trường Đại học Đà Lạt.

Nghiên cứu bắt đầu từ việc nghiên cứu cơ sở lý thuyết về AR và phạm vi ứng dụng. Song, tìm hiểu các nghiên cứu đã công bố liên quan đến áp dụng dẫn đường bằng công nghệ AR. Từ đó phân tích, thiết kế và xây dựng hệ thống. Cuối cùng là kiểm thử để sửa lỗi và đảm bảo ứng dụng sẽ hoạt động hiệu quả khi triển khai.

1.4. Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp nghiên cứu trong đề xuất này bao gồm ba giai đoạn chính: tìm hiểu công nghệ, tích hợp công nghệ, và kiểm sai - sửa lỗi. Mỗi giai đoạn đều đóng vai trò quan trọng trong việc phát triển hệ thống dẫn đường ngoại vi kết hợp với AR.

Dự án được áp dụng mô hình SCRUM trong quá trình phát triển. Mô hình SCRUM tập trung vào việc phát triển sản phẩm thông qua các kế hoạch theo từng giai đoạn - sprint, mỗi sprint kéo dài từ 2 đến 4 tuần, với mục tiêu hoàn thành một phần hoặc một tính năng cụ thể của sản phẩm. Trong mỗi sprint, nhóm phát triển sẽ tập trung vào việc hoàn thành các mục tiêu đã được đặt ra, đồng thời cải thiện và điều chỉnh quy trình làm việc dựa trên phản hồi và kết quả thực hiện. Sử dụng mô hình SCRUM, chúng tôi sẽ tận dụng lợi ích của việc phân chia dự án thành các sprint nhỏ, giúp nhóm phát triển tập trung vào việc hoàn thành các mục tiêu cụ thể trong mỗi sprint. Điều này không chỉ giúp cải thiện hiệu suất làm việc và tăng cường sự hợp tác giữa các thành viên nhóm, mà còn giúp đảm bảo rằng mỗi mục tiêu được đặt ra đều có thể được thực hiện và đánh giá một cách chính xác.



Hình 1.1. Mô hình SCRUM triển khai hệ thống

1.4.1. Tìm hiểu công nghệ

Trong giai đoạn này, chúng tôi tiến hành nghiên cứu về các công nghệ liên quan, bao gồm Google Maps API, Flutter AR plugin, và các công nghệ hỗ trợ khác như GNSS và Geolocator plugin của Flutter. Mục tiêu là hiểu rõ về khả năng và hạn chế của từng công nghệ để có thể tích hợp chúng một cách hiệu quả trong hệ thống.

1.4.2. Tích hợp công nghệ

Sau khi đã hiểu rõ về các công nghệ, chúng tôi tiến hành tích hợp chúng lại với nhau để xây dựng hệ thống dẫn đường ngoại vi kết hợp với AR. Cụ thể, chúng tôi sử dụng Google Maps API để lấy dữ liệu về tuyến đường và các điểm đến, sau đó sử dụng Flutter plugins để tạo ra trải nghiệm AR trên cả hai nền tảng Android và iOS mà không cần phải chọn lựa giữa ARCore và ARKit.

1.4.3. Kiểm sai - Sửa lỗi

Giai đoạn cuối cùng là kiểm tra hệ thống, xác định các lỗi có thể xuất hiện và sửa chúng. Chúng tôi sử dụng các kỹ thuật như kiểm thử chức năng, kiểm thử tích hợp và kiểm thử hệ thống để đảm bảo rằng hệ thống hoạt động một cách mượt mà và đáng tin cậy trước khi phát hành.

Qua ba giai đoạn này, chúng tôi đảm bảo rằng hệ thống dẫn đường ngoại vi kết hợp với AR được phát triển một cách toàn diện và chất lượng, đồng thời đáp ứng được mục tiêu cải thiện trải nghiệm dẫn đường ngoại vi trong môi trường ngoài trời.

CHƯƠNG 2: CÔNG NGHỆ AR

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Định nghĩa và ứng dụng

Thực tế ảo tăng cường (Augmented Reality - AR) là một hệ thống công nghệ mới hoặc một công cụ tương tác con người và máy mới, được định nghĩa là việc tích hợp công nghệ với các đối tượng số trong thế giới thực. Điều này bao gồm việc tích hợp thế giới thực và thế giới ảo, tương tác theo thời gian thực [1].

Có ba yếu tố quan trọng được đáp ứng khi sử dụng thực tế ảo tăng cường, đó là kết hợp các đối tượng thực và ảo, căn chỉnh các đối tượng thực và ảo và cung cấp các tương tác động giữa hai loại đối tượng. Thực tế ảo tăng cường làm phong phú và cải thiện môi trường tự nhiên bằng cách thêm vào môi trường vật lý các đối tượng ảo làm tăng cường trải nghiệm của con người. Sử dụng thị giác máy tính, camera thực tế ảo trong điện thoại di động, và nhận dạng đối tượng, thế giới thực xung quanh và giúp người dùng tương tác với chúng. Thực tế ảo được kích hoạt bởi các công nghệ như hệ thống định vị toàn cầu, truyền thông không dây và tính toán dựa vào vị trí [1].

Thực tế ảo tăng cường kết hợp thế giới thực với các đối tượng số hoặc hình ảnh ảo để tạo ra một môi trường tương tác mới. Các môi trường mới được tạo ra bởi việc nhận thức hóa bởi máy tính của thế giới thực, và những môi trường ảo này trộn một cách liền mạch với thực tế và được nhận thức như một phần của nó [1].

Hệ thống thực tế ảo có tiềm năng:

- Tích hợp cả các đối tượng thực và ảo vào một tình huống thực.
- Chạy cùng nhau theo thời gian thực.
- Sắp xếp cho các đối tượng số và vật lý tương tác với nhau.
- Xem xét các đánh giá dựa trên người dùng, cả hình thành và tổng hợp.

Khi môi trường thực được sửa đổi bằng hình ảnh, âm thanh, video, và đồ họa, việc tương tác với nó trở nên hấp dẫn và thú vị hơn với hình ảnh, video, và ảnh động ảo, chứng minh rằng chúng được ứng dụng thành công trong nhiều lĩnh

vực, từ hàng không, giáo dục, học tập, sản xuất, y tế, an toàn công cộng, dịch vụ y tế, khí quốc gia, và giải trí, đến thiết kế máy bay, nội thất, và ngoại thất [1].

Thực tế ảo tăng cường chủ yếu được sử dụng để tăng cường nhận thức của cá nhân về thế giới thực với các yếu tố từ thế giới số, không chỉ để hiển thị dữ liệu, mà còn để người dùng tiếp xúc và trải nghiệm các cảm giác thực tế ảo. AR tích hợp ảo và vật lý trong thời gian thực, trong ngữ cảnh ngữ nghĩa, và do đó làm phong phú hơn môi trường thực tại [1].

Thực tế ảo tăng cường bao gồm bốn thuật ngữ chính: môi trường thực, thực tế ảo, ảo hóa thực, và môi trường ảo. Giống như trong thực tế ảo, cảm giác sự hiện diện và mức độ thực tế là các chỉ số chính và là đặc trưng chất lượng của trải nghiệm AR, do đó chúng ta cần có máy tính bảng, điện thoại thông minh, hoặc một kính thông minh, và phần mềm AR sẽ sử dụng nhiều phương pháp thông minh để phát hiện các đối tượng thực dựa trên cảm biến và phân tích môi trường trong thời gian thực của hình ảnh camera. Vì vậy, AR có thể kết nối thông tin số với các đối tượng thực, hiển thị thông tin liên quan và giải quyết các vấn đề [1].



Hình 2.1. Ứng dụng AR trong thiết kế công nghiệp và trò chơi giải trí

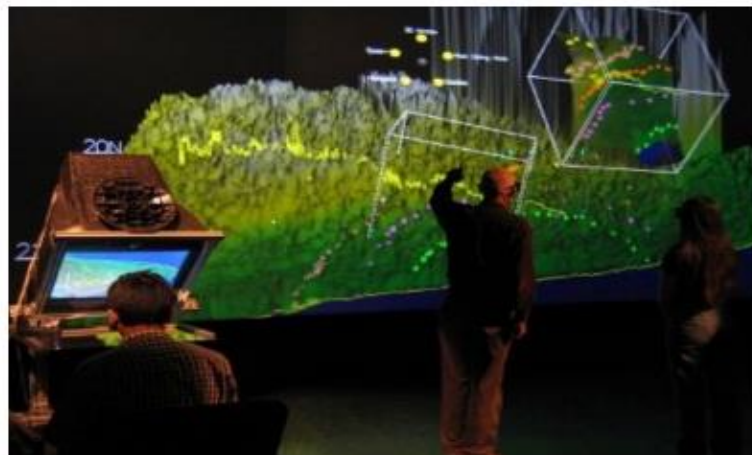
2.1.2. So sánh với công nghệ thực tế ảo (VR)

Ngược lại với thực tế ảo tăng cường (AR), thực tế ảo (VR – Virtual Reality) là việc tái tạo một thế giới mới độc lập với thế giới hiện tại. Đây là một công nghệ dựa trên trải nghiệm đa cảm giác, tương tác, tập trung vào người dùng, kết hợp với môi trường 3D được tạo ra bởi máy tính và công nghệ hiển thị. Thực tế ảo ngụ ý một loại mô phỏng thực tế những gì con người trải nghiệm trong cuộc sống hàng ngày trong thế giới hoàn toàn ảo. Thực tế ảo (VR) cũng được gọi là

"đồ họa tương tác theo thời gian thực với mô hình 3D". Người dùng sẽ tương tác trong thế giới ảo, có ba chiều. Nó chủ yếu được sử dụng cho mục đích giải trí, như là cho trò chơi 3D ảo, video, và cũng cho các lĩnh vực y tế và quân sự [1].

Hệ thống thực tế ảo (VR) được phân loại thành ba loại dựa trên mức độ thu hút khi trải nghiệm [1]:

- Hệ thống ảo không hoàn toàn sử dụng máy tính để bàn để mô phỏng hình ảnh thực tế của thế giới thực ở mức chi phí thấp và với cài đặt tối thiểu.
- Hệ thống ảo hoàn toàn nâng cao trải nghiệm thị giác với một loạt các thiết bị đầu ra cảm giác, bao gồm các màn hình được gắn trên đầu và màn hình đầu ra.
- Hệ thống bán ảo liên quan đến việc sử dụng một thiết bị để điều chỉnh góc nhìn của một cảnh 3D, cảnh này được hiển thị trên một màn hình kết hợp với vị trí đầu của người quan sát để truyền đạt một hình ảnh.



Hình 2.2. Hệ thống VR của bể cá - một ví dụ về một hệ thống bán ảo

Dưới đây là thông tin so sánh một số tính chất nổi bật của thực tế ảo (VR) và thực tế ảo tăng cường (AR), từ đó lấy làm cơ sở lý thuyết để lựa chọn công nghệ trong quá trình phát triển dự án.

- Mục đích sử dụng: VR tập trung vào việc tạo ra một trải nghiệm hoàn toàn mới, độc lập với thế giới thực, trong khi AR nhằm mục đích tăng

cường hoặc mở rộng thế giới hiện thực của người dùng bằng cách thêm các yếu tố ảo vào thế giới thực.

- Tương tác: VR tạo ra một môi trường ảo mà người dùng có thể tương tác trực tiếp, trong khi AR cho phép người dùng tương tác với cả thế giới thực và số theo thời gian thực.
- Công nghệ: VR sử dụng các thiết bị phức tạp để theo dõi động cơ, nhận dạng cử chỉ, phát âm thanh từ đó tạo ra một trải nghiệm ảo, trong khi AR thường sử dụng camera trên điện thoại di động và các công nghệ nhận dạng đối tượng để tăng cường hoặc mở rộng thế giới thực.
- Ứng dụng: VR chủ yếu được sử dụng cho giải trí, trò chơi 3D gaming và các lĩnh vực y tế và quân sự, mô phỏng tình huống để luyện tập. AR được sử dụng rộng rãi hơn trong nhiều lĩnh vực khác nhau, bao gồm giáo dục, du lịch, và các ứng dụng kinh doanh.

Như vậy, thực tế ảo tăng cường (AR) và thực tế ảo (VR) đều mang lại những trải nghiệm mới và thú vị, nhưng chúng có những ưu điểm và nhược điểm riêng biệt, cũng như phạm vi ứng dụng rộng lớn. AR tận dụng thông tin ảo để phong phú hóa và tăng cường trải nghiệm của thế giới thực, không đòi hỏi người dùng chìm đắm trong một môi trường ảo mới như được tạo ra từ VR.

Từ đó, công nghệ thực tế ảo tăng cường (AR) được chọn để phát triển ứng dụng nhằm giải quyết vấn đề bởi vì công nghệ này cho phép người dùng tương tác với thế giới thực trong khi nhận được thông tin ảo, tạo ra một trải nghiệm hợp thống hơn và thực tế hơn. AR giúp tiết kiệm thời gian của người dùng bằng cách cung cấp thông tin và hướng dẫn thời gian thực trên môi trường thực tế, giúp họ dễ dàng tìm kiếm và điều hướng. Như vậy, AR mang lại những lợi ích đáng kể trong việc cải thiện trải nghiệm người dùng và cung cấp thông tin một cách hiệu quả và thú vị, đặc biệt là trong lĩnh vực điều hướng, nơi nó có thể tạo ra các hướng dẫn và thông tin thời gian thực trên môi trường thực tế, giúp người dùng dễ dàng tìm kiếm và điều hướng.

2.1.3. Ứng dụng công nghệ AR trong dẫn đường

Việc ứng dụng AR trong việc điều hướng (dẫn đường) có thể thực hiện cả trong nhà (indoor) và ngoài trời (outdoor). Đề tài tập trung khảo sát các nghiên cứu ứng dụng AR trong điều hướng ngoài trời và phát triển ứng dụng di động điều hướng trong khuôn viên của Trường Đại học Đà Lạt.

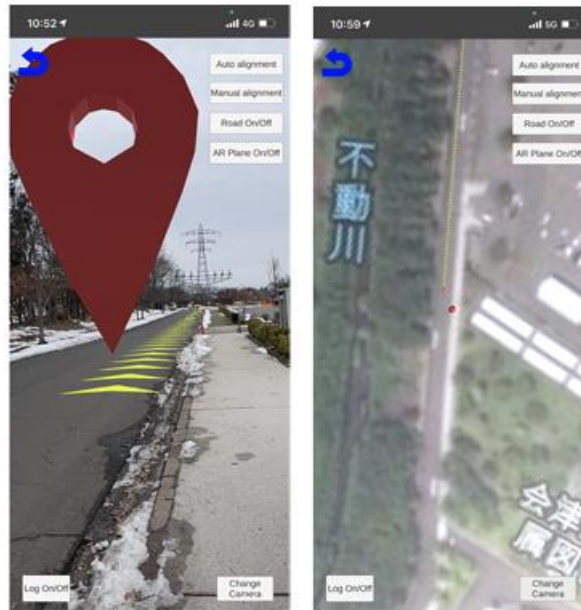
Nghiên cứu của FangFang Lu và các đồng nghiệp [2] tập trung vào việc phát triển một hệ thống điều hướng trường đại học dựa trên ARCore, một nền tảng phát triển thực tế ảo của Google. Hệ thống này sử dụng công nghệ AR để cung cấp hỗ trợ điều hướng thời gian thực trên khuôn viên trường đại học. Kết quả của nghiên cứu đã chứng minh rằng hệ thống đã cải thiện đáng kể hiệu quả và tính khả dụng của điều hướng, góp phần nâng cao trải nghiệm của người dùng. Tuy nhiên, nhược điểm của ứng dụng này là việc không hỗ trợ cho các địa hình ngoài trời có độ dốc cao, điều này có thể gây ra những hạn chế đối với việc điều hướng trong môi trường đồi núi hay các khu vực khó đi, tương tự như địa hình của trường đại học Đà Lạt.



Hình 2.3. Kết quả nghiên cứu của FangFang Lu và đồng nghiệp

Một nghiên cứu khác được thực hiện bởi Ryohei Hashimoto và Michael Cohen [3] tập trung vào việc phát triển các chức năng cơ bản của các hệ thống điều hướng dựa trên AR sử dụng Unity, một nền tảng phát triển trò chơi và ứng dụng 3D phổ biến. Hệ thống này cung cấp các tính năng cơ bản để điều hướng thông qua các mô hình 3D trong môi trường vật lý và cung cấp cập nhật thời gian thực. Mặc dù hệ thống này đưa ra giải pháp cho việc điều hướng trong môi trường trường học, nhưng vẫn còn những thách thức liên quan đến độ chính xác, đặc

biệt là khi phản ứng với sự thay đổi của địa hình. Điều này có thể làm hao tổn tài nguyên và gây ra độ trễ cao, ảnh hưởng đến trải nghiệm người dùng.



Hình 2.4. Kết quả nghiên cứu của Ryohei Hashimoto và Michael Cohen

Bên cạnh đó, nghiên cứu được thực hiện bởi Syed Muhammad Hazry Asraf, Ameer Fuhaili Mohamad Hashim và SyedZulkarnain Syed Idrus [4] cho thấy ứng dụng AR mang lại nhiều lợi ích cho người dùng, bao gồm việc tăng cường tương tác với môi trường thực tế thông qua việc thêm các hình ảnh ảo vào thế giới xung quanh, giúp người dùng dễ dàng nhận biết và tương tác với môi trường xung quanh họ. Sử dụng GPS cho phép ứng dụng xác định vị trí của người dùng một cách chính xác, giúp hướng dẫn di động trở nên dễ dàng hơn. Tuy nhiên, nghiên cứu này cũng chỉ ra một số thách thức như yêu cầu về phần cứng, các bộ phận cảm biến như GPS, gia tốc kế, và cảm biến từ trường, có thể không phù hợp với tất cả người dùng. Mặc dù GPS rất chính xác, nhưng trong một số trường hợp, như trong các khu vực có tường hoặc các công trình kiến trúc lớn, GPS có thể không hoạt động tốt. Ứng dụng này cũng cần kết nối mạng để tải và hiển thị các hình ảnh ảo, điều này có thể gặp vấn đề trong các khu vực có kết nối mạng kém hoặc không có kết nối.



Hình 2.5. Thực thể ảo hiển thị trong môi trường vật lý trong nghiên cứu của Asraf, Hashim và Idrus tại Malaysia

Như vậy, những nghiên cứu này đều đặt ra những tiềm năng và thách thức trong việc áp dụng công nghệ AR vào việc điều hướng trong môi trường ngoài trời và trên các khuôn viên trường đại học. Việc nghiên cứu và phát triển trong lĩnh vực này còn được thúc đẩy bởi sự phát triển nhanh chóng của công nghệ AR và các nền tảng phát triển phần mềm như ARKit của Apple, ARCore của Android, Vuforia và AR Foundation. Việc kết hợp giữa các công nghệ như GPS, cảm biến camera và các thuật toán thông minh sẽ là chìa khóa để tạo ra những ứng dụng AR điều hướng mạnh mẽ và hiệu quả trong tương lai.

CHƯƠNG 3: PHÂN TÍCH, THIẾT KẾ VÀ XÂY DỰNG HỆ THỐNG

3.1. Phân tích, thiết kế hệ thống

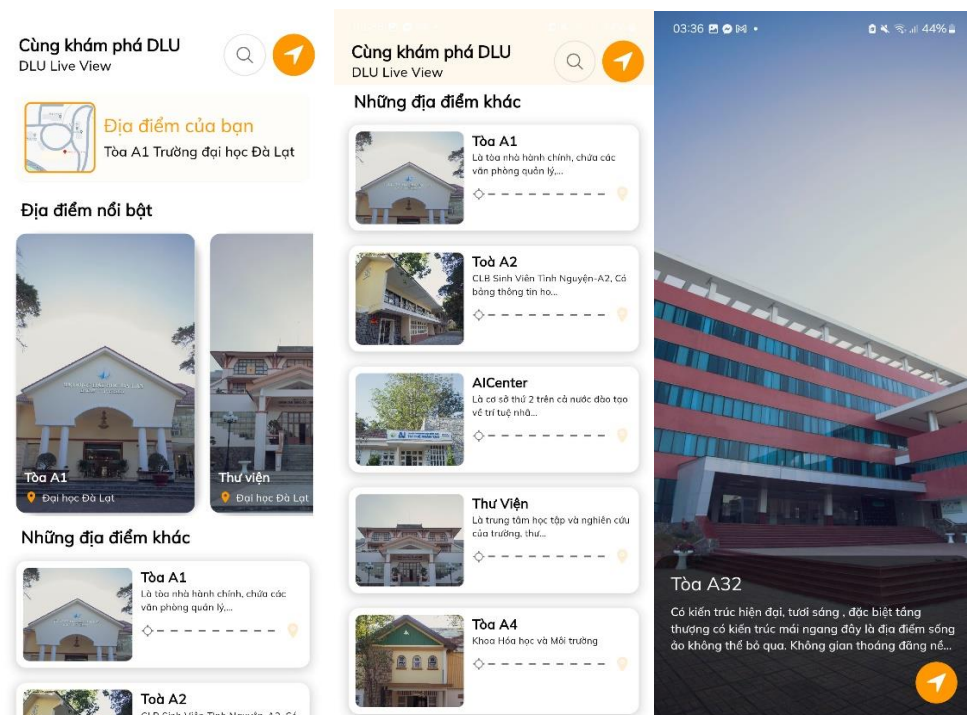
3.1.1. Chức năng hệ thống



Hình 3.1. Minh họa toàn cảnh khuôn viên trường đại học Đà Lạt

Trường Đại học Đà Lạt, với khuôn viên rộng hơn 40 hecta và vẫn đang được mở rộng, là một khuôn viên phức tạp với nhiều tòa nhà và các dịch vụ hỗ trợ tọa lạc ở nhiều địa điểm khác nhau. Để giải quyết khó khăn trong việc xác định vị trí của các tòa nhà quan trọng, phòng học, và các dịch vụ hỗ trợ trong khuôn viên trường, ứng dụng được phát triển với các chức năng sau:

Xem tất cả thông tin của các tòa nhà trong khuôn viên trường: Người dùng có thể truy cập thông tin chi tiết về các tòa nhà có trong khuôn viên trường, bao gồm tên tòa nhà, mục đích sử dụng, giờ mở cửa và thông tin khác liên quan. Điều này giúp người dùng dễ dàng tìm kiếm và hiểu rõ hơn về các tòa nhà và dịch vụ hỗ trợ trên khuôn viên trường.



Hình 3.2. Giao diện trang chủ và xem thông tin các tòa nhà từ trang chủ

Chức năng dẫn đường điều hướng: Người dùng có thể nhấn một nút trên trang chủ ứng dụng để xem bản đồ chỉ đường từ vị trí hiện tại của họ đến điểm đến mà họ đã chọn. Điều này giúp người dùng dễ dàng theo dõi hướng đi và đảm bảo họ không bị lạc trong khuôn viên trường.

Kết hợp bản đồ 2D trong quá trình dẫn đường: Trong quá trình dẫn đường bằng công nghệ Thực tế ảo (AR), người dùng có thể xem đồng thời cả bản đồ 2D để có cái nhìn toàn diện và dễ hiểu hơn về đường đi. Điều này giúp người dùng dễ dàng theo dõi hướng đi và đảm bảo họ không bị lạc trong khuôn viên trường.



Hình 3.2. Giao diện điều hướng kết hợp bản đồ 2D và mũi tên ảo

Tương tác với thực thể ảo: Khi đến gần với điểm đến, người dùng có thể tương tác với các mô hình 3D trên ứng dụng để xem thông tin chi tiết về tòa nhà đó, giúp họ hiểu rõ hơn về mục đích sử dụng và các dịch vụ có sẵn. Điều này tạo ra một trải nghiệm điều hướng phong phú và thú vị hơn, giúp người dùng khám phá và tận hưởng khuôn viên trường một cách hiệu quả hơn.

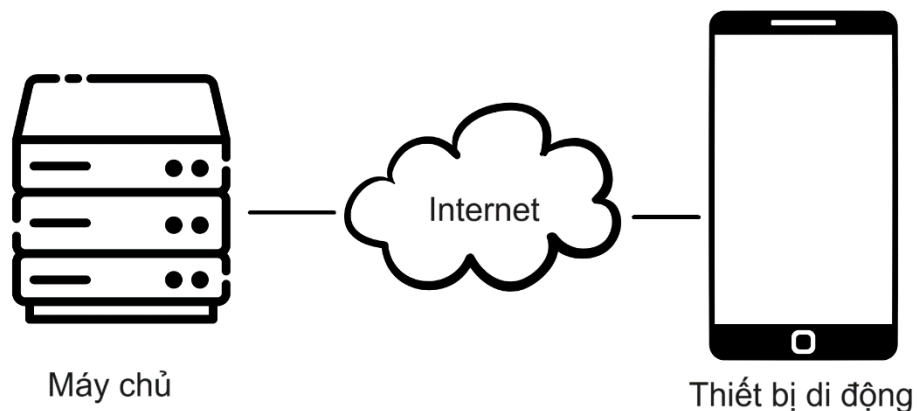


Hình 3.3. Giao diện mũi neo ảo tại điểm đến

Cập nhật thông tin theo thời gian thực: Hệ thống cung cấp thông tin về vị trí hiện tại của người dùng, tuyến đường đến điểm đích và thông tin về các tòa nhà một cách liên tục và theo thời gian thực, đảm bảo rằng người dùng nhận được thông tin mới nhất. Điều này giúp người dùng dễ dàng theo dõi hướng đi và đảm bảo họ không bị lạc trong khuôn viên trường.

Những chức năng này không chỉ giúp người dùng dễ dàng tìm kiếm và điều hướng trong khuôn viên trường Đà Lạt, mà còn tạo ra một trải nghiệm điều hướng phong phú và thú vị hơn, giúp họ khám phá và tận hưởng khuôn viên trường một cách hiệu quả hơn.

3.1.2. Mô hình hệ thống



Hình 3.4. Mô hình tổng quan hệ thống

Hệ thống được xây dựng dựa trên kiến trúc máy chủ - máy khách, một mô hình phổ biến trong việc phát triển các ứng dụng và dịch vụ trực tuyến. Trong kiến trúc này, máy chủ là nơi lưu trữ và xử lý dữ liệu, cung cấp các dịch vụ và ứng dụng cho người dùng. Máy khách, trong dự án này là thiết bị di động, kết nối đến máy chủ thông qua kết nối mạng Internet để truy cập và sử dụng các dịch vụ được cung cấp.

Thiết bị di động, như điện thoại thông minh và máy tính bảng, đóng vai trò quan trọng trong kiến trúc máy chủ - máy khách. Chúng cung cấp giao diện

tiện lợi và linh hoạt để người dùng truy cập và sử dụng các dịch vụ và ứng dụng từ bất kỳ đâu, miễn là có kết nối Internet. Điều này tạo ra một môi trường trải nghiệm linh hoạt, cho phép người dùng tiếp cận với thông tin và công cụ một cách dễ dàng từ bất kỳ đâu.

Một trong những ưu điểm chính của kiến trúc máy chủ - máy khách là khả năng mở rộng và tính linh hoạt. Máy chủ có thể được mở rộng để xử lý lượng công việc tăng lên mà không làm giảm hiệu suất, trong khi máy khách có thể là bất kỳ thiết bị nào có kết nối Internet, từ điện thoại thông minh đến máy tính bảng. Điều này tạo ra một môi trường làm việc đa dạng, phù hợp với nhiều người dùng.

3.1.3. Các công nghệ sử dụng

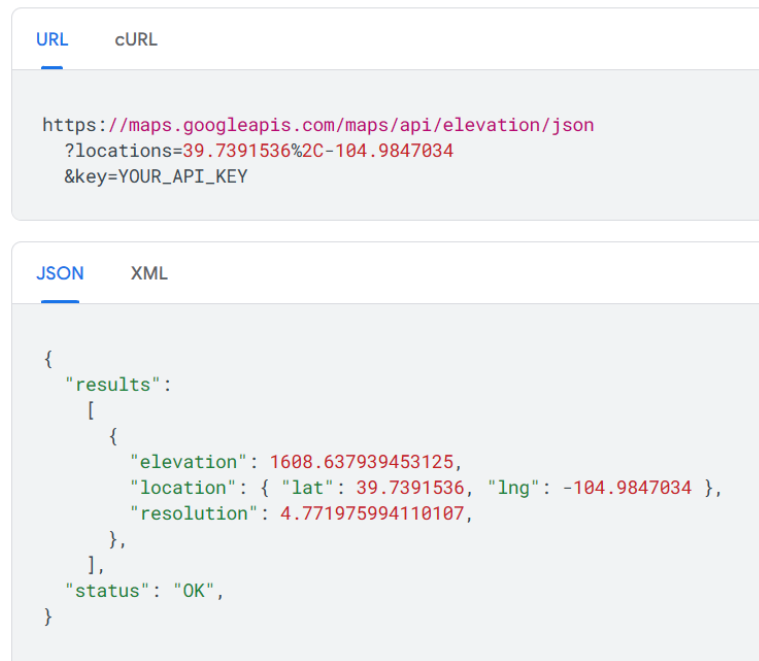
Trong dự án này, việc sử dụng các công nghệ và dịch vụ cung cấp dữ liệu để tạo ra một ứng dụng điều hướng hiệu quả trong khuôn viên trường Đại học Đà Lạt đòi hỏi sự hiểu biết sâu sắc về các công nghệ và dịch vụ được sử dụng. Sự kết hợp của Google Maps API và các gói mở rộng của Flutter giúp tạo ra một ứng dụng điều hướng mạnh mẽ và hiệu quả, cung cấp thông tin chi tiết về địa điểm và hướng di chuyển, từ đó giúp người dùng dễ dàng tìm kiếm và điều hướng trong khuôn viên trường Đại học Đà Lạt. Dưới đây là giải thích chi tiết hơn về các công nghệ và dịch vụ được sử dụng

** Các dịch vụ cung cấp dữ liệu của Google Map API*

Google Maps API là một dịch vụ của Google, giúp các ứng dụng trên điện thoại di động và máy tính bảng có thể hiển thị bản đồ và cung cấp các tính năng định vị và điều hướng. Trong dự án này, chúng tôi sử dụng Elevation API, một phần của Google Maps API, để lấy thông tin về độ cao tại các vị trí cụ thể trên mặt đất. Điều này là cần thiết để có dữ liệu độ cao của một địa điểm, đặc biệt là khi điều hướng trong khuôn viên trường Đại học Đà Lạt, nơi có nhiều địa hình khác nhau.

Để sử dụng Elevation API, điều đầu tiên là cần phải gửi một yêu cầu HTTP GET đến URL của API với các tham số cần thiết như vị trí cần lấy độ cao và khóa API. Khi gửi yêu cầu này, bạn sẽ nhận được dữ liệu trả về bao gồm

elevation là độ cao tại vị trí được yêu cầu, đơn vị tính là mét, location là vị trí cụ thể mà dữ liệu độ cao được lấy, bao gồm tọa độ latitude và longitude, và resolution là độ chính xác của dữ liệu, giá trị càng gần 0 thì độ chính xác càng cao.



Hình 3.5. Minh họa về một HTTP GET đến API và kết quả nhận được

* Các gói mở rộng của Framework Flutter

Các mở rộng của Flutter cung cấp các công cụ giúp lấy dữ liệu liên quan đến vị trí địa lý, đường đi và định vị, từ việc lấy vị trí hiện tại của người dùng, tạo ra các đường dẫn chi tiết trên bản đồ, đến việc xác định hướng hiện tại của thiết bị. Trong phạm vi dự án này, chúng tôi tập trung vào các gói mở rộng chính là geolocator, polyline_points, và compass.

Gói Geolocator cung cấp các công cụ để lấy dữ liệu về vị trí hiện tại của người dùng. Phương thức `getCurrentPosition` trả về một đối tượng `Position` chứa tọa độ latitude và longitude của vị trí hiện tại. Điều này rất quan trọng trong việc xác định vị trí của người dùng để tính toán đường đi từ vị trí hiện tại đến điểm đích. [5].

Gói `Polyline_points` giúp tạo ra một danh sách các điểm dựa trên hai điểm đầu và một khoảng cách cố định giữa các điểm. Điều này giúp tạo ra tuyến đường

chi tiết và độ chính xác cho các ứng dụng định vị, đặc biệt hữu ích trong việc vẽ đường đi trên bản đồ [6].

Gói Compass cung cấp dữ liệu về phương hướng hiện tại của thiết bị dưới dạng một giá trị float, biểu thị hướng theo đơn vị độ. Điều này giúp xác định hướng hiện tại của thiết bị, từ đó xác định hướng đề chỉ đường, cải thiện trải nghiệm điều hướng của người dùng [7].

3.1.4. Sơ đồ tuần tự

Sơ đồ tuần tự (sequence diagram) mô tả quá trình tích hợp các công nghệ và tương tác giữa người dùng và công nghệ được tích hợp trong ứng dụng điều hướng trong khuôn viên trường Đại học Đà Lạt như sau:

Đầu tiên, người dùng nhập địa điểm muốn đi đến: Đây là bước đầu tiên trong quá trình, nơi người dùng (actor) cung cấp thông tin về điểm đến mà họ muốn đi.

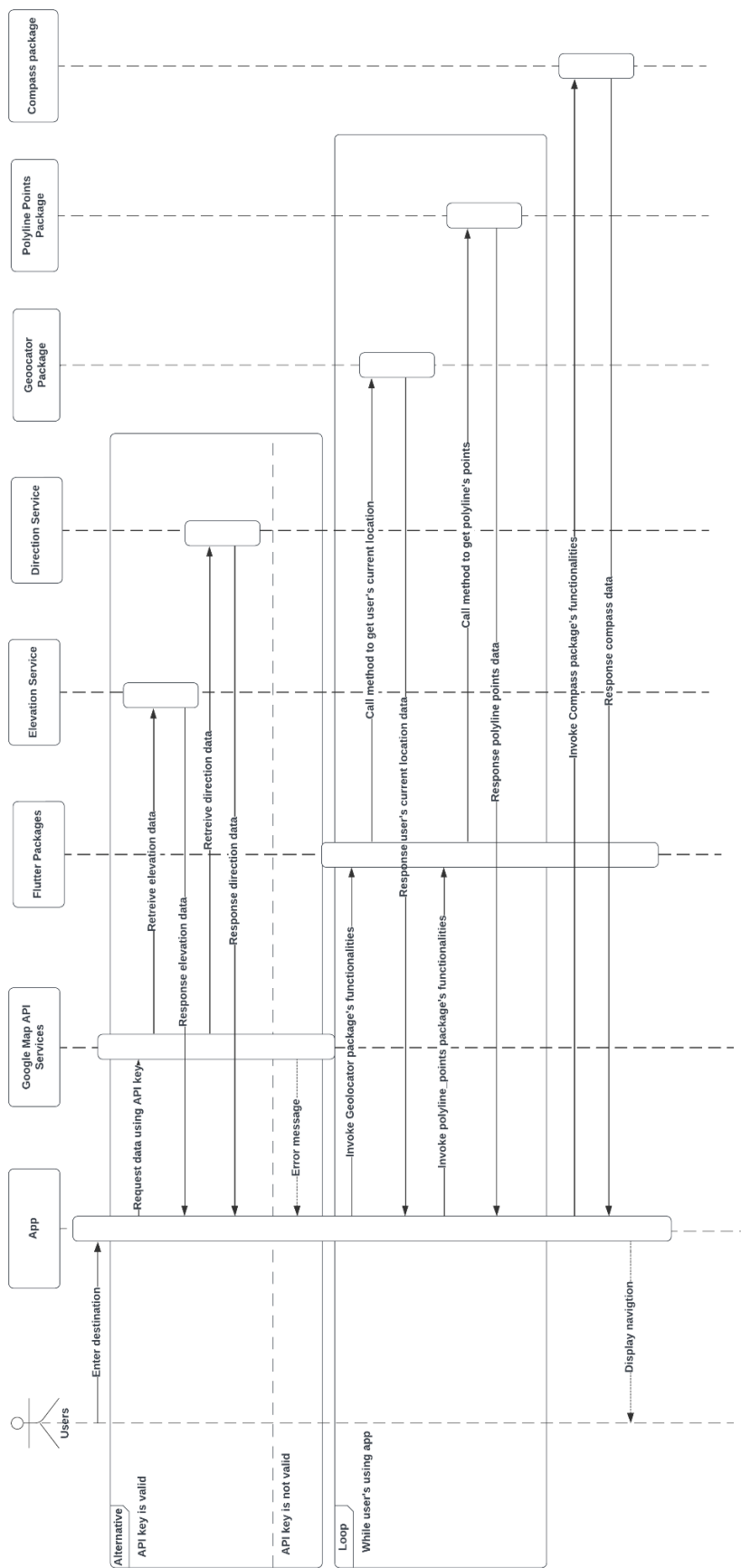
Sau đó, ứng dụng tương tác với Google API như sau: Ứng dụng gửi yêu cầu đến Google API để lấy dữ liệu về độ cao (Elevation) của địa điểm đích. Điều này giúp ứng dụng có thể cung cấp thông tin chi tiết hơn về địa điểm, như sự thay đổi cao độ trong quá trình di chuyển. Song, dữ liệu về bản đồ 2D được tích hợp được cung cấp bởi dữ liệu trả về từ thư viện Direction. Nếu yêu cầu hợp lệ, Google API sẽ trả về dữ liệu về độ cao và dữ liệu đường đi (Direction). Nếu không, nó sẽ trả về thông báo lỗi, giúp người dùng biết vấn đề và có thể thử lại.

Cùng lúc đó, ứng dụng tương tác với Flutter plugin packages: Ứng dụng sử dụng các method từ Geolocator để lấy dữ liệu về vị trí hiện tại của người dùng. Điều này giúp ứng dụng biết vị trí của người dùng để tính toán đường đi từ vị trí hiện tại đến điểm đích. Ứng dụng cũng sử dụng Polyline_points để tạo ra các điểm dẫn đường. Polyline_points là một plugin Flutter giúp mã hóa và giải mã chuỗi polyline của Google, giúp hiển thị đường dẫn trên bản đồ một cách dễ dàng.

Khi ứng dụng có đủ dữ liệu, nó sẽ tính toán và hiển thị các mũi tên chỉ đường 3D trên môi trường vật lý. Điều này giúp người dùng dễ dàng theo dõi

hướng di chuyển, từ đó giảm thiểu khả năng lạc và tăng cường trải nghiệm điều hướng.

Qua quá trình này, ứng dụng không chỉ giúp người dùng điều hướng một cách hiệu quả trong khuôn viên trường Đại học Đà Lạt, mà còn cung cấp thông tin chi tiết và cải thiện trải nghiệm người dùng thông qua việc tích hợp các công nghệ và tương tác giữa người dùng và công nghệ được tích hợp.

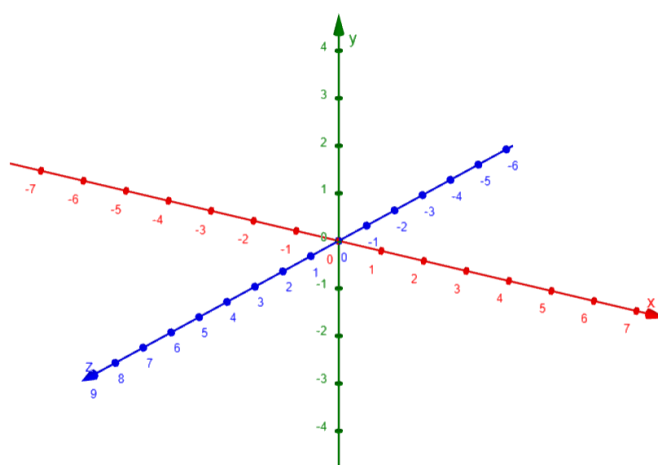


Hình 3.6. Sơ đồ tuần tự mô tả hoạt động của ứng dụng

3.2. Phương pháp điều hướng

3.2.1. Các khái niệm toán học trong mô hình

Hệ tọa độ là một cách để định vị vị trí của các đối tượng trong không gian. Trong phạm vi ứng dụng này, hệ tọa độ được sử dụng để xác định vị trí của các đối tượng 3D trong môi trường thực tế. Hệ tọa độ thường bao gồm ba trục: x, y, và z, mỗi trục đại diện cho một chiều khác nhau trong không gian 3D. Bên cạnh đó, một hệ tọa độ khác cũng được sử dụng là kinh độ và vĩ độ của Trái Đất, chỉ vị trí của các địa điểm trong môi trường vật lý.

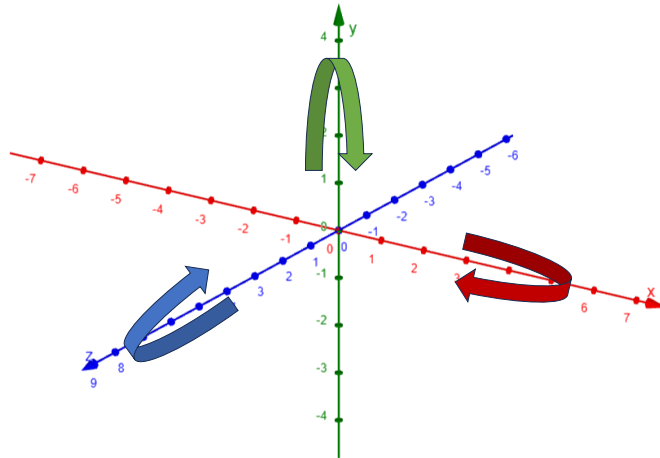


Hình 3.7. Mô hình hệ tọa độ x, y, z sử dụng trong ứng dụng

Phiên quản lý các mô hình AR (AR Session Management) liên quan đến việc quản lý và cập nhật thông tin về môi trường AR trong suốt quá trình sử dụng ứng dụng. Điều này bao gồm việc theo dõi vị trí và hướng của thiết bị, cũng như cập nhật vị trí và hướng của các đối tượng 3D trong môi trường AR [8].

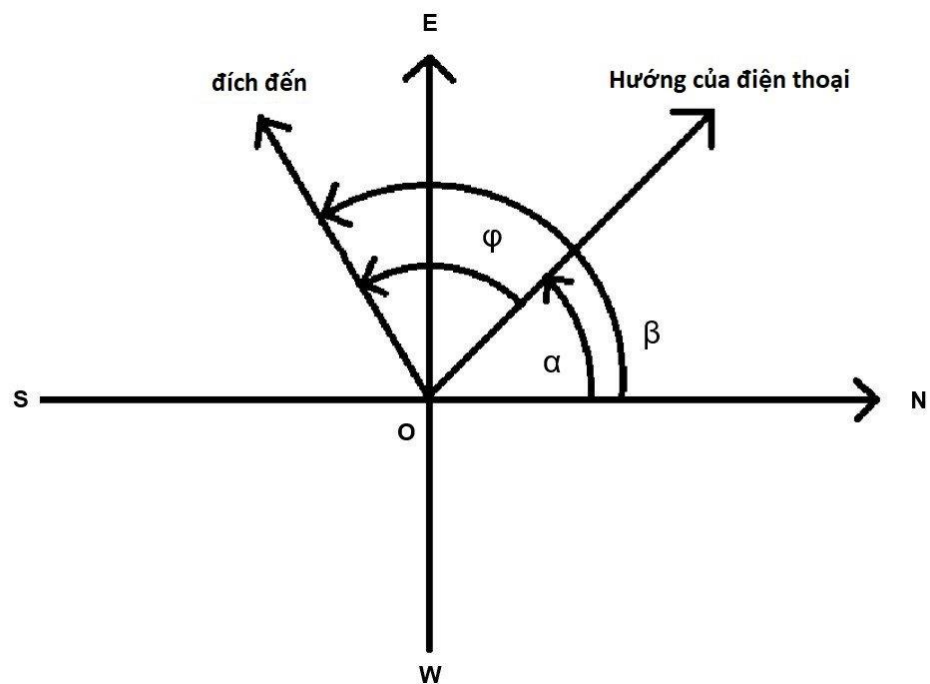
Vị trí (Vector3 Position) được sử dụng để xác định vị trí của các đối tượng 3D trong môi trường thực tế. Cụ thể, giá trị y của Vector3 (x, y, z) được sử dụng để định vị độ cao của một đối tượng, giá trị x và z được sử dụng để định vị vị trí theo chiều ngang và chiều sâu [8].

Góc xoay (Vector3 Euler Angle) là giúp xác định hướng của một đối tượng 3D trong không gian bằng cách sử dụng ba giá trị cho x, y, và z, mỗi giá trị tương ứng với một trục xoay khác nhau [8].



Hình 3.8. Minh họa góc xoay của hệ tọa độ Vecto3(x, y, z)

3.2.2. Tính toán góc xoay của các mô hình 3D chỉ đường



Hình 3.9. Mô hình mô tả thuật toán tính góc xoay

Việc tính toán góc xoay của các mô hình 3D góp phần quan trọng trong việc hướng dẫn chỉ đường. Góc xoay quyết định hướng mà mũi tên chỉ đường hướng đến để cung cấp sự chỉ dẫn chính xác và rõ ràng cho người dùng.

Đầu tiên, cần tìm một hệ quy chiếu để tính toán vì hệ tọa độ của AR Session Management và tọa độ trong môi trường vật lý (sử dụng kinh độ và vĩ

độ) là khác nhau. Từ đó, chúng tôi đã chọn lấy hướng Bắc của Trái Đất làm công cụ để hợp nhất hai hệ tọa độ.

Sau đó, gói mở rộng Compass của Flutter cung cấp dữ liệu để xác định hướng từ vị trí hiện tại của thiết bị so với hướng Bắc của Trái Đất (α), và dùng các phép toán lượng giác để tính góc giữa đường thẳng từ thiết bị và điểm đến so với hướng Bắc (β).

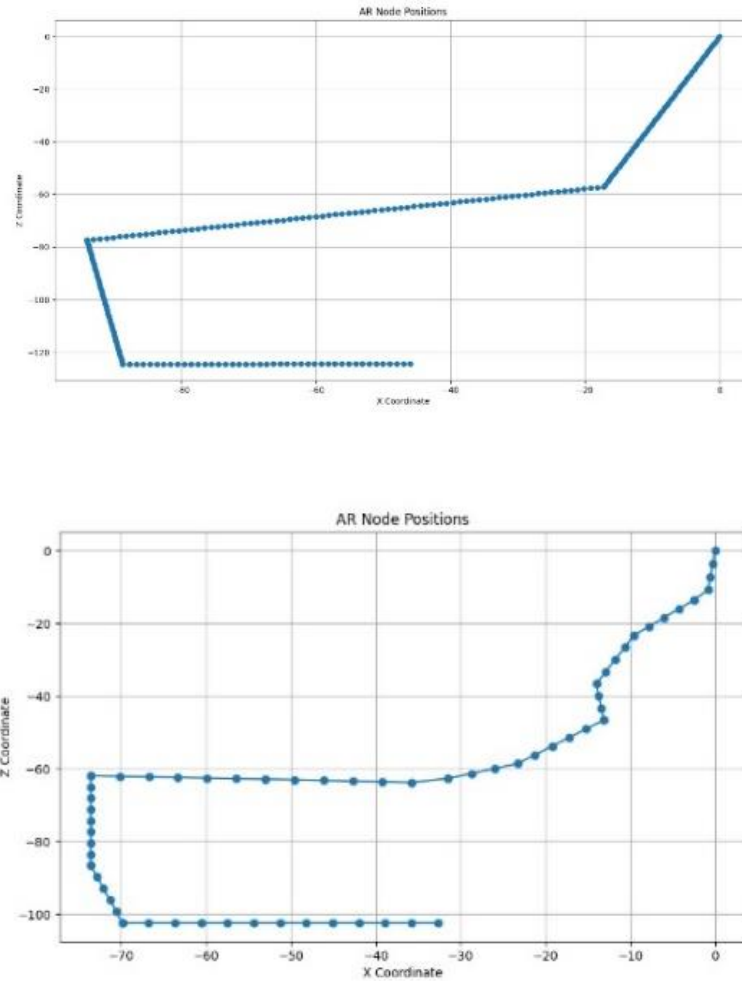
Cuối cùng, góc xoay sẽ bằng góc lớn trừ góc nhỏ hơn. Trong phạm vi ứng dụng này, chúng ta chỉ quan tâm đến góc xoay theo trục x (φ), vì vậy góc Euler sẽ là $\text{Vector3}(\varphi, 0, 0)$.

3.2.3. Đặt vị trí cho các mô hình 3D trong môi trường vật lý

Đầu tiên, sử dụng gói Flutter Geolocator để lấy vị trí hiện tại của người dùng.

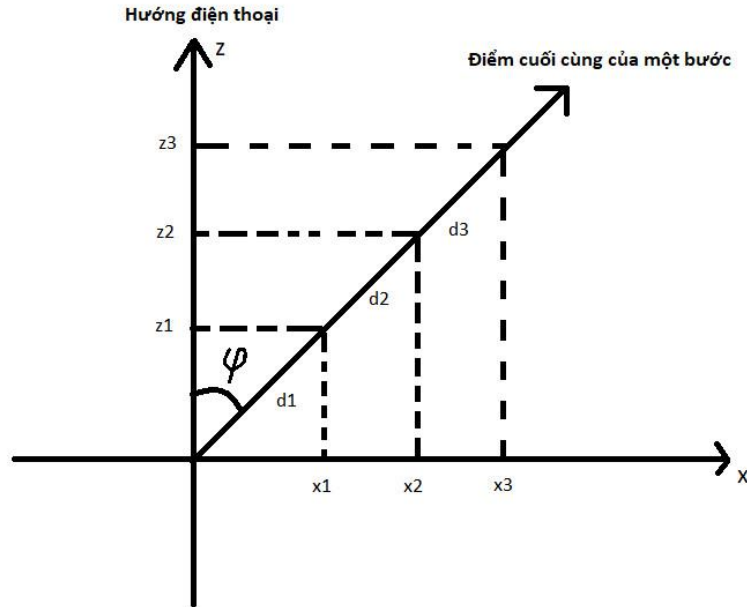
Tiếp theo, lấy các điểm đường đi giữa vị trí hiện tại của người dùng và điểm đến (tọa độ điểm đến đã được truyền vào khi người dùng ấn chọn địa điểm muốn đi đến) để tạo nên tuyến đường ngắn nhất.

Và trong quá trình phát triển, nghiên cứu này đã chọn sử dụng gói Flutter Polyline Points thay vì dịch vụ Direction API của Google Map. Các điểm dữ liệu trả về từ Direction API tạo nên các đường thẳng, điều này có nghĩa nó không chính xác để dẫn đường. Trong khi đó, dữ liệu các điểm trả về từ gói Flutter Polyline Points tạo nên các đường cong và làm tuyến đường có độ chính xác cao hơn.



Hình 3.10. Mô hình so sánh dữ liệu các điểm tạo tuyến đường trả về từ dịch vụ *Direction API* của *Google Map API* (phía trên) và từ gói *flutter_polyline_points* (phía dưới)

Sau đó, định nghĩa mỗi đường polyline là một bước, và thêm đối tượng AR vào mỗi bước để điều hướng, gọi là điểm. Đối với mỗi điểm, các vị trí x và z được tính toán bằng cách sử dụng các hàm lượng giác (sin và cos).



Hình 3.11. Mô hình thuật toán đặt vị trí các mô hình 3D giữa các đường polyline

Mẫu mô hình thuật toán trên mô tả cách các giá trị x và z của Vector3 Position được tính toán, từ đó đặt vị trí cho các mô hình mũi tên chỉ đường 3D trong môi trường vật lý. Trong đó:

- d : Khoảng cách giữa hai bước (Tính bằng kinh độ và vĩ độ của hai bước)
- d_1, d_2, d_3 : Khoảng cách giữa các điểm, tức khoảng cách giữa hai mô hình mũi tên 3D trong môi trường vật lý, và chúng được qui định là bằng nhau bằng cách dùng d chia cho một số cụ thể.
- φ : Góc giữa hướng thiết bị và điểm đến (đã được tính trước đó)

Từ đó, dễ dàng tính được giá trị tọa độ x và z của từng điểm trên một bước và sẵn sàng để gán giá trị x và z cho Vector3 Position của từng mô hình mũi tên 3D chỉ đường bằng các phép toán lượng giác. Ví dụ $x_1 = \sin(\varphi) * d_1$.

Bước tiếp theo, sử dụng Google Maps Elevation API để lấy dữ liệu độ cao cho các tọa độ của các điểm đã được tạo ra ở bước trước, sau đó gán giá trị cho tọa độ y trong Vector3 Position của các đối tượng AR.

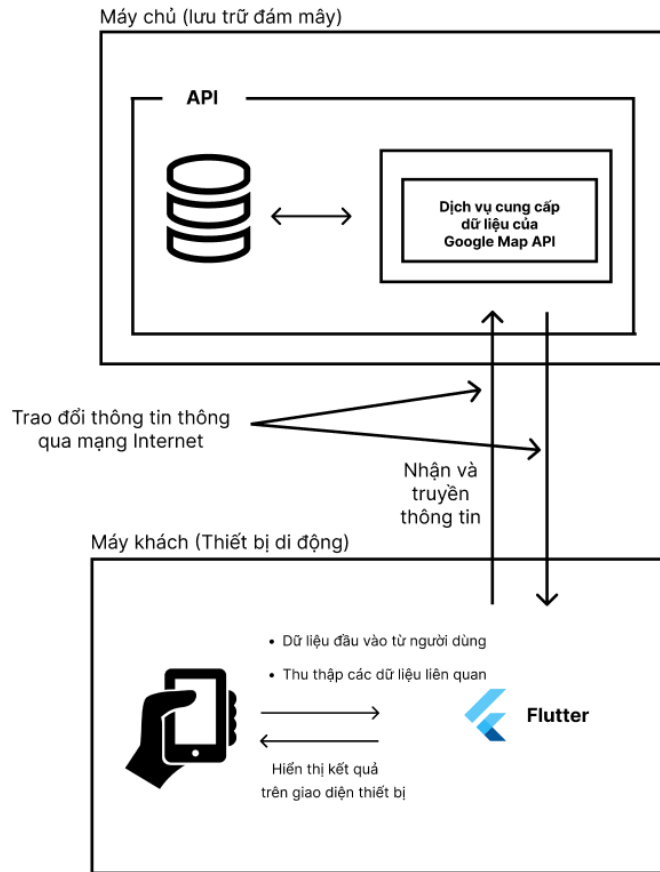
Như vậy, những thông số cần thiết là Vector3 Position và Vector3 Euler Angle đã được tính toán, sẵn sàng đưa vào AR Session Management trong gói AR_flutter_plugin để hiển thị các mô hình 3D trong môi trường vật lý.

Tiếp theo, để cải thiện hiệu suất và trải nghiệm người dùng, một ranh giới cho khu vực hoạt động của ứng dụng được triển khai bằng cách nối các điểm lề ngoài của khu vực. Nhờ vậy, ứng dụng chỉ thực hiện các yêu cầu API cần thiết khi người dùng đang ở trong khu vực trường được chỉ định. Cách tiếp cận này không chỉ tiết kiệm tài nguyên bằng cách giảm số lượng yêu cầu API mà còn cải thiện hiệu suất và quản lý chi phí một cách hiệu quả.

3.4. Kết quả thực hiện

Trong quá trình phát triển ứng dụng, mỗi một kết quả đạt được đều đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện trải nghiệm người dùng và tăng cường hiệu suất của ứng dụng. Dưới đây là một số kết quả chính:

Một hệ thống đã được xây dựng để tương tác giữa phía máy chủ và phía người dùng, sử dụng các dịch vụ, công nghệ phù hợp.



Hình 3.12. Mô hình hệ thống xây dựng cho ứng dụng

Đối với phía máy chủ, ứng dụng sử dụng Google Maps API để cung cấp dữ liệu về bản đồ và các điểm đến trong khuôn viên trường. Google Maps API không chỉ cung cấp dữ liệu bản đồ mà còn cho phép cập nhật liên tục thông tin về vị trí và tình trạng của các điểm đến, giúp ứng dụng luôn được cập nhật với thông tin mới nhất. Điều này đảm bảo rằng người dùng luôn có thể nhận được thông tin chính xác và cập nhật nhất về các điểm đến, từ đó đưa ra quyết định điều hướng một cách hiệu quả.

Phía giao diện người dùng, ứng dụng được phát triển sử dụng Flutter cùng với các package như AR, geolocator, compass, và polyline points. Flutter là một framework phát triển ứng dụng mạnh mẽ, cho phép việc phát triển ứng dụng trên nhiều nền tảng một cách nhanh chóng và hiệu quả. Các package như AR, geolocator, compass, và polyline points giúp tạo ra một trải nghiệm người dùng sinh động và hấp dẫn, từ việc tích hợp công nghệ Thực tế ảo vào việc dẫn đường, đến việc lấy vị trí hiện tại của người dùng và xác định hướng cần di chuyển.

Sử dụng AR package để tích hợp công nghệ Thực tế ảo vào việc dẫn đường và tương tác với mô hình 3D giúp tạo ra một trải nghiệm người dùng mạnh mẽ và thú vị hơn. Điều này không chỉ giúp người dùng di chuyển một cách chính xác hơn trong khuôn viên trường, mà còn tạo ra một trải nghiệm điều hướng mạnh mẽ và thú vị hơn.

Geolocator và compass đóng vai trò quan trọng trong việc lấy vị trí hiện tại của người dùng và xác định hướng cần di chuyển. Điều này giúp ứng dụng có thể cung cấp hướng đi chính xác cho người dùng, giúp họ di chuyển một cách dễ dàng và an toàn.

Polyline points được sử dụng để vẽ đường đi trên bản đồ, giúp người dùng dễ dàng theo dõi hướng di chuyển của mình. Đồng thời, việc sử dụng 3D models để hiển thị các mô hình tòa nhà giúp tạo ra một trải nghiệm người dùng phong phú và sinh động hơn.

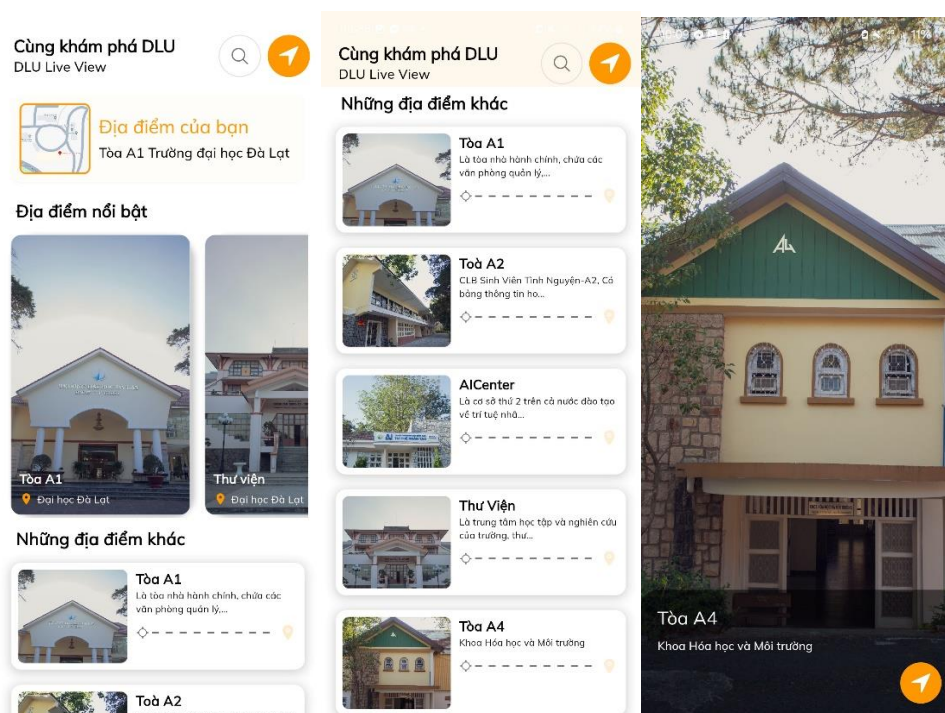
Đồng thời, việc cập nhật thông tin liên tục từ server để đảm bảo người dùng nhận được thông tin mới nhất là một yếu tố quan trọng. Điều này không chỉ giúp người dùng luôn có thể nhận được thông tin chính xác về các điểm đến, mà còn giúp ứng dụng luôn được cập nhật với thông tin mới nhất, từ đó đưa ra quyết định điều hướng một cách hiệu quả.

Tóm lại, việc sử dụng Google Maps API ở phía máy chủ và Flutter cùng với các package như AR, geolocator, compass, và polyline points ở phía khách hàng giúp tạo ra ứng dụng điều hướng hiệu quả, thú vị và dễ sử dụng, giúp người dùng di chuyển một cách chính xác và dễ dàng trong khuôn viên trường.

Bên cạnh đó, ứng dụng có những chức năng đã được phát triển và đáp ứng được mục tiêu như sau:

Trang chủ của ứng dụng đã trở thành nơi mà người dùng có thể dễ dàng tìm kiếm và xem thông tin về tất cả các tòa nhà trong khuôn viên trường. Điều này không chỉ giúp người dùng dễ dàng tìm kiếm tòa nhà mà họ muốn thăm, mà còn cung cấp cho họ thông tin chi tiết về mỗi tòa nhà, bao gồm tên, vị trí, thời gian mở cửa, dịch vụ cung cấp, và hình ảnh. Điều này đã tạo ra một trải nghiệm

người dùng tốt hơn, giúp họ dễ dàng lựa chọn và lên kế hoạch cho lịch học, làm việc hoặc tham quan của người dùng tại trường đại học Đà Lạt.



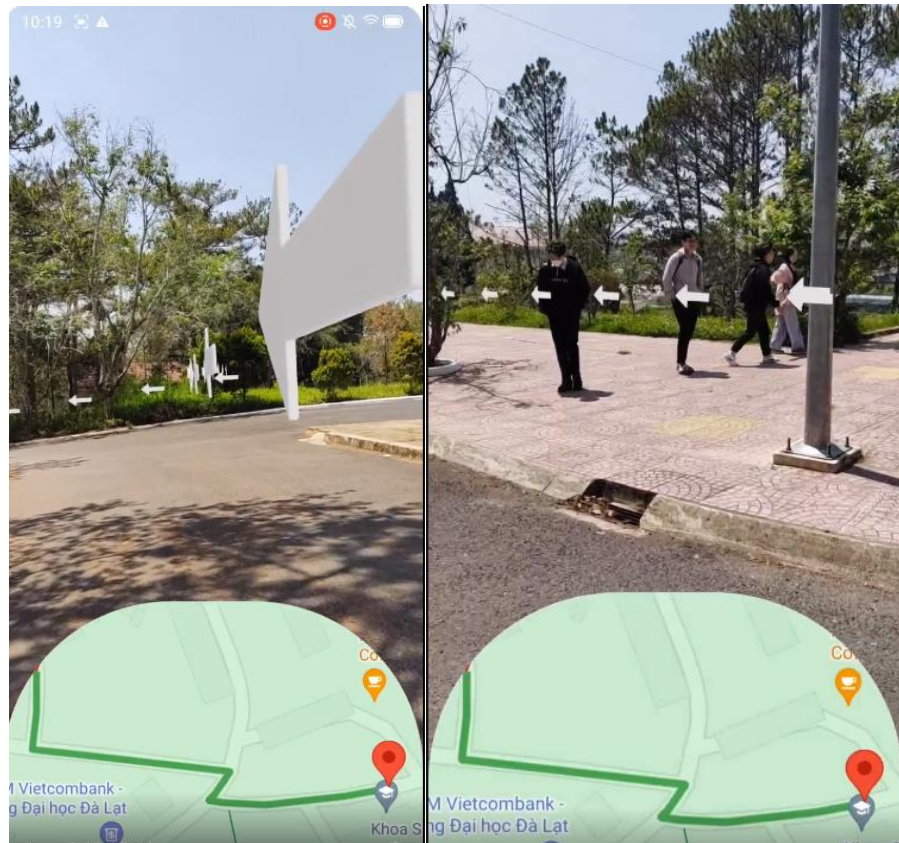
Hình 3.13. Giao diện trang chủ đã được xây dựng như thiết kế ban đầu

Một trong những tính năng nổi bật của ứng dụng là khả năng dẫn đường từ vị trí hiện tại của người dùng đến bất kỳ tòa nhà nào trong khuôn viên trường một cách dễ dàng và chính xác. Ứng dụng đã tích hợp được công nghệ Augmented Reality (AR) vào quá trình dẫn đường. Sử dụng các mô hình mũi tên ảo, người dùng có thể nhìn thấy hướng đi trực quan trên thiết bị của mình, giúp họ dễ dàng theo đúng hướng mà không cần phải nhìn vào bản đồ. Điều này đã tạo ra một trải nghiệm điều hướng tốt hơn và dễ dàng hơn, giúp người dùng dễ dàng tìm kiếm và di chuyển trong khuôn viên trường. Điều này được thực hiện thông qua việc sử dụng các dịch vụ định vị và điều hướng của Google Maps API, cùng với các gói mở rộng của Flutter như Geolocator, Polyline_points, và Compass. Kết quả là một đường dẫn chi tiết và độ chính xác, giúp người dùng dễ dàng di chuyển trong khuôn viên trường và đến đúng địa điểm mà họ muốn thăm.

Địa điểm các tòa nhà và khu vực trong khuôn viên	Vĩ độ	Kinh độ
Cổng sau	11.95784143	108.4433524
Nhà giữ xe cổng trước	11.95386457	108.4449788
A1	11.95448879	108.4443214
A2	11.95520588	108.444411
Sân khấu ngoài trời	11.95467388	108.4456087
A4	11.95488764	108.4433536
A3	11.95540784	108.4439199
A5	11.95579903	108.4435479
A27	11.95563795	108.4432633
A30	11.95657931	108.4431519
A25	11.95659325	108.4438999
A31	11.95787168	108.4441701
Thư viện	11.95714258	108.4449201
A24	11.95663806	108.444549
A21	11.95671696	108.4455134
A19	11.95688763	108.4460549
A18	11.95633225	108.4460691
A20	11.95720479	108.44633
A16	11.95661216	108.4468293
A7	11.95592664	108.4464877
A8	11.95571296	108.4468659
A11	11.95578926	108.4475997
Sân thể chất	11.95626647	108.4476812
Hội trường thống nhất	11.95592909	108.4443694
Trung tâm Giáo dục Đào tạo Trí tuệ Nhân Tạo	11.95578577	108.4438786
A32	11.95791843	108.44584

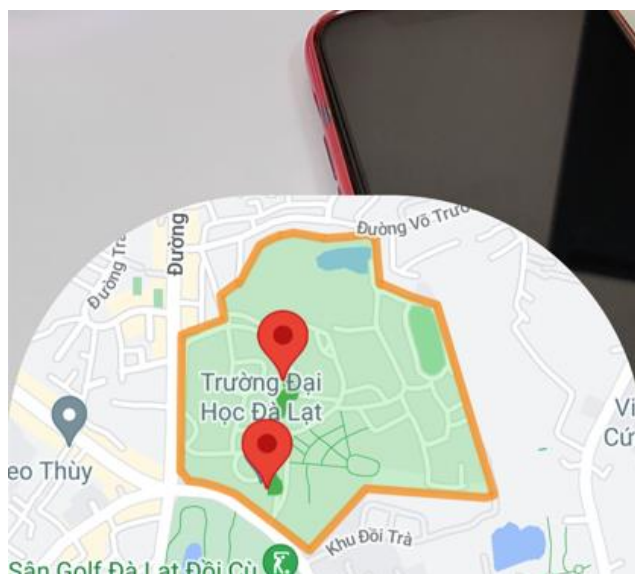
Hình 3.14. Bảng thống kê cho thấy khả năng chỉ đường đến tất cả các toàn nhà trong khuôn viên trường đại học Đà Lạt

Hơn nữa, ứng dụng đã kết hợp một cách mạch lạc giữa bản đồ 2D và dẫn đường bằng mô hình 3D. Bản đồ 2D cung cấp một cái nhìn tổng quan về khuôn viên trường, trong khi mô hình 3D giúp người dùng nhìn thấy cấu trúc và hướng di chuyển chi tiết hơn. Điều này tạo ra một trải nghiệm điều hướng tốt hơn và dễ dàng hơn, giúp người dùng dễ dàng tìm kiếm và di chuyển trong khuôn viên trường.



Hình 3.15. Kết quả dẫn đường trong khuôn viên thực tế

Để tối ưu hiệu suất và giảm chi phí, giới hạn phạm vi hoạt động của ứng dụng được thiết lập chỉ trong khuôn viên trường. Điều này giúp tránh gọi API quá nhiều và duy trì hiệu suất ứng dụng, đồng thời cung cấp một trải nghiệm điều hướng an toàn và hiệu quả cho người dùng.



Hình 3.16. Đường biên giới hạn khu vực sử dụng ứng dụng

CHƯƠNG 4: KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

4.1. Kết luận

Thông qua việc nghiên cứu, tìm hiểu về công nghệ thực tế ảo tăng cường (AR) cùng các công nghệ, giao thức phát triển ứng dụng AR hiện nay, đề tài đã xây dựng được ứng dụng điều hướng trong khuôn viên Trường Đại học Đà Lạt tương đối hoàn chỉnh. Việc tích hợp công nghệ AR vào quá trình dẫn đường đã mang lại những lợi ích đáng kể cho người dùng, tạo ra một trải nghiệm điều hướng hiệu quả và thú vị.

Cụ thể:

- Về mặt lý thuyết, nghiên cứu đã tập trung vào việc phát triển và triển khai một ứng dụng di động sử dụng AR để cải thiện khả năng đi hướng trong khuôn viên trường. Việc kết hợp giữa bản đồ 2D và AR tạo ra một trải nghiệm đi hướng tốt hơn, giúp người dùng dễ dàng tìm kiếm và di chuyển trong khuôn viên trường. Cập nhật thời gian thực về môi trường và đường đi đảm bảo rằng người dùng luôn nhận được thông tin chính xác và cập nhật, giúp họ lên kế hoạch và di chuyển một cách hiệu quả hơn.
- Về mặt thực nghiệm, ứng dụng đã được xây dựng và triển khai, sử dụng các công nghệ và dịch vụ như Google Maps API và các gói mở rộng của Flutter. Google Maps API cung cấp dữ liệu về độ cao tại các vị trí cụ thể, giúp ứng dụng xác định chính xác đường đi và cung cấp hướng dẫn đi hướng dựa trên địa hình thực tế. Các gói mở rộng của Flutter, như geolocator, polyline_points, và compass, giúp ứng dụng xác định vị trí hiện tại của người dùng, tạo ra các đường đi chi tiết và xác định hướng hiện tại của thiết bị, cải thiện trải nghiệm đi hướng của người dùng.

Qua quá trình nghiên cứu và phát triển, ứng dụng đã chứng tỏ khả năng cung cấp hướng dẫn bước đi bước theo một cách sinh động, giúp người dùng dễ dàng di chuyển trong khuôn viên trường mà không gặp khó khăn. Điều này không chỉ tạo ra một trải nghiệm người dùng tốt hơn, mà còn giúp họ tiết kiệm

thời gian và năng lượng khi di chuyển. Kết quả nghiên cứu này góp phần vào việc cải thiện chất lượng dịch vụ đi hướng trong khuôn viên trường Đại học Đà Lạt, đồng thời mở ra hướng nghiên cứu mới về việc áp dụng công nghệ AR trong lĩnh vực giáo dục và hướng dẫn di chuyển.

Tuy nhiên, việc phát triển và triển khai hệ thống tích hợp này cũng đã gặp phải một số hạn chế. Một trong những hạn chế lớn nhất là độ chính xác của la bàn gửi về từ gói Compass và dữ liệu vị trí hiện tại mà gói Geolocator của Flutter trả về chưa cao. Điều này ảnh hưởng đến vị trí và góc xoay của các đối tượng AR dẫn đường, khiến chúng không chính xác 100%.

Ngoài ra, việc sử dụng AR cũng phụ thuộc vào điều kiện mạng, dẫn đến các sự cố hoặc tăng độ trễ trong việc hiển thị và hoạt động của các đối tượng AR. Điều này đòi hỏi việc cải thiện và điều chỉnh các thuật toán và cấu hình mạng để đảm bảo trải nghiệm người dùng tốt nhất có thể.

Tuy nhiên, những thách thức này chỉ là cơ hội để nghiên cứu được tiếp tục cải tiến và phát triển hệ thống tích hợp này, giải quyết các hạn chế và mang đến cho người dùng một trải nghiệm điều hướng tốt hơn và dễ dàng hơn.

4.2. Hướng phát triển

Trong hướng phát triển tiếp theo của ứng dụng, việc cải thiện độ chính xác của vị trí người dùng và chức năng la bàn là quan trọng nhất, cùng với việc cải thiện giao diện của mô hình đối tượng AR, tạo ra trải nghiệm người dùng sinh động và hấp dẫn hơn. Điều này không chỉ giúp người dùng di chuyển một cách chính xác hơn trong khuôn viên trường, mà còn tạo ra một trải nghiệm điều hướng hiệu quả và thú vị.

Việc theo lấy dữ liệu vị trí ban đầu của người dùng sẽ được cải thiện bằng cách tinh chỉnh dữ liệu trả về từ gói Compass của Flutter. Từ đó cung cấp dữ liệu chính xác hơn trong quá trình tính toán điều hướng đường đi, giúp người dùng di chuyển một cách hiệu quả hơn trong khuôn viên trường.

Tập trung vào việc cải thiện giao diện của mô hình đối tượng AR, làm cho chúng trở nên sinh động và hấp dẫn hơn. Việc này không chỉ giúp tăng cường

sự hấp dẫn của mô hình đối tượng AR, mà còn giúp người dùng tương tác một cách dễ dàng hơn với chúng. Sử dụng các kỹ thuật và công nghệ mới nhất để tạo ra mô hình đối tượng AR có thể tương tác với người dùng, giúp họ truy cập thông tin về các tòa nhà một cách dễ dàng hơn

Một trong những yếu tố quan trọng trong việc nâng cao trải nghiệm người dùng là việc cho phép người dùng tương tác với mô hình AR tại điểm dừng ở các tòa nhà để biết thêm thông tin như tên, lịch sử, bản đồ phòng học và giờ mở cửa. Việc tạo ra các giao diện người dùng tương tác, phản hồi với các thao tác của người dùng là cần thiết, giúp tạo ra một trải nghiệm điều hướng hiệu quả và thú vị hơn.

Một trong những mục tiêu chính khác là mở rộng ứng dụng cho thiết bị iOS. Điều này không chỉ giúp chúng tôi truy cập được một lượng lớn người dùng mới, mà còn giúp chúng tôi cải thiện và phát triển ứng dụng dựa trên phản hồi từ người dùng của cộng đồng iOS.

Tóm lại, việc cải thiện độ chính xác của việc theo dõi vị trí người dùng và chức năng la bàn, cùng với việc cải thiện giao diện mô hình đối tượng AR và mở rộng ứng dụng cho thiết bị iOS, đều là những bước quan trọng để tạo ra một ứng dụng điều hướng hiệu quả và thú vị, giúp người dùng di chuyển một cách dễ dàng và an toàn trong khuôn viên trường. Từ đó, ứng dụng sẽ được cải thiện và phát triển để mang đến cho người dùng một trải nghiệm điều hướng tốt hơn và dễ dàng hơn.

LỜI CẢM ƠN

Trong quá trình hoàn thành dự án này, chúng em muốn bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến giáo viên hướng dẫn là thầy Trần Ngô Như Khánh và những người, tổ chức đã hỗ trợ, đóng góp và tạo điều kiện cho dự án này trở thành hiện thực. Chúng em cảm ơn thầy Trần Ngô Như Khánh vì sự hướng dẫn, kiến thức, sự hỗ trợ liên tục trong suốt quá trình nghiên cứu và các góp ý, ý kiến khuyến nghị của thầy đã đóng góp quan trọng vào quá trình xây dựng của dự án này. Các cuộc thảo luận và phản hồi từ thầy đã giúp chúng em nâng cao chất lượng nghiên cứu.

Cuối cùng, sinh viên thực hiện xin gửi lời cảm ơn đến tất cả những ai đã đóng góp vào dự án này. Công việc này không thể thực hiện được mà không có sự hỗ trợ và đóng góp của tất cả mọi người.

Xin chân thành cảm ơn!

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Shaveta Dargan, Shally Bansal, Munish Kumar, Ajay Mittal, Krishan Kumar, "Augmented Reality: A Comprehensive Review," Springer Nature, 2022.
- [2] Fangfang Lu, Hao Zhou, Lingling Guo, Jingjing Chen and Licheng Pei, "An ARCore-Based Augmented Reality Campus Navigation System," MDPI, Switzerland , 2021.
- [3] Ryohei Hashimoto and Michael Cohen, "Outdoor Navigation System by AR," EDP Sciences, France, 2021.
- [4] Syed Muhammad Hazry Asraf, Ameer Fuhaili Mohamad Hashim và SyedZulkarnain Syed Idrus , "Mobile Application Outdoor Navigation Using Location-Based Augmented Reality (AR)," IOP, Malaysia , 2019.
- [5] Baseflow, "Flutter Geolocator Plugin," 15 02 2024. [Online]. Available: <https://pub.dev/packages/geolocator>. [Accessed 10 01 2024].
- [6] MIT, "flutter_polyline_points," 22 08 2023. [Online]. Available: https://pub.dev/packages/flutter_polyline_points. [Accessed 23 03 2024].
- [7] hemanthraj.in, "flutter_compass," 11 10 2023. [Online]. Available: https://pub.dev/packages/flutter_compass. [Accessed 12 04 2024].
- [8] lars.carius.io, "ARSessionManager class," 19 11 2022. [Online]. Available: https://pub.dev/documentation/ar_flutter_plugin/latest/managers_ar_session_manager/ARSessionManager-class.html. [Accessed 05 10 2023].
- [9] Google, "Elevation API - Get Started," Google, 17 04 2024. [Online]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation/start>. [Accessed 23 04 2024].
- [10] Google, "Elevation API - Elevation requests and responses," 17 04 2024. [Online]. Available: <https://developers.google.com/maps/documentation/elevation/requests-elevation>. [Accessed 23 04 2024].