

ĐẠI HỌC QUỐC GIA THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN



Tìm hiểu ứng dụng Đồ họa máy tính trong hiện thực ảo (Virtual Reality)

Môn học: Đồ họa máy tính

Giáo viên hướng dẫn: Thầy Lý Quốc Ngọc

Tên thành viên:

- Đỗ Nhật Minh (21127355)
- Nguyễn Văn Xuân Lộc (22127237)
- Nguyễn Bảo Long (22127243)
- Bùi Nguyễn Lan Vy (22127465)

MỤC LỤC

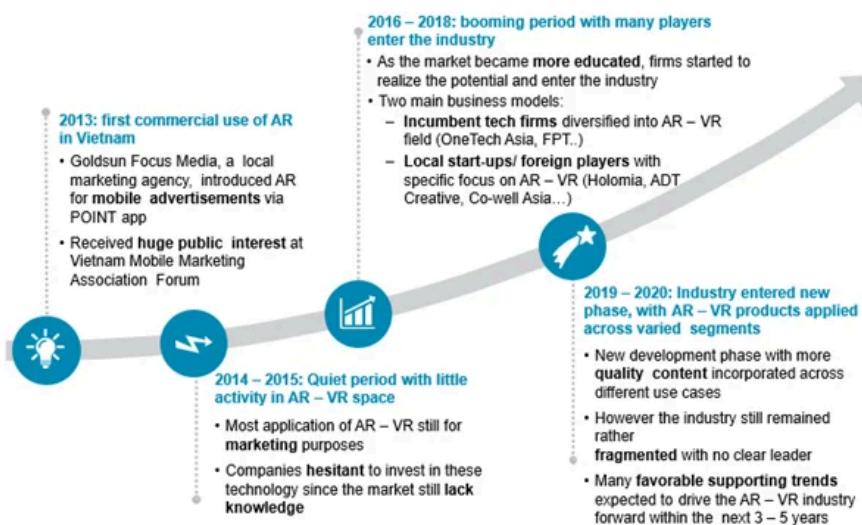
Chương I. Giới thiệu.....	2
1.1. Bối cảnh.....	2
1.2. Ý nghĩa về khoa học của chủ đề.....	3
1.3. Ý nghĩa về ứng dụng của chủ đề.....	4
1.4. Phát biểu bài toán.....	5
1.5. Đóng góp.....	6
Chương II. Các công trình nghiên cứu liên quan.....	7
2.1. Đo chuyển động đầu (Head Tracking).....	9
2.2. Thấu kính và quang sai. Khắc phục các hiện tượng quang sai do khúc xạ ánh sáng qua thấu kính.....	13
2.3. Các kỹ thuật khác.....	18
2.4. Quét 3D.....	19
Chương III. Phương pháp VR.....	29
Chương IV. Cài đặt và thử nghiệm.....	31
Chương V. Kết luận và hướng phát triển.....	34
Chương VI. Tham khảo.....	35

Chương I. Giới thiệu

1.1. Bối cảnh

Hiện nay, công nghệ thực tế ảo (VR) đang trải qua giai đoạn phát triển mạnh mẽ với nhiều ứng dụng trong các lĩnh vực đa dạng như giải trí, y tế, giáo dục, bán lẻ, và quân sự. Quy mô thị trường VR toàn cầu được ước tính đạt 67,66 tỷ USD trong năm 2024 và dự báo tăng trưởng với tốc độ 24,74% hàng năm để đạt 204,35 tỷ USD vào năm 2029. Các khu vực như Bắc Mỹ và châu Á-Thái Bình Dương dẫn đầu về thị phần cũng như tốc độ tăng trưởng nhờ sự đầu tư mạnh mẽ vào hạ tầng và công nghệ.

Tại Việt Nam, VR và AR cũng được ứng dụng ngày càng rộng rãi trong marketing, bất động sản, và đào tạo. Tuy nhiên, thị trường này vẫn còn nhỏ lẻ, chưa có nhiều doanh nghiệp dẫn đầu rõ ràng. Nhu cầu phát triển các nội dung chất lượng cao và thiết bị giá rẻ là những yếu tố quan trọng để tăng tính phổ biến của công nghệ.



Hình 1: Dòng thời gian của sự phát triển AR-VR tại Việt Nam

Chứng lại hay đột phá, câu trả lời còn chưa rõ ràng cho thị trường AR-VR Việt. Thế nhưng những cơ hội vẫn đang trải ra và hi vọng các doanh nghiệp có thể nhanh chóng nắm bắt xu hướng để đem đến những bước tiến dài cho thị trường này.

Trong 5 phân khúc, **Bán lẻ và tiêu dùng** được kỳ vọng sẽ dẫn đầu với tiềm năng cao nhất do cả tốc độ tăng trưởng mạnh và sức hấp dẫn của thị trường. Phân khúc về **Cải tiến quy trình** sẽ phát triển chậm hơn những phân khúc còn lại.



Hình 2: Biểu đồ tiềm năng tăng trưởng trong các phân khúc thị trường của VR

1.2. Ý nghĩa về khoa học của chủ đề

1.2.1. Tạo dựng không gian và mô phỏng khoa học

Mô hình hóa môi trường phức tạp: Đồ họa máy tính giúp xây dựng các môi trường 3D mô phỏng chính xác như không gian vũ trụ, các quá trình vật lý, hoặc hiện tượng tự nhiên. Trong các lĩnh vực như vật lý, hóa học, hoặc sinh học, đồ họa máy tính cho phép tạo thí nghiệm ảo, giúp trực quan hóa các tương tác và kết quả mà khó tái tạo trong thực tế

1.2.2. Thực đầy nghiên cứu về nhận thức và tương tác

Khám phá hành vi con người: Đồ họa VR giúp tạo ra các tình huống tương tác trong môi trường được kiểm soát, từ đó nghiên cứu phản ứng, cảm giác, và hành vi của con người trong không gian ảo.

1.2.3. Phát triển và tối ưu hóa công nghệ đồ họa

Tăng cường công nghệ hiển thị và cảm biến: Đồ họa máy tính thúc đẩy sự phát triển của màn hình độ phân giải cao, công nghệ cảm biến chuyển động, và các công cụ theo dõi mắt hoặc cơ thể. Những tiến bộ này không chỉ cải thiện VR mà còn ảnh hưởng tích cực đến các ngành công nghệ khác.

Kỹ thuật chiếu sáng và dựng hình: Các thuật toán như ray tracing, texture mapping, và shading giúp tạo ra hình ảnh chân thực, tăng cường cảm giác nhập vai trong VR

1.3. Ý nghĩa về ứng dụng của chủ đề

1.3.1. Hỗ trợ thiết kế và mô phỏng

Kiến trúc và xây dựng: Đồ họa VR giúp các nhà thiết kế mô phỏng công trình kiến trúc và không gian trước khi xây dựng thực tế. Điều này không chỉ tiết kiệm chi phí mà còn tối ưu hóa thiết kế theo phản hồi từ khách hàng

Sản xuất công nghiệp: Trong các ngành như chế tạo ô tô, đồ họa máy tính trong VR được dùng để thiết kế, kiểm tra nguyên mẫu sản phẩm và tối ưu hóa quy trình sản xuất.

1.3.2. Giáo dục và đào tạo

Học tập trực quan: Đồ họa trong VR giúp giảng dạy các môn học khó như giải phẫu học, kỹ thuật, và khoa học tự nhiên một cách sinh động, dễ tiếp cận

Mô phỏng an toàn: Trong huấn luyện phi công, bác sĩ phẫu thuật, hoặc công nhân công nghiệp, đồ họa VR tạo ra môi trường mô phỏng an toàn, giảm thiểu rủi ro so với thực hành thực tế.

1.3.3. Nâng cao trải nghiệm khách hàng

Mua sắm trực tuyến: Đồ họa VR cho phép khách hàng trải nghiệm sản phẩm trong không gian ảo, chẳng hạn như thử quần áo, xem nội thất trong căn nhà mẫu, hoặc hình dung các thiết kế khác

Marketing và quảng cáo: Các chiến dịch quảng cáo VR sử dụng đồ họa ấn tượng để thu hút người dùng tương tác với thương hiệu một cách trực quan và sáng tạo.

1.3.4. Y tế và chăm sóc sức khỏe

Điều trị tâm lý: Đồ họa máy tính trong VR được sử dụng để tạo ra môi trường tái hiện các tình huống căng thẳng, giúp điều trị các rối loạn như lo âu và PTSD

Phục hồi chức năng: VR giúp bệnh nhân rèn luyện các kỹ năng vận động trong môi trường đồ họa sống động và hấp dẫn.

1.3.5. *Kết nối xã hội và sáng tạo nội dung*

Không gian làm việc ảo: Đồ họa VR hỗ trợ tạo môi trường làm việc từ xa, nơi các nhóm có thể tương tác, trình bày và chia sẻ ý tưởng trong không gian ảo.

Sáng tạo nghệ thuật: Các nghệ sĩ sử dụng VR để tạo ra các tác phẩm nghệ thuật 3D trong không gian kỹ thuật số.

1.4. *Phát biểu bài toán*

Mục đích của việc nghiên cứu VR là thiết kế và triển khai một hệ thống thực tế ảo nhằm tạo ra các hành vi có mục đích ở một sinh vật thông qua việc kích thích cảm giác nhân tạo, trong khi sinh vật đó hầu như không nhận thức được sự can thiệp.

Các thành phần chính của bài toán:

Hành vi có mục đích:

Sinh vật trải nghiệm một trạng thái hoặc hành vi đã được định trước bởi nhà thiết kế, chẳng hạn như bay, đi bộ, khám phá, xem phim, hoặc giao tiếp xã hội.

Sinh vật:

Đối tượng có thể là con người, một sinh vật khác như ruồi giấm, gián, cá, loài gặm nhấm, hoặc khỉ (các nghiên cứu đã áp dụng công nghệ VR trên các sinh vật này).

Kích thích cảm giác nhân tạo:

Một hoặc nhiều giác quan của sinh vật được thay thế hoặc tăng cường bởi tín hiệu cảm giác nhân tạo thông qua công nghệ kỹ thuật. Điều này làm thay đổi hoặc định hướng nhận thức của sinh vật.

Nhận thức:

Sinh vật khi trải nghiệm thường không nhận ra sự can thiệp từ môi trường thực tế ảo và cảm thấy mình hiện diện trong một thế giới thay thế hoặc thay đổi tự nhiên. Điều này tạo ra cảm giác "hiện diện" trong thực tế ảo.

Bản chất của công nghệ VR gói gọn trong một mục đích duy nhất, **đánh lừa bộ não để nó nghĩ ảo là thật**.



Hình 3: Thí nghiệm tư duy về VR: Bộ não trong lọ chứa bởi Gilbert Harman vào năm 1973. Minh họa bởi Alexander Wivel.

1.5. Đóng góp

1.5.1. Mục đích

Đối với lĩnh vực *Thực tế ảo*, chúng tôi đóng góp thông qua việc cài đặt lại mô hình và các chương trình. Điều này giúp chúng tôi hiểu rõ hơn về việc triển khai thực tế của các phương pháp hiện tại cũng như đưa ra những cái nhìn mới về *ứng dụng đồ họa máy tính trong thực tế ảo*.

1.5.2. Cài đặt lại mô hình

Chúng tôi tiếp cận đề tài bằng cách đọc sách giáo khoa VR của Steven M. LaValle nhằm hiểu được những thành phần cơ bản của kính VR. Qua đó, chúng tôi đã cố gắng cài đặt mô hình trên các môi trường, hệ điều hành và hệ thống khác nhau để tìm hiểu sâu hơn về cơ chế hoạt động của các thành phần trong kính VR từ đó suy ngẫm hướng đi mới.

1.5.3. Thủ nghiệm và so sánh

Chúng tôi đã thực hiện so sánh mô hình cài đặt lại của mình với công trình gốc và các phương pháp khác. Những kết quả này đã cung cấp một cái nhìn sâu sắc về hiệu suất cũng như chứng minh khả năng mở rộng của mô hình trong quá trình cài đặt lại.

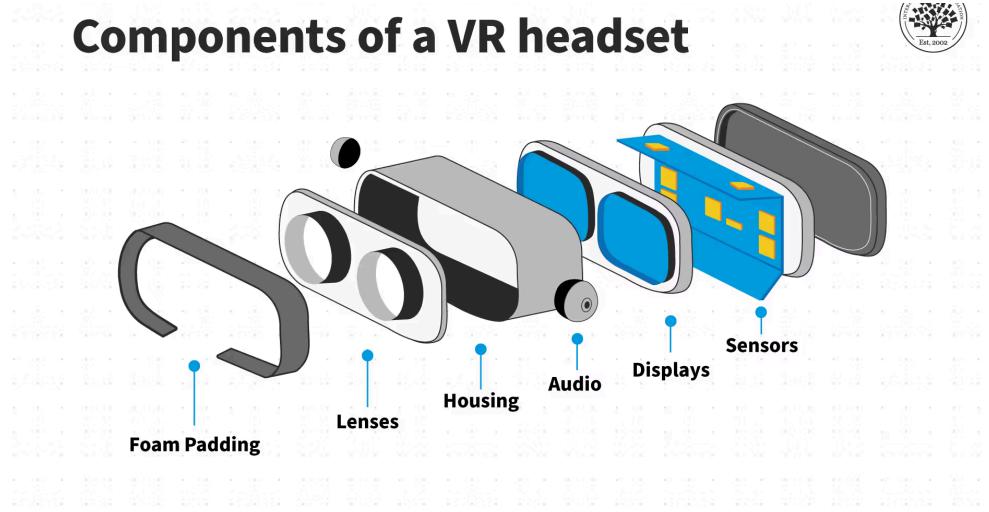
1.5.4. Hướng dẫn triển khai

Chúng tôi đã hoàn thiện một hướng dẫn chi tiết về cách triển khai mô hình *Thực tế ảo* của chúng tôi sử dụng Google Cardboard SDK trên nền tảng cụ thể đã sử dụng trong công trình nghiên cứu gốc.

Chương II. Các công trình nghiên cứu liên quan

Công nghệ đồ họa VR tách biệt so với công nghệ đồ họa cho Desktop, Web, Mobile,... ở ba lĩnh vực chính, đó là:

- **Phần cứng:** Sử dụng các cảm biến chuyển động (đầu, tay, chân), haptic phục vụ hiển thị đồ họa.
- **Phần mềm:** Các framework, pipeline đồ họa chuyên biệt tích hợp và xử lý dữ liệu từ các cảm biến và hiển thị đồ họa phù hợp với nhu cầu và phần cứng.
- **Tương tác Người-Máy:** Người dùng tương tác với hệ thống đồ họa trên VR có sự khác biệt hoàn toàn so với các môi trường đồ họa khác như Web, Desktop,... Nghiên cứu tương tác Người-Máy có vai trò quyết định trong việc phát triển ứng dụng VR và các thiết bị đi kèm. Việc nghiên cứu bao gồm nghiên cứu các đặc tính sinh học của con người (mắt, đầu, tứ chi,...) và tính chất vật lý, cơ học của các vật liệu - thiết bị sử dụng để chế tạo kính VR.



Hình 4: Cấu tạo thông dụng của kính VR hiện đại.

Kính VR hiện đại gồm những thành phần chính:

- Thấu kính: thường là thấu kính Fresnel, là thấu kính đa lớp được sử dụng để khắc phục quang sai và tăng độ rộng cho tầm nhìn.
- Hệ thống âm thanh tích hợp.
- Cảm biến: cảm biến chuyển động, con quay hồi chuyển, gia tốc kế,...
- Màn hình: hiển thị các frame riêng cho hai mắt. Hiện nay các kính VR thông dụng tối ưu cho màn hình điện thoại thông minh do điện thoại thường đi kèm cảm biến và đơn vị tính toán, một số khác có màn hình chuyên dụng và kết nối với máy tính để bàn.

Trong **Chương II** nhóm nêu ra các vấn đề đặc trưng trong các kỹ thuật hiển thị ảnh cho VR, bao gồm:

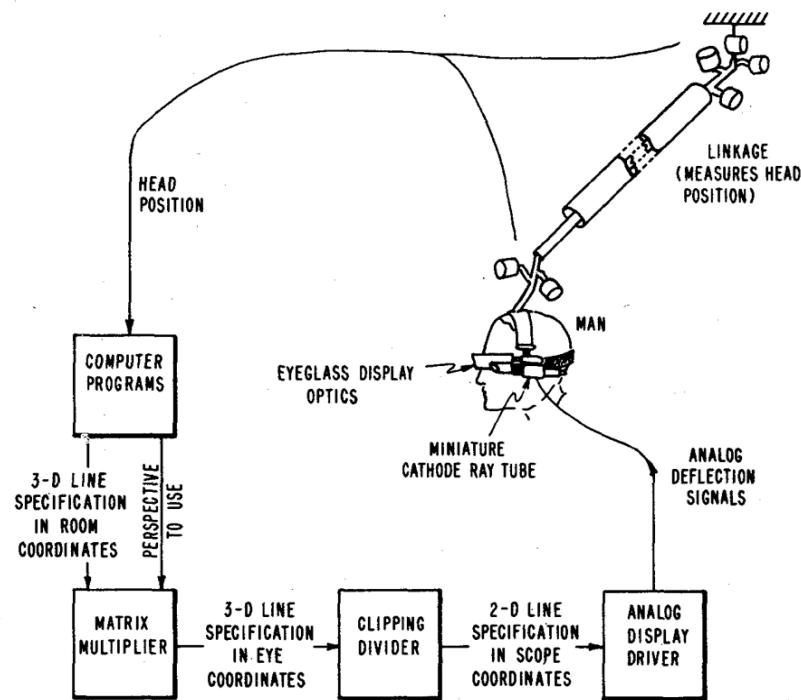
Đo chuyển động đầu: sự phát triển của phương pháp đo chuyển động đầu cho VR.

Thấu kính và quang sai. Quang sai gồm các hiện tượng quang sai đơn sắc và quang sai màu, nguyên nhân dẫn đến hiện tượng, ảnh hưởng đến mắt người và giải pháp thấu kính Fresnel.

Các kỹ thuật khác: Các kỹ thuật ảo giác, tương tác nhằm tăng tính chân thực.

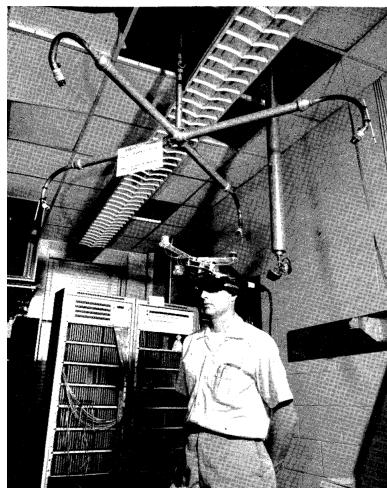
2.1. Đo chuyển động đầu (Head Tracking)

Thanh kiếm Damocles (Ivan E. Sutherland, 1968)



Hình 5: Các phần của hệ thống chiếu 3D trong công trình của Sutherland

Là một công trình nghiên cứu tiêu biểu đặt nền móng cho công nghệ VR. Cái tên “Thanh kiếm Damocles” được đặt vì thiết bị được kết nối với một trực kim loại gắn lên trần nhà để giảm áp lực cho người sử dụng. Đây là thiết bị đầu tiên hiển thị hình ảnh 3D có thể được đặt trên đầu. Trong công trình nghiên cứu, Sutherland giới thiệu phương pháp đo chuyển động quay đầu để hiển thị hình ảnh mô phỏng tương ứng với hướng nhìn của người sử dụng. Ban đầu tác giả sử dụng thiết bị đo cơ học tương đối công kềnh nhằm đảm bảo được thông tin cơ bản cho chuyển động quay đầu. Thiết bị bao gồm một cánh tay cơ học treo từ trần như được minh họa trong **Hình 5**.



Hình 6: Hệ thống đo chuyển động đầu cơ học

Cánh tay này tự do quay quanh một trục thẳng đứng ở giá treo trên trần. Nó có hai khớp nối đa hướng, một ở trên và một ở dưới, cùng với một phần trung tâm trượt để cung cấp sáu chuyển động cần thiết để đo cả dịch chuyển và quay. Vị trí của mỗi khớp nối được đo và truyền đến máy tính qua bộ mã hóa vị trí trực số. Cảm biến vị trí đầu cơ học khá nặng và không thoải mái khi sử dụng. Tuy nhiên, thông tin thu được từ nó có thể dễ dàng chuyển đổi thành dạng cần thiết để tạo ra phép biến hình phối cảnh (perspective transformation). Bên cạnh thiết bị sử dụng các cánh tay cơ học, Sutherland còn tạo ra thiết bị sử dụng sóng siêu âm cho việc đo chuyển động đầu.

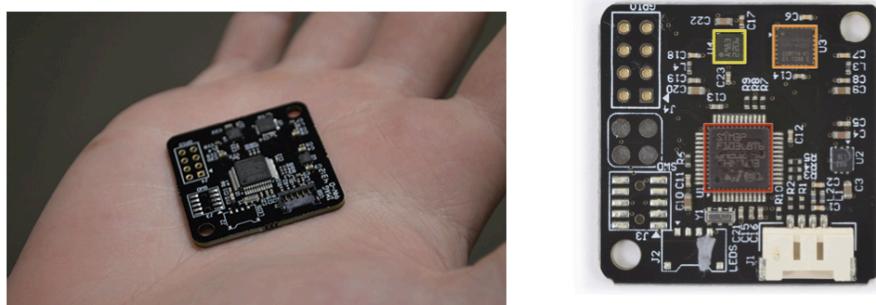


Hình 7: Hệ thống đo chuyển động đầu bằng sóng siêu âm

Qua **Hình 6**, có thể thấy hệ thống này tuy vẫn cồng kềnh nhưng dễ chịu hơn cho người sử dụng.

Các phương pháp hiện đại (LaValle et al., Oculus Inc. at ICRA 2014)

Ngày nay, người ta chủ yếu sử dụng các cảm biến điện tử được thiết kế bao gồm **con quay hồi chuyển** (**gyroscope**) và **gia tốc kế** (**accelerometer**) để đo chuyển động đầu. Như trong công trình của [LaValle et al.](#) về đo chuyển động đầu cho kính VR Oculus Rift, tác giả thiết kế bộ cảm biến và ứng dụng các tính chất của **quaternion** kèm theo một mô hình dự đoán chuyển động quay đầu nhằm khắc phục lỗi sai số do hệ thống cảm biến gây ra.

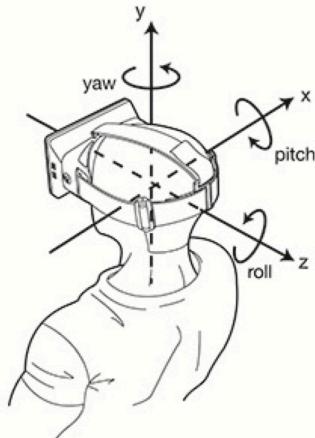


Hình 8: Hệ thống cảm biến được thiết kế riêng cho kính VR Oculus Rift bao gồm con quay hồi chuyển (gyroscope), gia tốc kế (accelerometer) và từ kế (magnetometer).



Hình 9: Kính VR Oculus Rift

Các giá trị hệ thống cảm biến trả về sẽ được dựng thành một **góc Euler** với 3 chuyển động **yaw, pitch, roll** như **Hình 9**.



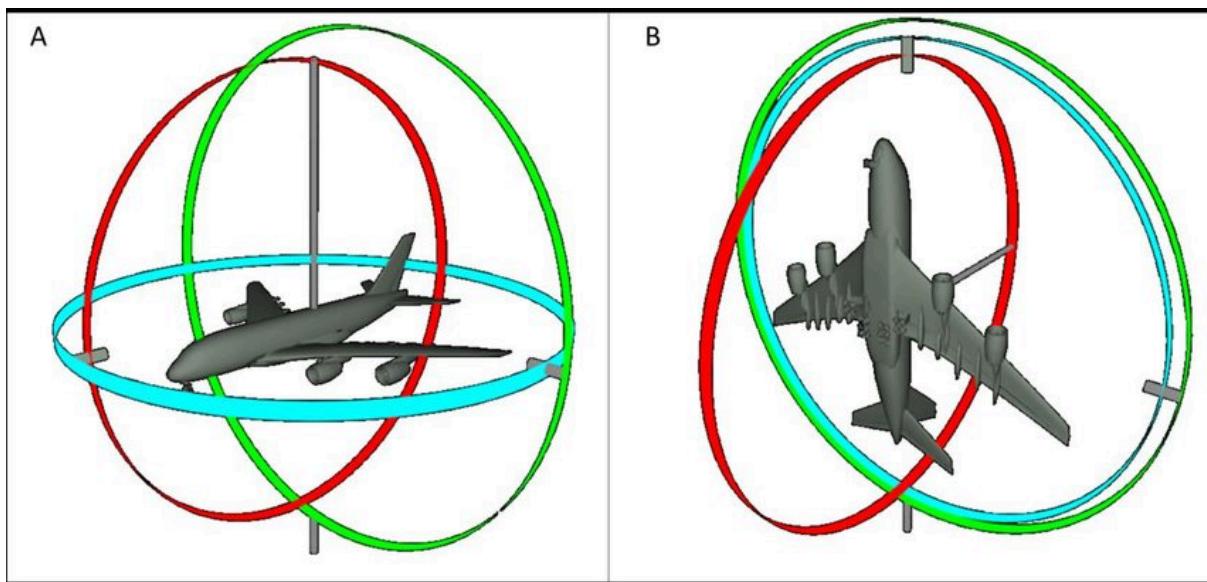
Hình 10: chuyển động quay đầu được định nghĩa bằng 3 chuyển động tự do

Theo **Định lý quay Euler**, mọi chuyển động quay trong không gian 3 chiều đều có thể được định nghĩa bằng một chuyển động quay duy nhất quanh một trục cố định trong không gian và có thể được biểu diễn dưới một quaternion là một điểm trong không gian phức 4 chiều gồm 1 chiều thực và 3 chiều phức. Mô hình **Góc quay-Trục quay**, được ánh xạ sang quaternion như sau:

$$q(\mathbf{v}, \theta) = \left(\cos\left(\frac{\theta}{2}\right), v_x \sin\left(\frac{\theta}{2}\right), v_y \sin\left(\frac{\theta}{2}\right), v_z \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \right)$$

Trong đó, $q(\mathbf{v}, \theta)$ là quaternion định nghĩa từ tham số là trục quay $\mathbf{v}(v_x, v_y, v_z)$ và góc quay θ quanh trục \mathbf{v} . Ba giá trị nhân với hàm sine là các giá trị phức v_x, v_y, v_z tạo thành phần ảo và phần cosine là phần thực của quaternion.

Để tính toán phép quay, ta nhân liên hợp một quaternion và phần tử nghịch của nó với quỹ tích của vật thể cần quay, có thể là perspective của người dùng hoặc một vật thể trong không gian. Sử dụng quaternion, ta tránh được **Gimbal lock**, đây là hiện tượng mà khi sử dụng hệ thống góc Euler để quay vật, khi quay 1 trong 3 trục khớp với nhau thì vật cần quay sẽ mất đi một bậc chuyển động tự do (không quay được đúng theo 3 chiều chuyển động hay 3 hướng quay như mong muốn). **Hình 10** minh họa Gimbal lock.



Hình 11: Các vòng thuộc các mặt phẳng thẳng góc với 3 trục quay A) Chiếc máy bay trong hệ Gimbal bình thường có thể thực hiện các chuyển động yaw, pitch, roll để quay. B) Hai trong 3 trục quay đã bị khống chế với nhau, chiếc máy bay mất một bậc chuyển động tự do.

Gimbal lock có thể gây ảnh hưởng đến trải nghiệm sử dụng kính VR vì ngày nay, các yêu cầu cho trải nghiệm VR đều bao gồm việc người dùng có thể chuyển động tự do trong không gian mà không bị hạn chế bởi các lỗi kỹ thuật và lỗi các nhà phát triển muốn tránh nhất là hiện tượng khoá hướng camera không thể quay đi hướng mong muốn.

Ngoài ra việc sử dụng quaternion cho Head Tracking còn bảo toàn được các tính chất đại số cần thiết cho việc tính toán, cũng như mang lại hiệu quả tính toán phù hợp với thời gian thực. Thách thức đặt ra trong vấn đề này là giảm độ trễ của các cảm biến và giảm sai số. cũng như dự đoán các chuyển động của người dùng để mang lại trải nghiệm VR tốt nhất cũng đã được LaValle nêu ra trong công trình.

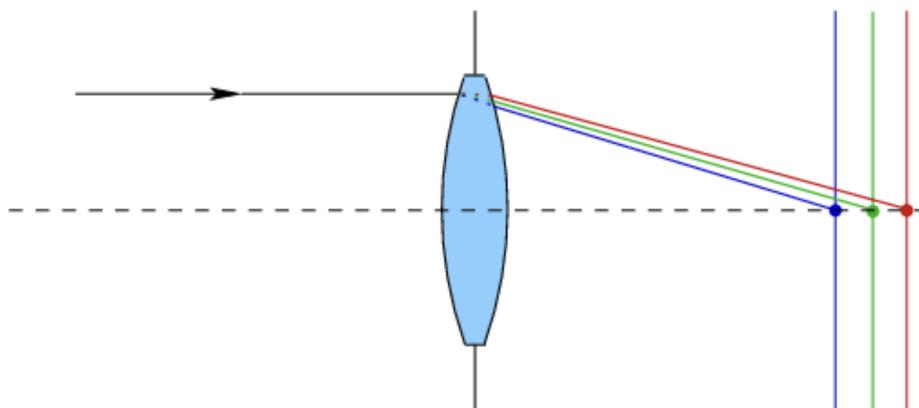
2.2. Thấu kính và quang sai. Khắc phục các hiện tượng quang sai do khúc xạ ánh sáng qua thấu kính.

Thấu kính là một trong những thành phần quan trọng nhất của VR. Dáng tiếc là một thấu kính có thể gây ra những hiện tượng gọi là **quang sai**. Những vấn đề này có thể dễ dàng nhận thấy trong các ứng dụng thực tế như việc xem nội dung qua kính thực tế ảo (VR) hoặc hình ảnh từ máy ảnh. Việc hiểu rõ các biến dạng này là rất quan

trọng, nhằm thiết kế các cơ chế bù đắp hiệu quả trong hệ thống thực tế ảo để cải thiện chất lượng hình ảnh và trải nghiệm người dùng.

Quang sai màu

Quang sai màu là hiện tượng ánh sáng bị tán sắc khi đi qua một thấu kính và các dải màu khác nhau không hội tụ tại cùng một mặt phẳng hội tụ. Đây là hiện tượng đẹp mắt trong tự nhiên, với cầu vòng làm ví dụ. Tuy nhiên, với thấu kính thì đây là hiện tượng rất khó chịu, bởi vì một hình ảnh từ màn hình đi qua thấu kính VR sẽ bị tách ra thành các vùng màu khác nhau.



Hình 12: Ánh sáng có bước sóng khác nhau đi qua thấu kính hội tụ với tốc độ khác nhau, kết quả là các dải màu hội tụ trên 3 mặt phẳng hội tụ.



Hình 13: Hình ảnh bị ảnh hưởng bởi quang sai màu. Có thể thấy các mảng xanh chèn mắt chỉ tiết phía bên phải tòa nhà và các cột.

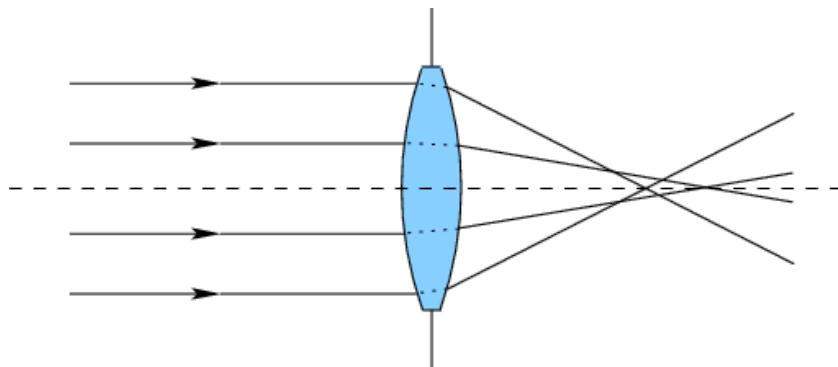
Hiện tượng này có thể được khắc phục bằng cách áp dụng tập hợp các thấu kính phân kỳ và hội tụ với tiêu cự điều chỉnh phù hợp với nhiều bước sóng để ép ánh sáng cùng hội tụ trên một mặt phẳng hội tụ trong mắt người. Về giải pháp phần mềm, hình ảnh có thể được render sao cho mỗi giá trị màu R, G, B ở mỗi pixel trong bán kính tính từ tâm màn hình được điều chỉnh (ở rìa màn hình thì màu nào hiển thị rõ hơn?) để khi chiếu qua thấu kính vào mắt người thì hình ảnh không bị nhoè màu nữa.

Quang sai đơn sắc

Quang sai đơn sắc không có nghĩa là quang sai cho một màu, mà vì đây là loại quang sai không phụ thuộc vào bước sóng của ánh sáng.

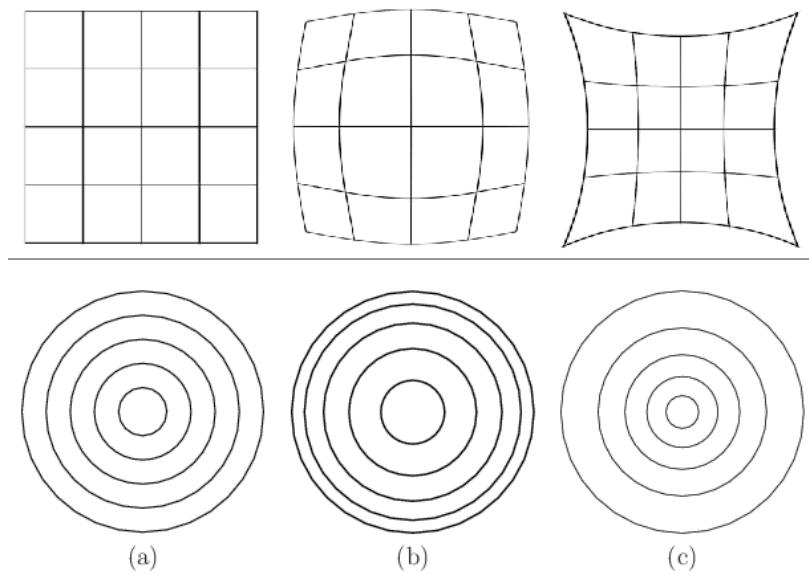
Cầu sai (Spherical distortion)

Cầu sai là hiện tượng các tia sáng ở rìa thấu kính hội tụ có góc hội tụ lớn hơn các tia sáng ở gần tâm.

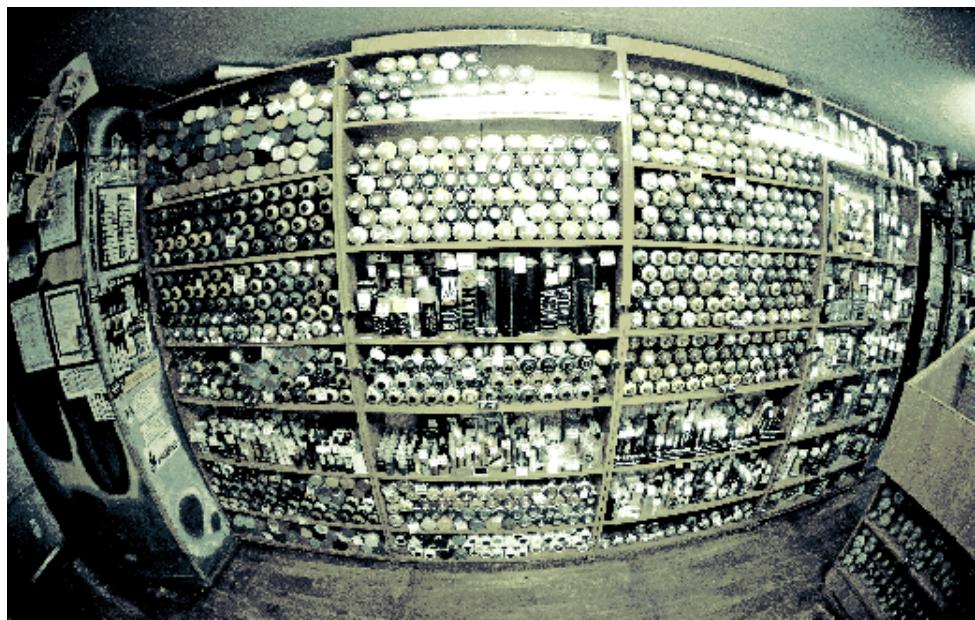


Hình 14: Các tia sáng ở rìa có góc tới lớn hơn so với pháp tuyến của mặt tiếp tuyến tại điểm tiếp xúc với thấu kính, kết quả là góc khúc xạ lớn hơn dẫn đến hội tụ nhiều hơn.

Biến dạng ảnh

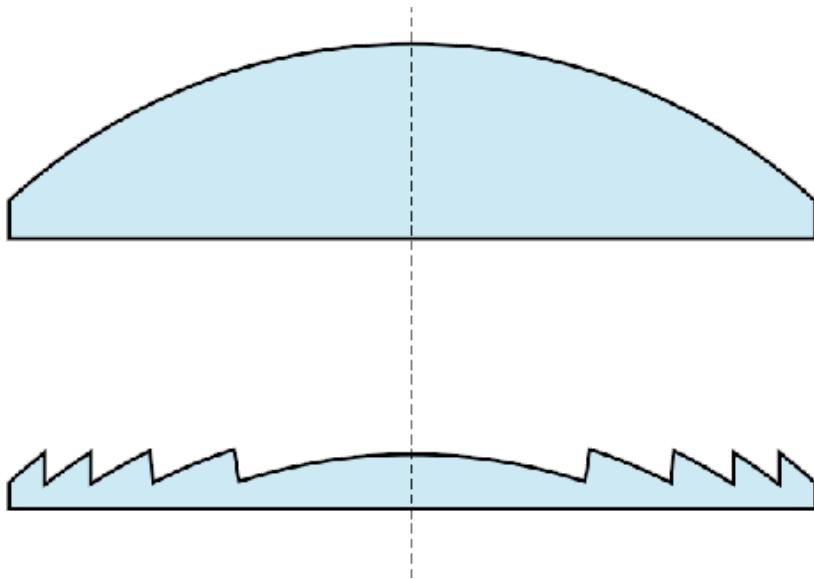


Hình 15: Các loại biến dạng: a) ảnh gốc. b) biến dạng thùng phuy lồi (barrel distortion). c) biến dạng đệm ghim lõm (pincushion distortion).



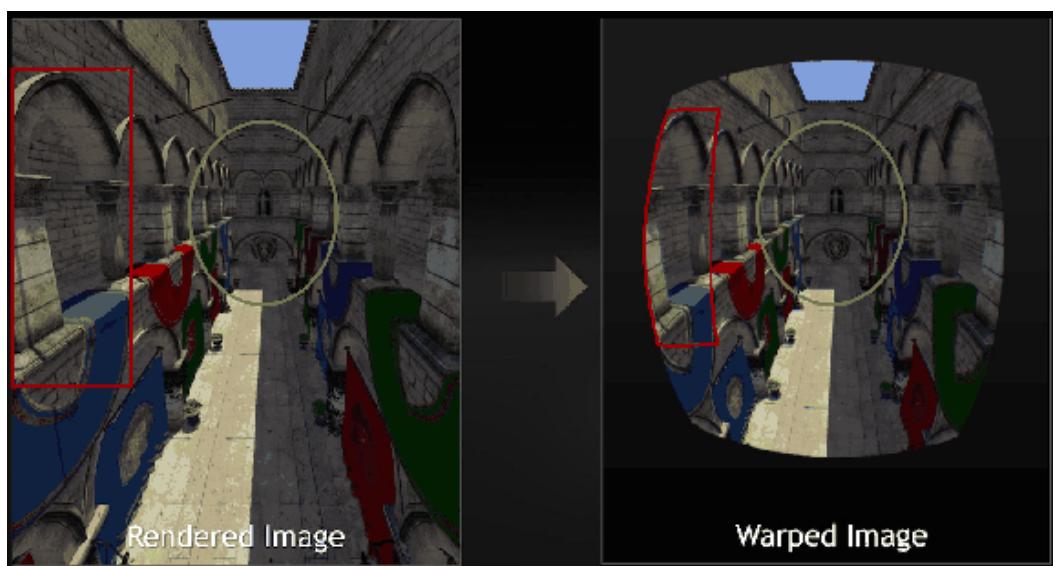
Hình 16: Ảnh bị biến dạng thùng phuy, ghi lại bởi thấu kính mắt cá (fish-eyed lens).

Với kính VR hiện nay, người ta có thể dùng thấu kính Fresnel tiêu cự ngắn để tăng tối đa FOV cho người sử dụng và tránh các hiện tượng quang sai. Ví dụ như kính VR HTC Vive.



Hình 17: Thấu kính Fresnel với vùng rìa được điều chỉnh độ dày để hiển thị phần rìa ảnh chính xác hơn.

Bên cạnh đó, nếu không có thấu kính Fresnel, thì thấu kính hội tụ sử dụng phổ biến nhất cho VR cũng sẽ có tiêu cự ngắn với mục đích tương tự. Hình ảnh hiển thị ra màn hình chung cho các loại thấu kính này sẽ được làm biến dạng săn thành biến dạng lồi vì hình ảnh này khi đi qua thấu kính tiêu cự ngắn sẽ được biến dạng trở lại thành hình phẳng với cái giá là phần rìa ảnh sẽ có độ phân giải thấp hơn.



Hình 18: Trái) Hình ảnh được hiển thị bình thường. Phải) Hình ảnh đã được làm biến dạng săn (pre-warping). Vùng màu đỏ có độ phân giải thấp hơn.

2.3. Các kỹ thuật khác

Ứng dụng ảo giác: Như ở phần bài toán, công nghệ VR chủ yếu tập trung vào việc đánh lừa bộ não nghĩ rằng môi trường ảo càng chân thực càng tốt, dưới đây là một số ứng dụng ảo giác thông dụng trong VR..

Ảo giác quang học là hiện tượng mà mắt và não của chúng ta cảm nhận sai lệch về hình ảnh mà chúng ta nhìn thấy. Thực tế, những gì chúng ta nhìn thấy không phải lúc nào cũng phản ánh đúng sự vật trong thế giới thực, mà đôi khi là kết quả của cách mà mắt và bộ não xử lý thông tin ánh sáng. Các kỹ thuật bao gồm:

Virtual focal point: Tiêu cự ảo trong VR là khoảng cách mà mắt người cảm nhận được khi nhìn vào thế giới ảo, mặc dù thực tế màn hình hiển thị rất gần mắt. Tiêu cự ảo thường được đặt ở khoảng **1,5–2 mét** để giảm căng thẳng cho mắt và tạo cảm giác tự nhiên khi nhìn các vật thể trong môi trường ảo.

Render cho từng mắt: Con người có hai mắt, mỗi mắt sẽ nhìn một vật thể theo hai góc nhìn khác nhau và não bộ sẽ xử lý để con người có tầm nhìn thống nhất



Hình 19: Màn hình hiển thị thông thường cho một kính VR.

Hiệu ứng chuyển động (Motion Parallax): Khi người dùng di chuyển đầu, các đối tượng trong môi trường ảo thay đổi vị trí tương đối, tạo cảm giác chiều sâu và khoảng cách thực tế.

Hiệu ứng độ sâu (Depth of Field): Bằng cách điều chỉnh độ sắc nét của các đối tượng ở các khoảng cách khác nhau, VR mô phỏng cách mắt người tập trung vào các vật thể gần hoặc xa, tăng cường cảm giác thực tế.

Hiệu ứng âm thanh không gian (Spatial Audio): Kết hợp âm thanh 3D với hình ảnh giúp người dùng cảm nhận được vị trí và chuyển động của các nguồn âm thanh trong không gian, tạo cảm giác nhập vai hơn.

Hiệu ứng phản hồi xúc giác (Haptic Feedback): Sử dụng các thiết bị phản hồi xúc giác để mô phỏng cảm giác chạm, va chạm hoặc rung động, tăng cường trải nghiệm tương tác trong môi trường ảo.

2.4. Quét 3D

Trước khi đi sâu vào việc phát triển một bộ công cụ hoàn thiện để mô phỏng toàn bộ quá trình hiển thị 3D thông qua các thiết bị di động, nhóm sẽ phân tích cách mà một vật thể, từ dạng vật thể vật lý cứng hay một môi trường rộng lớn, được tái tạo và chuyển đổi sang dạng hình ảnh 3D và thực hiện toàn bộ các phương pháp chuyển động, hiển thị trong môi trường ba chiều như đã trình bày ở trên.

Trải qua các quy trình hiển thị độ họa, với View space, hệ thống Head Tracking đã xác định góc nhìn của người dùng và áp dụng phép quay dựa trên quaternion, cập nhật các đối tượng trong View Space. Tiếp đến Clip space, hình ảnh được biến đổi và xử lý các hiện tượng quang sai (Lens Correction) trước khi hiển thị. Vậy để một mô hình được hiển thị theo các bước như vậy, ta cần xây dựng được một hệ tọa độ gốc của vật thể, được chuyển đổi và đặt vào hệ tọa độ chung sao cho tương thích với môi trường ảo của VR. Đó chính là các bước của Model Space và World Space, thông qua phương pháp quét 3D (3D-Scanning).

Ngày nay, việc quét các đối tượng thực tế trong không gian 3D để số hóa chúng ngày càng trở nên phổ biến. Các đối tượng này, sau khi được số hóa, có thể được sử

dụng cho nhiều mục đích khác nhau, áp dụng thực tế trong y khoa, vi sinh, vật lý, giáo dục hay công nghệ thực tế ảo, cũng như một loạt các ứng dụng công nghiệp kỹ thuật, tăng khả năng tương tác và tính thực tiễn cao. Để quét các đối tượng 3D, có rất nhiều các công nghệ khác nhau, mỗi loại đều có những ưu và nhược điểm riêng. Hiện nay, có 4 phương pháp/công nghệ quét 3D đã và đang được sử dụng phổ biến, góp phần định hình và phát triển việc quét 3D các vật thể: Photogrammetry (Quang trắc), Quét 3D sử dụng ánh sáng cầu trúc, Quét Laser 3D và Chụp cắt lớp vi tính (CT). Trong đề tài lần này, chúng ta sẽ đào sâu vào Photogrammetry - Phép Quang trắc - công nghệ giúp mô hình hóa 3D các vật thể, đặc biệt khi mô phỏng hóa vật thể có kích thước lớn.

a. Định nghĩa - Ý tưởng:

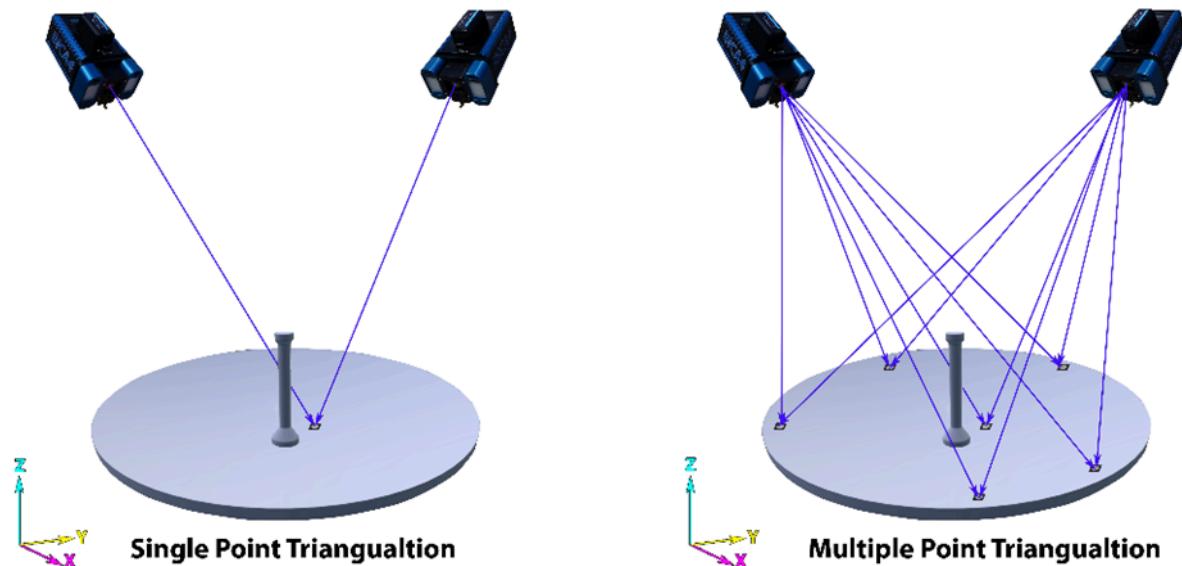
Photogrammetry là công nghệ cho phép chúng ta tạo ra các mô hình 3D của vật thể thực **từ các bức ảnh chụp của chính vật thể đó**. Bằng cách chụp ảnh (hoặc video) của vật thể từ các góc độ khác nhau và trong điều kiện ánh sáng ổn định, phần mềm chuyên dụng có thể tìm ra các điểm đặc trưng của mô hình xuất hiện trong tất cả các bức ảnh. Sau đó, sử dụng kỹ thuật trích xuất điểm chính, phần mềm có thể suy ra khoảng cách giữa các điểm này thông qua sự tách biệt giữa chúng trong các bức ảnh khác nhau, từ đó tạo ra một đám mây điểm đặc trưng. Cuối cùng, đám mây điểm này được chuyển đổi thành lưới, có thể được xử lý hoặc làm sạch để in 3D hoặc đưa vào các mô phỏng ảo.



Hình 20: Mô phỏng mô hình 3D được xây dựng theo phương pháp Quang trắc

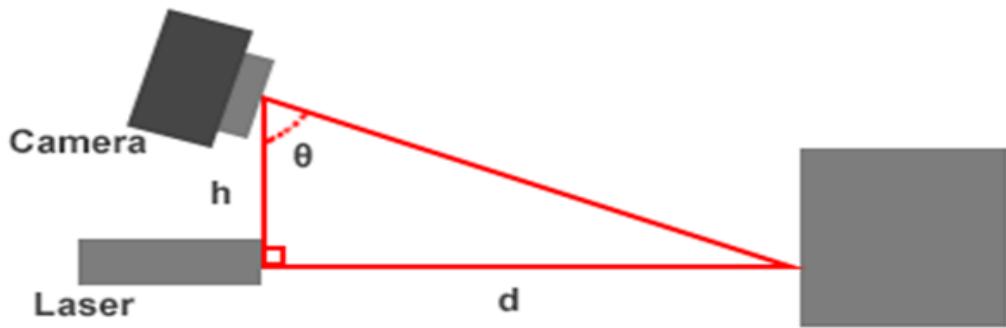
b. Nguyên lý:

Nguyên tắc cơ bản được sử dụng trong phép đo quang trắc là phép đo tam giác (triangulation). Bằng cách chụp ảnh từ ít nhất hai vị trí khác nhau, "đường ngắm" có thể được phát triển từ mỗi máy ảnh đến các điểm trên vật thể.



Hình 21: Mô phỏng và so sánh phương pháp Triangulation đơn điểm và đa điểm

Những đường/tia ngắm này được giao nhau về mặt toán học để tạo ra tọa độ 3 chiều của các điểm. Phép đo tam giác cũng là nguyên tắc được máy kinh vĩ sử dụng để đo tọa độ. Bằng cách giao nhau về mặt toán học các đường hội tụ trong không gian, có thể xác định được vị trí chính xác của điểm. Tuy nhiên, không giống như máy kinh vĩ, phương pháp quang trắc có thể đo nhiều điểm cùng một lúc mà hầu như không có giới hạn về số lượng điểm tam giác đồng thời. Thậm chí gần đây hơn, phép đo tam giác triangulation hoạt động như cách hai mắt của chúng ta phối hợp với nhau để đo khoảng cách (còn gọi là nhận thức chiều sâu). Khi đã biết vị trí camera và hướng ngắm, khoảng cách được tính theo phép đo tam giác qua công thức sau:



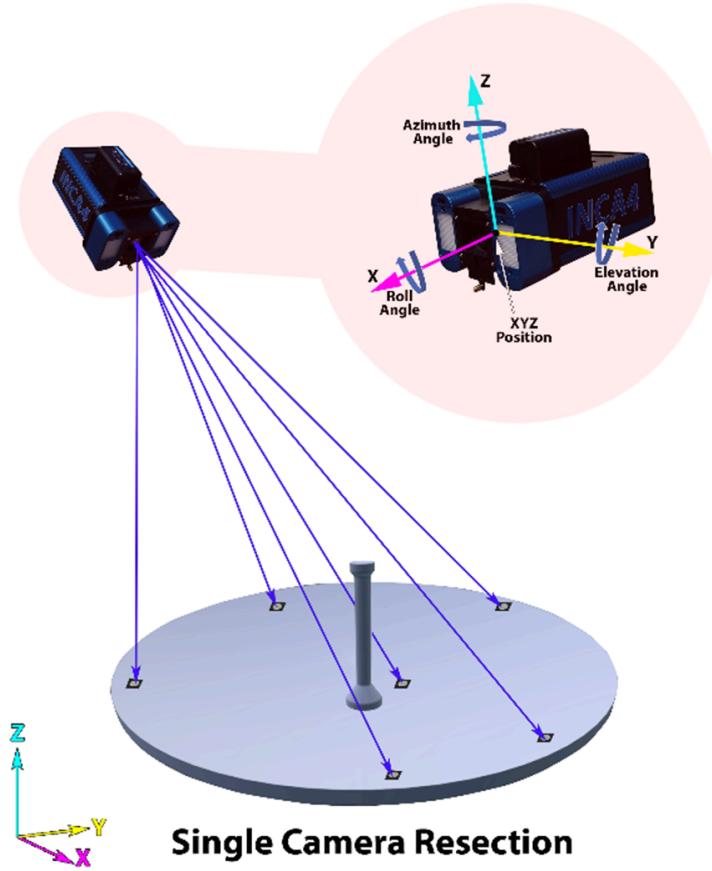
Hình 22: Khoảng cách, chiều cao, và góc giữa camera, laser và vật thể

$$d = h * \tan(\theta)$$

trong đó:

- h : là khoảng cách giữa camera và tia laser (đã biết)
- θ : là góc giữa tia laser với camera (chưa biết)
- d : là khoảng cách giữa camera với vật thể (chưa biết)

Nếu đã biết vị trí camera và hướng ngắm, các đường có thể được giao nhau về mặt toán học để tạo ra tọa độ XYZ của từng điểm được nhắm mục tiêu. Resection (phép triệt tiêu) là quy trình được sử dụng để xác định **vị trí và hướng ngắm cuối cùng của máy ảnh** khi chụp ảnh. Thông thường, tất cả các điểm được nhìn thấy và biết trong XYZ trong ảnh đều được sử dụng để xác định hướng này. Để cắt bỏ hiệu quả, ta phải có ít nhất 12 điểm được phân bố rõ ràng trong mỗi bức ảnh. Điều quan trọng là phải nhận ra rằng cả vị trí và hướng ngắm của máy ảnh đều cần thiết. Nếu chỉ biết vị trí của máy ảnh là chưa đủ vì máy ảnh có thể được đặt ở cùng một vị trí nhưng có thể nhắm theo bất kỳ hướng nào. Do đó, chúng ta phải biết vị trí của máy ảnh được xác định bởi **ba tọa độ** và nơi nó nhắm đến được xác định bởi **ba góc**. Do đó, mặc dù cần ba giá trị để xác định điểm mục tiêu (ba tọa độ cho vị trí của nó), chúng ta cần sáu giá trị để xác định một hình ảnh (**ba tọa độ cho vị trí và ba góc cho hướng ngắm**).



Hình 23: Quá trình triệt tiêu (Resection) được minh họa

c. Giải thuật:

Vị trí của hai điểm triệt tiêu trực giao có thể được sử dụng để tính tiêu cự của máy ảnh. Hai hoặc ba điểm triệt tiêu trực giao cung cấp dữ liệu để ước tính hướng camera liên quan đến hướng đường song song tương ứng.

Về bản chất, tọa độ của các điểm đồng nhất được xây dựng bằng cách cộng tọa độ điểm (X, Y) với thành phần thứ 3 Z . Nhân tọa độ đồng nhất với hệ số s khác 0 không làm thay đổi điểm nên mỗi điểm trong tọa độ đồng nhất là một đại diện của lớp tương đương $s(X, Y, Z)$. Nếu Z khác 0 thì điểm đồng nhất (X, Y, Z) tương ứng với điểm trên mặt phẳng Euclide có tọa độ $(X/Z, Y/Z)$. Nếu Z bằng 0 thì đây là một điểm ở vô cực và tọa độ của nó (X, Y) biểu thị vectơ chỉ hướng 2D hướng tới nó.

Với mục tiêu là tìm vector tham số tối ưu $x \in \mathbb{R}$ (với vector x là Thông số nội của camera (focal length, điểm chính, hệ số biến dạng); Thông số ngoại của camera (vị trí,

hướng); Tọa độ 3D của các điểm đặc trưng) để cực tiểu hóa hàm mục tiêu $F(x)$, thuật toán **Levenberg-Marquardt** được áp dụng hiệu quả trong phép quang trắc.

Input:

1. Dữ liệu đầu vào chính:

- Các bức ảnh hoặc video của vật thể được chụp từ nhiều góc độ khác nhau
- Điều kiện ánh sáng ổn định khi chụp

b. Thông số kỹ thuật cần thiết:

- Vị trí camera (3 tọa độ X, Y, Z)
- Hướng ngắm của camera (3 góc)
- Cần ít nhất 12 điểm đặc trưng được phân bố rõ ràng trong mỗi bức ảnh
- Tiêu cự của máy ảnh
- Thông số nội của camera (focal length, điểm chính, hệ số biến dạng)

Output:

1. Kết quả trung gian:

- Các điểm đặc trưng được trích xuất từ ảnh
- Đám mây điểm (point cloud) với tọa độ 3D của các điểm đặc trưng

2. Kết quả cuối cùng:

- Mô hình lưới 3D (mesh) của vật thể
- Mô hình này có thể được:
 - Xử lý và làm sạch để in 3D
 - Sử dụng trong các mô phỏng ảo
 - Được số hóa để sử dụng trong các ứng dụng khác nhau

c. Quá trình:

Bước 1: Hàm mục tiêu $F(x)$:

$$F(x) = \frac{1}{2} |r(x)|^2 = \frac{1}{2} r^T(x) r(x), r(x): \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$$

Với $r(x)$ là vector sai số (residual vector) thể hiện:

- Khoảng cách giữa điểm ảnh dự đoán và thực tế
- Sai số trong ước lượng độ sâu
- Sai số trong matching features

Bước 2: Thành phần của thuật toán:

1. Ma trận Jacobian J:

$$(J_r(x))_{ij} = \frac{\partial r_i}{\partial x_j}$$

- J là ma trận $m \times n$ chứa đạo hàm bậc nhất của $r(x)$
- Trong phép quang trắc:
 - Hàng: số lượng điểm đặc trưng quan sát được
 - Cột: số lượng tham số cần tối ưu
- Kết quả đạo hàm trực tiếp sử dụng sai phân trung tâm:

$$(J_r(x))_{ij} \approx \frac{r_i(x + \epsilon e_j) - r_i(x - \epsilon e_j)}{2\epsilon}$$

2. Ma trận Hessian H:

- Xấp xỉ $H \approx J^T * J$ trong phương pháp Gauss-Newton

$$H_F(x) \approx H_F(x)^T J_r(x)$$

- Trong phép quang trắc:
 - Kích thước $n \times n$ (n là số tham số)
 - Thưa (sparse) do cấu trúc đặc biệt của bài toán
 - Tận dụng tính thưa để tối ưu tính toán

3. Hệ số giảm chấn λ (damping factor)

- Điều chỉnh cân bằng giữa:
 - Phương pháp Gauss-Newton (λ nhỏ)
 - Phương pháp Gradient Descent (λ lớn)
- Cập nhật động trong quá trình lặp:
 - Giảm λ khi $F(x)$ giảm
 - Tăng λ khi $F(x)$ không giảm

Bước 3: Quy trình lặp của thuật toán

1. **Khởi tạo:** chọn các giá trị khởi tạo x_0 (từ ước lượng thô, kết quả tracking hay tạo thông minh). Sau đó chọn λ_0 ban đầu có thể điều chỉnh theo độ lớn của $J^T * J$ (nhưng thường chọn giá trị nhỏ (1e-3)).

2. Các bước lặp:

1. Tính vector sai số $r(x)$ và hàm mục tiêu $F(x)$

2. Tính ma trận Jacobian J :

$$(J_r(x))_{ij} = \frac{\partial r_i}{\partial x_j}, \quad (1)$$

Từ (1), ta có thể tính xấp xỉ của $(J_r(x))_{ij}$

$$(J_r(x))_{ij} \approx \frac{r_i(x + \epsilon e_j) - r_i(x - \epsilon e_j)}{2\epsilon}, \quad (2)$$

Ta lại có:

$$H_F(x) \approx H_F(x)^T J_r(x), \quad (3)$$

Đạo hàm $H(x)$ theo Gauss-Newton ta có:

$$h_{GN} = - (J_r(x)^T J_r(x))^{-1} J_r(x)^T r(x), \quad (4)$$

Thay hệ số giảm chấn λ vào (4) cho thuật toán Levenberg-Marquardt:

$$h_{LM} = - (J_r(x)^T J_r(x) + \lambda I)^{-1} J_r(x)^T r(x), \quad (5)$$

3. Giải phương trình $F(x)$:

$$\begin{aligned} F(x + h) &\approx L(h) = F(x) + h^T \nabla F(x) + \frac{1}{2} h^T H_F(x) h \\ &= F(x) + h^T J_r(x)^T r(x) + \frac{1}{2} h^T J_r(x)^T J_r(x) h \end{aligned}$$

4. Cập nhật tham số:

$$X_{t+1}^* = X_t^* + h_{LM}$$

5. Kiểm tra và cập nhật λ :

- Nếu $F(x_{\text{new}}) < F(x)$:
 - Chấp nhận x_{new}
 - Giảm λ (ví dụ: $\lambda = \lambda/10$)
- Ngược lại:
 - Giữ x
 - Tăng λ (ví dụ: $\lambda = \lambda * 10$)

Bước 4: Điều kiện dừng:

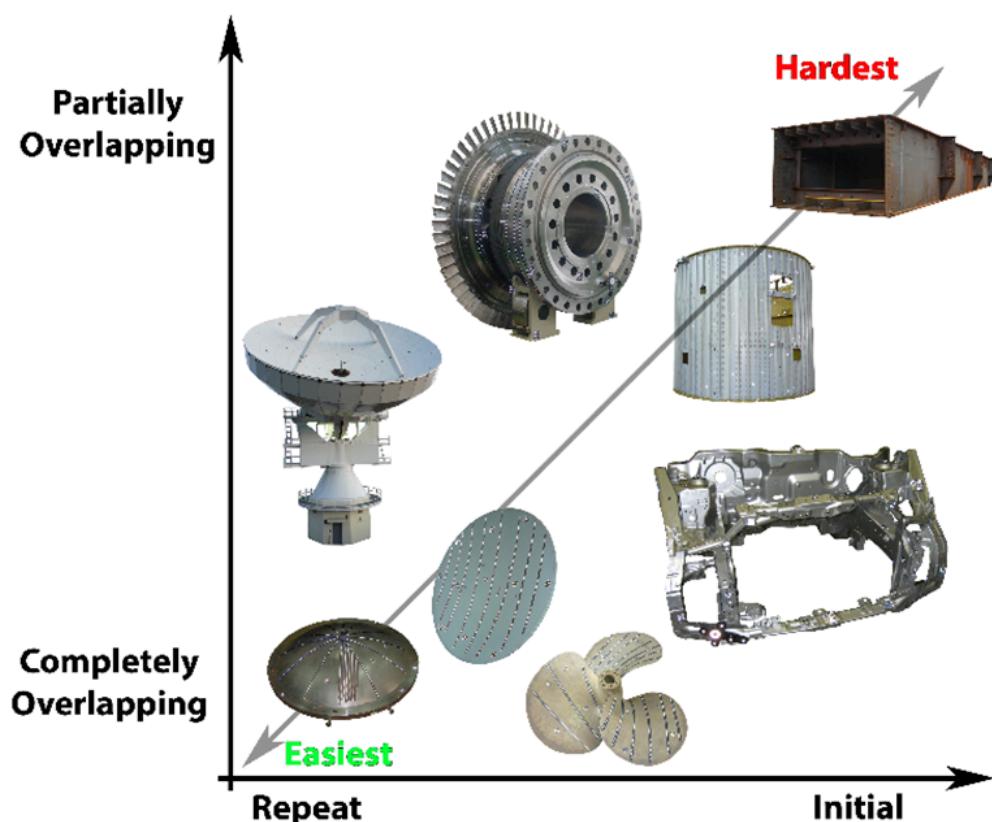
Điều kiện dừng của vòng lặp xảy ra khi và chỉ khi đáp ứng đủ 2 điều kiện: Điều kiện hội tụ và điều kiện dừng. Với điều kiện hội tụ, hàm mục tiêu phải thỏa mãn: $|F(x_{\text{new}}) - F(x)| < \varepsilon_1$. Đồng thời, chuẩn hóa gradient về dạng $\|J^T r\| < \varepsilon_2$ và thay đổi tham số $\|h\| < \varepsilon_3$.

Thứ hai, vòng lặp dừng khi số lần lặp và số lần tính $F(x)$ vượt ngưỡng; λ cũng vượt ngưỡng trên/dưới.

Bước 5: Đặc điểm ứng dụng trong phép quang trắc:

Có 3 đặc điểm cốt lõi và tạo nên đặc trưng của phép quang trắc: Thứ nhất, **Bundle Adjustment - tối ưu đồng thời**. Khi các thông số camera (6 bậc tự do cho mỗi camera) và tọa độ 3D của các điểm đặc trưng (3 tọa độ cho mỗi điểm) được tối ưu đồng thời trong quá trình tạo lập. Thứ hai, đặc điểm cũng không kém phần quan trọng là **Camera Calibration - phép đo camera**. Phép đo này giúp tối ưu được các thông số nội của camera và quá trình thu thập dữ liệu từ vật thể: các thông số như Focal length (f_x, f_y), principal point (c_x, c_y) và distortion coefficients. Số lượng tham số của Camera Calibration ít hơn số lượng tham số của bundle adjustment, và vector sai số là sai số giữa điểm ảnh thực và ảnh dự đoán. Cuối cùng, Pose Estimation - phép ước tính giúp tối ưu 6 bậc tự do của camera, tối ưu được tốc độ do bài toán đổi hỏi real-time với thời gian xử lý tức thời.

d. Ứng dụng:



Hình 24: Biểu đồ hình ảnh biểu thị độ khó tương đối của các phép đo khác nhau.

Chương III. Phương pháp VR

Trong phần tiếp theo này, nhóm sử dụng bộ công cụ phát triển phần mềm (Software Development Kit) Cardboard SDK của Google được viết chủ yếu bằng C++, kèm theo sử dụng API đồ họa OpenGL ES 3.0 để xây dựng chương trình VR cho kính VR làm từ bìa các tông kết hợp với điện thoại di động với source code tham khảo từ Google: <https://github.com/googlevr/cardboard.git>

Các module trong tài liệu [2]:

- Cardboard SDK types: Kiểu dữ liệu định nghĩa trong SDK. Bao gồm định nghĩa offset cho từng mắt,...
- Initialization (dành cho Android): thiết lập chuyên biệt cho Android.
- Lens Distortion: Module dành cho thông số thấu kính của thiết bị
- Distortion Renderer: Module sử dụng các giá trị của Lens Distortion để tạo hình ảnh biến dạng.
- HeadTracker: Đo chuyển động đầu từ hệ thống cảm biến trên điện thoại.
- QR Code Scanner: Quét mã QR trên thiết bị để lấy thông số.

Bộ công cụ phát triển phần mềm tuy là đồ cỏ nhưng giá thành hợp lý, dễ sử dụng. Có thể chạy trên nhiều thiết bị khác nhau và không gặp quá nhiều vấn đề về độ tương thích. Ta có thể sử dụng Cardboard SDK để biến một điện thoại thông minh thành nền tảng VR. Điện thoại thông minh có thể hiển thị các cảnh 3D với hình ảnh nỗi, theo dõi và phản ứng với chuyển động của đầu, và tương tác với ứng dụng bằng cách phát hiện khi người dùng nhấn nút trên kính Cardboard.

Mô tả phần mềm: HelloCardboard

Một trò chơi demo thể hiện các tính năng cơ bản của Cardboard SDK. Trong trò chơi này, người dùng nhìn xung quanh một thế giới ảo để tìm và thu thập các vật phẩm. Qua phần mềm mẫu này, nhóm tìm hiểu cách:

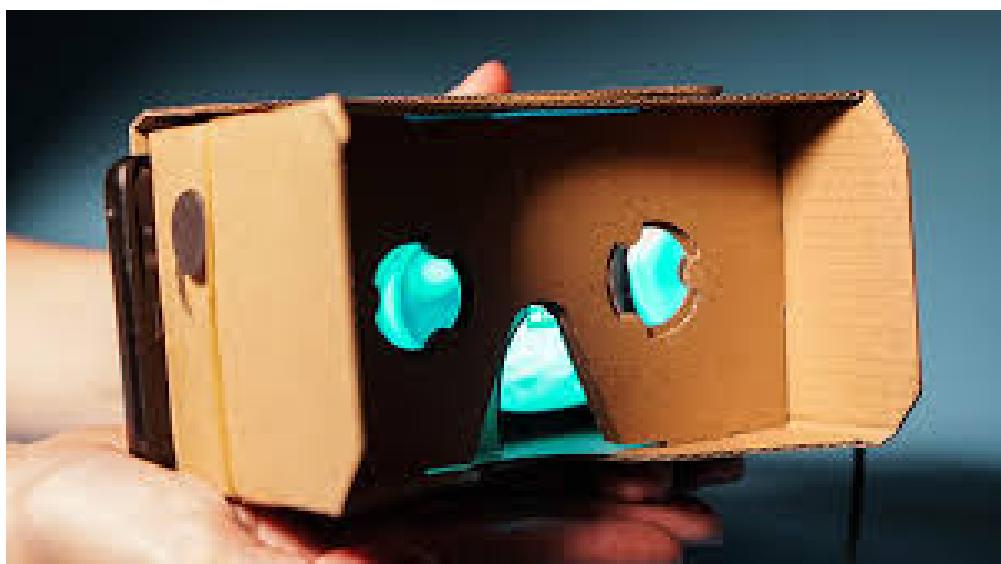
- Cài đặt môi trường phát triển
- Tải và xây dựng ứng dụng demo
- Quét mã QR của kính Cardboard để lưu lại các tham số của nó
- Theo dõi chuyển động đầu của người dùng

- Hiển thị hình ảnh nổi bằng cách thiết lập biến dạng ảnh cho từng mắt

Mô tả công cụ: Kính VR Cardboard

Được Google phát hành vào đầu năm 2014, Google Cardboard là liệu pháp giá rẻ giúp người dùng có thể tiếp cận với công nghệ thực tế ảo dễ dàng hơn. Khác với các dòng kính thông dụng hiện nay như Meta Quest 3 hay PlayStation VR2 với giá thành rất đắt đỏ, đúng như tên gọi, thiết bị này chủ yếu được làm từ bìa các tông với thiết kế đơn giản, thân thiện và hợp giá thành với người dùng.

Kính Cardboard tận dụng điện thoại thông minh làm nền tảng xử lý và hiển thị nội dung VR, mang lại trải nghiệm thực tế ảo cho người dùng chỉ với chi phí thấp.



Hình 25: Kính có cấu tạo đơn giản từ bìa các tông

Kính Cardboard bao gồm:

- **Khung kính:** Làm từ bìa cứng như các tông hoặc vật liệu tương tự, được gấp lại theo thiết kế cụ thể.
- **Thấu kính:** Một cặp thấu kính 2 mặt lồi tiêu cự từ 4-5 cm hoặc hơn giúp tạo hiệu ứng chiều sâu (stereoscopic effect) khi xem nội dung VR.
- **Ngăn chứa điện thoại:** Kính có khoang để đặt điện thoại thông minh, đảm bảo vị trí đúng với thấu kính.
- **Nam châm hoặc nút bấm:** Cho phép người dùng tương tác với ứng dụng VR thông qua cảm biến từ tính hoặc cảm biến chạm của điện thoại.

Kính Cardboard hoạt động bằng cách kết hợp điện thoại thông minh và phần mềm VR (sẽ cài đặt thử nghiệm ở chương 4) để tạo ra trải nghiệm thực tế ảo. Dưới đây là các bước cơ bản:

1. Điện thoại thông minh hiển thị nội dung VR với hai hình ảnh song song, mỗi hình được thiết kế riêng cho một mắt (3D Side by Side - 3D SBS).
2. Thấu kính quang học trên kính Cardboard làm biến dạng hình ảnh, tạo ra cảm giác chiều sâu và hiệu ứng nổi 3D.
3. Các cảm biến của điện thoại (gia tốc kế, con quay hồi chuyển) theo dõi chuyển động đầu của người dùng.
4. Phần mềm VR phản ứng với chuyển động đầu và thay đổi góc nhìn trong không gian ảo theo thời gian thực.

Chương IV. Cài đặt và thử nghiệm

Cài đặt.

Chương trình được xây dựng trên hệ điều hành iOS dành cho iPhone và hệ điều hành Android cho smartphone.

iOS.

Khi build chương trình với môi trường phát triển phần mềm XCode, môi trường sẽ tự động tải phần mềm thực thi về iPhone.

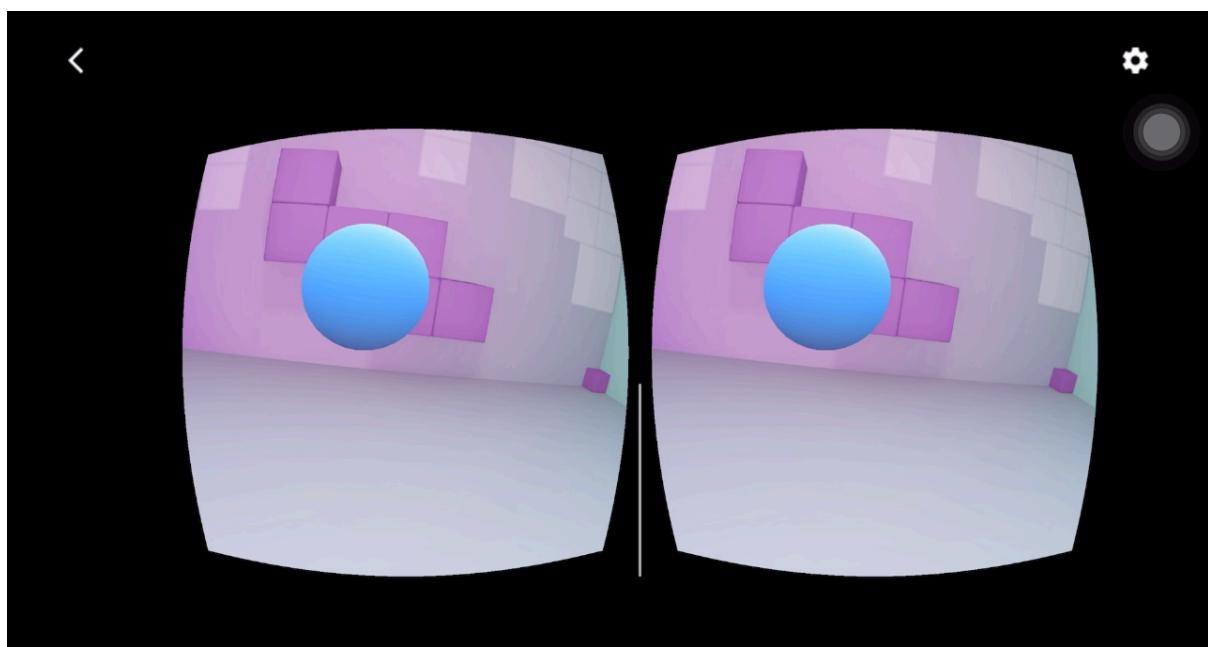
Android.

Chương trình trên Android hiện tại gặp khá nhiều lỗi tương thích.

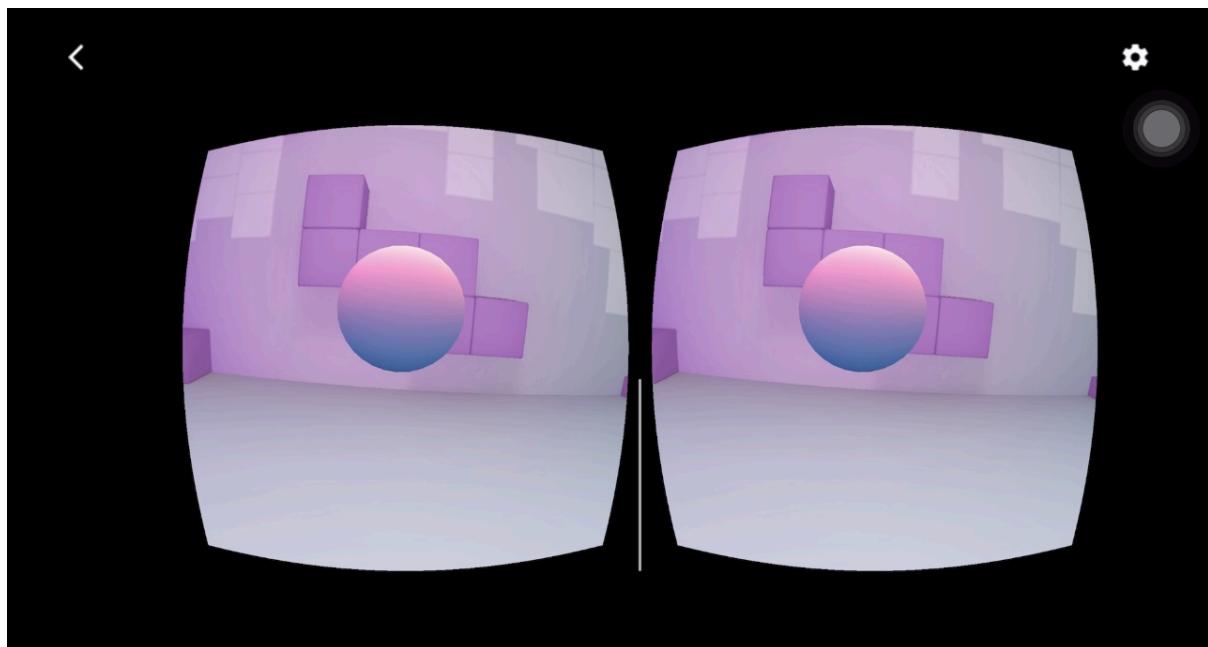
Một số hình ảnh.



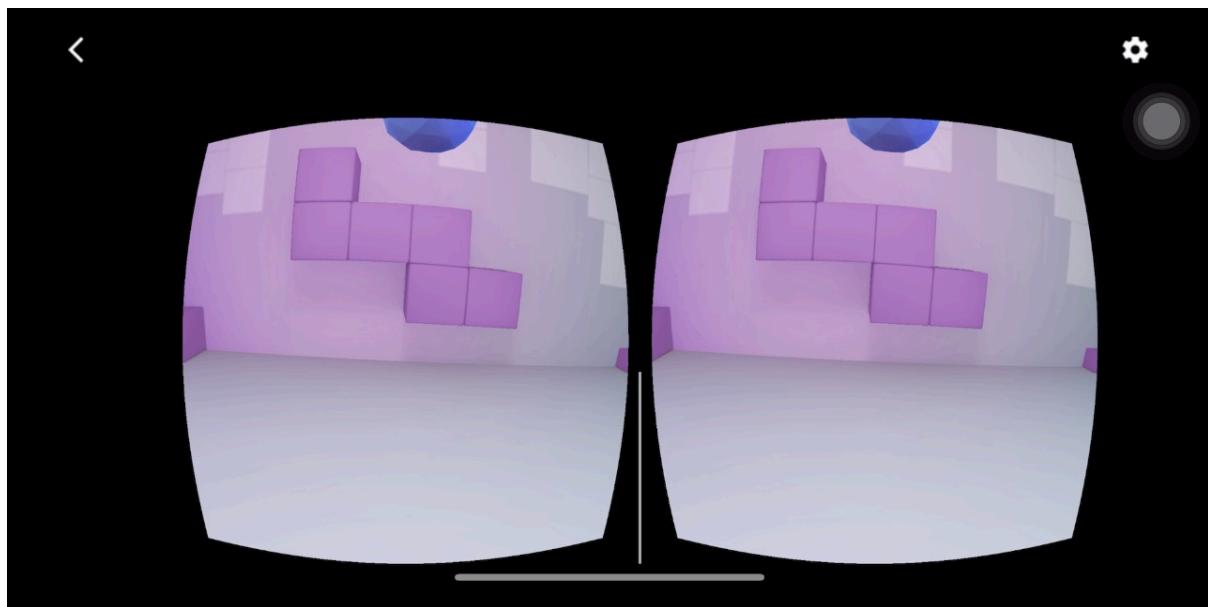
Hình 26: Người sử dụng kính VR Cardboard với iPhone.



Hình 27: Giao diện hiển thị trên màn hình với quả bóng xanh dương lơ lửng trong không gian ảo.



Hình 28: Quả bóng đổi màu hồng khi người dùng nhìn vào.



Hình 29: Người dùng bấm nút, quả bóng hồng biến mất, quả bóng xanh khác xuất hiện ở vị trí bên trên tâm nhìn.

Chương V. Kết luận và hướng phát triển

1. Kết luận

Qua quá trình nghiên cứu và thử nghiệm, đồ án đã giúp nhóm hiểu rõ cách sử dụng Cardboard SDK của Google để phát triển ứng dụng thực tế ảo (VR) đơn giản trên nền tảng điện thoại di động. Đặc biệt, ứng dụng HelloCardboard đã cung cấp cái nhìn sâu sắc về các tính năng cơ bản của Cardboard SDK như theo dõi chuyển động đầu, hiển thị hình ảnh nổi, và tương tác người dùng thông qua cảm biến trên kính Cardboard. Thủ nghiệm với kính VR Cardboard, một thiết bị giá rẻ và đơn giản, đã minh chứng cho khả năng mang lại trải nghiệm VR đáng chú ý mà không cần đầu tư vào các thiết bị cao cấp như Meta Quest hay PlayStation VR.

Thông qua việc xây dựng và thử nghiệm ứng dụng demo, nhóm đã đạt được những thành tựu sau:

1. Cài đặt môi trường phát triển: Tạo và cấu hình môi trường phát triển trên cả hai hệ điều hành iOS và Android, giúp hiểu rõ cách thức triển khai ứng dụng trên các nền tảng khác nhau.
2. Tải và xây dựng ứng dụng demo: Từ một ứng dụng cơ bản, nhóm đã có thể triển khai các tính năng VR cơ bản như theo dõi chuyển động đầu, hiển thị hình ảnh nổi và xử lý sự kiện người dùng.
3. Quét mã QR và thiết lập tham số kính Cardboard: Việc quét mã QR từ kính Cardboard giúp điều chỉnh các tham số thấu kính, mang lại trải nghiệm chính xác hơn cho người dùng.
4. Theo dõi chuyển động và hiển thị hình ảnh nổi: Phần mềm đã thực hiện việc xử lý chuyển động đầu qua các cảm biến của điện thoại, đồng thời tạo ra hiệu ứng 3D nổi, giúp người dùng có trải nghiệm thực tế ảo rõ ràng.

Dù gặp phải một số vấn đề tương thích trên Android, đặc biệt là các lỗi về tương thích phần cứng và phần mềm, nhưng những vấn đề này có thể giải quyết dần sau này.

2. Hướng phát triển

Mặc dù ứng dụng demo HelloCardboard đã thể hiện được những tính năng cơ bản của VR, nhưng vẫn còn rất nhiều cơ hội để mở rộng và nâng cao trải nghiệm người dùng. Một số hướng phát triển tiềm năng bao gồm:

1. Tăng cường tính tương tác:

- Thêm tính năng tương tác qua cảm biến khác: Mặc dù Cardboard SDK hỗ trợ cảm biến từ tính và cảm ứng, nhưng có thể tích hợp thêm các cảm biến khác của điện thoại để tăng cường tính tương tác như cảm biến gia tốc, con quay hồi chuyển hoặc thậm chí là các công nghệ nhận diện cử chỉ.
- Tích hợp điều khiển từ xa hoặc bộ điều khiển Bluetooth: Giúp người dùng có thể điều khiển ứng dụng mà không cần phải chạm vào điện thoại, tạo ra trải nghiệm VR mượt mà hơn.
- Cải thiện thời gian sử dụng của kính VR Cardboard: Tìm cách tối ưu hóa phần cứng của kính VR Cardboard để người dùng có thể sử dụng lâu dài mà không bị nóng hoặc gián đoạn.

2. Cải thiện hình ảnh và âm thanh:

- Tối ưu hóa chất lượng hình ảnh: Thực tế ảo yêu cầu chất lượng đồ họa cao để tạo ra trải nghiệm ấn tượng. Mặc dù Cardboard SDK sử dụng OpenGL ES 3.0 để hiển thị hình ảnh 3D, nhưng nhóm có thể nghiên cứu thêm các kỹ thuật đồ họa như cải thiện độ phân giải, ánh sáng và bóng đổ.
- Âm thanh vòm 3D: Tích hợp âm thanh vòm để tạo ra một trải nghiệm không chỉ về hình ảnh mà còn về âm thanh, làm cho người dùng cảm thấy như thật trong không gian ảo.

3. Tăng cường tương thích và tính nâng cao:

- Cải tiến tương thích với Android: Cải thiện các vấn đề tương thích trên nền tảng Android hiện tại, đặc biệt là các vấn đề liên quan đến phần cứng và các phiên bản Android khác nhau. Các bản cập nhật mới của SDK có thể giải quyết được những vấn đề này.
- Tích hợp thêm các thiết bị khác: Có thể mở rộng hỗ trợ cho các thiết bị VR giá rẻ khác ngoài Cardboard, hoặc nâng cấp hỗ trợ cho các thiết bị Android và iOS cao cấp hơn như Oculus Go hay Gear VR.

4. Ứng dụng thực tế ảo đa dạng:

- Chuyển đổi ứng dụng demo thành game VR: Một trong những bước phát triển tiếp theo là biến ứng dụng demo HelloCardboard thành một trò chơi thực tế ảo đầy đủ với các cấp độ, thách thức và vật phẩm thu thập.
- Tạo các ứng dụng không gian học tập hoặc mô phỏng: Sử dụng VR trong các lĩnh vực giáo dục hoặc đào tạo như mô phỏng các tình huống thực tế, chẳng hạn như huấn luyện công việc, khám phá không gian hoặc học tập trực quan.

Chương VI. Tham khảo

STT	Tên	Link
1	OCD Management Consulting (2024, September 24). <i>Báo cáo phân tích thị trường AR - VR tại Việt Nam</i> .	Link
2	Google, Cardboard SDK's API	Link
3	Ivan E. Sutherland 3D HMD	Link
4	Head tracking for Oculus Rift - LaValle et al. 2014	Link
5	Virtual Reality by Steven M. LaValle	Link
6	Gimbal lock	Link
7	Quaternion - 3blue1brown	Link