

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
Факультет інформаційних технологій**

Кафедра прикладних інформаційних систем

122 «Комп'ютерні науки»

(шифр і назва спеціальності)

«Прикладне програмування»

(назва освітньої програми)

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: «Комп'ютерна гра з використанням AR технологій»

Виконала _____
(Підпис)

Маковецький Микита Євгенійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник Сайко Володимир Григорович
(прізвище, ім'я, по батькові)

(Резолюція «До захисту»)

Попередній захист:

(Висновок: "До захисту в екзаменаційній комісії")

Завідувач кафедри _____ Плескач В.Л.
(Дата) (Підпис) (Прізвище, ініціали)

Київ – 2021

РЕФЕРАТ

Дипломна робота Маковецького Микити Євгенійовича, з теми «Комп'ютерна гра з використанням AR технологій», спеціальності комп'ютерні науки 122, освітня програма - прикладне програмування, містить: 45 сторінок, 39 рисунків, 23 літературних джерел. Метою роботи є дослідження і розробка гри з використанням AR технологій для смартфона. Об'єкт дослідження – відеоігри з AR. У результаті дослідження було проаналізовано нинішній стан індустрії в контексті використання AR, технічні та програмні засоби цієї сфери та більш детально щодо платформи для розробки проекту. Створено прототип комп'ютерної гри на основі досліджень. Розробка велась за допомогою засобів двигуна Unreal Engine, на основі ARCore від Google для платформи Android.

Ключові слова: доповнена реальність, Android, Unreal Engine.

ABSTRACT

The graduation work of Makovetskyi Mykyta, on the topic “Computer game with AR”, specialty computer science 122, educational program - applied programming, contains 45 pages, 39 drawings, 23 literary sources. The work aims to research and develop a game using AR technologies for a smartphone. The object of research is video games with AR. The study analyzes the current state of the industry in the context of AR technology, hardware, and software in this area and gives a more detailed view about the platform for project development. A prototype computer game based on research has been created. Development was carried out using the Unreal Engine, based on Google's ARCore for the Android platform.

Keywords: augmented reality, Android, Unreal Engine.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	2
ABSTRACT	3
ЗМІСТ	4
ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 - АНАЛІЗ СУЧАСНИХ РІШЕНЬ	7
1.1 - Пристрої.....	7
1.2 - Сучасні лідери серед розумних окулярів	9
1.2.1 - Microsoft Hololens 2.....	9
1.2.2 - Google Glass for Enterprise Edition 2.....	12
РОЗДІЛ 2 – ІНСТРУМЕНТАРІЙ РОЗРОБНИКА.....	15
2.1 – Фреймворки для AR розробки для смартфонів	15
2.1.1 - Можливості ARKit.....	15
2.1.2 - Можливості ARCore	18
РОЗДІЛ 3 - СТВОРЕННЯ ПРОТОТИПУ	24
3.1 – Unreal Engine	24
3.1.1 - Blueprints.....	25
3.1.2 - Actors.....	27
3.2 - Реалізація.....	30
ВИСНОВОК.....	41
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	42

ВСТУП

В сучасному світі бурхливого розвитку різноманітних технологій ми майже кожен день бачимо новини про нові перспективні розробки та те, як вони вплинуть на наше життя. Такі новини можна було б сприйняти за казочки, якби ми своїми очима не бачили б, як такі технології вже суттєво змінили нашу повсякденність: ШІ (AI – Artificial Intelligence – штучний інтелект), розпізнавання об'єктів, розуміння людської мови, хмарні сервіси, персональні підлаштування систем під користувача, Big Data, тотальна глобалізація та «інтернетифікація» суспільства. Все це корінно змінило наше життя та буде продовжувати змінювати, ба навіть з нарощенням темпу. І ці зміни неприпустимо ігнорувати. Потрібно дивитися у майбутнє та робити кроки назустріч вже зараз.

Такі перспективні технології як інтерфейси мозок-комп'ютер, AR (Augmented Reality – доповнена реальність) та подальша інтеграція розвинутих повсякденних девайсів та персональних асистентів на їх платформі (нове покоління персональних девайсів, що замінять смартфони та будуть ще тісніше інтегровані в наше життя) пророчать корінну зміну нашого життя в найближчому майбутньому.

До переходу наших гаджетів в новий форм фактор та нового витку їх розвитку натякає стагнація нинішнього модельного ряду персональних гаджетів та деякі новини про розробки провідних компаній (приклад – AR окуляри від Apple (1)). З так званими нейроінтерфейсами ми знайомі вже декілька десятків років завдяки фантастам у жанрі кіберпанку та йому суміжних, а нині ми стаємо живими свідками втілювання цих фантазій у життя. Вже декілька років компанія Neuralink, всім відомого генія маркетингу Ілона Маска, демонструє свої досягнення у цьому напрямку. На прикладі макаки з вживленим в мозок чіпом дослідники демонструють ефективність їхньої розробки на тварині, що дуже подібна до людини (2), а у 2021 році планують провести дослідження з участю

людей (3). Проте, хоча ці технології і можуть увійти у наше життя незабаром, вони ще недоступні простій людині. Тому найцікавішим у цьому плані варіантом є AR, що доступний для більшості людей. Так - наразі дана технологія в повноцінному стані, в переважній більшості, є дуже специфічним інструментом для промисловості великого бізнесу (4) (5), адже пристрої та розробка ПО до них є дуже нішевими та дорогими, але все ж в більш простому вигляді AR можна «помацати» своїми власними руками завдяки головному гаджету останнього десятиліття - смартфону. Завдяки таким проектам як Google Lens, BBC's Civilisations AR, Quiver, IKEA Place, MeasureKit, Star Walk, інтеграціям з додатками Instagram, Snapchat, Google Translate та Maps, AR додатки приносять світу нову концепцію взаємодії з інформаційним світом та доводять його повноцінність. Серед ігор шаленою популярністю відзначилися інноваційні та захопливі AR ігри, такі як Pokemon GO (6), Harry Potter: Wizards Unite та Neyon Clash. Ніша AR ігор наразі є дуже перспективною та вільною, адже достойні проекти розробляють лише великі компанії, до того ж доволі рідко. Невеликих, експериментальних, цікавих проектів від малих студій наразі дуже мало, а інструменти розробки стають все більш дружніми до розробників та розширюють спектр підтримуваних девайсів (7) (8). Це все означає, що в найближчі декілька років на нас чекає бум AR проектів.

РОЗДІЛ 1 - АНАЛІЗ СУЧАСНИХ РІШЕНЬ

1.1 - Пристрої

Доповнена реальність - один із останніх і найбільш перспективних напрямків розвитку у технологіях. Однак ця концепція сягає 1900-х років, коли Говард Граб запатентував колімуючий відбивач (7). На відміну від VR (Virtual Reality – віртуальна реальність), доповнена реальність не пов'язана лише з гарнітурою і тестується скрізь, де ви можете собі уявити, від носимих пристроїв до проєкторів.

Хоча віртуальна реальність та змішана реальність (MR – Mixed Reality) також підпадають під той самий розширений спектр реальності, доповнена реальність має найбільший потенціал для масового споживання.

Типи AR:

Що стосується випадків використання, то зараз доступні чотири типи AR-пристроїв, як показано нижче:

- Головний дисплей (HUD - heads up display),
- Голографічний дисплей (holographic display),
- Розумні окуляри (smart glasses),
- Носимі пристрої (handheld).

HUD та голографічні дисплеї являються дуже старими та перевіреними часом технологіями, які використовуються як військовими провідних армій світу (9), так і поширюють свій вплив на звичайних людей. Гарним прикладом можна вважати використання HUD у автомобілях:



Рисунок 1 – HUD на лобовому стіклі авто

Більш екзотичними для сучасних людей є AR розумні окуляри, багато з яких намагалися продавати масовому користувачу, проте наразі найактуальнішим сегментом є різноманітні виробництва.

1.2 - Сучасні лідери серед розумних окулярів

Найкраща частина AR технології полягає в тому, що вона не потребує спеціального обладнання і може використовувати телефони, планшети та комп'ютери. З ростом мобільних телефонів скоро настане день, коли телефони, AR-окуляри та навушники будуть на одному рівні. Якщо розповідати про сегмент розумних окулярів, то насамперед про ці:

1.2.1 - Microsoft Hololens 2



Рисунок 2 – Microsoft Hololens 2

Це потужний голографічний автономний комп'ютер, еволюція попереднього HoloLens 1. Окрім інформації про навколишнє середовище, цей пристрій може виконувати багато інших функцій, яких саме, залежить від функції, для якої купуються окуляри (10).

На вигляд Microsoft Hololens 2 - це гарнітура, яку можна легко встановити зверху звичайних окулярів. Спеціальний механізм затягування та пристосування приладу до розміру та форми голови будь-якої дорослої людини дозволяє користуватися приладом практично будь-кому. Слід також зазначити, що гаджет відрізняється високою ергономічністю і простотою його носіння навіть дуже довго. Спеціальний цикл дозволяє Microsoft Hololens підняти 2 розумні окуляри над очима, не знімаючи шолома.

До складу апаратної складової входять процесори: графічний, центральний та спеціалізований голографічний процесор (HPU - Holographic Processing Unit) (11). Другий містить співпроцесор штучного інтелекту. Це дозволяє обійтися без надсилання зовнішніх даних у хмару при візуалізації. Навколишні предмети та середовища розпізнаються автономно, самим пристроєм.

Microsoft HoloLens 2 має 65-градусну область огляду. Це менше, ніж у шоломів віртуальної реальності. Також не доводиться говорити про периферичний зір. Це неминуча ціна за високу точність. Для HoloLens 2 роздільна здатність становитиме 47 пікселів на градус або ж 2К у аналогії зі звичайними моніторами. Щільність пікселів майже така ж сама, як у попередньої моделі, але вища, ніж у HTC Vive Pro (відомий шолом віртуальної реальності).

Пристрій може працювати близько 2-3 годин без зарядки. Точного часу сказати не можна. Як і у звичайного комп'ютера, це залежить від навантаження процесору та багатьох інших факторів. Звичайно, хотілося б мати якнайбільшу ємність акумулятору, але це неможливо здійснити без значних втрат в ряду інших важливих функцій. Блок живлення підключений до звичайного джерела живлення, має потужність 18 Вт і здатний подавати напругу 8 В при струмі 2А.

Умовно, можливості пристрою можна розділити на дві групи: аналіз людей та навколишнього середовища. Людський аналіз включає аналіз рухів рук, відстеження очей і голосових команд. Дуже важливо, що HoloLens 2 може відстежувати всі рухи рук. Це значно спрощує управління об'єктами з доповненої реальності.

Відстеження очей - це дуже ефективний спосіб створити відчуття фактичної присутності віртуальних об'єктів у користувача. Ця функція покращена в розумних окулярах цієї моделі. Окрім того, у Microsoft VR є система відстеження уваги користувачів, яка дозволяє дуже точно налаштувати пристрій практично для будь-якого програмного забезпечення.

Cortana, віртуальний голосовий помічник, полегшує виконання команд за допомогою людської мови. Правда, щоб це працювало, потрібно обов'язкове

підключення до Інтернету. Однак, враховуючи те, що продукт випущений для корпоративного використання, це не повинно бути проблемою.

Аналіз довколишнього середовища передбачає відстеження місця розташування без будь-яких просторових обмежень. Мережа довколишнього середовища змінюється в режимі реального часу. За допомогою спеціальної програми фотографії, відео, голограми та фізичне середовище утворюють єдину цілісність для користувача.

На додаток до вищезазначеного, вже встановлене програмне забезпечення дозволяє окулярам доповненої реальності виконувати функції організера, доступу до Інтернету та хмарного сховища. Підписники Dynamics 365 Remote Assist, завдяки цій службі можуть віддалено бачити зображення з різних місць, що в деяких випадках допомагає вирішити дуже складні проблеми. Підписка коштує 125 доларів на місяць.

Як щодо використання для ігор? На додаток до непомірних витрат для звичайної людини, невеликий кут огляду перешкоджає використанню склянки HoloLens 2 комфортно в іграх. Це, наприклад, не дозволяє змінити кут зору і повісити інформаційну дошку збоку для інформування, а гравцеві буде незручно постійно повертати голову щоб подивитись на інфотабло. Хоча творці намагалися максимально збалансувати центр ваги та максимально зменшити вагу, не можна сказати, що пристрій згодиться для ігор. Проте не для цього створювався цей девайс. Компанія зосередилася на іншій галузі застосування (12). По-іншому поки що неможливо, але все може змінитися в майбутньому.

В заключенні, аналізуючи особливості HoloLens 2, здається, що це – ще один проміжний продукт, ще один крок до дешевого, до того ж функціонального девайсу з доповненою реальністю, доступний кожному. Наразі Microsoft більше не орієнтована на ціни, а скоріш на вдосконалення технічних характеристик розумних окулярів та їх ергономіки.

1.2.2 - Google Glass for Enterprise Edition 2



Рисунок 3 – Google Glass Enterprise 2

На відміну від оригінального Glass, Glass for Enterprise Edition 2 був розроблений спеціально для бізнес-користувачів і пропонує кілька нових функцій для поліпшення спільної роботи, мобільності, продуктивності і ефективності на робочому місці. На даний момент такі компанії, як DHL, Boeing і AGCO, стверджують (13), що завдяки впровадженню Glass for Enterprise 2 в свою інфраструктуру вони домоглися підвищення операційних показників і ефективності.

Розумні окуляри Google Glass для Enterprise Edition 2 легкі, пило- і водонепроникні. На відміну від оригінальної моделі, Enterprise специфікація для Glass 2 має нові захисні рамки, досить міцні для використання в жорстких промислових умовах, таких як заводські цехи і будівельні майданчики. Google також додав в смарт-окуляри збільшену батарею, а також підтримку Android Enterprise Mobile Device Management, щоб підвищити мобільність і гнучкість для співробітників і віддалених користувачів в дорозі.

З точки зору зовнішнього вигляду, гладкий і стриманий дизайн Glass for Enterprise 2 дає йому значну перевагу перед іншими, більш громіздкими розумними окулярами, доступними в даний час на ринку, - хоча MicroLED від Vuzix і продукт співпраці Facebook з Luxottica можуть поконкурувати в цьому аспекті.

Хоча Google Glass Enterprise Edition 2 не сильно відрізняється за зовнішнім виглядом від оригінальної моделі, він все ж пропонує різкі відмінності в продуктивності. Ось деякі з основних функцій і характеристик (14):

- Платформа Qualcomm XR1,
- Дисплей RGB з роздільною здатністю 640 x 360 пікселів,
- 32 ГБ пам'яті,
- 8-мегапіксельна камера,
- Кут огляду по діагоналі 83°,
- Відео до 1080p30,
- Три мікрофона з формуванням променя,
- До 8 годин автономної роботи.

Перша відмінність, яку ми помічаємо в Enterprise for Glass 2, полягає в тому, що він побудований на платформі Qualcomm XR1, що дає йому значно більшу обчислювальну потужність, ніж оригінальна модель. Нові розумні окуляри також оснащені камерою 8МП, дисплеєм RGB з роздільною здатністю 640x360 пікселів, 32 ГБ пам'яті, датчиками моргання і підморгування, а також портом USB-C з більш широкими функціональними можливостями.

Ще одна велика відмінність від оригіналу полягає в тому, що Enterprise for Glass 2 був повністю побудований на Android, що значно спростило розробникам і організаціям інтеграцію існуючих додатків і API.

Як і його попередник, Glass for Enterprise 2 повністю управляється голосом, що означає, що користувачі, що працюють на передовій або в інших ролях, де рух від руки має важливе значення, можуть використовувати всі функції пристрою без зниження продуктивності.

Для того щоб придбати Glass для Enterprise Edition 2 для вашого бізнесу, вам знадобиться напряму зв'язатися з відділом продажів Google або одного з їх дилерів (15), так як пристрій недоступний для продажу на відкритому ринку. На даний момент гарнітура коштує приблизно 999 доларів за пристрій.

Загалом, Enterprise for Glass 2, являється продуктом розробленим спеціально для промислових вимог та являється найкращим прикладом того, що ще декілька років тому ринок та екосистема були повністю неготові до AR окулярів.

РОЗДІЛ 2 – ІНСТРУМЕНТАРІЙ РОЗРОБНИКА

2.1 – Фреймворки для AR розробки для смартфонів

Останнім часом до гонки зі створення найкращого AR девайсу приєднується все більше і більше компаній, у тому числі і головні технологічні корпорації як Facebook (16). Проте досі найдоступнішим пристроєм для AR для звичайного користувача являється смартфон. Таким чином, головними платформами для AR розробки для масового користувача являється Android від Google та iOS від Apple. Обидві компанії надали уніфікований інструментарій для розробки додатків з використанням AR, для Android – ARCore та для iOS – ARKit.

2.1.1 - Можливості ARKit

Набір інструментів ARKit, представлений розробникам на WWDC 2017 (17), - це новий погляд на технологію доповненої реальності. Розробка розпізнає розміри навколишнього простору та враховує умови освітлення для надійного включення віртуальних об'єктів у реальне життя. А сумісність з більшістю сучасних пристроїв iOS зробило ARKit найбільшою у світі платформою доповненої реальності.

Остання версія інструментарію – ARKit 4 (8) представляє новий API глибини, створюючи новий спосіб доступу до детальної інформації про глибину, зібраної на iPhone 12 Pro, iPhone 12 Pro Max і iPad Pro завдяки сенсору LiDAR. Якори місцезнаходження використовують дані з високою роздільною здатністю з Apple Maps для розміщення AR досвіду (AR experience) у ваших програмах на iPhone та iPad у певній точці світу. Підтримка відстеження обличчя тепер розповсюджується на всі пристрої з Apple Neural Engine та фронтальною камерою.

Розширені можливості розпізнавання сцени, вбудовані в сканер LiDAR, дозволяють Depth API використовувати інформацію про глибину навколишнього середовища по пікселям. У поєднанні з 3D mesh даними, створеними Scene Geometry, ці глибинні дані роблять оклюзію (object occlusion) віртуальних

об'єктів більш точною, дозволяючи миттєве розміщення віртуальних об'єктів та їх постійне змішування з фізичним середовищем. Це може покращити нові можливості у ваших програмах, наприклад, дозволити робити точніші вимірювання та застосовувати ефекти до середовища користувача.

Якори місцезнаходження дозволяють розміщувати досвід AR у певних місцях, таких як міста чи популярні місця. Якір розташування дозволяє встановити ваші твори AR у точних координатах широти, довготи та висоти. Користувачі можуть переміщатися по віртуальним об'єктам і бачити їх під різними кутами, як справжні об'єкти можна побачити крізь об'єкти камери.



Рисунок 4 – Демонстрація якорів місцезнаходження

Підтримка відстеження обличчя застосовується до фронтальної камери на будь-якому пристрої, базованому на чіпі A12 Bionic, включно з iPhone SE, так що ще більше користувачів можуть насолоджуватися AR досвідом за допомогою фронтальної камери. Відстежуйте три обличчя одночасно, з однієї фронтальної камери, задля таких застосунків як Memoji та Snapchat, за допомогою камери TrueDepth .

Датчик LiDAR дозволяє надзвичайно швидко виявляти площини, тим самим миттєво розташовувати AR-об'єкти в реальному світі без сканування. Миттєве розгортання AR вмикається автоматично для всіх програм, побудованих за

допомогою ARKit на iPhone 12 Pro, iPhone 12 Pro Max та iPad Pro, навіть без жодних змін коду.

Використовуйте всього одну камеру для відстеження рухів людини в режимі реального часу. Розуміючи положення тіла та рухів як серію суглобів та кісток, ви можете використовувати рух та пози для доступу до досвіду AR - розміщення людей у центрі AR. У всіх програмах, побудованих за допомогою ARKit, розрахунок висоти на iPhone 12, iPhone 12 Pro та iPad Pro покращений без будь-яких змін коду.

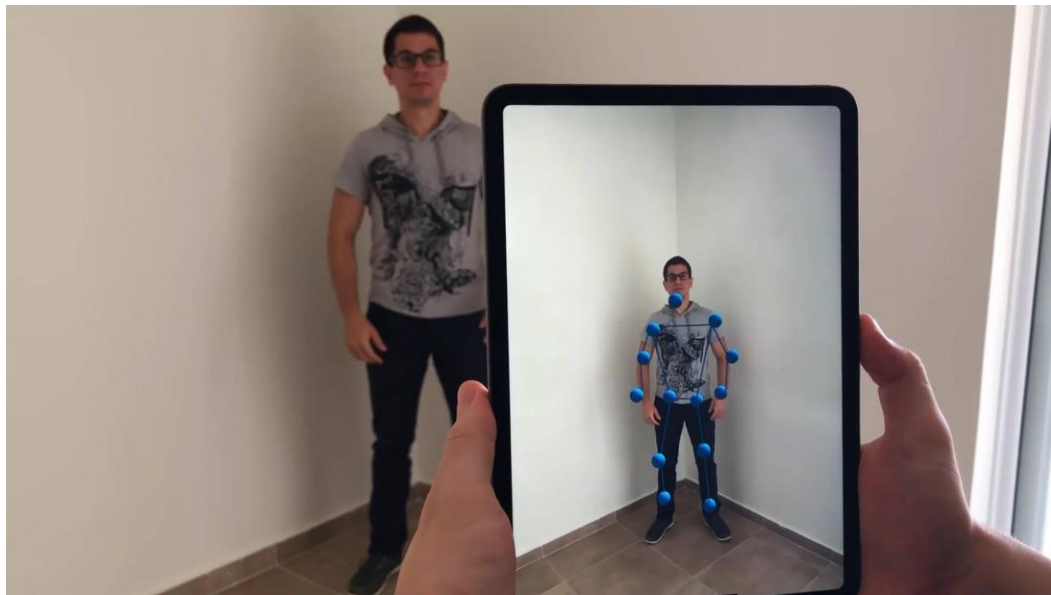


Рисунок 5 – Відстеження рухів тіла на iPad

ARKit Face Tracking буде відстежувати три обличчя одночасно на всіх пристроях з Apple Neural Engine та фронтальною камерою, щоб покращити AR-досвід, такий як Мемої та Snapchat.

Створіть топологічну карту вашого простору за допомогою ярликів, які позначають підлоги, стіни, стелі, вікна, двері та меблі. Більш глибоке розуміння реального світу відкриває просунуту оклюзію об'єктів та віртуальну фізику, а також надає вам додаткову інформацію для покращення робочих процесів AR.

Об'єкти в AR в реальному житті достовірним чином проходять позаду і перед людьми, поглиблюючи досвід AR та створюючи ефект зеленого екрану майже в будь-яких умовах. Оцінка глибини покращується на iPhone 12, iPhone 12

Pro та iPad Pro без зміни коду у всіх програмах, побудованих за допомогою ARKit.



Рисунок 6 – Розміщення AR об'єктів у просторі

Ви можете розблокувати нові можливості, одночасно спостерігаючи за обличчям та світлом на передній та задній камерах. Наприклад, користувачі можуть використовувати їхні обличчя одночасно із вмістом AR отриманого за допомогою задньої камери.

За допомогою багатокористувацького сеансу спільної роботи в прямому ефірі ви можете разом створити карту світу, яка покращує ваш досвід AR та доступ до спільного досвіду AR, такого як багатокористувацькі ігри для користувачів.

Одночасно визначаєте до 100 зображень і автоматично визначаєте фізичний розмір об'єкта на зображенні. 3D-виявлення об'єктів є більш надійним, оскільки об'єкти краще розпізнаються в складних умовах. І тепер машинне навчання використовується для швидкої ідентифікації навколишніх площин.

2.1.2 - Можливості ARCore

ARCore - це платформа Google для створення досвіду доповненої реальності (18). Використовуючи різноманітні API, ARCore дозволяє вашому телефону розуміти навколишнє середовище, розуміти світ та взаємодіяти з даними. Деякі API доступні на Android та iOS, щоб увімкнути спільний досвід AR.

ARCore використовує три ключові функції для інтеграції віртуального вмісту в реальний світ за допомогою камери вашого телефону:

- Відстеження рухів дозволяє телефону зрозуміти і відстежити своє положення щодо світу.
- Розуміння навколишнього середовища дозволяє телефону визначати розмір та розташування всіх типів поверхонь: горизонтальних, вертикальних та кутових поверхонь, таких як підлога, журнальний столик або стіни.
- Оцінка освітленості дозволяє телефону оцінити поточні умови освітлення навколишнього середовища.

В основному ARCore робить дві речі: відстежує рух мобільного пристрою та формує власне розуміння реального світу.

Технологія відстеження руху ARCore використовує телефонну камеру для зйомки цікавих точок, які називаються функціями (features), і відстеження руху цих точок з часом. Використовуючи комбінацію руху цих точок та показань з інерційних датчиків телефону, ARCore визначає положення та напрямок телефону під час руху в просторі.

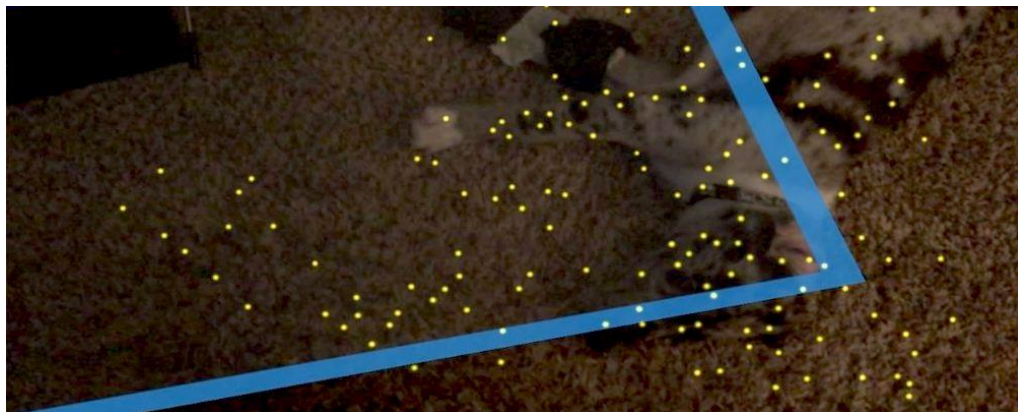


Рисунок 7 – Функціональні точки проєктовані на простір

На додаток до визначення ключових точок, ARCore може виявляти рівні поверхні, такі як стіл або підлога, а також оцінювати середнє освітлене оточення. Разом ці можливості дозволяють ARCore формувати власне розуміння навколишнього світу.

Розуміння ARCore реального світу дозволяє розміщувати об'єкти, коментарі чи іншу інформацію ніби вони нерозривно пов'язані із реальним світом. Можна покласти простирадло кошениці в кут журнального столика або прокоментувати малюнок біографічними даними про художника. Відстеження рухів означає, що ви можете обернутися і побачити ці предмети з будь-якого кута, і навіть якщо ви обернетесь і вийдете з кімнати, це буде те місце, де ви залишили кошеницю або прокоментували, коли повернетесь.

Використовуючи базову камеру RGB пристрою, що підтримує ARCore, він може створювати карти глибини, зображення, що містять інформацію про відстань між поверхнями від певної точки. Ви можете використовувати інформацію, надану картою глибин, щоб забезпечити глибокий і чіткий досвід клієнтів, наприклад, віртуальні об'єкти, що чітко стикаються зі спостережуваними поверхнями або з'являються перед або поза реальними об'єктами.

ARCore може виявляти інформацію про навколишнє середовище та регулювати середню інтенсивність та кольори наданого вам зображення камери. Ця інформація дозволяє посилити ваше відчуття реалізму, висвітлюючи ваші віртуальні об'єкти в тих самих умовах, що і навколишнє середовище.

ARCore використовує хіттести (hittesting), щоб отримати координату (x, y), відповідно до екрану телефону (забезпечується дотиком або будь-яким іншим ефектом, який хоче підтримувати ваш додаток), і проєктує промінь з виду об'єктиву камери, повертає будь-яку площину або промінь, що перетинається, і також положення цього перетину у світовому просторі. Це дозволяє користувачам вибирати навколишні предмети або взаємодіяти іншими способами зі світом.

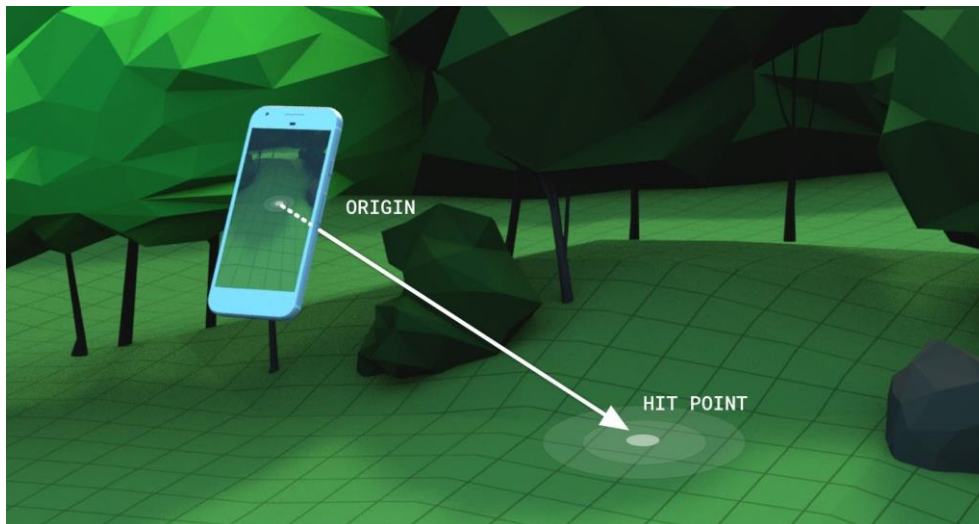


Рисунок 8 – Відстеження перетину віртуальних променів з реальним світом

Орієнтовані точки дозволяють розміщувати віртуальні об'єкти на кутових поверхнях. Коли ви проводите хіттест, який повертає точку об'єкта, ARCore розглядає властивості, розташовані поруч, і використовує їх для спроби оцінити кут поверхні в цій точці об'єкта. Потім ARCore повертає позицію з урахуванням цього кута.

Оскільки ARCore використовує скупчення точок об'єктів для визначення кута поверхні, нетекстуровані поверхні, такі як біла стіна, можуть бути невірно визначені.

Позиції можуть змінюватися, оскільки ARCore постійно покращує розуміння свого становища у навколишньому середовищі. Коли ви хочете розмістити віртуальний об'єкт, вам потрібно позначити якір, щоб ARCore відстежував місце розташування об'єкта з часом. Часто ви створюєте прив'язку на основі позиції, повернутої за допомогою хіттесту.

Те, що позиції можуть змінюватися означає, що ARCore може оновити розташування об'єктів у просторі, таких як площини та функціональні точки з часом. Площини та точки - це особливий тип об'єктів, який називають відстежуваними. Як випливає з назви, це об'єкти, які ARCore відстежує з часом. Ви можете встановити віртуальні об'єкти на певних відстежуваних об'єктах, щоб забезпечити стабільність взаємозв'язку між вашим віртуальним об'єктом і об'єктом, який спостерігається, при русі пристрою. Це означає, що якщо ви

розмістите віртуальну фігурку Android на робочому столі, ARCore все одно залишить фігурку поверх робочого столу, якщо пізніше ARCore відрегулює стан площини, пов'язаної з робочим столом.

Доповнені зображення - це функція, яка дозволяє створювати додатки AR, які реагують на чіткі двовимірні зображення, наприклад, упаковку продуктів або афіші фільмів. Користувачі можуть почати досвід AR, коли фокусують свою камеру на чітких зображеннях, наприклад, вони можуть спрямовувати свої камери на афішу фільму та відображати будь-якого персонажа та сцену.



Рисунок 9 – Проекція простої гри за допомогою доповненого зображення ARCore також відстежує рухомі зображення, наприклад рекламний щит поруч із рухомим автобусом.

Щоб створити базу даних фотографій, ви можете збирати фотографії в автономному режимі або додавати окремі фотографії з пристрою в режимі реального часу. Після реєстрації ARCore визначає ці зображення, межі зображень та повертає відповідну позу.

API ARCore Cloud Anchor дозволяє створювати спільні або багатокористувацькі програми для пристроїв Android та iOS. Використовуючи Cloud Anchors, один пристрій надсилає якорі та сусідні функціональні точки до хмари для розміщення. Цими якорями можна надати доступ іншим користувачам на пристроях Android або iOS у тому ж середовищі. Це дозволяє користувачам одночасно мати однаковий досвід AR, показуючи однакові 3D-об'єкти, прикріплені до цих якорів.

ARCore працює не на всіх девайсах (19), оскільки на відміну від Apple ОС Android виконується не лише на пристроях Google. Для використання засобів ARCore пристрій має бути в списку сумісних пристроїв. Сертифікація важлива, оскільки у Google намагаються, щоб користувачі мали хороший досвід роботи з вашим додатком AR. Це насамперед пов'язано з чутливим відстеженням руху, яке поєднує введення зображення з камери та введення датчика руху, щоб визначити, як пристрій користувача рухається навколо реального світу.

Для сертифікації кожного пристрою Google перевіряють якість камери, датчиків руху та архітектури дизайну, щоб переконатися, що вони працюють належним чином. Крім того, пристрій повинен мати досить потужний процесор, який інтегрується з апаратною конструкцією, щоб забезпечити хорошу продуктивність та ефективні розрахунки в режимі реального часу.

Google постійно співпрацюють з виробниками, щоб переконатися, що їх обладнання та конструкція відповідають цим вимогам. У той же час вони працюємо внутрішньо, щоб переконатися, що ARCore добре інтегрується з кожною сертифікованою моделлю, щоб забезпечити кращий досвід для користувачів.

РОЗДІЛ 3 - СТВОРЕННЯ ПРОТОТИПУ

3.1 – Unreal Engine

Для створення робочого прототипу для демонстрації можливостей взаємодії в AR я обрав Unreal Engine версії 4.26.X. Як цільову платформу – Android та в якості цілі для запуску – смартфон Google Pixel 3, що підтримує фреймворк Google ARCore (20).

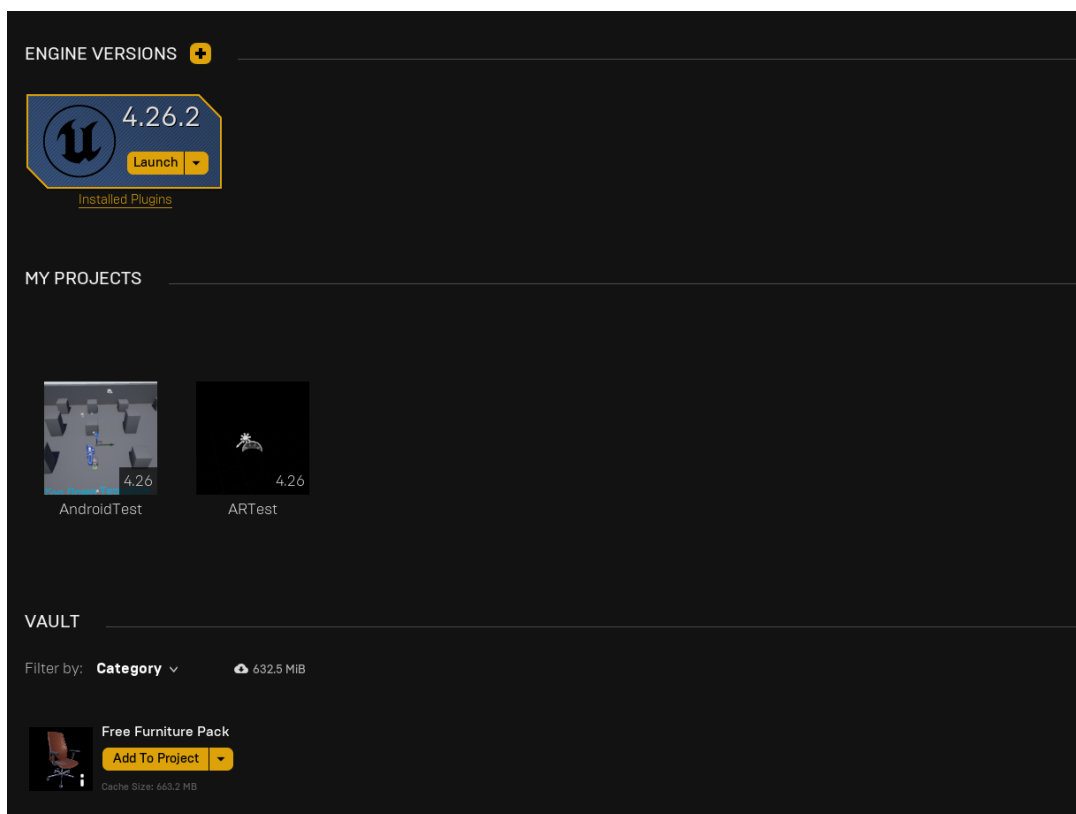


Рисунок 10 – Середовище запуску двигуна

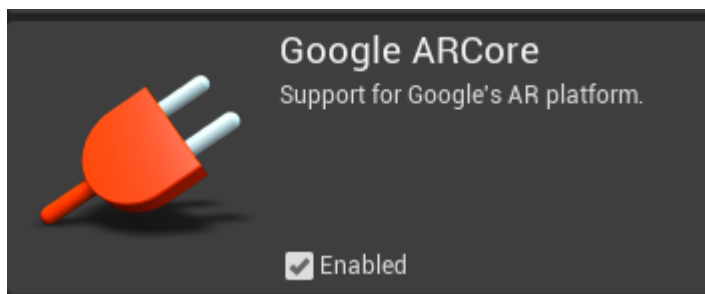


Рисунок 11 – Плагін ARCore для двигуна

Unreal Engine - це ігровий двигун, до якого можуть отримати доступ як AAA розробники так і новачки ігор. Створюючи складну та масштабну гру, ви, мабуть, користалися б вбудованою підтримкою C++ від Unreal для глибокого контролю над системами двигуна. Але програмування для початківців можна вважати дуже складним завданням, особливо якщо їм потрібно вивчити двигун з початку. Тут будуть корисні шаблони (blueprint). Blueprints - це система візуального сценарію Unreal Engine (21).

3.1.1 - Blueprints

Візуальний сценарій - це те, що ви можете створити логікою для вашої гри (як програмування), але у візуальній формі. У Unreal шаблони використовують взаємопов'язані вузли. Ці вузли можуть бути подіями (тобто, наприклад коли ви натискаєте клавішу пробілу), діями (наприклад пересунути гравця сюди), умовами (наприклад, чи дорівнює воно до цього?) тощо. Вузли також можуть мати вхід і вихід. Ви надаєте вузлу деякі вхідні значення, він обчислює те, що ви хочете, а потім повертає деякі результати для використання.

Однією з концепцій імпорту шаблонів є контроль потоку. У програмуванні код читається зверху вниз, обчислюючи все на шляху. Те саме стосується шаблонів, проте ми можемо керувати розвитком потоку. Вузли можуть мати вхід, вихід або обидва для протікання потоку. Наприклад на малюнку нижче ви можете бачити, що у нас є різні вузли, з'єднані білими лініями. Ці білі лінії керують потоком і повідомляють компілятору, які вузли запускати. Представити це можна як електричний струм, а білі лінії підтримують вузли на своєму шляху.

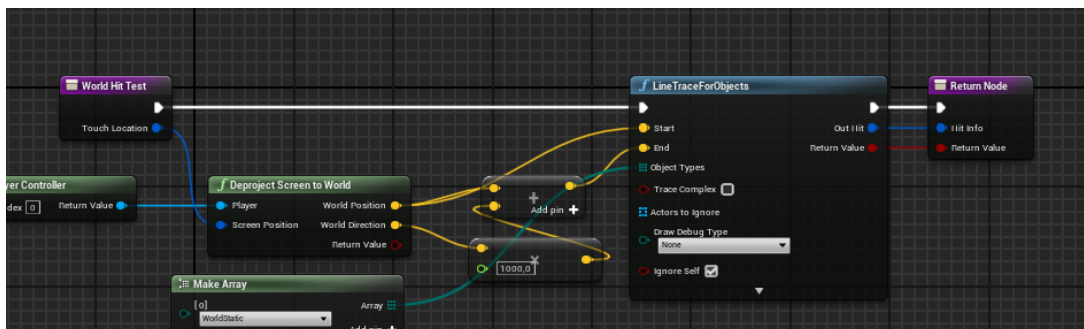


Рисунок 12 – Потік піде за верхньою лінією (білою)

Ви помітите, що деякі вузли мають кольорові роз'єми ліворуч / праворуч. Це вхідні та вихідні значення. Вузли можуть отримувати дані для використання, наприклад, на вузлі DestroyActor. Цей вузол приймає Target і видаляє цей об'єкт. Деякі вузли мають як вхід, так і вихід. Він приймає деякі значення, використовує їх для обчислення чогось, а потім виводить результат.

Ви можете поєднати велику кількість цих вузлів, встановлюючи цикли, функції та події, як у мові програмування.

Ось ще один приклад шаблону. Коли ми натискаємо пробіл (запускає вузол пробілу), ми піднімаємось у повітря. Потім вузол затримки утримує потік протягом 1 секунди, а потім відправляє нас назад.

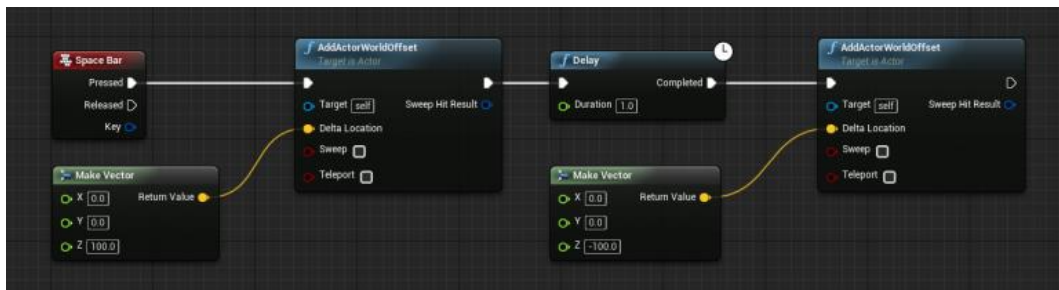


Рисунок 13 – Приклад базового шаблону

У Unreal у нас є вибір між шаблонами та програмуванням на C++, але який із цих підходів слід використовувати? Під час роботи з двигуном використання шаблонів може стати прекрасним способом розпочати розробку гри без необхідності вчитися програмуванню. Якщо ви коли-небудь хотіли створити більш складну / масштабну гру або хочете працювати в цій галузі, наступним кроком може стати вивчення програмування (22).

Якщо у вас є щось, що ви хочете створити в Unreal, тоді ви, мабуть, можете це зробити за допомогою шаблонів. Контролери гравців, вороги штучного інтелекту, машини тощо. Система планування є дуже потужною і має безліч вузлів для використання. Те, що ви створюєте, обмежується тим, чого ви не знаєте, тому я пропоную вам просто пограти з двигуном і спробувати створити власні шаблони. Прекрасним способом розпочати роботу буде огляд шаблонів

проектів, що поставляються з Unreal. Існує кілька різних ігор, кожна зі своїми системами - всі створені за шаблонами (23)!

3.1.2 - Actors

Гравець - це будь-який об'єкт, який розміщений на рівні, наприклад, камера, статична сітка або початкова точка гравця. Гравці підтримують зміни формату 3D, такі як трансляція, обертання та масштабування. Їх можна створювати та видаляти за допомогою ігрового коду (C++ або Blueprints).

У C++ AActor є основним класом усіх акторів.

Незалежно від типу актора, який ви використовуєте на своєму рівні - будь то світло, статична сітка, актор системи випромінювання частинок або щонебудь ще - вам потрібно знати кілька основ, щоб створити їх та керувати ними.

Сюди входять кілька цілісних завдань: Розміщення гравця, Вибір гравця, Розміщення гравця та Зміна гравця. Іншими словами, для створення рівня актори розміщуються на карті, переміщуються для створення середовища, а їх властивості змінюються таким чином, щоб змусити їх виглядати або поводитися належним чином.

При створенні нового проекту рівень, який ви завантажуєте під час відкриття проекту, - це, як правило, чистий аркуш. Щоб створити бажане середовище або наповнити світ, потрібно поставити акторів на рівень. Ви можете зробити це двома різними способами, обидва включаючи використання браузера вмісту, і в результаті можна створити новий програвач. Потім можна перемістити кожен рівень або змінити його властивості.

Інтерфейс для взаємодії з акторами простий та зрозумілий для будь кого хто раніше мав справу з ігровими двигунами. Для вибору актору для розміщення формується зручна бібліотека що містить усі наявні варіанти та організована зважаючи на вподоби розробника.

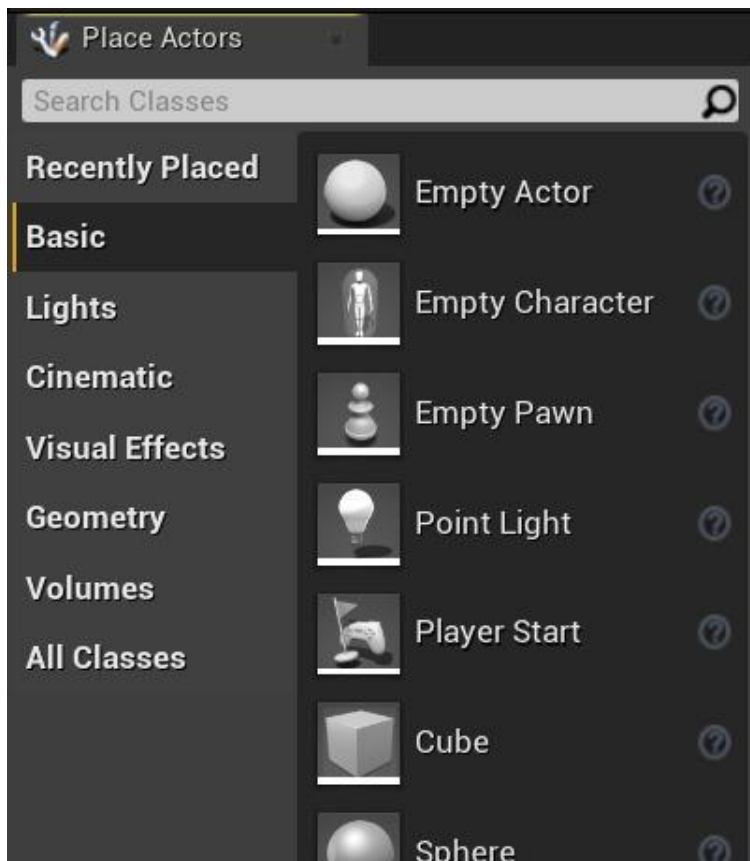


Рисунок 14 – Панель розташування акторів

Ці ярлики дозволяють швидко фільтрувати потрібний тип об'єкта:

- Нещодавно опубліковані - Включає історію до 20 типів,
- Основні - Включає загальні типи, такі як тригери, камери тощо,
- Світло - Включає всі типи світла,
- Камери - Включає кінокамеру та пов'язані типи акторів,
- Візуальні ефекти - Загальні зображення, такі як туман, наклейки тощо,
- Геометрія - Включає всі примітивні типи геометрії пензля,
- Аудіо- Включає всі типи аудіо для розміщення,
- Усі класи - Включає всіх типів акторів, яких потрібно розмістити.

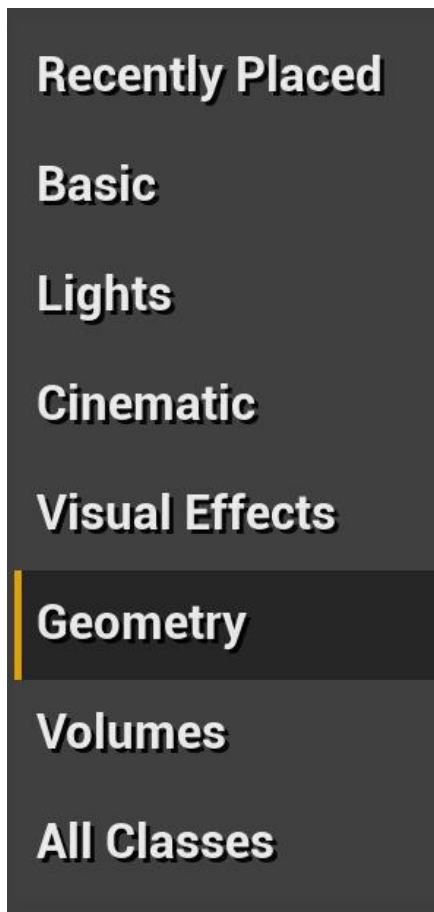


Рисунок 15 – Список категорій

3.2 - Реалізація

Структура проєкту містить декілька дерикторій для організації ресурсів:

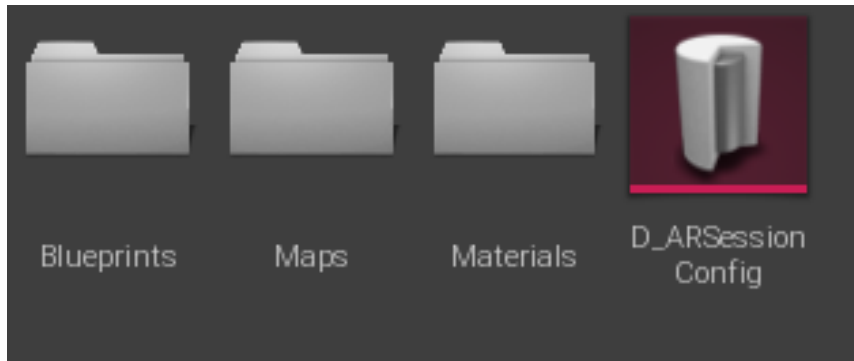


Рисунок 16 – Структура файлів проєкту

У теці Materials знаходяться ресурси для надання віртуальним об'єктам оточення кольору. Тека Maps містить налаштування мап. У теці Blueprints містяться основні шаблони логіки. Файл конфігурації D_ARSessionConfig містить у собі головні налаштування для AR режиму.

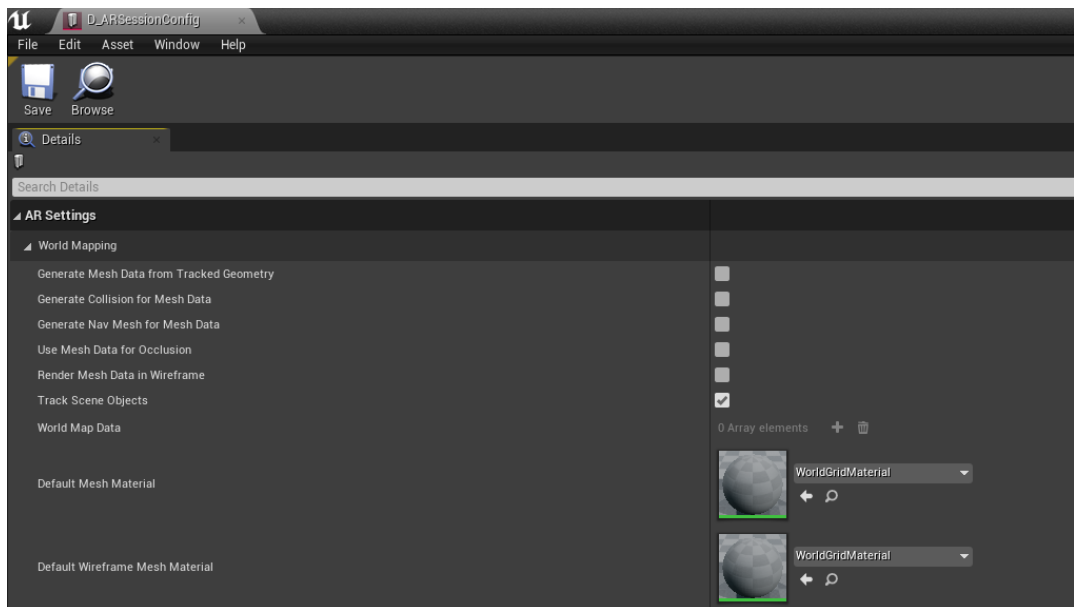


Рисунок 17 – Налаштування орієнтування світу

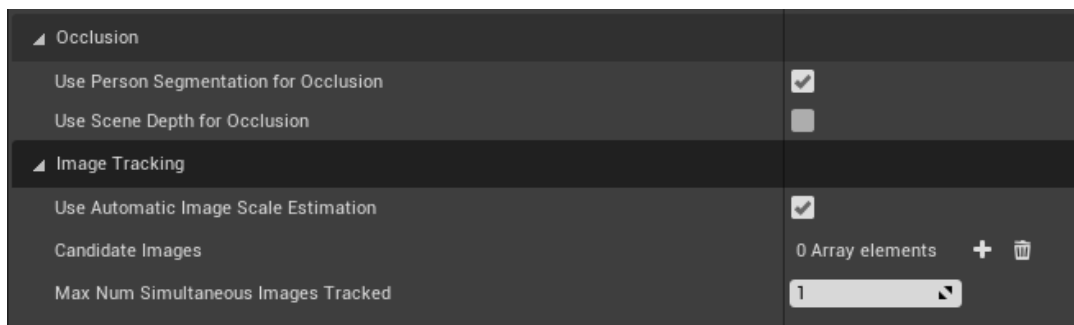


Рисунок 18 – Налаштування оклюзії та відстеження картинок

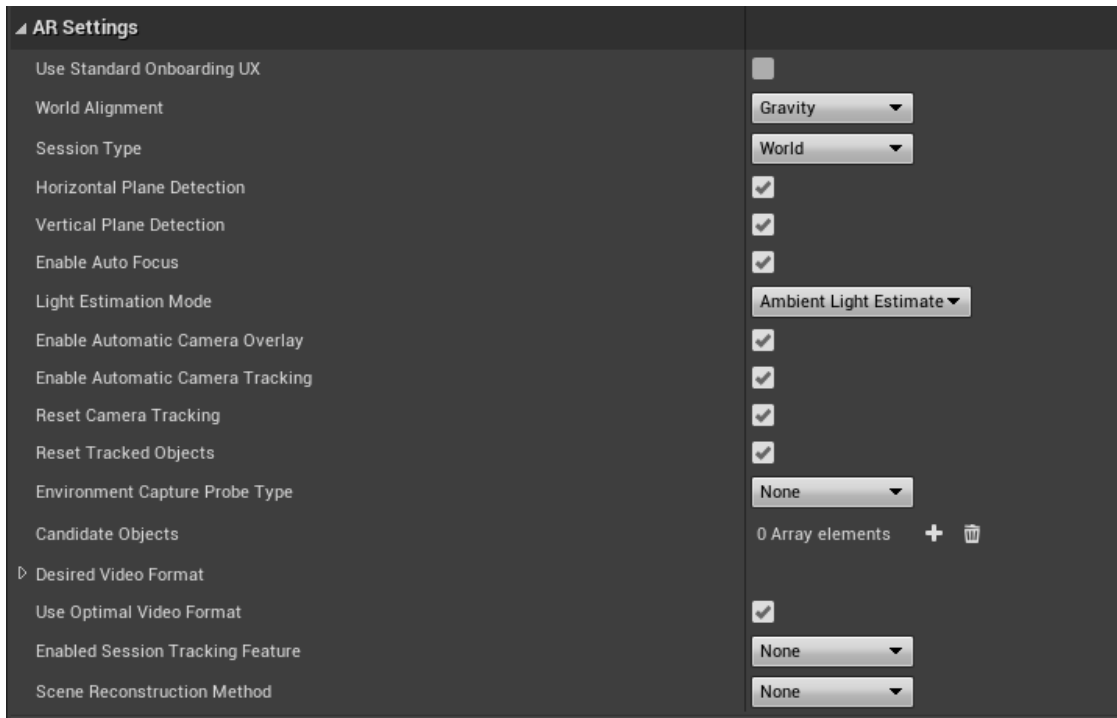


Рисунок 19 – Основні налаштування AR

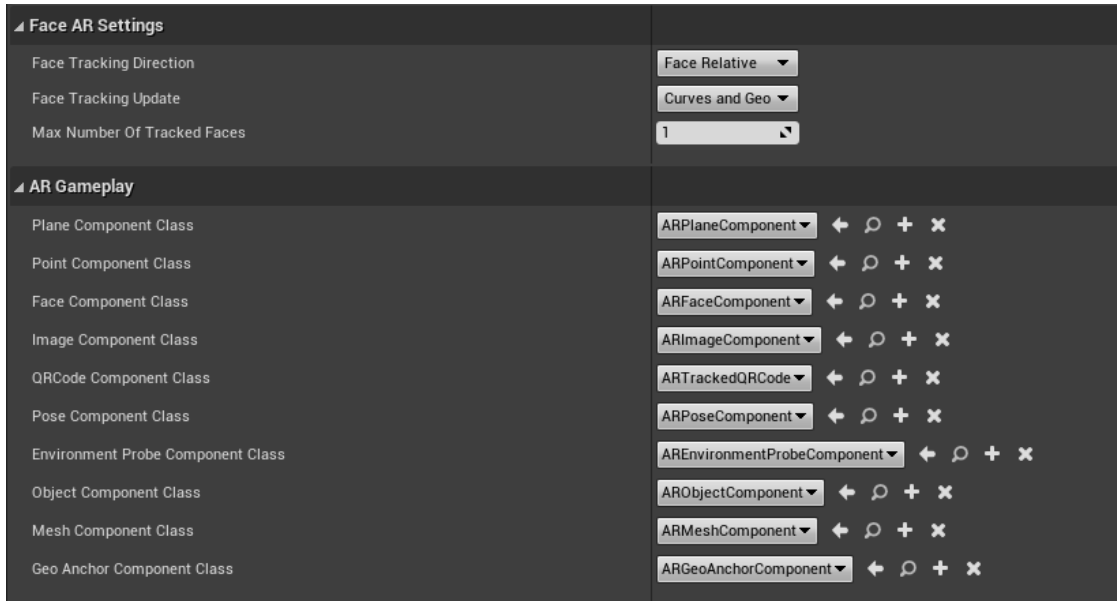


Рисунок 20 – Налаштування для відслідковування обличчя та встановлення основних класів для роботи з модулями фреймворку (постачаються за замовчуванням з двигуном)

Файли у теці Blueprints поділяються на три теки:

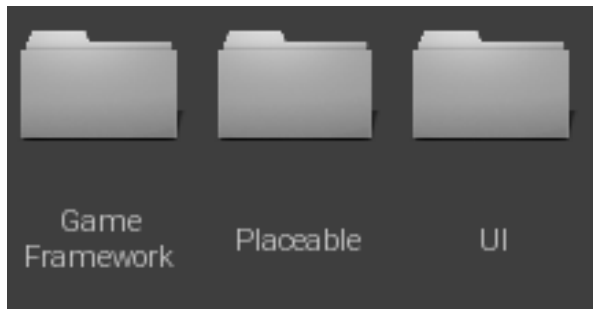


Рисунок 21 – зміст теки Blueprint

- Game Framework – основні сутності для ігрового режиму,
- Placeable – предмети, що розташовуються у світі ,
- UI – користувацький інтерфейс.

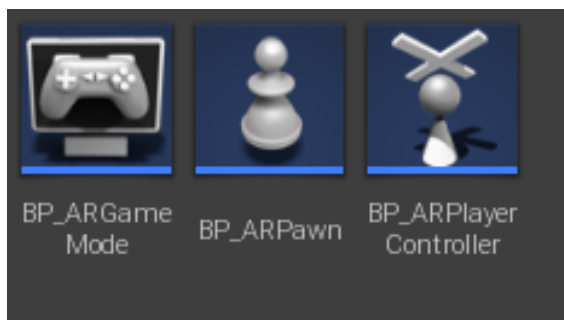


Рисунок 22 – Вміст дерикторії Game Framework

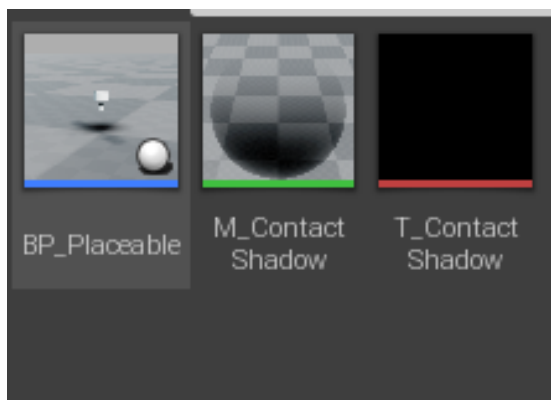


Рисунок 23 – Вміст дерикторії Placeable

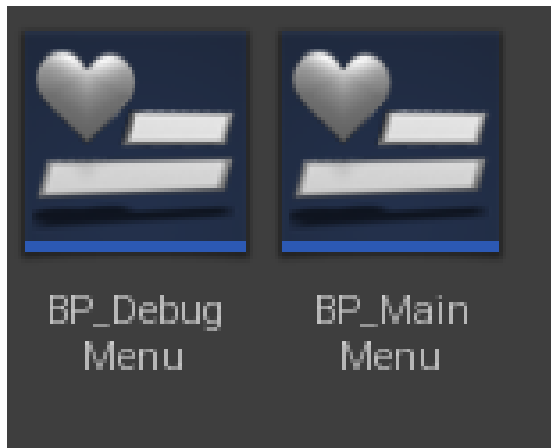


Рисунок 24 – Вміст дерикторії UI

Розглянемо роботу з акторами на прикладі BP_Placeable:

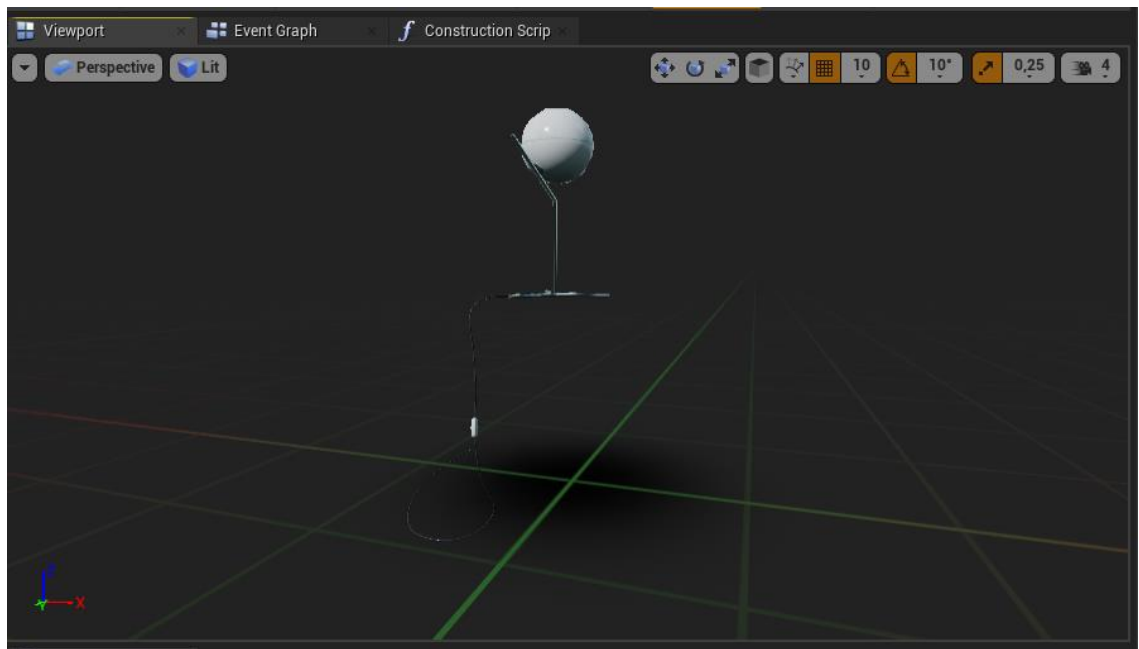


Рисунок 25 – Вигляд у вьюпорті моделі

Алгоритм його створення:

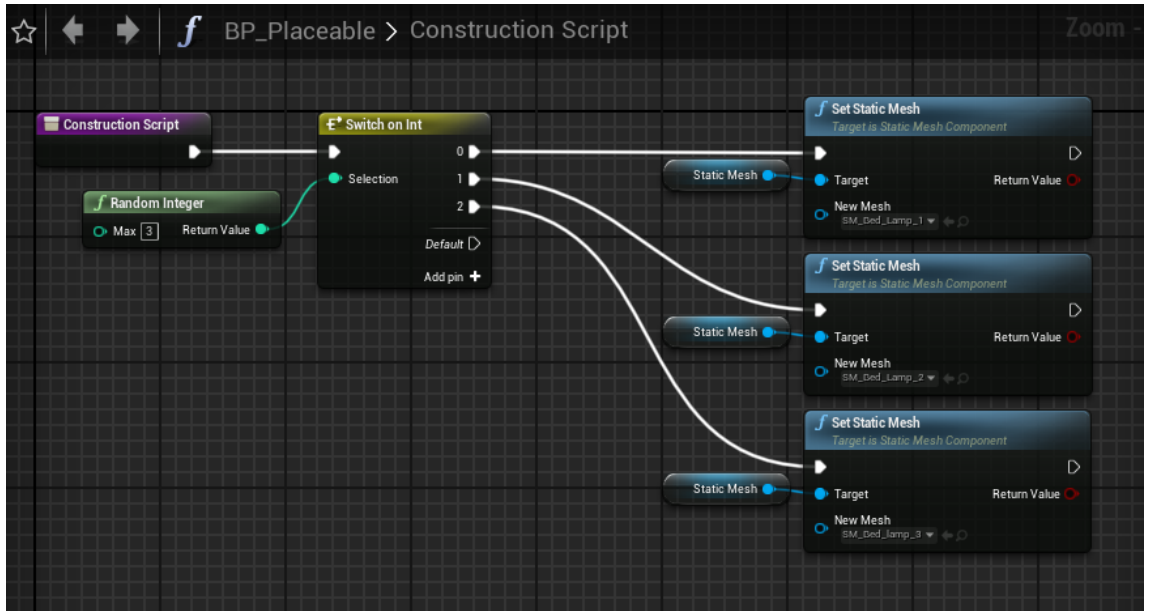


Рисунок 26 – Скрипт при створенні об'єкту

При створенні об'єкту випадковим чином обирається та встановлюється його модель.

В графі подій розташовується логіка для даної сутності:

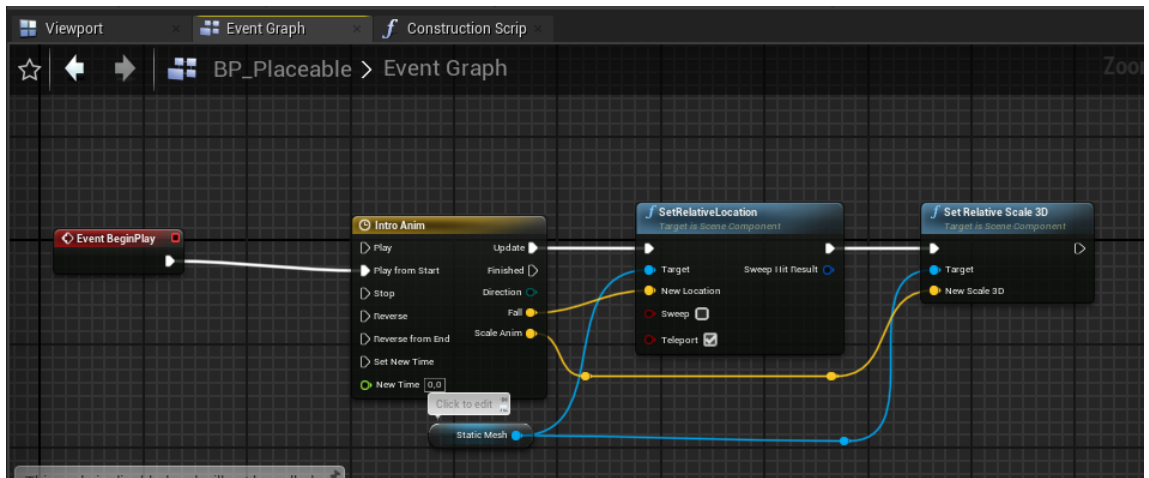


Рисунок 27 – Код логіки для об'єкту

Вона активується при створення об'єкту.

Розглянемо редактор інтерфейсу на прикладі головного та відлагодного меню:

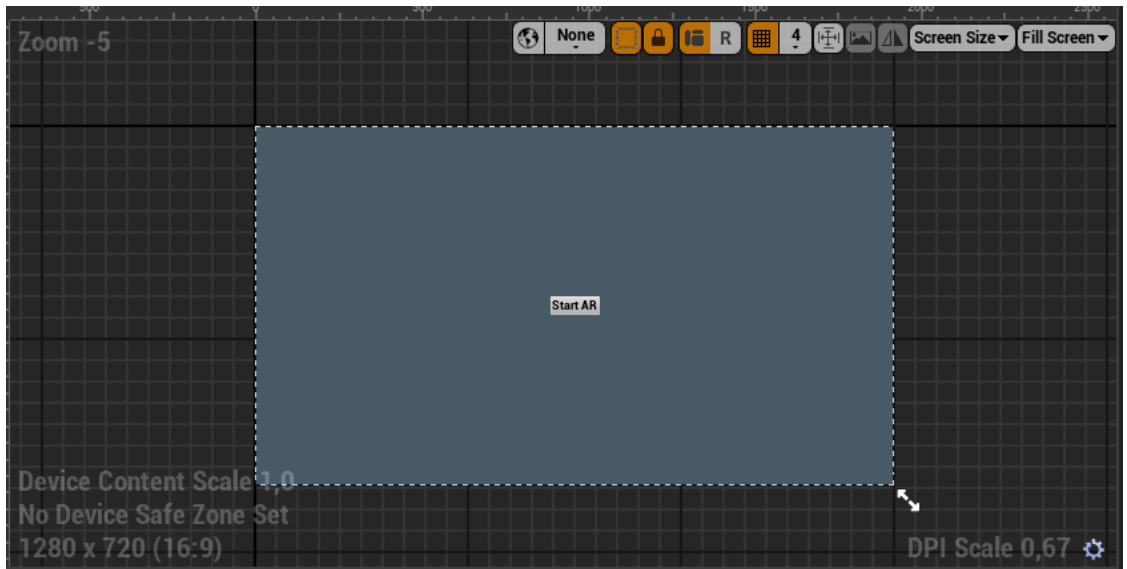


Рисунок 28 – Головне меню

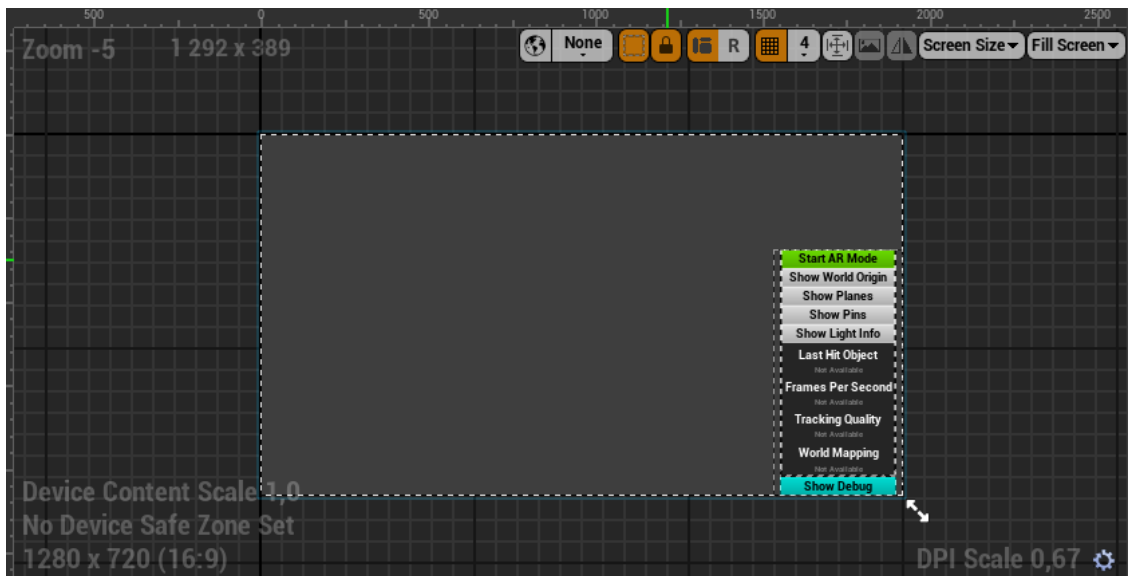


Рисунок 29 – Відладочне меню

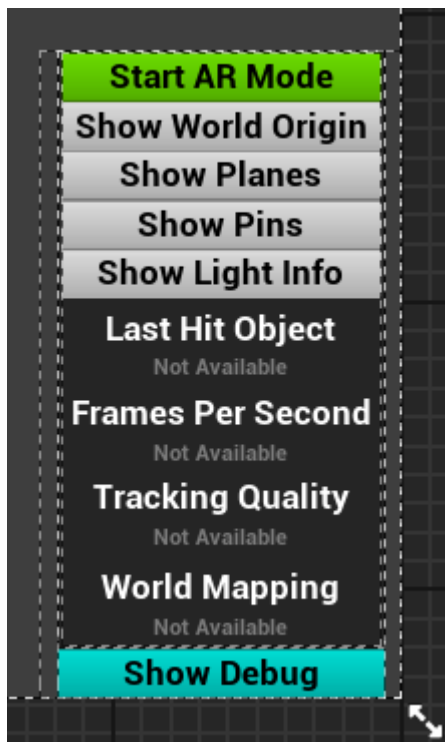


Рисунок 30 – Вигляд відладочного меню (англійською мовою)

Опис елементів меню:

- Start AR Mode – запускає AR режим,
- Show World Origin – вмикає відображення нульової точки координат в світі,
- Show Planes – вмикає відображення площин,
- Show Pins – вмикає відображення якорів,
- Show Light Info – вмикає відображення інформації про освітлення,
- Last Hit Object – інформація про об'єкт якого користувач торкнувся останнім (це може бути як віртуальний об'єкт, так і точка з реального світу),
- Frames Per Second – кількість кадрів за секунду,
- Tracking Quality – інформація щодо якості відстеження оточення,
- World Mapping – інформація щодо статусу розпізнавання світу.

Шаблони, що обробляють дане меню:

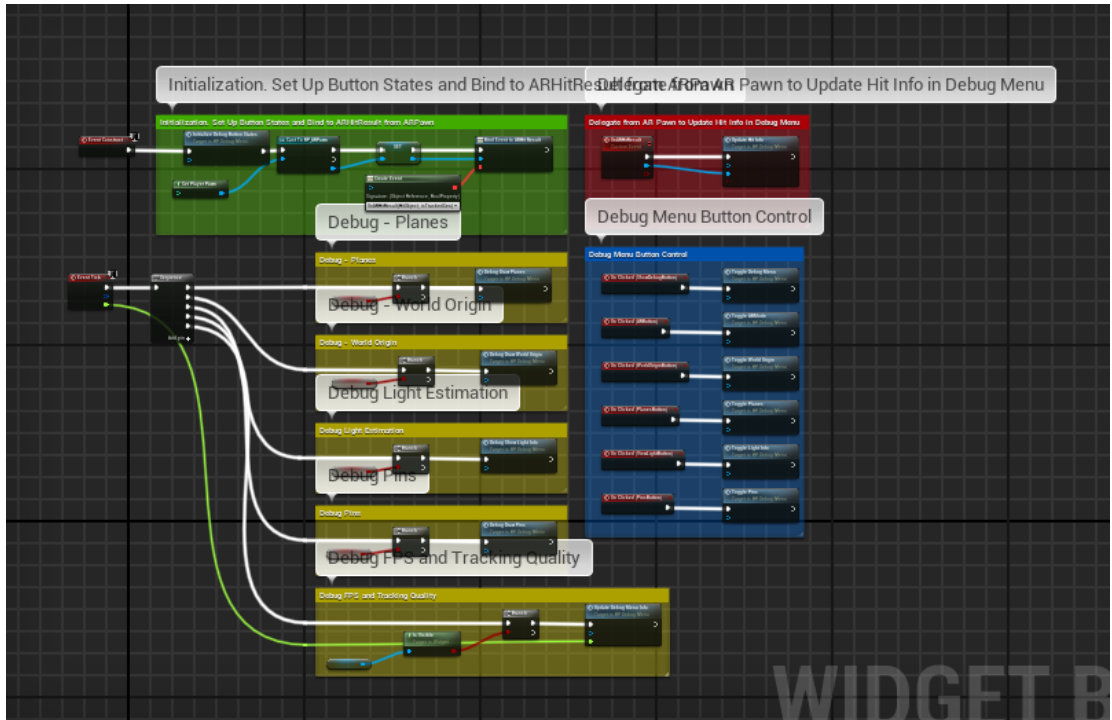


Рисунок 31 – Загальний план основного шаблону

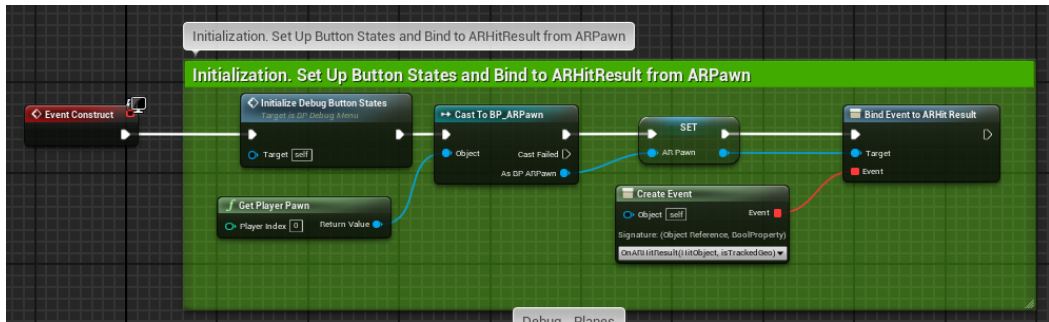


Рисунок 32 – Код, що виконується при ініціалізації

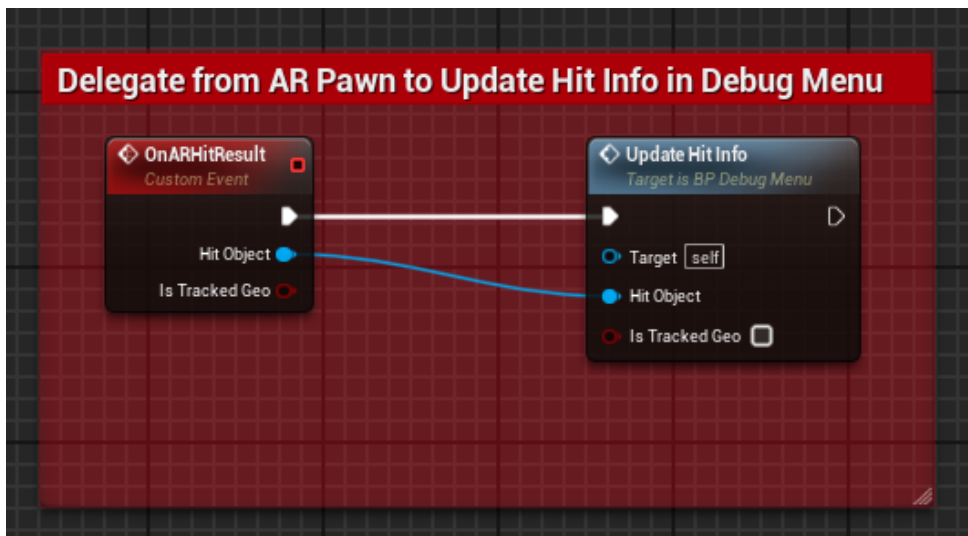


Рисунок 33 – Код передачі обробки події при касанні



Рисунок 34 – Код передачі обробки для кнопок меню

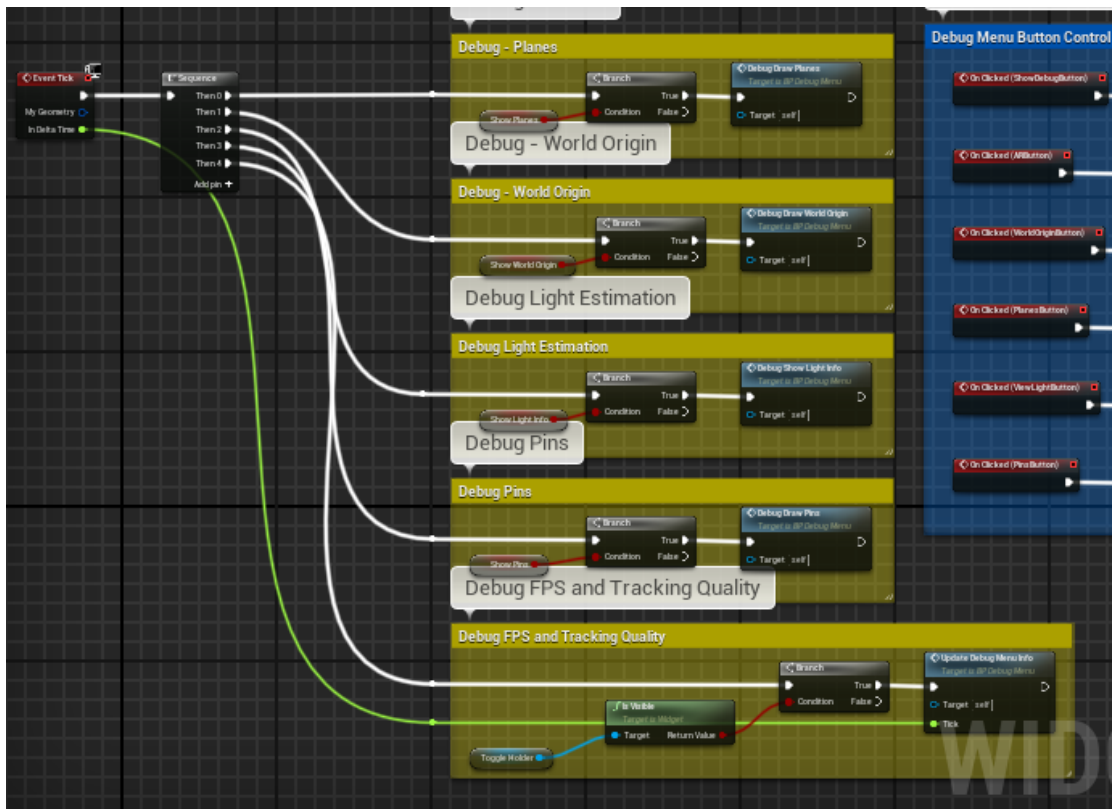


Рисунок 35 – Код, що оновлює текст в відладочному меню

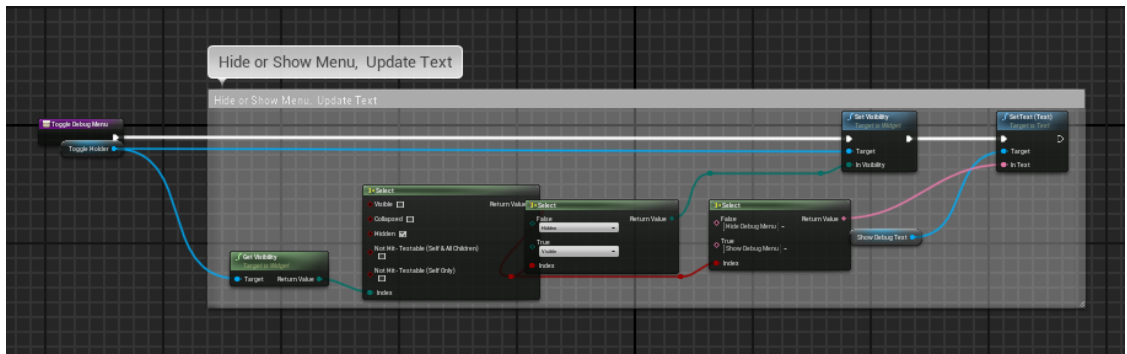


Рисунок 36 – приклад шаблону для опрацювання кнопки

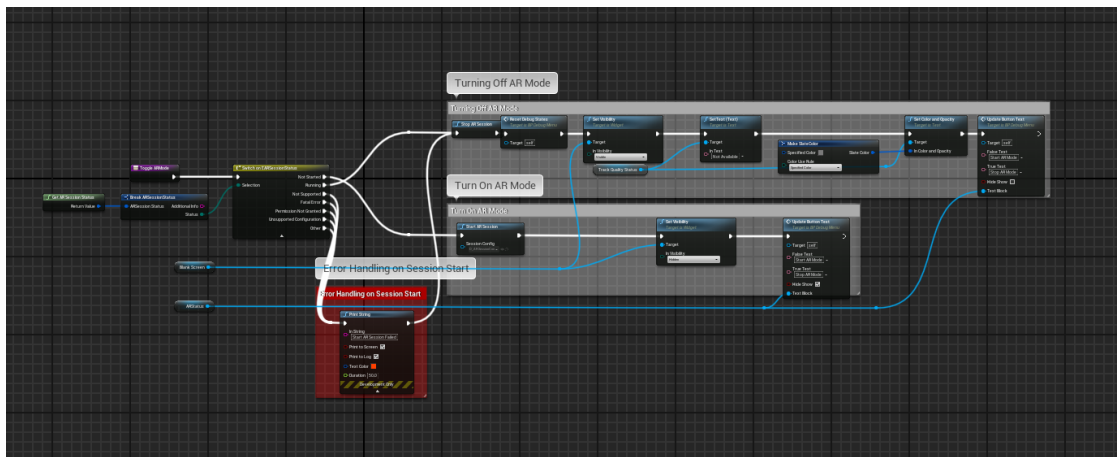


Рисунок 37 – шаблон для запуску AR сесії

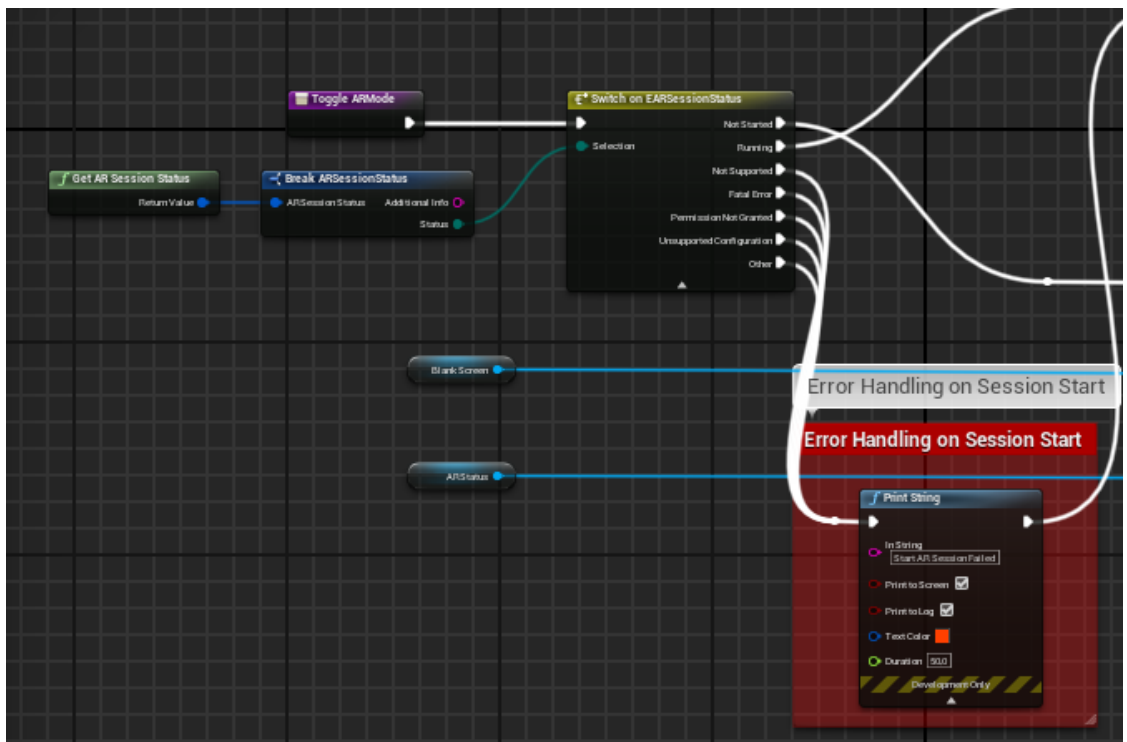


Рисунок 38 – Код опрацювання помилок з AR сесією 1 частина

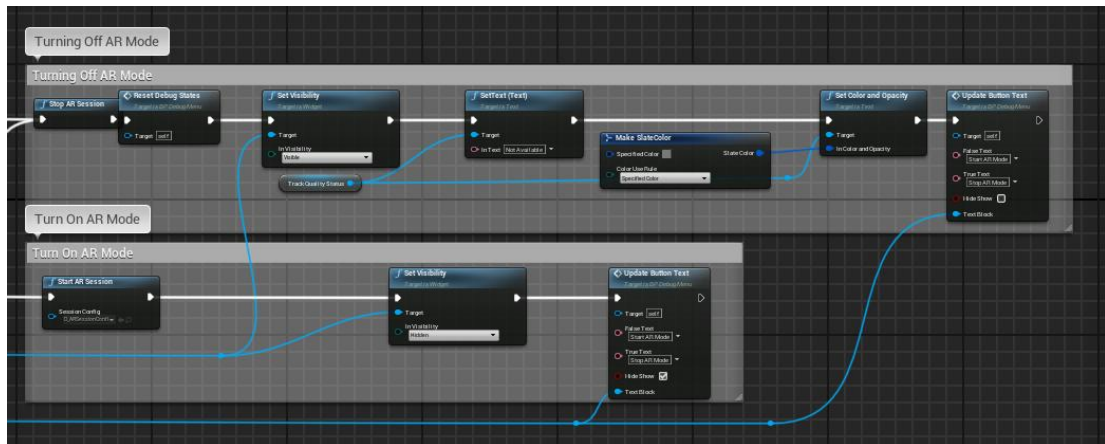


Рисунок 39 - Код опрацювання помилок з AR сесією 2 частина

У розробці було використано систему візуального програмування Blueprint, що добре підходить для швидкого створення працюючого прототипу. Прототип створено з використанням інструментарію ARCore інтегрованого в двигун Unreal Engine. Прототип демонструє використання AR технологій у комп'ютерних іграх на сучасних, доступних для користувача пристроях.

ВИСНОВОК

В ході роботи було досліджено перспективні технології, зокрема AR для використання в додатках для широкого користування. Було проведено аналіз сучасного ринку пристроїв та програмного забезпечення для розробки AR додатків на мобільні пристрої. Ретельно розібрані можливості та особливості основних сучасних інструментаріїв AR розробки та дослідження їх взаємодії з ігровим двигуном дозволили сформулювати вкорінені методи розробки комп'ютерних ігор для мобільних пристроїв під ОС Android з використанням AR технологій та створити власний прототип.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Kozuch, Kate.** Apple Glasses: Release date, price, features and leaks. *www.tomsguide.com*. [Онлайновий] 26 04 2021 р. [Цитовано: 05 05 2021 р.] <https://www.tomsguide.com/news/apple-glasses>.
2. **Neuralink.** Monkey MindPong. [Онлайновий] 09 04 2021 р. [Цитовано: 05 05 2021 р.] <https://www.youtube.com/watch?v=rsCul1sp4hQ>.
3. **Musk, Elon.** Elon Musk's tweet from Feb, 2, 2021. [Онлайновий] 02 02 2021 р. [Цитовано: 05 05 2021 р.] <https://twitter.com/elonmusk/status/1356375980344893443?s=20>.
4. **Glass.** Glass main page. [Онлайновий] [Цитовано: 05 05 2021 р.] <https://www.google.com/glass/start/>.
5. **Microsoft.** Microsoft HoloLens main page. [Онлайновий] [Цитовано: 05 05 2021 р.] <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>.
6. **Nelson, Randy.** Pokémon GO Has Grossed More than \$440 Million, Out-Earning Some of 2016's Biggest Films. [Онлайновий] 01 09 2016 р. [Цитовано: 05 05 2021 р.] <https://sensortower.com/blog/pokemon-go-month-two>.
7. **Google.** What's new in ARCore. [Онлайновий] [Цитовано: 05 05 2021 р.] <https://developers.google.com/ar/whatsnew-arcore>.
8. **Apple.** Explore ARKit 4. [Онлайновий] [Цитовано: 05 05 2021 р.] <https://developer.apple.com/videos/play/wwdc2020/10611/>.
9. **Кучерявий, А. А.** Глава 6. Индикация на лобовом стекле. *Бортовые информационные системы: Курс лекций*. Ульяновськ : б.н., 2004, стр. 504.
10. **Microsoft.** HoloLens 2 Buy Page. [Онлайновий] [Цитовано: 05 05 2021 р.] <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/buy>.
11. —. HoloLens 2 Hardware Specifications. [Онлайновий] [Цитовано: 05 05 2021 р.] <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/hardware>.

12. —. Hololens 2 Business Applications. [Онлайновый] [Цитовано: 05 05 2021 p.] <https://www.microsoft.com/en-us/hololens/apps>.
13. **Google**. Google Glasses 2 Main page. [Онлайновый] [Цитовано: 05 05 2021 p.] <https://www.google.com/glass/start/>.
14. —. Google Glasses 2 Tech Specs. [Онлайновый] [Цитовано: 05 05 2021 p.] <https://www.google.com/glass/tech-specs/>.
15. —. Google Glasses 2 FAQ. [Онлайновый] [Цитовано: 05 05 2021 p.] <https://www.google.com/glass/faq/>.
16. **Hatmaker, Taylor**. Facebook is launching smart glasses in 2021, its ‘next step’ to an AR device. [Онлайновый] 16 09 2020 p. [Цитовано: 05 05 2021 p.] <https://techcrunch.com/2020/09/16/facebook-ar-glasses-2021/>.
17. **Dignan, Larry**. WWDC 2017: Apple launches augmented reality developer tools with ARKit. [Онлайновый] 05 06 2017 p. [Цитовано: 05 05 2021 p.] <https://www.zdnet.com/article/wwdc-2017-apple-launches-augmented-reality-developer-tools-with-arkit/>.
18. **Google**. ARCore Main page. [Онлайновый] [Цитовано: 05 05 2021 p.] <https://developers.google.com/ar>.
19. **Amadeo, Ron**. Google’s ARCore brings augmented reality to millions of Android devices. [Онлайновый] 29 08 2017 p. [Цитовано: 05 05 2021 p.] <https://arstechnica.com/gadgets/2017/08/googles-arcore-brings-augmented-reality-to-millions-of-android-devices/>.
20. **Google**. ARCore Supported Devices. [Онлайновый] [Цитовано: 05 05 2021 p.] https://developers.google.com/ar/devices#google_play.
21. **Unreal**. Blueprint Visual Scripting. [Онлайновый] [Цитовано: 05 05 2021 p.] <https://docs.unrealengine.com/en-US/ProgrammingAndScripting/Blueprints/index.html>.

22. **Denis, Matsev.** Баланс C++ и Blueprints в UE4. [Онлайновый] 10 07 2019 г. [Цитовано: 05 05 2021 г.] <https://dtf.ru/gamedev/57618-balans-c-i-blueprints-v-ue4>.

23. **Ashishgada.** Is it possible to make a full game using blueprint? Unreal Engine Forum Thread. [Онлайновый] 2018-2020 г. [Цитовано: 05 05 2021 г.] <https://forums.unrealengine.com/t/is-it-possible-to-make-a-full-game-using-blueprint/119011>.