

РОЗРОБКА 3D-МОДЕЛЕЙ ДЛЯ VR/AR

С.О.Шейн, Р.О.Бобнев

e-mail: stanislav.shein@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС

м. Харків, Україна

VR and AR require optimized 3D models for realism and performance. This study explores geometry optimization, texturing, rendering, and user interaction. Techniques like LOD, PBR materials, and light baking enhance quality while reducing GPU load. Accurate scaling and physics improve immersion. Tools like Blender, Maya, and ZBrush aid creation, while Simplygon and UVPackmaster optimize performance. Efficient modeling ensures high-quality VR/AR applications on various devices.

Актуальність проблеми. Технології VR і AR широко використовуються в освіті, медицині, архітектурі та геймдеві. Якісні 3D-моделі забезпечують реалістичність та ефективність взаємодії користувача з віртуальним середовищем. Основні виклики включають апаратні обмеження та необхідність оптимізації моделей для досягнення балансу між деталізацією та продуктивністю.

Мета роботи. Дослідження принципів створення 3D-моделей для VR/AR, зокрема оптимізації геометрії, текстурування, рендерингу та взаємодії користувача з моделями. Аналізуються ефективні техніки, що допомагають мінімізувати навантаження на GPU, підвищуючи якість візуалізації.

Виклад основного матеріалу. Розробка 3D-моделей для VR/AR є складним процесом, що вимагає врахування технічних та художніх аспектів. Оптимізація полігональної сітки є ключовою, оскільки додатки працюють у реальному часі. Використовуються low-poly моделі та технології LOD для покращення продуктивності. У VR-грі "Half-Life: Alyx" ключові персонажі мають не більше 30 тисяч полігонів, зберігаючи деталізацію завдяки текстуруванню [1]. "Robo Recall" застосовує динамічні зміни у деталізації: на відстані 0-5 метрів – 15000 полігонів, 5-15 метрів – 7000, понад 15 метрів – 3000, що забезпечує стабільні 90 FPS. Ретопологія дозволяє оптимізувати високополігональні моделі – скульптуру з 2 мільйонів полігонів оптимізували до 15 тисяч без втрати деталей завдяки запіканню нормал-мап [2].

Текстурування з PBR-матеріалами забезпечує фізично коректне освітлення. Для металевих поверхонь типові параметри: Base Color: RGB (180, 180, 190), Metallic: 0.9, Roughness: 0.2, з картами нормалей та Ambient Occlusion. Текстурні атласи зменшують кількість draw calls, що підвищує

продуктивність: в AR-додатку для інтер'єру будинку об'єднання текстур зменшило draw calls з 35 до 8, підвищивши частоту кадрів на 22%. Формати стиснення ASTC, ETC2 або BC7 економлять пам'ять – текстура 2048x2048 у форматі RGBA займає 16 МБ, а в ASTC 4x4 лише 4 МБ.

Освітлення у VR/AR вимагає оптимізації, оскільки динамічні джерела світла впливають на продуктивність. Запечене освітлення (light baking) зменшує навантаження на процесор [3]. У VR-екскурсії музеєм статичні елементи мали запечене освітлення, що дозволило досягти стабільних 90 FPS навіть на середньому обладнанні. Для динамічних об'єктів застосовуються Light Probes. У "Job Simulator" динамічні об'єкти отримують реалістичне освітлення завдяки мережі Light Probes з інтервалом 1-2 метри. Оптимізовані шейдери в AR-додатку для хірургів споживають на 60% менше ресурсів GPU.

Взаємодія моделей з користувачем вимагає масштабування відповідно до реальних розмірів. В архітектурному VR-додатку двері висотою 2 метри мають такий самий розмір у віртуальному просторі. Реалістична фізика забезпечує іммерсивний досвід – у VR-симуляторі для інженерів компоненти мають відповідну вагу через тактильний зворотний зв'язок контролерів. Правильно налаштовані колізії забезпечують реалістичну взаємодію, як у VR-симуляторі спортивних тренувань, де м'яч правильно відбивається від різних поверхонь [4].

VR/AR-додатки використовуються в освіті, медицині, архітектурі та геймдеві. "Virtual Human Body" дозволяє медикам досліджувати анатомію в 3D [5]. Система AR для хірургії накладає 3D-моделі на тіло пацієнта. Foster + Partners використовує VR для демонстрації архітектурних проєктів. У грі "Beat Saber" моделі оптимізовані для плавної роботи навіть при інтенсивному русі.

Для створення моделей використовуються Blender (low-poly моделі, ретопологія), Maya (скелетна анімація), ZBrush (деталізовані моделі), Substance Painter (PBR-текстури), Unity та Unreal Engine (імпорт моделей, налаштування). Оптимізація здійснюється через Simplygon (LOD-версії), MeshLab (аналіз топологій), UVPackmaster (розміщення UV-розгортки) та Texture Atlasing (об'єднання текстур).

Висновки. Ефективна розробка 3D-моделей для VR/AR вимагає поєднання оптимізації полігональної сітки, текстурування, освітлення та інтерактивності. Використання сучасних інструментів дозволяє створювати реалістичні та продуктивні VR/AR-додатки, що працюють навіть на пристроях з обмеженими ресурсами.

Список використаних джерел:

1. Valve Corporation. "Half-Life: Alyx – 3D Model Optimization". Valve Developer Community, 2023. URL: https://developer.valvesoftware.com/wiki/Half-Life:_Alyx
2. Meta Platforms, Inc. "Oculus Developer Guide: VR Performance Optimization". Meta for Developers, 2024. URL: <https://developer.oculus.com/documentation/unity/unity-perf-optimization>
3. Simplygon. "Level of Detail (LOD) Optimization in VR/AR". Simplygon Documentation, 2023. URL: <https://www.simplygon.com/documentation>
4. MeshLab. "3D Model Optimization and Retopology". MeshLab User Guide, 2023. URL: <https://www.meshlab.net/documentation>
5. AR Healthcare. "Augmented Reality in Medical Training". AR Healthcare Documentation, 2024. URL: <https://www.arhealthcare.com/medical-ar>