

УДК 004.946

Об идее разработки интерактивного WebVR-музея МГТУ им. Н.Э. Баумана

Агаркова Анна Викторовна

agarkovaav@student.bmstu.ru

Скороходов Иван Александрович

skorokhodovia@student.bmstu.ru

Винокурова Екатерина Сергеевна

vinokurovaes@student.bmstu.ru

Базанчук Галина Алексеевна

bga@bmstu.ru

Посевин Данила Павлович (*)

posevin@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Представлен прототип виртуального интерактивного цифрового двойника музея МГТУ им. Н.Э. Баумана, управляемого проекцией кисти руки пользователя с применением машинного зрения. Рассмотрены этапы создания виртуальной среды на базе WebVR-фреймворка A-Frame, включающей в себя панорамы, интерактивные информационные панели и 3D-модели экспонатов. Показано использование библиотек OpenCV и MediaPipe для обработки видеопотока с веб-камеры и отслеживания положения кисти руки пользователя. Описан механизм взаимодействия с VR-сценой, основанный на протоколе WebSocket для передачи данных между компонентами системы. Разработанный прототип демонстрирует возможность создания интуитивно понятного и доступного интерфейса для просмотра музейных экспозиций, расширяющего возможности виртуальных музеев.

Ключевые слова: машинное зрение, виртуальная реальность, интерактивный музей, WebVR-технологии, средства управления в VR, цифровой двойник

Prototype of an interactive museum of BMSTU using computer vision

Agarkova Anna Viktorovna

agarkovaav@student.bmstu.ru

Skorokhodov Ivan Aleksandrovich

skorokhodovia@student.bmstu.ru

Vinokurova Ekaterina Sergeevna

vinokurovaes@student.bmstu.ru

Bazanchuk Galina Alekseevna

bga@bmstu.ru

Posevin Danila Pavlovich(*)

posevin@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. A prototype of an interactive digital twin of BMSTU museum controlled by a user's hand projection is presented. The stages of creating a virtual environment based on the A-Frame web framework, including panoramas, interactive information panels, and 3D models of exhibits, are considered. The use of OpenCV and MediaPipe libraries for processing video streams from a camera and tracking the position of a user's hand is shown. A mechanism of interaction based on the WebSocket protocol for data transmission between system components is described. The developed prototype demonstrates the possibility of creating an intuitive and accessible interface for exploring museum expositions, expanding the capabilities of virtual museums.

Keywords: computer vision, virtual reality, interactive museum, WebVR technologies, VR control methods, digital twin

Введение. В настоящее время существует множество виртуальных музеев, использующих VR-технологии, позволяющие пользователям удаленно ознакомиться с экспозицией. В ходе изучения применения VR-технологий в гуманитарных науках и музейном деле был разработан цифровой двойник музея МГТУ им. Н.Э. Баумана [1]. На ранних этапах авторы данной работы столкнулись с проблемой отсутствия доступного оборудования, такого как VR-шлем и контроллеры. Поэтому были рассмотрены возможности взаимодействия с предметами в виртуальной среде при помощи технологий машинного зрения, что позволило сделать виртуальную экскурсию интерактивной и реализовать бесконтактное взаимодействие с пользователем. В результате получилась информационная система, которая распознает движения кисти руки пользователя и проецирует ее в виртуальное пространство, позволяя управлять объектами VR-сцены. Таким образом, целью данной работы стало создание доступного прототипа интерактивного цифрового двойника музея, обеспечивающего взаимодействие с ним посредством проецирования кисти руки пользователя посредством открытых технологий машинного зрения. Идея данной реализации заключается в применении машинного зрения для управления сценой цифрового музея, что позволит обойтись без использования дополнительного оборудования. Такое управление удобно, так как действия, осуществляемые с помощью руки являются естественными, и поэтому интуитивно понятными для человека.

Материалы и методы. Данная работа состоит из двух частей. На первом этапе создается цифровой двойник музея, тем самым реализовывается программный модуль виртуального пространства, на втором этапе в это виртуальное пространство интегрируется цифровой двойник кисти руки, позволяющий взаимодействовать с объектами этого пространства. Управление объектами в виртуальном пространстве производится посредством удержания указательного пальца на элементах виртуальных интерфейсов.

Таким образом, приложение можно разбить на несколько компонентов. Первый компонент отвечает за загрузку виртуальной среды, что является входной точкой для пользователя. Второй — отрисовывает сцены виртуального музея, т. е. панорамы и интерактивные элементы, такие как информационные панели, точки перехода между локациями залов и самими залами, модели экспонатов, а также добавляет кисть руки пользователя, т. е. ее цифровой двойник. Третий компонент обрабатывает кадры с видеопотока веб-камеры, находит и преобразует координаты положения кисти руки, а затем отправляет второму компоненту.

Для создания прототипа интерактивного двойника музея посредством жестового интерфейса использовался следующий стек технологий.

Веб-фреймворк A-Frame. A-Frame был выбран в качестве основы для создания сцены виртуального музея и размещения ее объектов [2].

Библиотека компьютерного зрения OpenCV — для обработки видеопотока с внешней веб-камеры или встроенной камеры ноутбука и извлечения необходимой информации о положении кисти руки.

Библиотека MediaPipe — для точного обнаружения ключевых точек кисти руки в видеопотоке [3].

Протокол WebSocket — для обеспечения асинхронной и двунаправленной связи между компонентами информационной системы, а именно компонентом, обрабатывающим видеопоток и компонентом, отрисовывающим виртуальную сцену музея [4].

Язык программирования Python — основной язык для разработки серверной части прототипа, включая обработку кадров видеопотока и логику взаимодействия между компонентами.

Язык программирования JavaScript — необходим для создания виртуального музея и отрисовки в нем пользовательского интерфейса.

Результаты. Данная информационная система была реализована в результате двух исследований. В результате первого исследования был создан прототип цифрового двойника музея МГТУ им. Н.Э. Баумана, в ходе которого была получена виртуальная среда, включающая в себя сферические панорамы залов музея, точки перехода между ними, а также интерактивные элементы, такие как информационные панели, предоставляющие пользователям разнообразные данные об отдельных экспонатах и вращающиеся 3D-модели некоторых экспонатов, которые позволяют лучше изучить детали экспозиции. Первоначальное управление виртуальным музеем предусматривало три варианта взаимодействия: прямым взаимодействием через экран смартфона, через курсор мыши на персональном компьютере или с помощью контроллеров для очков виртуальной реальности. В результате второго исследования была разработана технология бесконтактного управления объектами в WebVR-сцене на базе того же фреймворка, что был использован в работе по созданию WebVR-модели музея МГТУ им. Н.Э. Баумана на первом этапе. Результатом же текущей работы является объединение результатов, приведенных выше: жестовой интерфейс на базе машинного зрения был интегрирован с виртуальным музеем, что существенно упростило пользовательский опыт (UX). Теперь пользователь может видеть проекцию кисти своей руки в виртуальном пространстве цифрового музея в режиме реального времени (рисунок) и взаимодействовать с его объектами посредством удержания указательного пальца на соответствующем виртуальном интерфейсе управления, что позволяет взаимодействовать с объектами виртуальной экспозиции, не используя такие механические средства управления, как пульты, контроллеры, клавиатуру и др., а используя лишь только жесты рук [5].

Процесс работы с разработанным приложением осуществляется следующим образом.

При запуске Web-приложения начинается создание цифровой копии музея (виртуальной сцены), параллельно с этим активируется веб-камера. Пользователь размещает ладонь на расстоянии порядка 30 см от веб-камеры для

калибровки, в ходе которой анализируются ключевые параметры положения кисти руки пользователя, включая ее размер, ориентацию и расстояние до веб-камеры, что необходимо для точного отслеживания дальнейших движений и корректного вычисления координат опорных точек.

Затем пользователь может свободно перемещать кисть руки в зоне видимости веб-камеры, тем самым взаимодействовать с интерактивными элементами виртуального музея.



Проекция кисти руки в виртуальном пространстве музея

Видеопоток с веб-камеры разделяется на отдельные кадры, которые последовательно анализируются первым компонентом приложения. Этот компонент отвечает за обработку изображений, определение координат ключевых точек кисти руки и ее состояние от веб-камеры.

Полученные данные о положении кисти руки передаются во второй компонент, который отвечает за отрисовку виртуальной сцены. Второй компонент, в свою очередь, использует эти данные для обновления положения виртуальной кисти руки, отображаемой на экране. Также эти данные используются для определения, с какими объектами в виртуальной сцене взаимодействует пользователь.

Обсуждение полученных результатов. В первой части выполненной работы удалось реализовать создание цифрового двойника музея, что пред-

полагает построение полноценной виртуальной среды, точно отображающей заданное пространство. Виртуальный музей, созданный на этом этапе, предоставляет пользователю возможность навигации по его залам, осуществления осмотра экспонатов и получения дополнительной информации о них. Во второй части работы, посвященной интеграции жестового интерфейса управления, был достигнут минимально необходимый уровень функциональности, позволяющий реализовать бесконтактное взаимодействие пользователя с виртуальным пространством музея посредством «зеркального» отображения кисти руки пользователя в виртуальное пространство музея. В частности, был реализован механизм взаимодействия, основанный на удержании указательного пальца кисти руки на виртуальном интерфейсе, который позволяет активировать определенные действия с объектами виртуальной среды: раскрывать информационные панели, вращать и рассматривать 3D-модели, а также выполнять другие действия.

Заключение. Таким образом, в ходе данной работы был реализован прототип интерактивного виртуального музея МГТУ им. Н.Э. Баумана с использованием жестового интерфейса. Результатом данной работы является прототип, который служит основой для продолжения дальнейших исследований изучения пользовательского опыта в области разработки виртуальных интерактивных музеев. Далее планируется изучение возможности реализации перемещения пользователем камеры с помощью проекции кисти руки для активации режима полного обзора сцены виртуального музея, возможности приближения и удаления камеры внутри сцены и перемещение объектов музея внутри нее.

Список источников

- [1] Агаркова А.В., Винокурова Е.С. Опыт разработки прототипа виртуального музея МГТУ им. Н.Э. Баумана на базе WEBVR-технологий. *Цифровые технологии: настоящее и будущее. III Нац. науч.-практ. конф. с междунар. участием: сб. ст.* Тольятти, Тольяттинская академия управления, 2024, с. 46–51.
- [2] A-Frame: A web framework for building 3D/AR/VR experiences. URL: <https://aframe.io/> (дата обращения 01.03.2025).
- [3] Асанович Б.А., Бич Н.Н., Пушкина А.К. Распознавание жестовых команд на основе инструмента Mediapipe и нейросети LSTM. *Информационные системы и технологии. Междунар. науч. конгресс по информатике: материалы.* Минск, БГУ, 2022, ч. 2, с. 106–111.
- [4] Шестаков В.С., Сагидуллин А.С. Применение технологии websocket в web-приложениях технологического назначения. *Известия высших учебных заведений. Приборостроение*, 2015, т. 58, № 4, с. 328–330.
- [5] Евстраткин К.С., Султанова А.Р., Еrpелев А.В. OPENCV: варианты использования компьютерного зрения. *Цифровые технологии: наука, образование, инновации. III Междунар. науч. форум профессорско-преподавательского состава и молодых ученых: материалы.* Москва, МГТУ «СТАНКИН», 2021, с. 28–31.