

Реализация многопользовательского удаленного доступа через сеть Интернет к тренажерам инженерных операций в виртуальной среде VR Concept, развернутым на внутренних и внешних облачных ресурсах образовательной организации

Боброва Е.В., Говорухин А.Д., Любарский А.А., Андриенко Ю.А., Волобуева Т.Ф., Бойко О.В.,
Жабицкий М.Г.

Аннотация. В статье рассматривается внедрение технологий виртуальной реальности (VR) в образовательные процессы, с акцентом на разработке и интеграции систем управления обучением (LMS) с VR-модулями. Цель работы – создание полнофункциональной цифровой LMS, которая обеспечивает интеграцию стандартных образовательных форматов и инновационных форматов обучения с использованием виртуальной реальности. Описана разработка технологий удаленного доступа к VR-сценам, включая реализацию программной системы и архитектуры сервера для доступа к образовательному контенту. Исследуется использование VR-тренажеров для обучения инженерным операциям и организация коллективной деятельности в виртуальной среде. Представлены технические решения для подключения внешних пользователей к VR-проектам, включая использование VPN для обеспечения безопасного и стабильного подключения.

Ключевые слова – виртуальная реальность, VR, LMS, образовательные технологии, удаленное обучение, VR-тренажеры, VPN, VR Concept.

Статья получена 29 мая 2024.

Боброва Елизавета Витальевна, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, магистрант, EVBobrova@mephi.ru

Говорухин Александр Дмитриевич, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, аспирант, govoguxin_a1999@mail.ru

Любарский Андрей Андреевич, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, магистрант, AALyubarskii@mephi.ru

Андриенко Юрий Анатольевич, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, старший преподаватель ВИШ, yand@outlook.com

Волобуева Татьяна Федоровна, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, преподаватель ВИШ, TFVVolobueva@mephi.ru

Бойко Ольга Владимировна, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, начальник отдела научно-

исследовательских программ и взаимодействия с промышленными партнерами ВИШ МИФИ, OVBoyko@mephi.ru
Жабицкий Михаил Георгиевич, Национальный Исследовательский Ядерный Университет МИФИ, Заместитель директора ВИШ, jabitsky@mail.ru

I. ВВЕДЕНИЕ

Образование – одна из важнейших областей государственного развития, предполагающая создание непрерывного потока квалифицированных специалистов в различных областях для удовлетворения кадровых потребностей индустрии.

Недавняя пандемия COVID-19 показала, что дистанционное обучение с применением цифровых инструментов возможно, однако традиционные образовательные технологии (лекции, пусть даже с презентациями и видеоматериалом), осуществляемые в формате видеоконференций, не обеспечивают достаточно глубокого погружения студентов в процесс обучения, не позволяют преподавателю быстро, на интуитивном уровне, оценить степень вовлеченности студента и его понимание материала в текущий момент [1]. В меньшей степени оказались затронуты дисциплины, относящиеся к информационным системам и программированию, то есть те, где требуется или возможна работа на персональных компьютерах, во внешней или внутренней сети, или в иных средах с открытым доступом. А освоение дисциплин, требующих присутствия, например, лабораторные работы, особенно те, где необходима присутственная командная работа с разного рода инструментами, где предполагается немедленная оценка действий студента преподавателем, было затруднено. А именно применение практико-ориентированного подхода позволяет студентам осознать и ощутить возможность полученных

навыков и знаний при решении задач, которые близки к реальным [2]. Исследования, проведенные в НИЯУ МИФИ, показали, что некоторые студенты в 2020 году испытывали те или иные трудности, связанные с новым форматом обучения [3].

В то же время в процесс образования стали быстрыми темпами внедряться современные цифровые технологии, позволяющие улучшить дистанционное образование различными способами.

Одной из таких перспективных технологий выступает VR – виртуальная реальность. С использованием специальным образом подготовленных виртуальных тренажеров становится возможной практическая работа обучающихся по первоначальной отработке навыков и возможных внештатных ситуаций, где очное присутствие в образовательных целях просто недопустимо (например, эвакуация или иные действия при чрезвычайном происшествии на атомной электростанции). Также возможна организация тренингов в потенциально опасных условиях без риска для жизни, например, для стропальщиков, присутствие которых на стройплощадке необходимо, но без должных навыков несет риски травм.

Использование виртуальной среды и аксессуаров виртуальной реальности (очков, шлемов, перчаток) предполагает внесение изменений в процесс проведения занятий, требует переосмысливания формата коммуникации ученика и преподавателя. Исследования показывают [4], что именно игровой формат деятельности позволяет удержать внимание, вызывает азарт и желание продолжительно заниматься определенным делом.

При рассмотрении VR-технологии как нового формата взаимодействия со средой в целом, можно отметить успешное развитие технологии для игровой индустрии [5]. Для своего дальнейшего развития бизнес VR-игр постоянно ищет новые способы взаимодействия с пользователем и создания «вау-эффекта», который привлекает клиента [6]. Таким образом, при внедрении игровых техник и форматов можно спрогнозировать повышение внимания и вовлеченности учеников в образовательный процесс, улучшение усвоения материала. Такое внедрение потребует реорганизации формы занятий.

Для внедрения VR в текущие образовательные процессы необходимо разработать интересный, вовлекающий контент, позволяющий должным образом изучить материал учебного курса. Разработаны тренажеры сборки/разборки оборудования [7], возможные для использования в рамках образовательного процесса или для промышленных программ повышения квалификации. Создаются различные прототипы объектов, предлагаемые для изучения на занятиях, и исследуется возможность частичного переноса традиционного образовательного процесса в виртуальную реальность с целью увеличения

вовлеченности учеников и увеличения показателя усвоения материала. Для использования VR во многих образовательных учреждениях оборудуются отдельные классы и центры виртуальной реальности [8 - 11], часть процесса уже переведена в виртуальную реальность.

масштабированием и повышению отзывчивости.

II. ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ И ФОРМИРУЕМЫЕ НА ИХ ОСНОВЕ ЗАДАЧИ РАЗРАБОТКИ

С точки зрения целевого эффекта для полноценного использования VR в обучении и тренингах целью является создание полнофункциональной цифровой LMS (learning management system, системы управления обучением) с функцией интеграции в образовательный процесс модулей доступа к сценам в виртуальной реальности. Этими виртуальными сценами могут быть предметные тренажеры, виртуальные лабораторные работы или объекты присутствия. Сформулируем ряд требований к такой системе:

- система должна обеспечивать бесшовную интеграцию стандартных образовательных форматов (лекции «вживую» и в видеозаписи, самостоятельную индивидуальную и групповую работу учащихся над полученными заданиями с фиксацией результатов, коллективное обсуждение) и инновационные форматы обучения с использованием виртуальной реальности (индивидуальные и коллективные манипуляции, интерактивное взаимодействие группы обучаемых между собой и с преподавателем);

- система должна обеспечивать работу как в режиме «в одном классе», так и удаленный распределенный режим обучения, при котором получение всего образовательного контента происходит по каналам Интернет, включая режим видеоконференций, обмен файлами и удаленный доступ к модулям виртуальной реальности;

- система должна обеспечивать возможность выстраивания образовательных программ различных типов (общие образовательные программы высшего образования в целом, образовательные продукты по отдельным дисциплинам или группам дисциплин высшего образования, отдельные курсы дополнительного образования и комплексы таких курсов, навыки тренинги);

- система должна поддерживать различные стадии и форматы учебного процесса (групповое получение знаний, умений и навыков, индивидуальные и групповые самостоятельные занятия, мероприятия по контролю приобретенных знаний, умений и навыков в режимах самоконтроля и в режиме оцениваемых контрольных мероприятий);

- система должна обеспечивать протоколирование хода и результатов учебного процесса как в разрезе образовательных программ и продуктов, так и в режиме фиксации индивидуальных

образовательных траекторий конкретных обучающихся;

- система должна обеспечивать доступ к образовательному контенту для учащихся в пределах его прав доступа в соответствии с выбранной формой обучения, а также доступ уполномоченных лиц (преподавателей и администрации) к самостоятельным работам обучающихся и к информации о результатах обучения как в пределах времени обучения, так и по его окончании;

- система должна обеспечивать соблюдение авторских прав на разработанный образовательный контент, включая модели виртуальной реальности, предоставление доступа обучающихся к этому контенту без возможности несанкционированного копирования и модификации в нарушение авторских прав, обеспечить пользование образовательным контентом в виртуальной реальности с удаленных рабочих мест без передачи ядра модели;

- система должна иметь возможность управления правами доступа учащихся к определенным функциям и контенту как для обучающихся, так и для педагогического и административного персонала;

- система должна обеспечивать модульность, загрузку и использование необходимого образовательного и справочного контента с управляемой оптимизацией загрузки вычислительных ресурсов и каналов связи на разных этапах деятельности образовательного учреждения;

- система должна обеспечивать надежное, безопасное и экономное хранения всего массива накопленных данных.

Однако для полноценной реализации этого, вообще говоря, нетривиального набора требований, необходимо решить ряд задач. Ни один из известных авторам готовый продукт цифровой виртуальной реальности без существенных доработок не может реализовать весь описанный функционал.

Например, работа в одной VR-сцене ограничена необходимостью рендеринга (обработки для наилучшего визуального представления) всего объекта на одном компьютере.

Первоочередной задачей является реализация образовательных продуктов в режиме удаленного доступа в режиме коллективной работы в единой виртуальной реальности. На сегодняшнем уровне развития технологии VR это требование обычно упрощается, имея в виду доступ в общую сцену виртуальной реальности в рамках одной локальной сети – сети учебного класса или лаборатории. При этом учащиеся и преподаватель обычно присутствуют в одном помещении, пользуются едиными базовыми станциями и тп. Аудиоконтакт в этом случае происходит напрямую. Важно, что при таком упрощенном варианте адресация всех

устройств и участников происходит в единой локальной сети и не требует сложных настроек. Но такой сценарий, несмотря на его распространенность, является не единственным, а альтернативные варианты – чрезвычайно перспективными.

Возможны несколько альтернативных вариантов архитектур взаимного расположения инфраструктурных компонент системы в физическом пространстве учебных классов и лабораторий и пространстве адресации компьютерных сетей, используемых как каналы передачи данных виртуальной реальности. Такими компонентами в исследуемом нами случае являются:

- ПО сервера виртуальной реальности VR Concept и компьютер, на котором данное ПО функционирует;

- клиентские приложения виртуальной реальности VR Concept и компьютеры, на которых данное ПО функционирует;

- комплексы индивидуального оборудования виртуальной реальности (шлем VR с внешними или встроенными устройствами позиционирования, контроллеры VR, точечные и лицевые трекеры).

Все функциональные компоненты функционируют в составе единого программно-аппаратного комплекса с высокоскоростной синхронизацией. Синхронизация, обеспечивающая взаимодействие акторов в виртуальной реальности, выполняется за счет использования высокоскоростных каналов передачи данных с применением специализированных протоколов передачи данных, а также системы внутренней идентификации устройств в ПО VR Concept. По умолчанию, без дополнительных настроек, ПО VR Concept функционирует внутри единой локальной сети. Но в общем случае сети передачи данных, связывающие функциональные программно-аппаратные компоненты могут иметь более сложную структуру, включающие и локальные сети (проводные и беспроводные), и сегменты глобальной сети интернет. Естественно, общая архитектура каналов связи должна удовлетворять требованиям связности и обеспечивать достаточную скорость передачи данных. Варианты архитектуры системы представлены на рис 1.А, 1.В, 1.С.

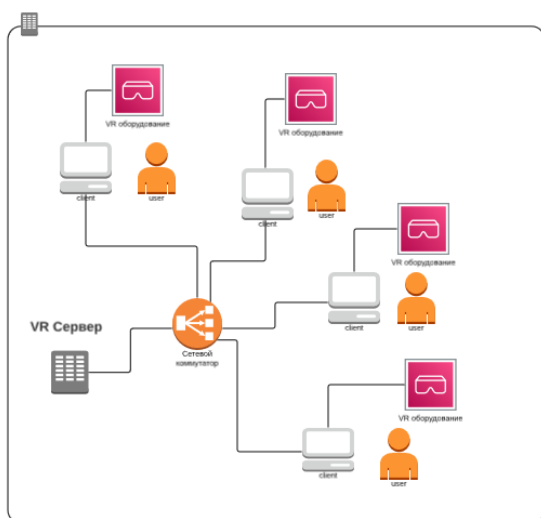


Рисунок 1.А Расположение всех элементов системы в одном помещении и одной ЛВС

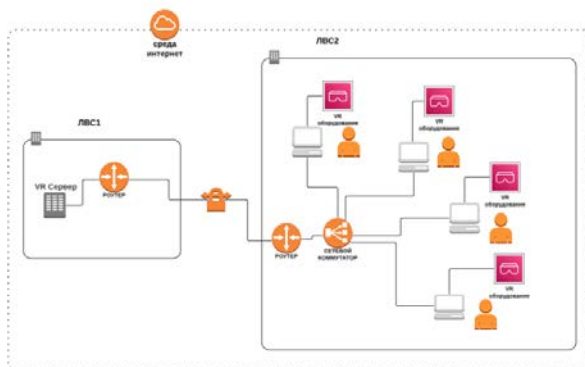


Рисунок1.В Расположение сегментов системы в нескольких ЛВС, интегрированных через глобальную сеть Internet.

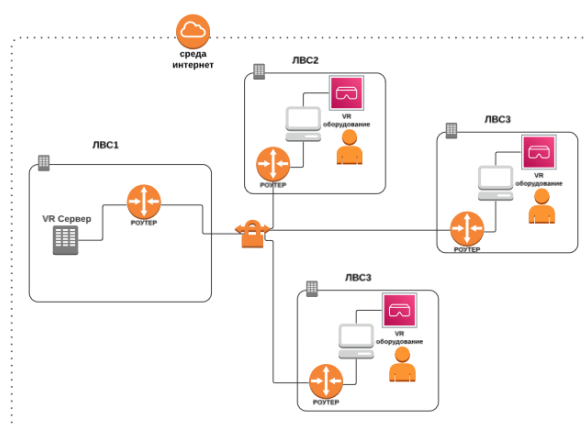


Рисунок1.С Полностью распределенная архитектура – все компоненты интегрированы через глобальную сеть Internet.

Наиболее общим является третий случай, при котором реализуется произвольное распределение

пользователей в физическом и информационном пространстве. Однако, используемая нами цифровая среда виртуальной реальности VR Concept по умолчанию такой возможности не представляет. Ключевой технологической задачей, решенной в настоящей работе является организация взаимодействия произвольно распределенных групп пользователей в едином проекте, реализуемом на базе среды виртуальной реальности VR Concept.

Использование систем виртуальной реальности в образовательном процессе позволяет организовывать взаимодействие с различными достаточно сложными, экзотическими и редкими объектами для групп учащихся. Такое взаимодействие может носить как пассивный характер (осмотр, обзор, экскурсия), так и включать активные действия (управление, сборку-разборку, диагностику, ремонт). При этом активное взаимодействие может быть как индивидуальным, так и коллективным, в том числе в командах с различными ролями. Исследования показывают, что при командном взаимодействии материал усваивается лучше [12]. Такая коммуникация является эффективной не только в образовательном процессе, но и в рабочем: в пример можно привести командную разработку по методологии Agile, активно используемую в IT-компаниях. Для совместной работы нескольких человек в одной сцене виртуальной реальности требуется сетевое подключение к этой сцене. При использовании локальной сети при подключении нескольких акторов в одну сцену необходимо понимание адресации в сети и знания о портах подключения конкретной программы, которые могут быть разными даже при использовании одного и того же UDP-протокола. В случае решения этой задачи

Еще одна задача – возможность подключения внешних пользователей к проекту, расположенному на локальном сервере, например, сервере образовательной организации. Специфика данной задачи состоит в том, что сервер VR, требующий высокоскоростного и низколатентного подключения к нему, с большой вероятностью, будет находиться в частной сети образовательной организации, с использующим NAT (Network Address Translation) сетевым оборудованием, контроля над которым нет у кафедрального персонала, непосредственно обеспечивающего учебный процесс. С учетом низкой мотивации администраторов сети учебного учреждения к решению подобных задач, а также с ригидностью правил безопасности, принятых в учреждении, обеспечение доступа из сети Интернет к учебному серверу VR может представить серьезную проблему.

То есть, для полноценного использования виртуальной реальности при проведении занятий, в том числе с удаленными пользователями, необходимо не только создать релевантный VR-контент, а также разработать платформенное решение, позволяющее пользователям из разных,

географически удаленных точек, проводить совместную работу в едином VR-проекте. Большинство применяемых сегодня образовательных модулей в виртуальной реальности использует уже давно устаревшую, например, в индустрии развлечений концепцию передачи всего контента на локальный компьютер пользователя или установку данных образовательного модуля или тренажера на сервер в конкретном учебном классе или в лаборатории виртуальной реальности. Более современным подходом является не передача контента на устройства пользователи или группы пользователей, а сервисная модель, когда конкретные образовательные продукты размещены на специализированных платформенных образовательных порталах или сайтах учебных заведений, а доступ к ним предоставляется на время использования контента. Желательно, чтобы использование контента было реализовано с поддержкой масштабирования числа пользователей, например путем контейнеризации. Для потокового видеоконтента такая модель хороша отработана и применяется, в том числе многими образовательными платформами. Однако для интерактивного взаимодействия в среде полноценный трехмерный виртуальной реальности даже с одним пользователем, подобные решения практически отсутствуют. При этом их внедрение может кардинально поменять востребованность подобного контента на рынке и за счет вовлечения массы территориально распределенных пользователей, и за счет возникновения центров коллективного пользования контентом в формате виртуальной реальности без передачи пользователям. А если говорить про синхронный многопользовательский интерактивный образовательный процесс в виртуальной реальности, рассчитанный на территориально распределенные группы пользователей, сервисная модель представляется единственно возможной.

Третья технологическая задача, решавшаяся в рамках настоящей работы – проектирование и разработка простых и понятных для пользователя интерфейсов, взаимодействие с которыми не представляет трудности и не предполагает глубоких познаний в предметной области для использования конкретного VR-проекта. Для процессов стандартного обучения таких платформ устойчиво называемых LMS (Learning Management System) достаточно много. Они применяются как для стандартного очного образования, так и в целях контроля и управления дистанционным распределенным учебным процессом. Во многие из них встроены механизмы прямого доступа к образовательному контенту в различных форматах – текстов, иллюстраций, презентаций, видеороликов и аудиозаписей. Однако авторам неизвестны LMS-системы, интегрированные с образовательными или тренинговые модулями, использующими

технологии виртуальной реальности даже для офлайн-занятий в одном локализованном учебном классе, оборудованном для использования технологии виртуальной реальности. Интеграция же LMS-систем с функционалом многоочечного распределенного доступа обучающихся в образовательный или тренинговые сцены виртуальной реальности даже не обсуждается в профильных публикациях. В настоящей работе был реализован и испытан прототип такой системы, которая, по нашему мнению, может существенно добавить возможностей к интеграции инструментов виртуальной реальности в образовательные процессы практически на всех уровнях.

Таким образом, в рамках нашей работы были решены три основные технологические задачи, позволяющие повысить уровень и качество интеграции отечественной платформы виртуальной реальности VR Concept в системную образовательную деятельность[^]:

- разработана и испытана технология удаленного доступа к учебному полигону (набору сцен VR Concept образовательной и тренинговой направленности) через разнородные сегменты сетей передачи данных;

- разработана и испытана программная система и архитектура сервера доступа к библиотеке образовательного контента на внутренних серверах образовательного учреждения;

- создан функционирующий прототип LMS-системы, позволяющий организовывать образовательный процесс с прямым доступом обучающихся к образовательным продуктам различного типа, включая сцены виртуальной реальности (обзорные ознакомительные сценарии, лабораторные работы, тренажеры).

III. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УДАЛЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕННОГО ДОСТУПА КЛИЕНТОВ К ТРЕНАЖЕРОМ ИНЖЕНЕРНЫХ ОПЕРАЦИЙ

В рамках данной работы авторы представляют вариант взаимодействия пользователей с виртуальной реальностью, с реализацией таких востребованных функций, как удаленный формат работы и коллективная деятельность в одной VR-сцене.

Для разработки VR-тренажеров могут использоваться различные среды. В рамках данной работы использовалось отечественное программное обеспечение виртуальной реальности VR Concept, позволяющее создавать VR-проекты без программирования, путем импортирования в VR-среду BIM и CAD-моделей, проектировать последовательность действий с помощью приложения создания сценария операций [13], использовать тренажеры и сцены для обучающихся во встроенном редакторе с функцией совместной работы пользователей по сети. Стоит отметить, что при организации работы по сети существуют ограничения со стороны самого ПО, так как

средства удаленного подключения используют статические IP-адреса и порты компьютера, как сервера, так и клиента. При размещении проекта на сервере образовательной организации такой вариант использования зачастую невозможен из-за требований использования брандмауэра и закрытых портов на компьютерах учреждения для обеспечения информационной безопасности. Таким образом была выявлена потребность в дополнительном решении, позволяющем использовать компьютеры образовательной организации, но не блокировать встроенные средства коммуникации VR Concept.

В рамках данной работы было опробовано несколько вариантов решений.

Одним из первых протестированных решений было использование SSH-туннелей. SSH-туннелирование (Secure Shell tunneling) представляет собой метод обеспечения безопасной и защищенной передачи данных через незащищенную сеть, такую как интернет. Этот процесс осуществляется путем создания «туннеля» через зашифрованное соединение SSH между двумя удаленными узлами. SSH-туннель позволяет передавать данные между этими узлами так, будто они находятся в локальной сети, обеспечивая конфиденциальность, целостность и аутентификацию данных. Такое решение действительно является работоспособным и позволяет решить поставленную задачу. В частности, оно позволяет сократить до одного числа портов на расположенном в локальной приватной сети хосте сервера VR, которые должны быть «проброшены» во внешнюю сеть. При тестировании удалось успешно установить соединение между находящимся во внешней сети клиентом и находящимся в приватной локальной сети сервером VR. Однако, трудность практической реализации подобного подхода состоит в том, что обеспечение одновременного функционирования нескольких разных серверов VR в одной сети требует создания дополнительного ПО, маршрутизирующего по каким-то признакам вызовы разных клиентов к разным хостам. Более экономичным решением является применение какого-то готового ПО, способного обеспечить такую маршрутизацию.

Следующим шагом был поиск способа эмуляции локальной сети, позволяющего использовать VR Concept для установления соединения между двумя компьютерами внутри двух закрытых сетей образовательных учреждений. Найденное решение является некоторым подвидом VPN (Virtual Private Network – технология для создания одного или нескольких сетевых соединений поверх другой сети). VPN предполагает использование внешнего сервера и шифрование трафика, проходящего между клиентом и сервером. Таким образом, VPN позволяет обходить региональные ограничения, так как в общем виде

это использование прокси-сервера, но с дополнительным шифрованием и маскированием оригинальных данных пользователя. Такое решение тоже может подойти, но возникает проблема настройки и использования внешнего сервера для установки VPN-соединения. При масштабировании решения могут возникнуть проблемы с балансировкой нагрузки и маршрутизацией соединений, а также с согласованием политики безопасности при разворачивании отдельного сервера во внешней сети. Поэтому было предложено решение, позволяющее создать виртуальный порт компьютера, а затем на основе принципа VPN эмулировать статический IP-адрес и порт, передавать его во внешнюю сеть, и в дальнейшем, посредством SSH-туннеля, устанавливать соединение, удовлетворяющее всем требованиям удаленного подключения для среды VR Concept. Разработанное решение показало себя как наиболее стабильное и простое в использовании. Принципиальная схема решения приведена на рисунке 2.

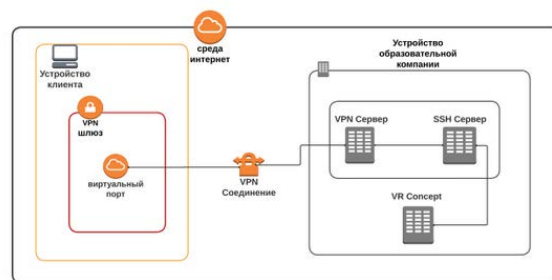


Рисунок 2 – Принципиальная схема решения

В качестве VPN, эмулирующего локальную сеть, выбрано ПО Radmin VPN. Вендор ПО зарегистрирован в России, VPN – виртуальная частная сеть. При использовании Radmin VPN связь устанавливается между используемым компьютером и сервером Radmin VPN и перенаправляет запросы с сервера на компьютер. С помощью Radmin VPN возможно реализовать защищенное подключение нескольких компьютеров в общую локальную сеть посредством эмуляции таковой. Благодаря этому возможно взаимодействие средства VR Concept и соответственно проведение занятий в одной VR-сцене и использование модулей и тренажеров.

Подключение с помощью Radmin VPN необходимо настраивать один раз. При открытии программы отображается текущий компьютер и его IP-адрес. Для создания подключения необходимо установить Radmin VPN и создать конфигурацию виртуальной сети на сервере VR Concept с помощью Radmin VPN. Компьютеры в VPN сети идентифицируются по логину и паролю. Для подключения удаленного клиента VR Concept на компьютер также устанавливаем Radmin VPN, указываем ip-адрес сервера VR Concept, полученный при создании виртуальной частной сети, и вводим пароль для этой сети. ПО Radmin

VPN использует сквозное 256-разрядное шифрование AES, являющееся отраслевым стандартом для VPN.

После создания конфигурации компьютер автоматически сохраняет ее и при каждом последующем запуске будет отображать все подключенные к созданной сети устройства. При нажатии кнопки «Подключиться» будет эмулироваться локальное соединение и появляется возможность полноценно пользоваться многопользовательским режимом VR-Concept.

Для эффективного использования инструментария виртуальной реальности в образовательном процессе необходимо накопление достаточного количества образовательных модулей разных форматов (ознакомительно-экскурсионных с использованием специальных возможностей VR, эмуляторов лабораторных работ, технологических тренажеров). При этом, массовый пользователь образовательного контента, за исключением обучающихся разработке не имеет необходимости создавать или корректировать сцены виртуальной реальности. Таким образом, в рамках образовательного центра, специализирующегося на использовании технологий виртуальной реальности должны быть реализованы два сегмента. Первый сегмент - сегмент разработки, оснащенный полнофункциональным программным обеспечением VR Concept. Для этого требуется коллектив, свободно владеющий инструментами разработки в среде VR Concept, навыками программирования на C++, инструментами инженерного CAD- и BIM-проектирования, инструментами создания и модификации моделей виртуальной реальности. Также необходимо иметь в составе группы разработчиков предметных специалистов по изучаемым с применением VR-технологии дисциплинам. Это необходимо для корректного моделирования поведения объектов в виртуальной реальности. В этом сегменте целесообразно применение поточных технологии разработки образовательных продуктов с использованием технологии виртуальной реальности, подробно описанная в работе [13]. Отметим, что для данной группы пользователей решение первой задачи - возможности распределенного доступа к серверу виртуальной реальности, в том числе в режиме разработки и корректировки сцен VR Concept также является чрезвычайно полезным инструментом, обеспечивающим синхронизированную работу распределенных групп разработчиков.

Второй сегмент - сегмент предметных пользователей. Этот сегмент включает в себя и преподавателей предметов (дисциплин), и учащихся. Образовательный процесс посвящен для данной группы лиц совсем не технология виртуальной реальности, а инженерным, естественнонаучным и другим дисциплинам. Соответственно, вмешательство этих групп пользователей в процесс создания продуктов VR

образовательного назначения не требуется. Зато потребность в распределенном практически на любую точку планеты доступе к серверу образовательного контента с минимальными требованиями к квалификации пользователя является первоочередным требованием. Частным следствием является возможность создавать и организовывать сервер VR Concept с подключением к сценам в эксплуатационном режиме, с возможностью интерактивного взаимодействия участников, но без прав на модификацию. Разработка такого сервера, обслуживающего библиотеку предметных приложений также реализовывалась в настоящей работе. Заметим, что могут обсуждаться различные архитектуры таких продуктов. Это связано прежде всего с тем что при использовании технологий виртуальной реальности на персональном компьютере задействуются два центра вычислений - центральный процессор и сложная видеокарта. Это обстоятельство затрудняет виртуализацию и контейнеризации ПО виртуальной реальности на физических и облачных серверах. Нами в рамках созданного прототипа был реализован простейший случай, когда каждая сцена VR функционировала на отдельном компьютере в лаборатории виртуальной реальности, к которому подключались удаленные пользователи. При этом библиотека VR-контента (готовых образовательных сцен VR) может располагаться в доступе для любого из компьютеров пула на физических или облачных серверах с необходимым администрированием доступа и механизмами использования. Такая архитектура центра коллективного использования виртуального контента является простейшей, и в дальнейших разработках может модифицироваться для повышения гибкости, эффективности и расширение возможностей масштабирования сервиса.

Для тестирования и отладки ПО LMS в многопользовательском режиме были использованы встроенные инструменты VR Concept для многопользовательского доступа к одной сцене, а также туннелирование с помощью Radmin VPN, позволяющим получить доступ к сцене пользователям из внешней сети.

Для пользователей разработано руководство с пошаговыми инструкциями по установке и настройке удаленного подключения с использованием программного обеспечения RadminVPN и VR Concept.

Задача создания понятного для пользователя интерфейса, позволяющего простым способом, «по нажатию кнопки», попадать в необходимую VR-сцену была решена путем разработки прототипа образовательного портала (LMS). Портал включает несколько блоков:

- раздел образовательных материалов (текстовых файлов, иллюстраций, видео- и аудио файлов и контент-сцен виртуальной реальности.

Образовательный контент ассоциирован с предметными курсами.

- раздел организации образовательного процесса (данные по составу учебных групп, расписание занятий, индивидуальным образовательным траекториям и т.д.);

- личные кабинеты учащихся, преподавателей и администраторов, обеспечивающие доступ к разным типом образовательного контента в пределах выделенных прав доступа. В том числе - подключения к занятию (к VR-сцене) с использованием интуитивно понятного и подкрепленного необходимыми подсказками интерфейса.

- раздел администрирования LMS, обеспечивающий функции планирования и управления образовательным процессом, фиксацию результатов контроля знаний, умений и навыков учащихся, а также учёт индивидуальных и групповых образовательных результатов и иные необходимые параметры образовательного процесса. Одной из инновационных функций, реализуемых в рамках данного раздела, является интерфейс формирования контента по курсу дисциплины, включая интеграцию VR-контента в программы образовательных модулей с последующим автоматизированным доступом соответствующих групп учащихся и преподавателей к нему.

Для обеспечения описанного функционала была разработана и реализована ролевая модель, предоставляющая различный функционал пользователям разных ролей – администратору портала, преподавателю и учащемуся. Интерфейс для различных пользователей различается и визуально, и функционально, и по объему доступных действий. Внешний вид интерфейса различен для различных ролей – обучаемого, преподавателя, администратора. Интерфейс обучаемого представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Интерфейс обучаемого

Основной функцией портала, позволяющей интегрировать виртуальную реальность в образовательный процесс, является максимально упрощенное попадание в VR-сцену (рисунок 4),

исключающее контакт пользователя с кодом или техническими тонкостями настройки подключения.

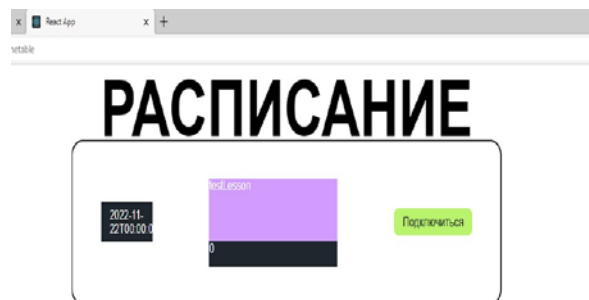


Рисунок 4 – Прототип окна с кнопкой «Подключиться» для входа в VR-сцену

При входе на портал пользователь должен авторизоваться. Авторизация осуществляется по логину и паролю, которые вносятся в базу данных оператором, при зачислении слушателя на курс.

После авторизации в системе обучаемый попадает на экран расписания, где отображены все занятия курса. В блоке занятия можно узнать время занятия, ссылку для подключения к уроку и перейти на карточку урока по интерактивной ссылке.

На карточке урока студент может просмотреть видеоматериалы, приложенные к уроку (в том числе и запись урока), а также работать с другими материалами по теме занятия.

Из раскрывающегося меню обучаемый может перейти к личному кабинету, просмотру статистики по индивидуальному плану обучения, оценкам, а также уведомлениям и диалогу с администраторами и преподавателями. В меню статистики обучаемый может увидеть свои отметки по выбранным критериям применительно к каждому занятию в выбранном курсе.

На экране курсов обучаемый может увидеть все свои занятия с группировкой по всем курсам, на которые он зарегистрирован. Через соответствующую иконку студент попадет в карточку выбранного урока, описанную ранее.

В карточке сообщений студент может обмениваться сообщениями с другими пользователями портала, в том числе с преподавателями и сотрудниками администрации. Для пользователя доступен список всех диалогов, имя и роль собеседника, а также подсвечиваются непрочитанные сообщения. Присутствует опция выбора нескольких диалогов для пометки прочтения или удаления.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны архитектура, функционал и интерфейсы программного обеспечения для обеспечения многопользовательского распределенного удаленного доступа через сеть Интернет к тренажерам в виртуальной среде VR Concept, развернутым на ресурсе образовательной организации.

При установке ПО удаленным пользователем автоматически настраивается соединение, эмулирующее локальную сеть, а также соединение со средой VR Concept. Функционал портала включает доступ к образовательным материалам, хранящимся в нереляционной базе данных. Такое решение позволяет администрировать материалы, используемые пользователем и реализовать систему, включающую доступ к материалам по подписке.

При подключении учреждения к portalу, открывается доступ только к интересующим тренажерам, которые по запросу размещаются на рабочей станции пользователя в хранилище временных файлов (кэш). Образовательные интерактивные сцены в среде виртуальной реальности VR Concept запускаются простой процедурой прямого вызова без дополнительных ручных настроек. При этом в виртуальной образовательной сцене реализован не только сценарий индивидуальных действий, но коллективное взаимодействие, выполнение групповых работ с разделением функциональных ролей и режима прямого аудиообщения – как с преподавателем, так и с другими учащимися. Все возможности реализуются для различных архитектур пространственного распределения учащихся – и в локальной сети организации-держателя LMS и библиотеки образовательного контента, и для удаленных учебных классов, и для индивидуальных обучающихся в режиме распределённого многоточечного подключения.

Так как программа поддерживает самостоятельный запуск и не требует вмешательства оператора для контроля и управления конфигурацией сервера, наличие такого сервера на удаленном хостинге позволяет развернуть на нем экземпляр программы и осуществлять управление учебным порталом. Благодаря чему возможно подключение нескольких учеников и осуществление непрерывного доступа, что будет удобно обучающимся из другого часового пояса.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность Высшей инженеринговой школе НИЯУ МИФИ за помощь в возможности опубликовать результаты выполненной работы.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Похорокува М. Ю., Агабабян Е. О., Варламов В. А. Влияние дистанционного обучения на качество успеваемости студентов // Современное педагогическое образование. 2021. №11.
- [2] Михеев, И. В. Современные подходы к реализации практико-ориентированного подхода в обучении программистов / И. В. Михеев, О. В. Виштак // Физик: учитель, педагог, наставник : сборник научных трудов / Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского. – Саратов : Издательство "Саратовский источник", 2023. – С. 246-248.
- [3] Железнякова, А. В. Особенности перехода на дистанционное обучение в образовательных организациях высшего образования (на примере ВИТИ НИЯУ МИФИ) / А. В. Железнякова, А. С. Грачев, А. В. Горбачев // Modern Science. – 2021. – № 2-1. – С. 262-267
- [4] Inocencio, Fabricio. (2018). Using Gamification in Education: A Systematic Literature Review.
- [5] Stecula, Kinga. 2022. "Virtual Reality Applications Market Analysis—On the Example of Steam Digital Platform" Informatics 9, no. 4: 100. <https://doi.org/10.3390/informatics9040100>
- [6] Vahideh Arghashi, Shopping with augmented reality: How wow-effect changes the equations!, Electronic Commerce Research and Applications, Volume 54, 2022, 101166, ISSN 1567-4223, <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2022.101166>.
- [7] Говорухин А.Д. Разработка прототипа системы производства образовательных тренажеров в среде виртуальной реальности VR Concept интегрированного в learning management system (LMS), Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, 2023
- [8] Maroungkas, Andreas, Christos Troussas, Akriivi Krouska, and Cleo Sgouropoulou. 2023. "Virtual Reality in Education: A Review of Learning Theories, Approaches and Methodologies for the Last Decade" Electronics 12, no. 13: 2832. <https://doi.org/10.3390/electronics12132832>
- [9] В КубГТУ создан первый на Кубани университетский класс в центре VR инструментов для реализации digital-проектов // URL: <https://kubstu.ru/r-10939> (дата обращения 27.02.2024)
- [10] Виртуальный мир теперь в Чешском техническом университете // <https://www.pragueacademy.ru/novosti/vse-novosti/item/1637-virtualnyy-mir-teper-v-cheshskom-tekhnicheskom-universitete> (дата обращения 27.02.2024)
- [11] «Цифровой горизонт»: В КНИТУ открылось пространство образовательных технологий будущего // URL: https://www.kstu.ru/event.jsp?id=142115&id_cat=0 (дата обращения 27.02.2024)
- [12] Dochy, Filip & Gijbels, David & Raes, Elisabeth & Kyndt, Eva. (2014). Team Learning in Education and Professional Organisations
- [13] Говорухин А.Д., Волобуева Т.Ф., Кулак С.А., Новикова А.С., Боброва Е.В., Любарский А.А. Технология автоматизированного производства образовательных тренажеров в виртуальной реальности на базе отечественного ПО VR CONCEPT // International Journal of Open Information Technologies. 2023. №7.

Implementation of multi-user remote access via the Internet to engineering operations simulators in VR Concept virtual environment deployed on internal and external cloud resources of the educational organization

Bobrova E.V., Govorukhin A.D., Lyubarskiy A.A., Andrienko Y.A., Volobueva T.F., Boyko O.V., Zhabitsky M.G.

Abstract. The article deals with the introduction of virtual reality (VR) technologies into educational processes, with a focus on the development and integration of learning management systems (LMS) with VR modules. The aim of the work is to create a fully functional digital LMS that provides integration of standard educational formats and innovative learning formats using virtual reality. The development of technologies for remote access to VR scenes is described, including the implementation of a software system and server architecture for accessing educational content. The use of VR simulators for teaching engineering operations and organising team activities in a virtual environment is investigated. Technical solutions for connecting external users to VR projects are presented, including the use of VPN to ensure a secure and stable connection.

Keywords – virtual reality, VR, LMS, educational technologies, remote learning, VR simulators, VPN, VR Concept.

REFERENCES

- [1] Pokhorukova M. Yu. O., Varlamov V. A. Influence of distance learning on the quality of students' performance // Modern Pedagogical Education. 2021. №11.
- [2] Mikheev, I. V. Modern approaches to the implementation of practice-oriented approach in the training of programmers / I. V. Mikheev, O. V. Vishtak // Physicist: scientist, teacher, mentor : collection of scientific papers / N. G. Chernyshevsky Saratov National Research State University. - Saratov : Saratov Source Publishing House, 2023. - C. 246-248.
- [3] Zheleznyakova, A. V. Features of the transition to distance learning in educational organisations of higher education (on the example of VITI NRNU MEPhI) / A. V. Zheleznyakova, A. S. Grachev, A. V. Gorbachev // Modern Science. - 2021. - № 2-1. - C. 262-267
- [4] Inocencio, Fabricio. (2018). Using Gamification in Education: A Systematic Literature Review.
- [5] Stecula, Kinga. 2022. "Virtual Reality Applications Market Analysis-On the Example of Steam Digital Platform" Informatics 9, no. 4: 100. <https://doi.org/10.3390/informatics9040100>
- [6] Vahideh Arghashi, Shopping with augmented reality: How wow-effect changes the equations!, Electronic Commerce Research and Applications, Volume 54, 2022, 101166, ISSN 1567-4223, <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2022.101166>.
- [7] A.D. Govorukhin, Development of prototype system for production of educational simulators in virtual reality environment VR Concept integrated into learning management system (LMS), National Research Nuclear University MEPhI, 2023.
- [8] Maroungkas, Andreas, Christos Troussas, Akrivi Krouska, and Cleo Sgouropoulou. 2023. "Virtual Reality in Education: A Review of Learning Theories, Approaches and Methodologies for the Last Decade" Electronics 12, no. 13: 2832. <https://doi.org/10.3390/electronics12132832>
- [9] Kuban State Technical University has created the first university class in the centre of VR tools for the implementation of digital projects // URL: <https://kubstu.ru/r-10939> (date of address 27.02.2024).
- [10] The virtual world is now at the Czech Technical University // <https://www.pragueacademy.ru/novosti/vse-novosti/item/1637-virtualnyy-mir-teper-v-cheshskom-tekhnicheskom-universitete> (date of address 27.02.2024)
- [11] "Digital Horizon": KNRTU opened the space of educational technologies of the future // URL: https://www.kstu.ru/event.jsp?id=142115&id_cat=0 (date of address 27.02.2024)
- [12] Dochy, Filip & Gijbels, David & Raes, Elisabeth & Kyndt, Eva. (2014). Team Learning in Education and Professional Organisations
- [13] Govorukhin A.D., Volobueva T.F., Kulak S.A., Novikova A.S., Bobrova E.V., Lubarsky A.A. Technology of automated production of educational simulators in virtual reality based on domestic software VR CONCEPT // International Journal of Open Information Technologies. 2023. №7.