

Технология создания пользовательских приложений с помощью Open GL ES в очках смешанной реальности Microsoft HoloLens

И.К. Кисилевич¹, М.В. Михайлюк², Д.А. Кононов³, Д.М. Логинов

^{1,2}ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН, Москва, Россия, ³ИПУ РАН, Москва, Россия,

¹ilya.kisilevich@gmail.com, ²mix@niisi.ras.ru,

Аннотация. В работе рассматривается технология создания и внедрения OpenGL-проектов в очки смешанной реальности Microsoft HoloLens, а также актуальные вопросы, связанные с правильным подключением и корректной работой этих очков. Предлагается подход, в котором задействуется беспроводная передача данных с компьютера на очки, а для запуска приложений используется проект, переводящий вызовы OpenGL ES API в API, поддерживаемое и доступное для платформы Microsoft HoloLens.

Ключевые слова: Microsoft HoloLens, смешанная реальность, дополненная реальность, OpenGL, пространственное сопоставление, ANGLE

1. Введение

В настоящее время одним из важных направлений исследований является соединение реального мира и виртуальных (цифровых) миров, созданных с помощью компьютеров. Термин «виртуальная реальность» (VR, см. [1]) используется для полностью цифровых миров, в которых присутствуют только виртуальные объекты и среды, которые могут взаимодействовать друг с другом. Дополненная реальность (AR, см. [2]) добавляет к восприятию реального мира отдельные мнимые элементы (тексты или изображения), используемые обычно в качестве вспомогательной информации. Смешанная реальность (MR, см. [3]) позволяет соединить реальное и виртуальное пространство в новое окружение, в котором физические и виртуальные объекты могут сосуществовать и взаимодействовать друг с другом в режиме реального времени.

В настоящее время существует востребованность в разработке и применении систем смешанной реальности, как одной из перспективных областей практической деятельности. Уже сейчас она используется в медицине во время хирургических операций, в строительной индустрии в BIM-проектах [0], у пилотов современных боевых самолётов для отображения важной информации на фоне наблюдаемой обстановки прямо на шлеме пилота и др. Смешанная реальность даёт возможность людям обучаться и развивать навыки в режиме симуляции реальных сценариев (например, военный тренинг).

Для погружения пользователя в смешанную реальность используются специальные очки или шлемы. Они позволяют также управлять её объектами без помощи дополнительных устройств. Это становится возможным благодаря камерам и

датчикам, установленным на таких устройствах. Камеры воспринимают жесты и движения рук пользователя. Изображение выводится в них на специальные линзы в виде проекций, а инерциальный измерительный блок (IMU, см. [5]) отслеживает повороты и наклоны головы пользователя. Смешанная реальность, которую создают вокруг пользователя такие очки, представляет из себя множество голограмм (виртуальных объектов), помещённых в реальное пространство. Голограммы могут быть анимированными и издавать звуки, а также реагировать на взгляд, жесты и голос пользователя.

Одними из самых современных устройств для смешанной реальности в настоящее время являются очки Microsoft HoloLens. Фирма Microsoft разработала технологию создания пользовательских приложений для этих очков с использованием графической библиотеки Direct3D [6]. В данной статье рассматривается подход для запуска проектов, созданных с помощью библиотеки OpenGL ES.

2. Microsoft HoloLens

Двуногий Microsoft HoloLens — это очки смешанной реальности, разработанные фирмой Microsoft (рис. 1). С их помощью можно видеть окружающее пользователя реальное пространство с встроенными в него виртуальными объектами, с которыми пользователь может взаимодействовать. Очки содержат 6 камер: в их центре расположена 2.4-х мегапиксельная RGB камера и инфракрасная камера для измерения расстояния до объектов реального мира. Еще по две камеры расположены с правой и левой сторон очков для отслеживания движения головы пользо-

вателя относительно его окружения. Сформированное изображение видимой части смешанной реальности выводится на два полупрозрачных экрана 1268 x 720 пикселей, расположенных перед глазами пользователя и обеспечивающих

стереовосприятие этого пространства. Устройство обновляет информацию об окружающем мире 5 раз в секунду. Имеются также 4 микрофона для голосового управления и 2 динамика

Таблица 1. Microsoft HoloLens - Технические характеристики

Система	
ОС	Windows 10
Процессор - CPU	Intel Atom X5-Z8100
Внутренняя память	64Gb
RAM - Оперативная память	2Gb
GPU - Видеокарта	Hololens Graphics 114Mb
Актуальная версия ПО	32-bit Windows 10.0.17763.437
Дата последнего обновления	09.04.2019
Дисплей	
Тип	AR - Дополненная реальность, MR-Смешанная реальность
Размер дисплея	16:9, гориз. угол обзора – 30°, вертикал. угол обзора – 17°
Разрешение дисплея	1268×720 px.
Частота дисплея	60 Гц.
Камера	
Фронтальные камеры	Камеры глубины и камера для фото/видеосъемки
Разрешение камеры	2MP Фото/HD Video Camera
Интерфейсы	
Wi-Fi	Wi-Fi 802.11 AC
USB	Micro USB 2.0
Bluetooth	Bluetooth 4.1 LE
Кнопки	Изменение яркости, изменение громкости
Индикаторы	Индикатор состояния аккумулятора
Мультимедиа	
Звук	4 микрофона, 2 динамика, Разъём Audio 3.5 mm
Питание	
Батарея	16500 мА·ч
Время работы	5.5 часов в среднем
Функции	
Управление	Голосовое управление, жесты
Отслеживание	До 6 степеней свободы: отслеживание вращения, отслеживание перемещений

пространственного звука, позволяющие слышать звуки, идущие от виртуальных объектов.



Рис. 1. Устройство Microsoft HoloLens

Главным преимуществом Microsoft HoloLens перед другими очками смешанной реальности является то, что данное устройство не требует обязательного подключения к персональному компьютеру, т.е. является абсолютно самостоятельным и может работать автономно, так как компьютер встроен в сами очки. Компьютер HoloLens имеет три процессорных чипа: ЦП (CPU), графический процессор (GPU) и блок голографической обработки (HPU). Встроенный аккумулятор рассчитан на 2-3 часа активного использования или 2 недели в режиме ожидания.

Сканирование окружающего пространства происходит при помощи ToF-датчика глубины [7]. Взаимодействие с виртуальными объектами в данных очках реализовано при помощи голосовых команд и жестов пальцами рук, которые отслеживаются встроенными датчиками. Голосовые команды воспринимаются при помощи четырёх микрофонов, спрятанных в передней части очков. Голосовые команды можно использовать для выполнения практически любых действий, например, для открытия приложений, выбора объекта, запуска и остановки программ, фото/видео съёмки и др. Программное обеспечение очков позволяет распознать положение левой и правой руки пользователя, а также выполняемый им жест: клик пальцем в воздухе (air tap), соединение пальцев вместе (tap & hold), раскрытие ладони (bloom) и др. В HoloLens при помощи взгляда можно управлять курсором, который позволяет точно указывать объекты для взаимодействия. Это позволяет пользователю создавать приложения, в которых можно перемещать, захватывать и вращать объекты.

Microsoft HoloLens 1-го поколения имеют 5 физических кнопок на корпусе. Они позволяют включать, выключать и переводить в режим сна устройство, а также регулировать громкость звука и яркость изображения. Более подробные технические характеристики отображены в таблице 1.

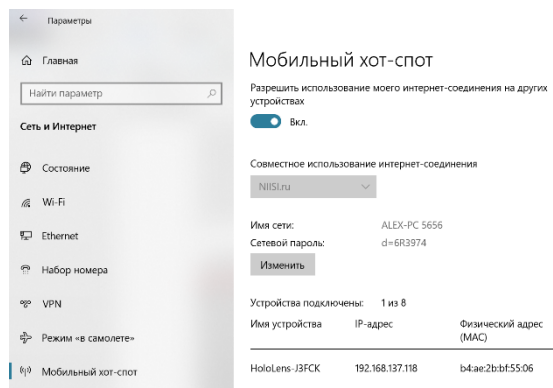


Рис. 2. Подключение устройства по Wi-Fi

Для подключения Microsoft HoloLens к ПК необходимо подключить очки и ПК к одной Wi-Fi сети. Для этого можно присоединить ПК к интернету с помощью сетевого кабеля, а для присоединения устройства воспользоваться Wi-Fi адаптером в режиме раздачи сигнала. Wi-Fi адаптер должен работать в диапазоне частот 5 ГГц. После подключения адаптера нужно настроить мобильный хот-спот (Параметры → Сеть и интернет → мобильный хот-спот), и включить разрешение использования интернет-соединения на других устройствах (рис. 2). Затем необходимо надеть очки и подключить их к этой сети через настройки Wi-Fi HoloLens.

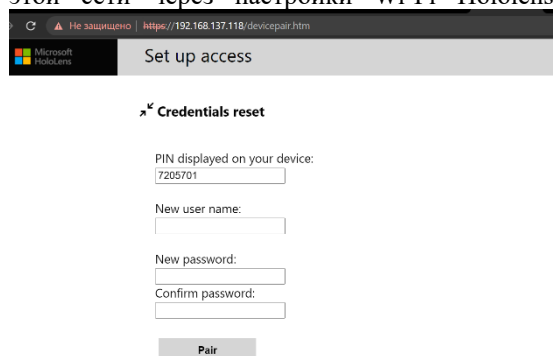


Рис. 3. Подключение портала устройств

Для настройки очков и управления ими удаленно через локальную сеть необходимо использовать портал устройств Windows (Windows Device Portal - WDP), который является веб-сервером, входящим в состав устройств Windows. Чтобы войти в портал устройств необходимо включить режим разработчика на вашем ПК (Параметры → Обновление и безопасность → Для разработчиков → Режим разработчика), ввести в адресную строку браузера IP-адрес устройства, который можно посмотреть в разделе мобильный хот-спот в настройках ПК или в настройках сети самих очков HoloLens. После этого потребуется зарегистрироваться в портале устройств (задать имя и пароль) и ввести PIN-код (который появится на очках, см. рис. 3).

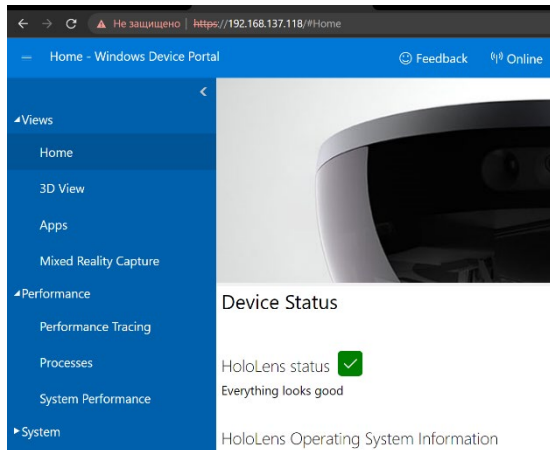


Рис. 4. Портал устройств

После нажатия кнопки «Pair» появится меню портала устройств (см. рис. 4). С помощью этого меню можно отслеживать производительность системы, загружать и устанавливать приложения, передавать между устройствами модели отсканированных помещений, включить запись видео и фото с устройства, включить видео трансляцию смешанной реальности с очков на монитор ПК, управлять установленными приложениями, запустить трассировку приложения и др.

Важным пунктом меню является 3D-view. Он дает возможность увидеть в специальном окне то, что видят очки HoloLens и как они интерпретируют виденное (рис. 5).



Рис. 5. Представление 3D-view в портале устройств Windows

3. Создание и запуск приложения

Для разработки приложений с использованием очков HoloLens потребуются наличие на компьютере 64-bit Windows 10 Pro, Enterprise, или Education Edition. Компьютер должен обладать процессором с четырьмя или более ядрами (либо несколькими процессорами с общим количеством ядер не менее четырех), не менее 8 ГБ оперативной памяти, BIOS, в котором поддерживаются и включены следующие функции:

- виртуализация с поддержкой аппаратного обеспечения;

- преобразование адресов второго уровня (SLAT);

- аппаратное предотвращение выполнения программ из памяти, выделенной для данных (DEP).

Кроме того, необходим графический процессор с DirectX 11.0 или более поздней версии и драйвер WDDM 1.2 или более поздней версии.

Для создания пользовательского приложения можно использовать Visual Studio 2017 или более поздние версии [8]. Перед началом разработки необходимо включить виртуализацию в настройках BIOS (место этих настроек зависит от производителя видеокарты), а также включить компонент Hyper-V (Панель управления\Все элементы панели управления\Программы и компоненты → Включение и отключение компонентов Windows, см. рис. 6).

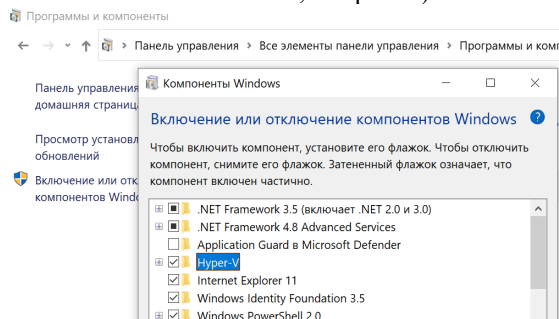


Рис. 6. Включение компонента Hyper-V

В HoloLens нужно включить режим разработчика в настройках (Settings→Update→For developers→Developer mode).

Для удобной разработки приложений в Visual Studio предусмотрена возможность запуска решения на удалённом компьютере (которым являются очки HoloLens), после того, как был указан IP-адрес в свойствах проекта (рис. 7). Выполнение таких программ можно остановить на очках либо в самой Visual Studio. После каждого запуска приложение сохраняется на очках поверх предыдущей версии этого приложения.

Launch Application	Да
Allow Local Network Loopback	Да
Debugger Type	Native Only
Machine Name	192.168.137.118
Authentication Type	Universal (Unencrypted Protocol)
Deploy Visual C++ Debug Runtime Libr	
Amp Default Accelerator	Ускоритель ПО WARP
Package Layout Path	
Advanced Remote Deployment Type	Copy To Device
Parkane Renictration Path	

Рис. 7. Адрес удалённого устройства в Visual

В настоящее время создание графических приложений в очках HoloLens возможно только с использованием DirectX. Для работы с OpenGL можно воспользоваться проектом ANGLE [9], который позволяет запускать приложения

OpenGL ES на нескольких платформах, переводя их на доступные аппаратно-поддерживаемые API. OpenGL ES (OpenGL for Embedded Systems — OpenGL для встраиваемых систем) — это подмножество графического интерфейса OpenGL, разработанное специально для встраиваемых систем — мобильных телефонов, карманных компьютеров и игровых консолей. OpenGL ES имеет некоторые отличия от OpenGL, хотя и основывается на её спецификации. Различия зависят от конкретных версий этих графических интерфейсов.

Программа ANGLE работает как оболочка для проекта OpenGL ES и переводит его на поддерживаемый очками DirectX. Для начала работы с ANGLE нужно выполнить несколько шагов:

На своём ПК создать копию репозитория ANGLE с сайта GitHub [10] (при помощи команды `git clone` или скачиванием zip-архива через кнопку “Code”).

При помощи команды `git checkout ms-holographic-experimental` проверить (обновить) файлы в каталоге ANGLE (см. источник [11] раздел Build ANGLE with Windows Holographic experimental support included, пункт 2)

Открыть `angle.sln` в Visual Studio и собрать библиотеки `libAngle` и `libEGL` в режимах Debug и Release.

Установить шаблон ANGLE для универсальной платформы Windows (в папке `templates\` запустить `install.bat`)

Создать проект на основе шаблона (рис. 8).

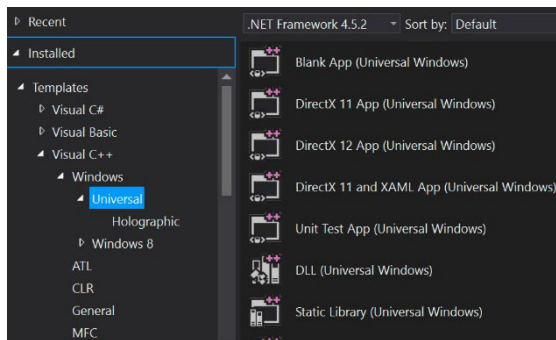


Рис. 8. Создание нового проекта для HoloLens с использованием ANGLE

Для удобства при отладке программ можно использовать эмулятор Microsoft HoloLens, который упрощает и ускоряет процесс тестирования различных версий программ и шаблонов. Эмулятор имеет несколько различных версий сборки, что позволяет тестировать проекты на каждой из них, без необходимости обновления ПО самих очков (рис. 9).

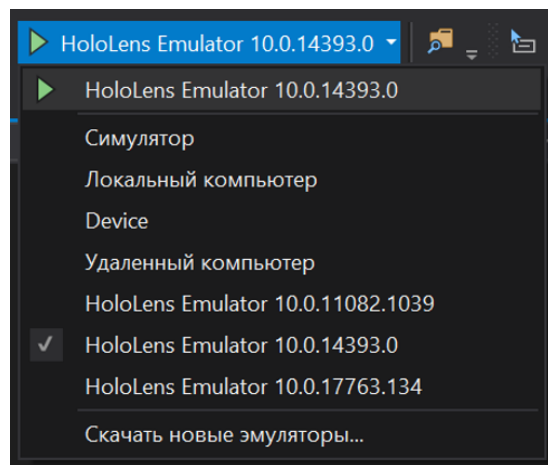


Рис. 9. Выбор эмулятора очков по версии

Благодаря шаблону программы для универсальной платформы Windows с использованием ANGLE становится возможным написание различных программ на её основе. На рис. 10 можно видеть пример такой программы, где в реальное пространство добавляется разноцветный кубик. Пользователь с помощью пальца может управлять перемещениями и поворотами этого кубика.

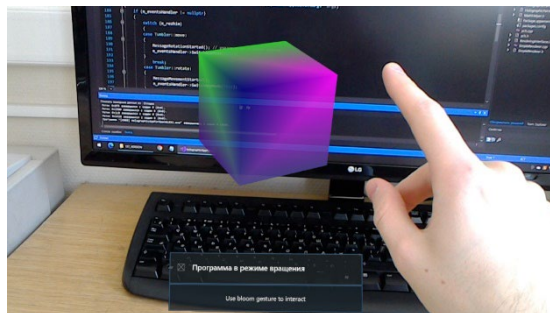


Рис. 10. Визуализация кубика в Microsoft HoloLens с помощью OpenGL ES

6. Заключение

В данной работе рассматривается технология создания OpenGL-проектов для очков смешанной реальности Microsoft HoloLens, а также вопросы, связанные с правильным подключением и корректной работой этих очков. В предлагаемом подходе используется беспроводная передача данных с компьютера на очки, а также автоматический перевод вызовов OpenGL ES API в API, которое поддерживается в платформе Microsoft HoloLens.

Публикация выполнена в рамках государственного задания ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН «Проведение фундаментальных научных исследований (47 ГП)» по теме № FNEF-2022-0012 «Системы виртуального окружения: технологии,

методы и алгоритмы математического моделирования и визуализации. 0580-2022-0012».

Technology for Developing User Applications with Open GL ES in the Microsoft HoloLens Mixed-Reality Device

I.K. Kisilevich, M.V. Mikhaylyuk, D.A. Kononov, D.M. Loginov

Abstract. The paper discusses the technology of creating and implementing Open GL projects into Microsoft HoloLens mixed-reality device as well as topical issues related to the correct connection and operation of this device. An approach is proposed, in which wireless data transfer from a computer to glasses is involved, and a project is used to launch applications that translates OpenGL ES API calls into an API supported and available for the Microsoft HoloLens platform.

Keywords: Microsoft HoloLens, mixed reality, augmented reality, OpenGL, spatial mapping, ANGLE

Литература

1. Виртуальная реальность. <https://www.iberdrola.com/innovation/virtual-reality> (дата обращения: 25.11.2021).
2. Дополненная реальность. https://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality (дата обращения: 25.11.2021).
3. Mixed Reality. <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality> (дата обращения: 25.11.2021).
4. BIM-проект. <https://www.autodesk.ru/solutions/bim> (дата обращения: 25.11.2021).
5. Инерциальный измерительный блок. [https://docs.microsoft.com/en-us/hololens/hololens1-hardware#:~:text=inertial%20measurement%20unit%20\(-,IMU,-\)](https://docs.microsoft.com/en-us/hololens/hololens1-hardware#:~:text=inertial%20measurement%20unit%20(-,IMU,-)).
6. Direct3D. <http://ru.knowledgr.com/07934604/Direct3D> (дата обращения: 30.11.2021).
7. ToF-camera. <https://root-nation.com/ru/posts/tech/ru-tof-camera-v-smartfone/> (дата обращения: 30.11.2021).
8. Инструменты для разработки. <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows/mixed-reality/develop/install-the-tools#installation-checklist> (дата обращения: 30.11.2021).
9. ANGLE. <https://chromium.googlesource.com/angle/angle> (дата обращения: 30.11.2021).
10. GitHub ANGLE. <https://github.com/microsoft/angle> (дата обращения: 01.12.2021).
11. OpenGL ES для HoloLens с использованием ANGLE. <https://github.com/Microsoft/angle/tree/ms-holographic-experimental> (дата обращения: 01.12.2021).