

Расширенная реальность (VR|AR|MR)

«Сначала было время текста, затем пришло время фото, потом все перешли на видео, а сейчас пришло время перейти в виртуальную реальность...» «Мы считаем, виртуальная реальность станет следующей основной платформой»

Марк Цукерберг,

24/09/2015 на конференции разработчиков Oculus Connect 2

Последние годы тема этой главы является широко и активно обсуждаемой в IT сообществе. Многие мировые технологические лидеры участвуют в 4ой волне развития вычислительных платформ¹, основанной на расширенной реальности (XR). Этой волне предшествовали: появление персональных компьютеров, изобретение интернета и повсеместное использование мобильных устройств. (См. рисунок №1)

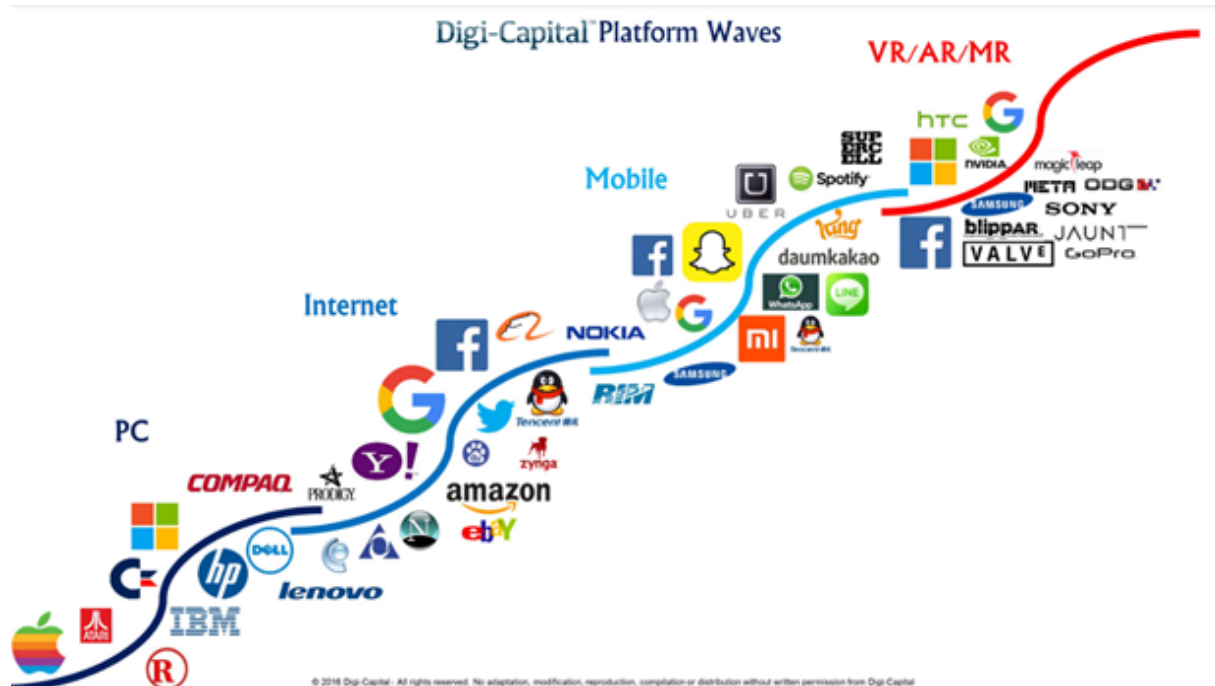


Рис. №1. Схема волн развития вычислительных платформ
ссылка. <https://uploadvr.com/virtual-augmented-mixed-reality-4th-wave/>

XR (Extended reality) — международное сокращение, применяемое вместо VR/AR/MR, когда необходимо упомянуть весь набор данных технологий.

VR (Virtual reality) — виртуальная реальность, созданный техническими средствами мир, передаваемый человеку через его ощущения: зрение, слух, обоняние, осязание и другие.

AR (Augmented reality) — дополненная реальность, результат введения в поле восприятия любых сенсорных данных с целью дополнения сведений об окружении и улучшения восприятия информации.

MR (Mixed reality) — смешанная реальность, является следствием объединения реального и виртуального миров для создания новых окружений и визуализаций, где

¹ <https://uploadvr.com/virtual-augmented-mixed-reality-4th-wave/>

физический и цифровой объекты сосуществуют и взаимодействуют в реальном времени.

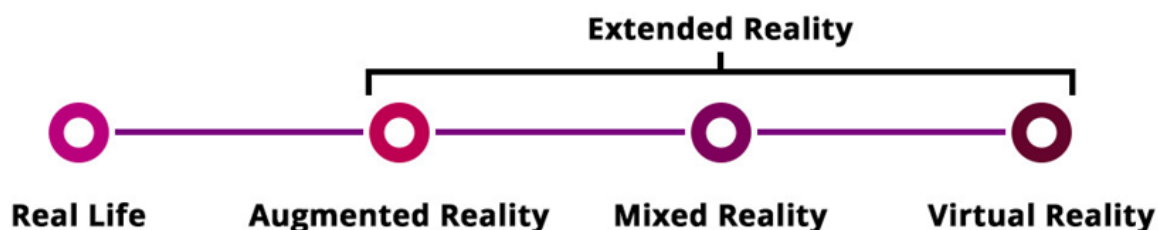


Рис. 2. Схема уровней реальности в разрезе цифровых технологий

Основной причиной интереса бизнеса к XR является **возможность переживания пользователем опыта в виртуальной среде или дополненной цифровыми объектами среде**. Возможность этого переживания обеспечивается **иммерсивностью** виртуальной среды (от англ. **immersive** — «создающий эффект присутствия, погружения, вовлечения») или погружением в виртуальную среду — это восприятие физического присутствия в нефизическом мире. Восприятие создается техническим путем окружения пользователем системы VR изображениями, звуками или другими стимулами, которые обеспечивают общую среду.

Погружение - это состояние, когда субъект перестает осознавать свое физическое состояние. Это часто сопровождается интенсивной концентрацией, потерей ощущения времени и физической реальности/(окружающего пространства).

Степень погружения - это уровень того насколько человек ощущает себя в виртуальной реальности. XR технологии стали прорывом именно благодаря тому, что предлагают более глубокий уровень погружения, чем все предыдущие технологии.

Степень же погружения определяется согласованием ощущений с теми, к которым привык человек в реальном мире (или воплощением его представлений о неких ощущениях и возможном реальном опыте).

В отличие от пассивного участия в фильме, созерцания картины или традиционного спектакля, виртуальная реальность позволяет взаимодействовать с виртуальной средой. В качестве примера можно привести, что в отличие от привычной компьютерной игры на экране, когда вокруг него обычное пространство, игрок в VR видит вокруг себя только интерактивный виртуальный мир.

В настоящее время выделяют 3 уровня погружения в XR.

- **Неиммерсивная**

Этот уровень часто игнорируется как категория XR, поскольку он уже так широко используется в повседневной жизни. Этот уровень обеспечивает созданную техническими средствами среду, но позволяет пользователю контролировать свое физическое окружение. Это кино, театр, видеоигры и т.д.

- **Полуиммерсивная**

Полуиммерсивный виртуальный опыт предоставляет пользователям частично виртуальную среду. Она дает пользователям ощущение присутствия в другой реальности, но также позволяет пользователям оставаться на связи с физическим окружением. Эта категория обеспечивает реалистичность за счет более детализированной графики, что приводит к более полноценному ощущению среды. Эта категория часто используется в образовательных или учебных целях и опирается на дисплеи высокого разрешения, мощные компьютеры, проекторы или аппаратные

симуляторы, которые частично повторяют дизайн и функциональность реальных устройств.

- **Иммерсивная**

Данная категория дает пользователям наиболее реалистичный опыт, с точки зрения погружения в среду. Чтобы ощутить и взаимодействовать с виртуальной средой, пользователю необходима соответствующая XR система.

Просмотр сочетается с возможностью управления средой для создания иммерсивного опыта. Для не развлекательных проектов XR дает возможность дешево (по сравнению с физическими альтернативами) тестировать проектные гипотезы, массово и безопасно учить, привлекать инвестиции и покупателей демонстрируя виртуально продукты или концепты и т.д.

В науке и промышленности XR базируется на **компьютерном моделировании**, когда прямой натурный эксперимент дорог, дорог, а часто просто опасен, и по сути невозможен. Также эти технологии напрямую связаны с развитием технологий цифровых двойников. [Ссылка на главу про Цифровые двойники](#)

1. Краткая история

Термин «виртуальная реальность» впервые использовал французский писатель Антонен Арто в сборнике эссе «Театр и его двойник» в 1938 году. Под виртуальной реальностью он подразумевал созданный **техническими** средствами мир, в котором человек ощущает себя близко к тому, как он себя ощущает в реальном мире. Тогда конечно не было никаких шлемов или специальных очков. Люди смотрели театральные представления и кинофильмы на большом экране. Для них это погружение было достаточно глубоким.

Дополненная реальность впервые появилась в фантастическом романе автора «Волшебника страны Оз» Лаймана Фрэнка Баума «Главный ключ», где он описал некое устройство, способное пометать в режиме реального времени людей буквами, указывающими на их характер и уровень интеллекта.

Устройства виртуальной реальности, которые заложили основы всей индустрии, создают с 60-х годов. Но применялись они для научных целей, на дорогих военных тренажерах и других малодоступных большинству компаний сегментах.

В 1978, Стив Манн придумал первое приспособление для AR - EyeTap. В нем использовалась камера и дисплей, дополняющий реальный мир в режиме реального времени.

Первое массовое использование дополненной реальности стало возможно благодаря Дену Рейтону, который в 1982 году использовал радар и камеры в космосе для того, чтобы показать движение воздушных масс, циклонов и ветров в телепрогнозах погоды. AR до сих пор используется таким образом на телевидении.

В 90е довольно широкое распространение получили так называемые CAVE² системы, чья стоимость обычно начиналась от миллиона долларов. Также существовало большое количество виртуальных тренажеров, в которых использовался реальный объект обучения (например, самолет). Вместо стекол в таких тренажерах вставлялись экраны, отображающие компьютерную симуляцию, управляемую действиями обучаемого. Такие тренажеры существуют и сейчас, т.к. в ряде профессий

² Иммерсивная среда виртуальной реальности, в которой проекторы направлены на стены куба размером с комнату.

с высоким уровнем ответственности даже малейшее отклонение может привести к наработке ложного навыка.

В 90-е поиск новых способов использования AR продолжился, а ученый Том Коделл впервые предложил термин «дополненная реальность». Перед ним и его коллегой поставили задачу: снизить затраты на дорогие диаграммы, которые использовали для разметки заводских зон по сборке самолетов Боинг. И решением стала замена фанерных знаков с обозначениями на специальные шлемы, которые отображали информацию для инженеров. Это позволило не переписывать обозначения каждый раз вручную, а просто изменять их в компьютерной программе.

В 1999 году Хироказу Като создал открытую библиотеку ARToolKit для написания AR приложений. Она позволяла синхронизировать картинку реальной и виртуальной камер, что давало возможность накладывать компьютерную графику на маркеры. Этот момент считается началом современного этапа развития дополненной реальности.

В 2012 году была представлена ранняя версия VR шлема Oculus Rift, которая в дальнейшем собрала за 36 часов более 1 млн долларов с помощью краудфандинга. С этого начался бурный современный этап развития этой индустрии. Главной характеристикой этого этапа стала демократизация виртуальной реальности. Она стала доступна широким массам людей, а тем более компаниям. Ключевую роль в этом сыграла готовность аппаратных компонент, которые к этому моменту уже стали дешевыми и распространенными благодаря рынку мобильных устройств.

На момент 2021 года на рынке существуют сотни XR устройств, ряд из которых выпускается миллионными партиями. Именно у них есть шанс стать по-настоящему массовыми: они сравнимы по стоимости со смартфонами, обладают мощными вычислительными ресурсами, имеют большое количество сторонних разработчиков приложений и выглядят привлекательными потребительскими устройствами.

2. Современное состояние рынка и прогноз

Одной из текущих проблем внедрения XR технологий является опасение, что они прекратят свое существование в очередной раз, как уже было в 60е и 90е годы. Для того, чтобы XR получил массовое распространение значительная часть человечества должна начать использовать эти технологии, как это произошло с персональными компьютерами, интернетом и мобильными устройствами. Это значит, что XR технологии должны стать технологиями ежедневного потребления.

На текущий момент мы можем оперировать следующей статистикой³:

- В 2019 году было продано 14 миллионов XR устройств;
- 99,8%⁴ существующих мобильных устройств так или иначе поддерживают AR;
- В мире насчитывается более 171 млн пользователей VR;
- Спрос на автономные устройства VR вырос более чем в 16 раз в период с 2018 по 2022 год;
- 70% потребителей, владеющих гарнитурами VR, покупали на них игры или программы;
- Ожидается, что мировой рынок AR и VR вырастет до \$209,2 млрд к 2022 году;

³ <https://techjury.net/blog/virtual-reality-statistics>

⁴ <https://www.aronplatform.com/mobile-ar-penetration-2020>

- Крупные технологические компании Microsoft, Google, Sony, Facebook⁵, HTC и другие развивают это направление и считают его следующим за мобильными устройствами этапом развития;
- На данный момент практически каждый IT гигант имеет собственное массово продаваемое XR устройство или целую экосистему XR.

В долгосрочном прогнозе Gartner⁶ предполагает, что VR достигнет массового применения до 2023 года, AR на несколько лет позже. Но на пути массового внедрения стоит достаточно большое количество серьезных технических сложностей. Например, компьютерное зрение недостаточно развито для совмещения виртуального и реального миров, прозрачные экраны очень малы и т.д.

Поэтому наиболее вероятный период начала массового использования предполагается с 2023 по 2028 годы. Следует понимать, что имеется в виду именно ежедневное использование технологии обывателем. Для бизнеса XR уже сейчас является доступной и применимой на практике.

3. Архитектура XR

Любая XR система является программно-аппаратным комплексом, создаваемым под конкретную задачу путем интеграции различных компонент.

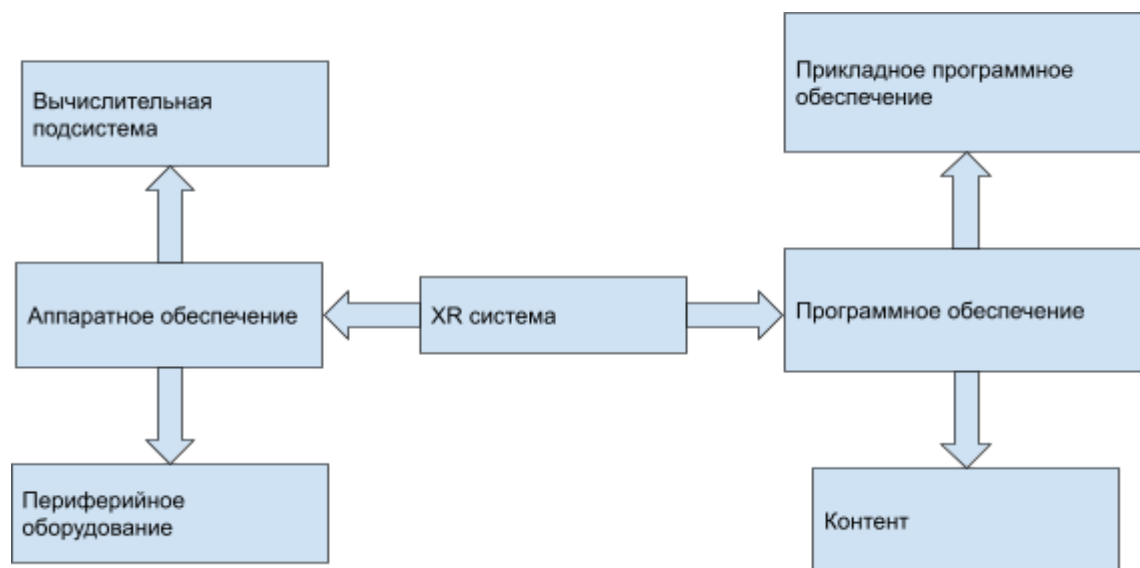


Рис. 3. Архитектура XR системы

Каждая XR система включает в себя:

- Вычислительную подсистему
- Периферийное оборудование

⁵

<https://www.forbes.ru/newsroom/tehnologii/435893-facebook-sozdast-komandu-razrabotchikov-dlya-sozdaniya-sobstvennoy>

⁶

<https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-22-10-gartner-unveils-top-predictions-for-it-organizations-and-users-in-2020-and-beyond>

- Программное обеспечение
- Контент

Оборудование в большинстве систем является типовым и коммерчески доступным, как и ПО для разработки. Уникальность XR проекта достигается путем создания контента в предметной области проекта, программирования бизнес-логики и человеко-машинного интерфейса.

4.1. Периферийное оборудование

4.1.1. Аудиовизуальное

Основой данного сегмента оборудования является шлем XR во всех возможных его вариантах.

Шлем XR - это устройство, позволяющее частично погрузиться в мир виртуальной реальности, создающее зрительный и акустический эффект присутствия в заданном управляющим устройством (компьютером) пространстве. Представляет собой конструкцию, надеваемую на голову, снабженную видеозэкраном и акустической системой.

Терминология, связанная со шлемами не устоялась окончательно. В английском языке существует устоявшийся термин Head-mounted display или HMD (наголовный дисплей, естественно, в русском языке не прижился). Но зато достаточно распространено словосочетание “очки виртуальной реальности,” хотя большинство устройств очками, строго говоря, и не являются.

Фактически, говоря о виртуальной реальности, большинство людей имеет в виду именно эти устройства. Они несут на себе необходимые сенсоры, экран, а также дополнительно интегрируемое оборудование.

В настоящее время шлемы нацелены прежде всего на аудиовизуальную составляющую. Причина этого заключается в том, что из всего объема информации 75% приходит к нам посредством зрения, 13% - через слух, а оставшиеся 12% - через обоняние, вкус и осязание. Как следствие, разработка аудиовизуальных устройств наиболее развита и перспективна для коммерциализации.

Дисплей создает объемную картинку, демонстрируя два изображения — по одному для каждого глаза. Кроме того, он может содержать гироскопический или инфракрасный датчик положения головы.

Ряд шлемов комплектуется встроенными наушниками или имеет разъем для них. XR звук от стерео и объемного воспроизведения отличает необходимость правдоподобного позиционирования звукового контента в пространстве. Звук должен не только "окружать" нас по кругу, но и быть различимым из точек над и под нами⁷. Аудиоформаты виртуальной реальности, способные удовлетворить это требование, существуют уже не менее 50 лет в виде Ambisonics⁸ для воспроизведения

⁷ <https://usv.edu/blog/virtual-reality-audio-sound-formats-history/>

⁸ Полносферный формат объемного звука : в дополнение к в горизонтальной плоскости он охватывает источники звука выше и ниже слушателя.

в помещении через динамики и бинаурального аудио⁹ для воспроизведения через наушники.

Шлемы могут подключаться к ПК или быть мобильными. ПК позволяет отображать очень сложный и тяжелый контент, мобильные шлемы позволяют свободнее двигаться и не покупать дорогостоящий компьютер. Оба этих подхода в настоящий момент сходятся к среднему варианту - мобильные шлемы могут подключаться и к ПК для доступа к тяжелому интерактивному контенту, и ПК шлемы имеют опциональную беспроводную связь с компьютером и провода больше не мешают пользователю двигаться.

Также существуют бюджетные шлемы без электроники, имеющие лишь линзы и корпус из пластмассы (MI VR¹⁰ и т.п.) или картона (Google cardboard¹¹). В них вставляется мобильный телефон и получается мобильный шлем виртуальной реальности. Такие шлемы достаточно популярны в силу своей дешевизны и являются своеобразными воротами в VR для многих людей. Более дорогие мобильные шлемы без встроенной электроники начали вытесняться с рынка шлемами собранными по принципу "все в одном." Они имеют хорошую компоновку, эргономику, охлаждение и их стоимость выглядит более привлекательной по сравнению со связкой - топовый телефон + пластиковый шлем с линзами.

Наиболее распространенные устройства для VR: Oculus¹² и HTC Vive¹³ различных моделей.

Отдельно необходимо упомянуть очки для смешанной реальности. Они позволяют накладывать компьютерное изображение на реальный мир. Например, при сборке мотора вы будете видеть наложенный на него 3D чертеж или идти по городу в окружении фантастических персонажей. Основной плюс очков на данный момент - это свободные руки. Основной минус - это субъективно небольшое поле зрения из-за небольших дисплеев. Судя по отчетам VR ассоциаций на данный момент наибольшее количество успешных кейсов с очками - это промышленность и строительство, где высококвалифицированному персоналу требуется доступ к сложной документации на месте, свободные руки и возможность удаленной голосовой коммуникации.

Применение шлемов не ограничивается данными отраслями. Существует большое количество кейсов для образования, маркетинга, продаж и т.д.

Наиболее известные устройства для MR: Microsoft HoloLens¹⁴ и Magic Leap¹⁵. Для AR наибольшей известностью пользуется продукция Vuzix¹⁶.

Следует отметить, что производители всех шлемов стремятся создать постоянно носимое, легкое, но мощное устройство, которое сможет поддерживать VR или MR в зависимости от ситуации¹⁷. Ряд признаков этого движения можно заметить уже сейчас. Например, появление, внешних камер на ряде VR камер.

⁹ Бинауральный эффект (от лат. bini – два, пара и auris – ухо) — эффект, возникающий при восприятии звука двумя ушами. Он позволяет определить направление на источник звука, что делает звуковое восприятие объемным.

¹⁰ <https://www.mi.com/global/mivr1c/>

¹¹ <https://arvr.google.com/cardboard/>

¹² <https://www.oculus.com/>

¹³ <https://www.vive.com/eu/>

¹⁴ <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

¹⁵ <https://www.magicleap.com/en-us>

¹⁶ <https://www.vuzix.com/>

¹⁷ <https://www.qualcomm.com/news/onq/2017/05/31/extended-reality-convergence>

4.1.2. Кинестетическое

После аудиовизуального оборудования наилучшим образом, на данный момент, развито кинестетическое. Эту сферу изучает наука хаптика. Слово «хаптика» произошло от греческого «haptikós», что в переводе на русский означает «осязаемый». В международной терминологии приняты термины **haptic technology** и **kinesthetic communication**.

Хаптика охватывает все ощущения, которые человек получает через прикосновение, включая осязание, восприятие веса и любые сложные ощущения, возникающие в теле. Фактически эта сфера включает в себя любые ощущения, относящиеся к прикосновению.

Для VR хаптика является технологией, которая позволит отказаться от промежуточных контроллеров между человеком и виртуальной средой. Человек сможет трогать объекты и управлять ими, чувствовать прикосновение к разным типам поверхностей и распознавать их на ощупь. На данный момент настолько далеко хаптика не продвинулась, но она является одним из самых перспективных направлений в XR.

В настоящее время ряд компаний разработал перчатки виртуальной реальности, которые позволяют трогать виртуальные объекты руками (HaptX¹⁸, ManusVR¹⁹ и другие). Более того существуют костюмы виртуальной реальности (Tesla Suite²⁰), позволяющие передать движения человека в виртуальном пространстве, а ему почувствовать соприкосновение с виртуальными объектами.

4.1.3. Обонятельное

Когда мы говорим об имитации запаха, то подразумеваем технологии передачи запаха (**Digital scent technology**²¹ или **olfactory technology**). Это технологии, позволяющие передавать, принимать и воспроизводить ароматы с помощью цифровых технологий. При этом используется специальное оборудование и программное обеспечение.

Эта группа технологий начала развиваться в области кино с самой его зари для усиления эффекта погружения. Наибольшую популярность данные устройства получили в 4D кинотеатрах: происходило распыление ароматических масел либо выдавались карточки, пропитанные ими, по аналогии с парфюмерными пробниками.

На современном этапе уже существуют технические решения способные улавливать, декодировать и воссоздавать реалистичные запахи. Например, ovrtechnology²² создает библиотеку запахов, стандартные картриджи для генерации запахов на стороне пользователя и маску для них, интегрируются в XR шлем.

На данный момент эти устройства широко не распространены. Проектирование, конструирование и тестирование таких устройств - сложное дело, требующее многих дисциплин (программная инженерия, промышленный дизайн, электротехника и сенсорная исследования). Фактически происходит работа над расширением и переносом сенсорных практик в цифровое пространство.

¹⁸ <https://haptx.com/>

¹⁹ <https://www.manus-vr.com/>

²⁰ <https://teslasuit.io/>

²¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_scent_technology

²² <https://ovrtechnology.com/>

Существующие препятствия на пути внедрения в широкую практику включают в себя время распространения ароматов (в отличие от шлема здесь речь идет о распространении молекул в воздухе), недостаточное фундаментальное понимание обонятельного восприятия человека, опасность синтетических запахов для здоровья, в т.ч. аллергические реакции.

4.1.4. Вкусовое

В международной терминологии принят термин **Gustatory technology**²³, **вкусовые технологии**.

Изначальная основная цель имитации вкуса заключалась в разработке продуктов с более качественным и постоянным вкусом.

На данный момент, технологии имитации вкуса не имеют коммерческой реализации и находятся в области интереса ученых²⁴.

Ученые научились вызывать у человека вкусовые ощущения с помощью электродов, закрепленных на языке. Легкий переменный ток и температура, передаваемые через электрод, позволяют обмануть вкусовые рецепторы. Таким образом человек может ощущать четыре основных вкуса: сладкое, соленое, кислое и горькое.

Однако текущие опытные образцы не могут полностью воспроизвести ощущение вкуса. Более того, по мнению ученых большая часть того, что мы называем вкусом, на самом деле является запахом. Все вкусовые ощущения основаны на сложном взаимодействии реакций многочисленных рецепторов. Каждый рецептор может реагировать на более чем одно химическое вещество, и его реакция может повлиять на то, как мозг интерпретирует реакцию других рецепторов. В результате получается сложная схема обратной связи.

4.1.5. VR контроллеры

VR контроллеры - это любые устройства ввода, которые позволяют управлять происходящим в виртуальной среде. Часть контроллеров интегрирована производителями с вышеописанным оборудованием и является привычной частью XR. Но существует большое количество специфических контроллеров под конкретные задачи.

Из наиболее распространенных типов можно выделить:

- Контроллер отслеживания движений головы - является ключевым контроллером XR и крепится на шлеме;
- Touch контроллеры для рук - в настоящее время идут в комплекте поставки с большинством шлемов;
- Перчатки-контроллеры;
- Всенаправленная дорожка для бега;

²³ https://en.wikipedia.org/wiki/Gustatory_technology

²⁴

<https://www.newscientist.com/article/2111371-face-electrodes-let-you-taste-and-chew-in-virtual-reality/>

- Автомобильный или мотоциклетный руль;
- Авиационный штурвал;
- Пистолет для стрельбы по целям в виртуальном мире;
- Контроллер отслеживания движения глаз.

Многие из контроллеров имеют обратную связь, что усиливает реалистичность интерактива и степень погружения. Например, рули и штурвалы самостоятельно поворачиваются в ту или иную сторону в зависимости от происходящего в виртуальном мире.

4.1.6. Промышленные устройства

В ряде случаев требуется повысить уровень погружения и реалистичности виртуальной реальности до максимально доступного уровня. Обычно это касается профессиональных тренажеров либо развлекательных парков. В таком случае используют реальные части оборудования²⁵, кабины самолетов²⁶, автомобилей, реальные предметы и т.д. Для синхронизации виртуальной реальности и физической части программно-аппаратного комплекса их интегрируют между собой. В результате интеграции физические части выступают контроллерами виртуальной реальности и обеспечивают правильное ощущение пространства, а также тактильные ощущения.

В ряде тренажеров или развлекательных парках строят стены, которые соответствуют виртуальным. Уровень иммерсии в таких реализациях значительно выше, чем виртуальная реальность с перемещением с помощью обычного бытового контроллера.

4.2. Программное обеспечение

Современное программное обеспечение вышло из областей, где серьезно применяется компьютерная графика. Это разработка обучающих симуляторов, компьютерных игр, кинематографа, CAD и т.п. Причем, в настоящее время наблюдается явная конвергенция этих областей, они перенимают друг у друга сильные стороны.

Многие популярные рабочие среды поддерживают XR, но в большинстве случаев проектные требования настолько специфические, что приводят к заказной разработке.

Для заказной разработки компании обычно используют одну из крупных XR экосистем, в рамках которых существует большое количество интеграций периферийного оборудования и ПО для XR разработки.

4.2.1. Среды разработки

Самые крупные экосистемы возникли вокруг Unity3d²⁷ и Unreal engine²⁸. В силу их сложившейся популярности любой разработчик оборудования или SDK выпускает на

²⁵ <https://www.roadtovr.com/iti-vr-crane-training-simulator-test/>

²⁶ <https://www.aviationtoday.com/2019/08/01/training-brain-mind/>

²⁷ <https://unity.com/>

²⁸ <https://www.unrealengine.com/en-US/>

рынок интеграцию прежде всего с ними. Кроме того они поддерживают все популярные форматы мультимедиа, которые могут быть интегрированы в XR.

4.2.2. SDK

На данный момент на рынке представлено большое количество SDK для XR устройств. Каждый производитель поддерживает сообщество сторонних разработчиков, чтобы именно его XR оборудование поддерживались максимальным количеством прикладного ПО и игр.

В качестве примера приведем iOS и Android, которые имеют развитые AR SDK - AR kit и AR core. Все распространенные среды разработки поддерживают их. Основной задачей является поддержка большого парка мобильных устройств и выбор возможностей AR под конкретные поколения устройств. Новейшие функции работают только на новых устройствах, поэтому массовый AR проект предполагает хорошее понимание парка устройств аудитории. Для внутрикорпоративных AR проектов это проблемой не является и обычно приобретаются современные устройства с высокой производительностью и максимальным AR функционалом.

4.2.3. SAAS платформы

Многие задачи могут быть решены без сложной долговременной разработки с помощью SAAS платформ XR.

На практике в таких проектах для VR производят 360-градусное видео и панорамные фото 360, а для AR - 3D модели, фото, видео и аудио.

Ключевым преимуществом данного подхода является его дешевизна, скорость производства контента и возможность воспроизведения контента на практически любом устройстве. Например, для AR - Spark AR²⁹, 8thwall³⁰, для VR Kuula³¹, Youtube, Sketchfab³². Большинство из них представляют конструктор XR экспириенса на базе загруженного контента.

4.3. Контент

Контент³³ является тем, ради чего и начинается любой XR проект. Под требования проекта в большинстве случаев приобретаются существующие на рынке оборудование и базовое программное обеспечение. Контент же в большинстве случаев производится специально под проект и является специализированным. С точки зрения конечного потребителя XR является еще одним способом доставки контента.

²⁹ <https://sparkar.facebook.com/ar-studio/>

³⁰ <https://www.8thwall.com/>

³¹ <https://kuula.co/>

³² <https://sketchfab.com/>

³³ Информация и впечатления, направленные на конечного пользователя или аудиторию. Контент - это "то, что должно быть выражено с помощью какого-либо средства, как речь, письмо или любое из различных искусств". Контент может быть доставлен с помощью многих различных средств, включая Интернет, кино, телевидение, радио, смартфоны, аудио компакт-диски, книги, электронные книги, журналы и живые мероприятия, такие как выступления, конференции и сценические представления.

В XR возможно воспроизвести мультимедиа любого существующего типа. Но на практике используется несколько комплексных типов контента, сочетающих в себе различные типы мультимедиа. Далее мы рассмотрим их.

4.3.1. 360-градусное фото

Самый доступный на данный момент XR контент, имеющий в основе изображения в виде сферической панорамы. Данный контент просматривается с помощью существующих программ-вьюверов или специально созданных под проект приложений. Может содержать, как и привычный виртуальный тур 360: картинки, текст, видео, аудио. На базе панорам возможно программировать различную бизнес логику, но сложного интерактива достичь невозможно в силу статичной природы самого базового контента.

В настоящее время снять фото 360 можно как на обычный смартфон, так и на специальную камеру для панорамной съемки или с помощью цифрового фотоаппарата.

4.3.2. 360-градусное видео

360-градусное видео, также известное как иммерсивное видео или сферическое видео - это видеозапись, где одновременно записывается вид во всех направлениях, снятый с помощью всенаправленной камеры или набора камер.

При воспроизведении на обычном плоском дисплее зритель может контролировать направление просмотра, как при воспроизведении панорамы. В XR при движении головы в шлеме пользователь видит часть видео, спроецированного на сферу вокруг пользователя в виртуальном пространстве. Видео может быть как моно, так и стереоскопическим.

360-градусное видео получило широкое распространение благодаря появлению большого числа камер 360 во всех ценовых сегментах³⁴. Все ключевые видеохостинги имеют возможность для загрузки видео 360. Фактически на данный момент существует полноценная экосистема по производству, размещению и распространению данного вида контента.

Необходимо отметить, что 360-градусное видео имеет большее разрешение, чем обычное видео. Происходит это по причине, что пользователь видит в момент времени лишь часть кадра и полное разрешение должно быть высоким (на практике больше 4K). В свою очередь это приводит к повышенной требовательности данного контента к пропускной способности сети. Особенно сильно это затронуло мобильные XR устройства, которые заявлены одним из основных драйверов развития 5G сетей³⁵.

Благодаря снижению требований к пропускной способности кодек нового поколения H.266/VVC сделает передачу 360-градусного видео в мобильных сетях более эффективной. Поскольку H.266/VVC был разработан с прицелом на видео сверхвысокого разрешения, новый стандарт особенно полезен при потоковой передаче видео в разрешениях 4K или 8K. Кодек качественно кодирует текст и графику, способен адаптивно менять разрешение, поддерживает 10 битную глубину цвета и HDR.

³⁴ [https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_omnidirectional_\(360-degree\)_cameras](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_omnidirectional_(360-degree)_cameras), список не полный

³⁵ <https://hellofuture.orange.com/en/xr-5g-extends-the-boundaries-of-reality/>

360-градусное видео часто является основой сложных интерактивных продуктов, т.к. позволяет конструировать сложные ветвящиеся сценарии при помощи простых средств. Благодаря этому оно получило широкое распространение в обучающих проектах и интерактивном кино.

4.3.3. Виртуальные миры

Виртуальный мир - это искусственно созданный мир, построенный посредством программирования, на основе компьютерных технологий. Большинство людей считает настоящей XR именно виртуальные миры.

Основой любого виртуального мира является компьютерная графика в реальном времени (real-time computer graphics, real-time rendering) - область компьютерной графики, занимающаяся созданием и анализом изображений в реальном времени. Чаще всего этот термин используется в отношении интерактивной трехмерной компьютерной графики с использованием графического процессора (GPU).

Эта область развивается стремительно и в настоящий момент технологии рендеринга в реальном времени совершают технологический рывок. Уже сейчас возможно визуализировать тысячи детализированных объектов в кадре, создавать реалистичные материалы, динамическое освещение огромных пространств и т.д.³⁶

Одновременно с развитием технологий рендеринга стоимость оцифровки мира в целом и отдельных объектов многократно снизилась благодаря технологиям фотограмметрии³⁷, удешевлению профессиональных 3D сканеров, появлению сканеров на мобильных устройствах и т.д. ПО для цифровых художников стало доступнее, open source продукты стали успешно конкурировать с доминирующими на рынке коммерческими продуктами. Например, в настоящее время большой популярностью пользуется бесплатный open source 3D редактор Blender³⁸. Доступность инструментов и большое количество потребителей цифровых активов привело к появлению огромных библиотек цифровых активов. Как коммерческих³⁹, так и бесплатных.

Все эти тренды позволяют создавать огромное количество качественных виртуальных миров по сравнению с прошлыми попытками сделать XR массовой технологией.

4.4. Вычислительная подсистема

Эта подсистема наименее специфичная для XR, поэтому мы привели ее в конце раздела. Она реализуется:

- Персональным компьютером (Oculus Rift, HTC Vive)
- Мобильным устройством (смартфоны в мобильных шлемах)
- Интегрированным вычислительным модулем в носимом устройстве (Hololens, Oculus quest)
- Виртуальной машиной в облаке (NVIDIA CloudXR⁴⁰)

³⁶ <https://docs.unrealengine.com/4.26/en-US/SharingAndReleasing/PixelStreaming/>

³⁷ <https://www.capturingreality.com/>

³⁸ <https://www.blender.org/>

³⁹ <https://www.turbosquid.com/>

⁴⁰ <https://developer.nvidia.com/nvidia-cloudxr-sdk>

Первые 2 подхода на данный момент являются самыми распространенными. Оборудование для носимых устройств стремиться к миниатюризации. Потенциально самым перспективным на данный момент является подход реализации вычислений через облачные сервисы⁴¹. Он позволяет решить проблему первичной покупки дорогостоящего вычислительного оборудования пользователем путем предоставления к нему доступа через аренду по требованию.

5. Многопользовательский XR

До этого мы рассматривали однопользовательские системы, которые не предполагает синхронизацию действий или взаимодействие пользователей между собой. Тем не менее для ряда задач это обязательное требование и оно привело к появлению многопользовательских XR систем. Далее мы рассмотрим 3 наиболее популярных на практике варианта.

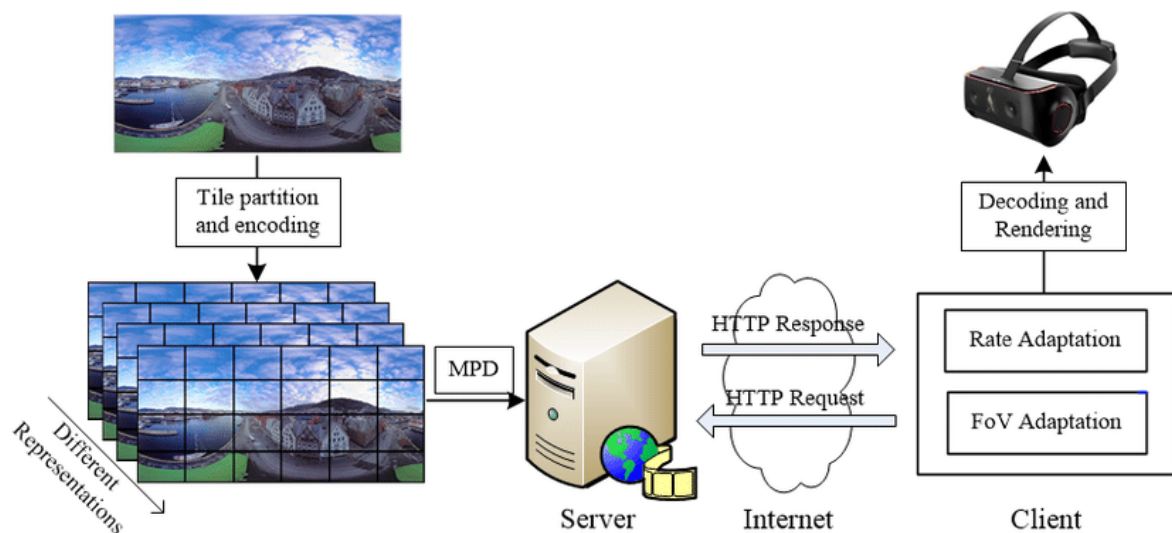
5.1. Прямая трансляция 360-градусного видео

Основной задачей любой такой трансляции является обеспечение максимального эффекта присутствия для большой группы людей. Это широко используемая технология в случаях, когда требуется просмотр VR видео в реальном времени. Например, концерт, лекция, XR кинотеатр, удаленная презентация и т.д. Для решения этой задачи должна быть обеспечена синхронизация воспроизведения видеопотока на различных устройствах.

Трансляция может происходить как в локальной сети, так и через сеть интернет. Наиболее затратными для вычислений процессами являются сшивка видео в формат 360 с ряда камер и кодирование в необходимый формат. Узким местом таких систем является пропускная способность сети, которая решается стандартными для видео трансляций способами.

Кроме стандартных способов масштабирования сетевой инфраструктуры в XR применяется ряд специфических оптимизаций. Например, разбивка видеокadra на кусочки и трансляция только видимых кусочков в настоящий момент.

⁴¹ <https://developer.nvidia.com/blog/webinar-limitless-extended-reality-with-nvidia-cloudxr-2-0/>



5.2. Взаимодействие группы пользователей в виртуальной реальности

Эта задача сложнее трансляции, потому что предполагается интерактивность и обратная связь от пользователя. Например, отработка совместных действий команды инженеров на заводе. В таком случае между копиями установленного на XR оборудовании ПО должно происходить сетевое взаимодействие.

Для этого обычно используют клиент-серверную архитектуру по аналогии с сетевыми компьютерными играми. Все изменения синхронизируются между пользователями. Например, один пользователь может передать другому интерактивную 3D модель прибора, а второй пользователь сможет им воспользоваться. У пользователей также могут быть разные роли с различными свойствами и сценариями.

Пользователи могут находиться как в одном физическом пространстве, так и разных. Но при этом они будут находиться в едином виртуальном пространстве и смогут взаимодействовать между собой.

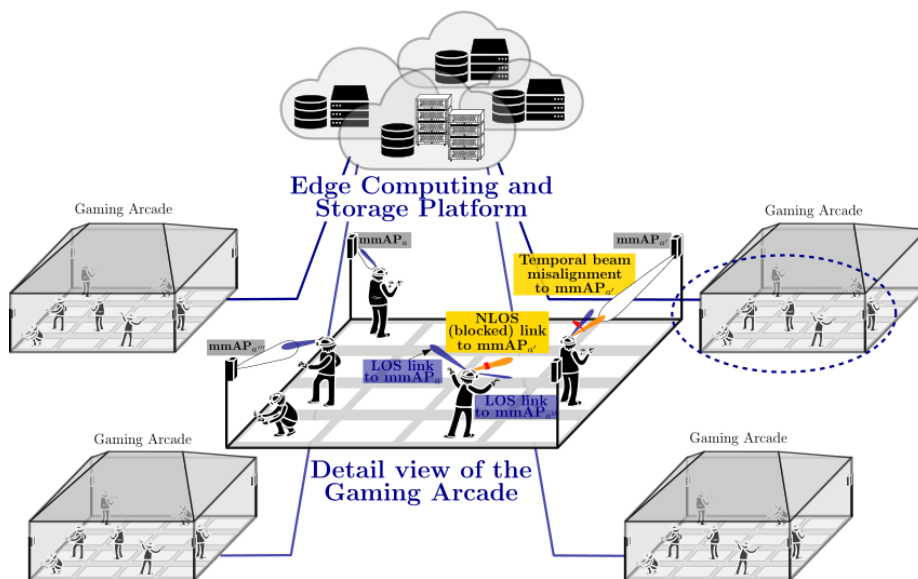


Рис. 4. Схема многопользовательской интерактивной VR системы

https://www.researchgate.net/publication/333104946_Wireless_Edge_Computing_With_Latency_and_Reliability_Guarantees

Ряд крупных облачных компаний предлагают готовые решения для облачных XR продуктов. Например, Amazon⁴² предлагает готовую архитектуру для сервиса обучения в XR, включающую в себя учебную часть в 3D и оценку эффективности обучения с помощью искусственного интеллекта.

5.3. Взаимодействие в дополненной реальности

Обеспечение взаимодействия пользователей в дополненной реальности значительно сложнее, чем в виртуальной. Причина этого заключается в том, что требуется определить в реальном мире положение пользователей в пространстве и распознать объект взаимодействия. Наиболее эффективным методом на данный момент является сравнение облаков точек⁴³, которые в настоящий момент видят пользователи с полным облаком точек данной локации. В области повышения эффективности алгоритмов сравнения в настоящий момент ведется большое количество научных работ⁴⁴.

⁴²

<https://aws.amazon.com/ru/blogs/architecture/measure-effectiveness-of-virtual-training-in-real-time-with-aws-ai-services/>

⁴³ (англ. point cloud) — набор вершин в трёхмерной системе координат. Эти вершины, как правило, определяются координатами X, Y и Z и, как правило, предназначены для представления внешней поверхности объекта.

⁴⁴ <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3386367.3431312>

6. Масштабы XR в физическом пространстве

XR системы функционируют в физических пространствах разного размера. Под масштабом подразумевается размер физической территории, охваченной XR системой.

В настоящее время в большинстве XR систем пользователь либо стоит на месте вращая головой либо перемещается в минимальном пространстве. Но индустрия двигается в сторону больших и теоретически неограниченных пространств для создания более глубокого уровня погружения и более высокого уровня интеграции физического и цифрового миров в XR. Далее мы рассмотрим 3 уровня масштабирования по возрастающей.

6.1. XR масштаба помещения (room-scale XR)

Для ряда задач требуется, чтобы пользователь имел возможность свободного перемещения по большому пространству (**Room-scale XR**⁴⁵). Например, симуляция перемещения по зданию или внутри самолета. Ряд проектов для повышения степени погружения содержит физические объекты - стены, транспорт и т.д. Эти объекты точно совмещены с трехмерными копиями. В результате этот подход создает очень сильный эффект погружения. Более того, в ряде проектов используются динамические физические объекты. Например, вы дернули физический рычаг и рядом пошел холодный воздух, а в шлеме вы также видите движение этого рычага и идет пар.

Требование реализовать VR на большой площади может решаться разными способами. Начиная от дорожек виртуальной реальности⁴⁶ и заканчивая системами трекинга⁴⁷ на тысячи квадратных метров.

Свободное перемещение усиливает эффект погружения. Тело “обманывает” пользователя даже при не самой качественной 3D визуализации.

Для полноценного перемещения по большому пространству требуется максимально решить проблему “привязанности” пользователя к проводам. По этой причине такие проекты часто используют мобильные шлемы виртуальной реальности. Также широкое распространение получили специальные ноутбуки без экрана, которые размещаются в рюкзаке у пользователя. А к этому ноутбуку присоединяется по проводам шлем. Ряд устройств позволяет осуществлять связь шлема с компьютером беспроводным способом. В этом случае ключевую роль начинает играть **латентность** - временная задержка между началом процесса и визуальным результатом; может вызвать головокружение, если задержка заметна.

6.2. XR мирового масштаба (world-scale XR)

Для многих продуктов и платформ требуется покрытие XR всей планеты с синхронизацией реального и виртуального мира.

Теоретически XR мирового масштаба уже существовала благодаря использованию GPS. Но этого было недостаточно из-за низкой точности и отсутствия объектов реального мира в цифровом пространстве.

⁴⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Room_scale

⁴⁶ <https://www.virtuix.com/>

⁴⁷ <https://optitrack.com/applications/virtual-reality/>

В настоящее время Niantic⁴⁸ достиг прикладных результатов в XR сверх больших масштабов и выпустил платформу Real World⁴⁹, а их игра Pokemon Go⁵⁰ доказала практическую реализуемость такой платформы. В отличие от обычного GPS позиционирования, платформа использует машинное обучение для определения объектов среды и использует LIDAR на мобильных устройствах⁵¹.

Параллельно совершенствованию систем позиционирования в пространстве мир постепенно оцифровывается в трехмерном виде⁵².

6.3. Метавселенная

Facebook пошел дальше и представил концепцию Метавселенной (Metaverse⁵³), которая должна стать развитием глобальной сети интернет. В её среде станет возможным ощущать физическое присутствие другого человека сквозь цифровое пространство. Глава Facebook Марк Цукерберг анонсировал, что на создание рабочей технической реализации потребуется около пяти лет, что вписывается в ранее приведенные в главе прогнозы Gartner по массовому внедрению XR.

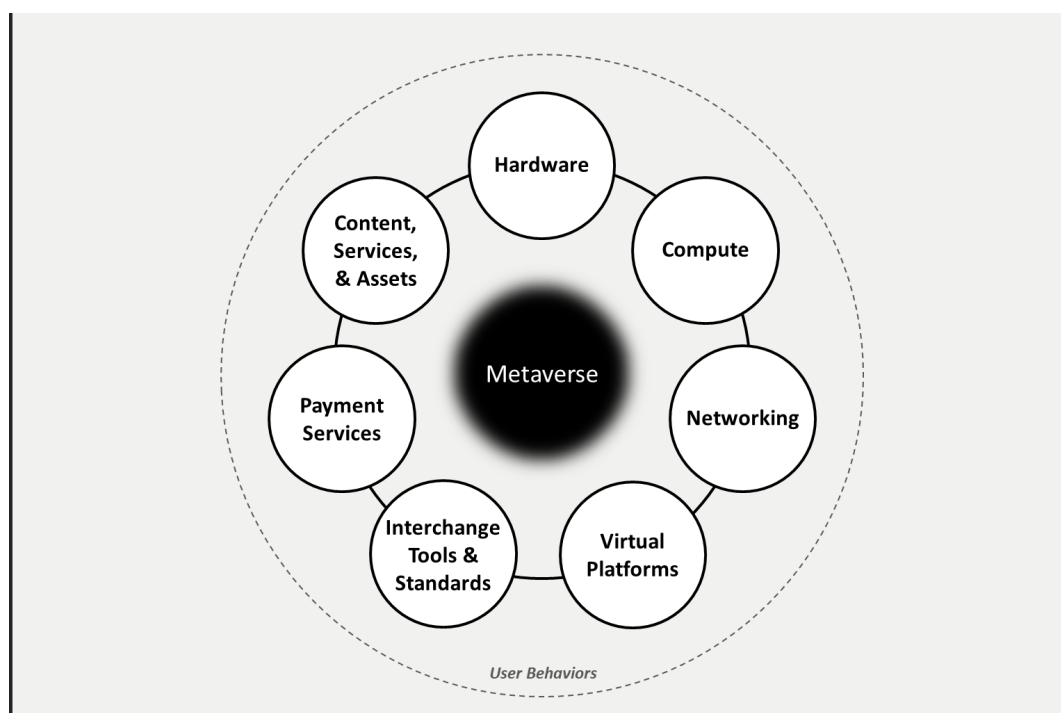


Рис. 5. Компоненты Метавселенной

<https://www.matthewball.vc/all/forwardtothemetaverseprimer>

Metaverse состоит из 8 компонентов и каждый из них имеет решающее значение для ее развития.

⁴⁸ <https://nianticlabs.com/>

⁴⁹ <https://nianticlabs.com/blog/nrwp-update-110619/>

⁵⁰

⁵¹ <https://nianticlabs.com/blog/building-future-ar-maps/?hl=en>

⁵²

<https://9to5mac.com/2011/10/29/apple-acquired-mind-blowing-3d-mapping-company-c3-technologies-looking-to-take-ios-maps-to-the-next-level/>

⁵³ <https://incruussia.ru/news/facebook-metaverse/>

6.3.1. Аппаратное обеспечение⁵⁴

Продажа и поддержка физических технологий и устройств, используемых для доступа, взаимодействия и развития Metaverse. Сюда входит, как потребительское периферийное оборудование (например, гарнитуры VR, мобильные телефоны и тактильные перчатки), так и корпоративное оборудование (например, промышленные камеры, системы проекции и трэкинга). В эту категорию не входят аппаратные средства, предназначенные для вычислений, такие как чипы GPU и серверы, а также сетевые аппаратные средства.

6.3.2. Сетевое взаимодействие⁵⁵

Обеспечение постоянного соединения в реальном времени, высокой пропускной способности и децентрализованной передачи данных магистральными провайдерами, сетями, центрами обмена и службами, которые осуществляют маршрутизацию между ними, а также теми, кто управляет "последней милей" данных до потребителей.

6.3.3. Вычисления⁵⁶

Обеспечение и предоставление вычислительных мощностей для поддержки Metaverse, поддерживающих такие разнообразные и требовательные функции, как физические расчеты, рендеринг, синхронизация данных, искусственный интеллект, захват движения и т.д.

6.3.4. Виртуальные платформы⁵⁷

Разработка и эксплуатация иммерсивных цифровых миров, в которых пользователи и предприятия могут исследовать, создавать, общаться, участвовать в самых разнообразных опытах и заниматься экономической деятельностью. Эти виды бизнеса отличаются от традиционного онлайн-опыта и многопользовательских видеоигр наличием большой экосистемы разработчиков и создателей контента, которые генерируют большую часть контента и/или получают большую часть доходов, созданного на основе базовой платформы.

6.3.5. Инструменты и стандарты обмена информацией⁵⁸

Инструменты, протоколы, форматы, сервисы и движки, которые служат фактическими или де-факто стандартами операционной совместимости и позволяют создавать, эксплуатировать и постоянно улучшать Metaverse. Эти стандарты поддерживают такие виды деятельности, как рендеринг, физика и ИИ, а также форматы цифровых активов и их импорт/экспорт между различными проектами, управление совместимостью версий и их обновление, инструментарий для разработки и управление информацией.

⁵⁴ <https://www.matthewball.vc/all/hardwaremetaverse>

⁵⁵ <https://www.matthewball.vc/all/networkingmetaverse>

⁵⁶ <https://www.matthewball.vc/all/computemetaverse>

⁵⁷ <https://www.matthewball.vc/all/virtualplatformsmetaverse>

⁵⁸ <https://www.matthewball.vc/all/interchangemetaverse>

6.3.6. Платежи⁵⁹

Поддержка цифровых платежных процессов, платформ и операций, включая фиатные на чистые цифровые валюты и финансовые услуги, включая криптовалюты, такие как биткоин и эфир, и другие технологии блокчейн.

6.3.7. Контент, услуги и цифровые активы⁶⁰

Разработка/создание, продажа, перепродажа, хранение, защита и финансовое управление цифровыми активами, такими как виртуальные товары и валюты, связанные с пользовательскими данными и идентификацией. Сюда входят все бизнесы и услуги, "построенные поверх" и/или "обслуживающие" Metaverse, которые не являются вертикально интегрированными в виртуальную платформу владельцем платформы, включая контент, созданный специально для Метавселенной, Metaverse от виртуальных платформ.

6.3.8. Поведение пользователей⁶¹

Наблюдаемые изменения в поведении потребителей и бизнеса (включая расходы и инвестиции, время и внимание, принятие решений и возможности), которые либо напрямую связаны с Metaverse, либо иным образом обеспечивают ее. Этот раздел тесно связан с главой про цифровой маркетинг данной книги.

7. XR как сквозная технология

Технологии виртуальной и дополненной реальности были включены в дорожную карту⁶² развития ключевых научно-технических направлений, которые оказывают наиболее существенное влияние на развитие рынков.

Согласно данной дорожной карте в настоящее время XR-технологии получили наиболее серьезное развитие на рынках развлечений и маркетинга, но это не предел, а только первая ступень их внедрения.

Наиболее перспективными с точки зрения экономического эффекта являются продукты на основе XR-технологий в сфере промышленного производства, образования, здравоохранения, потребительских сервисов, ритейла. Но этими индустриями их применение не ограничивается. Ознакомиться с многими из способов отраслевого применения XR вы можете в исследовании, проведенном НИУ ВШЭ⁶³.

Остановимся подробнее на промышленных и строительных кейсах.

Ассоциация AUGMENTED REALITY FOR ENTERPRISE ALLIANCE (<https://thearea.org/>) выделяет несколько типовых кейсов использования дополненной реальности в промышленности:

- Удаленная поддержка технических специалистов, а также удаленные аудиты и различные проверки;

⁵⁹ <https://www.matthewball.vc/all/metaversepayments>

⁶⁰ <https://www.matthewball.vc/all/csametaverse>

⁶¹ <https://www.matthewball.vc/all/userbehaviorsmetaverse>

⁶² <https://digital.gov.ru/uploaded/files/07102019vrrar.pdf>

⁶³ <https://hsbi.hse.ru/articles/primenenie-virtualnoy-realnosti-111-sluchaev/>

- Визуализация технологии выполнения работ;
- Визуальное сравнение (сравнение "как построено" и "как спроектировано");
- Визуализация данных о состоянии производственного оборудования (интеграция с IoT).

В России уже сейчас имеется ряд проектов, находящихся на разных стадиях внедрения в процессы предприятия.

7.1. Удаленная поддержка технических специалистов, а также удаленные аудиты и различные проверки

Удаленная поддержка различных типов технических специалистов в настоящее время является наиболее распространенным из приведенных выше. Средства удаленной поддержки применяется, как малыми и средними, так и крупными предприятиями, что обусловлено достаточно понятной окупаемостью решения, которая сводится к сокращению потерь от простоев оборудования и сокращению затрат на командировочные расходы.

Для осуществления удаленной поддержки инженер на месте выполнения работ или проведения аудитов надевает очки дополненной реальности и подключается к специалистом для получения консультации. Специалист является экспертом в выполняемом процессе. Между специалистом и инженером организуется аудио-визуальный канал связи. В процессе общения специалист видит то, что видит инженер и имеет возможность выводить визуальные подсказки инженеру, указывающие на конкретные объекты, чертежи, схемы и текстовые сообщения. По сути, кейс сводится к оперативному переносу компетенций из любой точки мира в место проведения работ.

Срок окупаемости данного кейса в среднем составляет от 3 до 6 месяцев. Среди российских компаний данный кейс широко используется в таких компаниях, как Сибур, Газпром Нефть, Росатом, Данон Рус, Нестле Рус. и др.

7.2. Визуализация технологии выполнения работ

Данный кейс наиболее востребован предприятиями, эксплуатирующими или производящими сложную технику из нефтегазовой, горнодобывающей, пищевой, химической и др. отраслей промышленности. Экономически внедрение кейса обуславливается сокращением норм времени выполнения работ и сокращения количества отказов по вине технического персонала.

Реализация кейса сводится к трем основным этапам. 1. Проектирование сценария выполнения работ. Может быть реализована через разработку последовательности выполнения работ на основе анимации 3D модели объекта на котором выполняются работ. Другим вариантом разработки сценария является эталонное выполнение работ экспертом с пошаговой видео фиксацией работ через камеру устройства. 2. Назначение разработанного сценария на конкретного специалиста. 3. Пошаговая визуализация сценария выполнения работ (либо в виде 3D моделей, наложенных на объекты реального мира, либо в виде эталонных видео, иллюстрирующих порядок выполнения работ).

В среднем применение подобных решений позволяет сократить плановые нормы времени выполнения работ на 20-40%. Среди российских компаний можно выделить

компанию Полюс золото и другие горнодобывающие компании, которые активно планируют использовать решения для сокращения норм времени выполнения работ.

7.3. Визуальное сравнение (сравнение "как построено" и "как спроектировано")

Кейс востребован компаниями, осуществляющими проектирование, строительство и аудит процесса строительства сложных объектов. Экономически внедрение кейса обусловлено сложностью контроля процесса строительства или сравнение "как спроектировано" и "как построено", что влечет за собой пропуск дефектов на ранних стадиях строительства и их выявление на более поздних стадиях. Такая ситуация влечет за собой дополнительные затраты на устранение дефектов.

Реализация кейса сводится к загрузке 3D моделей спроектированных объектов в средства дополненной реальности и проецирование данной модели на объекты реального мира с точным совмещением соответствующих элементов 3D модели с объектами реального мира. Такое наложение позволяет выявить коллизии элементов 3D модели с объектами реального мира, несоответствие размеров и другие различия между тем "как спроектировано" и тем "как построено".

Окупаемость кейса достигается за счет выявления дефектов на более ранних стадиях, что позволяет сократить затраты на их устранение. Среди российских компаний особый интерес к данным кейсам проявляют такие компании, как НИПИГАЗ, Газпром Нефть, АтомСтройЭкспорт и др.

8. Синергия цифровых технологий

Следует отметить, что между рядом технологий и XR возникает взаимно усиливающий синергетический эффект. Далее мы познакомимся с наиболее яркими примерами таких интеграций технологий.

8.1. Web XR

Подобно тому, как современные веб-приложения обошли многие приложения на iOS и Android, это также происходит в области XR. С принятием стандарта для WebXR⁶⁴ была создана основа для независимого от платформы создания приложений AR и VR на основе веб-технологий. Стандарт развивается и технологические лидеры считают WebXR важной частью интернета будущего⁶⁵.

WebXR предлагает единый API для доступа к необходимым функциям устройства через JavaScript и, таким образом, позволяет, например, размещать 3D-контент в свободном пространстве с помощью ARKit и ARCore, обнаруживать поворот головы или положение в пространстве для шлема XR.

С помощью WebXR возможно осуществить три различных варианта человеко-машинного взаимодействия:

1. В браузере с навигацией с помощью мыши и / или клавиатуры

⁶⁴ <https://www.w3.org/TR/webxr/>

⁶⁵ <https://www.ureality.de/blog/webxr-als-marketingwerkzeug-des-web-3-0/>

2. Режим VR через VR шлем
3. Размещение предметов с помощью дополненной реальности на мобильном устройстве

Актуальная таблица совместимости WebXR с различными версиями браузеров представлена по данной ссылке⁶⁶.

8.2. Искусственный интеллект

В последние годы технологии искусственного интеллекта (ИИ) стали одним из драйверов XR.

Основные области применения включают в себя:

- Автономная коммуникация в XR с использованием ИИ
- Адаптивные XR-игры с использованием ИИ
- Применение ИИ для взаимодействия человека и компьютера в XR системах
- Применение ИИ в трехмерном взаимодействии пользователей в виртуальных пространствах
- Создание виртуальных миров с помощью ИИ
- Аналитика поведения пользователя в XR с использованием ИИ
- Многопользовательские и распределенные системы в XR
- Контекстно-зависимые коммуникации в XR
- Агрегация и объединение данных с использованием ИИ в XR
- Машинный интеллект, ИИ и тактильные технологии

8.3. Блокчейн

Блокчейн позволяет децентрализовать контент виртуальной реальности, не жертвуя его защитой. По сути, с помощью блокчейна становится возможным создать полноценный виртуальный мир, наполненный творениями пользователей и работающий по правилам, созданным пользователями, без вмешательства разработчиков платформы. Это позволяет пользователям создать мир, который действительно живет сам по себе, и позволяет пользователям испытать его без каких-либо рисков.

Несмотря на децентрализацию, защита авторских прав все еще будет действовать благодаря блокчейну. Защита авторских прав может быть освобождена от бюрократии, а эффективная система защиты позволит платформам виртуальной реальности стать частями единой экосистемы.

С использованием синергии XR и блокчейна уже реализуются проекты. Например, проект Victoriavr⁶⁷ соответствует вышеобозначенным принципам.

8.4. Технологии беспроводной связи

Во многих случаях XR подразумевает стриминг тяжелого контента. Как следствие этого требуется повсеместное и бесперебойное подключение к интернету и облачным сервисам, первоначально с помощью гигабитного LTE и Wi-Fi.

⁶⁶ <https://caniuse.com/webxr>

⁶⁷ <https://victoriavr.com/tokenomics-and-the-vr-economy/>

По мере роста числа пользователей XR, использующих высококачественные иммерсивные сервисы, индустрии потребуется дополнительная пропускная способность, которую обеспечивает 5G⁶⁸. Поточковая передача видео XR, как ожидается, станет одним из основных вариантов использования 5G в следующем десятилетии. Например, XR-видео может потребовать гигабитов пропускной способности и очень низкой задержки для требовательного видео 6 DoF⁶⁹. Усовершенствованная мобильная широкополосная связь 5G обеспечит достаточную пропускную способность, а также задержку в трансляции до 1 миллисекунды, что поможет повысить скорость взаимодействия с приложениями потокового видео XR. 5G также поможет обеспечить более равномерную работу XR, поскольку скорость передачи данных в 5G не будет так сильно варьироваться, как это происходит сегодня, когда вы находитесь дальше от базовой станции.

8.5. Технологии сбора и анализа данных

XR системы сложнее, чем любые другие устройства для человеко-машинного взаимодействия, они предоставляют огромное количество данных⁷⁰, которые могут быть использованы невиданными ранее способами.

Фактически речь идет о постоянном снятии данных с пользователя, учитывая стремление технологических лидеров создать носимое XR устройство и показывать как реальный, так и виртуальный мир через него.

Вот лишь несколько из примеров использования:

- Отслеживание глаз. Посмотрите глазами пользователей и узнайте, что привлекает их внимание.
- Взаимодействие с пользователем. Как пользователи взаимодействуют с объектами.
- Отслеживание перемещений. Отслеживание трехмерных пространственных данных о том, где находятся пользователи и как они перемещаются по симуляции.
- Биометрия - измерение эмоционального состояния пользователей.

В настоящее время появляются специализированные платформы для сбора данных в XR, например VADR⁷¹.

8.6. Интернет вещей (IoT)

Один из самых популярных кейсов интеграции IoT с XR является расширением кейса по визуализации технологических карт и других кейсов связанных с выполнением различных технологических и контрольных процедур. Экономически внедрение кейса обусловлено повышением оперативности реагирования получения обратной связи от

⁶⁸ <https://hellofuture.orange.com/en/xr-5g-extends-the-boundaries-of-reality/>

⁶⁹ Шесть степеней свободы (часто употребляется аббревиатура 6DoF, от англ. Six degrees of freedom) — указывает на возможность физического тела совершать геометрическое движения в трёхмерном пространстве, а именно: двигаться вперёд/назад, вверх/вниз, влево/вправо (в декартовой трёхмерной системе координат), а также совершать повороты Эйлера вокруг каждой из трёх взаимно перпендикулярных осей (рыскание, тангаж, крен), без вращения и без дополнительных векторов.

⁷⁰ <https://hellodarwin.com/blog/virtual-reality-data-collection>

⁷¹ <https://www.vadr.io/>

технических объектов на воздействия на них, что влечет к сокращению времени выполнения процедур и снижения количества ошибок технического персонала.

Кейс предполагает визуализацию данных с различных датчиков, характеризующих параметры работы тех или иных машин и механизмов в процессе выполнения работ.

Окупаемость кейса достигается за счет сокращения времени выполнения различных процессов и процедур. Среди российских компаний интерес к реализации кейса проявляется со стороны генерирующих компаний, предприятий нефтегазовой и нефтехимической отраслей промышленности.

9. Стандартизация XR

Несмотря на разнородность периферийного оборудования, ПО, подходов к UX и т.д. в настоящее время происходит стандартизация XR на всех уровнях и многих индустриях. Далее приведены наиболее известные и применяемые на практике стандарты. Но кроме них существуют частные стандарты XR ассоциаций, региональные, отраслевые и т.д.

1. OpenXR⁷² - это открытый стандарт, не требующий лицензионных отчислений, который обеспечивает высокопроизводительный доступ к платформам и устройствам дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR), известным под общим названием XR. Данный стандарт является прикладным и широко используемым участниками XR индустрии.
2. IEEE Digital Reality⁷³ занимается созданием и совершенствованием глобальных стандартов, связанных с цифровой реальностью, AR, VR, человеческой аугментацией и смежными областями. Ввиду широкого спектра технологий и приложений, охватываемых этой инициативой, данная группа планирует всесторонне, целостно охватить эту развивающуюся область при формировании фундамента исследований.
3. WebXR⁷⁴ - это спецификация описывающая поддержку устройств виртуальной реальности (VR) и дополненной реальности (AR) в Интернет.

10. Технологические барьеры развития XR

Существует ряд технических проблем⁷⁵, которые необходимо решить, прежде чем XR достигнет массового распространения. Остановимся на 4 самых значительных областях, требующих глубокого усовершенствования.

⁷² <https://www.khronos.org/openxr/>

⁷³ <https://digitalreality.ieee.org/standards>

⁷⁴ <https://www.w3.org/TR/webxr/>

⁷⁵ <https://www.qualcomm.com/news/onq/2017/05/31/extended-reality-convergence>

10.1. Дисплей

Современные дисплеи не удовлетворяют полностью требований XR и являются наследниками эры мобильных устройств, приспособленными для конечного XR оборудования.

Помимо удобства и долговечности, дисплеи XR должны решить проблему конфликта вергенции⁷⁶ и аккомодации⁷⁷. Это физиологическая особенность зрительной системы человека, которая, если она не учитывается должным образом, вызывает усталость и дискомфорт, когда глаза вращаются и фокусируются на объектах, находящихся на разных воспринимаемых расстояниях.

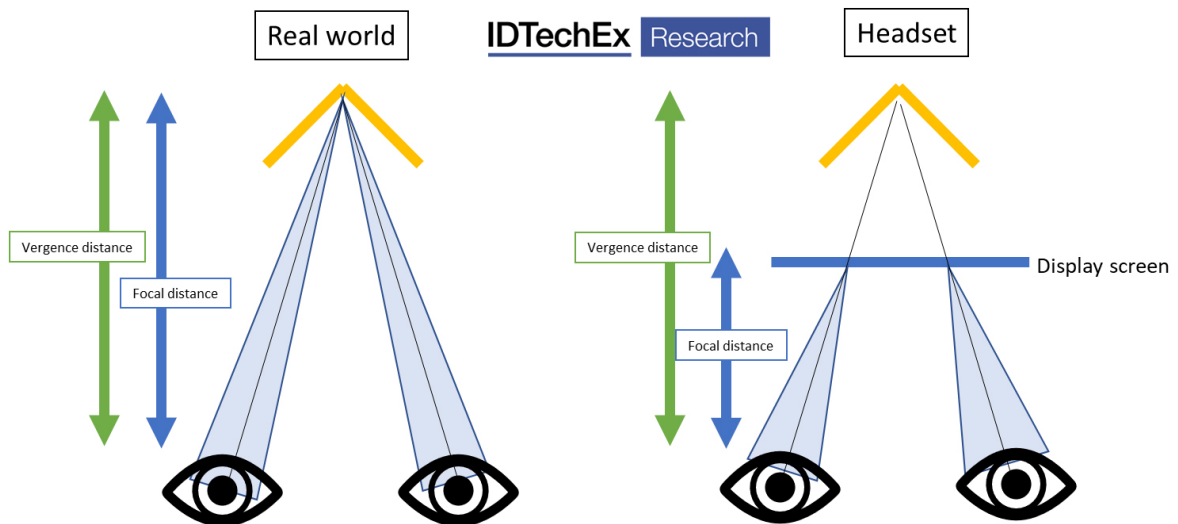


Рис. 6. Конфликт вергенции в шлеме виртуальной реальности

[AR, VR, MR, What Can Be Improved? \(agilitypr.news\)](https://agilitypr.news/AR_VR_MR_What_Can_Be_Improved/)

Также важными техническими задачами является способность дисплеев обеспечить:

- контролируемую приложением прозрачность и непрозрачность, что позволит использовать одно устройство в AR и VR режимах
- более широкое поле зрения относительно текущих устройств⁷⁸ (FoV)
- значительное увеличение плотности пикселей⁷⁹
- более высокую частоту кадров. 120 кадров в секунду⁸⁰ позволит преодолеть проблему “морской болезни”⁸¹
- комфортную для глаз яркость дисплея⁸²

⁷⁶ Вергенция (от лат. vergere «клониться, склоняться») — одновременное движение обоих глаз в противоположных направлениях, чтобы получить или сохранить целостное бинокулярное зрение.

⁷⁷ Аккомодация (от лат. accommodatio «приспособление, приноровление») — это приспособление глаза к рассматриванию предметов на разных расстояниях, это усиление рефракции глаза при переводе взгляда с более далеких предметов на более близкие.

⁷⁸ <https://uploadvr.com/hololens-2-field-of-view/>

⁷⁹ https://xinreality.com/wiki/Pixel_density

⁸⁰

<https://medium.com/dangeroustech/vrs-motion-sickness-problem-and-how-to-hack-it-with-the-help-of-your-cat-a040cf72a7f3>

⁸¹ <https://hightech.fm/2019/05/11/vr-problem>

⁸² <https://ieeexplore.ieee.org/document/8797752>

10.2. Соответствие освещения для виртуальных объектов с физическим миром

Сделать виртуальные объекты визуально неотличимыми от реальных объектов вокруг - это одна из сложнейших задач на данный момент, но ее необходимо решить, чтобы ARMR раскрыли свой потенциал. Для этого требуется дальнейшее сближение дисциплин компьютерного зрения и компьютерной графики для обеспечения соответствия освещения виртуальных и реальных объектов⁸³.

10.3. Отслеживание движения

Для интуитивного взаимодействия в XR и создания эффекта погружения необходимо точное отслеживание движения головы, рук, глаз в физическом пространстве на XR устройстве.

10.3.1. Голова

Для аккуратного отслеживания движения головы прежде всего требуется обеспечить низкую задержку (до 20 ms) между движением в реальном мире и получением фотона изображения со шлема (MTP latency, motion-to-photons latency⁸⁴). Низкая задержка совместно с высокой частотой кадров на дисплее позволяет решить проблему “морской болезни”.

Особенно остро проблема задержки встала для XR мирового масштаба, где нужно отслеживать движения в масштабах планеты в любых произвольных пространствах.

10.3.2. Руки

Для большинства задач лучший контроллер - это руки. Поэтому отслеживание рук в AR-режиме и создание реалистичных виртуальных рук в VR-режиме необходимы.

В настоящее время ряд шлемов уже умеет отслеживать руки (например, Oculus Quest⁸⁵).

10.3.3. Глаза

Автоматическая калибровка межзрачкового расстояния (interpupillary distance, IPD) требуется для оптимального качества изображения и комфорта. В настоящее время регулируется субъективно в ручном режиме⁸⁶.

Отслеживания движения глаз позволит использовать фовеальный рендеринг («foveated rendering», от лат. fovea centralis — центральная ямка) - техника рендеринга, которая использует трекер глаз, интегрированный в гарнитуру виртуальной реальности, для снижения нагрузки на рендеринг за счет значительного снижения качества изображения в периферийном зрении.

⁸³ <https://developers.google.com/ar/develop/unity/light-estimation>

⁸⁴ <https://habr.com/ru/post/282562/>

⁸⁵ <https://uploadvr.com/quest-2-high-frequency-hand-tracking/>

⁸⁶ https://www.vive.com/ru/support/vive-pro/category_howto/adjusting-the-ipd-on-the-headset.html

10.4. Энергопотребление и теплоотдача

Обеспечение постоянных интенсивных вычислительных нагрузок XR в рамках энергетических и тепловых ограничений очков является сложной задачей. Для реализации концепции повсеместного использования XR в экосистеме необходимы улучшения в области производительности гетерогенных вычислений на ватт, технологии батарей, материаловедения, эффективности программного обеспечения и стандартизации.

11. Для чего понимание XR нужно CDTO

XR является технологией, которая сильно повлияет на человеко-машинное взаимодействие и потенциально станет основным интерфейсом. Являясь сквозной технологией она будет применяться повсеместно, в различных отраслях и сочетаться со смежными технологиями (искусственный интеллект, компьютерное зрение, интернет вещей, 5G). В ряде отраслей XR существенно поднимет производительность труда и обучения, что может стать крупным конкурентным преимуществом для бизнеса.

Отдельно следует отметить, что XR системы генерируют большие объемы данных о поведении пользователей, которые нужно получать, хранить и анализировать.

CDTO требуется иметь эти факты в виду, планируя стратегию цифрового развития. Развивая цифровые экосистемы компаний или проектируя их цифровые архитектуры ему требуется уже сейчас учитывать необходимость и возможность применения XR технологий и их интеграции с другими системами, а также закладывать необходимые ресурсы в свои ИТ-инфраструктуры.