



# Лекция 7. Системы виртуальной реальности

1. Понятие и типы систем виртуальной реальности
2. Имитация тактильных и осязательных ощущений
3. Понятие мозгового интерфейса
4. Понятие трекинга



## 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности

Под системами «виртуальной реальности» имеют в виду компоненты, которые способны более полно в сравнении с привычной компьютерной системой имитировать взаимодействие с виртуальной средой, при помощи влияния на все пять органов чувств человека.



## 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности

Картинка формируется монитором с цветовым смещением (**анаглиф**). Также может использоваться поочередная демонстрация для каждого из глаз своей картинки



# 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности

**Ана́глиф** - метод получения стереоэффекта для стереопары обычных изображений при помощи цветового кодирования изображений, предназначенных для левого и правого глаза. Для получения эффекта необходимо использовать специальные (*анаглифические*) очки, в которых вместо линз вставлены специальные **светофильтры**, как правило, для левого **глаза** - красный, для правого - бирюзовый. **Стереобразение** представляет собой комбинацию изображений стереопары, в которой в красном канале изображена картина для левого глаза (правый её не видит из-за светофильтра), а в бирюзовом (сине-зелёном) - для правого. То есть, каждый глаз воспринимает изображение, окрашенное в противоположный **цвет**.



Кубанский государственный  
аграрный университет

Факультет прикладной  
информатики

## Анаглиф изображения





## 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности

Чтобы индивидуально погрузиться в виртуальный мир, необходим широкий угол обзора, а также смена направления взгляда с поворотом головы, таким образом, чтобы изображение находилось перед глазами, что формирует шлем виртуальной реальности со встроенными гироскопами. Кроме этого применяется виртуальный ретинальный монитор

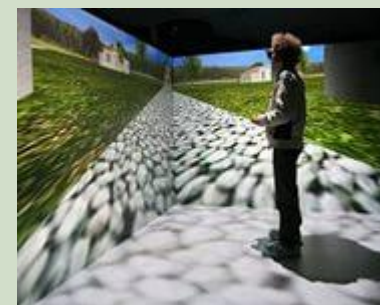
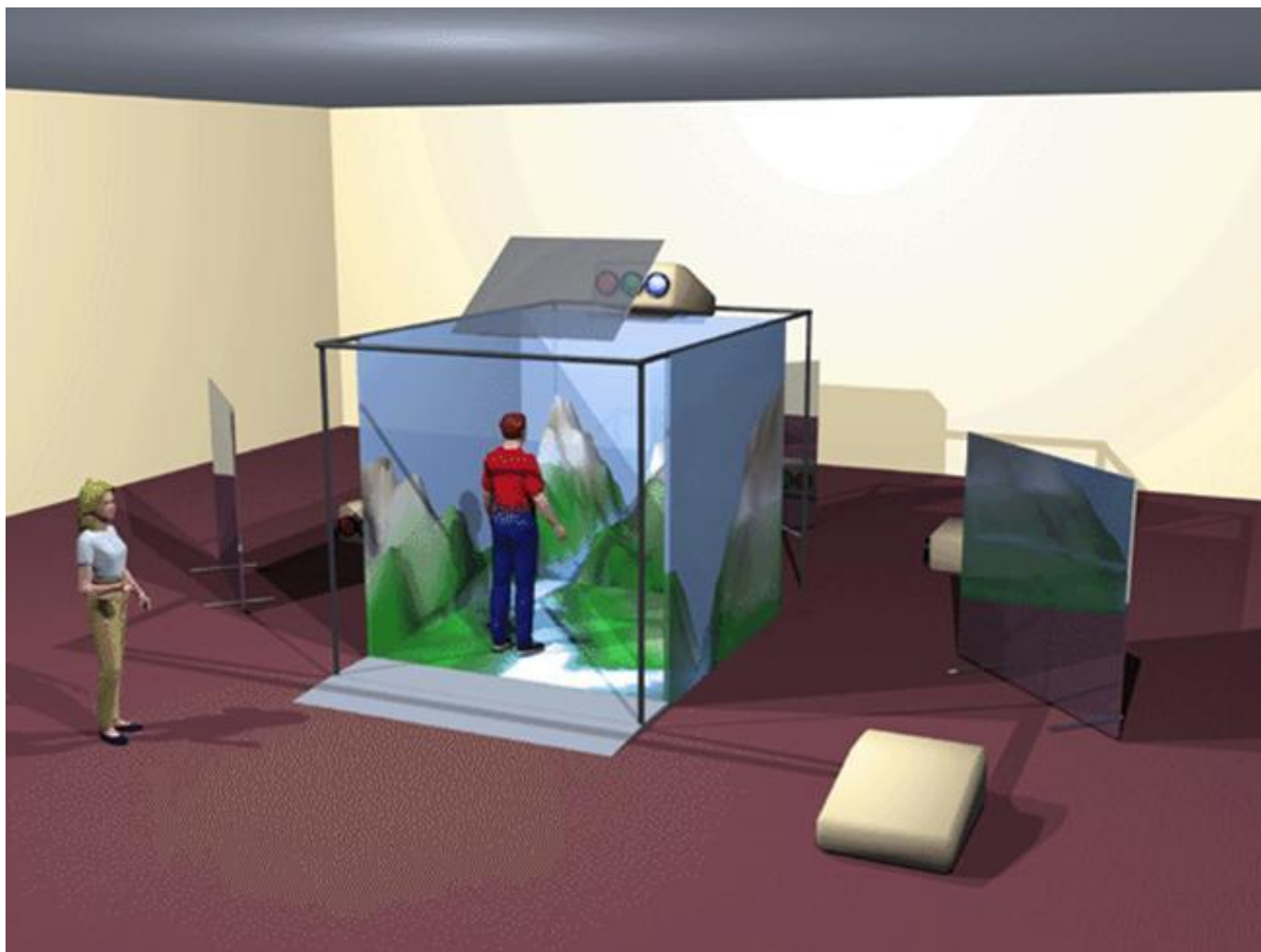


## 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности

В настоящее время наиболее совершенной системой виртуальной реальности считается проекционная система, которая выполнена в компоновке с комнатой виртуальной реальности (CAVE). Под ней имеется в виду особая комната, на каждую из стен которой проецируется 3D-стереоизображение



# 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности





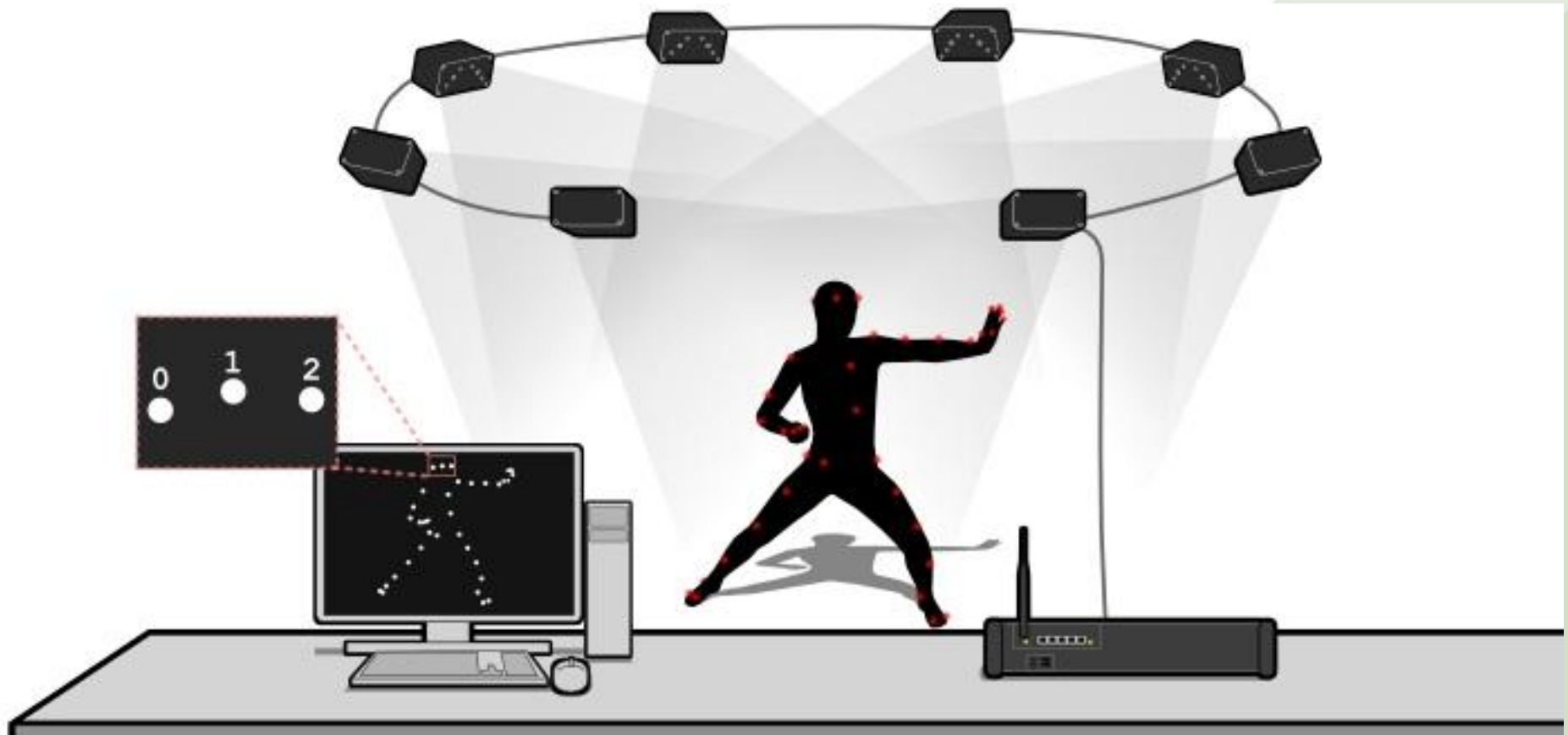


## 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности

За положением зрителя, поворотами его головы следят трекинговые системы, что дает возможность обеспечить максимальный эффект погружения. Такие системы широко применяются в маркетинговых, научных, военных и прочих целях



# 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности





## 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности

Для оптимально точного отображения контакта зрителя с окружением, используются интерфейсы пользователя, которые максимально реалистично соответствуют моделируемым: целеуказатель, реализованный в виде пистолета, компьютерный руль с педалями, и т. п.



## Средства «виртуальной реальности»



VR-перчатка



VR-шлем



3D-очки





## 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности

Бесконтактное управление объектами обеспечивается с помощью перчатки виртуальной реальности или отслеживания перемещений рук, которое возможно при помощи видеокамер. Это можно сделать в маленькой зоне без привлечения какого-то дополнительного оборудования



## 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности

В случае с перчатками виртуальной реальности, они бывают составной частью костюма виртуальной реальности, который отслеживает смену положения всего тела и передает также тактильные, вибрационные и температурные ощущения





## 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности

Прибор для отслеживания перемещений зрителя, как правило, реализован в виде свободно вращаемого шара, в который заключен зритель





## 1. Понятие и типы систем виртуальной реальности

Такие устройства способны влиять на органы чувств зрителя, однако данные могут также поступать прямо на нервные окончания или непосредственно в головной мозг через **мозговые интерфейсы**. Такая технология используется в медицине для смены утраченной чувствительной способности





## Типы систем виртуальной реальности

**Кабинный симулятор** (cab simulator), который порожден автомобильными или авиатренажерами. Пользователь может сесть в кабину, видя при этом в окне дисплей компьютера, на который выводятся определенные ландшафты: когда прокручиваются управляющие ручки (рычаги или руль), ландшафт на дисплее при этом будет меняться



## Типы систем виртуальной реальности

**Система искусственной реальности** (artificial, projected reality), в которой зрители могут увидеть настоящие видеозаписи друг друга, которые встроены в виртуальное пространство трехмерных образов. Такие системы не нуждаются в головных дисплеях. Технология сочетания видео и компьютерной графики в реальном времени послужила основой для технологии виртуальных студий. Суть ее заключается в том, что в реальном времени картинка на экране телевизора складывается из видеозаписей участников передачи (которые реально находятся в пустой студии) и трехмерных мирах, которые компьютер может генерировать и соединять с данной видеозаписью



## Типы систем виртуальной реальности

**Система "расширенной" реальности** (augmented reality), в которой картинка на экране головного дисплея является прозрачной, поэтому зритель видит синхронно и свое настоящее окружение, и виртуальные объекты, которые генерируются компьютером на экране



## Типы систем виртуальной реальности

### **Система телеприсутствия**

(telepresence) применяет видеокамеры и микрофоны, обеспечивающие погружение в виртуальное окружение зрителя, который или смотрит в дисплей шлема, который объединен с подвижной камерой на платформе, или управляет джойстиком без шлема



## Типы систем виртуальной реальности

**Настольная VR-система** (desktop VR), которая формирует VR при помощи огромных мониторов или проекторов. Они представляют собой отличный вариант при проведении бизнес-презентаций, так как вместо шлема необходим лишь джойстик, мышка или шаровой манипулятор, с помощью которых для пользователя представляется возможным поворачивать трехмерную модель на все 360 градусов на мониторе. Данная система дает возможность без проблем демонстрировать различные объекты



## Типы систем виртуальной реальности

### **Визуально согласованный дисплей**

(visually coupled display), который расположен непосредственно перед глазами зрителя и меняет картинку исходя из движений его головы. Он оснащен стереофоническими наушниками, а также системой, которая отслеживает направления взгляда



## 2. Имитация тактильных и осязательных ощущений

Имитация тактильных и осязательных ощущений осуществляется за счет использования следующих сред:

- Изображение;
- Звук;
- Управление.



## 2. Имитация тактильных и осязательных ощущений

В окружающей среде виртуальной реальности пользователь испытывает так называемое погружение или чувство того, что он находится внутри чего-то и являются частью того мира. Также человек, находящийся в виртуальной реальности, способен взаимодействовать со своим окружением в значимых отношениях.

**Сочетание чувства погружения и интерактивности называется телеприсутствием.**





## 2. Имитация тактильных и осязательных ощущений

Джонатан Стиор определил телеприсутствие, как «степень, в которой чувствуешь присутствие в опосредованной среде, а не в непосредственной физической среде». Другими словами, эффективный опыт VR заставляет пользователя становиться не осознающими свою реальную среду и сосредоточить внимание на существовании внутри виртуальной среды



## 2. Имитация тактильных и осязательных ощущений

Д. Стиор предложил два основных компонента погружения: **глубина информации и широта информации.**

Глубина информации относится к количеству и качеству данных в сигналах, которые пользователь получает, взаимодействуя в действительной виртуальной среде. Для пользователя это — **разрешение картинки, сложность графики окружающей среды, изошрённость звукового выхода**



## 2. Имитация тактильных и осязательных ощущений

При этом объём информации определено как «количество одновременно представленных сенсорных измерений».

Опыт виртуальной среды имеет широкий объём информации, если она стимулирует все чувства человека. Большинство действительных событий виртуальной среды располагаются по приоритетам: визуальные и аудио компоненты по другим сенсорно-стимулирующим факторам.



## 2. Имитация тактильных и осязательных ощущений

Системы, которые предоставляют пользователям обратную связь и взаимодействия с сенсорным экраном называют тактильной системой



## 2. Имитация тактильных и осязательных ощущений

Для эффективного погружения необходимо, чтобы пользователь мог изучить то, что оказывается в натуральную величину в виртуальной среде и быть в состоянии изменить перспективы органично.

Доктор Фредерик Брукс, пионер в технологии и теории VR, говорит, что дисплеи должны проецировать изображения с частотой кадров не менее 20-30 кадров в секунду, чтобы создать убедительный пользовательский опыт



## 2. Имитация тактильных и осязательных ощущений

Другие сенсорные выходные данные из системы виртуальной среды следует корректировать в режиме реального времени, в то время как пользователь исследует окружающую среду. Если окружающая среда включает в себя трёхмерный звук, пользователь должен быть убеждён, что ориентация звука изменяется естественным способом, поскольку он маневрирует через окружающую среду. Сенсорная стимуляция должна быть последовательной, если пользователь хочет чувствовать себя погруженным в виртуальную среду



## 2. Имитация тактильных и осязательных ощущений

Время между тем, когда пользователь совершает какое-либо действие и когда виртуальная среда начинает отображение этого действия, называется задержкой. Задержка обычно подразумевает собой задержку между моментом, когда пользователь поворачивает голову или перемещает свой взгляд, изменяя тем самым точку зрения, хотя этот термин может быть использован для задержки в других сенсорных выходных данных.

Исследования с авиационными тренажёрами показывают, что люди могут обнаружить задержку более чем за 50 миллисекунд. Когда пользователь обнаруживает задержку, она заставляет его осознать нахождение его в искусственной среде и разрушает тем самым чувство погружения



## 2. Имитация тактильных и осязательных ощущений

Интерактивный эффект начинает, говоря простым языком, исчезать, если пользователь начинает ощущать реальный мир вокруг него. Только настоящие интерактивные эффекты или настоящая атмосфера погружения заставляют пользователя забыть свою реальную среду. Для того, чтобы достичь цели, истинного погружения, разработчики должны придумать методы ввода, которые являются более естественными для пользователей. Пока пользователь знает об устройстве взаимодействия, он на самом деле не погружается в виртуальный мир





## 2. Имитация тактильных и осязательных ощущений

Интерактивность зависит от трех факторов.

Д. Стиор предполагает, что те самые три фактора — это скорость, дальность и картография. Учёный определяет **скорость** как уровень, включающий действия пользователя в компьютерную модель и отображающий виртуальный мир таким образом, который может чувствовать сам человек.

**Диапазон** всего этого относится к тому, сколько возможных исходов могло следовать из любого пользовательского действия. **Картография** — способность системы привести к естественным результатам в ответ на действия пользователя



### 3. Понятие мозгового интерфейса

Описанные выше устройства воздействуют на органы чувств человека, но данные могут передаваться и непосредственно нервным окончаниям, и даже напрямую в головной мозг посредством мозговых интерфейсов . Подобная технология применяется в медицине для замены утраченных чувствительных способностей, но пока она слишком дорога для повседневного применения и не достигает качества передачи данных, приемлемого для передачи виртуальной реальности



### 3. Понятие мозгового интерфейса

#### Нейро-компьютерный интерфейс (НКИ)

(называемый также *прямой нейронный интерфейс* или *мозговой интерфейс*) — система, созданная для обмена информацией между **МОЗГОМ** и электронным устройством (например, компьютером). В однонаправленных интерфейсах внешние устройства могут либо принимать сигналы от мозга, либо посылать ему сигналы (например, имитируя сетчатку глаза при восстановлении зрения электронным имплантатом). Двухнаправленные интерфейсы позволяют мозгу и внешним устройствам обмениваться информацией в обоих направлениях



### 3. Понятие мозгового интерфейса

Исследование нейро-компьютерного интерфейса начались в 1970-х годах в Университете Лос-Анжелеса штат Калифорния (UCLA). После многолетних экспериментов на животных в середине девяностых годов в организм человека были имплантированы первые устройства, способные передавать биологическую информацию от тела человека к компьютеру. С помощью этих устройств удалось восстановить поврежденные функции слуха, зрения, а также утраченные двигательные навыки. В основе успешной работы НКИ лежит способность коры больших полушарий к адаптации (свойство пластичности), благодаря которому имплантированное устройство может служить источником биологической информации



### 3. Понятие мозгового интерфейса

В нейрохирургическом центре в Кливленде в 2004 году был создан первый искусственный кремниевый чип — аналог гиппокампа, который в свою очередь был разработан в университете Южной Калифорнии в 2003 году. Кремний обладает возможностью соединять неживую материю с живыми нейронами, а окруженные нейронами транзисторы получают сигналы от нервных клеток, одновременно конденсаторы отсылают к ним сигналы. Каждый транзистор на чипе улавливает малейшее, едва заметное изменение электрического заряда, которое происходит при «выстреле» нейрона в процессе передачи заряженных ионов натрия. Новая микросхема способна получать импульсы от 16 тысяч мозговых нейронов биологического происхождения и посылать обратно сигналы к нескольким сотням клеток.



### 3. Понятие мозгового интерфейса

Так как при производстве чипа нейроны были выделены из окружающих их глиальных клеток, то пришлось добавить протеины, которые «склеивают» нейроны в мозге, также образуя дополнительные натриевые каналы. Увеличение числа натриевых каналов повышает шансы на то, что транспорт ионов преобразуется в электрические сигналы в чипе. Эта технология является первым шагом к будущему симбиозу мозга и компьютера. Необходимо и далее идти по пути усложнения подобных чипов, так как только создание подобных чипов способно будет в будущем помочь узнать всё о мозге



**Одна из основных проблем в освоении виртуальной реальности** – это частично совпадающие (перекрывающиеся) данные, поступающие в мозг человека от различных рецепторов.

Сегодня эти дефекты еще довольно велики, потому что несмотря на все достижения технологий, в современной VR пока не очень много реального и Вы легко отличите виртуальный объект от настоящего. Кроме того, большая часть компьютеров обладает пока замедленной реакцией на входной сигнал, а системы VR, работающие в реальном времени, то есть позволяющие имитировать взаимодействие с окружающей виртуальной средой в режиме и со скоростью, подобными реальным.



## 4. Понятие трекинга

**Трекинг** (англ. *tracking*) — одна из технологий виртуальной реальности, лежащая в основе взаимодействия человека с виртуальным миром. Предназначена для определения позиции и направления движения реального объекта (например, руки, головы или специального устройства в виртуальной среде с помощью нескольких степеней свободы. Как правило, трёх координат его расположения ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ) и трёх углов, задающих его ориентацию в пространстве («крен», «тангаж», «рыскание» или углы Эйлера). Определение позиции и местонахождения реального объекта в пространстве определяется при помощи специальных датчиков и маркеров. Датчики снимают сигнал с реального объекта при его перемещении и передают полученную информацию в компьютер





## 4. Понятие трекинга

Система трекинга виртуальной реальности представляет собой некую копию систем позиционирования и ориентации, существующих в природе. «Естественные» системы трекинга в реальном мире — органы чувств человека. Например, зрение помогает человеку определить, где он находится относительно других предметов и людей.

При отсутствии способности видеть для ориентации в пространстве подключается слух. Летучие мыши и дельфины пользуются именно такой системой трекинга. Ультразвук даёт им возможность не только заметить препятствие на пути, но и определить расстояние до него



## 4. Понятие трекинга

Ни одна система не может считаться полноценной системой VR, если она не будет знать позицию и направление движения пользователя и его действия в каждый момент времени. Трекинг организует передачу этой информации в «головной мозг» системы.

Трекинг - это глаза, уши, осязание и обоняние системы VR.  
Для реализации трекинга в VR применяются **электромагнитные, ультразвуковые, инерционные и оптические системы**



## 4. Понятие трекинга

Системы **оптического трекинга** (англ. *optical tracking*) основаны на том же принципе, что и стереоскопическое зрение человека. Когда человек смотрит двумя глазами, он способен определить, на каком расстоянии находится объект и как он ориентирован в системе координат



## 4. Понятие трекинга

Работа систем оптического трекинга основана на отслеживании специальных **оптических маркеров**, которыми оснащено устройство взаимодействия с VR (*интерактивное устройство*). Затем система трекинга передаёт сигнал в компьютер, где информация обрабатывается. После этого система даёт реакцию на изменение позиции и ориентации интерактивного устройства, видоизменяя VR согласно прописанному сценарию взаимодействия.



## 4. Понятие трекинга

Для систем оптического трекинга, как правило, используются специальные **модули регистрации оптического сигнала**, иначе *датчики* или *камеры* (от одного в простых системах и до нескольких десятков в комплексных системах ВР)



## 4. Понятие трекинга

Одной из задач систем оптического трекинга является калибровка системы в координатах реального мира. Это делается для установления взаимно однозначной связи между координатами в реальном и виртуальном мирах, чтобы человек смог «взять» виртуальный предмет своей рукой или специальным устройством, а система отразила это действие в своём виртуальном пространстве



## 4. Понятие трекинга

Основной недостаток систем оптического трекинга — необходимость точной калибровки модулей приёма оптического сигнала (камеры). Для работы такой системы обычно требуется две камеры или больше.

Их рабочая зона — это область пересечения видимости камер. Чем обширнее должна быть зона взаимодействия, тем больше камер необходимо установить, тем сложнее становится процедура калибровки. Однако оптические системы трекинга применяются чаще остальных, поскольку они более надёжны и доступны в цене



## 4. Понятие трекинга

### Оптический трекинг на базе 2-х и более камер

Системы профессионального оптического трекинга от западных компаний сегодня используют от 2-х до 4-х камер в каждой системе трекинга. В системах с двумя и более камерами нужно провести внутреннюю калибровку, то есть установить зависимость между внешними размерами шаблона-маски и его образом на матрице камеры. После этого следует выполнить внешнюю калибровку, связав координатные системы (реальное местоположение) камер между собой, а затем с координатной системой виртуального мира (как правило, это координаты экрана, являющегося «окном» в виртуальную реальность).

При использовании двух, трёх, четырёх и более камер, необходимо их калибровать попарно. Раньше это делалось вручную, сейчас это сделано в полуавтоматическом режиме. Стоимость таких систем - от \$10 тыс.





## 4. Понятие трекинга

### Ультразвуковой трекинг

В системе ультразвукового трекинга передатчики располагаются на реальном объекте, который движется в пространстве, а приёмники крепятся таким образом, чтобы образовать антенну (в некоторых системах передатчики и приёмники меняются местами, всё зависит от бизнес-задачи).

Когда передатчик посылает сигнал, его принимают статичные сенсоры и измеряют время между отправлением и приёмом сигнала. На основе полученного результата, то есть по времени задержки, высчитывается расстояние между излучателем и приёмником. По данным о расстоянии вычисляются трёхмерные координаты объекта в системе. Ориентация объекта определяется с помощью связки из трёх жёстко закреплённых передатчиков.



## 4. Понятие трекинга

### Ультразвуковой трекинг

Достоинствами систем ультразвукового трекинга является хорошая точность измерения координат и углов, а также возможность построения практически любой рабочей зоны.

К основным недостаткам ультразвукового трекинга можно следует отнести необходимость прямой видимости между излучателями и приёмниками, низкая скорость ультразвука, необходимость точной калибровки приёмников, снижение точности при изменении температуры и при порывах ветра