**Система захвата движений человека**

***Курилов Л. А.***

*автономного учреждения*

*дополнительного образования*

*Ханты-Мансийского*

*автономного округа-Югры*

*«Мастерская талантов «Сибириус»,*

*г. Ханты-Мансийск, Россия,*

*Email: kurilovlev@yandex.ru*

**Human motion capture system**

***Kurilov L.A.,***

*autonomous institution*

*of additional education*

*of the Khanty-Mansiysk*

*autonomous okrug-Yugra*

*"Workshop of talents "Sibirius",*

*Khanty-Mansiysk, Russia,*

*kurilovlev@yandex.ru*

**Аннотация**

Виртуальная реальность до сих пор остается дорогой и очень сложной технологией. Несмотря на это, отдельные небольшие фирмы запускают свои проекты для медицины, образования и искусства. Большинство систем позволяют отследить только повороты головы, передвижение в пространстве и положение рук, это начинает создавать неудобства в случаях, когда действительно требуется переносить все движения человека в виртуальную среду, например, в медицине, при сьёмке фильма или создания анимации в образовательной сфере. Системы с полным отслеживанием тела(FBT) очень дороги и требует дополнительного оборудования, поэтому одной из основных проблем медленного развития данных сфер является отсутствие недорогой и точной FBT.

**Abstract**

Virtual reality is still an expensive and very complex technology. Despite this, individual small companies are launching their projects for medicine, education and art. Most systems only allow tracking head turns, movement in space and hand positions, which starts to create inconveniences in cases where it is really necessary to transfer all human movements into a virtual environment, for example, in medicine, when filming a movie or creating animation in the educational field. Full body tracking (FBT) systems are very expensive and require additional equipment, so one of the main problems of the slow development of these areas is the lack of inexpensive and accurate FBT.

**Ключевые слова:** Системы с полным отслеживанием тела(FBT); виртуальная реальность(ВР); микроконтроллер: трекер; инерциальный измерительный блок.

**Keywords:** Full body tracking systems(FBT)**;** virtual reality(VR); microcontroller: tracker; inertial measurement unit.

В настоящее время существует несколько вариантов FBT (таблица 1):

1. Kinect;
2. HTC Vive;
3. Маркерная система.

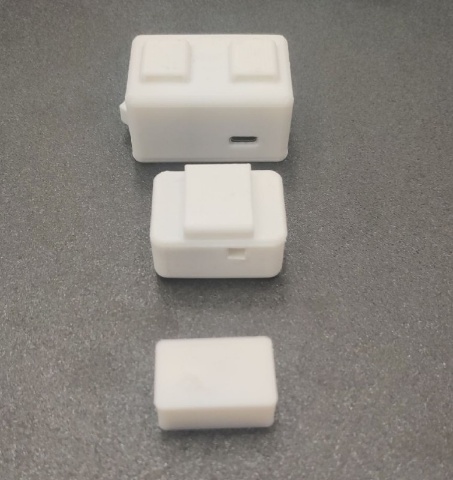
Первая подразумевает использование видеокамеры, которая с помощью машинного зрения отслеживает положение человека. HTC Vive использует трекеры, которые отслеживаются с помощью инфракрасных базовых станций. Маркерная система подразумевает наклеивание маркеров на костюм, которые отслеживаются с помощью и видеокамеры, и инфракрасных базовых станций.

Таблица 1

**Сравнительная таблица существующих моделей систем с полным отслеживанием тела**

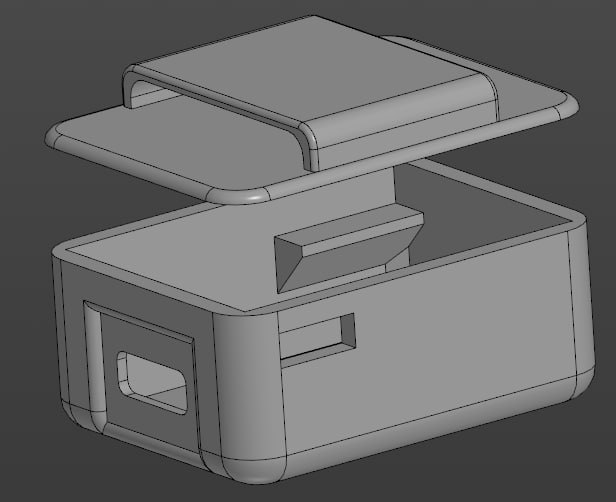
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Критерии | Kinect | HTC Vive | Маркерная система |
| Стоимость | ~4000р | ~100000р | ~200000р |
| Самодостаточность | Системе достаточно одной камеры | Системе нужны базовые станции | Системе нужны базовые станции и видоекамеры |
| Точность | Очень низкая | Высокая | Очень высокая |
| Удобство ношения | **Высокая** нет необходимости в креплении датчиков | **Средняя** Необходимо закрепить датчики на теле | **Низкая** нужен целый костюм для захвата движений |
| Возможности изменения системы | **Высокая** программы отслеживания движений через камеру обладают высоким функционалом и зависят по большой части от алгоритмов, которые можно в любой момент заменить | **Средняя** Можно заменить датчики, поменять их местоположение на теле и настроить их работу, но в пределах допустимых значений. | **Низкая** Не предусмотрены изменения самого костюма, программы имеют закрытый доступ, изменение системы затруднительно |

В качестве датчика для определения изменения положения в пространстве я выбрал IMU (Инерциальный измерительный блок) MPU9250 из-за его относительно низкой стоимости и стабильной работы. В качестве микроконтроллера - Wemos d1 mini. На основе своих компонентов начал разрабатывать схемы трекеров, по итогу получилось несколько различных вариантов: автономные трекеры с собственным аккумулятором и платой зарядки, имеющих недостаток в виде больших габаритов; трекеры требующие подключение к питанию от центрального аккумулятора, но благодаря этому уменьшены в 3 раза в сравнении с первым вариантом; экспериментальная схема на чипе ESP, вместо микроконтроллера, это позволяет ещё сильнее уменьшить размеры трекера, в более чем 12 раз по сравнению с первой схемой(рис. 1).



**Рис. 1** Варианты трекера

Для создания прототипа решил остановиться на втором варианте, потому что существует необходимость постоянно прошивать микроконтроллер, пока не будет найден идеальный вариант прошивки. Вариантов конструкции также было несколько, для создания прототипа я остановился на использования центрального аккумулятора, питающего все трекеры, но каждый трекер имеет два порта для питания, это позволяет ему подключаться к системе и питать соседний трекер, таким образом не составляет трудностей подключить всю систему к аккумулятору. Для трекеров был создан корпус с отверстием для прошивки микроконтроллера и двух отверстий для подключения питания, трекер закрывается крышкой с креплениями ремешков для возможности надёжно зафиксировать его на теле, модели корпусов были сделаны в программе Компас3D (рис. 2).



**Рис 2**. Модель корпуса трекера

Разработка программного была существенно упрощена за счёт использования готовой библиотеки Slime VR, пришлось лишь написать файл настроек для трекеров, с учётом используемых IMU, настроить им подключение к Wi-Fi для его прошивки.

Сборка трекеров заключалась в печати корпусов на 3d принтере (рис. 3), пайке компонентов (рис. 3) и прошивке каждого трекера. Прошивка должна происходить несколько раз для каждого трекера, для начала нужно прошить их общей программой для возможности подключения к серверу, после чего на сервере узнать уникальный ID трекера и прошить его ещё раз задав возможность дистанционной прошивки по WIFI.

Рабочий прототип системы был собран из 6 трекеров (рис. 4), что уже позволяет достаточно точно отслеживать положение тела, при использовании VR шлема и контроллеров. По трекеру на бедро, голень, таз и грудь, это позволяет точно отслеживать туловище и ноги, руки же отслеживают контроллеры.



**Рис 3**. Печать корпуса на 3д принтере и сборка электроники трекера

**Рис. 4** Прототип трекеров с ремешками

**Испытания системы**

Максимальная скорость отклика при тестах составила 100 мс., что является меньше допустимого значения, следовательно, критерий пройден

Точность захвата движений была достаточной для достоверной передачи движений в программу, в доказательство этому ссылка на видео

Точность привязки трекеров была 100%, все трекеры привязались к своим конечностям в реальности, в slime VR, в Steam VR и в VR chat.

**Сравнительная характеристики моей системы захвата движений и аналогов**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Критерии | Моя система | Kinect | HTC Vive | Маркерная |
| Стоимость, руб. | 7200 | 4000 | 100000 | 200000 |
| Самодостаточность | Полная | Необходима камера | Необходимы базовые станции | Необходимы базовые станции, маркеры и камера |
| Точность | Средняя | Низкая | Высокая | Высокая |
| Удобство | Средняя | Высокая | Средняя | Низкая |
| Универсальность | Высокая | Высокая | Низкая | Низкая |

# Круг потенциальных пользователей разнообразен – от пользователей VR, создателей 3д анимации и киностудий, биомеханики (исследователи движений тела) и любые другие пользователи, у которых возникает необходимость в полном отслеживании движений тела человека в VR.

Особое внимание планирую направить на создание образовательного материала. Обучение врачей проведению операций, автомеханикам и инженерам 3д анимации двигателей, коробки передач, 3д анимации уроков физики и химии и многое другое позволит привлечь VR технологии и качественно изменить подход к образованию.

**Используемые источники**

1. Что такое инерциальные датчики, и где они применяются? // <https://inelso.ru/news/chto_takoe_inertsialnye_datchiki_i_gde_oni_primenyayutsya/>
2. Введение в ГНСС. Глава 6 - Сочетание различных датчиков // <https://gnssplus.ru/articles/vvedenie-v-gnss-glava-6-gnss-ins.html>
3. SlimeVR Documentation // <https://docs.slimevr.dev/index.html>
4. Уваров, А.Ю. Технологии виртуальной реальности в образовании // Наука и школа. 2018. №№4.

Шамин, А. А. Интернет вещей для начинающих. Визуальное программирование микроконтроллеров семейства ESP8266. Инфра-Инженерия, 2023.