

**MINISTERUL EDUCAȚIEI, CULTURII ȘI CERCETĂRII AL REPUBLICII  
MOLDOVA**

**Universitatea Tehnică a Moldovei**

**Facultatea Calculatoare, Informatică și Microelectronică**

**Departament Informatică și Ingineria Sistemelor**

**Admis la susținere**

Șefă de departament:

conf. univ., dr. Sudacevschi Viorica

---

„\_” \_\_\_\_\_ **2024**\_\_\_\_\_

# **Sistem de urmărire a mișcărilor pentru aplicații multimedia**

**Teză de master**

**Masterand: Kapusteanski Maxim** (\_\_\_\_\_)

**Conducător: lect. univ., dr. Cărbune Viorel** (\_\_\_\_\_)

**Chișinău – 2024**

## **Annotation**

Master's project: "Motion tracking system for multimedia applications"

Prepared by Kapusteanski Maxim Chisinau 2024

**Keywords:** Motion tracking, VR systems, position sensors, peripheral devices

The goal of this work is to develop and build an affordable and portable motion tracking system with scalability and maintainability. This system will track the user's movements and transmit it for processing to a server on the user's computer, which will interpret the received data and use it to control the animation of the model.

**Tools and technologies used:** Sublime text, Visual studio code, Blender, Repeater-host, soldering station, personal computer and rep-rap 3d printer.

The document contains an introduction, 3 chapters, conclusions, bibliography and appendices, 45 pages of text and 16 images

**Chapter 1:** analysis and comparison of existing analogues to determine the full-fledged task of the project.

**Chapter 2:** Analysis and selection of tools and components for project implementation

**Chapter 3:** Description of the stages and methods of developing and assembling the project

## Adnotare

Proiect de master: „Sistem de urmărire a mișcării pentru aplicații multimedia”

Elaborat de Kapusteanskii Maxim Chișinău 2024

**Cuvinte cheie:** Urmărirea mișcării, sisteme VR, senzori de poziție, dispozitive periferice.

Scopul acestei lucrări este de a dezvolta și construi un sistem de urmărire a mișcării accesibil și portabil, cu scalabilitate și întreținere. Acest sistem va urmări mișcările utilizatorului și le va transmite pentru procesare către un server de pe computerul utilizatorului, care va interpreta datele primite și le va folosi pentru a controla animația modelului.

**Instrumente și tehnologii utilizate:** Sublime text, Visual studio code, Blender, Repeater-host, stație de lipit, computer personal și rep-rap 3d printer.

Documentul conține o introducere, 3 capitole, concluzii, bibliografie și anexe, 45 de pagini de text și 16 imagini

**Capitolul 1:** analiza și compararea analogilor existenți pentru a determina sarcina cu drepturi depline a proiectului.

**Capitolul 2:** Analiza și selecția instrumentelor și componentelor pentru implementarea proiectului

**Capitolul 3:** Descrierea etapelor și metodelor de elaborare și asamblare a proiectului

## **Аннотация**

Проект на степень магистра: “Система отслеживания движения для мультимедийных приложений”

Подготовлена Капустянским Максимом Кишинев 2024

**Ключевые слова:** Трекинг движения, системы VR , датчики позиционирования, периферийные устройства

Целью данной работы является разработка и сборка доступной и портативной системы трекинга движения с возможностью масштабирования и ремонтпригодности. Данная система будет отслеживать движения пользователя и передавать на обработку серверу на компьютере пользователя который уже будет интерпретировать полученные данные и с их помощью управлять анимацией модели.

**Использованные инструменты и технологии:** Sublime text , Visual studio code , Blender, Repeater-host, паяльная станция, персональный компьютер и гер-гар 3d принтер.

Документ содержит введение, 3 главы, выводы, библиография и приложения, 45 страниц текста и 16 изображений

**Глава 1:** анализ и сравнение существующих аналогов для определения полноценной задачи проекта.

**Глава 2:** Анализ и подбор инструментов и компонентов для реализации проекта

**Глава 3:** Описание этапов и методов разработки и сборки проекта

## Оглавление

|  |    |
|--|----|
| Введение   | 13 |
| 1. Анализ существующих систем захвата движения и принципов их работы                     | 16 |
| 1.1 Сферы применения систем захвата движения и их актуальность                           | 16 |
| 1.2 Технологии захвата движений в существующих моделях устройств                         | 18 |
| 1.3 Использование систем захвата движений в сочетании с системами виртуальной реальности | 22 |
| 2. Описание инструментов и технологий при реализации                                     | 25 |
| 2.1 Выбор инструментов и технологий для технической реализации трекеров                  | 26 |
| 2.1.1 Выбор управляющего устройства  | 27 |
| 2.1.2 Выбор Блока обработки мобильности  | 33 |
| 2.1.3 Выбор блока питания и батареи  | 37 |
| 2.2 Выбор инструментов для реализации программной части проекта                          | 38 |
| 2.2.1 Выбор программы для разработки программной части                                   | 38 |
| 2.2.2 Описание программы для создания таблиц калибровки                                  | 41 |
| 2.2.3 Описание программы для моделирования корпуса и печати                              | 42 |
| 3. Разработка системы трекинга   | 44 |
| 3.1 Разработка и сборка системы трекера  | 44 |
| 3.1.1 Разработка электронной схемы устройства трекинга                                   | 45 |
| 3.1.2 Разработка алгоритма сбора и передачи данных                                       | 46 |
| 3.2 Разработка серверной части   | 50 |
| 3.2.1 Интеграция с существующими решениями   | 53 |
| 3.3 Разработка корпуса устройства  | 54 |
| 4. Выводы  | 57 |
| Библиография   | 58 |
| Приложение   | 60 |

## Введение

Технологии виртуальной реальности (VR) и разработка связанных с ними гаджетов быстро приобрели актуальность и значение в современном мире. Во многом это связано с их преобразующим потенциалом в широком спектре отраслей и их способностью предоставлять захватывающий опыт, который ранее был невообразим.

Один из главных аспектов актуальности виртуальной реальности заключается в ее способности предоставлять пользователям по-настоящему захватывающий опыт. В отличие от традиционных форм медиа или взаимодействия, VR позволяет людям погружаться в полностью виртуальную среду, создавая беспрецедентное ощущение присутствия и вовлеченности.

В сфере игр и развлечений VR открыла новую эру. Благодаря специализированным гарнитурам, контроллерам и аксессуарам геймеры теперь могут погружаться в виртуальные миры, фундаментально меняя способ взаимодействия и опыта в играх. Это также позволило создавать захватывающие 3D-фильмы, интерактивные повествования и даже виртуальные концерты, которые способствуют росту и развитию индустрии развлечений.

Помимо развлечений, VR доказала свою ценность в обучении и образовании. Различные области, в том числе авиация, медицина и армия, используют VR как средство предоставления обучающимся безопасной и контролируемой среды для развития навыков. Это не только снижает риски, но и снижает затраты, связанные с реальными учебными учениями.

Архитекторы и дизайнеры также получили пользу от технологий виртуальной реальности. Теперь они могут создавать и исследовать 3D-модели зданий и продуктов, что облегчает визуализацию и сотрудничество. Клиенты могут виртуально ознакомиться с архитектурными проектами до начала строительства, что улучшает понимание проекта и принятие решений.

В здравоохранении системы виртуальной реальности нашли применение в лечении боли, терапии и реабилитации. Среда виртуальной реальности используется, чтобы отвлечь пациентов от боли во время медицинских процедур и обеспечить терапевтические вмешательства посредством иммерсивного опыта, улучшая результаты лечения пациентов.

Виртуальный туризм набирает обороты, позволяя людям исследовать обширные или исторические места, не выходя из дома. Виртуальные экскурсии и археологические

исследования с использованием виртуальной реальности открывают образовательные возможности, которые раньше были немислимы.

VR не ограничивается индивидуальным опытом; оно имеет и социальное измерение. Социальные VR-платформы позволяют пользователям взаимодействовать с другими людьми в общих виртуальных пространствах, делая виртуальные встречи, конференции и общественные собрания более захватывающими и увлекательными.

Доступность — еще один важный аспект актуальности виртуальной реальности. Он предлагает уникальные решения для людей с ограниченными возможностями, позволяющие им исследовать виртуальные миры и впечатления, которые иначе были бы недоступны.

Инновации в виде гаджетов и аксессуаров для систем виртуальной реальности продолжают стимулировать развитие отрасли. Компании постоянно работают над созданием более удобных, интуитивно понятных и доступных VR-гарнитур, контроллеров, устройств с тактильной обратной связью и технологий отслеживания движений, гарантируя, что опыт виртуальной реальности станет более доступным для более широкой аудитории.

В различных отраслях и приложениях VR оказывает значительное влияние. Он расширяет опыт, улучшает обучение и образование, способствует улучшению деловых операций и предлагает инновационные решения. Поскольку технологии продолжают развиваться, актуальность виртуальной реальности будет расти и дальше, открывая новые возможности и расширяя границы достижимого в виртуальной сфере.

## Библиография

1. Alper Yilmaz, Omar Javed and Mubarak Shah, "Object Tracking: A Survey", ACM Journal of Computing Surveys, Dec 2006.
2. А. Конушин, "Слежение за точечными особенностями сцены (Point feature tracking)," Компьютерная Графика и Мультимедиа Сетевой журнал, May 23, 2012.  
<https://web.archive.org/web/20120523143044/http://cgm.computergraphics.ru/content/view/54> (accessed Sep. 25, 2023).
3. M. Arulampalam, S. Maskell, N. Gordon, and T. Clapp, "A Tutorial on Particle Filters for Online Nonlinear/Non-Gaussian Bayesian Tracking"
4. S. V. Matveyev and M. Göbel, "Direct interaction based on a two-point laser pointer technique," Jul. 2003, ACM SIGGRAPH 2003 Sketches & Applications, San Diego, California. — New York, NY, USA: ACM, 2003. — [doi:10.1145/965400.965527](https://doi.org/10.1145/965400.965527)
5. K. Shing P., "US Patent 5067084 - Inertial measurement unit with aiding from roll isolated gyro," Patent Storm, Nov. 19, 1991.  
<https://web.archive.org/web/20091215043330/http://www.patentstorm.us/patents/5067084/fulltext.html> (accessed Sep. 20, 2023).
6. *Xsens 3D motion tracking*. "The fascination for motion capture" Archived from [the original](#) on 2019-01-22.  
<https://web.archive.org/web/20190122195540/https://www.xsens.com/fascination-motion-capture/>
7. Nilsson, J. O.; Gupta, A. K.; Händel, P. (October 2014). "Foot-mounted inertial navigation made easy". *2014 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*. pp. 24-29.  
[doi:10.1109/IPIN.2014.7275464](https://doi.org/10.1109/IPIN.2014.7275464). ISBN 978-1-4673-8054-6. S2CID 898076.
8. Starlino electronics, "A Guide To using IMU in Embedded Applications," A Guide To using IMU (Accelerometer and Gyroscope Devices) in Embedded Applications., Dec. 29, 2009. [http://www.starlino.com/imu\\_guide.html](http://www.starlino.com/imu_guide.html) (accessed Sep. 20, 2023).
9. M. Silvia and C. Viorel, Design of Specialized Hardware Architectures for Industry 4.0. Technical University of Moldova, 2022. Accessed: Oct. 13, 2023. [Online]. Available: [https://ibn.idsi.md/vizualizare\\_articol/177799](https://ibn.idsi.md/vizualizare_articol/177799)
10. V. Ababii, V. Sudacevschi, S. Munteanu, V. Carbune, R. Melnic and V. Lasco, "Synthesis of Agent-Based Decision-Making Systems with Multiple Coalitions," 2023 International Conference on Electromechanical and Energy Systems (SIELMEN), Craiova, Romania, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/SIELMEN59038.2023.10290825.
11. V. T. Le, N. Bouraqadi, S. Stinckwich, V. Moraru and A. Doniec, "Making networked robots connectivity-aware," 2009 IEEE International Conference on



- Robotics and Automation, Kobe, Japan, 2009, pp. 3502-3507, doi: 10.1109/ROBOT.2009.5152471.
12. А. Гетман, “Теории и технологии обеспечения прочности технических объектов,” Россия: ЛитРес 2021.
  13. Государственная публичная научно-техническая библиотека России, “Основные стандарты сетей передачи данных,” Государственная публичная научно-техническая библиотека России. <https://www.gpntb.ru/win/book/5/Doc11.HTML> (accessed Nov. 20, 2023).
  14. VRchat, “Full-Body Tracking,” VRchat docs. <https://docs.vrchat.com/docs/full-body-tracking> (accessed Nov. 23, 2023).
  15. Valve Inc, “OpenVR,” SteamWorks. <https://partner.steamgames.com/doc/features/steamvr/openvr> (accessed Nov. 10, 2023).
  16. Unity inc, “Body Tracking,” Unity manuals. <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.mars@1.3/manual/BodyTracking.html> (accessed Nov. 10, 2023).
  17. Gustafson J.L. Amdahl’s Law “Encyclopedia of Parallel Computing. – Boston : Springer”, 2011
  18. Batch M. Estimating CPU performance Using Amdahls Law. – USA : PugetSystems, 2015.
  19. Popov G., Mastorakis N., Mladenov V. Calculation of the Acceleration of Parallel Programs as Function of the Number of Threads // Latest Trends on Computers. – 2014. – Vol. 2.
  20. SiliconExpert, “Alldatasheet,” AllDataSheetBibliotec. <https://www.datasheets.com/ru/categories/automation-and-industrial-control> (accessed Oct. 29, 2023).