РАДІОТЕХНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

УДК 621.3
DOI https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.3.1/01

Кіба Є.І.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Губар В.Г.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ПЕРЕДАЧІ/ОБРОБКИ ДАНИХ У VR-КОНТРОЛЕРАХ

У роботі розглянуті питання, пов'язані з передачею даних VR-контролерів та їх вирішення за допомогою окремого периферійного пристрою. Розглянута система поєднання таких контролерів у один костюм, за допомогою централізованого живленням від акумуляторів. Сама робота має змінити підхід для реалізації зв'язку між користувачем та VR-середовищем, поліпшивши відстежування руху, з метою подальшої реалізації. У роботі описуються методи відстеження рухів, що використовуються у маніпуляторах. Також в роботі розглянуті питання підключення VR-контролерів через протокол Bluetooth. Огляд цих питань дозволить поліпшити вже існуючі та модернізувати принципи побудови інших систем у майбутньому.

Відповідно тому, з якою швидкістю йде розвиток індустрії розробки ігор, профільних галузей медицини (наприклад, нейрохірургія), збільшення кількості робіт, що пов'язані з яким-небудь ризиком для життя, збільшується й потреба у швидкості передачі даних. Відповідно, пропонується змінити підхід до реалізації підключень контролерів та зменшити час їх відклику з точки зору проблематики віртуальної реальності. Віртуальна реальність - це нова, не профільна галузь, яка представлена в Україні лише студіями інді-розробки програмного забезпечення. Вона використовується для створення віртуального середовища та надається іноземними дилерами, що представляють великі компанії на вітчизняному ринку. В статті пропонуються підходи щодо побудови перспективних систем віртуальної реальності (VR), що можуть перерости у самобутні консолі та самостійні VR-станції. Майбутні розробки компаній нашої держави можуть стати передовими у цій галузі та зайняти відповідну нішу на світовому ринку технологій віртуальної реальності. Також на базі цих технологій можна створити унікальну гібридну систему доповненої реальності (AR), яка може використовувати VR- контролери для маніпуляцій у реальному просторі.

Ключові слова: *VR, маніпулятор, контролер, Bluetooth, користувач, середовище.*

Постановка проблеми. На сьогодні технологія віртуальної реальності (VR – virtual reality) активно розвиваються та інтегрується у різні сфери діяльності людини: при дослідженні складно доступних місць (океанографія, археологія, космос), при діяльності в областях, які потребують точність виконання: в охороні здоров'я (хірургія, стоматологія), робототехніка та інше. Для створення якісного робочого простору пристрої віртуальної реальності потребують максимально швидкої та безперебійної передачі та обміну даних. Комунікація з VR-контролерами зазвичай виконується за допомогою бездротового з'єднання Bluetooth [1]. При передачі даних по цьому протоколу можуть спостерігатися наступні проблеми: нестабільність передачі сигналу, перешкоди, проблеми, що пов'язані з підключенням, несумісність обладнання, відстань передачі сигналу. В даній роботі проводиться вирішення цих проблем методом заміни стандарту Bluetooth на стандарт IEEE 802.11

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні покоління VR-маніпуляторів, які повинні імітувати рухи людини у VR-середовищі, використовують бездротову технологію Bluetooth для передачі інформації (натискання клавіш та даних

про нахил з гіроскопів та акселерометрів) з маніпулятора до базової станції.

Для більш точної координації та позиціонування у VR-середовищі використовують додаткову передачу з камер та відслідковування позиції. Найбільшу популярність для оптимізації та організації відстеження рухів користувача здобули методи трекінгу inside-out та outside-in.

Inside-out tracking. Метод, при якому камеру вбудовано у VR-гарнітуру. При цьому камера відстежує мітку або трекер (маркер) на маніпуляторі й після обробки передає дані у VR-середовище. Такий метод, в основному, використовується у портативних мобільних гарнітурах, наприклад: Oculus Quest 2, HP Reverb G2 Omnicept Edition, Pico Neo 3 Pro, Lenovo Mirage Solo, HTC Vive Focus 3, Acer OJO 500, Asus HC102, Samsung HMD Odyssey, Xiaomi Mi VR Standalone, Nolo CV1 [2].

Outside-in tracking. Метод використовує додаткові камери або сенсори, які знаходяться назовні гарнітури і слугують для визначення позиції оператора в просторі. В такому методі камери використовуються для відстеження положення маркерів або трекерів на маніпуляторах. Використовується метод у більш дорогих та якісних контролерах, наприклад: Oculus Rift S, HTC Vive Pro 2, Valve Index, Pimax 8KX, HP Reverb G2, Windows Mixed Reality Headsets,Acer Windows Mixed Reality Headset,Dell Visor Windows Mixed Reality Headset, Samsung Odyssey+, Sony PlayStation VR [3].

При передачі результатів у VR-простір використовуються спеціальні програми-емулятори, наприклад, Steam VR, які переносять у нього рухи користувача відносно його положення в реальному просторі та повертають зображення або на екран ПК, або на VR-окуляри, однак якість обробки пропорціонально залежать від швидкості передачі та її безперебійності і точності обробки.

Ціна якісного набору VR-гарнітури з окулярами, маніпуляторами та додатковою апаратурою може варіювати від 750$ до 2000$ в залежності від якості обладнання та його стану.

Постановка завдання. З попередніх розділів видно, що хоч й існує велика кількість контролерів та всі вони стикаються з проблемами, пов'язаними з передачею сигналу. Крім цього, створення дротових з'єднань не є доречним. Це пов'язано зі зручністю використання контролерів оператором. При наявності провідного з'єднання рухи оператора можуть бути обмежені. Пропонуються наступні етапи для отримання оптимального результату, що поєднує комфорт користування та оптимізацію використання контролерів в системі:

– знаходження аналогічних безпровідних методів передачі даних

– збереження зручності оператора

– вирішення проблем з бездротовою передачепов'язаних з Bluetooth

Виклад основного матеріалу по розробці. У сучасних VR-гарнітурах, таких як Oculus Quest 2 та Pico 4, використовують технологію air link [2], що дозволяє передавати дані та зображення за допомогою протоколу IEE 802.11. Використання цього протоколу дозволяє пришвидшити передачу даних та отримати більш стабільне з'єднання в VR-середовищі. Технологія air link має певні проблеми, такі як: перебої з підключенням, затримки в обробці картинки, неточність з відображенням рухів, бо використовує метод inside-out для трекінгу.

Пропонується використати систему для побудови віртуального простору використовуючи поєднання методів трекінгу – outside-in та inside-out Запропонована система приведена на рис. 1.

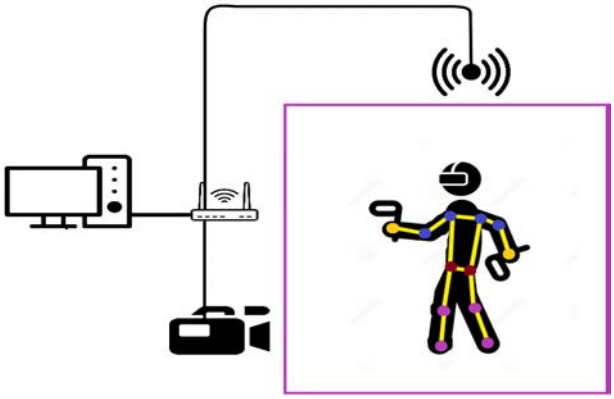

Рис. 1. Ескіз роботи системи

Принцип роботи представлено на блок-схемі (рис. 2).

Датчики та камери, які входять до запропонованої системи VR-середовища, підключаються до базової станції обробки інформації. Для комунікації використовується IEE 802.11. Базова станція приймає, керує та виконує попередню обробку даних з підключених пристроїв в реальному часі. Після обробки на основі підготовлених даних виконується відбудова віртуального простору, в якому відбувається переміщення аватару персонажа. За допомогою дротового з'єднання зображення передається на пристрої користувача (персональний комп'ютер, екран та інше) для побудови віртуального простору. В даному випадку дротове з'єднання між базовою станцією та пристроями користувача запропоновано для розширення про-

пускної спроможності каналу передачі даних і не впливає на зручність. Крім цього, зображення з базової станції також передається на VR-окуляри для отримання зворотного зв'язку у віртуальній реальності, в якій знаходиться персонаж.

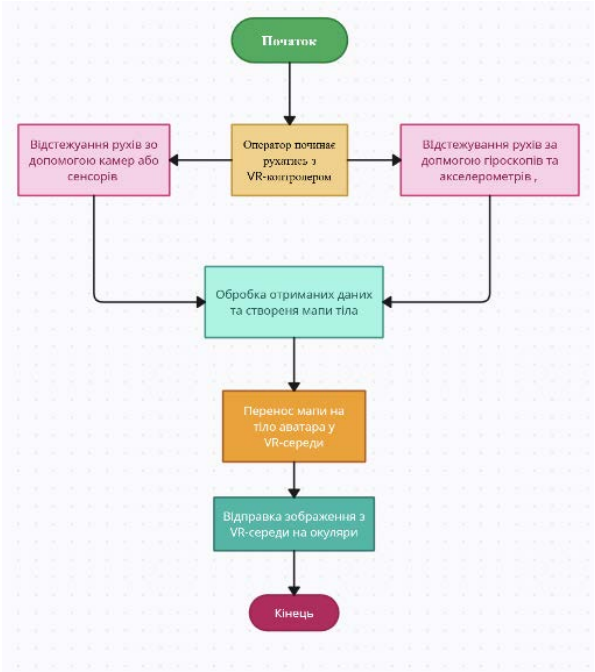

Рис. 2. Блок-схема роботи системи

Для реалізації методу outside-in в запропонованій системі датчики та камери встановлюються у певній областях кімнати. Поки користувач буде знаходитись у зоні трекінгу, усі його дії будуть зчитуватися базовою станцією. Базова станція проводить обробку даних в реальному часі, що дозволяє підвищити точність рухів у VR-середовищі.

Для реалізації inside-out методу будуть використовуватись гіроскопи та акселерометри, встановлені у маніпулятори та окуляри користувача. У випадку, коли користувач виходить з зони спостереження камер та сенсорів, то рух та маніпуляції у VR-середовищі продовжуватимуть відслідковуватися, хоча й з меншою точністю. .Це пов'язано зі зменшенням кількість отриманих даних, тим самим зменшивши точність результату їх апроксимації .

Контролери (маніпуляторів, окулярів та інших пристроїв, що є частиною віртуального простору) в запропонованій системі пропонується використовувати з двома інтерфейсами передачі даних: WiFi, як основний робочий інтерфейс та Bluetooth, який буде використовуватися для настроювання та калібрування. Такий підхід дозволить значно зменшити навантаження на базову станцію при додаванні нового контролеру.

При використанні контролерів тіло оператора умовно розділяється на зони і кожен контролер відповідає за свою зону, як приведено на рис. 3.

Рис. 3. Розміщення контролерів на тілі оператора

Маніпулятори рук розділяються по використанню на кистьові та ліктеві. Таке розділення дозволяє підвищити комфорт та зручність при використанні оператором, а також підвищити точність відслідковування рухів. Це пов'язано з моторикою оператора – кисті рук більш рухливі ніж більша частина руки. Контролери на кисті пропонується зробити у формі рукавиці з датчиками тиску між фалангами пальців та датчиками ємності для відстежування натискання пальців. В свою чергу, додаткові камери пропонується ставити біля зап'ястя оператора.

Контролери у ліктьовій зоні та ногах пропонується робити у формі браслетів поєднаних між собою. На кожному з таких браслетів встановлюється датчик для відстежування руху з камери та акселерометр, що буде зчитувати прискорення та рухи оператора. Нахил ніг чи вигинання ліктів будуть обробляються за допомогою розрахунку градусної міри на базовій станції. При цьому коригування «плавності» рухів виконується за рахунок даних отриманих з камер.

У малорухливій зоні попереку («Зоні поясу») контролер, для зручності оператора, пропонується виконати у формі поясу.

У «Зоні поясу» буде розташований пояс з двома датчиками та акселерометр для відстежування руху у просторі та повороту оператора.

Зона тулуба оператора залишається вільною, оскільки при поєднанні даних з ліктьової зони та зони поясу на базовій станції отримується повна карта рухів тіла.

В системі використовуються бездротові контролери. Однією з головних задач такої системи контролерів є забезпечення живленням. Для реалізації забезпечення живленням можуть бути використані бездротові технології, децентралізований та централізований метод.

Бездротові технології, такі як передача електроенергії за допомогою лазера або ультразвукових хвиль мають дуже низький КПД та мають високі вимоги до проєктування та реалізації конструкції. Децентралізований метод передбачає наявність у кожного контролера свого індивідуального живлення від акумуляторів (батареї живлення), що змушує оператора кожного разу відволікатися на процес заряджання для забезпечення функціонування контролерів. Такий підхід призводить до неефективного використання часу оператора.

При використанні централізованого методу усі контролери об'єднані в одну сітку та розташовані на костюмі оператора з імерсійним контролем рухів [5] та централізованим автономним (акумулятори/батареї) живленням (рис. 4).

В запропонованій системі використовується централізований метод. Такий підхід дозволяє значно підвищити продуктивність оператора та зменшити час, що витрачається на зарядку всієї системи контролерів, в цьому випадку заряджання виконується з одного джерела живлення. При використанні живлення від акумуляторів слід також подбати про безпеку оператора . Пропонується використовувати літій-полімерні акумулятори як більш безпечні ніж літій-іонні. Безпека використання таких акумуляторів досягається відводом тепла, що виділяться акумуляторами. Для цього використовують пластини з алюмінію, товщиною 1.75 та 3 мм. Пластини розташовуються паралельно одна до одної з проміжком 1мм. Розмістити таку систему краще всього на спині у вигляді Backpack з можливістю швидкого скиду, поставивши точки кріплення на плечах та збоку поясу. Відмінною особливістю такого костюма є імерсійне занурення у VR-середовище, з чіткою та швидкою обробкою рухів оператора. Крім цього, за допомогою алюмінієвих пластин оператор буде тримати спину рівно, а активні рухи тіла можуть сприяти його фізичному розвитку.

Камери відстежують позицію контролерів, спираючись на спеціальні світлочутливі маркери (інфрачервоні діоди), розміщені на контролерах. Розташування маркерів на контролерах фіксується, що надає можливість визначити їхню точну позицію в просторі. За допомогою складних алгоритмів обробки даних, функцію яких буде виконувати периферійний пристрій, система відслідковує рух контролерів та інтерполює траєкторію руху, для точного відтворення позиції контролера в тривимірному просторі віртуальної реальності.

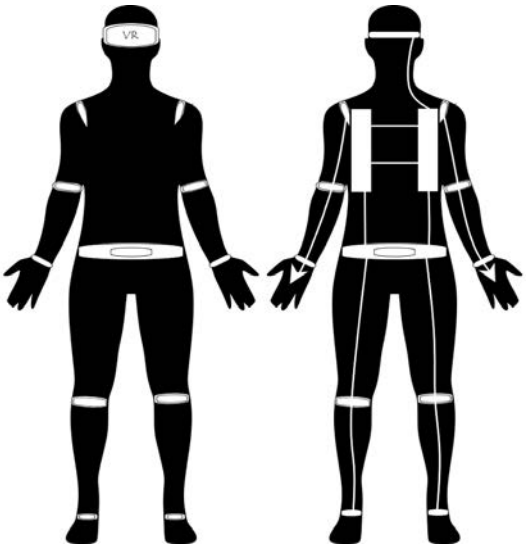

Рис. 4. Централізований метод

Додатково пропонується також встановлення декількох замкнених на собі сенсорів, що відслідковують чи не знаходиться оператор у контурі їх дії. Якщо він вийде за дію контуру то камери перестають зчитувати рухи оператора для запобігання накладання «бліків» на рухи у віртуальному просторі.

Базова станція прийнявши дані з камер, сенсорів та контролерів за стандартом WI-FI та будує мапу рухів та тіла оператора, після чого переносить її у систему інтеграції з VR-середовищем на зразок SteamVR. Передача даних виконується через дротове з'єднання USB 3.2. Станція віртуальної реальності використовує від 2 до 4 ГБ ОЗУ DDR4 або DDR3L. Це забезпечує точність рухів та затримку зображення не більше 40 мс, якщо оператор знаходиться у зоні камер та трекерів.

Висновки. Запропонована система є перспективним поглядом у майбутнє розвитку систем для VR-гарнітур. Подальший розвиток системи може бути спрямований на підвищення обчислювальної потужності базової станції. Такий підхід дозволить виконувати не тільки обробку потоку даних від контролерів, але й виконувати роль ігрової VR-консолі, як це реалізовано в PlayStation.

У статті виявлено базові проблеми під'єднання базових VR-контролерів та їх взаємодії з трекерним середовищем.

Спроектована система використовує запропоноване розташування обладнання на тілі оператора з імерсійним перенесенням рухів у VR-середовище. Складається система з централізовано поєднаних VR-контролерів для окремих зон тіла, камерам для відстеження та інтерполяції плавності рухів, замкнутих на себе контурів сенсорів для відстежування позиції користувача у зоні дії камер та безпосередньо WiFi модуля для передачі даних. Дані передаються на базову станцію для обробки та створення віртуального середовища.

Створена концепція дозволяє перейти безпосередньо до розробки пристрою.

Список літератури:

1. Bluetooth . URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Bluetooth
2. Oculus Quest 2. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Quest_2
3. Inside Out VS Outside In Tracking .URL: https://vrheaven.io/inside-out-vs-outside-in-tracking/
4. Lithium Ion vs. Lithium Polymer Batteries . URL: https://blog.ravpower.com/2017/06/lithium-ion-vs-lithium-polymer-batteries/
5. Immersion (virtual reality) .URL:https://en.wikipedia.org/wiki/Immersion_(virtual_reality)

Kiba E.I., Gubar V.G. RESEARCH AND SOLUTION OF DATA TRANSMISSION/PROCESSING PROBLEMS IN VR CONTROLLERS

The paper considers the issues related to the data transmission of VR controllers and their solution using a separate peripheral device. The system of combining such controllers into one suit using a centralised battery power supply is considered. The work itself should change the approach to implementing communication between the user and the VR environment by improving motion tracking, with a view to further implementation. The paper describes the methods of motion tracking used in manipulators. The paper also discusses the issues of connecting VR controllers via Bluetooth. A review of these issues will allow us to improve existing systems and modernise the principles of building other systems in the future.

As the game development industry and specialised medical fields (e.g., neurosurgery) develop at a rapid pace, and the number of operations involving any risk to life increases, the need for data transfer speeds also increases. Accordingly, it is proposed to change the approach to the implementation of controller connections and reduce their response time in terms of virtual reality. Virtual reality is a new, non-core industry represented in Ukraine only by indie software development studios. It is used to create a virtual environment and is provided by foreign dealers representing large companies in the domestic market. The article proposes approaches to building promising virtual reality (VR) systems that can develop into distinctive consoles and independent VR stations. Future developments of Ukrainian companies may become leading in this field and occupy a relevant niche in the global market of virtual reality technologies. These technologies can also be used to create a unique hybrid augmented reality (AR) system that can use VR controllers to manipulate real space.

Key words: *VR, controllers, environment, Bluetooth, user.*