

УДК 004.946

РОЗРОБКА ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ

Довгалець С.М., Карпюк Ю.В.

Вінницький національний технічний університет

В роботі проведено аналіз методів фільтрації даних отриманих з інерційного вимірювального пристрою, методи подолання дрейфу нуля гіроскопа, розроблено програму стереоскопічного рендеру для мобільного телефону та безпроводний інерційний маніпулятор. Що дозволяє користувачам поглибитись у світ віртуальної реальності за не велику суму. Вибрані методи фільтрування даних дозволяють збирати в автоматичному режимі збирати, фільтрувати, та згладжувати дані практично будь-якого виду.

Ключові слова: віртуальна реальність, алгоритми фільтрації шуму, інерційний маніпулятор, стереоскопічний рендер, Unity 3d.

Постановка проблеми. В даний момент технології віртуальної реальності (VR) широко застосовуються в різних областях людської діяльності: проектування і дизайні, видобутку корисних копалин, військових технологіях, будівництві, тренажерах і симуляторах, маркетингу і рекламі, індустрії розваг і т.д. Обсяг ринку технологій віртуальної реальності оцінюється в 15 млрд доларів на рік [1].

На початку 1990-х років віртуальна реальність ще тільки знаходилася на стадії розвитку, і обмежувалася лише декількома «квадратними» шаховими фігурками на шахівниці. Але з розвитком індустрії розваги віртуальна реальність стала нарощувати свої темпи розвитку. Її стали використовувати в кінотеатрах і для створення відеоігор. Пізніше за допомогою VR багато архітекторів почали створювати фасади будівель, ще до того як закладали сам фундамент. Замовники проекту могли вільно подорожувати по віртуальній будівлі, ставити питання архітекторів і вносити свої зміни в його дизайн. Віртуальна реальність давала значно більше можливостей замовникам при виборі дизайну будівлі, ніж мініатюрний макет з дахом що знімається.

Будівельники, архітектори, медики, інженери і багато інших професій, де працюють з якими-небудь матеріальними об'єктами, вимагають від студентів відмінної кваліфікації. Для цього їм регулярно проводити практики, де вони набувають усі необхідні знання і уміння [2].

Але віртуальна реальність може вивести процес навчання на новий рівень. Створення програм, здатних продемонструвати будову людського тіла або в режимі реального часу показати, як змінюється навантаження на окремі вузли будівлі залежно від використаних технічних рішень, дозволить продемонструвати студентам вже на перших курсах практичну частину їх роботи не витрачаючи часу фахівців і не ризикуючи життями людей.

Плюсом стає і краще засвоєння матеріалу, адже куди зрозуміліше розташування і принцип роботи органів людини, коли на них можна подивитися в 3D-форматі, доторкнутися своїми руками і покрутивши з усіх боків, а не просто оглянувши в розрізі на картинці в підручнику і запам'ятавши їх. При цьому у викладачів з'явиться прекрасна можливість для підтримки інтересу студента за рахунок інтерактивних лекцій, наповнених корисною інформацією [3-5].

Тому програми з віртуальною реальністю використовуються для навчання солдатів, льотчиків, космонавтів і медиків. Віртуальна реальність сприяла розвитку медицини, адже в таких умовах можна було спокійно навчати нових медиків, не побоюючись за здоров'я пацієнта. В деяких випадках віртуальну реальність використовували для проведення так би мовити попередньої операції, коли лікар робив операцію у віртуальному світі і дивився за своїми помилками, щоб потім усунути їх на практиці. Також розвиток VR привів до того, що операції стали проводити за допомогою роботів. Перша операція за участю робота була зроблена в 1998 році в одній з лікарень Парижу. Єдиний недолік такої операції полягає в тому, що під час роботи пристроїв VR можуть статися збої або затримка, які можуть коштувати пацієнтові життя.

Пілотажні тренажери є різновидом систем віртуальної реальності. Усі льотчики і космонавти перед польотом тренуються на таких тренажерах для того, щоб бути готовим до усіх труднощів, які можуть виникнути під час польоту. Льотчики і космонавти намагаються керувати своїм віртуальним літаком або шатлом за будь-яких погодних умов – під час грози, туману, вітру, метеоритного дощу і так далі. Для цього існують спеціальні програми. І хоча таке устаткування для віртуальної реальності коштує декілька десятків тисяч доларів, пілотажний тренажер все одно виходить дешевше, ніж якщо проводити навчання на справжніх літальних апаратах [3].

Сфера розваг все більше звертається до мультимедійних технологій, тим більше що у світі давно експериментують з віртуальною реальністю. Віртуальні декорації – це панорамні мультіекранні проєкції віртуальних світів. Екрани сприймаються глядачем як вікна в інший світ. Розташовувати їх можна по-різному. Все залежить від можливостей майданчика, бажань і можливостей замовника. Віртуальні декорації можуть не лише замінювати собою інтер'єр, але і доповнювати його. Можна використати їх для створення повністю ілюзорного 3D-пространства, аж до покриття проєкціями підлоги.

Але самі шоломи віртуальної реальності та маніпулятори для них які використовуються в сфері розваг досить не дешеві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Daydream – платформа віртуальної реальності (VR), розроблена компанією Google [5]. Вона була

анонсована на виставці Google I/O 2016, та представлена 10 листопада 2016 [6].

На відміну від першої платформи VR від Google, Google Cardboard, Daydream буде вбудована в ОС Android починаючи з моменту випуску Android 7.1 Nougat. Платформа включає в себе специфікації як програмного, так і апаратного забезпечення, призначених для сумісних з нею телефонів «Daydream-Ready». Google також аносувала режим VR в Android Nougat для обробки високопродуктивних обчислень додатків віртуальної реальності. Це буде перша VR платформа, виконана в матеріальному дизайні. Google планує оновити деякі зі своїх встановлених Android-додатків до VR-версій. Вартість VR-гарнітури Google Daydream View становить \$79, що дешевше ніж більшість її конкурентів на ринку.

У комплекті з Daydream-гарнітурами поставляється бездротовий контролер. Цей контролер може бути використаний для взаємодії з віртуальним світом за допомогою натискання кнопок або руху пристрою в просторі. Пульти дистанційного керування використовуються для навігації в меню, ігор і навіть віртуальних прогулянок в Google Street View. Встановлені датчики використовуються для визначення орієнтації контролера і примірного положення руки користувача. Контролер забезпечує користувача шістьма ступенями свободи в просторі. Для власника Google Daydream View контролер може зберігатися в гарнітурі, поки він не використовується [7].

Проблемою цієї платформи є те що на даний момент вона працює тільки з двома пристроями – Google Pixel, Motorola Moto Z, Samsung Galaxy S8 та S8+. Тобто з найдорожчими флагманами.

Таж сама ситуація з шоломами від Samsung під назвою GearVR, такий шолом сумісний тільки з деякими телефонами самої фірми Samsung.

А от Google Cardboard може працювати майже на всіх Android смартфонах, але використання обмежується використанням тільки на операційній системі Android.

Розроблюваний набір із засобів розробки та утиліт може бути сумісний з усіма мобільними телефонами на операційній системі Android, та iOS. Але є певні технічні обмеження продуктивності.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. Шоломи віртуальної реальності та маніпулятори для них які використовуються в сфері розваг досить не дешеві. Тому в сфері розваг їх може собі дозволити тільки досить обмежене коло людей. Ця проблема пов'язана з великими вимогами до апаратної складової, відсутністю єдиного стандарту, та єдиного набору засобів розробки та утиліт для усіх платформ.

Мета статті. Полягає у розробці прототипу шолома на базі смартфона та розробку безпроводного маніпулятора. Які б працювали з усіма мобільними платформами такими як Android та iOS.

Головною метою цієї роботи є:

1. Дослідити існуючі підходи до отримання стереоскопічного зображення.

2. Розглянути основні алгоритми фільтрації даних з датчиків.

3. Дослідити Unity Engine як графічний двигун для розробки додатків віртуальної реальності (VR).

4. Розробити алгоритм трекінга положення та повороту маніпулятора.

5. Дослідити основні методи та протоколи безпроводного з'єднання.

Виклад основного матеріалу. Гіроскопи дуже точно міряють куту швидкість і після інтеграції можна отримати кути. Але у них є проблема – свідчення спливають з часом. Для корекції цього дрейфа застосовується акселерометр, який завжди (ну або майже завжди в довгостроковій перспективі) знає, де земля. Але акселерометр нічого не відчує, якщо його крутити навколо осі Z, тому нам потрібний магнітометр, який завжди знає, де північ. Таке поєднання датчиків називають інерційним вимірювальним пристроєм [17].

Термін ІВП (англ. IMU або інерційно вимірювальний пристрій) широко використовується маючи на увазі пристрій, якій містить в собі три акселерометри і три гіроскопи, а також може містити додатково три магнітометри. Акселерометри розташовуються так, що їх три осі вимірювання ортогональні одна одній. Вони визначають інерційне прискорення, яке ще називають G-силами.

Три гіроскопи розташовуються таким самим чином, ортогонально один одному, і вимірюють позицію обертання відносно довільно обраної координатної системи.

Все більше і більше виробників додають також три магнітометри в ІВП модулі. Це покращує швидкість при підрахунку динамічної орієнтації в системах визначення ставлення і напрямку, що зроблені на базі ІВП.

Модулі ІВП використовуються в установлених на літаках інерційних навігаційних системах. На сьогоднішній день майже кожен комерційний або військовий надводний засіб має такий пристрій. Більшість літаків також обладнані ІВП [19].

Основним недоліком використання ІВП в навігації є те, що він зазвичай має накопичувану похибку, включаючи похибку Еббе. Оскільки навігаційна система постійно сумує зафіксовані зміни, до попередньо розрахованої позиції, будь-які помилки вимірювань, навіть малі, акумулюються від точки до точки. Це призводить до 'дрейфу', або до постійного зростання різниці між координатами місця, де система думає що знаходиться, і фактичним її місцезнаходженням.

Ніби все просто – зі значення по осі Z відніmemo константу $1g$, дістанемо лінійне вертикальне прискорення. Двічі проінтегруємо його (фактично підсумуємо у вимірювальному циклі) і отримаємо швидкість і відносне зміщення. Але і тут не все так добре, як хотілося б. Нахил апарату викличе зміну проекції вектору прискорення A на вісь Z . Рух датчика або зміна температури можуть викликати «зрушення» чутливості, і наша константа $1g$ вже не відповідатиме реальності. Але навіть у разі ідеально нерухомого датчика і точно виставленою $1g$, будь-який сенсор видає шум. Адаже навіть крихітна помилка впродовж десятка секунд подвійної інтеграції зростає до розміру слона, і ось ми в окулярах бачимо боком, або з нахиленим поглядом.

Найпоширеніші фільтри які використовуються в ІВП:

1) Фільтр Калмана.

2) Complimentary filter, точний аналог, це «альфа-бета фільтр».

3) Фільтр Маджвика.

Фільтри Калмана базуються на дискретизованих за часом лінійних динамічних системах. Вони

моделюються ланцюгами Маркова, побудованими на лінійних операторах, що збурюються похибками, що можуть включати гаусів шум. Стан системи представляється вектором дійсних чисел. На кожному такті дискретного часу до стану застосовується лінійний оператор для продукування нового стану, з домішуванням якогось шуму, і, опціонально, якоїсь інформації від засобів керування системою, якщо вони відомі. Відтак інший лінійний оператор, змішаний з ще додатковим шумом, застосовується до справжнього («прихованого») стану для продукування спостережуваних виходів.

Фільтр Калмана став визнаною основою для побудови більшості алгоритмів визначення орієнтації і комерційних систем орієнтації та інерційних модулів:

- 1) xsens.
- 2) Microstrain.
- 3) VectorNav.
- 4) InterSense.
- 5) PNI.
- 6) Crossbow.

Всі вони засновані на його використанні. Широке використання рішень Калмана є доказом їх точності та ефективності, однак вони мають ряд недоліків. Вони можуть бути складні в реалізації. Лінійна регресія ітерації, є основоположним для процесів Калмана, вимоги до частоти дискретизації, значно перевищують пропускну здатність об'єкта. Наприклад, частота дискретизації між 512 Гц і 30 кГц може бути використана в додатках захоплення руху. Стан відносин, що описує руху кінематику в трьох вимірах, як правило, вимагають більше векторів стану і реалізації розширеного фільтра Калмана для лінеаризації задачі. Ці проблеми вимагають великого обчислювального навантаження для реалізації рішень Калмана.

Один з новітніх методів розрахунку орієнтації в просторі за показаннями датчиків акселерометра, гіроскопа і компаса – фільтр Маджвіка, який, за словами автора, дає результат кращий, ніж застосування фільтра на основі методу Калмана в результатах і продуктивності. Автор – Себастьян Маджвік. Метод описаний в статті англійською. Дана робота захищена в Університеті м. Брістоля.

Дрейф нуля гіроскопа буде відбуватися від зміни температур, від руху і просто з часом. Будь-яка практична реалізація ІВП повинна враховувати це. Перевагою Калманових рішень є те, що вони здатні оцінити зміщення гіроскопа в якості додаткового стану в рамках моделі системи. Тим не менш Махоні та інші показали, що дрейф нуля гіроскопа також може бути скомпенсований простими фільтрами орієнтації, представляючи його як частину помилки від швидкості зміни орієнтації.

Оскільки для реалізації маніпулятора буде використовуватись MPU-6050, він має ряд переваг. MPU6050 – перший на ринку інтегрований шестисьомий сенсор руху, трьохосовий гіроскоп, що поєднує в мініатюрному корпусі, трьохосовий акселерометр і сигнальний процесор DMP (Digital Motion Processor). Дані з сенсорів оцифровуються за допомогою 16-бітових АЦП. За допомогою послідовної шини I2C додатково може бути підключений трьохосовий магнітометр, що дозволить обчислювати на основі даних з сенсорів і технології MotionFusion переміщення виробу в просторі. Вбудований буфер FIFO глибиною

1024 байт дозволяє зберігати отримані дані, розвантажуючи тим самим послідовну шину [16].

Аналіз ігрового двигуна Unity 3d для розробки VR додатків. Unity – багатоплатформовий інструмент для розробки дво- та тривимірних додатків та ігор, що працює на операційних системах Windows і OS X. Створені за допомогою Unity застосування працюють під системами Windows, OS X, Android, Apple iOS, Linux, а також на гральних консолях Wii, PlayStation 3 і Xbox 360. Також головний плюс це мова C# яка популярна та має багато бібліотек. Unity має найбільше комуніті серед розробників ігрових додатків.

Графічний рушій використовує DirectX (Windows), OpenGL (Mac, Windows, Linux), OpenGL ES (Android, iOS), та спеціальне власне API для Wii. Також підтримуються bump mapping, reflection mapping, parallax mapping, screen space ambient occlusion (SSAO), динамічні тіні з використанням shadow maps, render-to-texture та повноекранні ефекти post-rendering.

Unity підтримує файли 3ds Max, Maya, Softimage, Blender, modo, ZBrush, Cinema 4D, Cheetah3D, Adobe Photoshop, Adobe Fireworks та Allegorithmic Substance. В ігровий проєкт Unity можна імпортувати об'єкти цих програм та робити налаштування за допомогою графічного інтерфейсу.

Для написання шейдерів використовується ShaderLab, що підтримує шейдерні програми написані на GLSL або Cg. Шейдер може включати декілька варіантів реалізації, що дозволяє Unity визначити найкращий варіант для конкретної відеокарти. Unity також має вбудовану підтримку фізичного рушія Nvidia PhysX (колишнього Ageia), підтримку симуляції одягу в системі реального часу на довільній та прив'язаній полігональній сітці, підтримку системи ray casts та шарів зіткнення.

Також Unity дозволяє підключення сторонніх DLL скомпільованих на C++, це дає змогу оптимізувати складні алгоритми інкапсулюючи їх всередині бібліотеки [20].

Багатогігабайтні проєкти з тисячами мегабайтних файлів піддаються легкому керуванню. Налаштування імпорту та інші метадані також зберігаються разом з історією їх версій. Переглядати зміни ресурсів\версій можна одразу всередині Редактора Unity. Якщо файли змінюються, їх статус негайно оновлюється. Переіменування і переміщення ресурсів не створює будь-яких перешкод для безперервного робочого процесу.

Висновки і пропозиції. В результаті роботи проведено аналіз методів фільтрації даних отриманих з інерційного вимірювального пристрою, методи подолання дрейфу нуля гіроскопа, розроблено програму стереоскопічного рендеру для мобільного телефону та безпроводний інерційний маніпулятор. Що дозволяє користувачам поглибитись у світ віртуальної реальності за не велику суму.

Вибрані методи фільтрування даних дозволяють збирати в автоматичному режимі збирати, фільтрувати, та згладжувати дані практично будь-якого виду.

Було розроблено структурну схему програми, функціонал, обґрунтований вибір модулів та їхня реалізація. Було розглянуто 3 аналогії та виявлені недоліки. Реалізовано 3 варіанти реалізації програми та технічні вимоги до неї.

Список літератури:

1. Sky N. Virtual Reality Insider: Guidebook for the VR Industry – New York: Inside, 2014. – 140 с.
2. Parisi T. Learning Virtual Reality – Sebastopol: O'Reilly Media, 2015. – 21 с.
3. Benton A. Oculus Rift in Action – New York: Manning Publications, 2015. – 2 с.
4. Smith M. Unity 5.x Cookbook – Birmingham: Packt Publishing Limited, 2015. – 2 с.
5. Craig A. Developing Virtual Reality Applications – San Francisco: ELSEVIER SCIENCE & TECHNOLOGY, 2009. – 53 с.
6. Torn A. Mastering Unity Scripting – Birmingham: ELSEVIER SCIENCE & TECHNOLOGY, 2015. – 31 с.
7. Zucconi A. Unity 5.x Shaders and Effects Cookbook – Birmingham: ELSEVIER SCIENCE & TECHNOLOGY, 2016. – 55 с.
8. Daydream is Google's Android-powered VR platform. [Електронний ресурс] / Robertson, Adi // – Режим доступу: <http://www.theverge.com/2016/5/18/11683536/google-daydream-virtual-reality-announced-android-n-io-2016>
9. Google Daydream Launch Date Confirmed. [Електронний ресурс] / Zeena Al-Obaidi // – Режим доступу: <https://www.vrfocus.com/2016/05/google-daydream-launch-date-confirmed/>
10. Использование инерциальной навигационной системы (ИНС) с несколькими датчиками. [Електронний ресурс] / Алексей Москаленко // – Режим доступу: <https://geektimes.ru/post/255736/>
11. MPU-6050. [Електронний ресурс] / InvenSense Inc. // – Режим доступу: https://www.terraelectronica.ru/catalog_info.php?CODE=660710
12. Фильтр Калмана. [Електронний ресурс] / Худавердян Давид // – Режим доступу: <https://habrahabr.ru/post/166693>
13. VR-Overview. [Електронний ресурс] / Zeena Al-Obaidi // – Режим доступу: <https://unity3d.com/ru/learn/tutorials/topics/virtual-reality/vr-overview?playlist=22946>
14. Asynchronous Timewarp Examined. [Електронний ресурс] / Michael Antonov // – Режим доступу: <https://developer3.oculus.com/blog/asynchronous-timewarp-examined/>
15. Asynchronous Spacewarp. [Електронний ресурс] / Dean Beerl // – Режим доступу: <https://developer.oculus.com/blog/asynchronous-spacewarp/>
16. Фильтр Маджвика. [Електронний ресурс] / Петерсен Антон // – Режим доступу: <https://habrahabr.ru/post/255661/>
17. Google's Daydream View VR headset goes on sale next month for \$79. [Електронний ресурс] / Adi Robertson // – Режим доступу: <http://www.theverge.com/2016/10/4/13161506/google-vr-headset-photos-daydream-view-virtual-reality>
18. Як VR змінює світ: історія комп'ютерних інтерфейсів. [Електронний ресурс] / Березов П.П. // – Режим доступу: <https://designtalk.club/yak-vr-zminyuye-svit-abo-majbutnye-bez-monitoriv/>
19. История развития технологий виртуальной реальности. [Електронний ресурс] / Корнинко П.А. // – Режим доступу: http://www.psychologov.net/view_post.php?id=1425
20. Виртуальная реальность: История, теория, практика. [Електронний ресурс] / Мелков Ю.П. // – Режим доступу: <http://itc.ua/articles/virtualnaya-realnost-istoriya-teoriya-praktika/>
21. Мобильная виртуальная реальность. [Електронний ресурс] / Судницкий В.А. // – Режим доступу: https://vrgeek.ru/2016/05/23/1395_mobilnaya-virtualnaya-realnost/

Довгалець С.М., Карпюк Ю.В.

Винницький національний технічний університет

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

Аннотация

В работе проведен анализ методов фильтрации данных полученных с инерционного измерительного устройства, методы преодоления дрейфа нуля гироскопа, разработана программа стереоскопического рендера для мобильного телефона и беспроводной инерционный манипулятор. Что позволяет пользователям углубиться в мир виртуальной реальности не большую сумму. Избранные методы фильтрации данных позволяют собирать в автоматическом режиме собирать, фильтровать, и сглаживать данные практически любого вида.

Ключевые слова: виртуальная реальность, алгоритмы фильтрации шума, инерционный манипулятор, стереоскопический рендер, Unity 3d.

Dovgalets S.M., Karpuk Y.V.

Vinnitsa National Technical University

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR VIRTUAL REALITY SIMULATION

Summary

The analysis of data filtration methods obtained from an inertial measuring device, methods for overcoming the zero drift of a gyroscope, a stereoscopic rendering program for a mobile phone, and a wireless inertial manipulator have been developed. What allows users to delve into the world of virtual reality is not a large sum. Selected methods of data filtering allow you to collect in an automatic mode to collect, filter, and smooth data of almost any kind.

Keywords: virtual reality, noise filtering algorithms, inertial manipulator, stereoscopic renderer, Unity 3d.