

Деркач М.В., Скороход С.Г., Дерев'янченко В.С.

РОЗРОБКА ВІРТУАЛЬНОГО ТУРУ ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦІЇ УЧБОВИХ ЛАБОРАТОРІЙ

У статті розглянуто актуальне питання розробки вебдодатку з можливістю підключення віртуальної реальності, у зв'язку з розвитком комп'ютерних технологій. На сьогодні, такий підхід дозволяє створювати новий штучний світ, який передається людині завдяки органам чуття. Віртуальний тур підтримує цілісність сприйняття окремих панорам, залишаючи повну ілюзію присутності всіх потенційних абітурієнтів та їх батьків в приміщенні для демонстрації матеріально-технічного оснащення кафедри, що дозволяє не витратити час і гроші на офлайн зустрічі та поїздки. В процесі реалізації віртуального туру було досліджено методи проективного перетворення для побудови одного складеного зображення на основі набору вихідних зображень, тобто панорамування. Представлено алгоритм склеювання панорами, що включає такі етапи, як детектування спеціальних точок та обчислення їх дескрипторів, зіставлення спеціальних точок та пошук проектного перетворення, використовуючи граф для кожного кадру, після чого отримано зображення панорами. Також проведено розстановку хотспотів для переходу від однієї панорами до іншої, виставлено первісний напрямок погляду в панорамах при виборі її через меню управління та виставлено напрямок погляду при переході в панораму по хотспоту. В цілому, реалізовано віртуальний тур, що включає 6 панорам, та використано такі модифікації, як: кнопки навігації та взаємодії, індивідуальний дизайн, підказки, структуроване меню, анімація переходу панорами. Вебдодаток можливо необмежено масштабувати шляхом додавання нових зон туру. Проект можливо інтегрувати до будь якого сайту - як посилання або окремим блоком сайту. Для створення фото було використано обладнання: Iphone 6, штатив Velbon C-400 з насадкою під телефон.

Ключові слова: віртуальний тур, панорама, граф, хотспот, проективне перетворення.

Вступ. Віртуальна реальність на сьогодні дозволяє створювати новий штучний світ, який передається людині завдяки органам чуття: зору, дотику, слуху й т.п. Людина може взаємодіяти з тривимірним комп'ютеризованим середовищем, а також маніпулювати об'єктами або виконувати конкретні завдання. У своїй простій формі віртуальна реальність включає 360-градусні відео або зображення. Досягнення ефекту повного занурення у віртуальну реальність до рівня, коли користувач не може відрізнити візуалізацію від реальної обстановки, є завданням розвитку технології. Застосування віртуальних турів є ефективним інструментом маркетингу, що обумовлює отримання набагато більше інформації та дозволяє дистанційно ознайомити потенційного споживача з товаром або послугою. Віртуальний тур підтримує цілісність сприйняття окремих панорам, залишаючи повну ілюзію присутності віртуальних гостей в приміщенні, в якому вони "переміщуються".

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Завдання панорамування полягає у побудові одного складеного зображення на основі набору вихідних зображень [1,2]. Галузь застосування знаходиться у вирішенні таких практичних завдань, як:

- зондування поверхні Землі із супутника або з дрону;
- склеювання зображень, отриманих за допомогою мікроскопа;
- склеювання відео;
- отримання зображення з високою роздільною здатністю.

Одним із ключових етапів у панорамуванні є пошук проективного перетворення, яке якнайкраще перевело б точки одного кадру у відповідні точки іншого. Для вирішення цього завдання може бути використаний підхід RANSAC, докладний опис якого представлений у роботі [3]. Для пошуку проективного перетворення між кадрами також може бути використаний оптичний потік, який часто застосовується в задачі склеювання панорами, або концепція методу SLAM (Simultaneous Localization And Mapping), що застосовується для мінімізації акумулятивної помилки, яка проявляється при замиканні циклу у графі проективних перетворень [4]. У роботі [5] для кількісної оцінки якості склеювання панорами автори пропонують, маючи зображення високої роздільної здатності, створити штучне відео, кадрами якого є проектно спотворені області вихідного зображення.

Мета статті. Розробити вебдодаток з можливістю підключення віртуальної реальності для демонстрації матеріально-технічного оснащення кафедри всім потенційним абітурієнтам та їх батькам, що дозволить не витратити час і гроші на зустрічі та поїздки.

Основний зміст роботи. Віртуальний тур - це спосіб реалістично відобразити тривимірний багатоелементний простір на екрані. Елементи віртуального туру, зазвичай, є сферичними панорамами, що з'єднані між собою шляхом інтерактивних посилань-переходів (хотспотів). Віртуальні тури, також містять й інші інтерактивні елементи: наприклад, оформлені графічно клавіші управління, інформаційні спливаючі вікна, уточнюючі написи і т.п.

Перш за все, потрібно обрати оптимальну кількість панорам, яку буде містити віртуальний тур й точки їх зйомки, саме так, щоб огляд локації був найбільш повним й інформативним.



Рисунок 1 - Алгоритм склеювання панорами

Алгоритм склеювання панорами на самому початку передбачає налагодження достатньої кількості кадрів (рис. 1). Після чого, послідовно перебираючи пари зображень з набору, слід зробити детектування спеціальних точок та обчислення їх дескрипторів на цих зображеннях [6-8]. Саме ці спеціальні точки дозволяють побудувати геометричну відповідність між двома кадрами. Потім слід зіставити спеціальні точки на основі їх дескрипторів.

Далі, маючи два набори спеціальних точок, необхідно знайти проєктне перетворення, яке переводило б точки одного кадру у відповідні точки іншого якнайкраще. Після отримання потрібного набору проєктивних перетворень має місце технічна процедура склеювання зображень, а саме: для кожного пікселя кінцевої панорами (x, y) по кожному каналу (RGB) розраховується середнє арифметичне значення інтенсивностей пікселів з координатами (x, y) всіх кадрів, що включають себе піксель з такими координатами.

За допомогою методів пошуку проєктивних перетворень можна визначити зсув положення камери щодо попереднього положення в просторі. У лабораторних умовах точності обчислень цих даних вистачає для побудови панорами плоского нерухомого об'єкта. В реальних умовах, при обчисленні усунення положення камери щодо попереднього положення виникає похибка обчислень (помилка вимірів/перешкоди/обмеження, що накладаються алгоритмами тощо). З часом акумулювативна помилка продовжує наростати таким чином, що, незважаючи на прийнятну точність визначення зміщення між сусідніми положеннями, загальна панорама об'єкта міститиме вже серйозні відхилення.

Використовуючи граф для проєктивних перетворень, можна зробити завдання панорамування плоских нерухомих об'єктів стійким до проблеми накопичення помилок.

Спочатку введемо поняття єдиної системи координат. Під єдиною системою координат будемо розуміти таку систему координат, де одні й самі точки об'єкта з різних зображень матимуть однакові координати. Цю вимогу можна висловити такою формулою:

$$f(x)=y, \quad (1)$$

де f - це відображення, визначене на загальній частині кадрів і що перекладає точки першого кадру у точки другого кадру, x - координати точки в системі координат першого кадру, y - координати точки в системі координат другого кадру.

У разі, коли відображення f може бути коректно продовжено за область перетину кадрів, можливо доповнити другий кадр інформацією з першого. Таким чином, буде отримана карта, склеєна як мозаїка, з двох або більше кадрів.

Після знаходження проєктивних перетворень між сусідніми кадрами є первісна склейка, що задає однозначне розташування кадрів у єдиній системі координат.

Після побудови первинного склеювання зображень будується граф проєктивних перетворень G :

$$G=(V, E), \quad (2)$$

де V - безліч четвірок точок, що є вершинами проектно виправлених зображень; $|V| = n$, E - безліч проективних перетворень між кадрами; $|E| = m$.

Ребро між вершинами будується тільки в тому випадку, якщо кадри перетинаються не менше ніж на $T\%$ на первинному склеюванні (IoU – Intersection over Union):

$$\frac{s_{ij}}{s_i + s_j - s_{ij}} \cdot 100\% > T\%. \quad (3)$$

Поріг T підбирається залежно від методу пошуку проективного перетворення шляхом балансування між обумовленістю завдання пошуку проективного перетворення між двома кадрами і бажаною очікуваною кількістю ребер і циклів у графі.

Якщо граф буде містити цикли, то в ньому з'являтиметься надлишкова інформація, яка може містити протиріччя. Таким чином, існує проблема, пов'язана з наявністю неузгоджених циклів у графі проективних відображень, оскільки при ідеальному склеюванні протиріччя у графі проективних перетворень G повинні бути відсутніми.

Алгоритм узгодження графа проективних перетворень, тобто узгодження всіх його циклів, виглядає наступним чином. По-перше, у кожному кадрі розглядається четвірка точок загального стану. Кадри пронумеровані від 1 до n , тоді четвірки точок позначатимемо через p_i , де $1 \leq i \leq n$. Такий набір четвірок точок P однозначно задає єдину систему координат, тому що для будь-яких двох кадрів можна єдиним чином знайти проектне відображення, що переводить одну четвірку точок в іншу. По-друге, щоб знайти набір четвірок точок, який задаватиме шуканий узгоджений граф, можна скористатися методом найменших квадратів. Мінімізуємо функціонал, який дорівнює сумі по всіх ребрах з набору E графа G , а для кожного ребра — сумі по чотирьох точках величин $\|H_{ij}p_{is} - p_{js}\|$. Для знаходження рішення, що мінімізує функціонал, пропонується використовувати метод сполучених градієнтів.

$$\sum_{(i,j) \in E} \sum_{s=1}^4 \|H_{ij}p_{is} - p_{js}\| \rightarrow \min_p. \quad (4)$$

Після того, як для кожного кадру є проективне перетворення, що однозначно визначає положення кадру, можна отримати зображення панорами.

Для реалізації поставленої мети та складання туру вирішені такі задачі:

1. Проведено 360° панорамну зйомку.
2. Додано 3D панорами.
3. Додано меню і панель управління.
4. Проведено розстановку хотспотів для переходу від однієї панорами до іншої.
5. Виставлено первісний напрямок погляду в панорамах при виборі її через меню управління.
6. Виставлено напрямок погляду при переході в панораму по хотспоту.
7. Додано додаткові модифікації.

Майже всі модифікації переслідують одну з головних цілей:

- зробити найбільш зрозумілою для користувача навігацію по туру;
- поліпшити зовнішній вигляд;
- підвищити інформативність.

Додаткові модифікації потрібно вибрати до початку зйомок, так як, деякі з них, наприклад, відео-переходи й анімацію не вийде вбудувати до туру на етапі постобробки, не маючи на руках заздалегідь відзнятого матеріалу.

У проекті реалізовано 6 панорам та використано такі модифікації, як: кнопки навігації та взаємодії, індивідуальний дизайн, підказки, структуроване меню, анімація переходу панорами.

Для ПК версії доступні такі кнопки навігації та взаємодії, як:

1. Приближення зуму.
2. Віддалення зуму.
3. Автоматичний перегляд панорами.
4. Меню зі списком всіх панорам з можливістю переходу між ними.
5. Перехід в режим повного екрану.

Кнопки навігації та взаємодії на мобільній версії зазнають деяких змін, а саме: відсутність переходу в режим повного екрану та наявність режиму VR (віртуальної реальності).

Було створено індивідуальний дизайн – стильні та сучасні кнопки взаємодії з туром, привабливі та інформативні підказки при наведенні на маркер переходу. Плавні анімації зміни локації також залишають після себе лише гарні враження.

Приклад зовнішнього вигляду туру (активне меню зі списком панорам):



Рисунок 2 - Зовнішній вигляд вебдодатку

Висновок. Проект являє собою вебдодаток зі зручним та сучасним інтерфейсом. Вебдодаток можливо необмежено масштабувати шляхом додавання нових зон туру. Проект можливо інтегрувати до будь якого сайту - як посилання або окремим блоком сайту. Для створення фото було використано обладнання: Iphone 6, штатив Velbon C-400 з насадкою під телефон. Для зйомки та склейки панорам було обрано Google street view. Досить зручна та інтуїтивно зрозуміла програма для автоматичного створення 360° панорами. Для зібрання туру було обрано програмне забезпечення Rapo2vr.

Література

1. Brown M. Automatic panoramic image stitching using invariant features / M. Brown, D.G. Lowe // Vancouver: University of British Columbia. – 2007.
2. Szeliski R. Image Alignment and stitching / R. Szeliski // Redmond, WA : Microsoft Research. – 2006.
3. Skoryukina N. Screenshot: TV-stream frame search with projectively distorted and noisy query / N. Skoryukina, T. Chernov, K. Bulatov, D. Nikolaev, V. Arlazarov // 9th International Conference on Machine Vision (ICMV). – 2017. – Vol. 10341.
4. Newman P. SLAM-loop closing with visually salient features / P. Newman, K. Ho // IEEE Proc. of International Conference on Robotics and Automation. – 2005. – p. 635-642.
5. Paalanen P. Image based quantitative mosaic evaluation with artificial video / P. Paalanen, J.K. Kamarainen, H. Kalviainen // Scandinavian Conference on Image Analysis, Springer (Berlin, Heidelberg). – 2009. – p. 470-479.
6. Lowe D. G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints / D. G. Lowe // International Journal of Computer Vision. – 2004. – Vol. 2.
7. Drummond T. Machine Learning for high-speed corner detection / T. Drummond, E. Rosten // 9th European Conference on Computer Vision (ECCV). – 2006. – p. 430-443.
8. Bay H. SURF: Speeded up robust features / H. Bay, A. Ess, T. Yuitelaars, L. Van Gool // Computer Vision and Image Understanding. – 2008. – Vol. 110. – p. 346-359.

References

1. Brown M. Automatic panoramic image stitching using invariant features / M. Brown, D.G. Lowe // Vancouver: University of British Columbia. – 2007.
2. Szeliski R. Image Alignment and stitching / R. Szeliski // Redmond, WA : Microsoft Research. – 2006.
3. Skoryukina N. Screenshot: TV-stream frame search with projectively distorted and noisy query / N. Skoryukina, T. Chernov, K. Bulatov, D. Nikolaev, V. Arlazarov // 9th International Conference on Machine Vision (ICMV). – 2017. – Vol. 10341.
4. Newman P. SLAM-loop closing with visually salient features / P. Newman, K. Ho // IEEE Proc. of International Conference on Robotics and Automation. – 2005. – p. 635-642.
5. Paalanen P. Image based quantitative mosaic evaluation with artificial video / P. Paalanen, J.K. Kamarainen, H. Kalviainen // Scandinavian Conference on Image Analysis, Springer (Berlin, Heidelberg). – 2009. – p. 470-479.
6. Lowe D. G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints / D. G. Lowe // International Journal of Computer Vision. – 2004. – Vol. 2.
7. Drummond T. Machine Learning for high-speed corner detection / T. Drummond, E. Rosten // 9th European Conference on Computer Vision (ECCV). – 2006. – p. 430-443.

8. Bay H. SURF: Speeded up robust features / H. Bay, A. Ess, T. Yuitelaars, L. Van Gool // Computer Vision and Image Understanding. – 2008. – Vol. 110. – p. 346-359.

The article deals with the topical issue of developing a web application with the ability to connect virtual reality, in connection with the development of computer technology. Today, this approach allows you to create a new artificial world, which is transmitted to man through the senses. The virtual tour maintains the integrity of the perception of individual panoramas, leaving a complete illusion of the presence of all potential applicants and their parents in the room to demonstrate the material and technical equipment of the department, which allows you not to waste time and money on offline meetings and trips. In the process of implementing a virtual tour, projective transformation methods were explored for constructing a single composite image based on a set of source images, that is, panning. An algorithm for gluing a panorama is presented, including such steps as detecting special points and calculating their descriptors, matching special points and searching for a design transformation using the graph of each frame, after which a panorama image is obtained. Also, hotspots were arranged for the transition from one panorama to another, the initial direction of view in panoramas was set when choosing it through the control menu and the direction of view was set when switching to a panorama by hotspot. In general, a virtual tour was implemented, including 6 panoramas, and such modifications were used as: navigation and interaction buttons, individual design, tips, structured menu, panorama transition animation. The web application can be scaled indefinitely by adding new tour zones. The project can be integrated into any site - as a link or a separate block of the site. Iphone 6 equipment, Velbon C-400 tripod with a phone attachment was used to create the photo.

Keywords: virtual tour, panorama, graph, hotspot, projective transformation.

Деркач М.В. – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: gl459@gmail.com

Скороход С.Г. – здобувач вищої освіти Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: serik.plus.plus@gmail.com

Дерев'янченко В.С. – провідний інженер кафедри комп'ютерних наук та інженерії Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, e-mail: derevianchenkovs@gmail.com