

## ВІДСТЕЖЕННЯ КАМЕРИ У ТРИВИМІРНОМУ ПРОСТОРИ

Шендрік К.С.

Науковий керівник – асист. Солодов В.Д.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МІРЕС,  
м. Харків, Україна

e-mail: kyrylo.shendrik@nure.ua

This work is devoted to video tracking, which is the implementation of computer 2D and 3D graphics into real footage to create a harmonious combination of virtual objects and live video. The technique is essential in the production of television commercials and visual effects, based on point tracking of objects and calculation of camera movement.

Техніка відеотрекінгу – це важливий елемент постпродакшену, що спрямований на впровадження комп'ютерної 2D та 3D-графіки в реальний візуальний контекст. Основна мета полягає в інтеграції вставлених об'єктів так, щоб вони органічно вписувалися у живий кадр. Використання відеотрекінгу найбільш актуальне в роботі з живим відео, особливо при створенні телевізійної реклами та роботі з 2D та 3D об'єктами для створення різноманітних візуальних ефектів. Процес відеотрекінгу базується на відстеженні точки руху об'єкта в сцені та обчисленні руху камери за допомогою спеціальних алгоритмів, що використовуються під час зйомки реальної сцени. Зібрані дані про рух камери використовуються для відтворення віртуальної копії реальної сцени.

3D-відстеження камери відкриває унікальні можливості для створення переконливих візуальних ефектів та інтеграції віртуальних елементів у реальне відео. Ця технологія розширює творчі горизонти у кінематографії, архітектурній візуалізації, віртуальній реальності та інших галузях. Її активно використовують для втілення креативних ідей, підвищення візуального сприйняття та посилення впливу контенту. Однак важливо враховувати, що 3D-відстеження камери пов'язане з певними труднощами. Вимоги до обчислювальних ресурсів можуть бути значущими, що може стати перешкодою для менш потужних систем. Точна калібрування та досвід у налаштуванні параметрів також необхідні для досягнення високої точності результатів. Новачкам може знадобитися час для освоєння складних інструментів та програмного забезпечення. При цьому вартість професійного обладнання та програм може стати додатковим обмежуючим фактором для широкого використання цієї технології.

Грунтуючись на кольорі та яскравості, комп'ютер намагається відстежити зазначені точки на відео, порівнюючи їх із попереднім кадром, щоб визначити їхнє поточне місце розташування. Для більш точного відстеження використовується якийсь маркер, наприклад встановлений на

маленькому аркуші, що лежить на вулиці, який відстежується в той час, як камера переміщається. Комп'ютеру потрібна група пікселів, які залишаються практично незмінними протягом усієї тривалості відео. Якщо ця група пікселів значно зміниться, наприклад, закритється іншим об'єктом з плином часу, то комп'ютер більше не зможе її відстежити.

Коли ви виконуєте 2D tracking (також називають plane tracking) вам необхідно максимум 4 точки для відстеження. У цьому разі 3D оточення не розраховується, тому що необхідно лише розмістити цифрову площину поверх відзнятого відео, наприклад, плакат на стіні будинку.

3D tracking використовується для відстеження комплексних рухів камери. Метою є створення віртуальної кімнати, яка буде повністю (або частково) відповідати відзнятому на відео матеріалу. Завдяки цьому ви зможете розміщувати 3D об'єкти на вашому відео де завгодно. Найголовніше при створенні цього типу відстеження - це наявність достатньої кількості точок для побудови 3D-сцени (у Blender необхідно мінімум 8 точок для кожного кадру відео). Точки відстеження мають бути як на передньому плані відео, так і на задньому. Інакше кажучи, ви маєте відстежувати об'єкти, що розташовані як близько, так і далеко від камери. Глибина 3D сцени розраховується співвідношенням швидкості руху об'єктів на передньому і задньому планах. Що більше об'єктів для відстеження у вас буде на обох планах, то точнішим буде відстеження.

Існує технологія Kinect, яка часто застосовується в кінематографі. Камера знімає кольорове зображення, а датчик глибини вимірює відстань до кожного пікселя отриманого зображення. Ці дані можуть бути оброблені додатком для створення 3D-карти. У 2011 році група з королівського коледжу Лондона і Microsoft Research розробила додатки для подібного 3D-моделювання під назвою KinectFusion, яке успішно будує 3D-моделі в реальному часі. Виходять дуже деталізовані моделі простору, з роздільною здатністю менше сантиметра, але тільки для обмеженої фіксованої області в просторі. Команда спробувала розробити методику для створення 3D-карт з однаково високою роздільною здатністю на сотні метрів, у різних умовах і в реальному часі. Мета, зазначають вони, була амбітною з точки зору даних: змодельоване оточення складатиметься з мільйонів 3D точок. Щоб створити точну карту, потрібно було б визначити, які однорідні ділянки можна вирівняти без шкоди для якості мільйонів інших ділянок, що відрізняються. Попередні дослідницькі групи вирішували цю проблему за допомогою повторних зйомок - непрактичний підхід, якщо ви хочете створити карту в реальному часі.

Натомість придумали набагато швидший підхід, за якого камера знімає простір у два етапи: використовується перша камера на передній частині пристрою і друга камера на задній частині пристрою.

У передній частині пристрою дослідники розробили алгоритм відстеження положення камери в будь-який момент за своїм маршрутом.

Оскільки Kinect-камера робить 30 кадрів на секунду, алгоритм показує, скільки і в якому напрямку рухається камера між кадрами. Водночас алгоритм створює 3D-модель, що складається з хмари дрібних шматочків - поперечних перерізів тисяч 3D-точок у безпосередньому оточенні. Кожен шматочок хмари пов'язаний з конкретною позицією камери.

У міру того, як камера переміщається вниз коридором, шматочки хмари включаються в глобальну 3D-карту.

Камера в задній частині пристрою знову знімає оточення, знаходить знайомі шматочки, що відповідають положенню камери і добудовує відсутні шматочки. Таким чином, пристрій автоматично присвоює розташування хмари шматочків положенню камери замість того, щоб запам'ятовувати розташування кожного зі шматочків окремо.

Команда використовувала свою техніку, щоб створити 3D-карти центру Массачусетського технологічного інституту, а також криті та відкриті місця в Лондоні, Сіднеї, Німеччині та Ірландії. У майбутньому група припускає, що метод може бути використаний, щоб дати роботам набагато багатшу інформацію про їхнє оточення. Наприклад, 3D-карта не тільки допоможе роботу вирішити, повернути ліворуч або праворуч, а й представити більш детальну інформацію.

Але технології не стоять на місці і дослідники під керівництвом Су-суму Нода з Кіотського університету в Японії опублікували дослідження своєї нової немеханічної 3D-лідарної системи. Система поміщається в долоні і здатна вимірювати відстань до погано відбиваючих об'єктів і автоматично відстежувати їх рух.

Нова система стала можливою завдяки унікальному джерелу світла, яке називається фотонно-кристалічним лазером з подвійною модуляцією (DM-PCSEL). DM-PCSEL об'єднує немеханічне сканування променем з електронним керуванням із освітленням спалахом, що використовується в лідарі зі спалахом, для отримання повного 3D-зображення одним спалахом світла. Це джерело світла засноване на мікросхемах і з часом може дозволити розробити вбудовану повністю твердотільну 3D-лідарну систему.

Лідарні системи створюють карту об'єктів, освітлюючи їх лазерними променями та обчислюючи відстань до цих об'єктів, вимірюючи час польоту (ToF) променів. Більшість існуючих і розроблених систем лідарів складаються на рухомі частини, що робить їх громіздкими, дорогими та ненадійними. З іншого боку, спалахові лідарні системи використовують один широкий і розсіяний промінь світла для одночасного освітлення та оцінки відстані до всіх об'єктів у полі зору. Однак спалахові лідари не можуть вимірювати відстані до об'єктів із слабким відображенням і, як правило, великі через зовнішні лінзи та оптичні елементи, необхідні для створення променя спалаху.

Щоб подолати ці обмеження, дослідники розробили джерело світла DM-PCSEL, яке має як спалах, так і можливості сканування променя.

Дослідники включили це джерело світла в систему тривимірного лідара, дозволяючи одночасно вимірювати багато об'єктів за допомогою широкого освітлення спалахом і вибіркового освітлення об'єктів із слабким відображенням більш концентрованим пучком світла. Вони також встановили камеру ToF і розробили програмне забезпечення для автоматичного відстеження руху погано відбиваючих об'єктів за допомогою освітлення зі скануванням променя.

Дослідники продемонстрували систему, використовуючи її для вимірювання відстані до погано відбиваючих об'єктів, розміщених на столі в лабораторії. Вони також показали, що система може розпізнавати та відстежувати рух цих об'єктів. Зараз дослідники вивчають потенціал системи в практичних застосуваннях, таких як автономний рух роботів і транспортних засобів, і досліджують можливість заміни камери ToF більш оптично чутливою однофотонною лавинною фотодіодною матрицею для вимірювань на більших відстанях.

Отже, 3D-відстеження камери - це потужний інструмент, який змінює обличчя візуальних технологій. Незважаючи на свої вимоги та вартість, він відкриває нові можливості для творчості та інновацій в галузі відеопродакшну та дизайну. Його застосування вже стало необхідністю у світі візуальних ефектів та комп'ютерної графіки.

#### Список використаних джерел

1. Розбираємося з Motion Tracking. Blender 3D. URL: <https://blender3d.com.ua/razbirayemsa-s-motion-tracking/> (дата звернення: 05.03.2024).

2. Нова система 3D Lidar для покращеного відстеження об'єктів і вимірювання відстані URL: <https://www.unite.ai/uk/нова-3D-лідарна-система-для-покращеного-відстеження-об'єктів-і-вимірювання-відстані/> (дата звернення: 06.03.2024).

3. Один із способів створення 3D моделі простору URL: <https://evo.net.ua/https/evo.net.ua/prostoy-sposob-proizvesti-3d-skanirovanie/> (дата звернення: 05.03.2024).

4. ТРЕКІНГ ВІДЕО URL: <https://adshot.ua/services/postproduction/treking-video/> (дата звернення: 05.03.2024).

5. 3D-моделювання оточення за допомогою відеокамери URL: <https://habr.com/ru/articles/191884/> (дата звернення: 04.03.2024).

6. Ревенчук І. Моделювання доповненої реальності на основі маркерів / І. Ревенчук, Є. Агарков // Бионика интеллекта : научно-технический журнал. – 2021. – № (96). – С. 90–95.