

ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ИНФРАКРАСНЫХ ВСПЫШЕК НА ФОНЕ СВЕТО- ВЫХ ЗАСВЕТОВ

Ильин М.А.

Научный руководитель к.т.н., доцент Корытцев И.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. РЭС, тел. (057) 702-13-06)

E-mail: res@kture.kharkov.ua; тел. (057) 372-67-04

Now in the world there is a set of various systems of multimedia shooting training apparatus in which the diversified technologies are used. The technology registration of holes by an optical measuring instrument of the high permission which is used in a universal multimedia shooting training apparatus, providing shooting from the fighting and pneumatic weapon, is based on calculation of coordinates of infra-red flashes.

В настоящее время в мире существует множество разнообразных систем мультимедийных стрелковых тренажеров, в которых использованы самые разнообразные технологии. Технология регистрация пробойн оптическим измерителем высокого разрешения, которая используется в универсальном мультимедийном стрелковом тренажере (УМСТ), обеспечивающий стрельбу из боевого и пневматического оружия, основана на вычислении координат инфракрасных вспышек.

Стрелок производит выстрел из огнестрельного или пневматического оружия по экрану, на который проецируется изображение видеомишеней либо видеосюжеты, хранящиеся в памяти компьютера. В тканевом либо пленочном экране образуется пробоина. Координаты пробойны оцениваются видеоизмерителем в диапазоне инфракрасного излучения. Положение пробойны сопоставляется с положением мишени или видеосюжета и оценивается результат стрельбы. Благодаря использованию дистанционного бесконтактного метода определения координат пробойны и наличию простреливаемых экранов стрельба в УМСТ возможна из любого неавтоматического или одиночными выстрелами из автоматического огнестрельного или пневматического оружия независимо от величины начальной дульной энергии пули, её калибр и материала. Принцип работы тира при стрельбе из лазерного макетов-имитаторов стрелкового оружия с лазерными вставками мало отличается от вышерассмотренного. Отличие заключается лишь в автоматической переустановке порогов регистрации пробойн, поскольку уменьшается размер пробойны при стрельбе из пневматического имитатора, а «пробойной» при лазерных вариантах является кратковременное пятно лазерного луча на экране. Точность оценки результата стрельбы во многом зависит от точности вычисления координат попадания.

В докладе рассматриваются результаты исследований, проведенных с целью повышения точности вычисления координат инфракрасных вспышек на фоне световых засветок в УМСТ. Как показывает анализ, этот способ обладает рядом преимуществ – высокая точность определения точки попадания, уменьшенное время реакции системы на выстрел, количество обрабатываемых выстрелов за сеанс более 1000.

Способ базируется на цифровой обработке изображения с 2-ух видеокамер которые работают в инфракрасном диапазоне, и дальнейшем сравнении данных о новом отверствии с уже имеющимися.

Для уменьшения влияния окружающего освещения на работу системы, был выбран инфракрасный диапазон и камеры, чувствительные в инфракрасном диапазоне. Вспомогательные камеры снабжены фильтрами, уменьшающими поток видимого света. Чтобы понять, как работает вычисление неискажённых координат, поиск соответствующих точек и реконструкция, рассмотрим соответствующие математические модели. Модель камеры используется с точечной диафрагмой и искажениями. Проективное преобразование в гомогенных координатах записывается следующим образом: $m = PM$, где M — координаты точки в мировой системе координат $(X, Y, Z, T)^T$, m — координаты образа точки в плоскости изображения камеры $(U, V, S)^T$, а P — матрица проективного преобразования.

Вернуться от гомогенных координат к обычным достаточно просто: координаты точки m будут выглядеть как $(u=U/S, v=V/S)^T, S \neq 0$. При отсутствии искажений,

$$P = \begin{bmatrix} \alpha_u & -\alpha_u \cot \theta & u_0 \\ 0 & \alpha_v / \sin \theta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} [R \ t] =, \quad (1)$$

$$P = \begin{bmatrix} q_1^T & q_{14} \\ q_2^T & q_{24} \\ q_3^T & q_{34} \end{bmatrix} = [Q \ q], \quad (2)$$

где первая матрица отвечает за внутренние параметры камеры: α_u и α_v — масштабирующие коэффициенты, помноженные на фокусное расстояние камеры, u_0 и v_0 — оптический центр камеры, θ — угол между сторонами ячеек камеры. Вторая матрица содержит следующие элементы: t — вектор смещения камеры относительно центра координат и R — матрицу вращения камеры.

Для того, чтобы найти точки, соответствующие друг другу на разных камерах, нужно вычислить так называемые эпиполярные линии. Эпиполярная линия камеры C_1 — это проекция луча, соединяющего точку M с её образом m_1 на плоскости изображения камеры C_1 на плоскость изображения камеры C_2 . Образ точки M на плоскости изображения камеры C_2 теоретически должен лежать на этой линии, однако фактические погрешности приводят к тому, что она лежит рядом с этой линией, но это все равно помогает в поиске. Уравнение этой линии имеет вид:

$$e_1 = (q_1 - Q_1 Q_2^{-1} q_2) \times Q_1 Q_2^{-1} m_2, \quad (3)$$

где q_i и Q_i — элементы проективной матрицы в записи (2).

Найдя точки, программа приписывает их соответствующему устройству и, поскольку положение засветок на этих устройствах фиксировано и известно, вычисляет параметры вращения и смещения этих засветок в системе УМСТ. Использование дополнительной камеры позволяет значительно повысить точность вычисления координат и скорость реакции системы.

Литература.

1. "Система инфракрасного трекинга для приложений виртуального окружения", М. Фурса, Труды конференции VEonPC2001, Сентябрь 2001, стр.115-121, ISBN 5-88835-032-X.
2. "Создание и разработка индуцированной системы виртуального окружения для задач космических исследований" В. Афанасьев и др, Труды конференции VEonPC2003, стр. 55-70, ISBN 5-88835-009-5.
3. "A Real-Time Infrared Tracking System for Virtual Environments" М. Foursa, ERCIM News No. 53, p. 45-46, April 2003.