

# Система калибровки виртуальной камеры Camix Prizm

---

**Описание функциональных характеристик  
экземпляра программного обеспечения «Camix  
Prizm»**

## Оглавление

Аннотация.....	3
2. Основные функции программного обеспечения «Camix Prizm» .....	3
2.1. Архитектура.....	4
2.2. Сбор потока данных от устройств .....	5
2.3. Обогащение данных путем калибровки.....	6
2.4. Маршрутизация данных виртуальной камеры (Стриминг данных) .....	8
2.5. Отображение коммуникаций (Виртуальный контент) .....	9
3. Программно-аппаратные требования для установки и функционирования программного обеспечения «Camix Prizm» .....	9
3.1. Требования к установленному программному обеспечению .....	9
4. Режим функционирования программного обеспечения .....	10

## Аннотация

Документ содержит описание функциональных характеристик программного обеспечения «Camix Prizm» в части ее базового функционала

## 2. Основные функции программного обеспечения «Camix Prizm»

ПО Camix Prizm представляет собой программное обеспечение, разработанное для калибровки и настройки виртуальных камер. Его ключевая задача – синхронизация движения реальной камеры с виртуальной средой, что критически важно для создания контента с применением технологий дополненной (AR) и виртуальной реальности. Система позволяет подключать различные устройства трекинга (положения, ориентации, зума, фокуса) и передавать точные данные состояния виртуальной камеры в реальном времени через Ethernet. Процесс калибровки включает вычисление искривления линзы, определение положения точки камеры, угла обзора и положения плоскости фокусировки для различных комбинаций зума и фокуса. В основе технологии калибровки лежит комбинированный подход, использующий машинное зрение, решение стереометрических уравнений, а также фильтрацию и интерполяцию данных.

### Системные требования

- **ОС:** Windows 10/11 Pro 64-bit
- **Оборудование:** IBM PC-совместимый ПК
- **Лицензия:** Активная лицензия Camix Prizm
- **Сеть:** Подключение к локальной сети заказчика с доступом к устройствам трекинга и видеосерверу
- **Конфигурация ПК:** Карты видеозахвата линейка Blackmagic DeckLink SDI разрешением не ниже FullHD, Genlock по BNC

«Camix Prizm» — программное обеспечение, разработанное для сбора, обработки, калибровки и передачи данных о состоянии виртуальной камеры в режиме реального времени. Оно позволяет обеспечить точное соответствие между реальным и виртуальным пространством, что необходимо для производства контента с использованием технологий дополненной и виртуальной реальности.

ПО поддерживает следующие ключевые функции:

- Сбор потока данных от устройств
- Обогащение данных путем калибровки
- Маршрутизация данных виртуальной камеры (Стриминг данных)
- Отображение коммуникаций (Виртуальный контент)

## 2.1. Архитектура

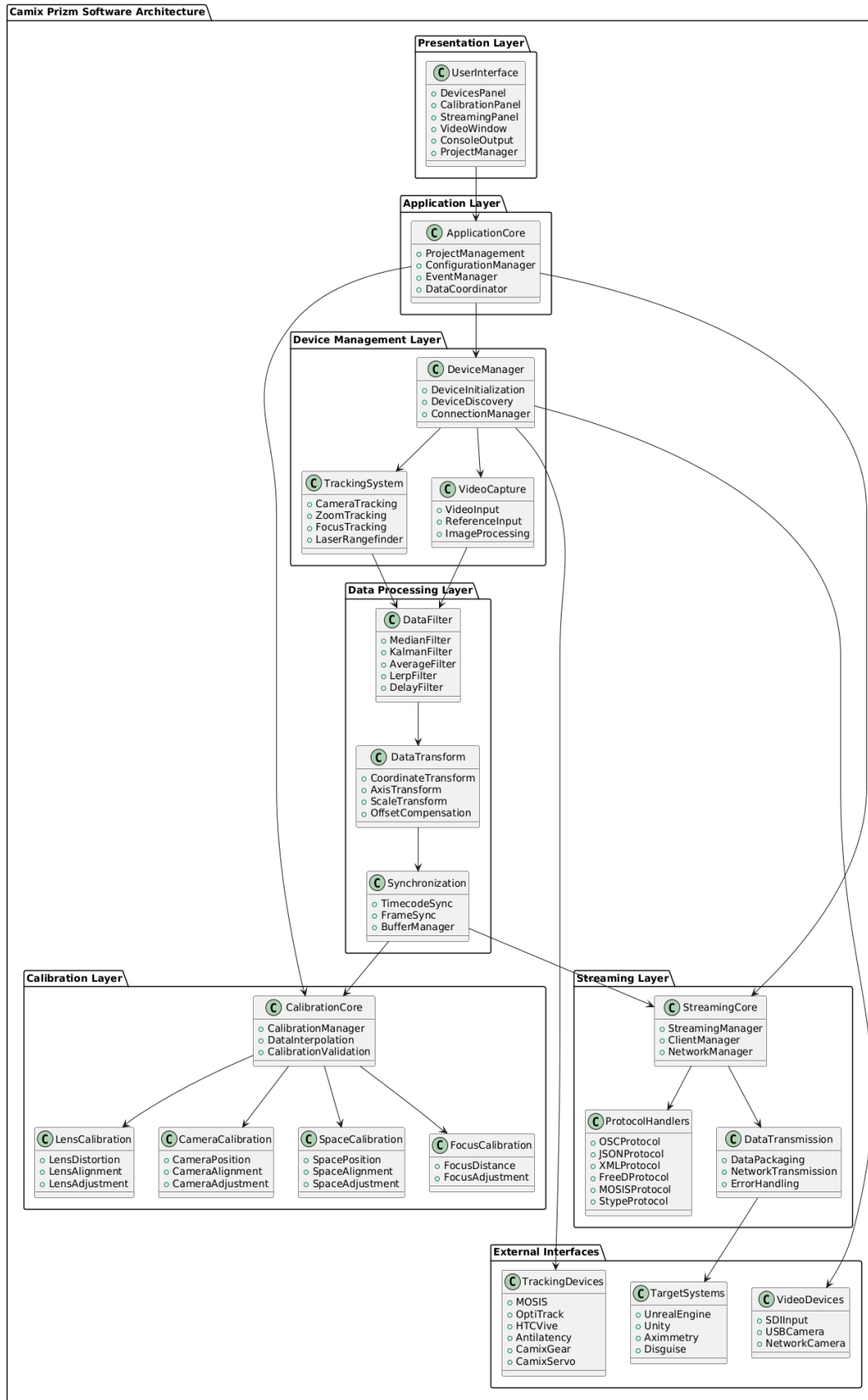


Рис. 2.1.1. - Архитектура программного обеспечения “Camix Prizm”

Интерфейс Camix Prizm разделен на несколько функциональных блоков, обеспечивающих полный контроль над процессом настройки, калибровки и трансляции данных виртуальной камеры.

Основные элементы интерфейса и, соответственно, функциональные модули включают:

- **Панель Устройства:** предназначена для подключения и настройки устройств, используемых для трекинга виртуальной камеры, включая управление окружениями устройств, настройку трекинга камеры, зума и фокуса, а также видеозахвата и входа опорного сигнала.
- **Панель Калибровка:** отвечает за все этапы калибровки, включая калибровку кривизны линзы, положения камеры, положения плоскости фокусировки и других параметров.
- **Панель Стриминг:** позволяет настраивать и управлять передачей данных виртуальной камеры в реальном времени на внешние системы рендеринга.
- **Панель Состояние устройств:** отображает текущее состояние всех подключенных устройств.
- **Окно видео захвата:** показывает видеосигнал с камеры в реальном времени.
- **Консоль вывода статусной информации:** предоставляет детальную информацию о текущем состоянии системы, включая системные сообщения, предупреждения и ошибки.

Эти модули обеспечивают последовательный процесс работы с системой, который включает подготовку оборудования, создание проекта, настройку устройств, калибровку системы, настройку стриминга и мониторинг.

## 2.2. Сбор потока данных от устройств

Функция позволяет получать данные о положении, ориентации, зуме и фокусе камеры от различных систем трекинга в режиме реального времени.

**Цель функции:** Сбор первичных данных от физических устройств для дальнейшей обработки, калибровки и использования в виртуальном производстве. Это обеспечивает основу для обновления положения виртуальной камеры и согласования реального и виртуального пространства.

**Типы поддерживаемых устройств и их настройка:** Camix Prizm позволяет подключать широкий спектр систем трекинга (положение, ориентация, зум, фокус) через USB или Ethernet. Поддерживаются следующие типы устройств трекинга:

**Устройство трекинга камеры:** MOSIS, HTC Vive (OpenVR), OptiTrack, Antilatency и др.. Настройки включают выбор устройства, трансформацию осей координат (позиция, поворот, масштаб), а также фильтрацию данных (Median Filter, Kalman Filter, Average Filter, Lerp Filter, Delay Filter) для сглаживания. Также возможно задавать смещения для системы трекинга (смещение устройства слежения, смещение пространства слежения, смещение лазерного дальномера).

**Устройство зума:** позволяет настраивать энкодеры Camix Gear, Camix Servo или другие FreeD-совместимые энкодеры. Настройки включают выбор устройства и

фильтрацию данных аналогично трекингу камеры, включая Clamp фильтр для задания диапазона значений энкодера.

**Устройство фокуса:** поддерживает энкодеры Camix Gear, Camix Servo, а также FreeD-совместимые энкодеры через UDP. Настройки аналогичны устройству зума.

**Устройство видеосигнала:** позволяет выбрать источник видеосигнала (физическую камеру или виртуальное устройство) и настроить формат видео, разрешение, частоту кадров, а также параметры цветокоррекции (яркость, контрастность, горизонтальный/вертикальный масштаб).

**Устройство синхронизации (Референс вход):** Настройка синхронизации различных компонентов системы, включая режимы буферизации данных (0 Frame Buffer, 2 Frame Buffer) для согласования разных частот кадров и использование таймкода из видеопотока для синхронизации данных трекинга. Также доступен фильтр задержки для оптимизации синхронизации.

### 2.3. Обогащение данных путем калибровки

Функция позволяет дополнять и уточнять полученные данные о положении и параметрах камеры путём выполнения ряда калибровочных процедур. Калибровка - это ключевой процесс, который согласует данные реальной камеры с виртуальной, обеспечивая точное соответствие между реальным и виртуальным пространством.

**Цель функции:** Преобразование и уточнение сырых данных от систем трекинга и камеры для обеспечения высокой точности позиционирования и отображения виртуальных объектов в реальной среде.

#### Основные этапы калибровки:

##### 1. Калибровка кривизны линзы:

- **Описание:** первый и критически важный этап, определяющий искажения, вносимые оптической системой камеры. Искривление линзы описывается параметрами радиальной дисторсии ( $K1$ ,  $K2$ ,  $K3$ ) и тангенциальной дисторсии ( $P1$ ,  $P2$ ), а также центром кривизны ( $Cx$ ,  $Cy$ ) и аспектами кривизны ( $Fx$ ,  $Fy$ ).
- **Процесс:** выполняется с помощью шахматного паттерна (рекомендуется  $32 \times 18$ ). Съёмка паттерна с разных ракурсов и настроек зума/фокуса, автоматическое обнаружение точек и вычисление коэффициентов дисторсии.
- **Результат:** сохранение коэффициентов дисторсии в файл калибровки. Качество калибровки оценивается по ошибке репроекции (менее 1 пикселя — отличный результат).
- **Интерполяция:** поддерживается выбор режима интерполяции (от зума, фокуса или от зума и фокуса) для применения искривления линзы.

##### 2. Калибровка положения камеры:

- **Описание:** Определение точного положения и ориентации виртуальной камеры относительно системы трекинга и настройка её угла обзора.
- **Процесс:** включает создание контрольных точек (минимум две на разных расстояниях), наведение камеры на эти точки, сохранение данных и вычисление смещения и угла обзора.

- **Camera Reposition:** используется для быстрой перекалибровки смещений при перемещении или замене устройства трекинга без полной калибровки.
- **Camera Alignment:** более точный автоматический процесс настройки положения камеры с применением подходов компьютерного зрения, использующий трекинговые точки.
- **Camera Adjustment:** Ручная донастройка параметров камеры после автоматической калибровки.

### 3. Калибровка положения плоскости фокусировки (Focus Distance):

- **Описание:** Определение положения фокальной плоскости камеры на разных расстояниях и при разных значениях зума для обеспечения резкости изображения и корректного расчета положения камеры.
- **Процесс:** Создание контрольных точек на различных расстояниях от камеры, ручная регулировка фокуса для каждой точки и занесение значений фокуса и расстояния в таблицу.
- **Focus Adjustment:** Ручная корректировка данных о фокусе после автоматической калибровки.

### 4. Калибровка дополнительных параметров (Space Position, Laser Rangefinder, Camera Tracking):

- **Space Position:** Синхронизация системы координат виртуальной камеры с реальным пространством съемочной площадки, включая установку начала координат (0,0,0) и выравнивание осей. Методы включают ручной ввод и автоматический ввод с использованием трех точек.
- **Space Reposition:** Инструмент для корректировки начальной точки отсчёта системы координат трекинга.
- **Space Alignment:** Инструмент для компенсации погрешностей системы трекинга путем автоматической корректировки с использованием паттерна из точек и цветового детектирования.
- **Space Adjustment:** Ручная тонкая настройка положения камеры в отдельных точках пространства после Space Alignment.
- **Laser Rangefinder:** Калибровка лазерного дальномера для обеспечения точного соответствия измеренных им координат с координатами в системе захвата движения.
- **Camera Tracking:** Компенсация систематических ошибок в данных системы трекинга путем перемещения точки отсчета системы трекинга в её геометрический центр.
- **Lens Alignment:** Уточнение геометрической модели объектива, минимизирующее искажения.
- **Lens Adjustment:** Ручная корректировка параметров геометрической модели линзы после автоматической калибровки Lens Alignment.

### 5. Управление файлами калибровки

Все полученные данные сохраняются в файл калибровки для последующего использования. ПО поддерживает создание новых файлов калибровки, резервное копирование и версионирование.

Проверка качества калибровки: Осуществляется визуальной и количественной оценкой, а также тестовыми сценариями.

Документирование процесса калибровки: Рекомендуется вести подробную документацию для обеспечения воспроизводимости результатов.

## 2.4. Маршрутизация данных виртуальной камеры (Стриминг данных)

Функция позволяет передавать параметры виртуальной камеры в режиме реального времени на внешние системы рендеринга или обработки.

Цель функции: синхронизация виртуальной камеры с реальной, обеспечение плавного движения виртуальных объектов и интеграция системы Camix Prizm с другими инструментами виртуального производства.

Параметры и настройки стриминга:

1. Начало и завершение стриминга: Осуществляется кнопками "Старт" и "Стоп" на вкладке "Стриминг". При запуске стриминга отключается вывод графики в интерфейсе для экономии ресурсов.

2. Настройки стриминг-клиентов: Возможность указать IP-адрес и порт для до трех отдельных клиентов. Поддерживается широковещательная рассылка, но она не рекомендуется в большинстве случаев.

3. Протоколы передачи данных: ПО поддерживает несколько протоколов для передачи данных:

- **OSC (Open Sound Control):** Универсальный, гибкий протокол, передающий широкий спектр параметров, включая кривизну линзы и угол обзора. Поддерживается большинством 3D-движков.
- **JSON (JavaScript Object Notation):** Стандартный, легко читаемый формат для отладки и интеграции с веб-технологиями.
- **XML (eXtensible Markup Language):** Расширяемый язык разметки, широко поддерживаемый.
- **FreeD:** Промышленный стандарт для передачи положения, ориентации и данных зума/фокуса (от 0 до 1). Не поддерживает передачу данных о кривизне линзы и угле обзора.
- **MOSIS:** Эмулируемый протокол с ограничениями по передаче данных о кривизне линзы.
- **Stype:** Эмулируемый протокол, аналогичный MOSIS.

4. Трансформация данных: позволяет изменять координаты и ориентацию виртуальной камеры перед отправкой данных для согласования систем координат различных программ. Включает пресеты для популярных движков (Unreal Engine, Unity, Aximmetry), ручную настройку осей координат и масштабирование (например, для перевода метров в сантиметры).

5. Идентификатор камеры: Присвоение уникального идентификатора для различения данных от нескольких камер.

6. Настройки камеры: Передача дополнительных параметров виртуальной камеры, таких как разрешение, размер матрицы, чувствительность (ISO), диафрагма, выдержка и количество лепестков диафрагмы.

7. Фильтрация и сглаживание данных: Для улучшения качества передаваемых данных предусмотрены **фильтры усреднения и линейной интерполяции**.

8. Обрезка Расширение (Стор Factor): Параметр, имитирующий изменение размера матрицы камеры, что влияет на угол обзора и другие параметры, автоматически пересчитывая их.

9. Быстрая корректировка положения камеры: Позволяет оперативно вносить небольшие изменения в положение виртуальной камеры без полной перекалибровки.

## **2.5. Отображение коммуникаций (Виртуальный контент)**

Функция обеспечивает возможность корректного отображения виртуальных объектов и фонов в цифровом канале (например, на видеопотоке), за счет передачи точных данных о виртуальной камере.

Цель функции: позволить 3D-движку создать виртуальную камеру, максимально точно эмулирующую реальную, для плавного и реалистичного наложения виртуального контента на реальное видео.

Механизм обеспечения:

- Визуализация в интерфейсе: ПО отображает видеосигнал с реальной камеры в окне видеозахвата, что позволяет оператору визуально контролировать изображение и убедиться, что все настройки камеры корректны и виртуальные объекты отображаются правильно.
- Использование калибровочных данных: Передаваемые данные включают угол обзора, кривизну оптики, фокусное расстояние и другие параметры, которые позволяют внешнему 3D-движку точно воспроизвести характеристики реальной камеры. Это критически важно для бесшовной интеграции виртуальных элементов в реальную сцену, создавая иллюзию единого пространства.
- Мониторинг: Панель состояний устройств трекинга и Консоль вывода статусной информации позволяют оперативно контролировать состояние подключенных устройств, данные трекинга и статус системы, что важно для поддержания стабильного и точного отображения виртуального контента.

## **3. Программно-аппаратные требования для установки и функционирования программного обеспечения «Camix Prizm»**

### **3.1. Требования к установленному программному обеспечению**

Для работы Camix Prizm необходимы предустановленные программные компоненты, которые требуются для функционирования самой программы и зависимых модулей.

#### **4. Режим функционирования программного обеспечения**

В основном режиме функционирования программное обеспечение «Camix Prizm» предполагает:

- Выполнение всех функций в полном объеме, за исключением периодов проведения профилактических и других работ, а также устранения возникших нештатных ситуаций.
- Беспереывную работу, что критически важно для использования в профессиональном производстве контента и синхронизации реальных и виртуальных камер для создания качественного контента.

При запуске приложение автоматически определяет своё окружение и инициализирует окружения подключенных устройств, используемых для трекинга виртуальной камеры. Если устройство было подключено после запуска приложения, потребуется переинициализировать его окружение с помощью кнопки "Инициализация" на панели Устройства. Пользователям рекомендуется регулярная калибровка, проверка данных, использование консоли для мониторинга и сохранение проектов для обеспечения эффективной и стабильной работы.