

МНОГОПОТОЧНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ВИЗУАЛЬНОЙ ЛОКАЛИЗАЦИИ БПЛА НА ОСНОВЕ ИЗВЕСТНОЙ 3D МОДЕЛИ ОКРУЖЕНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ CUDA

к.т.н., доц. Буйвал А. К.

асп., Гавриленков М.А.

Брянский Государственный Технический Университет

Визуальная локализация

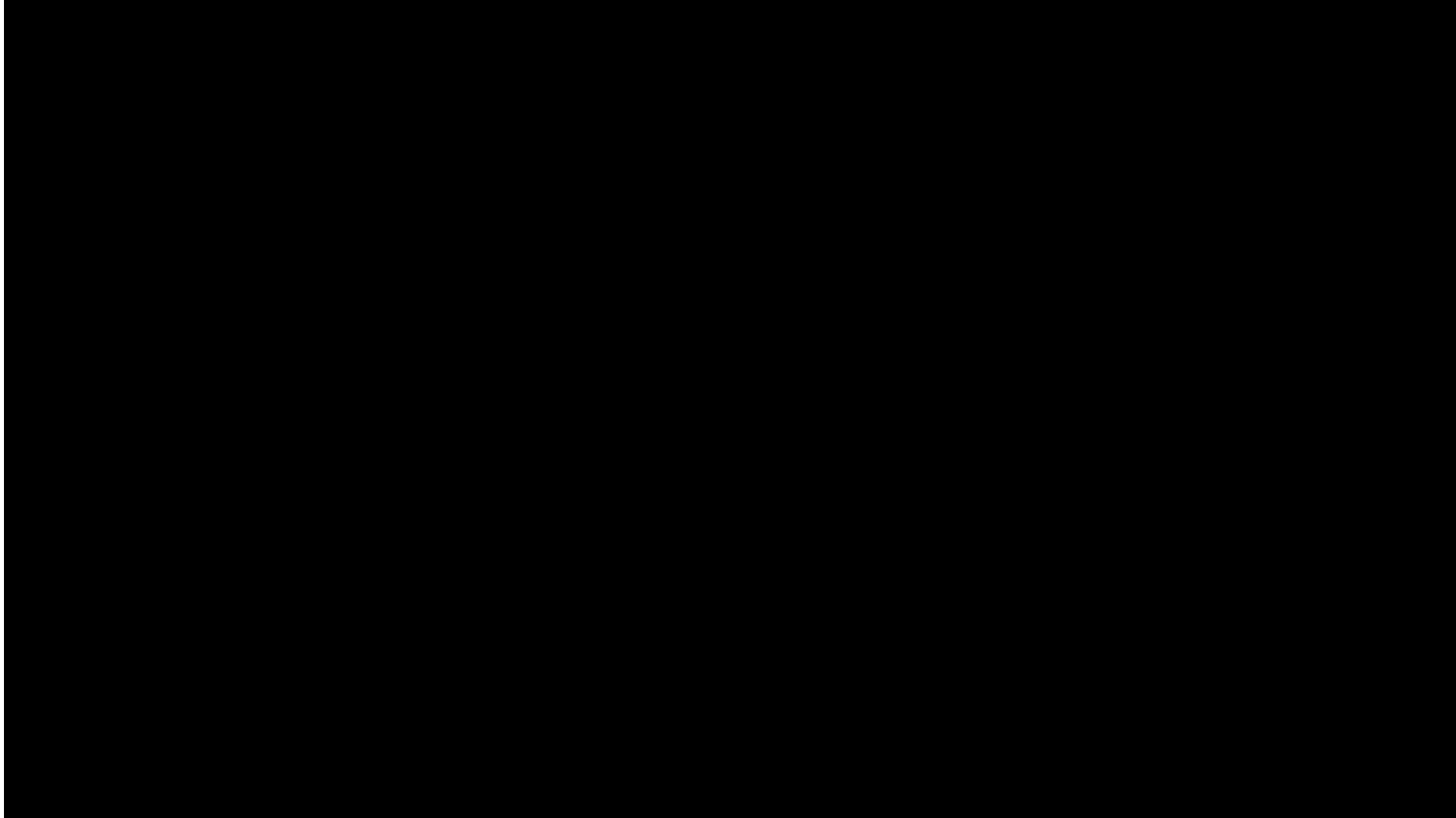


Локализация по маркерам

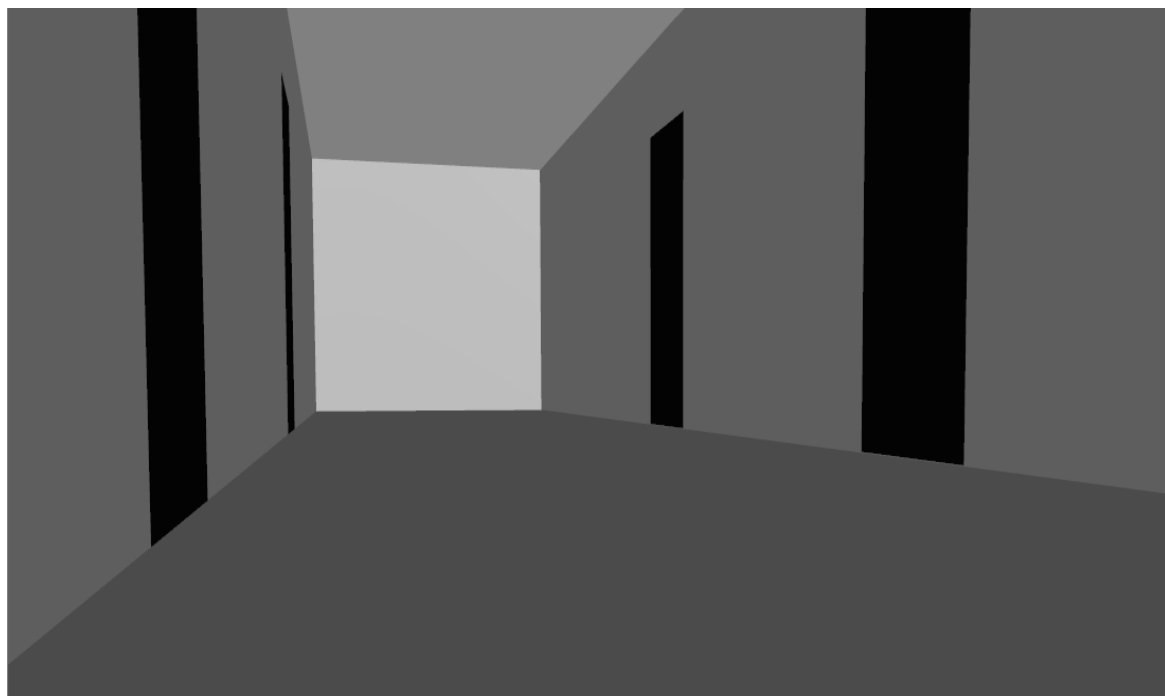


Локализация по имеющимся характерным элементам в окружающей среде

Полет квадрокоптера, использующего внешние сообщения о локализации



Оценка близости двух изображений



Модель



Изображение с камеры

Методы оценки близости изображений

- **По совпадающим пикселям граней (Метод Klein и Murray)**

$$W_t^{(n)} = p(y_t \mid x_t^{(n)}) \propto \exp\left(k \frac{a}{v}\right),$$

где a – количество выравненных краев,

v – общее количество видимых краев,

k – const для определения функции наблюдения.

- **По совпадающим пикселям каждой грани отдельно**

$$W_t^{(n)} = p(y_t \mid x_t^{(n)}) \propto \exp\left(k \frac{a}{v} + \lambda \frac{\sum_{j=0}^m a_j / v_j}{m}\right),$$

где m – число краев.

- **Метод ближайшего грани**

Метод ближайшей грани

- Оценка длины нормали в общем весе прямой по формуле

$$g(d) = \exp\left(-\frac{d^2}{2\sigma^2}\right)$$

d – длина нормали, σ – параметр определяющий вес нормали в зависимости от длины нормали.

- Для каждой прямой вычисляется общий вес формуле

$$l = \frac{\sum_{i=0}^S g(d_i)}{S}$$

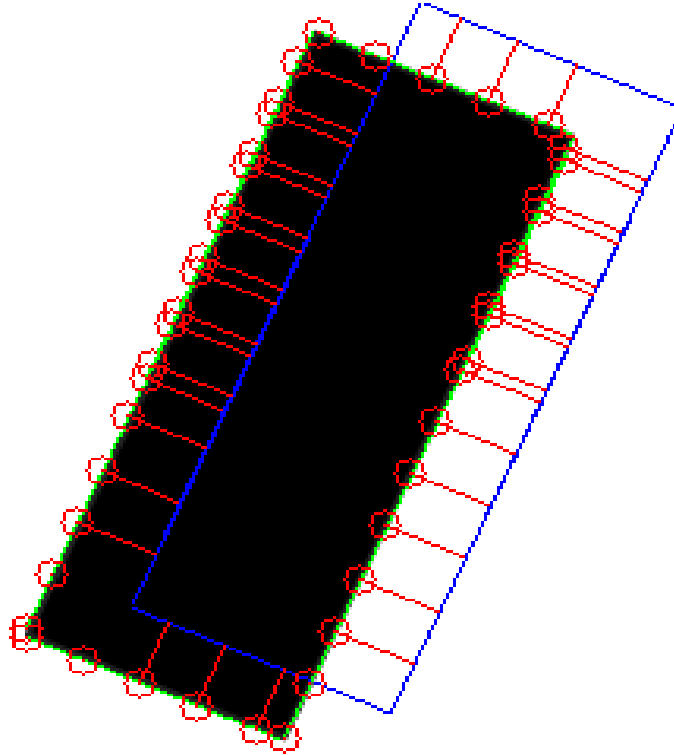
S – общее количество прямых в смоделированном изображении.

- Вычисляется итоговая вероятность гипотезы по формуле

$$W = \alpha \cdot \exp\left(k \frac{\sum_{n=0}^m l_n}{m}\right)$$

m – количество прямых, α, k – параметры учета веса прямых в итоговом результате.

Метод ближайшей грани. Пример



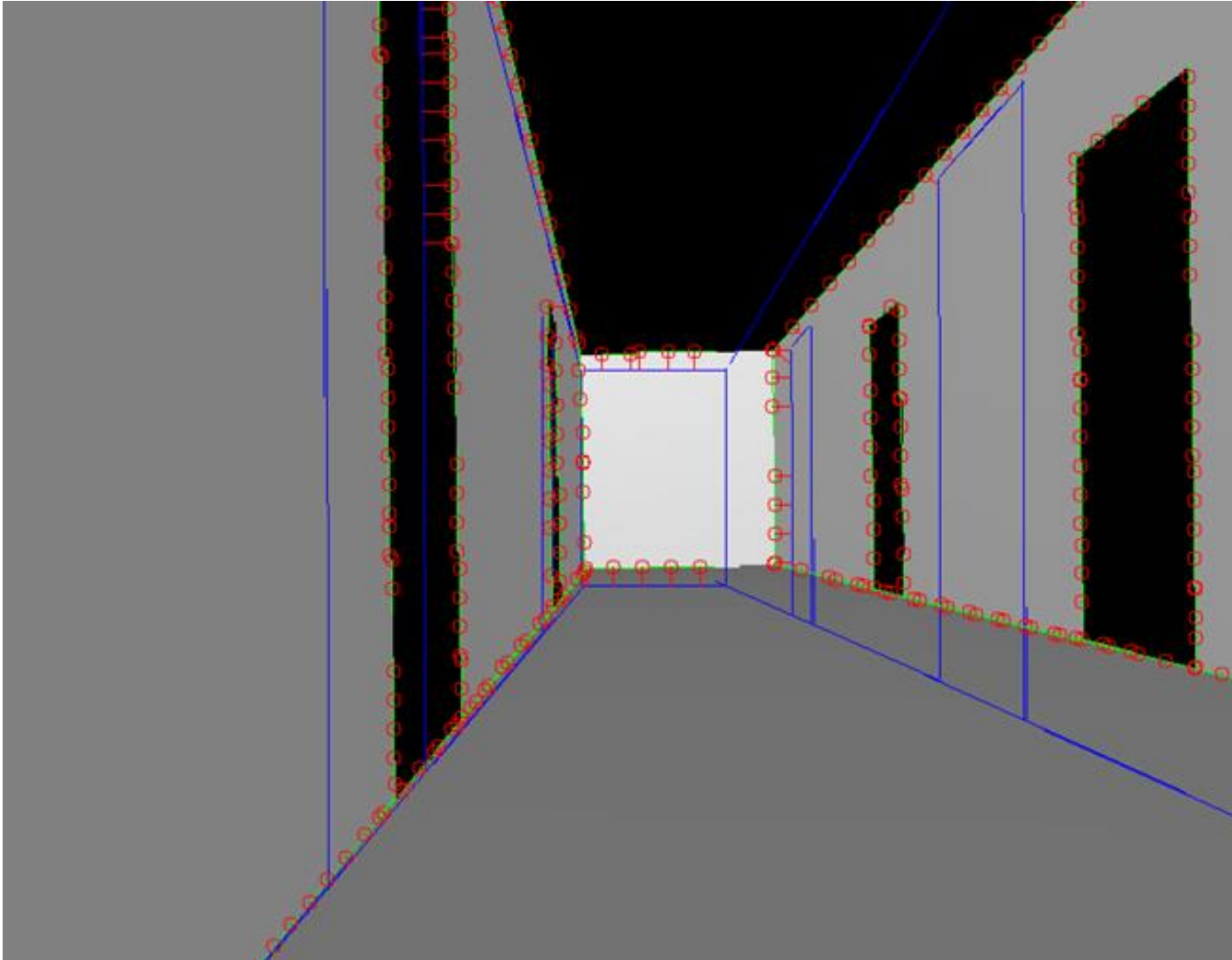
Зеленым цветом -
границы, найденный на
смоделированном изображении

Красные окружности –
точки для формирования нормалей

Синим цветом –
Прямые с изображения с камеры

Красные отрезки –
Нормали, не превышающие
Максимальной длины

Метод ближайшей грани. Пример 2.



Зеленым цветом -
границы, найденный на
смоделированном изображении

Красные окружности –
точки для формирования нормалей

Синим цветом –
Прямые с изображения с камеры

Красные отрезки –
Нормали, не превышающие
Максимальной длины

Particle filter

- Каждая частица – гипотеза о местоположении робота, со следующим вектор состояния:

$$X_t = (x_t, y_t, z_t, \alpha_t, \beta_t, \gamma_t)^T \in R^6$$

- Модель предсказания:

$$X_{t+\Delta t} = X_t + \Delta t (\dot{x}_t, \dot{y}_t, 0, 0, 0, 0)^T$$

- Измерительная функция: близость граней реального изображения и сгенерированного

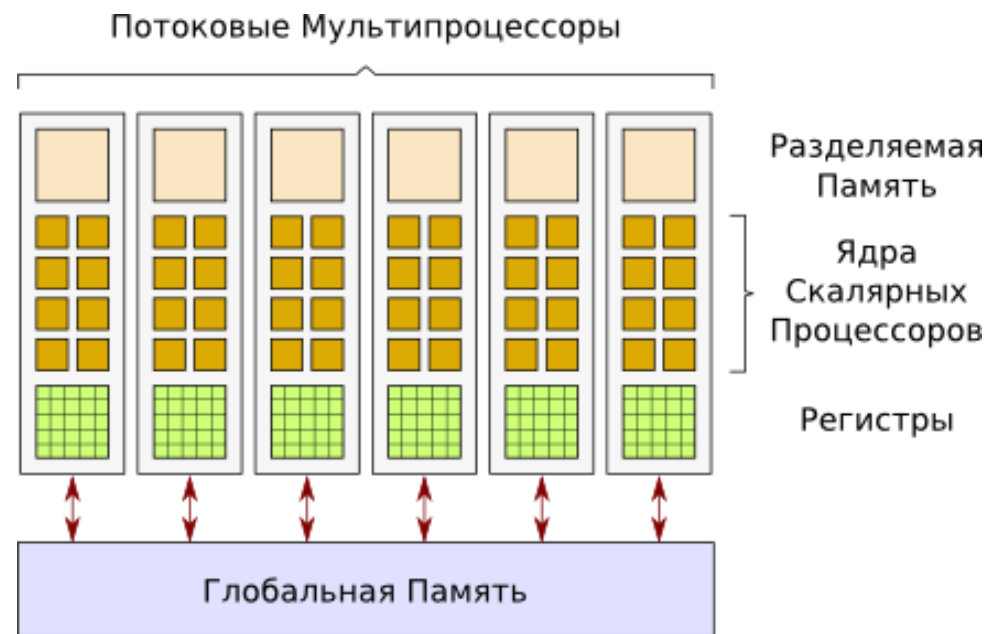
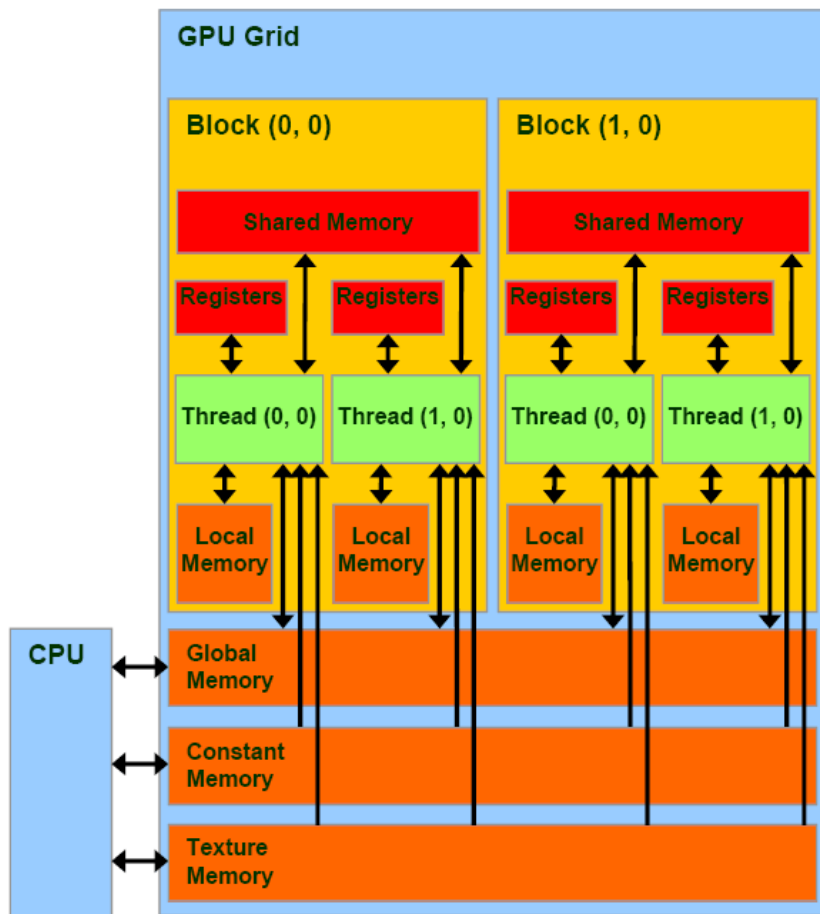
Основные проблемы производительности

- Время выполнения алгоритма
- Ограничение по размерам и массе компьютера на борту БПЛА
- Потребность в синхронизации реального положения БПЛА в пространстве с его вычисляемыми модельными координатами

Параллельные элементы алгоритма

- Вес каждой частицы можно рассчитывать независимо от других
- Рендеринг каждой частицы можно произвести параллельно.
- Каждый рендеринг содержит набор прямых вес каждой из которых можно посчитать параллельно.
- Каждая прямая содержит набор точек, вклад которых в общей вес можно рассчитать параллельно.

Архитектура CUDA



SimpleScreenRecorder

tum_drone GUI

Send Commands

Node Communication Status
 Drone Navdata: 0 Hz
 Drone Control: 5 Hz
 Pose Estimates: 0 Hz
 Joy Input: 0 Hz
 Pings (RTT): 999 (500B), 999 (20kB)
 Motors: -

Autopilot Status:
 Idle (Queue: 0)
 Current: NULL
 Next: NULL
 Target: (0.00, 0.00, 0.00), 0.0
 Error: (0.00, 0.00, 0.00), 0.0 (|,| 0.00)
 Cont.: r 0.00, p 0.00, g 0.00, y 0.00

Stateestimation Status:

Control Source:
 Keyboard Joystick
 Autopilot None
 Use Onboard Hovering
 Ping Drone (every 1s)

Load File:

Clear and Send Clear Send Reset

Land Takeoff Emergency Toggle Cam FlatTrim

Messages
 Autopilot: Stop Controlling
 sent: Takeoff
 sent: LAND

Запись

Начать запись

Включить горячие клавиши Включить звуковое оповещение

Горячая клавиша: Ctrl + Shift + Alt + Super + R

Информация

Всего прошло: 0:00:00
 FPS (вход): 0.00
 FPS (выход): 0.00
 Размер (вход): 1920x1080
 Размер (выход): ?
 Имя файла: 1.mkv
 Размер файла: 0 B
 Битрейт: 0 bps

Предпросмотр

Битрейт предпросмотра: 10

Примечание: Предпросмотр создаст дополнительную нагрузку на процессор (особенно при высоком битрейте).

Начать предпросмотр

Журнал

[PageRecord::StartPage] Запускаю...
 [PageRecord::StartPage] Запущено.

Time
 ROS Time: 131.47

Reset

Отменить запись Сохранить запись

Steps: 1 Real Time Factor: 0.90 Sim Time: 00 00:02:1

Сравнение производительности (200 частиц)

| Номер опыта | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CPU time, мс | 123,60 | 102,83 | 150,12 | 131,84 | 146,74 | 113,83 | 163,70 |
| GPU time, мс | 7,39 | 6,54 | 8,44 | 7,45 | 8,46 | 7,03 | 8,28 |
| CPU/GPU, раз | 16,7 | 15,7 | 17,7 | 17,6 | 17,3 | 16,1 | 19,7 |