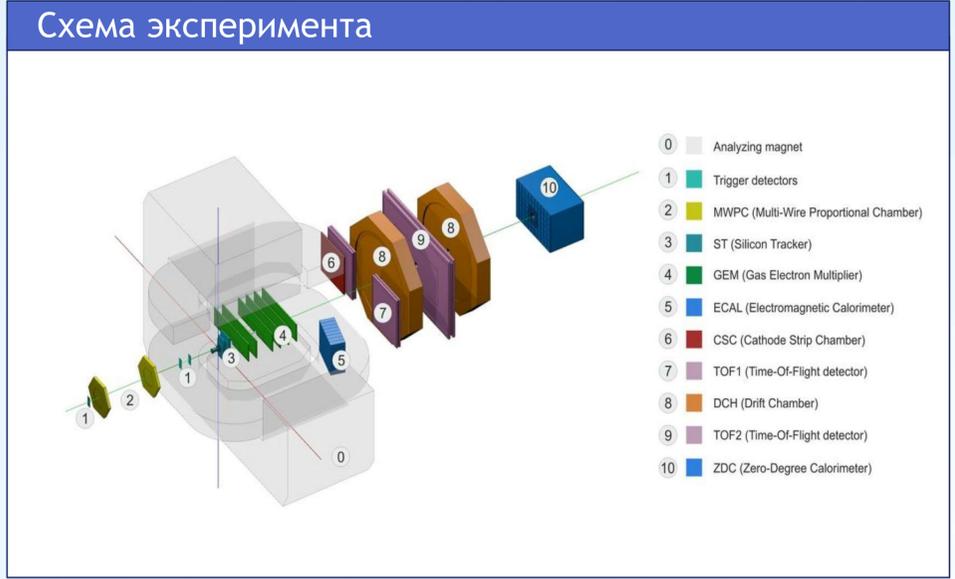


Высокопроизводительная оптимизация алгоритмов симуляции и реконструкции событий в эксперименте VM@N проекта NICA

¹ Объединенный институт ядерных исследований, Дубна ² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург



Анализ производительности

Цель: оптимизация фреймворка BmnRoot для ускорения его работы.

Использовалось:

- ручная вставка стандартных таймеров в исходных кодах модулей BmnRoot;
- GooglePerformanceTools для автоматической локализации узких мест;
- динамический анализ модулей BmnRoot инструментами Intel VTune Amplifier.

Результаты всех трех подходов согласуются. В Таб.1 и Таб.2 представлены данные первых «горячих точек» программы, полученные с помощью Intel VTune Amplifier.

Таблица 1. Модуль реконструкции

Функция	Время,с
BmnCellAutoTracking::CellsConnection	239.3
inflate	48.2
BmnKalmanFilter::RK4Order	22.1
BmnNewFieldMap::FieldInterpolate	16.6
BmnNewFieldMap::IsInside	12.0
BmnKalmanFilter::TransportC	10.1

Таблица 2. Модуль симуляции

Функция	Время,с
sinCos	399.4
Trandom::Gaus	368.9
DeadZoneOfStripLayer::IsInside	365.2
TRandom3::Rndm	231.6
deflate	167.3
BmnGemStripModule::AddRealPointFull	120.8
BmnGemStripLayer::ConvertPointToStrP	97.7

Тестирование оптимизации уровня -O2 и -O3, векторизации, автопараллелизации циклов, оптимизации по профилю и др. не дало никакого значимого эффекта, что является следствием структуры исходного кода.

Заметное улучшение получено от OpenMP-распараллеливания:

- в модуле реконструкции - для функции CellsConnection (с модификацией алгоритма);
- в модуле симуляции - для функции BmnGemStripDigitizer::ProcessMCPoints().

Ускорение модулей

Ускорение реконструкции для 10000 событий экспериментальных данных
 Тест выполнен на виртуальном узле Intel Xeon CPU E5-2650 v3 @ 2.30 GHz chips (24 cores), 128 GB of RAM, 4 x GK110BGL, OS Debian 10.2. Резкий спад после 24 потоков, т.к. нет гипертренинга.

Ускорение для моделирования(симуляции). Генератор DGSM, 1000 событий.
 Тест выполнен на IntelXeonE-2136 @ 4.5GHzTurbo (6 cores with HT). RAM: 32 Gigabytes. OS: Ubuntu. Спад после 6 потоков так же есть, но менее резкий.

Масштабируемость

На графике представлена зависимость ускорения от числа потоков для разного числа событий, полученная для распараллеленной версии модуля реконструкции. Тест выполнен на IntelXeonE-2136 @ 4.5GHzTurbo (6 cores with HT). RAM: 32 Gigabytes. OS: Ubuntu.

Заключение

- Выполнен анализ пакета BmnRoot с точки зрения оптимизации производительности.
- Локализованы узкие места для модулей моделирования и реконструкции программного пакета BmnRoot.
- Выполнено частичное распараллеливание этих модулей.
- Исследована масштабируемость распараллеленной версии.
- Дальнейшее улучшение оптимизированных модулей BmnRoot требует более глубокой модификации, включая пересмотр используемых алгоритмов.