

# Эффективное параллельное моделирование зависимых симуляционных объектов

Голованов Сергей Александрович  
научный руководитель: Лесин В. М.

СПб АУ НОЦНТ РАН

13 июня 2017 г.

- Для обучения авиадиспетчеров применяются тренажерные системы (ТС)
- ТС позволяют не только воспроизводить упражнения, но и разрабатывать их
- Одними из важных инструментов разработки упражнения являются интерактивное редактирование и перемотка

## Система объектов:

- Является дискретно-событийной системой
- Может содержать до 1000 объектов
- Объекты могут добавляться или удаляться
- Состояния объектов взаимозависимы
- Разрешение конфликтов однопоточно
- Время обновления объекта порядка единиц микросекунд и имеет редкие выбросы

Вычисление модели происходит при:

- воспроизведении упражнения
- перемотке упражнения вперед
- частичном перерасчете модели

Однопоточная реализация вычислений в модели не обеспечивает желаемой производительности.

**Цель:** разработать технологическое решение параллельного моделирования рассматриваемой системы объектов с учетом возможности его работы в различных режимах вычислений.

## **Задачи:**

- Проанализировать существующие подходы к параллельному моделированию подобных систем
- Разработать схему параллельного моделирования
- Реализовать прототип и протестировать его производительность

Имеются библиотеки C++, предоставляющие инструментарий для описания дискретно-событийных систем и их параллельного (не распределенного) моделирования:

- ROOT-Sim
- WARPED
- minissf

Все они реализуют оптимистичную стратегию синхронизации.

- Консервативная синхронизация
  - + Не имеет больших накладных расходов
  - Не всегда может задействовать все доступные ресурсы процессора
- Оптимистичная синхронизация
  - + Может задействовать все доступные ресурсы процессора
  - Имеет относительно большие накладные расходы
  - Возможен лавинный откат системы

Выбранная стратегия - смешанная синхронизация

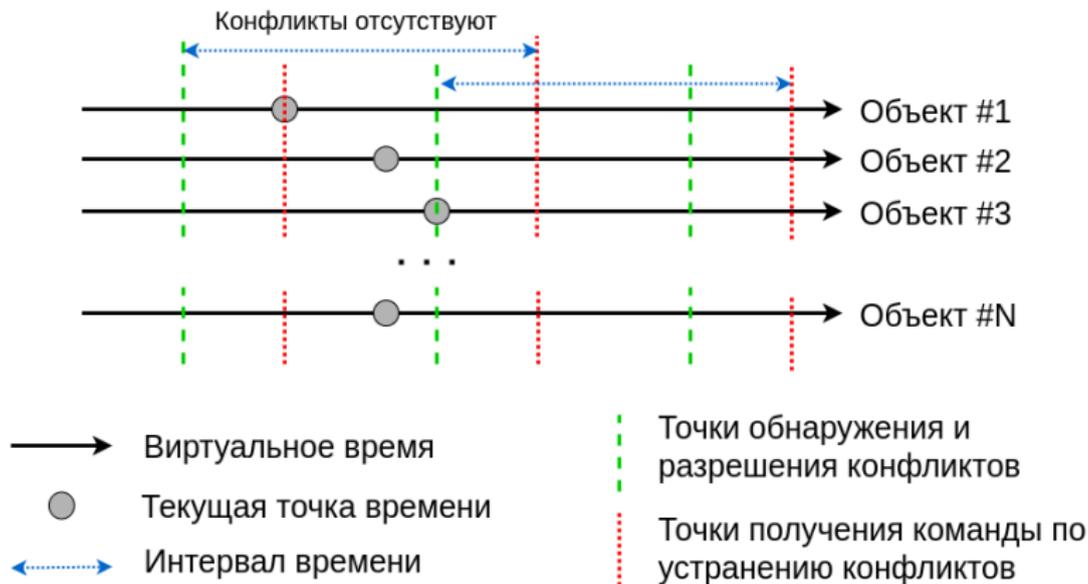
- Консервативная синхронизация с добавлением оптимистичности (спекулятивные вычисления)

- Work-stealing пул потоков
  - + Эффективно распределяет нагрузку между потоками
  - Не позволяет разрешать зависимости между задачами
- Job system
  - + Эффективно распределяет нагрузку между потоками
  - + Позволяет разрешать зависимости между задачами
  - Разрешение зависимостей вызывает дополнительные накладные расходы

Выбранная стратегия - свое решение

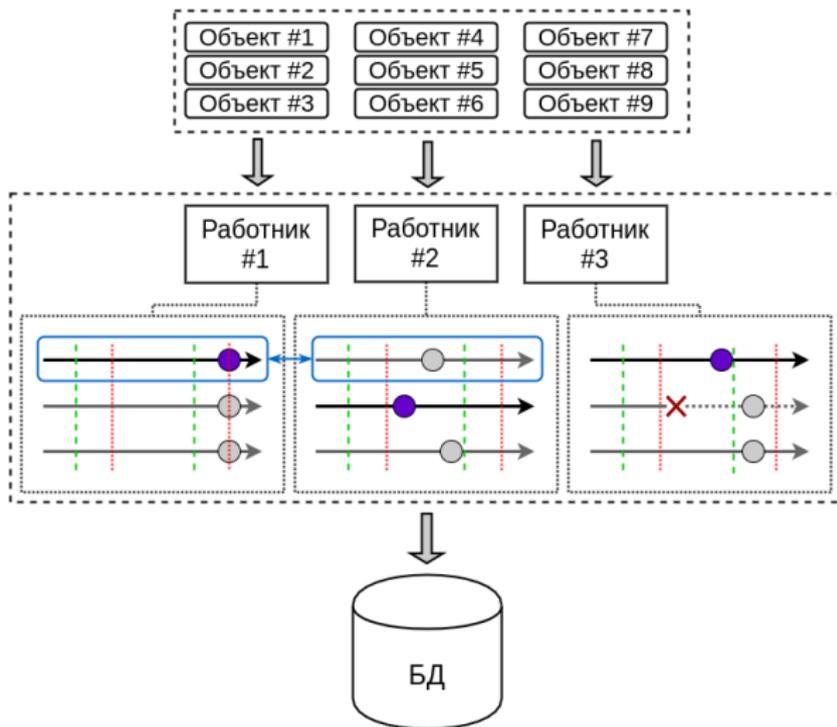
- Балансировка нагрузки на уровне объектов

# Синхронизация объектов



Обновления объектов ограничены концом текущего интервала. Текущий интервал - интервал, в котором находятся все объекты.

# Схема вычислений



Обмен объектами



Удаление объекта

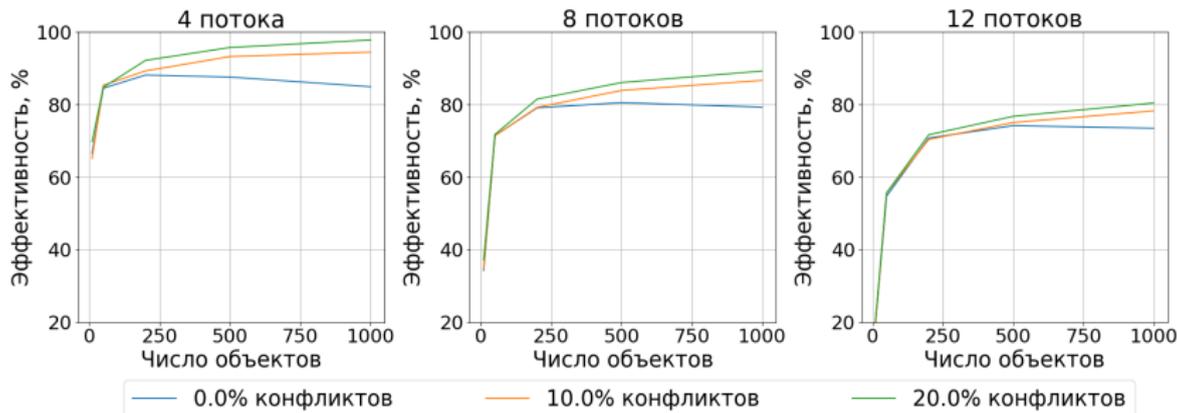


Минимальное время в очереди

- Прототип с упрощенной моделью объектов
- Симуляция наиболее важных операций
- Ускорение основано на медианах из 50 запусков

Моделирование 5000 временных шагов:

- Intel Xeon E5-2695 v2 (12 ядер):



Разработано технологическое решение параллельного моделирования зависимых симуляционных объектов:

- Схема параллельного моделирования
  - Смешанная стратегия синхронизации
  - Балансировка нагрузки на уровне объектов
- Прототип с упрощенной моделью
  - Протестирована производительность
  - Проанализировано влияние параметров
- Достигнута эффективность 73-98% на максимальном количестве объектов

В настоящий момент проводятся работы по переносу решения в тренажерную систему SimLabs.

Спасибо за внимание!