



Санкт-Петербургский государственный университет

Кафедра системного программирования

Разработка транслятора модельного функционального языка в Interaction Nets

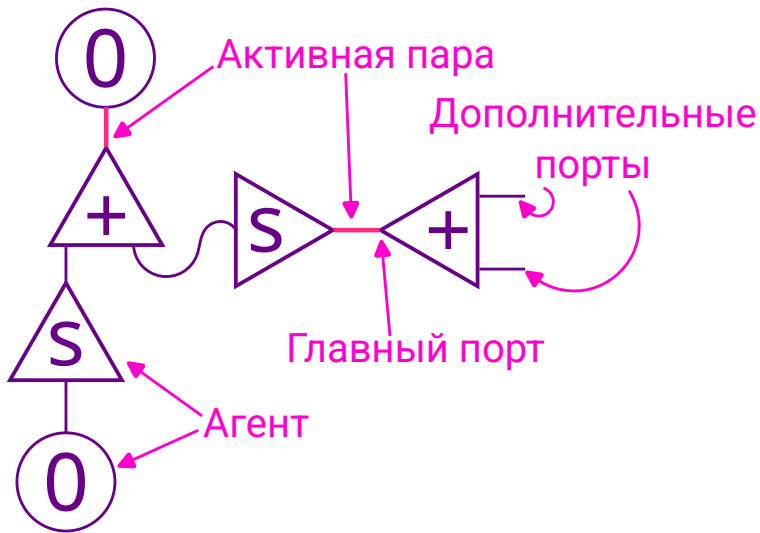
Пономарев Николай Алексеевич, группа 21.Б10-мм

Научный руководитель: доцент кафедры системного программирования, к. ф.-м. н., Григорьев С. В.

Санкт-Петербург
2025

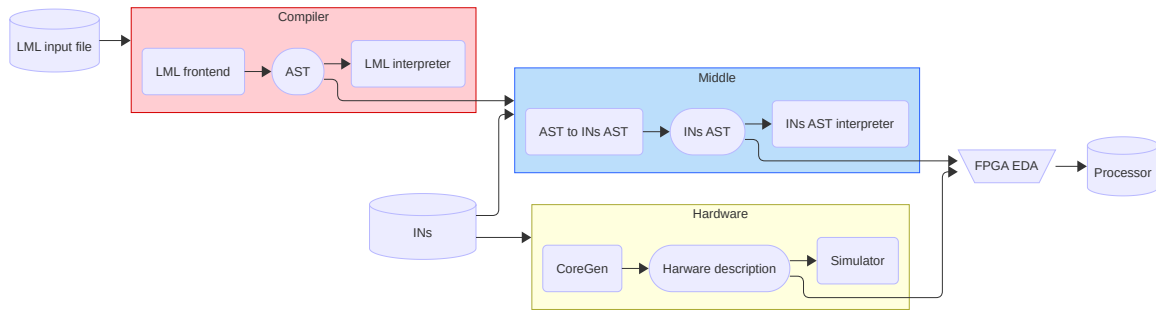
- Задачи искусственного интеллекта и анализа графов естественным образом выражаются в терминах разреженной линейной алгебры
- Разреженная линейная алгебра влечёт за собой нерегулярный параллелизм \implies требуются специализированные ускорители
- Interaction Nets — модель вычислений, допускающая параметризацию и в которой легко достигается параллелизм
- Существуют программные реализации Interaction Nets, однако попыток реализовать ускоритель на её основе пока не предпринималось

Interaction Nets



Проект Lamagraph исследует возможности по разработке

- параметризуемого многоядерного сопроцессора для разреженной линейной алгебры на основе Interaction Nets
- ML-подобного функционального языка для программирования сопроцессора



Требования к проекту

К проекту выдвинуты следующие требования

- Параметризация всех компонентов типами агентов сети и правилами их редукции
- Возможность сбора статистики
- Возможность постановки сравнительных экспериментов
- Использование единого стека технологий — гомогенность
- Получение полнофункционального прототипа, содержащего все компоненты, важнее, чем детальная проработка какого-то отдельного компонента
- Расширяемость и модифицируемость

Постановка задачи

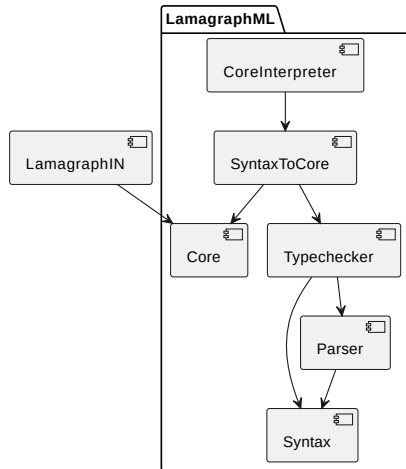
Целью работы является разработка транслятора модельного функционального языка в Interaction Nets

Задачи:

- ❶ Реализовать интерпретатор модельного ML-подобного языка
 - ❶ Конкретный синтаксис языка
 - ❷ AST и синтаксический анализатор
 - ❸ Алгоритм вывода типов
 - ❹ Рассахаривание в обогащенное λ -исчисление
 - ❺ Интерпретатор обогащенного λ -исчисления
- ❷ Реализовать транслятор из обогащенного λ -исчисления в Interaction Nets
- ❸ Реализовать интерпретатор Interaction Nets
- ❹ Провести эксперименты с наборами инструкций

Архитектура транслятора

- Транслятор реализован на Haskell
- Синтаксис основан на OCaml; для представления AST используется Trees That Grow
- Парсер реализован с помощью связки Alex и Happy с применением property-based тестов
- Используется система типов Хиндли-Милнера
- Для упрощения дальнейших преобразований используется промежуточное представление — обогащенное λ -исчисление
- Для всех компонент применяются golden тесты



План экспериментов

- Существует не один способ трансляции λ -исчисления в Interaction Nets
- Планируется измерять для разных наборов агентов и правил редукции следующие метрики:
 - размер программы в терминах количества агентов
 - количество редукций
- Поскольку Interaction Nets допускает параллельность также важны метрики:
 - максимальное количество одновременных (параллельных) редукций
 - количество шагов до достижения нормальной формы при неограниченном количестве параллельных редукций
- Эксперименты планируются на операциях линейной алгебры, например умножении разреженных матриц в формате дерева квадрантов

В рамках производственной практики были достигнуты следующие результаты¹

- ① Реализована часть интерпретатора модельного ML-подобного языка
 - ① Конкретный синтаксис языка
 - ② AST и синтаксический анализатор
 - ③ Алгоритм вывода типов
 - ④ Рассахаривание в обогащенное λ -исчисление

¹Исходный код находится в репозитории: <https://github.com/Lamagraph/interaction-nets-in-fpga>
Имя коммитера: WoWaster