

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет вычислительной математики и кибернетики
Кафедра суперкомпьютеров и квантовой информатики

Международная конференция
«Суперкомпьютерные дни в России»

Нейросетевой метод решения задачи мэппинга параллельных приложений

к.ф.-м.н., доцент
Н.Н. Попова
магистр
М.В. Козлов
магистр
М.В. Шубин

Москва, 2019

Цель и актуальность

Цель:

Поиск способов оптимизации параллельных приложений

Способы повышения эффективности приложений:

- Статический анализ (исходный код)
- Динамический анализ (трасса программы, профиль, ...)
 - Мэппинг приложений

Постановка задачи мэппинга

Дано:

Граф параллельного приложения $G(V, E)$.

Граф вычислительной системы $H(V, E)$.

Найти:

Отображение $T: V(G) \rightarrow V(H)$

Критерий:

$$\min \sum_{i,j} d(T(i), T(j)) * w(i, j), \quad i, j \in V(G)$$

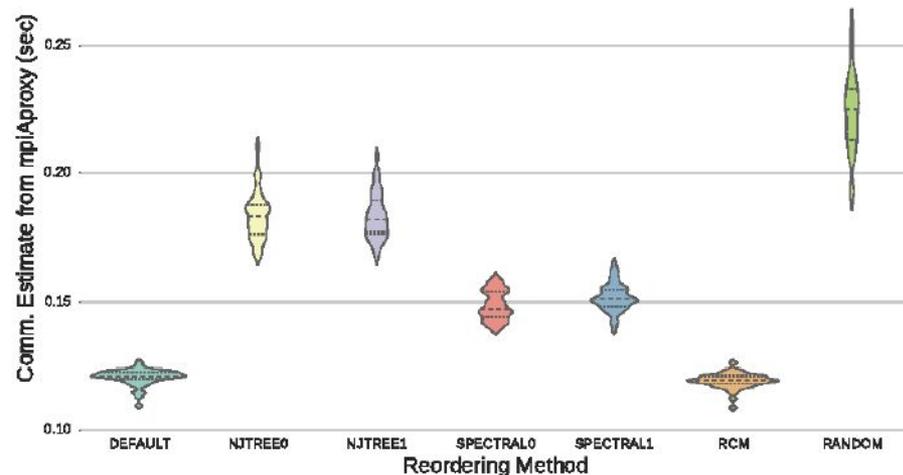
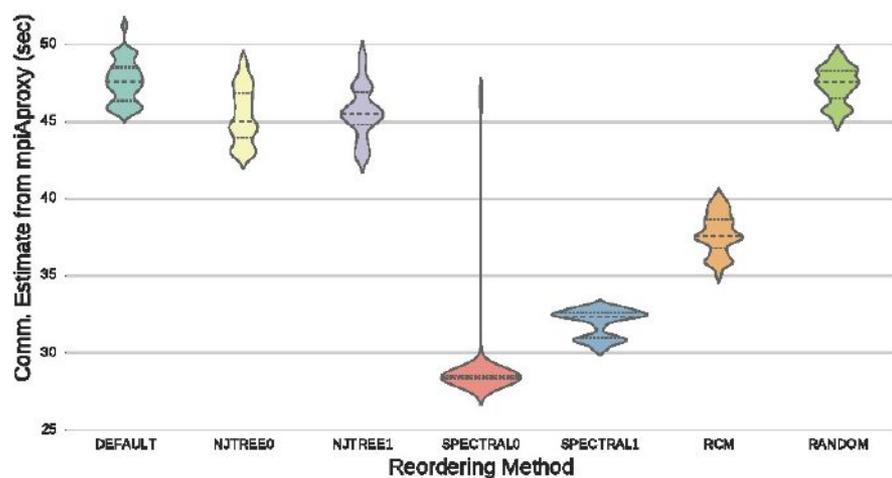
$w(i, j)$ — функция, возвращающая вес ребра (i, j)

$d(i, j)$ — функция, возвращающая кратчайшее расстояние между вершинами $(i$ и $j)$

Задача мэппинга активно исследуется

- Hoefler, T., Snir, M. Generic topology mapping strategies for large-scale parallel architectures
- Jingjin Wu, Xuanxing Xiong, Zhiling Lan. Hierarchical task mapping for parallel applications on supercomputers
- Hoefler, T., Jeannot, E., Mercier, G. An overview of topology mapping algorithms and techniques in high-performance computing

Время работы программы для различных алгоритмов мэппинга



Sreepathi, S., D'Azevedo, E., Philip, B., & Worley, P. (2016). *Communication Characterization and Optimization of Applications Using Topology-Aware Task Mapping on Large Supercomputers (Data)* [Data set]. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.45623>

Подход к решению задачи мэппинга

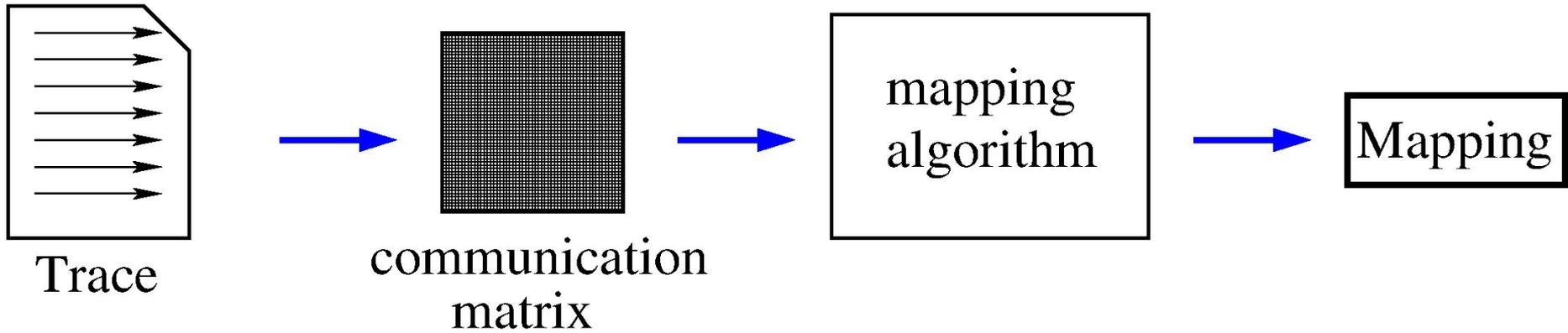
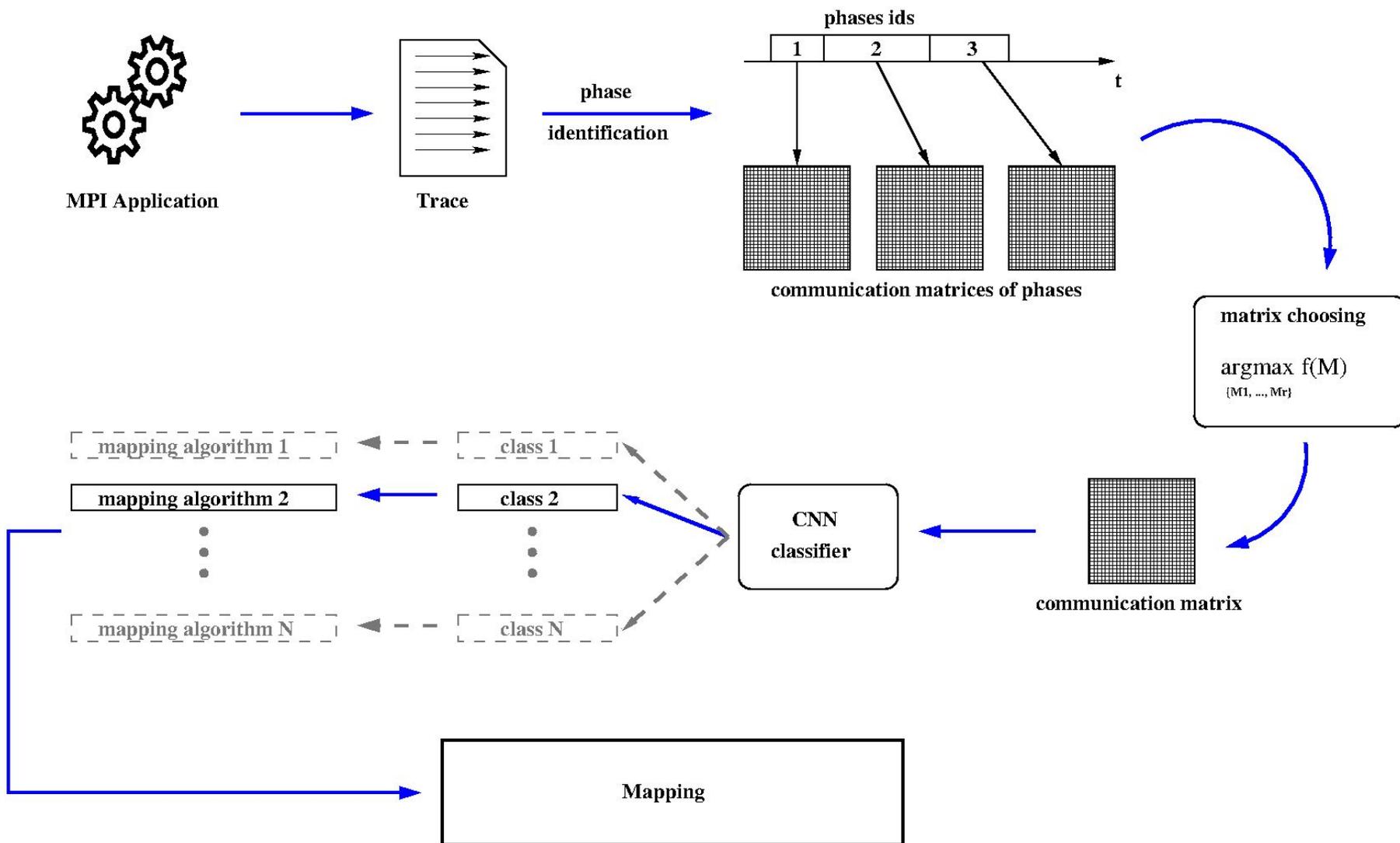


Схема предлагаемого подхода



Трасса параллельной программы

Совокупность трасс процессов:

$$T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$$

Трасса процесса — последовательность коммуникационных событий

$$T_i = \{s_0^i, s_1^i, \dots, s_{m_i}^i\}$$

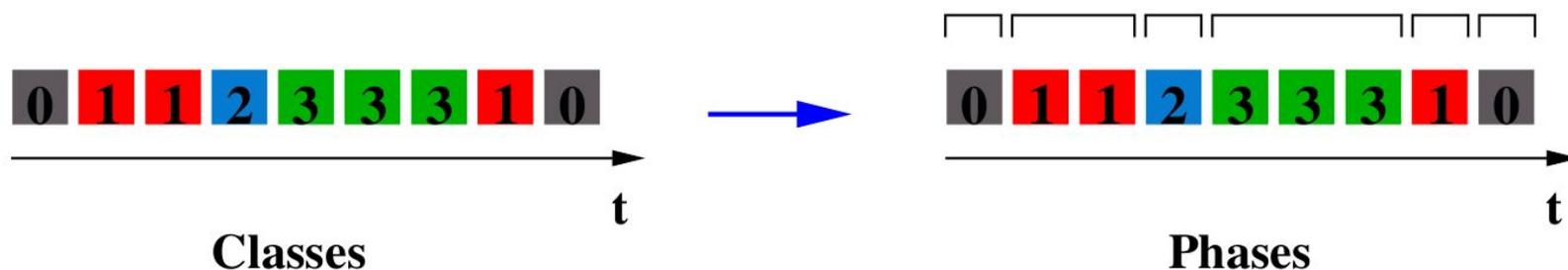
В качестве коммуникационных событий в работе рассматриваются следующие MPI-вызовы:

- MPI_Send
- MPI_Isend
- MPI_Sendrecv

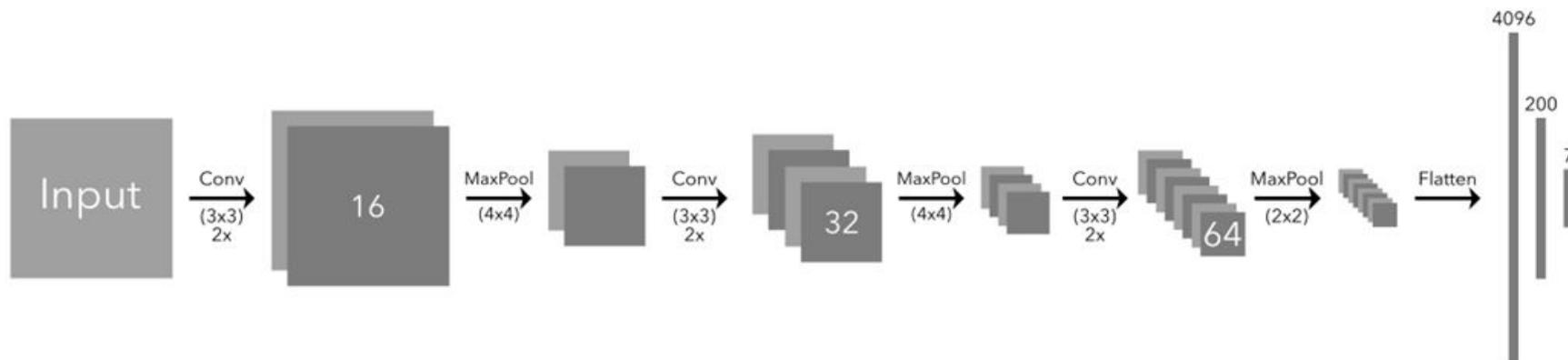
Выделение фаз

Рассматриваем коммуникационные матрицы, как изображения

- Построение последовательности коммуникационных матриц (разбиение трассы)
- Приведение матриц к стандартному виду (сжатие)
- Выделение признаков (с использованием вейвлет-преобразования)
- Классификация признаков (на основе методов кластеризации)
- Выделение интервалов (фаз) в соответствии с полученными классами

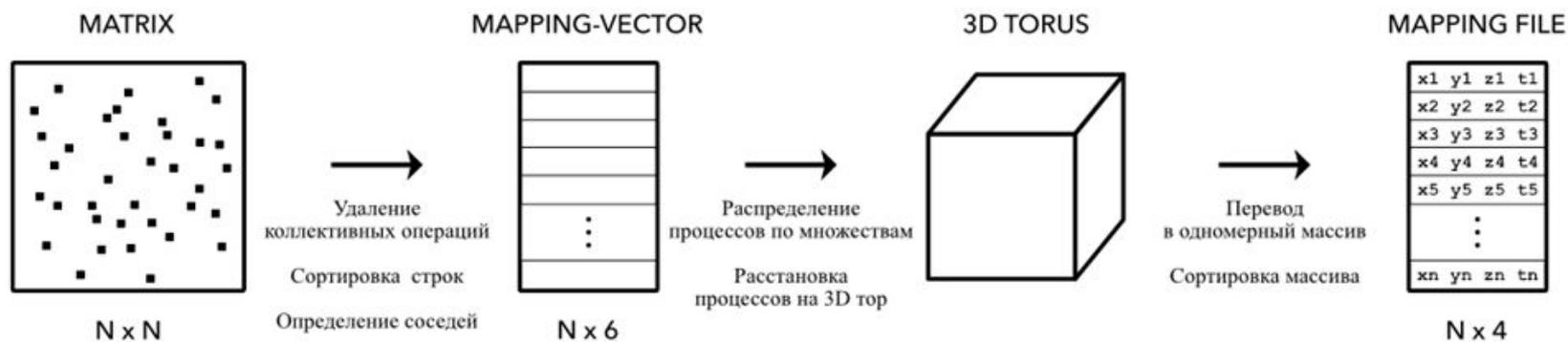


Предлагаемый нейросетевой подход



Классификация параллельных приложений по коммуникационной матрице

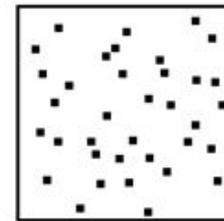
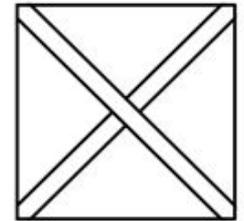
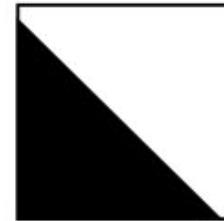
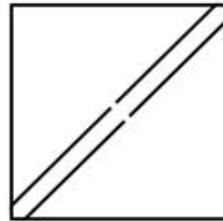
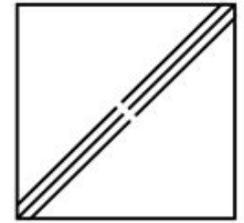
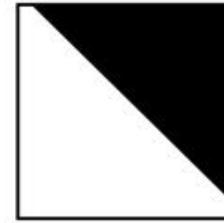
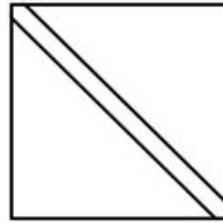
Предлагаемый алгоритм мэппинга



Построение оптимального мэппинга параллельного приложения

Данные для эксперимента

- 7 классов матриц
- Для обучения использовалась видеокарта Nvidia GTX 1070
- IBM Blue Gene/P
- NAS Benchmark



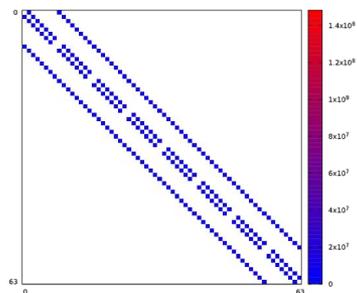
Пример определения фаз

NAS Parallel Benchmarks: LU, CG.

IBM Blue Gene/P (BMK МГУ). 64 узла.

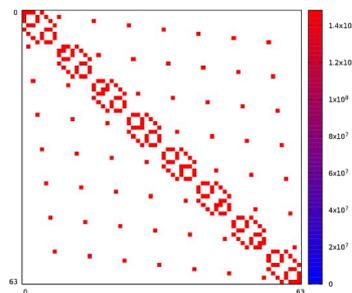


phase1



3 411 115 904

phase2



37 945 503 744

Сравнительный анализ разработанного алгоритма мэппинга

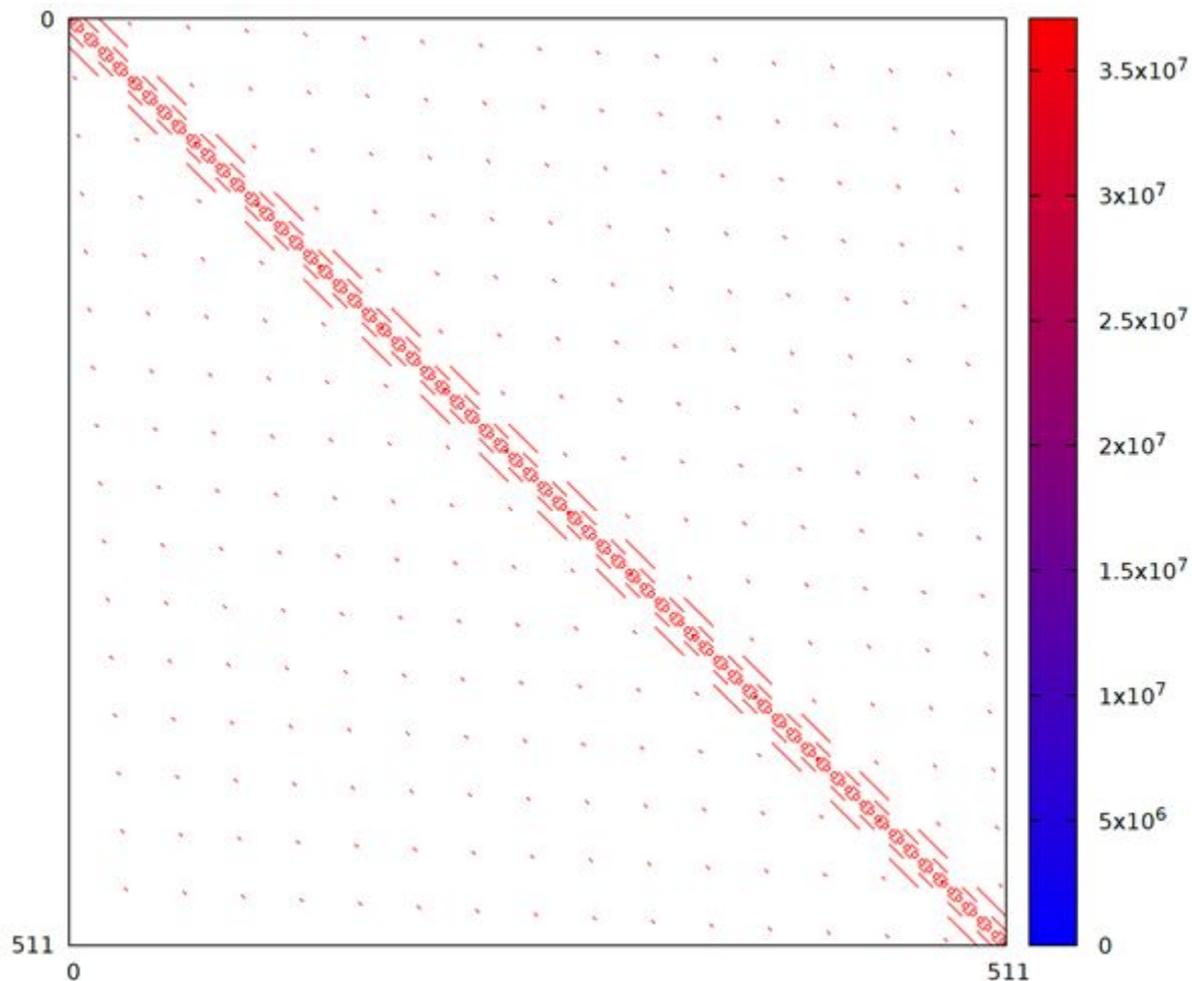


Заключение

- Разработан метод построения коммуникационного шаблона параллельного приложения
- Предложен нейросетевой подход для решения задачи мэппинга. Реализована нейросеть, классифицирующая параллельные приложения для последующего проведения мэппинга
- Предложен и реализован алгоритм мэппинга параллельных приложений для суперкомпьютеров с архитектурой коммуникационных сетей типа трёхмерный тор на основе жадного алгоритма

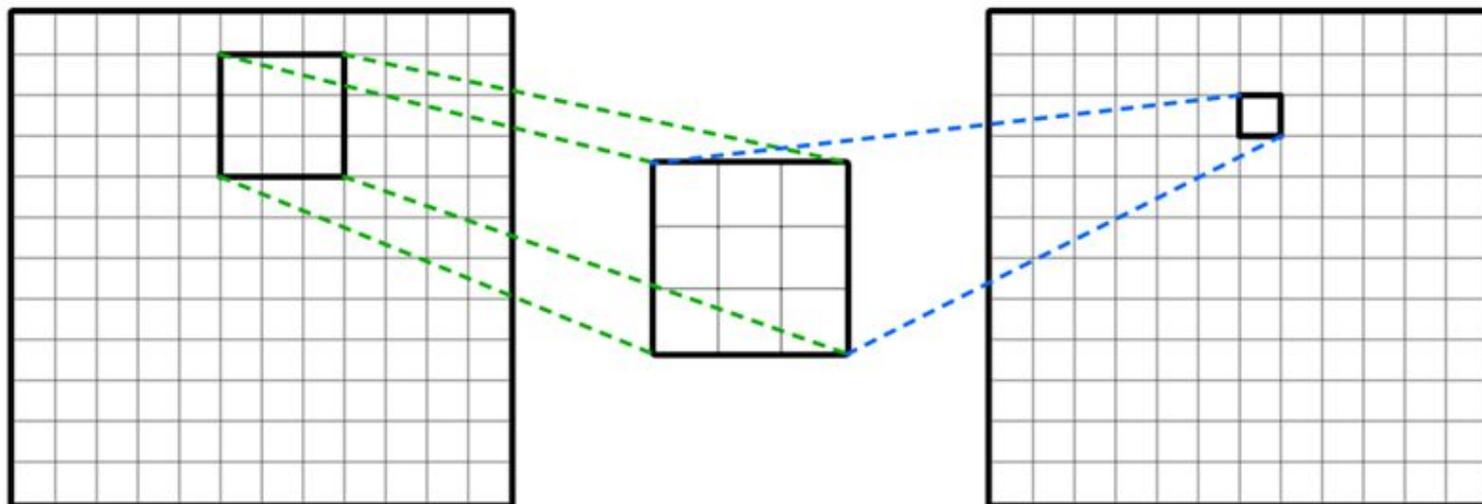
Дополнительный слайд

Коммуникационная матрица



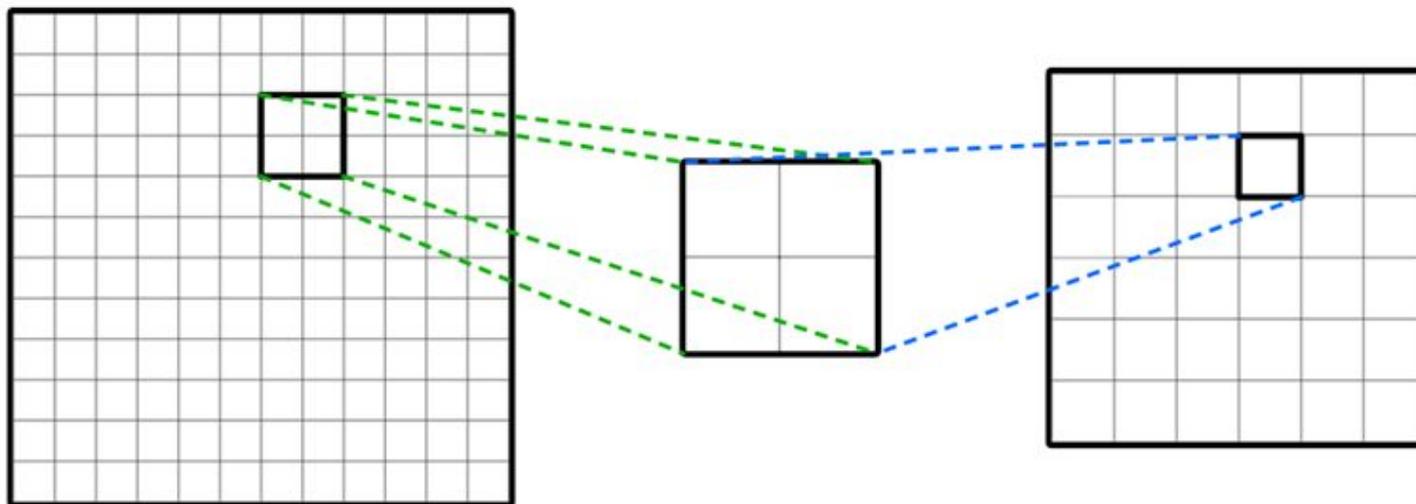
Дополнительный слайд

Применение ядра свёртки



Дополнительный слайд

Применение ядра пулинга



Дополнительный слайд

Список литературы

- T. Hoefler and M. Snir. Generic topology mapping strategies for large-scale parallel architectures // ICS (D. K. Lowenthal, B. R. de Supinski, and S. A. McKee, eds.), pp. 75–84, ACM, 2011
- Sreepathi, S., D'Azevedo, E., Philip, B., & Worley, P. (2016). Communication Characterization and Optimization of Applications Using Topology-Aware Task Mapping on Large Supercomputers (Data) [Data set]. Zenodo. <http://doi.org/10.5281/zenodo.45623>
- Jingjin Wu, Xuanxing Xiong, Zhiling Lan. Hierarchical task mapping for parallel applications on supercomputers // The Journal of Supercomputing, Vol. 71 Issue 5, pp 1776-1802, 2015
- Torsten Hoefler, Emmanuel Jeannot, Guillaume Mercier. An overview of topology mapping algorithms and techniques in high-performance computing // High-Performance Computing on Complex Environment, pp. 75-94, 2013
- K Simonyan, A Zisserman - arXiv preprint arXiv:1409.1556, 2014
- Описание приложения NPB [Электронный ресурс]. - <https://www.nas.nasa.gov/publications/npb.html>
- Krste Asanovic, Ras Bodik, Bryan Christopher Catanzaro, Joseph James Gebis, Parry Husbands, Kurt Keutzer, David A. Patterson, William Lester Plishker, John Shalf, Samuel Webb Williams, Katherine A. Yelick. A View of Parallel Computing // Communications of the ACM, Vol 52, Issue 10, pp. 56-67, 2009
- Шубин М. В., Попова Н. Н. Анализ поведения параллельных mpi-программ на основе фаз межпроцессного взаимодействия // Суперкомпьютерные дни в России: Труды международной конференции (24-25 сентября 2018 г., г. Москва). — Издательство МГУ Москва, 2018. — С. 662–672.
- Jacobs C., Finkelstein A., Salesin D., Fast multiresolution image querying // Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH '95) (Los Angeles, CA, August 1995), P. 277-286.