

ПОСТРОЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ И ПРОГРАММНЫХ МОДЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ КОМПОЗИЦИИ ОБЪЕКТОВ

- Типовая текущая ситуация - декомпозиция/композиция на программном уровне представления физической области:
 - либо ручном режим с большими трудозатратами,
 - либо полуавтоматически только для простейших случаев.
- Предлагаемое решение – декомпозиция на уровне физической модели / композиция на вычислительном и программном уровнях.

Метод решения

- Стандартизация интерфейсов для объектов, из которых собирается модель, и их связей.
- Суть предлагаемого решения – локальность всех описаний: связей, времени и алгоритмов эволюции подобластей.
- Модель всей области получаем практически автоматически путем композиции подобластей. **Буквальный цифровой аналог натурального моделирования.**

Текущее состояние разработки

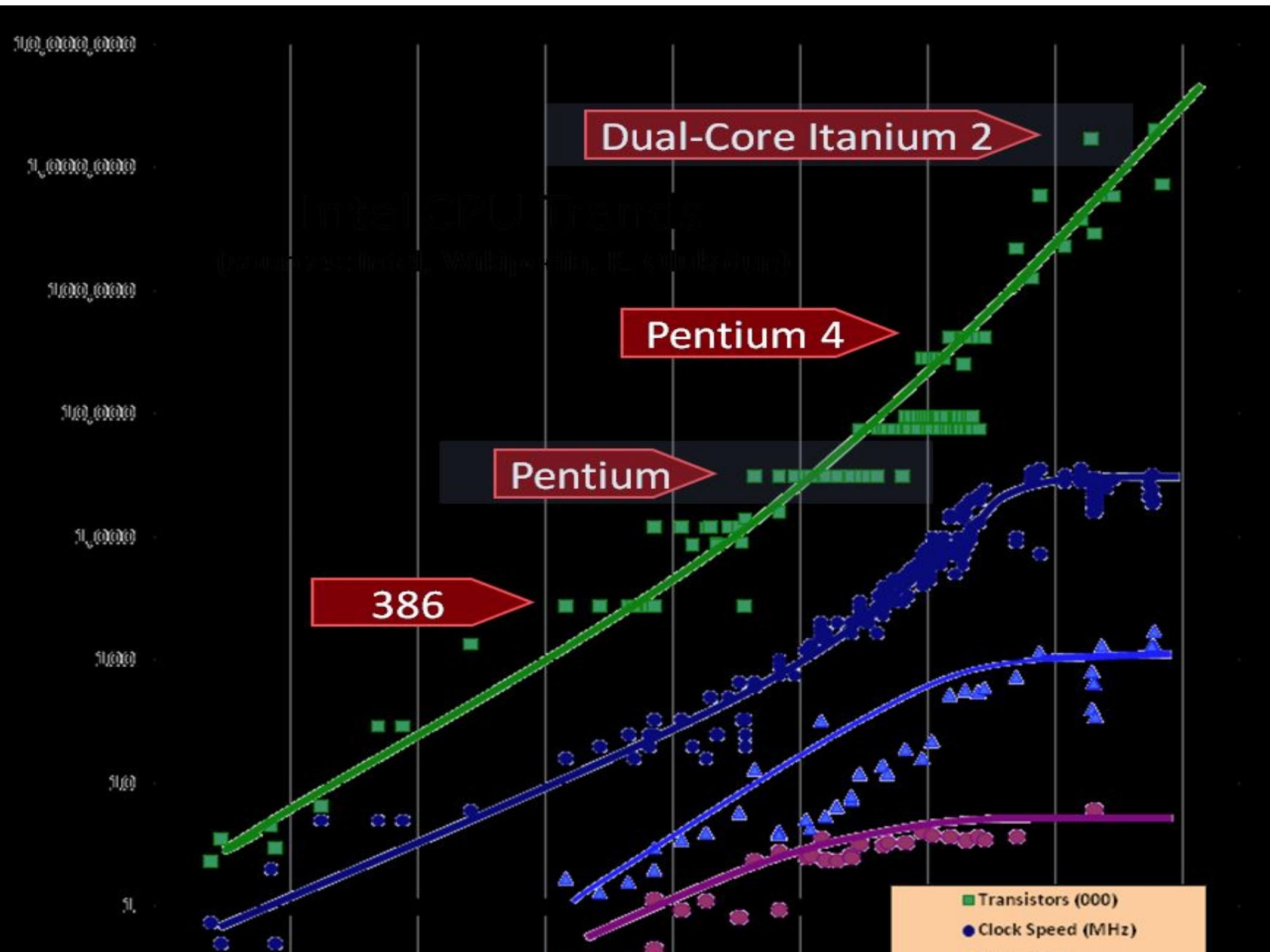
В настоящий момент отлаживается **третья версия** системы OST (Objects –Space – Time) на K100 (ИПМ РАН).

Первая версия - 2009 год, кластер из нескольких РС, тесты, решение одной двумерной задачи газовой динамики (M2DGD) и одномерной задачи теплопроводности.

Вторая версия – 2010 год, RSC4 (ИПМ РАН) – варианты двумерной задачи газовой динамики, тестовые задачи.

Кто работает:

1. Два сотрудника ИПМ РАН и кафедры «Вычислительная механика» МГУ.
2. Аспиранты и студенты МГУ и ИПМ РАН.



Главная проблема: Джон Хэннеси, президент

Стэнфордского университета –

“... когда мы начинаем говорить о параллелизме и легкости использования действительно параллельных компьютеров, мы говорим о проблеме, которая труднее любой проблемы, с которой встречалась наука о компьютерах ... Я бы запаниковал, если бы я работал в промышленности.”

Главная цель – свести трудоемкость создания параллельных моделей к трудоемкости создания последовательных моделей для максимально широкого класса задач.

Миф о последовательном характере большинства решаемых задач

Уровни представления физической области:

Физическая модель -> Математическая модель ->

Вычислительная модель -> Программная модель -> МВС

Подобие уровней представления:

- Сквозное употребление терминов. Объект, связь, интерфейс,

...

- Подобие проблем на разных уровнях

- Параллельная эволюция частей и их взаимодействие

- В общем случае невозможно восстановить из последовательной программы (алгоритма) исходный естественный параллелизм физической области.

- Буквальное отображение параллельной физической модели на параллельные вычислительную и программную модель.

Сохраняется деление на части и структура связей.

Вычислительная модель - множество вычислительных объектов (каждый объект - набор матриц, векторов, скаляров плюс последовательный алгоритм – это представление физической подобласти) отображается на множество программных объектов, распределенных по МВС (RPC) – программная модель.

3. Способы композиции на уровне вычислительной модели.
 - 3.1. Метод Шварца для декомпозиции областей.
 - 3.2. Метод композиции вычислительных объектов – построение области путем композиции первичных подобластей с выделением приграничных полос между подобластями.
 - 3.3. Использование приграничных «потоков» для композиции подобластей.
- и т.д.

Конкретных способов много. Стандарты для достаточно широкого класса случаев отсутствуют.

РЕКУРСИВНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ

Дано: сетка $(\Delta t, \Delta x, \dots)$, S , S_i , $L(\Delta t)$ S_i – решатель для i -ой подобласти
 L – максимальное расстояние, на которое может распространиться сигнал (возмущение) за Δt .

Решетка из полос ширины $2 * L$ – некорректные значения после первого шага.

Независимая

эволюция «внутри»

подобласти

в течении Δt .

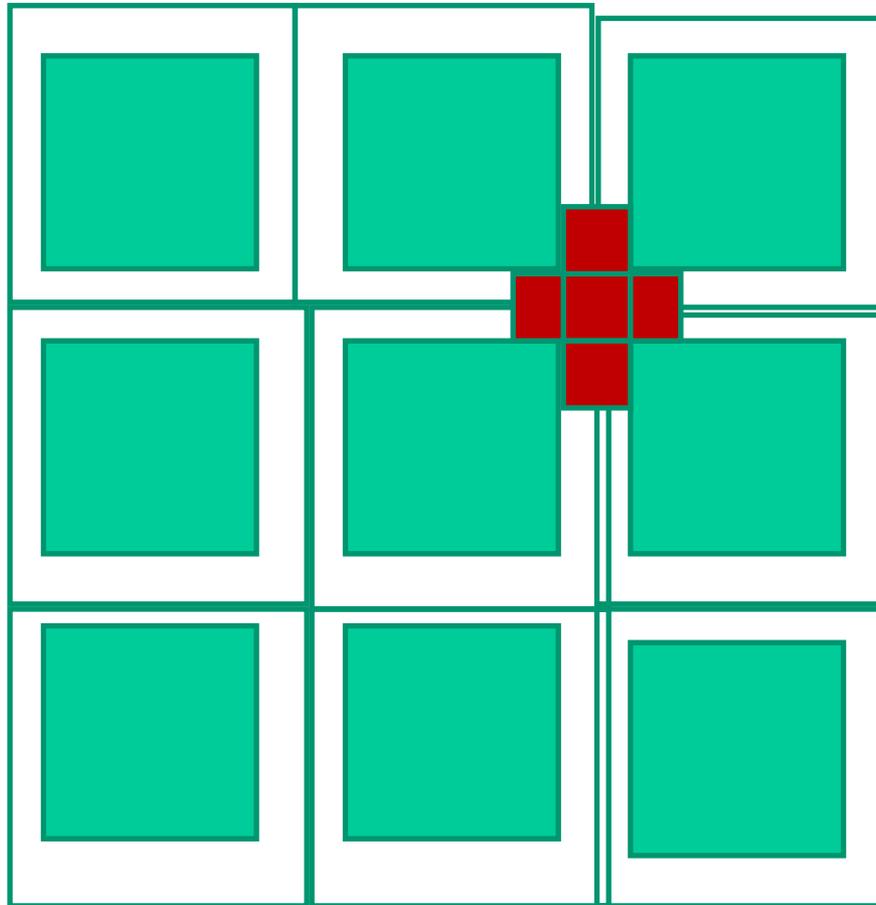
$K_p > 0.9$

$T_{шага} > 10 * T_{коррекции}$

Аналогия: физ. среда –

аппаратура – одни и те же

физ. ограничения



Кресты – «диаметром» $4 * L$ – некорректные значения после второго шага

4. Композиция программных объектов в системе OST (Objects – Space -Time).

4.1. Определение интерфейса между объектом и его окружением.

4.1.1 Интерфейс самого объекта для объектов из его окружения (окрестности) в виде списка операций, выполняемых объектом, и их параметров.

Язык JAVA

```
interface Left_Neighbour {  
int get_border(double left_array[]);  
}
```

4.1.2. Интерфейс окружения для объекта в виде “списка формальных соседей” - объектов с их интерфейсами.

(Left_Neighbour Left, Right_Neighbour Right)

Здесь:

Left_Neighbour – указание на интерфейс с соседом;

Left – имя ссылки на соседа, в которую OST после определения связей подставит ссылку на фактического соседа.

Вызов операции в соседе разрешен всегда, но фактически будет выполнен только при совпадении локальных времен соседей.

Пример прикладного класса

Язык Python

```
class objectExample (OST_Object_Abstract) :
    double left_array[];
    <...>
    def run () :
        <...>
        #вызов метода в соселе
        self.Left_Neighbors.get_border(double left_array[]);

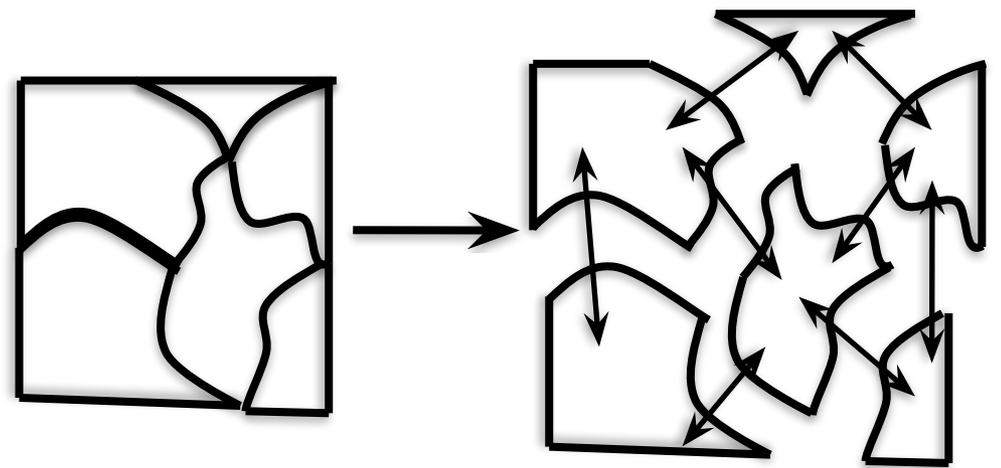
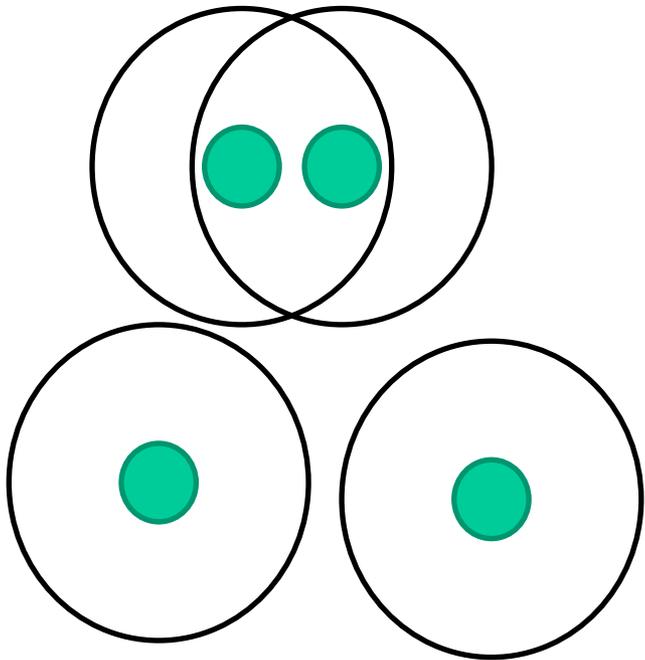
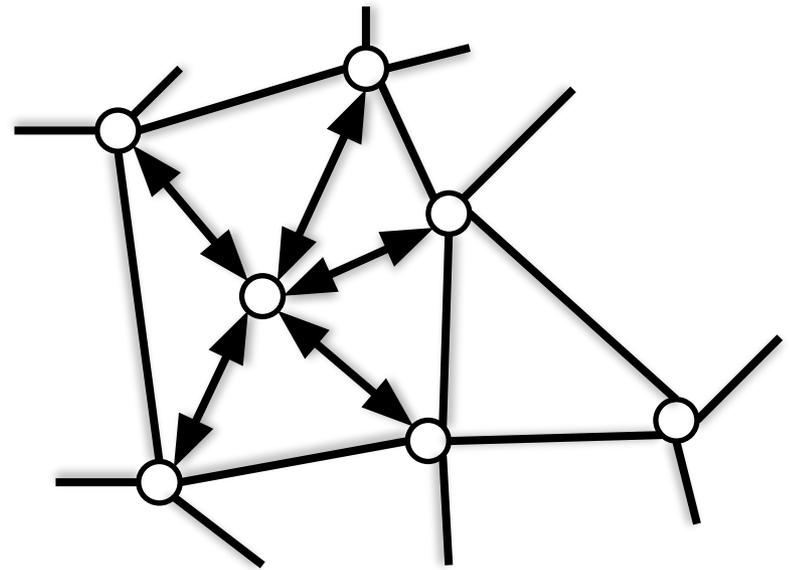
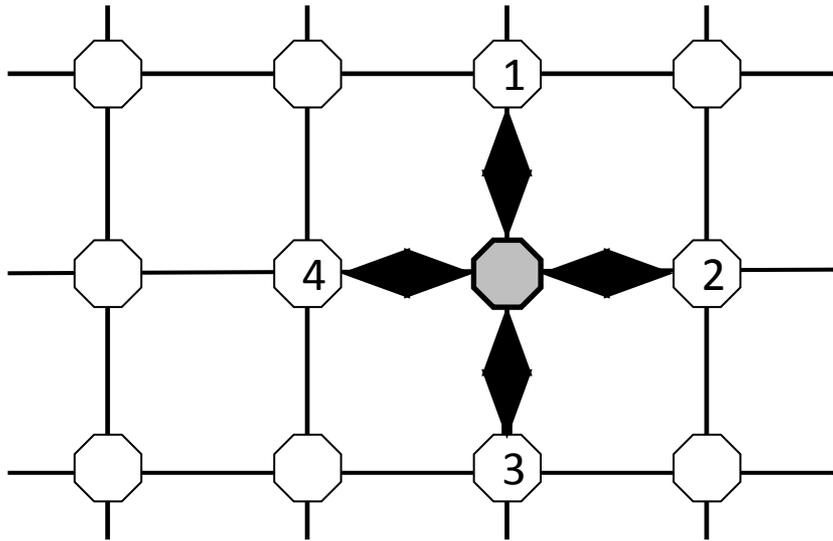
        <...>
        self.time += 1
        #изменение координат
        if <...>:
            self.x += 1

        self.setXYZT ()
```

Топология связей между объектами.

Определение связей между объектами через локальное описание окрестности для каждого объекта. Автоматическая замена формальных соседей на фактические во время счета.

Примеры связей

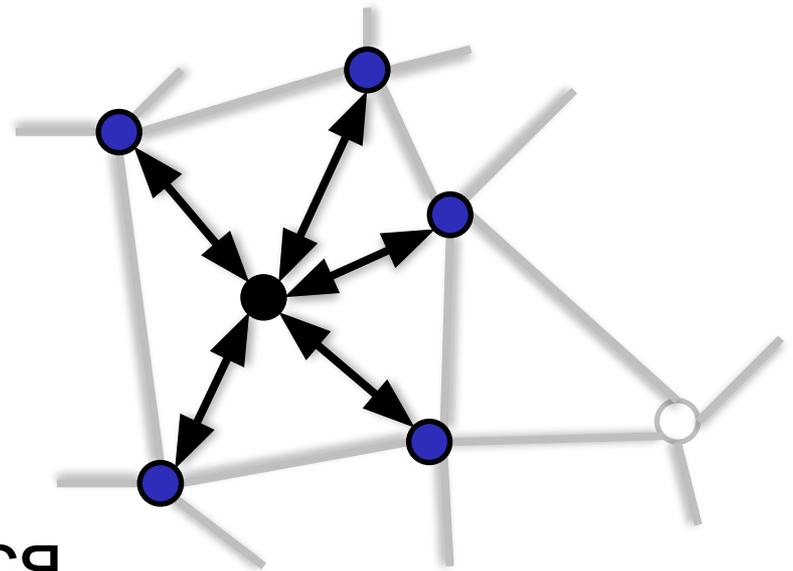


Окрестность узла

Окрестность - узлы, с которыми соединен данный узел.

Узлы можно отождествить с вычислительными объектами

Окрестность может изменяться по ходу вычислений.



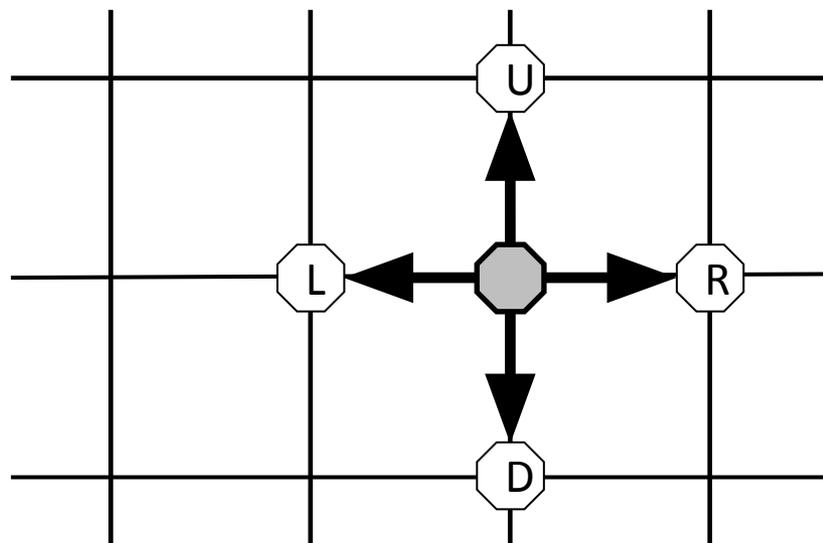
Локальная топология

Локальная топология – это топология, описывающая множество соседей для данного вычислительного объекта в локальных координатах

Локальные координаты – система координат, связанная с окрестностью данного объекта.

Пример: целочисленная решетка

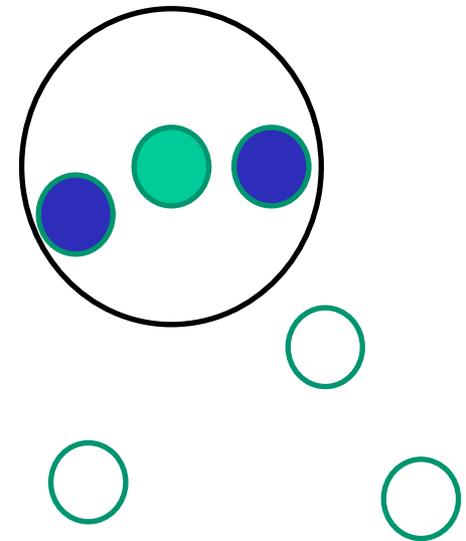
Координаты соседей
отличаются на ± 1 по
одной из координат



Пример: плоскость

Соседи удалены не более,
чем на r : $|x - y| \leq r$

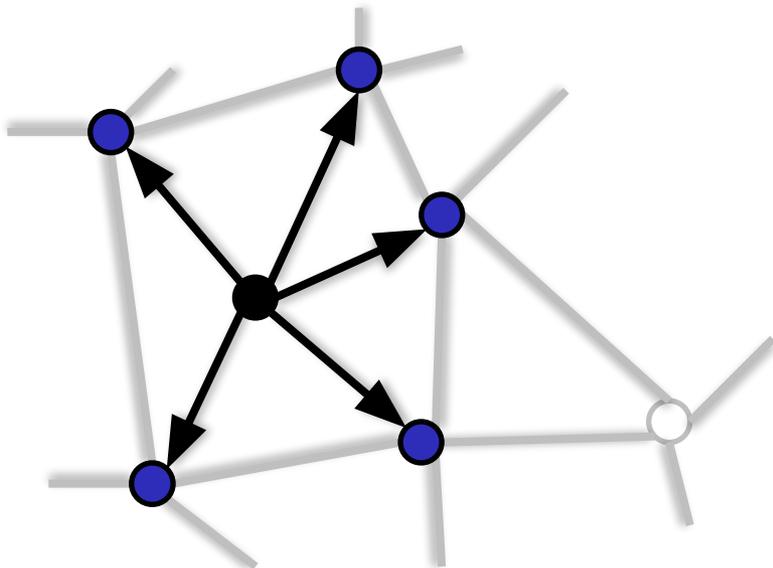
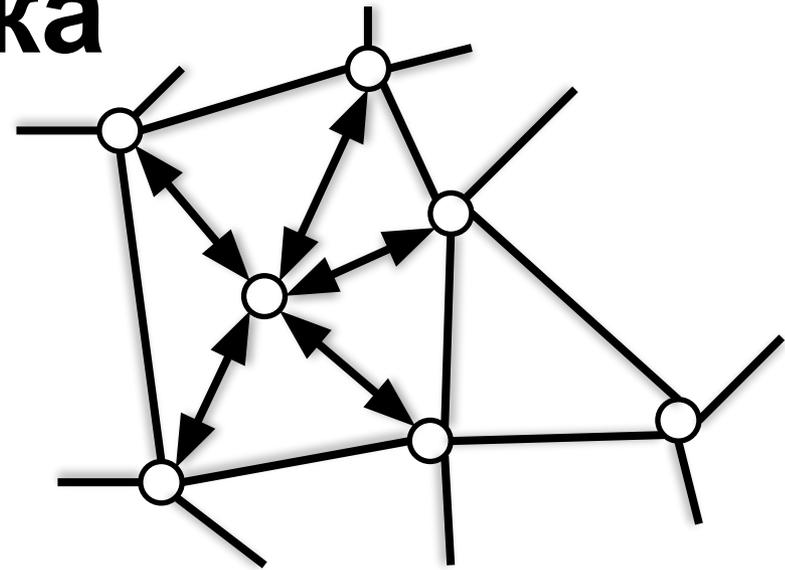
Функция близости проверяет
критерий попадания
в окрестность (круг)



Пример: неструктурированная сетка

Все вершины графа пронумерованы 1,2,3,...

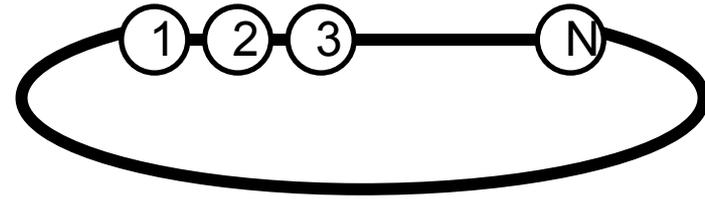
Для каждого узла явное описание списка соседей



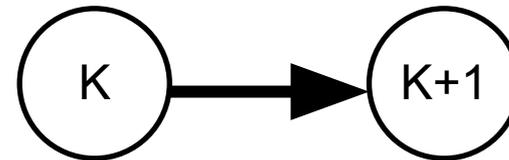
Простое использование формата METIS для такого описания

Пример: кольцо

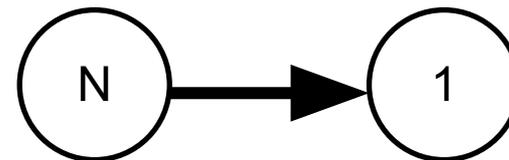
Кольцо объединяет в себе 2 вида локальных топологий



$N - 1$ одинаковых одномерных



1 вырожденная, замыкающая кольцо



Базовая топология – связный граф

Случай неструктурированной сетки

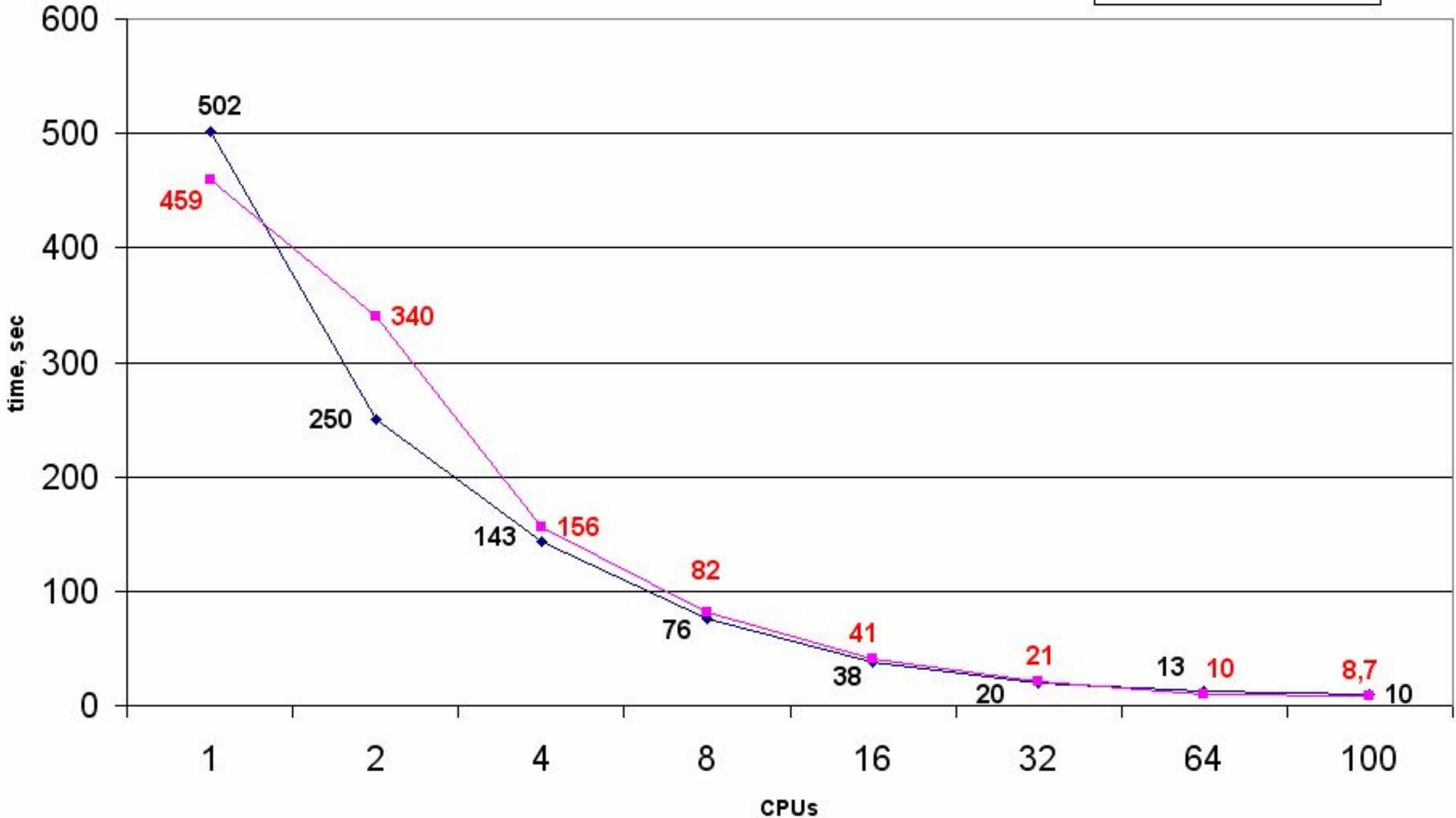
```
#Создание объектов в функции инициирования модели
for <...>:
    myobject = objInit.createObject(objectClass)

<Заполнение данными объекта myobject >
    object.array1 = <...> ...
<Передача базового объекта topology в object>
myobject.topology = topologyLocal()
<Занесение номера объекта в глобальный каталог>
    objInit.topology.set(myobject, index)

# Задание окрестности для каждого объекта
for <...>:
<Определение списка соседей>
    myobject.topology.set(
        index, [nei_index1,...,nei_indexN] )
```

Результаты счета, оценка эффективности

1800x540x10, time



Что конструктивно новое

Формализация «окружения» объекта в виде списка формальных соседей.

Автоматическое построение связей между объектами и замена формальных соседей фактическими.

Актуализация ссылок на фактических соседей при совпадении локальных времен.

Технические характеристики

1. Коэффициент эффективности параллельного счета $K_p > 0.9$
2. Практически автоматическая сборка (установление связей, синхронизация взаимодействия по локальным временам объектов) автономно запрограммированных объектов (моделей физических подобластей). То-есть, трудоемкость параллельного программирования сводится к трудоемкости раздельного программированию последовательных алгоритмов для подобластей.
3. Счетная часть объектов – C++, Фортран, управляющая часть Python.
4. Средства отладки – визуализация, отладчик, профилирование и т.д.

5. Хранения множества объектов программной модели в файле объектов (базе данных). Контрольные точки и рестарты. Мобильность хранимой модели – возможность перенести модель на другую вычислительную установку после окончания очередного этапа счета и продолжить его на новом месте. Пример, короткий отладочный счет на РС и продолжение на МВС.
6. Планировщик ресурсов, обеспечивающий автоматическую подкачку/выталкивание программных объектов между процессорами и файлом объектов в стиле подкачки страниц в операционных системах. Счет на основе “рабочего множества” объектов.

Заключение

Суть предлагаемого решения – локальность всех описаний: связей, времени и алгоритмов эволюции подобластей. Модель всей области получаем практически автоматически путем композиции подобластей.

Дополнительная информация на сайте ost.kiam.ru

Перспективы - разнонаправленные