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 натурного моделирования.**

Текущее состояние разработки

В настоящий момент отлаживается **третья версия** системы OST (Objects –Space – Time) на К100 (ИПМ РАН).

Первая версия - 2009 год, кластер из нескольких PC, тесты,

решение одной двумерной задачи газовой динамики (M2DGD)

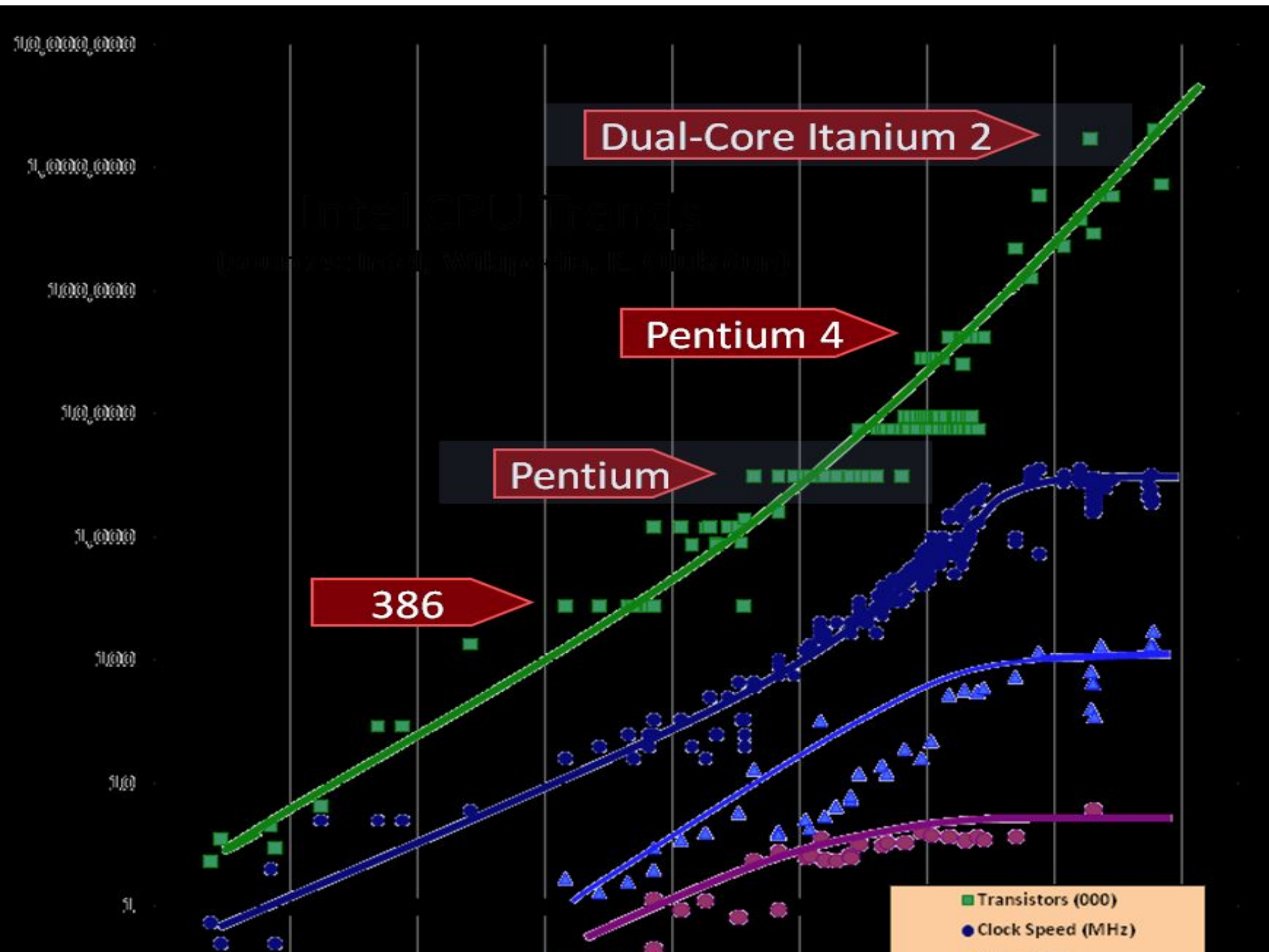
и одномерной задачи теплопроводности.

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.


Dual-Core Itanium 2
Pentium 4
Pentium
386
Transistors (000)
Clock Speed (MHz)

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 (∆t, ∆x, …), S, Si, L(∆t) Si –решатель для i-ой подобласти

L – максимальное расстояние, на которое может распространиться сигнал (возмущение) за ∆t.

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

Независимая

эволюция «внутри»

подобласти

в течении ∆t.

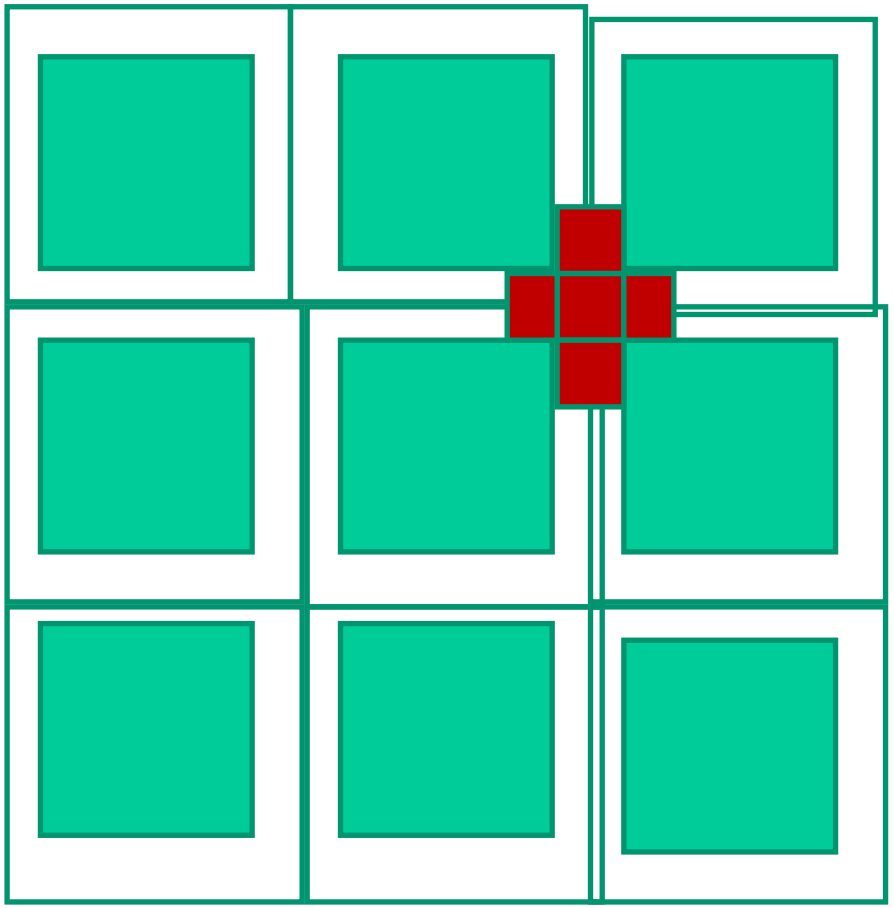
Кр > 0.9

Тшага >10*Ткоррекции

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.

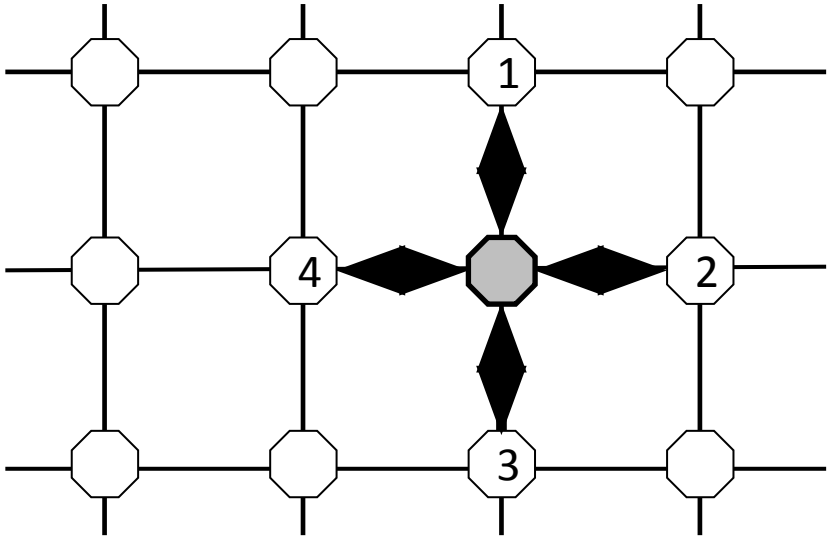
Пример прикладного класса

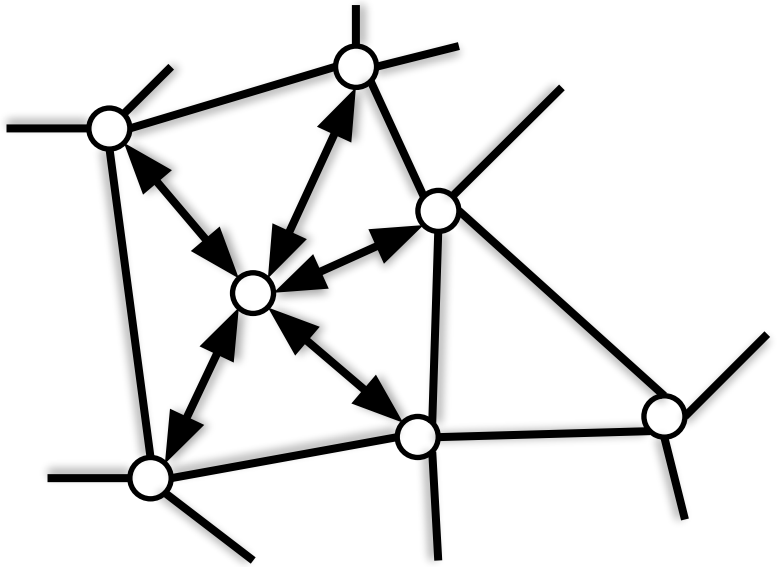
```
Язык Python

class objectExampe(OST_Object_Abstract):
    double left_array[];
    <…>
    def run():
        <…>
        #вызов метода в соседе
     self.Left_Neighbors. get_border(double left_array[]);

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

        self.setXYZT()
```

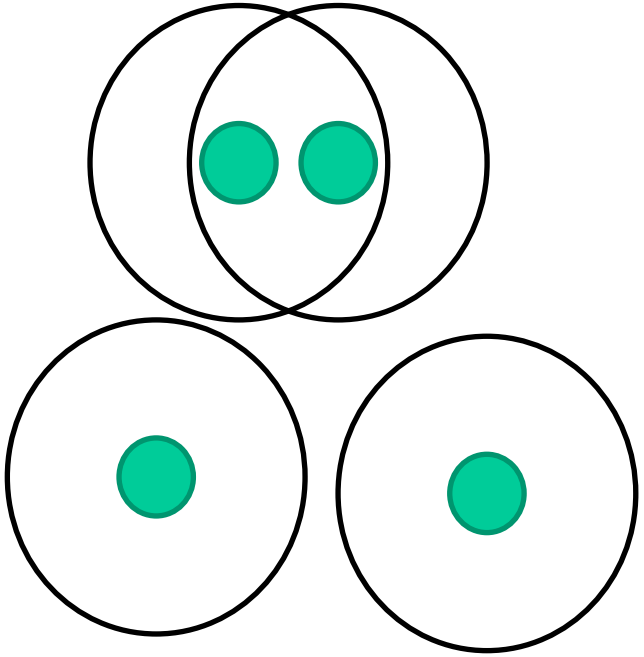
Топология связей между объектами.

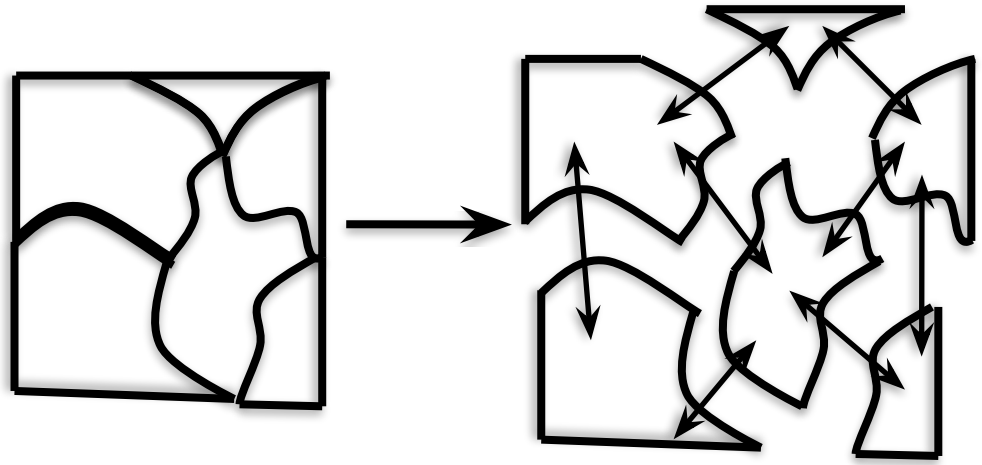
Определение связей между объектами через локальное описание окрестности для каждого объекта. Автоматическая замена формальных соседей на фактические во время счета.

Примеры связей



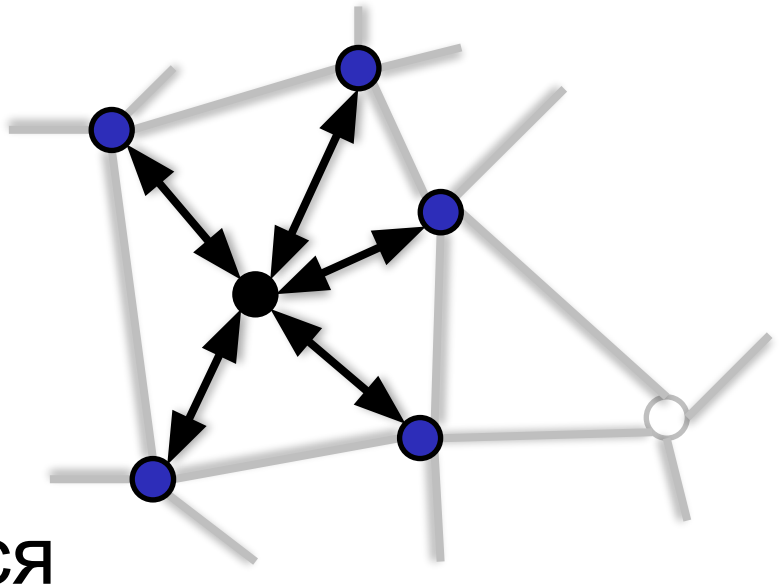






Окрестность узла

Окрестность - узлы, с которыми соединен данный узел.



Узлы можно отожествить с вычислительными объектами

Окрестность может изменяться по ходу вычислений.

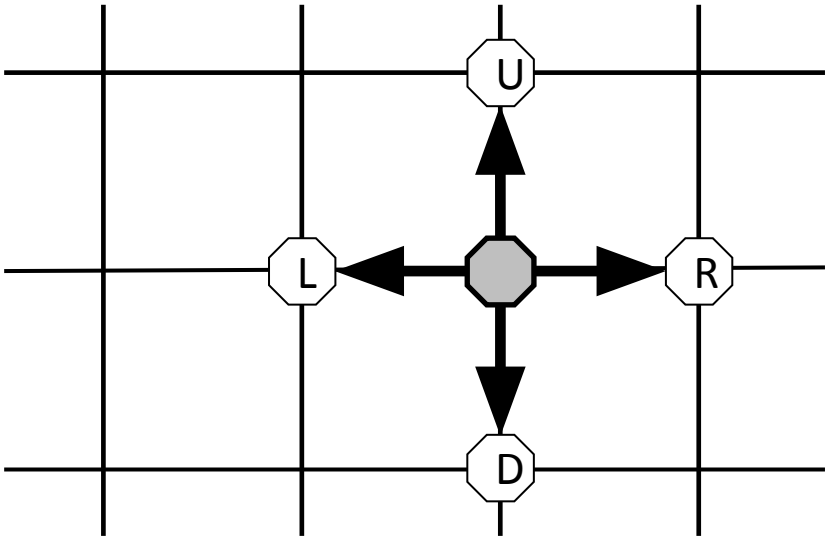
Локальная топология

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

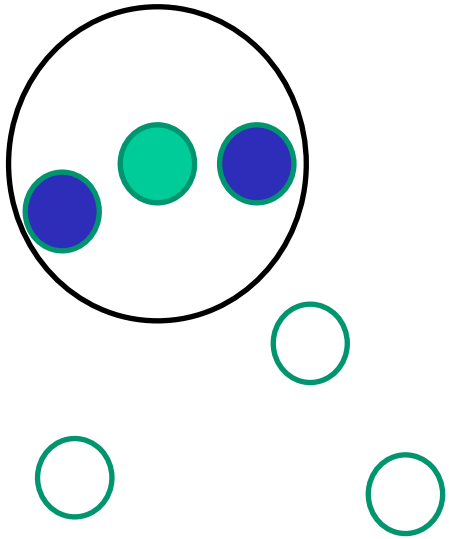
Координаты соседей отличаются на ±1 по одной из координат



Пример: плоскость

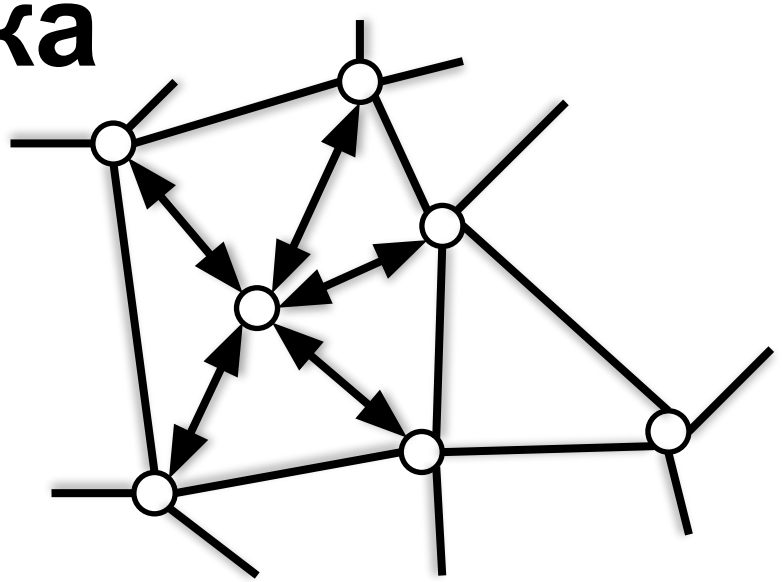
Соседи удалены не более,
чем на $\mathbf{r}$: $|\mathbf{x} - \mathbf{y}| \leq \mathbf{r}$

Функция близости проверяет
критерий попадания
в окрестность (круг)

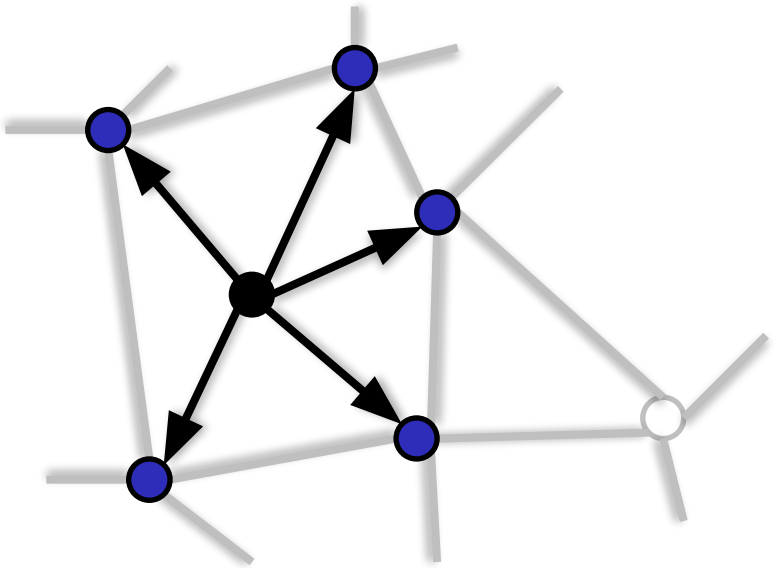


Пример: неструктурированная сетка

Все вершины графа пронумерованы 1,2,3,…



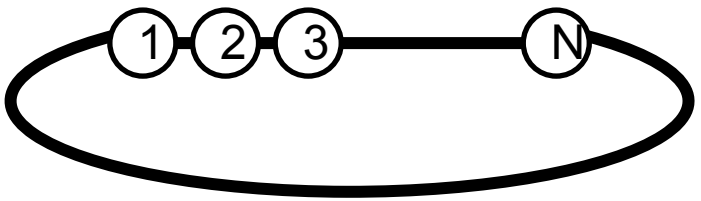
Для каждого узла явное описание списка соседей



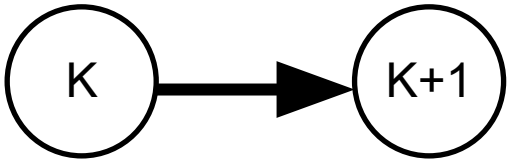
Простое использование формата METIS для такого описания

Пример: кольцо

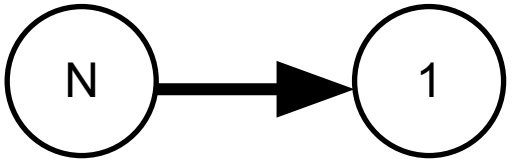
Кольцо объединяет в себе 2 вида локальных топологий



N – 1 одинаковых одномерных



1 вырожденная, замыкающая кольцо

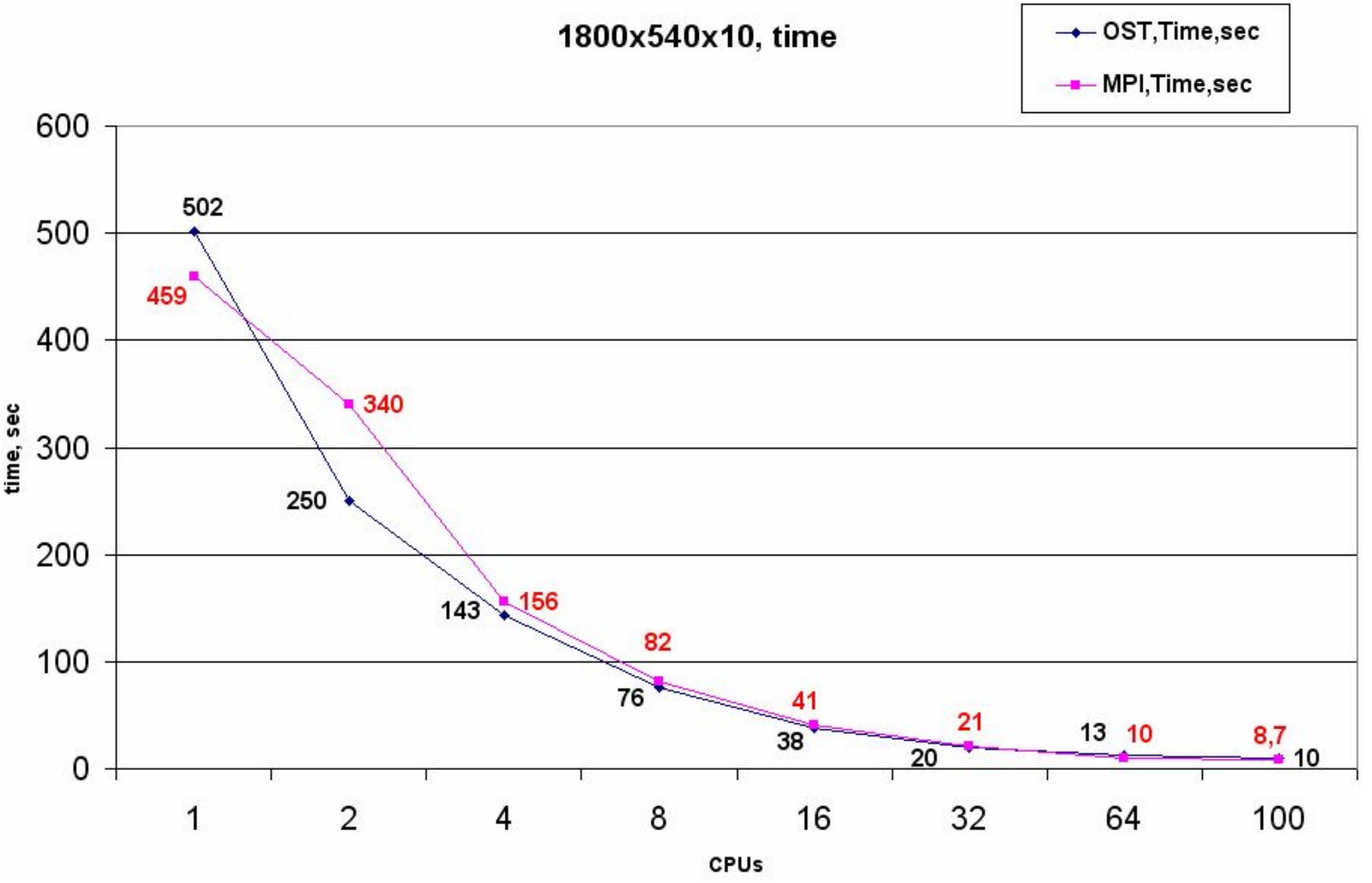


Базовая топология – связный граф

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



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 Кр > 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 PC 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