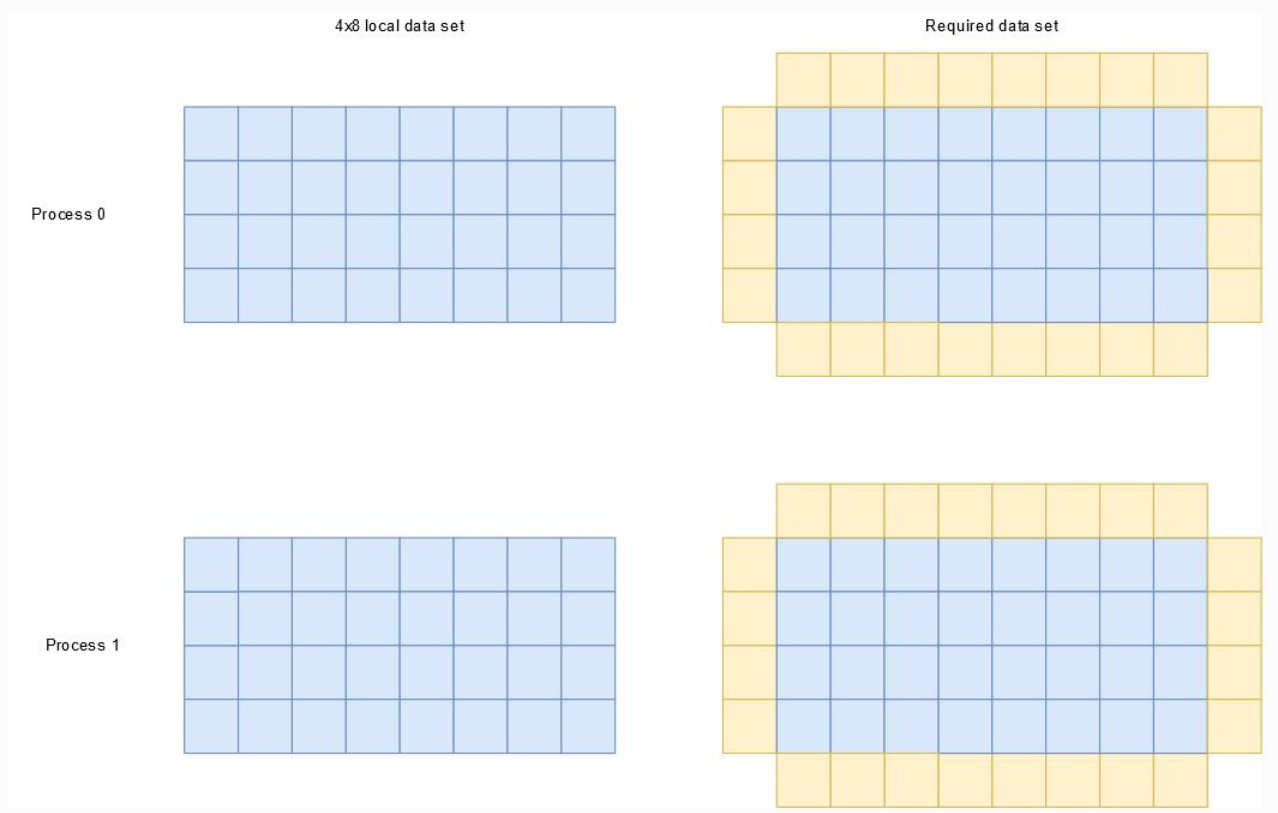
Средства и системы параллельного программирования

#10. Производные типы данных MPI

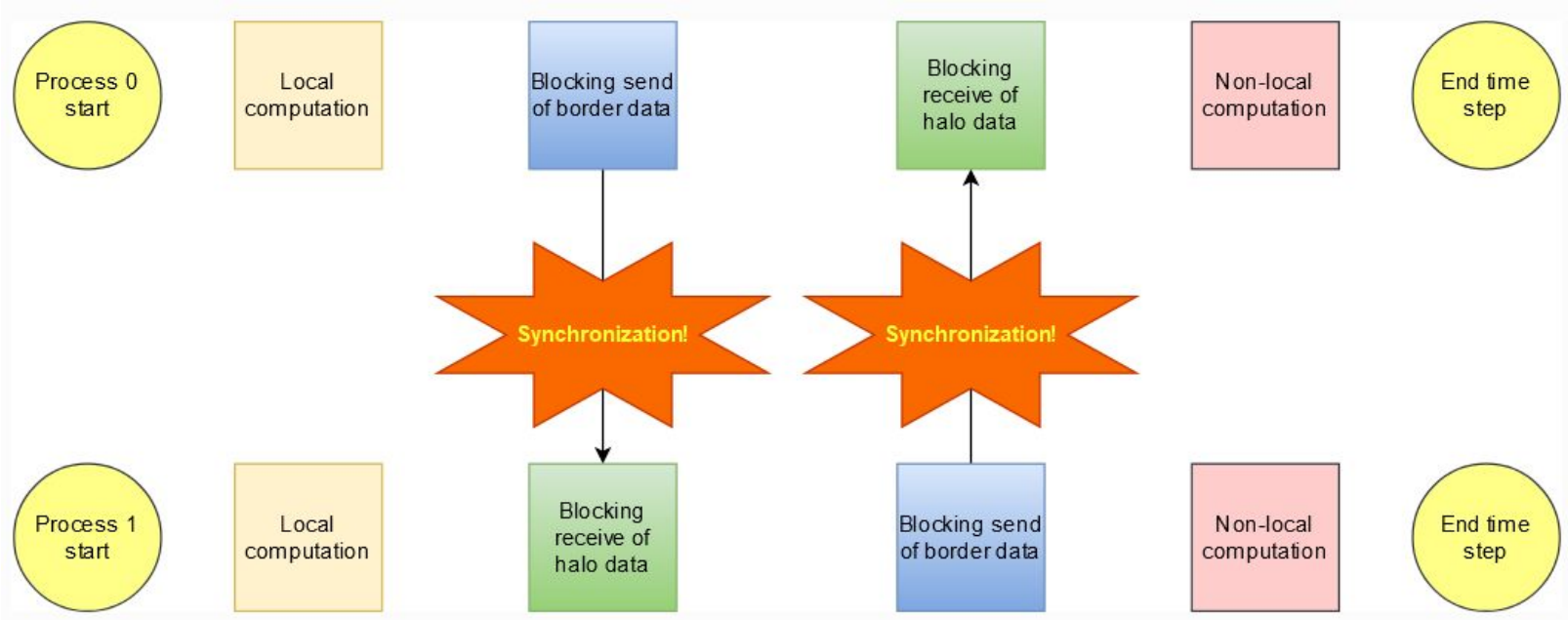
Режимы передачи сообщений в MPI

Communication Mode	Blocking Routines	Nonblocking Routines
Synchronous	MPI_Ssend	MPI_Issend
Buffered	MPI_Bsend	MPI_Ibsend
Ready	MPI_Rsend	MPI_Irsend
Standard	**MPI_Send**	**MPI_Isend**
	MPI_Recv	**MPI_Irecv**
	MPI_Sendrecv	
	MPI_Sendrecv_replace	

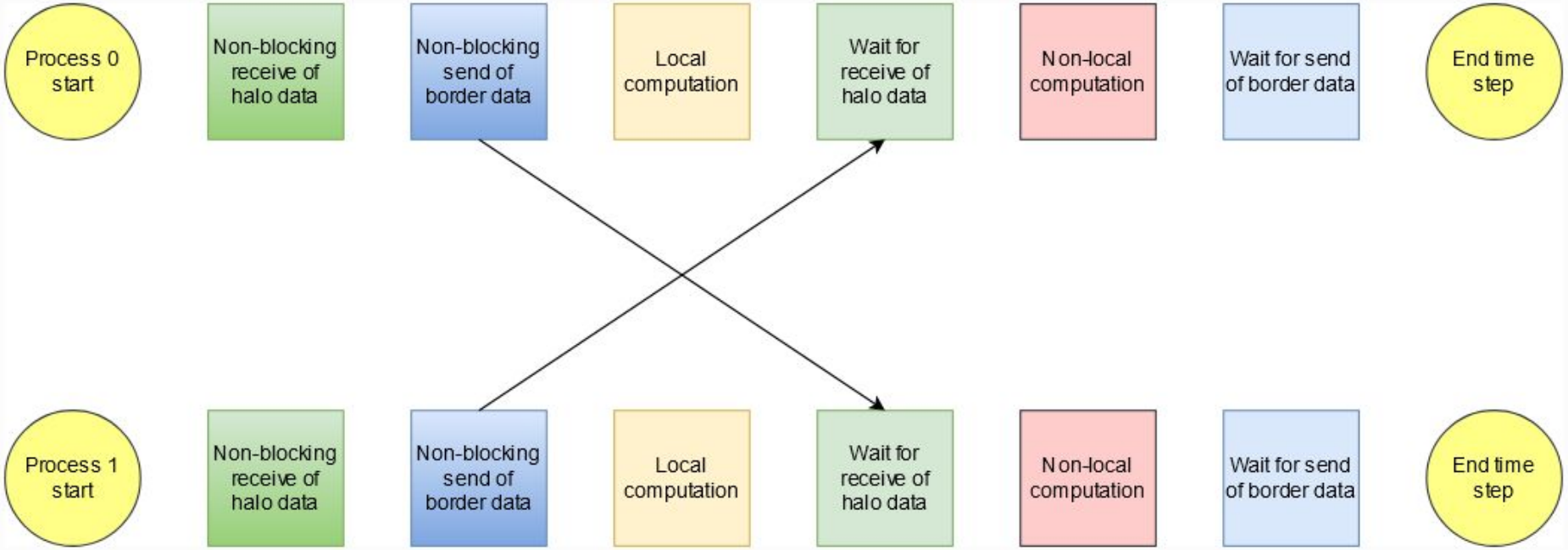
Сетка с halo-областью



Blocking


Process 0 start
Local computation
Blocking send of border data
Blocking receive of halo data
Non-local computation
End time step
Synchronization!
Synchronization!
Process 1 start
Local computation
Blocking receive of halo data
Blocking send of border data
Non-local computation
End time step

Non-blocking



Создание “структурного” типа данных в MPI

```
int MPI_Type_create_struct(int count,
const int array_of_blocklengths[], const MPI_Aint
array_of_displacements[], const MPI_Datatype array_of_types[],
MPI_Datatype *newtype)
```

count - число блоков для отправки

array_of_blocklengths - длина каждого блока

array_of_displacements - смещение каждого блока в байтах!!

array_of_types - типы данных для каждого блока

newtype - указатель на новый, производный тип. Его нужно закоммитить!

Смещение типа в MPI

MPI_Aint - специальный тип данных MPI для представления адреса

```
int MPI_Get_address(const void *location, MPI_Aint *address)
```

- записать в address адрес места в памяти location

```
int MPI_Aint_diff(MPI_Aint addr_1, MPI_Aint addr_2)
```

- получить смещение addr_1 относительно addr_2

Сценарий работы с производными типами

```
int MPI_Type_commit(MPI_Datatype* datatype);
```

перед использованием производного типа данных в коммуникациях (Send, Recv, и.т.д) обязательно зарегистрировать тип datatype, созданный ранее с помощью команд созданий типов

```
int MPI_Type_free(MPI_Datatype *datatype)
```

освобождение типа datatype, больше нет возможности его использовать в коммуникациях

Карта типа

Typemap = $\{(type_0, disp_0), \ldots, (type_{n-1}, disp_{n-1})\}$ - представляем тип как набор пар <тип, смещение внутри типа>

Lower bound = $min_j\ disp_j$

Upper bound = $max_j\ (disp_j + sizeof(type_j)) + eps$

Extent = Upper bound - Lower bound

Вывод размера типа

```
int MPI_Type_size(MPI_Datatype datatype, int *size)
```

Положить в size значение размера (в байтах), занимаемый производным типом данных datatype.

Стоит воспринимать size как размер сообщения при передаче этого типа. Иными словами, это размер полезных данных, которые мы отправляем (пропуски из-за выравнивания не учитываем)

Протяжённость типа

```
int MPI_Type_extent(MPI_Datatype datatype, MPI_Aint *
extent)
```

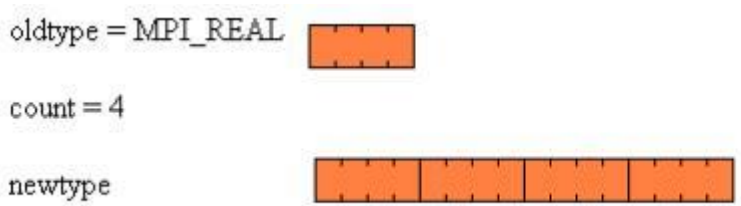
Вывести в extent протяжённость типа datatype

Extent стоит воспринимать как размер структуры в C-представлении (то есть, сюда включаются все пропуски между полями структуры). Но, в C-представлении структура добивается паддингом до конца (обеспечиваем выровненность для следующих элементов в памяти), а extent это не учитывает.

“Продолжительный” тип данных

```
int MPI_Type_contiguous(int count, MPI_Datatype old_datatype,
MPI_Datatype* new_datatype);
```

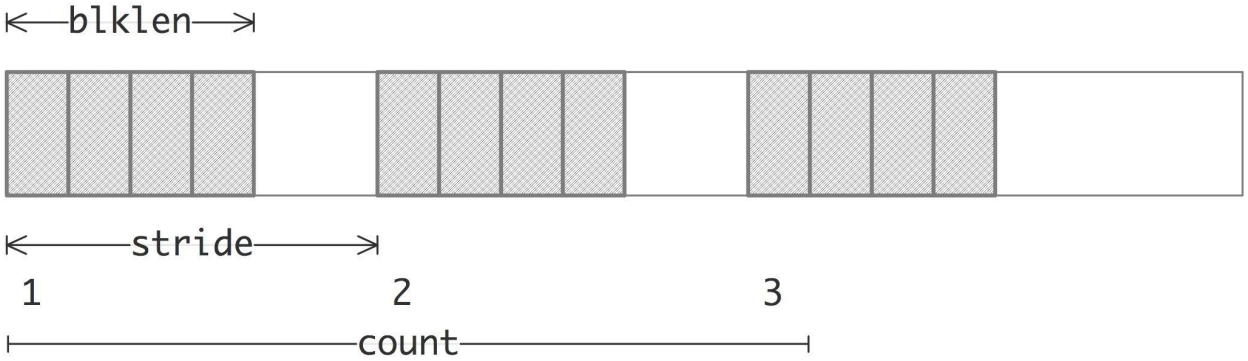
Создание нового типа данных new_datatype, получаемого путём взятия подряд идущих в памяти count элементов типа данных old_datatype



Векторный тип данных

```
int MPI_Type_vector(int count, int blocklength, int stride,
MPI_Datatype oldtype, MPI_Datatype *newtype)
```

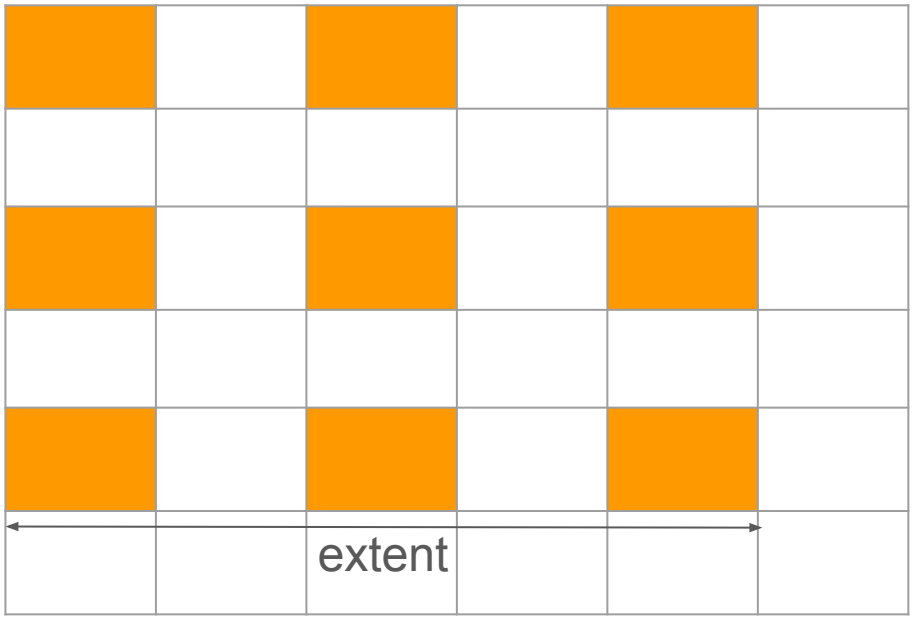
Создание нового типа данных newtype, который получается из count блоков размера blocklength каждый, причём начала соседних блоков находятся на расстоянии stride элементов типа oldtype друг от друга



Векторный тип данных (2)

```
int MPI_Type_create_hvector(int count,
                            int blocklength,
                            MPI_Aint stride,
                            MPI_Datatype oldtype,
                            MPI_Datatype *newtype)
```

То же самое, но *stride* задан не по количеству элементов, а в байтах



Hvector полезен в случаях, когда невозможно получить правило формирования stride

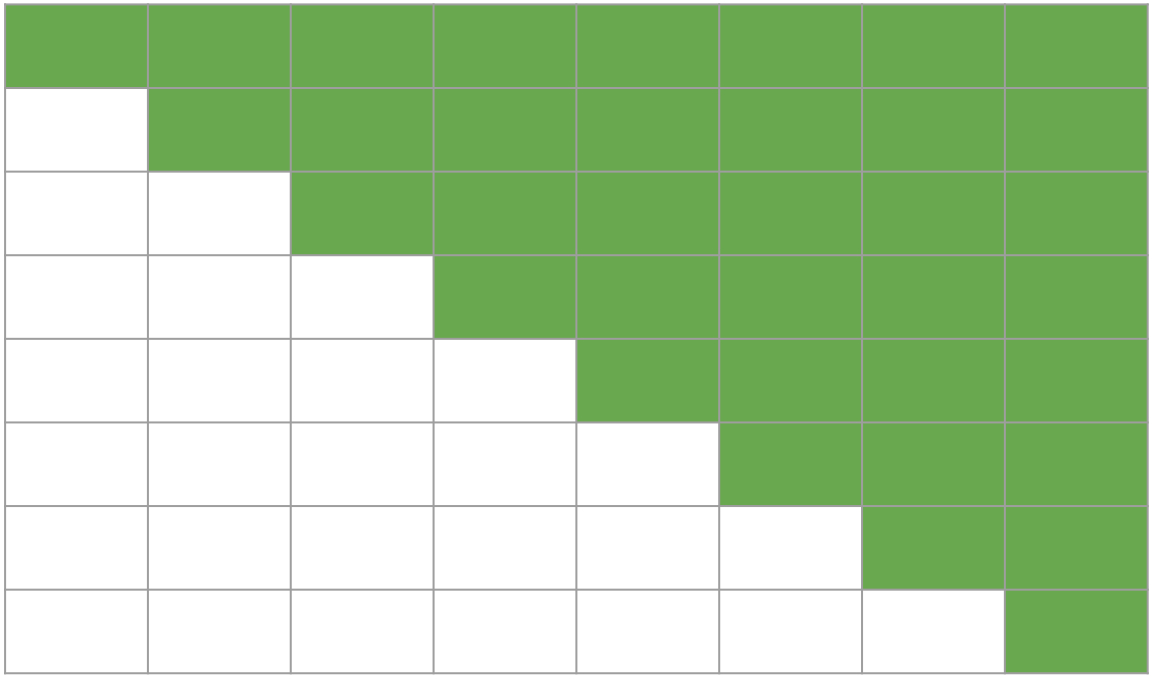
Индексированный тип

```
int MPI_Type_indexed(int block_count, const int
block_lengths[], const int displacements[], MPI_Datatype
old_datatype, MPI_Datatype* new_datatype);
```

Создать новый тип new_datatype, составленный из block_count блоков, причём $block_i$ состоит из $block\_lengths_i$ элементов типа old_datatype и отстоят от начала типа на расстояние $displacements_i$ элементов типа old_datatype

По факту, это более универсальный vector

Пример: верхнетреугольная матрица 8*8



“Изменение размера” нового типа

```
int MPI_Type_create_resized(MPI_Datatype oldtype, MPI_Aint lb,
MPI_Aint extent, MPI_Datatype *newtype)
```

На основе старого типа oldtype выставить в новом типе newtype нижнюю границу lb и протяжённость типа extent

Зачем?

В коллективных операциях новый элемент для отправки след.процессу берётся только следом за UB. Иногда нужно отправить данные, лежащие между LB и UB, поэтому нужно явно прописать меньший extent (см.пример 08)

Задание

Модифицировать задание 7 (уравнение Лапласа, f = 0) для 3D-области

$$\frac{-u_{i-1,j,k} + 2u_{ijk} - u_{i+1,j,k}}{h_x^2} + \frac{-u_{i,j-1,k} + 2u_{ijk} - u_{i,j+1,k}}{h_y^2} + \frac{-u_{i,j,k-1} + 2u_{ijk} - u_{i,j,k+1}}{h_z^2} = f(x_i, y_j, z_k)$$

Или, используя формулировку из 7 задания:

$$f_{i,j,k}^{(t+1)} = \frac{1}{6}\left(f_{i,j,k-1}^{(t)} + f_{i,j,k+1}^{(t)} + f_{i,j-1,k}^{(t)} + f_{i,j+1,k}^{(t)} + f_{i-1,j,k}^{(t)} + f_{i+1,j,k}^{(t)}\right)$$

Задание (2)

Метод решения:

Построить сетку (на каждом процессе выделить массив размера, равного числу элементов в подобласти). Будем использовать ***блочные*** 3D-подобласти (каждый процесс работает над своей частью сетки $\{N_x, N_y, N_z\}$, причём $1 <= N_x <= N$, $1 <= N_y <= N$, $1 <= N_z <= N$, где N - размер всей сетки.

Разрешается и рекомендуется использовать виртуальные топологии для организации обменов

Рекомендуется использовать идею с асинхронными пересылками. Если сложно - пропустите.

Инициализировать начальное значение f случайным значением в каждой области сетки

До предустановленного числа итераций n_iter выполнять вычисления согласно методу Якоби

На последней итерации посчитать общую норму разности между решениями на двух соседних шагах времени.

Задание (3)

Шаблон к заданию (можете использовать его как ориентир для порядка действий, а можете его же и дополнять в своём решении) выложу 21-22 числа

Требования к решению:

Запрещается хранить массив, соответствующий полной сетке, на одном процессе (за исключением запуска на 1 процессе)

Для коммуникации разрешается использовать любые виды обменов, главное требование - **пользоваться производными типами данных** для отправки сообщений. Для приёма (recv) сообщений разрешается воспринимать сообщение как набор из Q подряд идущих элементов

Можно предполагать, что размер сетки N - степень двойки. Сетка кубическая (N*N*N)

Произвести запуски на **Polus** (**через mpisubmit.pl !**) Через mpisubmit.bg тоже можно, но на свой страх и риск, поскольку этот скрипт писался изначально для другой, более старой системы

Для фиксированного большого размера сетки произвести запуски при числе процессов P = {1, 2, 4, 6, 8, 12, 16}, нарисовать T(P). На 8, 12, 16 процессах программа должна работать для случаев, когда число процессов в каждом измерении > 1 (8 =2*2*2, 12 = 2*3*2, 16 = 2*4*2). Топологии для всех вариантов числа процессов можно задать вручную, а можно использовать MPI_Dims_create

Дедлайн: 8.12, 30.12