

Основы параллельного программирования с использованием MPI

Лекция 6

Немнюгин Сергей Андреевич

Санкт-Петербургский государственный университет

физический факультет

кафедра вычислительной физики



Интернет-Университет
Суперкомпьютерных Технологий
High-Performance Computing University

Лекция 6

Аннотация

В лекции рассматриваются средства организации групп процессов и соответствующих им коммуникаторов. Речь идёт об интра- и интеркоммуникаторах. Обсуждаются основные операции управления группами и коммуникаторами. Разбираются примеры использования двухточечных и коллективных обменов в производных группах процессов, а также обмена между группами процессов.

План лекции

- Группы процессов и коммуникаторы
- Интракоммуникаторы.
- Управление группами процессов.
- Управление коммуникаторами.
- Интеркоммуникаторы и организация обменов между группами процессов.

Группы процессов и коммутаторы

Группы процессов и коммутаторы

В MPI имеются средства создания и преобразования коммутаторов, которые дают возможность программисту в дополнение к стандартным predetermined объектам создавать свои собственные. Это позволяет использовать разнообразные схемы взаимодействия процессов.

Используя средства MPI, можно, например, создать новый коммутатор, содержащий те же процессы, что и исходный, но с новым контекстом (новыми свойствами).

Обмен возможен только в рамках одного контекста, обмены в разных коммутаторах происходят независимо.

Группы процессов и коммутаторы

Новый коммутатор можно передать в качестве аргумента библиотечной подпрограмме, как в следующем примере:

...

```
MPI_Comm_dup(comm, newcomm, ierr)
gauss_parallel(newcomm, a, b)
MPI_Comm_free(newcomm, ierr)
```

...

Здесь сначала создается новый коммутатор (подпрограмма `MPI_Comm_dup`).

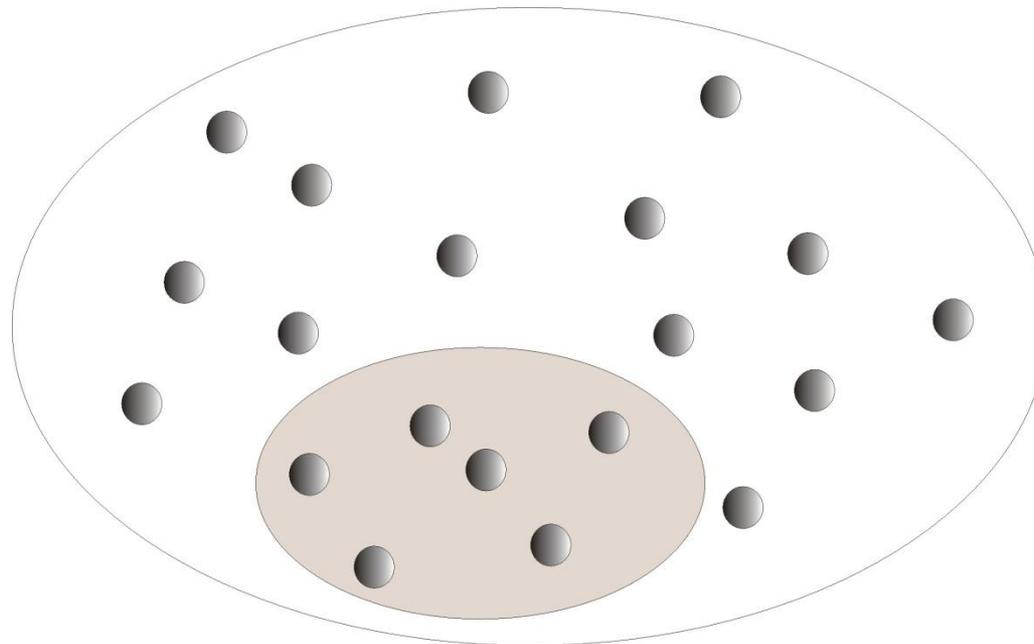
Подпрограмма `gauss_parallel` использует коммутатор `newcomm`, так, что все обмены в ней выполняются независимо от других операций обмена.

Группы процессов и коммутаторы

Группы процессов

Группой называют упорядоченное множество процессов. Каждому процессу в группе сопоставлен свой ранг. Операции с группами могут выполняться отдельно от операций с коммутаторами, но в операциях обмена используются только коммутаторы.

В MPI имеется предопределенная пустая группа `MPI_GROUP_EMPTY`.



Группы процессов и коммутаторы

Коммутаторы

Коммутаторы бывают двух типов:

1. *интракоммуникаторы* — для операций внутри одной группы процессов;
2. *интеркоммуникаторы* — для обмена между двумя группами процессов.

Интракоммуникатором является `MPI_COMM_WORLD`.

В MPI-программах чаще используются интракоммуникаторы.

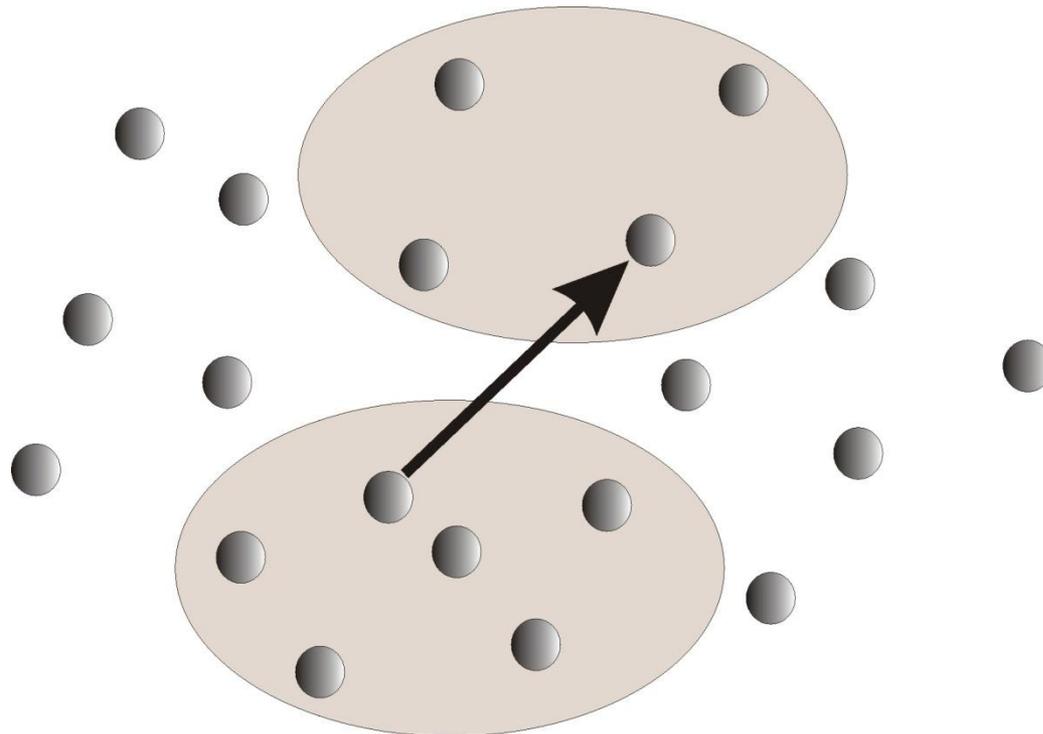
Интракоммуникатор включает: экземпляр группы, контекст обмена для всех его видов, а также, возможно, виртуальную топологию и другие атрибуты. Контекст обеспечивает возможность создания изолированных друг от друга, а потому безопасных областей взаимодействия. Система сама управляет их разделением. Контекст играет роль дополнительного тега, который дифференцирует сообщения.

Группы процессов и коммутаторы

MPI поддерживает обмены между двумя непересекающимися группами процессов. Если параллельная программа состоит из нескольких параллельных модулей, удобно разрешить одному модулю обмениваться сообщениями с другим, используя для адресации локальные по отношению ко второму модулю ранги. Такой подход удобен, например, при программировании параллельных клиент-серверных приложений. Интеробмены реализуются с помощью *интеркоммутаторов*, которые объединяют две группы процессов общим контекстом.

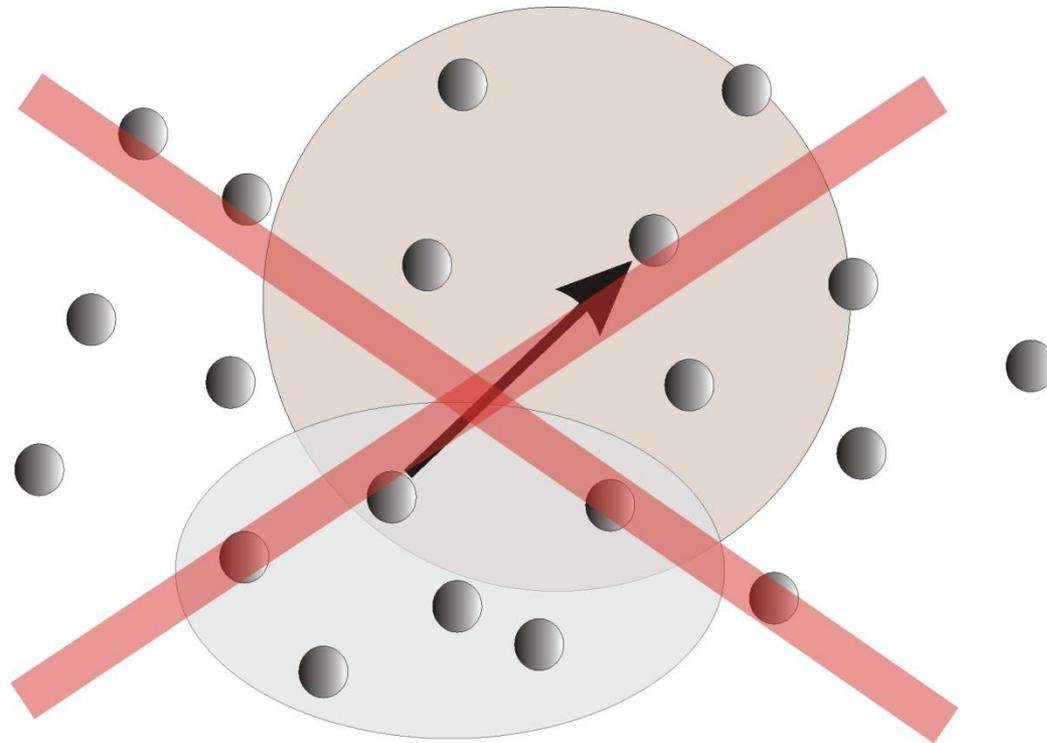
Группы процессов и коммутаторы

В контексте, связанном с интеркоммуникатором, передача сообщения в локальной группе всегда сопровождается его приемом в удаленной группе — это двухточечная операция (MPI-1). Группа, содержащая процесс, который инициирует операцию интеробмена, называется *локальной группой*. Группа, содержащая процесс-адресат, называется *удаленной группой*. Интеробмен задается парой: коммутатор — ранг, при этом ранг задается относительно удаленной группы.



Группы процессов и коммутаторы

Конструкторы интеркоммуникаторов являются блокирующими операциями. Во избежание тупиковых ситуаций локальная и удаленная группа не должны пересекаться, то есть они не должны содержать одинаковые процессы.



Группы процессов и коммутаторы

Интеробмен характеризуется следующими свойствами:

- синтаксис двухточечных обменов одинаков в операциях обмена в рамках интра- и интеркоммуникаторов;
- адресат сообщения задается рангом процесса в удаленной группе;
- операции обмена с использованием интеркоммуникаторов не вступают в конфликт с обменами, использующими другой коммутатор;
- интеркоммуникатор нельзя использовать для коллективных обменов (MPI-1);
- коммутатор не может объединять свойства интер- и интракоммуникатора.

Возможности интеробменов расширены в MPI-2.

Интеркоммуникатор создается коллективным вызовом подпрограммы

`MPI_Intercomm_create`.

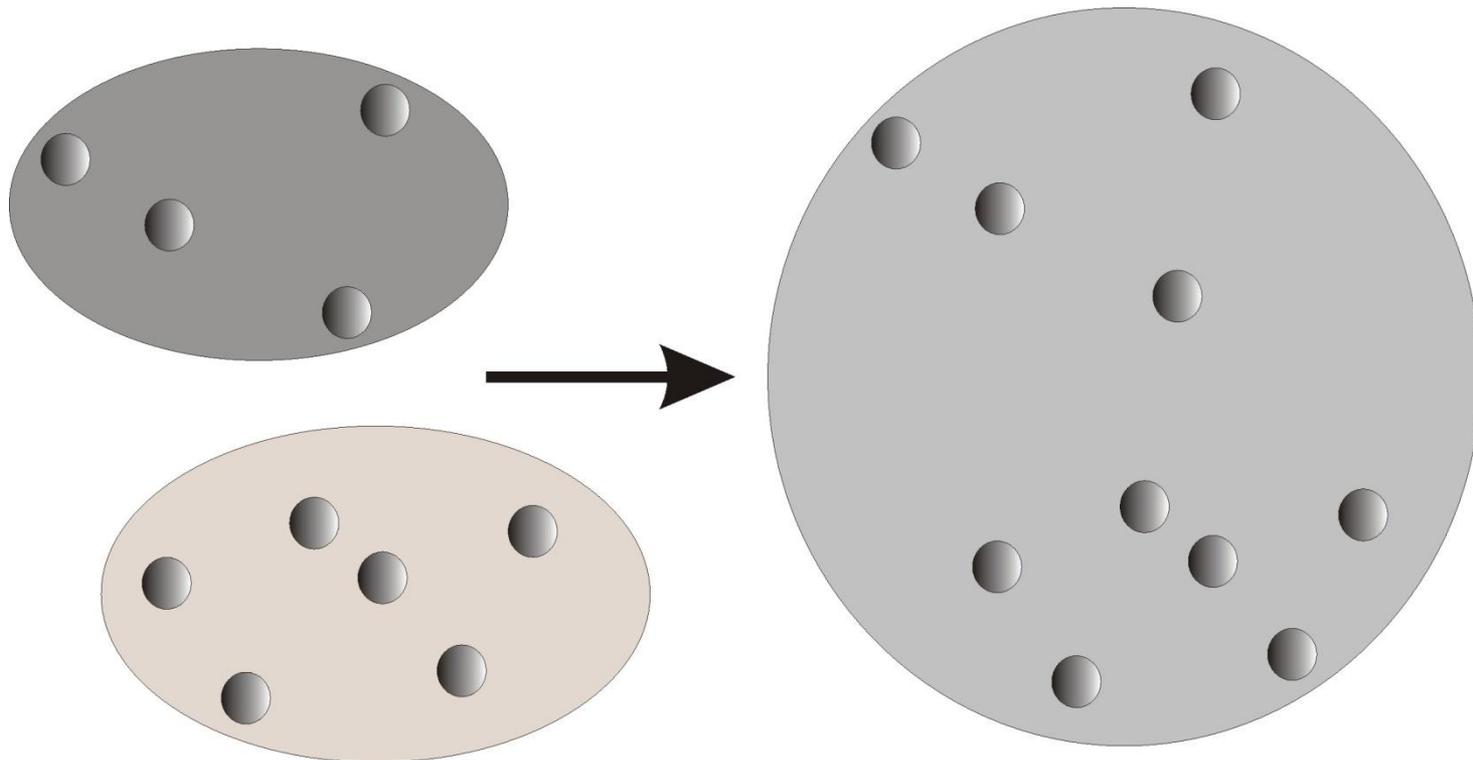
Создание групп процессов

Создание групп процессов

Создание групп процессов

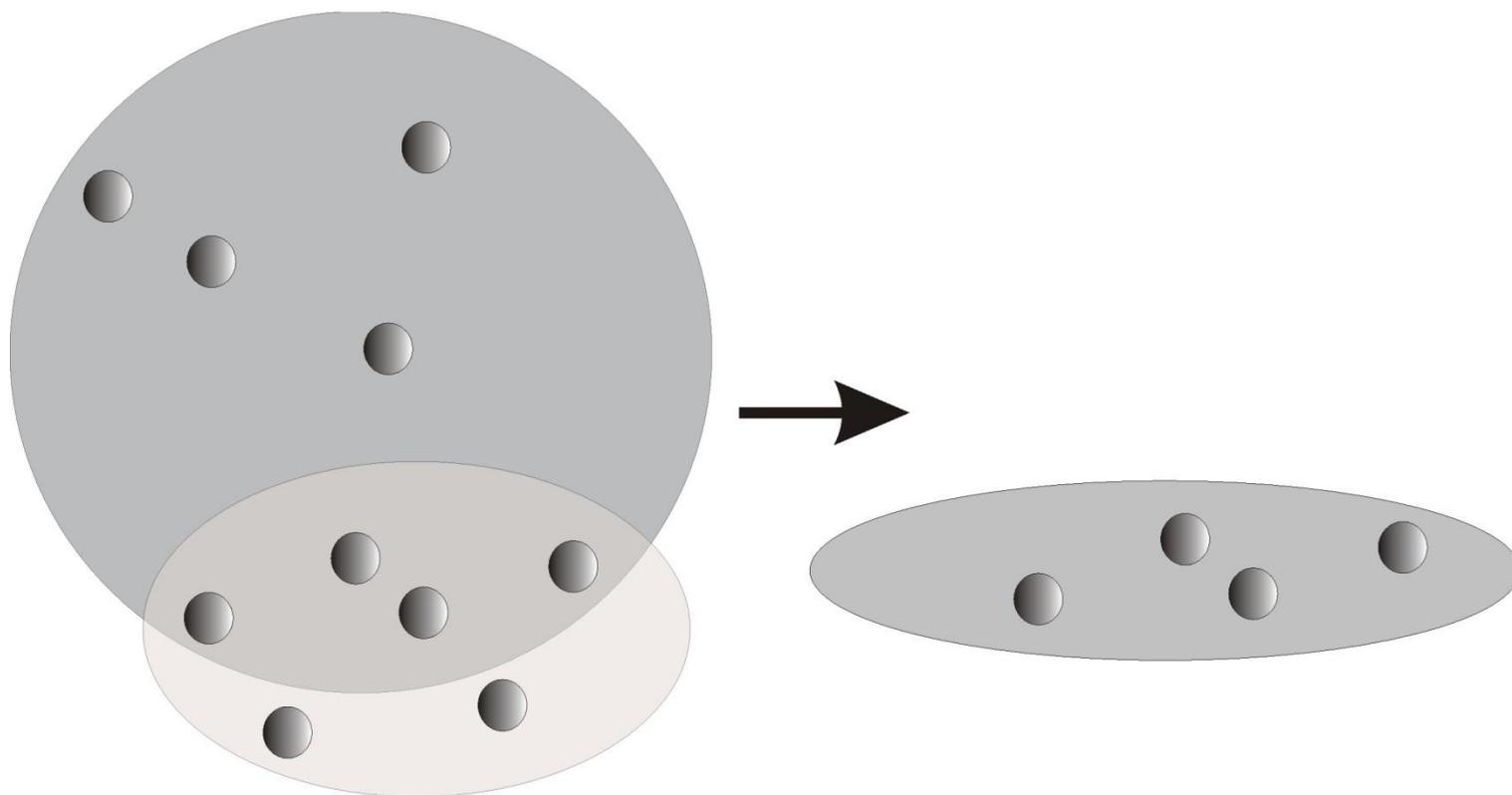
Созданию нового коммуникатора предшествует создание соответствующей группы процессов. Операции создания групп аналогичны математическим операциям над множествами:

- *объединение* — к процессам первой группы (`group1`) добавляются процессы второй группы (`group2`), не принадлежащие первой;



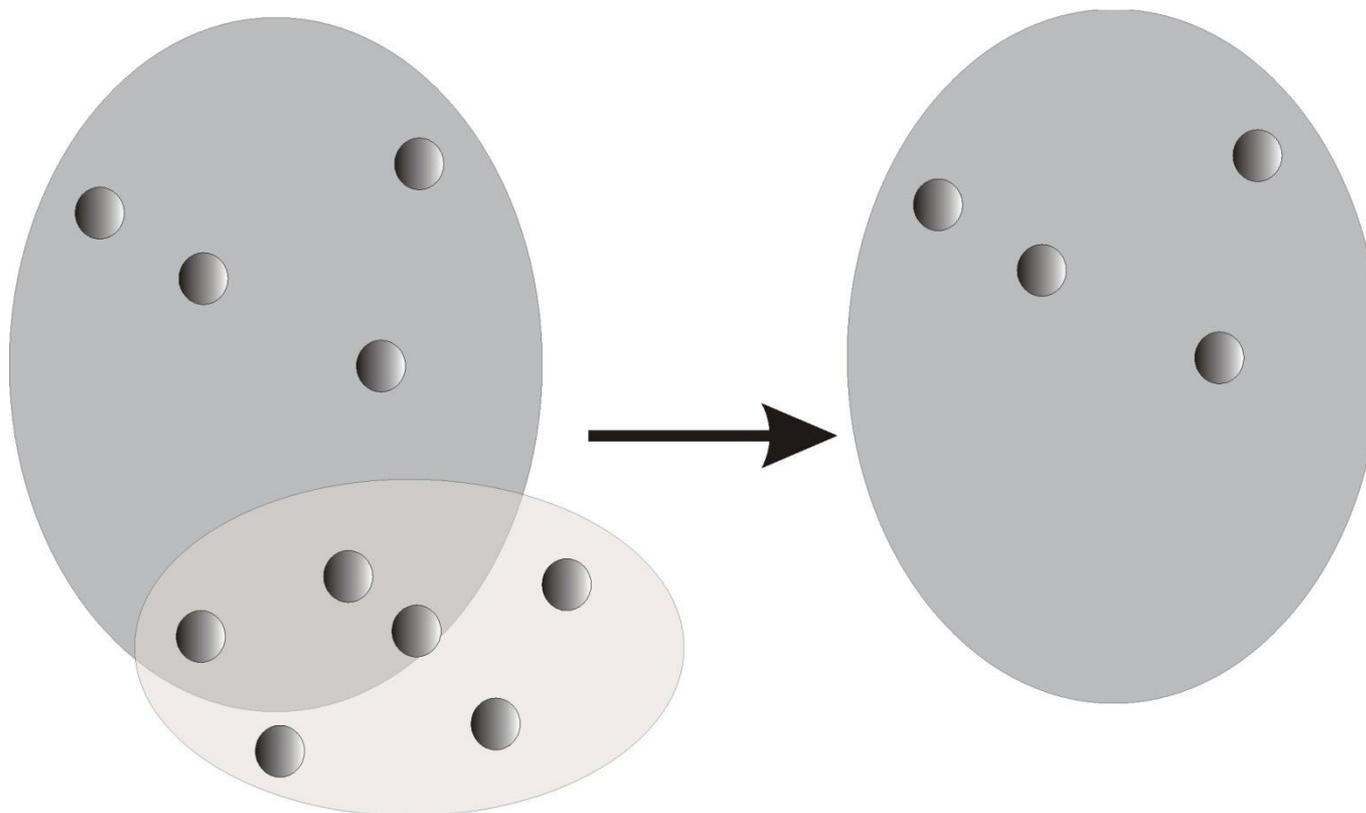
Создание групп процессов

- *пересечение* — в новую группу включаются все процессы, принадлежащие двум группам одновременно. Ранги им назначаются как в первой группе;



Создание групп процессов

- *разность* — в новую группу включаются все процессы первой группы, не входящие во вторую группу. Ранги назначаются как в первой группе.



Создание групп процессов

Новую группу можно создать только из уже существующих групп. Базовая группа, из которой формируются все другие группы, связана с коммуникатором `MPI_COMM_WORLD`. В подпрограммах создания групп, как правило, нельзя использовать пустой коммуникатор `MPI_COMM_NULL`.

Доступ к группе `group`, связанной с коммуникатором `comm` можно получить, обратившись к подпрограмме `MPI_Comm_group`:

```
int MPI_Comm_group(MPI_Comm comm, MPI_Group *group)

MPI_Comm_group(comm, group, ierr)
```

Ее выходным параметром является группа. Для выполнения операций с группой к ней сначала необходимо получить доступ.

Создание групп процессов

Подпрограмма `MPI_Group_incl` создает новую группу `newgroup` из `n` процессов, входящих в группу `oldgroup`. Ранги этих процессов содержатся в массиве `ranks`:

```
int MPI_Group_incl(MPI_Group oldgroup, int n, int *ranks,  
MPI_Group *newgroup)
```

```
MPI_Group_incl(oldgroup, n, ranks, newgroup, ierr)
```

В новую группу войдут процессы с рангами `ranks[0]`, ..., `ranks[n - 1]`, причем рангу `i` в новой группе соответствует ранг `ranks[i]` в старой группе. При `n = 0` создается пустая группа `MPI_GROUP_EMPTY`. С помощью данной подпрограммы можно не только создать новую группу, но и изменить порядок процессов в старой группе.

Создание групп процессов

Подпрограмма `MPI_Group_excl` создает группу `newgroup`, исключая из исходной группы (`group`) процессы с рангами `ranks[0]`, ..., `ranks[n - 1]`:

```
int MPI_Group_excl(MPI_Group oldgroup, int n, int *ranks,  
MPI_Group *newgroup)
```

```
MPI_Group_excl(oldgroup, n, ranks, newgroup, ierr)
```

При $n = 0$ новая группа тождественна старой.

Создание групп процессов

Подпрограмма `MPI_Group_range_incl` создает группу `newgroup` из группы `group`, добавляя в нее `n` процессов, ранг которых указан в массиве `ranks`:

```
int MPI_Group_range_incl(MPI_Group oldgroup, int n, int
ranks[][3], MPI_Group *newgroup)
```

```
MPI_Group_range_incl(oldgroup, n, ranks, newgroup, ierr)
```

Массив `ranks` состоит из целочисленных триплетов вида (первый_1, последний_1, шаг_1), ..., (первый_n, последний_n, шаг_n). В новую группу войдут процессы с рангами (по первой группе) первый_1, первый_1 + шаг_1,

Создание групп процессов

Подпрограмма `MPI_Group_range_excl` создает группу `newgroup` из группы `group`, исключая из нее `n` процессов, ранг которых указан в массиве `ranks`:

```
int MPI_Group_range_excl(MPI_Group group, int n, int  
ranks[][3], MPI_Group *newgroup)
```

```
MPI_Group_range_excl(group, n, ranks, newgroup, ierr)
```

Массив `ranks` устроен так же, как аналогичный массив в подпрограмме `MPI_Group_range_incl`.

Создание групп процессов

Подпрограмма `MPI_Group_difference` создает новую группу (`newgroup`) из разности двух групп (`group1`) и (`group2`):

```
int MPI_Group_difference(MPI_Group group1, MPI_Group group2,  
MPI_Group *newgroup)
```

```
MPI_Group_difference(group1, group2, newgroup, ierr)
```

Подпрограмма `MPI_Group_intersection` создает новую группу (`newgroup`) из пересечения групп `group1` и `group2`:

```
int MPI_Group_intersection(MPI_Group group1, MPI_Group group2,  
MPI_Group *newgroup)
```

```
MPI_Group_intersection(group1, group2, newgroup, ierr)
```

Создание групп процессов

Подпрограмма `MPI_Group_union` создает группу (`newgroup`), объединяя группы `group1` и `group2`:

```
int MPI_Group_union(MPI_Group group1, MPI_Group group2,  
MPI_Group *newgroup)
```

```
MPI_Group_union(group1, group2, newgroup, ierr)
```

Имеются и другие подпрограммы-конструкторы новых групп.

Создание групп процессов

Деструктор группы

Вызов подпрограммы `MPI_Group_free` уничтожает группу `group`:

```
int MPI_Group_free(MPI_Group *group)
```

```
MPI_Group_free(group, ierr)
```

Создание групп процессов

Получение информации о группе

Для определения количества процессов (`size`) в группе (`group`) используется подпрограмма `MPI_Group_size`:

```
int MPI_Group_size(MPI_Group group, int *size)
```

```
MPI_Group_size(group, size, ierr)
```

Создание групп процессов

Подпрограмма `MPI_Group_rank` возвращает ранг (`rank`) процесса в группе `group`:

```
int MPI_Group_rank(MPI_Group group, int *rank)
```

```
MPI_Group_rank(group, rank, ierr)
```

Если процесс не входит в указанную группу, возвращается значение `MPI_UNDEFINED`.

Создание групп процессов

Процесс может входить в несколько групп. Подпрограмма `MPI_Group_translate_ranks` преобразует ранг процесса в одной группе в его ранг в другой группе:

```
int MPI_Group_translate_ranks(MPI_Group group1, int n, int
*ranks1, MPI_Group group2, int *ranks2)
```

```
MPI_Group_translate_ranks(group1, n, ranks1, group2, ranks2,
ierr)
```

Эта функция используется для определения относительной нумерации одних и тех же процессов в двух разных группах.

Создание групп процессов

Подпрограмма `MPI_Group_compare` используется для сравнения групп `group1` и `group2`:

```
int MPI_Group_compare(MPI_Group group1, MPI_Group group2, int
*result)
```

```
MPI_Group_compare(group1, group2, result, ierr)
```

Результат выполнения этой подпрограммы:

- Если группы полностью совпадают, возвращается значение `MPI_IDENT`.
- Если члены обеих групп одинаковы, но их ранги отличаются, результатом будет значение `MPI_SIMILAR`.
- Если группы различны, результатом будет `MPI_UNEQUAL`.

Управление коммуниторами

Управление коммутаторами

Создание коммутатора — коллективная операция и соответствующая подпрограмма должна вызываться всеми процессами коммутатора.

Подпрограмма `MPI_Comm_dup` дублирует уже существующий коммутатор `oldcomm`:

```
int MPI_Comm_dup(MPI_Comm oldcomm, MPI_Comm *newcomm)
```

```
MPI_Comm_dup(oldcomm, newcomm, ierr)
```

В результате вызова создается новый коммутатор (`newcomm`) с той же группой процессов, с теми же атрибутами, но с другим контекстом.

Подпрограмма может применяться как к интра-, так и к интеркоммутаторам.

Управление коммутаторами

Подпрограмма `MPI_Comm_create` создает новый коммутатор (`newcomm`) из подмножества процессов (`group`) другого коммутатора (`oldcomm`):

```
int MPI_Comm_create(MPI_Comm oldcomm, MPI_Group group, MPI_Comm
*newcomm)
```

```
MPI_Comm_create(oldcomm, group, newcomm, ierr)
```

Вызов этой подпрограммы должны выполнить все процессы из старого коммутатора, даже если они не входят в группу `group`, с одинаковыми аргументами. Данная операция применяется только к интра-коммутаторам. Она позволяет выделять подмножества процессов со своими областями взаимодействия, если, например, требуется уменьшить «зернистость» параллельной программы. Побочным эффектом применения подпрограммы `MPI_Comm_create` является синхронизация процессов. Если одновременно создаются несколько коммутаторов, они должны создаваться в одной последовательности всеми процессами.

Управление коммутаторами

Пример создания коммутатора

```
#include "mpi.h"
#include <stdio.h>
int main(int argc, char *argv[])
{
    char message[24];
    MPI_Group MPI_GROUP_WORLD;
    MPI_Group group;
    MPI_Comm fcomm;
    int size, q, proc;
    int* process_ranks;
    int rank, rank_in_group;
    MPI_Status status;

    MPI_Init(&argc, &argv);
    MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &size);
    MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &rank);
```

Управление коммутаторами

```
printf("New group contains processes:");
q = size - 1;
process_ranks = (int*) malloc(q*sizeof(int));
for (proc = 0; proc < q; proc++)
{
    process_ranks[proc] = proc;
    printf("%i ", process_ranks[proc]);
}
printf("\n");
MPI_Comm_group(MPI_COMM_WORLD, &MPI_GROUP_WORLD);
MPI_Group_incl(MPI_GROUP_WORLD, q, process_ranks, &group);
MPI_Comm_create(MPI_COMM_WORLD, group, &fcomm);
if (fcomm != MPI_COMM_NULL) {
    MPI_Comm_group(fcomm, &group);
    MPI_Comm_rank(fcomm, &rank_in_group);
}
```

Управление коммутаторами

```
if (rank_in_group == 0) {
    strcpy(message, "Hi, Parallel Programmer!");
    MPI_Bcast(&message, 25, MPI_BYTE, 0, fcomm);
    printf("0 send: %s\n", message);
}
else
{
    MPI_Bcast(&message, 25, MPI_BYTE, 0, fcomm);
    printf("%i received: %s\n", rank_in_group, message);
}
MPI_Comm_free(&fcomm);
MPI_Group_free(&group);
}
MPI_Finalize();
return 0;
}
```

Управление коммутаторами

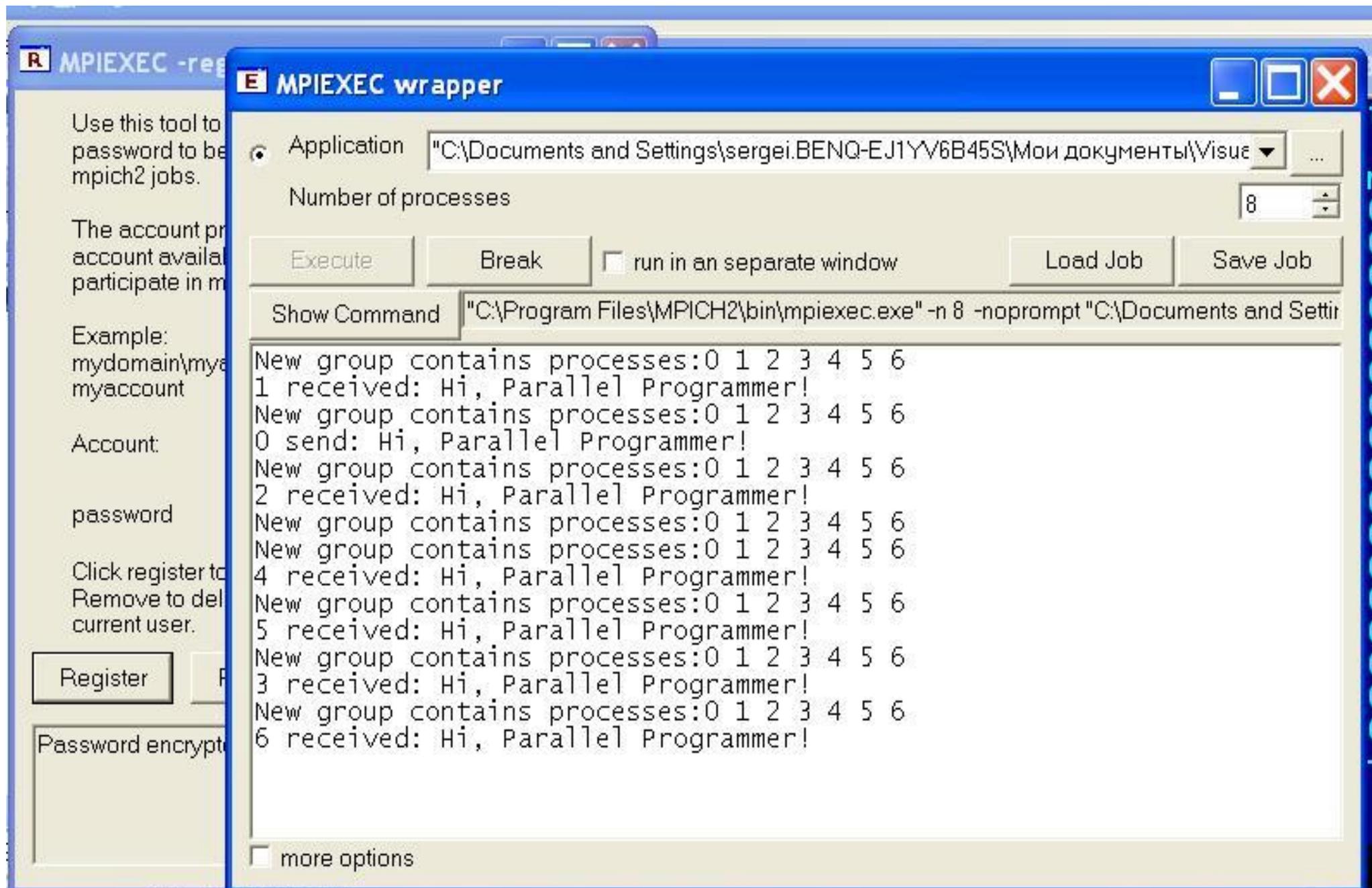
Эта программа работает следующим образом. Пусть в коммутатор `MPI_COMM_WORLD` входят `p` процессов. Сначала создается список процессов, которые будут входить в область взаимодействия нового коммутатора. Затем создается группа, состоящая из этих процессов. Для этого требуются две операции. Первая определяет группу, связанную с коммутатором `MPI_COMM_WORLD`. Новая группа создается вызовом подпрограммы `MPI_Group_incl`. Затем создается новый коммутатор. Для этого используется подпрограмма `MPI_Comm_create`. Новый коммутатор — `fcomm`. В результате всех этих действий все процессы, входящие в коммутатор `fcomm`, смогут выполнять операции коллективного обмена, но только между собой.

Результат выполнения программы:

Управление коммутаторами

```
[nemnugin@pd00 ~]$ mpiexec -n 8 ./a.out
New group contains processes:0 1 2 3 4 5 6
New group contains processes:0 1 2 3 4 5 6
New group contains processes:0 1 2 3 4 5 6
New group contains processes:0 1 2 3 4 5 6
New group contains processes:0 1 2 3 4 5 6
New group contains processes:0 1 2 3 4 5 6
New group contains processes:0 1 2 3 4 5 6
New group contains processes:0 1 2 3 4 5 6
0 send: Hi, Parallel Programmer!
2 received: Hi, Parallel Programmer!
1 received: Hi, Parallel Programmer!
6 received: Hi, Parallel Programmer!
3 received: Hi, Parallel Programmer!
5 received: Hi, Parallel Programmer!
4 received: Hi, Parallel Programmer!
[nemnugin@pd00 ~]$
```

Управление коммуникаторами



Управление коммутаторами

Подпрограмма `MPI_Comm_split` позволяет создать несколько коммутаторов сразу:

```
int MPI_Comm_split(MPI_Comm oldcomm, int split, int rank,  
MPI_Comm* newcomm)
```

```
MPI_Comm_split(oldcomm, split, rank, newcomm, ierr)
```

Группа процессов, связанных с коммутатором `oldcomm`, разбивается на непересекающиеся подгруппы, по одной для каждого значения аргумента `split`. Процессы с одинаковым значением `split` образуют новую группу. Ранг в новой группе определяется значением `rank`.

Управление коммутаторами

Если процессы А и В вызывают `MPI_Comm_split` с одинаковым значением `split`, а аргумент `rank`, переданный процессом А, меньше, чем аргумент, переданный процессом В, ранг А в группе, соответствующей новому коммутатору, будет меньше ранга процесса В. Если же в вызовах используется одинаковое значение `rank`, система присвоит ранги произвольно. Для каждой подгруппы создается собственный коммутатор `newcomm`.

`MPI_Comm_split` — коллективная подпрограмма, ее должны вызвать все процессы из старого коммутатора, даже если они не войдут в новый коммутатор. Для этого в качестве аргумента `split` в подпрограмму передается predeterminedенная константа `MPI_UNDEFINED`. Соответствующие процессы вернут в качестве нового коммутатора значение `MPI_COMM_NULL`. Новые коммутаторы, созданные подпрограммой `MPI_Comm_split`, не пересекаются.

Управление коммуникаторами

В следующем примере создаются три новых коммуникатора (если исходный коммуникатор `comm` содержит не менее трех процессов):

```
MPI_Comm comm, newcomm;  
int rank, split;  
MPI_Comm_rank(comm, &rank);  
split = rank%3;  
MPI_Comm_split(comm, split, rank, &newcomm);
```

Если количество процессов 9, каждый новый коммуникатор будет содержать 3 процесса. Это можно использовать, например, для того, чтобы расщепить двумерную решетку 3x3, с каждым узлом которой связан один процесс, на 3 одномерных подрешетки.

Управление коммуникаторами

В следующем примере процессы разбиваются на две группы. Одна содержит процессы с чётными рангами, а другая – с нечётными.

```
#include "stdio.h"
#include "mpi.h"

void main(int argc, char *argv[])
{
    int num, p;
    int Neven, Nodd, members[6], even_rank, odd_rank;
    MPI_Group group_world, even_group, odd_group;

    MPI_Init(&argc, &argv);
    MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &num);
    MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &p);
```

Управление коммутаторами

```
Neven = (p + 1) / 2;
Nodd = p - Neven;
members[0] = 2;
members[1] = 0;
members[2] = 4;
MPI_Comm_group(MPI_COMM_WORLD, &group_world);
MPI_Group_incl(group_world, Neven, members, &even_group);
MPI_Group_excl(group_world, Neven, members, &odd_group);
MPI_Barrier(MPI_COMM_WORLD);
if(num == 0) {
    printf("Number of processes is %d\n", p);
    printf("Number of odd processes is %d\n", Nodd);
    printf("Number of even processes is %d\n", Neven);
    printf("members[0] is assigned rank %d\n", members[0]);
    printf("members[1] is assigned rank %d\n", members[1]);
    printf("members[2] is assigned rank %d\n", members[2]);
    printf("\n");
    printf("      num      even      odd\n");
}
```

Управление коммутаторами

```
MPI_Barrier(MPI_COMM_WORLD);  
MPI_Group_rank(even_group, &even_rank);  
MPI_Group_rank( odd_group,  &odd_rank);  
printf("%8d %8d %8d\n", num, even_rank, odd_rank);  
MPI_Finalize();  
}
```

Управление коммуникаторами

Результат выполнения:

```
[nemnugin@pd00 ~]$ mpiexec -n 4 ./a.out
Number of processes is 4
Number of odd processes is 2
Number of even processes is 2
members[0] is assigned rank 2
members[1] is assigned rank 0
members[2] is assigned rank 4

    Iam      even      odd
      0         1    -32766
      2         0    -32766
      1    -32766         0
      3    -32766         1
[nemnugin@pd00 ~]$
```

Управление коммутаторами

Подпрограмма `MPI_Comm_free` помечает коммутатор `comm` для удаления:

```
int MPI_Comm_free(MPI_Comm *comm)
```

```
MPI_Comm_free(comm, ierr)
```

Обмены, связанные с этим коммутатором, завершаются обычным образом, а сам коммутатор удаляется только после того, как на него не будет активных ссылок. Данная операция может применяться к коммутаторам обоих видов (интра- и интер-). `MPI_Comm_free` — *деструктор коммутатора*.

Управление коммутаторами

Сравнение двух коммутаторов (`comm1`) и (`comm2`) выполняется подпрограммой `MPI_Comm_compare`:

```
int MPI_Comm_compare(MPI_Comm comm1, MPI_Comm comm2, int
*result)
```

```
MPI_Comm_compare(comm1, comm2, result, ierr)
```

Результат ее выполнения `result` — целое значение, которое равно:

- `MPI_IDENT`, если контексты и группы коммутаторов совпадают;
- `MPI_CONGRUENT`, если совпадают только группы;
- `MPI_UNEQUAL`, если не совпадают ни группы, ни контексты.

В качестве аргумента нельзя использовать пустой коммутатор

`MPI_COMM_NULL`.

Управление коммутаторами

К числу операций управления коммутаторами можно отнести операции `MPI_Comm_size` и `MPI_Comm_rank`. Они позволяют, в частности, распределить роли между процессами в модели «хозяин — работник» (master-slave).

Управление коммутаторами

С помощью подпрограммы `MPI_Comm_set_name` можно присвоить коммутатору `comm` строковое имя `name`:

```
int MPI_Comm_set_name(MPI_Comm com, char *name)
```

```
MPI_Comm_set_name(comm, name, ierr)
```

и наоборот, подпрограмма `MPI_Comm_get_name` возвращает `name` — строковое имя коммутатора `comm`:

```
int MPI_Comm_get_name(MPI_Comm comm, char *name, int *reslen)
```

```
MPI_Comm_get_name(comm, name, reslen, ierr)
```

Имя представляет собой массив символьных значений, длина которого должна быть не менее `MPI_MAX_NAME_STRING`. Длина имени — выходной параметр `reslen`.

Управление коммуникаторами

Две области взаимодействия можно объединить в одну. Подпрограмма `MPI_Intercomm_merge` создает интракоммуникатор `newcomm` из интеркоммуникатора `oldcomm`:

```
int MPI_Intercomm_merge(MPI_Comm oldcomm, int high, MPI_Comm  
*newcomm)
```

```
MPI_Intercomm_merge(oldcomm, high, newcomm, ierr)
```

Параметр `high` здесь используется для упорядочения групп обоих интракоммуникаторов в `comm` при создании нового коммуникатора.

Управление коммутаторами

Доступ к удаленной группе, связанной с интеркоммуникатором `comm`, можно получить, обратившись к подпрограмме:

```
int MPI_Comm_remote_group(MPI_Comm comm, MPI_Group *group)
MPI_Comm_remote_group(comm, group, ierr)
```

Ее выходным параметром является удаленная группа `group`.

Управление коммутаторами

Подпрограмма `MPI_Comm_remote_size` определяет размер удаленной группы, связанной с интеркоммуникатором `comm`:

```
int MPI_Comm_remote_size(MPI_Comm comm, int *size)
```

```
MPI_Comm_remote_size(comm, size, ierr)
```

Ее выходной параметр `size` — количество процессов в области взаимодействия, связанной с коммуникатором `comm`.

Операции обмена между группами процессов

Интеробмены

При выполнении интеробмена процессу-источнику сообщения указывается ранг адресата относительно удаленной группы, а процессу-получателю — ранг источника (также относительно удаленной по отношению к получателю группы). Обмен выполняется между лидерами обеих групп (MPI-1). Предполагается, что в обеих группах есть, по крайней мере, по одному процессу, который может обмениваться сообщениями со своим партнером.

Интеробмены

Интеробмен возможен, только если создан соответствующий интеркоммуникатор, а это можно сделать с помощью подпрограммы:

```
int MPI_Intercomm_create(MPI_Comm local_comm, int local_leader,  
MPI_Comm peer_comm, int remote_leader, int tag, MPI_Comm  
*new_intercomm)
```

```
MPI_Intercomm_create(local_comm, local_leader, peer_comm,  
remote_leader, tag, new_intercomm, ierr)
```

Входные параметры этой подпрограммы:

- `local_comm` — локальный интракоммуникатор;
- `local_leader` — ранг лидера в локальном коммуникаторе (обычно 0);
- `peer_comm` — удаленный коммуникатор;
- `remote_leader` — ранг лидера в удаленном коммуникаторе (обычно 0);
- `tag` — тег интеркоммуникатора, используемый лидерами обеих групп для обменов в контексте родительского коммуникатора.

Интеробмены

Выходной параметр —интеркоммуникатор (`new_intercomm`). «Джокеры» в качестве параметров использовать нельзя. Вызов этой подпрограммы должен выполняться в обеих группах процессов, которые должны быть связаны между собой. В каждом из этих вызовов используется локальный интракоммуникатор, соответствующий данной группе процессов.

ВНИМАНИЕ

При работе с `MPI_Intercomm_create` локальная и удаленная группы процессов не должны пересекаться, иначе возможны «тупики».

Интеробмены

Пример создания интеркоммуникаторов

```
#include "mpi.h"
#include <stdio.h>
int main(int argc, char *argv[])
{
    int counter, message, myid, numprocs, server;
    int color, remote_leader_rank, i, ICTAG = 0;
    MPI_Status status;
    MPI_Comm oldcommdup, splitcomm, oldcomm, inter_comm;
    MPI_Init(&argc, &argv);
    oldcomm = MPI_COMM_WORLD;
    MPI_Comm_dup(oldcomm, &oldcommdup);
    MPI_Comm_size(oldcommdup, &numprocs);
    MPI_Comm_rank(oldcommdup, &myid);
    server = numprocs - 1;
    color = (myid == server);
    MPI_Comm_split(oldcomm, color, myid, &splitcomm);
```

Интеробмены

```
if(!color) {
    remote_leader_rank = server;
}
else {
    remote_leader_rank = 0;
}
MPI_Intercomm_create(splitcomm, 0, oldcommdup,
remote_leader_rank, ICTAG, &inter_comm);
MPI_Comm_free(&oldcommdup);
if (myid == server) {
    for(i = 0; i<server; i++){
        MPI_Recv(&message, 1, MPI_INT, i, MPI_ANY_TAG, inter_comm,
&status);
        printf("Process rank %i received %i from %i\n", myid,
message, status.MPI_SOURCE);}
}
```

Интеробмены

```
else{
  counter = myid;
  MPI_Send(&counter, 1, MPI_INT, 0, 0, inter_comm);
  printf("Process rank %i send %i\n", myid, counter);
}
MPI_Comm_free(&inter_comm );
MPI_Finalize();
}
```

Интеробмены

В этой программе процессы делятся на две группы: первая состоит из одного процесса (процесс с максимальным рангом в исходном коммуникаторе `MPI_COMM_WORLD`), это — «сервер», а во вторую входят все остальные процессы. Между этими группами и создается интеркоммуникатор `inter_comm`. Процессы-клиенты передают серверу сообщения. Сервер принимает эти сообщения с помощью подпрограммы стандартного блокирующего двухточечного приема и выводит их на экран. «Ненужные» коммуникаторы удаляются. Распечатка вывода этой программы выглядит следующим образом:

Интеробмены

```
[nemnugin@pd00 ~]$ mpiexec -n 10 ./a.out
Process rank 0 send 0
Process rank 1 send 1
Process rank 8 send 8
Process rank 5 send 5
Process rank 3 send 3
Process rank 7 send 7
Process rank 9 received 0 from 0
Process rank 9 received 1 from 1
Process rank 4 send 4
Process rank 2 send 2
Process rank 6 send 6
Process rank 9 received 2 from 2
Process rank 9 received 3 from 3
Process rank 9 received 4 from 4
Process rank 9 received 5 from 5
Process rank 9 received 6 from 6
Process rank 9 received 7 from 7
Process rank 9 received 8 from 8
[nemnugin@pd00 ~]$
```

Заключение

В этой лекции мы рассмотрели:

- способы создания групп процессов;
- способы создания коммуникаторов;
- особенности использования интра- и интеркоммуникаторов;
- организацию обменов между двумя группами процессов.

Задания для самостоятельной работы

Решения следует высылать по электронной почте:

parallel-g112@yandex.ru

Задания для самостоятельной работы

1. Напишите параллельную программу, в которой создаются N групп процессов, и обмен между этими группами выполняется по замкнутому кольцу.
2. Напишите программу, в которой все процессы наделяются логической топологией двумерной решётки. Эта решётка разбивается на блоки, каждому из которых сопоставляется собственный коммутатор.

Тема следующей лекции

Пользовательские типы. Виртуальные топологии