Библиотека MPI: Основные понятия и функции

Лекция 4

Основные свойства

- MPI - *Message Passing Interface*, интерфейс передачи сообщений
- Стандарт MPI 4.0
- Языки программирования:
  - FORTRAN/Matlab
  - C/C++
- Более 120 функций
- SPMD-модель параллельного программирования

Основные свойства

- Наличие групп процессов (безопасность сообщений), топологий процессов
- Структурирование передаваемого сообщения, типизация, гетерогенность
- Режимы: normal (blocking and non-blocking), synchronous, buffered
- Большое разнообразие коллективных операций

Чего нет в MPI

- Функции управления процессами
- Работа с удаленной памятью
- Разделяемая общая память
- Потоки

Основные понятия

- MPI-программа – программа запускаемая одновременно на нескольких процессорах
- Каждая копия программы выполняется как отдельный процесс

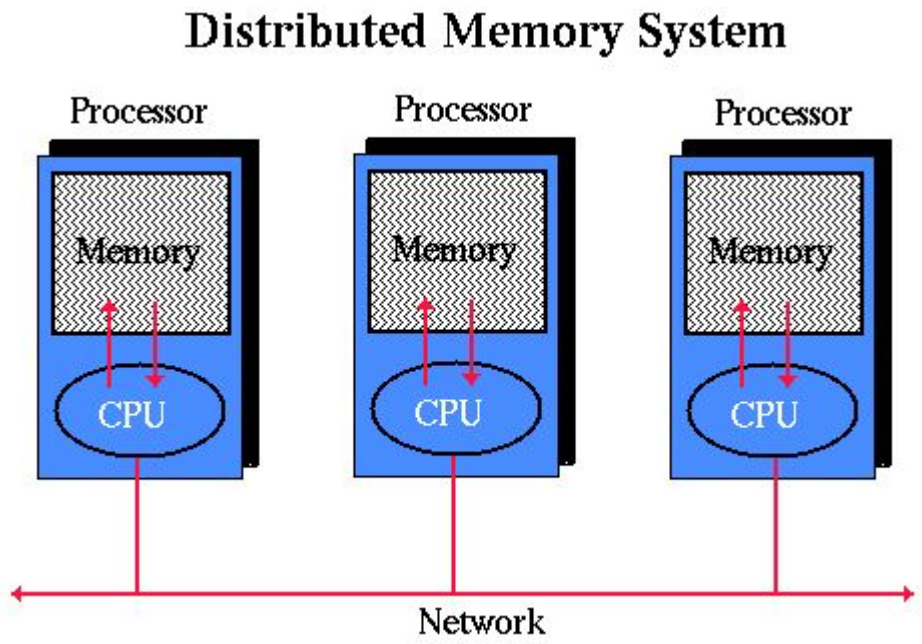


Рис. 1. Модель архитектуры

Основные понятия

- Код программы параметризуется номером процесса.
- С помощью служебных функций MPI процесс может получить информацию о количестве одновременно запущенных процессов и свой номер.

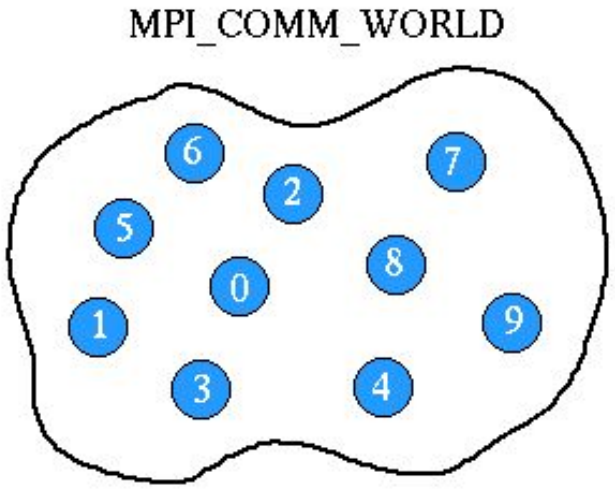


Рис. 2. Пример области связности

Основные понятия

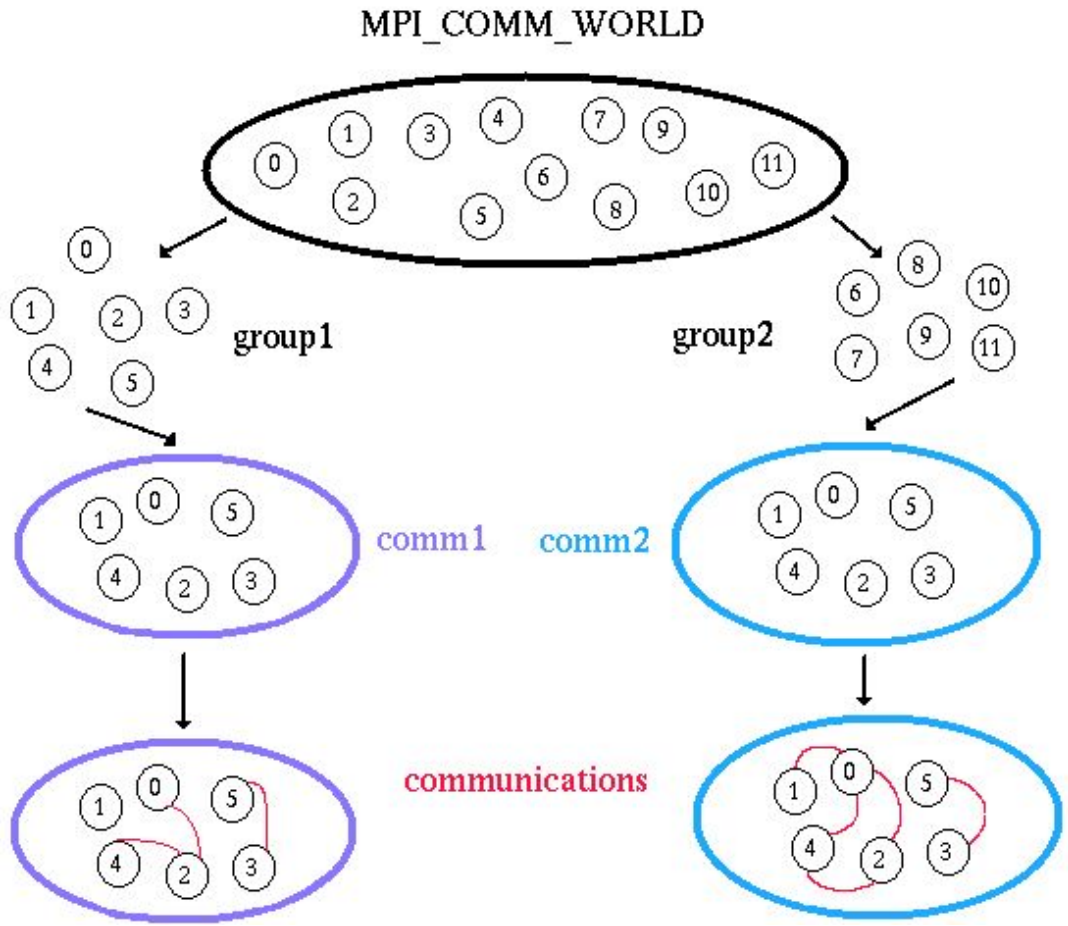


Рис. 3. Коммуникаторы и группы в MPI

Основные понятия

- Коммуникационные функции MPI предоставляют процессам MPI-программы различные способы взаимодействия: индивидуальные, групповые.

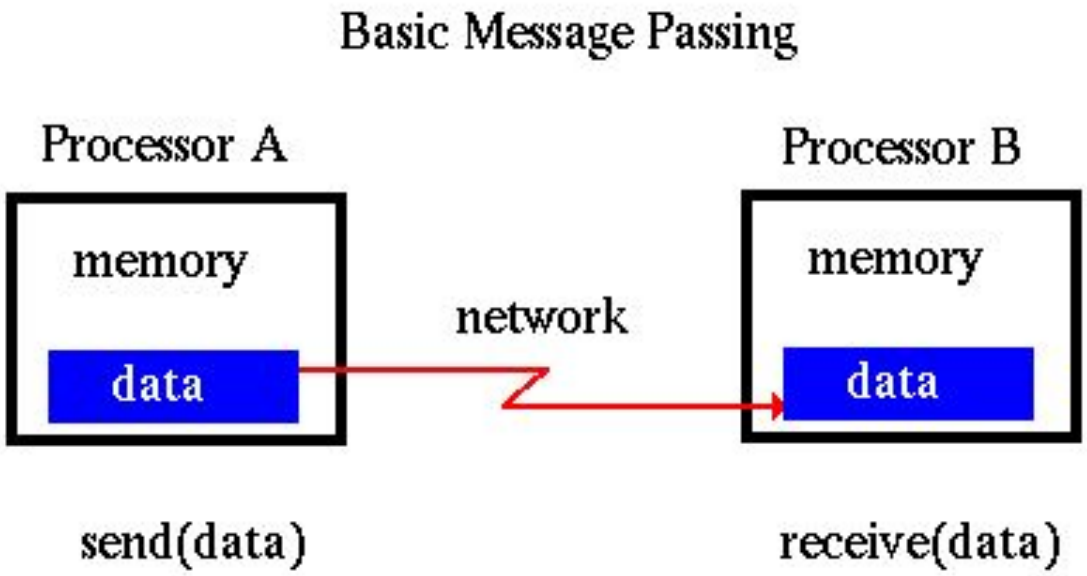


Рис. 4. Схема коммуникаций в MPI

Коммуникации точка-точка

- Блокируемые / неблокируемые
- Синхронные / асинхронные
- Буферизованные
- Пересылка по готовности

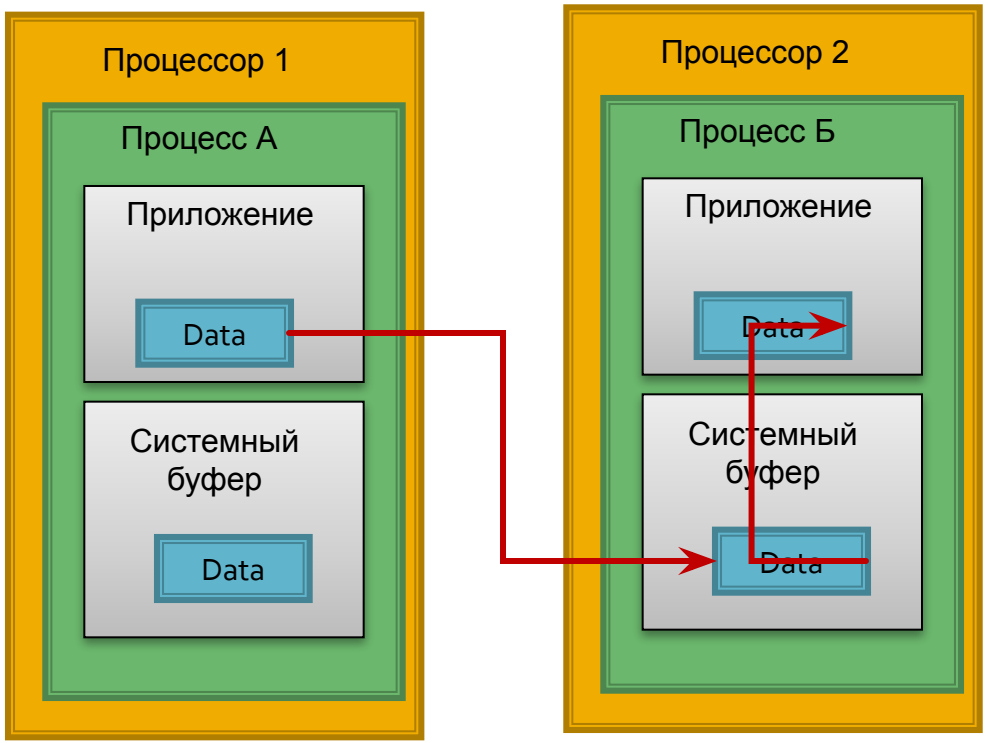


Рис. 5. Схема передачи сообщений “точка-точка” в MPI

Основные соглашения

- Регистр символов существенен в С, и не играет роли в Фортране.
- Все идентификаторы начинаются с префикса **MPI_.** Префиксы **MPID_, MPIR_ и PMPI_** применяются в служебных целях.
- Имена констант записываются заглавными буквами: **MPI_COMM_WORLD, MPI_FLOAT**.
- В именах функций только первая за префиксом буква – заглавная: **MPI_Send, MPI_Comm_size.**
- Определение всех именованных констант, прототипов функций и определение типов выполняется в языке С подключением файла **mpi.h**, а в Фортране – **mpif.h**.

Соответствие между MPI-типами и типами языка Си

тип MPI	тип языка Си
`MPI_CHAR`	`signed char`
`MPI_SHORT`	`signed short int`
`MPI_INT`	`signed int`
`MPI_LONG`	`signed long int`
`MPI_UNSIGNED_CHAR`	`unsigned char`
`MPI_UNSIGNED_SHORT`	`unsigned short int`
`MPI_UNSIGNED`	`unsigned int`
`MPI_UNSIGNED_LONG`	`unsigned long int`
`MPI_FLOAT`	`float`
`MPI_DOUBLE`	`double`
`MPI_LONG_DOUBLE`	`long double`
`MPI_BYTE, MPI_PACKED`	

Первая программа

```
#include <stdio.h>
#include "mpi.h"
int main( argc, argv )
int  argc; char **argv;
{    int rank, size;
    MPI_Init( &argc, &argv );
    MPI_Comm_size( MPI_COMM_WORLD, &size );
    MPI_Comm_rank( MPI_COMM_WORLD, &rank );
    printf( "Hello from process %d of %d\n",
     rank, size );
    MPI_Finalize();
    return 0;
}
```

Основные функции

- `int MPI_Init(int *argc, char ***argv)`
- `int MPI_Finalize(void)`
- `int MPI_Comm_size(MPI_Comm comm, int *size)`
- `int MPI_Comm_rank(MPI_Comm comm, int *rank)`
- `MPI_Get_processor_name (*name,*resultlength)`

Компиляция и запуск

```
% mpicc -o helloworld helloworld.c
% mpirun -np 4 helloworld

Hello world from process 0 of 4
Hello world from process 3 of 4
Hello world from process 1 of 4
Hello world from process 2 of 4
```

Передача «точка-точка»

```
int MPI_Send(void* buf, int count,
        MPI_Datatype datatype,
        int dest, int tag,
        MPI_Comm comm)

int MPI_Recv(void* buf, int count,
           MPI_Datatype datatype,
           int source, int tag,
        MPI_Comm comm,
        MPI_Status *status)
```

- MPI_ANY_SOURCE
- MPI_ANY_TAG

Функция MPI_Test

```
MPI_Test(*request,*flag,*status)

MPI_Testany (count,*array_of_requests,
             *index,*flag,*status)

MPI_Testall (count,*array_of_requests,
             *flag,*array_of_statuses)

MPI_Testsome (incount,*array_of_requests,
              *outcount,*array_of_offsets,
              *array_of_statuses)
```

Функция MPI_Wait

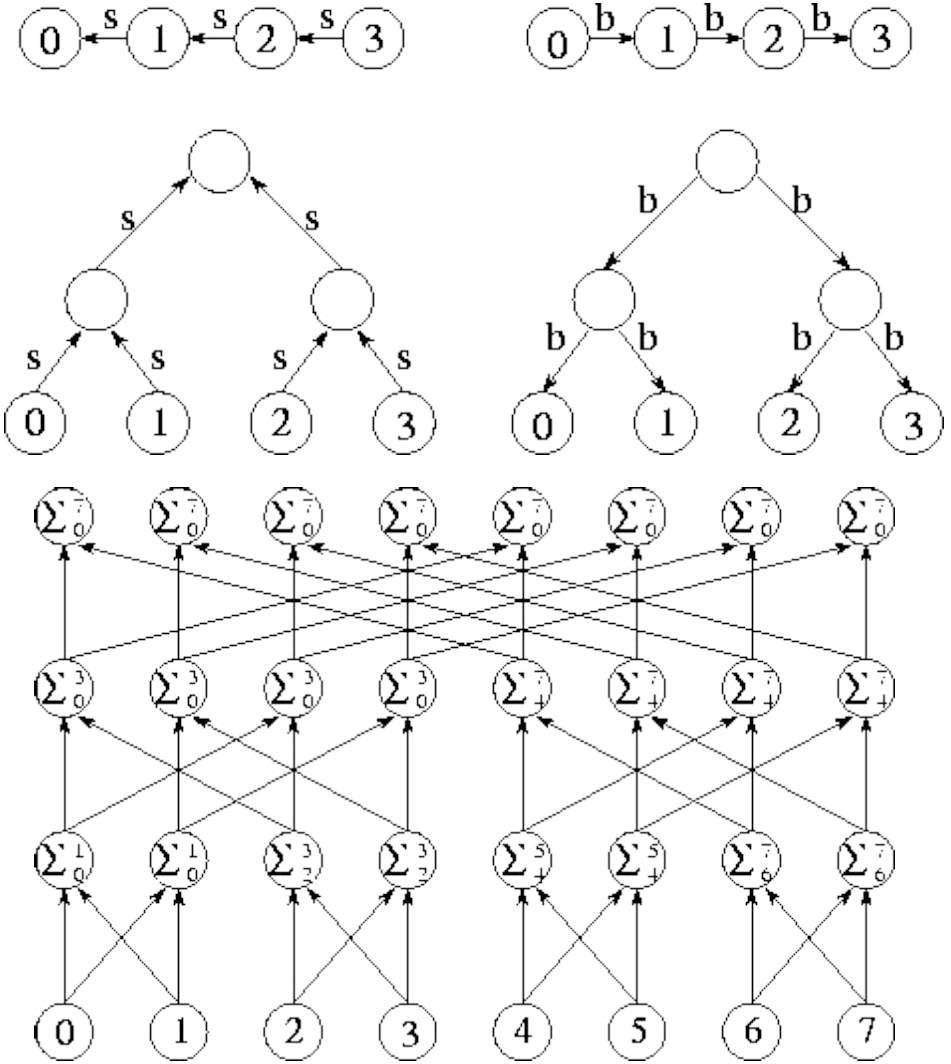
```
MPI_Wait (*request,*status)

MPI_Waitany (count,*array_of_requests,*index,
             *status)

MPI_Waitall (count,*array_of_requests,
             *array_of_statuses)

MPI_Waitsome (incount,*array_of_requests,
              *outcount,
              *array_of_offsets,
              *array_of_statuses)
```

Редукция с последующей общей рассылкой

Варианты: 1

2

3



Количество процессов = 8

Последовательный вариант редукции

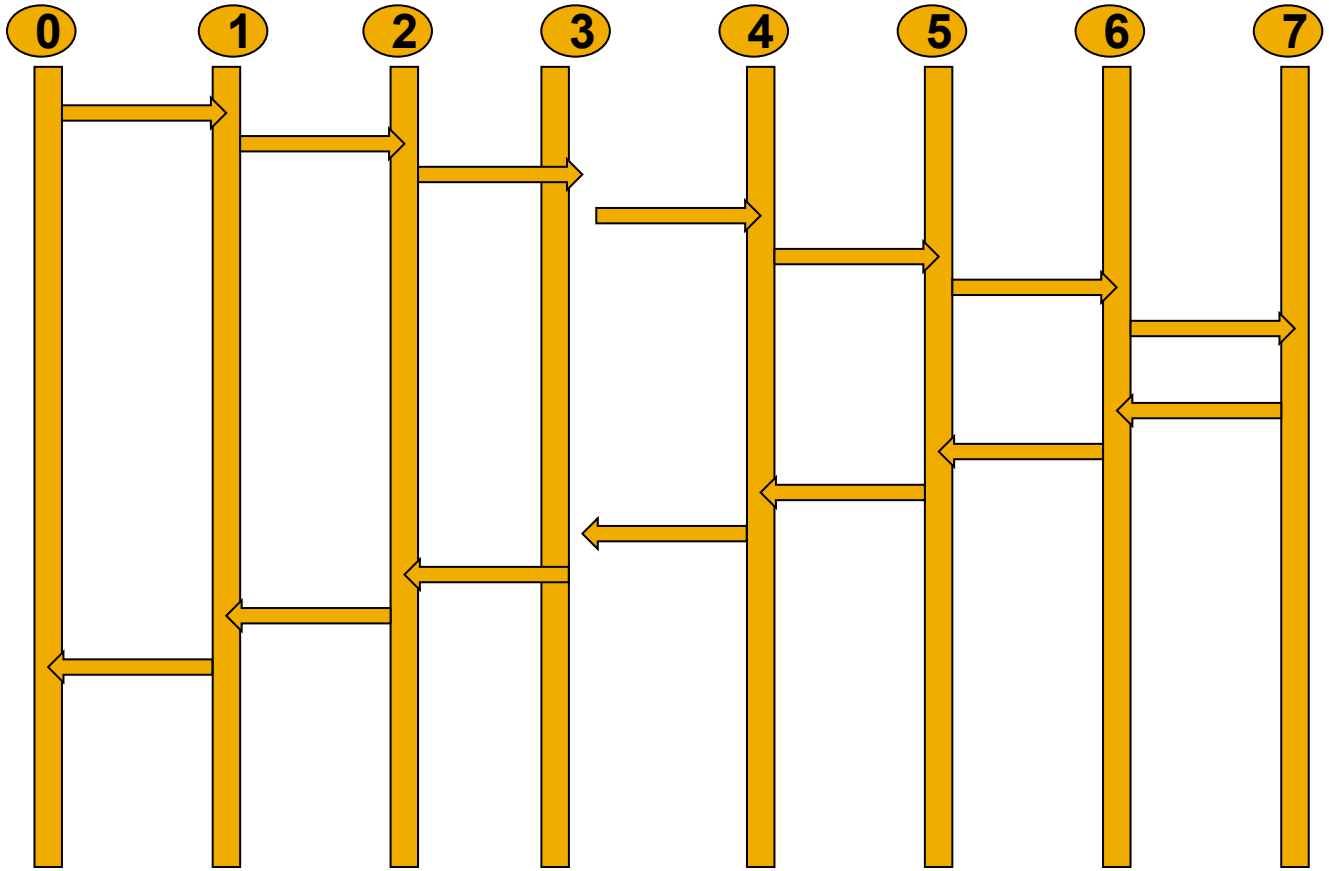


Рис. 6. Схема редукции

Вариант редукции: пирамида

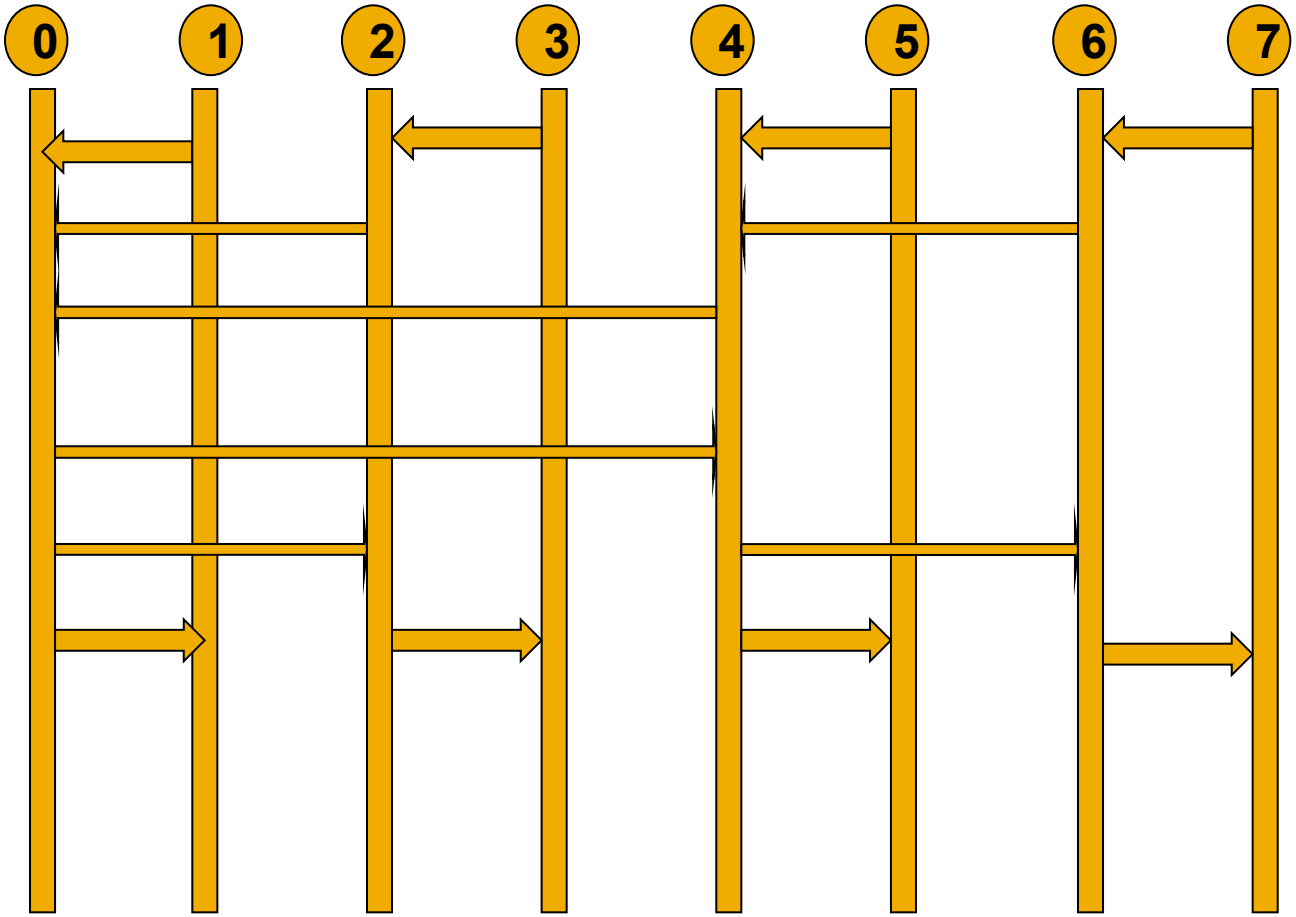


Рис. 7. Схема редукции

Вариант редукции: бабочка

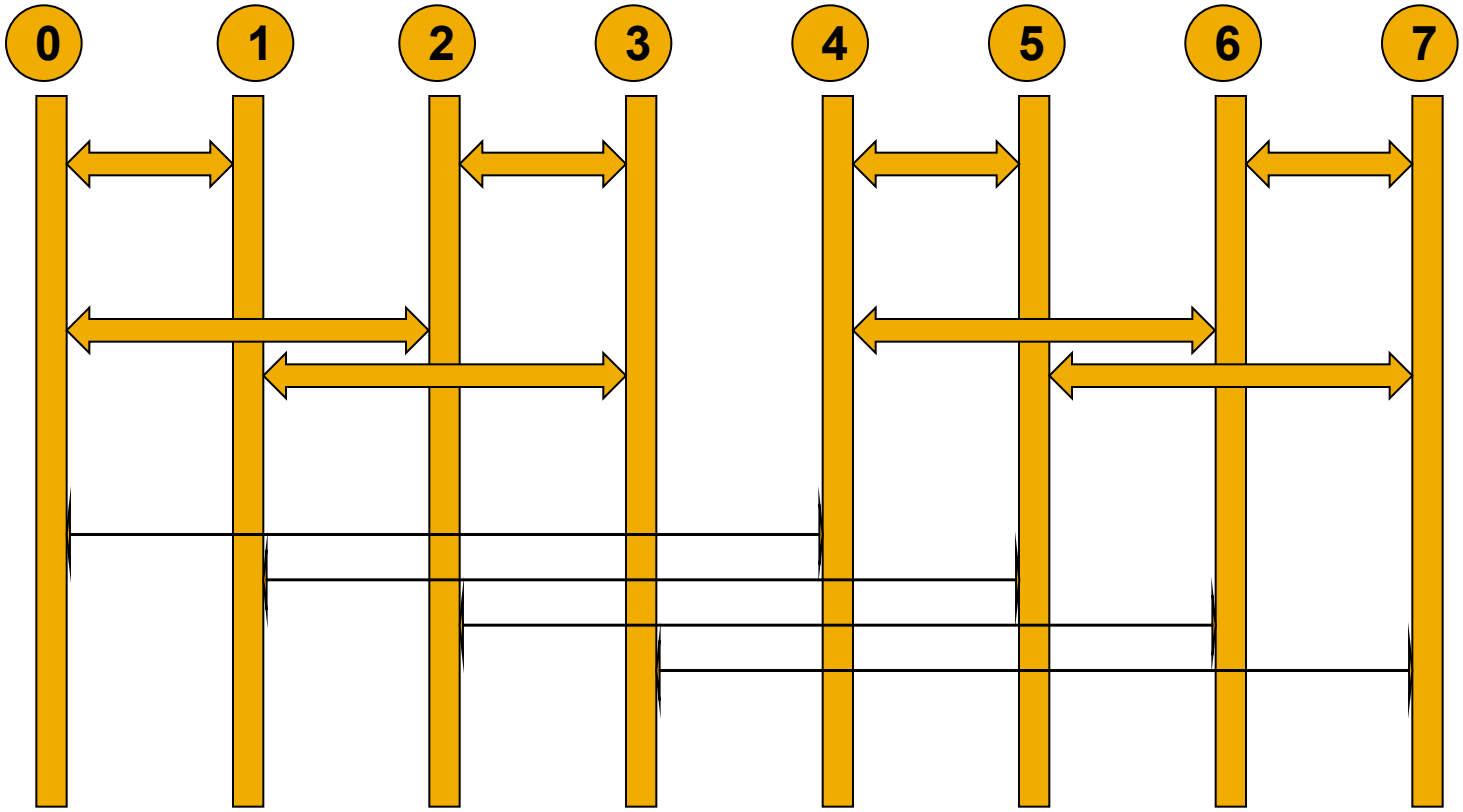


Рис. 8. Схема редукции

Виды операций пересылки сообщений «точка-точка»

Blocking sends	`MPI_Send(buffer,count,type,dest, tag, comm)`
Non-blocking sends	`MPI_Isend(buffer,count,type,dest, Tag,comm,request)`
Blocking receive	`MPI_Recv(buffer,count,type,source, tag,comm,status)`
Non-blocking receive	`MPI_Irecv(buffer,count,type,source, tag,comm,request)`

Функция MPI_Ssend

```
MPI_Ssend(*buf,
count,datatype,
dest,tag,comm)

MPI_SSEND(buf,
count,datatype,
dest,tag,comm,
ierr)
```

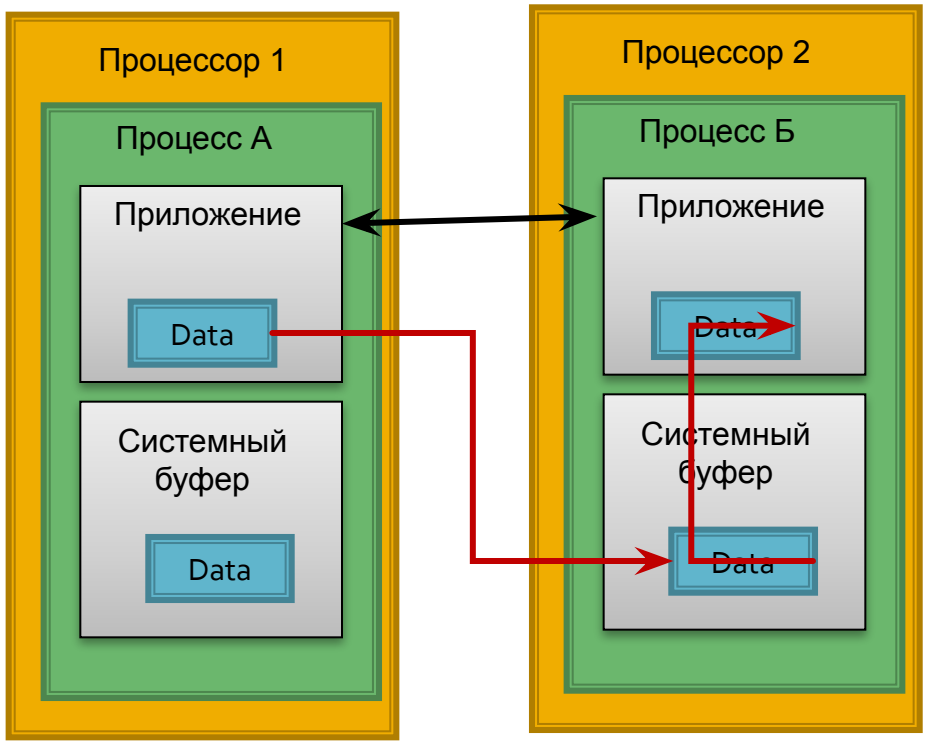


Рис. 9. Схема передачи сообщений “точка-точка” в MPI

Функция MPI_Bsend

```
MPI_Bsend(*buf,
count,datatype,
dest,tag,comm)

MPI_Buffer_attach
 (*buffer,size)
MPI_Buffer_detach
 (*buffer,size)
```

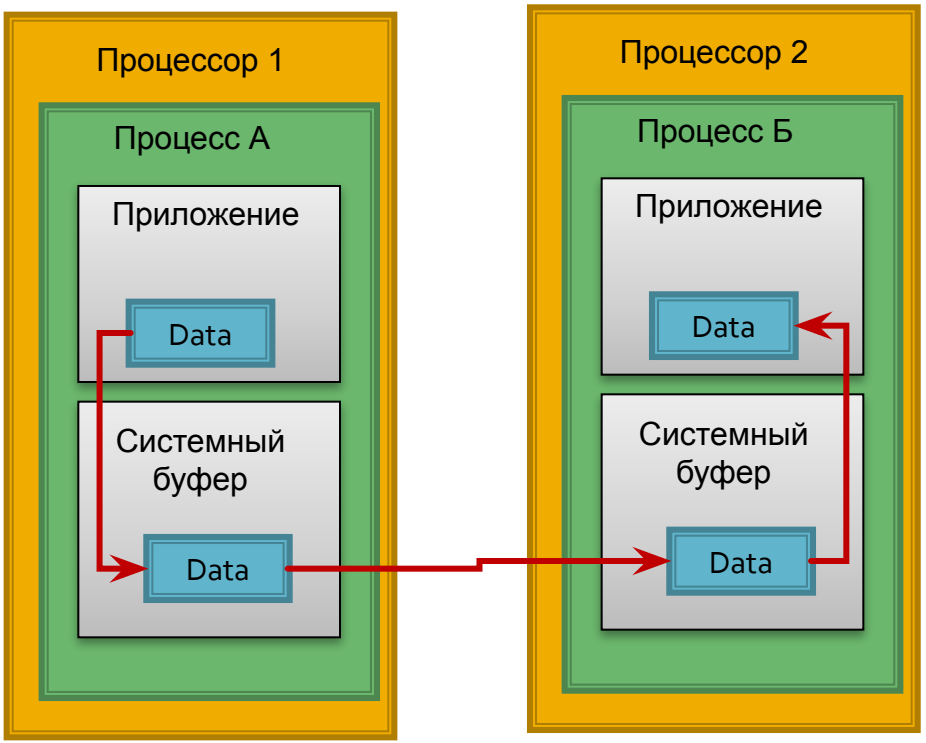


Рис. 11. Схема передачи сообщений “точка-точка” в MPI

Функция MPI_Rsend

```
MPI_Rsend(*buf,
count,datatype,
dest,tag,comm)

MPI_Probe
 (source,tag,
comm,*status)
```

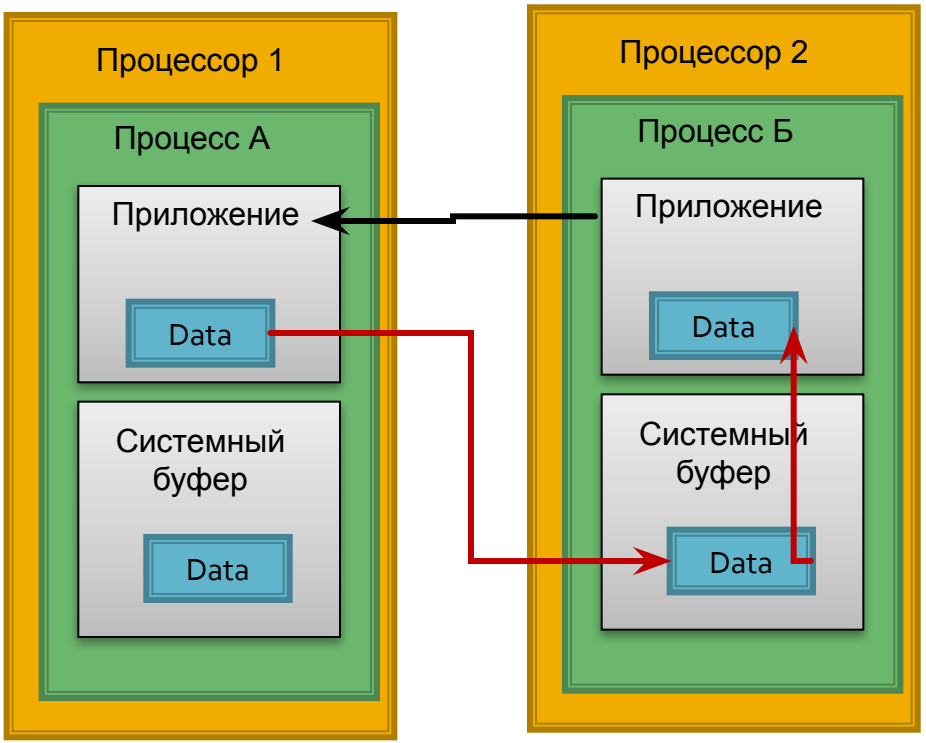


Рис. 12. Схема передачи сообщений “точка-точка” в MPI

Функция MPI_Sendrecv

```
MPI_Sendrecv(*sendbuf,sendcount,sendtype,
             dest,sendtag,
             *recvbuf,recvcount,recvtype,
             source,recvtag,comm,*status)
```

Коллективные операции

- Необходимы для общего взаимодействия и синхронизации процессов.
- Функция общей синхронизации:

```
int MPI_Barrier(MPI_Comm comm)
```

Широковещательная рассылка данных

int MPI_Bcast(void* buffer, int count, MPI_Datatype datatype, int root, MPI_Comm comm)

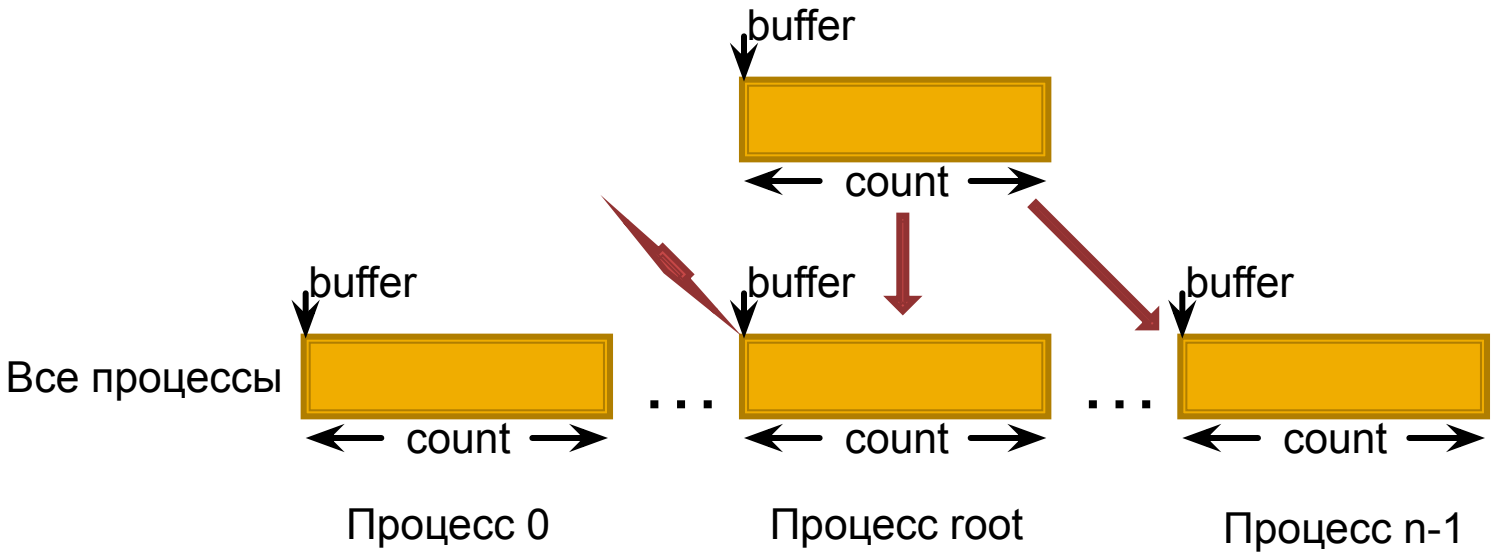


Рис. 1. Схема взаимодействия

Функции сбора блоков данных от всех процессов группы

int MPI_Gather(void* sendbuf, int sendcount, MPI_Datatype sendtype, void* recvbuf, int recvcount, MPI_Datatype recvtype, int root, MPI_Comm comm)

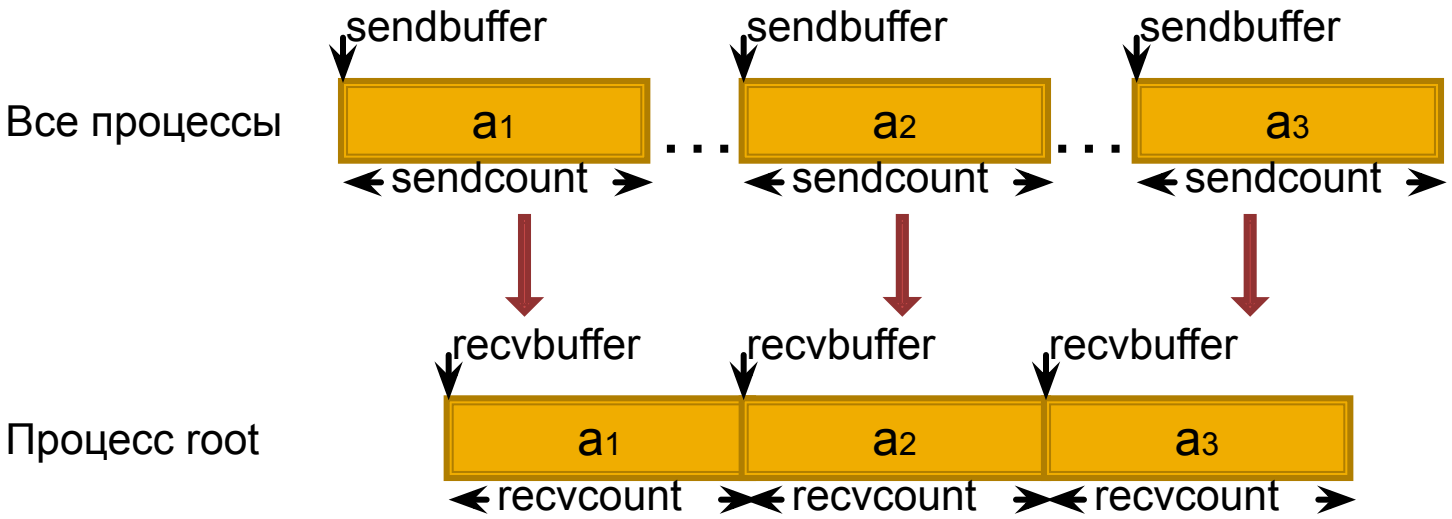


Рис. 2. Схема взаимодействия

Функции сбора блоков данных от всех процессов группы

int MPI_Allgather(void* sendbuf, int sendcount, MPI_Datatype sendtype, void* recvbuf, int recvcount, MPI_Datatype recvtype, MPI_Comm comm)

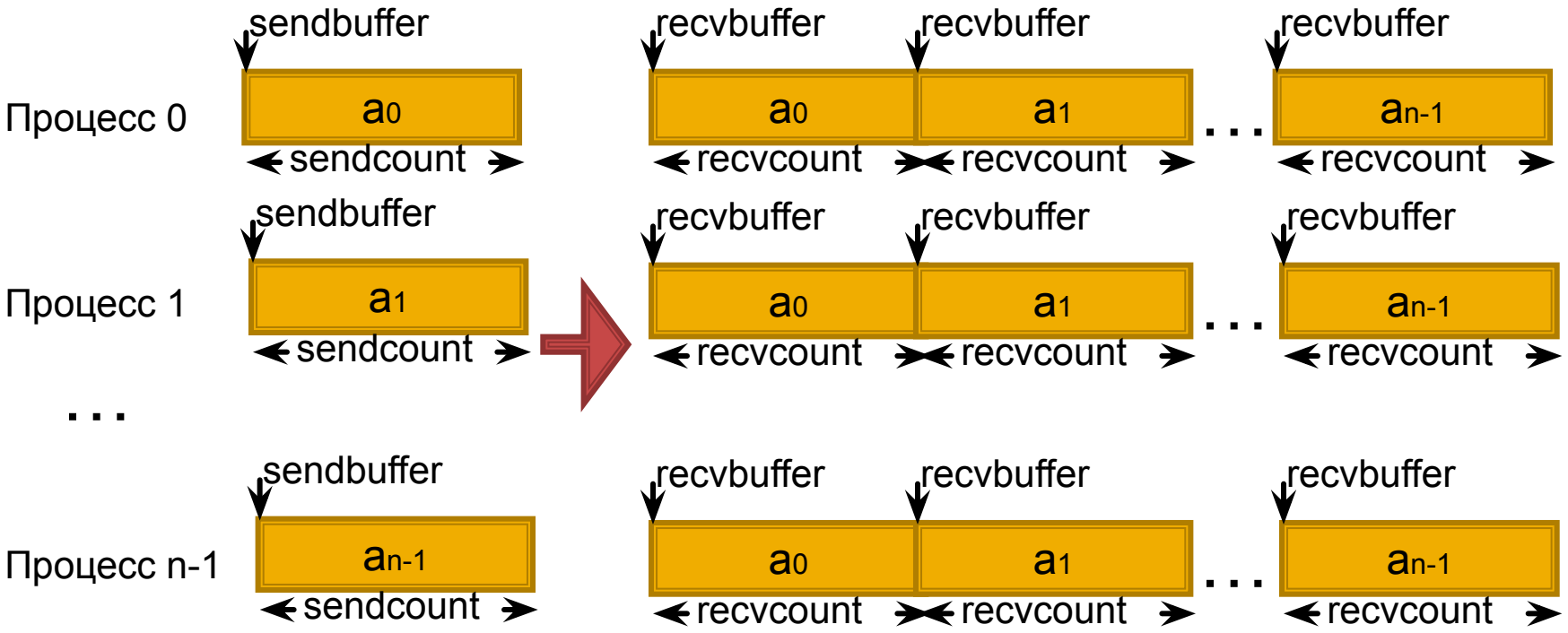


Рис. 3. Схема взаимодействия

Функции сбора блоков данных от всех процессов группы

int MPI_Gatherv(void* sendbuf, int sendcount, MPI_Datatype sendtype, void* rbuf, int *recvcounts, int *displs, MPI_Datatype recvtype, int root, MPI_Comm comm)

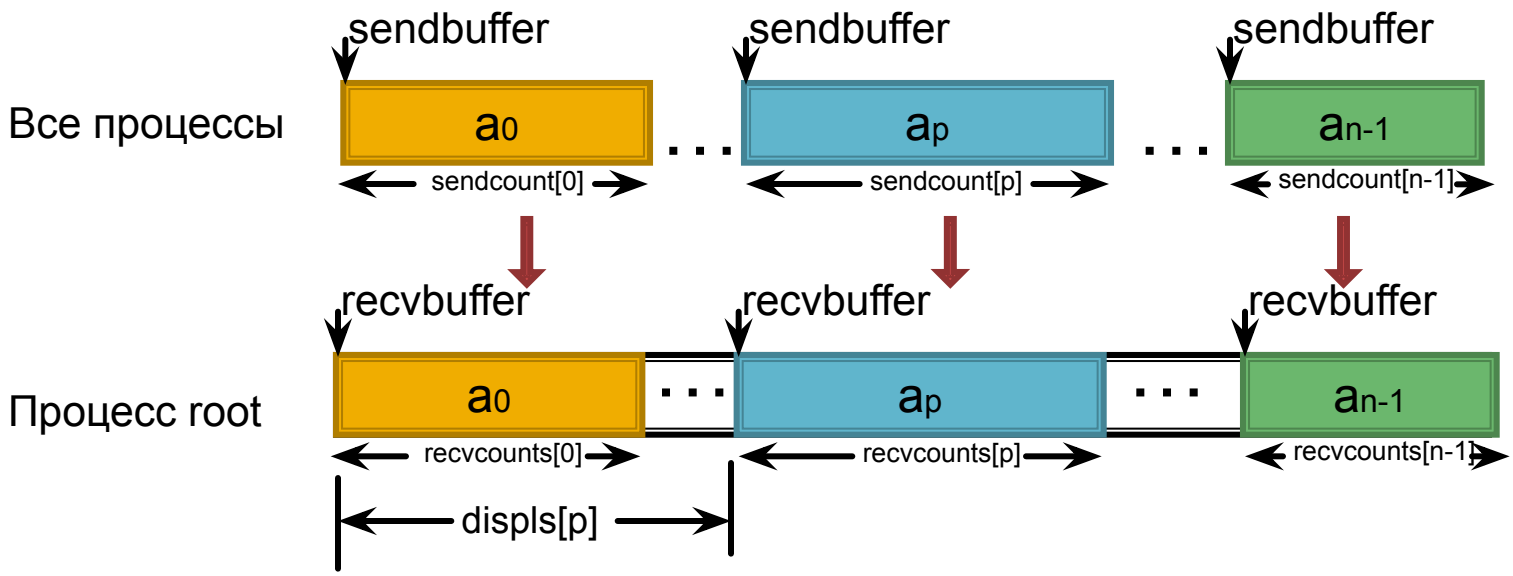


Рис. 4. Схема взаимодействия

Функции распределения блоков данных по всем процессам группы

int MPI_Scatter(void* sendbuf, int sendcount, MPI_Datatype sendtype, void* recvbuf, int recvcount, MPI_Datatype recvtype, int root, MPI_Comm comm)

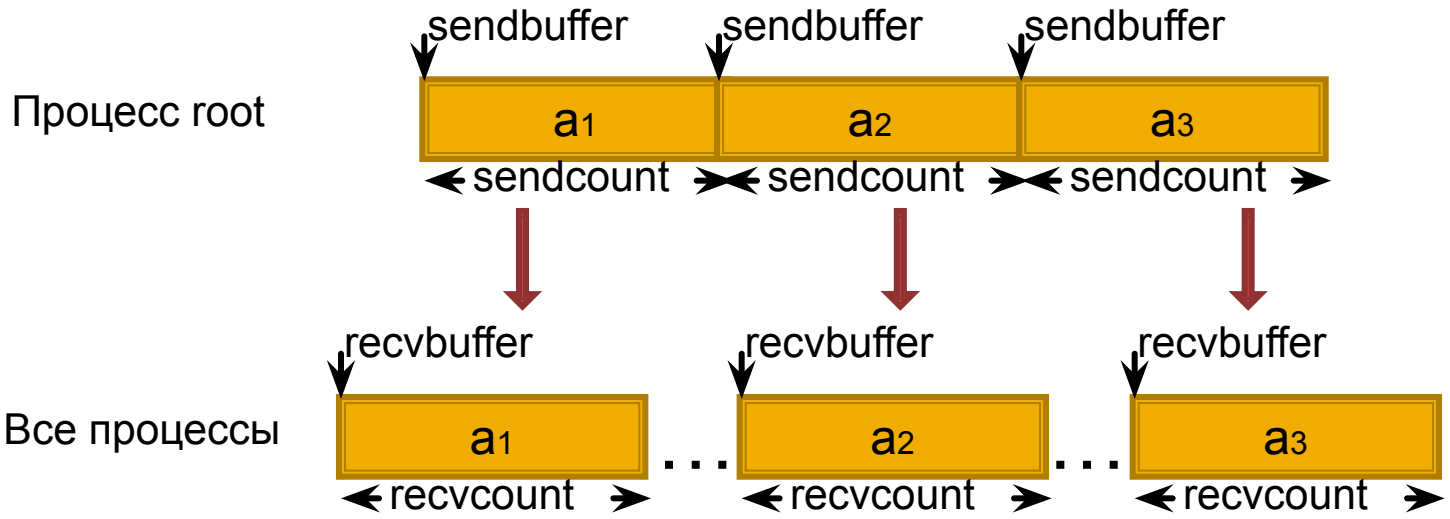


Рис. 5. Схема взаимодействия

Функции распределения блоков данных по всем процессам группы

```
int MPI_Scatterv(void* sendbuf, int *sendcounts, int *displs,
    MPI_Datatype sendtype, void* recvbuf, int recvcount,
    MPI_Datatype recvtype, int root, MPI_Comm comm)
```

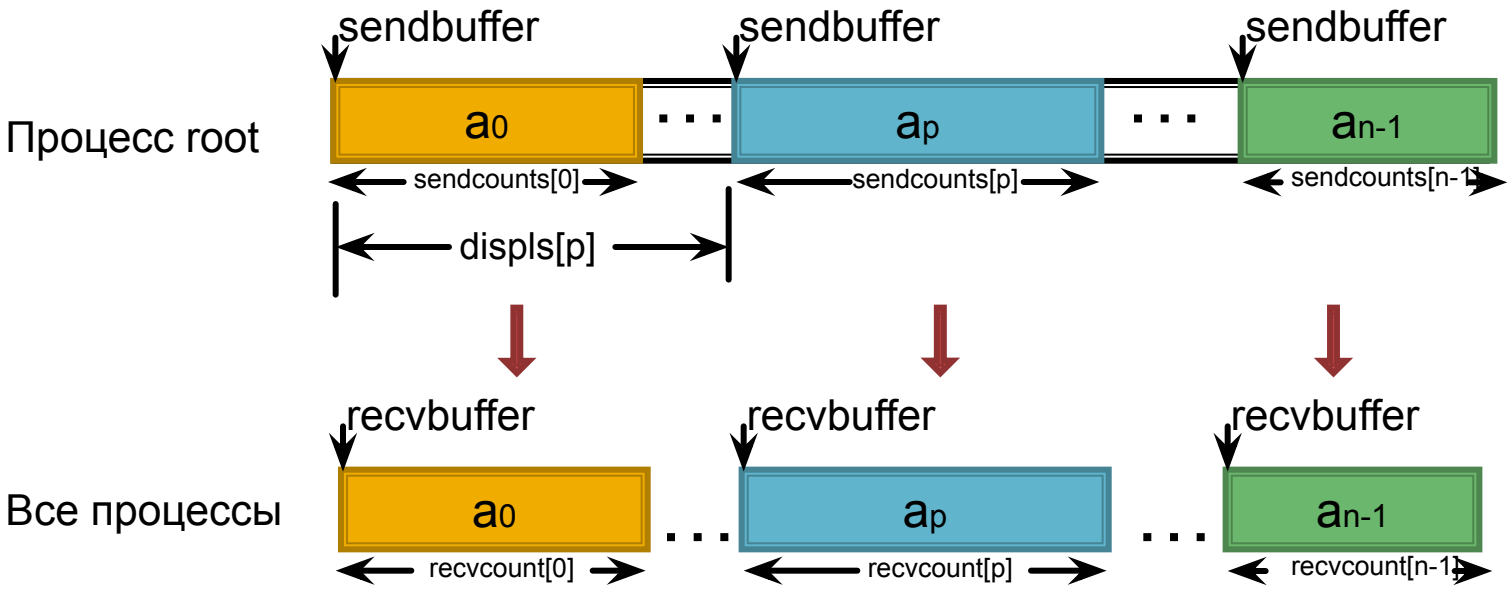


Рис. 6. Схема взаимодействия

Совмещенные коллективные операции

int MPI_Alltoall(void* sendbuf, int sendcount, MPI_Datatype sendtype, void* recvbuf, int recvcount, MPI_Datatype recvtype, MPI_Comm comm)

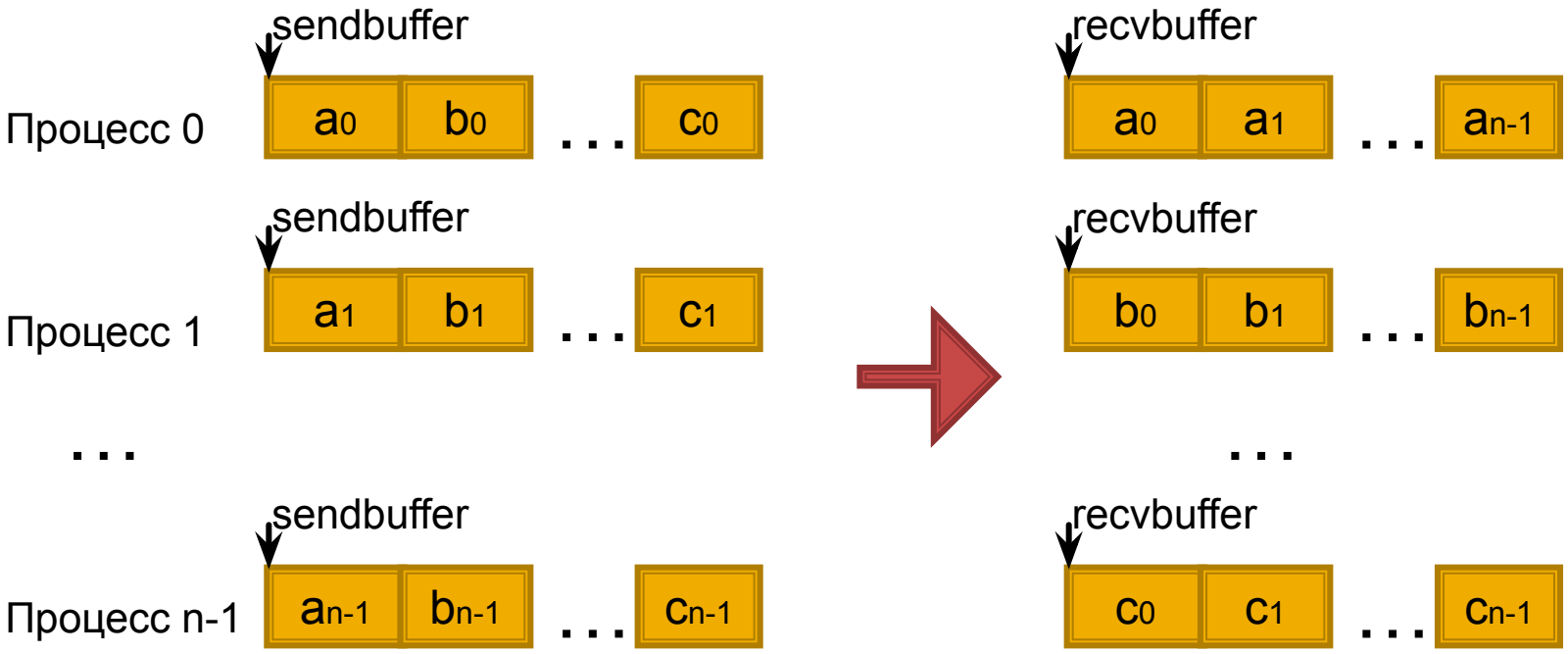


Рис. 7. Схема взаимодействия

Глобальные вычислительные операции над распределенными данными

```
int MPI_Reduce(void* sendbuf, void* recvbuf, int count,
        MPI_Datatype datatype, MPI_Op op, int root, MPI_Comm
        comm)
```

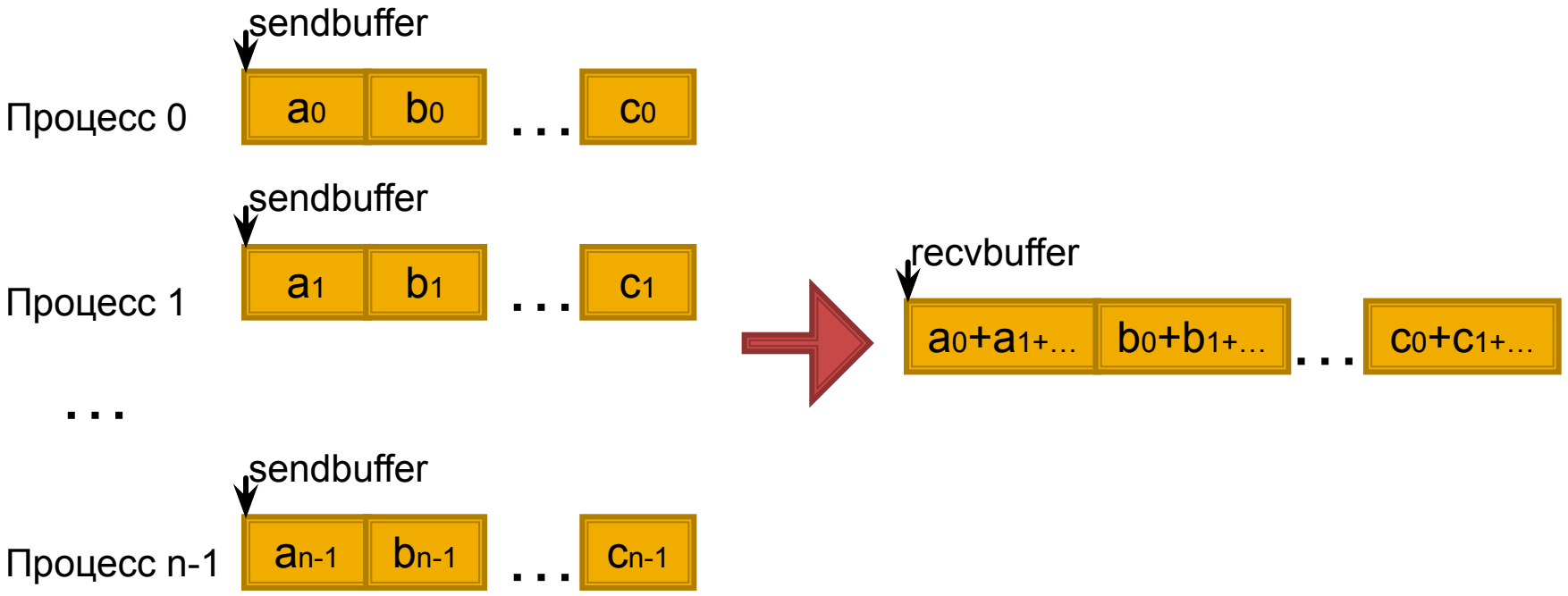


Рис. 8. Схема взаимодействия

Глобальные вычислительные операции над распределенными данными

Название	Операция
MPI_MAX	Максимум
MPI_MIN	Минимум
MPI_SUM	Сумма
MPI_PROD	Произведение
MPI_LAND	Логическое И
MPI_LOR	Логическое ИЛИ
MPI_LXOR	Логическое исключающее ИЛИ
MPI_BAND	Поразрядное И
MPI_BOR	Поразрядное ИЛИ
MPI_BXOR	Поразрядное исключающее ИЛИ
MPI_MAXLOC	Максимальное значение и его индекс
MPI_MINLOC	Максимальное значение и его индекс

Глобальные вычислительные операции над распределенными данными

int MPI_Allreduce(void* sendbuf, void* recvbuf, int count,
MPI_Datatype datatype, MPI_Op op, MPI_Comm comm)

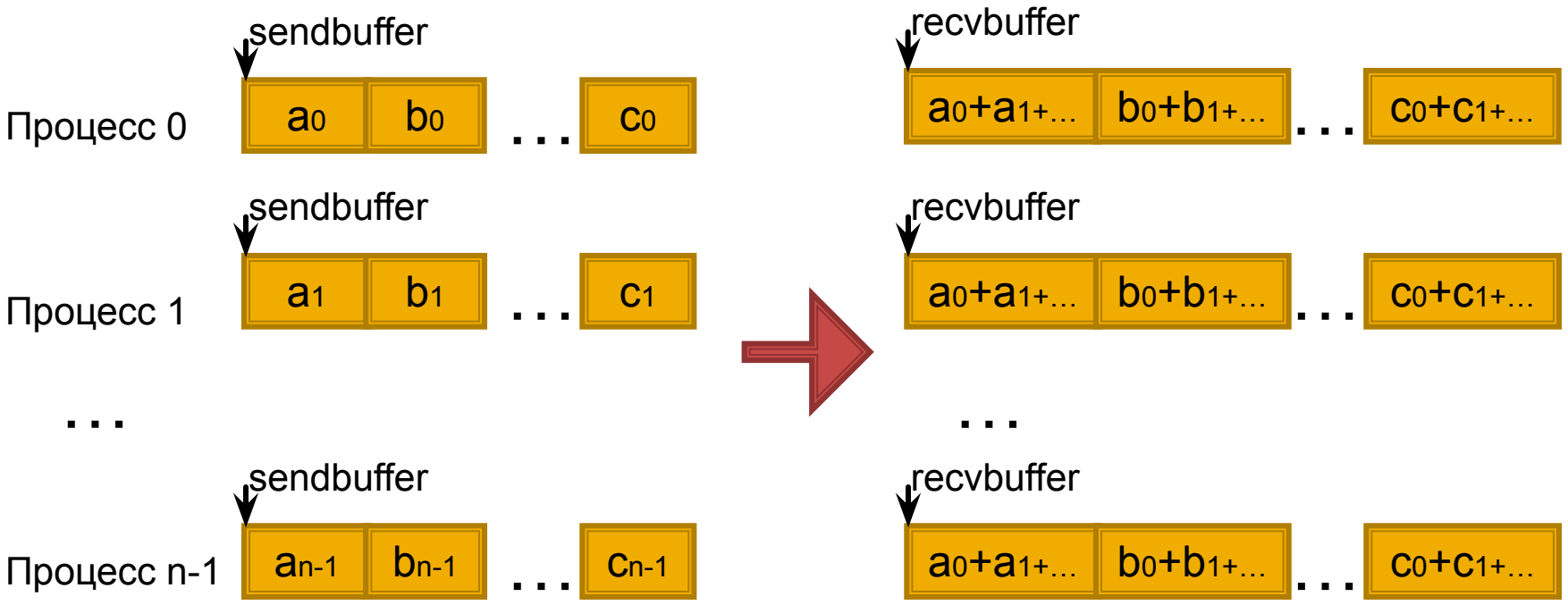


Рис. 9. Схема взаимодействия

Глобальные вычислительные операции над распределенными данными

int MPI_Reduce_scatter(void* sendbuf, void* recvbuf, int *recvcounts, MPI_Datatype datatype, MPI_Op op, MPI_Comm comm)

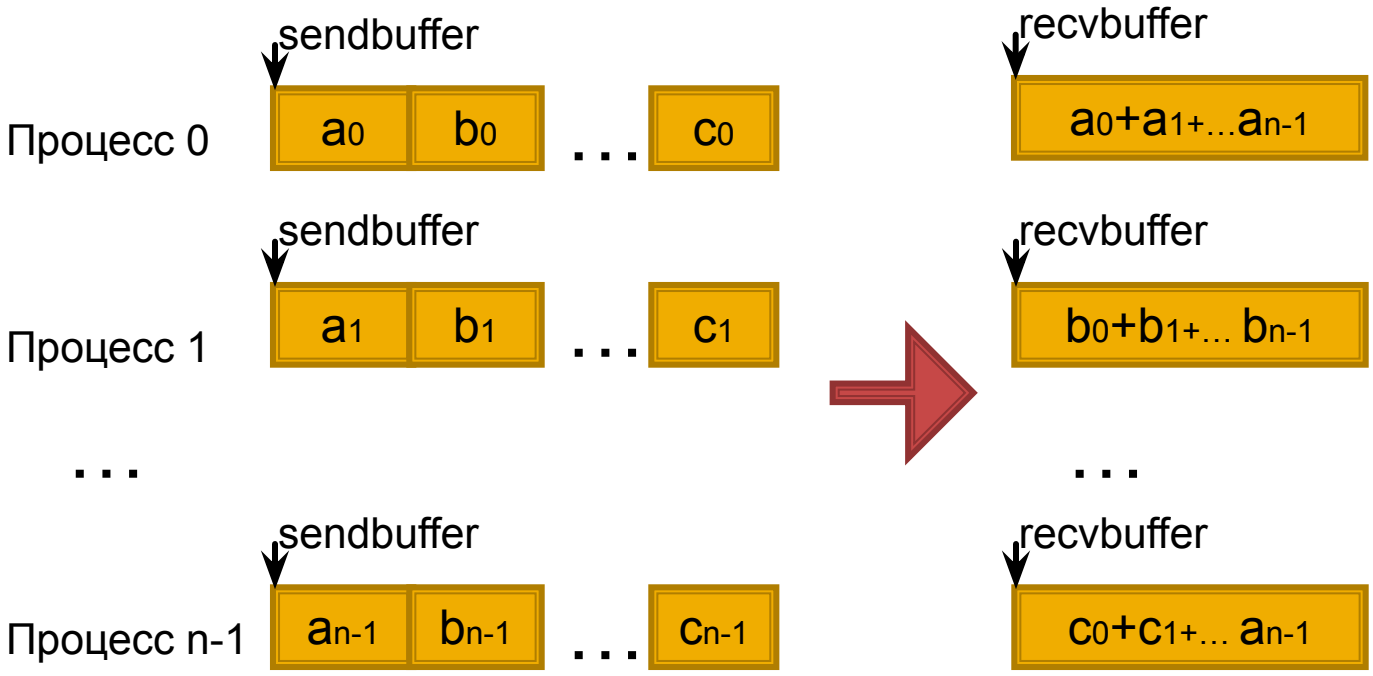


Рис. 10. Схема взаимодействия

Глобальные вычислительные операции над распределенными данными

```
int MPI_Scan(void* sendbuf, void* recvbuf, int count,
        MPI_Datatype datatype, MPI_Op op, MPI_Comm comm)
```

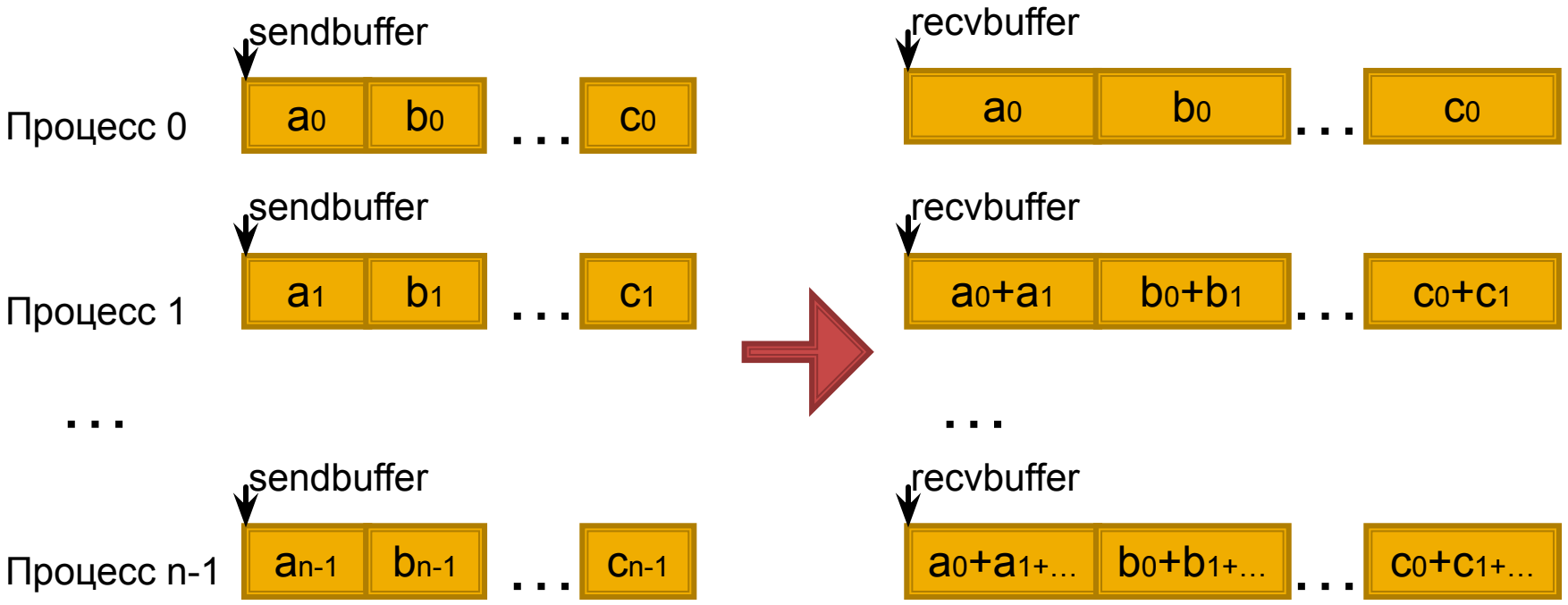


Рис. 11. Схема взаимодействия