

Знакомство с технологией MRI

Марчевский И.К., Попов А.Ю.

МГТУ им. Н.Э. Баумана

MPI (Message Passing Interface) — это стандарт разработки параллельных программ, определяющий интерфейс (API) для организации процесса передачи данных (message passing).

Имеет очень широкое распространение, применяется от кластеров среднего уровня до суперкомпьютеров. В первую очередь используется *на системах с распределенной памятью*.

В своей области MPI, по сути, не имеет аналогов. Изначально была распространена более универсальная (но и более трудоемкая в использовании) программная система PVM (Parallel Virtual Machine) по объединению независимых Windows и/или Unix-компьютеров в один вычислитель. PVM шире по своему функционалу, чем MPI (управление коммуникацией, message passing, — только ее часть), но в массовом использовании MPI вытеснила PVM в 1990-х годах. С 1999 г. (версия PVM 3.4) ее функционал не расширяется, только обеспечивается поддержка и переносимость на новые архитектуры и ОС.

- Версия 1.0 была предложена в мае 1994 г., версия 1.1 — в июне 1995 г, 1.2 — июль 1997 г. (исправления ошибок и уточнения). Версия 1.3 была выпущена в мае 2008 г. Языки C и Fortran 77. Версия MPI-1 содержит основной функционал, который требуется для организации передачи сообщений в системе с распределенной памятью.
- Версия 2.0 появилась в июле 1997 г., 2.1 — июнь 2008 г., 2.2 — сентябрь 2009 г. Основные нововведения: динамическое порождение/уничтожение процессов, односторонние коммуникации (get/put), параллельные ввод/вывод (должна поддерживать файловая система). MPI-2 поддерживается многими современными дистрибутивами. Языки C++ и Fortran 90.

- Версия 3.0 появилась в сентябре 2012 г., версия 3.1 — в июне 2015 г. Новый функционал: добавлена поддержка Fortran 2008, неблокирующие операции коллективного обмена, возможность после инициализации получать информацию о среде выполнения
- Версия 4.0 — июнь 2021 г., текущая версия стандарта. Основные нововведения: снято ограничение на длину идентификаторов MPI (которые ранее были `integer`), введено понятие «сессий», добавление `MPI_ISENDRECV`, улучшена обработка ошибок и пр.
- Развитием MPI занимается организация (сообщество) MPI Forum (<https://www.mpi-forum.org>). На данный момент в разработке находятся версии 4.1 и 5.0.

Основные дистрибутивы

Существует большое количество дистрибутивов MPI для различных архитектур и ОС. Они базируются на 2 основных дистрибутивах

- 1 Open MPI (<https://www.open-mpi.org>) — один из наиболее распространенных современных свободных дистрибутивов. Поддерживает MPI-3.1. Используется в том числе на суперкомпьютерах Top-500 как непосредственно (IBM Roadrunner), так и производные от него Fujitsu MPI (Fugaku), IBM Spectrum MPI (Summit, Sierra), и др., в т.ч. ECP OMP-X (Exascale Computing Project).
- 2 MPICH (<https://www.mpich.org>) — свободный дистрибутив, разрабатываемый параллельно стандарту MPI с 1992 г. Поддерживает MPI-3, множество архитектур, систем коммуникации (Ethernet, Infiniband, Myrinet, Intel Omni-Path и т.д.). Производные дистрибутивы: Cray MPICH, MS-MPI, Intel MPI и др.

Стандартная сетевая модель OSI I

OSI (The Open Systems Interconnection model) — сетевая модель, описывающая процесс передачи данных между 2 компьютерами. Состоит из 7 слоев, совместная работа которых необходима для корректной передачи данных. Каждый последующий слой имеет свое назначение, при этом не зависит от предыдущих.

Уровни 1–3 — уровни среды передачи данных (media layers), уровни 4–7 — уровни участников процесса передачи данных (host layers).

MPI использует уровни 5 и выше.

Стандартная сетевая модель OSI II

Уровень	Назначение	Пример
7. Прикладной (application)	Доступ к сетевым службам	HTTP, FTP, POP3, SMTP, SSH
6. Представления (presentation)	Представление и шифрование данных	ASCII, SSL, gzip, XML, JSON
5. Сеансовый (session)	Управление сеансом связи	RPC, PAP, L2TP, gRPC
4. Транспортный (transport)	Прямая связь между конечными пунктами и надежность	TCP, UDP, SCTP
3. Сетевой (network)	Определение маршрута и логическая адресация	IPv4, IPv6
2. Канальный (data link)	Физическая адресация	PPP, IEEE 802.22, Ethernet, DSL
1. Физический (physical)	Работа со средой передачи, сигналами и двоичными данными	Кабели, разъемы

Использование в Visual Studio I

Дистрибутив Microsoft-MPI, версия 10.1.2. 2 пакета: бинарный (MS-MPI), SDK (заголовочные файлы, библиотека). Основан на MPICH, поддерживает MPI-2.2 и частично — MPI-3.1.

- ❶ Заголовочные файлы:
«Свойства проекта» — «Свойства конфигурации» — «C/C++» — «Общие» — «Дополнительные каталоги включаемых файлов», указать путь к каталогу, содержащему файл `mpi.h` (можно использовать переменную среды `MSMPI_INC`).
- ❷ Статическая библиотека:
«Свойства проекта» — «Свойства конфигурации» — «Компоновщик» — «Общие» — «Дополнительные каталоги библиотек», указать путь к каталогу, содержащему библиотеку `msmpi.lib` (можно использовать переменную среды `MSMPI_LIB64`). В «Компоновщик» — «Ввод» — «Дополнительные зависимости» добавить `msmpi.lib`.
- ❸ Запуск (пример на 8 процессах): `mpirun -n 8 binaryname.exe`
 - ОС Linux и Windows в случае MPI-1 — приложение `mpirun`;
 - Windows в случае MPI-2 — приложение `mpiexec`.

Пример простейшей программы

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
#include "mpi.h"

int main(int argc, char** argv)
{
    int myid, numprocs;
    int namelen;
    char processor_name[MPI_MAX_PROCESSOR_NAME];

    MPI_Init(&argc, &argv);
    MPI_Comm_size(MPI_COMM_WORLD, &numprocs);
    MPI_Comm_rank(MPI_COMM_WORLD, &myid);
    MPI_Get_processor_name(processor_name, &namelen);

    printf("Process %d of %d on %s\n", myid, numprocs, processor_name);

    MPI_Finalize();
    return 0;
}
```