MPI (Message Passing Interface)

- مقدمة :

MPI هي اختصار لـ "Message passing interface" ، وهي مكتبة من التوابع (بلغة C) تقوم بتضمينها ضمن شيفرة المصدر لإنجاز اتصال للمعطيات بين المعالجات ، وهي تعبر عن واجهة برمجة التطبيقات التي تسمح للأعمال (processes) بالتواصل فيما بينها من خلال تبادل رسائل، الطريقة مستعملة أيضا بين البرمجيات المتوازية المشغلة على حاسوب عملاق أو حاسوب عنقودي حيث الوصول لذاكرة غير محلية مكلف للغاية.

- وفيما يلي سنقوم بذكر مميزات الـ MPI :

1. الـ MPI : هي مكتبة برمجية تحتفظ بذات الترويسة لمعظم التوابع الخاصة بها .
2. الـ MPI : لا يوجد فيه parent يقوم لعمل spawn للأبناء ، اذ نلاحظ اختفاء مفهوم (أب- ابن) ، حيث جميع الـ process في الـ MPI هي مهام (الكود يتم تنفيذه n مرة حسب عدد الـ Processes التي نحددها عند تشغيل البرنامج) .
3. الـ MPI : يوجد فيه مجموعة تدعى (MPI Communicator World) موجودة بشكل افتراضي ،حيث كافة المهام تنضم تلقائياً لهذا الـ Communicator عند إنشائها ، والمهام داخله تأخذ Rank (ID) يبدأ من الصفر .
4. مكتبة مبنية على TCP/IP ، مخصصة لتبادل البيانات من خلال الـ Message Passing ، يتم استخدامها على نطاق واسع لبناء البرامج التفرعية عالية الأداء.
5. إن المهام ضمن الـ MPI معزولة عن بعضها البعض بشكل كلي ، ولا يمكن لأي مهمة ملاحظة مهمة أخرى أو التعديل عليها إلا عبر الاستجابة للرسائل المتبادلة فيما بينها .
6. إن معظم تطبيقات الـ MPI تتم كتابتها عبر النموذج التفرعي التالي :

SIMD " Single Instruction/Program Multiple Data Stream "

- إن الـ MPI Communicator تسمح بالتخاطب والاتصال بين مختلف المهام ضمن الـ MPI ، حيث كل تطبيق MPI يبدأ بـ Communicator 2 فقط :

1. World Communicator : يحوي كافة مهام الـ MPI التي يبدأ برنامج الـ MPI بها .
2. Self Communicator : يحوي فقط المهمة الخاصة به ، حيث كل مهمة تنشأ ضمن البرنامج يكون لها Self Communicator خاص بها ، ولا يحوي سوى هذه المهمة .

عند الإرسال ، يتم تحديد ثلاث معاملات بالترتيب التالي :

- البيانات التي سيتم إرسالها .
- Destination Rank Process .
- Message Tag .

عند الاستقبال ، يتم تحديد ثلاث معاملات بالترتيب التالي :

- الـ Source Rank Process.
- Message Tag.
- البيانات التي سيتم استقبالها .

الـ PVM هي عبارة عن Framework ثابتة،

MPI POINT-TO-POINT COMMUNICATION

- **Blocking Communication:**

  Operations will wait until a communication has Completed in its local Process Before Continuing.

- **Non-Blocking Communication:**

  It will Initiate a Communication Without waiting for that Communication to be Completed.

- في الـ MPI ضمن الـ C# ، تختلف آلية الاستقبال بناءً على نمط البيانات التي تم إرسالها :

Types	Primitive Data Type	Public Structure
Example	Int , char , String , etc	Arrays , Object , etc
Response	يتم استلام هذه البيانات وتخزينها بشكل مباشر ضمن متحول معرف بشكل مسبق	يتم استلامها ضمن المستقبل كـ Reference كما سنرى ضمن الأمثلة.

MPI FILES

- خطوات لتنصيب البيئة والعمل عليها :

- First :
  - Make sure that you have Visual c++ on your Laptop or you Should Install it first.
- Second :
  - Install The HCPC Pack on your Device (mpi_x64 or x86)-**The Execution Environment.**
  - you can Check the Process by Running the "**mpiexec**" Command on CMD ("C:\Program Files\Microsoft HPC Pack 2012") .

    ** (You Might need to install .net Framework 2.0 before the next Step) **
- Finally:
  - Install the MPI.NET Runtime then MPI.NET SDK ("C:\Program Files (x86)\MPI.NET")

    The Development Environment

✓ البرنامج الذي سنعمل عليه هو Microsoft Visual Studio 2012 .

✓ قبل البدء يجب إضافة المكتبة البرمجية (MPI.dll) والتي سيتم استخدامها لكتابة تطبيقات MPI بلغة الـ C# ضمن البرنامج:

- من خيار Project ثم Add Reference ، عند فتح النافذة نختار Browse ثم نقوم بتحديد المسار الذي تتواجد به المكتبة MPI.dll <-- C:\Program Files (x86)\MPI.NET\Lib

- First Code

```
static void Main(string[] args)
{
    double Start_time, Time;
    using (new MPI.Environment(ref args))
    {
        // MPI program goes here! At then end MPI.Communicator.Dispose will be called
        Start_time = MPI.Environment.Time;
        Console.WriteLine("The size of the communicator is :" + Communicator.world.Size);
        Console.WriteLine("Hello, World! from rank " + Communicator.world.Rank
                          + " (running on " + MPI.Environment.ProcessorName + ")");

        Time = MPI.Environment.Time - Stime;
        Console.WriteLine("MPI Process Requires :" + Time);
    }
}
```

- World Communicator : مسؤولة عن الاتصال الشبكي بين الـ Process .
- لكل Communicator لديه Size محدد خاص فيه .
- كل process لديه Rank.

- التعليمة MPI.Environment.Time :

ترد الزمن الحالي ، حيث نستخدم هذه التعليمة لحساب الزمن التفرعي لتنفيذ البرنامج، عن طريق كتابتها مرتين، الأولى عند بدء تنفيذ البرنامج، والثانية بنهاية التنفيذ، ثم نقوم بحساب زمن التنفيذ الإجمالي ضمن المتحول Time عبر طرح زمن نهاية البرنامج من زمن البداية.

- التعليمة Communicator.world.Size

تستخدم لطباعة الـ Size لل Communicator World والذي يعبر عن عدد المهام ضمنه .

- التعليمة Communicator.world.Rank

تستخدم لطباعة الـ Rank للمهمة الحالية .

- التعليمة MPI.Environment.ProcessorName

تُستخدم لطباعة اسم الجهاز الذي يقوم بتشغيل المهمة الحالية .

- **الخطوة الأولى :**
  - **نقوم بعمل start للبرنامج** (Ctrl+F5) .

- **الخطو الثانية :**
  - **نقوم بالتوجه إلى مسار المشروع ضمن :**

    C:\Users\Ammar000\Documents\Visual Studio 2012\Projects
  - **ندخل إلى مجلد** bin **ثم** debug ، **ونقوم بنسخ كامل المسار وفتحه ضمن الـ** cmd (**نستخدم التعليمة** cd)

- **الخطوة الثالثة :**
  - **نقوم بتحديد عدد المهام التي سنقوم بتشغيلها عبر استخدام التعليمة :**

    mpiexec –n “num of Processes” “ProgramName.exe”

```
C:\Users\Ammar000\Documents\Visual Studio 2012\Projects\mpi\mpi\bin\Debug>mpiexec -n 1 mpi.exe
The size of the communicator is :1
Hello, World! from rank 0 (running on DESKTOP-OAHVTGM)
MPI with Rank 0 Requires: 0.0011389999999647
```

- Second Code

```
using (new MPI.Environment(ref args))
{
    string msg, stringmsg;
    Intracommunicator comm = Communicator.world;
    if (comm.Rank == 0)
    {
        comm.Send("My name is Ammar", 1, 0);

        // receive the final message
        stringmsg = comm.Receive<string>(Communicator.anySource, 0);
        //stringmsg = comm.Receive<string>(1, 0);
        Console.WriteLine("Process with rank " + comm.Rank  + " received message \"" + stringmsg + "\".");
    }
    else // not rank 0
    {
        msg = comm.Receive<string>(comm.Rank - 1, 0);
        Console.WriteLine("Process with rank " + comm.Rank + " received message \"" + msg + "\".");

        comm.Send(msg + ", " + comm.Rank, 0, 0);
    }
}
```

- يستخدم الـ IntraCommunicator Class لتحقيق عمليات الإرسال والاستقبال بين المهام ، والتي ستتم عبر الـ Communicator.

- نستخدم التابع comm.Send بغرض الإرسال المتزامن ،وتكون مدخلات التابع هي :
  - البيانات التي سيتم إرسالها الى المستقبل .
  - الـ Target Process .
  - Message Tag .

- نستخدم التابع comm.Receive بغرض الاستقبال المتزامن ،وتكون مدخلات التابع هي :
  - الـ Source Process : يحدد Rank مهمة لاستلام الرسالة منها ،

(الـ Communicator.anySource تمثل الاستلام من أي مهمة دون الاهتمام بالجهة المرسلة).

  - Message Tag .
  - البيانات التي سيتم استقبالها .

عند استخدام تابع الاستقبال نميز حالتين :

1) عند استقبال **Primitive Data Types** يتم استقبال هذه البيانات بشكل مباشر ، عندها يتم تحديد معاملين في تابع الاستقبال وهما (Source Process , Msg Tag) ، ويكون خرج التابع comm.Receive متحول من ذات نمط المعطيات التي سيتم استلامها ، حيث يكتب بالشكل :

String x = comm.Recieve< String>(Source Process, int Msg Tag)

2) عند استقبال Public Strucure يتم استقبال هذه البيانات كـ Referance حيث يكتب التابع Recevie بالشكل التالي :

comm.Recieve(Source Process, int Msg Tag, ref Array_Name)

```
C:\Users\Ammar000\Documents\Visual Studio 2012\Projects\mpi\mpi\bin\Debug>mpiexec -n 2 mpi.exe
Process with rank 1 received message "My name is Ammar".
Process with rank 0 received message "My name is Ammar, 1".
```

- Third Code

- عند استقبال Public Structure يتم استقبال هذه البيانات كـ Referance ، إذ نقوم بتهيئة مصفوفة للاستقبال ضمن المستقبل بحجم أكبر من حجم المصفوفة التي سيتم إرسالها .

```
static void Main(string[] args)
{
    using (new MPI.Environment(ref args))
    {

        Intracommunicator comm = Communicator.world;


        if (comm.Rank == 0)
        {
            int[] values = new int[5];
            Console.WriteLine("Input of prcoess with Rank " + comm.Rank + " please insert 5 values");
            for (int i = 0; i <= 4; i++) values[i] = Convert.ToInt32(Console.ReadLine());

            comm.Send(values, 1, 0);
        }

        else if (comm.Rank == 1)
        {
            int[] values2 = new int[10];
            comm.Receive(0, 0, ref values2); // okay: array of 10 integers has enough space to receive 5 integers

            values2[5] = values2[0] + values2[1] + values2[2] + values2[3] + values2[4];
            Console.WriteLine("Prcoess with Rank" + comm.Rank + " received the array");

        }


    }
```

```
C:\Users\Ammar000\Documents\Visual Studio 2012\Projects\mpi\mpi\bin\Debug>mpiexec -n 3 mpi.exe
Input of prcoess with Rank 0 please insert 5 values
5
8
4
3
6
Prcoess with Rank1 received the array
```

- Forth Code

```
static void Main(string[] args)
{
    using (new MPI.Environment(ref args))
    {
        Intracommunicator comm = Communicator.world;

        int[] arr = new int[1000];
        Random rand = new Random();
        double stime = MPI.Environment.Time;

        //using non-blocking send and receive
        stime = MPI.Environment.Time;
        if (comm.Rank == 0)
        {
            for (int i = 0; i <= arr.Length - 1; i++)
                arr[i] = rand.Next(1, 1000);
            for (int j = 1; j <= comm.Size - 1; j++)
                comm.ImmediateSend(arr, j, 0);
        }
        else
        {
            comm.ImmediateReceive(0, 0, arr);

            Console.WriteLine("process " + comm.Rank + " received the array " + " Length is " + arr.Length);
        }
        comm.Barrier();
        extime = MPI.Environment.Time - stime;
        if (comm.Rank == 0)
            Console.WriteLine("Execution time using non-blocking send/receive on " + comm.Size + " processes is " + extime + " seconds");

    }
```

- نستخدم التابع comm.ImmediateSend بغرض الإرسال غير المتزامن ،و مدخلات التابع هي :
  - البيانات التي سيتم إرسالها الى المستقبل .
  - الـ Target Process .
  - Message Tag .
- نستخدم التابع comm.ImmediateRecevie للاستقبال غير المتزامن ،و مدخلات التابع هي :
  - الـ Source Process: يحدد Rank مهمة معينة لاستلام الرسالة منها ، (الـ Communicator.anySource تمثل الاستلام من أي مهمة دون الاهتمام بالجهة المرسلة).
  - Message Tag .
  - البيانات التي سيتم استقبالها : (حيث يتم استقبال هذه البيانات بشكل مباشر سواءً كانت Primitive أو Public Structures).

```
C:\Users\Ammar000>cd C:\Users\Ammar000\Documents\visual studio 2012\Projects\mpi\mpi\bin\Debug

C:\Users\Ammar000\Documents\Visual Studio 2012\Projects\mpi\mpi\bin\Debug>mpiexec -n 2 mpi.exe
process 1 received the array 10000
Execution time using blocking send/receive on 2 processes is 0.00422699999762699 seconds
process 1 received the array  Length is 10000
Execution time using non-blocking send/receive on 2 processes is 0.00131030002376065 seconds
```

ملاحظات :

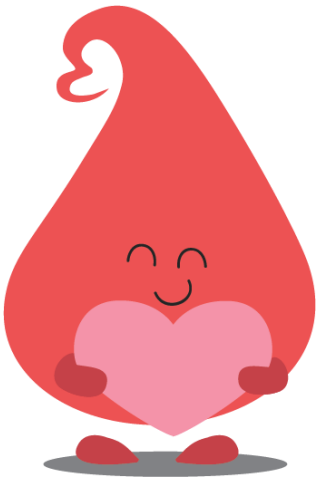
- لدينا نوعين من المتحولات في الـ MPI :
  - متحولات نحصل عليها من خلال التعامل مع الـ Communicator مثل : Runk / Size .
  - متحولات نحصل عليها من خلال التعامل مع البيئة مثل الزمن واسم المعالج .
- يتم التنفيذ من خلال التعليمة mpiexec ومن ثم إعطاء عدد process ثم اسم البرنامج كالتالي:

```
mpiexec -n 2 mpi.exe
```

- ناتج العملية التفرعية غير خاضع للترتيب .
- وقت التنفيذ عند خلق عدد process أكبر من العدد الذي تم معالجته ضمن الكود فلن تظهر أخطاء عند التنفيذ .
- لدينا نوعين من الإرسال والاستقبال :

	الارسال	الاستقبال
المتزامن	في أثناء المهمة يدخل ببلوك حتى يتأكد أنه تم الاستقبال	في أثناء المهمة يدخل ببلوك حتى تنتهي عملية الاستقبال
الغير متزامن	يتابع تنفيذ الكود دون الانتظار	

- لا توجد قاعدة تحدد فيما إذا كانت العملية المتزامنة أسرع من العملية غير المتزامنة ، وإنما ذلك متعلق بالهاردوير نفسه وسرعة المعالج التي يتم التنفيذ عليه والذي يقرر ذلك هو نظام التشغيل OS .



انتهت المحاضرة ...