**Chương 1 : Giới thiệu đề tài - đặt vấn đề**

**1.1) Nhu cầu về High-performance computing**

- Thời đại Internet : xem video trực tuyến, ...: các máy tính, thiết bị di động, điện thoại ngày 1 mạnh hơn dẫn đến nhu cầu xem trực tuyến ngày 1 cao. Phía server phải có khả năng xử lý mạnh phục vụ cùng 1 lúc hàng nghìn người.

- Sự mở rộng của các lĩnh vực Khoa học-Công nghệ, Hàng không, Kinh tế/Tài chính/Thương mại, Y tế, Quân sự : các lĩnh vực ngày càng phổ cập và phát triển mọi lúc mọi nơi --> đòi hỏi hạ tầng tính toán cao

- Nhu cầu về xử lý thông tin nhanh, lớn, chính xác dẫn tới cần một hạ tầng tính toán high performance

**1.2) Môi trường tính toán (phần cứng ngày nay)**

- Phục vụ cho mục đích trên có những cách tiếp cận sau đây

**+ Hosts mạnh** : CPU mạnh, RAM tốt, Bus nhanh, GPU, card mạng

Mạnh : - Chất lượng phần cứng được cải thiện bao gồm kích thước giảm đi, giá thành rẻ nhưng tốc độ và tính chính xác của xử lý lại cao lên.

Yếu : - Có 1 số ứng dụng thì có thể xử lý trên 1 máy nhưng giá thành cao, nhưng chưa chắc đã tối ưu xử lý vấn đề cùa High performance computing, nhưng ngược lại vẫn có thể giải quyết trên nhiều máy nhỏ hơn và chi phí thấp hơn . 🡺 giải pháp cluster/grid ra đời.

**+ Cluster**

Mạnh : gồm nhiều máy tính trong đó 1 máy tính chịu trách nhiệm phân task

Yếu : 1 server quản lý thì nguy cơ xảy ra risk (server phân chia, điều phối task bị hỏng và không có thay thế) => grid ra đời

**+ Grid**

Mạnh : gồm nhiều máy tính, vừa client, vừa là server cho các máy tính khác trong việc cùng giải quyết 1 nhiệm vụ nào đó

Yếu : Khó quản trị hơn, đặc biệt trong môi trường biến động

**- Kết luận** : môi trường phần cứng có thể không hetegeneous

**1.3) Môi trường lập trình (phần mềm)**

- Phục vụ High-performance computing

+ Nhóm MPI (process) : thực hiện và phân chia task đồng đều trên host

+ Multithread programming : thực hiện task trên core + time sharing

+ Công nghệ GPU : so sánh với CPU, giới thiệu về thế mạnh khi lập trình với CUDA

- Các ứng dụng hiện nay mới khai thác chủ yếu trên đồng thời 2 môi trường, chưa khai thác trên đồng thời 3 môi trường

**1.4) Mục đích bài luận - kết luận**

- Chính vì chưa có kinh nghiệm khai thác trên 3 môi trường lập trình nên luận văn này tập trung thử nghiệm, giải quyết vấn đề này

- Xử lý video (xem trực tuyến) là 1 ứng dụng thích hợp để thử nghiệm vấn đề trên

- đề tài khảo cứu ".." được triển khai trong luận văn này sẽ thể hiện cả 2 vấn đề trên.

P/S : làm trên cluster (1 đại diện chủ đạo giao tiếp ra ngoài)

#########################

**Chương 2 : Các môi trường lập trình**

**2.1) Kiến trúc hỗ trợ lập trình song song trên nhiều Hosts**

**2.1.1) Môi trường lập trình (vừa trên cluster, vừa trên grid)**

* **MPI**

- MPI là một môi trường lập trình ứng dụng mạng chạy trên nhiều host đồng thời. Mỗi host có một hay nhiều process (multi-process) thực thi task của nó. Trong quá trình thực thi task của nó, process tương ứng có thể trao đổi dữ liệu với các process khác trên các host còn lại.

- Môi trường lập trình MPI được chuẩn hóa và cho phép dùng chung mã nguồn (hoặc thay đổi không đáng kể) trên nhiều platform khác nhau nhằm khai thác tối đa phần cứng mạng hiện có.

* **Gridware**

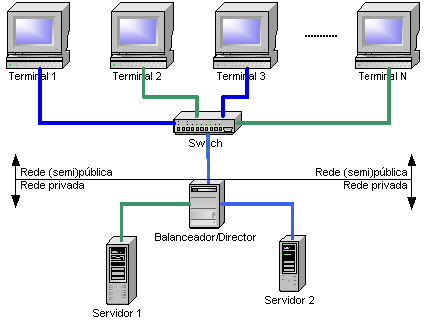
- Là môi trường lập trình song song trên nhiều host. Gridware ngoài việc bao gồm môi trường lập trình (edit, debug) như MPI thì nó còn cung cấp môi trường thực thi song song (deploy, quản trị, khai thác tài nguyên và ứng dụng), được ứng dụng trong tính toán hiệu năng cao.

**-** Một số Gridware điển hình **:** Alces Gridware, Oracle grid engine, Univa Grid engine .

**2.1.2) Mô hình phần cứng đi kèm : grid và cluster**

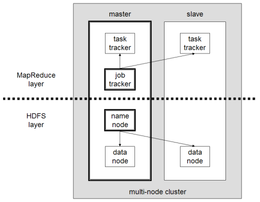
**Cluster** : hệ thống máy tính kết nối với nhau, thường thông qua mạng LAN, cùng xử lý các tác vụ liên quan đến ứng dụng.

* ***Kiến trúc***

 - Thường 1 máy tính đóng vai trò Server có nhiệm vụ phân phối các tasks cho các máy tính khác trong cluster và nhận kết quả từ chúng, rồi tổng hợp va xử lý cho ra kết quả cuối cùng của ứng dụng.

*(cluster: wikipedia)*

- Để có thể trao đổi thông tin giữa Master với các máy khác, hệ điều hành của chúng thường có middleware (thư viện) dùng để hỗ trợ chúng trao đổi thông tin.



*(cluster wikipedia : A multi-node Hadoop cluster)*

* ***Hoạt động***

Có 2 hoạt động cụ thể sau đây :

* Task scheduling
* Khi các máy tính của người dùng truy cập vào cluster để yêu cầu xử lý thông tin thì nhiệm vụ của Master là lập lịch, phân task cho các máy slave còn lại trong hệ thống. Đối với một cluster mà các slave của nó không đồng nhất về phần cứng (CPU-GPU), thì hiệu quả làm việc của mỗi slave sẽ rất khác nhau, nên việc phân chia công việc sẽ phức tạp hơn rất nhiều.
* Các công việc cần thực hiện được lưu trữ chung trong một kho (task/job pool). Trong quá trình thực thi một task ở một slave có thể phát sinh thêm nhiều task mới. Chúng cũng được đưa về kho công việc nói trên để chờ phân phối khi có slave trống.
* Node failure management

Các trường hợp rủi ro và phương án giải quyết :

* 1 slave bị sự cố (mất điện, hư hỏng, bị rút khỏi cluster…): phát hiện sự cố, công việc dở dang được giao lại cho slave khác, cô lập nó khỏi cluster để bảo vệ tài nguyên chung.
* Slave đã được phục hồi/thêm mới : Master phải phát hiện và tiếp tục phân phối việc mới cho nó.
* ***Công dụng***
* Phục vụ cho High Performance Computing : xử lý thông tin song song và hiệu quả.
* ***Khuyết điểm***
* Dễ bị rủi ro khi Master bị hỏng và không có phương án dự phòng.
* ***Một số hệ thống cluster***
* Hệ thống Beowulf (middleware): các máy tính khác tương tác đến Master (Server lập lịch, quản lý các máy tính còn lại). Master có 2 network interface, một để giao tiếp với các máy tính còn lại, một để giao tiếp với bên ngoài. Các server được quản lý thường có cùng hệ điều hành, nhưng có thể khác phiên bản; thường có cùng tài nguyên.



(wikipedia)

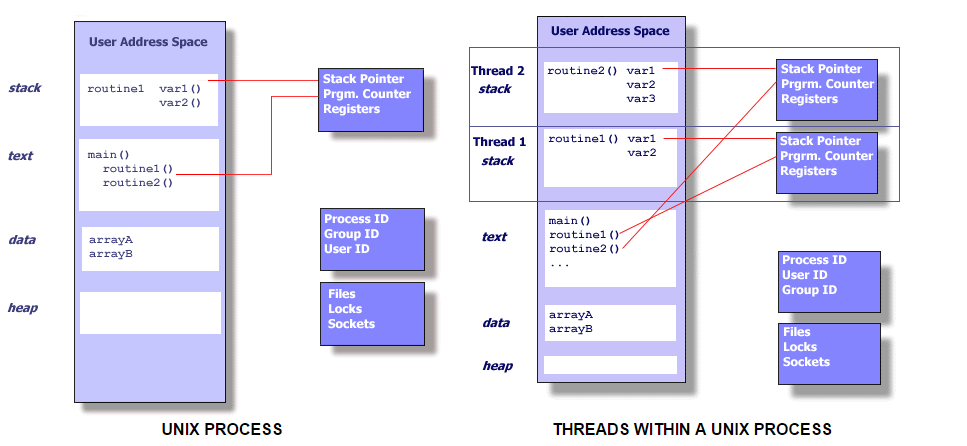
**Grid** : là hệ thống các máy tính kết nối với nhau để thực hiện các ứng dụng chung, nhưng khác với cluster mỗi máy tính trong hệ thống là 1 master (đồng thời nó cũng là slave cho các master khác). Grid chính là một hệ thống tính toán phân tán mà trong đó tài nguyên của một máy được chia sẻ với các máy khác.

* ***Công dụng:*** Tránh khuyết điểm của Cluster : khi Master node bị sự cố thì ảnh hưởng đến toàn cluster. Ngược lại grid quản lý phần cứng, phần mềm và dữ liệu một cách phân tán và động, đảm bảo toàn hệ thống hoạt động suôn sẻ dù có sự cố xảy ra đối với phần cứng, phần mềm hoặc dữ liệu.
* ***Khuyết điểm:*** Khó quản trị hơn, đặc biệt trong môi trường biến động.

**2.2) Kiến trúc hỗ trợ lập trình song song trên nhiều core**

**2.2.1) Multi-thread programming**

* *Mô hình : (VD trên hệ điều hành Unix)*



*(*[*https://techmaster.vn/posts/33604/su-khac-nhau-giua-process-va-thread*](https://techmaster.vn/posts/33604/su-khac-nhau-giua-process-va-thread)*)*

*// Giải thích sự khác biệt giữa tiểu trình và tiến trình : khởi động nhanh, tiến trình phải lưu lại trong đĩa cứng còn tiểu trình thì lưu các thanh ghi*

* *Cơ chế hoạt động:*

*+ 1 process có thể gọi nhiều tiểu trình (đa luồng)*

*+ Sử dụng chung vùng nhớ để xử lý các công việc quy mô nhỏ chỉ ở phạm vi trong 1 process.*

*+ Các tiểu trình có cấu trúc chung, và cần phải điều phối 1 cách hiệu quả để khỏi tranh chấp tài nguyên hay quyền truy cập vùng găng.*



*(*[*https://computing.llnl.gov/tutorials/openMP/#ProgrammingModel*](https://computing.llnl.gov/tutorials/openMP/#ProgrammingModel)*)*

*// giải thích hình sơ đồ.*

* *Công dụng*

*+ Tốn ít tài nguyên so với tiến trình. (chưa rõ)*

*+ Xử lý nhanh hơn. (chưa rõ)*

*+ Hạn chế được sự phức tạp, cồng kềnh của vấn đề “Message-passing”.*

**2.2.2) Time sharing (nằm trên)**

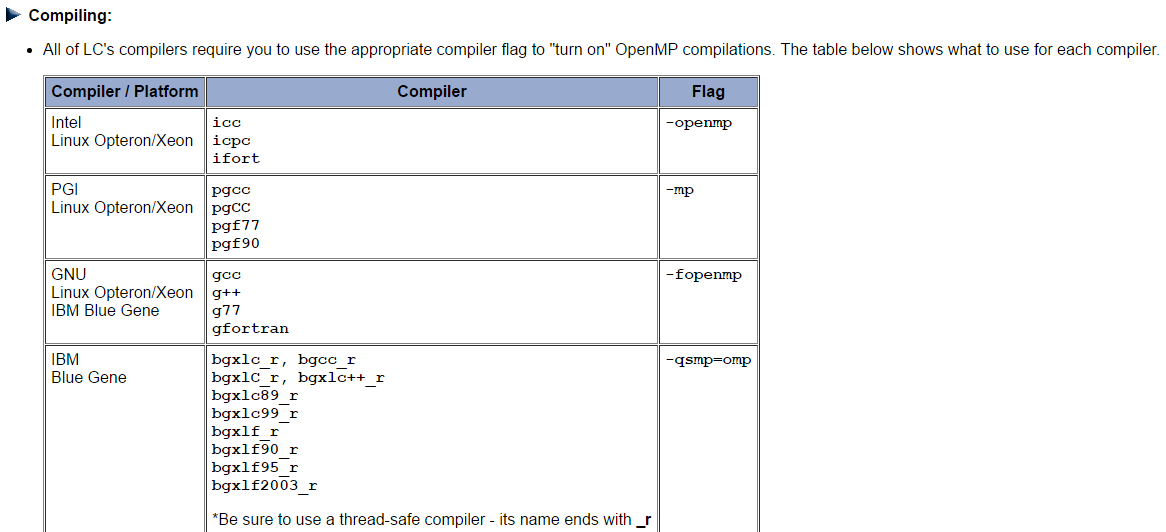
- Là việcchia sẻ thời gian sữ dụng của một hoặc nhiều core (trên cùng một host) giữa các tiến trình /tiểu trình. Việc chia sẻ này được thực hiện ở hai cấp độ: thực thi ở mức hệ điều hành (multitasking) và ở mức độ lập trình (multiprogramming).

**2.2.3) Môi trường lập trình điển hình**

Có các môi trường điển hình để lập trình song song như là :

**OpenMP: 🡪 sửa lại cấu trúc**

* Là API được cung cấp cho hoạt động đa tiểu trình, chia sẻ vùng nhớ chung. OpenMP gồm 3 thành phần:
* Compiler Directives
* Các comments trong mã nguồn, sẽ được trình biên dịch bỏ qua trừ khi ta định rõ chúng là các cờ hiệu *(Gốc: Compiler directives appear as comments in your source code and are ignored by compilers unless you tell them otherwise - usually by specifying the appropriate compiler flag)*.
* Các cờ hiệu biên dịch của từng môi trường:



* Mục đích :
  + - Khai báo vùng thực hiện song song
    - Chia mã nguồn ra các block để thực thi tiểu trình
    - Chú thích vòng lặp
    - Đánh dấu section của mã nguồn
    - Điều phối tiểu trình
* Runtime Library Routines
* Bao gồm các thư viện run-time để cho thực thi, sử dụng trong chương trình

*(Gốc: The OpenMP API includes an ever-growing number of run-time library routines)*

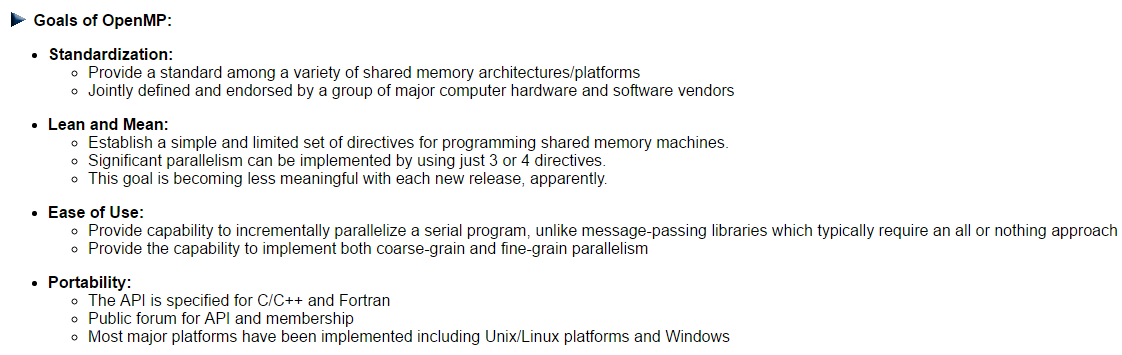
* Mục đích sử dụng :
* Cài đặt và truy vấn đến một lượng các tiểu trình : ID, ID cha, kích thước.
* Cài đặt và quản lý các khóa của tiểu trình
* Truy vấn thời gian và giải pháp
* Environment Variables
* Kiểm soát việc chạy các đoạn mã nguồn song song trong suốt quá trình chạy của chương trình

*(Gốc: OpenMP provides several environment variables for controlling the execution of parallel code at run-time)*

* Công dụng
* Kiểm soát tiểu trình (kích thước vùng nhớ stack, chính sách chờ)
* Binding thread vào vi xử lý (processors)
* Kiểm soát việc chạy song song nhiều công việc bao gồm giới hạn mức lồng vào bao nhiêu tiểu trình nhỏ cho 1 tiểu trình lớn
* Mục tiêu của OpenMP là: (đưa lên trên)
* Standardization : Tiêu chuẩn giữa các kiến trúc và môi trường mà cho phép chia sẻ vùng nhớ

+ Lean and Mean : Thiết lập các chỉ thị lập trình tạo nên các máy cho phép chia sẻ vùng nhớ

* Ease of use : cung cấp khả năng thiết lập sự đồng thời của chương trình, dù chương trình có các task cồng kềnh hay đơn giản.
* Portability : API được xây dựng trên C/C++, và Fortran và có thể được thực thi trên cả môi trường Windows lẫn Linux/Unix



**Socket programming :**

* Lập trình ứng dụng mạng trao đổi thông tin dựa vào socket, khác với trao đổi thông tin dựa vào message (RPC).

**2.3) Kiến trúc hỗ trợ lập trình trên GPU**

**2.3.1) GPU**

**Giới thiệu :**

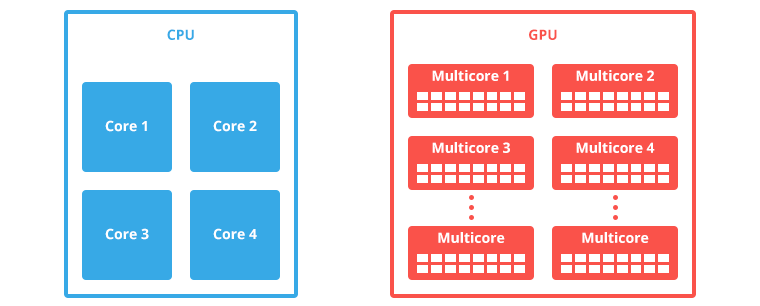
- GPU (Graphics Processing Unit) là phần cứng chuyên dụng được thiết kế để xử lý về hình ảnh, video trong máy tính.

- So với CPU, GPU sẽ xử lý khối lượng rất lớn các dữ liệu đồ họa một cách đồng thời tốt hơn vì nó được thiết kế theo cấu trúc song song cao cấp

- GPU có thể được tích hợp sử dụng trong hệ thống nhúng, điện thoại di động, máy tính cá nhân, máy trạm và máy chơi game. Trong các máy tính cá nhân, GPU có thể là card màn hình, hoặc được tích hợp luôn trên bo mạch chủ của máy. Tuy nhiên GPU được tích hợp sẵn trên máy sẽ không mạnh so với các GPU chuyên dụng được tích hợp trên card màn hình tháo rời.

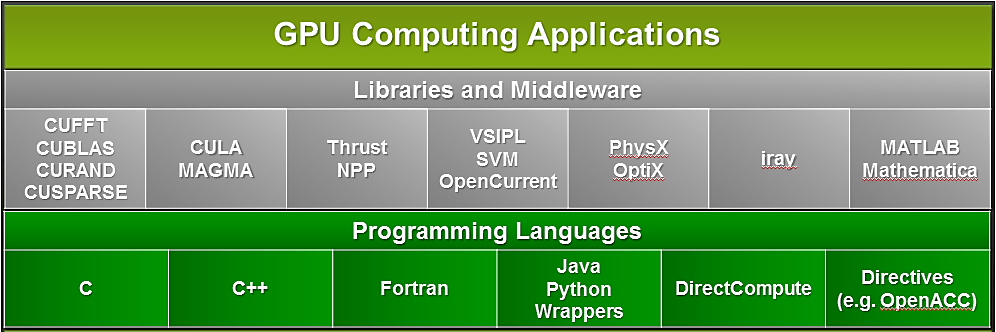
**Kiến trúc :**

* CPU được thiết kế gồm nhiều core (CPU của máy tính cá nhân hiện nay có khoảng 4 core). Khi được nhận một khối dữ liệu và thao tác, thì CPU sẽ chia ra cho nhiều Core xử lý. Mỗi Core có thể phải thực hiện khối thao tác rất lớn nếu máy phải xử lý dữ liệu liên quan đến đồ họa như hình ành hay video. Rõ ràng điều này la một bất lợi đối với CPU. Tuy nhiên, GPU được tích hợp bởi một lượng lớn chip xử lý nhỏ(multicore) cho phép xử lý đa luồng, song song với tốc độ tối ưu hóa hơn so với CPU.



[*https://huytd.github.io/posts/nhan-ma-tran-2.html*](https://huytd.github.io/posts/nhan-ma-tran-2.html)

**Mô hình ứng dụng tính toán dựa trên GPU:**

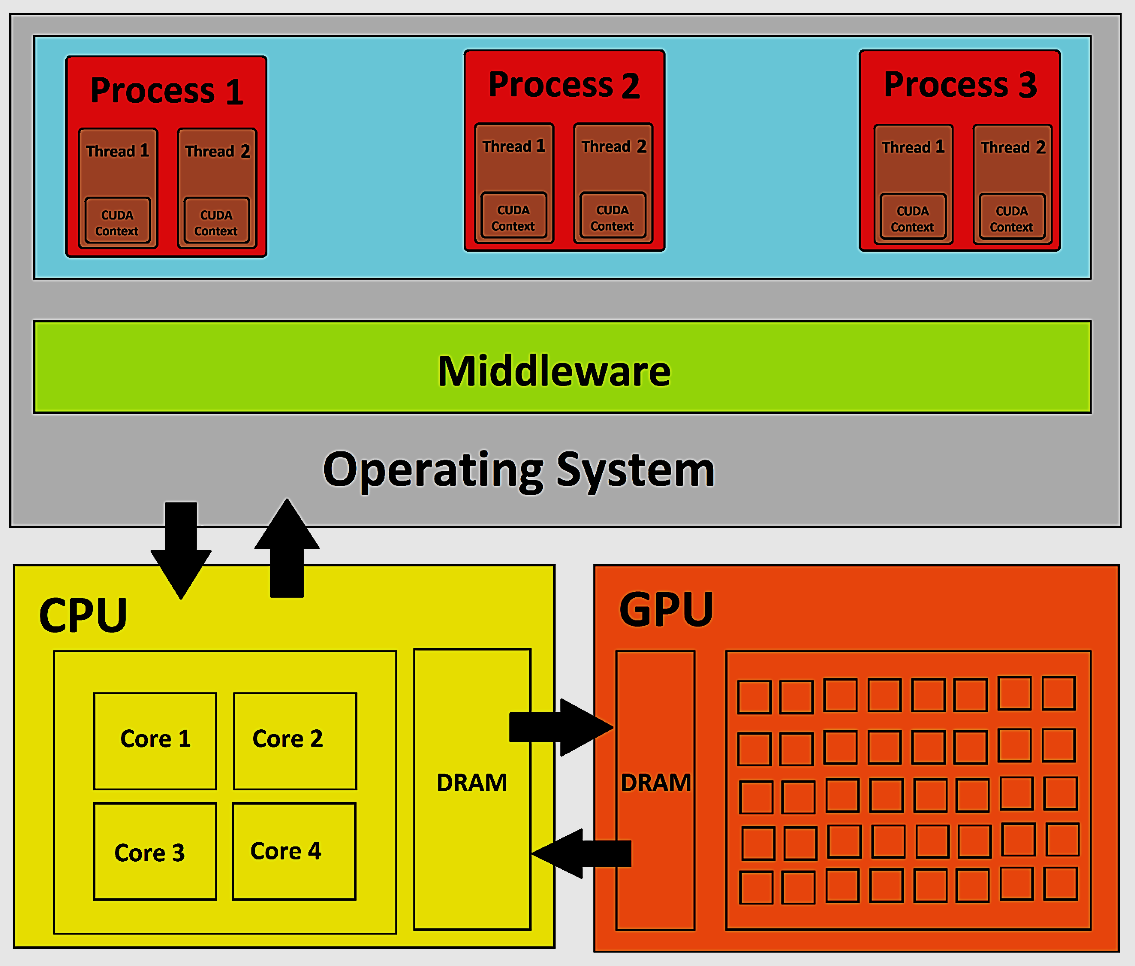


***http://strongartificialintelligence.com/projects***

* Gồm 2 lớp :
* Thư viện và middleware : CUDA (CUFFT, CUBLAS, CURAND…) và các nền tảng khác như MATLAB,..

- **Thư viện**: CUDA (CUFFT, CUBLAS, CURAND…) và các nền tảng khác như MATLAB…

- **Middleware** : lớp trung gian tiếp nhận, giao tiếp với các kernel của các tiến trình, tiểu trình (tạo ra bởi ứng dụng) sau đó sử dụng CUDA API để ghi lên và yêu cầu GPU xử lý. Middleware tiếp nhận tiến trình/tiểu trình theo cơ chế hàng đợi.



*(Luận văn : hình minh họa hoạt động của middleware)*

* Ngôn ngữ lập trình : C/C++, Fortran, Directives (OpenACC)…

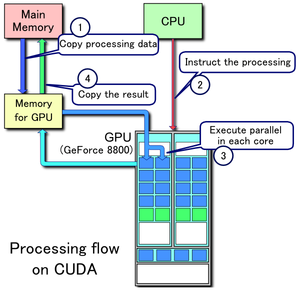
**2.3.2) CUDA**

**Giới thiệu :**

**-** CUDA (phát triển bởi NVIDIA) nằm ở lớp « libraries và middleware », là một trong những nền tảng cho phép giải quyết tính toán đồ họa trên GPU. CUDA hỗ trợ tính toán song song và cũng là một mô hình lập trình tận dụng khả năng xử lý của GPU. CUDA sử dụng ngôn ngữ C/C++ và Fortran.

**Hoạt động :**

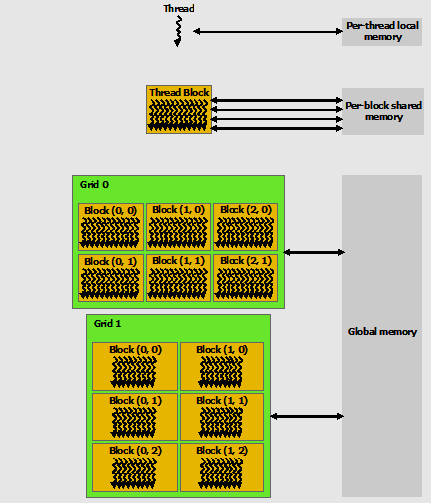
* **Mô hình xử lý tổng quát** :



*(CUDA: wikipedia)*

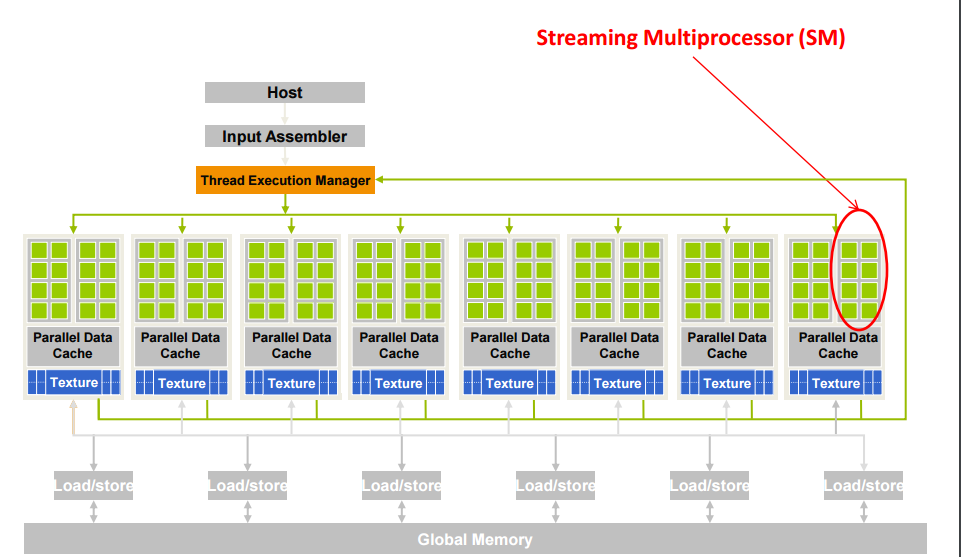
1. Đưa dữ liệu (kernel và data của nó) từ bộ nhớ chính (Host memory) vào vùng nhớ của GPU (device memory).
2. CPU ra lệnh GPU xử lý
3. Kernel được thực thi tại các core của GPU (kết quả trả về device memory).
4. Copy kết quả từ device memory về lại bộ nhớ chính (Host memory).

* **Quản lý tiểu trình** :



*(luận văn)*

Các tiểu trình đi vào GPU sẽ được phân phối ra ở nhiều Block. Các block này lại được phân phối vào trong các grid có kích thước n \* m (n là số Streaming Multiprocessor (SM) của GPU, m là số block của một SM).

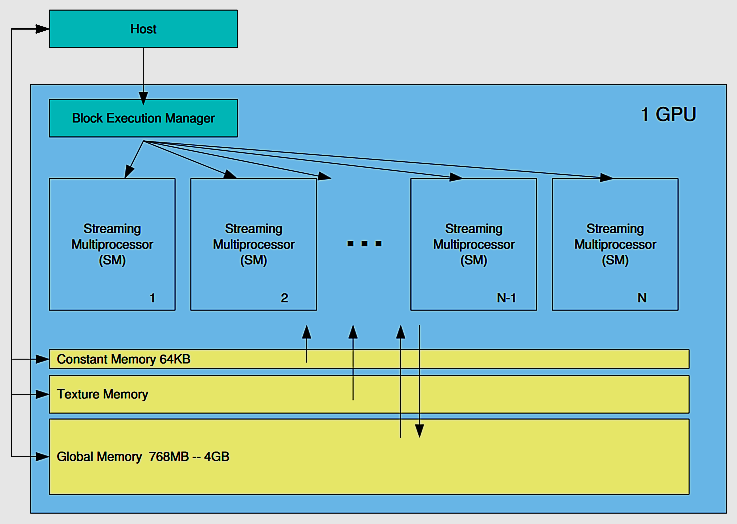
Mỗi block có một vùng nhớ chung (per-block shared memory) để các tiểu trình chia sẻ. Dĩ nhiên tiểu trình ở block này không thể sử dụng tài nguyên ở block khác. Tuy nhiên tất cả các block đều có thể sử dụng Global Memory – một vùng nhớ toàn cục của GPU.

*(http://cs.nyu.edu/courses/spring12/CSCI-GA.3033-012/lecture1.pdf)*

Mỗi SM của GPU chỉ có thể xử lý được tối đa 8 block tiểu trình. Rõ ràng khi nhìn trên hình rằng, ta thấy CPU càng có nhiều SM, thì sẽ xử lý được đồng thời nhiều task đi vào. Điều này đồng nghĩa với việc GPU càng có nhiều lõi thì càng được dữ liệu đồ họa nhanh và hiệu quả.

Giới hạn số tiểu trình mỗi block là 1024. Nếu block đó chứa quá số lượng tiểu trình và cần lượng tài nguyên quá so với SM, thì block đó sẽ không được thực thi.

**Giao tiếp giữa CPU và GPU:**



Trong CUDA, CPU đảm nhiệm phần thực thi toàn cục của chương trình còn GPU thì sẽ chờ lệnh giaao từ GPU. Quá trình giiao tiếp giữa CPU và GPU diễn ra theo trình tự như sau:

* Cấp phát bộ nhớ trên GPU
* Sao chép dữ liệu từ Host qua GPU
* Thực thi kernel trên GPU
* Sao chép dữ liệu từ GPU trở về Host
* Giải phóng bộ nhớ đã cấp trên GPU

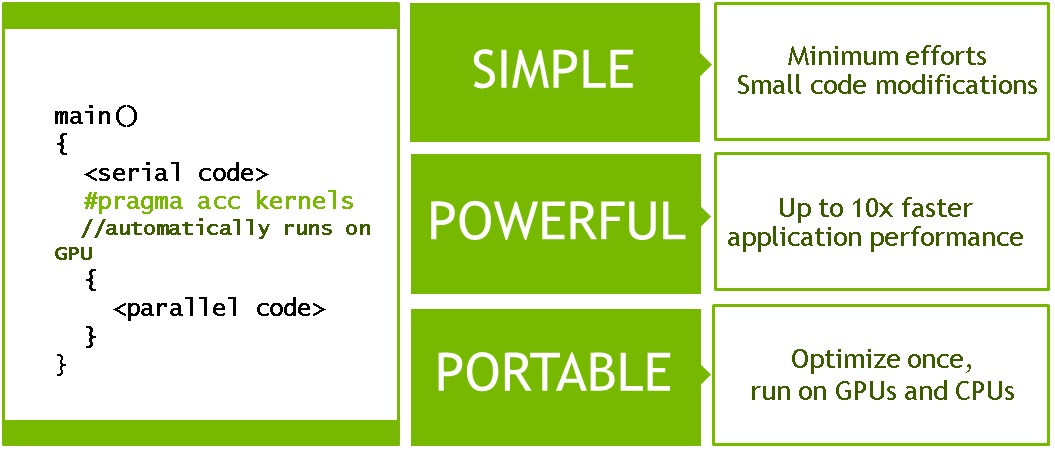
**2.3.3) OpenACC**

**Giới thiệu:**

OpenACC là một mô hình lập trình (cũng có thể gọi là tiêu chuẩn) được thiết kế để tăng tốc độ xử lý dữ liệu của GPU một cách đơn giản nhất mà không đòi hỏi quá nhiều nỗ lực gia công mã nguồn (More science, less programming). Môi trường OpenACC đơn giản hóa việc tính toán song song trong những hệ thống mà mỗi thiết bị không đồng nhất với nhau về năng lực phần cứng.

OpenACC được phát triển bằng ngôn ngữ C/C++, Fortran.

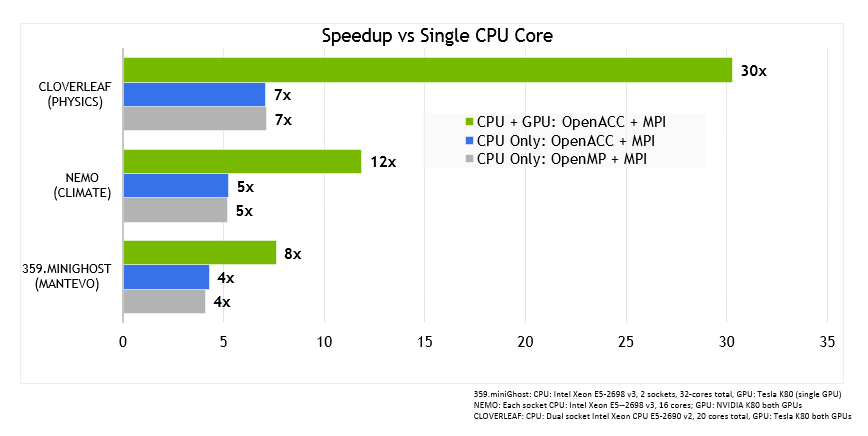
**Công dụng :**



*(https://developer.nvidia.com/openacc/overview)*

* Simple : Giảm thiểu công sức của người lập trình khi gia công mã nguồn
* Powerful : Cùng một mã nguồn nhưng hiệu năng tính toán và xử lý cao hơn 10 lần
* Portable : có thể chạy trên mọi môi trường GPUs/CPUs

**So sánh thực tiễn:**

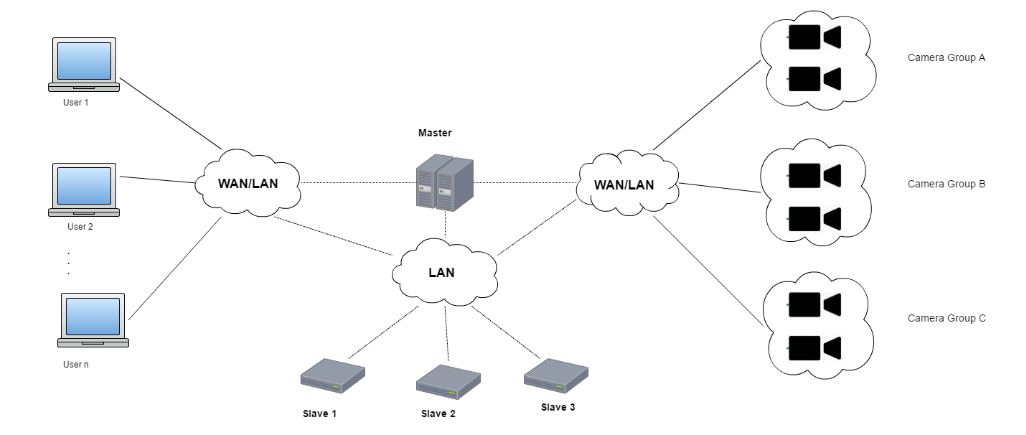


*(https://developer.nvidia.com/openacc/overview)*

**Chương 3 : Ứng dụng minh họa**

**3.1) Phát biểu bài toán**

**Mô tả chi tiết và yêu cầu**



Trên cơ sở tiếp nối ứng dụng của Hoàng và Thưởng : phát triển một mạng cluster có quy mô rộng hơn gồm nhiều host thay vì một host như trước kia.

Trong ứng dụng này, các camera sẽ được phân thành nhiều nhóm theo dõi các khu vực khác nhau. Ứng dụng phục vụ nhu cầu người dùng khi họ muốn theo dõi một khu vực nhất định nào đó.

Ứng dụng được phát triển theo 5 kịch bản sau đây:

* Kịch bản 1 - Camera đăng nhập vào hệ thống thông qua Master: camera phải được gia nhập vào nhóm nào đó thì mới có thể kiểm soát được. Master sẽ cung cấp cho camera port, địa chỉ IP… của slave đảm nhận nhóm mà camera thuộc về. Kịch bản này chỉ xảy ra một lần duy nhất. Nếu Camera đổi khu vực, thì phải đăng nhập lại từ đầu với master.
* Kịch bản 2 - User đăng nhập vào hệ thống để yêu cầu quan sát : user sẽ gửi yêu cầu muốn theo dõi khu vực nào đó tới Master. Master sẽ chỉ định, cung cấp port, địa chỉ IP,… mà slave đảm nhận khu vực người dùng muốn theo dõi. Kịch bản này chỉ xảy ra một lần duy nhất. Nếu người dùng đổi khu vực thi phải đăng nhập lại qua Master.
* Kịch bản 3 - Master quản lý slave : Master có nhiệm vụ phân phối công việc, thời gian cho các slave. Mỗi slave sẽ được Master giao đảm nhận xử lý dữ liệu hình ảnh từ một hay nhiều khu vực camera nào đó. Mạng giao tiếp giữa các slave và Master là cục bộ (LAN). Master còn có nhiệm vụ phân phối lại công việc trong trường hợp xảy ra sự cố: slave bị hư…
* Kịch bản 4 – Slave giao tiếp với Camera : Sau khi camera đăng nhập lần đầu tiên thì nó sẽ giao tiếp trực tiếp với slave thông qua mạng LAN hoặc WAN mà không phải qua trung gian Master. Slave lấy hình ảnh từ camera đó làm tài nguyên của mình.
* Kịch bản 5 – Slave giao tiếp với user : sau khi user đăng nhập lần đầu tiên vào hệ thống thì máy tính user sẽ giao tiếp trực tiếp với slave để lấy hình ảnh mà không phải qua trung gian Master nữa.

**Lợi thế**

So với hệ thống một host của Hoàng và Thưởng, thì hệ thống cluster này có nhiều điểm ưu việt hơn vì

- Dễ dàng xử lý khi lượng máy client hay camera truy cập tăng cao và phần cứng lẫn ứng dụng của một host không thể đáp ứng nổi điều đó, nên tốc độ xử lý sẽ chậm hoặc sự cạn kiệt tài nguyên của host sẽ xảy ra.

- Hệ thống một host sẽ dễ bị tổn thương khi có sự cố vì nó không có server dự phòng.

- Tránh được trường hợp nghẽn nút cổ chai nếu xảy ra quá tải đường truyền ra vào Master.

**3.2) Phân tích thiết kế**

**3.2.1) Kịch bản xử lý trên các môi trường phần cứng**

**Môi trường phần cứng chí có CPU**

Một client yêu cầu tới Master

If (NoCoreRest)

//process

**Môi trường phần cứng chỉ có một GPU**

**….**

**Môi trường phần cứng có nhiều GPU**

**….**

**3.3) Môi trường cài đặt và thử nghiệm**

- Hệ điều hành

- IDE

- Chọn kiểu Cluster/Grid

- Chọn Multi/single GPU

**3.4) Framework và ngôn ngữ LTr sử dụng**

- Framework và công dụng

+ CUDA : ...

...

- Ngôn ngữ Ltr và công dụng

+ C++ : chạy ở đâu, công đoạn nào

P/S : xem xét ý 3 và 4

#########################

**Chương 4 : Đánh giá thử nghiệm và kết luận**

1) Đánh giá

- Ưu điểm của ứng dụng

- Khuyết điểm của ứng dụng

2) Tiến độ

- Mục tiêu đã hoàn thành

- Mục tiêu chưa hoàn thành

3) Chiến lược phát triển - mở rộng

- Phát triển trên grid

- Âm thanh + hình ảnh

4) Kết luận

#########################

THAM KHẢO