PEMROSESAN PARALEL

Kebutuhan pengolahan paralel

- Motivasi :
  - Pengolahan data numerik dalam jumlah yang sangat besar.
  - Kebutuhan akan ketersediaan data yang senantiasa up to date.

- Contoh :
  - Simulasi sirkulasi global laut di Oregon State University. Lautan dibagi ke dalam 4096 daerah membentang dari timur ke barat, 1024 daerah membentang dari utara ke selatan dan 12 lapisan. Berarti terdapat sekitar 50 juta daerah berdimensi tiga. Satu iterasi mampu mensimulasikan sirkulasi lautan untuk jangka waktu 10 menit dan membutuhkan sekitar 30 milyar kalkulasi floating point.

    Para ahli kelautan ingin menggunakan model tersebut untuk mensimulasikan sirkulasi lautan untuk periode 1 tahun.

- Pengolahan Paralel :
  - Pengolahan informasi yang menekankan pada manipulasi data-data elemen secara simultan.
  - Dimaksudkan untuk mempercepat komputasi dari sistem komputer dan menambah jumlah keluaran yang dapat dihasilkan dalam jangka waktu tertentu.

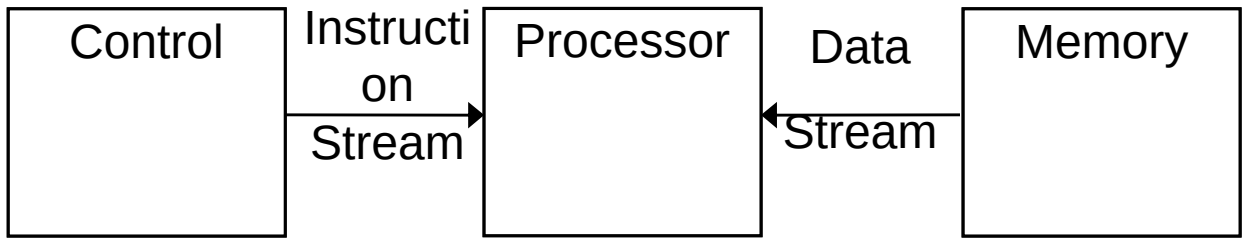
Paradigma Pengolahan Paralel

1. M. J. FLYNN

   Pengklasifikasian oleh Flynn, dikenal sebagai Taksonomi Flynn, membedakan komputer paralel ke dalam empat kelas berdasarkan konsep aliran data (data stream) dan aliran instruksi (instruction stream), sebagai : SISD, SIMD, MISD, MIMD.

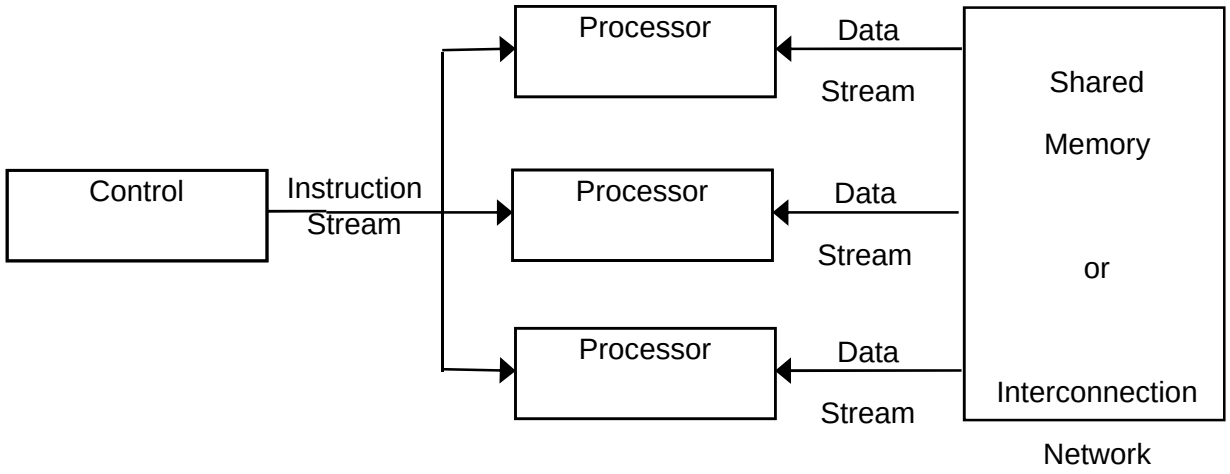
1. SISD (Single Instruction stream, Single Data stream)

- Komputer tunggal yang mempunyai satu unit kontrol, satu unit prosesor dan satu unit memori
- Instruksi dilaksanakan secara berurut tetapi boleh juga overlap dalam tahapan eksekusi (overlap)
- Satu alur instruksi didecode untuk alur data tunggal



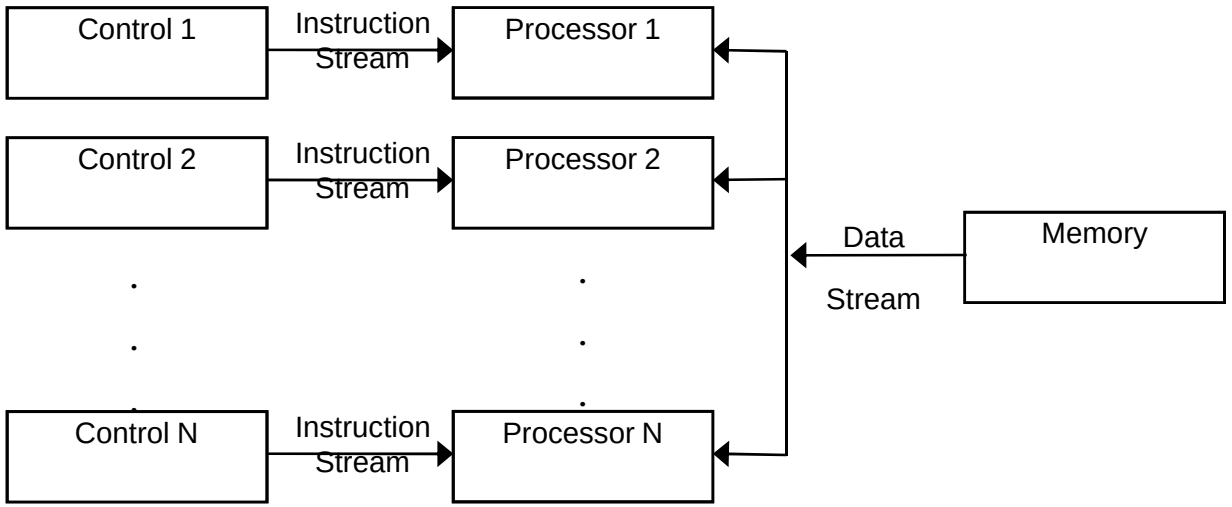
2. SIMD (Single Instruction stream, Multiple Data stream)

- Komputer yang mempunyai beberapa unit prosesor di bawah satu supervisi satu unit common control. Setiap prosesor menerima instruksi yang sama dari unit kontrol, tetapi beroperasi pada data yang berbeda.



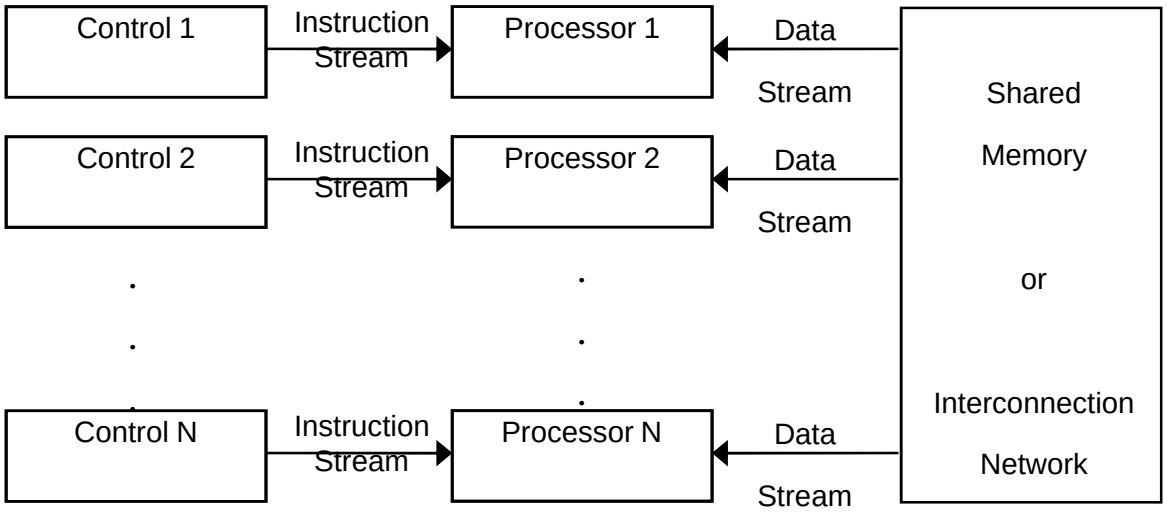
3. MISD (Multiple Instruction stream, Single Data stream)

- Sampai saat ini struktur ini masih merupakan struktur teoritis dan belum ada komputer dengan model ini.



4. MIMD (Multiple Instruction stream, Multiple Data stream)

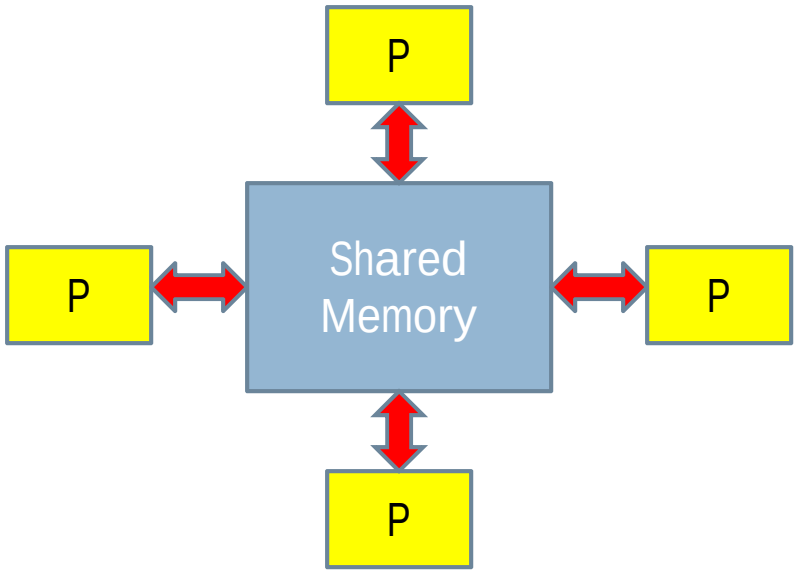
- Organisasi komputer yang memiliki kemampuan untuk memproses beberapa program dalam waktu yang sama. Pada umumnya multiprosesor dan multikomputer termasuk dalam kategori ini.



- MIMD dibagi menjadi 2 grup:
  - Multiprocessor yang menggunakan memory bersama.
  - Multicomputer.

Multiprosessor

- Sistem multiprocessor adalah suatu komputer yang mempunyai lebih dari satu CPU pada motherboardnya. Jika sistem operasi dibangun untuk memanfaatkan kelebihan ini, maka SO tersebut dapat menjalankan proses-proses berbeda (atau thread-thread berbeda yang dimiliki oleh proses yang sama) pada CPU-CPU berbeda.

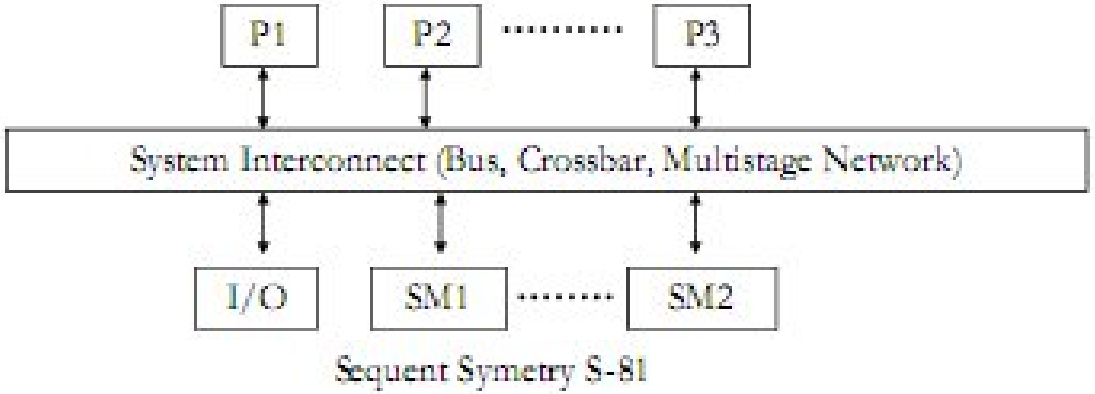


Processors are connected with memory via the memory bus (which is fast), or switches

Shared Memory Multiprocessors

- 3 Model Shared Memory Multiprocessors:
  - Uniform Memory Access (UMA)
  - Nonuniform Memory Access (NUMA)
  - Cache Only Memory Architecture (COMA)
- Yang membedakan dari ketiga model diatas adalah bagaimana memori dan pheripheral device di shared atau didistribusikan

Uniform Memory Access (UMA)

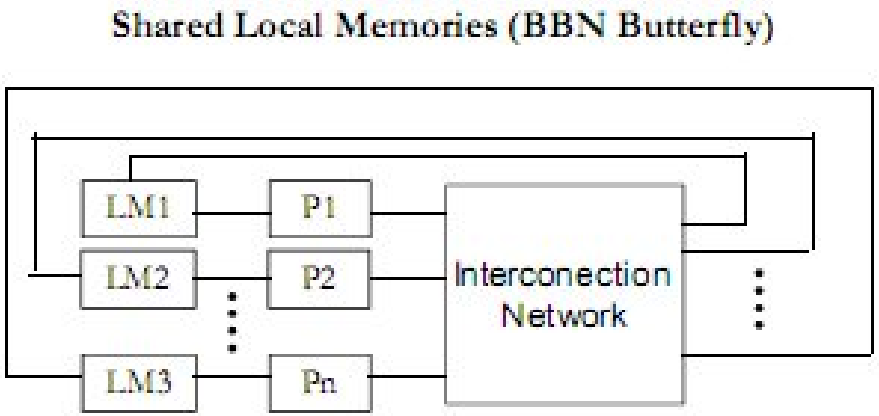


Sequent Symetry S-81

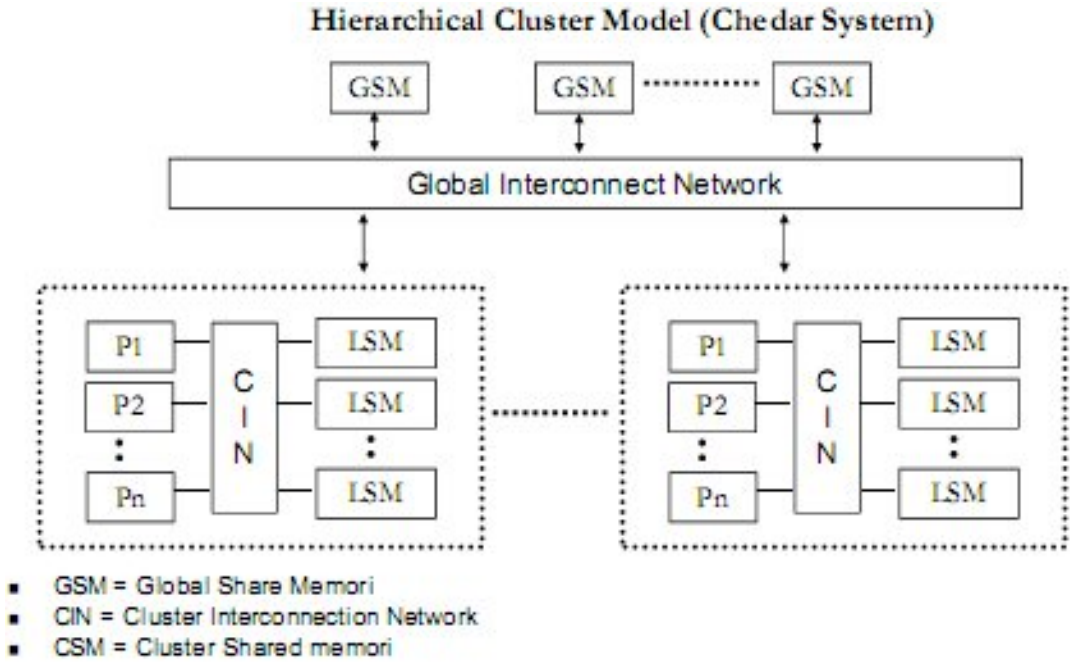
- Terlihat bahwa memori dibagi secara merata ke semua prosesor
- Semua prosesor mempunyai waktu akses yang sama ke semua word memori
- Setiap prosesor menggunakan private cache
- Dan untuk peripheral juga dishare dengan cara yang sama
- UMA cocok untuk general purpose dan aplikasi time sharing oleh multiple user
- UMA dapat digunakan untuk meningkatkan ekseskusi dari program tunggal yang besar pada aplikasi time-critical

Non Uniform Memory Access (NUMA)

- NUMA Multiprocessor adalah sebuah sistem shared memory dimana waktu aksesnya bervariasi ke lokasi memori word

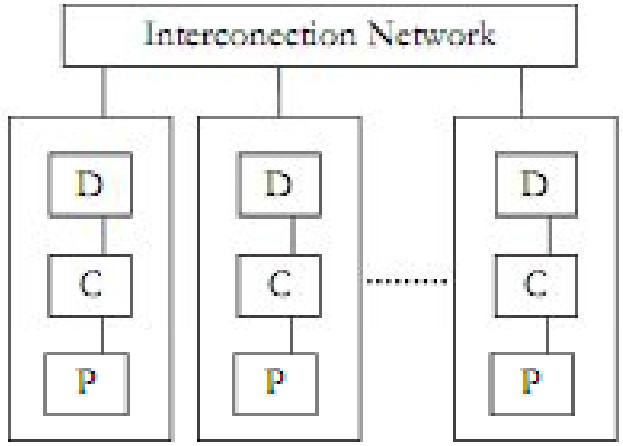


- Shared memory yang secara fisik didistribusikan ke semua processor disebut lokal memori dan kumpulan dari lokal memori membentuk ruang alamat global yang dapat diakses oleh semua processor
- NUMA dapat mengakses lokal memori lebih cepat dengan lokal processor, sedangkan akses ke memori yang jauh diberikan ke proc. Lain yang kapasitasnya lebih besar untuk ditambah delay melalui interkoneksi jaringan
- Disamping distribusi memori, secara umum shared memory dapat ditambahkan ke multiprosessror syste,, dalam hal ini ada tiga pola akses memory, dimana yang tgerdepat adalah akses ke lokal memori, akses ke global memori dan yang paling lambat adalah akses dari memory yang jauh (hierarchical Cluster Model (Chedar System))



Cache Only Memory Access (COMA)

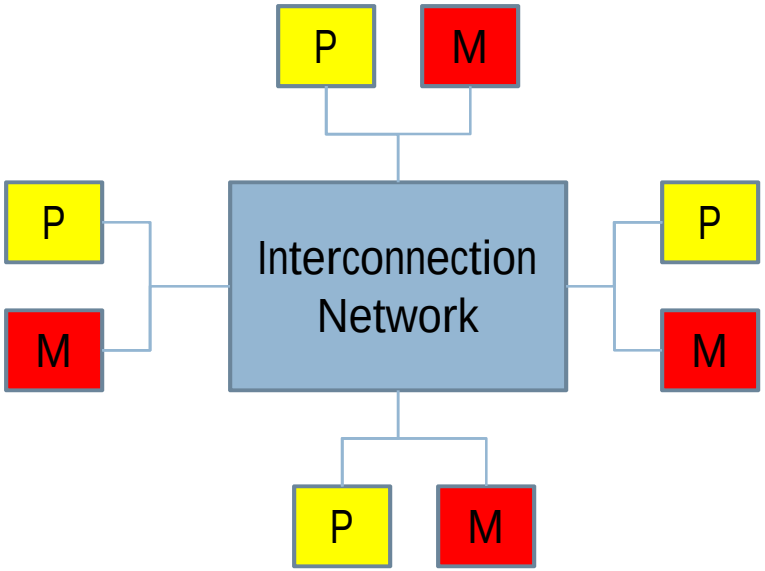
- COMA adalah multiprocessor yang hanya menggunakan cache memory
- COMA dapat ditemukan pada NUMA machines, dimana pendistribusioan main memory dirubah ke cache. Disini tidak ada hirarki memori pada setiap node computer



- Semua cache berasal dari ruang alamat global. Akses ke cache jauh dibantu oleh direktori cache yang didistribusikan. Tergantung kepada interkoneksi jaringan yang digunakan, terkadang direktori digunakan untuk membantu penempatan copian dari blok-blok cache
- Penempatan awak data tidak penting karena data akan menempati tempat dimana data tersebut akan digunakan

Multicomputer

- Sistem Multicomputer
  Multicomputer dapat dianggap berupa suatu komputer NUMA loosely atau cluster yang tightly coupled.
- Multicomputer biasanya digunakan ketika diperlukan power komputasi tinggi tetapi lingkungan mempunyai ruang fisik atau tenaga listrik terbatas.



Processors have private address space.
Interprocess communication via message passing only
In clusters, computers are connected via LAN

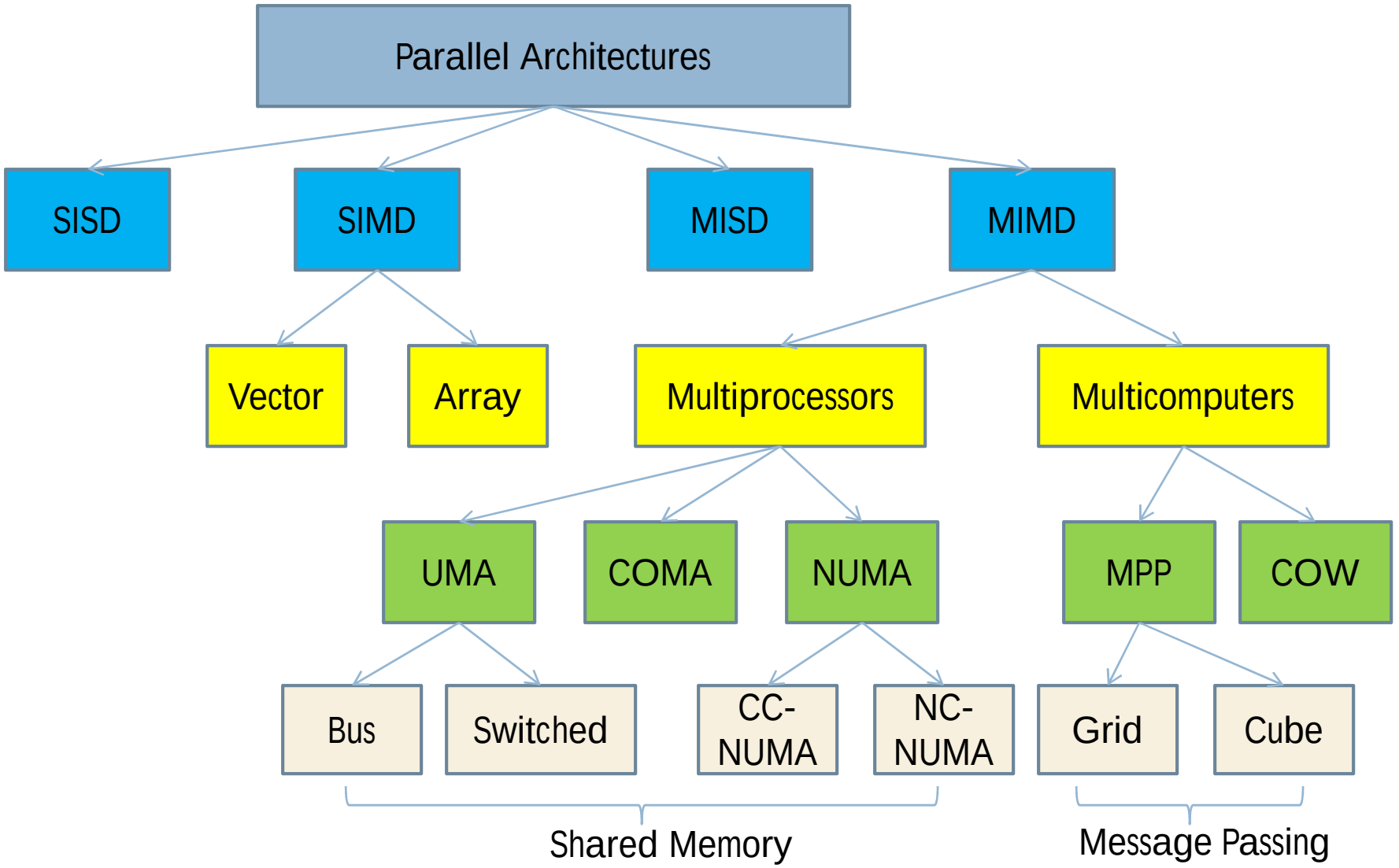
Major Issues in MIMD

1. Processor-memory Interconnection
2. Cache Coherence
3. Synchronization Support
4. Scalability Issue
5. Distributed Shared Memory

Sistem Multicore

- CPU-CPU Intel dari era Pentium 4 terbaru (Northwood dan Prescott) menerapkan suatu teknologi bernama Hyper-threading yang memungkinkan lebih dari satu thread (biasanya dua) untuk berjalan pada CPU yang sama.
- Produk processor yang lebih baru seperti Sun UltraSPARC T1, AMD Athlon 64 X2, AMD Athlon FX, AMD Opteron, Intel Pentium D, Intel Core, Intel Core 2 dan Intel Xeon menyertakan banyak core processor juga untuk meningkatkan jumlah thread yang dapat dieksekusi.

A Taxonomy of Parallel Computers



- Keterangan:
  - UMA : Uniform Memory Access
  - NUMA : Non Uniform Memory Access
  - COMA : Cache Only Memory Access
  - MPP : Massively Parallel Processor
  - COW : Cluster of Workstations
  - CC-NUMA : Cache Coherent NUMA
  - NC-NUMA : Non Cache NUMA

Terminologi

- Pengolahan Paralel :

  Pengolahan informasi yang ditekankan pada manipulasi elemen data yang dimiliki oleh satu atau lebih dari satu proses secara bersamaan dalam rangka menyelesaikan sebuah problem.

- Komputer Paralel :

  Komputer multi-prosesor dengan kemampuan melakukan pengolahan paralel.

- Supercomputer :

  sebuah general-purpose computer yang mampu me-nyelesaikan problem dengan kecepatan komputasi sangat tinggi. Semua superkomputer kontemporer adalah komputer paralel. Beberapa di antaranya memiliki prosesor yang sangat kuat dalam jumlah yang relatif sedikit, sementara yang lainnya dibangun oleh mikroprosesor dalam jumlah yang cukup besar.

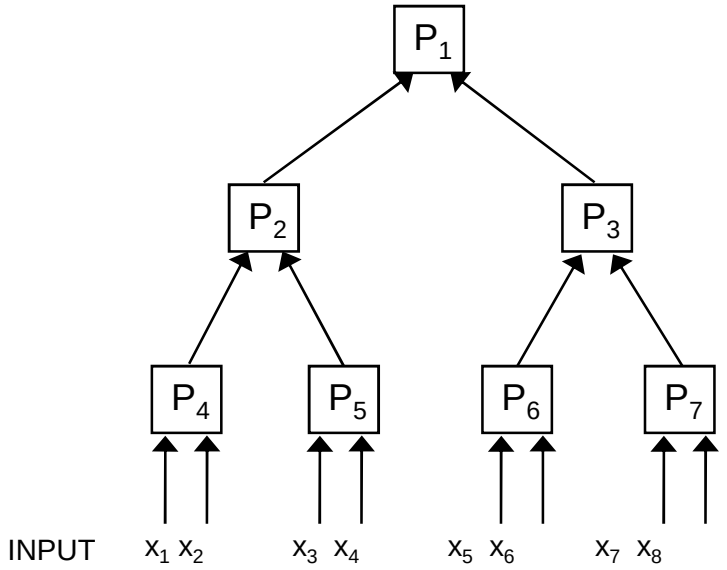
- Throughput :

  banyaknya keluaran yang dihasilkan per unit waktu

- Semakin banyak prosesor yang digunakan semakin tinggi biaya untuk memperoleh solusi sebuah problem. Hal ini terjadi karena perlu dipertimbangkan biaya pengadaan prosesor dan perawatannya.
- Jumlah prosesor yang tergantung dari n , n=ukuran problem, dinyatakan sebagai p(n). Kadang-kadang jumlah prosesor tidak tergantung pada ukuran problem.

Contoh SIMD:

- Perhatikan n bilangan $x_1, x_2, \ldots, x_n$ yang akan dijumlahkan. Dengan menggunakan komputer tree-connected SIMD dengan log n level dan $n/2$ daun, dibutuhkan pohon dengan ukuran (n-1) atau p(n) = n -1 .
- Ilustrasi untuk n = 8

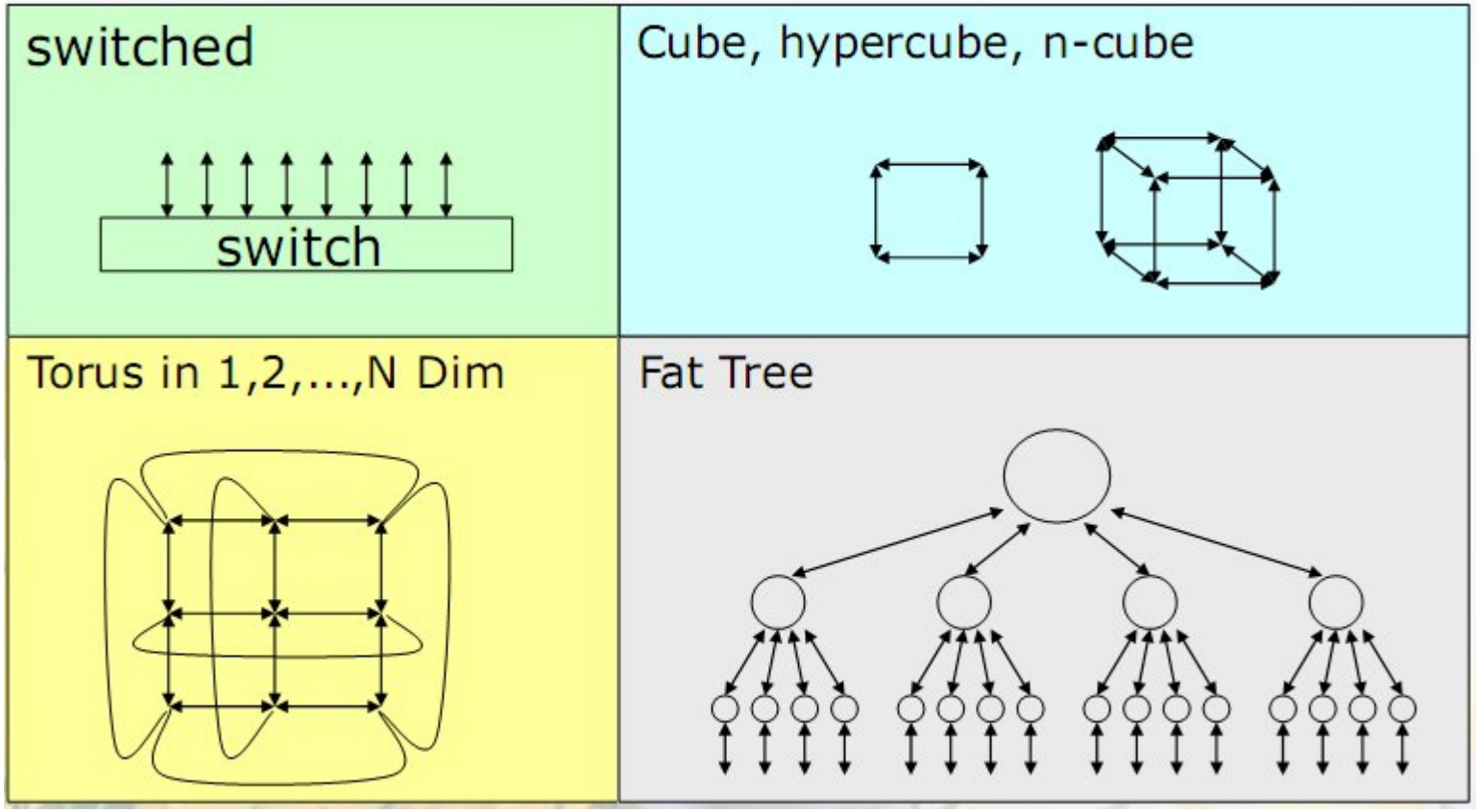


Interconnection Networks

- Uses of interconnection networks
  - Connect processors to shared memory
  - Connect processors to each other
- Interconnection media types
  - Shared medium
  - Switched medium

- Network topology:
  - Static Networks
  - Dynamic Networks
- Static networks provide fixed connections between nodes (node can be a processing unit, a memory module, I/O Module). Links between nodes are unchangeable and cannot be easily reconfigured.
- Dynamic networks provide reconfigurable connections between nodes. The switch box is the basic component of the dynamic network. The connections between nodes are established by the setting of a set of interconnected network.

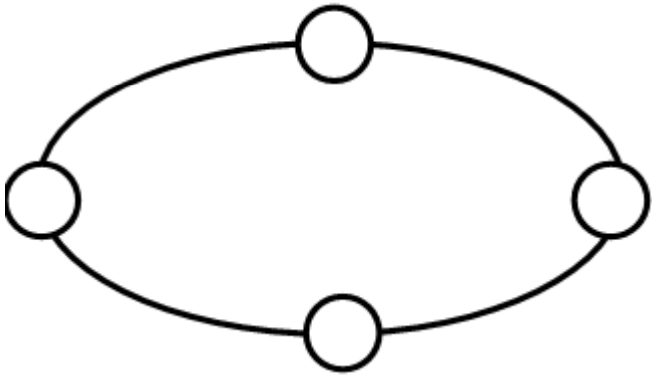
Most common networks



Topologi Jaringan Interkoneksi MIMD

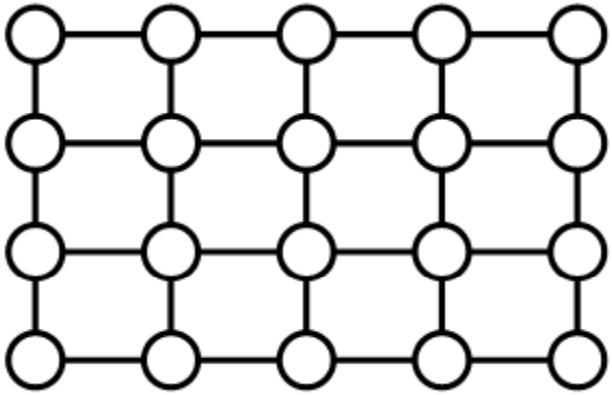
- Ada beberapa topologi dasar:
  - Ring
  - Mesh
  - Tree
  - Hypercube

- Topologi Ring
  - Apabila komunikasinya dua arah disepanjang ring, maka jarak maksimum antara dua simpul pada ring dengan n simpul adalah n/2

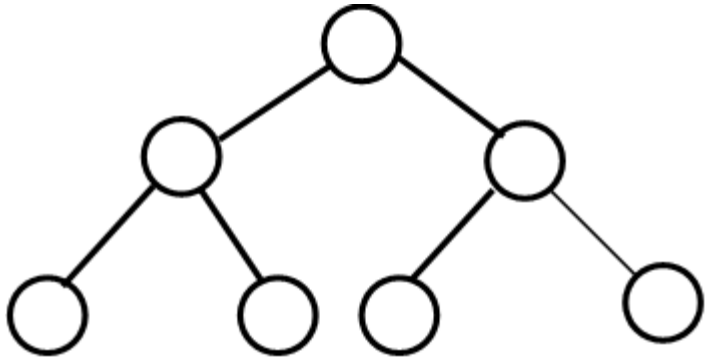


  - Paket-paket pesan berukuran tetap digunakan dengan melibatkan alamat tujuan yang diinginkan
  - Topologi ini cocok untuk jumlah prosesor yang relatif sedikit dengan komunikasi data minimal

- Topologi Mesh
  - Bentuk mesh yang paling sederhana adalah array dua dimensi tempat masing-masing simpul saling terhubung dengan keempat tetangganya.
  - Diameter komunikasi sebuah mesh yang sederhana adalah 2(n-1)
  - Koneksi wraparround pada bagian-bagian ujung akan mengurangi ukuran diameter menjadi 2(n/s)
  - Topologi mesh ini cocok untuk hal-hal yang berkaitan dengan algoritma yang berorientasi matriks



- Topologi Tree
  - Jaringan topologi tree digunakan untuk mendukung algoritma searching dan sorting.



- Top node: root
- Four nodes at the bottom : leaf (or terminal) nodes
- The rest of the nodes are called intermediate nodes.

- Topologi Hypercube
  - Topologi ini menggunakan $N=2^n$ prosesor yang disusun dalam sebuah kubus berdimensi n, dimana setiap simpul mempunyai $n = \log_2 N$ link bidirectional dengan simpul yang berdekatan
  - Diameter komunikasi hiperkubus seperti itu sama dengan n

