

并行计算

Parallel Computing

主讲 孙经纬
2024年 春季学期

概要

- 第一篇 并行计算硬件平台：并行计算机
 - **第一章 并行计算与并行计算机结构模型**
 - 第二章 并行计算机系统互连与基本通信操作
 - 第三章 典型并行计算机系统介绍
 - 第四章 并行计算性能评测

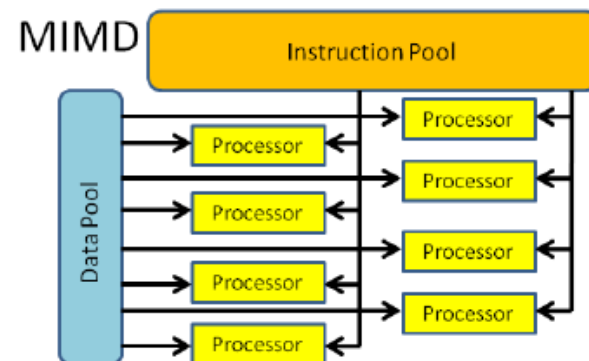
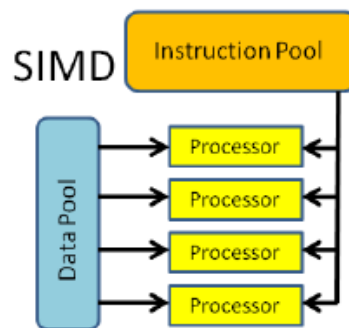
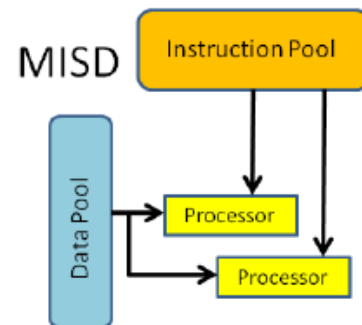
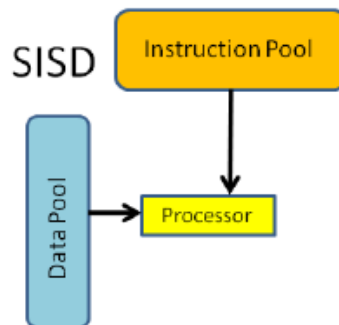
概要

- 第一章 并行计算与并行计算机结构模型
 - 1.1 计算与计算机科学（略）
 - 1.2* 单处理机与指令级并行（略）
 - 1.3* 多核处理器与线程级并行（略）
 - **1.4 并行计算机体系结构**
 - **1.4.1 并行计算机结构模型**
 - **1.4.2 并行计算机访存模型**
 - 1.4.3* 并行计算机存储模型（略）
 - 1.5 并行计算概述（略）

计算机结构模型

Flynn's Taxonomy (费林分类法)

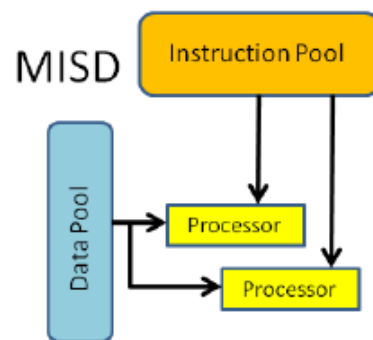
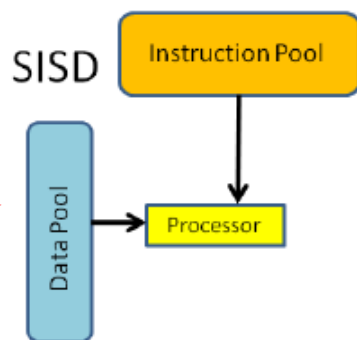
- Single-instruction single-data
- Single-instruction multiple-data
- Multiple-instruction single-data
- Multiple-instruction multiple-data



计算机结构模型

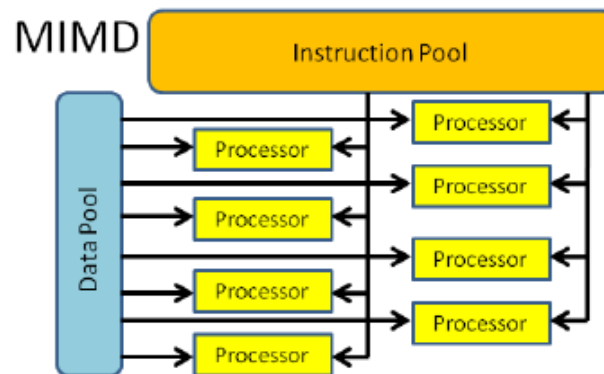
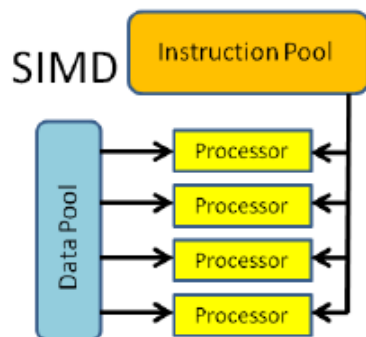
Flynn's Taxonomy (费林分类法)

串行计算



目前没有对应的系统

并行计算

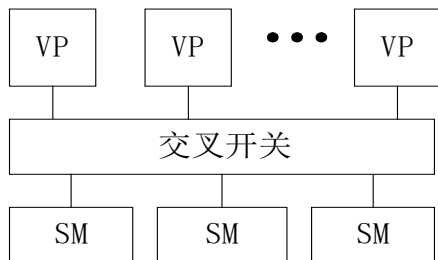


并行计算

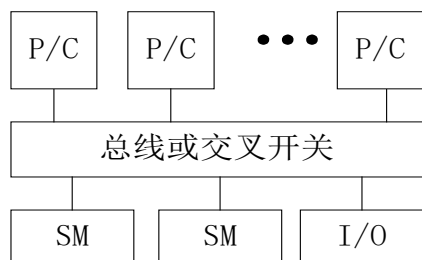
并行计算机结构模型

- 单指令多数据流机SIMD (Single-Instruction Multiple-Data)
- 多指令多数据流机MIMD (Multiple-Instruction Multiple-Data)
 - 并行向量处理机PVP (Parallel Vector Processor)
 - 对称多处理机SMP (Symmetric Multiprocessor)
 - 大规模并行处理机MPP (Massively Parallel Processor)
 - 工作站机群COW (Cluster of Workstation)
 - 分布式共享存储DSM (Distributed Shared Memory)多处理机

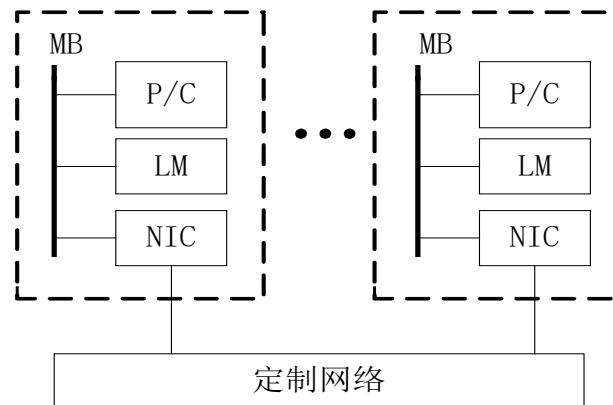
并行计算机结构模型



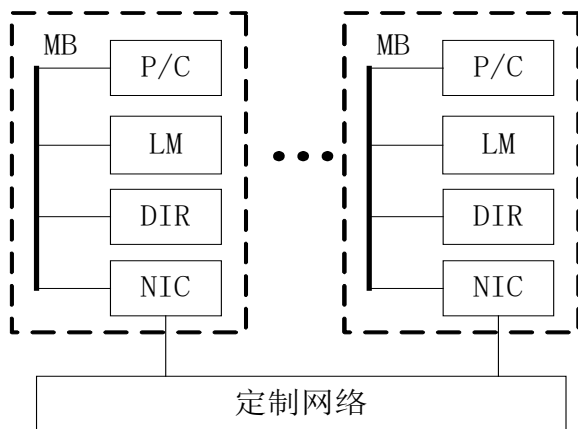
(a) PVP



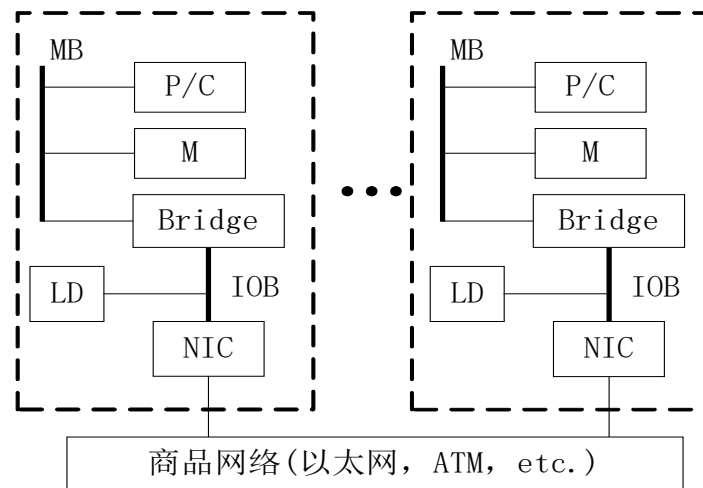
(b) SMP



(c) MPP



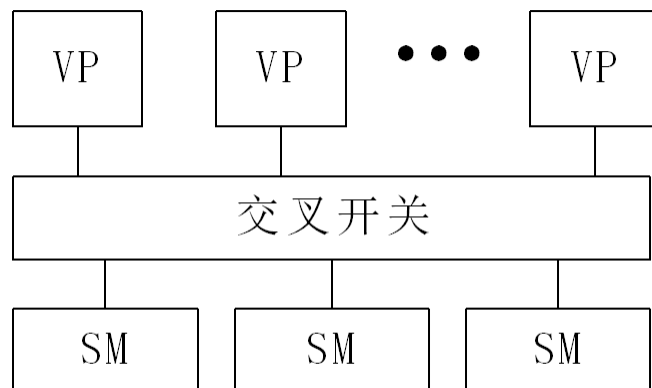
(d) DSM



(e) COW

并行向量处理机PVP

基于专用定制高性能向量处理器构建的并行计算机

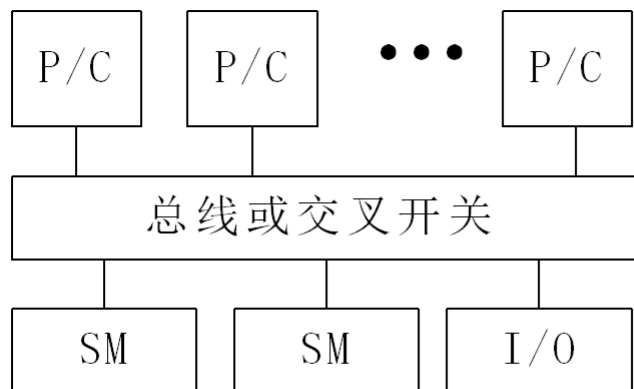


(a) PVP

- VP (Vector Processor): 向量处理器
- SM (Shared Memory): 共享存储器

对称多处理机SMP

采用商用微处理器，通常有片上和片外Cache，基于总线连接，集中式共享存储
具有对称性，单地址空间，易编程性，动态负载平衡

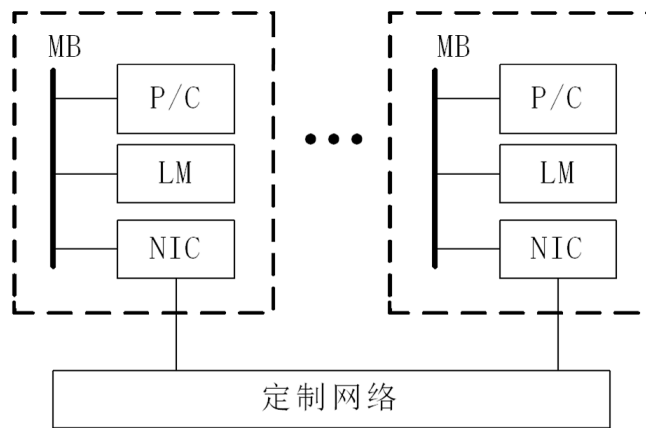


(b) SMP

- P/C (Microprocessor and Cache): 微处理器和高速缓存
- SM (Shared Memory): 共享存储器

大规模并行机MPP

成百上千个处理器组成的大规模计算机系统，规模可扩充性好
高带宽低延迟定制互连，商用处理器

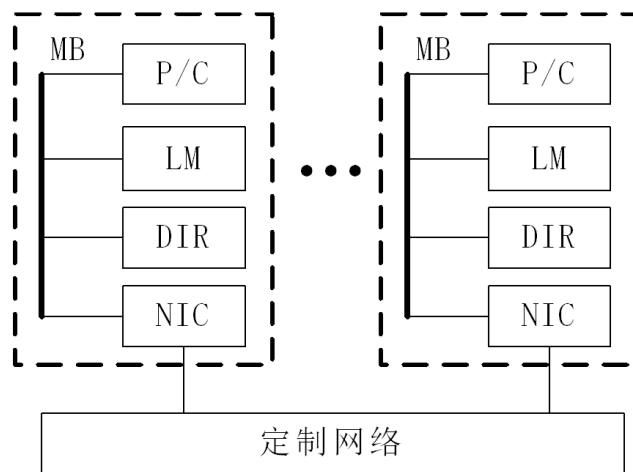


(c) MPP

- P/C (Microprocessor and Cache): 微处理器和高速缓存
- LM (Local Memory): 共享存储器
- NIC (Network Interface Circuitry): 网络接口电路
- MB (Memory Bus): 存储器总线

分布共享存储多处理机DSM

将物理上分布的存储系统，通过硬件和软件的办法，向用户提供一个单一的全局地址空间
易于编程、易于扩展

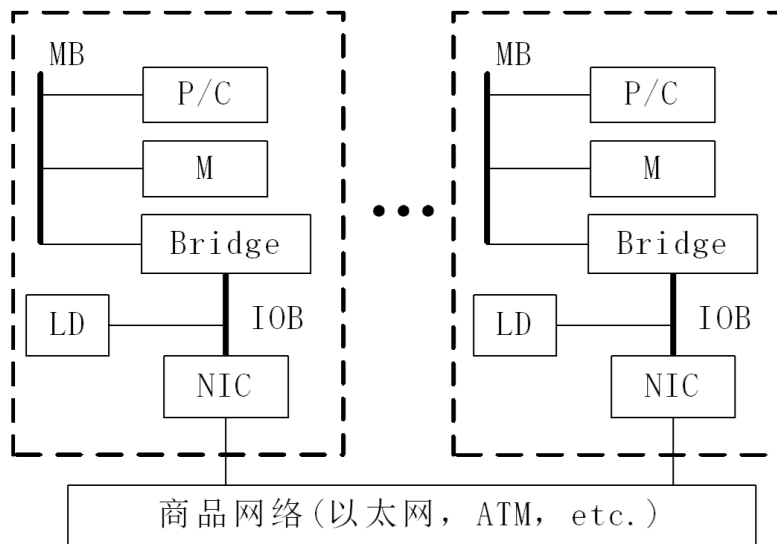


(d) DSM

- P/C (Microprocessor and Cache): 微处理器和高速缓存
- LM (Local Memory): 共享存储器
- NIC (Network Interface Circuitry): 网络接口电路
- MB (Memory Bus): 存储器总线
- DIR (Cache Director): 高速缓存目录

工作站机群COW

- 分布式存储，MIMD，工作站+商用互连网络
- 每个节点是一个完整的计算机，有自己的磁盘和操作系统
- 优点：
 - 投资风险小
 - 系统结构灵活
 - 性能/价格比高
 - 能充分利用分散的计算资源
 - 可扩充性好
- 问题
 - 通信性能
 - 并行编程环境



(e) COW

五种结构特性一览表

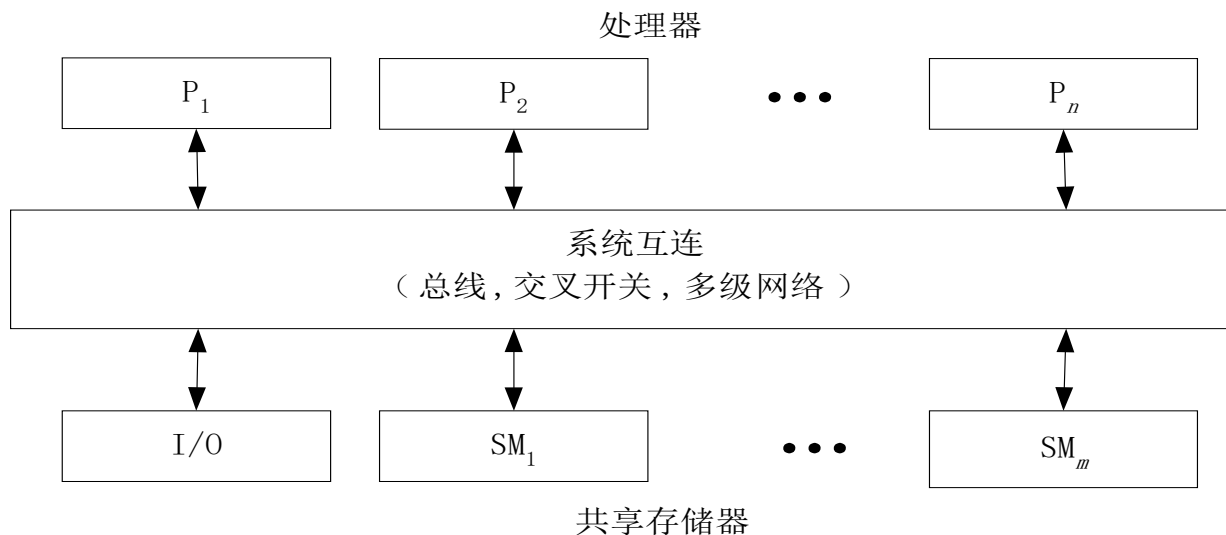
属性	PVP	SMP	MPP	DSM	COW
结构类型	MIMD	MIMD	MIMD	MIMD	MIMD
处理器类型	专用定制	商用	商用	商用	商用
互连网络	定制交叉开关	总线、交叉开关	定制网络	定制网络	商用网络 以太,ATM
通信机制	共享变量	共享变量	消息传递	共享变量	消息传递
地址空间	单地址空间	单地址空间	多地址空间	单地址空间	多地址空间
系统存储器	集中共享	集中共享	分布非共享	分布共享	分布非共享
访存模型	UMA	UMA	NORMA	NUMA	NORMA
代表机器	Cray C-90, Cray T-90, 银河1号	IBM R50, S G I P o w e r C h a l l e n g e , 曙 光 1 号	Intel Paragon, IBMSP2, 曙光 1000/2000	Stanford DASH, Cray T 3D	Berkeley NOW, Alpha Farm

并行计算机访存模型

- 均匀存储访问模型 – UMA
- 非均匀存储访问模型 – NUMA
- 全高速缓存访问模型 – COMA
- 高速缓存一致性非均匀存储访问模型 – CC-NUMA
- 非远程存储访问模型 – NORMA

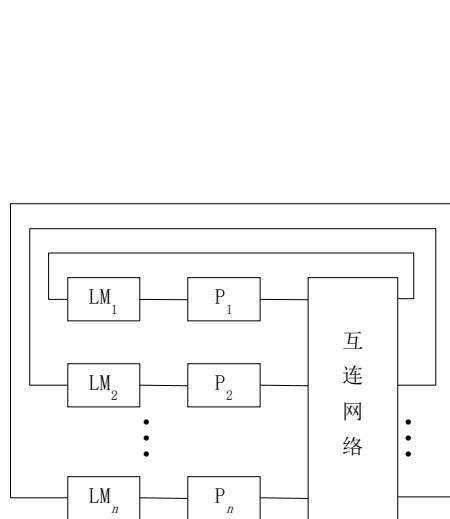
UMA访存模型

- UMA (Uniform Memory Access): 均匀存储访问模型
 - 物理存储器被所有处理器均匀共享;
 - 所有处理器访问任何存储单元的时间相同;
 - 每台处理器可带私有高速缓存;
 - 外围设备也可以一定形式共享。

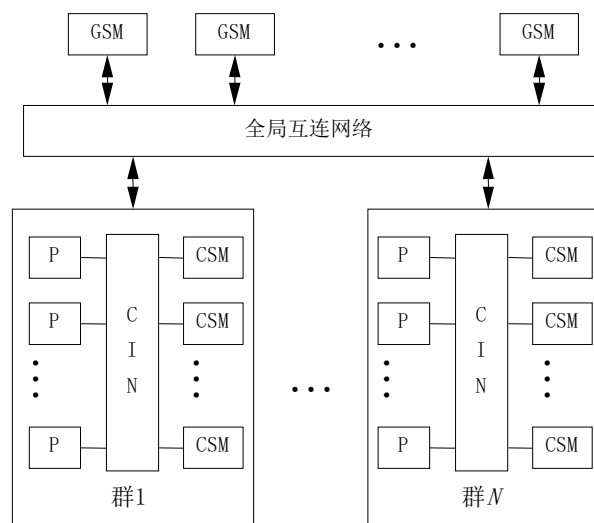


NUMA访存模型

- NUMA (Nonuniform Memory Access): 非均匀存储访问模型
 - 被共享的存储器在物理上是分布在所有的处理器中的，其所有本地存储器的集合就组成了全局地址空间；
 - 处理器访问存储器的时间是不一样的；访问本地存储器LM或群内共享存储器CSM较快，而访问外地的存储器或全局共享存储器GSM较慢(此即非均匀存储访问名称的由来)；
 - 每台处理器照例可带私有高速缓存，外设也可以某种形式共享。



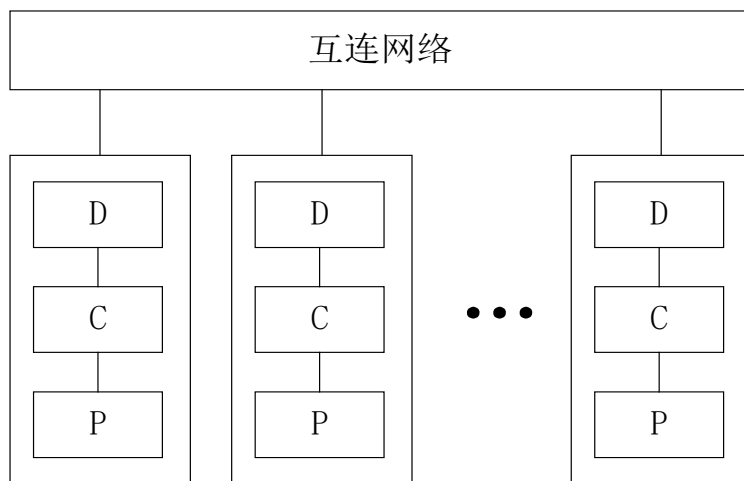
(a) 共享本地存储模型



(b) 层次式机群模型

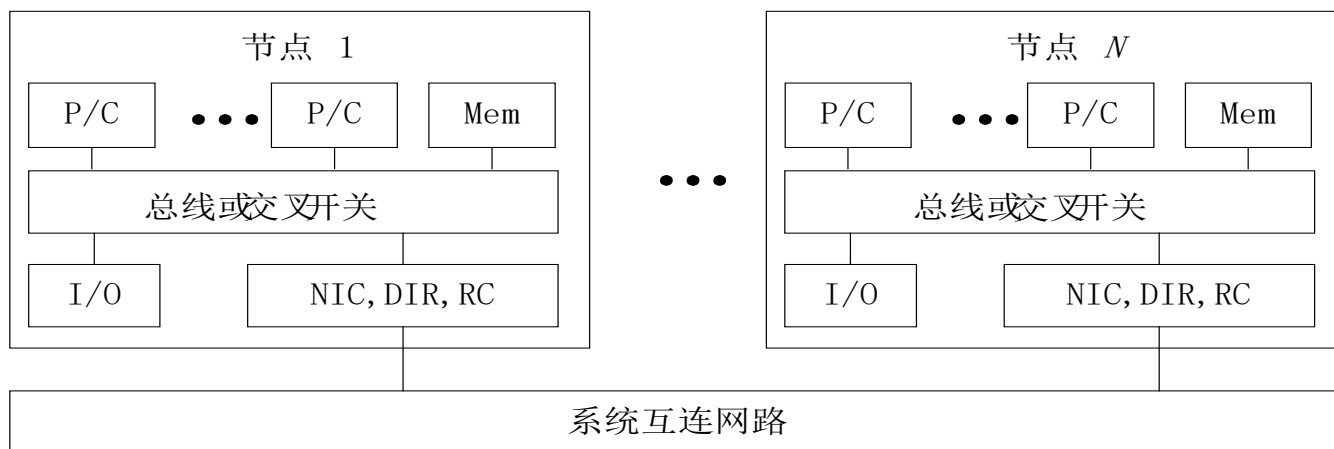
COMA访存模型

- COMA (Cache-Only Memory Access): 全高速缓存存储访问
 - NUMA的一种特例
 - 各处理器节点中没有存储层次结构，全部高速缓存组成了全局地址空间；
 - 利用分布的高速缓存目录D进行远程高速缓存的访问；
 - 使用COMA时，数据开始时可任意分配，因为在运行时它最终会被迁移到要用到它们的地方。



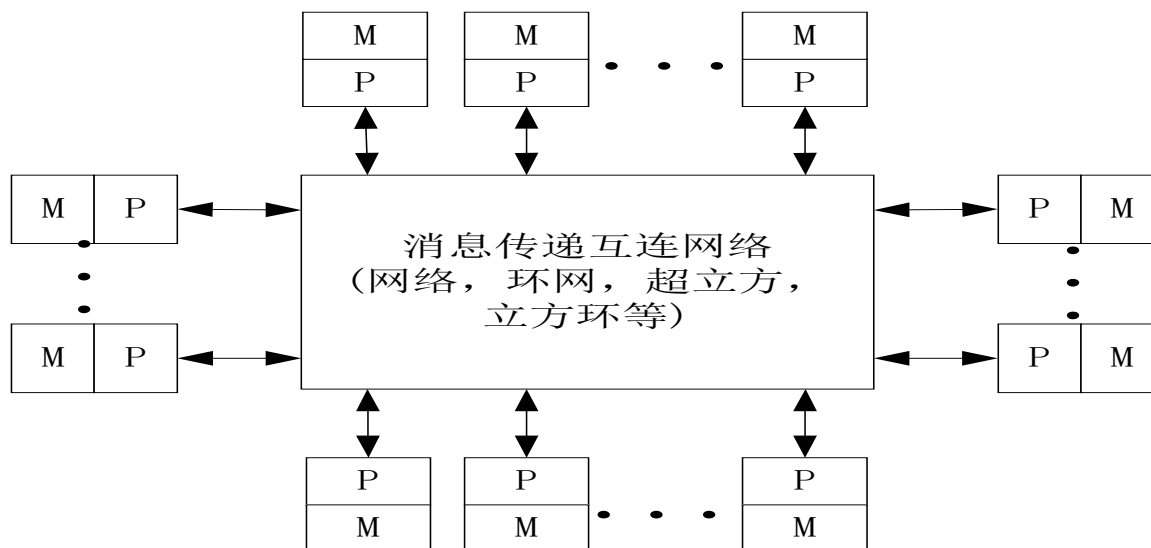
CC-NUMA访存模型

- **CC-NUMA (Coherent-Cache Nonuniform Memory Access): 高速缓存一致性非均匀存储访问模型**
 - 大多数使用基于目录的高速缓存一致性协议;
 - 保留SMP结构易于编程的优点, 也改善常规SMP的可扩放性;
 - CC-NUMA实际上是一个分布共享存储的DSM多处理机系统;
 - 它最显著的优点是程序员无需明确地在节点上分配数据, 系统的硬件和软件开始时自动在各节点分配数据, 在运行期间, 高速缓存一致性硬件会自动地将数据迁移至要用到它的地方。

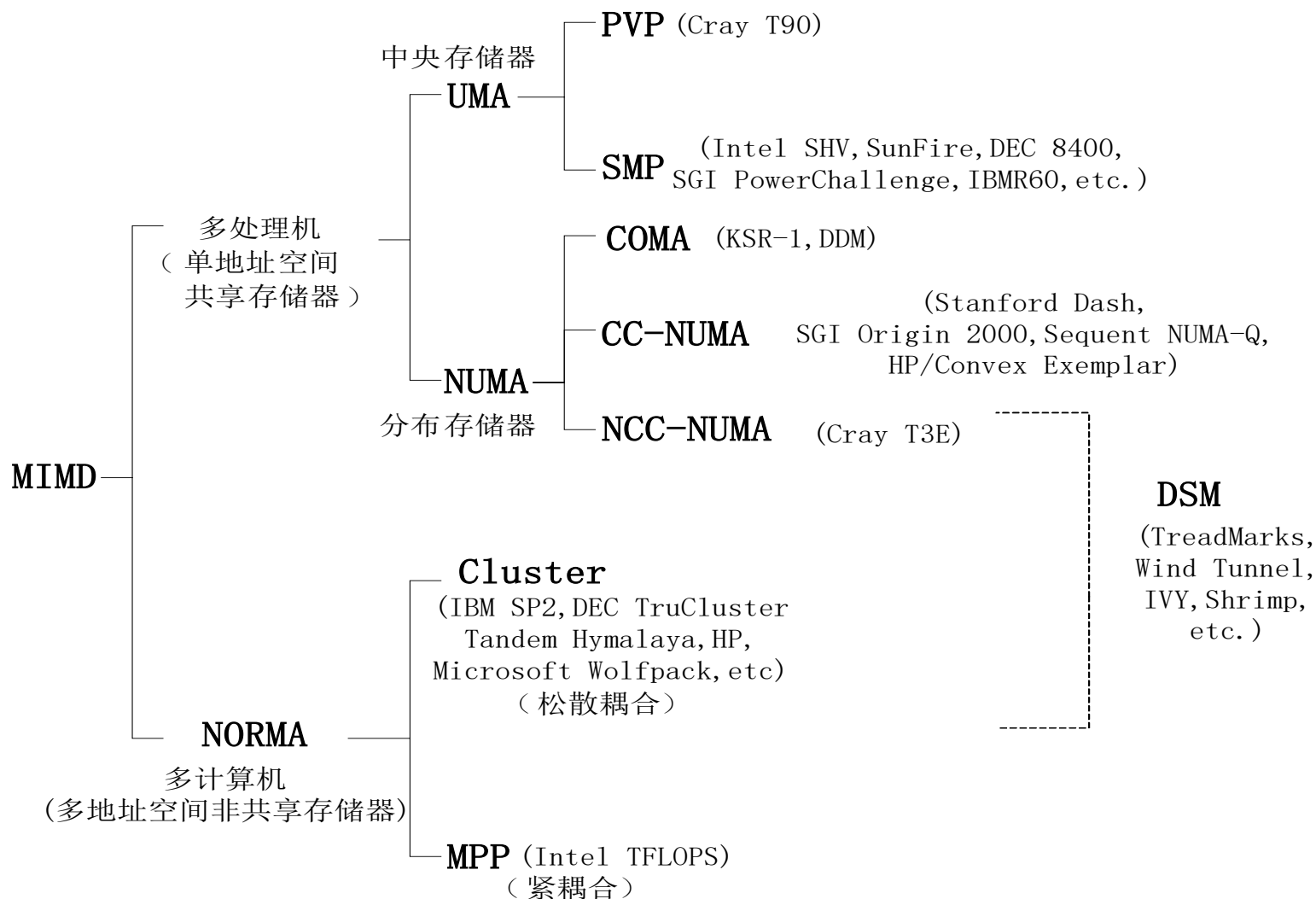


NORMA访存模型

- NORMA (No-Remote Memory Access) 无远程存储访问模型
 - 所有存储器是私有的，仅能由其处理器访问；
 - DSM可以通过软件和硬件的手段，将NORMA隐藏起来。



并行机系统的不同存储结构



分布式存储中的共享与非共享存储

- 在并行计算机中，物理上分布的存储器在逻辑上可以共享或非共享。
- 如果系统内任何处理器上的进程都能直接地访问系统内任何本地存储器和远程存储器，则就称该系统具有共享存储结构。
- **注意，所谓直接访问指能用load和store之类的指令存取整个系统内的任何存储单元。**
- 如果系统内任何处理器上的进程不能直接对远程存储器用load和store之类的指令进行访问，而必须借助于运行时软件层和用户可调用的例程库来实现，则就称该系统具有非共享存储结构。

课后作业1

1. 调研和说明并行计算、分布式计算、云计算的异同
2. 课本第35页1.11题。并行计算应用调研
3. 根据调研的应用需求，按预算1000万人民币购置计算设备，请给出采购清单（组件型号、数量、单价）

不要写太多字，一共不要超过2页

提交截止时间：2024年3月10日（周日） 23:59

提交方式：BB系统