



课后题

9.1 计算机系统中，并行性的含义是什么？提高计算机系统并行性的技术途径有哪些？

1、定义：并行处理指计算机系统在同一时刻或同一时间间隔内完成两个或两个以上任务处理的方法。↵

2、含义：同时性与并发性↵

(1) 同时性：指两个或两个以上的事件在同一时刻发生。↵

(2) 并发性：指两个或两个以上的事件在同一时间间隔内发生。↵

3、实现并行处理机制的方法有 4 种↵

(1) 时间重叠：运用时间并行技术，通过让多个处理任务或子任务同时使用系统的不同功能部件，增大系统吞吐量，提高系统运行速度。【流水线】↵

(2) 资源重复：运用空间并行技术，通过大量重复设置硬件资源，使多个处理任务或子任务同时使用系统中的多个相同功能的部件。【多核处理器中的多个 CPU】↵

(3) 时间重叠加资源重复：同时运用时间并行和空间并行技术↵

(4) 资源共享：采用软件方式，通过操作系统的调度使多个任务按一定规则（如时间片）轮流使用同一设备。↵

9.2 说明云计算的特点。

1、超大规模：拥有巨量服务器↵

2、虚拟化：云计算支持用户在任意位置、使用各种终端获取应用服务。↵

3、高可靠性：使用了数据多副本容错、计算结点同构可互换等措施来保障服务的高可靠性↵

4、通用性：同一个“云”可以同时支撑不同的应用运行。↵

5、高可扩展性：“云”的规模可以动态伸缩，满足应用和用户规模增长的需要。↵

6、按需服务：可按需购买↵

7、极其廉价：“云”的特殊容错措施可以采用极其廉价的结点来构成云，因此云具有低成本的优势↵

9.3 编号为 0、1、2、...、15 的 16 个处理器，用单级互连网络互连，互连函数分别为：

①方体置换

②PM2+3

③均匀洗牌置换

④蝶形置换

时，第 13 号处理器各连到哪一号处理器上？

解：①方体置换：
 $C_0(x_3x_2x_1x_0) = x_3x_2x_1\bar{x}_0$ 1101 与 1100 相连
 $C_1(x_3x_2x_1x_0) = x_3x_2\bar{x}_1x_0$ 1101 与 1111 相连
 $C_2(x_3x_2x_1x_0) = x_3\bar{x}_2x_1x_0$ 1101 与 1001 相连
 $C_3(x_3x_2x_1x_0) = \bar{x}_3x_2x_1x_0$ 1101 与 0101 相连

② PM_{2^i+3} : $PM_{2^i+3}(x) = (x + 2^i) \bmod 16$

$x=13$ 时 $PM_{2^i+3}(13) = (13+8) \bmod 16 = 5$

1101 与 0101 相连

③ 均匀洗牌 : $G(x_3 x_2 x_1 x_0) = x_2 x_1 x_0 x_3$ 1101 与 1011 相连

④ 蝶形 : $\beta(x_3 x_2 x_1 x_0) = x_0 x_2 x_1 x_3$ 1101 与 1101 相连

PS: 基本互连函数:

① 恒等置换: $r(x_{n-1} x_{n-2} \dots x_1 x_0) = x_{n-1} x_{n-2} \dots x_1 x_0$

② 交换置换: $h(x_{n-1} x_{n-2} \dots x_1 x_0) = x_{n-1} x_{n-2} \dots x_1 \bar{x}_0$

③ 方体置换:

方体置换是实现用二进制编码的地址号的第 i 位不同的输入端与输出端的连接, 其表达式为:

$$C_i(x_{n-1} x_{n-2} \dots x_1 x_0) = x_{n-1} x_{n-2} \dots \bar{x}_i \dots x_1 x_0 \quad (9-3)$$

根据式 (9-3), 对于 N 个输入输出的情况, 应有 C_0, C_1, \dots, C_{n-1} , 共有 $n = \log_2 N$ 种方体置换。当 $N=8$ 时, 则有

$$C_0(x_2 x_1 x_0) = x_2 x_1 \bar{x}_0$$

$$C_1(x_2 x_1 x_0) = x_2 \bar{x}_1 x_0$$

$$C_2(x_2 x_1 x_0) = \bar{x}_2 x_1 x_0 \quad (9-4)$$

④ 均匀洗牌置换 : $\begin{cases} \text{正: } G(x_{n-1} x_{n-2} \dots x_1 x_0) = x_{n-2} \dots x_1 x_0 x_{n-1} \\ \text{逆: } G(x_{n-1} x_{n-2} \dots x_1 x_0) = x_0 x_{n-1} x_{n-2} \dots x_1 \end{cases}$

⑤ 加減 2^i 置换: $PM_{2^i+}(x) = (x + 2^i) \bmod N$

$$PM_{2^i-}(x) = (x - 2^i) \bmod N$$

⑥ 蝶形置换: $\beta(x_{n-1} x_{n-2} \dots x_1 x_0) = x_0 x_{n-2} \dots x_1 x_{n-1}$

9.4 画一个 $N=8$ 用 2×2 开关和均匀洗牌构成的 Omega 网络, 并说明如何将 0 号处理器的信息广播到 4、5、6、7 号处理器上。

9.5 以一个 $N=8$ 用 2×2 开关和均匀洗牌构成的 Omega 网络为例, 说明为什么会产生阻塞? 并以 $N=8$ 的 Benes 网络说明如何做到全排列?

解: $n = \log_2 N = 3$ 级

000 → 000	0 → 0
001 → 010	1 → 2
010 → 100	2 → 4
011 → 110	3 → 6
100 → 001	4 → 1
101 → 011	5 → 3
110 → 101	6 → 5
111 → 111	7 → 7

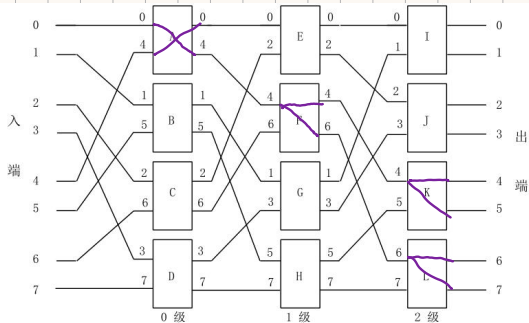


图9.20 N=8多级均匀洗牌交换互联网络

冲突 0→6 6→4 4→7 7→3
3→0 1→5 5→1 2→2
在开关内 DG 冲突

余程亮

Omega 网络由 n 级相同结构的网络组成，使用均匀洗牌连接作为各级交换开关之间的级间互连模式，利用其后跟随的四功能交换开关，采用单元控制方式，使每级的输入输出达到全混洗交换。

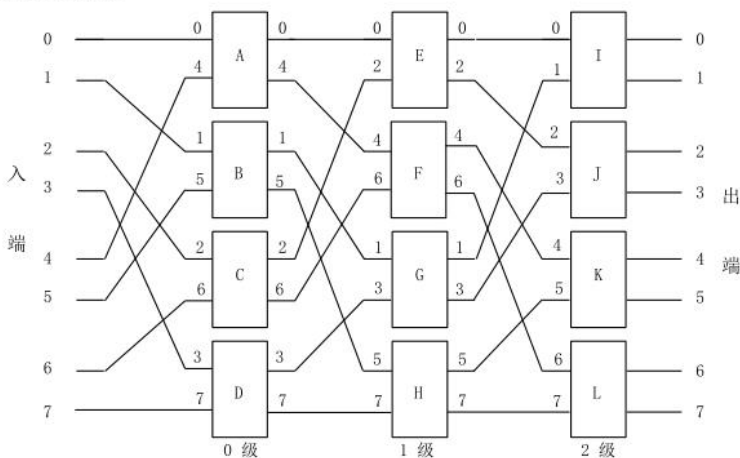


图9.20 N=8多级均匀洗牌交换互联网络

具有 N 个输入和 N 个输出的 **Omega** 网络结构图可按如下步骤画出：

- ① 利用 $n = \log_2 N$ ，可求出 **Omega** 网络的级数为 n 。
- ② 利用本节前面提到的均匀洗牌置换方法，画出 N 个端的均匀洗牌拓扑，在其后接上一级四功能开关模块。
- ③ 每一级需 $N/2$ 个开关模块，级号从入端到出端依次为 $0, 1, \dots, i, \dots, n-1$ 。

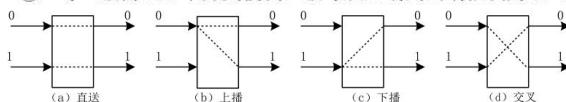


图9.19 2×2开关模块的四种控制状态

SMP 特点 & 优点

对称多处理机系统具有如下特点:

1. 这样的系统是由两个以上的多个相同的处理机构成。
2. 多个处理机通过总线或其他互连方式连接在一起。图 9.31 中, 是利用系统总线将这些处理机连在一起。
3. 多个处理机共享同一主存储器。并且, 每一个处理机访问主存储器的时间是相同的, 也就是一致的。这或许就是一致性存储器访问计算机(UMA)的来历。
4. 所有的处理机通过相同的通道或不同的通道共享 IO 设备。
5. 每一处理机都能完成相同的功能, 这或许是对称多处理机中对称的由来。
6. 整个对称多处理机系统是在一个集中的操作系统统一管理下工作。操作系统能够为每一处理机按排进程或线程, 对各处理机的工作进行统一地调度与控制。

对称多处理机系统相对于单个处理机的计算机系统, 有如下突出的优点: ↵

1. SMP 包含多个处理机, 而这些处理机可以并行工作。因此, SMP 具有比单处理机构成的系统更高的性能。↵
2. SMP 具有高的可靠性和高的可用性。由于系统中包含多处理机, 当某一处理机出现故障时, 其他处理机仍可以工作。↵
3. SMP 系统具有很好的扩展性能, 用户可以比较容易地在系统中增加一个处理机, 只要将相同的处理机连接在系统总线即可达到目的。从而较方便地增强系统的性能。↵
4. 可以灵活地按照用户的需求构成不同数量处理机的 SMP 系统。↵

MPP 特点 & 优点

大规模并行处理(MPP)系统的特点如下:

- (1) MPP 是由大量的结点构成, 结点数目少则数百多达上万。
- (2) MPP 的结点可由一个或多个带有 Cache 的处理机构成。具体构成形式有以下三种:
 - ① 每个结点只包含一个处理器。
 - ② 每一个结点包含一台 SMP。
 - ③ 每一个结点由 CC-NUMA 系统构成。
- (3) 构成 MPP 的结点可以是同构的也可以是异构的。
- (4) MPP 各结点的存储器是各自独立的, 每个结点只能直接存取自己结点的本地存储器, 不能直接访问非本地结点的存储器。若需访问非本地结点的存储器, 则需使用消息传递的方式来达到目的。这使得编程困难而且增加通信开销。
- (5) 每个结点都有自己的操作系统, 各结点可以有各不相同的操作系统。用户可将任务提交给任务管理系统, 由该系统负责任务的调度, 以便使系统负载平衡。在 MPP 系统中也允许用户登录到某一特定结点上或指定在某一结点上运行某任务。

4. Cluster 系统与 MPP 系统的不同

由图 9.38 可以看到，Cluster 系统与 MPP 系统十分类似，但存在一些差别。两者的主要差别如下所述。

集群是一种分布存储的并行系统，属于 NURMA 结构，各结点通信主要使用消息传递方式。集群与 MPP 的主要区别是：

集群的每个结点都是一个完整的计算机系统，包括 CPU、内存、硬盘，但可能没有显示器、键盘、鼠标等外围设备，这样的结点称为“无头工作站”；MPP 的每个结点内不一定有硬盘。集群的结点间通常使用低成本的商品化网络相连，如以太网、ATM、Myrinet 等，而 MPP 使用专门定制的网络，这个特征被认为是集群与 MPP 最主要的区别。集群结点与系统级网络的网络接口是连接到结点内的 I/O 总线上的，属于松耦合；而 MPP 的网络接口是连到结点内的存储总线上的，属于紧耦合。集群的每个结点上驻留有完整的操作系统；而 MPP 的结点内通常只有操作系统的微内核。

3. 集群系统的优势

集群系统提出之后发展得十分迅猛，已成为目前研究的热点。集群受到广泛关注的原因是多方面的。其中之一就是它可以用商品处理器和商品网络方便地构造。另外，它还有许多过去的并行系统不可比拟的优势。

(1) 投资风险小

传统的大规模并行处理机比较昂贵，如果性能不好就等于浪费了大量资金。而集群即使作为并行系统效果不好，它的每个结点仍可以作为高性能微机使用，不会浪费资金。

(2) 性能价格比高

传统的并行机由于生产批量小往往价格昂贵。而集群基本上使用市售的商品化部件，价格较低。集群整体的性能可达 GFlops 量级甚至更高的水平。

(3) 系统的开发周期短

集群的硬件都是商用的，开发的重点在通信机制和并行编程环境上。

(4) 编程方便，软件继承性好

在集群系统中用户无需学习新的并行程序设计语言。只需在常规的 C、C++、Fortran 串行程序中插入少量通信原语，即可使其在集群上运行。

(5) 系统结构灵活

不同结构、不同性能、不同操作系统的工作站都可以连接起来构成集群系统。这样用户就可以充分利用现有设备以及闲散的计算机，用少量投资获得较大的计算能力。

(6) 可扩展性好

只需要很少的配置工作就可以方便地向集群加入或减少结点，随时根据服务要求改变系统的处理能力，并且在这个改变过程中，系统不必停机，服务不会中断。

