

# 《并行计算》课程总结与复习 2021/6/1

## 第一篇 并行计算硬件平台：并行计算机

### Ch1 并行计算与并行计算机结构模型

- 1.1 计算与计算机科学
- 1.2 单处理机与指令级并行
- 1.3 多核处理器与线程级并行
  - 何谓多核处理器及意义
  - 微处理器中的并行方式
    - ILP, TLP, 多任务 OS, SMT, CMP, 虚拟化技术
    - Intel 超线程技术
- 1.4 并行计算机体系结构
  - 并行计算机结构模型
    - SISD, SIMD, MISD, MIMD;
    - SIMD, PVP, SMP, MPP, COW(Cluster), DSM
  - 并行计算机访存模型
    - UMA, NUMA, COMA, CC-NUMA, NORMA
    - 不同存储结构的并行机系统(P20 图 1.11)
- 1.5 更多的并行计算概念
  - PFLOPS, TFLOPS, GFLOPS
  - TOP500 中的  $R_{\max}$  和  $R_{\text{peak}}$  指标

### Ch2 并行计算机系统互连与基本通信操作

- 2.1 并行计算机互连网络
  - 并行计算机的互连方式
    - 静态互连: LA(LC), MC, TC, HC; (P42 表 2.1 各种网络特性表)
    - 动态互连: Bus, Crossbar Switcher, MIN(Multistage Interconnection Networks)
    - 特别地, 标准网络互连: FDDI, 快速以太网, Myrinet, InfiniBand
- 2.2-2.5 通信代价公式
  - SF 和 CT 基本公式
  - SF 和 CT 在一维环、带环绕的 Mesh、超立方上的通信代价公式

### Ch3 典型并行计算机系统介绍 (略)

- 3.1 共享存储多处理机系统
- 3.2 分布存储多计算机系统
- 3.3 分布共享存储计算机系统
- 3.4 机群系统

## Ch4 并行计算性能评测

### 4.1 基本性能指标

### 4.2 加速比性能定律

- Amdahl, Gustafson, Sun&Ni 定律

### 4.3 可扩放性评测标准（略）

- 可扩放性的含义

- 三个评测标准：等效率度量，等速度度量，平均延迟度量

### 4.4 基准测试程序（略）

- SPEC, LinPACK

## 第二篇 并行计算理论基础：并行算法设计

## Ch5 并行算法与并行计算模型

### 5.1 并行算法的基础知识

- 并行算法的定义
- 并行算法的表达
- 并行算法的复杂度：运行时间、处理器数目、成本及成本最优、加速比、并行效率、工作量及工作量最优
- 并行算法的 WT 表示：Brent 定理

### 5.2 并行计算模型

- PRAM 模型：SIMD-SM，  
又分 CRCW(CPRAM, PPRAM, APRAM), CREW, EREW
- SIMD-IN 模型：SIMD-DM
- 异步 APRAM 模型：MIMD-SM
- BSP 模型：MIMD-DM，块内异步并行，块间显式同步
- LogP 模型：MIMD-DM，点到点通讯

## Ch6 并行算法基本设计策略

- 并行算法的三种设计策略：串改并，全新设计，借用法
- 及其示例：快排序、前缀和、 $k$  着色、所有点对最短路径

## Ch7 并行算法常用设计技术

- 划分设计技术：均匀划分(PSRS 排序)、对数划分(并行归并排序)、方根划分(Valiant 归并排序)，功能划分( $(m,n)$ -选择（略）
- 分治设计技术：双调归并网络（略）
- 平衡树设计技术：求最大值、计算前缀和
- 倍增设计技术：表序问题、求森林的根
- 流水线技术：五点的 DFT 计算，4 流水线编程实例（略）

## Ch8 并行算法一般设计过程

- PCAM 的含义
- PCAM 设计方法的四个阶段和每个阶段的任务与目标（略）

- 域分解和功能分解（略）

## 第三篇 并行计算理论基础：并行数值算法

### Ch9 稠密矩阵运算

- 9.1 矩阵的划分
  - 带状划分和棋盘划分，有循环的带状划分和棋盘划分
- 9.2 矩阵转置
  - 网孔和超立方连接的算法及其时间分析(棋盘划分)
- 9.3 矩阵向量乘法
  - 带状划分的算法及其时间分析
  - 棋盘划分的算法及其时间分析
  - Systolic 算法(略)
- 9.4 矩阵乘法
  - 简单并行分块算法
  - Cannon 算法及其计算示例
  - Fox 算法及其计算示例
  - DNS 算法及其计算示例（略）
  - Systolic 算法(略)

### Ch10 线性方程组的求解

- 回代求解上三角形方程组的并行算法及其数据划分方法
- 三对角方程组的奇偶规约求解法
- Gauss-Seidel 迭代法的并行化
  - 异步并行化算法
  - 小规模并行化算法(针对五点格式产生的线性方程组)
  - 红黑着色并行算法(针对五点格式产生的线性方程组)

### Ch11 快速傅立叶变换 FFT

- 离散傅里叶变换(DFT)定义及其  $O(n^2)$  算法
- 串行 FFT 蝶式分治算法的计算原理、伪代码及其递归计算流程图
- 串行 FFT 分治递归算法的计算原理
- SIMD-MC 上的 FFT 算法(略)
- SIMD-BF 上的 FFT 算法及其时间分析

### Ch12 数值计算的基本支撑技术（略）

- 网格生成
- 图的划分
- 稀疏线性系统求解器
- 算法和软件
- 科学计算可视化

## 第四篇 并行计算软件支撑：并行编程

### Ch13 并行程序设计基础

- 基本概念和术语

### Ch14 共享存储系统并行编程

- OpenMP 编程

### Ch15 分布存储系统并行编程

- MPI 编程

### Ch16 并行程序设计环境与工具(略)

- Intel 的 Parallel Studio

## 补充篇 GPU 体系结构及编程

- 术语：GPU, GPGPU
- NVIDIA G80 的体系结构
  - SM 的组成
  - 存储器：层次结构和特点，全局存储器的 coalesced memory access，共享存储器的存储体冲突
  - 线程组织结构：线程、线程块、线程网格，Warp 执行机制
  - 同步：线程块内和块间的同步，CPU 和 GPU 间的同步
- CUDA 编程（略）
- CUDA 程序的性能优化
- 矩阵乘法及其优化