

Оглавление

| | |
|-------------------------------------|------|
| Предисловие (В.А. Садовничий) | v |
| Предисловие издательства | vi |
| Предисловие авторов | viii |
| Оглавление | xiii |

ЧАСТЬ 1. ОСНОВЫ..... 2

Глава 1. Введение..... 3

| | |
|---|----|
| Сила и потенциал параллелизма..... | 3 |
| Параллелизм – известный принцип | 3 |
| Сила и потенциал параллелизма..... | 4 |
| Параллелизм в компьютерных программах | 4 |
| Многоядерные компьютеры, их возможности..... | 5 |
| Дополнительные возможности использования параллельного оборудования..... | 7 |
| Параллельные вычисления против распределенных вычислений | 8 |
| Уровень параллелизма системы | 9 |
| Удобство параллельных абстракций..... | 10 |
| Анализ последовательных и параллельных программ..... | 11 |
| Распараллеливающий компилятор..... | 11 |
| Сдвиг парадигмы | 12 |
| Параллельная сумма префикса | 16 |
| Параллелизм, использующий многие потоки команд..... | 18 |
| Концепция потока | 19 |
| Многопоточное решение для вычисления Count 3s | 19 |
| Цели: масштабируемость и переносимая производительность..... | 30 |
| Масштабируемость | 31 |
| Переносимая производительность | 31 |
| Основные принципы..... | 32 |
| Заключение..... | 33 |
| Исторический аспект | 34 |
| Упражнения..... | 34 |

| | |
|---|-----------|
| Глава 2. Основные сведения о параллельных компьютерах | 36 |
| Совмещение характеристик машин с переносимостью программ..... | 36 |
| Шесть параллельных компьютеров..... | 37 |
| Многоядерные процессоры | 37 |
| Симметричные архитектуры мультипроцессоров | 41 |
| Гетерогенная архитектура чипов..... | 44 |
| Кластеры | 47 |
| Суперкомпьютеры | 48 |
| Результаты анализа шести параллельных компьютеров..... | 51 |
| Абстрактное представление последовательного компьютера..... | 53 |
| Применение модели RAM..... | 54 |
| Оценка модели RAM | 54 |
| PRAM: модель параллельного компьютера | 55 |
| Архитектура СТА: практическая модель параллельного компьютера | 56 |
| Модель СТА | 57 |
| Латентность взаимодействия | 61 |
| Свойства модели СТА | 62 |
| Механизмы обращения к памяти | 64 |
| Общая память | 64 |
| Односторонняя коммуникация..... | 64 |
| Передача сообщений | 65 |
| Модели согласованности памяти | 66 |
| Модели программирования..... | 68 |
| Подробное рассмотрение взаимодействия | 68 |
| Применение модели СТА..... | 70 |
| Заключение | 71 |
| Исторический аспект | 71 |
| Упражнения | 71 |
| Глава 3. Анализ производительности..... | 73 |
| Мотивы и основные концепции | 73 |
| Параллелизм против производительности | 73 |
| Потоки и процессы | 74 |
| Латентность и скорость обработки | 74 |
| Причины потери производительности..... | 76 |
| Накладные расходы | 76 |
| Нераспараллеливаемый код | 78 |
| Причины потери производительности..... | 78 |
| Состязание | 80 |
| Время простоя | 80 |
| Параллельная структура..... | 81 |
| Зависимости..... | 82 |

| | |
|---|------------|
| Зависимости ограничивают параллелизм | 84 |
| Грануляция | 86 |
| Локализация | 87 |
| Компромиссы производительности | 88 |
| Взаимодействие в зависимости от вычислений | 89 |
| Параллелизм в зависимости от памяти | 89 |
| Накладные расходы в зависимости от параллелизма | 90 |
| Измерение производительности | 92 |
| Время выполнения | 93 |
| Ускорение | 93 |
| Сверхлинейное ускорение | 94 |
| Эффективность | 95 |
| Вопросы, связанные с ускорением | 95 |
| Масштабируемое ускорение в зависимости от фиксированного ускорения | 97 |
| Масштабируемая производительность | 98 |
| Масштабируемая производительность труднодостижима | 98 |
| Последствия для аппаратной части | 99 |
| Последствия для программ | 100 |
| Масштабирование размера задачи | 100 |
| Заключение | 102 |
| Исторический аспект | 102 |
| Упражнения | 102 |
| ЧАСТЬ 2. ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ АБСТРАКЦИИ..... | 104 |
| Глава 4. Первые шаги | |
| в направлении параллельного программирования..... | 105 |
| Параллелизм по данным и задачам | 105 |
| Определения | 105 |
| Иллюстрация параллелизма по данным и задачам | 106 |
| Представление языка Peril-L | 107 |
| Расширение языка C | 107 |
| Параллельные потоки | 107 |
| Синхронизация и координация | 108 |
| Модель памяти | 109 |
| Синхронизированная память | 112 |
| Редукция и сканирование | 113 |
| Абстрактное представление редукции | 115 |
| Пример вычисления Count 3s | 115 |
| Формулировка параллелизма | 116 |
| Фиксированный параллелизм | 116 |

| | |
|--|------------|
| Неограниченный параллелизм..... | 117 |
| Масштабируемый параллелизм..... | 118 |
| Пример упорядочения в алфавитном порядке..... | 119 |
| Неограниченный параллелизм..... | 120 |
| Фиксированный параллелизм..... | 122 |
| Масштабируемый параллелизм..... | 125 |
| Сравнение трех решений..... | 130 |
| Заключение..... | 131 |
| Исторический аспект..... | 131 |
| Упражнения..... | 132 |
| Глава 5. Масштабируемые алгоритмические методы..... | 134 |
| Блоки независимого вычисления..... | 134 |
| Алгоритм Шварца..... | 135 |
| Абстрактное представление редукции и сканирования..... | 138 |
| Пример обобщенных операций редукции и сканирования..... | 139 |
| Базовая структура..... | 141 |
| Структура для обобщенной редукции..... | 142 |
| Пример компонентов обобщенного сканирования..... | 145 |
| Применение обобщенного сканирования..... | 148 |
| Обобщенные векторные операции..... | 149 |
| Статистическое назначение задач процессам..... | 150 |
| Распределение блоков..... | 150 |
| Области перекрытия..... | 152 |
| Циклическое и блочное циклическое распределение..... | 154 |
| Нерегулярное распределение..... | 158 |
| Динамическое назначение задач процессам..... | 159 |
| Очереди работ..... | 160 |
| Разновидности очередей работ..... | 163 |
| Анализ случая: параллельное выделение памяти..... | 164 |
| Деревья..... | 166 |
| Распределение при помощи поддеревьев..... | 167 |
| Динамическое распределение..... | 168 |
| Заключение..... | 169 |
| Упражнения..... | 169 |
| ЧАСТЬ 3. ЯЗЫКИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ 171 | |
| Глава 6. Потокое программирование..... | 172 |
| Стандарт POSIX Threads..... | 172 |
| Создание и разрушение потока..... | 172 |
| Взаимное исключение..... | 178 |

| | |
|---|------------|
| Синхронизация..... | 180 |
| Вопросы безопасности | 191 |
| Проблемы производительности..... | 197 |
| Пример процедур чтения и записи: влияние степени детализации. | 198 |
| Анализ примера: последовательные релаксации..... | 204 |
| Анализ примера: наложение синхронизации и вычислений | 210 |
| Анализ примера: потокосые вычисления на многоядерных микросхемах | 218 |
| Стандарт Java Threads..... | 219 |
| Синхронизированные методы | 220 |
| Синхронизированные операторы | 221 |
| Пример Count 3s..... | 222 |
| Энергозависимая память | 224 |
| Атомарные объекты..... | 224 |
| Блокировочные объекты | 224 |
| Управляющая программа | 224 |
| Параллельные коллекции..... | 225 |
| OpenMP | 225 |
| Пример Count 3s..... | 225 |
| Семантические ограничения параллельного цикла <code>parallel for</code> | 227 |
| Редукция | 228 |
| Поведение и взаимодействие потоков | 229 |
| Секции..... | 231 |
| Заключение по OpenMP | 231 |
| Заключение | 232 |
| Исторический аспект | 233 |
| Упражнения | 233 |
| Глава 7. Стандарт MPI и другие языки локального уровня | 235 |
| MPI: интерфейс передачи сообщений..... | 235 |
| Пример: решение задачи Count 3s при помощи MPI..... | 236 |
| Группы и коммутаторы..... | 245 |
| Коммуникация «точка-точка» | 245 |
| Коллективная коммуникация..... | 248 |
| Пример: последовательная верхняя релаксация | 253 |
| Вопросы производительности | 256 |
| Вопросы безопасности | 263 |
| Языки разделенного глобального адресного пространства..... | 264 |
| Язык Co-Array Fortran..... | 265 |
| Язык Unified Parallel C..... | 266 |
| Язык Titanium..... | 267 |
| Заключение | 269 |

| | |
|--|------------|
| Исторический аспект | 269 |
| Упражнения | 270 |
| Глава 8. Язык ZPL и другие языки глобального уровня | 272 |
| Язык программирования ZPL | 272 |
| Базовые концепции языка ZPL | 273 |
| Области | 274 |
| Вычисление над массивом | 276 |
| Пример игры “Life” | 279 |
| Задача | 279 |
| Решение..... | 279 |
| Как это работает..... | 280 |
| Принцип игры Life..... | 282 |
| Отличительные характеристики ZPL..... | 282 |
| Области | 282 |
| Индексирование на уровне оператора | 283 |
| Ограничения, накладываемые областями..... | 283 |
| Модель производительности | 284 |
| Добавление при помощи вычитания..... | 284 |
| Манипуляция с массивами разных рангов | 285 |
| Частичная редукция..... | 286 |
| Заливка | 287 |
| Принцип заливки | 288 |
| Пример манипуляции данными..... | 289 |
| Области заливки..... | 290 |
| Перемножение матриц | 291 |
| Перегруппировка данных с перераспределением..... | 293 |
| Массивы индексов | 294 |
| Remap | 295 |
| Пример упорядочивания | 297 |
| Параллельное выполнение программ на языке ZPL..... | 299 |
| Роль компилятора | 300 |
| Задание числа процессов..... | 301 |
| Назначение областей процессам | 301 |
| Размещение массивов | 302 |
| Размещение скаляров..... | 303 |
| Назначение работы | 303 |
| Модель производительности | 303 |
| Применение модели производительности: программа Life..... | 305 |
| Применение модели производительности: алгоритм SUMMA..... | 306 |
| Краткое заключение о модели производительности | 306 |
| Параллельный язык NESL..... | 307 |

| | |
|---|------------|
| Концепции языка | 307 |
| Умножение матриц с использованием вложенного параллелизма | 308 |
| Модель сложности языка NESL | 309 |
| Заключение | 309 |
| Исторический аспект | 310 |
| Упражнения | 310 |
| Глава 9. Оценка современного состояния вопроса | 312 |
| Четыре важных свойства параллельных языков | 312 |
| Корректность | 312 |
| Производительность | 314 |
| Масштабируемость | 315 |
| Переносимость | 315 |
| Оценка существующих методов программирования | 316 |
| POSIX Threads | 316 |
| Java Threads | 318 |
| OpenMP | 318 |
| MPI | 318 |
| Языки PGAS | 319 |
| ZPL | 320 |
| NESL | 321 |
| Уроки на будущее | 321 |
| Скрытый параллелизм | 321 |
| Прозрачная производительность | 323 |
| Локальность | 323 |
| Ограниченный параллелизм | 323 |
| Скрытый параллелизм в сравнении с явным параллелизмом | 324 |
| Заключение | 325 |
| Историческая перспектива | 325 |
| Упражнения | 325 |
| ЧАСТЬ 4. ВЗГЛЯД В БУДУЩЕЕ | 327 |
| Глава 10. Перспективные направления | |
| в параллельном программировании | 328 |
| Сопряженные процессоры | 328 |
| Графический процессор | 329 |
| Процессоры Cell | 332 |
| Заключение по теме сопряженных процессоров | 334 |
| Грид-вычисления | 334 |
| Транзакционная память | 337 |
| Сравнение с блокировкой | 338 |
| Вопросы реализации | 339 |

| | |
|--|------------|
| Открытые вопросы исследований | 341 |
| Модель MapReduce | 343 |
| Расширение области задачи | 345 |
| Развивающиеся языки | 347 |
| Chapel | 347 |
| Fortress..... | 348 |
| X10..... | 350 |
| Заключение | 352 |
| Исторический аспект | 352 |
| Упражнения | 352 |
| Глава 11. Написание параллельных программ..... | 354 |
| Начало | 354 |
| Доступ и программное оборудование..... | 354 |
| Программа “Hello, World” | 355 |
| Рекомендации по параллельному программированию | 356 |
| Пошаговая разработка | 356 |
| Ориентация на параллельную структуру..... | 357 |
| Тестирование параллельной структуры..... | 358 |
| Последовательное программирование..... | 358 |
| Будьте готовы к написанию дополнительного кода..... | 359 |
| Контроль параметров при тестировании | 360 |
| Функциональная отладка | 361 |
| Идеи для заключительного проекта | 361 |
| Реализация существующих параллельных алгоритмов | 361 |
| Сравнение со стандартными программами оценки производительности | 363 |
| Разработка новых параллельных вычислений | 364 |
| Измерение производительности | 365 |
| Сравнение с последовательным решением | 366 |
| Поддержка удовлетворительной экспериментальной среды..... | 366 |
| Понимание параллельной производительности | 368 |
| Анализ производительности | 368 |
| Экспериментальная методика..... | 369 |
| Переносимость и настройка..... | 371 |
| Заключение | 371 |
| Исторический аспект | 372 |
| Упражнения | 372 |
| Глоссарий | 373 |
| Литература | 380 |