

УДК 004.65
ББК 32.073
Б73

Богачёв К. Ю.

Б73 Основы параллельного программирования : учебное пособие / К. Ю. Богачёв. — 5-е изд., электрон. — М. : Лаборатория знаний, 2024. — 345 с. — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-93208-802-9

Данная книга представляет собой введение в методы программирования для параллельных ЭВМ.

Основной ее целью является научить читателя самостоятельно разрабатывать максимально эффективные программы для таких компьютеров.

Вопросы распараллеливания конкретных алгоритмов рассмотрены на многочисленных примерах программ на языке С. В основу книги положен курс лекций для студентов механико-математического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова.

Для студентов, аспирантов, научных работников, программистов и всех, кто хочет научиться разрабатывать программы для параллельных ЭВМ.

**УДК 004.65
ББК 32.073**

Деривативное издание на основе печатного аналога: Основы параллельного программирования : учебное пособие / К. Ю. Богачёв. — 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 342 с. : ил. — ISBN 978-5-9963-1616-8.

В соответствии со ст.1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

ISBN 978-5-93208-802-9

© Лаборатория знаний, 2015

Оглавление

| | |
|---|----|
| Предисловие | 7 |
| Порядок чтения | 9 |
| Глава 1. Для нетерпеливого читателя | 10 |
| 1.1. Последовательная программа | 10 |
| 1.2. Ускорение работы за счет параллелизма | 12 |
| 1.3. Параллельная программа, использующая процессы . | 13 |
| 1.4. Параллельная программа, использующая задачи | 18 |
| 1.5. Параллельная программа, использующая MPI | 21 |
| Глава 2. Пути повышения производительности процессоров ... | 24 |
| 2.1. CISC- и RISC-процессоры | 24 |
| 2.2. Основные черты RISC-архитектуры | 25 |
| 2.3. Конвейеризация | 26 |
| 2.4. Кэш-память | 34 |
| 2.5. Многопроцессорные архитектуры | 39 |
| 2.5.1. Основные архитектуры | 39 |
| 2.5.2. Комбинированные архитектуры | 40 |
| 2.5.3. Обанкротившиеся архитектуры | 43 |
| 2.6. Поддержка многозадачности и многопроцессорности | 44 |
| 2.7. Использование параллелизма процессора для повыше- | |
| ния эффективности программ | 45 |
| Глава 3. Пути повышения производительности оперативной па- | |
| мяти | 61 |
| Глава 4. Организация данных во внешней памяти | 64 |

| | |
|--|-----|
| Глава 5. Основные положения | 66 |
| 5.1. Основные определения | 66 |
| 5.2. Виды ресурсов | 72 |
| 5.3. Типы взаимодействия процессов | 73 |
| 5.4. Состояния процесса | 77 |
| Глава 6. Стандарты на операционные системы UNIX | 79 |
| 6.1. Стандарт BSD 4.3 | 79 |
| 6.2. Стандарт UNIX System V Release 4 | 79 |
| 6.3. Стандарт POSIX 1003 | 80 |
| 6.4. Стандарт UNIX X/Open | 80 |
| Глава 7. Управление процессами | 81 |
| 7.1. Функция fork | 81 |
| 7.2. Функции execl, execv | 84 |
| 7.3. Функция waitpid | 84 |
| 7.4. Функция kill | 87 |
| 7.5. Функция signal | 88 |
| Глава 8. Синхронизация и взаимодействие процессов | 96 |
| 8.1. Разделяемая память | 97 |
| 8.1.1. Функция shmget | 98 |
| 8.1.2. Функция shmat | 99 |
| 8.1.3. Функция shmctl | 99 |
| 8.2. Семафоры | 100 |
| 8.2.1. Функция semget | 103 |
| 8.2.2. Функция semop | 103 |
| 8.2.3. Функция semctl | 104 |
| 8.2.4. Пример использования семафоров и разделяе- мой памяти | 104 |
| 8.3. События | 120 |
| 8.4. Очереди сообщений (почтовые ящики) | 122 |
| 8.4.1. Функция msgget | 124 |
| 8.4.2. Функция msgsnd | 124 |
| 8.4.3. Функция msgrcv | 125 |
| 8.4.4. Функция msgctl | 126 |
| 8.4.5. Пример использования очередей | 126 |
| 8.4.6. Функция pipe | 133 |
| 8.5. Пример многопроцессной программы, вычисляющей произведение матрицы на вектор | 135 |

| | |
|---|-----|
| Глава 9. Управление задачами (threads) | 156 |
| 9.1. Функция <code>pthread_create</code> | 156 |
| 9.2. Функция <code>pthread_join</code> | 157 |
| 9.3. Функция <code>sched_yield</code> | 157 |
| Глава 10. Синхронизация и взаимодействие задач | 158 |
| 10.1. Объекты синхронизации типа <code>mutex</code> | 158 |
| 10.1.1. Функция <code>pthread_mutex_init</code> | 161 |
| 10.1.2. Функция <code>pthread_mutex_lock</code> | 162 |
| 10.1.3. Функция <code>pthread_mutex_trylock</code> | 162 |
| 10.1.4. Функция <code>pthread_mutex_unlock</code> | 162 |
| 10.1.5. Функция <code>pthread_mutex_destroy</code> | 163 |
| 10.1.6. Пример использования <code>mutex</code> | 163 |
| 10.2. Пример <code>multithread</code> -программы, вычисляющей опре- деленный интеграл | 168 |
| 10.3. Объекты синхронизации типа <code>condvar</code> | 168 |
| 10.3.1. Функция <code>pthread_cond_init</code> | 170 |
| 10.3.2. Функция <code>pthread_cond_signal</code> | 171 |
| 10.3.3. Функция <code>pthread_cond_broadcast</code> | 171 |
| 10.3.4. Функция <code>pthread_cond_wait</code> | 172 |
| 10.3.5. Функция <code>pthread_cond_destroy</code> | 172 |
| 10.3.6. Пример использования <code>condvar</code> | 172 |
| 10.4. Пример <code>multithread</code> -программы, вычисляющей произ- ведение матрицы на вектор | 178 |
| 10.5. Влияние дисциплины доступа к памяти на эффектив- ность параллельной программы | 192 |
| 10.6. Пример <code>multithread</code> -программы, решающей задачу Дирихле для уравнения Пуассона | 202 |
| Глава 11. Интерфейс MPI (Message Passing Interface) | 232 |
| 11.1. Общее устройство MPI-программы | 232 |
| 11.2. Сообщения | 234 |
| 11.3. Коммуникаторы | 237 |
| 11.4. Попарный обмен сообщениями | 238 |
| 11.5. Операции ввода-вывода в MPI-программах | 240 |
| 11.6. Пример простейшей MPI-программы | 242 |
| 11.7. Дополнительные функции для попарного обмена сооб- щениями | 243 |
| 11.8. Коллективный обмен сообщениями | 250 |

| | |
|---|------------|
| 11.9. Пример MPI-программы, вычисляющей определенный интеграл | 256 |
| 11.10. Работа с временем | 259 |
| 11.11. Пример MPI-программы, вычисляющей произведение матрицы на вектор | 261 |
| 11.12. Дополнительные функции коллективного обмена сообщениями для работы с массивами | 273 |
| 11.13. Пересылка структур данных | 277 |
| 11.13.1. Пересылка локализованных разнородных данных | 277 |
| 11.13.2. Пересылка распределенных однородных данных | 288 |
| 11.14. Ограничение коллективного обмена на подмножество процессов | 290 |
| 11.15. Пример MPI-программы, решающей задачу Дирихле для уравнения Пуассона | 292 |
| Источники дополнительной информации | 323 |
| Программа курса | 325 |
| Список задач | 329 |
| Указатель русских терминов | 334 |
| Указатель английских терминов | 336 |
| Список иллюстраций | 339 |
| Список таблиц | 340 |
| Список примеров | 341 |