Программа

0. Введение

1. Тенденции развития вычислительных систем, обуславливающие необходимость применения распределённых (параллельных) методов вычислений. Примеры вычислительно ёмких задач из разных областей науки.
2. Классификация параллельных систем (SIMD, MISD…, SMP, MPP)
3. Расширения процессоров SSE/AVX…
4. Понятия ускорения, эффективности (закон Амдала)
5. План курса
6. Старт потока (Java): реализация Runnable vs наследование от Thread
7. Напоминание о процессах и потоках: дерево процессов, демоны

1. Многопоточность или IPC

1. Виды IPC
2. Преимущества многопоточности:
    - Простота
    - Скорость (TLB)
3. Преимущества IPC:
    - Безопасность
    - Надёжность
4. Сложности реализации shmem

2. Завершение потоков

1. Корректное завершение потоков:
    - cancellation points
    - interrupted exception
    - примеры кода в glibc
2. Сравнение различных потоков (POSIX, C++, Java)
3. Разница pthread / kthread
4. Проброс исключений между потоками
5. Напоминание о user space / kernel space и соответствующей стоимости syscall

3. Примитивы синхронизации

1. Необходимость синхронизации: простые гонки данных
2. Реализация примитивов синхронизации: алгоритм булочника
3. Виды мьютексов:
    - рекурсивные/нерекурсивные
    - read/write
    - spin

    - futex
4. Корректные захват/освобождение примитивов
5. CAS-операции и атомики
6. Условные переменные:
    - использование wait/notify
    - Spurious wakeups
7. Thread Local Storage (TLS)

4. Алгоритмы синхронизации

1. Грубая
2. Тонкая
3. Оптимистичная
4. Ленивая
5. Неблокирующая *(параллель с ORM)*

5. Атомарные снимки регистров

1. Классификация алгоритмов:
    - lock-free
    - wait-free
2. Lock-free snapshot
3. Wait-free snapshot

6. Ошибки || программирования

1. Основные ошибки многопоточного программирования
    - Гонки данных (Data Race)
    - Взаимная блокировка (Deadlock)
2. Специфические ошибки
    - Реакция потока на сигнал
    - Блокировки при fork многопоточных программ
    - Проблема *ABA*
    - Инверсия приоритетов

7. Модель памяти

1. Пример ошибки в ядре ОС
2. Устройство кэшей процессора
3. Пример на протоколе MESI
4. Барьеры памяти (store/load)
5. Модели памяти: Sequential consistency…
6. Acquire/release семантика

8. Профилирование многопоточных приложений

1. Средства анализа производительности
    - Утилита time
    - Intel VTune
    - Valgrind (модули callgrind)
2. Пример поиска узких мест
3. Профилирование промашек по кэшу и метрика CPI

9. Flat-Combining

1. Схема Flat-Combining
2. Возможные оптимизации за счёт интерференции операций
3. Сравнение производительности с lock-free очередью Michael & Scott

10. RCU

1. Суть RCU и синхронизация на эпохах
2. Kernel-space RCU
3. User-space RCU

11. Транзакционная память

1. Идея transactional memory
    - Software transactional memory
    - Hardware transactional memory
2. Преимущества и круг задач
3. Реализация HTM на линейках кэша
4. Lock teleportation

12. Сети Петри

1. Суть модели сетей Петри
2. Пример с обедающими философами
3. Верификация || программ

13. Консенсус

1. Консенсус:
    - Консенсусное число RMW-регистров
    - Универсальность CAS-операций

14. Асинхронный ввод/вывод

1. Блокирующий/неблокирующий
2. Синхронный (реактор)/асинхронный (проактор)
3. Архитектура framework на примере boost::asio
4. Особенности реализации callback
5. Причины разницы производительности асинхронного i/o на примере простого сервера в классическом и coroutines-режиме
6. Преимущества асинхронной работы и реализация со стороны операционной системы
7. Мотивация к переходу на coroutines
8. Преимущества по отношению к callback-программированию
9. Примеры co_await и сравнение с синхронным кодом

15. Линеаризуемость

1. Понятие линеаризуемости
2. Lock-free стек Trieber
3. Пример на очередях
4. Lock-free очередь Michael & Scott
5. Точки линеаризации
6. Relaxed SkipList

16. Оптимизации в компиляторах

1. Статические оптимизации
2. Оптимизации циклов:
    - Развёртывание
    - Повторение
    - Вынесение инварианта
3. JIT-оптимизации
    - Объединение захвата примитивов
    - Оптимистичный захват
    - Адаптивные блокировки
    - Замена виртуального вызова

17. Шаблоны || программирования

1. Общий взгляд на виды организации вычислений
2. Структурные шаблоны:
    - Декомпозиция по задачам
    - Геометрическая декомпозиция
    - Recursive Data
    - Pipeline
3. Разное:

- Double check
- Local Serializer

18. OpenMP

1. Архитектура работы через директивы препроцессора
2. Параллельные секции
3. Области видимости переменных
4. Ограничения
5. Миграция вычислений

19. Intel TBB

1. Алгоритмы
2. Аллокаторы
3. Деревья задач
4. Особенности планирования (work stealing…)
5. flow graphs *(параллель с BPEL)*

20. Кластерные вычисления (MPI)

1. Виды кластерных систем:
   - Балансировки нагрузки
   - Высокой надёжности
   - Вычислительные
2. История и назначение стандарта MPI
3. Обмен сообщениями:
   - С блокировкой
   - Без блокировки
   - Отложенные запросы на взаимодействие
4. Взаимодействие процессов:
   - Группы и коммуникаторы
   - Операции коллективного взаимодействия процессов
   - Редукция
   - Виртуальные топологии
5. Средства анализа производительности:
   - Jumpshot
   - Intel® Trace Analyzer и Intel® Trace Collector

21. Сопрограммы / Coroutines

1. Архитектурные особенности:
   1. stackless
   2. stackfull
   3. fibers

    4. ...
2. Способы интеграции в языки:
    1. C++
    2. Go
    3. Kotlin
    4. ...
3. Проблемы реализации примитивов и TLS
4. Архитектурная аналогия с асинхронными framework

22. Акторная модель

1. Суть модели:
    - Передача сообщений
    - Легковесные процессы
    - BEAM
2. Применение в современных языках:
    - Erlang
    - Elixir

23. Java.util.concurrent и Fork-Join Framework

1. Пулы потоков, корректное завершение пула
2. Контроль задач через Future
3. CompletionStage и CompletableFuture
4. Потокобезопасные контейнеры

24. Средства поиска ошибок

1. Google Thread Sanitizer
2. Intel Parallel Studio
3. Valgrind (модуль helgrind)
4. Пример использования

25. Lock-free изнутри

1. Feldman Multi Array
2. Схемы управления памятью:
    - Tagged pointers
    - Hazard pointer

26. Системы потоковой обработки данных

1. Analytics vs Streaming
2. Гарантии обработкии данных:
    - Exactly once
    - At least once
    - At most once
3. Windows
    - Session
    - Sliding
    - Tumbling
    - Hopping
4. Linear scalability
5. Fault tolerance
6. Back pressure
7. Isolation
8. Qutoing
9. MillWheel/Checkpointing
10. Yandex Query

From:
http://wiki.osll.ru/ - **Open Source & Linux Lab**

Permanent link:
http://wiki.osll.ru/doku.php/courses:high_performance_computing:lectures?rev=1768221326

Last update: **2026/01/12 15:35**