

Министерство образования Российской Федерации
Московский физико-технический институт
(государственный университет)

УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА

«ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА МНОГОПОТОЧНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ»

Лекции: 34 часов

Практические занятия: 34 часов

Самостоятельная работа : 8 часов

Всего часов: 72

Лектор: профессор, д.ф.-м.н. Тормасов А.Г.

Ассистент: Заборовский Н.В.

Программа курса

1. Обзор содержания курса, цели, задачи. Используемые источники.
2. Оборудование и основные сведения о работе. Обзор стандартной архитектуры современных компьютеров. CPU, потоки исполнения, планирование исполнения и контекстные переключения, interconnect. Связность памяти и разные типы многопроцессорных систем (SMP, NUMA), ее влияние на работу программ. Кэши процессора разных типов и линии кэша (cache line), когерентность кэшей, MESI protocol (modified exclusive shared invalid). False sharing.
3. Система команд. Упорядоченность операций, видимость результатов операции, и неопределенность последовательности записи-чтения данных (relaxed memory consistency), ключ volatile. Атомарность операции, атомарное чтение и запись. Атомарные примитивы, используемые для организации процедур синхронизации.
4. Языки программирования и работа порожденного кода в условиях современных многопоточных систем с разделяемой памятью. Причины условий гонок (race conditions) и других проблем параллельного программирования с точки зрения оборудования. Модель программирования и синхронизации, встроенная в язык (Java, C). Потоки, «безопасность для исполнения в параллельных потоках», локальные объекты потока и др.
5. Некоторые понятия, используемые при разработке параллельных программ. Уровни абстракции, которыми мыслит программист, и корректность программ. Время, простые временные отметки и ограниченные во времени отметки времени. О вероятностях и ошибках.
6. Общие проблемы параллельного программирования. Проблемы, возникающие при работе с разделяемой памятью. Разделяемые объекты и синхронизация. Синхронизация выполнения кода и синхронизация обращения к данным. Явная и неявная синхронизация. Синхронизация путем обеспечения условий неизменности. Ожидание.
7. Типовые аппаратно реализованные примитивы синхронизации. “Сборка” более сложных объектов синхронизации из более простых. Проблемы стандартных средств

- организации параллельного доступа (стандартных блокировок, примитивов типа Compare and Set, объединения примитивов).
8. Формальное описание программ с использованием понятий событий, «истории», сериализованной истории, эквивалентности, легальности, линеаризации. Теоремы о композиционности и неблокируемости линеаризуемости. Условный прогресс. Свобода от ожидания и свобода от блокировок.
 9. Задача о консенсусе (согласии). Использование примитивов синхронизации для решения задачи консенсуса. Использование понятия “валентности” для доказательства.
 10. Некоторые свободные от блокировок соисполняемые примитивы и их число консенсуса. Регистры как самые простые блоки для построения сложных объектов. Атомарный снимок памяти (снапшет). Очередь типа FIFO, стек LIFO, двусторонние очереди double ended queue, очереди с приоритетами, наборы set. Множественное присваивание. Чтение-модификация-запись. Сравнение с обменом. Расширенная очередь. Теорема о максимальной “мощности” примитива CAS.
 11. Теорема об эквивалентности примитивов с одинаковым числом консенсуса. Теорема о числе консенсуса атомарных операций чтения и записи и невозможности синхронизации при использовании только их. Теорема о неулучшаемости числа консенсуса путем комбинирования.
 12. Консенсус в системе со сбоями. Теорема Фишера, Линч и Патерсона о невозможности консенсуса в системе со сбоями (FLP impossibility).
 13. Неблокирующие алгоритмы и их роль в современном программировании. Проблемы неблокирующих алгоритмов.
 14. Использование конечных автоматов для разработки и анализа неблокирующих алгоритмов. Пример конечного автомата с «всегда корректными» состояниями для создания неблокирующей хеш таблицы и доказательства ее корректности.

Литература

1. В. А. Серебряков, М. П. Галочкин, Д. Р. Гончар, М. Г. Фуругян. Теория и реализация языков программирования. Серия: Естественные науки. Математика. Информатика. Издательство: МЗ Пресс, 2006 г. , 352 стр. ISBN 94073-094-9.
2. Карпов В. А., Карпов В. Е., Коньков К. А. Основы операционных систем: Курс лекций: Учеб. пособие для вузов. Издательство: Открытые системы, Интернет-Университет Информационных Технологий - ИНТУИТ.РУ, 2005 г.
3. Коньков К. А. Устройство и функционирование ОС Windows. Практикум к курсу "Операционные системы. Издательство: БИНОМ. Лаборатория знаний, Интернет-Университет Информационных Технологий - ИНТУИТ.РУ, 2008 г. ISBN: 5-94774-827-4 ISBN13: 978-5-94774-827-7, 207 стр.
4. Herlihy, Maurice; Shavit, Nir The Art of Multiprocessor Programming 2008. 508 p. Morgan Kaufmann ISBN-13: 9780123705914
5. М. Руссинович, Д. Соломон Внутреннее устройство Microsoft Windows: Windows Server 2003, Windows XP, Windows 2000. Мастер-класс. Серия: Мастер-класс Издательства: Питер, Русская Редакция, 2005 г. 992 стр. ISBN 5-467-01174-7, 5-7502-0085-X, 0-7356-1917-4

6. Intel 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual. Volume 3A: System Programming Guide, Part 1. <http://www.intel.com/design/processor/manuals/253668.pdf>
7. Memory Model for Multithreaded C++ Hans-J. Boehm HP Labs Other participants: Andrei Alexandrescu, Peter Buhr, Kevlin Henney, Ben Hutchings, Doug Lea, Maged Michael, Bill Pugh http://www.hpl.hp.com/personal/Hans_Boehm/c++mm/mmissues.pdf
8. Страуструп Б. Язык программирования C++. Третье издание, – М.: БИНОМ, 1999.
9. Использование языка Java для разработки параллельных приложений / Б.И.Илюшкин <http://www.csa.ru/CSA/tutor/javathread.html>
10. Timothy G. Mattson, Beverly A. Sanders, Berna L. Massingill. Patterns for Parallel Programming (Software Patterns Series) ISBN 0321228111. Addison-Wesley, 2005.
11. Shameem Akhter, Jason Roberts. Multi-Core Programming. Increasing Performance through Software Multithreading. Intel Press, 2006. ISBN 0-9764832-4-6.
12. Wikipedia: Motherboard http://en.wikipedia.org/wiki/PC_motherboard
13. Fischer, M., N. Lynch, and M. Merritt, Easy impossibility proofs for distributed consensus problems. Distributed Computing, 1986. 1(1): p. 26-39.
14. Click, C., A Fast Lock-Free Hash Table. JavaOne 2007 conference, 2007(Session TS-2862): p. 1-48. http://www.azulsystems.com/events/javaone_2007/2007_LockFreeHash.pdf