Java - multithreading

Anastasiya Solodkaya, Denis Stepulenok

LevelUP

3 марта 2017 г.

Что такое многопоточность

- Способность программы выполнять разные задачи в разных потоках.
- Потоки выполняются без предписанного порядка

Зачем нужна многопоточность?

- Возможность (вероятно) увеличить продуктивность приложения.
- Возможность распределить приложение (использовать больше вычислительных ресурсов).

Поток vs. процесс

- **Процесс** - абстракция запущенной программы. Процессы могут общаться друг с другом, не имеют общей используемой памяти.
- **Поток** - единица выполнения вычислений внутри потока. Обычно несколько потоков имеют общие данные (память), которые разделяют друг с дрегом.

Опасности многопоточности

- Использование общих данных
- Ограничения памяти
- Возможные внутренние оптимизации

Ошибки многопоточности

- Их очень трудно поймать и повторить
- Вы можете не наблюдать их годами
- Их трудно отлаживать

Многопоточность: проектирование

- Лучше закладывать "правильный"дизайн заранее
- Очень многие ошибки "исчезают"при правильном проектировании с т.з. ООП, и при правильном распределении обязанностей между классами.

То, на чем все основано - Thread и Runnable

- **Thread** - класс, представляющий собой поток.
- **Runnable** - класс, который представляет собой задачу, которая может (в частности) выполняться в потоке.

Thread + run()

```
Thread t = new Thread(){
        @Override
        public void run() {
            System.out.println("Hi! I'm thread!");
        }
    };
t.start();
```

Thread + Runnable

```
Thread t = new Thread(new Runnable() {
            public void run() {
                System.out.println("Hi! I'm thread!");
            }
        });
t.start();
```

Thread.run()

- По умолчанию вызывает метод **run()** переданного **Runnable** (если есть)
- Можно переопределить
- Значимое ограничение - метод не может возвращать значения и не определяет никаких возможных исключений.
- **Thread** реализует **Runnable**
- Не перепутайте методы **start** и **run** у потока. Метод **run** не стартует отдельный поток!

Свойства Thread

- **name** - имя потока.
- **id** - идентификатор потока
- **daemon** - маркер, является ли поток демоном
- **priority** - приоритет потока
- **state** - текущее состояние потока
- **group** - группа потока

Методы Thread

- **start** - стартует новый поток. Если ваш поток уже выполняется, то вызов этого метода спровоцирует **IllegalThreadStateException**
- Методы **sleep** говорят java-машине, что этому потоку нечего выполнять, поэтому пока что (в течении какого-то времени) его не надо ставить в очередь выполнения.
- Методы **join** используются для ожидания завершения потока.
- Статический метод **currentThread()** позволяет определить, какой поток сейчас исполняется.

Прерывание потока

- Гарантированного метода для завершения потока не существует
- С помощью метода **interrupt()** мы посылаем потоку информацию, что мы хотим его прервать.
- Обработка - на совести разработчика потока. Вы можете определить, что ваш поток хотят прервать так:
  - У вас возникло исключение **InterruptedException**
  - Вызов метода **isInterrupted()** возвращает **true**.
  - Вызов метода **interrupted()** возвращает **true**. Осторожно! Этот метод очистит флаг прерывания (можно восстановить снова с помощью метода **interrupt()**

Что такое "потокобезопасный объект"?

- Объект корректно себя ведет себя в однопоточном приложении
- Объект сохраняет корректность поведения в многопоточном приложении

Совместное изменение общих данных

Необходимо гарантировать атомарность действий (там, где они логически атомарны).

- *LostAtomicity.java*
- *GoodAtomicity.java*

Race condition

- Это когда корректность результата зависит от "удачного"времени.
- Очень частое явление для неатомарных действий:
  - read-modify-write
  - check-then-act
- Ленивая инициализация - один из известных примеров **check-then-act**
- *LazyInitialization.java*

Встроенный механизм блокировки

synchronyzed block

```
Object obj = new Object();

...

synchronyzed (obj) {
        ...
}
```

Встроенный механизм блокировки

synchronyzed methods

```
public class MyClass {

    // by current instance
    public synchronized void doSomething(){
        ...
    }

    // by current class
    public static synchronized void doSomething2(){
        ...
    }

}
```

synchronized - свойства

- reentrancy?
- эффективность?

Общедоступные переменные

- Для каждой переменной с многопоточным доступом:
  - Собственный объект для блокировки
  - Доступ только через синхронизированный блок
- То есть:

```
public class MyClass {
    int counter; Object lock;

    public void incrementAndGet(){
        synchronized(lock){
            return counter++;
        }
    }
    public void decrementAndGet(){
        synchronized(lock){
            return counter--;
        }
    }
}
```

Общедоступные переменные

- А что, если для нескольких не связанных между собой переменных использовать один объект для блокировки?

```
public class MyClass {
    int counter0, counter1; Object lock;

    public void increment0AndGet(){
        synchronized(lock){ return counter0++; }
    }
    public void decrement0AndGet(){
        synchronized(lock){ return counter0--; }
    }
    public void increment1AndGet(){
        synchronized(lock){ return counter1++; }
    }
    public void decrement1AndGet(){
        synchronized(lock){ return counter1--; }
    }
}
```

Общедоступные переменные

Связанные переменные

Если переменные логически связаны, то для них необходимо использовать один и тот же блокировщик:

- *InvariantAtomicityNonSafe.java*
- *InvariantAtomicityNonSafe.java*

Потокобезопасность общедоступных переменных

- Нет общедоступных переменных
- 1 общедоступная переменная
- **2 и более** общедоступных переменных

Видимость изменений

- Изменения в переменной, сделанные в одном потоке, должны быть видны в другом потоке
- Java может делать различные оптимизации и может возникнуть проблема перестановки (reordering)

Видимость изменений

- Stale data
- **out-ofthin-air safety** - мы видим данные, может и устаревшие, но хотя бы актуальные на какой-то момент в прошлом.
- 64-битные операции (long, double) - мы можем увидеть данные, которые даже не существовали никогда.
- **intrinsic lock** - если два потока входят в блоки, охраняемые одним и тем же блокировщиком, то второй *гарантированно* увидит изменения, сделанные первым.
- **volitile** - слабая форма синхронизации, компилятору дают указание, что переменная будет использоваться из многих потоков, и потому ее изменения должны быть видны сразу.
- **final** - гарантируется, что после создания объекта с final-полями значения, находящиеся в этих полях, всем видны.

Перед тем, как проектировать объект

1. определить переменные, которые представляют собой состояние объекта
2. определить инварианты, пост-условия и ограничения на переменные
3. определить политику для управления доступом к объекту

Instance confinement

- **инкапсуляция** упрощает процесс разработки.
- при правильно реализованной инкапсуляции, легче реализовать политику безопасности

```
public class MySet {
    private final Set<MyClass> mySet = new
        HashSet<MyClass>();
    public synchronized void add(MyClass c) {
        mySet.add(c);
    }
    public synchronized boolean contains(MyClass c) {
        return mySet.contains(c);
    }
}
```

Java Monitor Pattern

- Используется во многих объектах.

```
public class MyPrivateLock {
    private final Object myLock = new Object();
    void someMethod() {
        synchronized(myLock) {
            // ...
        }
    }
}
```

- Есть минусы (например, трудно расширять объект)

Композиция потокобезопасных объектов?

- Не всегда композиция потокобезопасна (зависит от действий над ними):см. *InvariantAtomicityNonSafe.java*, *IntRange.java*
- Однако, если внутреннее поле-состояние не участвует в инвариантах и не имеет "неправильных"состояний, то его можно даже публиковать.

Расширение объектов?

- Например, мы хотим добавить функциональность к **Vector**:

```
public class Vector1<E> extends Vector<E> {
    public synchronized boolean putIfAbsent(E x) {
        boolean absent = !contains(x);
        if (absent)
            add(x);
            return absent;
        }
    }
```

- Но что получится, если тот, кто реализовал класс, использовал **java monitor pattern**? То же самое не сработает с **синхронизированной версией ArrayList**!
- В таком случае может быть проще использовать **делегирование** вместо расширения.

Расширение объектов?

```
public class ImprovedList<T> implements List<T> {
    private final List<T> list;
    public ImprovedList(List<T> list) { this.list = list; }
        public synchronized boolean putIfAbsent(T x) {
        boolean contains = list.contains(x);
        if (contains)
            list.add(x);
            return !contains;
        }
    public synchronized void clear() { list.clear(); }
    // ... similarly delegate other List methods
}
```

Документирование

Рекомендуется документировать все, что связано с thread-safety policy.

Коллекции

- Synchronized коллекции: Vector, Stack, Hashtable
  - проблемы с составными действиями
  - проблемы с производительностью
  - проблемы с итераторами (в т.ч. и скрытыми)
- Concurrent коллекции: ConcurrentHashMap, CopyOnWriteArrayList, BlockingQueue

Синхронизаторы

- **Latch** - откладывает работу потока до какого-то время (например, на основе счетчика). Работает как ворота. Ждет **события**. См. *CountDownLatchDemo.java*.
- **Barrier** - похож на **latch**, однако ждет достижения определенной точки всеми потоками. Ждет **остальные потоки**.
- **Semaphore** - управляет доступом к определенным ресурсам. Например, можно с помощью него реализовать pool ресурсов.
- **FutureTask** - блокирующая сущность, позволяет ожидать какого-то действия. См. *FutureTaskDemo.java*

Как реализовать множество задач?

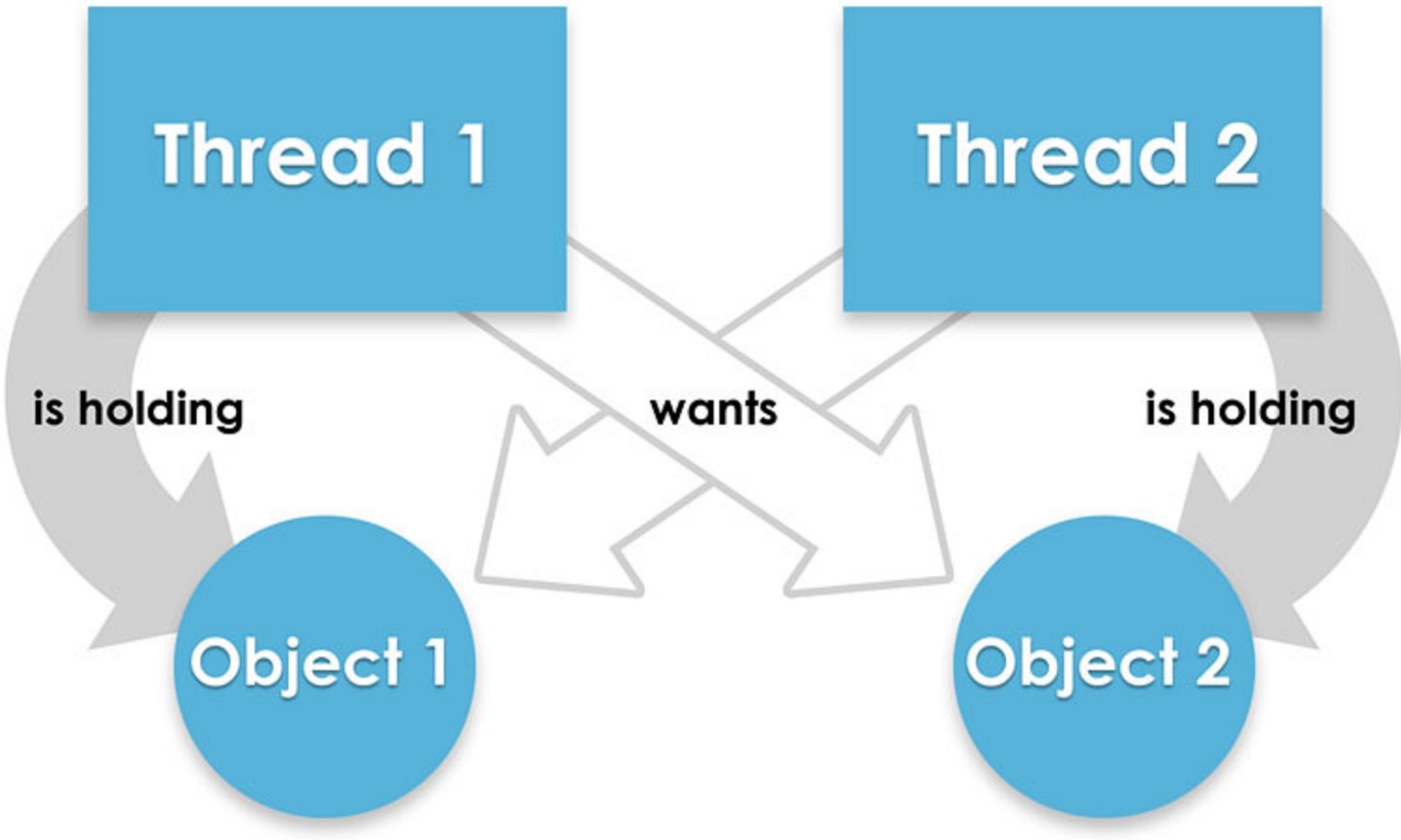
- Последовательно? Медленно.
- Самим создавать потоки? Тяжело управлять потоками, а так же следить за тем, сколько потоков у вас уже есть.
- Рекомендуется иметь не более **nCPU + 1** потоков.

```
int cores = Runtime.getRuntime().availableProcessors();
```

Executor framework

- Достаточно мощный фреймворк для управления потоками.
- Предоставляет возможность создавать thread pools, управлять ими, реализует полноценный жизненный цикл.

Deadlock

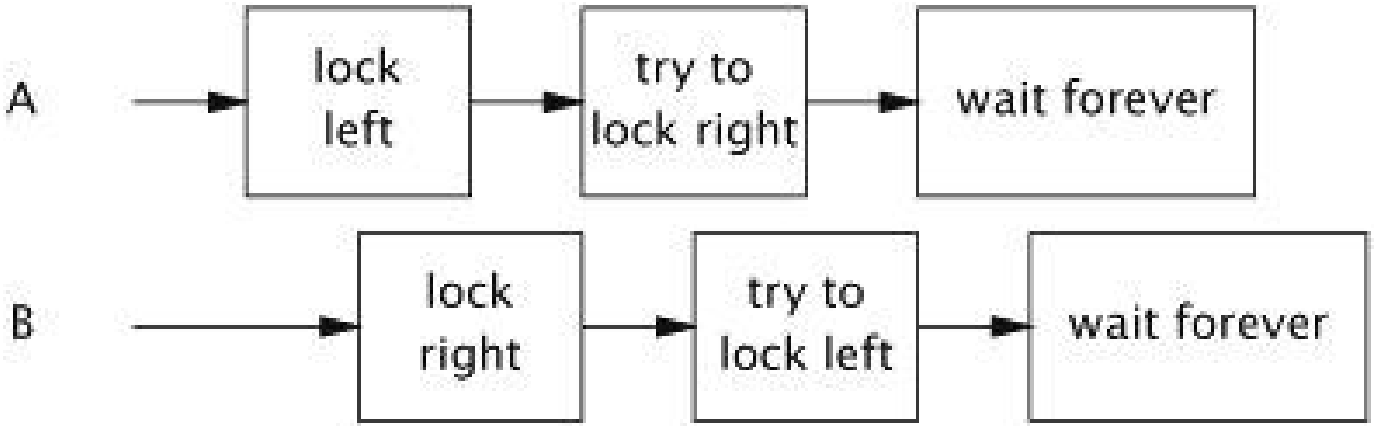

Thread 1
Thread 2
is holding
wants
is holding
Object 1
Object 2

Lock-Ordering Deadlock

```
public class LeftRightDeadlock {
    private final Object left = new Object();
    private final Object right = new Object();
    public void leftRight() {
        synchronized (left) {
            synchronized (right) {
                doSomething();
            }
        }
    }
    public void rightLeft() {
        synchronized (right) {
            synchronized (left) {
                doSomethingElse();
            }
        }
    }
}
```

Lock-Ordering Deadlock

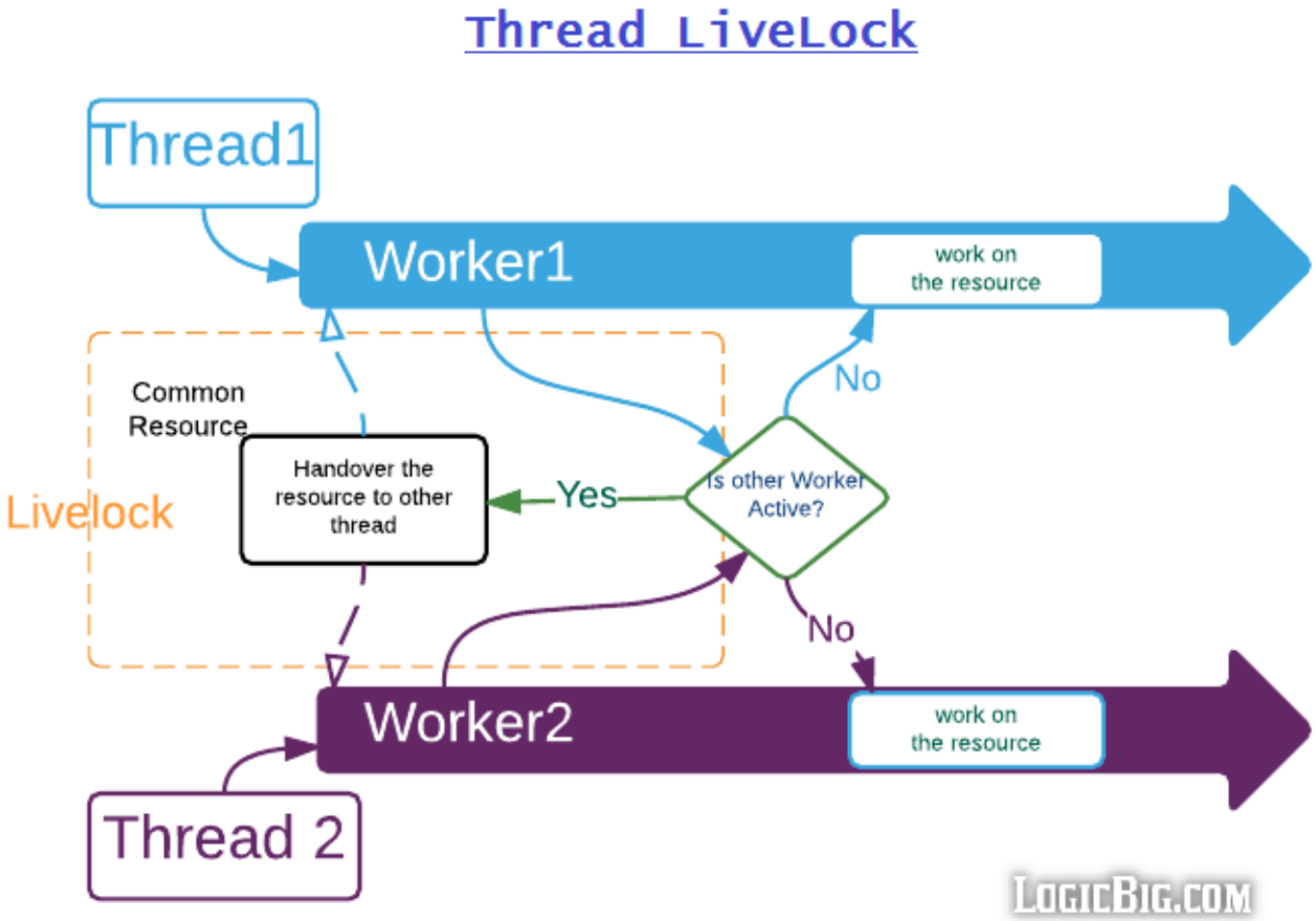
Чтобы избежать, нужен фиксированный глобальный порядок локов



Starvation


Running Java Thread
Starving Thread
Higher Priority Threads waiting...

Livelock


Thread LiveLock
Thread1
Worker1
work on the resource
Common Resource
Livelock
Handover the resource to other thread
Yes
Is other Worker Active?
No
No
Worker2
work on the resource
Thread 2
LogicBig.com