Программирование на Java

3. Библиотека коллекций

Глухих Михаил Игоревич
mailto: glukhikh@mail.ru

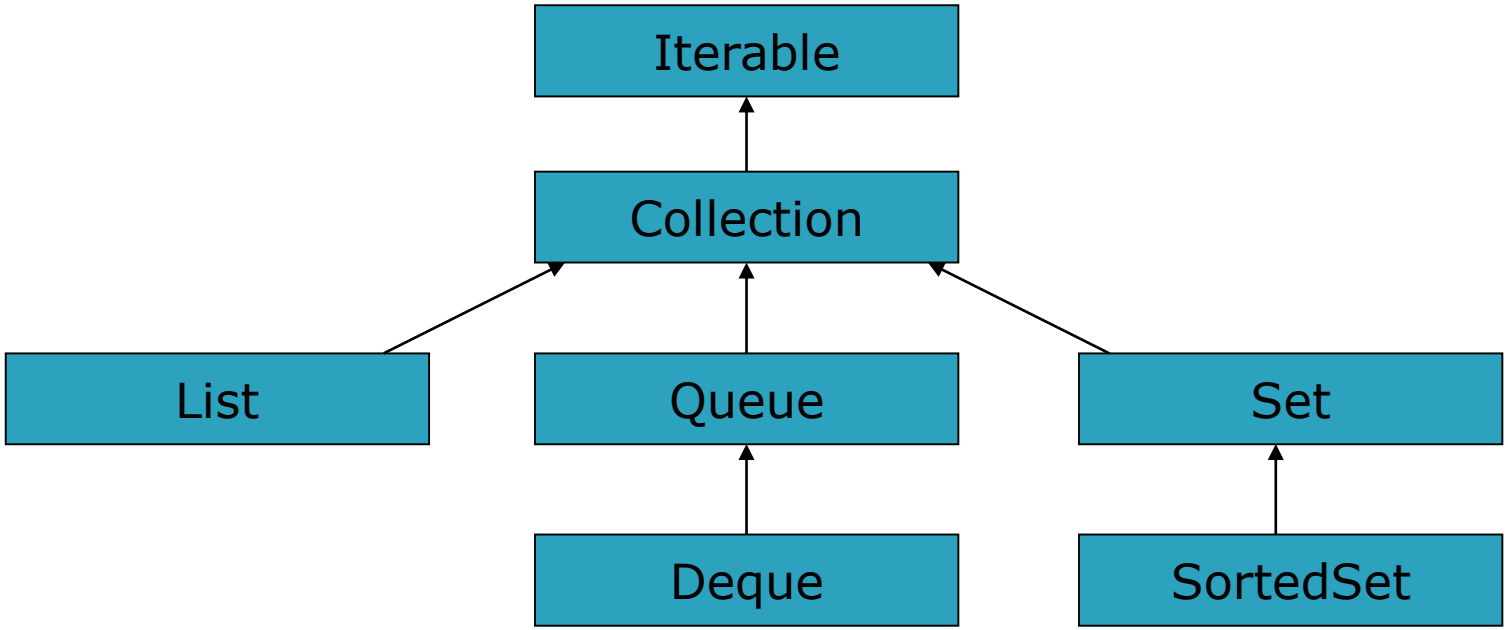
Назначение

- Работа с контейнерами различного типа:
  - списки
  - множества
  - очереди
  - ассоциативные массивы
  - …

Организация

- Интерфейс
  (что мы умеем делать)
  - Абстрактный класс
    (частичная реализация действий)
    - Класс
      (полная реализация действий)

Иерархия интерфейсов коллекций



Неизменяемые vs Изменяемые

- Котлин: compile time
  - Collection / MutableCollection
  - List / MutableList
  - Set / MutableSet
- Java: run time
  - Collection (mutable?)
  - List (mutable?)
  - Set (mutable?)

Интерфейс Iterable<T>

- Означает **перебираемый**
- Содержит внутри себя элементы T, которые можно перебирать с помощью цикла for-each

```
Iterable<Integer> container =
    new ArrayList<Integer>();
// …
for (Integer element: container) {
}
```

Интерфейсы Iterable<T> и Iterator<T>

```
public interface Iterable<T> {
    Iterator<T> iterator();
}
// Класс, реализующий итератор,
// перебирает чьи-то элементы
// Класс-помощник
public interface Iterator<T> {
    boolean hasNext();
    T next();
    void remove();
}
```

Порядок использования итератора

- Проверить, есть ли следующий элемент (hasNext)
- Получить следующий элемент (next)
- Если нам это требуется, удалить его (remove)
- Повторить
- **НЕЛЬЗЯ** во время работы итератора изменять содержимое перебираемой коллекции (за исключением метода it.remove())

Пример использования итератора

```
Iterable<Integer> container =
    new ArrayList<Integer>();
// …
// Аналог цикла for-each
Iterator<Integer> it =
  container.iterator();
while (it.hasNext()) {
    Integer element = it.next();
    // …
}
```

Интерфейс Collection<E>

- Корневой интерфейс иерархии коллекций (реализуется всеми типами из данной иерархии)
- Коллекция состоит из элементов (типа E)
- Элементы (по умолчанию) могут дублироваться
- Коллекции (по умолчанию) неупорядочены, то есть, неизвестно, какой элемент на какой позиции стоит
- **Расширяет** Iterable<E>

Методы интерфейса Collection<E>

```
public interface Collection<E> extends Iterable<E> {
    boolean contains(Object obj);
    boolean containsAll(Collection<?> c);
    boolean isEmpty();
    int size();
    Object[] toArray();
    <T> T[] toArray(T[] arr);
    // Mutable-only!
    boolean add(E obj);
    boolean addAll(Collection<? extends E> c);
    void clear();
    boolean remove(Object obj);
    boolean removeAll(Collection<?> c);
    boolean retainAll(Collection<?> c);
}
```

Использование Collection

- Интерфейс Collection напрямую не реализуется классами из JDK
- Реализуются его расширения: List, Queue, Set
- Интерфейс Collection часто используется в аргументах функций (когда нам требуется передать какую-нибудь коллекцию, все равно какую)

Пример использования Collection

```
static public int calcSum(
    Collection<Integer> c) {
    int sum = 0;
    for (Integer i: c)
        sum += i;
    return sum;
}
```

Частичная реализация Collection – класс AbstractCollection

- Абстрактный класс, в отличие от интерфейса, может содержать члены-данные и реализации методов
- В данном случае все методы коллекции реализованы на основе других (skeletal implementation):
  - size()
  - iterator()
  - add()
- Некоторые методы (например, clear) реализованы заведомо неэффективно
- Класс нужен для того, чтобы можно было быстро создать свою коллекцию

Частичная реализация Collection – класс AbstractCollection

```
public abstract class AbstractCollection<E>
      implements Collection<E> {
   boolean isEmpty() { return size()==0; }
   boolean addAll(Collection<? extends E> c) {
      for (E e: c)
         add(e);
   }
   boolean contains(Object obj) {
      for (E e: this) {
         if (obj==null ? e==null : obj.equals(e))
            return true;
      }
      return false;
   }
}
```

Абстрактные классы и интерфейсы

- Абстрактные классы
  - могут иметь нестатические-члены данные
  - могут включать реализацию некоторых функций
  - могут включать абстрактные abstract функции
  - могут иметь конструкторы
  - могут использоваться другими классами как базовые: public class ArrayList extends AbstractList
  - класс может иметь только один базовый класс

Абстрактные классы и интерфейсы

- Интерфейсы
  - могут иметь только статические члены-данные
  - могут включать только абстрактные функции
  - не могут иметь конструкторы
  - могут реализовываться другими классами:
    public class AbstractList implements List
  - класс может реализовывать любое количество интерфейсов

Абстрактные классы и интерфейсы

Feature	Interface	abstract class
Non-static fields	No	Yes
Method implementations	No (except Java 8)	Yes
Constructors	No	Yes
Class inherits by…	“implements”, N times	“extends”, one time
Interface inherits by…	“extends”	Not possible
Member visibility	public	any

Типичное использование абстрактных классов и интерфейсов

- Когда требуется указать некоторый перечень возможностей объекта, используется интерфейс
- Когда требуется реализовать некоторые общие для разных объектов функции, используется абстрактный класс

Интерфейс List<E>

- Список – упорядоченная коллекция
- У каждого элемента списка (в отличие от обобщенной коллекции) есть своя позиция
- Могут быть дублированные элементы
- Добавлены методы, связанные с конкретными позициями
- Кроме этого, изменены контракты некоторых методов Collection

Методы интерфейса List<E>

```
public interface List<E> extends Collection<E> {
    E get(int index);
    int indexOf(Object obj);
    int lastIndexOf(Object obj);
    List<E> subList(int fromIndex, int toIndex);
    // Extends simple iterator
    ListIterator<E> listIterator();
    // Mutable-only!
    // No-argument add inserts element to the end
    boolean add(int index, E obj);
    boolean addAll(int index, Collection<? extends E> c);
    void clear();
    E remove(int index);
    E set(int index, E obj);
}
```

Интерфейс ListIterator<E> – списочный итератор

- Расширяет интерфейс Iterator<E> (перебор в две стороны, вставка и замена элементов, работа с индексами)
- Методы

```
boolean hasPrevious();
E previous();
int nextIndex();
int previousIndex();
void set(E elem);
void add(E elem);
```

Частичная реализация List – класс AbstractList

- Также скелетальная реализация на основе методов
  - add(index, element)
  - get(index)
  - set(index, element)
  - remove(index)
  - size()
- Расширяет класс AbstractCollection

Реализация списка целых чисел на основе заданного массива

```
static List<Integer> intArrayAsList(final int[] a) {
    if (a==null) throw new NullPointerException();
    return new AbstractList<Integer>() {
        @Override
        public Integer get(int i) { return a[i]; }
        @Override
        public Integer set(int i, Integer val) {
            int oldVal = a[i];
            a[i] = val;
            return oldVal;
        }
        @Override
        public int size() { return a.length; }
    }
}
```

Частичная реализация List – класс AbstractSequentialList

- Также скелетальная реализация на основе **одного** метода
  - listIterator(index) – получение списочного итератора, указывающего на заданный элемент
- Расширяет класс AbstractList

Реализации интерфейса List

- Реализация на основе массива – ArrayList, расширяет AbstractList

```
Collection<Integer> c =
    new ArrayList<Integer>();
Collection<Integer> d =
    new ArrayList(c);
```

- Реализация на основе линейного списка – LinkedList, расширяет AbstractSequentialList
  - похожие конструкторы

Сравнение реализаций

- ArrayList – быстрее выполняется доступ в произвольное место массива, медленнее – удаление и вставка элементов в заданное место
- LinkedList – быстрее выполняется удаление и вставка элементов в заданное место, медленнее – доступ в произвольное место

Сравнение реализаций

Operation	ArrayList	LinkedList
Access by index	O(1)	O(index)
Add to the end	O(1)	O(1)
Add to the beginning	O(size)	O(1)
Add into the middle	O(size)	O(1) / O(size) (*)
Delete from the end	O(1)	O(1)
Delete from the beginning	O(size)	O(1)
Delete from the middle	O(size)	O(1) / O(size) (*)
Iterate through	O(size)	O(size)

Интерфейс Set<E>

- Множество, не содержащее равных элементов
- Неупорядочено – неизвестно, какой элемент на какой позиции
- **Не содержит новых** по сравнению с коллекцией методов, однако модифицирует контракты некоторых существующих методов:
  - add – не добавляет уже присутствующий во множестве элемент
  - equals – множества равны, если равны их размеры, и каждый элемент одного содержится в другом

Вопрос

- Как правильно сформировать хэш-код множества?

Вопрос

- Как правильно сформировать хэш-код множества?
- Основная проблема – хэш-код должен быть одинаковым независимо от порядка, в котором перебираются элементы

Реализации интерфейса Set

- Имеется частичная реализация – AbstractSet (расширяет AbstractCollection, базовые функции те же)
- Реализация на основе хэш-таблицы – HashSet
  - используется хэш-поиск для обращения к элементам
  - при удачно написанной хэш-функции время выполнения add, remove, contains не зависит от размера множества
- Та же хэш-таблица, но упорядоченная – LinkedHashSet

Реализации интерфейса Set

- Реализация на основе бинарного дерева – TreeSet
  - реализует интерфейс SortedSet
  - порядок либо на основе Comparable<T>, либо на основе Comparator<T>
  - используется бинарный поиск для обращения к элементам
  - логарифмическое время поиска

Реализации интерфейса Set

- Реализация на основе битового поля – EnumSet
  - только для перечислений
  - каждому элементу перечисления ставится в соответствие один бит
  - нет традиционных конструкторов, вместо этого

```
Set<Planet> set = EnumSet.of(
  Planet.MERCURY, Planet.EARTH)
```

Итоги

- Рассмотрены: Iterable, Collection, List, Set
- Далее: Deque, Map, …