Java Collections Framework

Zpracováno s využitím The Java™ Tutorials od firmy ORACLE

Trail: Collections

Java Collections Framework

- Úvod
- Interfejsy
- Implementace
- Algoritmy
- Vlastní implementace
- Interoperabilita

Úvod

- Kolekce (collection or container) je objekt, který sdružuje více elementů do jedné jednotky.
- Java Collections Framework je jednotná architektura pro reprezentaci a práci s kolekcemi, která obsahuje:
  - Interfejsy
  - Implementace
  - Algoritmy
- Výhody Java Collections Framework

Interfejsy

- java.util.Comparator<T>
- java.util.Enumeration<E>
- java.lang.Iterable<T>
  - java.util.Collection<E>
    - java.util.List<E>
    - java.util.Queue<E>
      - java.util.Deque<E>
    - java.util.Set<E>
      - java.util.SortedSet<E>
        - » java.util.NavigableSet<E>
- java.util.Iterator<E>
  - java.util.ListIterator<E>
- java.util.Map<K,V>
  - java.util.SortedMap<K,V>
    - java.util.NavigableMap<K,V>
- java.util.Map.Entry<K,V>

Interfejs `Collection<E>`

- Kolekce reprezentuje iterovatelnou skupinu objektů(elementů) typu E.
- Interfejs Collection<E> obsahuje metody společné pro všechny typy kolekcí.
- Některé typy kolekcí povolují duplicitu, jiné nikoliv.
- Některé typy kolekcí jsou uspořádané, jiné nikoliv.

Interfejs `Collection<E>`

- Implementace obsahují pro obecné použití konverzní konstruktory.
- Java 8 rozšiřuje interfejs o defaultní metody `parallelStream()` a `stream()` pomocí nichž lze provádět agregované operace.
- Traversing operace lze provádět:
  - s použitím agregovaných operací
  - s použitím cyklu for-each
  - s použitím iterátorů

Interfejs `Collection<E>`

- Interface Iterator<E> umožňuje iterování přes prvky kolekce.
- Použití defaultní metody `remove()` je jediný bezpečný způsob odstranění prvku z kolekce.

Příklad polymorfní metody

```
static void filter(Collection<?> c) {
    for (Iterator<?> it = c.iterator(); it.hasNext(); )
        if(!cond(it.next()))
            it.remove();
}
```

Interfejs `Collection<E>`

- Hromadné (bulk) operace (operations) jsou operace s celou kolekcí.
- Jedná se o tyto metody: **`containsAll`, `addAll`, `removeAll`, `retainAll`, `clear`.**
- Příklad konverze kolekce c na pole

```
Object[] a = c.toArray();
String[] a = c.toArray(new String[0]);
```

Interfejs `Set<E>`

- Instance typu **`Set`** je kolekce, která nemůže obsahovat duplicity prvků.
- Interface **`Set`** obsahuje pouze metody zděděné z **`Collection`**, ale přidává omezení, že duplicita elementů není možná.
- Interface Set přidává silnější kontrakt i na metody **`equals`** a **`hashCode`**.
- Dvě instance typu **`Set`** se rovnají, právě když mají stejné prvky.

Interfejs **Set<E>**

- Existují tři implementace interfejsu Set<E>:
  - **HashSet<E>**
  - **TreeSet<E>**
  - **LinkedHashSet<E>**
- `Collection<Type> noDups = new HashSet<Type>(c);`
- `public static <E> Set<E> removeDups(Collection<E> c)`

  `{ return new HashSet<E>(c); }`

Interfejs Set<E>

```
import java.util.*;

public class FindDups {
    public static void main(String[] args) {
        Set<String> s = new HashSet<String>();
        for (String a : args)
            s.add(a);
        System.out.println(s.size() + " distinct words:
" + s);
    }
}
```

Interfejs `Set<E>`

- Nechť s1 a s2 jsou instance typu **`Set`**. Interfejs **`Set<E>`** nabízí tyto hromadné operace:
  - **`s1.containsAll(s2)`**
  - **`s1.addAll(s2)`**
  - **`s1.retainAll(s2)`**
  - **`s1.removeAll(s2)`**

Interfejs Set<E>

```
import java.util.*;

public class FindDups2 {
    public static void main(String[] args) {
        Set<String> uniques = new HashSet<String>();
        Set<String> dups    = new HashSet<String>();

        for (String a : args)
            if (!uniques.add(a))  // add vrací true, pokud se prvek vloží
                dups.add(a);

        // Destructive set-difference
        uniques.removeAll(dups);  // vypusteni vsech prvku s duplicitou

        System.out.println("Unique words:    " + uniques);
        System.out.println("Duplicate words: " + dups);
    }
}
```

Interfejs `List<E>`

- **`List`** je uspořádaná kolekce (insertion order), které může obsahovat duplicity prvků.
- Obsahuje navíc metody pro:
  - Poziční přístup – **`get, set, add, addAll,`** a **`remove`**.
  - Vyhledávání – **`indexOf, lastIndex`**
  - Iterování – **`listIterator`** – obousměrný
  - Práci s částí seznamu – **`subList`**

Interfejs `List<E>`

- Existují dvě obecně použitelné implementace:
  - **`ArrayList<E>`**
  - **`LinkedList<E>`**
  - **`Vector<E>`**
- Metoda **`remove`** odstraní vždy první výskyt specifikovaného prvku a metody **`add`** a **`addAll`** vždy přidávají nový prvek(y) na konec.
- Dvě instance typu **`List`** se rovnají právě když obsahují tytéž prvky a ve stejném pořadí.

Interfejs `List<E>`

- Příklad metody, která vymění dva prvky seznamu.

```
public static <E> void swap(List<E> a, int i, int j)
{
    E tmp = a.get(i);
    a.set(i, a.get(j));
    a.set(j, tmp);
}
```

Interfejs `List<E>`

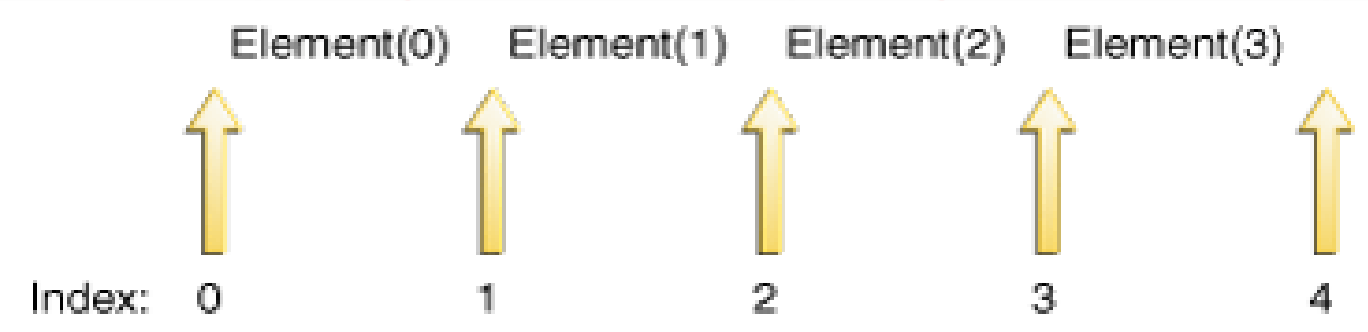
- Následující metoda provede náhodnou permutaci prvků seznamu.

```
public static void shuffle(List<?> list,
Random rnd) {
    for (int i = list.size(); i > 1; i--)
        swap(list, i - 1, rnd.nextInt(i));
}
```

- Tento algoritmus je obsažen v metodě ve třídě Collections.

Interfejs `List<E>`

- Interfejs **`List<E>`** nabízí metodu **`listIterator()`**, která vrací entitu typu **`ListIterator<E>`**, což je rozšíření obecnějšího iterátoru typu **`Iterator<E>`**.



Interfejs `List<E>`

Příklady použití metody **`listIterator()`**

Iterování přes prvky seznamu od konce.

```
for (ListIterator<Type> it =
list.listIterator(list.size()); it.hasPrevious(); ) {
    Type t = it.previous();
    ...
}
```

Interfejs `List<E>`

Příklady použití metody `listIterator()`

Metoda **`replace`** provede náhradu všech výskytů hodnoty **`val`** seznamem prvků **`newVals`**. Metoda **`add`** vkládá nový prvek před aktuální pozici kurzoru.

```
public static <E>
    void replace(List<E> list, E val, List<? extends E> newVals) {
    for (ListIterator<E> it = list.listIterator(); it.hasNext(); ){
        if (val == null ? it.next() == null :
val.equals(it.next()))          {
            it.remove();
            for (E e : newVals)
                it.add(e);
        }
    }

}
```

Interfejs `List<E>`

Příklady použití metody listIterator()

- Metoda **`replace`** nahradí všechny výskyty specifikované hodnoty jinou hodnotou.

```
public static <E> void replace(List<E> list, E val, E newVal) {
    for (ListIterator<E> it = list.listIterator(); it.hasNext(); )
        if (val == null ? it.next() == null : val.equals(it.next()))
            it.set(newVal);
}
```

Interfejs `List<E>`

- Program Deal provádí rozdání balíčku karet hráčům.
  - metoda rozdává jednomu hráči
  - n je počet karet na hráče
  - subList vytváří pouze view!

```
public static <E> List<E> dealHand(List<E> deck, int n) {
        int deckSize = deck.size();
        List<E> handView = deck.subList(deckSize - n, deckSize);
        List<E> hand = new ArrayList<E>(handView);
        handView.clear(); //odstranění rozdaných karet z balíčku
       return hand;
}
```

Interfejs Queue<E>

- Interfejs **Queue<E>** rozšiřuje interfejs **Collection<E>**

```
public interface Queue<E> extends
Collection<E> {
    E element();
    boolean offer(E e);
    E peek();
    E poll();
    E remove();
}
```

Interfejs Queue<E>

Type of Operation	Throws exception	Returns special value
Insert	add(e)	offer(e) -boolean
Remove	remove()	poll() - element
Examine	element()	peek() - element

Interfejs Queue<E>

- Prvky fronty jsou typicky řazeny způsobem FIFO (first-in-first-out).
- Prioritní fronty řadí prvky podle jejich priority.
- Konkrétní implementace může omezit počet prvků ve frontě (viz `java.util.concurrent`).
- Třída **`LinkedList<E>`** implementuje interfejs **`Queue<E>`**.
- Třída **`PriorityQueue<E>`** je implementace prioritní fronty, která využívá datovou strukturu heap.
  - přirozené třídění nebo uživatelské pomocí zadaného Comparatoru

Interfejs Queue<E>

- Metoda heapSort je příkladem řadícího algoritmu, který využívá prioritní frontu.

```
static <E> List<E> heapSort(Collection<E> c) {
    Queue<E> queue = new PriorityQueue<E>(c);
    List<E> result = new ArrayList<E>();
    while (!queue.isEmpty())
        result.add(queue.remove());
    return result;
}
```

Interfejs Deque<E>

- Deque je linární kolekce, která podporuje vkládání a odebírání prvků na obou koncích.

Type of Operation	First Element (Beginning of the Deque instance)	Last Element (End of the Deque instance)
Insert	addFirst(e) offerFirst(e)	addLast(e) offerLast(e)
Remove	removeFirst() pollFirst()	removeLast() pollLast()
Examine	getFirst() peekFirst()	getLast() peekLast()

Interfejs Deque<E>

- Interfejs Deque<E> je implemnetován ve třídách ArrayDeque a LinkedList.

Interfejs Map<K, V>

- Objekt typu **`Map<K,V>`** mapuje (zobrazuje) klíče typu K na hodnoty typu V.
- Nesmí obsahovat duplicitní klíče.
- Interfejs **`Map<K,V>`** obsahuje základní metody (**`put, get, remove`**, …), metody pro hromadné operace (**`putAll,clear`**, …) a metody pro konverzi na kolekce (**`keySet, entrySet, values`**).

Interfejs Map<K,V>

- Interfejs **Map<K,V>** je implementován ve třídách **HashMap<K,V>**, **TreeMap<K,V>** a **LinkedHashMap<K,V>**.
- Java 8 nabízí možnost použít agregované operace pro vytvoření objektů typu **Map<K,V>**.

```
Map<Boolean, List<Student>> passingFailing = students.stream()
.collect(Collectors.partitioningBy(s -> s.getGrade()>=
PASS_THRESHOLD));
```

Interfejs Map<K,V>

- Základní metody: **`put, get, containsKey, containsValue, size, isEmpty`**.
- Program pro výpočet frekvenční tabulky slov ze seznamu argumentů.
- Po spuštění programu

  java Freq if it is to be it is up to me to delegate
- se vypíše

  8 distinct words: {to=3, delegate=1, be=1, it=2, up=1, if=1, me=1, is=2}

Program Freq

```
public class Freq {

    public static void main(String[] args) {
        Map<String, Integer> m = new HashMap<>();

        for (String a : args) {
            Integer freq = m.get(a);
            m.put(a, (freq == null) ? 1 : freq + 1);
        }

        System.out.println(m.size() + " distinct words:");
        System.out.println(m);
    }
}
```

Interfejs Map<K,V>

- Jestliže použijeme místo třídy **`HashMap`** třídu **`TreeMap`** bude výstup z programu následující:

  8 distinct words: {be=1, delegate=1, if=1, is=2, it=2, me=1, to=3, up=1}

- Jestliže použijeme místo třídy **`HashMap`** třídu **`LinkedHashMap`** bude výstup z programu následující:

  8 distinct words: {if=1, it=2, is=2, to=3, be=1, up=1, me=1, delegate=1}

Interfejs Map<K,V>

- Metody **`keySet, values a entrySet`** (**`Collection`** view methods) umožňují iterovat přes klíče, hodnoty či dvojice klíč–hodnota.

```
for (KeyType key : m.keySet()) System.out.println(key);

// Filter a map based on some property of its keys.
for (Iterator<Type> it = m.keySet().iterator(); it.hasNext(); )
    if (it.next().isXXXX())
        it.remove();
```

Interfejs Map<K,V>

```
//  Validace slovníku atributů
static <K, V> boolean validate(Map<K, V> attrMap, Set<K> requiredAttrs,
Set<K>permittedAttrs) {
    boolean valid = true;
    Set<K> attrs = attrMap.keySet();

    if (!attrs.containsAll(requiredAttrs)) {
        Set<K> missing = new HashSet<K>(requiredAttrs); // nový Set!
        missing.removeAll(attrs);
        System.out.println("Missing attributes: " + missing);
        valid = false;
    }
    if (!permittedAttrs.containsAll(attrs)) {
        Set<K> illegal = new HashSet<K>(attrs);   // nový Set!
        illegal.removeAll(permittedAttrs);
        System.out.println("Illegal attributes: " + illegal);
        valid = false;
    }
    return valid;
}
```

Interfejs Map<K,V>

- Java Collections Framework neobsahuje interfejs pro „multimaps“ (mapa s více hodnotami příslušnými k jednomu klíči). Místo toho lze použít mapu, v níž hodnota je typu **`List`**.
  - Tento přístup je použit v programu Anagrams.
- Toto řeší rozšiřující balíčky a knihovny, např. apache commons

Interfejs Map.Entry<K, V>

- Interfejs **`Map.Entry<K,V>`** je vnitřní interfejs v interfejsu **`Map<K,V>`**.
- Obsahuje metody pro práci s dvojicemi (key-value pair) obsaženými v kontejnerech typu **`Map<K,V>`**.
- Objekty typu **`Map.Entry`** jsou validní pouze během iterace kolekce získané pomocí metody **`Map.entrySet()`**.

Řazení objektů

- Objekt typu List<T> lze seřadit pomocí metody

```
public static <T extends Comparable<? super T>> void sort(List<T> list)
```

  ze třídy **`Collections`**.
- Prvky seznamu musí být vzájemně porovnatelné a jejich typ musí být podtypem typu **`Comparable`**.
- Seznam bude seřazen vzestupně (resp. neklesající) podle přirozeného pořadí daném metodou compareTo(T o).

Řazení objektů

- Jak implementovat interfejs **`Comparable`**?
- Příklad: Třída **`Name`** implementuje rozhraní **`Comparable<Name>`**.
- **`Třída Name`** má následující vlastnosti:
  - Objekty typu **`Name`** jsou immutable.
  - Konstruktor kontroluje argumenty na **`null`**.
  - Metoda **`hashCode`** je překrytá.
  - Metoda **`equals`** je překrytá a vrací false, je-li argument **`null`** či nevhodného typu.
  - Metoda **`toString`** je překryta a vrací „čitelný“ řetězec.

Řazení objektů

- Metoda **`compareTo`** implementuje přirozené porovnání jmen, kdy příjmení má přednost před křestním jménem.
- Způsob implementace je typický a je založen na implementaci rozhraní **`Comparable`** ve třídě **`String`**.

Implementace Comparable

```
public class Student implements Comparable<Student> {
    private String jmeno;     private int vek;
       …
    @Override
    public int compareTo(Student other) {
        // vrací: záporné číslo -> this je "menší",
       // 0 -> rovni,  kladné číslo -> this je "větší"
        return this.vek - other.vek;
    }

    @Override
    public String toString() {
        return jmeno + " (" + vek + ")";
    }
}
```

Užití Comparable

```
import java.util.*;

public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        List<Student> studenti = new ArrayList<>();
        studenti.add(new Student("Anna", 22));
        studenti.add(new Student("Petr", 19));
        studenti.add(new Student("Eva", 25));

        Collections.sort(studenti);

        System.out.println(studenti);
    }
}
```

Řazení objektů

- Jak postupovat v případě, že chceme řadit objekty jinak než dle přirozeného uspořádání?
- V tomto případě je nutné poskytnout metodě **`sort`** objekt typu **`Comparator`** (interface), který je schopen porovnat dva objekty daného typu.
- Příklad.

  Předpokládejme, že máme třídu **`Employee`**, která implementuje interfejs **`Comparable`**.

Řazení objektů

```
public class Employee implements
Comparable<Employee> {
    public Name name()      { ... }
    public int number()     { ... }
    public Date hireDate()  { ... }
        ...
}
```

Řazení objektů

```
import java.util.*;
public class EmpSort {
    static final Comparator<Employee> SENIORITY_ORDER =
                                        new Comparator<Employee>() {
            public int compare(Employee e1, Employee e2) {
                return e2.hireDate().compareTo(e1.hireDate());
            }
    };

    // Employee database
    static final Collection<Employee> employees = ... ;

    public static void main(String[] args) {
        List<Employee> e = new ArrayList<Employee>(employees);
        Collections.sort(e, SENIORITY_ORDER);
        System.out.println(e);
    }
}
```

- **možná návaznost na metody hasCode a equals!**

Interfejs SortedSet<E>

Setříděná množina podle přirozeného řazení nebo podle zadaného Comparatoru.

- U range-view operací je nutné si uvědomit, že jde o náhled do původní struktury.

```
public interface SortedSet<E> extends Set<E> {
    // Range-view
    SortedSet<E> subSet(E fromElement, E toElement);
    SortedSet<E> headSet(E toElement);
    SortedSet<E> tailSet(E fromElement);

    // Endpoints
    E first();
    E last();

    // Comparator access
    Comparator<? super E> comparator();
}
```

Interfejs SortedMap<K, V>

Mapa s řazením klíčů – princip stejný jako u SortedSet.

```
public interface SortedMap<K, V> extends Map<K, V>{
    Comparator<? super K> comparator();
    SortedMap<K, V> subMap(K fromKey, K toKey);
    SortedMap<K, V> headMap(K toKey);
    SortedMap<K, V> tailMap(K fromKey);
    K firstKey();
    K lastKey();
}
```

Implementace rozhraní

- Implementace pro obecné použití:
  - Implementují všechny volitelné (optional) metody.
  - Povolují jako prvky či klíče hodnoty **null**.
  - Nejsou thread-safe.
  - Nabízí ***fail-fast iteration*** – mohou selhat, ale po strukturální změně kolekce vyhazují výjimku
  - Jsou serializovatelné.
- Pro většinu aplikací se dá použít některá z implementací **`HashSet`**, **`ArrayList`**, **`HashMap`**.

Algoritmy

- Polymorfní algoritmy jsou implementovány v podobě statických metod ve třídě **`Collections`**.
- Jedná se o algoritmy pro:
  - Řazení (sorting)
  - Přeskupení (shuffling)
  - Rutinní manipulace (routine data manipulation)
  - Hledání (searching)
  - Kompozice (composition)
  - Hledání extrémních hodnot (finding extreme values)

Řazení

```
public static <T extends Comparable<? super T>> void sort(List<T> list)
public static <T> void sort(List<T> list, Comparator<? super T> c)
```

- Metoda sort implementuje modifikovaný algoritmus merge sort, který garantuje dobu běhu O(n log(n)) a je stabilní.
  - Příklad

```
import java.util.*;
public class Sort {
        public static void main(String[] args) {
                List<String> list = Arrays.asList(args);
                Collections.sort(list);
                System.out.println(list);
        }
}
```

Řazení

- Příklad: Výpis skupin anagramů (viz příklad Anagrams) v opačném pořadí od nejdelších skupin po nejkratší.

```
// Make a List of all anagram groups above size threshold.
List<List<String>> winners = new ArrayList<List<String>>();
for (List<String> l : m.values())
if (l.size() >= minGroupSize)
        winners.add(l);

// Sort anagram groups according to size
Collections.sort(winners, new Comparator<List<String>>() {
        public int compare(List<String> o1, List<String> o2) {
                return o2.size() - o1.size();
}});

// Print anagram groups.
for (List<String> l : winners)
        System.out.println(l.size() + ": " + l);
```

Přeskupování a rutinní manipulace

- Přeskupování
  - `public static void shuffle(List<?> list)`
  - `public static void shuffle(List<?> list, Random rnd)`
  - `public static <T> void fill(List<? super T> list, T obj)`
- Rutinní operace
  - `public static <T> void copy(List<? super T> dest, List<? extends T> src)`
    - **pozor na mělkou a hlubokou kopii – zde mělká!**
  - `public static <T> boolean addAll(Collection<? super T> c, T... elements)`
  - `public static void reverse(List<?> list)`
  - `public static void swap(List<?> list, int i, int j)`

Hledání

- `public static <T> int binarySearch(List<? extends Comparable<? super T>> list, T key)`
- `public static <T> int binarySearch(List<? extends T> list, T key, Comparator<? super T> c)`

- Hledání prvku key v seznamu list. V případě, že není nalezen, provede se vložení.

```
int pos = Collections.binarySearch(list, key);
if (pos < 0)
        list.add(-pos-1, key);
```

Složení a hledání extrémních hodnot

- Složení
  - `public static int frequency(Collection<?> c, Object o)`
    - počet výskytů
  - `public static boolean disjoint(Collection<?> c1, Collection<?> c2)`
    - různé kolekce
- Hledání extrémních hodnot
  - `public static <T extends Object & Comparable<? super T>> T max(Collection<? extends T> coll)`
  - `public static <T> T max(Collection<? extends T> coll, Comparator<? super T> comp)`